

**中国工程建设标准化协会标准**

**城市综合管廊岩土工程勘察标准**

**Code for investigation geotechnical of city utility tunnel**

**（征求意见稿）**

**中国XX出版社**

中国工程建设标准化协会标准

**城市综合管廊岩土工程勘察标准**

**Code for investigation geotechnical of city utility tunnel**

**T/CECS XXX:20XX**

**（征求意见稿）**

**主编单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司**

**批准单位：中国工程建设标准化协会**

**施行日期：202X年X月X日**

**中国XX出版社**

**2021　北　　京前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2019年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2019〕22号）的要求，由上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司会同有关单位组成编制组，经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制订了本标准。

本标准主要技术内容分为11章：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 勘察方案；5. 地下水；6. 勘探与取样；7. 原位测试；8. 室内试验；9. 岩土工程分析评价； 10. 岩土工程勘察成果文件；11. 现场检验与检测。

本标准由中国工程建设标准化协会城市地下综合管廊工作委员会归口管理，由上海市政工程设计研究总院（集团）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，请寄送上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司（地址：上海市杨浦区中山北二路901号，邮政编码：200092）。

主编单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

参编单位：北京市市政工程设计研究院总院有限公司

上海市隧道工程轨道交通设计研究院

深圳市市政设计研究院有限公司

中国建筑西南勘察设计研究院有限公司

甘肃中建市政工程勘察设计研究院有限公司

中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

[1 总则 1](#_Toc75799705)

[2 术语和符号 2](#_Toc75799706)

[2.1 术语 2](#_Toc75799707)

[2.2 符号 3](#_Toc75799708)

[3 基本规定 5](#_Toc75799709)

[4 勘察方案 8](#_Toc75799710)

[4.1 一般规定 8](#_Toc75799711)

[4.2 可行性研究勘察 8](#_Toc75799712)

[4.3 初步勘察 9](#_Toc75799713)

[4.4 详细勘察 12](#_Toc75799714)

[4.5 施工勘察 16](#_Toc75799715)

[5 地下水 17](#_Toc75799716)

[5.1 一般规定 17](#_Toc75799717)

[5.2 地下水的勘察要求 17](#_Toc75799718)

[5.3 水文地质参数的测定 17](#_Toc75799719)

[5.4 地下水作用的评价 19](#_Toc75799720)

[6 勘探与取样 21](#_Toc75799721)

[6.1 一般规定 21](#_Toc75799722)

[6.2 勘探点定位和测量 21](#_Toc75799723)

[6.3 钻探 21](#_Toc75799724)

[6.4 挖探 23](#_Toc75799725)

[6.5 取样 23](#_Toc75799726)

[6.6 工程物探 25](#_Toc75799727)

[7 原位测试 27](#_Toc75799728)

[7.1 一般规定 27](#_Toc75799729)

[7.2 标准贯入试验 27](#_Toc75799730)

[7.3 圆锥动力触探试验 28](#_Toc75799731)

[7.4 静力触探试验 29](#_Toc75799732)

[7.5 十字板剪切试验 30](#_Toc75799733)

[7.6 波速测试 30](#_Toc75799734)

[7.7 旁压试验 31](#_Toc75799735)

[7.8 扁铲侧胀试验 33](#_Toc75799736)

[8 室内试验 35](#_Toc75799737)

[8.1 一般规定 35](#_Toc75799738)

[8.2 土的物理性质试验 35](#_Toc75799739)

[8.3 土的力学性质试验 36](#_Toc75799740)

[8.4 岩石试验 36](#_Toc75799741)

[8.5 水和土的腐蚀性分析 37](#_Toc75799742)

[9 岩土工程分析评价 38](#_Toc75799743)

[9.1 一般规定 38](#_Toc75799744)

[9.2 岩土参数的分析和选定 38](#_Toc75799745)

[9.3 明挖法施工分析评价 39](#_Toc75799746)

[9.4 顶管法施工分析评价 39](#_Toc75799747)

[9.5 盾构法施工分析评价 40](#_Toc75799748)

[9.6 矿山法施工分析评价 40](#_Toc75799749)

[9.7 其他工法的分析评价 41](#_Toc75799750)

[9.8 工程建设对工程周边环境影响分析评价 41](#_Toc75799751)

[9.9 岩土工程风险提示 41](#_Toc75799752)

[10 岩土工程勘察成果文件 42](#_Toc75799753)

[10.1 一般规定 42](#_Toc75799754)

[10.2 勘察报告的主要内容 42](#_Toc75799755)

[10.3 图表及附件 44](#_Toc75799756)

[11 现场检验与检测 46](#_Toc75799757)

[11.1 一般规定 46](#_Toc75799758)

[11.2 现场检验 46](#_Toc75799759)

[11.3 现场检测 47](#_Toc75799760)

[附录A 隧道围岩分级 48](#_Toc75799761)

[附录B 岩土施工工程分级 50](#_Toc75799762)

[附录C 水文地质参数及测定方法 53](#_Toc75799763)

[附录D 不同等级土试样的取样工具和方法 54](#_Toc75799764)

[本标准用词说明 55](#_Toc75799765)

[引用标准名录 56](#_Toc75799766)

[附：条文说明 57](#_Toc75799766)

Contents

[1 General provisions 1](#_Toc75799705)

[2 Terms and symbols 2](#_Toc75799706)

[2.1 Terms 2](#_Toc75799707)

[2.2 Symbols 3](#_Toc75799708)

[3 Basic requirements 5](#_Toc75799709)

[4 Investigation plan 8](#_Toc75799710)

[4.1 General regulations 8](#_Toc75799711)

[4.2 Feasibility study investigation 8](#_Toc75799712)

[4.3 Preliminary investigation 9](#_Toc75799713)

[4.4 Detailed investigation 12](#_Toc75799714)

[4.5 Construction investigation 16](#_Toc75799715)

[5 Groundwater 17](#_Toc75799716)

[5.1 General regulations 17](#_Toc75799717)

[5.2 Investigation requirements of groundwater 17](#_Toc75799718)

[5.3 Hydro-geological parameter determination 17](#_Toc75799719)

[5.4 Evaluation of groundwater effects 19](#_Toc75799720)

[6 Exploration and sampling 21](#_Toc75799721)

[6.1 General regulations 21](#_Toc75799722)

[6.2 Exploratory point locating and elevation surveying 21](#_Toc75799723)

[6.3 Drilling 21](#_Toc75799724)

[6.4 Digging 23](#_Toc75799725)

[6.5 Sampling 23](#_Toc75799726)

[6.6 Engineering physical prospecting 25](#_Toc75799727)

[7 In-situ tests 27](#_Toc75799728)

[7.1 General regulations 27](#_Toc75799729)

[7.2 Standard penetration test 27](#_Toc75799730)

[7.3 Dynamic penetration test 28](#_Toc75799731)

[7.4 Cone penetration test 29](#_Toc75799732)

[7.5 Vane shear test 30](#_Toc75799733)

[7.6 Wave velocity test 30](#_Toc75799734)

[7.7 Pressuremeter test 31](#_Toc75799735)

[7.8 Flat dilatometer test 33](#_Toc75799736)

[8 Laboratory tests 35](#_Toc75799737)

[8.1 General regulations 35](#_Toc75799738)

[8.2 Physical tests 35](#_Toc75799739)

[8.3 Mechanical tests 36](#_Toc75799740)

[8.4 Rock tests 36](#_Toc75799741)

[8.5 Analysis of water and soil corrosivity 37](#_Toc75799742)

[9 Geotechnical engineering analysis and evaluation 38](#_Toc75799743)

[9.1 General regulations 38](#_Toc75799744)

[9.2 Analysis and evaluation of geotechnical parameters 38](#_Toc75799745)

[9.3 Analysis and evaluation of cut and cover method construction 39](#_Toc75799746)

[9.4 Analysis and evaluation of pipe jacking method construction 39](#_Toc75799747)

[9.5 Analysis and evaluation of shield driving method construction 40](#_Toc75799748)

[9.6 Analysis and evaluation of mining method construction 40](#_Toc75799749)

[9.7 Analysis and evaluation of other construction methods 41](#_Toc75799750)

[9.8 Analysis and evaluation of the impact of construction on engineering surroundings 41](#_Toc75799751)

[9.9 Geotechnical risk warning 41](#_Toc75799752)

[10 Geotechnical investigation deliverables 42](#_Toc75799753)

[10.1 General regulations 42](#_Toc75799754)

[10.2 Main contents of report 42](#_Toc75799755)

[10.3 Charts and accessories 44](#_Toc75799756)

[11 In-situ inspection and field test 46](#_Toc75799757)

[11.1 General regulations 46](#_Toc75799758)

[11.2 In-situ inspection 46](#_Toc75799759)

[11.3 Field test 47](#_Toc75799760)

[Appendix A Surrounding rockmass classification 48](#_Toc75799761)

[Appendix B Geotechnical construction engineering classification 50](#_Toc75799762)

[Appendix C Hydro-geological parameters and determination methods 53](#_Toc75799763)

[Appendix D Sampling Instrument and method of different rank sampling 54](#_Toc75799764)

Explanation of [wording in this standard 55](#_Toc75799765)

[List of quoted standards 56](#_Toc75799766)

[Addition：Explanation of Provisions 57](#_Toc75799766)

# 1 总则

**1.0.1** 为了在城市综合管廊岩土工程勘察中贯彻执行国家技术经济政策，做到技术先进、安全可靠、经济合理、确保质量和节能环保，制定本标准。

**1.0.2**  本标准适用于城市综合管廊工程的岩土工程勘察。

**1.0.3** 城市综合管廊工程在设计和施工之前，应按基本建设程序进行岩土工程勘察。

**1.0.4** 城市综合管廊岩土工程勘察应根据拟建场地的地质特点，综合运用工程地质调绘、物探、勘探、原位测试、水文地质试验、室内试验等方法，查明场地工程地质、水文地质和不良地质情况，提出资料完整、评价正确、建议合理的勘察成果文件，为设计和施工提供依据。

**1.0.5**  城市综合管廊岩土工程勘察除应符合本标准外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1 术语

**2.1.1 城市综合管廊city utility tunnel**

建于城市地下用于容纳两类及以上城市工程管线的构筑物及附属设施。构筑物一般分为干线综合管廊、支线综合管廊、缆线综合管廊。附属设施一般有控制中心等。

**2.1.2 干线综合管廊trunk utility tunnel**

采用独立分舱方式建设，用于容纳城市主干管线的综合管廊。

**2.1.3 支线综合管廊branch utility tunnel**

采用单舱或双舱方式建设，用于容纳城市配给管线的综合管廊。

**2.1.4 缆线综合管廊cable trench**

采用浅埋沟道方式建设，设有可开启盖板但其内部空间不能满足人员正常通行要求，用于容纳电力电缆和通信线缆的综合管廊。

**2.1.5 非开挖trenchless**

采用不开挖或微开挖方式敷设地下管线的施工方法。

**2.1.6 岩土工程勘察geotechnical investigation**

根据工程建设的要求，查明、分析、评价建设场地的工程地质、水文、环境特征和岩土工程条件，编制勘察文件的活动。

**2.1.7 原位测试in-situ tests**

在岩土体所处的位置上或基本在原位状态和应力条件下对岩土工程性质进行的测试活动。

**2.1.8 工程物探engineering geophysical exploration**

根据地质体内部的各种物性差异，利用物理学的原理、方法，借助专门的仪器对地质体天然或人工物理场的分布与变化情况进行观测、对地质体的地质情况进行推断、解释的勘探方法。

**2.1.9 室内试验laboratory test**

对野外所取的岩土样和水样在室内进行物理、力学、化学、有机物、矿物等分析试验，为建（构）筑物的基础设计和施工提供符合实际情况的各类岩土和水的性质指标。

**2.1.10 不良地质unfavorable geology**

由各种地质作用或人类活动造成的对工程建设不利、可能对工程造成危害的地质现象的统称。主要包括地面沉降、岩溶、滑坡、泥石流、地震液化、人为坑洞、有害气体、危岩崩塌、岸坡坍塌等。

**2.1.11 特殊性岩土special rock and soil**

有特殊矿物成分和结构，具有特殊的物理、力学和化学性质并影响建设工程地质条件的岩土体。

**2.1.12 岩土条件 rock and soil condition**

对工程建设具有影响的岩土种类、岩土均匀性、岩土工程性质等。

trenchless

## 2.2 符号

**2.2.1 岩土的室内试验指标**

*k*——渗透系数；

*q*u——原状土的无侧限抗压强度；

*q*u’ ——重塑土的无侧限抗压强度；

*S*t——土的灵敏度。

**2.2.2 岩土的原位测试指标**

RQD——岩石质量指标；

*N*——标准贯入试验锤击数；

△*S*——相应于50击时的贯入深度；

*N*10——轻型圆锥动力触探锤击数；

*N*63.5——重型圆锥动力触探锤击数；

*N*120——超重型圆锥动力触探锤击数；

*C*u——原状土的十字板剪切强度；

*C*u'——重塑土的十字板剪切强度；

*S*t——土的灵敏度；

*E*m——旁压模量；

*P*0——旁压试验初始压力；

*P*L——旁压试验极限压力；

*P*f——旁压试验临塑压力；

*μ*——泊松比；

*V*c——旁压器固有体积；

*V*0——旁压试验初始压力P0所对应的扩张体积；

*V*f——旁压试验临塑压力Pf所对应的扩张体积；

*E*D——侧胀模量；

*K*D——侧胀水平应力指数；

*I*D——侧胀土性指数；

*U*D——侧胀孔压指数；

*u*0——静水压力；

*σ*v0——有效上覆压力。

# 3 基本规定

**3.0.1** 综合管廊工程勘察等级应根据工程重要性、场地复杂程度和岩土条件复杂程度进行等级划分，并应符合下列规定：

1 工程重要性等级应按表3.0.1-1的规定进行划分。

**表3.0.1-1 工程重要性等级**

|  |  |
| --- | --- |
| 工程重要性等级 | 综合管廊性质 |
| 一级 | 干线综合管廊；深度大于等于8m的明挖法支线综合管廊；非开挖支线综合管廊 |
| 二级 | 深度不大于8m的明挖法支线综合管廊；缆线综合管廊 |

2 场地复杂程度等级应按表3.0.1-2的规定进行划分。

**表3.0.1-2 场地复杂程度等级**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 等级 | 场地复杂  程度 | 划分依据 |
| 一级 | 复杂 | 地形地貌复杂；抗震危险地段；不良地质强烈发育；地质环境已经或可能受到强烈破坏；存在对工程有较大影响的多层地下水、岩溶裂隙水或其他水文地质条件复杂，需要专门研究的场地；周边环境条件复杂 |
| 二级 | 中等复杂 | 地形地貌较复杂；抗震不利地段；不良地质一般发育；地质环境已经或可能受到一般破坏；地下水对工程影响一般；周边环境条件中等复杂 |
| 三级 | 简单 | 地形地貌简单；抗震一般和有利地段；不良地质不发育；地质环境基本未受破坏；地下水对工程无影响；周边环境条件简单 |

注：1 等级划分只需要满足划分依据中任何一个条件即可；

2 从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准；

3 对建筑抗震有利、一般、不利和危险地段的划分，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011的有关规定确定。

3 岩土条件复杂程度等级应按表3.0.1-3的规定进行划分。

**表3.0.1-3 岩土条件复杂程度等级**

| 等级 | 岩土条件 复杂程度 | 划分依据 |
| --- | --- | --- |
| 一级 | 复杂 | 岩土种类多，很不均匀；围岩或地基、边坡的岩土性质变化大；存在需进行专门治理的特殊性岩土。 |
| 二级 | 中等复杂 | 岩土种类较多，不均匀；围岩或地基、边坡的岩土性质变化较大；特殊性岩土不需要专门治理 |
| 三级 | 简单 | 岩土种类单一，均匀；围岩或地基、边坡的岩土性质变化不大；工程影响范围内无特殊性岩土 |

注：1 等级划分只需要满足划分依据中任何一个条件即可；

2 从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准。

4 岩土工程勘察等级应按表3.0.1-4的规定进行划分。

**表3.0.1-4 岩土工程勘察等级**

|  |  |
| --- | --- |
| 岩土工程勘察等级 | 划分依据 |
| 甲级 | 工程重要性等级、场地复杂程度等级、岩土条件复杂程度等级中有一项或多项为一级 |
| 乙级 | 除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目 |
| 丙级 | 工程重要性等级为二级，场地复杂程度等级和岩土条件复杂程度等级均为三级 |

**3.0.2** 综合管廊工程的岩土工程勘察应按不同设计阶段的技术要求，编制勘察纲要，开展相应的勘察工作。勘察阶段可分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察。施工阶段可根据需要进行施工勘察。

**3.0.3** 综合管廊工程应在取得地形图、地下设施图纸及周边环境调查资料、沿线已有勘察设计资料和建设经验的基础上，结合综合管廊的敷设方式、施工方法等工程条件开展岩土工程勘察工作。

**3.0.4** 当遇到下列情况之一时，应进行专项调查或专项勘察工作：

1 工程周边存在重要建（构）筑物或对工程建设有重要影响的地下设施；

2 水文地质条件对工程评价或地下水控制有重大影响或需论证工程使用期间水位变化；

3 存在地面沉降、岩溶、滑坡、崩塌、泥石流、人为坑洞、地裂缝、有害气体、活动断裂等不良地质，并对工程有较大影响；

4 工程场地存在污染土或地下水受到污染。

**3.0.5** 综合管廊工程的岩土分类、不良地质及特殊性岩土分析评价应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021的相关规定。隧道围岩分级应采用定性和定量相结合的方法判定，可按本标准附录A划分；岩土施工工程分级可根据岩土类别及特征、岩石饱和单轴抗压强度、开挖方法等按本规范附录B划分。

**3.0.6** 综合管廊工程的地震效应分析评价应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定。

# 4 勘察方案

## 4.1 一般规定

**4.1.1** 综合管廊岩土工程勘察应按不同的勘察阶段、工程重要性、场地及岩土条件的复杂程度、设计要求等进行如下工作：

1 选用适宜的勘察手段，确定合理的工作量；

2 查明拟建场地的工程地质、水文地质及不良地质条件；

3 进行岩土工程分析和评价，提供设计和施工所需的岩土和水文参数；

4 评价地质条件可能造成的工程风险，提出防治措施的建议；

5 提出岩土治理、环境保护、工程监测等建议。

**4.1.2** 综合管廊工程勘察方法应以工程地质调绘、钻探、取样、原位测试、水文地质试验、室内试验为主，井探、槽探和工程物探等手段为辅。岩溶、球状风化体、断裂、人为坑洞等复杂地质条件区域，应开展工程物探工作。

**4.1.3** 勘探点宜沿管廊外侧交叉布置。明挖法综合管廊勘探点宜布置在管廊结构外侧3m内，非开挖综合管廊勘探点宜布置在管廊结构外侧3m~5m，水域段的勘探点宜布置在管廊结构外侧6m~10m。钻探取样和原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的1/2，钻探取样孔的数量不应少于勘探孔总数的1/3。

**4.1.4** 勘探孔深度应满足地基基础设计及施工工法的要求。控制性勘探孔数量不宜少于勘探孔总数的1/3。

## 4.2 可行性研究勘察

**4.2.1** 可行性研究勘察应重点研究影响线路方案的不良地质、特殊性岩土及关键部位的工程地质条件；对拟选线路场地的稳定性和适宜性作出评价，并为选线及建设方案的比选提供依据。

**4.2.2** 可行性研究勘察以搜集已有地质资料和工程地质测绘为主，当不能满足本阶段勘察要求时，根据具体情况进行必要的勘探工作。

**4.2.3** 可行性研究勘察应进行下列工作：

1 搜集工程沿线的区域地质、地形、地貌、气象、水文、地震、工程地质、岩土工程和相关工程建设经验；

2 调查并了解沿线地层、构造、岩性、地下水的类型、不良地质和特殊性岩土分布及发育规律；

3 调查工程周边环境条件，对控制线路方案的工程周边环境，分析其与线路方案的相互影响，提出规避和防治的初步建议；

4 评价场地的稳定性和适宜性；

5 评价线路各方案的工程地质条件，分析存在的工程地质问题，提出线路方案比选建议。

**4.2.4** 可行性研究勘察工作量布置应符合下列要求：

1 工程地质测绘比例尺宜为1:2000~1:5000。山岭段的测绘范围宜为线位两侧各200m~300m，其余地段的测绘范围宜为线位两侧100m~200m；

2 勘探点间距不宜大于500m，工程沿线每个工程地质单元均应有勘探点，在地质条件复杂地段宜加密勘探点；

3 当有两条或两条以上比选线路时，各比选线路均应有勘探点；

4 控制线路方案的江、河、湖等重要地表水体以及不良地质和特殊性岩土地段应有勘探点；

5 勘探孔深度应满足场地稳定性、适宜性评价和线路方案设计、工法选择等需要。

## 4.3 初步勘察

**4.3.1** 初步勘察宜在可行性研究勘察的基础上，初步查明拟建场地的岩土工程条件，提出岩土参数和建议，为初步设计提供地质依据。

**4.3.2** 初步勘察工作应根据沿线区域地质和场地工程地质、水文地质、周边环

境等条件，采用工程地质调绘、勘探与取样、原位测试、室内试验，辅以工程物探和水文地质试验等多种手段相结合的综合勘察方法。

**4.3.3** 取样数量每一主要岩土层原状试样或标准贯入试验数据不宜少于6个。

**4.3.4** 初步勘察应进行下列工作：

1 初步查明场地岩土层地质年代、成因、分布及工程性质；

2 初步查明不良地质的类型、成因、分布、规模及发展趋势，分析其对工程的危害程度，提出防治措施的建议；

3 初步查明特殊性岩土的工程性质，评价其对工程建设的影响；

4 初步查明地下水水位、地下水类型，补给、径流、排泄条件，历史最高水位，地下水动态和变化规律，地表水与地下水的水力联系；

5 初步判别水和土对建筑材料的腐蚀性；

6 初步评价场地和地基的地震效应；

7 评价场地稳定性和工程建设的适宜性；

8 对岩土工程问题进行初步分析评价，并提出设计与施工的建议。

**4.3.5** 明挖法综合管廊勘探点间距可按表4.3.5确定。

**表4.3.5 初步勘察勘探点间距（m）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 场地或岩土条件  复杂程度等级  工程重要性等级 | 一级 | 二级 | 三级 |
| 一级 | 50~100 | 100~200 | 200~300 |
| 二级 | 100~200 | 200~300 | 300~500 |
| 注：上述规定的勘探点间距为勘探点在管廊中心线的投影间距。 | | | |

**4.3.6** 明挖法综合管廊勘探孔深度应不小于2.5倍开挖深度，且应满足地基、基坑稳定性分析、变形计算、抗浮设计以及地下水控制的要求。当基底分布有填土、软土等特殊性岩土和可液化土层时，勘探孔应适当加深。在勘探孔预定深度内遇中等风化或微风化基岩时，孔深可适当减少，但进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不宜小于5m；遇溶洞、土洞、暗河、破碎带等时，应根据需要适当加深。

**4.3.7** 顶管法综合管廊勘探点间距可按表4.3.7确定。

**表4.3.7 初步勘察勘探点间距（m）**

|  |  |
| --- | --- |
| 场地或岩土条件复杂程度等级 | 勘探点间距 |
| 一级 | 50~100 |
| 二级 | 100~200 |
| 三级 | 200~300 |
| 注：1、上述规定的勘探点间距为勘探点在管廊中心线的投影间距；  2、顶管工作井应布置勘探点；  3、对穿越的大中型河流地段应布置勘探点。 | |

**4.3.8** 顶管法综合管廊勘探孔深度应满足基础设计、地下水控制、支护设计及施工要求，且不宜少于管廊底板以下2.5~3.0倍管廊高度。在勘探孔预定深度内遇基岩时，孔深可适当减少；遇软弱夹层、溶洞、土洞、暗河、破碎带等时，应根据需要适当加深。顶管工作井的勘探孔深度应满足基坑工程设计及施工要求。

**4.3.9** 盾构法综合管廊的勘探点间距可按表4.3.9的规定确定；当设计有特殊要求时，勘探点可适当加密。盾构工作井处宜有勘探点控制。

**表4.3.9 初步勘察勘探点间距（m）**

|  |  |
| --- | --- |
| 场地或岩土条件复杂程度等级 | 勘探点间距 |
| 一级 | 50~100 |
| 二级 | 100~200 |
| 三级 | 200~300 |
| 注：上述规定的勘探点间距为勘探点在管廊中心线的投影间距。 | |

**4.3.10** 盾构法综合管廊勘探孔深度应进入结构底板以下不小于3.0倍隧道直径或宽度。在勘探孔预定深度内遇中等风化或微风化基岩时，孔深可适当减少，但进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不宜小于5m；遇软弱夹层、溶洞、土洞、暗河、破碎带等时，应根据需要适当加深。

**4.3.11** 矿山法综合管廊的勘探点间距可按表4.3.11-1和4.3.11-2确定；当设计有特殊要求时，勘探点可适当加密。洞口位置宜有勘探点控制。

**表4.3.11-1 松散地层初步勘察勘探点间距（m）**

|  |  |
| --- | --- |
| 场地或岩土条件复杂程度等级 | 勘探点间距 |
| 一级 | 50~100 |
| 二级 | 100~150 |
| 三级 | 150~200 |
| 注：上述规定的勘探点间距为勘探点在管廊中心线的投影间距。 | |

**表4.3.11-2 山岭场地初步勘察勘探点间距（m）**

|  |  |
| --- | --- |
| 场地或岩土条件复杂程度等级 | 勘探点间距 |
| 一级 | 100~200 |
| 二级 | 200~400 |
| 三级 | 400~600 |
| 注： 1、上述规定的勘探点间距为勘探点在管廊中心线的投影间距；  2、在地貌、地质单元交接部位、地层变化较大地段以及不良地质和特殊性岩土发育地段应加密勘探点。 | |

**4.3.12** 矿山法勘探孔深度及取样测试应符合下列规定：

1 在松散地层中一般性勘探孔应进入地下管廊结构底板以下不小于1.5倍隧道高度，控制性勘探孔应进入综合管廊结构底板以下不小于2.5倍隧道高度。

2 在微风化或中等风化岩石中，应进入综合管廊结构底板以下不小于1.0倍隧道高度。遇岩溶、土洞、暗河、破碎带等时，应根据需要适当加深。

**4.3.13** 矿山法勘探孔取样及测试工作应符合下列规定：

1 采取试样和原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的2/3；

2 山岭综合管廊钻孔均应进行波速测试；

3 当水文地质条件复杂时，应进行水文地质试验。

## 4.4 详细勘察

**4.4.1** 详细勘察应在初步勘察的基础上，针对工程特点和场地岩土条件，进行岩土工程分析与评价，提供详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数及相关建议。

**4.4.2** 详细勘察工作应根据工程场地的工程地质、水文地质、工程周边环境等条件，采用勘探与取样、原位测试、室内试验，辅以工程地质调绘、工程物探和水文地质试验。原位测试宜根据结构类型和地层特点布置，每一工程地质单元波速测试孔数量不宜少于3个，其余数量不宜少于2个，水文地质试验宜结合地下水对工程的影响程度布置，数量不宜少于2个。

**4.4.3** 取样数量应根据钻孔数量、岩土层厚度和均匀性等确定。每一工程地质单元中主要岩土层原状试样或标准贯入试验数据不应少于6组（件）或静力触探孔的分层测试数据不应少于3个。室内常规试验指标不应少于6组，室内特殊试验指标不应少于3组。

**4.4.4** 详细勘察应进行下列工作：

1 查明场地范围内岩土层的类型、地质年代、成因、分布及工程性质，分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力；

2 查明不良地质的类型、成因、分布、规模及发展趋势，分析其对工程的危害程度，提出防治方案的建议；

3 查明特殊性岩土的工程性质，评价其对工程建设的影响；

4 查明沿线地表水的分布，以及地表水与地下水的补排关系，分析地表水体对工程可能造成的危害；

5 查明地下水水位、地下水类型，补给、径流、排泄条件，历史最高水位，地下水动态和变化规律，分析地下水对工程的作用，提出地下水控制措施的建议；

6 判定水和土对建筑材料的腐蚀性；

7 评价场地和地基的地震效应；

8 对岩土工程问题进行分析评价，并提出设计、施工的建议；

9 分析工程周边环境与工程的相互影响，提出环境保护措施的建议；

10 评价地质条件可能造成的工程风险，提出防治措施的建议。

**4.4.5** 明挖法综合管廊勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点间距可按表4.4.5确定；

**表4.4.4 详细勘察勘探点间距（m）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 场地或岩土条件  复杂程度等级  工程重要性等级 | 一级 | 二级 | 三级 |
| 一级 | 15~25 | 25~40 | 40~60 |
| 二级 | 25~40 | 40~60 | 60~80 |
| 注：1、上述规定的勘探点间距为勘探点投影至管廊中心线的间距；  2、当综合管廊宽度大于15m时，宜按两侧并排布置勘探点。 | | | |

2 在浅层溶洞发育地区，宜采用浅层地震、孔间地震CT、孔间电磁波CT测试等工程物探方法与钻探相配合进行，查明溶洞和土洞发育程度、范围和连通性。

**4.4.6** 明挖法综合管廊勘探孔深度应符合下列规定：

1 勘探孔深度应满足开挖、地下水控制、支护设计及施工的要求，且控制性孔不小于2.5倍管廊基坑开挖深度，一般性孔不小于2.0倍管廊基坑开挖深度；

2 当管廊基底下分布软弱土层、厚层填土、液化土层等不良地质条件时，勘探孔深度应根据工程需要适当加深；

3 当在规定的深度范围内遇见中等风化或微风化基岩时，勘探孔深度可适当减少，但控制性孔进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不宜小于5m；一般性孔进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不宜小于3m；遇岩溶、土洞、暗河、破碎带等时应根据工程需要适当加深。

**4.4.7** 顶管法综合管廊勘探点布置可按表4.4.7确定。

**表4.4.7 详细勘察勘探点间距（m）**

|  |  |
| --- | --- |
| 场地或岩土条件复杂程度等级 | 勘探点间距 |
| 一级 | 15~25 |
| 二级 | 25~40 |
| 三级 | 40~60 |
| 注：上述规定的勘探点间距为勘探点投影至管廊中心线的间距。 | |

**4.4.8** 顶管法综合管廊勘探点布置尚应符合下列规定：

1 矩形工作井和接收井勘探点应布置在角点，圆形工作井和接收井勘探点沿周边均匀布置，数量不少于2个；

2 管廊穿越河流、道路、铁路等时，在其两侧应布置勘探点；

3 软土发育的场地，应布置适量的十字板剪切、静力触探等原位试验；

4 管廊顶管穿越建构筑物时，应充分收集和利用所穿越建构筑物已有的勘察成果资料；

5 当顶管穿越铁路、城市轨道交通和其它市政管线时，勘探点位置不得影响其正常运行。

**4.4.9** 顶管法综合管廊勘探孔深度应符合下列规定：

1 勘探孔深度应满足地基开挖、地下水控制、基坑支护设计及施工要求，且控制孔应达到管廊底板设计标高以下2.5倍管廊宽度并不小于10m；一般性孔应达到管廊底板设计标高以下1.5倍管廊宽度并不小于5m；

2 当基底下分布软弱土层、厚层填土、液化土层等不良地质条件时，勘探孔深度应根据工程需要适当加深；

3 当基底下遇到基岩时孔深可适当减浅，遇岩溶、土洞、暗河、破碎带等时应根据工程需要适当加深。

**4.4.10** 盾构法综合管廊勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点间距可按表4.4.10的规定确定；

**表4.4.10 详细勘察勘探点间距（m）**

|  |  |
| --- | --- |
| 场地或岩土条件复杂程度等级 | 勘探点间距 |
| 一级 | 15~25 |
| 二级 | 25~40 |
| 三级 | 40~60 |
| 注：上述规定的勘探点间距为勘探点投影至管廊中心线的间距。 | |

2 工作井及地质条件复杂的地段应布置横断面，横断面孔数不少于2个；

**4.4.11** 盾构法综合管廊勘探孔深度及取样要求如下：

1 在松散地层中，控制性勘探孔应进入结构底板以下不小于2.5倍隧道直径（宽度），一般性勘探孔应进入结构底板以下不小于1.5倍隧道直径（宽度）；在中等风化或微风化岩石中，控制性勘探孔应进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不小于5m，一般性勘探孔应进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不小于3m；遇岩溶、土洞、暗河、破碎带等时应根据工程需要适当加深；

2 在隧道开挖断面深度范围内取土样和原位测试点间距不宜大于2m。盾构进出洞端各选取1个钻探孔在隧道开挖面的上下2m深度范围内连续取土样，取样间距不宜大于1m。

**4.4.12** 矿山法综合管廊勘探点布置应符合下列规定：

1 松散地层勘察点间距可按表4.4.12-1确定；

**表4.4.11-1 详细勘察勘探点间距（m）**

|  |  |
| --- | --- |
| 场地或岩土条件复杂程度等级 | 勘探点间距 |
| 一级 | 10~20 |
| 二级 | 20~30 |
| 三级 | 30~50 |
| 注：上述规定的勘探点间距为勘探点投影至管廊中心线的间距。 | |

2 山岭综合管廊勘探点间距可按表4.4.10-2确定；

**表4.4.12-2 详细勘察勘探点间距（m）**

|  |  |
| --- | --- |
| 场地或岩土条件复杂程度等级 | 勘探点间距 |
| 一级 | 50~100 |
| 二级 | 100~150 |
| 三级 | 150~200 |
| 注：上述规定的勘探点间距为勘探点投影至管廊中心线的间距。 | |

3 洞口、纵断面最低部位及竖井（工作井）等位置应布置勘探点；洞口应根据岩土条件复杂程度布置横断面；

4 地质构造复杂地段、岩体破碎带应布置勘探点；

5 地下水丰富、水文地质条件复杂的地段应布置勘探点。

**4.4.13** 矿山法勘探孔深度及取样测试要求如下：

1 在松散地层中一般性勘探孔应进入地下管廊结构底板以下不小于1.5倍隧道高度，控制性勘探孔应进入地下管廊结构底板以下不小于2.5倍隧道高度；

2 在微风化及中等风化岩石中，控制性勘探孔应进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不小于5m，一般性勘探孔应进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不小于3m；遇岩溶、土洞、暗河、破碎带等时应根据工程需要适当加深。

**4.4.14** 矿山法勘察测试工作要求如下：

1 山岭综合管廊应选取代表性钻孔应进行波速测试；

2 当水文地质条件复杂时，应进行水文地质试验。

## 4.5 施工勘察

**4.5.1** 施工勘察应针对施工方法、施工工艺的特殊要求和施工中出现的工程地质问题等开展工作，提供地质资料，满足施工方案调整和风险控制的要求。

**4.5.2** 遇到下列情况之一时，宜进行施工勘察：

1 施工过程中地质条件与原勘察资料不吻合，并有可能影响工程质量和安全时；

2 施工中出现地基、边坡及洞室变形或失稳需进行处理且原勘察文件不能满足设计、施工需要时；

3 因设计方案或施工方案变更，原有勘察文件不能满足设计和施工需要时；

4 地质环境复杂、施工可能导致地质环境严重破坏时；

5 需进行施工勘察的其他情况。

**4.5.3** 施工勘察应按不同的要求选择适宜的勘探手段和布置适量的勘察工作量。

# 5 地下水

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 应查明沿线水文地质条件，评价地下水对工程结构和工程施工可能产生的作用，提出防治措施的建议。

**5.1.2** 地下水勘察应在搜集已有工程地质和水文地质资料的基础上，采用地质调绘、钻探、工程物探、原位测试、动态观测等多种手段相结合的勘察手段。

**5.1.3** 当水文地质条件复杂且对工程有重要影响时，应进行水文地质专项勘察。

## 5.2 地下水的勘察要求

**5.2.1** 地下水的勘察应符合下列规定；

1 搜集年降水量、温度、蒸发量及其变化等区域性气候资料；

2 调查是否存在污染地下水和地表水的污染源及可能的污染程度，并进行地下水腐蚀性试验及评价；

3 查明勘察期间地下水位，调查历史最高水位、近3~5年最高地下水位及地下水位年变化幅度，评价变化趋势及影响因素；

4 查明地下水的类型和赋存状态及分布规律，划分水文地质单元；对于可溶岩地区，应查明岩溶的类型、蓄水构造和垂直渗流带、水平径流带的分布位置及特征；

5 查明地下水的补给、径流和排泄条件，地表水与地下水的水力联系；

6 提供地下水控制所需水文地质参数；

7 评价地下水对工程结构、工程施工的作用及影响，提出防治措施建议。

**5.2.2** 对工程有影响的地下水应采取水试样进行腐蚀性试验，水试样的采取和试验应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021的相关规定。

## 5.3 水文地质参数的测定

**5.3.1** 水文地质参数的测定方法应符合本标准附录C的规定。

**5.3.2** 勘察遇地下水时应量测初见水位和稳定水位，当场地存在对工程有影响的多层含水层时，应分层量测。

**5.3.3** 初见水位和稳定水位可在钻孔、探井内直接量测，量测读数至厘米，精度不得低于±2cm，并注明量测时间。量测稳定水位的间隔时间应根据地层的渗透性确定，对砂土和碎石土不得少于0.5h，对粉土和黏性土不得少于8h，并宜在勘察结束后统一量测稳定水位。对位于江河及地表水体边的工程，地表水位及地下水位应同时量测。

**5.3.4** 岩土层的渗透系数及导水系数可采用抽水试验、注水试验等方法获得，岩土层的渗透性根据渗透系数k按表5.3.4的规定划分；

**表5.3.4 岩土层的渗透性分级**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 特强透水 | 强透水 | 中等透水 | 弱透水 | 微透水 |
| k（m/d） | k>200 | 10≤k≤200 | 1≤k<10 | 0.01≤k<1 | k<0.01 |

**5.3.5** 抽水试验和注水试验的布置应符合下列规定：

1 试验孔应布置在不同地貌单元、不同含水层（组）且富水性较强的地段，并在有代表性的地段布置试验孔；

2 当需要人工降低地下水位的地段宜布置试验孔；

3 抽水试验的观测孔宜垂直或平行地下水流向；

4 在含水构造复杂且富水性较强的地段应分层或分段进行抽水试验。

**5.3.6** 抽水试验应符合下列规定：

1 抽水试验方法可按表5.3.6进行选用；

**表5.3.6 抽水试验方法和应用范围**

|  |  |
| --- | --- |
| 试验方法 | 应用范围 |
| 钻孔或探井简易抽水 | 粗略估算弱透水层的渗透系数 |
| 单孔抽水（不带观测孔） | 初步测定含水层的渗透性系数 |
| 单孔抽水（带观测孔） | 较准确测定含水层的各种参数 |

2 抽水试验宜三次降深，最大降深应接近工程设计所需的地下水位降深的标高；

3 水位量测应采用同一方法和仪器，读数对抽水孔为厘米，对观测孔为毫米；

4 当抽水量与时间关系曲线和动水位与时间的关系曲线，在一定范围内波动，而没有持续上升或下降时，可认为已经稳定；稳定的延续时间：卵石、圆砾和粗砂含水层为8h，中砂、细砂和粉砂含水层为16h，基岩含水层（带）为24h；

5 抽水试验应同时观测水位、水量，抽水结束后应量测恢复水位。

**5.3.7** 注水试验可在试坑或钻孔中进行，注水稳定时间宜为4h~6h。

## 5.4 地下水作用的评价

**5.4.1** 应评价地下水的作用和影响，并提出预防和控制措施的建议。

**5.4.2** 地下水力学作用的评价应包括下列内容：

1 应考虑地下水对结构物的上浮作用。分析地下水对工程结构的作用，对需采取抗浮措施的地下工程，提出抗浮设防水位的建议，提供抗浮设计所需的各岩土层的设计参数，必要时对抗浮设防水位进行专项咨询；

2 在地下水下降的影响范围内，应考虑地面沉降及其对工程的影响；当地下水位回升时，应考虑可能引起的回弹和附加的浮力；

3 分析地下水对工程施工的影响，预测基坑和隧道涌砂、流土等的可能性及危害程度；

4 当采用降水或隔水措施时，应根据岩土的渗透性、地下水的补给条件，分析评价降水、隔水措施或两者同时采取的可能性及其对基坑稳定和邻近工程的影响，提出周边环境保护措施的建议；

5 管廊下穿地表水体时，应评价地表水体与地下水的水力联系，分析地表水体对施工可能造成的危害。

**5.4.3** 地下水的物理、化学作用的评价应包括下列内容：

1 对地下水位以下的管廊工程结构，应评价地下水对混建筑材料的腐蚀性，评价方法按照现行国际标准《岩土工程勘察规范》GB 50021的规定执行；

2 对软质岩石、强风化岩石、残积土、湿陷性土、膨胀岩土、盐碱岩土、红黏土等，应评价地下水的聚集和散失所产生的软化、崩解、湿陷、胀缩和潜蚀等有害作用；

3 在冻土地区，应评价地下水对土的冻胀和融陷的影响。

**5.4.5** 当需要进行工程降水或隔水时，应评价根据含水层渗透性和降水深度要求，根据地区经验，选用适当的地下水控制方法，当几种方法有互补性时，也可组合使用。

**5.4.6** 采用降水方法进行地下水控制时，应评价工程降水可能引起的岩土工程问题：

1 评价降水对工程周边环境的影响程度；建议采用辐射井降水方法时，应评价土层颗粒流失对工程周边环境的影响；建议采用减压井降水方法时，应分析评价基底稳定性和水位下降对工程周边环境的影响；

2 评价降水形成降落漏斗和引发地下水补给、径流和排泄条件的改变；

3 建议采用帷幕隔水方法时，应分析截水帷幕的深度、施工工艺的可行性，并分析施工中存在的风险。

# 6 勘探与取样

## 6.1 一般规定

**6.1.1** 钻探、挖探和工程物探等勘探方法的选择，应根据地层、勘探深度、取样、原位测试要求及场地现状确定。

**6.1.2** 勘探应分层准确，不得遗漏对工程有影响的软硬夹层、软弱面（带）。

**6.1.3** 勘探点测量应明确采用的高程、坐标系统，引测基准点应满足其精度要求。

**6.1.4** 岩土取样方法应结合地层条件、试验技术要求确定。

**6.1.5** 勘探作业应考虑对工程及环境的影响，防止对地下管线、地下构筑物和环境的破坏，并采取有效措施，确保勘探施工安全。

**6.1.6** 作业结束后应及时回填勘探孔，保证回填质量，避免对后续施工造成影响。

## 6.2 勘探点定位和测量

**6.2.1** 勘探点位、高程和勘探深度的允许偏差应按表6.2.1的规定确定，并应满足工程需要。

**表6.2.1 勘探点位、高程和勘探深度的允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 陆域 | 点位 | 0.25m |
| 点位高程和勘探深度 | ±5cm |
| 水域 | 点位 | 1m |
| 点位高程和勘探深度 | ±10cm |

**6.2.2** 勘探点位应设置稳定的标识和编号，实施前应与场地地形、地物进行校核；必要时，勘探结束后应进行点位的复测。

## 6.3 钻探

**6.3.1** 钻探方法可根据钻进地层适用性、直观鉴别适用性、取土试样质量要求按表6.3.1选用。

**表6.3.1 钻探方法的适用范围**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 钻探方法 | | 钻进地层 | | | | | 勘察要求 | |
| 黏性土 | 粉土 | 砂土 | 碎石土 | 岩石 | 直观鉴别、采取不扰动试样 | 直观鉴别、采取扰动试样 |
| 回  转 | 螺旋钻探 | ○ | △ | △ | ━ | ━ | ○ | ○ |
| 无岩芯钻探 | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | ━ | ━ |
| 岩芯钻探 | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ |
| 冲  击 | 冲击钻探 | ━ | △ | ○ | ○ | ━ | ━ | ━ |
| 锤击钻探 | ○ | ○ | ○ | △ | ━ | ○ | ○ |
| 振动钻探 | | ○ | ○ | ○ | △ | ━ | △ | ○ |
| 冲洗钻探 | | △ | ○ | ○ | ━ | ━ | ━ | ━ |

注：①“○”代表适用，△代表部分情况适用，“━”代表不适用。②浅部土层可采用小直径麻花钻（或提土钻）、小直径勺形钻、洛阳铲钻探鉴别孔。③螺旋钻探不适用于地下水位以下的松散粉土和饱和砂土。

**6.3.2** 钻孔直径和钻具规格应符合现行国家标准的规定。成孔口径应满足取样、原位测试、水文地质试验、物探和钻进工艺的要求。

**6.3.3** 钻探应符合下列规定：

1 钻探岩土分层深度允许偏差：陆域±50mm，水域±200mm；

2 对鉴别地层天然湿度的钻孔，在地下水位以上应进行干钻；当必须加水或使用循环液时，应采用双层岩芯管钻进；

3 钻探的回次进尺，应在保证获得准确地质资料的前提下，根据地层条件和岩芯管长度确定。钻进时回次进尺不得超过岩芯管的长度，且不宜超过2.0m，在粉土、砂土、碎石土等取芯困难地层中钻进时，回次进尺不宜超过1.0m；在破碎岩层中回次进尺不应超过0.8m；

4 工程地质钻探的岩芯采取率应符合表6.3.3的规定。

**表6.3.3 工程地质钻探岩芯采取率**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 岩土类型 | | | 岩芯采取率（%） |
| 土类 | 黏性土 | | ≥90 |
| 粉土、砂土 | 地下水位以上 | ≥80 |
| 地下水位以下 | ≥70 |
| 碎石土 | | ≥50 |
| 基岩 | 完整岩层 | | ≥80 |
| 破碎岩层 | | ≥65 |

5 当需确定岩石质量指标（RQD）时，应采用75mm口径（N型）双层岩芯管和金刚石钻头。

**6.3.4** 岩芯整理应符合下列规定：

1 采取的岩芯应按上下顺序装箱摆放，填写回次标签，在同一回次内采得两种不同岩芯时应注明变层深度；

2 当发现滑动面、软弱结构面或薄层时，应加填标签注明起止深度，放在岩芯相应位置；

3 岩芯宜拍摄照片保存；岩芯保留时间应根据勘察要求确定，并应保留至勘探工作检查验收完成。

**6.3.5** 钻探记录应符合下列规定：

1 钻探记录应在勘探进行过程中同时完成，记录内容应包括岩土描述及钻进过程两个部分；

2 钻探现场岩芯鉴别可采用肉眼鉴别和手触方法。

## 6.4 挖探

**6.4.1** 对湿陷性黄土以及卵石、碎石、漂石、块石等粗颗粒土钻探难以查明岩土性质或需要做大型原位测试时，可采用挖探的方法。挖探宜在地下水位以上进行。

**6.4.2** 挖探时应根据作业条件采取通风、放坡或支护等安全措施。井探宜采用圆形或方形断面，在井内取样应随挖探工作及时进行。

**6.4.3** 对挖探除文字描述记录外，尚应以剖面图、展示图等反映井、槽、洞壁和底部的岩芯、地层分界、取样和原位测试位置，并辅以代表性部位的彩色照片。

## 6.5 取样

**6.5.1** 岩土试样可在钻孔、探井、探槽中采取，钻孔中可采用回转式、贯入式取样，探井、探槽中可采用刻取法取样。

**6.5.2** 土试样质量等级应根据试样扰动程度和试验目的，按表6.5.2划分。

**表6.5.2 土试样质量等级**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级 别 | 扰动程度 | 适用试验项目 |
| I | 不扰动 | 土类定名、含水量、密度、强度试验、固结试验 |
| II | 轻微扰动 | 土类定名、含水量、密度 |
| III | 显著扰动 | 土类定名、含水量 |
| Ⅳ | 完全扰动 | 土类定名 |

注：①不扰动指原位应力状态虽已改变，但土的结构、密度和含水量变化很小，能满足室内试验各项要求。②除工程重要性等级为一级的工程外，在工程技术要求允许的情况下可用II级土试样进行强度和固结试验，但宜先对土试样受扰动程度作抽样鉴定，判定用于试验的适宜性，并应结合地区经验使用试验成果。

**6.5.3** 在钻孔中采取I、II级土样时，应符合下列规定：

1 在软土、砂土中宜采用泥浆护壁；使用套管时，应保持管内水位等于或稍高于地下水位，取样位置应低于套管底3倍孔径；

2 采用冲洗、冲击、振动等方式钻进时，应在预计取样位置1m以上改用回转钻进；

3 取土器置入钻孔前应仔细清孔，除活塞取土器外，孔底残留浮土厚度不应大于取土器废土段长度；

4 采取湿陷性黄土和软土试样应采用快速静力连续压入法。对较硬土质，有地区经验时可采取重锤少击法取样。

**6.5.4** I、II、III级土试样应密封，并应采取防冻和防晒措施；在搬运时应采取防震措施；岩土样采取之后至开土试验时间不宜超过2周。对易于振动液化和水土离析的土试样宜就近进行试验。

**6.5.5** 在钻孔内采取软岩、砾砂、碎石土或土试样时，应根据对试样的质量等级要求按本标准附录D选择取样工具；采取坚硬岩、较硬岩或较软岩试样时，可选用岩芯钻具、二重管或三重管回转式取样器。

**6.5.6** 岩石试样应符合下列规定：

1 采取的毛样尺寸应满足试块加工的要求；在特殊情况下，试样形状、尺寸和方向由岩体力学试验设计确定；

2 岩石试样应采用防撞击或挤压的包装，对软岩和极软岩宜按土样封装。

**6.5.7** 水试样的采取应能代表天然条件下的水质情况，取水体积应满足试验要求。

**6.5.8** 进行水和土腐蚀性的评价，采取水试样和土试样应符合下列规定：

1 混凝土结构处于地下水位以上时，应取土试样作土的腐蚀性测试；

2 混凝土结构处于地下水或地表水中时，应取水试样作水的腐蚀性测试；

3 混凝土结构部分处于地下水位以上、部分处于地下水位以下时，应分别取土试样和水试样作腐蚀性测试；

4 水试样和土试样应在混凝土结构所在的深度采取，每个场地不应少于2件。当土中盐类成分和含量分布不均匀时，应分区、分层取样，每区、每层不应少于2件。

**6.5.9** 每件岩、土、水试样均应有清晰、牢固的标识。

## 6.6 工程物探

**6.6.1** 工程物探应根据探测对象的埋深、规模及其与周围介质的物性差异选择有效的方法，并应符合下列规定：

1 探测对象宜具有一定规模，并宜与相邻介质存在较明显的物性差异；

2 选择的方法应能适应地形变化条件或能对地形条件产生的异常进行校正；

3 被探测对象激发的异常应能从探测场地内的外界干扰中被区分；

4 对复杂地质条件的地段，宜采用不少于两种探测方法。

**6.6.2** 工程物探方法及适用范围可参照表6.6.2选择。

**表6.6.2工程物探方法及适用范围**

|  |  |
| --- | --- |
| 方法 | 适用范围 |
| 电阻率法 | 可用于探测不同岩性的界面、断层破碎带、地下洞穴、滑坡的滑带等 |
| 电磁法 | 可用于探测断裂构造、基岩起伏、地下洞穴以及松散堆积体、地下埋设物等 |
| 地震波法和声波法 | 可用于探测断裂构造、不同岩性界面、地下洞穴、地下埋设物等 |
| 测井 | 可用于划分地层、探查含水层、评价岩体完整性、测定围岩松动圈以及测定岩土的力学参数及其他物性参数等 |

**6.6.3** 工程物探应选择适用的仪器，工作开始前和完成后应对使用的仪器进行检查、标定，并应确保仪器使用的正常。

**6.6.4** 工程物探测线布置宜垂直或大角度相交于拟探查地质体，测线长度应能反映完整的异常范围，测网密度应满足追索异常范围。对确定的异常宜采用钻探或其他手段予以验证。

**6.6.5** 工程物探应提交专项成果报告，其内容应包括物探工作条件、方法选择原则和采取的技术措施、工作布置和数据采集、数据处理和分析解释、工作质量评述、结论和建议等；报告还应包括各项工作图件和成果图表。

# 7 原位测试

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 原位测试方法应根据岩土条件、技术要求、测试方法的适用性和地区经验等因素综合确定。

**7.1.2** 原位测试成果应结合室内试验及工程经验进行综合分析。对缺乏使用经验的地区，应与工程反算参数作对比，检验其可靠性。

**7.1.3** 原位测试的仪器、设备应定期检验和标定。

## 7.2 标准贯入试验

**7.2.1** 标准贯入试验的设备应符合表7.2.1的规定。

**表7.2.1 标准贯入试验设备规格**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 落锤 | | 锤的质量(kg) | 63.5 |
| 落距(cm) | 76 |
| 贯入器 | 对开管 | 长度(mm) | ＞500 |
| 外径(mm) | 51 |
| 内径(mm) | 35 |
| 管靴 | 长度(mm) | 50~76 |
| 刃口角度(°) | 18~20 |
| 刃口单刃厚度(mm) | 1.6 |
| 钻杆 | | 直径(mm) | 42 |
| 相对弯曲 | ＜1/1000 |

**7.2.2** 标准贯入试验孔宜采用回转钻进，水位下试验时应保持孔内水位不低于原地下水位。当孔壁不稳定时，可用泥浆护壁，钻至试验标高以上15cm处，清除孔底残土后再进行试验。

**7.2.3** 标准贯入试验点间距宜为2.0m~3.0m。液化判别时，试验点间距宜为1.0m~1.5m。

**7.2.4** 保持贯入器垂直状态打入土中15cm后，开始记录每打入10cm的锤击数，累计打入30cm的锤击数为标准贯入锤击数N。当锤击数已达50击而贯入深度未达30cm时，可终止试验，但应记录50击时的贯入深度，试验成果可按下式换算为相当于30cm的锤击数。

 (7.2.4)

式中：N—标准贯入锤击数；

—相应于50击时的贯入深度(cm)。

**7.2.5** 标准贯入试验成果资料整理宜包括下列内容：

**1** 标示标准贯入锤击数N在地质柱状图或工程地质剖面图上；

**2** 分层统计锤击数，计算分层贯入指标最大值、最小值和平均值（应剔除临界深度以内的数值及异常值）。

**7.2.6** 可根据标准贯入锤击数N按表7.2.6-1划分砂土的密实度、按表7.2.6-2划分花岗岩岩石风化程度。

**表7.2.6-1 砂土的密实度**

|  |  |
| --- | --- |
| 标准贯入锤击数N | 状态 |
| N≤10 | 松散 |
| 10＜N≤15 | 稍密 |
| 15＜N≤30 | 中密 |
| N＞30 | 密实 |

**表7.2.6-2 花岗岩类岩石风化程度分类**

|  |  |
| --- | --- |
| 标准贯入锤击数N | 风化程度 |
| N≤40 | 残积土 |
| 40＜N≤70 | 全风化 |
| N＞70 | 强风化 |

## 7.3 圆锥动力触探试验

**7.3.1** 圆锥动力触探设备应符合表7.3.1的规定。

**表7.3.1 圆锥动力触探设备**

| 类型 | | 轻型（N10） | 重型（N63.5） | 超重型（N120） |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 落锤 | 锤的质量(kg) | 10 | 63.5 | 120 |
| 落距(cm) | 50 | 76 | 100 |
| 探头 | 直径(mm) | 40 | 74 | 74 |
| 锥角(°) | 60 | 60 | 60 |
| 探杆直径(mm) | | 25 | 42 | 50~60 |
| 贯入指标 | 贯入深度(cm) | 30 | 10 | 10 |

**7.3.2** 圆锥动力触探试验应结合地区经验并与其他方法配合使用。

**7.3.3** 圆锥动力触探试验成果资料整理应包括下列内容：

**1** 应绘制锤击数与贯入深度关系曲线；

**2** 应单孔分层统计锤击数，计算单孔贯入指标平均值（应剔除临界深度以内的数值、超前和滞后影响范围内的异常值）；

**3** 根据各孔分层的贯入指标平均值，用厚度加权平均法计算场地分层贯入指标平均值和变异系数。

## 7.4 静力触探试验

**7.4.1** 静力触探可根据工程需要和地区经验采用单桥探头、双桥探头或带孔隙水压力量测的单桥、双桥探头。

**7.4.2** 静力触探试验的设备应符合表7.4.2的规定。

**表7.4.2 静力触探试验设备规格**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 探头 | 圆锥锥底截面积(cm2) | 10或15 |
| 锥尖锥角(°) | 60 |
| 单桥探头侧壁高度(mm) | 57或70 |
| 双桥探头侧壁面积(cm2) | 150~300 |

**7.4.3** 当贯入深度较大，或穿过厚层软土后再贯入硬土层或密实砂层时，应采取措施防止孔斜或断杆，量测触探孔的偏斜角，校正土层界线的深度。

**7.4.4** 水上触探应有保证孔位不致发生偏移以及在试验过程中不发生探头上下移动的稳定措施，水底以上部位应加设防止探杆挠曲的装置。

**7.4.5** 当在预定深度进行孔压消散试验时，应量测停止贯入后不同时间的孔压值，其计时间隔先密后疏合理控制。

**7.4.6** 静力触探试验成果资料整理应包括下列内容：

**1** 绘制比贯入阻力与深度曲线、锥尖阻力与深度曲线、侧壁摩阻力与深度曲线、侧壁摩阻力与锥尖阻力之比与深度曲线、孔隙水压力与深度曲线以及超孔隙水压力与深度曲线；

**2** 根据贯入曲线的线型特征，结合相邻钻孔资料和地区经验划分土层，对数据进行统计分析。

## 7.5 十字板剪切试验

**7.5.1** 十字板剪切试验的设备应符合表7.5.1的规定。

**表7.5.1 十字板剪切试验设备规格**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 十字板头 | 径高比 | | 1：2 |
| 板厚(mm) | | 2~3 |
| 探杆 | 弯曲度(%) | 前5m | ≤0.05 |
| 后续 | ≤0.1 |

**7.5.2** 试验点宜根据土层的分层情况，结合工程特点和要求进行布置，竖向测点间距可取1m。

**7.5.3** 十字板头插入钻孔底的深度不应小于钻孔或套管直径的3~5倍；插入至试验深度后，至少应静止2~3min，方可开始试验；扭转剪切速率宜采用1°/10~2°/10s，并应在测得峰值强度后继续测记1min；在峰值强度或稳定值测试完后，顺扭转方向连续转动大于或等于6圈后，测定重塑土的不排水抗剪强度。

**7.5.4** 十字板剪切试验成果资料整理应包括下列内容：

**1** 计算各试验点土的不排水抗剪强度峰值、残余值和灵敏度；

**2** 绘制单孔不排水抗剪强度峰值和残余值随深度的变化曲线，需要时，绘制抗剪强度与扭转角度的关系曲线。

**7.5.5**根据原状土的十字板强度*C*u和重塑土的十字板强度*C*u＇，土的灵敏度*S*t，按下式计算：

（7.5.5）

## 7.6 波速测试

**7.6.1** 波速测试可采用单孔法、跨孔法或面波法，应用条件应符合下列规定：

**1** 测试钻孔井壁应光滑，不坍塌、不掉块，测试段应无金属套管；破碎地层的孔段可放置塑料套管；

**2** 波速测井的测试段应有井液，且井液浓度不大；测试段的纵波波速应高于井液波速，并具有足够厚度；

**3** 测试横波波速时，波速测试钻孔宜为裸孔。如有塑料套管，管外空间应事先注入水泥砂浆或用水砂充填。

**4** 面波观测点周围应无临空面。

**7.6.2** 单孔法波速测试的技术要求应符合下列规定：

**1** 测试孔应垂直；

**2** 将三分量检波器固定在孔内预定深度处，并紧贴孔壁；

**3** 可采用地面激振或孔内激振；

**4** 应结合土层布置测点，测点的垂直间距宜取1m，层位变化处加密。

**7.6.3** 跨孔法波速测试的技术要求应符合下列规定：

**1** 应设置2~3个试验孔，且成一条直线，在第四系覆盖层地段孔距宜为2m~5m，在基岩地段孔距宜为8m~15m；

**2** 试验钻孔应圆直，并应下定向套管，套管与孔壁间应灌浆或填砂；

**3** 竖向测试点间距宜为1m~2m，三分量传感器应紧贴孔壁，同一深度的剪切波，锤击应正反向重复激振，并应互换激振孔与接收孔，经重复试验，确定剪切波的初至时间；

**4** 当钻孔深度大于15m时，应对试验孔进行测斜。

**7.6.4** 面波法波速测试可采用瞬态法或稳态法，宜采用低频检波器，排列长度应大于探测深度，检波点距应小于异常体尺度，道间距可根据场地条件通过试验确定。

**7.6.5** 波速测试成果资料整理应包括下列内容：

**1** 在波形记录上识别压缩波和第一个剪切波的初至时间；

**2** 根据压缩波和剪切波传播时间和距离，确定压缩波与剪切波的波速；

**3** 稳态面波法尚应提供波长、波速。

## 7.7 旁压试验

**7.7.1** 旁压试验分预钻式和自钻式旁压试验。预钻式旁压试验应保证成孔质量，防止孔壁拥塌；自钻式旁压试验的自钻钻头、钻头转速、钻进速率、刃口距离、泥浆压力和流量等应符合有关规定。

**7.7.2** 在饱和软黏性土层中宜采用自钻式旁压试验，在试验前宜通过试钻确定最佳回转速率、冲洗液流量、切削器的距离等技术参数。

**7.7.3** 旁压试验应在有代表性的位置和深度进行，试验孔与已有钻孔的水平距离不宜小于1m。旁压器的量测腔应在同一土层内，试验点的垂直间距不宜小于1m且不应小于旁压器测量腔长度的1.5倍，每层土的测点不应少于1个，厚度大于3m的土层测点不应少于3个。

**7.7.4** 加荷等级可采用预期临塑压力的1/7~1/5或极限压力的1/12~1/10，如不易预估临塑压力或极限压力时，可按表7.7.4的规定确定加载增量。初始阶段加荷等级可取小值，必要时，可做卸荷再加荷试验，测定再加荷旁压模量。

**表7.7.4 试验加载增量（kPa）**

| 土性特征 | 加载增量 |
| --- | --- |
| 淤泥、淤泥质土，流塑黏性土，松散的粉土及砂土 | ≤15 |
| 软塑黏性土，新黄土，稍密的粉土及砂土 | 15~25 |
| 可塑~硬塑黏性土，一般黄土，中密的粉土、砂土 | 25~50 |
| 坚硬黏性土，老黄土，密实的粉土、砂土 | 50~150 |
| 软质岩，风化岩 | 100~600 |

注：为确定P-V曲线上直线段起点对应的压力*P*0，开始的1~2级加载增量宜减半施加。

**7.7.5** 每级压力应保持相对稳定的观测时间，对黏性土、砂土宜为3min，对软质岩石和风化岩宜为1min。维持1min时，加荷后15、30、60s测读变形量；维持3min时，加荷后15、30、60、120、180s测读变形量。

**7.7.6** 旁压试验成果资料整理应包括下列内容：

**1** 对各级压力及相应的扩张体积或半径增量分别进行约束力及体积的修正后，绘制压力与体积曲线，需要时可作蠕变曲线；

**2** 根据压力与体积曲线，结合蠕变曲线确定初始压力、临塑压力和极限压力，地基极限强度fL和临塑强度fy，按下列公式计算：

（7.7.7-1）

（7.7.7-2）

式中：—旁压试验初始压力(kPa)；

—旁压试验极限压力(kPa)；

—旁压试验临塑压力(kPa)。

**3** 根据压力与体积曲线的直线段斜率，按下式计算旁压模量：

（7.7.7-3）

式中：—旁压模量(kPa)；

*μ*—泊松比，按表7.7.6取值；

—旁压器量测腔初始固有体积(cm3)；

*V*0—与初始压力p0对应的体积(cm3)；

*V*f—与临塑压力pf对应的体积(cm3)；

—旁压曲线直线段的斜率(kPa/cm3)。

**表7.7.6 岩土的泊松比μ**

| 土的种类 | 土的状态 | 泊松比μ |
| --- | --- | --- |
| 碎石土 | - | 0.15~0.25 |
| 砂土 | - | 0.25~0.30 |
| 粉土 | - | 0.30 |
| 粉质黏土 | 坚硬 | 0.25 |
| 可塑 | 0.30 |
| 软塑~流塑 | 0.35 |
| 黏土 | 坚硬 | 0.25 |
| 可塑 | 0.35 |
| 软塑~流塑 | 0.40 |
| 软质岩 | - | 0.25~0.35 |

## 7.8 扁铲侧胀试验

**7.8.1** 扁铲侧胀试验的设备应符合表7.8.1的规定。

**表7.8.1 扁铲侧胀试验设备规格**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 扁铲测头 | 厚(mm) | 14~16 |
| 宽(mm) | 94~96 |
| 长(mm) | 230~240 |
| 探头前缘刃角(°) | 12~16 |

**7.8.2** 扁铲侧胀试验测试点间距宜为0.2m～0.5m。

**7.8.3** 扁铲侧胀试验应符合下列规定：

**1** 每孔试验前后均应进行探头率定，取试验前后的平均值为修正值；膜片的合格标准为：率定时膨胀至0.05mm的气压实测值为5kPa～25kPa，率定时膨胀至1.10mm的气压实测值为10kPa～110kPa；

**2** 试验时，应以静力匀速将探头贯入土中，贯入速率宜为2cm/s；

**3** 探头达到预定深度后，应匀速加压和减压测定膜片膨胀至0.05mm、1.10mm和回到0.05mm的压力*A*、*B*、*C*值；

**4** 扁铲侧胀消散试验，应在需测试的深度进行，测读时间间隔可取1、2、4、8、15、30、90min，以后每90min测读一次，直至消散结束。

**7.8.4** 扁铲侧胀试验成果资料整理应包括下列内容：

**1** 对试验的实测数据进行膜片刚度修正：

（7.8.4-1）

（7.8.4-2）

（7.8.4-3）

式中：*p*0—膜片向土中膨胀之前的接触压力（kPa）；

*p*1—膜片膨胀至1.10mm时的压力（kPa）；

*p*2—膜片回到0.05mm时的终止压力（kPa）；

*z*m—调零前的压力表初读数（kPa）。

**2** 根据*p0*、*p1*和*p2*计算下列指标z

（7.8.4-4）

（7.8.4-5）

（7.8.4-6）

（7.8.4-7）

式中：*E*D—侧胀模量（kPa）；

*K*D—侧胀水平应力指数；

*I*D—侧胀土性指数；

*U*D—侧胀孔压指数；

*u*0—试验深度处的静水压力（kPa）；

—试验深度处土的有效上覆压力（kPa）。

**3** 绘制*E*D、*I*D、*K*D和*U*D与深度的关系曲线。

# 8 室内试验

## 8.1 一般规定

**8.1.1** 岩土试样的制备、试验操作应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T50123和《工程岩体试验方法标准》GB/T50266的有关规定，计量设备仪器应按期进行检定校准。

**8.1.2** 岩土室内试验项目、试验方法应根据岩土性质、工程结构类型和设计、施工工艺需要确定。

8.1.3 对特殊性岩土的试验应按现行相应技术标准执行。

## 8.2 土的物理性质试验

**8.2.1** 土的物理性质试验一般包括颗粒级配、天然含水量、天然密度、比重、液限、塑限、有机质含量、渗透系数等。

**8.2.2** 颗粒分析试验方法应根据土试样的颗粒分布及土样性质选用。粒径小于等于60mm、大于0.075mm的土样可采用筛析法；粒径小于0.075mm的土样宜采用密度计法及移液管法，或采取联合分析。

**8.2.3** 含水量试验宜进行两次平行测定，或用环刀内试样测定，其密度与同组平均密度差不宜大于0.03g/cm3。

**8.2.4** 土的密度试验宜采用环刀法，密度取同一组多块试样平均值。

**8.2.5** 液限含水量可采用76g瓦氏圆锥仪测定（下沉深度为10mm），塑限含水量可采用搓条法或联合法测定。

**8.2.6** 有机质含量应可采用重铬酸钾容量法或烧灼减量法进行测定。

**8.2.7** 渗透试验方法分常水头试验和变水头试验。常水头试验适用于粗粒土；变水头试验适用于细粒土；透水性很低的软土可通过固结试验测定固结系数、体积压缩系数，计算渗透系数。

**8.2.8** 土料填筑工程进行质量控制时，应对填料样进行击实试验，确定最大干密度和最优含水量。

## 8.3 土的力学性质试验

**8.3.1** 土的力学性质试验一般包括固结试验、直剪试验、三轴压缩试验、无侧限抗压强度试验、静止侧压力系数试验、回弹试验等。

**8.3.2** 固结试验的最大压力值应大于土的有效自重压力与附加压力之和。需确定先期固结压力时，施加的最大压力应满足绘制完整的e-lgp曲线的要求，必要时测定回弹模量和回弹再压缩模量。

**8.3.3** 内摩擦角、黏聚力试验宜根据实际工况的施工速度、排水条件确定，在有经验地区可采用直接快剪和固结快剪的方法测定。当排水条件差或施工速率较快时，宜采用三轴不固结不排水剪（UU）；当需要按有效应力法计算土压力时，宜采用测孔隙水压力的三轴固结不排水剪（CU）。

**8.3.4** 必要时应进行无侧限抗压强度试验，确定灵敏度时应进行重塑土的无侧限抗压强度试验。

**8.3.5** 在有经验的地区可采用三轴试验或固结试验的方法测得土的基床系数。

无侧限抗压强度试验土样应为饱和软黏土，宜采用Ⅰ级土样并注明取样方法，土工试验报告中应提供*q*u、*q*uˊ、*S*t 值。

**8.3.6**静止侧压力系数试验适用于饱和的黏性土、粉性土和砂土，试样变形稳定标准为24h或每小时变形不应大于0.01mm。

## 8.4 岩石试验

8**.4.1** 岩石的试验一般包括颗粒密度、块体密度、吸水性试验，软化或崩解试验，膨胀试验，抗压、抗剪、抗拉试验等，具体试验项目应根据工程需要确定。

**8.4.2** 岩石抗压强度宜分别测试干燥、天然和饱和状态下的单轴抗压强度，软岩可测试天然状态下的强度。

**8.4.3** 岩石抗拉强度试验可在试件直径方向上，施加一对线性荷载，使试件沿直径方向破坏，间接测定岩石的抗拉强度。

**8.4.4** 当岩体破碎或节理裂隙发育不能制备单轴抗压强度试件时，可采用点荷载试验和波速测试方法间接测定岩石的力学性质。

**8.4.5** 岩石定名可根据需要选择代表性岩石样品通过岩矿鉴定结果确定。

## 8.5 水和土的腐蚀性分析

**8.5.1** 水和土腐蚀性的分析项目和试验方法应符合下列规定：

1 水对混凝土结构的腐蚀性的分析项目包括：pH值、Ca2+、Mg2+、Cl-、SO42-、HCO3-、CO32-、侵蚀性CO2、游离CO2、NH4+、OH-、总矿化度；

2 土对混凝土结构的腐蚀性的分析项目包括：pH值、Ca2+、Mg2+、Cl-、SO42-、HCO3-、CO32-的易溶盐（土水比1：5）分析；

3 腐蚀性测试项目的试验方法应符合表8.5.1的规定。

**表8.5.1腐蚀性试验方法**

| 序号 | 试验项目 | 试验方法 |
| --- | --- | --- |
| 1 | pH值 | 电位法或锥形玻璃电极法 |
| 2 | Ca2+ | EDTA容量法 |
| 3 | Mg2+ | EDTA容量法 |
| 4 | Cl- | 摩尔法 |
| 5 | SO42- | EDTA容量法或质量法 |
| 6 | HCO3- | 酸滴定法 |
| 7 | CO32- | 酸滴定法 |
| 8 | 侵蚀性CO2 | 盖耶尔法 |
| 9 | 游离CO2 | 碱滴定法 |
| 10 | NH4+ | 钠氏试剂比色法 |
| 11 | OH - | 酸滴定法 |
| 12 | 总矿化度 | 计算法 |

**8.5.3** 水、土对建筑材料的腐蚀性应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》（GB50021）分为微、弱、中、强四个等级。

# 9 岩土工程分析评价

## 9.1 一般规定

**9.1.1** 岩土工程分析评价应在搜集已有资料，取得工程地质调查与测绘、勘探、原位测试和室内试验成果的基础上，根据不同勘察阶段，结合工程特点、设计方案和施工工法对勘察的要求进行。应对拟建场地和地基基础进行评价，提示地质条件可能造成的工程风险，提出防治措施的建议，提供设计和施工所需岩土参数。

**9.1.2** 岩土工程分析评价所采用的原始资料应进行检查、验证评估后方可利用。 **9.1.3** 岩土工程分析评价应明确所依据的技术标准，评价的内容和深度应符合所选技术标准的要求。

## 9.2 岩土参数的分析和选定

**9.2.1** 对原位测试和室内试验获取的岩土参数进行统计时，应符合下列要求：

1 应按不同工程地质单元进行分层统计；

2 子样的取舍应分析产生偏差的原因，综合考虑数据的离散程度和已有的工程经验；

3 按各类岩土参数在工程设计中的应用，分别给定范围值、平均值、子样数、变异系数和标准值。

**9.2.2** 岩土参数应根据设计方案和地质条件选用，并按下列内容评定其可靠性和适用性：

1 取样方法和其他因素对试验结果的影响；

2 采用的试验方法和取值标准；

3 不同测试方法所得结果的分析比较；

4 测试结果的离散程度；

5 测试方法与计算模型的匹配性。

**9.2.3** 岩土试验参数的提供应符合下列要求：

1 一般情况下，应提供参数的平均值；

2 承载能力极限状态计算需要的岩土抗剪强度指标，应提供标准值；

3 当变异系数较大时，应分析偏差产生的原因。

**9.2.4** 原位测试成果应提供分层统计值，进行连续测试的参数应绘制随深度的变化曲线。

**9.2.5** 当采用多种方法勘察时，应进行综合分析确定岩土参数。

## 9.3 明挖法施工分析评价

**9.3.1** 明挖法施工涉及的地基基础评价应符合以下要求：

1 天然地基应评价地基均匀性，对不均匀地基，应进行沉降、差异沉降等特征分析评价，并提出相应建议；

2 采用地基处理时，提出处理方法、深度、范围建议，提供相关岩土参数，提出地基处理设计施工应注意的问题和检测的建议；

3 采用桩基时，提出桩型、规格及桩端持力层的建议，提供相关岩土参数及单桩承载力估算值，提出设计、施工的相关建议；

4 当存在抗浮问题时，应提出抗浮设防水位建议，针对可能采用的抗浮措施提供相关岩土参数，提出设计、施工的相关建议。

**9.3.2** 基坑工程的分析评价应包括下列内容：

1 说明基坑岩土条件、周围环境概况，分析基坑开挖过程中可能出现的岩土工程问题，以及对附近地面、邻近建(构)筑物和管线的影响；

2 按基坑安全等级提出基坑开挖与支护方法的建议；

3 提出基坑设计、施工所需的岩土参数；

4 提供地下水分布情况，分析其对工程的影响。当需进行地下水控制时，评价排水、降水、截水等措施的可行性，提出地下水控制所需水文地质参数及防治措施建议；

5 对基坑设计、施工注意事项提出建议；

6 提出施工阶段的环境保护和监测工作建议。

## 9.4 顶管法施工分析评价

**9.4.1** 根据管廊埋深范围内岩土层性质和地下障碍物分布情况，评价顶管施工的适宜性。

**9.4.2** 评价地表水及地下水对工程的影响，对施工过程中产生不良地质的可能性进行分析评价，并提出防治建议。

**9.4.3** 对采用沉井法施工的工作井和接收井，其评价应包括下列内容：

1 提供沉井下沉时各土层与井壁之间的摩阻力参数，提出施工期和使用期抗浮验算参数建议；

2 对沉井下沉过程中产生流砂、井底软弱土层突沉或隆起、井底承压水突涌可能性进行分析评价，并提出防治措施的建议；

3 评价沉井施工对环境的影响，并提出相应建议。

## 9.5 盾构法施工分析评价

**9.5.1** 根据岩土层的分布特点和物理力学性质，对盾构法施工适宜性进行评价。

**9.5.2** 评价复杂地层及河流、湖泊等地表水体对盾构施工的影响。

**9.5.3** 提出在软硬不均地层中的开挖措施及开挖面障碍物处理方法的建议。

**9.5.4** 分析盾构施工可能造成的沉降和土体位移等地面变形，分析地面变形对周边环境和邻近建（构）筑物的影响，提出防治措施和施工监测建议。

## 9.6 矿山法施工分析评价

**9.6.1** 根据沿线工程地质和水文地质条件，评价矿山法施工的适宜性。

**9.6.2** 分析不良地质和特殊地质条件，指出可能出现的坍塌、冒顶、边墙失稳、洞底隆起、涌水突泥等现象及其区段。

**9.6.3** 在围岩分级的基础上，指出影响围岩稳定的薄弱部位，提出围岩加固的措施及建议。

**9.6.4**  分析地下水对工程施工的影响，提出地下水控制措施的建议，提供地下水控制设计、施工所需的水文地质参数。

**9.6.5** 对可能出现高地应力地段，进行地应力对工程影响的分析，提出进行地应力观测建议。

**9.6.6** 对需爆破的地段，分析其可能产生的影响及范围，提出防治措施的建议。

## 9.7 其他工法的分析评价

**9.7.1** 对架空法施工的，应根据拟选的地基基础方案，提供相关岩土参数，提出设计、施工的相关建议。

**9.7.2** 对独立建设的控制中心等地面建（构）筑物的岩土工程评价，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。

## 9.8 工程建设对工程周边环境影响分析评价

**9.8.1** 工程建设过程可能引起的地面开裂、沉降、隆起、塌陷和土体的水平位移对邻近建(构)筑物及地下管线的影响。

**9.8.2** 工程建设可能造成地下水位变化、区域性降落漏斗、水源减少、水质恶化、地面沉降、生态失衡等情况，提出防治措施的建议。

**9.8.3** 工程建成后或运营过程中，可能对周围岩土体、工程周边环境的影响，提出防治措施的建议。

## 9.9 岩土工程风险提示

**9.9.1** 岩土工程风险提示主要包括以下内容：

1 不良地质影响下施工引起的地质风险；

2 特殊性岩土影响下施工引起的地质风险；

3 复杂地层结构影响下施工引起的地质风险；

4 地下水影响下施工引起的地质风险。

**9.9.2** 矿山法施工尚应考虑可燃或有毒气体引起的燃爆或施工人员中毒的风险和高地压地层条件引起的岩爆的风险。

# 10 岩土工程勘察成果文件

## 10.1 一般规定

**10.1.1** 岩土工程勘察成果文件应按不同勘察阶段进行编制。

**10.1.2** 岩土工程勘察成果文件所依据的原始资料应真实准确；提供的成果文件应数据可靠、结论有据、建议合理。

## 10.2 勘察报告的主要内容

**10.2.1** 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进行编制，文字报告的编制应包括下列主要内容：

1 工程概况与勘察工作概述；

2 场地环境与工程地质条件；

3 岩土参数指标分析；

4 岩土工程分析与评价；

5 结论与建议。

**10.2.2** 工程概况与勘察工作概述应包括下列内容：

1 拟建工程概况；

2 勘察目的、任务要求和依据的技术标准；

3 岩土工程勘察等级；

4 勘察方法及勘察工作完成情况；

5 其他说明。

**10.2.3** 场地环境与工程地质条件主要包括以下内容：

1 根据工程需要描述区域地质构造、地震、气象、水文；

2 工程周边环境条件；

3 场地地形、地貌；

4 不良地质及特殊性岩土的种类、分布、发育程度；

5 岩土描述应包括场地地层的岩土名称、年代、成因、分布、工程特性等；

6 湮埋的河道、浜沟、墓穴及孤石等对工程不利的埋藏物的分布、特征；

7 场地的地下水和地表水。

**10.2.4** 岩土参数统计应根据实际试验项目和岩土工程评价需要进行。下列项目应进行统计：

1 岩土的物理力学试验参数；

2 特殊性岩土的特征指标；

3 原位测试指标。

**10.2.5** 岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 场地稳定性、适宜性评价；

2 场地地震效应评价；

3 不良地质评价；

4 地下水和地表水评价；

5 各工法地基基础评价；

6 工程与周围环境的相互影响评价；

7 地质条件可能造成的工程风险的提示与建议。

**10.2.6** 岩土工程评价的重要结论应包括下列内容：

1 场地稳定性评价；

2 场地适宜性评价；

3 场地地震效应评价；

4 土和水对建筑材料的腐蚀性；

5 地基基础方案的建议；

6 季节性冻土地区应提供标准冻结深度；

7 其他重要结论。

**10.2.7** 岩土工程建议应包括下列内容：

1 工程设计施工应注意的问题；

2 工程施工对环境的影响及防治措施的建议；

3 对尚不具备现场勘察条件的勘探点，应明确下一步的工作要求，提出完成工作的条件；

4对确实无法满足工作条件的勘探点，应提出解决问题的方法和建议；

5 对钻孔无法实施、地质条件复杂的地段应提出施工勘察、超前地质预报的建议或专项勘察的建议；

6其他相关问题及处置建议。

## 10.3 图表及附件

**10.3.1** 勘察报告应附下列图表:

1 勘探点平面位置图；

2 工程地质剖面图；

3 地基土物理力学指标参数建议表；

4 勘探点主要数据一览表；

5 岩土体物理力学指标数理统计成果表；

6 原位测试成果图表；

7 室内试验成果图表。

**10.3.2** 勘察报告可根据需要附下列图表:

1 区域地质图；

2 综合工程地质图；

3 工程地质分区图；

4 地下水等水位线图；

5 重要地层层面等值线图；

6 钻孔柱状图；

7 探井或探槽展示图;

8 岩土工程统计、计算、分析简图及统计计算成果图表；

9 其他需要的图表。

**10.3.3** 勘察报告可根据工程需要提交下列附件：

1 区域稳定调查与评价的专题报告；

2 工程地质测绘专题报告；

3 遥感解译报告；

4 工程物探专题报告；

5 水文地质专项报告；

6 重要的审查报告、审查或鉴定会议纪要；

7 任务委托书或勘察合同、勘察工作纲要；

8 重要函电及联系单；

9 工程有关的照片及录像；

10 其他专题报告及文件。

# 11 现场检验与检测

## 11.1 一般规定

**11.1.1** 综合管廊工程应对地基基础、支护体系及周围岩土体进行现场检验与检测。

**11.1.2** 综合管廊现场检验应包括下列内容：

1 基坑支护结构及周围岩土条件检验；

2 地基检验；

3 桩基持力层检验；

4 隧道围岩检验。

**11.1.3** 综合管廊现场检测应包括下列内容：

1 基坑支护结构检测；

2 地基处理效果检测；

3 隧道围岩加固效果检测。

**11.1.4** 现场检验和检测方法可根据工程类型、岩土条件、施工工法及周边环境采用现场观察、试验、仪器测量等手段。

**11.1.5** 现场检验和检测应在工程施工期间进行。现场检验和检测的记录、数据和图件，应按工程要求整理分析。当检测数据与勘察报告出入较大时，应增加检测量，并及时报告有关单位。

**11.1.6** 现场检验和检测完成后，应根据需要提交成果报告。报告中应附有相关曲线和图纸，并进行分析评价，提出建议。

## 11.2 现场检验

**11.2.1** 现场检验应填写检验报告，必要时绘制开挖面实际地层素描图或拍照。

**11.2.2** 基槽、基坑、隧道开挖过程中，应检验地基和围岩的地质条件与勘察报告是否一致，如有异常情况，应提出处理措施建议。

**11.2.3** 地基检验应包括下列内容：

1 岩土分布、均匀性和特征；

2 地下水情况；

3 暗浜、古井、洞穴、防空掩体及地下埋设物等的位置、深度及性状；

4 地基受施工扰动的情况；

5 地基土质受冻、浸泡、冲刷及干裂等情况；

**11.2.4** 隧道围岩检验应包括下列内容：

1 开挖揭露的围岩性质、分布和特征；

2 地下水渗漏情况；

3 工作面岩土体的稳定状态；

4 围岩超挖或坍塌情况；

5 对围岩分级进行确认或修正。

**11.2.5** 桩基应通过试钻或试打，检验岩土条件是否与勘察报告一致。如遇异常情况，应提出处理措施。

## 11.3 现场检测

**11.3.1** 基坑支护结构检测的内容和方法应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的有关规定。

**11.3.2** 地基处理检测的内容和方法应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202和现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79的有关规定。

**11.3.3** 隧道围岩应对加固的范围、效果等进行检测，可采用钻芯、原位测试或物探等检测方法，检测工作宜包括下列内容：

1 顶管或盾构始发（接收）井加固体的强度、抗渗性、完整性；

2 隧道衬砌或管片背后注浆的范围和填充情况；

3 止水帷幕的强度、完整性和止水效果；

4 冷冻法加固土体的范围、强度、温度等。

**11.3.4** 桩基检测的内容和方法应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的有关规定。

# 附录A 隧道围岩分级

**A.0.1** 隧道围岩分级应按表A.0.1执行。

**表A .0.1 隧道围岩分级**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 围岩级别 | 围岩主要工程地质条件 | | 围岩开挖后的稳定状态（单线） | 围岩弹性纵波波速（km/s） |
| 主要工程地质特征 | 结构形态和完整状态 |
| I | 坚硬岩（单轴饱和抗压强度fr>60MPa）；受地质构造影响轻微，节理不发育，无软弱面（或夹层）；层状岩层为巨厚层或厚层，层间结合良好，岩体完整 | 呈巨块状  整体结构 | 围岩稳定，无坍塌，可能产生岩爆 | ＞4.5 |
| II | 坚硬岩（fr>60MPa）：受地质构造影响较重，节理较发育，有少量软弱面（或夹层）和贯通微张节理，但其产状及组合关系不致产生滑动；层状岩层为中层或厚层，层间结合一般，很少有分离现象；或为硬质岩偶夹软质岩石；岩体较完整 | 呈大块状  砌体结构 | 暴露时间长，可能会出现局部小坍塌，侧壁稳定，层间结合差的平缓岩层顶板易塌落 | 3.5～4.5 |
| 较硬岩 (30<*f*rk≤60)受地质构造影响轻微，节理不发育；层状岩层为厚层，层间结合良好，岩体完整 | 呈巨块状  整体结构 |
| III | 坚硬岩和较硬岩：受地质构造影响较重，节理较发育，有层状软弱面（或夹层），但其产状组合关系尚不致产生滑动；层状岩层为薄层或中层，层间结合差，多有分离现象；或为硬、软质岩石互层 | 呈块（石）碎（石）状  镶嵌结构 | 拱部无支护时可能产生局部小坍塌，侧壁基本稳定，爆破震动过大易塌落 | 2.5～4.0 |
| 较软岩（15<*f*rk≤30）和软岩（5<*f*rk≤15）：受地质构造影响严重，节理较发育；层状岩层为薄层、中厚层或厚层，层间结合一般 | 呈大块状结构 | 拱部无支护时可能产生局部小坍塌，侧壁基本稳定，爆破震动过大易塌落 | 2.5～4.0 |
| IV | 坚硬岩和较硬岩：受地质构造影响极严重，节理较发育；层状软弱面（或夹层）已基本破坏 | 呈碎石状  压碎结构 | 拱部无支护时可产生较大坍塌，侧壁有时失去稳定， | 1.5～3.0 |
| 较软岩和软岩：受地质构造影响严重，节理较发育 | 呈块石、碎石状镶嵌结构 |
| 土体：  1、具压密或成岩作用的粘性土、粉土及碎石土  2、黄土（Q1、Q2）  3、一般钙质或铁质胶结的碎石土、卵石土、粗角砾土、粗圆砾土、大块石土 | 1和2呈大块状压密结构，3呈巨块 状整体结构 |
| V | 岩体：受地质构造影响严重，裂隙杂乱，呈石夹土或土夹石状 | 呈角砾碎石状松散结构 | 围岩易坍塌，处理不当会出现大坍塌，侧壁经常小坍塌；浅埋时易出现地表下沉（陷）或塌至地表 | 1.0～2.0 |
| 土体：一般第四系的坚硬、硬塑的粘性土、稍密及以上、稍湿或潮湿的碎石土、卵石土，圆砾土、角砾土、粉土及黄土（Q3、Q4） | 非粘性土呈松散结构，粘性土及黄土松软状结构 |
| VI | 岩体：受地质构造影响严重，呈碎石、角砾及粉末、泥土状 | 呈松软状 | 围岩极易坍塌变形，有水时土砂常与水一齐涌出，浅埋时易塌至地表 | ＜1.0（饱和状态的土＜1.5） |
| 土体：软塑状粘性土、饱和的粉土和砂类等土 | 粘性土呈易蠕动的松软结构，砂性土呈潮湿松散结构 |

注：1、表中“围岩级别”和“围岩主要工程地质条件”栏，不包括膨胀性围岩、多年冻土等特殊岩土。

2、软质岩石II、III类围岩遇有地下水时，可根据具体情况和施工条件适当降低围岩级别。

# 附录B 岩土施工工程分级

**B.0.1** 岩土施工工程分级可按表B.0.1执行。

**表B .0.1 岩土施工工程分级**

| 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 |
| Ⅱ | 普通土 | 坚硬、硬塑和软塑的粉质粘土、硬塑和软塑的黏土，膨胀土，粉土，Q3、Q4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，脚蹬连蹬数次数才能挖动的。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 | 坚硬的黏性土、膨胀土，Q1、Q2黄土，稍密、中密粗角砾土、碎石土、粗圆砾土、碎石土，密实的细圆砾土、细角砾土、各种风化成土状的岩石 | — | — | — | — | 必须用镐先全部松动才能用锹挖。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 |
| Ⅳ | 软  质岩 | 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、卵石土、粗圆砾土；岩盐，各类较软岩、软岩及成岩作用差的岩石：泥质砾岩，煤、凝灰岩、云母片岩、千枚岩 | — | <7 | <0.2 | <30 | 部分用橇棍及大锤开挖或挖掘机、单钩裂土器松动，部分需借助液压冲击镐解碎或部分采用爆破方法开挖 |
| 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 | 能用液压冲击镐解碎，大部分需用爆破法开挖 |
| 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 | 可用液压冲击镐解碎，需用爆破法开挖 |

注：1 软土（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。

# 附录C 水文地质参数及测定方法

**C.0.1** 水文地质参数及测定方法可按表C.0.1执行。

**表C .0.1 水文地质参数及测定方法**

|  |  |
| --- | --- |
| 参数 | 测定方法 |
| 水位 | 钻孔、探井或测压管观测 |
| 渗透系数、导水系数 | 抽水试验、提水试验、注水试验、压水试验、室内渗透试验 |
| 给水度 、释水系数 | 单孔抽水试验、非稳定流抽水试验、地下水位长期观测、室内试验 |
| 越流系数、越流因数 | 多孔抽水试验（稳定流或非稳定流） |
| 单位吸水率 | 注水试验、压水试验 |
| 毛细水上升高度 | 试坑观测、室内试验 |

# 附录D 不同等级土试样的取样工具和方法

**D.0.1** 不同等级土试样的取样工具和方法可按表D.0.1执行。

**表D .0.1 不同等级土试样的取样工具和方法**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 土试样质量等级 | 取样工具和方法 | | 适用土类 | | | | | | | | | | |
| 黏性土 | | | | | 粉土 | 砂土 | | | | 砾砂、  碎石土、  软岩 |
| 流塑 | 软塑 | 可塑 | 硬塑 | 坚硬 | 粉砂 | 细砂 | 中砂 | 粗砂 |
| I | 薄壁取土器 | 固定活塞  水压固定活塞 | ＋＋  ＋＋ | ＋＋  ＋＋ | ＋  ＋ | －  － | －  － | ＋  ＋ | ＋  ＋ | －  － | －  － | －  － | －  － |
| 自由活塞  敞口 | －  ＋ | ＋  ＋ | ＋＋  ＋ | －  － | －  － | ＋  ＋ | ＋  ＋ | －  － | －  － | －  － | －  － |
| 回转取土器 | 单动三重管  双动三重管 | －  － | ＋  － | ＋＋  － | ＋＋  ＋ | ＋  ＋＋ | ＋＋  － | ＋＋  － | ＋＋  － | －  ＋＋ | －  ＋＋ | －  ＋ |
| 探井（槽）中  刻取块状土样 | | ＋＋ | ＋＋ | ＋＋ | ＋＋ | ＋＋ | ＋＋ | ＋＋ | ＋＋ | ＋＋ | ＋＋ | ＋＋ |
| II | 薄壁取土器 | 水压固定活塞  自由活塞  敞口 | ＋＋  ＋  ＋＋ | ＋＋  ＋＋  ＋＋ | ＋  ＋＋  ＋＋ | －  －  － | －  －  － | ＋  ＋  ＋ | ＋  ＋  ＋ | －  －  － | －  －  － | －  －  － | －  －  － |
| 回转取土器 | 单动三重管  双动三重管 | －  － | ＋  － | ＋＋  － | ＋＋  ＋ | ＋  ＋＋ | ＋＋  － | ＋＋  － | ＋＋  － | －  ＋＋ | －  ＋＋ | －  ＋＋ |
| 厚壁敞口取土器 | | ＋ | ＋＋ | ＋＋ | ＋＋ | ＋＋ | ＋ | ＋ | ＋ | ＋ | ＋ | － |
| III | 厚壁敞口取土器  标准贯入器  螺纹钻头  岩芯钻头 | | ＋＋  ＋＋  ＋＋  ＋＋ | ＋＋  ＋＋  ＋＋  ＋＋ | ＋＋  ＋＋  ＋＋  ＋＋ | ＋＋  ＋＋  ＋＋  ＋＋ | ＋＋  ＋＋  ＋＋  ＋＋ | ＋＋  ＋＋  ＋  ＋＋ | ＋＋  ＋＋  －  ＋ | ＋＋  ＋＋  －  ＋ | ＋＋  ＋＋  －  ＋ | ＋＋  ＋＋  －  ＋ | －  －  －  ＋ |
| IV | 标准贯入器  螺纹钻头  岩芯钻头 | | ＋＋  ＋＋  ＋＋ | ＋＋  ＋＋  ＋＋ | ＋＋  ＋＋  ＋＋ | ＋＋  ＋＋  ＋＋ | ＋＋  ＋＋  ＋＋ | ＋＋  ＋  ＋＋ | ＋＋  －  ＋＋ | ＋＋  －  ＋＋ | ＋＋  －  ＋＋ | ＋＋  －  ＋＋ | －  －  ＋＋ |

注：＋＋表示适用；＋表示部分适用；－表示不适用；采取砂土试样应有防止试样失落的补充措施；有经验时，可用束节式取土器代替薄壁取土器。

# 本标准用词说明

**1**  为便于在执行本标准条文时区别对待，对于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标准执行的写法为“应符合……规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

1《岩土工程勘察规范》GB 50021

2 《建筑抗震设计规范》GB50011

3《土工试验方法标准》GB/T50123

4《工程岩体试验方法标准》GB/T50266

5 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120

6 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202

7 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79

**8** 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106

中国工程建设标准化协会标准

**城市综合管廊岩土工程勘察标准**

**Code for investigation geotechnical of city utility tunnel**

**T/CECS XXX:20XX**

**（征求意见稿）**

**条文说明**

**1 总则**

**1.0.1** 城市综合管廊是将电力、通讯，燃气、供热、给排水等各种城市工程管线集于一体，实施统一规划、统一设计、统一建设和管理的市政公用设施。城市综合管廊多修建于交通运输繁忙或工程管线设施较多的机动车道、城市主干道等地段，集电力、通信、燃气、供排水等重要管线于一体，属于重要的城市生命线工程。随着综合管廊建设在全国推进，各省市逐渐重视综合管廊的勘察工作，但国家还没有相关综合管廊工程的勘察标准，尽管部分省市编制了综合管廊的勘察要求，但各省市对综合管廊认识不统一，勘察要求差别大，缺乏较为统一的标准。为指导和规范综合管廊的勘察工作，满足设计和施工需要，保障综合管廊建设质量和安全，特制定本标准。本标准是在借鉴全国各省市城市综合管廊工程的勘察、设计、施工、运营实践经验的基础上编制而成。

**1.0.2** 本标准的制定，可为城市综合管廊工程勘察工作提供充分的依据。

**1.0.3** 城市综合管廊工程建设必须遵循国家《建设工程勘察设计管理条例》（国务院第293号令）的规定：先勘察，后设计，再施工。

**1.0.4** 本条是对城市综合管廊勘察工作的总体要求。

**1.0.5** 城市综合管廊勘察工作不仅要满足本标准的要求，还要满足国家、行业和地方现行相关规范要求，尤其是强制性条文要求。

**3 基本规定**

**3.0.1** 勘察等级的划分应综合考虑综合管廊的规模、特点和重要性、场地和岩土地质条件的复杂程度：

1 综合管廊工程重要性等级划分应考虑工程规模大小和特点，以及由于岩土工程问题造成破坏或影响正常使用的后果。各类管廊的主要工程特点如下：

主干线综合管廊容纳城市主干管线，一般设置于机动车道或道路中央下方， 其断面通常为圆形或多格箱型。主干线综合管廊截面一般较大，埋藏较深，安全性要求高，岩土工程问题多，工程安全性等级定为一级。

支线综合管廊容纳城市配给管线，一般设置在道路的两旁，其截面以矩形较为常见，一般为单舱或双舱箱形结构，施工方式多采用明挖和非开挖形式。对明挖开挖深度较大和采用非开挖施工方式的综合管廊，由于面临的工程风险较大，涉及岩土工程问题多，因此工程安全性等级定为一级。

线缆管廊一般设置在道路的人行道下面，单舱矩形结构，埋藏较浅，一般截面较小，结构简单，施工方便，工程安全性顶等级定为二级。

2 场地复杂程度主要指工程地质条件的复杂程度，包括地形地貌、不良地质作用、地震效应、地质环境、地下水以及周边环境等。

“不良地质强烈发育”，是指泥石流沟谷、崩塌、滑坡、土洞、塌陷、岸边冲刷、地下水强烈潜蚀等极不稳定的场地，这些不良地质作用直接威胁着工程安全；“不良地质一般发育”是指虽有上述不良地质，但并不十分强烈，对工程的影响不严重。

“地质环境”是指人为因素和自然因素引起的地下采空、地面沉降、地裂缝、化学污染、水位上升等。所谓“受到强烈破坏”是指对工程的安全已构成直接威胁，如浅层采空、地面沉降盆地的边缘地带、横跨地裂缝、因蓄水而沼泽化等；“受到一般破坏”是指已经或将有上述现象，但不强烈，对工程的影响不严重。

“地下水对工程的影响一般”是指基础位于地下水位以下，通过常规勘察可以解决地下水对工程的影响，无需进行专门研究的场地。

周边环境条件主要包括工程沿线及周边存在的、与拟建综合管廊有相互影响的地上/地下建（构）筑物、轨道交通、市政道路及公路、文物建筑、水工构筑物、地下管线、架空线缆等。

3 综合管廊工程需要解决的岩土工程问题包括地基承载力、地基变形、围岩稳定、边坡工程、地下水控制等。因此，岩土条件复杂程度划分时，需综合考虑岩土的种类、均匀性，围岩或地基、边坡的工程性质以及特殊性岩土等。

4 划分岩土工程勘察等级，目的是突出重点，有的放矢、区别对待。一般情况下，勘察等级可在勘察工作开始前，通过搜集已有勘察资料确定。但随着勘察工作的开展，对自然认识的加深，勘察等级也可能发生改变。

**3.0.2** 勘察阶段应与工程可行性研究设计、初步设计和施工图设计三个设计阶段相对应，按可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察分阶段进行勘察工作，提供不同阶段设计所需地质资料。

对中小型综合管廊工程，当设计方案基本稳定，场地及岩土条件简单，或已有资料丰富时，勘察工作可适当超前。

当施工阶段出现地质异常、设计方案或施工方案重大变更、施工方法、施工工艺有特殊要求且已有地质资料不能满足要求时，施工阶段应开展施工勘察。

**3.0.3** 综合管廊工程周边分布有很多地下管线、地下设施和架空管线，对工程设计方案和工程安全产生重大影响；同时，综合管廊主要采用地下线敷设方式，地下工程施工容易导致周边环境产生破坏。因此，岩土工程勘察前需要从建设单位获取地形图、地下管线和地下设施分布图，以便勘察单位在勘察期间确保地下管线和设施的安全，并在勘察成果中分析工程与周边环境的相互影响。

收集当地已有勘察资料和建设经验是岩土工程勘察的基本要求，充分分析研究场地工程地质特点，结合综合管廊的工程特点及当地工程建设经验，预测工程设计施工的主要岩土工程问题，把握勘察工作的重点、难点，以便有针对性布置勘察方案。同时，应对搜集资料进行分析整理并充分利用，以节省勘察工作量，可达到事半功倍的效果。

**3.0.4** 综合管廊建设应充分考虑周边环境与工程建设的相互影响，同时，对综合管廊建设有重大影响的水文地质条件、不良地质作用、地质灾害和特殊性岩土，需在常规岩土勘察工作的基础上，进行专项工作或专题研究，并提供专项或专题报告。

工程周边环境是工程设计、施工的重要依据，当现有地形图及地下管线资料不能满足周边环境与工程相互影响分析及工程设计、施工要求时，有必要进行专项环境调查工作。工程周边环境的专项调查工作一般由建设单位单独委托。

综合管廊以地下工程为主，应充分注意地下水对工程设计、施工及运营的影响。当工程影响范围内的水文地质条件十分复杂，对工程建设及运营安全有重大影响时，应进行专项勘察。

不良地质、地质灾害、特殊性岩土等岩土工程问题往往具有复杂性和特殊性，对综合管廊工程方案产生重大影响，严重时会危及工程施工和线路运营的安全。因此，对工程方案有重大影响的岩土工程问题应进行专项勘察，提出有针对性的工程措施建议，确保工程规划设计经济、合理，工程施工安全、顺利。

**3.0.5** 现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021对岩土分类、不良值及特殊性岩土类型均有详细的介绍，综合管廊勘察可按照执行。

**3.0.6** 现行国家标准建筑抗震设计规范》GB 50011对场地的地震效应分析和评价均有详细规定，综合管廊工程的地震效应分析评价可按此执行。

4 **勘察方案**

**4.1 一般规定**

本章节主要规定明挖法、顶管法、盾构法、矿山法等四种施工方法的综合管廊工程的勘察方案。架空法综合管廊和控制中心的勘察方案应根据基础形式和结构特点符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的相关规定。

**4.2可行性研究勘察**

**4.2.1** 综合管廓为长距离的线性工程，不良地质和特殊性岩土、以及重要环境因素是制约工期和投资和重要环境因素，是可行性研究阶段勘察工作的重点。

**4.2.2** 控制线路方案江、河、湖水体由于水体范围及深度均较大，一般采用顶管或盾构穿越，地质条件、水文地质条件及周边环境对方案选择影响大，当通过资料收集和现场调绘不能满足工程方案研究需要时，应通过必要勘探手段予以查明

**4.3 初步勘察**

**4.3.13** 对于城市山岭地下管廊，应采用地质调查和测绘及物探为主的勘探方法，辅以代表性钻探测试工作。工程地质测绘比例尺洞身段宜为1:1000~1:2000，管廊洞口边坡影响范围宜为1:500，断面图宜为1:100~1:200。

**4.5施工勘察**

4.5.1～4.5.3 本节规定了应进施工勘察的一般条件情况，施工勘察阶应根据施工阶段设计、施工要求，针对所需解决的具体问题利用相应的手段进行勘察，提供勘察资料，并作出分析、评价和建议。

**5 地下水**

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 在城市综合管廊工程建设中，地下水对工程建设有重大影响，如结构抗浮问题、抗渗问题、施工方法选择、地下水控制、结构水土压力等均为地下水紧密相关，在施工过程或运营过程中，因地下水问题产生了较多的工程事故，地下水勘察是岩土工程勘察的重要组成部分；

**5.1.2** 在场地水文地质条件简单时，在详勘工作采用水位观测、水位地质试验等可满足工程需要；对于埋深较大的城市综合地下管廊，在水文地质条件复杂和岩溶发育场地，一般通过采用专门水文地质钻孔，专门地下水动态长期监测孔、抽水试验等手段水文地质专项勘察。

**5.2 地下水的勘察要求**

**5.2.1** 本条是城市综合管廊工程地下水的勘察基本要求；

3历史最高水位指长期水文观测孔中历年所测得的地下水最高水位；

4 由于地下含水透镜体分布的复杂性，在勘察中除查明稳定含水层的分布规律，还应查明地下含水透镜体的分布；对于场地复杂存在多个水文地质单元，应划分出不同水文地质单元；

6 城市综合管廊建设中，对于地下综合管廊地下水勘察，一般通过现场勘察、水文地质试验取得具体水文地质参数；

**5.3 水文地质参数的测定**

**5.3.1** 测定水文地质参数的方法有多种，应根据地层透水性能的大小和工程的重要性以及对参数的要求，确定水文地质参数及其测定方法。

**5.3.2** 稳定水位是指钻探时的水位经过一定时间恢复到天然状态下的水位。地下水一般赋存于不同含水层，各含水层的地下水位多数情况下不同，多层地下水分层水位的量测，尤其是承压水头的量测，对地下综合管廊基础设计、施工及基坑支护设计非常重要。

多层地下水分层水位的量测要注意钻探过程中套管是否隔开上层水的影响；如果无法取得各层水水位，需要设置分层观测孔。

**5.3.3** 对于地下水量测，在野外钻探工作结束前，宜统一量测一次地下水位；采用泥浆钻进时，为了避免孔内泥浆的影响，需降测水管打入含水层20cm方能较准确的测得地下水位；

**5.3.4** 城市综合管廊地下水控制很大程度上是决定工程成败，对于埋深较大、涉及多层含水层或临河的工程，仅靠经验参数进行地下水控制设计不能满足要求，为了使渗透系数等水文地质参数更能准确指导设计施工，一般采用抽水试验、注水试验等现场测试方法确定。表1为渗透系数经验值可供参考，表2为松散类岩土给水度经验值可供参考。

表1 岩土的渗透系数经验值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 岩土名称 | 渗透系数 | |
| ( m/d) | (cm/d） |
| 黏土 | <0.001 | <1.2×10-6 |
| 粉质黏土 | 0.001～0.100 | 1.2×10-6～1.2×10-4 |
| 粉土 | 0.100～0.500 | 1.2×10-4～6.0×10-4 |
| 黄土 | 0.250～0.500 | 3.0×10-4～6.0×10-4 |
| 粉砂 | 0.500～1.000 | 6.0×10-4～1.2×10-3 |
| 细砂 | 1.000～5.000 | 1.2×10-3～6.0×10-3 |
| 中砂 | 5.000～20.00 | 6.0×10-3～2.4×10-2 |
| 质值中砂 | 35.00～50.00 | 4.0×10-2～6.0×10-2 |
| 粗砂 | 20.00～50.00 | 2.4×10-2～6.0×10-2 |
| 均质粗砂 | 60.00～75.00 | 7.0×10-2～8.6×10-2 |
| 圆砾 | 50.00～100.00 | 6.0×10-2～1.2×10-1 |
| 卵石 | 100.00～500.00 | 1.2×10-1～6.0×10-1 |
| 无充填的卵石 | 500.00～1000.00 | 6.0×10-1～1.2 |
| 稍有裂隙岩石 | 20.00～60.00 | 2.4×10-2～7.0×10-2 |
| 裂隙多的岩石 | >60.00 | >7.0×10-2 |

表2 岩土的给水度经验值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 岩土名称 | 给水度 | 岩土名称 | 给水度 |
| 粉砂与黏土 | 0.10～0.15 | 粗砂与砾砂 | 0.25～0.35 |
| 细砂与泥质砂 | 0.15～0.20 | 黏土胶结的砂岩 | 0.02～0.03 |
| 中砂 |  | 裂隙灰岩 | 0.008～0.10 |

由于渗透系数大于200m/d的含水层水量往往很大，这类地层中进行施工降水时，常采用堵水、截水等多种地下水控制方法才能满足设计和施工要求，所以本标准中特别列出“特强透水”一类。

**5.3.6** 采用计算法计算影响半径时，参考下表所列计算公式：

影响半径计算公式

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 计算公式 | | 适用条件 | 备注 |
| 潜水 | 承压水 |
|  |  | 1完整井  2一个观测孔 | 结果偏大 |
|  |  | 两个观测孔 | 精度可靠 |
|  |  | 单孔 | 一般偏大 |
|  |  | 单孔 | 初步计算 |

**5.4 地下水作用的评价**

**5.4.1** 地下水对岩土体、城市综合管廊工程的作用，按其机制可划分为两类。一类是力学作用，一类是物理、化学作用。

**5.4.2** 地下水对城市综合管廊工程的力学作用及评价方法主要包括以下几个方面：

1 地下水对地下工程的浮力是最主要的力学作用。在静水环境，浮力可以采用阿基米德原理计算。在透水性较好的土层及节理裂隙发育的岩体，计算结果可以认为等于作用于基底的浮力。对于节理裂隙不发育的岩体，由于缺乏必要的理论依据，很难确切定量评价，故本款规定，有经验或实测数据时，按经验或实测数据确定。

在渗流条件下，由于土单元体的体积V上与水力坡度i和水的密度γw呈正比的渗透力（体积力）J：



造成了土体中孔隙水压力的变化，因此，浮力与静水条件下不同，应该通过渗流分析计算得出。

工程设计中，抗浮设防水位的确定十分重要，目前，设计工程师要求勘察报告能准确的给出抗浮设防水位。由于地下水位变化影响的因素很大，主要有以下因素：

1）地下含水层的水位与大气降雨入渗的关系；

2）城市规划中地下水的开采量变化对地下水的影响；

3）综合管廊沿线周边环境、与周边水系的水力联系及其他各层地下水的与其补给排泄的影响；

4) 对于渗透性较弱场地，综合管廊基坑回槽回填的质量影响。

从影响的因素看，抗浮设防水位的准确确定十分复杂，本标准规定应进行专项工作。并应参照《建筑工程抗浮技术标准》抗浮设防水位确定的要求。

一般抗浮设防水位可采用综合方法确定：

1. 当有长期观测资料时，抗浮设防水位可根据该层地下水实测最高水位和综合管廊运营期间地下水的变化来确定；无长期水位观测资料或资料缺乏时，按勘察期间实测最高稳定水位、收集该层地下水年变化幅度结合场地地形地貌、勘察时季节、地下水补给、排泄条件等因素综合确定；
2. 场地存在承压水且潜水有水力联系时，应实测承压水水头标高并考虑其对抗浮设防水位的影响；
3. 渗流作用可能产生的潜蚀、流土及管涌现象，造成破坏。以上几种现象，均是因为基坑底部某个部位的最大渗流梯度大于临界梯度，流土与管涌的判别方法可参阅有关规范和文献。

在防止由于深处承压水的水压力而引起的基坑隆起即突涌，需验算基坑底不透水层厚度与承压水水头压力，见下图，并按平衡式进行计算：



基坑开挖后不透水层的安全厚度按下式计算：



**6 勘探与取样**

**6.1 一般规定**

**6.1.5** 城市综合管廊工程勘探多在城区市政道路上进行，其特点是地上有高压电线，地下有各种管网，还可能有地下构筑物、地下古迹。若不小心，破坏地下管网，后果不堪设想，所以在施钻之前应搜集道路管网分布图，在布孔时务必避开各种地下设施，并采用地下管道探测仪了解地下设施，或用探坑查明，确无设施时，再行钻探。安装钻机除要避开地下设施外，还要注意钻架距高压线有一定的安全距离，防止发生触电事故。

**6.1.6** 钻孔完成后，应及时回填，孔口宜用黏性土封孔，以免地表污水污染地下水；探井和探槽完成后，应及时分层压实回填。位于暗挖段的钻孔应列为回填的重点，因为若回填不好，将成为地下水或注浆浆液的通道，可能对暗挖施工造成严重影响。

**6.2 勘探点定位和测量**

**6.2.2** 本条是为了杜绝外业施工机组随意挪位和勘探点编号出错。实际工程中常见因勘探点标识不稳定或欠牢固，被人为挪位没有及时发现，造成质量问题的案例。

**6.3 钻探**

**6.3.1** 选择钻探方法应考虑的原则是：

1 地层特点及钻探方法的有效性；

2 能保证以一定的精度鉴别地层，了解地下水的情况；

3 尽量避免或减轻对取样段的扰动影响。

条文中表6.3.1就是按照这些原则编制的。通过勘察工作纲要规定钻探方法，不仅要考虑钻进的有效性，而且要满足勘察技术要求。钻探单位应按任务书指定的方法钻进，提交成果中也应说明钻进方法。

**6.3.3** 城市综合管廊常涉及到顶管法、盾构法及矿山法施工，勘察在技术上要求相对较高，为充分取得有效的地质资料，通过勘察纲要对孔位、孔深、钻探方法、岩芯采取率、取样、原位测试等提出具体技术要求。

在砂土、碎石土等取芯困难地层中钻进时，可通过控制回次进尺提高岩芯采取率，回次进尺可参照下表。

**工程地质钻探回次进尺长度**

|  |  |
| --- | --- |
| 岩 层 | 回次进尺（m） |
| 黏性土、粉土 | 1.0～1.5 |
| 薄层黏性土与薄层砂类土互层 | 1.0～1.5 |
| 砂类土 | 泥浆钻进1.0～1.5  跟管回转钻进0.3～0.5 |
| 碎石类土 | 双管钻具钻进0.5～1.0  无泵反循环钻软质岩石1.0～1.5  无泵反循环钻破碎岩石0.5～0.7 |
| 冻土 | 0.3～0.5 |
| 软土 | 0.3～1.0 |
| 黄土 | 钻进取芯时1.0～1.5；  取原状土时，1m三钻，第一钻0.5～0.6，第二钻0.2～0.3，第三钻取样 |
| 膨胀性岩层 | 0.5～1.0 |
| 滑动面及重要结构面上下5m | 预计滑动面及其以上5m范围小于或等于0.3  重要结构面上下5m为0.3～0.5 |
| 软硬互层、软硬不均风化带及硬、脆、碎基岩 | 0.5～1.0 |
| 较完整、轻微风化基岩 | 1.0～2.5 |
| 完整基岩 | ＜3.5 |

**6.3.5** 有条件或勘探工作有明确要求时，可采用微型贯入仪等定量化、标准化的方法进行钻探现场岩芯鉴别。

**6.4 挖探**

**6.4.1** 挖探可按操作方式分为井探、槽探和洞探。井探在鉴别地层，调查不良地质作用和采取不扰动土样等方面具有钻探不可替代的优越性，除了为取样和钻机不能就位的原因外，在不良地质作用的调查中也宜采用。探井尺寸不作明确规定，以操作者能控制的最小尺寸为宜，需鉴别某种地质作用时要适当扩大尺寸。探槽的断面有矩形、梯形、阶梯形，应按槽深、地层的稳定性及掘进方法选择断面形状。探洞的断面有拱形、梯形，应按地层的稳定性选择断面形状，其断面尺寸应根据掘进长度、掘进方式确定。

**6.4.3** 挖探的支护可根据地质情况和当地施工经验，采取不同方法，并符合当地政府主管部门的规定。

**6.5 取样**

**6.5.1** 取样的目的是通过对样品的鉴定和试验判断岩土的性质，获取岩土的计算参数，工程中通过有限数量的取样获取岩土的真实性状，因此取样方法对获取岩土的真实性状至关重要。

**6.5.2** 影响取样质量的因素有多种，样品在原位围压条件下被取出要经受一个卸荷过程，从而产生一定程度的膨胀量，在试坑处采集的土样由于取土管或其他采集装置打入时体积变化而受到扰动，土层中有砾石时会加重土样的扰动程度，无黏性土容易受到扰动，土样在采取过程中，取土器侧壁与土样之间的摩擦会使土样受压。

不扰动样是指取样时已采取了一些预防措施，使取样的扰动减至最小能满足室内试验各项要求，而非真正意义上的原始状态样品。

**6.5.3** 本条规定了在钻孔中采取I、II级样的要求，只要能压入的要优先采用连续静力压入法。压入法分为慢速压入法和快速压入法，慢速压入法取样对土试样有一定程度的扰动，但扰动程度比轻锤多击法轻，快速压入法对土试样的扰动程度最小。对于压入困难的土质，有地区经验时，可采取重锤（120kg）少击取样。不建议采用锤击法连续取样，锤击法对孔底有扰动影响。

**6.5.4** 已取得的试样在搬运过程中易受扰动，应有专门的工作要求。需长距离运输，或对试样不受扰动有严格要求时，宜采取特殊措施。

**6.5.5** 取土器的技术标准应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021及现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规范》JGJ/T 87的规定。不同的勘探取样方法采用不同的取样工具，同一种勘探取样方法中也有不同的取样工具，取样需根据岩土性质、环境条件采用不同的取样方法。由于取样的方法不同，导致取样的质量差别很大。土体的结构性遭到破坏，会导致室内试验值与现场值产生过大差异。取样方法的不同会导致土样含水率有一定的变化，应注意在取土装置上及时加装套管，避免地下水对原状土的影响。

**6.5.6** 软质岩石具有失水易干裂，风化速率快的特点，采取软质岩石试样时要及时密封，防止其失水干裂。软质和极软岩可用天然状态的试样按岩石试样或土试样做力学试验。

**6.5.7** 水试样的采取应注意以下几点：

1 简分析水试样取1000ml，分析侵蚀性二氧化碳的水样取500ml，并加大理石粉2～3g，全分析水样取3000ml；

2 取水容器要洗净，取样前应用水试样的水对水样瓶反复冲洗三次；

3 采取水样时应将水样瓶沉入水中预定深度缓慢将水注入瓶中，严防杂物混入，水面与瓶塞间要留1cm左右的空隙；

4 水样采取后要立即封好瓶口，贴好水样标签，及时送化验室。

**6.6 工程物探**

**6.6.1** 物探可用于查明场地隐伏断裂构造、岩溶及地下洞穴、第四系覆盖层厚度、基岩面起伏形态、水文地质条件等，本条明确了物探方法选择时的基本原则。

**6.6.2** 物探方法较多且发展迅速，本标准仅列出了电阻率法、电磁法、浅层地震法、测井等在勘察中常用的几种物探手段的适用范围。在勘察中采用某种物探手段工作时，尚应执行相应的规范和标准。

**6.6.3～6.6.4** 采用各种物探手段的通用工作原则和要求，涉及仪器的选择和使用、测线的布设、资料的解释及应提交成果的内容等方面的规定。物探成果由于其可能存在的多解性，宜采用多种手段的相互印证，确定异常的可靠性。对确定的异常还需采用钻探或其他手段验证。

**7 原位测试**

**7.1 一般规定**

**7.1.2** 原位测试资料整理和成果分析时，应考虑仪器设备、试验条件、试验方法和场地岩土条件等对试验的影响，剔除异常数据。

**7.2标准贯入试验**

**7.2.3** 对划岩石风化界限等钻孔，标准贯入试验点间距可取1.0m~2.0m。

**7.2.5** 应用N值时是否修正和如何修正，应根据建立统计关系时的具体情况确定。当需要进行修正且钻杆长度大于3m时，经过修正的标准贯入试验锤击数按下式确定：

 （7.1）

*N'*——经过修正的标准贯入试验锤击数；

*α*——触探杆长校正系数，可按表7.1查表确定。

表7.1 触探杆长度校正系数

| 杆长（m） | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校正系数 | 1.00 | 0.92 | 0.86 | 0.81 | 0.77 | 0.73 | 0.70 |
| 杆长（m） | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 | 39 | — |
| 校正系数 | 0.67 | 0.64 | 0.61 | 0.58 | 0.55 | 0.52 | — |

**7.2.6** 根据标准贯入锤击数N划分砂土的密实度已有较多工程经验且已作为国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021-2001等规范的条文规定，故本标准作出表7.2.6-1的规定。

根据标准贯入锤击数N划分花岗岩岩石风化程度，国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021-2001附录A表A.0.3注4“花岗岩类岩石，可采用标准贯入试验划分，N≥50为强风化；50＞N≥30为全风化；N＜30为残积土”；广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ15-31第4.2.4条表4.2.4注1“花岗岩类的岩石风化岩，可采用实测标准贯入击数N'划分，N'≥70为强风化；70＞N'≥40为全风化；N'＜40为残积土。其他岩石的风化岩，可采用实测标准贯入击数N'划分，N'≥50为强风化；50＞N'≥30为全风化；N'＜30为残积土”。广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ15-31的划分判别标准与国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021保持一致。故本标准作出表7.2.6-2的规定。

根据标准贯入锤击数N划分黏性土的状态和粉土的密实度，全国各地区经验差异较大，故本标准正文未作规定。可结合行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ340第7.4.7条和广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ15-31第4.2.14、4.2.16条等规范规定，参照表7.2划分黏性土的状态、表7.3划分粉土的密实度。

表7.2 黏性土的状态

|  |  |
| --- | --- |
| 实测标准贯入锤击数N | 状态 |
| N≤3 | 流塑 |
| 3＜N≤5 | 软塑 |
| 5＜N≤10 | 软可塑 |
| 10＜N≤15 | 硬可塑 |
| 15＜N≤20 | 硬塑 |
| N＞20 | 坚硬 |

表7.3 粉土的密实度

|  |  |
| --- | --- |
| 实测标准贯入锤击数N | 状态 |
| N≤5 | 松散 |
| 5＜N≤10 | 稍密 |
| 10＜N≤15 | 中密 |
| N＞15 | 密实 |

**8 室内试验**

**8.2 土的物理性质试验**

**8.2.7** 透水性很低的软土可通过固结试验测定固结系数、体积压缩系数，计算渗透系数。

**9 岩土工程分析评价**

**9.1 一般规定**

**9.1.2** 本条强调了勘察原始资料的重要性。勘察资料要求真实准确，因此在进行分析评价前，要对上游相关专业（测量、钻探、测试、试验）取得的成果进行检查验收，确认无误后方可使用。对利用的已有资料，虽无法进行验收，但也要对其可靠性进行有效的验证评估。

**9.1.3** 鉴于管廊工程施工工法众多，各类工法所依据的技术标准各不相同，故岩土工程分析评价的内容和深度应符合所选标准的技术标准，以便评价具有针对性，利于设计等使用。

**9.2岩土参数的分析和选定**

**9.2.1** 本条规定岩土工程参数统计分析的基本原则。

**9.2.3-9.2.5** 各条规定不同岩土工程指标应根据具体参数含义分别提供平均值、标准值及特征值等；对于岩土的抗剪强度指标，应注明其试验方法。

**9.3明挖法施工分析评价**

**9.3.1** 明挖法施工涉及的地基基础方案主要有天然地基、地基处理、桩基工程和抗浮工程。

**1** 天然地基的分析评价宜包括下列内容：

1）评价地基稳定性并提出处理措施的建议；

2）评价地基均匀性，对判定为不均匀的地基，应进行沉降、差异沉阵、倾斜等特征分析评价，并应提出相应建议；

3）提供管廊地基持力层和软弱下卧层地基承载力特征值；

4）分析地下水对工程结构的作用，对需采取抗浮措施的地下工程，提出抗浮设防水位的建议，提供抗浮设计所需的各岩土层的计算参数，必要时对抗浮设防水位进行专项咨询。

**2** 地基处理的分析评价宜包括下列内容：

1）提出地基处理方法、范围建议，提供地基处理设计和施工所需的岩土参数；

2）建议复合地基增强体的加固深度及桩端持力层；

3）建议复合地基桩端进入持力层的深度；

4）提供地下水的埋藏条件和腐蚀性评价，对淤泥和泥炭土应提供有机质含量，分析对复合地基桩体的影响，并提出处理措施和建议；

5）评价桩土复合地基成桩可能产生的风险；

6）评价地基处理对环境的影响；

7）提出地基处理设计施工应注意的问题和检测的建议。

**3** 桩基工程的分析评价宜包括下列内容:

1）桩基持力层的比选和建议；

1. 可能采用桩型、规格及相应的桩端入土深度的分析建议，提供桩基设计、施工所需的岩土参数及单桩承载力估算值；
2. 沉(成)桩可能性评估；
3. 对桩基设计、施工注意事项提出建议；

5）工程需要时，经专项委托，可估算桩基沉降量，进行桩基方案技术经济比较，评估施工对周围环境的影响，提出防治对策的建议。

**4** 抗浮工程的分析评价宜包括下列内容:

1）分析提出合理的抗浮设防水位建议；

2）根据抗浮设防水位，结合管廊底板埋深、结构自重等情况，对抗浮有关问题提出建议；

3）对可能设置抗浮锚杆、抗浮桩或采取其他抗浮措施的工程，应提供极限侧阻力和抗拔系数等设计计算参数的建议值。

**9.3.2** 基坑工程的分析评价应结合岩土条件、周边环境条件等有针对性进行。

1 提供岩土的重度和抗剪强度指标，并说明抗剪强度的试验方法，提供锚固体与地层摩阻力等岩土参数；

2 提供地下水分布情况分析其对工程的影响。临岸基坑工程，尚应评价地下水与地表水之间的水力联系；

3 当基坑开挖需进行地下水控制时，分析岩土层的渗透性及地下水动态，评价排水、降水、截水 等措施的可行性；

4 说明基坑周围岩土条件、周围环境概况，分析基坑开挖过程中可能出现的岩土工程问题，以及对附近地面、邻近建(构)筑物和管线的影响.

**9.4顶管法施工分析评价**

**9.4.1** 管廊通过范围内地层中存在的孤石、容易产生流砂和管涌的地层、大型的地下管线和埋藏物等均会对顶管施工造成严重影响，因此应根据勘察结果对顶管施工的适宜性进行评价，必要时提出处理建议；

**9.4.3** 本条规定了工作井和接收井采用沉井法施工时应评价的内容。对明挖法施工的工作井和接收井，可依据本标准第9.3节内容执行。：

**9.5盾构法施工分析评价**

**9.5.1** 地层中的孤石、坚硬岩、软硬不均地层，大型地下管线和构筑物会对盾构施工造成不利影响。因此本条规定应根据勘察结果对盾构法施工适宜性进行评价。

**9.6矿山法施工分析评价**

**9.6.1** 结合沿线地层特点和地下水条件，对矿山法的适宜性进行评价。

**9.8工程建设对工程周边环境影响分析评价**

**9.8.1** 管廊工程作为线性工程，其工程建设对城市环境的影响较大，勘察报告通过分析、评价和预测，提出防治措施的建议。环境问题涉及面广，本条仅涉及属于岩土工程方面的内容。

**1** 明挖法施工对工程周边环境影响分析评价主要包括以下内容：

**1）** 基坑开挖和桩基施工等可能引起的地面开裂、沉降、隆起、塌陷和土体的水平位移对邻近建(构)筑物及地下管线的影响；

**2）** 基坑开挖降水，坑外土体发生固结压缩变形，在地面上产生沉降和水平位移对邻近建(构)筑物及地下管线的影响；

**3）** 岩石地层爆破开挖，爆破振动过大对周边建（构）物等具有破坏影响。

**2** 盾构法施工对工程周边环境影响分析评价主要包括以下内容：

**1）** 盾构机推进过程中，开挖面上的水土压力不平衡引起地表隆起或沉降对邻近建(构)筑物及地下管线的影响；

**2）** 盾构机在富水饱和粉细砂等易液化地层作业，在周期性振动荷载作用下地层液化引起地面沉降对邻近建(构)筑物及地下管线的影响；

**3）** 盾构机始发可能引起水土流失和土体扰动对邻近建(构)筑物及地下管线的影响。

**3** 矿山法施工对工程周边环境影响分析评价主要包括以下内容：

**1）** 软岩浅埋隧道开挖引起应力重分布及岩体的变形、移动，造成周边地表沉降、裂缝对邻近建(构)筑物及地下管线的影响；

**2）** 在富水岩层中开挖隧道，出现突泥涌水、围岩坍塌，造成周边地表沉降、裂缝和地下水位下降对邻近建(构)筑物及地下管线的影响；

**9.9岩土工程风险提示**

**9.9.1** 岩土工程的风险，主要来自于不良地质作用、特殊性岩土、复杂地层结构和地下水等几个方面。

1 不良地质作用造成的风险主要有：

1）基坑开挖施工容易受到地质断裂带中沿岩石裂隙面滑动的滑动力不利影响，这种滑动也会带来很大的风险；

2）在土洞、空洞发育地层中区土钉、锚杆失效、对盾构机掘进施工带来潜在坍塌风险等。

3）顶管机在液化地层中顶进，振动作用下出现顶管底出现变形下沉风险等。

4）在断裂的断层破碎带之中，隧道在破碎地层中增加塌方风险；

5）在溶岩地区岩溶和溶洞的分布无规律，且不易勘察，易给后期隧道施工带来难以预见的风险；饱水的大型溶洞还易造成隧道施工中的地下水突涌风险；

6）在黄土地区存在的活动地裂缝上下盘升沉速率快，地裂缝内易涵养地下水（上层滞水或其他水层），对工程的影响较大，易造成后期的工程建设风险。

2 特殊性岩土种类繁多，造成的工程风险也各不相同。常见的有：

1. 填土由于其松散性和不均匀性给地基、基坑边坡的稳定性带来风险。如土钉、锚杆和人工挖孔桩在人工填土地层中存在成孔困难和孔壁坍塌风险；围护桩（墙）在人工填土层中成孔出现塌孔、漏浆和埋钻等；
2. 高灵敏度淤泥质地层对工程活动的扰动敏感，稳定性差，基坑开挖和顶管顶进过程易出现失稳等风险；
3. 卵石、漂石地层中的漂石会给围护桩和止水帷幕施工带来困难和风险；卵石、漂石地层的高渗透性也会给工程降水和注浆带来困难；卵石、漂石地层中的漂石会给盾构掘进施工带来困难和风险；
4. 硬质地层造成盾构刀盘磨损风险；
5. 膨胀土基坑边坡开挖、支护和地下水控制不当，容易引起坡体坍塌和地表沉陷；
6. 湿陷性黄土地层中，基底地基土遇水湿陷风险；
7. 在残积土或强风化岩层中遇到未风化孤石引起顶管施工困难的风险；
8. 采用矿山法施工时，残积土层掌子面遇水软化，引起掌子面渗水、坍塌风险。

3 复杂地层结构造成的风险主要有：

1. 顶管在软硬不同土层中顶进时，易造成软弱土层排土过多而引起地层沉降，同时造成顶管方向偏移等问题；
2. 软弱地基中盾构机栽头风险；
3. 盾构在软硬复合地层中开舱作业，引起开挖面土体失稳坍塌、地表沉陷风险；
4. 盾构始发、到达洞门处土体加固效果不佳，洞门土体出现坍塌和喷水涌砂风险；
5. 高硬度岩层在采用掘进机类设备施工时存在设备适用风险。

4 地下水条件造成的风险主要有：

1. 上层滞水由于其分布的随机性和不稳定性，又因详细勘察距离施工的时间较长，造成其不容易被查清，给基坑开挖、隧道掘进施工带来一定风险；
2. 含水的粉细砂地层易产生流砂等风险；
3. 软土地层的高承压水易导致基坑底突涌和失稳等风险；
4. 顶管施工过程中遇流砂、承压水层、土质不均匀等不良地质，开挖面存在失稳风险。
5. 盾构机掘进过程中地下水突涌和地表河水倒灌风险
6. 矿山法施工时，岩石地层的高压裂隙水会造成地下工程的突水风险。

**10 岩土工程勘察成果文件**

**10.1 一般规定**

**10.1.1** 岩土工程勘察成果文件（即勘察报告）是勘察工作的最终成果，是工程设计与施工的依据。勘察报告应通过对前期勘察资料的整理、检查和分析，根据工程特点和设计提出的技术要求编写，应有明确的针对性，能正确反映场地工程地质条件、不良地质作用和地质灾害。初步勘察阶段的勘察报告应满足初步设计的要求，详细勘察阶段的勘察报告应满足施工图设计的要求。

**10.1.2** 岩土勘察成果文件所依据的原始资料是第一性资料，做到资料真实完整、评价合理、建议可行。勘察报告提供的岩土参数应在剔除不合理、异常或离散数据的基础上，经综合分析后提出，以确保提供的数据可靠。

**10.2勘察报告的主要内容**

**10.2.2** 本条所列的内容是在一般情况下的要求，有特殊要求时应增加相应的内容。

1 拟建工程概况应包括下列内容：

1）工程名称、委托单位名称、勘察阶段、工程位置；

2）地下管廊起止位置（坐标、里程）、设计长度、宽度、埋设深度和施工方式等；

2 勘察目的、任务要求和依据的技术标准应以现行技术标准和勘察合同要求为依据。

3 岩土工程勘察等级应在工程重要性等级，场地复杂程度等级和岩土条件复杂程度等级的基础上划分。一般情况下，勘察等级可在勘察工作开始前，通过搜集已有资料确定。但随着勘察工作的开展，对自然认识的深入，勘察等级也可能发生变化，勘察工作也有可能发生调整。

4 勘察方法及勘察工作完成情况应包括下列内容：

1） 工程地质测绘和调查的范围、面积、比例尺以及测绘、调查的方法；

2） 勘探工作布置、勘探设备和方法，完成工作量和完成时间；

3） 原位测试的种类、数量、方法；

4） 采用的取样器和取样方法，取样（土样、岩样和水样）数量；

5） 室内试验完成情况；

6） 勘探孔封孔及探井、探槽、探洞回填情况；

7） 引用已有资料情况；

8） 勘探点测放依据，引测点高程和坐标系统；

9） 协作项目的说明；

10） 其他问题说明。

**10.2.3** 关于场地地下水和地表水的描述一般包括下列内容：

1） 勘察时的地下水位、地下水的类型及其动态变化幅度；

2） 对工程有影响的地表水情况，地下水的补给、径流和排泄条件，地表水与地下水间的水力联系；

3） 完成的水文地质成果和水文地质参数；

4） 对工程有影响的多层地下水应分层描述，并描述含水层之间水力联系等；

5） 历史高水位，近3～5 年最高地下水位调查资料；

6） 当任务要求时，应提供河谷地区、河流的历史洪水位、冲刷特征等。

**10.2.4** 岩土参数统计应根据实际试验项目和岩土工程评价需要进行，下列项目应进行统计：

1 岩土的天然密度、天然含水率；

2 粉土、黏性土的孔隙比；

3 黏性土的液限、塑限、液性指数和塑性指数；

4 土的压缩性、抗剪强度等力学特征指标；

5 岩石的密度、软化系数、吸水率、单轴抗压强度；

6 特殊性岩土的特征指标；

7 原位测试指标；

8 其他岩土指标。

**10.2.5** 岩土工程评价应包括下列内容：

1 场地稳定性、适宜性评价；

1） 评价场地稳定性；

2） 通过综合分析评价场地适宜性；

3） 对存在影响场地稳定的不良地质作用提出防治措施的建议。

2 场地地震效应评价；

1） 明确评价依据；

2） 提供勘察场地的抗震设防烈度、设计基本地震加速度、设计地震分组；

3） 确定场地类别，进行岩土地震稳定性(如滑坡、崩塌、液化和震陷特性等)评价；

4） 划分对建筑有利、一般、不利和危险的地段；

5） 存在饱和砂土或饱和粉土的场地，当场地抗震设防烈度为7度及7 度以上时应进行液化判别；

6） 场地液化判别应先进行初步判别，当初步判别后认为需要进行进一步判别时，应采用标准贯入试验方法进一步判别；

7） 对可液化场地应评价液化等级和危害程度,提出抗液化措施的建议；

8） 当场地类别、液化程度差异较大时，应进行分区，分别评价。

3 地下水和地表水评价应包括下列内容：

1） 分析评价地下水（土）和地表水对建筑材料的腐蚀性；

2） 当需要进行地下水控制时，应提出控制措施的建议，提供相关水文地质参数；

3） 存在抗浮问题时进行抗浮评价，提出抗浮设防水位、抗浮措施建议，提供抗浮设计所需参数；

4） 评价地表水与地下水的相互作用，施工和使用期间可能产生的变化及其对工程和环境的影响，提出地下水监测的建议。

4 地基基础评价应包括下列内容：

1） 提出安全可靠、技术可行的地基基础方案建议，提供设计、施工所需岩土参数；

2） 分析施工可能遇到的地质问题及工程与周围环境的相互影响，提出防治措施和监测的建议。

**10.3图表及附件**

**10.3.1** 勘察报告应附的图表，通常在勘察报告中不可缺少。

1 管廊工程勘探点线平面位置图应附有地形地物的管廊走向和里程桩号的初步设计带状平面图和勘探点及原位测试点的位置、类型、编号、孔（井）口标高等要素；图件的比例尺选用要得当，要保证最小的图件要素能表达清楚。如平面图图幅太大，可用较小比例尺的全幅图加较大比例尺的分幅图表示；

2 管廊剖面图应附有管廊线路及里程等要素和拟定的管廊工程的设计管道顶底标高。各剖面图的比例尺宜一致，如局部重要或欠清楚，可用局部放大处理；同一幅剖面图纵横方向比例尺宜一致，如图幅受限制，纵横方向比例尺之比不宜大于2 或小于0.5，避免造成视觉失真而误判；

4 勘探点数据一览表中要注明坐标系统、高程系统；说明测量基准点编号、坐标、高程的数值。

**10.3.2-10.3.3** 勘察报告可附的图表或附件可以根据具体需要选用或适当增减。

**11 现场检验与检测**

**11.1 一般规定**

**11.1.2** 现场检验与检测是保证工程质量与安全的重要手段之一，为保证工程周边支护结构、周围岩土体与周边环境的安全，岩土工程勘察报告中需要根据工程岩土特点、结构特点和施工特点，提出工程检验与检测的建议。目前主要的方法有现场观察、试验和仪器量测等。

**11.1.4** 现场检验与检测应满足下列技术要求：

1 根据不同类型的检验与检测要求，选用合适的方法；

2 检测点抽样应具有代表性；

3 应结合地层特征、施工工法等综合判断检验与检测结果。

**11.1.6** 现场检验与检测形成的成果报告必须真实可靠,当工程需要时,应对检验中发现的异常情况进行原因分析。

**11.2现场检验**

**11.2.2** 基槽、基坑、地基的现场检验是工程建设中对地质体检查的最后一道关口，通过检验发现异常地层，及时采取措施确保工程施工和结构安全。该项工作时必须做的常规工作，通常由地质人员会同建设、设计、施工、监理以及质量监督部门共同进行。

11.2.3 地基检验应包括：岩土分布及其性质；地下水情况；检查是否有暗浜、古井、古墓、古遗址、洞穴、防空掩体及地下埋设物，并查清其位置、深度、性状；检验地基是否受到施工的扰动，及扰动的范围和深度；冬雨季施工时应注意检查地基的防护措施，地基土质是否受冻、浸泡和冲刷、干裂等，并查明影响的范围和深度；

对土质地基，可用肉眼、微型贯入仪、轻型动力触探等简易方法，检验土的密实度和均匀性，必要时可以在槽底普遍进行轻型圆锥动力触探。但坑底下埋有砂层，且承压水头高于坑底时，应特别慎重，以免造成冒水涌砂。当岩土条件与勘察报告出入较大或设计有较大变动时，可有针对性地进行补充勘察

11.2.4 隧道围岩检验应包括下列内容：开挖揭露的围岩性质、分布和特征；地下水渗漏情况；工作面岩土体的稳定状态；围岩超挖或坍塌情况；根据开挖揭露的岩土情况，对围岩分级进行确认或修正。若现场检测与勘察报告有较大出入，或设计有较大变动时，可由针对性地进行施工勘察。

11.2.5 桩长设计一般采用地层和标高双控制，并以勘察报告作为设计依据。但在工程实践中，实际地层情况与勘察报告不一致是常有的情况，故应通过试打试钻，检验岩土条件是否与设计时的一致，在工程桩施工时，也应密切注意是否有异常情况，以便及时采取必要的措施。

**11.3现场检测**

**11.3.1** 基坑支护结构的检测是为了确保其施工质量达到设计要求，具体检测方法和技术执行现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120）的有关要求。

**11.3.2** 地基处理施工前，应根据设计文件，现场核查设计图纸、设计参数、设计要求、施工机械、施工工艺及质量控制指标等。对缺乏施工经验的场地或采用新工艺时，应进行地基处理效果的测试。若发现问题及时与有关部门研究解决。

**11.3.3** 对围岩加固范围、加固效果进行检测是确保工程施工安全的重要环节。

**11.3.4** 现行行业标注《建筑基桩检测技术规程》（JGJ106）对施工完成后的工程桩的检验范围和方法作了明确的规定。确定桩的承载能力桩虽然有多种方法，但是目前最可靠的仍然是载荷试验。目前在桩身质量检测方面，动力测桩技术已较为成熟，普遍使用，但对于操作人员和仪器要求较高，必须符合有关规范和规定。