

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50493 – 2019

---

# 石油化工可燃气体和有毒气体检测 报警设计标准

Standard for design of combustible gas and toxic gas  
detection and alarm for petrochemical industry

2019 – 09 – 25 发布

2020 – 01 – 01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部  
国家市场监督管理总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

石油化工可燃气体和有毒气体检测  
报警设计标准

Standard for design of combustible gas and toxic gas  
detection and alarm for petrochemical industry

**GB/T 50493 - 2019**

主编部门:中国石油化工集团有限公司

批准部门:中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期:2 0 2 0 年 1 月 1 日

中国计划出版社

2019 北 京

# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2019 年 第 257 号

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准 《石油化工可燃气体和有毒气体检测 报警设计标准》的公告

现批准《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》为国家标准,编号为 GB/T 50493—2019,自 2020 年 1 月 1 日起实施。原国家标准《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》GB 50493—2009 同时废止。

本标准在住房和城乡建设部门户网站([www.mohurd.gov.cn](http://www.mohurd.gov.cn))公开,并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2019 年 9 月 25 日

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2016年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2015〕274号)的要求,由中石化广州工程有限公司会同有关参编单位对《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》GB 50493—2009进行修订而成。

本标准在修订过程中,标准编制组针对石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计中遇到的有关问题进行广泛的调查研究,总结了近年来石油化工企业可燃气体探测器和有毒气体探测器的使用经验,参考欧洲标准《可燃气体或氧气检测与测量仪器的选用、安装、使用和维护指南》(EN 60079-29-2),在征求设计、生产、科研和探测器制造企业等有关方面意见的基础上,最后经审查定稿。

本标准的主要技术内容是:总则、术语、基本规定、检测点确定、可燃气体和有毒气体检测报警系统设计、可燃气体和有毒气体检测报警系统安装设计等。

本标准修订的主要技术内容是:1. 标准适用范围“石油化工新建、扩建及改建工程”修改为“石油化工新建、扩建工程”;2. 拓展了有毒气体的范围,由《高毒物品目录》中所列的毒气扩大到常见的剧毒气体;3. 增加了可燃气体和有毒气体检测报警系统(GDS)的设计相容性、独立性和可靠性要求;4. 增加了可燃气体和有毒气体检测报警系统(GDS)与火灾及消防监控系统分开设置的要求;5. 增加了开路式(激光、红外)探测器、噪声探测器等内容,进一步完善了探测器的布点和布置要求;6. 增加了常见气体探测器选用指南、可燃气体和有毒气体检测报警系统配置图。

本标准由住房和城乡建设部负责管理,由中国石油化工集团有限公司负责日常管理,由中石化广州工程有限公司负责具体技

术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中石化广州工程有限公司(地址:广东省广州市天河区体育西路 191 号中石化大厦 A 塔 20 楼,邮编:510620)。

本标准主编单位:中石化广州工程有限公司

本标准参编单位:中国石化工程建设有限公司

深圳市诺安环境安全股份有限公司

无锡格林通安全装备有限公司

北京燕山时代仪表有限公司

深圳市特安电子有限公司

汉威科技集团股份有限公司

成都安可信电子股份有限公司

中石化霍尼韦尔(天津)有限公司

本标准主要起草人员:文科武 裴炳安 朱华兴 吕明伦

金哲 邵瑜 林融 卿笃安

唐蓉 刘昕 韩振东 张占峰

龙方彦 沙蓓裔

本标准主要审查人员:李冰 曾裕玲 葛春玉 叶向东

李玉明 张颖琮 胡红页 章敦辉

孙新文 邢勐 刘冰 张同科

魏剑萍 徐伟清 严春明 林洪俊

宋志远 任泓 刘凤 戴文杰

张晋红 马恒平 孙建文 陈鹏

孙旭 李江 陈学敏 谭志波

魏高升 邱敬敏 张悦崑 赵柱

陈鑫 庄晓峰 王成林 李宣南

王若青

# 目 次

1 总 则 .....	( 1 )
2 术 语 .....	( 2 )
3 基本规定 .....	( 5 )
4 检测点确定 .....	( 7 )
4.1 一般规定 .....	( 7 )
4.2 生产设施 .....	( 8 )
4.3 储运设施 .....	( 8 )
4.4 其他有可燃气、有毒气体的扩散与积聚场所 .....	( 9 )
5 可燃气体和有毒气体检测报警系统设计 .....	( 11 )
5.1 一般规定 .....	( 11 )
5.2 探测器选用 .....	( 11 )
5.3 现场警报器选用 .....	( 12 )
5.4 报警控制单元选用 .....	( 13 )
5.5 测量范围及报警值设定 .....	( 14 )
6 可燃气体和有毒气体检测报警系统安装设计 .....	( 15 )
6.1 探测器安装 .....	( 15 )
6.2 报警控制单元及现场区域警报器安装 .....	( 15 )
附录 A 常见易燃气体、蒸气特性 .....	( 16 )
附录 B 常见有毒气体、蒸气特性 .....	( 22 )
附录 C 可燃气体和有毒气体检测报警系统配置图 .....	( 24 )
附录 D 常见气体探测器技术性能表 .....	( 25 )
附录 E 常见气体探测器选用指南 .....	( 28 )
本标准用词说明 .....	( 29 )
引用标准名录 .....	( 30 )
附：条文说明 .....	( 31 )

# Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms .....	( 2 )
3	Basic requirements .....	( 5 )
4	Location of detection points .....	( 7 )
4.1	General requirements .....	( 7 )
4.2	Process units .....	( 8 )
4.3	Storage and transportation facilities .....	( 8 )
4.4	Other locations where combustible gases, toxic gases diffuse and accumulate .....	( 9 )
5	Design of detection and alarm systems of combustible gases, toxic gases .....	( 11 )
5.1	General requirements .....	( 11 )
5.2	Selection of detector .....	( 11 )
5.3	Selection of field alarm units .....	( 12 )
5.4	Selection of alarm controller .....	( 13 )
5.5	Range of measurement and setting of alarm value .....	( 14 )
6	Installation of detection and alarm system for combustible gases, toxic gases .....	( 15 )
6.1	Installation of detector .....	( 15 )
6.2	Installation of alarm controller and field alarm units .....	( 15 )
Appendix A	Properties of common flammable gases and vapors .....	( 16 )
Appendix B	Properties of common toxic gases and vapors .....	( 22 )

Appendix C	Arrangement plan of detection and alarm systems of combustible gases, toxic gases	····· ( 24 )
Appendix D	Technical performance table of common gas detector	····· ( 25 )
Appendix E	Guide for selection of common gas detector	····· ( 28 )
	Explanation of wording in this standard	····· ( 29 )
	List of quoted standards	····· ( 30 )
	Addition; Explanation of provisions	····· ( 31 )

# 1 总 则

**1.0.1** 为保障石油化工企业的人身安全和生产安全,监测生产过程及储运设施中泄漏的可燃气体或有毒气体,并及时报警,预防人身伤害以及火灾与爆炸事故的发生,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于石油化工新建、扩建工程中可燃气体和有毒气体检测报警系统的设计。

**1.0.3** 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警系统的设计,除应符合本标准要求外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 可燃气体 flammable gas

又称易燃气体,甲类气体或甲、乙<sub>A</sub>类可燃液体气化后形成的可燃气体或可燃蒸气。

### 2.0.2 有毒气体 toxic gas

劳动者在职业活动过程中,通过皮肤接触或呼吸可导致死亡或永久性健康伤害的毒性气体或毒性蒸气。

### 2.0.3 释放源 source of release

可释放并能形成爆炸性气体环境、有毒气体环境的位置或地点。

### 2.0.4 探测器 detector

又称检测器,将可燃气体、有毒气体或氧气的浓度转换为电信号的电子设备。

### 2.0.5 线型气体探测器 open-path gas detector

一种开放式、用于检测直线路径中可燃气体或有毒气体云团的气体探测器。常用的线性气体探测器有:红外气体探测器、激光气体探测器等。

### 2.0.6 现场警报器 field alarming unit/audible and visual alarm unit

安装在现场,通过声、光或旋光向现场或接近现场人员发出警示的电子设备。常见的有:探测器自带的一体化的声、光警报器,按区域设置的现场区域警报器。

### 2.0.7 报警控制单元 alarm control unit

接收探测器的输出信号、显示和记录被检测气体的浓度、发出声光报警信号,并能向消防控制室图形显示装置等设备发送气体

浓度报警信号和报警控制单元故障信息的电子设备。可燃气体报警信号参与消防联动时,报警控制单元通常采用按专用可燃气体报警控制器产品标准制造并取得检测报告的专用可燃气体报警控制器。

**2.0.8 检测范围**      *sensible range*

又称测量范围,探测器能够检测出被测气体的浓度范围。

**2.0.9 报警设定值**      *alarm set point*

预先设定的报警浓度值。报警设定值分为一级报警设定值和二级报警设定值。

**2.0.10 响应时间**      *response time*

在试验条件下,从探测器接触被测气体至达到稳定指示值的时间。通常达到稳定指示值 90% 的时间为响应时间,恢复到稳定指示值 10% 的时间为恢复时间。

**2.0.11 安装高度**      *vertical height*

探测器传感器吸入口到指定参照物的垂直距离。

**2.0.12 爆炸下限**      *lower explosion limit(LEL)*

可燃气体发生爆炸时的下限浓度(V%)值。

**2.0.13 爆炸上限**      *upper explosion limit(UEL)*

可燃气体发生爆炸时的上限浓度(V%)值。

**2.0.14 职业接触限值**      *occupational exposure limit(OEL)*

劳动者在职业活动中长期反复接触,不会对绝大多数接触者的健康引起有害作用的容许接触水平。化学因素的职业接触限值分为最高容许浓度、短时间接触容许浓度和时间加权平均容许浓度三种。

**2.0.15 最高容许浓度**      *maximum allowable concentration (MAC)*

工作地点在一个工作日内、任何时间有毒化学物质均不应超过的浓度。

**2.0.16 时间加权平均容许浓度**      *permissible concentration-*

time weighted average (PC-TWA)

以时间为权数规定的 8h 工作日、40h 工作周的平均容许接触浓度。

**2.0.17** 短时间接触容许浓度 permissible concentration-short term exposure limit(PC-STEL)

在遵守时间加权平均容许浓度(PC-TWA)前提下容许短时间(15min)接触的浓度。

**2.0.18** 直接致害浓度 immediately dangerous to life or health concentration(IDLH)

在工作地点,环境中空气污染物浓度达到某种危险水平,如可致命或永久损害健康,或使人立即丧失逃生能力。

## 3 基本规定

**3.0.1** 在生产或使用可燃气体及有毒气体的生产设施及储运设施的区域内,泄漏气体中可燃气体浓度可能达到报警设定值时,应设置可燃气体探测器;泄漏气体中有毒气体浓度可能达到报警设定值时,应设置有毒气体探测器;既属于可燃气体又属于有毒气体的单组分气体介质,应设置有毒气体探测器;可燃气体与有毒气体同时存在的多组分混合气体,泄漏时可燃气体浓度和有毒气体浓度有可能同时达到报警设定值,应分别设置可燃气体探测器和有毒气体探测器。

**3.0.2** 可燃气体和有毒气体的检测报警应采用两级报警。同级别的有毒气体和可燃气体同时报警时,有毒气体的报警级别应优先。

**3.0.3** 可燃气体和有毒气体检测报警信号应送至有人值守的现场控制室、中心控制室等进行显示报警;可燃气体二级报警信号、可燃气体和有毒气体检测报警系统报警控制单元的故障信号应送至消防控制室。

**3.0.4** 控制室操作区应设置可燃气体和有毒气体声、光报警;现场区域警报器宜根据装置占地的面积、设备及建构物的布置、释放源的理化性质和现场空气流动特点进行设置,现场区域警报器应有声、光报警功能。

**3.0.5** 可燃气体探测器必须取得国家指定机构或其授权检验单位的计量器具型式批准证书、防爆合格证和消防产品型式检验报告;参与消防联动的报警控制单元应采用按专用可燃气体报警控制器产品标准制造并取得检测报告的专用可燃气体报警控制器;国家法规有要求的有毒气体探测器必须取得国家指定机构或其授

权检验单位的计量器具型式批准证书。安装在爆炸危险场所的有毒气体探测器还应取得国家指定机构或其授权检验单位的防爆合格证。

**3.0.6** 需要设置可燃气体、有毒气体探测器的场所,宜采用固定式探测器;需要临时检测可燃气体、有毒气体的场所,宜配备移动式气体探测器。

**3.0.7** 进入爆炸性气体环境或有毒气体环境的现场工作人员,应配备便携式可燃气体和(或)有毒气体探测器。进入的环境同时存在爆炸性气体和有毒气体时,便携式可燃气体和有毒气体探测器可采用多传感器类型。

**3.0.8** 可燃气体和有毒气体检测报警系统应独立于其他系统单独设置。

**3.0.9** 可燃气体和有毒气体检测报警系统的气体探测器、报警控制单元、现场警报器等的供电负荷,应按一级用电负荷中特别重要的负荷考虑,宜采用 UPS 电源装置供电。

**3.0.10** 确定有毒气体的职业接触限值时,应按最高容许浓度、时间加权平均容许浓度、短时间接触容许浓度的优先次序选用。

**3.0.11** 常见易燃气体、蒸气特性应按本标准附录 A 采用;常见有毒气体、蒸气特性应按本标准附录 B 采用。

## 4 检测点确定

### 4.1 一般规定

4.1.1 可燃气体和有毒气体探测器的检测点,应根据气体的理化性质、释放源的特性、生产场地布置、地理条件、环境气候、探测器的特点、检测报警可靠性要求、操作巡检路线等因素进行综合分析,选择可燃气体及有毒气体容易积聚、便于采样检测和仪表维护之处布置。

4.1.2 判别泄漏气体介质是否比空气重,应以泄漏气体介质的分子量与环境空气的分子量的比值为基准,并按下列原则判别:

- 1 当比值大于或等于 1.2 时,则泄漏的气体重于空气;
- 2 当比值大于或等于 1.0、小于 1.2 时,则泄漏的气体为略重于空气;
- 3 当比值为 0.8~1.0 时,则泄漏的气体为略轻于空气;
- 4 当比值小于或等于 0.8 时,则泄漏的气体为轻于空气。

4.1.3 下列可燃气体和(或)有毒气体释放源周围应布置检测点:

- 1 气体压缩机和液体泵的动密封;
- 2 液体采样口和气体采样口;
- 3 液体(气体)排液(水)口和放空口;
- 4 经常拆卸的法兰和经常操作的阀门组。

4.1.4 检测可燃气体和有毒气体时,探测器探头应靠近释放源,且在气体、蒸气易于聚集的地点。

4.1.5 当生产设施及储运设施区域内泄漏的可燃气体和有毒气体可能对周边环境安全有影响需要监测时,应沿生产设施及储运设施区域周边按适宜的间隔布置可燃气体探测器或有毒气体探测器,或沿生产设施及储运设施区域周边设置线型气体探

测器。

**4.1.6** 在生产过程中可能导致环境氧气浓度变化,出现欠氧、过氧的有人员进入活动的场所,应设置氧气探测器。当相关气体释放源为可燃气体或有毒气体释放源时,氧气探测器可与相关的可燃气体探测器、有毒气体探测器布置在一起。

## 4.2 生产设施

**4.2.1** 释放源处于露天或敞开式厂房布置的设备区域内,可燃气体探测器距其所覆盖范围内的任一释放源的水平距离不宜大于10m,有毒气体探测器距其所覆盖范围内的任一释放源的水平距离不宜大于4m。

**4.2.2** 释放源处于封闭式厂房或局部通风不良的半敞开厂房内,可燃气体探测器距其所覆盖范围内的任一释放源的水平距离不宜大于5m;有毒气体探测器距其所覆盖范围内的任一释放源的水平距离不宜大于2m。

**4.2.3** 比空气轻的可燃气体或有毒气体释放源处于封闭或局部通风不良的半敞开厂房内,除应在释放源上方设置探测器外,还应在厂房内最高点气体易于积聚处设置可燃气体或有毒气体探测器。

## 4.3 储运设施

**4.3.1** 液化烃、甲<sub>B</sub>、乙<sub>A</sub>类液体等产生可燃气体的液体储罐的防火堤内,应设探测器。可燃气体探测器距其所覆盖范围内的任一释放源的水平距离不宜大于10m,有毒气体探测器距其所覆盖范围内的任一释放源的水平距离不宜大于4m。

**4.3.2** 液化烃、甲<sub>B</sub>、乙<sub>A</sub>类液体的装卸设施,探测器的设置应符合下列规定:

1 铁路装卸栈台,在地面上每一个车位宜设一台探测器,且探测器与装卸车口的水平距离不应大于10m;

2 汽车装卸站的装卸车鹤位与探测器的水平距离不应大于 10m。

4.3.3 装卸设施的泵或压缩机区的探测器设置,应符合本标准第 4.2 节的规定。

4.3.4 液化烃灌装站的探测器设置,应符合下列规定:

1 封闭或半敞开的灌瓶间,灌装口与探测器的水平距离宜为 5m~7.5m;

2 封闭或半敞开式储瓶库,应符合本标准第 4.2.2 条规定;敞开式储瓶库房沿四周每隔 15m~20m 应设一台探测器,当四周边长总和小于 15m 时,应设一台探测器;

3 缓冲罐排水口或阀组与探测器的水平距离宜为 5m~7.5m。

4.3.5 封闭或半敞开氢气灌瓶间,应在灌装口上方的室内最高点易于滞留气体处设探测器。

4.3.6 可能散发可燃气体的装卸码头,距输油臂水平平面 10m 范围内,应设一台探测器。

4.3.7 其他储存、运输可燃气体、有毒气体的储运设施,可燃气体探测器和(或)有毒气体探测器应按本标准第 4.2 节的规定设置。

#### 4.4 其他有可燃气体、有毒气体的扩散与积聚场所

4.4.1 明火加热炉与可燃气体释放源之间应设可燃气体探测器,探测器距加热炉炉边的水平距离宜为 5m~10m。当明火加热炉与可燃气体释放源之间设有不燃烧材料实体墙时,实体墙靠近释放源的一侧应设探测器。

4.4.2 设在爆炸危险区域 2 区范围内的在线分析仪表间,应设可燃气体和(或)有毒气体探测器,并同时设置氧气探测器。

4.4.3 控制室、机柜间的空调新风引风口等可燃气体和有毒气体有可能进入建筑物的地方,应设置可燃气体和(或)有毒气体探测器。

**4.4.4** 有人进入巡检操作且可能积聚比空气重的可燃气体或有毒气体的工艺阀井、管沟等场所,应设可燃气体和(或)有毒气体探测器。

## 5 可燃气体和有毒气体检测报警系统设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 可燃气体和有毒气体检测报警系统应由可燃气体或有毒气体探测器、现场警报器、报警控制单元等组成。

5.1.2 可燃气体的第二级报警信号和报警控制单元的故障信号，应送至消防控制室进行图形显示和报警。可燃气体探测器不能直接接入火灾报警控制器的输入回路。

5.1.3 可燃气体或有毒气体检测信号作为安全仪表系统的输入时，探测器宜独立设置，探测器输出信号应送至相应的安全仪表系统，探测器的硬件配置应符合现行国家标准《石油化工安全仪表系统设计规范》GB/T 50770 有关规定。

5.1.4 可燃气体和有毒气体检测报警系统配置图见本标准附录 C。

### 5.2 探测器选用

5.2.1 探测器的输出可选用 4mA~20mA 的 DC 信号、数字信号、触点信号。

5.2.2 可燃气体及有毒气体探测器的选用，应根据探测器的技术性能、被测气体的理化性质、被测介质的组分种类和检测精度要求、探测器材质与现场环境的相容性、生产环境特点等确定。

5.2.3 常用可燃气体及有毒气体探测器的选用应符合下列规定：

1 轻质烃类可燃气体宜选用催化燃烧型或红外气体探测器；当使用场所的空气中含有能使催化燃烧型检测元件中毒的硫、磷、硅、铅、卤素化合物等介质时，应选用抗毒性催化燃烧型探测器、红外气体探测器或激光气体探测器；在缺氧或高腐蚀性等场所，宜选

用红外气体探测器或激光气体探测器；重质烃类蒸气可选用光致电离型探测器；

2 氢气检测宜选用催化燃烧型、电化学型、热传导型探测器；

3 有机有毒气体宜选用半导体型、光致电离型探测器；

4 无机有毒气体检测宜选用电化学型探测器；

5 氧气宜选用电化学型探测器；

6 在气候环境或生产环境特殊，需监测的区域开阔的场所，宜选择线型可燃气体探测器；

7 在工艺介质泄漏后形成的气体或蒸气能显著改变释放源周围环境温度的场所，可选用红外图像型探测器；

8 在高压工艺介质泄漏时产生的噪声能显著改变释放源周围环境声压级的场所，可选用噪声型探测器；

9 在生产和检修过程中需要临时检测可燃气体、有毒气体的场所，应配备移动式气体探测器。

**5.2.4** 常用探测器的采样方式应根据使用场所按下列规定确定：

1 可燃气体和有毒气体的检测宜采用扩散式探测器；

2 受安装条件和介质扩散特性的限制，不便使用扩散式探测器的场所，可采用吸入式探测器；

3 当探测器配备采样系统时，采样系统的滞后时间不宜大于 30s。

**5.2.5** 常见气体探测器的技术性能应符合本标准附录 D 的要求；常见气体探测器应按照本标准附录 E 选用。

### 5.3 现场警报器选用

**5.3.1** 可燃气体和有毒气体检测报警系统应按照生产设施及储运设施的装置或单元进行报警分区，各报警分区应分别设置现场区域警报器。区域警报器的启动信号应采用第二级报警设定值信号。区域警报器的数量宜使在该区域内任何地点的现场人员都能感知到报警。

**5.3.2** 区域警报器的报警信号声级应高于 110dBA,且距警报器 1m 处总声压值不得高于 120dBA。

**5.3.3** 有毒气体探测器宜带一体化的声、光警报器,可燃气体探测器可带一体化的声、光警报器,一体化声、光警报器的启动信号应采用第一级报警设定值信号。

## **5.4 报警控制单元选用**

**5.4.1** 报警控制单元应采用独立设置的以微处理器为基础的电子产品,并应具备下列基本功能:

1 能为可燃气体探测器、有毒气体探测器及其附件供电。

2 能接收气体探测器的输出信号,显示气体浓度并发出声、光报警。

3 能手动消除声、光报警信号,再次有报警信号输入时仍能发出报警。

4 具有相对独立、互不影响的报警功能,能区分和识别报警场所位号。

5 在下列情况下,报警控制单元应能发出与可燃气体和有毒气体浓度报警信号有明显区别的声、光故障报警信号:

1)报警控制单元与探测器之间连线断路或短路。

2)报警控制单元主电源欠压。

3)报警控制单元与电源之间的连线断路或短路。

6 具有以下记录、存储、显示功能:

1)能记录可燃气体和有毒气体的报警时间,且日计时误差不应超过 30s;

2)能显示当前报警部位的总数;

3)能区分最先报警部位,后续报警点按报警时间顺序连续显示;

4)具有历史事件记录功能。

**5.4.2** 控制室内可燃气体和有毒气体声、光警报器的声压等级应

满足设备前方 1m 处不小于 75dBA,声、光报警器的启动信号应采用第二级报警设定值信号。

**5.4.3** 可燃气体探测器参与消防联动时,探测器信号应先送至按专用可燃气体报警控制器产品标准制造并取得检测报告的专用可燃气体报警控制器,报警信号应由专用可燃气体报警控制器输出至消防控制室的火灾报警控制器。可燃气体报警信号与火灾报警信号在火灾报警控制系统中应有明显区别。

## 5.5 测量范围及报警值设定

**5.5.1** 测量范围应符合下列规定:

- 1 可燃气体的测量范围应为  $0\sim 100\%LEL$ ;
- 2 有毒气体的测量范围应为  $0\sim 300\%OEL$ ;当现有探测器的测量范围不能满足上述要求时,有毒气体的测量范围可为  $0\sim 30\%IDLH$ ;环境氧气的测量范围可为  $0\sim 25\%VOL$ ;
- 3 线型可燃气体测量范围为  $0\sim 5LEL\cdot m$ 。

**5.5.2** 报警值设定应符合下列规定:

- 1 可燃气体的一级报警设定值应小于或等于  $25\%LEL$ 。
- 2 可燃气体的二级报警设定值应小于或等于  $50\%LEL$ 。
- 3 有毒气体的一级报警设定值应小于或等于  $100\%OEL$ ,有毒气体的二级报警设定值应小于或等于  $200\%OEL$ 。当现有探测器的测量范围不能满足测量要求时,有毒气体的一级报警设定值不得超过  $5\%IDLH$ ,有毒气体的二级报警设定值不得超过  $10\%IDLH$ 。

4 环境氧气的过氧报警设定值宜为  $23.5\%VOL$ ,环境欠氧报警设定值宜为  $19.5\%VOL$ 。

5 线型可燃气体测量一级报警设定值应为  $1LEL\cdot m$ ;二级报警设定值应为  $2LEL\cdot m$ 。

## 6 可燃气体和有毒气体检测报警系统安装设计

### 6.1 探测器安装

**6.1.1** 探测器应安装在无冲击、无振动、无强电磁场干扰、易于检修的场所,探测器安装地点与周边工艺管道或设备之间的净空不应小于 0.5m。

**6.1.2** 检测比空气重的可燃气体或有毒气体时,探测器的安装高度宜距地坪(或楼地板)0.3m~0.6m;检测比空气轻的可燃气体或有毒气体时,探测器的安装高度宜在释放源上方 2.0m 内。检测比空气略重的可燃气体或有毒气体时,探测器的安装高度宜在释放源下方 0.5m~1.0m;检测比空气略轻的可燃气体或有毒气体时,探测器的安装高度宜高出释放源 0.5m~1.0m。

**6.1.3** 环境氧气探测器的安装高度宜距地坪或楼地板1.5m~2.0m。

**6.1.4** 线型可燃气体探测器宜安装于大空间开放环境,其检测区域长度不宜大于 100m。

### 6.2 报警控制单元及现场区域报警器安装

**6.2.1** 可燃气体和有毒气体检测报警系统人机界面应安装在操作人员常驻的控制室等建筑物内。

**6.2.2** 现场区域报警器应就近安装在探测器所在的报警区域。

**6.2.3** 现场区域报警器的安装高度应高于现场区域地面或楼地板 2.2m,且位于工作人员易察觉的地点。

**6.2.4** 现场区域报警器应安装在无振动、无强电磁场干扰、易于检修的场所。

## 附录 A 常见易燃气体、蒸气特性

表 A 常见易燃气体、蒸气特性表

序号	物质名称	沸点 (°C)	闪点 (°C)	爆炸浓度(V%)		火灾危险 性分类	蒸气密度 (kg/m <sup>3</sup> N)	备注
				下限	上限			
1	甲烷	-161.5	气体	5.0	15.0	甲	0.77	液化后为甲 <sub>A</sub>
2	乙烷	-88.9	气体	3.0	12.5	甲	1.34	液化后为甲 <sub>A</sub>
3	丙烷	-42.1	气体	2.0	11.1	甲	2.07	液化后为甲 <sub>A</sub>
4	丁烷	-0.5	气体	1.9	8.5	甲	2.59	液化后为甲 <sub>A</sub>
5	戊烷	36.07	<-40.0	1.4	7.8	甲 <sub>B</sub>	3.22	—
6	己烷	68.9	-22.8	1.1	7.5	甲 <sub>B</sub>	3.88	—
7	庚烷	98.3	-3.9	1.1	6.7	甲 <sub>B</sub>	4.53	—
8	辛烷	125.67	13.3	1.0	6.5	甲 <sub>B</sub>	5.09	—
9	壬烷	150.77	31.0	0.7	2.9	乙 <sub>A</sub>	5.73	—
10	环丙烷	-33.9	气体	2.4	10.4	甲	1.94	液化后为甲 <sub>A</sub>
11	环戊烷	469.4	<-6.7	1.4	—	甲 <sub>B</sub>	3.10	—
12	异丁烷	-11.7	气体	1.8	8.4	甲	2.59	液化后为甲 <sub>A</sub>
13	环己烷	81.7	-20.0	1.3	8.0	甲 <sub>B</sub>	3.75	—
14	异戊烷	27.8	<-51.1	1.4	7.6	甲 <sub>B</sub>	3.21	—
15	异辛烷	99.24	-12.0	1.0	6.0	甲 <sub>B</sub>	5.09	—
16	乙基环 丁烷	71.1	<-15.6	1.2	7.7	甲 <sub>B</sub>	3.75	—
17	乙基环 戊烷	103.3	<21	1.1	6.7	甲 <sub>B</sub>	4.40	—

续表 A

序号	物质名称	沸点 (℃)	闪点 (℃)	爆炸浓度(V%)		火灾危险 性分类	蒸气密度 (kg/m <sup>3</sup> N)	备注
				下限	上限			
18	乙基环己烷	131.7	35	0.9	6.6	乙 <sub>A</sub>	5.04	—
19	甲基环己烷	101.1	-3.9	1.2	6.7	甲 <sub>B</sub>	4.40	—
20	乙烯	-103.7	气体	2.7	36	甲	1.29	液化后为甲 <sub>A</sub>
21	丙烯	-47.2	气体	2.0	11.1	甲	1.94	液化后为甲 <sub>A</sub>
22	1-丁烯	-6.1	气体	1.6	10.0	甲	2.46	液化后为甲 <sub>A</sub>
23	2-丁烯 (顺)	3.7	气体	1.7	9.0	甲	2.46	液化后为甲 <sub>A</sub>
24	2-丁烯 (反)	1.1	气体	1.8	9.7	甲	2.46	液化后为甲 <sub>A</sub>
25	丁二烯	-4.44	气体	2.0	12	甲	2.42	液化后为甲 <sub>A</sub>
26	异丁烯	-6.7	气体	1.8	9.6	甲	2.46	液化后为甲 <sub>A</sub>
27	乙炔	-84	气体	2.5	80	甲	1.16	液化后为甲 <sub>A</sub>
28	丙炔	-2.3	气体	1.7	—	甲	1.81	液化后为甲 <sub>A</sub>
29	苯	80.1	-11.1	1.2	7.8	甲 <sub>B</sub>	3.62	—
30	甲苯	110.6	4.4	1.2	7.1	甲 <sub>B</sub>	4.01	—
31	乙苯	136.2	21	0.8	6.7	甲 <sub>B</sub>	4.73	—
32	邻-二甲苯	144.4	17	1.0	6.0	甲 <sub>B</sub>	4.78	—
33	间-二甲苯	138.9	25	1.1	7.0	甲 <sub>B</sub>	4.78	—
34	对-二甲苯	138.3	25	1.1	7.0	甲 <sub>B</sub>	4.78	—
35	苯乙烯	146.1	32	0.9	6.8	乙 <sub>A</sub>	4.64	—

续表 A

序号	物质名称	沸点 (°C)	闪点 (°C)	爆炸浓度(V%)		火灾危险性分类	蒸气密度 (kg/m <sup>3</sup> N)	备注
				下限	上限			
36	环氧乙烷	10.56	<-17.8	3.0	80	甲 <sub>A</sub>	1.94	爆炸极限数据按《化工过程安全理论与应用》(第二版)
37	环氧丙烷	33.9	-37.2	2.8	37	甲 <sub>B</sub>	2.59	—
38	甲基醚	-23.9	气体	3.4	27	甲	2.07	液化后为甲 <sub>A</sub>
39	乙醚	35	-45	1.9	36	甲 <sub>B</sub>	3.36	—
40	乙基甲基醚	10.6	-37.2	2.0	10.1	甲 <sub>A</sub>	2.72	—
41	二甲醚	-23.7	气体	3.4	27	甲	2.06	液化后为甲 <sub>A</sub>
42	二丁醚	141.1	25	1.5	7.6	甲 <sub>B</sub>	5.82	—
43	甲醇	63.9	11	6.0	36	甲 <sub>B</sub>	1.42	—
44	乙醇	78.3	12.8	3.3	19	甲 <sub>B</sub>	2.06	—
45	丙醇	97.2	25	2.1	13.5	甲 <sub>B</sub>	2.72	—
46	丁醇	117.0	28.9	1.4	11.2	乙 <sub>A</sub>	3.36	—
47	戊醇	138.0	32.7	1.2	10.5	乙 <sub>A</sub>	3.88	—
48	异丙醇	82.8	11.7	2.0	12	甲 <sub>B</sub>	2.72	—
49	异丁醇	108.0	31.6	1.7	19.0	乙 <sub>A</sub>	3.30	—
50	甲醛	-19.4	气体	7.0	73	甲	1.38	液化后为甲 <sub>A</sub>
51	乙醛	21.1	-37.8	4.0	60	甲 <sub>B</sub>	1.94	—
52	丙醛	48.9	-9.4~7.2	2.9	17	甲 <sub>B</sub>	2.59	—
53	丙烯醛	51.7	-26.1	2.8	31	甲 <sub>B</sub>	2.46	—
54	丙酮	56.7	-17.8	2.6	12.8	甲 <sub>B</sub>	2.59	—
55	丁醛	76	-6.7	2.5	12.5	甲 <sub>B</sub>	3.23	—

续表 A

序号	物质名称	沸点 (°C)	闪点 (°C)	爆炸浓度(V%)		火灾危险 性分类	蒸气密度 (kg/m <sup>3</sup> N)	备注
				下限	上限			
56	甲乙酮	79.6	-6.1	1.8	10	甲 <sub>B</sub>	3.23	—
57	环己酮	156.1	43.9	1.1	8.1	乙 <sub>A</sub>	4.40	—
58	乙酸	118.3	42.8	5.4	17	乙 <sub>A</sub>	2.72	—
59	甲酸甲酯	32.2	-18.9	4.5	23	甲 <sub>B</sub>	2.72	—
60	甲酸乙酯	54.4	-20	2.8	16	甲 <sub>B</sub>	3.37	—
61	醋酸甲酯	60	-10	3.1	16	甲 <sub>B</sub>	3.62	—
62	醋酸乙酯	77.2	-4.4	2.0	11.5	甲 <sub>B</sub>	3.88	—
63	醋酸丙酯	101.7	14.4	1.7	8.0	甲 <sub>B</sub>	4.53	—
64	醋酸丁酯	127	22	1.7	9.8	甲 <sub>B</sub>	5.17	—
65	醋酸丁 烯酯	717.7	7.0	2.6	—	甲 <sub>B</sub>	3.88	—
66	丙烯酸 甲酯	79.7	-2.9	2.8	25	甲 <sub>B</sub>	3.88	—
67	呋喃	31.1	<0	2.3	14.3	甲 <sub>B</sub>	2.97	—
68	四氢呋喃	66.1	-14.4	2.0	11.8	甲 <sub>B</sub>	3.23	—
69	氯代甲烷	-23.9	气体	8.1	17.4	甲	2.33	液化后为甲 <sub>A</sub>
70	氯乙烷	12.2	-50	3.8	15.4	甲 <sub>A</sub>	2.84	—
71	溴乙烷	37.8	<-20	6.7	8	甲 <sub>B</sub>	4.91	—
72	氯丙烷	46.1	<-17.8	2.6	11.1	甲 <sub>B</sub>	3.49	—
73	氯丁烷	76.6	-9.4	1.8	10.1	甲	4.14	液化后为甲 <sub>A</sub>
74	溴丁烷	102	18.9	2.6	6.6	甲 <sub>B</sub>	6.08	—
75	氯乙烯	-13.9	气体	3.6	33	甲	2.84	液化后为甲 <sub>A</sub>
76	烯丙基氯	45	-32	2.9	11.1	甲 <sub>B</sub>	3.36	—

续表 A

序号	物质名称	沸点 (°C)	闪点 (°C)	爆炸浓度(V%)		火灾危险 性分类	蒸气密度 (kg/m <sup>3</sup> N)	备注
				下限	上限			
77	氯苯	132.2	28.9	1.3	7.1	乙 <sub>A</sub>	5.04	—
78	1,2-二氯 乙烷	83.9	13.3	6.2	16	甲 <sub>B</sub>	4.40	—
79	1,1-二氯 乙烯	37.2	-17.8	7.3	16	甲 <sub>B</sub>	4.40	—
80	硫化氢	-60.4	气体	4.3	45.5	甲	1.54	—
81	二硫化碳	46.2	-30	1.3	5.0	甲 <sub>B</sub>	3.36	—
82	乙硫醇	35.0	<26.7	2.8	18.0	甲 <sub>B</sub>	2.72	—
83	乙腈	81.6	5.6	3.0	16.0	甲 <sub>B</sub>	1.81	—
84	丙烯腈	77.2	0	3.0	17.0	甲 <sub>B</sub>	2.37	—
85	硝基甲烷	101.1	35.0	7.3	63	乙 <sub>A</sub>	2.72	—
86	硝基乙烷	113.8	27.8	3.4	5.0	甲 <sub>B</sub>	3.36	—
87	亚硝酸 乙酯	17.2	-35	3.0	50	甲 <sub>B</sub>	3.36	—
88	氰化氢	26.1	-17.8	5.6	40	甲 <sub>B</sub>	1.16	—
89	甲胺	-6.5	气体	4.9	20.7	甲	2.72	液化后为甲 <sub>A</sub>
90	二甲胺	7.2	气体	2.8	14.4	甲	2.07	—
91	吡啶	115.5	<2.8	1.7	12	甲 <sub>B</sub>	3.53	—
92	氢	-253	气体	4.0	75	甲	0.09	—
93	天然气	—	气体	3.8	13	甲	—	—
94	城市煤气	<-50	气体	4.0	—	甲	0.65	—

续表 A

序号	物质名称	沸点 (°C)	闪点 (°C)	爆炸浓度(V%)		火灾危险 性分类	蒸气密度 (kg/m <sup>3</sup> N)	备注
				下限	上限			
95	液化石油气	—	—	1.0	—	甲 <sub>A</sub>	—	气化后为甲类气体,下限按国际海协数据
96	轻石脑油	36~68	<-20.0	1.2	5.9	甲 <sub>B</sub>	≥3.22	—
97	重石脑油	65~177	-22~20	0.6	—	甲 <sub>B</sub>	≥3.61	—
98	汽油	50~150	<-20	1.1	5.9	甲 <sub>B</sub>	4.14	—
99	喷气燃料	80~250	<28	0.6	6.5	乙 <sub>A</sub>	6.47	闪点按现行行业标准《2号喷气燃料》GB 1788—79的数据
100	煤油	150~300	≤45	0.6	6.5	乙 <sub>A</sub>	6.47	—
101	原油	—	—	—	—	甲 <sub>B</sub>	—	—

## 附录 B 常见有毒气体、蒸气特性

表 B 常见有毒气体、蒸气特性

序号	物质名称	蒸气密度 (kg/cm <sup>3</sup> )	熔点 (°C)	沸点 (°C)	OEL(mg/m <sup>3</sup> )			IDLH (mg/m <sup>3</sup> )
					MAC	PC-TWA	PC-STEL	
1	一氧化碳	1.17	-199.5	-191.4	—	20	30	1700
2	氯乙烯	2.60	-160	-13.9	—	10	25	—
3	硫化氢	1.44	-85.5	-60.4	10	—	—	430
4	氯	3.00	-101	-34.5	1	—	—	88
5	氰化氢	1.13	-13.2	26.1	1	—	—	56
6	丙烯腈	2.21	-83.6	77.2	—	1	2	1100
7	二氧化氮	3.87	-11.2	21.2	—	5	10	96
8	苯	3.35	5.5	80.1	—	6	10	9800
9	氨	0.73	-78	-33.4	—	20	30	360
10	碳酰氯	4.11	-104	8.3	0.5	—	—	8
11	二氧化硫	2.73	-75.5	-10	—	5	10	270
12	甲醛	1.29	-92	-19.5	—	2	—	37
13	环氧乙烷	1.84	-112.2	10.8	—	0.6	2	1500
14	溴	8.64	-7.2	58.8	0.3	—	—	66

注：对环境大气(空气)中有毒气体浓度的表示方法有两种：质量浓度(每立方米空气中所含有毒气体的质量数，即 mg/m<sup>3</sup>)和体积浓度(一百万体积的空气中所含有毒气体的体积数，即 ppm 或 μmol/mol)。通常，大部分气体检测仪器测得的气体浓度是体积浓度(ppm)。而我们国家的标准规范采用的气体浓度为质量浓度单位(mg/m<sup>3</sup>)。

本标准中，浓度单位 ppm(μmol/mol)与 mg/m<sup>3</sup>的换算关

系是：

$$c_{\text{ppm}} = \frac{22.4}{M_w} \cdot \frac{T}{273} \cdot \frac{1}{P} \cdot c_{\text{mg/m}^3} \quad (\text{式 B})$$

式中： $M_w$ ——气体的分子量(g/mol)；

$T$ ——环境温度(K)；

$P$ ——环境大气压力(atm)。

# 附录 C 可燃气体和有毒气体检测报警系统配置图

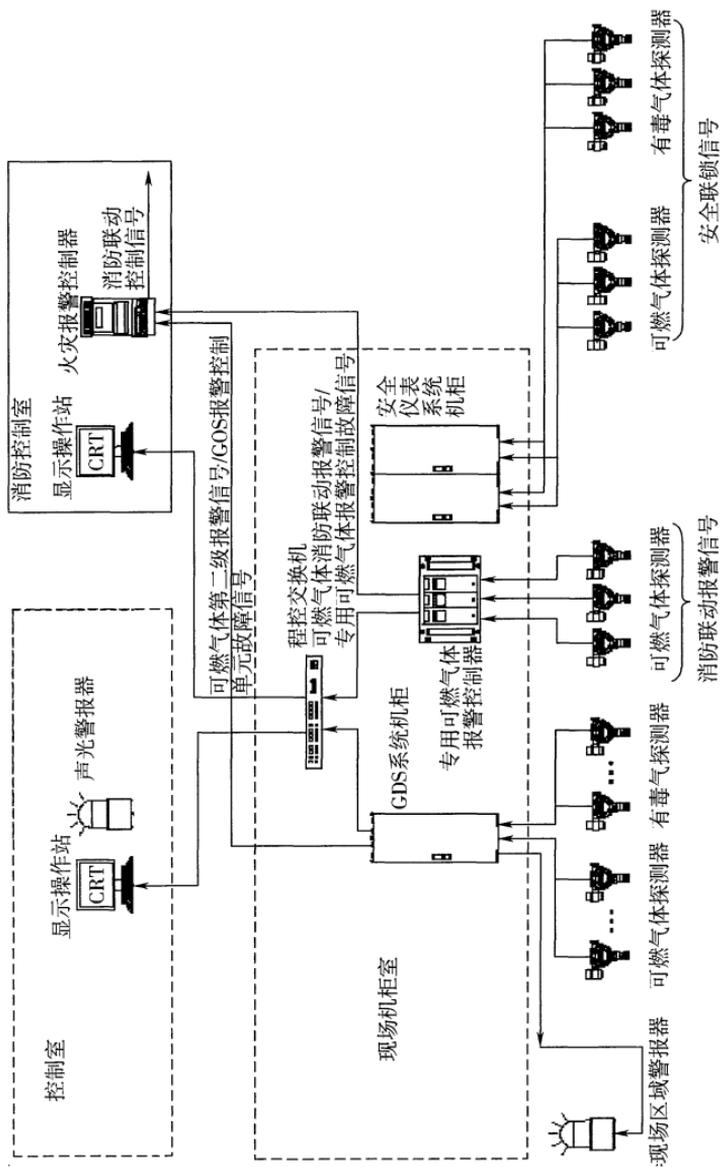


图 C 可燃气体和有毒气体检测报警系统配置图

# 附录 D 常见气体探测器技术性能表

表 D 常见气体探测器的技术性能表

项 目	催化燃烧型检 (探)测器	热传导型 检(探) 测器	红外气体 检(探)测器		半导体型 检(探) 测器	电化学型检 (探)测器	光致电离型 检(探)测器	顺磁型	
			点式	开路				点式	开路
被测气体的 含氧要求	$O_2 > 10\%$	无	无		微量 $O_2$	微量	无	无	
氧气测量 范围			0~ 100%			0~25% (0~100%)		0~100% 0~100%	0~100% 0~100%
可燃气体 测量范围	$\leq LEL$	$LEL \sim 100\%$	0~ 100%		$\leq LEL$	$\leq LEL$	$< LEL$	$\leq LEL$	$\leq LEL$
不适用的 被测气体	大分子有机物		$H_2$		$N_2, Cl_2$	烷烃	$H_2, CO,$ $HCN, SO_2,$ $HCl, HF,$ $HNO_3,$ $CH_4$ ①	可燃 气体	

续表 D

项 目	催化燃烧型检 (探)测器	热传导型 检(探) 测器	红外气体 检(探)测器		半导体型 检(探) 测器	电化学型检 (探)测器	光致电离型 检(探)测器	顺磁型	激光型	
			点式	开路					点式	开路
相对响应 时间	与被测介质有 关	中等	较短		与被测介 质有关	中等	较短	短和 中等	较短	较短
检测干扰 气体	无	CO <sub>2</sub> , 氟里昂	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , HO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	②	NO, NO <sub>2</sub>		
使检测元 件中毒的 介质	Si、Pb 卤素, H <sub>2</sub> S, 含硅化 合物、含磷化 合物、硫化物、 铅化物(可选 用抗中毒型传 感器)	无	无	无	Si, SO <sub>2</sub> , 卤素	CO <sub>2</sub>	无			
辅助气体 要求	无	无	无	无	无	无	无		无	无

续表 D

项 目	催化燃烧型检 (探)测器	热传导型 检(探) 测器	红外气体 检(探)测器		半导体型 检(探) 测器	电化学型检 (探)测器	光致电离型 检(探)测器	顺磁型		激光型
			点式	开路				点式	开路	
室外环境 温度	便携式	-10℃~+40℃								
	固定式	-25℃~+55℃								
空气相对 湿度	20%RH~90%RH									
风速	<6m/s									
机械振动	10Hz~30Hz, 1.0mm 总位移; 31Hz~100Hz, 2g 加速度峰值									

注:①为离子化能级高于所用紫外灯的能级的被测物;②为离子化能级低于所用紫外灯的能级的被测物;③“无”代表无要求。

## 附录 E 常见气体探测器选用指南

表 E 常见气体探测器选用指南

常见介质		催化 燃烧型	热传 导型	红外气体型		半导 体型	电化 学型	光致 电离型	顺磁型	激光型	
				点式	开路					点式	开路
烃类	氢气	**	+	—	—	+	**	—	—	—	—
	轻质烃 (C <sub>4</sub> 以下)	**	+	**	+	+	—	+	—	+	+
	烃蒸气 (C <sub>5</sub> 以上)	**	+	+	+	+	—	+	—	+	+
	卤代烃	—	—	+	—	+	+	+	—	—	—
醇类		**	+	**	—	+	**	**	—	—	—
酯类		**	+	+	—	+	+	**	—	—	—
有毒气体	一氧化碳	+	—	**	—	—	**	—	—	+	—
	氯乙烯	—	—	+	—	+	**	**	—	+	—
	硫化氢	—	—	—	—	+	**	+	—	+	—
	氯	—	—	—	—	—	**	—	—	—	—
	氰化氢	—	—	—	—	—	**	—	—	—	—
	丙烯腈	+	—	—	—	—	**	+	—	—	—
	二氧化氮	—	—	—	—	—	**	+	—	—	—
	苯	+	—	—	—	+	—	**	—	—	—
	氨	+	—	—	—	+	**	+	—	+	—
	碳酰氯	—	—	—	—	—	**	+	—	—	—
O <sub>2</sub>		—	—	—	—	—	**	—	+	—	—

注：“\*\*”表示常用；“+”表示可用；“—”表示不用。

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

《石油化工安全仪表系统设计规范》GB/T 50770

中华人民共和国国家标准

石油化工可燃气体和有毒气体检测  
报警设计标准

**GB/T 50493 - 2019**

条文说明

## 修 订 说 明

《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》(GB/T 50493—2019),经住房和城乡建设部 2019 年 9 月 25 日以第 257 号公告批准发布。

本标准是在《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》GB 50493—2009 的基础上修订而成。上一版的参编单位是北京燕山时代仪表有限公司、无锡格林通安全装备有限公司、上海理研仪器有限公司、深圳市南油诺安电子有限公司、海湾安全技术有限公司,主要起草人员是文科武、罗明、裴炳安、吕明伦、朱华兴、马振武、潘建新、卿笃安等。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

1 总 则 .....	( 37 )
2 术 语 .....	( 38 )
3 基本规定 .....	( 43 )
4 检测点确定 .....	( 49 )
4.1 一般规定 .....	( 49 )
4.2 生产设施 .....	( 53 )
4.3 储运设施 .....	( 56 )
4.4 其他有可燃气体、有毒气体的扩散与积聚场所 .....	( 57 )
5 可燃气体和有毒气体检测报警系统设计 .....	( 60 )
5.1 一般规定 .....	( 60 )
5.2 探测器选用 .....	( 61 )
5.3 现场警报器选用 .....	( 64 )
5.4 报警控制单元选用 .....	( 66 )
5.5 测量范围及报警值设定 .....	( 67 )
6 可燃气体和有毒气体检测报警系统安装设计 .....	( 72 )
6.1 探测器安装 .....	( 72 )
6.2 报警控制单元及现场区域警报器安装 .....	( 73 )
附录 A 常见易燃气体、蒸气特性 .....	( 74 )
附录 B 常见有毒气体、蒸气特性 .....	( 75 )
附录 C 可燃气体和有毒气体检测报警系统配置图 .....	( 76 )
附录 D 常见气体探测器技术性能表 .....	( 77 )

# 1 总 则

**1.0.1** 石油化工企业指以石油、天然气及其产品为原料,生产、储运各种石油化工产品的炼油厂、石油化工厂、石油化纤厂或其联合组成的工厂,定义同现行国家标准《石油化工企业设计防火标准》GB 50160。生产过程由工艺装置、公用工程设施和辅助生产单元组成,其中,工艺装置是由一个或一个以上相互关联的工艺单元组合。储运设施包括甲类气体、液化烃、甲<sub>B</sub>、乙<sub>A</sub>类液体的储罐区、装卸设施、灌装站等储运单元。

**1.0.2** 石油化工改建工程的可燃气体和有毒气体检测报警系统的设计可以参考使用。

化工装置和以煤为原料制取燃料及化工产品的工厂或装置的可燃气体和有毒气体检测报警系统的设计可以参考使用。工厂分析化验室区域的可燃气体和有毒气体检测报警系统的设计可以参考使用。

本标准不适用于海上石油天然气开采和加工平台区域的可燃气体和有毒气体检测报警系统的设计。

## 2 术 语

**2.0.1** 本标准中可燃气体(蒸气)是习惯说法,按照现行国家标准《化学品分类和标签规范 第3部分:易燃气体》GB 30000.3—2013 标准的规定,属于易燃气体(flammable gas),即 20℃ 和 101.3kPa 时与空气混合有一定易燃范围的气体。也就是说,可燃气体(蒸气)就是以一定比例与空气混合后,将会形成爆炸性气体环境的气体或蒸气。

在石油化工行业,易燃气体常指甲类可燃气体、液化烃、甲<sub>B</sub>、乙<sub>A</sub>类可燃液体气化后形成的可燃气体。按现行国家标准《石油化工企业设计防火标准》GB 50160 的规定:甲类气体是指可燃气体与空气混合物的爆炸下限小于 10%(体积)的气体;液化烃(甲<sub>A</sub>)是指 15℃ 时的蒸气压力大于 0.1MPa 的烃类液体及其他类似的液体,例如液化石油气、液化乙烯、液化天然气(液化甲烷)、液化环氧乙烷等;甲<sub>B</sub>液体是指除甲<sub>A</sub> 以外,闪点小于 28℃ 的可燃液体,乙<sub>A</sub>类液体是指闪点大于或等于 28℃ 至等于 45℃ 的可燃液体。甲<sub>B</sub> 与乙<sub>A</sub>类液体也可称为易燃液体。

由于乙<sub>A</sub>类液体泄漏后挥发为蒸气或呈气态泄漏,该气体在空气中的爆炸下限小于 10%(体积)属于甲类气体,可形成爆炸危险区。但是,该气体易于空气中冷凝,所以扩散距离较近,其危险程度低于甲<sub>A</sub>、甲<sub>B</sub>类。

空气中,含有氧气等氧化性气体。部分工艺介质本身也是氧化性介质,如氯气,在工艺设备中,含有这些具有氧化性的介质的气体混合物是安全的,设计过程中,这类介质泄漏后的爆炸性能应以该介质与空气的混合物的特性为依据。

**2.0.2** 本标准中有毒气体的范围是:

(1)《高毒物品目录》(卫法监发〔2003〕142号)中所列的气体或蒸气;

(2)现行国家标准《化学品分类和标签规范 第18部分:急性毒性》GB 30000.18—2013标准中,急性毒性危害类别为1类及2类的急性有毒气体;

(3)现行国家职业卫生标准《工作场所有毒气体检测报警装置设置规范》中列出的有毒气体;

(4)现行国家职业卫生标准《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》中列出的化学有害气体。

本标准中,按照现行国家标准《化学品分类和标签规范 第18部分:急性毒性》GB 30000.18—2013标准的要求,有毒气体指急性毒性危害类别为1类及2类的有毒气体,属于危害严重的有毒气体。包括常见的有:二氧化氮、硫化氢、苯、氰化氢、氨、氯气、一氧化碳、丙烯腈、氯乙烯、光气(碳酰氯)等。常见有毒气体还可以参见现行国家职业卫生标准《工作场所有毒气体检测报警装置设置规范》中,列出了56种有毒气体;在现行国家职业卫生标准《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》中列出了常见的339种化学有害气体和47种化学有害粉尘。

本标准中,暂不将有害粉尘列于在线的毒性气体检测范围。

根据对人的可能致死剂量,中国一般将化学物质的毒性分为剧毒、高毒、中等毒、低毒和微毒五个等级。为消除分级标准之间的差别,建立协调、统一的化学品分级标准,由国际劳工组织(ILO)、经济合作与发展组织(OECD)以及联合国危险货物运输专家委员会(TDG)三个国际组织共同提出框架草案,建立了全球化学品统一分类与标签制度(GHS)。2002年9月在约翰内斯堡召开的“联合国可持续发展世界首脑会议”提出:各国应在2008年全面实施GHS。为适应国际化学品分类统一的这种必然趋势,结合国内化学品管理的实际需要,《剧毒目录》在剧毒化学品判定标准上参照了GHS的急性毒性分级标准。现行国家标准《化学品分

类和标签规范 第 18 部分:急性毒性》GB 30000.18—2013 就是国内的急性毒性分类要求。

《使用有毒物品作业场所劳动保护条例》(2002 年 5 月 12 日颁布实施)第三条规定:“按照有毒物品产生的职业中毒危害程度,有毒物品分为一般有毒物品和高毒物品。国家对作业场所使用高毒物品实行特殊管理。一般有毒物品目录、高毒物品目录由国务院卫生行政部门会同有关部门依据国家标准制订、调整并公布”。2003 年卫生部发布了《高毒物品目录》(2003 年版)。《高毒物品目录》的编制原则是将有下列情况之一的纳入高毒物品目录:

(1)在现行国家职业卫生标准《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》中  $MAC < 1$  或者  $PC-TWA < 1$ ,并且在职业病危害因素分类目录中;

(2)被 IRCA 认定的人类致癌物,并且在职业病危害因素分类目录中;

(3)根据 1990—2001 年职业病统计年报,急性中毒和慢性中毒各前 10 名的毒物,并且在职业病危害因素分类目录中。实际生产工作中,可能对生产人员造成伤害的有毒气体的种类远远多于《高毒物品目录》所列的数量,对有毒气体的划分仅局限于《高毒物品目录》已不满足当今社会对安全生产管理提出的要求。长期接触可以导致慢性中毒的气体介质不在本标准的有毒气体范围内。

《危险化学品重大危险源 罐区 现场安全监控装备设置规范》AQ 3036—2010 中第 3.7 条有毒气体规定:有毒气体包括:

a)已知对人类健康造成危害的气体;

b)半数致死浓度  $LC_{50}$  值不大于  $5000\text{mL}/\text{m}^3$ ,因而判定对人类具有危害的气体。

这个规定中,有毒气体的范围较宽,本标准关注的是剧毒、高毒类介质。

**2.0.3** 本标准中有毒或爆炸性气体释放源是指在正常工作状态下很少(少于  $10\text{h}/\text{a}$ )向周边环境释放有毒或爆炸性气体。

按现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058—2014 的要求,本标准中爆炸性气体释放源为二级释放源。

本标准中爆炸性环境是指在大气环境条件下,可燃气体、可燃蒸气与空气形成的混合物被点燃后,能够保持燃烧自行传播的环境。

**2.0.4** 探测器又称检测器,由于安全消防部门检查时,对可燃气体和有毒气体的检测器的称呼是探测器,为了便于生产管理,故将可燃气体、有毒气体的检测器统称为探测器。

**2.0.5** 线型气体探测器也称开路式气体探测器,是一种用于直线路径中可燃及有毒气云团检测的气体探测器,发射端到接收端距离可从 4m~200m。常用的线型气体探测器有激光型和红外线型。线型气体探测器的技术要求见现行国家标准《可燃气体探测器》GB 15322—2003。

**2.0.6** 现场警报器是一种用在危险场所,通过声音和各种光来向人们发出示警信号的一种报警信号装置,能同时发出声、光两种警报信号。现场警报器包括:一体式声、光警报器和现场区域警报器。

**2.0.7** 报警控制单元可以采用微处理器为基础的电子产品,也可以采用专用的可燃气体报警控制器。专用的可燃气体报警控制器是指符合现行国家标准《可燃气体报警控制器》GB 16808—2008 质量要求且具有消防产品型式检验报告的产品。

**2.0.9** 报警设定值分为一级报警值和二级报警值。一级报警值为高限报警,为警示性报警;二级报警值为高高限报警,一旦发生需立即处理,报警控制单元的连锁控制需从该信号引出。

**2.0.11** 对于不带附加采样管的点式探测器,安装高度指探测器检测口到指定参照物的垂直距离;对于带附加采样管的点式探测器,安装高度指探测器采样管口到指定参照物的垂直距离;对于线型探测器,安装高度指探测器传感器到指定参照物的垂直距离。

**2.0.12、2.0.13** 在确定介质的爆炸下限和上限值时,应结合项目

所在地的大气环境中正常的氧气含量与标准大气环境中的氧气浓度的不同,确定爆炸上下限值的变化。

**2.0.14** 职业接触限值引自现行国家职业卫生标准《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》。职业性有害因素的接触限制量值,指劳动者在职业活动中长期反复接触对机体不引起急性或慢性有害健康的容许接触水平。化学因素的职业接触限值可以分为最高容许浓度、时间加权平均容许浓度和短时间接触容许浓度三类。

**2.0.15** 最高容许浓度的定义引自现行国家职业卫生标准《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》。

**2.0.16** 时间加权平均容许浓度的定义引自现行国家职业卫生标准《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》。

**2.0.17** 短时间接触容许浓度的定义引自现行国家职业卫生标准《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》。该职业接触限值是与8h时间加权平均浓度配套的一种短时间接触限值。

**2.0.18** 直接致害浓度的定义引自现行国家标准《呼吸防护用品的选择、使用与维护》GB/T 18664—2002。

## 3 基本规定

### 3.0.1 本条要求依据下列要求而提出的：

《中华人民共和国职业病防治法》第四条规定：“劳动者依法享有职业卫生保护的权利。用人单位应当为劳动者创造符合国家职业卫生标准和卫生要求的工作环境和条件，并采取措施保障劳动者获得职业卫生保护。”

《中华人民共和国职业病防治法》第二十五条规定：“对可能发生急性职业损伤的有毒、有害工作场所，用人单位应当设置报警装置、配备现场急救用品、冲洗设备、应急撤离通道和必要的泄险区。”

《使用有毒物品作业场所劳动保护条例》(2002年5月12日颁布实施)第十一条(三)中规定：“设置有效的通风装置；可能突然泄漏大量有毒物品或者易造成急性中毒的作业场所，设置自动报警装置和事故通风设施。”

石油化工企业的加工与储运过程中，泄漏气体介质的组成，既有单一组分的气体也有多种组分的混合气体；对于同一释放源，不同工况下，泄漏气体介质的理化性质也是不同的，故探测器的选择和布置需要适应各种泄漏工况的检测要求。对于单一组分的气体介质，既属于可燃气体又属于有毒气体时，由于毒性浓度限值低，该气体泄漏时气体浓度会先达到有毒气体浓度报警设定值，故只设有毒气体探测器。

对于多组分的混合气体或不同工况条件下泄漏气体的组成差异大时，为确保生产安全，当该气体浓度可能达到可燃气体浓度报警设定值和(或)有毒气体浓度报警设定值时，需要分别设置可燃气体和(或)有毒气体探测器。

对于含多种有毒气体组分的混合气体或不同工况条件下泄漏气体的组成差异大时,为确保生产安全,当各毒性气体组分的气体浓度可能达到各组分的有毒气体浓度报警设定值时,需要分别设置有毒气体探测器。

按 BP 公司规定(GP 30-85—2009),泄漏气体中待测烃类气体浓度高于硫化氢气体浓度 2000 倍以上时,该气体可不设硫化氢气体探测器。

**3.0.2** 可燃气体和有毒气体检测的一级报警为常规的气体泄漏警示报警,提示操作人员及时到现场巡检确认。当可燃气体和有毒气体浓度达到二级报警值时,提示操作人员应采用紧急处理措施。

现场发生可燃气体和有毒气体泄漏事故时,为了保护现场工作人员的身体健康,对同时发出的有毒气体和可燃气体的检测报警信号的处理,需遵循有毒气体的报警级别优先的原则。

现场探测器自带的警报器接受一、二级报警信号,现场区域警报器接受第二级报警信号,消防控制中心接受第二级报警信号。

**3.0.3** 为保证生产和操作人员的安全,在正常运行时人员不得进入的危险场所,探测器应对可燃气体和有毒气体释放源进行连续检测、指示、报警,并对报警进行记录或打印,以便随时观察发展趋势和留作档案资料。

通常情况下,生产设施或储运设施的控制室、现场操作室是操作人员常驻和能够采取措施的场所。现场发生可燃气体和有毒气体泄漏事故时,报警信号发送至操作人员常驻的控制室、现场操作室等进行报警,这有利于控制室、现场操作室的操作人员及时发现并采取措施。

国内石化企业的气防控制部门常与其他生产管理部门合建,如与消防站合建,故有毒气体第二级报警信号常和可燃气体第二级报警信号一起送至消防(气防)部门。当企业的气防控制部门独立于其他生产管理部门时,有毒气体第二级报警信号需送至气防

管理部门显示装置和相关监管控制单元。

**3.0.4** 在控制室操作区设置可燃气体和有毒气体声、光报警,有利于控制室的操作人员及时发现并采取措施。

为了提示现场工作人员,通常在生产现场主要出入口处及高噪声区[噪声超过 85dB(A)]等部位设置现场区域报警器。

有人进入巡检操作且可能出现可燃气体或有毒气体积聚的压缩机厂房、泵房、筒(料)仓、分析小屋、分析化验室等相对封闭场所,在其出、入口等醒目位置设置声光报警器。其目的是提醒巡检操作人员进入这些场所时引起注意。

**3.0.5** 在石油化工企业中,按照现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116—2013 标准的要求,可燃气体探测器属于火灾自动探测设备,生产中使用的可燃气体探测器应有消防产品检测报告。目前,可燃气体探测器的消防产品检测报告包括产品型式检验报告和消防产品认证证书(应急管理部消防产品合格评定中心发放)。

2017 年 12 月 26 日全国人大已批准新计量法于 2017 年 12 月 28 日执行。修改主要内容:取消制造、修理计量行政许可(即取消计量制造认证),严格执行计量器具型式批准许可。

目前,《强制检定的工作计量器具目录》中所列的必须经国家计量器具制造认证的有毒气体探测器只有针对二氧化硫、硫化氢、一氧化碳等几种产品。对于国家法规要求进行检测的有毒气体而言,并非所有的有毒气体探测器都须经国家指定机构及授权检验单位的计量器具制造认证。

对于泄漏的气体介质,当其既属于有毒气体,又属于可燃气体时,虽然检测时是按有毒气体来检测和报警,但由于其仍具有爆炸特性,有毒气体探测器需满足相应防爆要求。

用标准气体做校核气时,厂家需提供实际气体与标准气体的关联曲线。

**3.0.6、3.0.7** 固定式可燃及有毒气体探测器指在现场长期固定

安装的气体检测装置,用于需要对被检区域的气体作长久检测用;移动式可燃及有毒气体探测器指能从一处移动到另一处,并可以在现场短期固定安装的气体检测报警装置,用于生产现场或储运现场临时监测用;便携式可燃及有毒气体探测器指可以随身携带并在携带过程中完成检测报警任务的气体检测报警装置,用于生产现场或储运现场的介质泄漏检测、现场泄漏介质的确认和现场环境的安全监测。

对于一些不具备设置固定式可燃气体或有毒气体探测器的场所,如:环境湿度过高,环境温度过低,或在正常情况下视为非爆炸或无毒区,生产检修时可能为爆炸或有毒危险区等,受检测产品的性能所限,通常可以安装移动式可燃气体或有毒气体探测器,以确保生产和维护的安全需要。

受生产现场场地条件和气象条件所限,可燃气体和有毒气体探测器的设置常常难以及时地反映出释放源的准确地点和方位。为保障现场人身的安全,对于在现场巡检和操作的工作人员,需按照生产现场的安全管理要求,为在可燃气体和有毒气体环境中工作的现场人员配备便携式可燃气体和有毒气体探测器,以期提高企业安全管理工作水平。

进入的环境同时存在爆炸性气体和有毒气体时,便携式可燃气体和有毒气体探测器宜采用多传感器类型,也可根据需要选择单一组分的可燃气体探测器、有毒气体探测器、测氧仪。

鉴于有毒气、高温高压的可燃气体一旦发生泄漏有着巨大危害性,当工厂出现泄漏事故时,为防止操作人员盲目施救造成二次伤害,便携式气体探测器的选用时,需考虑合同工厂提出的安全管理水平的要求。在现场噪声高,旋光警示效果差的装置区内,可以选择配备能接受远传报警信号的便携式检测报警仪表,以便及时接受气体探测器发出的相关报警信息。

**3.0.8 独立设置**是指可燃气体和有毒气体检测报警系统的检测与发出报警信号的功能不受对应装置生产工艺控制仪表系统故障

的影响。

2014 年国家安监总局下发的《国家安全监管总局关于加强化工安全仪表系统管理的指导意见》(安监总管三〔2014〕第 116 号)中第四(十一)条明确要求采用独立设置,因此,本次修订时,应参照上文和现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 的有关内容,对原国标中第 3.0.9 条进行重新修订。

按照《国家安全监管总局关于加强化工企业泄漏管理的指导意见》(安监总管三〔2014〕94 号)第三(八)款的要求,“对涉及重点监管危险化工工艺和危险化学品的生产装置,要按安全控制要求设置自动化控制系统、安全联锁或紧急停车系统和可燃及有毒气体泄漏检测报警系统。紧急停车系统、安全联锁保护系统要符合功能安全等级要求”。

**3.0.9** 检测报警系统的电源供电按一级用电负荷中的重要负荷供电。

根据现行国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052—2009 第 2.0.1 条的规定:一级负荷中特别重要的负荷是指中断供电将造成发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷,以及特别重要场所的不允许中断供电的负荷。现行国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052—2009 第 3.0.1 条的规定:

“电力负荷应根据对供电可靠性的要求及中断供电在对人身安全、经济损失上所造成的影响程度进行分级,并应符合下列规定:

**1** 符合下列情况之一时,应视为一级负荷:

- (1) 中断供电将造成人身伤害时;
- (2) 中断供电将在经济上造成重大损失时;
- (3) 中断供电将影响重要用电单位的正常工作。

**2** 在一级负荷中,当中断供电将造成人员伤亡或重大设备损坏或发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷,以及特别重要场所的不允许中断供电的负荷,应视为一级负荷中特别重要的负荷”。

可燃气体和有毒气体检测报警系统通常作为装置的安全独立保护层,可燃气体和有毒气体检测报警系统的可靠性是确保装置生产安全的基本要求。事故一旦发生,检测报警系统的工作能够使得生产管理人员及时处理,防止事故扩大,保证工作人员的抢救和撤离,故保证系统的用电负荷,亦为特别重要负荷。

分散或独立的有毒及易燃易爆品的设施,如加油站、加气站等,一般采用盘装或壁挂式,电源功率较小,故规定检测报警系统也可采用普通电源供电。

**3.0.10** 有毒气体的职业接触限值通常有最高容许浓度、时间加权平均容许浓度和短时间接触容许浓度三种。按数值高低,IDLH 大于职业接触限值(其中,最高容许浓度 MAC 小于时间加权平均容许浓度;时间加权平均容许浓度小于短时间接触容许浓度值)。按照职业卫生防护要求,在每天工作 8h 且每周工作 5d 的条件下,职工应在符合时间加权平均容许浓度的环境条件下工作。实际上,在确定有毒气体探测器时,结合当前有毒气体探测器的制造水平,如按时间加权平均容许浓度作为有些毒性介质的检测浓度限值时,则市场上无适宜的探测器可选。由于生产现场泄漏检测属于环境事故状态检测,不是正常工作状态,为在确保操作人员的健康安全的前提下,便于检测工作的工程实施,当生产介质同时具有几个职业接触限值时,有毒气体的职业接触限值可按最高容许浓度—时间加权平均容许浓度—短时间接触容许浓度的优先顺序选用浓度限值;当特定气体缺少最高容许浓度、短时间接触容许浓度值和时间加权平均容许浓度值时,可以选用直接致死浓度值。

## 4 检测点确定

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 为有效发挥可燃气体和有毒气体探测器的作用及监测数据的准确性,确保装置生产安全和工作人员的安全,特做本规定。

实际生产过程中,点式探测器通常安装在释放源附近或气体易于聚集(足够的浓度和停留时间)的场所;当现场具有较大的开放式空间时,如管廊、装置周边、罐区、泵组区,可选择线型探测器;当生产介质泄漏后形成的气体或蒸气能显著改变释放源周围环境温度的场所时,可以选用红外图像型气体探测器。使用噪声探测器的场所,需同时选用点式气体探测器。线型探测器需与点式气体探测器联合使用。

气体探测器类型的选用,需考虑探测器的响应时间。探测器选用时,要考虑温度、振动、电磁等环境因素的影响。对重要的连续检测点,需考虑现场探测器的冗余。

检测点的布置,需结合泄漏发生后泄漏气体(蒸气)的现场气云扩散特性,考虑检测点的安排,为了确保现场出现泄漏事故时的及时检测报警,检测点的布置要考虑在不同泄漏场景下,目标探测器在各种潜在泄漏场所的泄漏源的分布。

实际工作中,设计人员需要按项目合同要求开展项目可燃气体和有毒气体检测报警器的布点设计效果的评价。结合现场气体扩散模拟计算结果,依据探测器选型、测量范围、探测器数量、安装位置和角度、系统的校验要求等设计参数开展,验证设计工作是否符合项目合同要求。关于这项评价工作,本标准不做详细规定,可参见 *Guidance on the Evaluation of Fire and Gas System Effectiveness* (火气系统有效性的评价指南)(ISA-TR 84.00.07—

2010)。

总之,探测器的布点要使探测器可以在泄漏点泄漏出来的可燃气体和有毒气体的量达到危及生产设施和人员安全的程度前,检测到相应的气体信号,并发出报警。

**4.1.2** 由于温度和海拔对气体的密度影响较大,为了方便判断泄漏的介质泄漏到大气中时,泄漏气体介质是否比空气重,本标准用泄漏介质的气体分子量与当地空气的分子量的相对比值作为判断依据。

**4.1.3** 本标准所指的可燃气体释放源即可能释放出形成爆炸性气体混合物所在的位置或点。

本标准所指的有毒气体释放源即可释放出对人体健康产生危害的物质所在的位置或点。

根据现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058—2014 的有关规定,释放源应按物质的释放频繁程度和持续时间长短分级。其分为连续释放源、第一级释放源、第二级释放源。

第一级释放源,在正常运转时周期或偶然释放的释放源。下列情况可以划为第一级释放源:

(1)在正常运行时,会释放易燃物质的泵、压缩机和阀门等的密封处;

(2)在正常运行时会向空间释放易燃物质,安装在储有易燃液体的容器上的排水系统;

(3)在正常运行时会向空间释放易燃物质的取样点。

第二级释放源,预计在正常情况下不会释放,即使释放也仅是偶尔短时的释放源。下列情况可以划为第二级释放源:

(1)在正常运行时不可能出现释放易燃物质的泵、压缩机、阀门、控制阀的密封处;

(2)在正常运行时不能释放易燃物质的法兰等连接件;

(3)在正常运行时不能向空间释放易燃物质的安全阀,排气孔

和其他开口处；

(4)在正常运行时不能向空间释放易燃物质的取样点。

可燃气体探测器所检测的主要对象是属于第二级释放源的设备或场所。本条各款的规定就是属第二级释放源的具体实例。

可燃、有毒气体探测器所检测的释放源的特点是在正常情况下不会释放,即使释放也仅是偶尔短时释放,且泄漏的可燃气体可能达到泄漏介质地爆炸下限或有毒气体浓度限值。其中,气体压缩机和液体泵的动密封释放源是指在正常运行时不可能出现释放易燃物质的泵、压缩机的密封处;设备和管道的法兰和阀门组释放源是指在正常运行时不可能出现释放易燃物质的阀门、控制阀及法兰连接件,且在正常生产过程中,需经常拆卸的法兰和经常操作的控制阀和阀组,这些法兰和阀门在不正常运行时可能泄漏可燃气体和有毒气体。

**4.1.4、4.1.5** 现场发生可燃气体和有毒气体泄漏事故时,为了保护现场工作人员的身体健康,使出现泄漏事故的装置和单元不影响周边相邻设施的安全状态,在受监控的装置和单元的周边,故要求设置气体检测报警装置,用于生产现场或储运现场的介质泄漏检测、现场泄漏介质的确认和现场环境的安全监测。检测点的布置,需结合泄漏发生后泄漏气体(蒸气)的现场扩散特性,考虑检测点的安排,确保现场出现泄漏事故时的及时检测报警。检测点的布置要考虑在不同泄漏场景下,探测器的可靠性和蒸气云探测布点覆盖率。探测器的可靠性和现场蒸气云检测点覆盖率的确定,需依据生产装置工艺特点、现场设备布置、潜在泄漏源的分布、现场气候环境、生产管理安排等因素,结合泄漏计算和生产经验综合确定,确保工厂的生产和维护过程的安全需要。

本标准中未采用网格布点的方式检测气云规模。为监测生产区和储运区泄漏的可燃气体和有毒气体对周边环境安全的影响,同时,为确保现场人员的健康安全,沿装置进出口、道路、生产区和储运区周边布置可燃气体探测器和(或)有毒气体探测器时,需要考虑

泄漏介质的扩散特性、界外可能的点火源分布和敏感目标的距离,确定位于装置边界的各探测器的间隔距离和各探测器的实际安装高度,以期达到对泄漏的可燃气体和有毒气体云的监控目的。

**4.1.6** 空气中氧气浓度的变化会影响部分气体探测器(有氧检测的可燃气体探测器,如催化燃烧型)的正常工作、影响操作工人的呼吸健康、改变环境中可燃气体的爆炸极限以及可燃气体点火能。为了达到防爆设计和保护操作人员健康的目的,结合国外成熟的安管理验,在生产过程中环境氧气浓度可能出现较大变化时,本标准中提出了增加对空气中氧含量测量的要求。

对同一种气体介质,相对于正常大气环境而言,空气中氧浓度的变化,对于可燃气体的爆炸下限有一定的影响。通常,在空气中氧浓度的变化较小(正负 10%)的情况下,可燃气体爆炸下限的变化对于浓度检测报警的警示功能影响不大。

现行国家职业卫生标准《职业卫生名词术语》规定,氧浓度低于 19.5%(v/v)为缺氧环境,高于 23.5%(v/v)为富氧环境。我国对欠氧与过氧的规定较美国严,这有利于早期预警。如美国 NIOSH 标准 *Working in Confined Spaces* 规定:在大气环境条件下,大气中氧气的分压低于 132mmHg[正常为 160mmHg,折合为 17.3%(v/v),相当于海拔高度 1609m]为欠氧大气环境,大气中氧气的浓度高于 25%(v/v)为过氧大气环境。

在生产过程中环境氧气浓度可能出现欠氧的场所,主要是受限空间作业工况。缺氧报警值常为 19.5%(v/v)。缺氧报警值设为 19.5%是为了保护操作人员的正常健康。导致环境缺氧的原因很多,如其他气体的加入、化学反应、燃烧等,其中,许多燃烧过程还会释放出有毒气体。为避免环境缺氧报警值没有达到 19.5%,而可燃和有毒气体已经超标的情况,氧气探测器常与可燃气体和有毒气体的探测器同时使用。

在生产过程中环境氧气浓度可能出现过氧的场所,主要是工厂的氮氧站、局部用氧点的作业工况。当释放源是可燃气体和有

毒气体介质时,氧气探测器常与可燃气体和有毒气体的探测器同时布置使用。过氧报警值常为 23.5%(v/v)。过氧报警值设为 23.5%是为了保护操作人员的正常健康。

环境氧气报警浓度具体的数值确定,应视项目所处环境而调整,如高原地区,海拔高度 1610m 时,大气中的正常氧含量约为 17.3%(v/v),其欠氧、过氧大气环境的氧含量应做合理调整。

## 4.2 生产设施

**4.2.1、4.2.2** 可燃气体探测器的布置,主要是有利于及早发现可燃气体的泄漏,防止爆炸气云的扩散,带来重大火灾爆炸隐患;有毒气体探测器的布点,主要是有利于及早发现有有毒气体的泄漏,防止有毒气云的扩散影响操作人员和周边环境安全。这两条的要求是结合国内外企业可燃气体与有毒气体探测器系统的布点的和管理经验提出的。

所谓露天布置是指设备布置在没有厂房,没有顶棚的室外。敞开式厂房布置是指设备布置在设有屋顶,不设建筑外围护结构的建筑物内。

封闭厂房是指有门、有窗、有墙、有顶棚的厂房,半敞开式厂(库)房是指设有屋顶、建筑外围护结构局部采用墙体构造的生产性或储存性建筑物,封闭墙体面积不超过总墙体面积一半的建筑,通常多为局部通风不良场所。布置在封闭式厂房内的设备,属于室内布置;布置在半敞开式厂房内的设备,应根据具体的布置情况确定,如果通风不良,也可视为室内布置。

通常,建筑物内,采用强制通风或自然通风的小时通风体积量高于 6 倍建筑体积时为通风良好,此时,爆炸危险区域的空气流量能使易燃物质很快稀释到爆炸下限值的 25%以下。除此而外,其他相对封闭、缺乏强制或自然通风条件、空间狭小的场所和部位属于局部通风不良。

根据液化石油气扩散速率试验,室内当释放流率为 600L/h

(10L/min)时, LPG 的扩散速度为 0.15m/s, 泄漏发生 1min~1.5min 内即可检测到, 扣除仪表本身响应时间 30s 后, 扩散时间为 30s~60s, 扩散距离 4.5m~9m。由此推论, 一台在室内安装的探测器其有效覆盖半径可按 4.5m~9m 考虑。

按日本《一般高压气体安全规则》中 LPG 安全规则, 关于“可燃性气体及有毒气体的泄漏检测报警器的布置”, 室内布置的容易泄漏的高压气体设备, 容易滞留可燃气体的场所, 在这些设备群的周围以 10m 间距设一个探测器的比例计算设置探测器的数量。在室外布置的容易泄漏的高压气体设备在邻近高压设备, 墙壁及其他构筑物, 在坑槽等易于滞留气体的场所, 在这设备群的周围以 20m 间距设一个探测器的比例计算设置探测器的数量。上述容易泄漏的高压气体设备一般指压缩机、泵、反应器、储罐等。分析日本的规定可折算为: 探测器的有效覆盖水平平面半径, 在室内为 5m, 在室外为 10m。

据资料报导: 试验表明: 在泄放量为 5L/min~10L/min, 连续释放 5min, 探测器与泄放点间的最灵敏区范围为 10m 以内, 有效检测距离是 20m。

按现行国家标准《作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求》GB 12358 标准的要求, 可燃气体和有害气体泄漏 30s~60s 即响应报警。

BP 和壳牌的探测器布点是以爆炸气云检测为导向的, 没有直接提探测器和泄漏点距离应该是多少, 实际上只是依据爆炸理论, 给出了可能造成破坏性事故所需可燃气体气云的目标直径。BP 公司的规定(GP 30-85—2009)是以气云检测为导向的。文中第 7.2.2 条中提到在封闭的空间中将探测器设置到合适的高度以 5m 为间距设置探测器, 因为直径小于 5m 的云团即使燃烧也不至于产生爆炸超压所需的速度, 所以直径 5m 的云团是目标云团。文中第 7.2.5 条中提到开放式空间则探测器布点间距是 10m(边界处有探测器布点时除外), 直径 10m 的云团是目标云团(开放式

空间中设备的密集程度要小于 0.3),如果设备的密集程度大于 0.3,那么开放式空间这个布点间距还是需要按照 5m 来布设探测器的。第 11.3 节是专门讲探测器如何布局的,包括探测器布置的设计高度等。有毒气体探测器的布置主要用于职工健康防护,以 TWA 为报警阈值一般布置在巡查、检修及逃生路线上。Shell 公司的规定(DEP 32.30.20.11—2011)也是以气云检测为导向的。文中第 6.2.2 条给的云团直径分别为 5m、7m、10m,指的是目标气云(边缘浓度为 100%LEL)的气团的直径。其中,5m 是封闭或设备密集场所,10m 是开放式空间,7m 为半敞开空间和设备管路比较密集的场所。毒性气体云团直径取 8m。

实际上,气体泄漏的场景是很复杂的,泄漏介质特性、环境条件、探测器型式和布点、探测器的可靠性等因素对探测器是否能及时检测到泄漏现象都有影响。气体探测器是一种被动的探测仪器,只有气云飘到时才有可能被动地检测到。做探测器布点分析时,判断扩散气云可能存在的位置,对确定探测器类型和布点的位置很重要。

封闭或半敞开厂房内有一层或二层,如果可燃气体或有毒气体压缩机布置在厂房的第二层,为安全起见,尽快检测出泄漏的可燃气或有毒气体,在二层需按本条规定设置探测器。在一层无释放源的情况下,比空气重的可燃气体或有毒气体的沉积,所以在一层按本标准的第 4.4.4 条的规定设置探测器。有释放源的情况下,仍按本条设置探测器。

对于常温下气体密度大于空气的介质,结合周围环境特点,常将探测器安装在低于泄漏点的下方平面上;对于常温下气体密度小于空气的介质,常将探测器安装在高于于泄漏点的上方平面上。对于容易积聚有毒气体的场所需特别注意探测器监测点的设定。由于介质温度以及泄漏点环境的差异,处理那些常温下与空气的密度比在 0.8~1.2 范围内的气体介质泄漏时,要注意泄漏的气体可以向泄漏点周围的各个方向扩散,探测器布点设计时,需根据泄

漏源周边的环境和泄漏介质的扩散特点做具体分析。

**4.2.3** 本条规定是检测比空气轻的可燃气体与有毒气体。当释放源处于露天或敞开式厂房的设备区内,且通风良好,根据现场调查,引进装置均不设探测器,主要原因是泄漏的气体不会形成直径大于10m(100%LEL)的云团,当可以形成大云团时,工艺参数常常已出现异常,并发出报警提醒操作员处理。当释放源处于封闭或半敞开厂房内,通风不如露天或敞开式厂房,且在最高点死角易于积聚可燃气体,为安全起见,尽快检测泄漏出的可燃气体,故规定在释放源上方0.5m~2m处(见本标准第6.1.2条)设探测器。工厂生产厂房类别很多,如生产加工车间、压缩机厂房等。现行国家标准《石油化工生产建筑设计规范》SH/T 3017—2013 中第5.2.12条中对介质为可燃气体和有毒气体的压缩机封闭式厂房或其操作平台以上为封闭的压缩机厂房,要求在建筑物顶应设置通风屋脊、风帽或采取其他排风措施,以避免可燃气体和有毒气体的累积。工厂生产厂房类别很多,车间内排风设施失效或不能及时排风时,安全风险依然存在。在最高点易于积聚处设探测器主要目的是因为泄漏出可燃气体与有毒气体经扩散后易滞留此处,经一定时间积聚后易达到报警设定值,在此设探测器可尽快检测泄漏出的可燃或有毒气体。一般来说, $H_2$ 、 $CH_4$ 、 $NH_3$ 等介质的探测器可以安装在离房内最高处30cm以内。

对于有氢气泄漏的场所,探测器需安装在泄漏点上方平面。

在厂房的最高点安装探测器,可能涉及三级或特级高处作业,为方便日常校准和检定工作,设计中需要考虑相应的检维修平台和登高通道。

### 4.3 储运设施

**4.3.1** 液化烃、甲<sub>B</sub>、乙<sub>A</sub>类液体等产生可燃或有毒气体的液体储罐常以罐组形式布置在防火堤内,当防火堤内有隔堤且隔堤高度高于探测器的安装高度时,隔堤分隔的区域内需设探测器。

**4.3.4** 灌装口与检测点距离小于 5m 时,在正常灌装时可能报警,两者间距离不得过小,过大又不灵敏,因此规定为 5m~7.5m。

一般储瓶库多为敞开式厂房,为有效检测泄漏的液化烃,规定沿库的四周布置探测器。当周边长度之和不长(如小于 60m),可每间隔 15m 设一台探测器。当四周边长之和小于 15m 的,至少设一台探测器。

当储瓶库系封闭或半敞开厂房时应按本标准第 4.2.1 条规定,使探测器有效的覆盖全部厂房面积。

#### **4.4 其他有可燃气体、有毒气体的扩散与积聚场所**

**4.4.1** 本条规定是为防止可燃气体进入明火加热炉区,引起火灾和爆炸。探测器设置的位置是沿用现行国家标准《石油化工企业设计防火标准》GB 50160 的规定。

与明火加热炉相关的燃料系统属加热炉附件。本标准所指的可燃气体释放源指非明火加热炉的可燃气体释放源。

实际上,在各生产装置和单元中,相对于明火加热炉而言,周边可能存在的可燃气体释放源的种类和位置是不同的。对于不同的可燃气体释放源,所选用的可燃气体探测器类别也可能会有差异。无论明火加热炉周边的可燃气体释放源之间的相对位置如何,以及各可燃气体释放源与明火加热炉的相对位置如何,明火加热炉周边可燃气体探测器的选型和布置,对于每个可燃气体释放源而言,均应符合每个可燃气体释放源距加热炉炉边的水平距离 5m~10m 处应设探测器的技术要求。明火加热炉周边设置的可燃气体探测器可以同时覆盖明火加热炉周边的数个同类潜在的可燃气体释放源。

**4.4.2** 本条规定在爆炸危险区域 2 区范围内,使用防爆型或非防爆型在线分析仪表时,其仪表间均应设置探测器。既可检测采样管道系统泄漏出的可燃气体,又可检测 2 区可燃气体,防止其进入仪表间。

按现行国家标准《石油化工企业设计防火标准》GB 50160 的规定,“布置在爆炸危险区的在线分析仪表间内设备为非防爆型时,在线分析仪表间应正压通风”。为安全起见,本条规定,即使设了正压通风,也应有“第二道防线”的探测器“把门”。

检测比空气轻的可燃气体,因气体比重轻于空气,易于聚积在仪表间顶部死角,所以探测器应设在顶部易于积聚处。

现场在线分析仪表间属于受限空间,需设氧气探测器。

**4.4.3** 石油化工企业内,建筑物所处的周边环境比较复杂,工厂发生泄漏事故时,在建筑物内各房间工作的工作人员不易察觉,故当建筑物设置集中空调时,需根据具体情况,在空调引风口处设置可燃气体和有毒气体探测器,并需将报警信号送空调引风管道上设置的自动切断隔离系统。

装置内控制室、机柜间、变配电所等电缆沟槽进入建筑物房间的开洞处,通常设置有密闭密封设施,可不设气体探测器。一般控制室、变配电所距工艺设备区或储罐 15m(或 22.5m)并高出地坪 0.6m 是属 2 区范围以外。地坪高度小于 0.6m,距工艺设备区或储罐 15m~30m 距离是属附加 2 区的范围;在此范围内的控制室,当门窗朝向设备组或储运设施,则认为可燃气体或有毒气体可能进入。因此,装置发生泄漏时,可燃气体或有毒气体可能进入室内的机柜间、控制室和变配电所都宜设探测器。

控制室、机柜间的空调新风引风口等可燃气体和有毒气体有可能进入建筑物的地方,由于风机的作用,有害气体易通过风机进入到室内,危及操作人员身体健康和设备安全,故应设置探测器。

**4.4.4** 装置发生泄漏时,比空气重的可燃气体和(或)有毒气体,可能积聚在通风不良的工艺阀井、地坑及排污沟等场所,危及生产操作安全和环境安全。对大多数的可燃气体而言,当气体浓度达到 1%LEL 时,气体是有毒的。为了给操作人员提出安全警示,有必要在需要关注的工艺阀井、地坑及排污沟等场所设置探测器。

工艺阀井、地坑及排污沟等场所泵吸式气体采样系统配置,举

例如下见图 1:

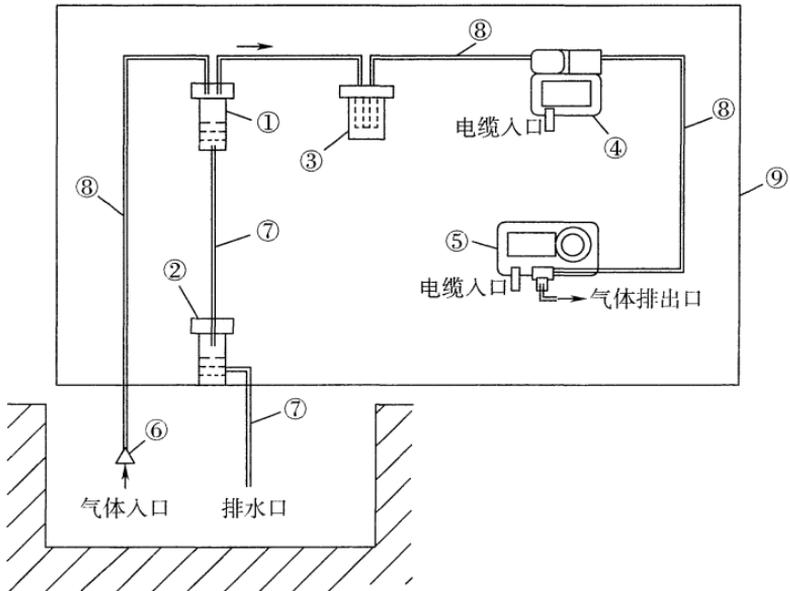


图 1 工艺阀井、地坑及排污沟等场所泵吸式气体采样系统配置示意图  
①—水气分离除水器；②—蓄水/排水器；③—过滤器；④—电动采样泵；⑤—气体探测器；⑥—吸气口采用浮动型式；⑦—排水管；⑧—气体采样管(TUBE)；  
⑨—安装板和支架

## 5 可燃气体和有毒气体检测报警系统设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 石油化工企业可燃气体和有毒气体的检测信号,除了个别特殊的联动要求以外,主要用于报警。

**5.1.2** 本条是依据现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116—2013 第 8.1.3 条和第 8.1.4 条的规定提出的:第 8.1.3 条内容,“石化行业涉及过程控制的可燃气体探测器,可按现行国家标准《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》GB 50493 的有关规定设置,但其报警信号应接入消防控制室”。第 8.1.4 条内容,“可燃气体报警控制器的报警信息和故障信息应在消防控制室图形显示装置或起集中控制功能的火灾报警控制器上显示,但该类信息与火灾报警信息的显示应有区别”。

不介入消防联动的可燃气体和有毒气体检测报警信号,可由可燃气体和有毒气体检测报警控制单元直接送至消防控制室,该可燃气体和有毒气体检测报警控制单元可不通过消防检测。

**5.1.3** 实际工作中,常规的可燃气体和有毒气体检测报警系统没有安全仪表功能要求。当可燃气体和有毒气体检测报警系统作为独立的保护层时,通常要考虑系统的可靠性,系统可采用高质量电子产品,或采取必要的冗余设计,以满足较高的可靠性要求。

装置 SIS 系统中,各回路的安全可靠性等级是基于风险分析的结果和装置 SIL 分级而确定的,因此,可燃气体和有毒气体检测报警系统与 SIS 系统的设计要求是不同的。另外,在生产过程中可燃气体和有毒气体检测报警信号介入 SIS 系统的场所较少,为了便于管理,本标准提出了可燃气体或有毒气体检测信号作为安全仪表系统的输入时,探测器宜独立设置的要求。

## 5.2 探测器选用

**5.2.1** 工程上,探测器常用的输出信号是 4mA~20mA 的 DC 信号、数字信号、触点信号。

**5.2.2** 对泄漏介质的检测,可以依据介质的化学特性、温度特性、物理特性等特性选择检测元件的检测原理。当前,介质的化学特性,如浓度,是常用的受检参数。

探测器的选用与检测仪表产品的性能、被测气体的理化性质、环境条件及干扰气体介质或元素对检测元件的毒害程度等密切相关,常见的探测器的性能见本标准附录 D。

常用的可燃气体和有毒气体探测器分为多种类型:以布置方式分为点式(扩散型与吸入型)、线式(开路式)和面式(红外成像式)。以安装方式分为固定式、移动式和便携式。以检测原理分为催化燃烧型、热传导型、红外光型、半导体型、电化学型、光致电离型、激光型、噪声型等。

实际生产过程中,常用的可燃气体和有毒气体探测器多为固定的点式催化燃烧型探测器、热传导型探测器、红外气体探测器、半导体型探测器、电化学型探测器、光致电离型探测器等,故本规定中有关可燃气体和有毒气体探测器的选用要求也是针对上述常用固定的点式气体探测器。对于其他特殊形式的气体探测器,如高分子气体传感器和线型红外气体探测器等,其选型及适用范围,需按产品技术文件要求设计。

可燃气体及有毒气体探测器是常用的安全检测仪表,为了保证现场检测数据的可靠性,设计选型时,应根据现场的环境条件提出对产品的技术性能要求。探测器的选用,应考虑使用环境温度以及被检测的气体同安装环境中可能存在的其他气体的交叉影响,并结合现场环境特征,考虑探测器的防水、防腐、防潮、防尘、防爆和抗防电磁干扰等要求。

有毒气体的浓度范围一般为 ppm 级。检测环境条件对仪表

的工作性能的影响尤为严重。有毒气体探测器的选用需综合考虑气体的物性、腐蚀性和探测器的适应性、稳定性、可靠性、检测精度、环境特性及使用寿命等,并根据探测器安装场所中的各种气体成分的交叉反应的情况和制造厂提供的仪表抗交叉影响的性能,选择合适的探测器。

使用电化学型探测器时,由于温度过高过低都会引起电解质的物理变化,需注意使用温度不超过制造厂规定的使用环境温度。当环境温度不适合时,需采取措施或改用其他型式的探测器。

常用的有毒气体探测器使用寿命如下:

电化学式:1年~3年;

半导体式:3年~4年;

光致电离型:1年~3年;

红外线式:不小于2年。

对同一种原理的探测器,制造厂对检测不同的有毒气体采取了不同的样品处理措施,用以消除气体测量中的交叉反应,因此,在采购有毒气体探测器时需注明要检测的气体及安装环境中存在的其他气体。

零漂是探测器的一种常见现象,现行国家标准《可燃气体检测报警器》JJG 693—2011规定了可燃气体探测器的零漂不得大于 $\pm 5\%FS$ ;现行国家标准《硫化氢气体检测仪检定规程》JJG 695—2003规定了 $H_2S$ 探测器的零漂不得大于 $\pm 5\%$ ;现行国家标准《氨气检测仪检定规程》JJG 1105—2015规定了 $NH_3$ 探测器的零漂不得大于 $\pm 3\%$ 。气体探测器在初次使用前应进行首次检定,首检时需要检查3个示值点,为了保证探测器的性能,对于 $4mA\sim 20mA$ 探测器,制造厂在出厂时应按检定规程要求的标定方法,至少标定满量程的3点示值。

**5.2.3** 本条对常用气体探测器的选用的规定如下:

1 可燃气体的检测常用催化燃烧方式的探测器,若探测器安装场所的大气中含有对可燃气体探测器有影响的有害组分时,常

选用普通型或抗毒性探测器。

卤化物(氟、氯、溴、碘)、硫化物、硅烷及含硅化合物、四乙基铅等物质能使探测器元件中毒。含有毒性物质,会降低探测器的使用寿命;毒性物质含量过高、会使探测器无法工作。

毒性物质的含量与检测元件的使用寿命(直至无法使用)之间无严格的定量数据。

抗毒性检测元件主要是抗硫化物和硅化物对检测元件的毒害。

一般检测可燃气体的催化燃烧方式的探测器对氢气有引爆性,对氢气的检测常选用专用的催化燃烧型氢气探测器或采用热传导型探测器或电化学型探测器。

通常,硫化氢、氯气、氨气、丙烯腈气体、一氧化碳气体常选用电化学型或半导体型探测器;氯乙烯气体二硫化碳气体常选用电化学型或光致电离型探测器;氰化氢气体常选用电化学型探测器;苯气体宜选用光致电离型探测器;碳酰氯(光气)常选用电化学型或红外气体探测器;

根据现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058 的规定,探测器的防爆类别、组别必须符合现场爆炸性气体混合物的类别、级别、组别的要求。爆炸危险区域的划分应按释放源级别和通风条件确定,分为三个区域,即 0 区、1 区、2 区。

爆炸性气体混合物按其最大试验安全间隙和最小点燃电流比分级(I、II A、II B、II C),按其引燃温度分组(T1、T2、T3、T4、T5、T6)。

选用的探测器的级别和组别不应低于安装环境中的爆炸性气体混合物的级别和组别。

**6** 在气候环境或生产环境特殊,需监测的区域开阔的场所,宜选择线型可燃气体及有毒气体探测器。

在特别气候环境或生产环境,如雾、雨、雪、太阳直射或反射、高速气流、湿度、腐蚀性气体、烟雾、振动、机械震荡、高(低)温环

境,当需监测的区域是开阔的场所,如生产装置周边、装置通道、装置罐区、大型仓库、装卸区、管廊,宜选择线型可燃气体及有毒气体探测器。线型激光探测器可用于检测烃类可燃气体、甲烷( $\text{CH}_4$ )、乙烯( $\text{C}_2\text{H}_4$ )、氨( $\text{NH}_3$ )、二氧化碳( $\text{CO}_2$ )、硫化氢( $\text{H}_2\text{S}$ )、氯化氢( $\text{HCL}$ )、氟化氢( $\text{HF}$ )等气体。

8 当高压生产介质泄漏时产生的噪声能显著改变释放源周围环境声压级的场所,可以选用噪声型气体探测器,此时,需同时在泄漏源周边设置点式可燃气体及有毒气体探测器,如高压加氢设备法兰周边。

9 检(维)修作业、受限空间作业、动火作业等需要临时检测可燃气体、有毒气体的场所,应配备移动式气体检测报警器。

5.2.4 根据安装现场的环境条件及该点检测对生产和人体的危害程度选用不同的采样方式。吸入式探测器较之自然扩散式探测器增加了机械吸入装置,有更强的定向、定点采样能力,但覆盖面较小,除本条所规定情况采用吸入式探测器外,大量使用的应该是自然扩散式探测器。

受介质特性的限制,介质常指挥发较差的介质,如蒸气类,扩散效果较差,不便使用扩散式探测器,常采用吸入式探测器或投入式。

当探测器配备采样系统时,采样系统中的采样管,每增加1m,滞后时间不大于3s。生产中,为了确保检测响应迅速,采样管不宜过长,采样系统的滞后时间通常不大于30s。

### 5.3 现场报警器选用

5.3.1 可燃气体和有毒气体检测报警系统需按照各可燃气体和有毒气体检测报警系统的警戒范围将装置和单元进行分区,各报警分区宜设置现场区域报警器,现场报警器由探测器的第二级报警信号启动,区域报警器需采用声音和(或)旋光报警,区域报警器的数量应使在该报警区域内任何地点的现场人员都能发觉报警信

号。当报警分区内的探测器数量小于 10 个,现场噪声低于 85dBA 且现场探测器带有一体化的声、光警报器时,不需设区域警报器;当现场噪声高于 85dBA 时,现场需设区域警报器。

实际生产中,现场布置的可燃气体和有毒气体检测警报器采用一级报警设定值时,常常发生报警,故在确保生产安全的前提下,本标准中提出区域警报器的报警启动采用第二级报警设定值。

**5.3.2** 依据业主的管理要求,设计中,可燃气体和有毒气体报警的报警光颜色可以有区别。

通常,声光警报器的光警报器部分宜采用脉冲告警方式,脉冲闪烁频率宜 60 次/min~120 次/min,室外使用的光警报器有效发光强度一般大于或等于 300cd,厂房内使用的光警报器有效发光强度一般大于或等于 150cd;光警报器的报警颜色一般为:火灾报警为红色、气体报警为蓝色、事故报警为黄色。

**5.3.3** 由于生产装置内,工艺设备布置位置和环境条件的不确定性,为了确保生产人员及时发现现场出现的泄漏报警,故提出本要求。

现场警报器的报警声级宜为 75dBA~105dBA,且应高于背景声压 15dBA。高于背景声压 15dBA 值可根据经验或实验适当调整。

实际生产中,为了尽早准确地发现可燃气体和有毒气体的泄漏点,当检测器带有一体化的声、光报警器时,本标准中提出该报警器的报警启动采用一级报警设定值。

本标准提出的警报器设置要求是基本的警报器设置要求。随着安全工程科学技术的发展,可燃气体和有毒气体的现场探测器检测到泄漏发出报警信号的途径较多,如现场声光警报、各类控制室报警、无线远传报警等。在现场噪声高,旋光警示效果差的装置区内,可以按合同要求进一步增加适宜的报警措施。

实际生产中,可燃气体、有毒气体检测报警系统在按照生产设施及储运设施的装置或单元进行报警分区后,各报警分区分别设

置了现场区域警报器。现场区域警报器有声、光报警功能。该区域内任何地点的现场人员一般都能感知到可燃气体、有毒气体检测报警系统的报警。

现场所设的有毒气体检测器自带一体化的声、光警报器，主要是通知在场工作人员及时处置，以保护职工的健康。

目前，生产现场设备众多，常常出现小的泄漏现象。这些小的泄漏在职工巡检过程中就能及时发现和处置。可燃气体检测器配备的声、光警报器常常由探测器的一级报警驱动，小的泄漏现象继续持续时，可燃气体检测器就会发出一级报警，提醒车间生产操作人员注意处置。当小的泄漏现象继续演变扩大时，可燃气体检测器就会发出二级报警，提醒现场和车间生产操作人员注意并及时处置，避免泄漏事故演变成能导致破坏性后果的蒸气云。同时，石油化工企业中，可燃气体检测器安装数量众多，随着工厂管理水平的提高，大多数设备的泄漏问题在演变成能导致破坏性后果的大泄漏之前，都能得到及时处置。为了减少现场可燃气体检测器的报警数量，减少现场安全仪表发送的报警信息量，在各报警分区分别设置了现场区域警报器后，现场所设的可燃气体检测器通常不需具备一体化的声、光警报器。

若存在现场局部区域的巡检人员，不能及时觉察到该区域的现场警报器发出的声、光报警时，则该局部区域内现场所设的可燃气体检测器应自带一体化的声、光警报器。

## 5.4 报警控制单元选用

**5.4.1** 在可燃气体和有毒气体检测报警系统的工程设计中，需根据装置的规模、业主的安全管理要求、生产装置的检测点数量和检测报警系统的技术要求，综合考虑气体报警控制单元的设计方案。

可燃气体和有毒气体检测报警系统与生产过程控制系统不能合并设计，是为了保证装置生产过程控制系统出现故障或停用时，可燃气体及有毒气体检测报警系统仍能保持正常工作状态。

报警控制单元具有的基本功能与设计配置的系统有关。报警控制单元的有关性能指标是根据现行国家标准《可燃气体报警控制器》GB 16808—2008 并结合目前国内外气体检测报警仪表的发展情况制定的。

**5.4.2** 实际生产中,由于现场可燃气体和有毒气体检测器常常发生误报警,而控制室是装置内各种生产工艺报警点集中的场所,故在确保生产安全的前提下,本标准中提出室内警报器的报警启动采用第二级报警设定值。

**5.4.3** 本条是根据现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116—2013 的第 8.1.2 条和第 8.1.6 条的规定而制定的,可燃气体探测器不能直接接入火灾报警控制系统的检测回路,可燃气体报警信号应由报警控制单元输出或通信至火灾报警控制系统。现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116—2013 的第 8.1.2 条内容,“可燃气体探测报警系统应独立组成,可燃气体探测器不应接入火灾报警控制系统的检测回路;当可燃气体的报警信号需接入火灾自动报警系统时,应由可燃气体报警控制器接入”。现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116—2013 的第 8.1.6 条的内容,“可燃气体探测报警系统保护区内有联动和警报要求时,应由可燃气体报警控制器或消防联动控制器联动实现”。

为了加强消防产品的质量管理,国家对消防产品实行了严格的管理。当可燃气体检测信号参与消防联动控制时,检测信号要求通过专用的可燃气体报警控制器送至消防控制器。专用的可燃气体报警控制器指符合现行国家标准《可燃气体报警控制器》GB 16808—2008 的质量要求,并取得消防产品型式检验报告的可燃气体报警控制器。

## 5.5 测量范围及报警值设定

**5.5.1** 有关测量范围是根据现行国家标准《作业场所环境气体检

测报警仪 通用技术要求》GB 12358—2006,并参照国内可燃气体及有毒气体生产厂商提供的检测器产品的性能参数指标而制定的。

对于某些有毒气体,如丙烯腈蒸气,受仪表制造技术条件所限,难以在满足现行国家职业卫生标准《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》要求的浓度限值的条件下进行测量,为尽量做到保护现场工作人员的安全,本规范规定:当现有探测器的测量范围不能满足测量要求时,有毒气体的测量范围可为 $0\sim 30\%IDLH$ 。

本规定中测量范围的确定,主要是结合了常见检测产品的性能、工程设计经验和现场实际应用情况而确定的。

2 氧气的设定值为体积百分比,单位简写:%VOL。

3 线型可燃气体设定值为爆炸下限值与线型探测器两检测点之间距离之积,单位简写:LEL·m。

**5.5.2** 为了保证现场操作人员的安全,结合国内安全管理水平的提高,按照国际上各石油化工企业的惯例,工程设计过程中,可燃气体和有毒气体泄漏报警设定值可严于本条款的要求,各级报警点浓度值的设定宜低于标准中规定的设定值。

在实际工程项目设计中,项目地的地理海拔高度对大气环境中可燃气体泄漏和氧气的报警阈值浓度的设定是有影响的。本标准所用的数据适用于低海拔地区(海拔低于500m)。

一级、二级报警设定值是根据国内外多年的使用经验规定的。对于可燃气体,国外工程公司常将一级报警值设定为 $10\%LEL\sim 25\%LEL$ ,将二级报警值设定为 $25\%LEL\sim 50\%LEL$ 。BP公司将一级、二级报警值设定分别设为 $10\%LEL$ 和 $25\%LEL$ 。在国内工程建设项目中,实际选取的报警值可以根据用户合同要求而做调整。

我国《中华人民共和国职业病防治法》《尘肺病防治条例》(国发[1987]第105号)、《工作场所职业卫生监督管理规定》(安监总

局令〔2012〕第 47 号)等法规规定,对工作场所有害的职业暴露检测做出了规定要求,现行国家职业卫生标准《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》规定了各类危害因素的职业接触限值。

有毒气体的职业接触限值 OEL 有三种。当该介质有 MAC 值时,职业接触限值浓度首用 MAC 值;如果该介质没有 MAC 值,职业接触限值浓度可采用该介质在操作条件下的确认的 PC-STEL 值或 PC-TWA 值;如果该介质没有 OEL 值,则可采用该介质的 10%IDLH 值。

对于有毒气体,我国以 ACGIH(美国政府工业卫生学家会议)提出的暴露限值数值作为工作场所的卫生管理依据。ACGIH 在 2014 年 5 月对超标限度值(Excursion Limit)做了修订,并于 2015 年 2 月提出了峰值暴露(Peak Exposure)的概念,要求:劳动者瞬时暴露超过 3 倍的 TWA,每次少于 15min,每次间隔 1h,每班不超过 4 次。任何情况下,劳动者的暴露浓度不得超过 5 倍的 TWA,且在 8h 工作时间内,劳动者的暴露浓度不得超过 8hTWA。在我国,现行国家标准《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》GBZ 2.1 中采用的是 TWA 值和超限倍数,对未制定 PC-STEL 的化学物质和粉尘,采用超限倍数控制其短时间接触水平的过高波动。在符合 PC-TWA 的前提下,粉尘的超限倍数是 PC-TWA 的 2 倍。化学物质的超限倍数与 TWA 值有关:当 TWA 小于  $1\text{mg}/\text{m}^3$ ,超限倍数为 3;当 TWA 小于  $10\text{mg}/\text{m}^3$  时,超限倍数为 2;当 TWA 小于  $100\text{mg}/\text{m}^3$  时,超限倍数为 2.5;当 TWA 大于  $100\text{mg}/\text{m}^3$  时,超限倍数为 1.5。

毒性大、刺激性大、易引发急性中毒的介质,卫生标准里只有 MAC,对于其他的毒物,卫生标准里给出了 PC-TWA 和 PC-STEL 值。

对于某些有毒气体而言,如丙烯腈蒸气,受仪表制造技术条件所限,难以在满足现行国家职业卫生标准《工作场所有害因素职业

接触限值 第 1 部分:化学有害因素》要求的浓度限值的条件下进行测量,为尽量做到保护现场工作人员的安全,本规范规定:当现有探测器的测量范围不能满足测量要求时,有毒气体的报警(高高限)设定值不得超过 10%IDLH 值。

在工程设计过程中,各类探测器的报警值的设置应考虑探测器的特点和校核气的设定,用非现场气体来做校核气时,需依据泄漏气体组成和环境特点,考虑适宜的安全裕量。对于检测混合气体的探测器,需采用探测器测量时最不灵敏的气体作为探测器的基准气。

对于可燃气体多种气体组分存在的场所或不同工况条件下泄漏气体的组成差异大的场合,需以探测器最不灵敏的组分介质作探测器的校核介质组分。否则,需按泄漏介质的组分分别设置相应的探测器。

对于泄漏气体中含多种有毒气体组分的混合气体或不同工况条件下泄漏气体的组成差异大时,需以介质毒性接触限值浓度最低的组分作探测器的校核介质组分。当各毒性气体组分的气体接触限值浓度都可能达到各组分的有毒气体浓度报警设定值时,为确保生产安全,需按各有毒组分分别设置有毒气体探测器。

氧气的过氧报警值和欠氧报警值的设定可只设一级报警。各企业依据生产安全和职业健康工作的需要,可以设定氧气的二级过氧报警值和二级欠氧报警值。

关于噪声探测,按照 ASTM E1002 标准的要求,噪声探测是以检测泄漏孔径为 4mm,泄漏流量为 0.1kg/sec,介质压力小于 10bar 的气体泄漏点为超声探测源的。实际上,超声探测效果受环境噪声的影响很大。在噪声探测工作中,按可听的噪声和不可听的超声值大小,一般将噪声分为三个区域,在每个区域,如表 1 所示,检测器的报警设定值以及检测器与噪声源的距离要求也是不同的:

表 1 噪声区域划分

项 目	单位	高噪声区	低噪声区	很低噪声区
可听的噪声值	dBA	90~100	60~90	40~55
超声值	dB	<78	<68	<58
报警值	dB	84	74	64
探测器离声源距离	m	5	9	13

## 6 可燃气体和有毒气体检测报警系统安装设计

### 6.1 探测器安装

**6.1.2** 检测比空气重的可燃气体和(或)有毒气体时,推荐的探测器安装高度应高出地坪(或楼板面)0.3m~0.6m。过低易造成因雨水淋、溅对探测器的损害;过高则超出了比空气重的气体易于积聚的高度。

现行国家标准《危险化学品重大危险源 罐区现场安全监控装备设置规范》AQ 3036—2010 中第 7.3.2 条规定:“可燃气及有毒气体浓度报警器的安装高度,应按探测介质的比重以及周围状况等因素来确定。当被监测气体的比重小于空气的比重时,可燃气体监测探头的安装位置应高于泄漏源 0.5m 以上;被监测气体的比重大于空气的比重时,安装位置应在泄漏源下方,但距离地面不得小于 0.3m”。

检测比空气轻的可燃气体(如甲烷和煤气时),探测器高出释放源所在高度 1m~2m,且与释放源的水平距离适当减小至 5m 以内,可以尽快地检测到可燃气体。当检测指定部位的氢气泄漏时,探测器宜安装于释放源周围及上方 1m 的范围内,太远则由于氢气的迅速扩散上升,起不到检测效果。

检测与空气分子量接近且极易与空气混合的有毒气体(如一氧化碳和氰化氢)时,探测器应安装于距释放源上下 1m 的高度范围内;有毒气体比空气稍轻时,探测器安装于释放源上方,有毒气体比空气稍重时,探测器安装于释放源下方;探测器距释放源的水平距离不超过 1m 为宜。

为了监测生产区泄漏的可燃气体和有毒气体对周边环境安全

的影响,对沿生产区周边布置的可燃气体探测器和(或)有毒气体探测器的实际安装高度,需满足对泄漏的可燃气体和有毒气体云的监控要求。

为及时监测生产区泄漏的爆炸性可燃气体云,线型可燃气体探测器的安装高度距地坪一般为 1.5m~2.5m。

**6.1.3** 氧气探测器的吸入口安装高度距地坪或楼地板 1.5m~2.0m,主要是根据操作与维护人员的身高范围而定的。

**6.1.4** 线型可燃气体探测器的检测区域长度不宜大于 100m,主要是考虑工厂生产环境条件,为确保探测器在检测区域内的对准性要求而定的。

## **6.2 报警控制单元及现场区域警报器安装**

**6.2.3** 警报器是安全仪表,现场区域警报器的安装高度一般需高于现场区域地面 2.2m 以上,在工作人员易看到和易听到的地方,以便及时消除隐患和维修人员进行日常维护。

警报器室外安装时需考虑防护等级,如防风雨、防晒。

**6.2.4** 警报器需远离对仪表工作有影响的强电磁场,如大功率电机、变压器。

## 附录 A 常见易燃气体、蒸气特性

表 A 中的数值来源以《化学易燃品参考资料》(北京消防研究所译自美国防火手册)为主,并与《压力容器中化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类标准》HG/T 20660—2017、《石油化工工艺计算图表》、《可燃气体检测报警器》JJG 693—2011、《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058—2014、《化工过程安全理论与应用》(第二版)进行了对照,仅调整了个别栏目的数值。

表 A 中气体密度( $\text{kg}/\text{m}^3\text{N}$ )是在 1 个标准大气压、 $0^\circ\text{C}$  条件下的数据。

## 附录 B 常见有毒气体、蒸气特性

表 B 中的数值来源于《化验员实用手册》《石油化工工艺计算图表》《高毒物品作业职业病危害防护实用指南》及现行国家职业卫生标准《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》、《呼吸防护用品的选择、使用与维护》GB/T18664—2002。

表 B 中,气体密度是在 1 个标准大气压、20℃ 条件下的数据。

考虑到我国的法定单位为  $\text{mg}/\text{m}^3$  和  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ (及 ppm),量程及报警点换算中会有整有零。根据目前的仪表的芯片计算性能,由  $\text{mg}/\text{m}^3$  换算  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ (及 ppm)时,可进行四舍五入取整,方便确定量程,如:

换算四舍五入后 0~5ppm 内的,每 ppm 为一档,报警点精确到 0.1ppm;换算四舍五入后 5ppm~30ppm 内的,每 5ppm 为一档,报警点精确到 1ppm;换算四舍五入后 30ppm~100ppm 内的,每 10ppm 为一档,报警点精确到 1ppm;换算四舍五入后 100ppm~1000ppm 的,每 100ppm 为一档,报警点精确到 1ppm;换算四舍五入后 1000ppm~10000ppm 的,每 1000ppm 为一档,报警点精确到 10ppm。

如:苯气体的 STEL 值为  $10\text{mg}/\text{m}^3$ ,约等于 2.87ppm,300% STEL 为 8.61ppm,四舍五入后建议量程为 0~10ppm,报警点为 3ppm。

又如:硫化氢气体的 MAC 值为  $10\text{mg}/\text{m}^3$ ,约等于 6.59ppm,300%MAC 为 19.77ppm,四舍五入后建议量程为 0~20ppm,报警点为 7ppm。

## 附录 C 可燃气体和有毒气体 检测报警系统配置图

本图的目的是概念性地说明石化装置中本可燃气体和有毒气体检测报警系统与火灾检测报警系统及安全仪表系统的界面关系,所以内容简洁,不具体体现可燃气体检测报警系统内部各元件之间具体的信号变换及输送要求。

## 附录 D 常见气体探测器技术性能表

表 D 数值来源于欧洲标准《可燃气体或氧气检测与测量仪器的选用、安装、使用和维护指南》EN 60079-29-2—2007。

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50568—2019

---

# 油气田及管道岩土工程勘察标准

Standard for oil and gas field and pipeline  
investigation of geotechnical engineering

2019—08—12 发布

2019—12—01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部  
国家市场监督管理总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

油气田及管道岩土工程勘察标准

Standard for oil and gas field and pipeline  
investigation of geotechnical engineering

**GB/T 50568 - 2019**

主编部门：中国石油天然气集团有限公司

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 9 年 1 2 月 1 日

中国计划出版社

2019 北 京

# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 235 号

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准 《油气田及管道岩土工程勘察标准》的公告

现批准《油气田及管道岩土工程勘察标准》为国家标准,编号为 GB/T 50568—2019,自 2019 年 12 月 1 日起实施。原国家标准《油气田及管道岩土工程勘察规范》(GB 50568—2010)同时废止。

本标准在住房和城乡建设部门户网站([www. mohurd. gov. cn](http://www.mohurd.gov.cn))公开,并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2019 年 8 月 12 日

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发 2016 年工程建设标准规范制订、修订计划的通知》(建标函〔2015〕274 号)的要求,本标准由中国石油天然气管道工程有限公司会同有关单位对原国家标准《油气田及管道岩土工程勘察规范》GB 50568—2010 共同修订而成。

本标准在修订过程中,修编组进行了广泛的调查,开展了专题讨论和试验研究,总结了近年来我国油气田及管道岩土工程勘察的实践经验,与国内相关的标准进行了协调,并借鉴了有关的国际标准,在广泛征求意见的基础上,最后经审查定稿。

本标准的主要技术内容是:总则、术语、基本规定、各类工程的勘察、不良地质作用勘察、特殊性岩土段的线路勘察等。

本标准修订的主要技术内容是:1. 站场勘察中增加深井阳极勘察的相关要求;2. 管道线路勘察中调整了土石等级与分类划分的规定;3. 管道跨越增加跨越工程等级的规定;4. 对原规范隧道部分明确为钻爆法隧道,对勘探钻孔工作布置进行调整;5. 对储罐初步勘察勘探线间距进行调整,勘探孔深度按照储罐容积分别规定;6. 对滩海结构物的勘探点布置进行调整;7. 增加管道伴行道路勘察章节;8. 对不良地质作用勘察章节部分条款进行调整;9. 对特殊性岩土段的线路勘察章节部分条款进行调整。

本标准由住房和城乡建设部负责管理,石油工程建设专业标准化委员会负责日常管理,中国石油天然气管道工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中国石油天然气管道工程有限公司(地址:河北省廊坊市和平路 146 号;邮编:065000)。

本标准主编单位:中国石油天然气管道工程有限公司

本标准参编单位:中国石油工程建设有限公司西南分公司

青岛中油岩土工程有限公司

中油辽河工程有限公司

大庆油田工程有限公司

中国有色金属工业西安勘察设计研究院有限公司

本标准主要起草人员:郭书太 代云清 刘振谦 董旭

张文伟 亢会明 李束为 王玉洲

张志豪 李贵鹏 姜龙 董忠级

杨风学 陈光联 高剑锋 邵景林

毕丹 沈茂丁 李国辉 史航

本标准主要审查人员:荆少东 武威 徐张建 胡树林

张益欣 王治军 陈情来 王小林

尚小卫 胡德新 梁东辉 许支红

# 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术 语 .....	( 2 )
3	基本规定 .....	( 3 )
4	各类工程的勘察 .....	( 5 )
4.1	站场 .....	( 5 )
4.2	管道线路 .....	( 12 )
4.3	管道穿越 .....	( 20 )
4.4	管道跨越 .....	( 27 )
4.5	钻爆法隧道 .....	( 32 )
4.6	储罐 .....	( 40 )
4.7	地下水封洞库 .....	( 45 )
4.8	滩海结构物 .....	( 51 )
4.9	管道伴行道路 .....	( 59 )
5	不良地质作用勘察 .....	( 64 )
5.1	岩溶 .....	( 64 )
5.2	滑坡 .....	( 66 )
5.3	危岩和崩塌 .....	( 69 )
5.4	泥石流 .....	( 70 )
5.5	采空区 .....	( 72 )
5.6	地震效应 .....	( 74 )
5.7	活动断裂 .....	( 75 )
6	特殊性岩土段的线路勘察 .....	( 76 )
6.1	黄土 .....	( 76 )
6.2	盐渍岩土 .....	( 79 )

6.3 膨胀岩土 .....	( 81 )
6.4 多年冻土 .....	( 82 )
6.5 软土 .....	( 86 )
6.6 风沙 .....	( 87 )
附录 A 环境水和土对钢结构的腐蚀性评价 .....	( 91 )
附录 B 管道沿线饱和砂土与粉土的地震液化判别 .....	( 93 )
附录 C 隧道围岩分级 .....	( 96 )
本标准用词说明 .....	(104)
引用标准名录 .....	(105)
附:条文说明 .....	(107)

# Contents

1	General provisions	( 1 )
2	Terms	( 2 )
3	Basic requirement	( 3 )
4	Geotechnical investigation of typical project	( 5 )
4.1	Station	( 5 )
4.2	Pipeline route	( 12 )
4.3	Pipeline under crossing	( 20 )
4.4	Pipeline over crossing	( 27 )
4.5	Tunnel by digging	( 32 )
4.6	Tank	( 40 )
4.7	Underground water enclosed cavern	( 45 )
4.8	Structures on beach	( 51 )
4.9	Pipeline road	( 59 )
5	Geotechnical investigation of adverse geologic actions	( 64 )
5.1	Karst	( 64 )
5.2	Landslide	( 66 )
5.3	Rock fall	( 69 )
5.4	Debris flow	( 70 )
5.5	Goaf area	( 72 )
5.6	Seismic effect	( 74 )
5.7	Active fault	( 75 )
6	Pipeline geotechnical investigation on special soil	( 76 )
6.1	Loess	( 76 )

6.2	Salty soil .....	( 79 )
6.3	Swelling soil .....	( 81 )
6.4	Permafrost .....	( 82 )
6.5	Soft clay .....	( 86 )
6.6	Sand .....	( 87 )
Appendix A	Evaluation of water and soil corrosive steely .....	( 91 )
Appendix B	Analysis of earthquake liquefaction for saturated sand near the pipeline .....	( 93 )
Appendix C	Classification of rock mass .....	( 96 )
	Explanation of wording in this code .....	(104)
	List of quoted standards .....	(105)
	Addition:Explanation of provisions .....	(107)

# 1 总 则

**1.0.1** 为了在油气田及管道岩土工程勘察中统一技术要求,做到技术先进、经济合理、安全适用、保护环境、确保质量,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于油气田站场、管道工程、储罐、地下水封洞库、滩海结构物的岩土工程勘察。

**1.0.3** 岩土工程勘察应按勘察阶段的要求,查明岩土工程条件,提出资料完整、评价正确的勘察报告。

**1.0.4** 油气田及管道岩土工程勘察除应符合本标准的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 岩土工程勘察 geotechnical investigation

根据建设工程的要求,查明、分析、评价建设场地的地质、环境特征和岩土工程条件,编制勘察文件的活动。

### 2.0.2 管道工程 pipeline engineering

通过管道输送石油、天然气及其他介质的工程。包括管道线路工程、站场工程、穿跨越工程、伴行道路工程及辅助设施工程。

### 2.0.3 管道穿越 pipeline under crossing

管道从人工或天然障碍物下部通过的一种方式。

### 2.0.4 管道跨越 pipeline over crossing

管道从人工或天然障碍物上部通过的一种方式。

### 2.0.5 地下水封洞库 underground water enclosed cavern

在稳定地下水位以下的岩体中开挖洞室,并以围岩和岩体中的裂隙水对储存的原油或成品油进行封闭的一种地下空间系统。

### 2.0.6 地震效应 seismic effect

在一定的地震作用影响下,地面出现的各种震害的动态反应。

### 2.0.7 不良地质作用 adverse geologic actions

由地球内力或外力产生的对工程或环境可能造成危害的地质作用。

### 2.0.8 管道伴行道路 pipeline road

修建在油气管道附近,主要服务于油气管道运营并兼顾施工车辆通行的专用道路,简称伴行路。

### 3 基本规定

**3.0.1** 油气田及管道岩土工程勘察,宜按可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察、施工勘察开展工作,并应符合下列规定:

- 1 可行性研究勘察应符合可行性研究的要求;
- 2 初步勘察应符合初步设计的要求;
- 3 详细勘察应符合施工图设计的要求;
- 4 场地条件复杂或有特殊要求的工程,宜进行施工勘察;
- 5 在工程地质条件简单或有建筑经验的场区,可合并勘察阶段。

**3.0.2** 岩土工程勘察前,应搜集、分析已有资料及设计委托要求,根据勘察阶段、区域及工程场地岩土工程条件、工程类型,明确勘察重点,制定岩土工程勘察纲要。

**3.0.3** 管道线路工程的岩土工程勘察等级可按表 3.0.3 确定,站场、穿(跨)越、隧道及储罐等其他工程的岩土工程勘察等级应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 执行。

**表 3.0.3 管道线路工程岩土工程勘察等级**

岩土工程勘察等级	确定勘察等级的条件	
	场地复杂程度等级	地基复杂程度等级
甲级	一级	任意
	任意	一级
乙级	二级或三级	二级
丙级	二级或三级	三级

注:场地复杂程度等级、地基复杂程度等级应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 执行。

**3.0.4** 土与岩石的分类和鉴定应符合现行国家标准《岩土工程勘

察规范》GB 50021 的规定。

**3.0.5** 钻探和取样应符合现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 的规定。

**3.0.6** 钻孔、探井等完工后,应根据要求进行回填。

**3.0.7** 试验项目和试验方法,应根据工程要求和岩土性质的特点确定,具体操作和试验仪器应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 和《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的规定。

**3.0.8** 当建(构)筑物采用桩基础时,岩土工程勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

**3.0.9** 基坑工程勘察应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定。地下水较丰富时宜进行抽水试验,并结合长期水位观测资料提出基坑支护、地下水控制方案和抗浮设计水位建议。水文地质条件复杂时应进行专门的水文地质勘察工作。

**3.0.10** 抗震设防烈度大于或等于 6 度的场地,应进行场地和地基的地震效应评价,确定建筑的场地类别。

## 4 各类工程的勘察

### 4.1 站 场

**4.1.1** 联合站、油气处理厂、注水站、集输站、压气站、泵站、分输站等站场中的建(构)筑物及设施的岩土工程勘察,应在搜集建(构)筑物上部荷载、基础形式、埋置深度和变形要求等方面资料的基础上进行。主要工作内容应符合下列规定:

1 查明场地和地基的稳定性、地层结构、持力层和下卧层的工程特性、土的应力历史、地下水条件及不良地质作用等;

2 提供设计、施工所需的岩土参数,确定地基承载力,预测地基变形性状;

3 宜对场地整平、地基基础、基坑支护、工程降水、地基处理设计与施工方案提出建议;

4 对建(构)筑物有影响的不良地质作用提出防治建议;

5 对抗震设防烈度大于或等于 6 度的场地进行场地和地基的地震效应评价;

6 分析评价水和土对建筑材料的腐蚀性。

**4.1.2** 建(构)筑物岩土工程勘察宜分阶段进行,场地较小且无特殊要求的工程可合并勘察阶段。当建筑物总平面图已经确定,且场地或邻近场地已有岩土工程经验或资料时,可根据实际情况直接进行详细勘察。

**4.1.3** 可行性研究勘察应对拟选场地的稳定性和适宜性做出评价,并应符合下列规定:

1 搜集区域地质、地形地貌、地震、矿产、水文、气象以及当地的工程地质、岩土工程和建筑经验等资料;

2 在充分搜集和分析已有资料的基础上,宜通过踏勘了解场

地的地形地貌、地质构造、地层与岩性、不良地质作用和地下水等工程地质条件；

3 当拟选场地工程地质条件复杂，已有资料不能满足要求时，应根据具体情况进行工程地质测绘和必要的勘探工作；

4 当有两个或两个以上拟选场地时，应进行方案分析比选。

4.1.4 初步勘察应进行下列主要工作：

1 搜集拟建工程的有关文件、工程地质和岩土工程资料及工程场地范围的地形图；

2 初步查明地形地貌、地质构造、地层结构、岩土工程特性、地下水埋藏条件；

3 查明场地不良地质作用的成因、分布、规模、发展趋势，并对场地的稳定性做出评价；

4 对抗震设防烈度大于或等于 6 度的场地，进行场地和地基的地震效应初步评价；

5 调查季节性冻土地区场地土的标准冻结深度；

6 初步判定水和土对建筑材料的腐蚀性；

7 当有基坑工程时，初步分析评价与基坑工程相关的基坑开挖与支护、工程降水方案；

8 设计有要求时，对场地整平、道路、边坡及土石方工程方案提出初步建议；

9 对拟建建(构)筑物基础类型、地基处理、岩土改造等提出初步建议。

4.1.5 初步勘察的勘探工作应符合下列规定：

1 勘探线应垂直地貌单元、地质构造和地层界线布置；

2 每个地貌单元均应布置勘探点，地貌单元交接部位和地层变化较大的地段，勘探点应予以加密；

3 地形平坦地区，可按网格布置勘探点；

4 对岩质地基，勘探线、勘探点的布置和勘探孔深度应根据拟建建(构)筑物重要性、地质构造、岩体特性、风化情况等综合确

定;需进行抗浮水位验算的基坑,应满足抗浮桩或抗浮锚杆的设计要求;

5 对土质地基,初步勘察勘探线、勘探点间距可按表 4.1.5-1 确定,局部异常地段予以加密;初步勘察勘探孔深度可按表 4.1.5-2 确定。

**表 4.1.5-1 初步勘察勘探线、勘探点间距(m)**

地基复杂程度等级	勘探线间距	勘探点间距
一级(复杂)	50~100	30~50
二级(中等复杂)	75~150	40~100
三级(简单)	150~300	75~200

注:1 表中间距不适用于工程物探;

2 控制性勘探点宜占勘探点总数的 1/5~1/3,且每个地貌单元均应有控制性勘探点。

**表 4.1.5-2 初步勘察勘探孔深度(m)**

工程重要性等级	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级(重要工程)	$\geq 15$	$\geq 30$
二级(一般工程)	10~15	15~30
三级(次要工程)	6~10	10~20

注:1 勘探孔包括钻孔、探井和原位测试孔等;

2 特殊用途的勘探孔除外。

**4.1.6 遇下列情形之一时,应按下列规定增减勘探孔深度:**

1 当勘探点的地面标高与预计整平地面标高相差较大时,应按高差调整勘探孔深度;

2 当预定深度内遇基岩时,除控制性钻孔仍应钻入基岩一定深度外,其他勘探孔达到确定的基岩后即可终止钻进;

3 在预定深度内有厚度较大,且分布均匀的碎石土、密实砂或老沉积土等坚实土层时,除控制性勘探孔应达到规定深度外,一般性勘探孔的深度可予以减小;

4 当预定深度内有软弱土层时,勘探孔深度应予以增加,部

分控制性勘探孔应穿透软弱土层或达到预计控制深度。

**4.1.7** 采取土试样和进行原位测试的勘探点应结合地貌单元、地层结构和土的工程性质布置,数量可占勘探点总数的  $1/4 \sim 1/2$ ;采取土样的数量和孔内原位测试的竖向间距应按地层特点和土的均匀性程度确定,每层土均应采取土试样或进行原位测试,其数量不宜少于 6 件(组)。

**4.1.8** 初步勘察应进行水文地质勘察工作,且应符合下列规定:

1 调查含水层的埋藏条件,地下水的类型、补给排泄条件,各层地下水位及变化幅度;根据水文地质条件复杂程度和工程需要,必要时应设置长期观测井,监测水位变化;

2 有基坑工程时,宜进行抽水试验,确定地层渗透系数、影响半径及涌水量等;

3 需绘制地下水等水位线时,应根据地下水的埋藏条件和层位,统一量测地下水位;

4 地下水可能浸湿基础时,应进行地下水腐蚀性评价。

**4.1.9** 初步勘察的工程物探工作应符合下列规定:

1 当需要查明构造破碎带、基岩面、岩溶及古河床分布时,宜选择高密度电阻率法、电测深法、电剖面法、浅层地震法等测试方法,宜垂直构造线布置勘探线;

2 确定建筑的场地类别时,宜进行剪切波速测试,测试点(孔)数不宜少于 3 个;

3 当需要确定土壤导电性及对钢结构的腐蚀性时,宜进行土壤视电阻率测试。

**4.1.10** 详细勘察应按单体建(构)筑物或建(构)筑物群提供详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数;应对建(构)筑物地基做出岩土工程评价,并应对基础类型、基础形式、地基处理、基坑支护、工程降水及不良地质作用的防治等提出建议。

**4.1.11** 详细勘察应进行下列工作:

1 搜集附有坐标和地形的建(构)筑物的总平面图,场区的地

面整平标高,建(构)筑物的性质、规模、荷载、结构特点、基础形式、埋置深度及地基允许变形等资料;

2 查明不良地质作用的类型、成因、分布范围、发展趋势和危害程度,提出整治方案的建议;

3 查明建(构)筑范围内岩土层的类型、深度、分布、工程特性,分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力;

4 对需进行沉降计算的建(构)筑物,提供地基变形计算参数,预测其变形特征,必要时进行沉降验算;

5 查明埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物;

6 查明地下水的埋藏条件,提供地下水位及其变化幅度;

7 提供季节性冻土地地区场地土的标准冻结深度;

8 判定水和土对建筑材料的腐蚀性;

9 当有压缩机等动力设备时,宜在设备基础处进行孔内波速测试,提供设计所需的地基动力特征参数;设计要求进行块体基础振动测试时,应按照设计要求提供地基刚度系数和阻尼比等动力参数,测试方法应符合现行国家标准《地基动力特性测试规范》GB/T 50269 的规定;

10 安全等级为一级的边坡工程宜进行专门勘察工作。

**4.1.12** 详细勘察勘探点的布置应根据建(构)筑物特性和岩土工程条件确定;岩质地基应根据地质构造、岩体特性、风化情况等,结合建(构)筑物对地基的要求综合确定;土质地基勘探点间距可按表 4.1.12 确定。勘探点布置应符合下列规定:

1 勘探点宜按建(构)筑物周边和角点布置,对无特殊要求的其他建(构)筑物,可按建(构)筑物单体或建(构)筑物群的范围布置;

2 同一建(构)筑物范围内的主要受力层或有影响的下卧层起伏较大时,勘探点应予以加密;

3 重大设备基础应单独布置勘探点,重大的动力机器基础和

高耸构筑物勘探点不宜少于 3 个。

表 4.1.12 详细勘察勘探点间距(m)

地基复杂程度等级	勘探点间距
一级(复杂)	10~15
二级(中等复杂)	15~30
三级(简单)	30~50

**4.1.13 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：**

1 勘探孔深度应能控制地基主要受力层,当基础底面宽度不大于 5m 时,勘探孔深度对条形基础不应小于基础底面宽度的 3 倍,对单独柱基础不应小于基础底面宽度的 1.5 倍,且不应小于 5m;

2 对需做变形计算的地基,控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度;变形计算深度,对中、低压缩性土可取附加压力等于上覆土层有效自重压力 20% 的深度,对高压压缩性土层可取附加压力等于上覆土层有效自重压力 10% 的深度;

3 当有地下构筑物不能满足抗浮设计要求,需设置抗浮桩或抗浮锚杆时,勘探孔深度应满足抗拔承载力评价的要求;

4 当有大面积地面堆载或软弱下卧层时,应加深控制性勘探孔的深度;

5 当需确定建筑物的场地类别而邻近无可靠的覆盖层厚度资料时,应布置波速测试孔,深度应满足确定覆盖层厚度的要求;

6 大型设备基础勘探孔深度不宜小于基础底面宽度的 2 倍;

7 当需进行地基处理或采用桩基础时,勘探孔的深度应满足地基处理设计、桩基设计与施工的要求;

8 当预计深度内遇基岩或厚层碎石土等稳定地层时,勘探孔深度可予以调整。

**4.1.14 详细勘察取土试样和进行原位测试应满足岩土工程评价**

要求,并应符合下列规定:

1 取土试样和原位测试勘探孔数量,应根据地层结构、地基土的均匀性和工程特点确定,其数量不应少于勘探孔总数的 1/2,取土孔的数量不应少于勘探孔总数的 1/3;

2 每个场地每一主要土层的不扰动土试样或原位测试数据不应少于 6 件(组);

3 在地基主要受力层内,对厚度大于 0.5m 的夹层或透镜体应采取土试样或进行原位测试;

4 当土层性质不均匀时,应增加取土数量或原位测试工作量。

**4.1.15** 站场深井阳极勘察的钻孔深度应达到深井阳极埋置深度,电阻率测试深度应满足设计要求。

**4.1.16** 站场岩土工程勘察报告宜包括下列内容:

1 文字部分宜包括下列内容:

1)工程概况;

2)勘察目的、任务要求和依据的技术标准;

3)勘察方法、勘察工作布置和完成情况;

4)场地自然地理条件;

5)区域地质、水文地质条件;

6)场地岩土工程条件;

7)地下水埋藏情况、类型、水位及其变化;

8)水和土对建筑材料的腐蚀性;

9)场地地震效应分析评价;

10)可能影响工程的不良地质作用描述和对工程危害的评价;

11)场地稳定性、均匀性和适宜性的评价;

12)地基处理、边坡工程及地基基础方案等的建议;

13)结论与建议。

2 图表部分宜包括下列内容:

- 1) 勘探点平面位置图；
  - 2) 工程地质柱状图；
  - 3) 工程地质剖面图；
  - 4) 原位测试成果图表；
  - 5) 室内试验成果图表；
  - 6) 其他有关图表。
- 3 专项报告宜包括下列内容：
- 1) 土工试验；
  - 2) 工程物探；
  - 3) 原位测试；
  - 4) 水文地质。

## 4.2 管道线路

4.2.1 管道线路岩土工程勘察的主要内容应符合下列规定：

- 1 查明管道沿线的地貌类型、地层结构、地下水埋藏条件、特殊性岩土和不良地质作用等；
- 2 按本标准附录 A 的规定评价环境水和土对钢结构的腐蚀性；
- 3 确定管道线路沿线岩土的土石等级与分类；
- 4 测试管道沿线岩土的视电阻率；
- 5 对管道有影响的不良地质作用和特殊性岩土的防治方案提出建议；
- 6 确定沿线抗震设防烈度，对抗震设防烈度大于或等于 7 度的饱和砂土或粉土地段，应按本标准附录 B 的规定进行场地的地震液化判别。

4.2.2 岩土的室内试验项目应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定，并应符合下列规定：

- 1 在抗震设防烈度大于或等于 7 度的地区，应对管道沿线 7.0m 深度内的粉土取样分析粒径小于 0.005mm 的黏粒含量；

- 2 对勘探深度内的岩石试样应进行天然单轴抗压强度试验；
  - 3 对勘探深度内的碎石土、砂土应进行自然休止角试验。
- 4.2.3 当管道沿线地下水在丰水期的水位埋深小于管道埋设深度时,宜采取地下水试样,经过地表水体时宜采取地表水试样,判定水对钢结构和建筑材料的腐蚀性。
- 4.2.4 可行性研究勘察应通过搜集资料和重点地段踏勘调查,了解管道线路各路由方案的区域地质、工程地质、水文地质的一般特征和主要工程地质问题。
- 4.2.5 线路走向应根据岩土工程条件,结合工程情况选择地形和地质条件较好、安全经济的方案。
- 4.2.6 可行性研究勘察应进行下列准备工作:
- 1 搜集线路通过地区的区域地质、工程地质、水文地质、地震、水文、气象和遥感图像等资料；
  - 2 室内分析研究和地质判释；
  - 3 编写踏勘选线工作纲要。
- 4.2.7 可行性研究勘察应符合下列规定:
- 1 了解区域地形地貌、地质构造、地层岩性、水文地质等概况,利用天然和人工露头进行地质描述,应调查了解沿线岩土类型、厚度及其对钢结构和建筑材料的腐蚀性,概略提供线路各路由方案通过地区的岩土工程条件；
  - 2 对控制线路方案的越岭地段,应踏勘调查地质构造、地层岩性、水文地质和不良地质作用,推荐线路越岭方案；
  - 3 对控制线路方案的河流,应了解其地层、岩性、构造、河床与岸坡的稳定程度及水文特征等概况,提出穿跨越方案比选的建议；
  - 4 对线路各路由方案经过的特殊性岩土与不良地质作用地段,应了解其性质,调查和分析其发展趋势及其对管道的危害程度；
  - 5 了解管道沿线有关大型水库的分布情况、近期及远景规

划、水位、回水淹没和坍岸的范围、有无诱发地震的可能及其对线路方案的影响；

6 了解沿线矿产及地下文物分布概况；

7 了解沿线抗震设防烈度和地震动参数。

**4.2.8** 可行性研究勘察的岩土工程勘察报告应简要说明线路各路由方案的地形地貌、工程地质、水文地质条件和区域性不良地质作用、特殊性岩土的分布及其对线路的影响，并应提出推荐方案和对下一步勘察工作的建议。

**4.2.9** 初步勘察应通过搜集资料、工程地质调查，对拟选线路的岩土工程条件做出初步评价，提供初步设计所需的岩土工程勘察资料。

**4.2.10** 初步勘察应对可行性研究勘察中所搜集的资料进行分析，并补充搜集线路通过地区的区域地质、工程地质、水文地质、抗震设防烈度及活动断裂等资料。

**4.2.11** 工程地质调查工作宜在线路两侧各 100m 带状范围内进行，对工程有较大影响的不良地质发育地段应扩大调查的范围。工程地质调查应包括下列内容：

1 沿线地貌单元；

2 管道埋设深度内及下伏地层的成因、岩性特征和厚度；

3 岩层产状和风化破碎程度，对线路有影响的断裂走向、宽度以及新构造运动的特点；

4 沿线岩溶、滑坡、危岩、崩塌、泥石流、采空区和活动断裂等不良地质作用的发育范围、性质及其发展趋势；

5 沿线湿陷性黄土、盐渍岩土、膨胀岩土、多年冻土、软土和风沙等特殊岩土的分布范围、性质；

6 沿线井、泉的分布，地下水位埋深及土的冻结深度等资料；

7 河流的岸坡稳定性、河床及两岸的地层岩性和洪水淹没范围。

**4.2.12** 初步勘察应以利用天然露头 and 人工露头进行地质调查和

描述为主,对重要的地质现象宜在现场绘制素描图或拍摄照片。在地质条件复杂、露头条件差的地段可采用简易的勘探手段,了解其地层、岩性、构造等情况。

**4.2.13** 初步勘察应测试管道沿线岩土的电阻率,测试点宜按地貌单元布置。

**4.2.14** 初步勘察岩土工程勘察报告文字部分应包括下列主要内容:

- 1 工程概况;
- 2 自然地理条件;
- 3 沿线区域地质、水文地质和岩土工程条件;
- 4 不良地质作用发育情况,判断其影响程度,并推荐最优线路方案;

- 5 特殊性岩土的分布及其工程特性;
- 6 沿线岩土电阻率测试结果;
- 7 下一步勘察中应解决的问题。

**4.2.15** 初步勘察阶段应绘制包括线路走向、勘探点位置及工程地质条件的综合工程地质图。

**4.2.16** 详细勘察应在已确定的线路路由上进行,详细查明沿线的工程地质、水文地质条件,提供施工图设计所需的岩土工程勘察资料。

**4.2.17** 详细勘察前应取得下列资料:

- 1 附有线路走向的地形图或线路中线桩位数据;
- 2 管道直径、压力、敷设方式及可能埋设深度等;
- 3 可行性研究勘察或初步勘察报告等前期勘察资料;
- 4 沿线的区域地质、工程地质和水文地质等资料。

**4.2.18** 详细勘察的工程地质测绘和调查应符合下列规定:

- 1 岩石出露或地貌、地质条件较复杂的场地应进行工程地质测绘,地质条件简单的场地可进行工程地质调查。
- 2 工程地质测绘条带宽度宜为线路两侧各 100m。

3 工程地质测绘所用地形图的比例尺根据地形复杂程度可选用 1 : 500~1 : 2000;地质界线的测绘精度在图上的误差不应超过 3mm。

4 工程地质测绘观测线应垂直地质界线和不良地质体布置;观测点的间距图上距离应控制在 20mm~30mm 范围内。

5 工程地质测绘和调查宜包括下列内容:

- 1)查明地形、地貌的形态特征及其与地层、构造、不良地质作用的关系,划分沿线地貌单元;
- 2)各类岩土的年代、成因、性质、厚度和分布;
- 3)调查地下水的埋藏条件,并调查砂土及粉土的地震液化情况;
- 4)调查影响管道建设和运营安全的不良地质作用的性质、范围及其发生、发展和分布规律,特殊性岩土的类型、性质、分布范围及其危害性等;
- 5)调查沿线的地质构造,对线路通过的断裂应调查其走向、产状、断距、破碎带的宽度及充填胶结情况,并重点调查活动断裂;
- 6)调查人工洞穴、地下采空、挖填方、抽排水和水库修筑等对管道的影响。

4.2.19 详细勘察的勘探工作应符合下列规定:

1 详细勘察的勘探点间距应根据岩土工程勘察等级按表 4.2.19 确定;

表 4.2.19 详细勘察勘探点间距(m)

岩土工程勘察等级	间 距
甲级	200~300
乙级	300~500
丙级	500~1000

注:对靠近线路的人工和天然露头应进行记录,描述或取样测试的地质点可视为勘探点。

2 详细勘察勘探孔深度应达到管沟底面以下 1m；当预计深度内遇基岩或厚层碎石土等稳定地层时，勘探孔深度可予以减少；当无法取得管底埋深资料时，勘探孔深度平原地区宜为 3m，地形起伏较大的山区宜为 4m；

3 勘探工作量的布置应兼顾小型穿越勘察要求；

4 对管道有较大影响的不良地质作用地段应做专项勘察；

5 沿线岩土视电阻率测试的间距宜同勘探点间距，测试深度不应小于管道埋设深度；

6 土壤对钢结构的腐蚀性可根据土壤视电阻率值确定；设计有要求时可测试土壤的电流密度、平均腐蚀速率和氧化还原电位，辅助判定土壤对钢结构的腐蚀性；腐蚀性分级应按本标准附录 A 的规定确定。

4.2.20 管道线路勘察应根据岩土性质和开挖施工的难易程度划分沿线岩土的土石等级与分类，岩土的土石等级与分类应按表 4.2.20 确定。

表 4.2.20 土石等级与分类

土石等级	分类	岩土名称及特征	岩石天然单轴抗压强度 R(MPa)	开挖方法
I	一类土	稍密的粉土，松散-稍密的砂土，腐殖土，流塑、软塑的黏性土，淤泥质土，淤泥，泥炭质土，泥炭，未经压密的素填土	—	用铁锹开挖
II	二类土	中密-密实的粉土或砂土，可塑-硬塑的黏性土，Q <sub>3</sub> 、Q <sub>4</sub> 新黄土，松散-稍密的圆砾、角砾、卵石、碎石，压实的素填土，含有草根的密实腐殖土，含有直径在 30mm 以内根类的腐殖土或泥炭	—	用锹开挖并少数用镐开挖

续表 4.2.20

土石等级	分类	岩土名称及特征	岩石天然单轴抗压强度 $R$ (MPa)	开挖方法
Ⅲ	三类土	坚硬的黏性土, $Q_1$ 、 $Q_2$ 老黄土, 含块石或漂石 30%~50% 的土, 中密-密实的圆砾、角砾、卵石、碎石, 含有直径大于 30mm 根类的腐殖土或泥炭, 压实的杂填土	—	用尖锹并同时用镐开挖
Ⅳ	四类土	块石土, 漂石土, 含有重量达 50kg 以内的巨砾占总体积的 10% 以内的冰碛黏土, 各种风化成土状的岩石	—	用尖铲并同时用稿和撬棍开挖
Ⅴ	松石	含有重量在 50kg 以内的巨砾占总体积的 10% 以上的冰碛土, 砂藻岩和软白垩岩, 弱胶结的砾岩, 裂隙发育的片岩, 石膏, 粒径 400mm~800mm 的碎石土, 泥板岩, 多年冻土, 强风化岩石	$R \leq 20$	部分用手凿工具, 部分采用爆破法开挖
Ⅵ	次坚石	凝灰岩和浮石, 裂隙发育的石灰岩, 中硬的片岩, 中硬的泥灰岩	$20 < R \leq 40$	用风镐和爆破开挖
Ⅶ		钙质胶结的砾岩, 裂隙发育的泥质砂岩, 坚硬的泥质板岩, 坚硬的泥灰岩	$40 < R \leq 60$	用爆破方法开挖
Ⅷ		花岗岩, 泥灰质石灰岩, 泥质砂岩, 砂质云母片岩, 硬石膏	$60 < R \leq 80$	用爆破方法开挖

续表 4.2.20

土石等级	分类	岩土名称及特征	岩石天然单轴抗压强度 $R(\text{MPa})$	开挖方法
IX	普坚石	花岗岩,片麻岩和正长岩,滑石化的蛇纹岩,致密的石灰岩,硅质胶结的砾岩和砂岩,砂质石灰质片岩,菱镁矿	$80 < R \leq 100$	用爆破方法开挖
X		白云岩,硬质的石灰岩,大理岩,石灰质胶结的致密砾岩,坚硬的砂质片岩	$100 < R \leq 120$	用爆破方法开挖
XI	特坚石	粗粒花岗岩,坚硬的白云岩,蛇纹岩,石灰质胶结的含有火山岩的卵石的砾岩,硅质胶结的坚硬砂岩,粗粒正长岩	$120 < R \leq 140$	用爆破方法开挖
XII		安山岩及玄武岩,片麻岩,非常坚硬的石灰岩,母岩为火山岩的硅质胶结砾岩,粗面岩	$140 < R \leq 160$	用爆破方法开挖
XIII		中粒花岗岩,坚硬的片麻岩,辉绿岩,玢岩,坚硬的粗面岩,中粒正长岩	$160 < R \leq 180$	用爆破方法开挖
XIV		坚硬的细粒花岗岩,花岗片麻岩,闪长岩,高硬度石灰岩,坚硬的玢岩	$180 < R \leq 200$	用爆破方法开挖
XV		安山岩,玄武岩,坚硬的角砾岩,坚硬的辉绿岩和闪长岩,坚硬的辉长岩和石英岩	$200 < R \leq 250$	用爆破方法开挖
XVI		拉长玄武岩和橄榄玄武岩,极硬的辉长岩,辉绿岩,石英岩和玢岩	$R > 250$	用爆破方法开挖

#### 4.2.21 详细勘察的勘察成果应包括下列内容：

1 在线路纵断面图上分段扼要填写地貌单元、地层岩性、地下水埋深、岩土视电阻率值、土石等级与分类等资料。

#### 2 岩土工程勘察报告文字部分应包括下列内容：

- 1) 工程概况；
- 2) 勘察目的、任务要求和依据的技术标准；
- 3) 勘察方法、勘察工作布置和完成情况；
- 4) 自然地理条件；
- 5) 沿线区域地质和水文地质条件；
- 6) 沿线地形地貌特征；
- 7) 沿线岩土工程条件；
- 8) 沿线小型穿越岩土工程条件；
- 9) 沿线水和土的腐蚀性；
- 10) 沿线地震效应分析评价；
- 11) 可能影响工程的不良地质作用描述和对工程危害的评价；
- 12) 可能影响工程的特殊性岩土的性质和对工程危害的评价；
- 13) 管道施工中可能引发的岩土工程问题及防治建议；
- 14) 水、土和岩石室内试验成果图表；
- 15) 土壤视电阻率等原位测试成果表；
- 16) 勘探点成果表。

### 4.3 管道穿越

4.3.1 管道穿越的岩土工程勘察,应查明山体、水域、冲沟及两侧穿越段范围内的岩土工程条件,对拟选穿越段的工程地质、水文地质及水域、冲沟工程水文条件做出评价,提供设计所需的岩土工程勘察资料。

4.3.2 管道水域和冲沟穿越的工程等级应按表 4.3.2-1 和

表 4.3.2-2 确定。

表 4.3.2-1 水域穿越工程等级

工程等级	水域特征	
	多年平均水位水面宽度 $L(m)$	相应水深度 $H(m)$
大型	$L \geq 200$	不计水深
	$100 \leq L < 200$	$H \geq 5$
中型	$100 \leq L < 200$	$H < 5$
	$40 \leq L < 100$	不计水深
小型	$L < 40$	不计水深

- 注：1 季节性河流或无资料河流，水面宽度可按不含滩地的主河槽宽度选取；  
 2 游荡性河流，水面宽度应按深泓摆动范围选取，若无资料，宜按两岸大堤间宽度选取。

表 4.3.2-2 冲沟穿越工程等级

工程等级	冲沟特征	
	冲沟深度(m)	冲沟边坡( $^{\circ}$ )
大型	$> 40$	$> 25$
中型	$10 \sim 40$	$> 25$

注：冲沟边坡小于列表坡角者，工程等级降低一级。

**4.3.3 可行性研究勘察**应通过搜集资料、踏勘、调查，概略了解穿越山体、水域和冲沟的工程地质条件，对拟选穿越段的稳定性和适宜性做出工程地质评价。

**4.3.4 可行性研究勘察**应进行下列工作：

1 搜集穿越段有关区域地质、地形地貌、地震、工程地质、水文地质及工程水文资料，河谷发育或平原河道变迁史；

2 通过踏勘调查了解穿越山体、河床、漫滩、冲沟及两侧出露的地层、地质构造、岩土性质和不良地质作用、特殊性岩土等工程地质条件；

3 对于河流大型穿越工程可布置勘探孔，查明河床下部地层

情况。

**4.3.5** 确定拟选穿越河段时,宜避开下列河段:

- 1 河道弯曲、经常改道的河段;
- 2 河床冲淤变幅大的河段;
- 3 岸坡区岩土松软、不良地质作用发育且对穿越工程稳定性有直接危害或潜在威胁的河段;
- 4 靠近活动断裂的河段。

**4.3.6** 可行性研究勘察的岩土工程勘察报告应阐明穿越段山体、水域和冲沟地质概况,确定可作为大中型穿越断面的范围,评价拟选段的工程地质、水文地质和工程水文条件,对下一步勘察工作提出建议。

**4.3.7** 初步勘察应初步查明拟定穿越段山体、水域和冲沟的工程地质条件和水文地质条件,选择最优的穿越断面,推荐合理的穿越方式,为初步设计提供所需的岩土工程勘察资料。

**4.3.8** 初步勘察前应取得下列资料:

- 1 附有拟定穿越山体、水域和冲沟范围的地形图;
- 2 可能采取的穿越方式及有关工程特性。

**4.3.9** 初步勘察应以搜集资料、地质调查为主,对水域、冲沟大中型穿越和山体穿越应布置工程物探或钻探工作。

**4.3.10** 初步勘察宜搜集下列有关资料:

- 1 拟定穿越山体、水域和冲沟有关的区域地质资料;
- 2 补充有关工程水文资料,包括最高洪水位、最大流量、最大流速、冲刷深度及附近河道、堤防、水利设施等其他工程有关资料。

**4.3.11** 工程地质调查应包括下列内容:

- 1 调查穿越山体、水域和冲沟的地貌成因、形态、特征及其发展趋势;
- 2 调查穿越山体、水域和冲沟及两岸地层的岩性、成因类型、分布规律、岸坡稳定情况及不良地质作用和特殊性岩土的成因类型、分布范围、形成条件及其对管道穿越工程的影响。

**4.3.12** 在拟定穿越段内,当地层有较明显的物性差异而地形起伏变化不大时,宜进行工程物探工作。工程物探测线宜采取垂直于河道或沿拟定的穿越中线布置。对工程物探的实测资料,应结合地质资料进行综合分析提出地质解释成果。

**4.3.13** 在初步勘察时,对水域大中型穿越工程应进行钻探工作,勘探点的布置原则和勘探孔深度应符合下列规定:

1 勘探点宜布置在拟定穿越中线位置的上游 15m~30m 处,穿越段勘探点间距宜为 100m~200m,每一个方案不应少于 3 个勘探点,控制性勘探点数量不宜少于勘探点总数的 1/3~1/5;对已经确定为挖沟法穿越方式的勘探点可沿穿越中线布置;

2 勘探孔的深度应根据设计要求确定,当无设计要求时,控制性勘探孔深度自河底算起应为 20m~30m,一般性勘探孔深度宜为 10m~20m;

3 对抗震设防烈度大于或等于 6 度的地区,勘探孔深度应满足场地和地基地震效应评价的要求。

**4.3.14** 山体水平定向钻穿越初步勘察时,钻探及测试的勘探点间距不宜大于 1000m,对地质条件复杂的山体不宜少于 3 个勘探孔,勘探孔深度应为设计穿越深度以下 5m~10m。

**4.3.15** 冲沟大中型穿越初步勘察时,勘探孔不宜少于 3 个,勘探孔的深度应根据设计要求确定,无设计要求时勘探孔深度宜为 20m~30m。

**4.3.16** 详细勘察应在已确定的穿越断面上进行,应满足施工图设计需要,并应符合下列规定:

1 查明穿越断面的地层结构、松散地层的颗粒组成及其工程地质和水文地质特性;

2 对设置的竖井部位进行工程地质分析评价;

3 对场地和地基的地震效进行评价;

4 对河床、冲沟的稳定性进行分析评价;

5 对岸坡的稳定性进行评价,并应对护坡措施提出建议;

6 解决初步勘察时遗留的问题。

**4.3.17** 详细勘察前应取得下列资料：

- 1 附有穿越位置的地形图；
- 2 穿越方式和预计的埋设深度。

**4.3.18** 详细勘察的勘探点布置应符合下列规定：

1 对挖沟法穿越方式，勘探点应布置在确定的穿越管道中线上，偏离中线不宜大于 3m；

2 对水平定向钻法、顶管隧道法、盾构隧道法穿越方式，应在平行穿越中线两侧 15m~30m 处各布置一条勘探线，两条勘探线上的勘探点应交错布置；

3 勘探点投影到管道中线上的间距宜为 30m~100m，对地基复杂程度等级为一级(复杂)的应取小值，三级(简单)的应取大值；勘探点不宜少于 3 个，且主河槽内至少有 1 个勘探点；

4 当采用水平定向钻法穿越山体时，应结合山体形态、岩性特点布置勘探点，勘探点间距不宜大于 600m；

5 当穿越方案设置竖井时，勘探点可根据竖井尺寸并结合地质条件确定；对于断面和深度较小的竖井，勘探点不应少于 1 个，布置于拟建竖井中心；对于采用大型顶管隧道法及盾构隧道法穿越方案的竖井应布置勘探点 3 个~4 个，勘探点沿圆形竖井的周边轮廓线或矩形竖井的角点布置；

6 当需要查明穿越地段地下管道、电缆、地下构筑物、古城遗址、水下沉船、水下护岸设施等异常埋置物时，宜采用适宜的工程物探方法。

**4.3.19** 详细勘察的勘探孔深度应符合下列规定：

1 对挖沟法穿越方式，宜钻至河床最大冲刷深度以下 3m~5m；无冲刷深度资料时应视河床地质条件而定，对粉细砂、粉土及黏性土河床，勘探深度宜为 10m~15m；对中砂、粗砂、砾砂河床，勘探深度宜为 8m~12m；对卵(砾)石河床，勘探深度宜为 6m~10m；对基岩河床，应钻穿强风化层，当强风化层很厚时，钻入深度

不宜大于 10m；以上勘探深度均应自河床底面算起；

2 对顶管法隧道或盾构法隧道穿越方式，勘探孔深度应根据设计要求确定；

3 对水平定向钻法穿越方式，勘探孔深度应为设计穿越深度以下 5m~10m；

4 对设置的弃渣场应根据设计要求进行勘察；

5 岸坡区地面高差较大，且岸坡为第四系松散堆积物组成时，位于高处的勘探孔深度应达到与其相邻的低处勘探孔的地面标高以下一定深度；

6 对抗震设防烈度大于或等于 6 度的地区，勘探孔深度应满足场地和地基地震效应评价的要求。

**4.3.20** 详细勘察采取岩土试样和进行原位测试的勘探点数量，宜占勘探点总数的 1/2~2/3。

**4.3.21** 采取试样或进行原位测试的竖向间距应根据地层结构、地基土的均匀性和工程特点确定，每一主要土层的试样或原位测试数据不应少于 6 件(组)。应至少采取穿越水域和两岸地下水试样各 1 组。

**4.3.22** 对顶管法隧道、盾构法隧道穿越方式应进行水文地质勘察，水文地质勘察应包括下列内容：

1 调查地下水历史上的最高水位和最低水位；

2 进行水文地质试验，查明主要穿越岩土层的渗透系数；

3 查明地下水对钢结构、建筑材料的腐蚀性；

4 当有承压水分布时，测定承压水的压力，并评定对工程的影响。

**4.3.23** 试样的试验项目应根据穿越方式和岩土性质确定，应符合下列规定：

1 挖沟法试验项目应包括下列内容：

1)黏性土：液限、塑限；

2)粉土：颗粒分析、液限、塑限、渗透系数；

3) 碎石土、砂土: 颗粒分析、自然休止角、渗透系数;

4) 岩石: 单轴抗压强度。

2 顶管法隧道和盾构法隧道试验项目应包括下列内容:

1) 黏性土: 液限、塑限、比重、天然含水量、天然密度、压缩性指标、抗剪强度;

2) 粉土: 颗粒分析、液限、塑限、比重、天然含水量、天然密度、压缩性指标、抗剪强度、渗透系数;

3) 碎石土、砂土: 颗粒分析、渗透系数;

4) 岩石: 单轴抗压强度。

3 水平定向钻法试验项目应包括下列内容:

1) 黏性土: 液限、塑限、比重、天然含水量、天然密度;

2) 粉土: 颗粒分析、液限、塑限、比重、天然含水量、天然密度;

3) 碎石土、砂土: 颗粒分析;

4) 岩石: 单轴抗压强度。

4 水、土化学分析试验项目应包括下列内容:

1) 水分析: pH 值、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、侵蚀性  $\text{CO}_2$ 、游离  $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{OH}^-$ 、总矿化度;

2) 土化学分析: pH 值、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  及易溶盐总量。

4.3.24 小型穿越可合并勘察阶段或直接进行详细勘察。可采用简易的勘探手段,或参照相关工程按地质类比法提供资料。

4.3.25 小型穿越勘探工作应在确定的穿越断面上布置勘探点,勘探深度宜为 5m。遇粉细砂及软黏土可予以加深,但不宜大于 10m。勘察成果资料可在线路岩土工程勘察报告中独立成章,在线路纵断面图中扼要填写地层岩性和结论性意见。

4.3.26 等级公路、铁路穿越宜在穿越路基两侧各布置 1 个勘探点,并采取岩、土和水试样或进行原位测试工作,勘探孔深度宜为 8m~10m。

4.3.27 管道穿越岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、

地质条件、工程特点等具体情况编写,宜包括下列内容:

1 文字部分宜包括下列内容:

- 1)工程概况;
- 2)勘察目的、任务要求和依据的技术标准;
- 3)勘察方法、勘察工作布置和完成情况;
- 4)自然地理、区域地质和水文地质条件;
- 5)穿越断面的地质构成特征及岩土物理力学性质;
- 6)竖井位置的地质条件及岩土物理力学性质;
- 7)场区水文地质条件;
- 8)水和土的腐蚀性评价;
- 9)场地和地基地震效应评价;
- 10)工程水文参数、水域形态、河槽摆动特征及发展趋势,边坡稳定性评价及护岸措施;
- 11)河床、沟床的稳定性和穿越的适宜性评价;
- 12)弃渣场的工程地质条件;
- 13)水平定向钻穿越出、入土点的工程地质条件;
- 14)施工条件及设计施工中应注意的问题。

2 图表部分宜包括下列内容:

- 1)勘探点平面位置图;
- 2)工程地质剖面图;
- 3)工程地质柱状图;
- 4)工程物探解释成果图;
- 5)岩芯及工程照片;
- 6)各种原位测试成果图表;
- 7)水、土和岩石室内试验成果图表;
- 8)其他有关图表。

## 4.4 管道跨越

### 4.4.1 管道跨越岩土工程勘察,应查明跨越段的岩土性质、地质

构造、不良地质作用、岸坡稳定性等岩土工程条件,并应对跨越段的工程地质、水文地质及工程水文条件做出评价,提供设计所需的岩土工程勘察资料。

#### 4.4.2 管道跨越工程等级应按表 4.4.2 划分。

表 4.4.2 管道跨越工程等级

工程等级	总跨长度 $L_1$ (m)	主跨长度 $L_2$ (m)
大型	$L_1 \geq 300$	$L_2 \geq 150$
中型	$100 \leq L_1 < 300$	$50 \leq L_2 < 150$
小型	$L_1 < 100$	$L_2 < 50$

4.4.3 可行性研究勘察应通过搜集资料、踏勘和调查,概略了解跨越段的工程地质条件,对拟选跨越段地基的稳定性和跨越适宜性做出工程地质评价。

#### 4.4.4 可行性研究勘察应进行下列工作:

- 1 搜集跨越段有关区域地质、地形地貌、地震、工程地质、水文地质及工程水文资料;
- 2 通过踏勘调查,了解跨越断面出露的地层、构造、岩土性质和不良地质作用等工程地质条件。

#### 4.4.5 确定管道跨越位置应符合下列规定:

- 1 避开地面或地下已有重要设施的地段;
- 2 宜选择在河(沟)床较窄、两岸有山嘴或高地、侧向冲刷及侵蚀较小并有良好稳定地层的地段;
- 3 当河流有弯道时,宜选择在弯道的上游平直河段;
- 4 宜选在闸坝上游或其他水工构筑物影响区之外;
- 5 宜避开冲沟沟头发育地段、活动断裂带、滑坡、泥石流、岩溶以及其他不良地质作用发育的地段;
- 6 宜避开河道经常疏浚加深、岸蚀严重或冲淤变化强烈的地段。

#### 4.4.6 可行性研究勘察岩土工程勘察报告应阐明跨越段的地质

概况,评价可供选择作桥墩、锚固墩的范围和拟选段的工程地质、水文地质和工程水文条件,以及对下一步勘察工作提出建议。

**4.4.7** 管道跨越工程初步勘察应初步查明拟跨越段的岩土性质、地下水条件、地质构造、不良地质作用、岸坡稳定性等工程地质条件,为初步设计提供所需的岩土工程勘察资料。

**4.4.8** 初步勘察前应搜集下列资料:

- 1 附有拟跨越段范围的地形图;
- 2 可能采取的跨越方式及有关工程特性;
- 3 上下游有无水工设施或规划,其储水能力、最高水位、坝顶标高等及对拟建工程的影响;
- 4 最高洪水位、流速、流量、枯水期水位标高及冲刷深度;
- 5 跨越河流的冰凌资料。

**4.4.9** 初步勘察勘探点宜沿拟定的跨越中线布置,勘探点间距宜为 100m~200m,每个方案不应少于 2 个勘探点。

**4.4.10** 初步勘察勘探孔深度应符合下列规定:

- 1 陆域勘探孔深度宜为 15m~20m;
- 2 水域勘探孔深度宜为最大冲刷深度以下 15m~20m,无冲刷深度资料时勘探孔深度宜为 20m~25m;
- 3 在预定深度内遇到基岩时,勘探孔深度可予以减小。

**4.4.11** 跨越工程详细勘察应对桥墩、锚固墩场地及地基的稳定性进行岩土工程评价,并为基础设计、地基处理与加固提供岩土工程勘察资料。

**4.4.12** 详细勘察前应取得下列资料:

- 1 附有桥墩、锚固墩位置的地形图;
- 2 各桥墩、锚固墩可能采取的结构形式、受力特点;
- 3 采取的基础形式、尺寸、埋置深度、单位荷载以及有特殊要求的基础设计、施工方案等。

**4.4.13** 详细勘察应进行下列工作:

- 1 查明跨越地段的地形、地貌及地质构造,对场地的稳定性

做出评价；

2 查明桥墩、锚固墩范围内地层的岩性、风化破碎程度、软弱夹层情况及其物理力学性质,对地基稳定性做出评价；

3 当抗震设防烈度大于或等于 6 度时,应确定建筑的场地类别；

4 当跨越地段的抗震设防烈度大于或等于 7 度,存在饱和砂土或粉土地基时应进行地震液化判别；

5 查明对桥墩、锚固墩场地有影响的不良地质作用的性质、特征和分布情况,并提出处理建议；

6 当地表水或地下水对基础有影响时,应查明其特性并评价其对建筑材料的腐蚀性；

7 当水域中有桥墩时应确定一般冲刷深度和局部冲刷深度。

4.4.14 详细勘察工作应在已确定的桥墩、锚固墩位置进行,勘探点的数量可按表 4.4.14 确定。

表 4.4.14 详细勘察勘探点数量(个)

地基复杂程度等级	桥墩勘探点数量	锚固墩勘探点数量
一级(复杂)	4	2
二级(中等复杂)	3	1
三级(简单)	2	1

4.4.15 详细勘察勘探孔的深度应按地基土的性质和基础类型确定,并应符合下列规定：

1 对天然地基,勘探深度应为基础底面以下  $2.0b \sim 3.0b$  ( $b$  为基础宽度),且不应小于 5m；

2 对桩基,勘探深度应至桩端以下 3m~5m；当在预定的深度范围内有软弱下卧层时,应穿透软弱土层或加深至预计控制深度；

3 当在预定深度内遇见基岩时,应钻穿强风化层进入中等风

化层内 2m~3m,当强风化层很厚时,钻入深度不宜大于 10m。

**4.4.16** 采取不扰动土试样或原位测试的竖向间距应根据地层结构、地基土的性质和工程特点确定。每个场地每一主要土层的不扰动土试样或原位测试数据不应少于 6 件(组)。两岸地下水及河水应采取代表性水试样进行水质分析。

**4.4.17** 各类地基应提供岩土主要物理力学指标,并应符合下列规定:

1 天然地基应进行岩土的物理力学性质试验,并提出岩土的主要性能指标;

2 桩基除应提供各岩土层的主要性能指标外,还应提供桩的极限侧阻力和极限端阻力建议值。

**4.4.18** 小型跨越工程可合并勘察阶段或直接进行详细勘察。

**4.4.19** 管道跨越岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、地质条件、工程特点等具体情况编写,宜包括下列内容:

1 文字部分宜包括下列内容:

1)工程概况;

2)勘察目的、任务要求和依据的技术标准;

3)勘察方法、勘察工作布置和完成情况;

4)自然地理、区域地质和水文地质条件;

5)跨越断面的地质构成特征;

6)岩土的物理力学性质;

7)水和土的腐蚀性;

8)场地地震效应分析评价;

9)边坡稳定性评价及护坡措施建议;

10)可能影响工程的不良地质作用描述和对工程危害的评价;

11)河(沟)床的稳定性和跨越的适宜性评价;

12)地基基础、桩基设计参数及跨越工程锚固方案建议;

13)施工条件及设计施工中应注意的问题。

2 图表部分宜包括下列内容：

- 1) 勘探点平面位置图；
- 2) 工程地质剖面图；
- 3) 工程地质柱状图；
- 4) 各种原位测试成果图表；
- 5) 水、土和岩石室内试验成果图表；
- 6) 其他有关图表。

## 4.5 钻爆法隧道

4.5.1 钻爆法隧道岩土工程勘察应查明岩土性质、地质构造、地下水特征、不良地质作用，确定隧道围岩级别，估算涌水量，评价隧道稳定性，提供设计所需的岩土工程勘察资料。

4.5.2 钻爆法隧道工程按其长度可分为三类，并按表 4.5.2 确定。

表 4.5.2 钻爆法隧道按长度  $L$  分类 (m)

隧道类型	长隧道	中长隧道	短隧道
山岭隧道	$L > 2000$	$2000 \geq L > 500$	$L \leq 500$
水域穿越隧道	$L > 1000$	$1000 \geq L > 500$	$L \leq 500$

4.5.3 可行性研究勘察应通过搜集资料和现场踏勘，了解拟选隧道场址的地形地貌、区域地质、工程地质和水文地质条件、洞口稳定性及对环境的影响等，对隧道穿越的可行性进行评价，选择合适的隧道位置。

4.5.4 隧道选址应符合下列规定：

1 隧道应选择在地质构造简单、地层单一、岩体完整等工程地质条件较好的地段，在倾斜岩层中隧道轴线宜与地层、主要构造面的走向大角度相交；

2 隧道宜选择在山体稳定、山形较完整、岩层稳定无软弱夹层的地段通过；

3 隧道宜选择在地下水影响小、无有害气体、无有用矿体和

不含放射性元素的地层通过；

4 隧道应避免断层破碎带,当必须穿过时隧道应与其垂直或大角度相交穿过；

5 隧道洞身应避免滑坡和错落体；

6 隧道洞口应避免滑坡、崩塌、岩堆、危岩、泥石流等不良地质作用发育地段,以及排水困难的沟谷低洼地段,应选择在山坡稳定、覆盖层薄、无不良地质作用处,宜早进洞、晚出洞；

7 地质构造复杂、岩体破碎、堆积物厚等工程地质条件较差的傍山隧道,宜向山脊线内移；

8 水域穿越隧道宜选择在地下水不发育、透水性差的地层中通过；

9 隧道通过岩溶地区,宜选择在难溶岩的地段和地下水不发育的地带,避免穿越岩溶严重发育及地质构造破碎带等地段；宜避开易溶岩与难溶岩的接触带,不能避免时,宜选择在较狭窄、影响范围最小处,以垂直或大角度通过；水域穿越隧道应避免岩溶发育地段；

10 隧道宜避开高地应力区,不能避开时隧道轴线宜平行最大主应力方向；

11 隧道应避免通过不良地质作用、地下水极为发育的低洼垭口处；

12 隧道顺褶皱构造轴线布置时,宜绕避褶皱轴部破碎带,选择地质条件较好的一侧翼部通过。

**4.5.5** 初步勘察应通过工程地质测绘和调查、工程物探、钻探、取样及试验等勘测工作,查明隧道的地形、地貌、地质、地震条件等,查明隧道进出口的工程地质条件,对隧道工程地质条件和水文地质条件进行初步评价,为方案比选和初步设计提供岩土工程勘察资料。

**4.5.6** 工程地质测绘和调查应初步查明下列问题：

1 地形、地貌、地层、岩性、构造特征及岩石的风化程度；

2 不良地质作用及特殊性岩土分布、规模及对隧道的影响；

3 地震历史、地震动参数；

4 地应力分布及最大主应力作用方向；

5 是否含有放射性元素、有害气体和有用矿体；

6 地下水的类型、埋藏、补给和排泄条件；

7 地表水体分布及其与地下水体的关系；

8 隧道穿越对地面建筑物、地下构筑物等的影响；

9 隧道进出口的工程地质条件。

#### 4.5.7 初步勘察勘探和测试应符合下列规定：

1 初步勘察时宜以工程物探为主，配合少量钻探、挖探及测试工作，对山岭隧道中地质条件简单的短隧道可不进行钻探，通过工程地质测绘和调查初步查明隧道工程地质条件；

2 根据隧道埋深和下伏岩体特征，应选用工程物探方法，初步查明隐伏断裂、构造破碎带、基岩埋深、划分风化带；

3 勘探点数量和位置应视地质条件复杂程度及工程物探所发现的疑点、异常点以及地形来确定，勘探点宜布设于隧道两侧6m~8m处，岩溶地区和水域穿越隧道勘探点宜布设于隧道两侧15m~20m处，以左右交错布置为宜；洞口附近覆土较厚时应布置勘探点；地质条件复杂的山岭中长隧道钻孔数量不宜少于3个，长隧道应增加钻孔；水域穿越隧道勘探点间距宜为100m~300m；

4 山岭隧道一般性勘探孔深度应超过隧道底板不少于3m~5m，控制性勘探孔深度应超过隧道底板不少于5m~10m；水域穿越隧道一般性勘探孔深度应超过隧道底板不少于10m，控制性勘探孔深度应超过隧道底板不少于20m；遇溶洞、暗河或其他不良地质作用时应予以加深；

5 对钻探揭露的每一地层应取样做试验，岩质隧道围岩部位取样不应少于6组，土质隧道取样间隔应为2m，变层取样，对膨胀性岩土应加做矿物成分分析及膨胀试验；对隧道有影响的主要含

水层应取水样 1 组~3 组进行水质分析；

6 钻探过程中遇到油气、有害气体和放射性矿物时，应做好观测和记录，探明其位置、厚度，同时取样进行化验分析，做出评价；

7 当地温异常时应测定地温；

8 深埋隧道或地质构造活动强烈的地带有可能存在高地应力时，宜测试地应力；

9 岩质隧道应测试岩体和岩块的弹性纵波波速，判定岩体完整性；

10 土质隧道应结合钻探进行动力触探、静力触探等原位测试以测试土体的物理力学性质；

11 综合利用工程地质钻孔进行水文地质观测，水文地质条件复杂时宜布设专门的水文地质勘探孔和观测孔进行水文地质试验，提供相关水文地质参数；

12 岩土试验项目宜按照表 4.5.7 执行。

表 4.5.7 岩土试验项目表

试验项目	岩土类别				
	硬质岩石	软质岩石	碎石类土	砂性土	黏性土
天然密度	+	+	+	+	+
天然含水量	-	-	+	+	+
重度	+	+	+	+	+
孔隙比	-	-	(+)	(+)	+
饱和度	-	-	(+)	(+)	(+)
塑性指数	-	-	-	-	+
液性指数	-	-	-	-	+
相对密度	-	-	-	+	-
渗透系数	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
自然休止角	-	-	+	+	-
颗粒分析	-	-	+	+	(+)

续表 4.5.7

试验项目		岩土类别				
		硬质岩石	软质岩石	碎石类土	砂性土	黏性土
吸水率		(+)	+	—	—	—
耐冻性		(+)	(+)	—	—	—
软化性		+	+	—	—	—
固结试验		—	—	—	—	+
弹性模量		+	+	—	—	—
泊松比		+	+	—	—	—
抗压强度	干燥	+	+	—	—	—
	饱和	+	+	—	—	—
剪切试验		+	+	—	—	+
载荷试验		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
野外剪切试验		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
抗拉强度	天然	+	+	—	—	—
	饱和	+	+	—	—	—

注:1 “+”为应做项目,“(+)”按需要确定;

2 岩溶地区及水域穿越隧道应做渗透系数试验;

3 对特殊性岩土还应做其他有关的特性试验。

**4.5.8** 初步勘察围岩的分级应按照本标准附录 C 的规定,采用定性划分或工程类比法确定。

**4.5.9** 详细勘察应在初步勘察的基础上,通过补充工程地质测绘、工程物探、钻探及取样试验、水文地质测试、地应力测试等勘测工作,对隧道所在区域的地形、地貌、工程地质特征及水文地质条件做出详细评价,根据控制隧道围岩稳定的各项因素,分段确定隧道围岩级别,为隧道施工布置、各段洞身掘进方法及程序、支护及衬砌类型或整治工程提供岩土工程勘察资料。

**4.5.10** 详细勘察应完成下列内容:

1 应查明隧道通过地段的地形、地貌、地层、岩性及构造；岩质隧道应重点查明岩层层理、片理、节理等软弱结构面的产状及组合形式，断层、褶皱的性质、产状、破碎带宽度及破碎程度；

2 应查明隧道是否通过岩溶地层、膨胀性岩土、有害气体、高地应力区及可能对隧道造成的偏压等，应预测岩溶、岩土膨胀、高地应力、偏压等对隧道结构的影响，并对有害气体做出评价；

3 应查明不良地质作用、特殊性岩土对隧道的影响，特别是对洞口位置边坡、仰坡的影响，提出工程措施和建议；

4 应查明隧道附近井、泉的分布，含水层的位置和厚度，分析隧道周围的水文地质条件，判明地下水的类型、水质及补给来源；水文地质条件复杂的隧道，应进行压水试验或抽（注）水试验，分析预测隧道开挖后洞体分段涌水量；并充分估计隧道开挖引起地表塌陷及地表水漏失的问题，提出相应的工程措施建议；

5 在隧道洞口需要接长明洞的地段，应查明明洞基底的工程地质条件；

6 查明地层变化、裂隙变化及水文地质条件变化；

7 综合分析岩性、构造、地下水以及工程地质测绘、勘探、测试成果，分段确定隧道围岩级别；

8 对弃渣场进行勘察；

9 对水域隧道设置的竖井进行勘察。

4.5.11 详细勘察勘探和测试应符合下列规定：

1 选择适宜的工程物探方法补充查明地质条件；

2 除山岭隧道中地质条件简单、岩性单一、无构造影响的短隧道可不布置钻孔外，对隧道洞身、洞口和水域隧道的竖井均宜布置钻孔；

3 隧道勘探孔宜布置于地层分界线、断层、物探异常点、储水构造或地下水发育地段、高地应力区围岩可能发生岩爆或大变形的地段、膨胀性岩土、岩盐、煤系地层、含放射性物质等特殊岩性分布地段、岩溶、采空区等不良地质作用及其他不明异常地段、覆盖层发育或地质条件复杂的隧道进出口；水域隧道水域段勘探点的间距

宜为 50m~200m;当水域隧道设置竖井时,应布置勘探点 3 个~4 个,勘探点沿圆形竖井的周边轮廓线或矩形竖井的角点布置;

**4** 山岭隧道勘探孔宜布设于隧道两侧 6m~8m 处,对岩溶地区和水域穿越隧道勘探孔宜布设于隧道两侧 15m~20m 处,宜按左右交错布置;

**5** 勘探孔深度应超过隧道底板不少于 6m~8m ,水域穿越隧道勘探孔深度应超过隧道底板不少于 10m,遇溶洞、暗河或其他不良地质作用时应予以加深;

**6** 隧道底板以上 10m~20m 至勘探深度内每一地层应取样;对膨胀性岩土应加做矿物成分分析及膨胀试验;钻探中有地下水时应对初见水位、稳定水位、含水层位置及厚度进行观测和记录,并采取地下水样进行水质分析;当钻探中存在有害气体、放射性矿床时应采集试样测试有害气体及放射性物质的成分、含量;当地温异常时应进行地温测定;

**7** 采用声波法测定岩体和岩石试件的弹性纵波波速;

**8** 土质隧道宜将钻探和原位测试相结合,测试隧道底板以上 10m~20m 至勘探深度内土体的物理力学性质;

**9** 利用工程地质钻探孔进行水文地质观测,水文地质条件复杂或有特殊要求时宜布设专门的水文地质勘探孔和观测孔进行水文地质试验,提供相关水文地质参数;

**10** 岩土试验项目宜符合本标准表 4.5.7 的规定。

**4.5.12** 详细勘察隧道围岩的分级应按本标准附录 C 的规定,采用定量分析法分段确定。

**4.5.13** 工程地质条件和水文地质条件复杂时宜进行施工勘察。当山势陡峻、交通不便、山体相对高差较大、钻探施工困难及勘察费用高时可直接进行施工勘察。施工勘察根据需要可采用开挖工作面地质调查、超前勘探或工程物探等。

**4.5.14** 钻爆法隧道岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、地质条件、工程特点等具体情况编写,宜包括下列内容:

**1 文字部分宜包括下列内容：**

- 1) 工程概况；
- 2) 勘察目的、任务要求和依据的技术标准；
- 3) 勘察方法、勘察工作布置和完成情况；
- 4) 自然地理、区域地质和水文地质条件；
- 5) 岩土物理力学性质及分布情况；
- 6) 场地稳定性与适宜性评价；
- 7) 洞口稳定性分析评价；
- 8) 竖井位置的地质条件及岩土物理力学性质；
- 9) 地下水、岩土对建筑材料腐蚀性评价；
- 10) 岩土参数的分析与选用，抗震设防烈度、地震动峰值加速度、地震动反应谱特征周期、隧道和弃渣场工程地质条件评价、隧道围岩特征及围岩级别、围岩稳定性评价及衬砌方案的建议；
- 11) 地下水分布情况及对施工可能产生的影响，隧道涌水量评价并预测各段围岩可能出现的最大涌水量；
- 12) 地下有害气体、放射性矿床的分布及工程防护措施；
- 13) 提出施工及运营期间应采取的防护措施。

**2 图表部分宜包括下列内容：**

- 1) 勘探点平面位置图；
- 2) 工程地质剖面图；
- 3) 工程地质柱状图；
- 4) 工程地质图；
- 5) 隧道洞身工程地质横断面图；
- 6) 隧道洞口工程地质横断面图；
- 7) 明洞边墙墙址工程地质纵断面图；
- 8) 各项岩土、水试样试验资料汇总表；
- 9) 各类分析、统计、试验资料及图表说明；
- 10) 工程物探的解释资料、图表及说明。

## 4.6 储 罐

**4.6.1** 储罐岩土工程勘察应在搜集其上部荷载、基础形式、埋置深度和变形要求等方面资料的基础上进行,宜分阶段进行,场地较小且无特殊要求的工程可合并勘察阶段。当总平面图已经确定,且场地或邻近场地已有岩土工程经验或资料时,可根据实际情况直接进行详细勘察。

**4.6.2** 可行性研究勘察应对拟建场地的稳定性和适宜性做出评价,并应符合下列规定:

1 搜集区域地质、地形地貌、地震、矿产、水文、气象以及当地的工程地质、水文地质、岩土工程和建筑经验等资料;

2 在充分搜集和分析已有资料的基础上,宜通过踏勘了解场地的地形地貌、地质构造、地层与岩性、不良地质作用和地下水等工程地质条件;

3 当拟建场地工程地质条件复杂,已有资料不能满足要求时,应根据具体情况进行工程地质测绘和必要的勘探工作;

4 当有两个或两个以上拟选场地时,应进行方案比选分析。

**4.6.3** 初步勘察应进行下列主要工作:

1 初步查明地质构造、地层结构、岩土工程特性、地下水埋藏条件;

2 查明场地不良地质作用的成因、分布、规模、发展趋势,并对场地的稳定性做出评价;

3 对抗震设防烈度大于或等于 6 度的场地,应对场地和地基的地震效应做出初步评价;

4 调查季节性冻土地区场地土的标准冻结深度;

5 初步判定水和土对建筑材料的腐蚀性。

**4.6.4** 初步勘察的勘探工作应符合下列规定:

1 勘探线应垂直地貌单元、地质构造和地层界线布置;

2 每个地貌单元均应布置勘探点,在地貌单元交接部位和地

层变化较大地段勘探点应予以加密；

3 在地形平坦地区可按方格网布置勘探点；

4 对于岩质地基，勘探线和勘探点的布置以及勘探深度应根据地质构造、岩体特性、风化情况等综合确定；对于土质地基，应按本标准第 4.6.5 条～第 4.6.7 条的规定执行。

4.6.5 初步勘察勘探线、勘探点的间距可按表 4.6.5 确定，局部异常地段应予以加密。

表 4.6.5 初步勘察勘探线、勘探点间距(m)

地基复杂程度等级	勘探线间距	勘探点间距
一级(复杂)	50~100	30~50
二级(中等复杂)	75~150	40~100
三级(简单)	150~200	75~150

注:1 表中间距不适用于地球物理勘探；

2 控制性勘探点宜占勘探点总数的 1/5~1/3,每个地貌单元均应有控制性勘探点,且每个场地不应少于 3 个。

4.6.6 初步勘察勘探孔的深度根据储罐容积应按表 4.6.6 确定。

表 4.6.6 储罐勘探孔深度

储罐容积 ( $m^3$ )	勘探孔深度(m)	
	一般黏性土、粉土及砂土	软土地基
<5000	(0.9~1.0) $D$	(1.2~1.5) $D$
10000	(0.8~0.9) $D$	(1.2~1.4) $D$
20000	(0.7~0.8) $D$	(1.0~1.2) $D$
30000	(0.7~0.8) $D$	(1.0~1.2) $D$
50000	(0.6~0.7) $D$	(1.0~1.1) $D$
100000	(0.5~0.6) $D$	(0.9~1.0) $D$
150000	(0.5~0.6) $D$	(0.8~0.9) $D$

注:1 勘探孔包括钻孔、探井和原位测试孔等；

2 罐中心的钻孔深度采用大值,一般性钻孔取小值；

3  $D$ 为罐底圈内直径(m)。

4.6.7 当遇到下列情况之一时,应按下列规定增减勘探孔深度:

1 当勘探孔的地面标高与预计整平地面标高相差较大时,应按其差值调整勘探孔深度;

2 在预定深度内遇基岩时,除控制性孔仍应钻入中等风化不少于 3m 外,其他勘探孔达到确认的中等风化后即可终止钻进;

3 在预定深度内有厚度较大,且分布均匀的碎石土、密实砂、老沉积土等坚实土层时,除控制性勘探孔应达到规定深度外,一般性勘探孔的深度可予以减小;

4 当预定深度内有软弱土层时勘探孔深度应予以增加。

4.6.8 初步勘察采取土试样和进行原位测试应符合下列规定:

1 采取土试样和进行原位测试的勘探点应结合地貌单元、地层结构和土的工程性质布置,其数量可占勘探点总数的  $1/3 \sim 1/2$ ;

2 采取不扰动土试样的数量和孔内原位测试的竖向间距,应按地层特点和土的均匀程度确定;每层土应采取不扰动土试样或进行原位测试,其数量不应少于 6 件(组)。

4.6.9 储罐岩土工程详细勘察应查明每个储罐地基压缩层计算深度内的岩土分布及其物理力学性质,影响地基稳定的不良地质条件,地下水成因、类型、补给排泄条件和腐蚀性。

4.6.10 详细勘察前应取得下列资料:

1 附有储罐平面位置的地形图;

2 储罐容积、高度、结构特征,设计地面整平标高,基础形式、尺寸、埋置深度、单位荷载以及其他技术要求等。

4.6.11 详细勘察勘探点的数量和布置方式应符合表 4.6.11 的规定。

表 4.6.11 勘探点数量和布置方式

储罐容积( $m^3$ )	勘探点数量(个)	勘探点布置方式
$\leq 5000$	1~3	可布置在储罐中心或沿周边布置
10000	3~5	储罐中心 1 个,其余沿储罐周边均布

续表 4.6.11

储罐容积(m <sup>3</sup> )	勘探点数量(个)	勘探点布置方式
20000	4~7	储罐中心 1 个,其余沿储罐周边均布
30000	5~9	储罐中心 1 个,其余沿储罐周边均布
50000	9~17	储罐中心 1 个,另外 3 个~5 个沿储罐直径 1/2 处的圆周均布,其余沿储罐周边均布
100000	10~23	储罐中心 1 个,另外 3 个~7 个沿储罐直径 1/2 处的圆周均布,其余沿储罐周边均布
150000	13~28	储罐中心 1 个,另外 4 个~8 个沿储罐直径 1/2 处的圆周均布,其余沿储罐周边均布

注:1 同一罐区范围内的主要受力层或有影响的下卧层起伏较大时,宜加密勘探点;

2 在复杂地质条件、湿陷性土、膨胀岩土、盐渍岩土、风化岩和残积土地区,宜布置适量探井;

3 表中地基复杂程度等级高者,勘探点数量取大值,反之取小值。

#### 4.6.12 储罐勘探深度应符合下列规定:

1 对于中、低压缩性土可取附加应力等于上覆土层有效自重压力 20% 的深度;对于高压压缩性土层可取附加应力等于上覆土层有效自重压力 10% 的深度;

2 当需进行地基整体稳定性验算时,控制性勘探孔的深度应满足沉降验算及充水预压沉降量验算要求;

3 当需确定场地抗震类别而邻近无可靠的覆盖层厚度资料时,应布置波速测试孔,其深度应满足确定覆盖层厚度的要求;

4 当需进行地基处理时,勘探孔的深度应满足地基处理设计与施工要求;当采用桩基时,勘探孔深度应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定;

5 当设计需要时宜布置波速测试、电阻率测试、地微振测试、声波测试等工程物探测试工作。

#### 4.6.13 勘察、试验工作除应按现行国家标准《岩土工程勘察规

范》GB 50021 的有关规定执行外,尚应符合下列规定:

1 当储罐区抗震设防烈度大于或等于 6 度时,应进行场地和地基的地震效应评价;

2 每个罐位的主要土层均应采取不扰动土样进行固结试验,试验的最大压力宜大于预估的土自重压力与附加应力之和,且不应小于 400kPa;

3 宜进行渗透性试验,提供土层的渗透系数。

**4.6.14** 在抗震设防烈度大于或等于 7 度的场区对可液化土层,应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定计算其液化指数和确定液化等级。

**4.6.15** 可液化的地基应根据地基液化等级按下列规定提出抗液化措施的建议:

1 在液化等级为严重的场地,应采取避开或全部消除液化措施;在液化等级为中等或轻微的场地,可不考虑避开措施;

2 储罐地基消除液化可采取桩基、压实地基、夯实地基、复合地基等地基处理方法。

**4.6.16** 储罐岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、地质条件、工程特点等编写,并宜包括下列内容:

1 文字部分宜包括下列内容:

1)工程概况;

2)勘察目的、任务要求和依据的技术标准;

3)勘察方法、勘察工作布置和完成情况;

4)自然地理、区域地质和水文地质条件;

5)地层结构、岩土物理力学性质、地下水、不良地质作用等的岩土工程条件描述与评价;

6)水和土对建筑材料的腐蚀性;

7)场地地震效应、稳定性、均匀性和适宜性的评价;

8)岩土参数的分析与选用;

9)地基基础及岩土工程整治方案建议;

10)工程施工和使用期间可能发生的岩土工程问题的预测、监控及预防措施的建议。

2 图表部分宜包括下列内容:

- 1)勘探点平面位置图;
- 2)工程地质剖面图;
- 3)工程地质柱状图;
- 4)原位测试成果图表;
- 5)水、土和岩石室内试验成果图表;
- 6)岩土利用、整治、改造方案的有关图表;
- 7)岩土工程计算简图及计算成果图表;
- 8)其他有关图表。

#### 4.7 地下水封洞库

4.7.1 地下水封洞库岩土工程勘察宜划为预可研阶段勘察、可研阶段勘察、初步设计阶段勘察、施工图设计及施工阶段勘察。

4.7.2 水封洞库应选择在地质构造简单、洞库围岩强度高、岩体完整和稳定、具有弱透水性及稳定地下水位的区域。

4.7.3 确定库址时,应符合下列规定:

1 避开抗震设防烈度大于或等于9度地区、地应力集中的构造部位和活动断裂;

2 避开不良地质作用发育且对库址稳定性有直接危害或潜在威胁的地段;

3 宜避开含过量有害气体和放射性元素的岩体分布区域;

4 避开重要的深层地下水供水水源地。

4.7.4 预可研阶段勘察工作应根据工程地质、水文地质条件选择符合水封洞库要求的库址,为编制预可行性研究报告提供岩土工程勘察资料。

4.7.5 预可研阶段勘察应通过搜集资料、工程地质测绘和调查了解地质条件。可进行工程物探、钻探工作,每个库址勘探点的数量

宜为 1 个~3 个,钻探深度应达到预估洞库底板以下 15m。应对区域稳定性和山体稳定性做出评价,确定库址类别。

**4.7.6** 可研阶段勘察工作宜在预可行性研究阶段选定的库址场地上进行,初步查明库址的工程地质和水文地质条件,为最终确定库址和库区布置进行地质论证和提供可行性研究所需的岩土工程勘察资料。勘察的工作范围宜为库址范围,当发现异常需进行追踪时,可超出此范围。

**4.7.7** 可研阶段勘察应包括下列内容:

1 初步查明库址的地形地貌条件、物理地质现象和区域地质构造条件;

2 初步查明库址区的岩性、构造,岩土物理力学性质及不良地质作用的成因、分布范围、发展趋势和对工程的影响程度;重点查明松散、软弱层的分布;

3 初步查明岩层的产状,主要断层、破碎带和节理裂隙密集带的位置、产状、规模及其组合关系;

4 初步查明库址区的地下(地表)水位、水压、渗透系数、水温和水化学成分,判定地下水对钢质管道及建筑材料的腐蚀性等;

5 初步查明涌水量丰富的含水层、汇水构造、强透水带以及与地表溪沟连通的断层、破碎带和节理裂隙密集带,预测洞室掘进时突然涌水的可能性,估算最大涌水量;

6 进行围岩工程地质预分级,确定适宜建库岩体范围,对洞室轴线方位、洞跨、洞间距、竖井和巷道口等有关地下工程部署提出建议;

7 初步确定设计地下水位标高,并综合岩体工程地质条件和储存介质压力要求,提出合理洞库埋深建议;

8 初步查明场区地应力状态分布规律,并结合岩体和工程条件初步评价洞顶、边墙和洞室交叉部位岩体的稳定性,提出处理建议;

9 初步建立地下水动态观测网。

**4.7.8** 可研阶段勘察工程地质测绘和调查应符合下列规定：

1 绘制库址的工程地质图；

2 对地质条件复杂的地段应进行专门性工程地质测绘，比例尺可选用 1：1000～1：2000；

3 根据地质条件和需要，局部地段可进行比例尺为 1：500 的工程地质测绘。

**4.7.9** 可研阶段勘察工程物探的测线布置应符合下列规定：

1 工程物探测线间距宜为 100m～300m；

2 在地形条件允许时，主要测线宜通过库址区勘探孔。

**4.7.10** 可研阶段勘察钻探工作应在工程地质测绘和工程物探工作的基础上进行，其主要任务是初步查明建库岩体的性状及存在问题。钻探工作的布置应符合下列规定：

1 宜利用预可研阶段勘察所完成的钻孔；

2 每个钻孔均应有明确的钻探目的，并做出钻孔设计，宜有针对性地进行孔内地应力测试等试验；

3 各类钻孔的布置宜综合利用；

4 结合场地地质条件的复杂程度和关键地质问题，有针对性布置勘探点，勘探点间距宜为 200m～400m；勘探深度应达到洞底设计标高以下 15m。

**4.7.11** 可研阶段勘察报告宜包含下列主要内容：

1 库址围岩分段预分级和可用岩体的范围；

2 库址可行性分析评价；

3 库址方案、地下工程部署的初步建议；

4 设计地下水位标高；

5 洞库涌水量估算；

6 洞室稳定性初步分析评价。

**4.7.12** 初步设计阶段勘察工作应在选定的库址场地上进行，基本查明库址的工程地质和水文地质条件，提供初步设计阶段所需的岩土工程勘察资料。

#### 4.7.13 初步设计阶段勘察应包括下列内容：

1 基本查明库址的地形地貌条件和物理地质现象及巷道进出口边坡的稳定性；

2 基本查明库址区的岩性、构造，岩土物理力学性质及不良地质作用的成因、分布范围、发展趋势和对工程的影响程度，重点查明松散、软弱层的分布；

3 基本查明岩层的产状，主要断层、破碎带和节理裂隙密集带的位置、产状、规模及其组合关系，调查岩层中有害气体或放射性元素的赋存情况；

4 基本查明库址地段的地下水位、水压、渗透系数、水温和水化学成分及对建筑材料的腐蚀性和对储存介质质量的影响等；

5 查明涌水量丰富的含水层、汇水构造、强透水带以及与地表溪沟连通的断层、破碎带和节理裂隙密集带，预测洞室掘进时突然涌水的可能性，估算最大涌水量；

6 进行围岩工程地质分级并建立地质模型；

7 按围岩工程地质分级结果确定适宜建库岩体范围，对地下工程部署提出优化建议；

8 确定设计地下水位标高，结合岩体工程地质条件和储存介质压力要求，提出合理洞库埋深建议；

9 评价洞顶、边墙和洞室交叉部位岩体的稳定性，提出处理建议；

10 建立地下水动态观测网。

#### 4.7.14 初步设计阶段勘察钻探工作的布置应符合下列规定：

1 每个钻孔均应有明确的钻探目的，并做出钻孔设计；

2 各类钻孔的布置宜综合利用，勘探点宜在竖井处及洞室外侧交叉布置，同时应结合场地地质条件的复杂程度和关键地质问题，有针对性地布置勘探点，勘探点间距宜为 150m~250m；勘探深度应达到洞底或竖井井底设计标高以下 3m~5m；

3 钻探工作进行中，应视已完成钻孔所揭露的地质问题，随

时调整其他钻孔布置方案,洞室进出口处可布置勘探平硐;

4 在钻进过程中应记录水文地质信息,并根据需要进行压水、注水、抽水等试验。

**4.7.15** 初步设计阶段勘察应进行钻孔内测试工作,孔内测试宜包括下列项目:

- 1 声波测井;
- 2 孔内成像;
- 3 孔内地温测试;
- 4 钻孔地应力测试。

**4.7.16** 初步设计阶段勘察应对水封条件进行评价,当库区外围有人为因素而使库区地下水位剧烈改变的地表水体或导水性强的含水带存在时,应针对其水力联系进行水文地质试验,并依据试验结果对其联系的程度及对水封条件的影响给予评价。

**4.7.17** 初步设计阶段勘察报告应包含下列内容:

- 1 库址围岩分段分级及范围;
- 2 地下工程部署优化建议;
- 3 地下水设计水位、动态分析、涌水量预测;
- 4 洞室稳定性分析评价;
- 5 巷道口稳定性及洞室轴线布置方案;
- 6 存在问题及对下一步勘察工作的建议。

**4.7.18** 施工图设计及施工阶段勘察应在完成初步设计阶段勘察的基础上,结合初步设计资料获取施工图设计所需要的地质信息,补充论证专门性工程地质问题,并提出优化设计方案的建议。

**4.7.19** 施工图设计及施工阶段勘察工作宜包括下列主要内容:

1 配合设计、施工及时解决对施工安全、工程质量有影响的水文地质、工程地质问题;

2 随巷道、竖井、洞室的开挖,进行围岩地质编录,校核并修正围岩分级;

3 编制巷道、竖井、洞室的地质展示图和洞库顶、底板基岩地质图以及洞库围岩富水程度图等图件；

4 配合围岩分级或为测定爆破松动圈、检查喷锚质量和注浆效果等进行岩体声波测试；

5 进行岩体表面应力和位移测量，确定围岩应力状态，判别或预报顶板压力，进行洞室稳定性分析和衬砌支护设计计算；

6 进行超前地质预报，对水封洞库的重要地下工程部位或新揭露的地质现象，补充必要的钻探工作；

7 实测洞库涌水量，预测洞库投产后地下水位恢复动态，为评价水封条件提供依据；

8 进行地下水动态观测和资料整理分析。

**4.7.20** 施工图设计及施工阶段勘察中，当发现规模较大的隐伏构造或由于地下工程部署不合理而严重影响围岩稳定时，应提出工程处理或调整的建议。

**4.7.21** 施工图设计及施工阶段勘察报告应包含下列内容：

1 总结分析库区水文地质、工程地质条件，并对施工前岩土工程勘察成果进行复核；

2 分析施工中出现的岩体失稳原因、处理措施与效果，同时对各级围岩的支护措施、施工方案和施工注意事项等提出建议；

3 结合工程地质条件对地下工程部署提出工程处理或调整的建议并做出评价；

4 对洞库投产后的地下水动态或岩体稳定性监测工作等提出建议；

5 计算洞库、巷道涌水量，为施工排水设计提供依据，为洞库投产后的排水设计提供预测值；

6 进行岩体质量评价和岩体工程地质分级，并应进行围岩稳定性评价；

7 提出针对不同性质、不同类型的含水裂隙的注浆封堵措施的建议。

## 4.8 滩海结构物

4.8.1 码头、栈桥、平台、人工岛、海堤及进海路、管道等滩海结构物的勘察应综合采用工程地质调查与测绘、工程物探、钻探、取样试验与原位测试等多种勘察手段。勘察方法和布置应与工程需求、勘察阶段和工程地质条件相适应。

4.8.2 可行性研究勘察宜包括下列主要内容：

1 搜集区域地质、水文气象、水深地形、地貌、岩土性质与分布，已有的工程地质、岩土工程和建设经验等资料；

2 调查和分析对稳定性有影响的地质构造、地震、不良地质作用；

3 搜集和调查场址或路由区的海洋开发活动及其规划情况；

4 搜集和调查障碍物或废弃物的种类和分布情况；

5 对于人工岛、海堤及进海路工程，调查其所需的天然建筑材料的种类、质量、储量、适用性以及开采和运输条件；

6 当已有资料不能满足要求时，应根据工程具体情况进行必要的勘探、测试、试验及相关的观测工作。

4.8.3 初步勘察阶段在充分搜集和利用已有资料的基础上，应通过工程地质调查、工程物探、钻探、取样、原位测试及试验等勘察手段，初步查明拟建工程地段的工程地质及其他相关的自然环境条件，对拟建工程地段的稳定性做出评价。

4.8.4 初步勘察工作宜包括下列内容：

1 补充搜集或调查水深地形、水文气象条件、已有的工程地质和岩土工程资料；

2 初步查明地貌形态、成因类型、水动力条件对冲淤变化及岸滩变迁的影响；

3 初步查明地质构造、地层结构、岩土工程特性、地下水埋藏条件；

4 初步查明障碍物与废弃物的种类、分布及影响；

5 查明冲刷沟、滑坡、沙丘、潮流脊、古河道、古湖泊、浅层气、活动断裂的分布、规模、发展趋势,对场地的稳定性进行评价;

6 抗震设防烈度大于或等于 6 度的场地,应进行地震效应的初步分析评价;

7 初步判定水和土对钢结构和建筑材料的腐蚀性;

8 对于人工岛、海堤及进海路工程,需要时应进行天然建筑材料的勘察;

9 对不良地质作用的防治、可能采取的地基基础类型进行初步建议。

#### 4.8.5 初步勘察的勘探和测试工作应符合下列规定:

1 对于工程地质条件复杂且资料较少地段,根据工程特点与要求,采用有效的工程物探方法,初步查明水深地形、地貌、障碍物与废弃物、地层剖面特征和不良地质作用等;

2 每个地貌单元和不良地质作用分布区,以及可能布置重要结构物的地段,均应布置控制性勘探点,地貌单元交接部位和地层变化较大的地段,勘探点应予以加密;

3 对于场地勘察,勘探线宜垂直海岸线、地貌单元、地质构造和地层界线布置;在地形平坦地区,可按网格布置勘探点;

4 线状工程调查工作应沿线路带状范围进行,勘探点的布置应根据地质条件复杂程度或在物探资料解释后确定;

5 对于岩质地基,场地勘察的勘探线和勘探点的布置、勘探孔深度,应根据地质构造、岩体特性和风化情况等综合确定;

6 对于土质地基,场地勘察的勘探线和勘探点间距可按表 4.8.5-1 确定,为查明不良地质作用而布置的勘探线、勘探点,应予以加密或单独布置;

表 4.8.5-1 初步勘察勘探点、线布置

工程类型	勘探线距(m)或条数	勘探点间距(m)或点数	勘探线布置方法
码头	75~200	50~100	垂直岸线或基础长轴

续表 4.8.5-1

工程类型	勘探线距(m)或条数	勘探点间距(m)或点数	勘探线布置方法
人工岛	75~200	50~100	垂直岸线或网格布置
固定式平台	—	不少于1个	—
栈桥	1条	75~200	沿基础轴线
海堤及进海路	横剖面间距取轴线勘探点间距的2倍~4倍,每个地貌单元不少于1个横剖面	轴线上间距500~1000,横剖面上间距20~100	沿轴线布置一条勘探线,垂直于轴线布置横剖面
管道	1条	2000~5000	沿中线

7 勘探孔深度应根据工程类型、工程地质条件及其研究程度确定,可按表4.8.5-2确定。

表 4.8.5-2 初步勘察勘探孔深度(m)

工程区域	工程类型		一般性勘探孔	控制性勘探孔
极浅海	码头	10 <sup>4</sup> t级	30~40	≥50
		3×10 <sup>3</sup> t级~5×10 <sup>3</sup> t级	20~30	≥40
		10 <sup>3</sup> t级以下	15~20	≥30
		人工岛	30~40	≥50
		固定式平台	20~40	≥50
		海堤及进海路	10~15	≥15
		管道	4~5	≥8
潮间带		人工岛	20~30	≥40
		固定式平台	20~30	≥40
		海堤及进海路	8~10	≥15
		管道	3~4	≥8
		栈桥	20~30	≥40
潮上带		人工岛	15~20	≥25
		固定式平台	20~30	≥35
		海堤及进海路	6~10	≥15
		管道	3~4	≥8

注:勘探孔包括钻孔和原位测试孔等,特殊用途的勘探孔除外。

**4.8.6** 遇下列情形之一时,应按下列规定增减勘探孔深度:

1 地形起伏的高差相差较大地段,应按其差值调整勘探孔深度;

2 在预定深度内遇基岩时,除控制性钻孔仍应钻入基岩一定深度外,其他勘探孔达到确定的基岩后即可终止钻进;

3 在预定深度内有厚度较大,且分布均匀的坚实土层时,除控制性勘探孔应达到规定的深度外,一般性勘探孔的深度可予以减小;

4 当预定深度内有软弱土层时,勘探孔深度应予以增加,荷载较大工程的部分控制性勘探孔应穿透软弱土层或达到预计控制深度。

**4.8.7** 初步勘察采取土试样和进行原位测试的勘探点应结合地貌单元、地层结构和土的工程性质布置,数量宜为勘探点总数的 $1/4\sim 1/2$ ;采取土试样的数量和孔内原位测试的竖向间距应按地层特点和土的均匀程度确定,每层土均应采取土试样或进行原位测试,其数量不宜少于6件(组);土试样除常规试验项目外,特殊试验项目应根据工程需要确定。为分析表层沉积物平面和垂向分布特征及性质时,应设置站位进行底质采样分析。

**4.8.8** 详细勘察应在充分搜集已有资料和开展相关调查分析工作的基础上,通过勘探、取样试验及原位测试等手段,提供施工图设计所需要的环境资料、岩土工程勘察资料,对工程施工图设计和不良地质的防治等提出建议。

**4.8.9** 详细勘察工作宜包括下列内容:

1 搜集或调查水文气象条件资料、附有坐标和水深地形的结构物平面布置图或走向图,以及工程类型、规模、荷载、特点,基础形式和埋置深度等资料;

2 查明不良地质作用的类型、成因、分布范围、发展趋势和危害程度,提出整治措施和建议;

3 查明结构物影响范围内地层结构、分布及物理力学性质、工程特性,分析评价地基的均匀性、稳定性,提供并推荐设计所需的各项岩土参数;

4 对需要进行变形计算的结构物,提供地基变形计算参数,并预测其变形特征;

5 查明孤石、沉船、锚等对工程有不利影响的障碍物、废弃物及已建海底管道和电缆工程情况;

6 查明地下水的埋藏条件,提供地下水位及其变化幅度;

7 判定水和土对钢结构和建筑材料的腐蚀性;

8 对抗震设防烈度大于或等于 6 度的场地,进行地震效应分析评价;

9 预测工程施工及使用期间可能产生的工程问题,并提出防治方案建议;

10 对于采用桩基础或进行地基处理时,按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定执行。

#### 4.8.10 详细勘察的勘探、测试工作应符合下列规定:

1 对需详细查明的障碍物、废弃物及不良地质作用,应根据特定工程的特点与要求,采用工程物探方法探测;

2 管道线路的工程勘察工作应沿线路带状范围进行,两侧范围宜各为 250m,中线两侧可采用工程物探测试,对于管道非埋设区可减少或不布置勘探点;海堤和进海路垂直轴线应布置横剖面,控制范围宜为轴线两侧 100m~200m;地质条件复杂段横剖面及轴线勘探点应予以加密;

3 勘探点的布置和勘探孔深度,应根据结构物规模、特点、岩土工程条件及需查明的问题综合确定;对于岩质地基,应根据地质构造、岩体特性、风化情况等,结合结构物对地基的要求综合确定;对于土质地基,勘探点布置和勘探深度可按表 4.8.10-1 和表 4.8.10-2 的规定确定。

表 4.8.10-1 详细勘察勘探点、线布置

工程类型	勘探线间距(m)或条数			勘探点间距(m)或点数			勘探线布置方法
	一级 (复杂)	二级 (中等复杂)	三级 (简单)	一级 (复杂)	二级 (中等复杂)	三级 (简单)	
码头	高桩式	2条~3条	1条~2条	15~20	20~30	30~50	沿桩基长轴
		30~45	45~60	10~15	15~30	30~40	垂直岸线 或基础长轴
	墩式	—	—	每墩不少于3个	—	—	—
栈桥	桩基	1条	—	15~20	20~30	30~50	沿栈桥中线
	墩基	—	—	每墩不少于3个	—	每墩不少于1个	—
人工岛	30~50	50~70	70~100	30~50	50~70	70~100	垂直岸线 或网格布置
固定式平台	2条~3条	2条	2条	≤30	30~50	50~100	—
海堤及进海路	横剖面间距取轴线勘探点间距的2倍~4倍， 间距20m~100m，每个地貌单元不少于1个横剖面			100~200	200~300	300~500	沿轴线，横剖面 垂直轴线
管道	—	1条	—	300~500	500~1000	1000~2000	沿中线
单独结构物	—	—	—	不少于2个			—

注：1 表中对应等级为地基复杂程度等级；

2 勘探点布置应能满足设计计算影响范围；

3 同一结构物范围内的主要受力层或有影响的下卧层起伏较大时，勘探点应予以加密。

表 4.8.10-2 勘探深度 (m)

地基基础类别	结构物类型		地基土类别		
			软土	一般黏性土、粉土	老堆积土、中密-密实砂土
天然地基	码头及人工岛	重力式	1.5b~2.0b	1.0b~1.5b	0.5b~1.0b
		斜坡式	坡顶及坡身 20~30、坡底≥10	坡顶及坡身 15~20、坡底≥5	坡顶及坡身 10~15、坡底≥5
	海堤及进海路		≥10	8~10	5~8
	单独结构物		1.5b~2.0b	1.0b~1.5b	0.5b~1.0b
桩基	人工岛、平台、码头及栈桥		≥10	8~10	5~8
管道			8~10	5~8	3~5

注：1 勘探孔深度指至基础底面或桩端以下的深度；

2 b 为基础底面宽度；

3 基础底面宽度较大，或需进行稳定性、变形等验算时，勘探孔深度应根据验算要求予以调整；

4 对于埋设管道为从海底面算起的深度，当管道穿越港池、航道时，勘探孔深度应从最深疏浚底面算起。

#### 4.8.11 详细勘察取土试样、试验和进行原位测试应符合下列规定：

1 取土试样和进行原位测试勘探点数量，应根据地层结构、地基土的均匀性和特定工程设计要求确定，宜为勘探孔总数的  $1/2 \sim 2/3$ ；

2 取样或原位测试的竖向间距应根据地层结构、均匀性和设计要求确定；每个场地的每一主要土层的不扰动土试样或原位测试数据不应少于 6 件(组)；

3 在地基主要受力层内，对厚度大于 0.5m 的夹层或透镜体，应采取土试样或进行原位测试；

4 当土层性质不均匀时，应增加取土数量或原位测试工

作量；

5 室内试验和原位测试项目，应根据工程需要和岩土性质确定。

4.8.12 滩海结构物岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、工程特点和地质条件等具体情况编写，并宜包括下列内容：

1 文字部分宜包括下列内容：

- 1) 工程概况；
- 2) 勘察目的、任务要求和依据的技术标准；
- 3) 勘察方法、勘察工作布置和完成情况；
- 4) 自然地理、区域地质、滩海水文和气象条件；
- 5) 岩土类型、成因、分布、工程特性及其物理力学性质；
- 6) 地下水的埋藏情况、类型、水位及其变化；
- 7) 可能影响工程的不良地质作用和对工程危害的评价；
- 8) 场地地震效应分析评价；
- 9) 腐蚀环境与腐蚀性评价；
- 10) 场地稳定性和适宜性评价；
- 11) 地基处理、边坡工程、土石方工程及地基基础方案等的建议；
- 12) 工程施工及使用期间可能产生的岩土工程问题预测及措施建议。

2 图表部分宜包括下列内容：

- 1) 标注测线位置、测线测点号、地质取样及勘探点位置等的航迹图或勘探点平面位置图；
- 2) 工程地质剖面图；
- 3) 工程地质柱状图；
- 4) 工程物探解释图；
- 5) 测试和试验的相关图表；
- 6) 可根据需要附综合工程地质图、综合工程柱状图、地下水等水位线图、基岩面等高线图、线路纵断面图，素描、照

片,综合分析图表,岩土利用、整治和改造方案的有关图表,岩土工程计算简图及计算成果图表等。

## 4.9 管道伴行道路

**4.9.1** 管道伴行道路岩土工程勘察应按工程地质调查与测绘、勘探、取样和测试、地质资料综合分析等程序开展工作。

**4.9.2** 可行性研究勘察应采用资料分析、遥感工程地质解译、现场踏勘调查等方法,对伴行路的工程地质条件进行分析评价。

**4.9.3** 可行性研究勘察阶段应进行下列工作:

- 1 搜集区域地质、地震、气象、水文、采矿、灾害治理等资料;
- 2 了解伴行路路线的地形地貌、地质构造、地层岩性、水文、抗震设防烈度以及不良地质作用和特殊性岩土的类型、分布及发育规律;

- 3 了解沿线环境敏感点分布情况及其与伴行路的关系;

- 4 进行伴行路各路线比选,提出推荐方案。

**4.9.4** 初步勘察应通过搜集资料、工程地质调查、简易勘探,基本查明伴行路沿线及各类构筑物场地的岩土工程条件,提供初步设计所需的岩土工程勘察资料。

**4.9.5** 初步勘察应对可行性研究勘察中所搜集的资料进行分析,并补充搜集路线通过地区的下列资料:

- 1 沿线的气象、水文、区域地质、工程地质、水文地质、抗震设防烈度等资料;

- 2 区域地质灾害资料,包括该区域已经识别和标识的地质灾害类型、分布、规模及治理经验;

- 3 沿线区域特殊性岩土资料,包括类型、分布、厚度及地基处理经验;

- 4 沿线筑路材料的类别、产地、质量、数量和开采运输条件。

**4.9.6** 初步勘察阶段应初步查明下列内容:

- 1 地形地貌、地层岩性和特征、地质构造、水文与水文地质

条件；

2 不良地质作用和特殊性岩土成因、类型、性质和分布范围；

3 斜坡或挖方路段的地质结构，控制边坡稳定的外倾结构面，工程项目实施诱发或加剧不良地质作用的可能性；

4 水和土对建筑材料的腐蚀性。

**4.9.7** 伴行路路线初步勘察应以工程地质调查为主，利用天然露头和人工露头了解沿线地层岩性、构造等情况。在地质条件复杂、露头条件差的地段，必要时可使用简易的勘探方法。

**4.9.8** 伴行路桥梁初步勘察宜布置 1 个~3 个勘探点，并应符合下列规定：

1 勘探点应布置在桥梁的轴线上；

2 勘探孔的深度应根据设计要求确定，无设计要求时勘探孔深度自河底算起应为 10m~20m；

3 对抗震设防烈度大于或等于 6 度的地区，勘探孔深度应满足场地和地基地震效应分析评价的要求。

**4.9.9** 详细勘察应充分利用初步勘察取得的各项岩土工程勘察资料，采用调绘、勘探、取样和测试等勘察方法，查明伴行路沿线的工程地质、水文地质条件，提供施工图设计所需的岩土工程勘察资料。

**4.9.10** 详细勘察前应取得附有伴行路走向的带状地形图、伴行路中线、桥涵桩位、路面标高、桥涵基础形式和埋深等资料。

**4.9.11** 详细勘察阶段应进行下列工作：

1 详细查明沿线地形地貌、地层结构、岩性特征、地质构造特征、水文地质条件；

2 详细查明不良地质作用，特殊性岩土的范围、厚度和特性；

3 确定桥梁与涵洞场地地基的地层物理力学性质参数，填方、挖方路段工程地质条件；

4 当桥梁场地抗震设防烈度大于或等于 6 度时，应提供建筑

的场地类别；抗震设防烈度大于或等于 7 度时，应进行饱和砂土与粉土液化判定；

5 评价伴行路边坡、桥梁岸坡的稳定性；

6 评价水和土对建筑材料的腐蚀性。

**4.9.12** 详细勘察工程地质调查和测绘应符合下列规定：

1 根据工程地质条件复杂程度进行工程地质调查或工程地质测绘；

2 工程地质测绘的比例尺应与伴行路施工图设计带状地形图比例尺一致；当地质现象表示到图上的宽度小于 2mm 时，应采用扩大比例尺来表示，并标注其实际数据；

3 工程地质测绘的范围宜为伴行路中线两侧各 100m。

**4.9.13** 详细勘察的工程地质调查和测绘应包括下列内容：

1 地形地貌的成因、类型、分布、规模和形态特征；

2 地层的成因、年代、层序、岩性、厚度，岩石的产状、风化程度；

3 地质构造的类型、产状、规模；

4 地表水系、井、泉的分布位置和动态特征；

5 特殊性岩土的类型、分布范围、厚度及工程地质特性；

6 不良地质作用与灾害地质的类型、分布范围、规模、形成条件、发生和发展的规律。

**4.9.14** 详细勘察的勘探工作应符合下列规定：

1 详细勘察的勘探点应布置在伴行路中线上；

2 勘探点间距宜为 500m~1000m，每个地貌单元均应布置勘探点，复杂地段可予以加密；

3 勘探孔深度平原区宜为 3m，山区和丘陵区宜为 3m~4m。

**4.9.15** 伴行路桥梁详细勘察，每一个桥墩宜布置 1 个~2 个勘探点，勘探点布置在圆形桥墩中心或周边、矩形桥墩中心或两端，勘探孔深度应符合下列规定：

1 对于天然地基，勘探深度应为基础底面以下 2.0b~3.0b

( $b$  为基础宽度),且不应小于 5m;

2 对于桩基,勘探深度应至桩端以下 3m~5m;当在预定的深度范围内有软弱下卧层时,应穿透软弱土层或加深至预计控制深度;

3 在预定深度内遇见基岩时,应钻穿强风化层进入中等风化层内 2m~3m,当强风化层很厚时,钻入深度不宜大于 10m。

**4.9.16** 伴行路的涵洞详细勘察的勘探点应布置在伴行路中线上,勘探点不宜少于 1 个。勘探深度宜为 5m,遇粉细砂及软黏土可予以加深,但不宜大于 10m。

**4.9.17** 详细勘察阶段伴行路路线的代表性部位,以及桥梁、涵洞等部位应采取岩土和水试样、进行原位测试,并应符合下列规定:

1 在勘探点控制深度内,宜每间隔 1m~2m 采取一件土试样或进行一次原位测试;

2 粉土、黏性土、软土等应采取不扰动土试样,碎石土、砂土应采取扰动土试样;

3 基岩应根据风化等级在岩芯中采取代表性岩石试样。

**4.9.18** 采取的岩土试样应进行常规物理力学试验,对黏性土、粉土、碎石土和砂土试样尚应进行击实试验。

**4.9.19** 伴行路岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、地质条件等具体情况编写,并宜包括下列内容:

1 文字部分宜包括下列内容:

1) 勘察工作概况;

2) 勘察目的、任务要求和依据的技术标准;

3) 勘察方法、勘察工作布置和完成情况;

4) 自然地理条件、地形地貌特征;

5) 沿线区域地质和水文地质条件;

6) 沿线岩土工程条件;

7) 桥梁及涵洞地基岩土分层、物理力学性质指标、地基承载力;

- 8)水和土对建筑材料的腐蚀性评价；
  - 9)场地地震效应、边坡稳定性、不良地质作用与灾害地质、特殊性岩土；
  - 10)结论与建议。
- 2 图表部分宜包括下列内容：
- 1)工程地质图；
  - 2)工程地质柱状图或者探槽展示图；
  - 3)工程地质剖面图；
  - 4)原位测试等其他成果图表。

## 5 不良地质作用勘察

### 5.1 岩 溶

**5.1.1** 油气管道通过岩溶发育地区应进行岩溶勘察,查明岩溶的形成条件、类型、规模,查明塌陷和土洞的发育情况,对管道通过岩溶区的适宜性进行评价,并提出绕避或防治的措施和建议。

**5.1.2** 岩溶地区线路勘察除符合本标准第 4.2 节的规定外,还应符合下列规定:

1 在可行性研究勘察阶段,应通过搜集线路经过地区的地形图、区域地质、水文地质、地貌、水文、气象和遥感图像等资料,分析管道沿线的岩溶洞隙、土洞发育的可能性,必要时进行现场调查岩溶洞隙的发育条件,并就其危害程度和发展趋势做出判断,对线路的稳定性和适宜性做出概略评价;

2 在初步勘察阶段,应结合可行性研究阶段搜集的资料,通过工程地质测绘和调查、工程物探等手段查明岩溶洞隙及其伴生土洞、塌陷的分布范围、发育程度和发育规律,并按场地的稳定性和适宜性进行分区,提出防治初步方案或建议;

3 在详细勘察阶段,应通过工程地质测绘和调查、工程物探、井探和试验等手段查明对线路安全有影响的岩溶洞隙和土洞的形态、位置、规模、埋深及岩溶堆填物的性状和地下水特征,评价每个岩溶洞隙的稳定性,提出管道通过的岩土工程方案和建议;

4 在施工阶段,对新发现的岩溶应进行施工勘察。

**5.1.3** 岩溶发育地区选线应符合下列规定:

1 线路宜选择在岩溶塌陷不发育或较弱的地段通过,避开岩溶塌陷强和中等的地段;

2 线路宜绕避或以大角度通过岩溶洞隙、土洞和塌陷密集地

带、地下河；

3 宜绕避岩溶地区采石区及影响范围；

4 宜绕避多元土层结构、地下水埋藏较浅且变化幅度较大或水位线在基岩面附近的地段；

5 宜选择在覆盖土层较厚、地下水埋藏较深的地段通过；

6 线路应避免沿断裂带、可溶岩与非可溶岩的接触带、有利于岩溶发育的褶皱轴部通过，避开断裂的交汇处、岩溶水富集区及岩溶水排泄区；

7 河谷地区线路宜选择在岩溶发育较弱的一岸，并应高于岩溶水排泄带。

5.1.4 岩溶地区的工程地质测绘和调查应包括下列内容：

1 岩溶洞隙、土洞及塌陷的成因、分布、形态、发育规律及趋势；

2 岩面起伏、形态和覆盖层厚度；

3 岩溶洞隙的分布层数，分析侵蚀基准面的变化特征；

4 地下水赋存条件、水位变化和运动规律；

5 岩溶发育与地貌、构造、岩性及地下水的关系；

6 调查当地治理岩溶洞隙、土洞及塌陷的经验。

5.1.5 岩溶勘察应在工程地质测绘和调查的基础上，以工程物探手段为主，结合钻探、井探、钎探等综合勘察方法，并应符合下列规定：

1 选择的工程物探方法应与所探测对象的物性差异相适应，工程物探测线宜沿管道中线布置，必要时可在管道中线两侧平行布置勘探线或沿异常点布置横向勘探线；

2 勘探点应在工程地质测绘及工程物探工作的基础上布置；

3 勘探点的布置宜沿管道中线或根据治理工程需要布置；

4 控制性钻孔宜布置在地貌、地质构造、地层变化大且有代表性的部位；

5 查明地面以下 4m~5m 的隐伏土洞；

- 6 查明浅层溶洞和覆盖土层的厚度；
- 7 勘探深度应满足顶板稳定性评价的需要。

#### 5.1.6 岩溶地区的测试和观测应符合下列规定：

1 评价洞体稳定性时，应采取洞体顶板岩土样及填充物进行物理力学性质测试；

2 顶板为易风化或软弱岩石时，应观测其风化程度；

3 当需预测土洞、塌陷发展对管道的影晌时，可进行地下水流速、流向测定和水位、水质的长期观测。

#### 5.1.7 岩溶岩土工程勘察报告除应符合本标准第 4.2 节的规定外，尚应包括下列内容：

- 1 岩溶发育的地质背景和形成条件；
- 2 洞隙、土洞、塌陷的形态、平面位置和顶底标高；
- 3 岩溶稳定性和危害分析；
- 4 岩溶地区管道通过方案建议。

## 5.2 滑 坡

5.2.1 油气管道通过滑坡地段，或因管道工程施工引发的滑坡，应按滑坡进行岩土工程勘察。

#### 5.2.2 滑坡勘察宜分阶段进行，勘察工作应符合下列规定：

1 在可行性研究勘察阶段，应搜集线路经过地区的区域地质、工程地质、水文地质、地震、水文、气象和遥感图像等资料，通过资料和遥感图像分析线路可能遇到的大中型滑坡；可进行现场踏勘，分析滑坡的危害，并提出管道绕避或通过的建议；

2 在初步勘察阶段，应在前期工作的基础上通过工程地质测绘和调查，初步查明滑坡的范围、规模、地质背景、性质及对管道的危害程度，分析滑坡产生的原因，判断其稳定程度，预测其发展趋势，提出管道通过和防治方案的建议，对无法绕避的滑坡宜开展勘探工作；

3 在详细勘察阶段，应通过工程地质测绘和调查、工程物探、

钻探、井探和试验等手段查明滑坡性质、特征参数及周边工程地质和水文地质条件。

**5.2.3** 滑坡发育地段的选线应符合下列规定：

1 应绕避地质条件复杂的大中型滑坡及滑坡群，避开地形破碎、坡脚有地下水出露的山坡；

2 当滑坡规模小及地下水不发育，整治的技术条件可行，经济合理时，可选择在有利于滑坡稳定的部位通过；

3 线路通过稳定的滑坡时，宜避开易导致滑坡复活的部位；

4 在地貌、地质条件上具有滑坡产生条件或因管道建设可能产生滑坡的地段，应优化线路平面及断面位置。

**5.2.4** 滑坡勘察宜采用工程地质测绘和调查、工程物探、槽探、井探、钻探和测试等综合勘察方法。

**5.2.5** 滑坡工程地质测绘和调查的范围应包括滑坡及邻近地段，其比例尺根据滑坡规模及勘察阶段可选择 1：500～1：2000；用于整治设计时，比例尺宜选用 1：200～1：500。滑坡区工程地质测绘和调查应包括下列内容：

1 搜集既有滑坡的调查和观测资料，水文、气象、遥感图像、地质构造图及地方志、地方史料中有关滑坡灾情的记录等资料；

2 圈定滑坡周界，调查微地貌形态及其演变过程；

3 调查滑坡断壁、台地、鼓丘与洼地、裂隙、滑坡舌等要素；

4 调查滑坡地层岩性、厚度，滑动带的位置、个数、形态特征；

5 调查测区地质构造和岩土条件；

6 调查地表水、地下水的情况、泉水出露地点及流量、湿地分布及变迁情况；

7 调查滑坡范围内外建(构)筑物、树木等的变形、位移及破坏的时间和过程；

8 调查滑坡的历史和当地整治滑坡的经验；

9 对滑坡的重点部位宜摄影或摄像。

**5.2.6** 滑坡勘探工作应符合下列规定：

1 勘探线和勘探点的布置应根据滑坡体的岩土构成、性质、成因,滑坡面的位置,滑坡带的物质组成及厚度,滑动方向及地下水和整治工程需要等情况综合确定;除主滑方向应布置勘探线外,在其两侧滑坡体外也宜布置一定数量的勘探线;勘探点间距不宜大于40m,每条勘探线上不宜少于3个勘探点,在滑坡体转折处及拟采取工程措施的地段也应布置勘探点;

2 勘探深度应超过最下一层滑动面进入稳定地层,并满足拟采取工程措施的要求,控制性勘探孔应深入稳定地层一定深度;

3 在滑坡体、滑动面(带)和稳定地层中应采取不扰动岩土试样进行试验;

4 查明地下水的层数、各层地下水的位置、含水层的厚度,地下水的流向及性质。

5.2.7 滑坡勘察的岩土试验应符合下列规定:

1 采用室内、现场滑面重合剪试验,滑带土宜做重塑土或不扰动土多次重复剪试验,测试多次剪和残余剪抗剪强度;

2 剪切试验方法宜与滑动受力条件相似;

3 宜采用反分析方法检验滑动面的抗剪强度指标。

5.2.8 根据滑坡类型与性质,应对滑坡进行稳定性验算及滑坡推力计算,综合评价其稳定性,滑坡稳定性评价应符合下列规定:

1 应根据地形、微地貌特征、水文地质特征、坡体加载情况、变形迹象、影响因素等进行定性分析;

2 稳定性验算应选择有代表性的断面,除整体稳定性外,尚应验算局部滑动的可能性;

3 滑坡稳定性评价应按自重、暴雨、地震三种工况分别进行;

4 滑动带的计算指标宜根据测试成果、反分析计算成果及地区经验综合确定;

5 滑坡稳定性系数计算可按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330的有关规定执行。

5.2.9 滑坡岩土工程勘察报告除应符合本标准第4.2节的规定

外,尚应包括下列内容:

- 1 滑坡的地质背景和形成条件;
- 2 滑坡的形态要素、性质和演化;
- 3 岩土工程特性指标;
- 4 滑坡平面图、剖面图;
- 5 滑坡稳定性分析;
- 6 滑坡危害性分析;
- 7 管道通过方案建议;
- 8 滑坡防治和监测建议。

### 5.3 危岩和崩塌

5.3.1 油气管道通过对工程安全有影响的危岩、崩塌发育地段,应进行危岩和崩塌岩土工程勘察。

5.3.2 危岩和崩塌的勘察宜分阶段进行,各阶段勘察工作应符合下列规定:

1 可行性研究勘察阶段,应进行现场踏勘和工程地质调查,分析崩塌的危害,并提出管道绕避或通过的建议;

2 初步勘察阶段,应对难以避让的危岩和崩塌及周边环境工程地质条件进行初步勘察,分析评价崩塌的稳定性、危害性;

3 详细勘察阶段,应详细查明危岩和崩塌体、防治工程场区的环境工程地质条件。

5.3.3 危岩和崩塌发育地段的选线应符合下列规定:

1 线路宜绕避山高坡陡、岩层受节理裂隙切割严重、危岩密集分布的地段;

2 线路及其附属设施应避开崩塌落石直接冲击区和稳定性不足的崩塌堆积体;

3 线路宜选择危岩和崩塌轻微,经工程处理后能够确保管道建设及运行期安全的地段。

5.3.4 危岩和崩塌的勘察应查明下列内容:

1 崩塌发育的场区地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、地震动参数及当地气象、水文条件；

2 危岩和崩塌的成因、类型、规模、分布范围、崩塌体的大小和崩落方向；

3 危岩体的基本质量等级、岩性特征和风化程度及物理力学性质；

4 岩土体结构类型，裂缝和结构面的产状、组合与交切关系、闭合程度、力学属性、延展及贯穿情况；

5 危岩体与崩塌堆积体的稳定性；

6 防治工程所在场区的工程地质条件、水文地质条件；

7 当地防治崩塌的经验；

8 危岩和崩塌与油气管道工程的关系及其危害性。

5.3.5 当管道从危岩和崩塌体上方通过时，应评价危岩和崩塌体的稳定性，预测其发展趋势及对管道的危害；当从危岩和崩塌体下方通过时，应提出管道的适宜埋深，并预测危岩失稳、崩塌体大量崩塌后管道经过场地的稳定性，提出预防措施。

5.3.6 危岩和崩塌岩土工程勘察报告除应符合本标准第 4.2 节的规定外，尚应包括下列内容：

1 危岩和崩塌的地质背景和形成条件；

2 崩塌的形态要素、性质和演化；

3 岩土工程特性指标；

4 危岩和崩塌平面图、剖面图；

5 危岩和崩塌稳定性分析；

6 危岩和崩塌危害性分析；

7 管道通过方案建议；

8 危岩和崩塌防治和监测的建议。

## 5.4 泥 石 流

5.4.1 油气管道通过泥石流发育地段，应对经过的坡地和沟谷进

行泥石流岩土工程勘察,查明泥石流的形成条件和泥石流的类型、规模、发育阶段、活动规律,对管道通过泥石流沟、堆积扇的适宜性进行评价,并提出绕避或防治的措施和建议。

**5.4.2** 泥石流宜按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021进行工程分类,泥石流发育地段的选线应符合下列规定:

1 应绕避 I<sub>1</sub> 类和 II<sub>1</sub> 类泥石流沟谷的形成区和流通区,可采用穿越方式通过堆积区;

2 宜绕避 I<sub>2</sub> 类和 II<sub>2</sub> 类泥石流沟谷的形成区和流通区,可采用穿越方式通过堆积区;

3 可采取措施通过 I<sub>3</sub> 类和 II<sub>3</sub> 类泥石流沟谷,宜采用穿越方式通过堆积区;

4 不宜顺泥石流沟谷敷设。

**5.4.3** 泥石流的勘察应以工程地质测绘和调查为主,配合适量钻探、坑探及工程物探等勘探方法。

**5.4.4** 泥石流的工程地质测绘和调查应符合下列规定:

1 宜采用遥感图像地质解译与野外地质调查相结合的方法进行工程地质测绘和调查;

2 搜集地形图、区域地质、地震、气象、水文,特别是泥石流暴发期间的资料;

3 调查地形地貌特征,包括沟谷的发育程度、切割情况,坡度、弯曲、粗糙程度,划分泥石流的形成区、流通区和堆积区,圈绘整个沟谷汇水面积;

4 调查形成区的水源类型、水量、汇水条件、山坡坡度、岩土性质,断裂、滑坡、崩塌、岩堆等不良地质作用的发育程度及可能成为泥石流固体物质来源的分布范围、储量;

5 调查流通区的沟床纵横坡度、跌水、急弯等特征,沟床谷坡坡度及稳定程度、沟床的冲淤变化和泥石流的痕迹;

6 调查堆积区的堆积扇的分布范围、表面形态、纵坡、植被、沟道变迁和冲淤情况;查明堆积物的性质、层次、厚度、一般粒径和

最大粒径;判定堆积区的形成历史、堆积速度,估算横向扩展最大宽度和一次最大堆积量;

7 调查泥石流沟谷的历史,历次泥石流的发生时间、频数、规模、形成过程、暴发前的降雨(融雪)情况和暴发后产生的灾情;

8 调查采矿、修路、城镇建设等切坡弃渣、砍伐森林、耕垦陡坡和过度放牧等人类活动情况;

9 调查当地防治泥石流的经验。

5.4.5 泥石流勘察应根据工程地质测绘和调查结果,结合线路方案和防治工程方案有针对性地进行勘探,并应符合下列规定:

1 当管道采用穿越方式时,勘探线宜沿防治工程轴线布置;当管道采用跨越方式时,应按跨越基础位置和防治工程轴线布置勘探线和勘探点;

2 勘探点间距应根据地质条件复杂程度确定,每条勘探线上的勘探点不宜少于3个,地质条件复杂时应加密勘探点,勘探孔深度应进入稳定地层不少于3m。

5.4.6 当管道采用穿越方式通过泥石流堆积区时,应预测堆积扇横向扩展最大宽度,确定适宜管道埋设的稳定层位。

5.4.7 管道通过泥石流形成区、流通区,采用跨越方式时,应提出跨越基础位置的建议;采用穿越方式时,应提出适宜管道埋设的稳定层位,评价谷坡稳定性,提出相应的岩土工程防治措施。

5.4.8 泥石流岩土工程勘察报告除应符合本标准第4.2节的规定外,尚应包括下列内容:

1 泥石流形成的地质背景和形成条件;

2 形成区、流通区、堆积区的分布特征,绘制专门工程地质图;

3 划分泥石流类型,评价其对管道工程的影响;

4 泥石流防治和监测的建议。

## 5.5 采空区

5.5.1 油气管道通过采空区时,应对采空区进行岩土工程勘察,

评价采空区上覆岩土层的稳定性,预测其发展趋势、采空区的地表移动、变形特征及采空区塌陷对管道工程的危害,判定管道通过的适宜性。

#### 5.5.2 采空区地段的选线应符合下列规定:

- 1 宜绕避至采空区的影响范围外一定距离;
- 2 宜绕避密集分布的小窑采空区及时间久远难以查明的古窑分布地带,必须通过时应选择灾害风险较小的区域通过,并采取工程措施;
- 3 通过规划矿区时,应了解矿区的具体规划,分析对线路的影响及应采取的措施。

#### 5.5.3 采空区的勘察宜以工程地质测绘和调查为主,并应搜集和调查下列内容:

- 1 搜集地质图、矿床分布图、采空区分布及开采规划等资料;
- 2 了解采空区的地层构成、岩层产状、地质构造的发育特点和采空区的水文地质条件;
- 3 矿层的类型、分布、层数、厚度、深度、埋藏特征;
- 4 矿层开采的范围、深度、高度、开采时间、方法和顶板管理以及采空区的塌落、密实程度、空隙和积水等;
- 5 地表变形的特征和分布,包括地表塌陷、台阶和裂缝的位置、形状、大小、深度,延伸方向及其与地质构造、开采边界、工作面推进方向等关系;
- 6 采矿抽水、排水对采空区的影响。

5.5.4 当工程地质测绘和调查搜集的资料能确定采空区位置、范围、大小、变形的基本特征及变形的发展趋势和稳定条件时,可不再进行勘探工作。否则宜采用工程物探查明采空区的范围、埋藏深度、采空区的空间大小、采空区上部第四系沉积物和岩层厚度及断裂的位置等,同时通过钻探等查明地层结构,采取岩土试样进行试验,评价采空区稳定性,预测地表移动、变形特征和规律性。

#### 5.5.5 采空区物探工作应符合下列规定:

1 物探方法应结合地形、地质条件、采空区埋深及分布情况确定,宜选择两种以上的物探方法进行综合工程物探;

2 物探工作开展前,应在现场已知的采空区上方进行物探方法有效性现场试验,确定物探方法的适宜性、物探方法组合和工作方式;

3 物探测线宜沿管道中线或采空区倾向、走向布设,对于开采资料匮乏或无规划的小型采空区,物探测线宜按网格状布置。

#### 5.5.6 采空区钻探应符合下列规定:

1 钻孔宜布置在工程物探异常区域,并满足变形观测、综合测井及物探工作的需要;

2 查明工作区地层岩性、结构特征,绘制综合柱状图;

3 查明地下水的埋深,地下水发育时宜进行抽水试验、水化学试验;

4 查明采空区的控制范围、赋存状态、采空区顶底板高程;

5 查明采空区引起的冒落带、裂隙带和沉降带的控制埋深,确定其具体高度和发育状况。

#### 5.5.7 采空区岩土工程勘察报告除应符合本标准第 4.2 节的规定外,尚应包括下列内容:

1 采空区的地质背景和形成条件;

2 采空区地表及建筑物变形的范围、分布规律;

3 评价采空区稳定性及对管道工程的影响;

4 提出采空区防治和监测的建议。

## 5.6 地震效应

5.6.1 在抗震设防烈度大于或等于 6 度地区的油气管道线路勘察,应进行地震效应评价,并应根据国家批准的地震动参数区划和有关的规范,提出勘察场地的抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计特征周期分区。

5.6.2 在抗震设防烈度大于或等于 6 度地区进行勘察时,应通过

工程地质调查工作评价场地可能发生的次生地质灾害,并提出相应的绕避或采取工程措施的建议。

**5.6.3** 当抗震设防烈度大于或等于 7 度,经初步判定场地分布有可液化土层时,应进一步判别。液化判别应符合本标准附录 B 的规定,评价对管道的危害,并应符合下列规定:

1 倾斜场地或液化层倾向水面或临空面时,应评价地震作用下液化引起土体滑移的可能性;

2 当场地及其附近存在历史地震液化遗迹时,应分析液化重复发生的可能性。

**5.6.4** 抗震设防烈度大于或等于 7 度的厚层软土分布区,宜判别软土震陷的可能性,并评价对管道工程的危害。

**5.6.5** 场地或场地附近有崩塌、滑坡、泥石流、采空区等不良地质作用及高陡边坡时,应进行专项勘察,分析评价其在地震作用时的稳定性。

## 5.7 活动断裂

**5.7.1** 对油气管道通过或伴行的活动断裂勘察宜在地震安全性评价报告的基础上进行,应对其中影响管道安全的活动断裂进行勘察,评价活动断裂对管道安全可能产生的影响,提出处理方案。

**5.7.2** 活动断裂的勘察应根据地震安全性评价报告,通过工程地质测绘和调查的方法,查明活动断裂经过地区的地形地貌、地质和地震特征。

**5.7.3** 对伴行活动断裂的管道,应预测断裂活动时发生地震造成的滑坡、崩塌、液化、震陷等对管道工程造成的影响。

**5.7.4** 对通过活动断裂的管道,应选择在活动断裂位移和断裂带宽度最小的地段通过,并提出抗震措施建议。

## 6 特殊性岩土段的线路勘察

### 6.1 黄 土

6.1.1 黄土地区线路勘察应查明黄土的物理力学性质和水理性质,确定湿陷性黄土场地的湿陷类型和地基湿陷等级。

6.1.2 黄土地貌类型划分应符合表 6.1.2 的规定。

表 6.1.2 黄土地貌类型

成因	地貌类型		地形形态基本特征
堆积	黄土高原	黄土塬	黄土高原受现代沟谷切割后,保存下来的大型平坦地面,周边为沟谷环绕
		黄土梁	顶面平坦,两侧为深切冲沟,中部为长条状的黄土低丘。长数百米、数千米到上万公里,宽数十米到上百米
		黄土峁	孤立的黄土丘陵,顶面平坦或微有起伏,呈圆穹状,大多数是由黄土梁进一步切割而成
	黄土平原		分布于新构造运动下降区,是由黄土堆积形成的低平原,局部发育沟谷,无梁、峁
侵蚀堆积	河谷阶地		沿河谷及大型沟谷两岸分布(或断续分布),表层全部由冲积-洪积黄土等沉积物堆积的阶地
	河谷		形成及发展与一般侵蚀河谷相似,但其形成和发展有时还伴随有风积黄土堆积
	冲沟		因黄土土质疏松,常伴有重力崩塌、潜蚀作用,因此发展快,其特征是沟深、壁陡、向源侵蚀作用显著
潜蚀	黄土蝶形洼地		流水聚集,使黄土层内发生湿陷或潜蚀,因其地面下沉后的一种直径数米至数十米的凹地,它是陷穴和冲沟发育的初期标志

续表 6.1.2

成因	地貌类型	地形形态基本特征
潜蚀	黄土陷穴	地表水沿黄土孔隙、裂隙下渗潜蚀形成的黄土洞穴。若成串分布则称串珠状陷穴
	黄土井	黄土陷穴向下发展,形成深度大于宽度若干倍的洞穴
	黄土桥	两个黄土陷穴之间被水流串通,在陷穴崩塌之后残存的土体呈桥状洞穴
	黄土柱	黄土沿垂直节理崩塌后残存的土柱
重力	崩塌堆积体	由于黄土冲沟深切,岸坡高陡,土体迅速向下崩落,在坡脚形成的地貌形态
	黄土滑坡	黄土斜坡地段,土体在重力和地下水作用下,产生山坡变形的地貌形态

6.1.3 黄土地层的划分应符合表 6.1.3 的规定。

表 6.1.3 黄土地层的划分

时代		地层的划分	说明
全新世(Q <sub>4</sub> )黄土	新黄土	黄土状土	一般具湿陷性
晚更新世(Q <sub>3</sub> )黄土		马兰黄土	
中更新世(Q <sub>2</sub> )黄土	老黄土	离石黄土	上部部分土层具湿陷性
早更新世(Q <sub>1</sub> )黄土		午城黄土	不具湿陷性

注:全新世(Q<sub>4</sub>)黄土包括湿陷性(Q<sub>4</sub><sup>1</sup>)黄土和新近堆积(Q<sub>4</sub><sup>2</sup>)黄土。

6.1.4 黄土地区的线路勘察,除应符合本标准第 4.2 节的规定外,尚应包括下列内容:

- 1 查明黄土的分布范围、成因、时代、土质特征;
- 2 查明黄土蝶形洼地、陷穴、冲沟等黄土特殊地貌的分布、形态、产生的原因、环境条件及发展趋势;
- 3 查明黄土岷峴形态特征,高陡边坡的长度、宽度、坡度;
- 4 查明滑坡、崩塌、泥石流、地裂缝等不良地质作用的分布、性

质、范围、规模、下伏地层及特征,并分析其产生的原因及发展趋势;

5 根据地形条件,调查降水的汇集、排泄以及水力侵蚀情况;

6 划分黄土地层并进行湿陷性评价;

7 调查地下水位变化、地表水及灌溉情况。

6.1.5 黄土地区线路勘察钻探取样和试验,除应符合本标准第4.2节的规定外,尚应符合下列规定:

1 按地貌单元和控制性地段结合水工构筑物布置控制性勘探点,其勘探深度和取样应满足湿陷性评价的要求;

2 不扰动土样宜在探井中采取;

3 采取的土样除测定一般物理力学性质外,还应做土的湿陷性试验,对需要回填夯实地段,应做击实试验;

4 钻孔及开挖的探井应及时按规定回填。

6.1.6 管道沿需要防护的高陡边坡、岷岷敷设时,勘察应符合下列规定:

1 勘探线宜垂直地形等高线布置,每条勘探线不宜少于3个勘探点;勘探线、勘探点的间距宜为30m~50m;

2 勘探孔深度应符合表6.1.6的规定;

表 6.1.6 勘探深度(m)

湿陷类型	非自重湿陷性 黄土地地	自重湿陷性黄土地地	
		陕西、陇东-陕北-晋西地区	其他地区
勘探孔深度 (自基础底面算起)	>10	>15	>10

3 当存在潜在滑动面时,勘探孔深度应进入最下层潜在滑动面以下2m~5m;

4 取土和原位测试勘探点的数量,宜占全部勘探点的1/2以上;

5 拟设置水工保持构筑物的位置应布置勘探点,勘探点中应

布置一定数量的探井。

**6.1.7 管道通过下列黄土地区宜进行抗侵蚀处理：**

- 1 由梁(峁)到谷和由谷到梁(峁)坡度大于 15% 的斜坡地段；
- 2 易发生降水汇集的地段；
- 3 宽度小于 15m 的受侵蚀黄土窄梁；
- 4 线路经过或接近沟头地段；
- 5 靠近河流岸坡的地段；
- 6 坡度大于 60° 的受侵蚀陡坎、陡崖。

**6.1.8 管道通过黄土地区的抗侵蚀处理应根据岩土特征、地形特点、处理目的和当地实际条件等因素，利用水工构筑物和植被综合治理，宜采取下列措施：**

- 1 管沟底部防潜蚀处理，地表采用梯田、水平沟、鱼鳞坑和植被措施以加强雨水就地入渗，地下采用灰土、固化土、水泥土或防水毯等土工合成材料构成的阻水埂阻水，避免降水汇集发生潜蚀；
- 2 对陡坡地段，根据边坡的坡度、长度及其稳定性，必要时采用加筋土挡墙或其他稳定边坡的岩土工程措施，并因地制宜对降水采取截、排、引、消、渗、堵等综合措施；
- 3 对沿线水工构筑物，除应考虑湿陷的影响外，还应根据地形及汇水条件等采取相应的防水力侵蚀措施；
- 4 管沟分层夯实回填，压实系数应大于 0.85，夯实回填后应略高于原始地表。

## 6.2 盐渍岩土

**6.2.1** 岩土中易溶盐含量大于或等于 0.3% 且小于 20%，并具有溶陷或盐胀等工程特性时，应判定为盐渍岩土。

**6.2.2** 盐渍岩按主要含盐矿物成分可分为石膏盐渍岩、芒硝盐渍岩等。盐渍土应根据化学成分和含盐量按表 6.2.2-1 和表 6.2.2-2 进行划分。

表 6.2.2-1 盐渍土按含盐化学成分分类

盐渍土名称	$\frac{c(\text{Cl}^-)}{2c(\text{SO}_4^{2-})}$	$\frac{c(\text{CO}_3^{2-})+c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{Cl}^-)+2c(\text{SO}_4^{2-})}$
氯盐渍土	>2.0	—
亚氯盐渍土	>1.0, ≤2.0	—
亚硫酸盐渍土	>0.3, ≤1.0	—
硫酸盐渍土	≤0.3	—
碱性盐渍土	—	>0.3

注:表中  $c(\text{Cl}^-)$  为氯离子在 100g 岩土中所含毫摩尔数,其他离子同。

表 6.2.2-2 盐渍土按含盐量分类

盐渍土名称	平均含盐量(%)		
	氯及亚氯盐	硫酸及亚硫酸盐	碱性盐
弱盐渍土	≥0.3, <1.0	—	—
中盐渍土	≥1.0, <5.0	≥0.3, <2.0	≥0.3, <1.0
强盐渍土	≥5.0, <8.0	≥2.0, <5.0	≥1.0, <2.0
超盐渍土	≥8.0	≥5.0	≥2.0

6.2.3 盐渍岩土地区的线路勘察,除应符合本标准第 4.2 节的规定外,尚应包括下列内容:

- 1 查明盐渍岩土的成因、分布和特点;
- 2 含盐化学成分、含盐量及在岩土中的分布特点;
- 3 溶蚀洞隙发育程度和分布;
- 4 查明地下水类型、埋藏条件、水质、水位及季节性变化;
- 5 气象资料和水文资料;
- 6 地区工程经验和既有建(构)筑物损坏情况;
- 7 盐渍岩土的溶陷性和盐胀性;
- 8 植被发育程度。

6.2.4 盐渍岩土地区线路勘察钻探和取样,除应符合本标准第

4.2节的规定外,尚应符合下列规定:

1 线路穿越盐渍岩土地区时,每个地貌单元勘探点不应少于3个;对每段盐渍土取样勘探点数量不应少于1个,勘探孔深度宜为3m~5m;

2 判定溶陷或盐胀时,对细颗粒岩土宜采用不扰动试样,取样间距宜为0.5m~1.0m;

3 在勘探深度内遇地下水或地表水时,应采取水样进行水质分析,每个地貌单元不应少于2组。

6.2.5 盐渍岩土地区线路勘察测试与试验,除应符合本标准第4.2节的规定外,尚应符合下列规定:

1 盐渍土含盐量的测定宜在干旱季节进行,当测定含盐量时,宜在0~3.0m深度范围内取样;在0~1.5m深度范围内,取样间距宜为0.25m;1.5m以下,取样间距宜为0.5m,按厚度加权平均计算含盐量;

2 室内试验除进行盐渍土的一般物理力学性质试验外,应对具溶陷性和盐胀性的盐渍土进行溶陷性和盐胀性试验;

3 当工程需要时,应测定不同盐渍土及不同土质的毛细水强烈上升高度。

6.2.6 在盐渍岩土地区建设管道宜采取下列措施:

1 采取措施防止大气降水、洪水、工业及生活用水淹没管道线路地基及附近场地;

2 管沟开挖后应及时进行施工,防止施工用水渗入管沟;

3 对钢质管道应采取防腐蚀措施。

### 6.3 膨胀岩土

6.3.1 含有大量亲水矿物,具有显著的吸水膨胀和失水收缩两种变形特性,变形受约束时产生较大内应力的岩土应判定为膨胀岩土。

6.3.2 膨胀土的膨胀潜势分类应符合表6.3.2的规定。

表 6.3.2 膨胀潜势分类

自由膨胀率 $\delta_{ef}$ (%)	膨胀潜势
$40 \leq \delta_{ef} < 65$	弱
$65 \leq \delta_{ef} < 90$	中
$\delta_{ef} \geq 90$	强

6.3.3 膨胀岩土地区的线路勘察,除应符合本标准第 4.2 节的规定外,尚应包括下列内容:

- 1 搜集气象和水文资料,查明大气影响深度;
- 2 查明膨胀岩土岩性、时代、成因和分布;
- 3 查明滑坡、地裂、冲沟以及地貌形态、坡度和植被情况;
- 4 查明地表水聚集、排泄情况,以及地下水类型、水位和季节变化幅度;
- 5 查明膨胀岩土的自自由膨胀率,需要时查明其膨胀力和胀缩变形量。

6.3.4 膨胀岩土地区线路勘察钻探和取样,除应符合本标准第 4.2 节的规定外,尚应符合下列规定:

- 1 对每段膨胀岩土地段,勘探点不应少于 3 个;
- 2 控制性勘探点应按地貌单元和控制性地段布置,勘探深度应为 5m,每间隔 0.5m~1.0m 取样 1 件,应进行自由膨胀率、含水量试验;
- 3 可根据需要进行膨胀力、膨胀率、收缩系数、饱和吸水率等试验。

6.3.5 坡度大于  $14^\circ$  的边坡应进行稳定性评价,并应考虑坡体内含水量变化的影响。

6.3.6 管沟开挖后应及时回填,避免水流浸入及湿度变化导致沟壁坍塌。

## 6.4 多年冻土

6.4.1 冻结状态持续时间 2 年或 2 年以上,具有负温或零温度并

含有冰的土(岩),应判定为多年冻土。

**6.4.2** 根据平面分布特征,多年冻土可分为连续多年冻土和岛状多年冻土;根据剖面分布特征,多年冻土可分为衔接多年冻土和不衔接多年冻土;根据含冰量,可分为少冰冻土、多冰冻土、富冰冻土、饱冰冻土、含土冰层。

**6.4.3** 根据多年冻土的融沉系数  $\delta_0$  的大小可划分为不融沉、弱融沉、融沉、强融沉和融陷五级。冻土层的平均融沉系数  $\delta_0$  应按下式计算:

$$\delta_0 = \frac{h_1 - h_2}{h_1} = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_1} \times 100(\%) \quad (6.4.3)$$

式中: $h_1$ 、 $e_1$ ——冻土试样融化前的高度和孔隙比;

$h_2$ 、 $e_2$ ——冻土试样融化后的高度和孔隙比。

**6.4.4** 季节冻土和季节融化层土的冻胀性,根据土的冻胀率  $\eta$  的大小可划分为不冻胀、弱冻胀、冻胀、强冻胀和特强冻胀五级。冻土层平均冻胀率  $\eta$  应按下式计算:

$$\eta = \frac{\Delta Z}{Z_d} \times 100(\%) \quad (6.4.4)$$

式中: $\Delta Z$ ——地表冻胀量(mm);

$Z_d$ ——设计冻深(mm),  $Z_d = h - \Delta Z$ ;

$h$ ——冻结层厚度(mm)。

**6.4.5** 冻土地区管道建设地基复杂程度可按下列规定分级:

1 符合下列条件之一应为一级地基(复杂地基):

- 1) 岩土种类多,性质变化大,冻土层上水、层间水发育;
- 2) 厚层地下冰发育;
- 3) 冻土工程类型属含土冰层或饱冰冻土;
- 4) 岛状多年冻土地段;
- 5) 冻土温度高于 $-1.0^{\circ}\text{C}$ 。

2 符合下列条件之一应为二级地基(中等复杂地基):

- 1) 岩土种类多,性质变化较大,冻土层上水、层间水较发育;
- 2) 地下冰较发育;

3)冻土工程类型属富冰冻土或多冰冻土；

4)冻土温度为 $-1.0^{\circ}\text{C}\sim-2.0^{\circ}\text{C}$ 。

3 符合下列条件之一应为三级地基(简单地基)：

1)岩土种类单一，性质变化不大；

2)地下冰不发育；

3)冻土工程类型属少冰冻土；

4)冻土温度低于 $-2.0^{\circ}\text{C}$ 。

6.4.6 多年冻土地地区的线路勘察，除应符合本标准第4.2节的规定外，尚应包括下列内容：

1 查明多年冻土类型、分布范围和特征及其与地质地理环境的相互关系；

2 查明季节融化深度与多年冻土层厚度及其空间分布特征；

3 查明多年冻土层的物质成分、含冰率及冻土工程类型、冻土构造类型、地下冰层的厚度及分布特征；

4 查明多年冻土层的年平均地温、地温年变化深度；

5 查明多年冻土层物理力学及热学性质、冻土融化下沉特性；

6 查明多年冻土区内融区的成因、分布特征及其与冻土条件、自然因素和人为工程活动的关系；

7 查明地表水与地下水的贮运条件及其与多年冻土层的相互关系和作用；

8 查明冻土现象类型、特征和发育规律及其对工程的影响与危害；

9 对冻土工程地质条件做出评价，预测管道工程建设及运营期间冻土与工程和环境条件的变化及相互影响，提出合理措施和建议。

6.4.7 多年冻土地地区线路勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 初步勘察阶段勘探点间距应按地基复杂程度和地貌单元确定，且每一地貌单元不应少于一个勘探点，并应符合下列规定：

- 1) 对于地基复杂程度为一级(复杂地基)的冻土地基,勘探点间距宜为 300m~500m,勘探孔深度不宜小于 8.0m;
- 2) 对于地基复杂程度为二级(中等复杂地基)的冻土地基,勘探点间距宜为 500m~1000m,勘探孔深度不宜小于 8.0m 和 2 倍多年冻土区天然上限深度;
- 3) 对于地基复杂程度为三级(简单地基)的冻土地基,勘探点可按地貌单元布置,勘探孔深度为冻土区天然上限深度以下 1m~3m。

2 详细勘察阶段勘探点间距应按地基复杂程度确定,并应符合下列规定:

- 1) 对于地基复杂程度为一级(复杂地基)的冻土地基,勘探点间距宜为 200m~300m,勘探孔深度宜为 8m~15m;
- 2) 对于地基复杂程度为二级(中等复杂地基)的冻土地基,勘探点间距宜为 300m~400m,勘探孔深度宜为 8m~10m;
- 3) 对于地基复杂程度为三级(简单地基)的冻土地基,勘探点间距宜为 400m~500m,勘探孔深度不宜小于 8.0m 和 2 倍多年冻土区天然上限深度。

3 在预计勘探深度内遇基岩,钻孔深度宜进入强风化岩层 2m~3m。

**6.4.8** 多年冻土地区线路勘察钻探和取样应符合下列规定:

1 多年冻土地区钻探,开孔直径不应小于 130mm,终孔直径不宜小于 110mm;当冻土为第四系松散地层时,宜采取低速钻进方法,回次进尺宜为 0.2m~0.5m;冻土为高含冰量黏性土层时,可采取快速钻进方法,回次进尺不宜大于 0.8m;对于冻结的碎块石和基岩,钻探时宜采用低温冲洗液;

2 冻土取样应在地表下 0.5m 开始逐层采取,取样间距应根据工程规模、工程特点及冻土工程性质确定,一般取样间距不宜大于 1.0m;试样在采取、搬运、贮存、试验过程中应避免融化。

**6.4.9** 多年冻土试验项目除常规要求外,尚应根据工程需要进行

总含水率、未冻含水率、冻结温度、导热系数、冻胀率、融化压缩等项目的试验；对盐渍化多年冻土和泥炭化多年冻土，尚应分别测定易溶盐含量和有机质含量。

**6.4.10** 对管道工程有影响的冰椎、冻胀丘、厚层地下冰、融冻泥流、热融滑塌、热融湖塘、热融洼地、冻土沼泽、冻土湿地等冻土现象应进行工程地质测绘和调查，根据冻土现象的发生及分布规律有针对性地开展工作，并应符合下列规定：

1 冰椎、冻胀丘调查与勘探工作宜在发育期(1月~4月)进行；

2 调查与测绘范围应在管道中线两侧各100m范围内，必要时可扩大调查与测绘范围；

3 当工程需要时可采取钻探与物探相结合的方法，查明冻土现象发育地段的地质结构、岩性成分、水文地质条件，钻孔深度应大于季节冻结深度或多年冻土上限以下2.0m；

4 多年冻土天然上限深度的勘察时间宜在9月、10月份。

**6.4.11** 管道工程在施工期间发现新的工程地质问题时，应进行施工勘察。

**6.4.12** 在多年冻土地区建设管道，应采取下列措施：

1 管道不宜直接埋设在季节性融化冻土层内；

2 在融沉区，应采取措施避免融沉和上浮的不良影响；

3 在冻胀区，为防止冻切力的作用，可在管道周围回填粗砂、中砂、炉渣等非冻胀性散粒材料或采取其他有效措施；

4 施工期间，应避免水流浸入管沟。

## 6.5 软 土

**6.5.1** 天然孔隙比大于或等于1.0，且天然含水量大于液限的细粒土应判定为软土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。

**6.5.2** 软土地区的线路勘察，除应符合本标准第4.2节的规定外，尚应包括下列内容：

1 软土成因类型、成层条件、分布规律、层理特征、水平与垂直方向的均匀性；

2 地表硬壳层的分布与厚度、下伏硬土层或基岩的埋深与起伏；

3 软土的结构性、灵敏度、压缩性等物理力学性质和排水条件。

**6.5.3** 软土地区线路勘察钻探和取样，除应符合本标准第 4.2 节的规定外，尚应符合下列规定：

1 同一软土区段勘探点不应少于 3 个，当土层变化复杂时应加密勘探点；

2 控制性勘探点应按地貌单元和控制性地段布置，勘探深度宜为 5m；

3 钻探取样宜与原位测试相结合，取样应采用薄壁取土器；

4 原位测试宜采用静力触探、十字板剪切、扁铲侧胀或螺旋板载荷试验等；

5 宜每间隔 1m 采取不扰动土样进行物理力学性质试验，每段软土应采取 2 组地下水试样进行水质分析。

**6.5.4** 在软土地区建设管道，可按规定采取下列措施：

1 对暗埋的塘、浜、沟、坑穴等软土厚度不大的地段，可采用支护、短桩等方法；

2 对大面积厚层软土地段，可采取抗浮措施。

## 6.6 风 沙

**6.6.1** 在风力作用下，地表松散沙粒的吹蚀、搬运、堆积的过程及其形成的地表形态应判定为风沙作用。气候干旱、降雨稀少、植被疏矮、土质贫瘠的风沙区域应称为荒漠，石质、砾质荒漠应称为戈壁，沙质荒漠应称为沙漠。

**6.6.2** 根据场地的地貌、植被、地下水和稳定性，应按表 6.6.2 确定风沙场地类别。

表 6.6.2 风沙场地类别

类 别		场 地 特 征			
		地貌	植被	地下水	稳定性
戈壁		地形较平坦	植被疏矮	—	由于颗粒较大,风蚀强度较弱,较稳定
沙地	流动沙丘	新月形沙丘,新月形沙丘链,格状、穹状沙丘,复合型沙丘链	表面无植被覆盖或仅在丘坡脚有少许,盖度<15%	—	风沙活动强烈,流动性大
	半固定沙丘	梁窝状沙丘、抛物线沙丘、沙垄	沙丘表面植被呈斑块状分布,盖度15%~40%	—	在植物生长好的部位,略有黏性土或盐渍土结皮,有局部风沙活动,流动性较小
	固定沙丘	蜂窝状沙丘,树枝状沙垄,沙堆	有密集的植被覆盖,盖度>40%	—	表面大部分有薄层黏性土或盐渍土结皮,抗风蚀强度较高,比较稳定
	平沙地	地形平坦	有密集的植被覆盖,盖度>40%	—	风蚀强度较弱,稳定
风沙滩地	干滩	地形平坦	有密集的植被	埋深>2m	表面大部分有黏性土壳层,风蚀强度较弱,稳定
	湿滩	地形平坦	植被茂盛,盖度>40%	埋深≤2m	表面大部分有黏性土壳层,湿润、抗风蚀能力较强,稳定

续表 6.6.2

类 别		场 地 特 征			
		地貌	植被	地下水	稳定性
风沙 滩地	盐碱滩	地形平坦	植被低矮	—	土中易溶盐含量 > 0.5%，表面有壳层，稳定
风沙 河谷	阶地	地形平坦	植被茂盛	—	稳定
	河谷 落沙坡	分布在河谷两侧，绿洲边缘，地形陡峭	斜坡处植被少，坡脚处较茂盛	—	沙流动性较快，风蚀强度大，稳定性差

注：根据沙丘本身高度划分为：大型沙丘  $h > 7\text{m}$ ，中型沙丘  $3\text{m} \sim 7\text{m}$ ，小型沙丘  $1\text{m} \sim 3\text{m}$ ，平缓沙丘  $h < 1\text{m}$ 。

6.6.3 风沙地区的线路勘察，除应符合本标准第 4.2 节的规定外，尚应包括下列内容：

- 1 搜集气温、地温、降雨量、蒸发量、风向、风速、起沙风日数、沙暴日数等气象数据和人文资料；
- 2 确定风沙场地类别，查明风沙土及下伏土层的性质、分布范围、成因类型、成层条件及水平与垂直方向上的均匀性；
- 3 调查沿线植被种类、生长态势、分布特征、盖度及防风固沙效果；
- 4 调查风蚀速率。

6.6.4 风沙地区线路勘察钻探和取样，除应符合本标准第 4.2 节的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 每个地貌单元勘探点不应少于 2 个，勘探深度不应小于 3m；
- 2 勘探可采用钻探和原位测试相结合方法，原位测试宜采用轻型动力触探试验或标准贯入试验；
- 3 应从地表起每 1m 取扰动沙样 1 件，进行颗粒分析、自然

休止角和含盐量试验；

4 若地下水埋深小于 3m,每区段应采取 2 组地下水试样进行水质分析。

**6.6.5** 根据风沙地区沿线地貌单元、地表形态及发展趋势,按下列规定提出措施建议：

1 在符合线路总走向的前提下,应避免或减少穿越高大沙丘;穿越沙丘地段,管道应埋设于同一水平面上,不宜因沙丘起伏而有大的变化；

2 管道施工应与防沙固沙工程同步进行,工程措施与生物措施相结合。

## 附录 A 环境水和土对钢结构的腐蚀性评价

**A.0.1** 水对钢结构的腐蚀性评价应符合表 A.0.1-1 的规定；土对钢结构的腐蚀性评价应符合表 A.0.1-2 的规定。

**表 A.0.1-1 水对钢结构的腐蚀性评价**

腐蚀等级	pH 值和( $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ )含量(mg/L)
弱	$\text{pH}3 \sim 11, (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) < 500$
中	$\text{pH}3 \sim 11, (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) \geq 500$
强	$\text{pH} < 3, (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ 任何浓度

注：1 表中系指氧能自由溶入的水及地下水；

2 本表亦适用于钢管道；

3 如水的沉淀物中有褐色絮状沉淀(铁)、悬浮物中有褐色生物膜、绿色丛块或有硫化氢臭,应做铁细菌、硫酸盐还原细菌的检验,查明有无细菌腐蚀。

**表 A.0.1-2 土对钢结构的腐蚀性评价**

指 标	等 级			
	微	弱	中	强
土壤视电阻率( $\Omega \cdot \text{m}$ )	$> 100$	$50 \sim 100$	$20 \sim 50$	$< 20$
极化电流密度( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )	$< 0.02$	$0.02 \sim 0.05$	$0.05 \sim 0.20$	$> 0.20$
质量腐蚀速率[ $\text{g}/(\text{dm}^2 \cdot \text{a})$ ]	$< 1$	$1 \sim 2$	$2 \sim 3$	$> 3$
氧化还原电位(mV)	$> 400$	$200 \sim 400$	$100 \sim 200$	$< 100$

**A.0.2** 当本标准表 A.0.1-1 和表 A.0.1-2 中各项腐蚀介质评价的腐蚀等级不同时,应按下列规定综合评价腐蚀等级：

1 各项腐蚀介质的腐蚀评价等级中,只出现有微腐蚀,无弱腐蚀、中等腐蚀或强腐蚀时,应综合评价为微腐蚀；

2 各项腐蚀介质的腐蚀评价等级中,只出现有微腐蚀、弱腐

蚀,无中等腐蚀或强腐蚀时,应综合评价为弱腐蚀;

**3** 各项腐蚀介质的腐蚀评等级中,无强腐蚀,腐蚀等级最高为中等腐蚀时,应综合评价为中等腐蚀;

**4** 各项腐蚀介质的腐蚀评价等级中,有 1 个或 2 个为强腐蚀,应综合评价为强腐蚀。

## 附录 B 管道沿线饱和砂土与粉土的地震液化判别

### B.1 初步判别

**B.1.1** 饱和的砂土或粉土,当符合下列条件之一时,可初步判别为不液化或不考虑液化影响:

1 地质年代为第四纪晚更新世( $Q_3$ )及其以前时,7度、8度时可判为不液化土;

2 粉土的黏粒(粒径小于0.005mm的颗粒)含量百分率,7度、8度和9度区分别不小于10、13和16时,可判为不液化土;

注:用于液化判别的黏粒含量,应采用六偏磷酸钠作分散剂测定;采用其他方法时应按有关规定换算。

3 当上覆非液化土层厚度和地下水位深度符合下列条件之一时,可不考虑液化影响。

$$d_u > d_0 + d_b - 2 \quad (\text{B.1.1-1})$$

$$d_w > d_0 + d_b - 3 \quad (\text{B.1.1-2})$$

$$d_u + d_w > 1.5d_0 + 2d_b - 4.5 \quad (\text{B.1.1-3})$$

式中: $d_w$ ——地下水位深度(m),宜按设计基准期内年平均最高水位采用,也可按近期内年最高水位采用;

$d_u$ ——上覆非液化土层厚度(m),计算时宜将淤泥和淤泥质土层扣除;

$d_0$ ——液化土特征深度(m)可按表 B.1.1 采用;

$d_b$ ——管道埋置深度(m),不超过2m时应采用2m。

表 B.1.1 液化土特征深度(m)

土类别	设防烈度		
	7度	8度	9度
粉土	6	7	8
砂土	7	8	9

## B.2 标准贯入试验判别

**B.2.1** 当初步判别认为需进一步进行液化判别时,应采用标准贯入试验判别地面下 7m 深度范围内土的液化;当饱和土标准贯入实测锤击数小于或等于液化判别标准贯入锤击数临界值时,应判为液化土。当有成熟经验时,也可采用其他判别方法。在地面下 7m 深度范围内,液化判别标准贯入锤击数临界值可按式计算:

$$N_{cr} = N_0 [0.9 + 0.1(d_s - d_w)] \sqrt{\frac{3}{\rho_c}} \quad (\text{B. 2. 1})$$

式中:  $N_{cr}$ ——液化判别标准贯入锤击数临界值;

$N_0$ ——按表 B. 2. 1 选用的液化判别标准贯入锤击数基准值;

$d_s$ ——饱和土标准贯入试验点深度(m);

$d_w$ ——地下水位深度(m);

$\rho_c$ ——黏粒含量百分率,当小于 3 或为砂土时,均应采用 3。

表 B. 2. 1 标准贯入锤击数基准值

设计地震分组	7 度	8 度	9 度
第一组	6(8)	10(13)	16
第二、三组	8(10)	12(15)	18

注:括弧内数值用于设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区。

**B.2.2** 凡经判定为可液化的土层,应确定各液化土层的深度和厚度,并按下列公式计算液化指数:

$$I_{IE} = \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{N_i}{N_{cri}}\right) d_i W_i \quad (\text{B. 2. 2-1})$$

$$W_i = 10 \quad (\text{当 } d_{si} \leq 5 \text{ 时}) \quad (\text{B. 2. 2-2})$$

$$W_i = 15 - Z_{oi} \quad (\text{当 } 5 < d_{si} \leq 7 \text{ 时}) \quad (\text{B. 2. 2-3})$$

式中:  $I_{IE}$ ——液化指数;

$n$ ——7m 深度范围内每一个钻孔标准贯入试验点的总数；  
 $N_i, N_{cri}$ ——分别为  $i$  点标准贯入锤击数的实测值和临界值，当实测值大于临界值时应取临界值的数值；

$d_i$ —— $i$  点所代表的土层厚度(m)，可采用与该标准贯入试验点的相邻的上、下两标准贯入试验点深度差的一半；但上界不小于地下水位深度，下界不大于液化深度；中间的非液化土层应扣除；

$W_i$ —— $i$  土层考虑单位土层厚度的层位影响权函数(单位  $m^{-1}$ )，按式(B. 2. 2-2)或式(B. 2. 2-3)计算；

$d_{si}$ ——第  $i$  个标准贯入点的深度(m)；

$Z_{oi}$ —— $d_i$  的中点深度(m)。

**B. 2. 3** 存在液化土层的场地，应根据其液化指数按表 B. 2. 3 综合划分其液化等级。

**表 B. 2. 3 液化等级**

液化指数	$0 < I_{IE} \leq 3.5$	$3.5 < I_{IE} \leq 10$	$I_{IE} > 10$
液化等级	轻微	中等	严重

## 附录 C 隧道围岩分级

### C.1 围岩基本分级

C.1.1 分级因素及其确定方法应符合下列规定：

1 围岩基本分级应由岩石坚硬程度和岩体完整程度两个因素确定；

2 岩石坚硬程度和岩体完整程度，应采用定性划分和定量指标两种方法综合确定。

C.1.2 岩石坚硬程度可按表 C.1.2 确定。

表 C.1.2 岩石坚硬程度的划分

岩石类别		饱和单轴抗压强度 $R_c$ (MPa)	定性鉴定	代表性岩石
硬 质 岩	坚硬岩	$R_c > 60$	锤击声清脆，有回弹，震手，难击碎； 浸水后，大多无吸水反应	未风化～微风化的花岗岩、正长岩、闪长岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、片麻岩、硅质板岩、石英岩、硅质胶结的砾岩、石英砂岩、硅质石灰岩等
	较坚硬岩	$30 < R_c \leq 60$	锤击声较清脆，有轻微回弹，稍震手，较难击碎； 浸水后，有轻微吸水反应	1 中等（弱）风化的坚硬岩； 2 未风化～微风化的熔结凝灰岩、大理岩、板岩、白云岩、石灰岩、钙质砂岩、粗晶大理岩等

续表 C.1.2

岩石类别		饱和单轴抗压强度 $R_c$ (MPa)	定性鉴定	代表性岩石
软质岩	较软岩	$15 < R_c \leq 30$	锤击声不清脆,无回弹,较易击碎; 浸水后,指甲可刻出印痕	1 强风化的坚硬岩; 2 中等(弱)风化的较坚硬岩; 3 未风化~微风化的凝灰岩、千枚岩、砂质泥岩、泥灰岩、泥质砂岩、粉砂岩、砂质页岩等
	软岩	$5 < R_c \leq 15$	锤击声哑,无回弹,有凹痕,易击碎; 浸水后,手可掰开	1 强风化的坚硬岩; 2 中等(弱)风化~强风化的较坚硬岩; 3 中等(弱)风化的较软岩; 4 未风化的泥岩、泥质页岩、绿泥石片岩、绢云母片岩等
	极软岩	$R_c \leq 5$	锤击声哑,无回弹,有较深凹痕,手可捏碎; 浸水后,可捏成团	1 全风化的各种岩石; 2 强风化的软岩; 3 各种半成岩

C.1.3 岩体完整程度的划分可按表 C.1.3 确定。

表 C.1.3 岩体完整程度的划分

完整程度	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	结构类型	岩体完整性指数 $K_v$	岩体体积节理数 $J_v$ (条/ $m^3$ )
	组数	平均间距(m)					
完整	1~2	>1.0	结合好或结合一般	节理、裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构	$K_v > 0.75$	$J_v < 3$

续表 C.1.3

完整程度	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	结构类型	岩体完整性指数 $K_v$	岩体体积节理数 $J_v$ (条/ $m^3$ )
	组数	平均间距(m)					
较完整	1~2	>1.0	结合差	节理、裂隙、层面	块状或厚层状结构	$0.75 \geq K_v > 0.55$	$3 \leq J_v < 10$
	2~3	1.0~0.4	结合好或结合一般		块状结构		
较破碎	2~3	1.0~0.4	结合差	节理、裂隙、劈理、层面、小断层	裂隙块状或中厚层状结构	$0.55 \geq K_v > 0.35$	$10 \leq J_v < 20$
	$\geq 3$	0.4~0.2	结合好		镶嵌碎裂结构		
			结合一般		薄层状结构		
破碎	$\geq 3$	0.4~0.2	结合差	各种类型结构面	裂隙块状结构	$0.35 \geq K_v > 0.15$	$20 \leq J_v < 35$
		$\leq 0.2$	结合一般或结合差		碎裂结构		
极破碎	无序		结合很差	—	散体状结构	$K_v \leq 0.15$	$J_v \geq 35$

注:岩体完整性指数  $K_v$  为岩体弹性纵波波速与岩块弹性纵波波速之比的平方,选定岩体和岩块测定波速时,应注意其代表性。

**C.1.4 围岩基本质量指标  $BQ$  值**,应根据分级因素的定量指标  $R_c$  的兆帕数值和  $K_v$  按下式计算:

$$BQ = 100 + 3R_c + 250K_v \quad (C.1.4)$$

使用公式(C.1.4)计算时,应符合下列规定:

1 当  $R_c > 90K_v + 30$  时,应以  $R_c = 90K_v + 30$  和  $K_v$  代入计算  $BQ$  值;

2 当  $K_v > 0.04R_c + 0.4$  时,应以  $K_v = 0.04R_c + 0.4$  和  $R_c$  代

入计算  $BQ$  值。

**C.1.5** 围岩基本分级应根据岩石坚硬程度和岩体完整程度及围岩基本质量指标  $BQ$ ，并按表 C.1.5 确定。

**表 C.1.5 围岩基本分级**

级别	岩体特征	围岩基本质量指标 $BQ$
I	坚硬岩,岩体完整	$>550$
II	坚硬岩,岩体较完整; 较坚硬岩,岩体完整	550~451
III	坚硬岩,岩体较破碎; 较坚硬岩,岩体较完整; 较软岩,岩体完整	450~351
IV	坚硬岩,岩体破碎; 较坚硬岩,岩体较破碎或破碎; 较软岩,岩体较完整或较破碎; 软岩,岩体完整或较完整	350~251
	土体:具压密或成岩作用的黏性土、粉土及砂类土,一般钙质、铁质胶结的粗角(圆)砾土、碎(卵)石土、大块石土、黄土( $Q_1$ 、 $Q_2$ )	
V	较软岩,岩体破碎; 软岩,岩体较破碎或破碎; 全部极软岩及全部极破碎岩(包括受构造影响严重的破碎带)	$\leq 250$
	土体:一般第四系坚硬、硬塑黏性土,稍密及以上、稍湿、潮湿的碎(卵)石土、角(圆)砾土、粉土及黄土( $Q_3$ 、 $Q_4$ )	

续表 C.1.5

级别	岩体特征	围岩基本质量指标 BQ
VI	受构造影响很严重呈碎石、角砾及粉末、泥土状的断层带,富水破碎的绿泥石或炭质千枚岩	—
	土体:软塑状黏性土、饱和的粉土、砂类土等,风积沙,严重湿陷性黄土	

## C.2 隧道围岩分级修正

### C.2.1 隧道围岩级别的修正应符合下列规定:

1 围岩级别应在围岩基本分级的基础上,结合隧道工程的特点,考虑地下水出水状态、初始地应力状态、主要结构面产状状态等因素进行修正;

2 围岩级别修正宜采用定性修正与定量修正相结合的方法,综合分析确定围岩级别。

### C.2.2 围岩级别定性修正应符合下列规定:

1 地下水状态的分级宜按表 C.2.2-1 确定。

表 C.2.2-1 地下水状态的分级

地下水出水状态	渗水量[L/(min·10m)]
潮湿或点滴状出水	≤25
淋雨状或线流状出水	25~125
涌流状出水	>125

2 地下水出水状态对围岩级别的修正,宜按表 C.2.2-2 确定。

表 C.2.2-2 地下水出水状态对围岩级别的修正

围岩级别	I	II	III	IV	V
地下水出水状态					
潮湿或点滴状出水	I	II	III	IV	V

续表 C. 2. 2-2

围岩级别	I	II	III	IV	V
地下水出水状态					
淋雨状或线流状出水	I	II	III 或 IV <sup>注</sup>	V	VI
涌流状出水	II	III	IV	V	VI

注：围岩岩体为较完整的硬岩时定为Ⅲ级，其他情况定为Ⅳ级。

3 围岩初始地应力状态，当无实测资料时，可根据隧道工程埋深、地貌、地形、地质、构造运动史、主要构造线与开挖过程中出现的岩爆、岩芯饼化等特殊地质现象按表 C. 2. 2-3 评估工程岩体所对应的强度应力比范围值。

表 C. 2. 2-3 工程岩体强度应力比评估

初始地应力状态	高初始地应力条件下的主要现象	评估基准( $R_c/\sigma_{max}$ )
极高地应力	1 硬质岩：岩心常有饼化现象；开挖过程中时有岩爆发生，有岩块弹出，洞壁岩体发生剥离，新生裂缝多，围岩易失稳；基坑有剥离现象，成洞性差； 2 软质岩：开挖过程中洞壁岩体有剥离，位移极为显著，甚至发生大位移，持续时间长，不易成洞；基坑发生显著隆起或剥离，不易成形	<4
高地应力	1 硬质岩：岩心时有饼化现象；开挖过程中偶有岩爆发生，洞壁岩体有剥离和掉块现象，新生裂缝较多；基坑时有剥离现象，成形性一般尚好； 2 软质岩：开挖过程中洞壁岩体位移显著，持续时间长，围岩易失稳；基坑有隆起现象，成形性较差	4~7
一般地应力	1 硬质岩：开挖过程中不会出现岩爆，新生裂隙较少，成洞性一般较好； 2 软质岩：岩芯无或少有饼化现象，开挖过程中洞壁岩体有一定的位移，成洞性一般较好	>7

注： $R_c$ 为岩石饱和单轴抗压强度(MPa)； $\sigma_{max}$ 为垂直洞轴线方向的最大初始应力值(MPa)。

4 初始地应力对围岩级别的修正宜按表 C. 2. 2-4 确定。

表 C. 2. 2-4 初始地应力对围岩级别的修正

围岩级别 初始地应力状态	I	II	III	IV	V
极高地应力	I	II	III或IV <sup>①</sup>	V	VI
高地应力	I	II	III	IV或V <sup>②</sup>	VI

注：①围岩岩体为较破碎的坚硬岩、较完整的较坚硬岩时，定为Ⅲ级；围岩岩体为完整的较软岩、较完整的软硬岩互层时，定为Ⅳ级；

②围岩岩体为破碎的坚硬岩、较破碎及破碎的较坚硬岩时，定为Ⅳ级；其他情况定为Ⅴ级。

5 主要结构面产状状态对围岩级别的修正，应考虑主要结构面产状与洞轴线的组合关系，并结合结构面工程特性、富水情况等因素综合分析确定。

C. 2. 3 围岩级别定量修正应符合下列规定：

1 围岩级别定量修正应对围岩基本质量指标  $BQ$  进行修正，并以修正后获得的围岩基本质量指标值  $[BQ]$  依据本标准表 C. 1. 5 确定围岩级别；

2 围岩基本质量指标修正值  $[BQ]$  可按下式计算。其修正系数  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$  值可分别按表 C. 2. 3-1 ~ 表 C. 2. 3-3 确定。

$$[BQ] = BQ - 100(K_1 + K_2 + K_3) \quad (C. 2. 3)$$

式中： $[BQ]$ ——围岩基本质量指标修正值；

$BQ$ ——围岩基本质量指标值；

$K_1$ ——地下水影响修正系数；

$K_2$ ——主要软弱结构面产状影响修正系数；

$K_3$ ——初始地应力状态影响修正系数。

表 C.2.3-1 地下水影响修正系数  $K_1$

围岩基本 质量指标 $BQ$					
	$>550$	550~451	450~351	350~251	$\leq 250$
地下水出水状态					
潮湿或点滴状出水	0	0	0~0.1	0.2~0.3	0.4~0.6
淋雨状或线流状出水	0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.4~0.6	0.7~0.9
涌流状出水	0.1~0.2	0.2~0.3	0.4~0.6	0.7~0.9	1.0

表 C.2.3-2 主要结构面产状影响修正系数  $K_2$

结构面产状及其与洞 轴线的组合关系	结构面走向与洞轴线 夹角 $<30^\circ$ ,结构面倾 角 $30^\circ\sim 75^\circ$		结构面走向与洞轴线 夹角 $>60^\circ$ ,结构面 倾角 $>75^\circ$		其他组合
$K_2$	0.4~0.6		0~0.2		0.2~0.4

表 C.2.3-3 初始地应力状态影响修正系数  $K_3$

岩体基本 质量指标 $BQ$					
	$>550$	550~451	450~351	350~251	$\leq 250$
初始地应力状态					
极高地应力	1.0	1.0	1.0~1.5	1.0~1.5	1.0
高地应力	0.5	0.5	0.5	0.5~1.0	0.5~1.0

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266
- 《地基动力特性测试规范》GB/T 50269
- 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87
- 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120

中华人民共和国国家标准

油气田及管道岩土工程勘察标准

**GB/T 50568 - 2019**

条文说明

## 编制说明

《油气田及管道岩土工程勘察标准》GB/T 50568—2019 经住房和城乡建设部 2019 年 8 月 12 日以 235 号公告的批准,并会同国家市场监督管理总局联合发布。

本标准是在《油气田及管道岩土工程勘察规范》GB 50568—2010 的基础上修订而成的。上一版主编单位是中国石油天然气管道工程有限公司,参编单位是中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司、中国石油天然气华东勘察设计研究院、中油辽河工程有限公司、大庆油田工程有限公司、中国有色金属工业西安勘察设计研究院,主要起草人员是郭书太、刘振谦、代云清、董旭、张文伟、李束为、亢会明、王玉洲、张志豪、李贵鹏、姜龙、董忠级、史航、冯妮、陈光联、高剑锋、邵景林。

本标准修订过程中编制组进行了广泛的调查研究,总结了我国近年来实施的以西气东输、中缅管道、兰成渝管道、中俄管道以及地区油气管网等为代表的岩土工程勘察实践经验,充分考虑了油气田及管道建设发展以及国家相关法律法规情况,体现了现阶段油气田及管道建设项目的勘察水平,并使标准更具有科学性、可操作性和适用性。

为了便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《油气田及管道岩土工程勘察标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

1	总 则 .....	(113)
3	基本规定 .....	(114)
4	各类工程的勘察 .....	(115)
4.1	站场 .....	(115)
4.2	管道线路 .....	(119)
4.3	管道穿越 .....	(127)
4.4	管道跨越 .....	(131)
4.5	钻爆法隧道 .....	(133)
4.6	储罐 .....	(137)
4.7	地下水封洞库 .....	(140)
4.8	滩海结构物 .....	(144)
4.9	管道伴行道路 .....	(146)
5	不良地质作用勘察 .....	(149)
5.1	岩溶 .....	(149)
5.2	滑坡 .....	(150)
5.3	危岩和崩塌 .....	(151)
5.4	泥石流 .....	(152)
5.5	采空区 .....	(153)
5.6	地震效应 .....	(153)
5.7	活动断裂 .....	(154)
6	特殊性岩土段的线路勘察 .....	(156)
6.1	黄土 .....	(156)
6.2	盐渍岩土 .....	(157)
6.3	膨胀岩土 .....	(160)

6.4 多年冻土 ..... (161)

6.5 软土 ..... (169)

6.6 风沙 ..... (171)

# 1 总 则

**1.0.1** 由于石油、石化行业油气田及管道建设的特殊性,需要制定结合行业特点的岩土工程勘察标准。

**1.0.2** 本标准主要用于油气田联合站、油气处理厂、注水站、集输站、压气站,油气田集输管道,输油气管道及其配套的各类站场、穿越、跨越、隧道、伴行道路,储罐,地下水封洞库和油气田滩海结构物等的岩土工程勘察。

**1.0.3** 岩土工程勘察的任务,除了正确反映场地的工程地质条件及其岩土体性状的影响外,还应结合工程设计、施工条件,以及地基处理、开挖、支护、降水等工程的具体要求进行技术论证和评价,提出岩土工程问题及解决问题的决策性具体建议,并提出基础、边坡等工程的设计准则和岩土工程施工的指导性意见,为设计、施工提供依据,服务于工程建设的全过程。

**1.0.4** 由于岩土工程的广泛性,本标准不可能将岩土工程勘察中遇到的所有技术问题全部包括进去,勘察人员进行工作时,还需遵守其他有关标准的规定。

## 3 基本规定

**3.0.1** 关于勘察阶段的划分,一般分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段,有特殊需要时进行施工勘察。对于工程地质条件简单或有建筑经验的地区,可适当合并勘察阶段。

**3.0.3** 本条对于管道线路工程勘察等级的划分进行了单独规定。长输管道工程属于生命线工程,其工程重要性等级应为一級,如按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定,其岩土工程勘察等级均应定为甲級,这样将导致长输管道的线路地质勘察工作量相当大,根据多年来的管道线路地质勘察经验来看,也没有必要。在充分考虑工程安全性的同时,管道的线路岩土工程勘察等级的划分应主要依照地基复杂程度等级和场地复杂程度等级两个因素来划分即可。

**3.0.5** 现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87对于不扰动土试样采取过程中选择取样工具设备、取样操作、土试样质量的现场鉴别和土样封装、储存、运输均有明确的规定,这些规定能够满足油气田及管道岩土工程勘察这方面的要求。

**3.0.10** 对场地和地基地震效应不同的抗震设防烈度区有不同的考虑,场地和地基的地震一般效应包括下列内容:

(1)相同的基底地震加速度,由于覆盖层厚度和土的剪切模量不同,会产生不同的地面运动;

(2)强烈的地面运动会造成场地和地基的失稳或失效,如地裂、液化、震陷、崩塌、滑坡等;

(3)地表断裂造成的破坏;

(4)局部地形、地质结构的变异引起地面异常波动造成的破坏。

## 4 各类工程的勘察

### 4.1 站 场

**4.1.1** 本节为油气田及管道各类场站建(构)筑物岩土工程勘察的内容,在原则上规定了应做的工作和应有的深度。不同类型站场勘察任务要求都有明确的针对性,因而在岩土工程勘察工作开展前应了解建(构)筑物上部荷载、基础形式、埋置深度和变形等方面的要求,以便针对建(构)筑物的情况,制订有针对性的勘察方案,在不同的勘察阶段提供相应的岩土工程设计参数和相关的方案建议。

**4.1.2** 本标准规定勘察工作宜分阶段进行,是根据工程建设的实际情况,并结合岩土工程勘察行业习惯做法规定的。不同设计阶段对勘察成果要求的深度不一样,工作中应结合设计阶段、工程规模和场地及地基条件等情况进行相应阶段的勘察工作,但要求每个工程均分阶段进行,是不实际也不必要的,勘察单位应根据任务要求和客观情况进行相应阶段的勘察工作。在有经验地区,当建筑平面布置已经确定,且工程规模较小,已有资料可以满足前期各阶段设计要求时可直接进行一次性详细勘察。石油天然气的站场等场址一般位于远离城镇和岩土工程勘察资料缺乏的地区,特别是近年来中石油在海外投资的工程,大多数处于荒无人烟的沙漠、原始森林等地区,没有任何经验资料可借鉴,为提高勘察资料的准确性并避免设计的盲目性,应分阶段进行勘察。

**4.1.3** 可行性研究勘察阶段又称为选址阶段勘察,本阶段对无任何岩土工程资料的大型站场尤其重要,其主要任务是对场址的稳定性和适宜性进行评价,以搜集资料和工程地质调查为主,对拟选场地内存在的活动断裂应进行必要调查和研究,有条件时尽量采

取避让措施,应远离地质灾害和活动断裂发育地区。场址方案的比选分析也是该阶段的主要任务。

**4.1.4** 初步勘察的主要内容是对拟建场地做出稳定性评价。场地稳定性问题应在初勘阶段基本解决,不宜留给详细勘察阶段。对于基坑开挖与支护、工程降水等问题应在初步勘察阶段提出初步分析评价,有条件时应进行抽水试验并进行长期的地下水位观测,以便为详细勘察阶段工作提供资料。

**4.1.5** 岩质地基特征和土质地基不一样,与岩体特征、地质构造、风化程度有关,且不同成因、不同地段的岩质地基有很大差别,控制性孔一般应进入中风化~微风化层,考虑到桩基设计要求应进入中风化~微风化层 3m~5m,有基坑工程(如污水处理池、雨水池等)时孔深应超过基坑深度,所以对岩质地基的勘察仅做了原则性的规定,重点对土质地基勘探工作提出了要求,主要包括勘探线、勘探点布置、勘探孔深度、取样与原位测试。由于场地位置确定后勘探线、勘探点的间距主要取决于地基的复杂程度,所以对于勘探点的布置标准中按“地基复杂程度等级”予以分档;而勘探孔的深度主要决定于建(构)筑物的荷载大小、基础埋深、基础宽度等因素,所以按“工程重要性等级”予以分档。

**4.1.6** 根据地质条件适当增减勘探孔深度的规定,不仅适用于初步勘察阶段,也适用于其他勘察阶段。坚实土层一般指碎石土、密实砂、老沉积土等。

**4.1.8** 地下水为岩土工程分析评价的主要因素之一,特别是基坑工程、地下水池工程等需要满足抗浮设计要求,搞清地下水埋藏条件是勘察工作的重点之一。初步勘察阶段应通过搜集资料、调查访问等工作掌握工程场地所在地区的宏观水文地质条件,并要求根据工程情况做相应抽水试验、长期水位观测等水文地质勘察工作。

对设置地下水位以下的埋地溢油池、地下污油罐、地下消防池等设施,论证使用期间地下水位变化和提出抗浮设防水位时应进

行专门研究。现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021(2009年版)在修订中专门进行说明,抗浮水位是很重要的设计参数,但预测建筑物使用期间水位可能发生的变化和最高水位有时相当困难,不仅与气候、水文地质等自然因素有关,有时还涉及地下水开采、上下游水量调配、跨流域调水等复杂因素,因此需要专门研究。

**4.1.9** 工程物探工作是初步勘察期间的主要工作,确定构造带、基岩面、岩溶等需要进行必要的电法、地震反射法等适合场地特点的工程物探工作。为评价场地类别应进行剪切波波速测试,测试数量不宜少于3个,对于丙、丁类建筑应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的相关条款规定计算土层等效剪切波速。

**4.1.11、4.1.12** 这两条规定了详细勘察的具体工作任务。详细勘察阶段,建(构)筑物总平面布置已经确定,需要对具体单体工程地基基础的设计提供详细的岩土工程勘察资料和设计施工所需的岩土参数,并应进行相应的岩土工程评价与建议。

在详细勘察阶段勘察工作进行前,搜集与工程有关的结构资料、明确设计要求非常重要,这样能够使岩土工程勘察工作的工作量布置、最终的岩土工程评价建议更具有针对性和合理性。

地基承载力和稳定性是保证工程安全的重要前提,但多年的工程经验表明,大多数与岩土工程有关的事故是地基变形问题产生的,所以规定勘察中应分析评价地基的均匀性,提供地基变形计算参数和预测地基变形。

地下埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程的安全影响很大。地下水的埋藏条件是地基基础设计、基坑工程设计、支护施工的主要控制因素。当要预测建筑物使用期间水位可能发生的变化和当水文地质条件复杂时可进行专门的水文地质勘察工作。参考现行行业标准《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72,抗浮设防水位的综合确定宜符合下列规定:

(1)抗浮设防水位宜取地下室自施工期间到全使用寿命期间可能遇到的最高水位。该水位应根据场地所在地貌单元、地层结

构、地下水类型、各层地下水位及其变化幅度和地下水补给、径流、排泄条件等因素综合确定；当有地下水长期水位观测资料时，应根据实测最高水位以及地下室使用期间的水位变化，并按当地经验修正后确定；

(2) 施工期间的抗浮设防水位可按勘察时实测的场地最高水位，并根据季节变化导致地下水位可能升高的因素，以及结构自重和上覆土重尚未施加时，浮力对地下结构的不利影响等因素综合确定；

(3) 场地具有多种类型地下水，各自地下水虽然具有各自的独立水位，但若相对隔水层已属饱和状态、各类地下水有水力联系时，宜按各层水的混合最高水位确定；

(4) 当地下结构临近江、湖、河、海等大型地表水体，且与本场地地下水有水力联系时，可按地表水体百年一遇高水位及其波浪雍高，结合地下排水管网等情况，并根据当地经验综合确定抗浮设防水位；

(5) 对于城市中的低洼地区，应根据特大暴雨期间可能形成街道被淹的情况确定，对于南方地下水位较高、地基土处于饱和状态的地区，抗浮设防水位可取室外地坪高程。

压缩机等动力设备是压气站和泵站等站场的主要设备，动力设备基础勘察的主要任务是为设计提供动力参数，需要在设备基础下布置孔内波速测试点，取得动力参数。对重要动力设备设计要求提供地基刚度系数和阻尼比等动力参数时，应按现行国家标准《地基动力特性测试规范》GB/T 50269 的规定进行。

详细勘察期间的工程物探工作应根据建筑物及场地特点、初步勘察阶段工作程度和设计要求布置。工程物探方法应根据地层、场地特点选用。对阴极保护需要的深孔电阻率测试、现场导热系数测试、地温测试等应进行专门的测试工作。

**4.1.13** 对场区存在较大边坡及不良地质作用时应进行专门的勘察工作；特殊岩土应按照专门的勘察标准布置工作量和选择勘察

手段,条文中规定的勘探孔深度均自基础底面算起。

对于勘探孔深度的规定,主要从以下几方面考虑:

- (1)满足变形计算的要求;
- (2)满足地基承载力和软弱下卧层验算的要求;
- (3)满足特殊单体工程地基基础设计方面的要求;
- (4)满足对某些不良地质作用追索的要求;
- (5)满足基坑和桩基设计的要求。

**4.1.14** 由于土性指标存在变异性,必须通过不少于一定数量的数据统计分析才能确定其代表值,所以参照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 规定的对不扰动土试样和原位测试数据最少数量的要求。对于场地和装置规模较小,地层与邻近场区有可比性时,可利用场地邻近的已有数据资料,对特殊性岩土应按照专门的勘察标准布置取样数量和方法。

## 4.2 管道线路

**4.2.1** 本条规定了管道线路岩土工程勘察的主要工作内容。

**3** 沿线土石等级与分类因为涉及土石方的施工费用,为各方所关注,因此也是线路勘察工作重点之一。

**4** 岩土视电阻率测试是管道线路岩土工程勘察较为特殊的工作,岩土视电阻率值是判定岩土对钢质管道腐蚀性的依据之一,同时也是管道阴极保护设计所需的参数。

**6** 对抗震设防烈度大于或等于 7 度的饱和砂土和粉土地段的地震液化判别标准比较特殊,没有采用现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的判定标准,而是按本标准附录 B 的规定进行判定。

**4.2.2** 本条规定了各类岩土的室内试验项目,除按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 规定的有关试验项目进行外,尚应符合本条的要求。

**1** 本款主要是为了满足线路工程场地液化判别的需要,规定

在抗震设防烈度大于或等于 7 度地区,建筑场地内有饱和粉土时,应分析其粒径小于 0.005mm 的黏粒含量百分比,黏粒含量是采用六偏磷酸钠做分散剂测定的,采用其他方法时应按有关规定换算。

**2** 本款测定岩石天然状态下的单轴抗压强度是为岩土的工程等级与分类划分提供依据,考虑到管道施工管沟开挖后自然边坡稳定性对施工安全的影响,本次修订增加了对碎石土、砂土应进行自然休止角试验的要求。

**4.2.3** 本条规定了管道线路勘察期间沿线水试样采取的原则和要求。勘察工作受工期的限制,勘察期间的地下水位不一定是丰水期水位,有的工程场地虽然在勘察期间勘察深度内未见地下水,但丰水期地下水位仍有可能高于管道埋深。因此当管道沿线地下水在丰水期的水位埋藏深度小于管道埋设深度时,宜取地下水试样进行水质分析,这样就需要调查管道沿线地下水位的年变化幅度。

**4.2.4** 可行性研究勘察的工作主要是搜集和分析已有资料,对河流大中型穿越点、跨越点等主要的线路控制点进行踏勘调查,一般很少进行实际钻探工作。在本标准中,把可行性研究勘察列为一个必要的勘察阶段,其目的是强调选择线路方案时岩土工程勘察工作的重要性。有些管道建设在选线工作中,由于对工程地质条件重视不够,往往没有岩土工程勘察专业人员参与,也不进行可行性研究勘察,在后续的设计工作中发现选定的线路方案有不少工程地质问题。例如,沿线的滑坡、泥石流等不良地质现象较多往往不易治理,即使能够整治耗费也是巨大的,增加工程投资,如不加以整治则后患无穷。在这种情况下,有时不得不重新组织选线,造成人力物力和时间上的浪费,因此,加强可行性研究勘察工作是十分必要的。

**4.2.6** 本条规定了可行性研究勘察阶段应进行的准备工作。需要说明的是,专门的水文、气象资料搜集已超越岩土工程勘察的范围,根据其他国家的经验,对于干线管道工程应进行专门的水文勘察和气象勘察。由于我国石油行业尚未制定这一方面的标准,而在设计工作中又需应用水文、气象资料,为了方便工作,本条仍把

水文、气象两项作为踏勘、调研应搜集资料的内容。

**4.2.10** 可行性研究阶段针对管道工程进行的《地质灾害危险性评估报告》《地震安全性评价报告》《环境影响评价报告》《河流防洪评估报告》等专项报告是勘察各阶段搜集的重点资料,初步勘察阶段对这类评估报告应重点搜集而不能忽略。

**4.2.11** 工程地质调查是整个勘察的先行工作,特别是在山区和地质条件复杂的场地进行勘察时,更是一项重要的内容。应该指出,工程地质调查工作虽然很重要,但并不是每项工程都需要进行的,应视场地的岩土工程条件的复杂程度和工程实际需要而定。同时,每个勘察阶段对工程地质调查的内容和要求也是不同的。在一般情况下,详细的工程地质调查工作大多数是在初步勘察阶段进行的,详细勘察阶段再针对具体的地质条件做些必要的补充工作,并在有关范围内进行扩大比例尺的工程地质测绘。

**4.2.12** 初步勘察阶段的工作重点是地质调查,工作方法以利用天然露头和人工露头为主。一般不进行大量的勘探、试验工作,只在地质条件复杂、露头条件不好的地段才进行简易的勘探工作。这样规定是考虑线路勘察的特点,因为在初步勘察时管道路由尚未最终确定,很多地段可能有好几个比选方案,如果都做勘察工作,一是工作量太大,二是没有针对性。所以,本阶段要求初步查明管道埋设深度内的地层岩性特征和厚度即可。这里的“初步查明”是指把岩土的基本性质查清楚,查明有无流砂、软土和重大的不良地质作用,不至于在详细勘察阶段出现颠覆性的结论。如现场的天然露头和人工露头较少,则进行简易的勘探工作。可采用小螺旋钻或洛阳铲进行钻探,或挖掘少量探坑、探槽,进行观察、描述即可,一般可不采取试样进行室内分析试验。对岩石的物理力学性质可提出初步的结论。

**4.2.13** 本条规定了岩土视电阻率值测试要求,在初步勘察阶段管道线路的路由尚未最终确定,但路由的走向已经明确,沿线的岩

土视电阻率测试可以根据地貌单元进行布置。

**4.2.14** 本条规定了初步勘察岩土工程勘察报告的文字部分包含的主要内容,特别强调了应提供管道沿线岩土视电阻率测试成果。

**4.2.15** 本条旨在明确初步勘察阶段应绘制的图件,包括线路走向、勘探点位置及工程地质条件的综合工程地质图,这些图件不但可以反映管道线路的路由,而且可以直观反映勘探点的位置和工程地质条件分区。

**4.2.16** 在详细勘察阶段,经过可行性研究勘察和初步勘察两个阶段的工作后,不仅场地的稳定性问题已经初步解决,而且为满足初步设计阶段所需要的岩土工程条件也已基本查明。为此,本阶段的勘察任务应针对具体的场地或具体的岩土工程问题进行工作,为施工图阶段的管沟开挖设计、管沟地基处理与加固、不良地质作用的防治提供岩土工程勘察资料。所以,在开展本阶段勘察工作之前,应详细地了解设计已经确定的线路路由及采取的施工方案。

**4.2.17** 本条主要规定了详细勘察前应取得的资料,根据这些资料才能制定详细勘察工作的纲要和具体实施方法。对于合并勘察阶段的工程项目,可行性研究勘察和初步勘察资料不一定都能搜集到,应根据项目的具体情况搜集相关的前期勘察资料。

**4.2.18** 在管道线路详细勘察过程中,岩石出露或地貌、地质条件复杂的场地应进行工程地质测绘工作,地质条件简单或者覆盖层较厚可进行工程地质调查,旨在把线路路由选择在地质条件较好的地段。目前国内对实际单元的界线在图上标定的误差无统一规定,本条规定图上标定的误差与现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 一致,地质界线测绘精度在图上的误差不应超过 3mm。

工程地质测绘所选用的地形图的比例尺大小,不仅与勘察阶段有关,也直接关系到工程地质测绘成果的精度。根据国外的经验和我国其他行业的有关标准,本标准规定详细勘察阶段比例尺可选用 1:500~1:2000,当需要解决某一特殊的岩土工程问题

时可以适当放大。

为了达到精度要求,通常要求在测绘填图中采用比提交成图比例尺大一级的地形图为填图底图。如进行 1:1000 比例尺测绘时,常采用 1:500 的地形图作为外业填图底图。外业填图完成后,再绘制 1:1000 的成图,以提高工程地质测绘精度。

**4.2.19** 按照本章要求布置的勘察工作如果不足以查明不良地质作用的性质和影响时,应按照本标准第 5 章的要求进行专项勘察。对于设计明确要求采用土壤的电流密度、平均腐蚀速率和氧化还原电位判定土壤的腐蚀性时,应根据需要采用适宜的方法获取相关参数。本条中的勘探点是钻孔、简易勘探孔(洛阳铲、螺纹钻孔)、挖(坑、槽、井、硐)探点和原位测试点的统称。

**4.2.20** 管道沿线的岩土土石等级与分类是管道工程建设土石方预算的依据,是根据岩土性质和油气管道管沟开挖施工难易程度综合确定的。本条中土石等级与分类划分仍然采用油气田及管道工程造价所采用的土壤及岩石(普氏)分类标准,其中岩土的分类是线路设计土石方计算的依据,勘察成果中不仅要要对管道沿线岩土进行土石等级划分,更应进行岩土分类。现行国家标准《建设工程工程量清单计价规范》GB 50500 中虽然已经不再采用土壤及岩石(普氏)分类表,而是在现行国家标准《房屋建筑与装饰工程工程量计算规范》GB 50854 规定了土壤分为四类,岩石分为极软岩、软岩、较软岩、较硬岩和坚硬岩,其分类均采用现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的分类,但是油气田及管道工程建设预算尚未采用。

管道沿线的岩土土石等级与分类是基于长输管道管沟开挖施工难易程度确定的,土壤及岩石(普氏)分类标准已为国内建筑工程与爆破界所公认,不仅可以确定工程场地岩土的开挖方法、判断岩石爆破的难易程度,而且可以作为计算承包工程单价、编制招标投标的依据,所以本标准没有采用现行国家标准《工程岩体分级标准》GB 50218 中的分类。

作为岩土勘察技术人员对岩土的性质是十分了解的,但是很多岩土勘察技术人员对于管道线路管沟开挖机械和施工方法并不了解,如果土石等级与分类仅仅从岩土性质上去划分,在实际的管沟开挖施工时作业人员对岩土的土石等级及分类会提出异议,因此土石等级与分类就应该是根据岩土性质和岩土施工方法综合确定。随着施工机械的不断改进和发展,以及对炸药的严控,爆破法施工的审批越来越严,以前认为只能采用爆破法施工的岩石,目前已经可以采用单钩裂土器松动或借助液压冲击镐解碎。而了解这些施工方法对于岩土勘察技术人员确定岩土土石等级及分类是有所帮助的。特别是岩土勘察技术人员在施工期间到现场解决施工单位提出的土石等级与分类和实际开挖不符问题时,可以参考施工实际采用的机械及方法进行复核。铁路工程建设的土石等级及分类也曾经采用土壤及岩石(普氏)分类标准,而现行行业标准《铁路工程地质勘察规范》TB 10012 采用了新的岩土施工工程分级标准,此分级标准中的开挖方法从施工的角度进行了描述,这对勘察技术人员对土石等级及分类有一定的指导和借鉴作用。其分级标准见表 1。

表 1 铁路工程岩土施工工程分级标准

土石等级	分类	岩土名称及特征	钻 1m 所需时间			岩石单轴饱和抗压强度 (MPa)	开挖方法
			液压凿岩台车、潜孔钻机(净钻分钟)	手持风枪湿式凿岩合金钻头(净钻分钟)	双人打眼(工日)		
I	松土	砂类土,种植土,未经压实的填土	—	—	—	—	用铁锹挖、脚蹬一下到底的松散土层,机械能全部直接铲挖,普通装载机可满载

续表 1

土石等级	分类	岩土名称及特征	钻 1m 所需时间			岩石单轴饱和抗压强度 (MPa)	开挖方法
			液压凿岩台车、潜孔钻机(净钻分钟)	手持风枪湿式凿岩合金钻头(净钻分钟)	双人打眼(工日)		
II	普通土	坚硬、硬塑和软塑的粉质黏土,硬塑、软塑的黏土、膨胀土,粉土、砂土, Q <sub>3</sub> 、Q <sub>4</sub> 黄土,稍密、中密的细角砾土、细圆砾土,松散的粗角砾土、碎石土、粗圆砾土、卵石土,压密的填土,风积沙	—	—	—	—	部分用镐刨松,再用锹挖,脚连蹬数次才能挖动。挖掘机、带齿尖口装载机可满载,普通装载机可直接铲挖,但不能满载
III	硬土	坚硬的黏土、膨胀土, Q <sub>1</sub> 、Q <sub>2</sub> 黄土,稍密、中密粗角砾土、碎石土、粗圆砾土、卵石土,密实的细圆砾土、细角砾土,各种风化成土状的岩石	—	—	—	—	必须用镐先全部刨过才能用锹挖。挖掘机、带齿尖口装载机不能满载;大部分采用松土器松动方能铲挖装载

续表 1

土石等级	分类	岩土名称及特征	钻 1m 所需时间			岩石单轴饱和抗压强度 (MPa)	开挖方法
			液压凿岩台车、潜孔钻机(净钻分钟)	手持风枪湿式凿岩合金钻头(净钻分钟)	双人打眼(工日)		
IV	软石	块石土、漂石土,含块石、漂石 30% ~ 50% 的土及密实的碎石土、粗角砾土,岩盐,各类较软岩、软岩及成岩作用差的岩石,泥质岩类、煤、凝灰岩、云母片岩、千枚岩	—	<7	<0.2	<30	部分用撬棍及大锤开挖或挖掘机、单钩裂土器松动,部分需借助液冲冲击镐解碎或部分采用爆破法开挖
V	次坚石	各种硬质岩:硅质页岩、钙质岩、白云岩、石灰岩、泥灰岩、玄武岩、片岩、片麻岩、正长岩、花岗岩	≤10	7~20	0.2~1.0	30~60	能用液冲冲击镐解碎,大部分需要爆破法开挖
VI	坚石	各种极硬岩:硅质砂岩、硅质砾岩、石灰岩、石英岩、大理岩、玄武岩、闪长岩、花岗岩、角岩	>10	>20	>1.0	>60	可用液冲冲击镐解碎,需用爆破法开挖

注:1 软土(流软黏性土、淤泥质土、淤泥、泥炭质土、泥炭)的施工工程分级,一般可定为Ⅱ级,多年冻土一般可定为Ⅳ级;

2 表中所列岩石均按完整结构岩体考虑,若岩体极破碎、节理很发育或强风化时,其等级应按表对应岩石的等级降低一个等级。

## 4.3 管道穿越

**4.3.1** 本条规定的管道穿越是指山体、水域、冲沟及两侧穿越段，水域是指天然形成和人工建造的河流、湖泊、水库、沼泽、水塘、养殖塘、水渠。

**4.3.2** 本条结合冲沟和水域水文特征给出了穿越工程等级，水域穿越等级划分与现行国家标准《油气输送管道穿越工程设计规范》GB 50423 一致。

**4.3.3~4.3.6** 穿越工程的可行性研究勘察，如同线路工程的可行性研究勘察一样，主要是调查研究工作，搜集分析已有资料，进行现场踏勘。这是一个重要的勘察阶段。穿越河流的位置选得是否合理是关系到设计、施工和运营管理的关键问题。在确定穿越点以前，应进行必要的可行性研究勘察工作，对重要的河流大型穿越工程布置少量勘探孔，概略评价岩土特性，比选出最佳的穿越方案。近年实施的西二线、中缅管道、中俄管道等工程，重要河流均进行了可研阶段勘察，因此本次修订增加了这项内容。穿越点的位置，既要考虑到整个线路走向的合理性，又要考虑到工程地质条件的适宜性。

**4.3.7~4.3.11** 这几条主要规定了初步勘察阶段应取得和需要搜集的有关资料，如区域地质图、构造图、工程地质图、地貌及第四纪地质图、地质剖面图等，以及大致的工作方法，其中对穿越山体调查的主要内容应包括岩性、山势、坡度及植被情况，对河谷、沟谷调查的主要内容应包括漫滩、阶地和斜坡的形态等，工程水文资料要重点收集工程项目防洪评价相关内容，特别是与设计洪水频率相对应的水文参数。

**4.3.12** 本条规定了工程物探工作布置的原则、方法和综合解释成果的要求。

**4.3.13** 本条对勘探点和勘探孔的规定如下：

- 1 规定了在拟定的穿越方案(包括比选方案)上游 15m~

30m 范围内布置勘探点,这样规定主要是基于初步勘察阶段无法确定具体的穿越方式,防止勘探钻孔对穿越施工带来工程隐患。本次修订比上一版规范规定的间距范围 15m~20m 增加了 10m,这是基于双管并行穿越时不再增加勘探线,需要扩大勘察覆盖范围;勘探点间距为 100m~200m,主要是对于穿越距离较长的宽浅水域考虑的。对每个方案规定了应至少布置 3 个钻孔,这是考虑河床内至少应有 1 个钻孔,河流的河床地层与两岸及阶地的地层分布往往有较大的差异,而河床又是穿越施工的难点,查清河床的地层结构十分必要。

2 对勘探孔深度进行了规定,一般情况下控制性勘探孔深度要自河底起算 20m~30m,大型穿越初步设计阶段要经过多方案比选,因此控制性钻孔深度确定时应与设计单位充分结合,要兼顾方案比选要求,避免勘探深度不足无法满足比选要求的情况。

**4.3.14** 采用水平定向钻法穿越山体,在近年来有所尝试,但适用范围较小。采用水平定向钻法穿越山体对勘察成果的要求较高,风险较大,而山体的特定地形地貌又给勘察工作带来了很大的挑战,钻探工作往往难以实施,因此本条规定应以工程地质测绘和调查、工程物探为主,钻探及测试的勘探点间距按不宜大于 1000m。

**4.3.16、4.3.17** 这两条明确了详细勘察的主要任务,对于顶管法隧道、盾构法隧道穿越还应重点分析评价其水文地质条件,对于穿越方案拟设置竖井的,应对竖井的工程地质和水文地质条件单独进行评价。详细勘察前应取得有关资料,以便针对性地制订勘察方案。由于勘察方案受穿越方式及穿越深度的影响很大,因此有必要获得可能采取的穿越方式和穿越深度,如挖沟法穿越、水平定向钻法穿越、顶管法隧道或盾构法隧道穿越等。

**4.3.18** 本条规定了不同的穿越方式勘探点布置的原则,勘探点投影到管道中线的间距根据地基复杂程度等级确定为 30m~100m。本阶段的勘探点间距应根据前期勘察成果和设计方案有针对性布置,而不是简单地采用等间距布置,勘探点应重点布置

在地层分界线、地质构造带、不良地质发育带以及对穿越施工不利的地层附近,原则是要解决初步勘察遗留的问题和进一步查明穿越断面的岩土工程条件。对于通航河道应考虑钻探施工对航道通航的影响,并应征得航道管理部门的同意和采取必要的护航措施。对于堤防工程应考虑钻探施工对堤防安全的影响,并应得到堤防管理部门的钻探施工许可。本条中所涉及的隧道只包括顶管法隧道和盾构法隧道,上一版标准也是将穿越的钻爆法隧道合并到第4.5节隧道中,本次修订统一明确为钻爆法隧道,顶管法隧道与盾构法隧道施工过程中几乎是同时掘进同时形成了隧道,不存在钻爆法隧道在施工过程中形成的临空面,甚至需要二次衬砌,所以在勘察工作布置和勘察工作的内容有所不同。同时规定了穿越方案设置竖井的勘探点布置原则,勘探点的数量应根据竖井尺寸和地质条件综合确定,采用大型顶管隧道法及盾构隧道法穿越方案的竖井,一般是指直径超过10m的竖井。

**4.3.19** 本条规定了详细勘察阶段的勘探孔深度的确定原则。对于水平定向钻法穿越、顶管法隧道和盾构法隧道穿越的勘探孔深度均应根据穿越设计方案的穿越深度和地层岩性综合确定,本阶段的勘探孔深度应有针对性。穿越方案明确设置有弃渣场的,应根据设计要求和场地条件考虑勘探孔深度。

**4.3.20、4.3.21** 取样和原位测试的勘探点数量应综合考虑穿越方式和地层岩性,对于水平定向钻法、顶管法隧道和盾构法隧道穿越方式应取大值。每一主要土层的试样或原位测试数据不应少于6件(组),这与现行国家标准是一致的,但这并不是说所有穿越勘察取6件(组)或者稍大于6件(组)就足够了,这要考虑穿越的长度和地层岩性的复杂程度,同时要考虑取样和原位测试在整个穿越断面的横向和纵向上的分布和代表性,要以能充分反映穿越断面地层岩性特征和力学性质为目的。

**4.3.22** 本条规定了顶管法隧道和盾构法隧道穿越应进行水文地质勘察。顶管法隧道和盾构法隧道虽然不存在钻爆法隧道施工的

临空面,但施工过程中在一定程度上受地下水的影响,而且无论是采用泥水平衡或者是土压平衡都受地下水的影响,因此查明穿越段的水文地质条件十分必要。

**4.3.23** 本条规定了不同穿越方式中的不同岩土性质的试验项目。对于挖沟法穿越方式岩石进行天然单轴抗压强度试验,为的是能够进行岩土工程土石等级与分类划分和设计的土石方核算,以及施工方案的选取;对于水平定向钻法穿越、顶管法隧道和盾构法隧道穿越方式要进行岩石干燥单轴抗压强度、饱和单轴抗压强度试验及其他的物理试验,以便为设计、施工选择适宜的施工工艺提供岩土参数。对于颗粒分析的试样重量应满足下列要求:最大粒径超过 40mm 者,应为 4kg 以上;最大粒径不超过 40mm 者,应为 2kg~4kg;最大粒径不超过 20mm 者,应为 1kg~2kg;最大粒径不超过 10mm 者,应为 0.5kg~1kg。当河床表层为密实的卵漂石层时,应在现场挖掘探坑采取试样,按体积法分析。

**4.3.24、4.3.25** 这两条规定的小型穿越是指设计不需要单出图的河流、沟渠、非等级公路等穿越,其岩土工程勘察一般与线路勘察工作合并进行,其勘察阶段和方法应结合线路勘察统筹考虑,勘察成果不单独提交文字和图纸资料,而是在线路岩土工程勘察报告中独立成章,对小型穿越的地层岩性和工程地质条件进行说明和评价。

**4.3.26** 本条规定了设计需要单出图的等级公路、铁路穿越的勘察内容,等级公路、铁路穿越设计、施工需要向公路或铁路管理部门进行报批或备案,应单独提供岩土工程勘察报告。当采用水平定向钻法、顶管法隧道等穿越方式时,应满足其相应的要求。

**4.3.27** 本条规定了管道穿越岩土工程勘察报告应包括的一般内容,在实际的勘察工作中编写岩土工程勘察报告时应针对任务要求、勘察阶段、地质条件、工程特点和穿越方式等具体情况编写,而不是每一个穿越报告都要包括全部内容。

水平定向钻法穿越、顶管法隧道和盾构法隧道穿越的勘探点

都布置在管道穿越轴线的两侧,而穿越设计又必须使用穿越轴线的断面。因此,在穿越岩土工程勘察报告中除应编制两条勘探线上的工程地质剖面图,尚应根据设计要求提供将两侧勘探线上钻孔投影到穿越轴线的虚拟的投影中线工程地质剖面图,以便于设计使用。投影中线剖面图并不是实际勘探线的剖面图,在图中适当位置应进行标注说明投影方法。这在国内西气东输二线、中缅油气管道、兰州—郑州—长沙输油管道等大型能源通道建设项目中已成功运用。

对于穿越方案设置竖井的,由于竖井一般设置在水域或冲沟的两岸,穿越距离较长的也有设置中继井,其地层岩性和岩土物理力学性质与整个穿越断面不完全一致,而竖井的勘探点和岩土试样在整个穿越断面上占的比例较小,如果把竖井的岩土试样的物理力学指标与整个穿越断面岩土的物理力学参数一起进行数理统计,其统计结果不能完全真实反映竖井的工程地质条件。因此,竖井的工程地质条件应独立成章,对竖井的工程地质剖面图、岩土的物理力学指标的统计分析和评价应独立进行。

岩芯及工程照片是岩土工程勘察最直接的影像资料,岩芯照片不仅是岩土工程勘察报告校审人员核对地层岩性的重要依据,也是设计、施工技术人员对场地岩土性状最直观的了解方式;场地地貌、植被、地面附着物以及勘察工作期间的钻探施工等照片都是最直接的第一手资料。这些影像资料是工程建设前期工作的宝贵财富,在申报各级优秀勘察设计奖项时,也需要提供勘察期间的影像资料,因此应进行搜集整理和留存。

## 4.4 管道跨越

**4.4.2** 本次修订中参照现行国家标准《油气输送管道跨越工程设计规范》GB/T 50459 增加管道跨越工程等级划分,主要是为了在勘察工作中根据跨越工程的等级进行有针对性地勘察。随着跨度的增大,技术、安全性要求也会越来越高,大型跨越工程一旦遭受

损坏,不但对周围环境危害很大,而且修复的难度也十分艰巨,因此应加强勘察工作;对于小型跨越工程则可以适当简化或合并勘察阶段。

**4.4.3、4.4.4** 管道跨越可行性研究勘察是一个重要的勘察阶段,关系到跨越方案与墩位的初步确定,所以应重视这一阶段的工作。可行性研究勘察主要是通过调查研究,搜集分析已有资料,进行现场踏勘,选择适宜的跨越位置,对于场地的稳定性和跨越工程的适宜性给出初步的工程地质评价。

**4.4.5** 管道跨越位置的选择是可行性研究勘察阶段的重要工作内容,本次修订参照以往工程经验从工程地质及地形方面对跨越位置的选择给出了建议。

跨越位置应选择在河流、冲沟较窄的断面处,可以减少跨度,尽可能避免在水中设置桥墩,节约工程投资,加快施工进度。由于河流较窄断面处流速较高,水流对两岸侵蚀作用较大,因此两岸桥墩或基础应选择在稳定的地基上。河流弯道顶部的岸坡一般冲刷较为严重,跨越位置应选择在弯道上游平直河段上。跨越位置应远离上游坝闸或其他水工构筑物,因为水流通过坝闸或其他水工构筑物后,水的流态和流速都会发生很大变化,对下游桥墩或岸坡危害甚大。跨越冲沟是指通过深而窄的冲沟,即沟床窄小。两岸与沟床高差较大的冲沟,由于不同的地层岩性,冲沟的形成和发育变化有很大差别,因此选择跨越位置时,对冲沟沟头正发育地段应尽可能避开。在有活动地震断裂带地区会产生地裂、断裂挤压、拉张破碎、断口、地陷、山崩、泥石流、滑坡以及砂土液化等危害,因此跨越位置应避开有活动的地震断裂带。

**4.4.6** 本次修订中参照现行国家标准《油气输送管道跨越工程设计规范》GB/T 50459,将管墩、塔架基础统一修改为桥墩、锚固墩。

**4.4.7、4.4.8** 目前管道经常采用桁架、悬索、斜拉索三种跨越方式,初步勘察阶段可能会存在方案比选问题,了解其可能采用的跨越形式有利于做出有针对性的岩土评价。河流中水工设施、河道

的冲刷及北方河道的冰凌等对河流中跨越结构安全性影响很大，勘察资料应满足设计需要，确保跨越工程的安全，勘察资料应对河道的自然变化有一定的预计，以供设计考虑，因此本次修订中增加了对上下游水工设施、最高洪水位、流速、流量、枯水期水位标高、冲刷深度及河流冰凌资料等的搜集。

**4.4.13** 跨越工程岩土工程勘察工作重点，是查明桥墩、锚固墩基础范围内的地层岩性，对其地基稳定性做出评价。当跨越地段的抗震设防烈度大于或等于6度时，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 确定建筑场地类别；当抗震设防烈度大于或等于7度时，应对饱和砂土及粉土进行液化判别和确定地基的液化等级。

水域跨越工程洪水冲刷对结构安全影响很大，本次修订中对详细勘察阶段的工作内容增加了当水域中有桥墩时应确定一般冲刷深度和局部冲刷深度。

**4.4.15** 对于天然地基，即在地基主要受力层深度内无软弱土层、适宜按天然地基设计时，勘探深度规定为 $2b\sim 3b$  ( $b$ 为基础宽度)。对于桩基，勘探深度规定至桩尖持力层顶面以下 $3\text{m}\sim 5\text{m}$ 。如为水下桩基，应考虑冲刷深度。桩尖持力层的选择条件，应选择有足够的地基强度和具备一定厚度的稳定土层。所谓“稳定土层”，必须在水流的最大冲刷深度以下。

## 4.5 钻爆法隧道

**4.5.1、4.5.2** 本次修订将本节修改为钻爆法隧道，以便与水域穿越工程中的盾构法隧道及顶管法隧道进行区别，钻爆法隧道的分类与设计规范保持一致，参照相关规范补充了水域穿越隧道按长度的分类。

**4.5.3、4.5.4** 在可行性研究勘察阶段，应通过搜集资料和现场踏勘工作选择合适的隧道位置，并对影响隧道的各种因素进行可行性评价。油气管道隧道截面小，在纵向上受坡度影响小，洞口开挖

对边坡的影响小,因此在隧道方案的选择及洞址选择上应考虑这些因素,可以比公路隧道及铁路隧道等更加灵活。

隧道通过岩溶地段,在施工中经常遇到的问题有大量的突泥、冒水、涌水或季节性涌水,洞穴堆积物的大量坍塌造成隧道无法通过,对地表水环境造成极大影响等,因此岩溶地区的隧道应选择难溶岩的地段和地下水不发育的地带,避免穿越岩溶严重发育及地质构造破碎带等地段,宜避开易溶岩与难溶岩的接触带。当不能避开时,宜选择在较狭窄、影响范围最小处,以垂直或大角度通过。水域穿越隧道应避开岩溶发育地段。

**4.5.5** 油气管道隧道断面相对较小,工程投资少,建设周期短,工程物探是最快速经济的一种勘探方法,而且它所显示的是一条线或一个面的综合情况,对于隧道勘探该方法能帮助探测基岩埋深起伏和隧道不同围岩分界面、溶洞、断层破碎带等,而不像钻孔那样只能反映勘探点垂直线上的情况,因此在油气管道隧道初步勘察阶段应以工程物探为主,通过工程物探查明隧道地层、岩性、构造等地质情况,再通过少量钻孔对物探及地质调绘发现的不良地质现象、重点或难点地质问题进行揭露,以达到经济、快速、基本准确查明隧道地质情况的目的。

工程物探手段多种多样,但每一种工程物探手段都有它的适用条件和使用范围,大量的油气管道隧道勘察表明,地震纵波反射法、高密度电法及大地电磁法是比较适用的工程物探方法。

深埋隧道在高地应力情况下,硬岩隧道容易产生岩爆,软岩隧道容易产生大变形。随着油气管道隧道长度的增加,将会出现一些深埋隧道,对于深埋隧道以及在地质构造活动强烈地带建造的隧道应在工程勘察期间测量地应力,结合围岩情况预测施工地质灾害。

**4.5.7** 对于山岭隧道中的长隧道,一般穿越的山体高差较大,按照上一版标准要求陆上隧道初步勘察勘探点间距 400m~600m,不但导致勘探工作量较大、勘察费用较高和工期较长,而且很多隧

道地势陡峭,没有通行条件,无法实施钻探工作。本次修订中参照公路、铁路行业对隧道勘察的要求,取消了山岭隧道初步勘察勘探点间距 400m~600m 的要求。但是对于地质条件复杂的山岭中长隧道及长隧道,应根据工程物探及地质调绘成果在工程物探所发现的疑点或异常点位置布置勘探孔,以查明对隧道施工有影响的地质现象。

**4.5.10** 对水文地质条件复杂,地下水对隧道施工有影响的隧道,为防止大量涌水淹没隧道,应分段预测隧道涌水量。隧道洞身涌水量的预测是个错综复杂的问题,受地质构造、地层岩性等多因素控制,计算参数较多,且难以精确确定,因而很难进行精确计算,常用的计算方法有:根据压水试验或抽水试验等水文地质试验资料计算洞身涌水量,水文地质比拟法计算洞身涌水量,水均衡法计算洞身涌水量等。这些方法都是经验或半经验公式,有各自的适用范围和边界条件,隧道涌水受各种具体条件影响很大,地质条件千变万化,很难保证选择的计算公式符合实际情况。因此,为了计算出隧道洞身比较符合实际情况的涌水量,必须详细查明场地水文地质条件,选择几种较适宜的计算方法进行计算,然后与工程地质条件相类似的已建成或在建隧道进行对比,相互校核,分析使用。

对于水域钻爆隧道来说,场地和岩土条件允许的情况下一般设置斜井,便于施工出渣和管道安装。受场地和岩土条件限制的则只能采用竖井的形式,因此应对竖井进行勘察。

**4.5.11** 当地质构造和水文地质条件简单时,钻孔数量可以适当减少,当地质条件复杂时,钻孔数量宜适当增加。对于覆土较厚的洞口,考虑洞口开挖后边坡的稳定性,应布置勘探点查明地质情况。另外,由于油气管道隧道断面相对较小,对于地质条件简单的短隧道可不布置钻孔,通过工程地质测绘、坑探、槽探等查明地质条件。

钻孔布置一般要求在不影响隧道勘探精度的前提下,把钻孔布置在隧道两侧 6m~8m;岩溶地区布置在中线两侧 15m~20m,

是因为钻孔施工难免会形成地下水的通道；错开隧道轴线布置是防止钻孔封孔质量不好，造成漏水，影响隧道施工。钻孔在隧道两侧交错布置也是为了防止钻孔间连通不同的含水层。

遇到溶洞、暗河等不良地质现象时适当加深勘探孔深度，主要是考虑承压水对隧道稳定的不利影响。

对于山岭隧道详细勘察按照上一版标准陆上隧道详细勘察勘探点间距 200m~400m 的要求布置勘探孔，勘探工作量将较大，导致勘察费用较高和工期较长。本次修订中参照公路、铁路行业对隧道勘察的要求及石油天然气管道行业隧道的实践，取消了山岭隧道详细勘察勘探点间距 200m~400m 的规定，要求将勘探孔布置于地层分界线、断层、物探异常点、储水构造或地下水发育地段、高地应力区围岩可能发生岩爆或大变形的地段、膨胀性岩土、岩盐、煤系地层、含放射性物质等特殊岩土分布地段、岩溶、采空区等不良地质作用及其他不明异常地段、覆盖层发育或地质条件复杂的隧道进出口，这样更能发挥勘察技术人员的主观能动性，勘探孔布置更加科学合理、更有针对性。

本条还规定了水域钻爆隧道设置的竖井勘探点数量和布置方法。

**4.5.12** 隧道围岩的分级根据勘察阶段不同进行基本分级和分级修正，重点在地下水和结构面产状状态两个方面，需要综合分析确定，其中主要结构面是指对围岩稳定性起主要影响的结构面，如层状岩体的泥化层面，一组很发育的裂隙，次生泥化夹层，含断层泥、糜棱岩的小断层等。

**4.5.13** 对于工程地质、水文地质条件复杂的隧道，在目前的勘察手段下，通过详细勘察工作往往还很难达到完全查明所有工程地质问题的目的。特别是长隧道、复杂地质地段的隧道等，往往在勘察阶段只能查明一部分或大部分问题，只能做定性的或某些方面的定量评价。因而在施工过程中应进行相应的施工勘察工作，以便补充和修正前阶段勘察成果或施工中地质情况不符的地方，据

此可修改或变更设计,改变施工方法及施工管理等。

油气管道山岭隧道施工期间,对于长隧道或地质条件复杂的隧道,特别是勘察条件比较困难的隧道,建议以施工勘察为主。由于山势陡峻,交通不便,钻探设备搬运需要修筑大量施工便道,砍伐植被,同时需要架设多级泵站供钻探用水,钻探外业周期长,勘察费用高,部分勘察工作可以推迟至隧道开挖施工阶段。近年来在宜万铁路、沪蓉西高速公路、西气东输二线管道、中缅管道、中贵管道等隧道勘察实际工作中采用该方法,有效地降低了勘察成本,缩短了勘察工期。施工勘察中一般应以地质技术人员的现场调查为主,采用地质分析法进行超前地质预报,监视工程地质和水文地质的变化情况,特别是软弱夹层、断层破碎带等软弱结构面的出现和变化,涌水量的变化;详细记录和分析有关坍塌变形等的地质条件及其对继续掘进的影响。当地质条件复杂时,在必要的情况下可布置超前钻探,结合地质雷达扫描、TSP 系统探测、红外线探水等超前工程物探工作,预报工程地质条件。在隧道超前钻探中为了保证安全,同时能够提高效率,可采用长距离超前钻探与短距离超前钻探相结合进行地质预报。

## 4.6 储 罐

**4.6.1** 储罐按其容积通常分为中小型储罐和大型储罐。大型储罐系指容积为  $10000\text{m}^3 \sim 150000\text{m}^3$  钢质浮顶罐、拱顶罐和球罐,而以钢质浮顶罐居多。这种储罐的特点是基底载荷较大,对不均匀沉降较为敏感。一般规定储罐周边沉降差每 10m 不超过 25mm,属于 I 类建筑物。因此,其岩土工程勘察宜分阶段进行。对于场地工程地质条件简单且场地或邻近场地已有岩土工程经验或资料时,特别是对于改扩建项目的场地,也可根据具体情况适当合并勘察阶段或直接进行详细勘察。

**4.6.2** 本条对可行性研究勘察阶段的重点提出了要求,可行性研究勘察阶段主要是对拟建储罐场地的稳定性和适宜性做出分析评

价,特别是当具有两个或两个以上拟选场区时,应进行方案比选,推荐首选罐址方案。

**4.6.3、4.6.4** 在初步勘察阶段,储罐平面布置尚未确定,因此该阶段勘探点的布置一般是按方格网布置。在实际工程中,还应结合工程特点,根据场区岩土工程条件增加相应工作。本次标准修订,对初步勘察勘探线、勘探点间距是参照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001(2009年版)和现行行业标准《石油化工岩土工程勘察规范》SH/T 3159—2009的相关规定,结合近年工程实践,对于地基复杂程度等级为一级的场地,根据勘探点最大间距不宜大于50000 m<sup>3</sup>储罐的直径(60m)这一原则进行的。

**4.6.5、4.6.6** 勘探线(点)的间距根据“地基复杂程度等级”确定;对于勘探孔的深度,根据以往经验结合部分实测资料和理论计算,软土勘探深度基本按1.0D~1.1D(D为罐基础直径)确定的,一般性黏性土、粉土及砂土的勘探深度为0.6D~0.7D;关于储罐容积和直径的关系,对于标准储罐可以参照表2,对于非标准储罐应取得其直径的相应尺寸。

表2 标准储罐内直径尺寸与容积对照表

内径(m)	21	29	46	60	80	100
容积(m <sup>3</sup> )	5000	10000	30000	50000	100000	150000

**4.6.7** 本条对初步勘察阶段的勘探深度的增减进行了说明,特别是对于岩质地基,控制性孔应钻入岩体比较完整的中等风化层内不少于3m。在花岗岩等地区,由于可能存在大的孤石,进入中等风化层的深度可适当增加。

**4.6.8** 本条对取土试样和原位测试提出了基本要求,主要是为了满足储罐地基的稳定性分析评价,以便设计能够根据场区岩土的工程性质进行合理的储罐总平面布置。

**4.6.11** 本次修订主要依据我国储罐以标准储罐为主,上一版标准中以罐直径作为变量意义不大,且未考虑场地的地基复杂程度等级这一主要因素,勘探点的数量应以场地岩土工程条件为布设

的主要依据之一。本次修订就是根据这一原则和为了更具有可操作性而修订此条的。勘探点的数量根据以往工程经验,参照英国壳牌《SITE INVESTIGATIONS》(DEP 34. 11. 00. 10 - Gen 1999. 12)对储罐详细勘察的勘察孔布置数量和形式见表 3 的规定和现行行业标准《石油化工钢储罐地基与基础设计规范》SH/T 3068—2007 对每台储罐地基勘探点数量见表 4 的规定综合确定的。

表 3 储罐勘探点数量

储罐直径(m)	勘探点数量	勘探点位置
<10	1	中心
10~24	5	中心 1 个,另外 4 个沿圆周布置
25~49	9	中心 1 个,另外 8 个沿圆周布置
50~59	13	中心 1 个,另外 12 个沿圆周布置
60~90	17	中心 1 个,另外 4 个沿直径 1/2 的圆周布置,12 个沿圆周布置
>90	23	中心 1 个,另外 6 个沿直径 1/2 的圆周布置,16 个沿圆周布置

表 4 每台储罐地基勘探点数量

场地类别	储罐公称容积(m <sup>3</sup> )					
	≤5000	10000	20000~30000	50000	100000	150000
简单场地	3	3~5	4~5	5~9	10~13	13~16
中等复杂场地	3~4	5~7	5~9	9~13	13~21	16~25
复杂场地	4~5	6~9	9~12	13~18	21~25	25~30

4.6.12 大型储罐地基勘探深度的规定主要考虑以下几方面的要求:

(1) 等于或略深于地基变形计算的深度,满足变形计算的要求;

(2)满足地基承载力和软弱下卧层验算的需要；

(3)满足对某些不良地质作用追索的要求。

以上各点中起控制作用的是满足变形计算要求。

确定地基变形计算深度有“应力比法”和“沉降比法”，勘察工作由于缺乏荷载和模量等数据，用“沉降比法”确定孔深有一定的难度，故本标准采用“应力比法”。

**4.6.13** 对固结试验最大压力的规定，主要是对大型储罐规定的，大型储罐的基底附加压力一般在 270kPa 左右，故对室内固结试验最大压力做出此规定，并提供固结系数。关于渗透系数和固结系数的要求，是基于对于软土地基和储罐充水过程中确定地基土的固结变形和充水速率而提出的。

**4.6.16** 对于储罐的沉降计算，勘察期间一般获得上部荷载等相关数据有限，因此分析计算有很大局限性，如有特殊要求提供沉降计算成果，除了可以根据分层总和法和有效应力法进行计算外，还可以采用有限元等方法进行多方法计算分析。因此岩土工程勘察报告要求中没有特别单列沉降计算，但鼓励有条件时增加这方面的内容。

## 4.7 地下水封洞库

**4.7.1** 地下水封洞库属于地下工程的范畴，其勘察阶段的划分与一般地面工程有所区别。其在选址勘察阶段一般要分两步，首先要进行预可行性研究阶段的勘察，而后进行可行性研究阶段的勘察，从而初步确定库址。同时，在水封洞库的施工过程中要进行大量的施工勘察工作。现行国家标准《地下水封石洞油库设计规范》GB 50455—2008 对勘察同样划分为四个阶段，同本标准一致只是命名不同。其选址勘察对应预可研阶段勘察，初步勘察对应可研阶段勘察，详细勘察对应初步设计阶段勘察，施工勘察对应施工图设计与施工阶段勘察。

**4.7.2** 关于库区围岩岩体的选择，主要是选择岩质坚硬，完整性

和稳定性好的岩体；该岩体宜具有弱透水性且具有相对稳定的地下水位。地下水封洞库原则上是不进行或仅局部进行支护的，而且应有良好的水封条件，上述原则主要是基于水封洞库工程的特点和国外建库经验而提出的。根据北欧、日本、韩国等水封洞库建设技术成熟国家的工程经验，也是这样要求的，即应选择以岩浆岩或变质岩等以结晶岩体为主的块状岩体区。代表性岩石类型有：闪长岩、花岗岩等侵入岩，片麻岩等变质岩，凝灰岩、安山岩等火成岩。对于硬质砂岩国内有水电工程的地下厂房等地下工程、国外新加坡有在砂岩区建设地下水封洞库的经验可以参考；对于灰岩、白云岩等，由于建库经验不足，应慎用。国内已经建成的锦州、青岛和正在建设的惠州、湛江地下水封洞库均选择在花岗岩体区域。

**4.7.5 预可研阶段勘察以搜集资料、现场踏勘和工程地质测绘为主。**当地层(岩层)露头不好，可布置适量的钻探工作，为了使本阶段的勘察工作能够满足设计需要，并考虑其经济合理性，规定每个库址勘探点的数量宜为 1 个~3 个，库址类别可以按表 5 的规定划分。

**表 5 水封洞库库址条件分类**

库址类别	地形地貌条件	工程地质条件	水文地质条件	围岩开挖后稳定状态
优等库址	山形完整、低矮宽厚、库址位于海滨、湖畔	岩性单一、岩质坚硬、岩体完整、无软弱夹层；构造简单，结构面 1 组~2 组，以层面、构造节理为主，多呈闭合型，平均间距大于 1.0m，无危险结构面，呈整体状或巨厚层状结构；风化层薄且分布较均匀，新鲜岩体以 I 类围岩为主	含毛细裂隙水为主；易于确定设计地下水位；补给充分，水质对混凝土无侵蚀性，并对储存介质质量相对稳定性无影响	围岩稳定，无坍塌，可能产生岩爆。暴露时间长会出现局部小坍塌。被结构面切割后的拱顶，不加支护可能出现局部失稳

续表 5

库址类别	地形地貌条件	工程地质条件	水文地质条件	围岩开挖后稳定状态
中等库址	<p>山体低矮宽厚,但受地表水切割而使山形不够完整;库址主要位于海滨、湖畔、次为河旁、内陆盆地边缘</p>	<p>岩性较单一、岩质坚硬、岩体较完整;构造较简单,有少量贯穿性节理裂隙,结构面平均间距 0.4m~1.0m,一般为 2 组~3 组,有少量分离体,呈块状结构;岩体风化不够均匀,新鲜岩体以 II 类围岩为主</p>	<p>虽含毛细裂隙水为主,但小断层含重力水带分布也较多;一般易于确定设计地下水位;补给较充分,水质对混凝土无侵蚀性,并对储存介质质量相对稳定性无影响</p>	<p>围岩稳定,无坍塌,可能产生岩爆。暴露时间长会出现局部小坍塌。被结构面切割后的拱顶,不加支护可能出现局部失稳</p>
劣等库址	<p>山体瘦小或狭长陡峻、受地表水切割较严重而使山形较破碎,库址亦临河旁或湖畔、海滨</p>	<p>岩性较复杂,岩体完整性较差、软岩或软弱夹层较多;构造较复杂,小断层与节理均发育,一般大于 3 组,间距小于 0.4m,呈块状和碎裂状结构;岩体风化很不均匀,沿软岩与破碎带风化较深并偶有囊状风化体,新鲜岩体以 III 类~IV 类围岩为主</p>	<p>含重力水为主;设计地下水位虽易于确定,但补给较困难,水质对混凝土一般无侵蚀性,并对储存介质质量相对稳定性无影响</p>	<p>拱顶无支护时可产生较大的坍塌;侧壁有时失去稳定</p>

4.7.6、4.7.7 可研阶段勘察应初步查明库区范围内的工程地质与水文地质条件,特别是岩层的产状、主要断层、破碎带和节理裂隙密集带的位置、产状、规模及其组合关系。为了防止大量涌水造成施工及运营成本的过大,提出了应在初步查明岩体结构和水文地质条件的同时,估算水封洞库的最大涌水量。考虑到地下水资

料具有长期积累的特点,应利用库区已有勘探孔、民用井、地面水体初步建立水文观测网,开始定期水位、水质监测工作。

**4.7.10** 钻孔的布置应具有针对性,因为每个钻孔均需要花费相当的资金。本条要求应对钻孔进行设计,包括孔深、孔径、垂直还是斜孔、拟在孔内进行何种测试与试验、钻孔的后期利用、回填等综合考虑,以提高钻孔的利用率。

**4.7.14** 本条要求对每个钻孔进行设计,主要是要明确钻孔的目的、孔径、深度、斜度、孔内测试项目及要求、终孔后的利用及保护等内容。这里提出了各类勘探点布置的间距和原则,所谓在洞室外侧交叉布置,并不是要求每条洞室两侧一定要有钻孔,根据本条规定的勘探点间距,结合实际岩土工程与水文地质条件布置钻孔,该间距是包括前期所有可利用钻孔在内的原则性间距;对于洞室进出口可采用平硐,如有可能最好是针对施工巷道先行进行施工导洞,这样一来既可取得各项实际资料,又可节省费用。

**4.7.15** 本条所列举的孔内测试工作,主要是结合国外地下水封洞库勘察中所经常采用的方法。同时结合国内已经建成和正在建设的地下水封储油洞库工程实践,考虑国内测试方法与手段的可操作性,建议采取这些测试手段丰富勘察内容,提供相关岩土参数。

**4.7.16** 对于水封洞库来说,勘察过程中地下水的研究是其一项非常重要的工作,应在勘察工作一开始就进行相应的工作。不仅要查清库区范围内的水文地质条件,还要分析研究周围地下水和地表水的利用情况,分析预测其将对水封洞库的水封条件的影响,根据分析结果必要时可采取有效措施,如设置竖向水力帷幕等。

**4.7.18~4.7.20** 地下岩体的地质条件复杂多变,通过工程物探、钻探准确确定围岩级别及其稳定性是较困难的,国外工程实践也证明了这一点。一般情况下,施工图设计及施工阶段的勘察工作最能体现出地下工程动态施工动态设计的理念。

## 4.8 滩海结构物

**4.8.1** 滩海结构物主要包括滩海地区建设的码头、栈桥、平台、人工岛、海堤及进海路、管道等。要求滩海工程岩土工程勘察工作宜分阶段进行,以便满足相应工程设计阶段的设计要求。根据工程实际,部分工程可合并勘察阶段或直接进行一次性详细勘察。

对于移动式平台和其他移动设施的勘察工作可进行一次性详细勘察,应根据设计要求和环境特点重点调查工程区域的自然环境条件,包括水深、水文气象条件、地震、海生物、工程地质条件等环境资料,其研究内容和深度应满足工程施工图设计的要求。

**4.8.2** 可行性研究勘察主要是评价场址或路由区的稳定性和适宜性,通过可行性研究勘察能够在较大范围内做出方案比较、择优建设,这项工作做好了,后期工作将较为顺利。对于滩海结构物工程,这个阶段的勘察工作的重要性更为突出,主要工作是搜集已有资料、踏勘与调查。

水文气象条件包括水深、潮位、流速、流向、波高、周期、波向、海冰、冰温、水温,以及风速、风向、气温、雪覆盖、结冰等条件,往往是海上结构物各设计阶段必须考虑的重要因素,是计算环境荷载的重要依据,对结构物安全影响巨大,各勘察阶段工作中均应予以重视;台风、风暴潮等灾害性天气也应注意调查与说明。

海洋开发活动及其规划主要有:渔业、矿产资源开发、交通运输、通信、电力、农业、市政、军事及其他开发活动和规划,勘察工作中应注意与设计人员共同搜集和调查。

推荐场址或路由时,根据具体情况应尽量避免不良地质作用分布区及障碍物或废弃物,尽量避免与开发活动及规划相交叉。

布置的观测工作是指在已搜集资料不能满足要求,且工程设计需要进行的观测项目,主要指气象、波浪、潮汐、海流、水温、海冰等海洋水文气象条件要素,观测项目往往属周期相对较长的专项工作。

**4.8.3~4.8.7** 初步勘察是为初步设计服务的,主要是对路由区或场地内各拟建建筑地段的稳定性做出评价。水文气象条件、不良地质作用、水动力条件造成的冲淤变化等与场地稳定性相关的问题应在初勘阶段基本解决,不宜留给详勘阶段,以便为最优路由方案的推荐,以及单体工程的平面布置、主要结构物地基基础方案及不良地质作用的防治提供资料和依据,并为详勘阶段的进一步深入打下基础。

滩海地区有些地段地质条件较为复杂且已有资料较少时,或范围大、延伸长的工程,采用有效的地球物理勘探手段往往能起到事半功倍的作用,并且对勘探点的布置又有重要指导意义。实际工作中,应根据具体情况加以选择。

岩质地基特征和土质地基不一样,与岩体特征、地质构造、风化规律有关,且不同成因、不同地段的岩质地基有很大差别,所以这里根据滩海地区岩土分布的特点,主要针对土质地基的勘探工作提出了要求;对于岩质地基的勘探工作仅做了原则性的规定,实际工作中应按当地经验确定;对于土质地基,勘探点的疏密主要决定于地基复杂程度,所以对于场地勘察勘探点的布置与第4.1节相同,标准中按“地基复杂程度等级”予以分档。

勘探点的深度主要取决于结构物的类型与特点、基础形式与尺寸、荷载大小等因素,但初勘时往往又缺少这些数据,标准中按不同地段的的不同结构物类型予以分档,工作中勘察人员可根据具体情况选择确定。

勘探工作中根据地质条件的变化和工程要求适当增减勘探孔深度,不仅适用于初步勘察的勘探工作,也适用于其他勘察阶段的勘探工作。

**4.8.8~4.8.11** 详细勘察阶段,建(构)筑物总平面或线状结构物路由已经确定,是对工程施工图设计提供详细的岩土工程勘察资料和设计施工所需的岩土参数,并应进行相应的岩土工程评价与建议。

在详勘阶段勘察工作进行前,搜集与工程有关的技术基础资

料,了解设计要求十分重要,这样能够使岩土工程勘察工作布置、岩土工程评价建议更具有针对性和合理性,并更好地解决施工中的实际问题。

不良地质作用与海底冲淤变化对滩海地区工程建设安全影响很大,在查明的基础上应提出整治措施及建议。

地基基础设计的主要原则是变形控制,所以规定勘察中应分析评价地基的均匀性,对需进行地基变形计算的建(构)筑物应提供地基变形计算参数和预测地基变形特征。

滩海地区所处腐蚀环境与陆地不尽相同,腐蚀环境参数的调查与测定项目一般包括水化学、沉积物化学、电阻率及硫酸盐还原菌,以及污损生物等,应根据工程所处腐蚀环境特点、拟采用的建筑材料及设计要求加以选取。参数测试与调查应按现行国家标准《海洋调查规范》GB/T 12763 的相关规定执行。

滩海地区建设的项目在施工和使用过程中,将对环境条件造成局部改变,包括施工中地基土、地下水的变化,运营中波、流运移的变化而产生的冲刷等,所以对这些变化与影响的预测并提出相关建议,对保证顺利施工和后期运营安全具有重要意义。

对于勘探点布置,标准中考虑按不同地基复杂程度等级和不同结构物的类型特点进行布置,并满足设计计算影响范围的要求。勘探孔深度,标准中按不同地基基础形式予以分档,并应满足地基稳定性和变形计算要求。由于滩海结构物工程建设经验和资料积累还相对较少,实际工作中勘察人员可根据具体情况选择与确定,并注意积累经验。

由于土性指标存在变异性,必须通过对不少于一定数量的数据进行统计分析才能确定其代表值,所以规定了对不扰动土试样和原位测试数据最少数量的要求。

## 4.9 管道伴行道路

**4.9.1** 本次标准修订增加了管道伴行道路章节。近年来随着管

道通行条件及运营环境变化,施工期或后期维护的通行道路条件已经得到从设计、施工和运营管理等各方重视,考虑到管道伴行道路一般设计过程中都是按照四级公路或等外公路标准进行设计,因此本章主要参照公路勘察相关规范制订,勘察阶段与管道线路勘察阶段一致。

**4.9.4~4.9.7** 管道伴行路勘察路线部分工作内容主要依据公路工程习惯做法,在初步勘察阶段以工程地质调查为主,到了详细勘察阶段布置一定勘察工作量进行细化。

**4.9.8** 管道伴行路的桥梁一般规模较小,但桥梁的墩台基础地质条件非常重要,因此初步勘察阶段和详细勘察阶段要根据方案和平面布置图进行针对具体基础形式的勘察工作。

**4.9.17** 考虑到伴行路道路等级低、涵洞荷载小等特点,同时勘探孔深度有限,因此规定取样或原位测试间距。伴行路桥梁勘察可参照此规定执行。

**4.9.18** 伴行路勘察进行的岩土试验项目与常规工程勘察基本一致,但涉及道路修筑的回填压实特点,特别强调要进行击实试验。

**4.9.19** 本条所列伴行路岩土工程勘察报告所包含的内容,适用于初步勘察与详细勘察阶段。

可行性研究阶段岩土工程勘察报告,应对伴行路沿线的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件等进行说明,对不良地质作用和特殊性岩土应阐明其类型、特性、分布及其对伴行路工程的影响与避让的可能性。

详细勘察阶段岩土工程勘察报告文字部分编写应注意下列事项:

(1)勘察报告要表述伴行路沿线岩土性质、分布、地下水位埋深等情况,同时应按照本标准表 4.2.20 进行土石等级与分类划分;

(2)桥梁、涵洞场地工程地质与水文地质条件评价时,需要结合洪水调查、气象资料等,着重评价涵洞和桥梁部位存在的洪水冲

刷风险,必要时应进行冲刷深度计算;

(3)对所选择的弃渣场进行描述,内容包括渣场的位置、地形地貌、工程地质条件、水文地质条件、场地稳定性评价以及堆载对场地的影响;

(4)有关伴行路路线绕避或对特殊性岩土、灾害地质处理措施等建议,要明确具体实施方案;

(5)重点对挖方区形成的边坡进行稳定性评价,提出适宜的工程处理措施建议。对填方区应结合挖方区的地层条件,评价其填方区工程地质条件。

## 5 不良地质作用勘察

### 5.1 岩 溶

**5.1.1** 油气管道通过岩溶发育地区的土洞和地表塌陷会对管道运行安全带来隐患,因此应进行岩溶勘察,主要是查明岩溶塌陷及土洞的发育情况,对管道通过岩溶区的适宜性进行评价,并提出绕避或防治的措施和工程建议。

**5.1.3** 对管道安全有影响的岩溶及其伴生土洞、地表塌陷,在勘察时应通过搜集的资料和踏勘、测绘结果,充分考虑管道为线形构筑物,定线时应尽量绕避,将线位选择于分水岭等有利的地段。对于串珠状发育的岩溶、地表塌陷等管道应与其大角度相交通过。

本次标准修订中根据中缅油气管道工程广西段岩溶地区管道建设的工程经验,增加了线路应避免沿断裂带、可溶岩与非可溶岩的接触带、褶皱轴部等有利于岩溶发育的部位通过,避开断裂的交汇处、岩溶水富集区及岩溶水排泄区,河谷地区线路宜选择在岩溶发育较弱的一岸,并应高于岩溶水排泄带的要求。这些规定依据2007年进行的“西气东输二线管道工程关键技术研究”课题子课题“岩溶塌陷区管道设计方法与防治技术研究”的成果,管道工程场地岩溶塌陷强度可按表6划分。

表6 管道工程场地岩溶塌陷强度划分

塌陷灾害、埋藏类型、人类活动(抽排水)	塌陷强度划分
已有塌陷,人类活动影响强烈	强
历史无塌陷,局部工程施工影响有塌陷发生	中
无塌陷,人类活动影响弱,或埋藏型岩溶区	弱

**5.1.5** 本次标准修订增加了对岩溶区管道勘察中物探线、勘探点

布置及勘探深度的要求,对于岩溶地区下伏土洞考虑到管道线路工程特点及荷载分布形式,一般管沟开挖后超过 5m 深度的土洞对管道线路工程的影响很小,因此规定查明 4m~5m 深度范围内的隐伏土洞。

## 5.2 滑 坡

**5.2.1** 管道工程通过斜坡地区,当坡体具备明显的滑坡地貌特征,或因管道工程施工(如横坡敷设)诱发滑坡时,如果无法绕避都应进行专项勘察。

**5.2.2** 对于新建管道,由于选线具有灵活性,且可能随时会改线,所以对滑坡勘察应分阶段进行,循序渐进。对于大中型滑坡在可研和初设阶段选定线时,应根据现场踏勘判定,尽量避开,如果难以避让,则应进行专项勘察。

根据近年来管道运营管理模式,对于原有管道,由于人类活动、排水条件改变等人为因素的影响而导致坡体失稳的滑坡勘察、设计及治理工程一般为抢险工程,常常不分阶段进行勘察,但通常在治理设计前也应进行方案比选,比较改线和治理滑坡的技术经济性。

**5.2.3** 本条对滑坡地段的选定线原则进行了说明,虽然定线中应依照这些原则选线,但考虑到滑坡的动态特性,应着重考虑工程的适宜性与经济性,实际操作过程中还是以避让为主,尽可能避免横切坡、高陡边坡、大段平行斜坡。

目前,随着管道口径的增大,作业带宽度随之增大,管道施工对边坡的影响很大,从近年来在山区进行大口径管道施工的经验来看,由于管道施工而引起的滑坡很多,因此在勘察中应对工程施工可能引起的滑坡给予足够重视,选线和勘察时应加大工程地质测绘和调查范围,提前进行分析评价,及时优化线位。

**5.2.4、5.2.5** 工程地质测绘和调查是滑坡勘察时应首先采用的方法,在可研和初设阶段,通过工程地质测绘和调查工作,初步判

定滑坡规模及活动性、危害性,可指导管道定线工作,以绕避大中型滑坡,同时对指导勘察、设计治理非常重要。

通过工程地质测绘和调查工作,初步判定滑动面位置、滑坡性质、地下水分布、滑动带及滑床物质组成,可有针对性地选择适用的工程物探方法,当滑动面(带)上、下岩土体电性差异较大时,可采用直流电测深法探测滑动面(带)大体位置;当滑动面(带)上、下岩土体弹性波速差异较大时,可采用地震勘探法探测滑动面(带)的位置。

**5.2.6** 通过工程地质测绘、调查及工程物探结果,结合整治方案布置勘探点线,同时应根据勘探进展及时调整勘探方法,以查明滑动面及其物理力学性质,选择更有效的滑坡治理方案,并为治理方案提供岩土工程勘察资料。

**5.2.7** 一般进行室内、野外滑面重合剪的难度大,多采用多次重复剪切试验测试残余抗剪强度,剪切试验时应分析滑动受力条件选择快剪或饱和快剪形式。实际工程中发现部分单位滑坡勘察报告及试验结果,有的未采用残余抗剪强度值进行稳定性计算,有的试验结果残余抗剪强度的  $c$  值明显偏高,重复剪切行程不够,不满足多次重复剪试验要求,这些将影响滑坡勘察成果的准确性。

**5.2.8** 滑坡的稳定验算应根据测绘、钻(坑)探及试验结果,结合滑坡现状选取计算方法和参数。计算剖面不宜少于 3 条,其中 1 条是主滑方向剖面,剖面间距不宜大于 30m。

**5.2.9** 滑坡勘察应结合管道工程特点有针对性地提出滑坡治理建议,以最优防治方案,确保管道建设和运营的安全,也要考虑周边人文环境的安全和谐。

### 5.3 危岩和崩塌

**5.3.1** 本条强调对无法绕避的危岩和崩塌灾害应进行专项勘察。

**5.3.2~5.3.5** 危岩和崩塌勘察宜分阶段进行,危岩和崩塌的勘察一般在线路工程的可行性研究勘察和初步勘察阶段进行,以工

程地质测绘和调查为主,应查明产生崩塌的条件及其规模、类型、范围,并提出绕避或防治的建议。除考虑危岩和崩塌体对管道的直接影响外,还应考虑管道在危岩和崩塌体下方通过时,当危岩失稳、崩塌体大量崩塌后影响管道经过场地的稳定性对管道造成的危害。

## 5.4 泥 石 流

**5.4.1** 泥石流的勘察一般在线路工程的可行性研究勘察阶段和初勘阶段进行,泥石流的勘察以工程地质测绘与调查为主,应查明泥石流的形成条件和泥石流的类型、规模、发育阶段、活动规律,对管道通过泥石流沟、堆积扇的适宜性进行评价,并提出绕避或通过及防治的措施和建议。

**5.4.2** 根据管道通过泥石流不同区段采取不同的通过方式,在堆积区堆积扇并不完全只有堆积,也有侵蚀存在,因此勘察时应预测横向扩展最大宽度,确定适宜管道埋设的稳定层位;在形成区、流通区最好采用跨越方式通过,跨越基础应设置于泥石流沟以外;当需要采用穿越方式时,应确定适宜管道埋设的稳定层位,并采取岩土工程和植保措施防止谷坡失稳。

泥石流的工程分类应按照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定执行,泥石流的防治应结合当地小流域治理的经验,因地制宜地采取工程措施和植物措施。

由于一般泥石流沟纵坡较大,顺沟方向侵蚀或冲刷剧烈,顺泥石流沟敷设管道工程防治难度大,很难保证管道运行中的安全,因此本次标准修订增加不宜顺泥石流沟谷敷设的要求。

**5.4.3~5.4.5** 当管道采用穿越或跨越方式通过泥石流沟时,需要采取防治工程措施,因此本次标准修订增加了泥石流勘察中应配合适当钻探、坑探及工程物探的要求,并给出了勘探线、点布置及勘探孔深度的要求。

**5.4.7** 当管道采用跨越方式通过时,为保证跨越基础稳定性,建

议基础设置于泥石流沟以外。

## 5.5 采空区

**5.5.1** 采空区的勘察宜在线路工程的可行性研究和初步勘察阶段进行,主要通过工程地质测绘与调查搜集资料,必要时辅以工程物探和钻探工作,以评价采空区稳定性,预测地表移动、变形特征和规律性,提出绕避或通过的建议,同时根据矿区经验提出处理措施。

**5.5.2** 采空区管道选线时应该避让采矿区和探明矿资源区域,可选择在已稳定的采空塌陷区敷设。当在矿区通过时应尽量缩短管道通过矿区的长度,避免后期采矿对管道稳定性造成影响。管道宜沿着铁路、高速公路、建筑物、水体、井田边界线等需要预留保安矿柱地带通过,急倾斜矿层矿区露头区域附近采矿后塌陷一般比较严重,应避免在这些区域敷设管道。

**5.5.5、5.5.6** 当工程地质测绘与调查搜集的资料能说明采空区位置、范围、大小及变形的基本特征及变形的发展趋势和稳定条件时,可不再进行勘探工作,否则应进行必要的勘探工作。采空区的勘探应优先采用工程物探,当需要采取工程处理措施时还应布置钻探工作。本次标准修订对物探测线、勘探孔布置提出了要求。

## 5.6 地震效应

**5.6.1~5.6.5** 本节规定适用于抗震设防烈度大于或等于6度地区的管道勘察的特殊要求。抗震设防烈度大于或等于6度地区应进行场地和地基的地震效应评价。对抗震设防烈度大于或等于7度地区,应根据地下水位和地层特点,初步判断是否存在地震液化的可能。对7m深度内存在饱和砂土、粉土地区,应布置适量的勘探孔并采取一定数量的土试样,钻探和试验应满足液化判定的需要。

管道工程场地对抗震有利、不利地段的划分应结合管道工程

的特点来确定,将无活动断裂、边坡稳定条件较好、场地属于坚硬场地土或密实均匀的中硬场地土等地段划分为对抗震有利地段;地质构造比较复杂,有活动性断裂,场地属于软弱场地土、条状突出的山脊、高耸孤立的山丘、非岩质(其中包括胶结不良的第三纪沉积)的陡坡、采空区、河岸和边坡的边缘、软硬不均的场地(如古河道、断层破碎带、暗埋的塘浜沟谷及半挖半填地基)等地段划分为对抗震不利地段;地质构造复杂,有活动性断裂及地震时可能发生错断、滑坡、崩塌、地陷、地裂等地段划分为对抗震危险地段,其他地段可划分为对抗震一般地段。

对于严重液化区的管道可采取换填非液化土并夯实、抗浮桩及衬铺压土等措施;对埋设于液化区较长的管道,可分段采取抗液化措施;对通过沉陷区的管道,有条件时可采用地面或地上(跨越)敷设;对确需在难以绕避的滑坡区内敷设管道时,应采取防治措施。

## 5.7 活动断裂

**5.7.1~5.7.4** 活动断裂的勘察工作应在项目的地震安全评价报告的基础上进行。一般情况下,只有在抗震设防烈度 8 度及 8 度以上地区的断裂活动才有可能产生地表错动,可能会影响管道安全,这时需要评价活动断裂对管道建设可能产生的影响,进行地震效应分析,并提出处理方案。

根据现行国家标准《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB 50470 中的相关规定,管底部土层厚度可减弱活动断裂对管道的影响,一般土层厚度大于 90m,可不考虑活动断裂错断对管道的影响。因此,活动断裂勘察应查明土层厚度、土的抗剪强度指标和剪切波速,应尽可能查明活动断裂展布位置、类型、产状、破碎带宽度等。

(1)活动断裂具有以下地形地貌特征:

1)山区或高原不断上升剥蚀或长距离的平滑分界线;

2)非岩性影响的陡坡、峭壁,深切的直线形河谷,一系列滑坡、崩塌和山前叠置的洪积扇;

3)定向断续线形分布的残丘、洼地、沼泽、芦苇地、盐碱地、湖泊、跌水、泉、温泉等;

4)近期断裂活动留下的第四系错动,水系定向展布或同向扭曲错动、地下水和植被特征等;

5)断裂带的破碎和胶结特征等;

6)深色矿物宜采用放射性碳<sup>14</sup>C法,非深色矿物宜采用热释光法或铀系法,测定已错断层位和未错断层位的地质年龄,并确定断裂活动的最新时限;

7)与地震有关的断层、地裂缝、崩塌、滑坡、地震湖、河流改道和砂土液化等。

(2)对通过活动断裂的线路,可提出以下抗震措施建议:

1)应选择在活动断裂位移和断裂带宽度较小的地段通过;

2)当预测位移很大时,则宜将管道敷设于地上并覆土保护或架空;

3)管道与断裂错动方向的交角宜为 $30^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ,以水平平滑为主的活动断裂,在断裂带及其两侧400m内应增大管沟宽度、管沟宽度宜大于沿管道法线方向的断裂水平位移,并应采用疏松砂土浅埋成斜角相交;

4)管沟经过活动断裂时,管沟的回填土宜采用疏松或中等密实、无黏性的土料;

5)经过岩石地段的断裂时,应适当加大管沟的底宽。

## 6 特殊性岩土段的线路勘察

### 6.1 黄 土

**6.1.1** 湿陷性黄土在我国是分布最广泛、最常见的一种湿陷性土,由于确定湿陷性黄土场地的湿陷类型和地基湿陷等级需要的勘探深度较大,且需要在探井中取样,对于线路工程一般可参照沿线的穿越、跨越、阀室或站场工程等来确定线路的湿陷类型及湿陷等级。在我国干旱、半干旱地区,特别是山前洪、冲积扇(裙)中常遇到湿陷性碎石土、湿陷性砂土等,这种土在一定压力下浸水也常呈现出强烈的湿陷性,对于此类土可参照湿陷性黄土进行处理。

**6.1.4** 本条规定的勘察内容是在第4.2节的基础上,针对黄土的特点所做的特殊要求。强调了易产生不良影响的黄土特殊地貌和不良地质条件。由于湿陷性土对水的特殊敏感性,重点要求了对环境水的调查和研究。湿陷性是湿陷性黄土的典型特征也应进行评价。

**6.1.5** 由于黄土地貌复杂,地形起伏大,按第4.2节规定的线路工程勘察间距可能不满足线路水工保护设计的要求,因此应加密或布置控制性勘探点。在沿线布置的控制性勘探点数量和深度应满足所控制地段黄土湿陷性评价的要求。为保证取土质量,应优先选择在探井中采取。探井要及时回填是环境保护和安全的需要,防止成为汇水点进一步塌陷发展为陷穴等。

由于土的湿化试验在现行标准规范中没有其做法要求,工程实践中没有明确的参数来区分土的湿化性质,因此本次标准修订中取消了湿化试验的要求。

**6.1.6** 近年来陕京输气管道工程及西气东输管道工程等 in 黄土地区的工程建设经验表明,管道沿高陡边坡、岷岷敷设段在工程运

行期极易出现问题,需要在勘察期结合拟采取的水工保护措施进行有针对性的勘察,因此本次标准修订增加了管道沿高陡边坡、岷峴敷设段勘察的要求。

**6.1.7、6.1.8** 这两条规定是依据 1994 年进行的“陕甘宁—北京输气管道工程黄土地区管道建设的黄土研究”课题以及 2002 年进行的“西气东输管道工程靖边—临汾段湿陷性黄土塬水工保护应用技术研究”课题的研究成果。这些地基处理方法的针对性和可操作性较强,并且已经在陕京输气管道工程施工及西气东输管道工程施工中成功应用。陕—京输气管道工程经过 1996 年 7、8 月间连降大雨的考验表明:凡是在施工中严格按照规定进行地基处理的管沟和冲沟均未出现问题,而在施工中未严格按照规定进行地基处理的管沟出现了线路被冲毁、管道裸露等事故。西气东输管道工程靖边—临汾段湿陷性黄土段应用了这些措施,从管道建成后多年运行的情况来看,处理效果良好。

在陕—京输气管道工程和西气东输管道工程中主要采用了水工保护构筑物 and 水土保持措施有机结合的系统化工程理念,在地表采用梯田、水平沟、鱼鳞坑和植被措施以加强雨水就地入渗,地下采用灰土、固化土、水泥土或防水毯等土工合成材料构成的阻水埂阻水,避免降水汇集发生潜蚀。

管道经过或接近沟头或靠近河流岸坡的地段,由于洪水冲刷极易造成失稳影响管道安全,因此本次标准修订增加了管道经过或接近沟头或靠近河流岸坡的地段应采取抗侵蚀措施。

## 6.2 盐渍岩土

**6.2.1** 盐渍岩土的定名以及盐渍岩土的分类与现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 一致。盐渍土具有溶陷、盐胀、腐蚀等工程特性,主要因素是土中易溶盐的含量。土中易溶盐主要有氯化盐类、硫酸盐类和碳酸盐类三种。具体表现为:

(1)盐渍土中的可溶盐经浸水溶滤、流失,致使土体结构松散,

在土的饱和自重压力或一定压力下出现溶陷；盐渍土溶陷性的大小与易溶盐的性质、含量、赋存条件以及浸水时间的长短等因素有关。

(2)盐渍土的盐胀性,主要是土中硫酸钠( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )在温度或湿度变化时结晶而发生体积膨胀。 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 在 $32.4^\circ\text{C}$ 以上时为无水产品,体积较小;当温度下降至 $32.4^\circ\text{C}$ 时,吸收10个水分子的结晶水,成为芒硝( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )晶体,使体积增大,如此不断地循环反复作用,使土体变松。

(3)硫酸盐盐渍土、氯盐渍土均对建材具有腐蚀性,其腐蚀程度除与盐类的成分和含量有关外,还与建筑环境有关。

盐渍岩土中易溶盐含量0.3%的界限值与现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021和《盐渍土地区建筑技术规范》GB/T 50942一致,不包括盐岩以及含盐量大于20%(或以盐为主)的土体,但俄罗斯及中亚地区一般依据俄罗斯国家标准《土的分类》(GOST 25100),其根据不同岩土性质和含盐量按表7划分出不同盐化等级。

表7 盐化等级划分表

岩土性质 盐化等级	土壤含盐量(%)					
	粉质黏土	粉土	砂土	碎石土		
				≥40% 砂土充填	≥30%粉 质黏土充填	≥30% 粉土充填
无盐化	<10	<5	<3	<3	<10	<5
弱盐化	10~15	5~8	3~7	—	—	—
中盐化	15~20	8~12	7~10	—	—	—
强盐化	20~25	12~15	10~15	—	—	—
过度盐化	>25	>15	>15	—	—	—

6.2.2 本条是根据盐渍岩土地区的具体条件拟定的。

(1)硬石膏( $\text{CaSO}_4$ )经水化后形成石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ),在

水化过程中体积膨胀,可导致建筑物的破坏。另外,在石膏-硬石膏分布地区,几乎都有发育岩溶化现象;

(2)芒硝( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )的物态变化导致其体积的膨胀与收缩。芒硝的溶解度,当温度低于  $32.4^\circ\text{C}$  时(超此温度即变成液态),随着温度的降低而降低。因此,温度变化芒硝将发生严重的体积变化。

**6.2.4** 为了保证取土试样质量符合 I 级要求,人工在探井中取样是一种很好的方法。线路工程勘探孔深度不大,而盐渍土地多分布在干旱地区,因此对内陆地区干旱盐渍土取样勘探点中应布置一定数量的探井。对于内陆湖泊、滨海地区盐渍土,不宜采用探井方法。

**6.2.5** 本条规定了盐渍岩土地段线路岩土勘察测试与试验的规定,其中对室内溶陷试验和毛细水强烈上升高度可依照下列方法进行。

(1)室内溶陷试验方法可按黄土湿陷性试验方法进行,试验报告应提供自重压力下的溶陷系数和  $200\text{kPa}$  压力下的溶陷系数,按下列步骤进行试验:

1)确定需要施加的各级压力,压力等级宜为  $50\text{kPa}$ 、 $100\text{kPa}$ 、 $150\text{kPa}$ 、 $200\text{kPa}$ ;

2)施加第一级压力后每隔  $1\text{h}$  测定一次变形读数,直至试样变形稳定为止;

3)试样在第一级压力变形稳定后,施加第二级压力,如此类推;试样在规定浸水压力下变形稳定后,向容器内自上而下注入纯水,水面宜高出试样顶面,每隔  $1\text{h}$  测记一次变形读数,直至试验变形稳定为止;

4)继续用水渗透,每隔  $2\text{h}$  测记一次读数, $24\text{h}$  后每天测记  $1$  次~ $3$  次,直至变形稳定为止。

(2)工程需要时,需测定有害毛细水的上升高度,其测试判定方法如下:

1)黏性土每隔 15cm~20cm 取样做天然含水量( $\omega$ )与塑限含水量( $\omega_p$ )测定,其  $\omega$  与  $\omega_p$  随深度变化曲线相交处对应的深度与地下水位的埋深的差值,即为有害毛细水上升高度;

2)砂类土的最大分子含水量( $\omega_m$ )对粗、中砂用高柱法测定;粉、细砂可用吸水介质法测定,测定时宜用取样处的地下水;为了初估砂类土的有害毛细水上升高度,一般可近似地采用其最大分子含水量(粗砂为 1%、中砂为 2%、细砂为 3%、粉砂为 4%)与天然含水量曲线相交处对应的深度与地下水位埋深的差值。

**6.2.6** 调查表明,有相当一部分工程是在施工过程中就已浸水溶陷,所以本条提出了在线路施工中防止各种来源的水淹没浸湿线路地基及附近场地,各道施工工序应衔接好,管沟开挖后应及时下管回填。

### 6.3 膨胀岩土

**6.3.1** 膨胀岩土包括膨胀岩和膨胀土,膨胀岩可参照膨胀土的判定方法,膨胀土一般具有如下特征:

- (1)多分布在二级或二级以上阶地、山前丘陵和盆地边缘;
- (2)地形平缓,无明显自然陡坎;
- (3)裂缝发育,方向不规则,常有光滑面和擦痕,裂缝中常充填灰白、灰绿色黏土;
- (4)干时坚硬,遇水软化,自然条件下呈坚硬或硬塑状态;
- (5)常见浅层滑坡、地裂,新开挖的坑壁易发生坍塌;
- (6)自由膨胀率大于 40%。

**6.3.2** 本条与现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 一致。南非土木研究所 Van Der Menve DH 1964 年提出,经 Willams. AAB, Donaldson, 1980 修正的按塑性指数、小于 0.002mm 的黏粒含量及活性指数膨胀潜势判别图法,由于理论上合理、指标容易获得,已经为多数研究者所公认,在国外广泛使用,有条件可以在工程中参照使用。

6.3.3 本条根据膨胀土地区的具体条件拟定,即从岩性条件、地形条件、水文地质条件、水文和气象条件等诸方面判定膨胀土及膨胀潜势,进行膨胀岩土评价,并为治理膨胀岩土提供资料。

6.3.4 控制性勘探点数量、勘探孔深度和取土间距是根据膨胀土的特殊情况制定的。我国平坦场地的大气影响深度一般不超过5m,故规定控制性勘探孔深度为5m。

6.3.5 膨胀岩土往往在坡度很小时就发生滑动,故坡地场地应特别重视稳定性分析。

6.3.6 含水量变化对膨胀岩土的物理力学性质影响非常大,因此考虑含水量变化的影响十分重要。

## 6.4 多年冻土

6.4.1 根据加拿大学者 R. J. E. 布朗(1974)编的“多年冻土术语”叙述,多年冻土术语中一个主要的语义学上的问题是“冻结”一词的使用。有两个不同的学派。一派认为“冻结”应该用于温度低于 $0^{\circ}\text{C}$ 的土(岩),而不管其中是否有冰(固态和可能为液态)存在;另一派则认为只有含有冰的土(岩)才能认为是“冻结”的。从工程角度出发,一般认为有些土,如寒土、含盐土,其温度虽然低于 $0^{\circ}\text{C}$ ,但由于含水率小或含盐量高而不含冰晶,结果其物理力学性质与含冰晶土的性质差异甚大,同时其中的物理过程也截然不同。突出冻土与未冻土在性质上的差别,应取后者为冻土的定义。

我国多年冻土主要分布在青藏高原、帕米尔及西部高山(包括祁连山、阿尔泰山、天山等),东北大小兴安岭和其他高山顶部也有零星分布。冻土主要特点是含有冰,并保持冻结状态两年或两年以上。

冻土中易溶盐含量超过表8中数值时,称为盐渍化冻土。

表8 盐渍化冻土的盐渍度界限值

土类	砂土	粉土	粉质黏土	黏土
盐渍度(%)	0.10	0.15	0.20	0.25

盐渍化冻土的盐渍度( $\zeta$ )可按式计算:

$$\zeta = \frac{m_g}{g_d} \times 100(\%) \quad (1)$$

式中:  $m_g$  ——冻土中含易溶盐的质量(g);

$g_d$  ——土骨架质量(g)。

冻土中的泥炭化程度超过表 9 中数值时,称为泥炭化冻土。

表 9 泥炭化冻土的泥炭化程度界限值

土 类	粗 颗 粒 土	黏 性 土
泥炭化程度(%)	0.10	0.25

泥炭化冻土的泥炭化程度( $\xi$ )可按式计算:

$$\xi = \frac{m_p}{g_d} \times 100(\%) \quad (2)$$

式中:  $m_p$  ——冻土中含植物残渣和泥炭的质量(g);

$g_d$  ——土骨架质量(g)。

**6.4.2** 按冻结状态的持续时间分为多年冻土、隔年冻土和季节冻土;根据形成和存在的自然条件分为高纬度多年冻土和高海拔多年冻土;根据多年冻土分布的连续程度分为大片多年冻土、岛状融区多年冻土和岛状多年冻土;按活动层与下卧土层关系分为季节冻结层和季节融化层。

(1) 大片多年冻土:在较大的地区内呈片状分布;

(2) 岛状融区多年冻土:在冻土层中有岛状的不冻层分布;

(3) 岛状多年冻土:呈岛状分布在不冻土区域内;

(4) 衔接多年冻土:冻土层中没有不冻结的活动层,多年冻土层上限与受季节性影响的季节冻土层下限相衔接;

(5) 不衔接多年冻土:多年冻土层上限与季节冻土层下限不衔接,中间有一层不冻结层。

**6.4.3** 一般情况下,冻土类型与融沉类别有表 10 中的对应关系,依据融沉系数有表 11 中的五种融沉等级。

表 10 冻土类型与融沉类别对应关系

冻土类型	少冰冻土	多冰冻土	富冰冻土	饱冰冻土	含土冰层
融沉类别	不融沉	弱融沉	融沉	强融沉	融陷

表 11 多年冻土的融沉性分级

土的名称	总含水率 $\omega(\%)$	平均融化下沉 系数 $\delta_0(\%)$	融沉 等级	融沉 类别
碎(卵)石土,砾砂、粗砂、中砂(粒径小于 0.075mm 的颗粒含量不大于 15%)	$\omega < 10$	$\delta_0 \leq 1$	I	不融沉
	$\omega \geq 10$	$1 < \delta_0 \leq 3$	II	弱融沉
碎(卵)石土,砾砂、粗砂、中砂(粒径小于 0.075mm 的颗粒含量均大于 15%)	$\omega < 12$	$\delta_0 \leq 1$	I	不融沉
	$12 \leq \omega < 15$	$1 < \delta_0 \leq 3$	II	弱融沉
	$15 \leq \omega < 25$	$3 < \delta_0 \leq 10$	III	融沉
	$\omega \geq 25$	$10 < \delta_0 \leq 25$	IV	强融沉
粉砂、细砂	$\omega < 14$	$\delta_0 \leq 1$	I	不融沉
	$14 \leq \omega < 18$	$1 < \delta_0 \leq 3$	II	弱融沉
	$18 \leq \omega < 28$	$3 < \delta_0 \leq 10$	III	融沉
	$\omega \geq 28$	$10 < \delta_0 \leq 25$	IV	强融沉
粉土	$\omega < 17$	$\delta_0 \leq 1$	I	不融沉
	$17 \leq \omega < 21$	$1 < \delta_0 \leq 3$	II	弱融沉
	$21 \leq \omega < 32$	$3 < \delta_0 \leq 10$	III	融沉
	$\omega \geq 32$	$10 < \delta_0 \leq 25$	IV	强融沉
黏性土	$\omega < \omega_p$	$\delta_0 \leq 1$	I	不融沉
	$\omega_p \leq \omega < \omega_p + 4$	$1 < \delta_0 \leq 3$	II	弱融沉
	$\omega_p + 4 \leq \omega < \omega_p + 15$	$3 < \delta_0 \leq 10$	III	融沉
	$\omega_p + 15 \leq \omega < \omega_p + 35$	$10 < \delta_0 \leq 25$	IV	强融沉
含土冰层	$\omega \geq \omega_p + 35$	$\delta_0 > 25$	V	融陷

注:1 总含水率  $\omega$  包括冰和未冻水,  $\omega_p$  为塑限;

2 本表不包括盐渍化冻土、泥炭化冻土、腐殖土、高塑性黏土;

3 粗颗粒土用起始融化下沉含水率代替塑限。

6.4.4 研究表明,地基土冻胀除与气温条件有关外,主要与土的类型、冻前含水率和地下水位有关。粗颗粒土中当粉土、黏土颗粒增多时,土的冻胀性显著增大。土中含水率超过起始冻胀含水率时,在没有地下水补给的情况下土层仍有水分迁移现象存在,含水率发生重分布并产生冻胀。细颗粒土中小于0.005mm粒径的颗粒含量大于60%时为不冻胀土,其塑性指数大于22时冻胀性降低一级,详见表12。

表12 季节冻土与季节融化层土的冻胀性分级

土的名称及代号	冻前天然含水率 $\omega(\%)$	冻前地下水位距设计冻深的最小距离 $h_w(m)$	平均冻胀率 $\eta(\%)$	冻胀等级	冻胀类别
碎(卵)石、砾砂、粗砂、中砂(粒径小于0.075mm颗粒含量均不大于15%)、细砂(粒径小于0.075mm颗粒含量不大于10%)	不饱和	不考虑	$\eta \leq 1$	I	不冻胀
	饱和含水	无隔水层时	$1 < \eta \leq 3.5$	II	弱冻胀
	饱和含水	有隔水层时	$\eta > 3.5$	III	冻胀
碎(卵)石、砾砂、粗砂、中砂(粒径小于0.075mm颗粒含量均大于15%)、细砂(粒径小于0.075mm颗粒含量大于10%)	$\omega \leq 12$	$> 1.0$	$\eta \leq 1$	I	不冻胀
		$\leq 1.0$			
	$12 < \omega \leq 18$	$> 1.0$	$1 < \eta \leq 3.5$	II	弱冻胀
		$\leq 1.0$			
	$\omega > 18$	$> 0.5$	$3.5 < \eta \leq 6$	III	冻胀
		$\leq 0.5$			
粉砂	$\omega \leq 14$	$> 1.0$	$\eta \leq 1$	I	不冻胀
		$\leq 1.0$			
	$14 < \omega \leq 19$	$> 1.0$	$1 < \eta \leq 3.5$	II	弱冻胀
		$\leq 1.0$			
	$19 < \omega \leq 23$	$> 1.0$	$3.5 < \eta \leq 6$	III	冻胀
		$\leq 1.0$			
	$\omega > 23$	不考虑	$\eta > 12$	V	特强冻胀

续表 12

土的名称及代号	冻前天然 含水率 $\omega$ (%)	冻前地下水位 距设计冻深 的最小距离 $h_w$ (m)	平均冻胀率 $\eta$ (%)	冻胀 等级	冻胀类别
粉土	$\omega \leq 19$	$>1.5$	$\eta \leq 1$	I	不冻胀
		$\leq 1.5$	$1 < \eta \leq 3.5$	II	弱冻胀
	$19 < \omega \leq 22$	$>1.5$			
		$\leq 1.5$			
	$22 < \omega \leq 26$	$>1.5$	$6 < \eta \leq 12$	IV	强冻胀
		$\leq 1.5$			
	$26 < \omega \leq 30$	$>1.5$	$\eta > 12$	V	特强冻胀
		$\leq 1.5$			
$\omega > 30$	不考虑				
黏性土	$\omega \leq \omega_p + 2$	$>2.0$	$\eta \leq 1$	I	不冻胀
		$\leq 2.0$	$1 < \eta \leq 3.5$	II	弱冻胀
	$\omega_p + 2 < \omega \leq \omega_p + 5$	$>2.0$			
		$\leq 2.0$			
	$\omega_p + 5 < \omega \leq \omega_p + 9$	$>2.0$	$6 < \eta \leq 12$	IV	强冻胀
		$\leq 2.0$			
	$\omega_p + 9 < \omega \leq \omega_p + 15$	$>2.0$	$\eta > 12$	V	特强冻胀
		$\leq 2.0$			
$\omega > \omega_p + 15$	不考虑				

注:1  $\omega_p$ —塑限(%), $\omega$ —冻前天然含水率在冻层内的平均值;

2 盐渍化冻土不在表列;

3 塑性指数大于 22 时,冻胀性降低一级;

4 粒径小于 0.005mm 的颗粒含量大于 60%时,为不冻胀土;

5 碎石类土当填充物大于全部质量的 40%时,其冻胀性按填充物土类别判定。

影响地基土冻胀的地下水深度主要是有关各类土毛细水高度的临界深度；黏土、粉质黏土为 1.2m~2.0m，粉土为 1.0m~1.5m，砂土为 0.5m。当地下水位低于临界深度时，可不考虑地下水对冻胀的影响，仅考虑土中含水率的影响，属封闭系统情况。当地下水位高于临界深度时，可按开敞系统考虑，即考虑土中含水率和地下水补给的影响。

**6.4.5 场地复杂程度等级划分**主要考虑危害建筑物的场地抗震设防烈度等级、不良地质作用的发育程度、冻土现象发育程度、地形地貌复杂程度等。地基复杂程度等级划分时，除了根据地质及岩土等因素之外，应特别注意冻土条件（包括冻土工程类型及分布，季节冻结与季节融化深度、冻土的含冰量与温度状态、地表植被和雪覆盖状态等）的破坏情况，因为它们的存在及变化都直接影响着冻土工程地质条件的变化。因此，主要考虑冻土工程地质条件，其中多年冻土的年平均地温直接影响和决定着多年冻土工程地质条件的稳定状态。按我国多年冻土年平均地温可分为四级：极不稳定状态（年平均地温高于 $-0.5^{\circ}\text{C}$ ）、不稳定状态（年平均地温为 $-0.5^{\circ}\text{C}\sim-1.0^{\circ}\text{C}$ ）、基本稳定状态（年平均地温为 $-1^{\circ}\text{C}\sim-2^{\circ}\text{C}$ ）和稳定状态（年平均地温低于 $-2^{\circ}\text{C}$ 以下）。各种状态下的冻土工程地质条件稳定性相差甚大，它们对气候、地质、生态环境及人类工程活动的反应各不相同。不稳定状态下的多年冻土的反应极其敏感，以致完全改变冻土工程地质的全部性质，出现大量的冻土工程地质问题。所以，冻土地区的地基复杂程度等级划分主要取决于冻土的含冰条件及年平均地温。

**6.4.6 多年冻土地区线路工程地质勘察**工作内容除了常规工程地质勘察要求外，特别提出了针对冻土特点的内容。因为多年冻土及其分布特征决定着建筑物的设计原则、基础埋置深度、地基土的工程性质和冻土的稳定性；工程建设的施工和运营都可能改变冻土工程地质条件与冻土环境，甚至可导致与原冻土工程地质条件相差巨大的变化。因此，冻土工程地质勘察的要求与内容就远

比常规岩土工程地质勘察复杂,更重要的是本条规定的项目都直接涉及建筑物的安全性和稳定性。由于未能了解上述内容而导致建筑物破坏的事例较多,本条规定的勘察内容可按勘察阶段及各工程的特殊要求选择和确定各项工作深度和广度。在进行冻土工程地质勘察时,可通过搜集资料、踏勘、现场的详细冻土测绘及勘探等方法来获得。

**6.4.7** 多年冻土地段线路勘探孔深度的确定,主要是根据多年冻土上限及富含地下水层的特点。地基土融化深度受建(构)筑物(如管道)温度、冻土土质类型、冻土温度等因素的影响,管道线路勘探孔的深度应考虑冻土类别和工程性质,在管道使用过程中热量的传导作用,地基土融化是持续的,直到热平衡稳定。

依据现行国家标准《冻土工程地质勘察规范》GB 50324—2014 及多年冻土区勘察经验,铁路、公路路基工程勘探孔深度不小于8m且不小于2倍天然上限。地温年变化深度在大兴安岭地区为8m~20m,青藏高原则为10m~15m左右。因此,管道勘察勘探孔深度不应小于8m及2倍多年冻土区天然上限深度,才能确保管道的安全和稳定。当遇到饱和冻土、含土冰层地段的部分勘探点应适当增加深度,必要时穿透。

**6.4.8** 根据经验,冻土钻探回次进尺随含冰量的增加,土温降低可以加大。但对含卵砾石较多的土层应少钻勤提,以避免冻土全部融化。冻土钻探对于富冰冻土、饱冰冻土和含土冰层回次进尺可达0.8m。对卵砾石含量较多的土层钻进0.1m~0.2m即需提钻。在冻土钻进过程中,当土温较高或近似塑性冻土,或为了判定是否为多年冻土,及钻探取样较困难时,采用击入法取样可取得较好效果。当冻土中含有碎(卵)石时,钻进时间过长,取出冻土样品困难,可加少量水取出。钻探进尺可根据具体情况进行。

钻孔开孔直径宜按钻机性能和冻土取样的需要采用最大口径,如100型钻机一般开孔直径为146mm。为满足柱状土样直径

80mm 的要求,终孔直径应不小于 91mm,以采用 110mm 为宜。在冻土层钻探过程中,钻探所产生的热量破坏了原来冻土温度的平衡条件,引起冻土融化,孔壁坍塌或掉块,妨碍了正常钻探。为此,除采用泥浆护孔外,在冻土中采用金属套管下入孔内,防止孔壁坍塌或掉块现象是较适宜的措施。

**6.4.9** 冻土物理力学与热学性质的试验与测试是冻土工程地质勘察工作主要内容之一。勘察期间首先应开展冻土物理性质试验,进行冻土分类。按保护多年冻土原则设计时,应侧重选择与冻土的温度状况、长期强度和蠕变性能有关的试验项目。选用土的物理指标的代表性和可靠性,直接影响计算的正确性。

**6.4.10** 不良冻土现象的调查与测绘是冻土工程地质勘察的一项重要内容。查明建设区域对工程存在直接威胁和潜在危险的不良冻土现象类型、分布范围、发生发展规律,评价其对拟建工程稳定性的影响程度,提出防治对策和设计、施工注意事项,是不良冻土现象调查与测绘的重要任务。

冰椎、冻胀丘是多年冻土地区冬季常见的、对工程构成严重威胁的不良冻土现象。冬季地表冻结后,地下水承压,从薄弱处挤出地表冻结形成的椎状、草帽状冰体称为冰椎。冰椎一般可分成河水冰椎和泉水冰椎。河水冰椎是河面封冻后,承压河水在冰层薄弱处挤破冰层流出,在冰层表面冻结而成,它多分布在河床及漫滩。泉水冰椎是地下水流出地面冻结而成,它多分布在阶地、山间洼地和山前洪积扇的边缘地带。在一定地层结构和冻结条件下,地下水在地面下某处冻结,形成冰凸镜体,产生聚冰膨胀,将地表抬升、鼓起呈丘状,称为冻胀丘或冰丘。冻胀丘多分布在河漫滩、阶地、沼泽湿地、平缓山坡和山前地带。

冰椎、冻胀丘在发育过程中如果遇到阻碍,可产生巨大膨胀力,可使建筑物产生严重变形甚至破坏。因此,在一般情况下,冻土工程选址应尽量避免开冰椎、冻胀丘发育地段。如果无法避开时,应查明建筑地带的水文地质条件,采取有效防止冰椎、冻胀丘在建

筑物附近出现的工程措施和确保建筑物安全的特殊结构。

**6.4.11** 在冻土地区对管道进行施工勘察时需分析初步勘察、详细勘察阶段资料,掌握沿线冻土工程地质条件及冻土现象,预测施工中可能遇到的冻土工程问题和冻土环境问题。根据施工中所遇到和发生的冻土工程问题进行补充勘察,提出变更设计、工程处理措施的建议和施工注意事项。

## 6.5 软 土

**6.5.1** 在软土分布地区,从地表向下包括了一系列不同岩性的土层(如淤泥、淤泥质黏土、粉土等),地表常有硬壳层,地下有若干硬土层,是良好的可供选择的持力层。大部分软土灵敏性高,结构扰动后强度有很大降低。典型软土的分类与鉴别可按表 13 的规定执行,该表与现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 基本一致。

表 13 典型软土的鉴别

软土名称	现场鉴别特征	有机质含量 $W_u(\%)$	含水量 $W$	孔隙比 $e$
淤泥质土	深灰色,有光泽,味臭,除腐殖质外尚含少量未完全分解的动植物体,浸水后水面出现气泡,干燥后体积收缩	$5 \leq W_u \leq 10$	$W > W_L$	$1.0 \leq e < 1.5$
淤泥				$e \geq 1.5$
泥炭质土	深灰或黑色,有腥臭味,能看到未完全分解的植物结构,浸水体胀,宜崩解,有植物残渣浮于水中,干缩现象明显	$10 < W_u \leq 25$ (弱泥炭质土)	—	—
		$25 < W_u \leq 40$ (中泥炭质土)		
		$40 < W_u \leq 60$ (强泥炭质土)		

续表 13

软土名称	现场鉴别特征	有机质含量 $W_u$ (%)	含水量 $W$	孔隙比 $e$
泥炭	除有泥炭质土特征外,结构松散,土质很轻,暗无光泽,干缩现象极为明显	$W_u > 60$	—	—

注:有机质含量  $W_u$  按灼失量试验确定。

### 6.5.2 对软土地区的勘察应特别注意查明下列问题:

(1)土层均匀性,具体指厚度、土性等在水向和垂直向的变化;

(2)硬土层的埋藏条件;

(3)软土层微地貌形态与不同性质的软土层分布有内在联系,查明微地貌、旧堤、堆土场和暗埋的塘、浜、沟、穴等,有助于查明软土层的分布;

(4)地区的工程实践是最为重要的建筑经验,是软土评价、设计和施工安全可靠的保证。

### 6.5.3 对于勘探点的间距,由于软土性质和分布的复杂性,提出了除应满足本标准第 4.2 节要求外,还应满足同一地段软土的勘探点不应少于 3 个的要求。

勘探手段应钻探取样与原位测试相结合,在软土地区用原位测试取代相当数量的钻孔,不仅减少钻探取样和土工试验的工作量,缩短勘察周期,而且可以提高勘察质量。

一般情况下,勘探深度除满足一般线路勘察要求外,还应深入软土层下 1m(或 5m),如有可能采用桩基时,应根据工程设计要求确定勘探深度。

### 6.5.4 软土地基处理的方法很多,针对管道工程的特点,可以采用支护、悬浮式短桩、配重等方法。

## 6.6 风 沙

**6.6.2** 风沙场地类别是根据沙漠地带环境条件,结合管道工程的特点所做的具体的划分。

**6.6.3** 沙丘移动是相当复杂的,影响的因素主要有风、沙丘自身高度(体积)、沙的含水量和植被等。

沙丘的移动方式由风向及其变化规律支配,可分为前进式、前进往复式和往复式三类。

沙丘的移动速度取决于风速,也受沙丘本身高度的控制,大型者移动慢,小型者移动快。表 14 可为此提供参考。

表 14 不同高度沙丘的移动速度(甘肃民勤)

沙丘高度(m)	4.5	5.5	6.0	8.0	9.0	13.0
移动速度(m/a)	10.0	8.7	7.5	6.2	5.0	4.0

沙的含水量对沙丘移动的影响主要表现在:沙湿润时,其黏滞性和团聚作用强,起动风速度高;含水量高时,宜于植被生长,除根系固沙作用外,植被增加了地表的粗糙度,削弱了近地表的风速,减少了沙的吹扬搬运量。

**6.6.5** 沙漠地区管道建设的岩土工程问题主要是由沙漠环境的脆弱性和敏感性引起的。流动沙地、活动沙丘的地貌状况处于变动状态,管线应尽量铺设于流动沙层以下。裸管于地表,强烈的风沙磨蚀作用将会严重损伤管线;地表形态的迅速变迁,也会引起管线应力的变化,在运营条件下,这种变化是危险的。同时,管线施工和伴行道路的建设,大面积扰动沙漠表壳、破坏植被,必然降低其涵水抗蚀性,加剧风蚀作用,引起固化沙的活化或导致沙漠化的产生和蔓延,破坏和恶化生态环境。因此管线施工必须与防沙固土工程同步进行,工程措施与生物措施相结合,可以采取下列措施:

- (1)绕丘开沟整地、穴状整地、带状整地、鱼鳞坑整地;
- (2)在管线两侧设置沙障(立式、卧式、网格式)、阻沙栅栏;

(3)以栽植草灌为主,乔木逐渐发展的办法为辅,营建防风固沙林、护坡林、护路林;

(4)缩短施工周期,采用边开挖、边铺管、边回填、边治理、边种植的流水作业施工;

(5)尽量缩小施工作业带的宽度,固定施工便道、料场,合理堆放弃土,充分利用天然洼地铺放沙土,种植林草,保护植被。