

前 言

根据《河南省住房和城乡建设厅关于印发 2019 年第二批工程建设标准（定额）编制计划的通知》（豫建科[2019]372 号）要求，标准编制组经过充分调查研究，认真总结实践经验，参考有关国家标准和国内外先进经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容是：总则、术语和符号、基本规定、工程地质调查与测绘、可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察、施工勘察与专项勘察、不良地质作用、特殊性岩土、地下水、勘探与取样、原位测试、室内试验、岩土工程分析评价要求与成果报告及相应附录。

本标准由河南省住房和城乡建设厅负责管理，由中化地质河南局集团有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中，如有意见或建议，请寄送至中化地质河南局集团有限公司（地址：郑州市文化路 76 号，邮政编码：450011）。

主 编 单 位： 中化地质河南局集团有限公司
河南工程水文地质勘察院有限公司

参 编 单 位： 河南省建院勘测设计有限公司
郑州交通发展投资集团有限公司
洛阳市轨道交通集团有限责任公司
黄河勘测规划设计研究院有限公司
中国地震局地球物理勘探中心郑州基础工程勘察研究院
河南省有色工程勘察有限公司
河南省水利勘测有限公司
中铁第六勘察设计院集团有限公司

中铁工程设计咨询集团有限公司
北京城建勘测设计研究院有限责任公司
中核勘察设计研究院有限公司
中赞国际工程有限公司
郑州市市政工程勘测设计研究院
郑州岩土工程勘察设计院
九州工程设计有限公司
河南省朝阳建筑设计有限公司
河南省地矿建设工程（集团）有限公司

主要起草人员： 赵迷军 吉建华 王继周 付进省 王全征
张俊征 何德洪 张 鹏 王 健 姜炎涛
罗永军 马伟召 任 磊 井景凤 石守亮
翟永田 吴清星 李永新 袁真秀 高 伟
袁创辉 邓小宁 朱会强 贾黎君 刘立兵
宋继国 王佳明 康文献 朱文凤 王若锋
杨奇超 黄春晖 付燎原 何建锋 范 建
刘 超 张志敏 赵 鹏 张 磊 谢裕春
李世烜 田中峰 王建龙 贾尚星 申光明
刘瑞晓 樊 华 李 景 杨海雨 郑向前
胡玉平

主要审查人员： 周同和 许录明 张根山 李建斌 董清志
冯秋保 张百岁

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
4	工程地质调查与测绘	9
4.1	一般规定	9
4.2	工作方法	9
4.3	工作范围	10
4.4	工作内容	10
4.5	工作成果	12
5	可行性研究勘察	13
6	初步勘察	15
6.1	一般规定	15
6.2	地下工程	16
6.3	高架工程	18
6.4	路基、涵洞工程	19
6.5	地面车站、车辆段及停车场、变电站	21
7	详细勘察	22
7.1	一般规定	22

7.2	地下工程	24
7.3	高架工程	27
7.4	路基、涵洞工程	29
7.5	地面车站、车辆段及停车场、变电站	32
8	施工勘察与专项勘察	34
8.1	施工勘察	34
8.2	专项勘察	35
9	不良地质作用	36
9.1	一般规定	36
9.2	采空区	36
9.3	地面沉降	38
9.4	地裂缝	40
9.5	有害气体	41
10	特殊性岩土	44
10.1	一般规定	44
10.2	填土	44
10.3	软土	46
10.4	湿陷性土	49
10.5	膨胀岩土	52
10.6	强风化岩、全风化岩与残积土	55
10.7	污染土	57
11	地下水	60

11.1	一般规定	60
11.2	水文地质参数的测定	61
11.3	地下水长期观测与监测	64
11.4	地下水作用与控制评价	66
12	勘探与取样	69
12.1	一般规定	69
12.2	钻探	69
12.3	井探、槽探	72
12.4	地球物理勘探	72
12.5	取样	73
13	原位测试	76
13.1	一般规定	76
13.2	标准贯入试验	76
13.3	圆锥动力触探试验	77
13.4	旁压试验	78
13.5	静力触探试验	80
13.6	载荷试验	80
13.7	扁铲侧胀试验	83
13.8	十字板剪切试验	84
13.9	波速测试	84
13.10	地温测试	85
13.11	现场直接剪切试验	86

13.12	视电阻率测井	89
14	室内试验	91
14.1	一般规定	91
14.2	土的物理性质试验	91
14.3	土的力学性质试验	92
14.4	岩石试验	93
14.5	水和土的腐蚀性试验	94
15	岩土工程分析评价要求与勘察成果	95
15.1	一般规定	95
15.2	岩土工程分析与评价要求	96
15.3	成果报告内容	100
附录 A	河南省城市轨道交通岩土工程勘察地层层序划分	103
附录 B	工法勘察	118
附录 C	隧道围岩分级及岩土施工工程分级	128
附录 D	常用地球物理勘探方法应用范围及适用条件	133
附录 E	常用原位测试方法确定地基土承载力	135
	本标准用词说明	141
	引用标准名录	142
	条文说明	144

1 总则

1.0.1 为了在河南省城市轨道交通岩土工程勘察中做到安全适用、技术先进、经济合理、保护环境、确保质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于河南省行政区域内城市轨道交通的岩土工程勘察。

1.0.3 城市轨道交通岩土工程勘察应系统搜集既有勘察设计与工程周边环境资料，按工程建设各勘察阶段的要求，科学勘察，正确反映工程地质条件、水文地质条件，提供资料真实、数据可靠、结构完整、评价合理、建议可行的勘察报告。

1.0.4 城市轨道交通岩土工程勘察除应执行本标准外，尚应符合国家和河南省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 城市轨道交通 urban rail transit

采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统，包括地铁、轻轨、单轨、有轨电车、磁浮、自动导向轨道、市域快速轨道系统。

2.1.2 明挖法 cut and cover method

由地面开挖基坑中修筑地下结构的方法。包括明挖、盖挖顺作和盖挖逆作等工法。

2.1.3 盾构法 shield tunneling method

在岩土体内用盾构机修筑城市轨道交通工程隧道的施工方法。

2.1.4 矿山法 mining method

在岩土体中采用新奥法或浅埋暗挖法修筑城市轨道交通工程隧道的施工方法的统称。

2.1.5 车辆段 depot

停放车辆，以及承担车辆的运用管理、整备保养、检查工作和承担定修或架修车辆检修任务的基本生产单位。

2.1.6 停车场 parking lot

停放配属车辆，以及承担车辆的运营管理、整备保养、检查工作的基本生产单位。

2.1.7 联络通道 connecting yard

连接同一线路区间上下行的两个行车隧道的通道或门洞，在列车区间遇火灾等灾害、事故停运时，供乘客由事故隧道向无事故隧道安

全疏散使用。

2.1.8 沉井 open caisson

上下敞口带刃脚的空心井筒状结构，依靠自重或配以助沉措施下沉至设计标高处，以井筒作为结构的基础。

2.1.9 基床系数 coefficient of subgrade reaction

岩土体在外力作用下，单位面积岩土体产生单位变形时所需的压力，也称弹性抗力系数或地基反力系数。按照岩土体受力方向分为水平基床系数和垂直基床系数。

2.1.10 热物理指标 thermophysical index

反映岩土体导热、导温、储热等能力的指标，一般包括导热系数、导温系数和比热容等。

2.1.11 标准地层 standard strata

一定区域内，按时代、成因、岩性等综合确定的具有唯一性的地层。

2.1.12 地层层组 stratigraphic group

依据时代成因和相对位置划分的地层组合，是地层划分单位。

2.1.13 地层层序 stratigraphic sequence

由一套标准地层构成的地层序列。

2.2 符号

2.2.1 岩土物理力学性质指标

E_s ——压缩模量

f_{ak} ——地基承载力特征值

f_r ——单轴饱和抗压强度

I_p ——塑性指数

K_h ——水平基床系数

K_v ——垂直基床系数

S_h ——地基土的水平向变形

S_v ——地基土的垂直向变形

ρ ——密度

ψ_w ——湿度系数

2.2.2 原位测试指标

f_s ——静力触探侧壁摩阻力

N' ——实测标准贯入试验锤击数

N ——修正后的标准贯入试验锤击数

N_{10} ——轻型圆锥动力触探锤击数

$N_{63.5}$ ——修正后的重型圆锥动力触探锤击数

N_{120} ——修正后的超重型圆锥动力触探锤击数

P_s ——静力触探比贯入阻力

q_c ——静力触探锥尖阻力

v_s ——剪切波波速

2.2.3 热物理指标

C ——比热容

α ——导温系数

λ ——导热系数

3 基本规定

3.0.1 城市轨道交通岩土工程勘察应分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察。遇异常情况或为解决设计、施工中特殊岩土工程问题及专题服务时，可进行施工勘察或专项勘察。各勘察阶段工作应满足下列要求：

1 可行性研究勘察应针对城市轨道交通工程线路方案开展工程地质勘察工作，研究线路场地的地质条件，为线路方案比选提供依据。

2 初步勘察应在可行性研究勘察的基础上，针对城市轨道交通工程线路敷设形式、各类工程的结构形式、施工方法等工作，为初步设计提供依据。

3 详细勘察应充分利用前期勘察成果，针对城市轨道交通各类工程的建筑类型、结构形式、埋置深度和施工方法等工作，满足施工图设计要求。

3.0.2 城市轨道交通岩土工程勘察应根据工程不同设计阶段的任务、目的和要求，针对拟建工程的结构类型、特点、规模和场地地质条件，编制勘察纲要。勘察纲要在执行过程中应根据地质条件、设计方案和技术要求的变化进行调整。

3.0.3 利用搜集的勘察资料时，应分析资料的可靠性与适用性。

3.0.4 勘察实施前，应核查勘探点位周边的地下管线和地下建（构）筑物情况，勘察过程中应采取措施，确保地下管线和地下建（构）筑物安全。

3.0.5 工程地质调查与测绘应初步查明场地主要工程地质问题，有针对性的提出防治措施及建议，并为各勘察阶段的勘探与测试工作布置

提供依据。

3.0.6 勘探、取样和原位测试、室内试验等的原始记录、影像资料和工程勘察报告均应归档保存，并应可追溯。

3.0.7 工程重要性等级应根据工程规模、建筑类型和特点，以及岩土工程问题导致的工程破坏后果，按表 3.0.7 进行划分。

表 3.0.7 工程重要性等级

工程重要性等级	工程破坏的后果	工程规模及建筑类型
一级	很严重	车站主体、各类通道、地下区间、高架区间、大中桥梁、地下停车场、控制中心、主变电站

续表 3.0.7 工程重要性等级

工程重要性等级	工程破坏的后果	工程规模及建筑类型
二级	严重	路基、涵洞、小桥、车辆段和停车场内的各类房屋建筑、出入口、施工竖井、盾构始发（接收）井
三级	不严重	次要建筑物、地面停车场

3.0.8 场地复杂程度等级可根据地形地貌、工程地质条件、水文地质条件按下列规定进行划分：

- 1 符合下列条件之一者为一级场地（复杂场地）：
 - 1) 地形地貌复杂；
 - 2) 建筑抗震危险和不利地段；
 - 3) 不良地质作用强烈发育；
 - 4) 特殊性岩土需要专门处理；
 - 5) 地基、围岩或边坡的岩土性质较差；
 - 6) 地下水对工程影响较大需要进行专门研究和治理。
- 2 符合下列条件之一者为二级场地（中等复杂场地）：

- 1) 地形地貌较复杂；
 - 2) 建筑抗震一般地段；
 - 3) 不良地质作用一般发育；
 - 4) 特殊性岩土不需要专门处理；
 - 5) 地基、围岩或边坡的岩土性质一般；
 - 6) 地下水对工程的影响较小。
- 3 符合下列条件之一者为三级场地（简单场地）：

- 1) 地形地貌简单；
- 2) 抗震设防烈度为 6 度或对建筑抗震有利地段；
- 3) 不良地质作用不发育；
- 4) 地基、围岩或边坡的岩土性质较好；
- 5) 地下水对工程无影响。

注：场地复杂程度等级划分应从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准。

3.0.9 工程周边环境风险等级可根据工程周边环境与工程的相互影响程度及破坏后果的严重程度按下列规定进行划分：

- 1 一级环境风险：工程周边环境与工程相互影响很大，破坏后果很严重；
- 2 二级环境风险：工程周边环境与工程相互影响大，破坏后果严重；
- 3 三级环境风险：工程周边环境与工程相互影响较大，破坏后果较严重；
- 4 四级环境风险：工程周边环境与工程相互影响小，破坏后果轻微。

3.0.10 岩土工程勘察等级，可按下列条件划分：

1 甲级：在工程重要性等级、场地复杂程度等级和工程周边环境风险等级中，有一项或多项为一级的勘察项目；

2 乙级：除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目；

3 丙级：工程重要性等级、场地复杂程度等级均为三级且工程周边环境风险等级为四级的勘察项目。

3.0.11 城市轨道交通岩土工程勘察宜按工程所在地进行统一的地层层序划分，并可按附录 A 的有关规定执行。

3.0.12 城市轨道交通工程施工工法的勘察应符合附录 B 的规定。

3.0.13 城市轨道交通工程隧道围岩分级及岩土施工工程分级应符合附录 C 的规定。

4 工程地质调查与测绘

4.1 一般规定

4.1.1 工程地质调查与测绘应包括工程场地的地形地貌、地层岩性、地质构造、工程地质条件、水文地质条件、不良地质和特殊性岩土等。

4.1.2 工程地质调查与测绘应搜集工程沿线的既有资料，并进行综合分析研究。

4.1.3 在工程地质调查与测绘工作中，应根据不同的勘察阶段，结合适量的勘探和原位测试等手段开展工作。

4.2 工作方法

4.2.1 采用遥感技术的地段，应对室内解译结果进行现场核实，检验点数宜为工程地质测绘点数的 30%~50%。野外检验工作应包括下列内容：

- 1 检查解译标志；
- 2 检查解译结果；
- 3 检查外推结果；
- 4 对室内解译难以获得的资料进行野外补充。

4.2.2 地质观测点的布置应符合下列规定：

- 1 地质观测点应布置在具有代表性的岩土露头、地层界线、断层及重要的节理、地下水露头、不良地质、特殊岩土界线等处；
- 2 地质观测点密度应根据技术要求、地质条件和成图比例尺等因素综合确定，其密度应能控制不同类型地质界线和地质单元体的变化；
- 3 地质观测点的定位应根据精度要求和地质复杂程度选用目测法、

半仪器法、仪器法。对构造线、地下水露头、不良地质等重要的地质观测点，应采用仪器定位。

4.2.3 当地复杂程度等级为一级场地（复杂场地）时，宜采用填图的方法进行调查与测绘。当地复杂程度等级为二级场地（中等复杂场地）、三级场地（简单场地）或既有地质资料比较充分时，可采用编图方法进行调查与测绘。

4.3 工作范围

4.3.1 应根据不同勘察阶段所确定的线路、建（构）筑物平面范围及邻近地段开展地质调查与测绘工作，其范围应满足线路方案比选和建（构）筑物选址、地质条件评价的需要。

4.3.2 一般区间直线段向两侧应不少于 100m；车站、区间弯道段及车辆段、停车场向外侧应不少于 200m。

4.3.3 对工程建设有影响的不良地质作用、特殊性岩土、断裂构造、地下水富水区、既有建（构）筑物等地段应扩大工作范围。

4.3.4 工程建设可能诱发地质灾害地段，其工作范围应包含可能的地质灾害发生的范围。

4.3.5 当地质条件特别复杂或需进行专项研究时，工作范围应专门研究确定。

4.4 工作内容

4.4.1 工程地质调查与测绘的资料搜集宜包括下列内容：

- 1 区域性的地质、水文、气象等资料；
- 2 既有建（构）筑物的岩土工程勘察资料和施工经验；

3 已发生的岩土工程事故案例，了解其发生的原因、处理措施和整治效果。

4.4.2 工程地质调查与测绘工作应包括下列内容：

1 调查、测绘地形与地貌的形态，划分地貌单元，确定成因类型，分析其与基底岩性和新构造运动的关系；

2 调查天然和人工边坡的形式、坡率、防护措施和稳定情况；

3 调查地层的岩性、结构、构造、产状，岩土的结构特征和风化程度，了解岩石的坚硬程度和岩体的完整程度；

4 调查构造类型、形态、产状、分布，对断裂、节理等构造进行分类，确定主要结构面与线路的关系；

5 对主干断裂、强烈破碎带，应调查其分布范围、形态和物质组成，分析地下水软化作用对隧道围岩稳定性的影响和危害程度；

6 调查地表水体和河床演变历史，搜集主要河流的防洪设计水位、最高洪水位、流速、流量、河床标高、淹没范围等；

7 调查地下水各含水层类型、渗透性、水位、变化幅度、水力联系、补给来源和排泄条件，地下水动态变化和地表水系的联系、腐蚀性情况，以及历年地下水位的长期观测资料；

8 调查填土的堆积年代、坑塘淤积层的厚度，以及软土、湿陷性土、膨胀性岩土、风化岩和残积土、污染土等特殊岩土及钙质胶结层的分布范围和工程地质特征；

9 调查岩溶、洞穴、滑坡、岸边冲刷、地面沉降、地裂缝、地下古河道、暗浜、含放射性或有害气体地层等不良地质的形成、规模、分布、发展趋势及对工程建设的影响。

4.5 工作成果

4.5.1 工程地质调查与测绘的资料应准确可靠、图文相符。对工程设计、施工有影响的工程地质现象，应采用素描图、影像记录并附文字说明。

4.5.2 工程地质测绘的比例尺和精度应符合下列规定：

1 测绘用图比例尺宜选用比最终成果图大一级的地形图做底图，在可行性研究勘察阶段可选用 1:1000~1:2000；在初步勘察、详细勘察和施工勘察阶段可选用 1:500~1:1000；在工程地质条件复杂地段应适当放大比例尺；

2 地质界线、地质观察点测绘在图上的位置误差不应大于 2mm；

3 地质单元体在图上宽度不小于 2mm 时，均应在图上表示；有特殊意义或对工程有重要影响的地质单元体，在图画上宽度小于 2mm 时，应采用扩大比例尺的方法标示并加以注明。

4.5.3 工程地质调查与测绘的成果资料应符合下列规定：

1 对地质条件复杂地段，应编制工程地质调查与测绘报告，报告内容应包括文字报告、工程地质图、纵横地质剖面图、地质柱状图、遥感地质解译资料、素描图和照片等；

2 对地质条件简单地段，工程地质调查与测绘的成果可纳入相应阶段的岩土工程勘察报告。

5 可行性研究勘察

5.0.1 可行性研究勘察应满足下列要求：

1 重点研究影响线路方案的不良地质作用、特殊性岩土及关键工程的工程地质条件；

2 在搜集已有地质资料和工程地质调查与测绘的基础上，开展必要的勘探与取样、原位测试、室内试验等工作；

3 调查城市轨道交通工程线路可能通过区的区域地质条件、工程地质及水文地质条件、周边环境条件，并重点研究控制线路方案的主要工程地质问题，为线路走向、站位、敷设形式等方案的比选、技术经济论证、工程周边环境保护及编制可行性研究报告提供地质资料。

5.0.2 可行性研究勘察应进行下列工作：

1 搜集区域地质、地形、地貌、水文、气象、地震等资料，以及相关工程建设经验；

2 调查线路沿线的地层岩性、地质构造、地下水埋藏条件等，划分工程地质单元，进行工程地质分区，评价场地稳定性和适宜性；

3 对控制线路方案的工程周边环境，分析其与线路的相互影响，提出规避、保护的初步建议；

4 对控制线路方案的不良地质作用、特殊性岩土，了解其类型、成因、范围及发展趋势，分析其对线路的危害，提出规避、防治的初步建议；

5 研究场地的地形、地貌、工程地质、水文地质、工程周边环境等条件，分析路基、高架、地下等工程方案及施工方法的可行性。

5.0.3 可行性研究勘察应搜集和分析下列资料：

1 工程所在地的气象、水文以及与工程相关的水利、防洪设施、基岩标等资料；

2 区域地质、构造、地震及液化等资料；

3 沿线地形、地貌、地层岩性、地下水、特殊性岩土、不良地质作用和地质灾害等资料；

4 沿线古城址及河、湖、沟、坑的历史变迁及工程活动引起的地质变化等资料；

5 影响线路方案的重要建（构）筑物、桥涵、隧道、既有轨道交通设施等工程周边环境的设计与施工资料。

5.0.4 可行性研究勘察的勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点间距不宜大于 1000m，每个车站、区间均应有勘探点；

2 勘探点数量应满足工程地质分区的要求；每个工程地质单元应有勘探点，在地质条件复杂地段应加密勘探点；

3 当有两条或两条以上比选线路时，各比选线路均应布置勘探点；

4 控制线路方案的输水干渠、河、湖等地表水体及不良地质作用和特殊性岩土地段应布置勘探点；

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。

5.0.5 可行性研究勘察的取样、原位测试、室内试验的项目和数量，应根据线路方案、沿线工程地质和水文地质条件综合确定。

6 初步勘察

6.1 一般规定

6.1.1 初步勘察应对控制线路平面、埋深及施工方法的关键工程或区段进行重点勘察，并结合工程周边环境提出岩土工程防治和风险控制初步建议。

6.1.2 应根据沿线区域地质和场地工程地质、水文地质、工程周边环境等条件，采用工程地质调查与测绘、勘探与取样、原位测试、室内试验等多种手段相结合的综合勘察方法。采空区、洞穴、岩溶、断裂破碎带等复杂地质条件区域，应开展地球物理勘探工作。

6.1.3 初步勘察应初步查明城市轨道交通工程线路、车站、车辆段、停车场及相关附属设施的工程地质和水文地质条件，分析评价地基基础形式和施工方法的适宜性，预测可能出现的岩土工程问题，为初步设计提供所需的岩土参数，并针对复杂或特殊地段提出岩土治理的初步建议。

6.1.4 初步勘察应进行下列工作：

1 搜集带地形图的拟建线路平面图、线路纵断面图、施工方法等有关设计文件及可行性研究勘察报告、沿线地下设施分布图；

2 初步查明沿线地质构造、岩土类型及分布、岩土物理力学性质、地下水埋藏条件，进行工程地质分区；

3 初步查明特殊性岩土的类型、成因、分布、规模、工程性质，分析其对工程的危害程度；

4 查明沿线场地不良地质作用的类型、成因、分布、规模，预测

其发展趋势，分析其对工程的危害程度；

5 初步查明沿线地表水体的水位、流量、水质、河湖淤积物的分布，以及地表水与地下水的补排关系；

6 初步查明地下水水位，地下水类型，补给、径流、排泄条件，地下水动态和变化规律；

7 初步评价场地和地基的地震效应；

8 评价场地稳定性和工程适宜性；

9 初步评价水和土对建筑材料的腐蚀性；

10 对可能采取的地基基础类型、地下工程开挖与支护方案、地下水控制方案进行初步分析评价；

11 季节性冻土地区，应调查场地土的标准冻结深度；

12 对环境风险等级较高的工程周边环境，分析可能出现的工程问题，提出预防措施的建议。

6.2 地下工程

6.2.1 地下车站与区间工程初步勘察除应满足本标准第 6.1.5 条的要求外，尚应符合下列规定：

1 初步划分车站、区间隧道的围岩分级和岩土施工工程分级；

2 根据车站、区间隧道的结构形式及埋置深度，结合岩土工程条件，提供初步设计所需的岩土参数，提出地基基础方案的初步建议；

3 每个水文地质单元应选择代表性地段进行水文地质试验，提供水文地质参数，视工程需要可设置地下水位长期观测孔；

4 初步查明地下有害气体、污染土层的分布、成分，评价其对工程的影响；

5 针对车站、区间隧道的施工方法，结合岩土工程条件，分析基坑支护、围岩支护、盾构设备选型、岩土加固与开挖、地下水控制等可能遇到的岩土工程问题，提出处理措施的初步建议。

6.2.2 地下车站的勘探点宜沿结构轮廓线布置，每个车站勘探点数量不宜少于 4 个，且勘探点间距不宜大于 100m。

6.2.3 地下区间的勘探点应根据场地复杂程度和设计方案布置，并符合下列规定：

1 勘探点间距宜为 100m~200m，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作用和特殊性岩土发育地段应加密勘探点；

2 勘探点宜沿区间线路隧道结构外侧 3m~5m 交叉布置。

6.2.4 每个地下车站或区间取样、原位测试的勘探点数量应不少于勘探点总数的 2/3。

6.2.5 山岭隧道可采用工程地质调查与测绘及地球物理勘探为主的勘探方法，并辅以钻探、井探或槽探进行验证。

6.2.6 勘探孔深度应根据地质条件及设计方案综合确定，并符合下列规定：

1 控制性勘探孔进入结构底板以下应不小于 30m；在结构埋深范围内如遇强风化、全风化岩石地层进入结构底板以下应不小于 15m；在结构埋深范围内如遇中等风化、微风化岩石地层宜进入结构底板以下 5m~8m；

2 一般性勘探孔进入结构底板以下应不小于 20m；在结构埋深范围内如遇强风化、全风化岩石地层进入结构底板以下应不小于 10m；

在结构埋深范围内如遇中等风化、微风化岩石地层进入结构底板以下应不小于 5m；

- 3 勘探孔深度应不小于基坑开挖深度的 2 倍；
- 4 遇岩溶和破碎带时钻孔深度应适当加深。

6.3 高架工程

6.3.1 高架车站与区间工程初步勘察除应满足本标准第 6.1.5 条的要求外，尚应符合下列规定：

- 1 重点查明对高架方案有控制性影响的不良地质体的分布范围，指出工程设计应注意的事项；
- 2 采用天然地基时，初步评价墩台基础地基稳定性和承载力，提供地基变形、基础抗倾覆和抗滑移稳定性验算所需的岩土参数；
- 3 采用桩基时，初步查明桩基持力层的分布、厚度变化规律，提出桩型及成桩工艺的初步建议，提供桩侧土层摩阻力、桩端土层端阻力初步建议值，并评价桩基施工对工程周边环境的影响；
- 4 对跨河桥，还应初步查明河流水文条件，提供冲刷计算所需的颗粒级配等参数。

6.3.2 勘探点间距应根据场地复杂程度和设计方案确定，高架车站宜为 80m~100m，高架区间宜为 80m~150m；高架车站勘探点数量不宜少于 3 个；取样、原位测试的勘探点数量应不少于勘探点总数的 2/3。

6.3.3 勘探孔深度应符合下列规定：

- 1 控制性勘探孔深度应满足墩台基础或桩基沉降计算和软弱下卧层验算的要求，一般性勘探孔应满足查明墩台基础或桩基持力层和软弱下卧土层分布的要求；

2 墩台基础置于无地表水地段时，应穿过最大冻结深度达持力层以下；墩台基础置于地表水以下时，应穿过水流最大冲刷深度达持力层以下；

3 覆盖层较薄、下伏基岩风化层不厚时，勘探孔应进入微风化地层 3m~8m；

4 在球状风化体、断裂破碎带地区，钻孔应钻穿球状风化体、断裂破碎带进入稳定岩土层，进入深度应不小于 5m。

6.4 路基、涵洞工程

6.4.1 路基工程初步勘察除应满足本标准第 6.1.5 条的要求外，尚应符合下列规定：

1 初步查明各岩土层的岩性、分布情况及物理力学性质，重点查明对路基工程有控制性影响的不稳定岩土体、软弱土层等不良地质体的分布范围；

2 初步评价路基基底的稳定性，划分岩土施工工程等级，指出路基设计应注意的事项并提出相关建议；

3 初步查明水文地质条件，评价地下水对路基的影响，提出地下水控制措施的建议；

4 对高路堤，应初步查明软弱土层的分布范围和物理力学性质，提出天然地基的填土允许高度或地基处理建议，对路堤的稳定性进行初步评价；必要时进行取土场勘察；

5 对深路堑，应初步查明岩土体的不利结构面，调查沿线天然边坡、人工边坡的工程地质条件，评价边坡稳定性，提出边坡治理措施的建议；

6 对支挡结构，应初步评价地基稳定性和承载力，提出地基基础形式及地基处理措施的建议；对路堑挡土墙，还应提供墙后岩土体物理力学性质指标。

6.4.2 涵洞工程初步勘察除应满足本标准第 6.1.5 条的要求外，尚应符合下列规定：

1 初步查明涵洞场地地貌、地层分布和岩性、地质构造、天然沟床稳定状态、隐伏的基岩倾斜面、不良地质作用和特殊性岩土；

2 初步查明涵洞地基的水文地质条件，必要时进行水文地质试验，提供水文地质参数；

3 初步评价涵洞地基稳定性和承载力，提供涵洞设计、施工所需的岩土参数。

6.4.3 路基、涵洞工程勘探点间距应满足下列要求：

1 每个地貌、地质单元均应布置勘探点，在地貌、地质单元交接部位和地层变化较大地段应加密勘探点；

2 路基的勘探点间距宜为 100m~150m，支挡结构、涵洞地段应有勘探点控制；

3 高路堤、深路堑应布置横断面。

6.4.4 取样、原位测试的勘探点数量应不少于路基、涵洞工程勘探点总数的 2/3。

6.4.5 路基、涵洞工程的控制性勘探孔深度应满足稳定性评价、变形计算、软弱下卧层验算的要求；一般性勘探孔应进入基底以下 5m~10m，并穿透填土、软土、可液化土层。

6.5 地面车站、车辆段及停车场、变电站

6.5.1 车辆段、停车场路基工程的初步勘察应按本标准第 6.4 节的有关规定执行。

6.5.2 地面车站、车辆段及停车场应根据不同建（构）筑物类型分布进行勘察，同时应考虑场地挖方、填方对勘察的要求及影响。

6.5.3 地面车站、各类建（构）筑物及其附属设施的初步勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

6.5.4 变电站的初步勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和国家行业标准《变电站岩土工程勘测技术规程》DL/T 5170 的规定。

7 详细勘察

7.1 一般规定

7.1.1 详细勘察工作前应搜集附有坐标和地形的拟建工程的平面图、纵断面图、荷载、结构类型与特点、施工方法、基础形式及埋深、地下工程埋置深度及上覆土层的厚度、变形控制要求等资料。

7.1.2 详细勘察工作应根据各类工程场地的工程地质、水文地质和工程周边环境等条件，采用勘探与取样、原位测试、室内试验，辅以工程地质调查与测绘、地球物理勘探的综合方法。

7.1.3 采取岩土试样和进行原位测试应满足岩土工程评价的要求，每个车站、区间、停车场或车辆段、变电站等场地每一主要岩土层的试样或原位测试数据应不少于 10 件（组），波速测试孔不宜少于 3 个，电阻率测试孔不宜少于 2 个。

7.1.4 每个车站、区间、停车场或车辆段、变电站等场地应采取地表水、地下水水试样或地下结构范围内的岩土试样进行腐蚀性测试试验，地表水每处不少于 1 组，地下水、岩土试样每层不应少于 2 组。

7.1.5 勘察工作量的布置应满足地震效应评价的要求。

7.1.6 详细勘察应查明各类工程场地的工程地质和水文地质条件，分析评价地基、围岩及边坡稳定性，预测可能出现的岩土工程问题，提供设计、施工所需的岩土参数，提出地基基础、围岩加固与支护、边坡治理、地下水控制、周边环境保护方案建议。

7.1.7 详细勘察阶段应进行下列工作：

- 1 查明不良地质作用的特征、成因、分布范围、发展趋势和危害

程度，提出治理方案的建议；

2 查明场地范围内岩土层的类型、年代、成因、分布范围、工程特性，分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载能力，提出天然地基、地基处理或桩基等地基基础方案的建议，对需进行沉降计算的建（构）筑物、路基等，提供地基变形计算参数；

3 分析地下工程围岩的稳定性和可挖性，对围岩进行分级和岩土施工工程分级，提出对工程有不利影响的工程地质问题及防治措施的建议，提供基坑支护、隧道初期支护和衬砌设计与施工所需的岩土参数；

4 分析边坡的稳定性，提供边坡稳定性计算参数，提出边坡治理的工程措施建议；

5 查明对工程有影响的地表水体的分布、水位、水深、水质、防渗措施、淤积物分布及地表水与地下水的水力联系等，分析地表水体对工程可能造成的危害；

6 查明地下水的埋藏条件，提供场地的地下水类型、勘察时水位、水质、岩土渗透系数、地下水位变化幅度等水文地质资料，分析地下水对工程的作用，提出地下水控制措施的建议；

7 判定地下水和土对建筑材料的腐蚀性；

8 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；

9 确定场地类别，对抗震设防烈度大于 6 度的场地，应进行液化判别，提出处理措施的建议；

10 在季节性冻土地区，应提供场地土的标准冻结深度。

7.2 地下工程

7.2.1 地下车站、地下区间等地下工程的详细勘察，除应满足本标准第 7.1.8 条要求外，尚应符合下列规定：

1 查明各岩土层的分布，提供各岩土层的物理力学性质指标及地下工程设计、施工所需的基床系数、静止侧压力系数、热物理指标和电阻率等岩土参数；

2 查明不良地质作用、特殊性岩土及对工程施工不利的饱和砂层、卵石层、漂石层、钙质胶结层、球状风化体等地质条件的分布与特征，分析其对工程的危害和影响，提出工程防治措施的建议；

3 在基岩地区应查明岩石风化程度，岩层层理、片理、节理等软弱结构面的产状及组合形式，断裂构造和破碎带的位置、规模、产状和力学属性，划分岩体结构类型，并预测隧道偏压的可能性及危害；

4 对隧道围岩的稳定性进行评价，进行围岩分级、岩土施工工程分级；分析隧道开挖、围岩加固及初期支护等可能出现的岩土工程问题，提出防治措施建议，提供隧道开挖方式选择、围岩加固、初期支护和衬砌设计所需的岩土参数；

5 对基坑工程边坡的稳定性进行评价，提出基坑支护方案建议，提供基坑支护结构设计所需的岩土参数；

6 分析地下水对工程施工的影响，预测基坑和隧道突水、涌砂、流土、管涌的可能性及危害程度；需进行地下水控制时，应进行水文地质试验，提出地下水控制所需的水文地质参数，进行隧道和基坑涌水量预测；

7 分析地下水对工程结构的作用，对需采用抗浮措施的地下工程，

提出抗浮设计水位的建议，提供抗拔桩或抗浮锚杆设计所需的各岩土层的侧摩阻力或锚固力等计算参数。

8 分析评价工程降水、岩土开挖对工程周边环境的影响，提出防护措施的建议；

9 对出入口与通道、风井与风道、施工竖井与施工通道、联络通道等附属工程及隧道断面尺寸变化较大区段，应根据工程特点、场地地质条件和工程周边环境条件进行岩土工程分析与评价；

10 对地基承载能力、地基处理和围岩加固效果等提出工程检测的建议，并对工程结构、工程周边环境、岩土体的变形及地下水位变化等提出工程监测的建议。

7.2.2 勘探点的间距根据场地的复杂程度、地下工程类别及地下工程的埋深、断面尺寸等特点可按表 7.2.2 的规定综合确定。

表 7.2.2 勘探点间距 (m)

类别	复杂场地	中等复杂场地	简单场地
地下车站勘探点间距	10~20	20~40	40~50
地下区间勘探点间距	10~30	30~50	50~60

7.2.3 勘探点的平面布置应符合下列规定：

1 车站主体勘探点宜沿结构轮廓线布置，结构角点以及出入口与通道、风井与风道、施工竖井与施工通道等附属工程部位应有勘探点控制；

2 每个车站应不少于 2 条纵剖面 and 3 条有代表性的横剖面；

3 车站设置有承重桩、抗拔桩或锚杆时，勘探点应结合桩、锚杆的位置布设；

4 区间勘探点宜在隧道结构外侧 3m~5m 的位置交错布置，单侧勘探点间距应符合表 7.2.2 的规定；

5 在区间隧道洞口、陡坡段、大断面、异型断面、工法变换等以及联络通道、渡线、施工竖井等应有勘探点控制，并布设剖面；

6 山岭隧道宜采用钻探和地球物理勘探相结合的勘察方法，勘探点布置应符合下列规定：

1) 隧道全断面位于土层及全风化、强风化岩层时，可按本标准第 7.2.2 条布置勘探点；隧道断面位于中风化、微风化岩层时，应采用钻探和地球物理勘探相结合的勘察方法，勘探点间距宜按隧道埋深的 1 倍~3 倍确定（复杂场地取小值）且不宜大于 500m；

2) 隧道进出口、拟设置竖井位置及主要的地质界线、断裂、风化深槽等位置应布置勘探点；

3) 隧道浅埋段、不良地质发育地段应适当加密勘探点；

4) 山岭隧道除满足上述要求外，尚应符合现行国家行业标准《铁路工程地质勘察规范》TB 10012 的规定。

7.2.4 勘探孔深度应满足下列要求：

1 控制性勘探孔的深度应满足地基变形计算、稳定性分析以及地下水控制的要求；

2 基坑工程勘探孔深度应根据场地条件和设计要求确定，宜为 2 倍~3 倍基坑开挖深度，并应穿过主要的软弱土层和含水层，其中控制性孔应进入结构底板以下不小于 25m，或进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不小于 5m；一般孔深度应进入结构底板以下不小于 15m，或进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不小于 3m；

3 当采用承重桩、抗拔桩或抗浮锚杆时，勘探孔深度应满足设计要求；

4 暗挖隧道控制性勘探孔的深度应进入结构底板以下不小于 3 倍洞径，或进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不小于 5m；一般勘探孔应进入结构底板以下不小于 2 倍洞径，或进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不小于 3m；

5 当预定深度内有软弱土层时，勘探孔深度应适当增加。

7.2.5 控制性孔的数量应不少于勘探点总数的 1/3。采取岩土试样及原位测试勘探孔数量：车站工程应不少于勘探点总数的 1/2，区间工程应不少于勘探点总数的 2/3。

7.2.6 当地下水对车站和区间工程有影响时，应布置长期水文观测孔，对需要进行地下水控制的车站和区间工程宜进行水文地质试验。

7.3 高架工程

7.3.1 高架车站、高架区间及其附属工程等高架工程的详细勘察，除应满足本标准第 7.1.8 条要求外，尚应符合下列规定：

1 查明场地各岩土层类型、分布、工程特性和变化规律；确定墩台基础与桩基的持力层，提供各岩土层的物理力学性质指标；分析桩基承载性状，结合当地经验提供桩基承载力计算和变形计算参数；

2 查明溶洞、土洞、人工洞穴、采空区、可液化土层和特殊性岩石的分布与特征，分析其对墩台基础和桩基的危害程度，评价墩台基础和桩基的稳定性，提出防治措施的建议；

3 采用基岩作为墩台基础和桩基持力层时，应查明基岩的岩性、构造、岩面变化、风化程度，确定岩石的坚硬程度、完整程度和岩体

基本质量等级，判定有无洞穴、临空面、破碎岩体或软弱岩层；

4 查明水文地质条件，评价地下水对墩台基础及桩基设计和施工的影响；判定地下水和土对建筑材料的腐蚀性；

5 查明场地是否存在产生桩侧负摩阻力的地层，评价负摩阻力对桩基承载力的影响，并提出处理措施的建议；

6 分析桩基施工存在的岩土工程问题，评价成桩可能遇到的风险以及桩基施工对环境的影响，提出设计、施工应注意的问题；

7.3.2 勘探点的平面布置应符合下列规定：

1 高架车站勘探点应按照车站轮廓和柱网以及附属工程布置，勘探点间距宜为 15m~35m；当桩端持力层起伏较大、地层分布复杂时，应加密勘探点；

2 高架区间勘探点应逐墩布设，地质条件复杂时应增加勘探点。

7.3.3 勘探孔深度应满足下列要求：

1 墩台基础控制性勘探孔应满足沉降计算和下卧层验算要求；

2 墩台基础的一般性勘探孔应达到基底以下 10m~15m 或墩台基础底面宽度的 2 倍~3 倍；在基岩地段，当风化层不厚或为硬质岩时，应进入基底以下中等风化岩石地层 2m~3m；

3 桩基控制性勘探孔深度应满足沉降计算和下卧层验算要求，应穿透桩端平面以下压缩层厚度；对嵌岩桩，控制性勘探孔应达到预计桩端平面以下 3 倍~5 倍桩身设计直径，并穿过溶洞、破碎带，进入稳定地层；

4 桩基的一般性勘探孔深度应深达到预计桩端平面以下 3 倍~5 倍桩身设计直径，且应不小于 3m，对大直径桩，应不小于 5m；嵌岩桩

一般性勘探孔应达到预计桩端平面以下 1 倍~3 倍桩身设计直径；

5 当预定深度范围内存在软弱土层时，勘探孔应适当加深。

7.3.4 控制性勘探孔的数量应不少于勘探点总数的 1/3；采取岩土试样及原位测试勘探孔的数量应不少于勘探点总数的 1/2。

7.3.5 需要进行沉降计算的桩基工程，应进行压缩试验，试验最大压力应大于自重压力与附加压力之和。桩端持力层为基岩时，应采取岩样进行饱和单轴抗压强度试验，需要时尚应进行软化试验；对软岩和极软岩，可进行天然湿度的单轴抗压强度试验；对无法取样的破碎和极破碎的岩石，应进行原位测试。

7.4 路基、涵洞工程

7.4.1 路基工程、涵洞工程、支挡结构及其附属工程等路基、涵洞工程的详细勘察应按本标准第 7.1.8 条的有关规定执行。

7.4.2 一般路基详细勘察应符合下列规定：

1 查明地层结构、岩土性质、岩层产状、风化程度及水文地质特征；

2 分段划分岩土施工工程等级，评价路基基底的安全性，提出处理措施的建议；

3 采取土样的竖向间距应按地基的均匀性和代表性确定，在原地面或路面设计标高以下 1.5m 和软土地区原地面或路面设计标高以下 3.0m 的深度范围内，取土间距宜为 0.5m，上述深度以下的取土间距可适当放宽。

7.4.3 高路堤详细勘察应符合下列规定：

1 查明地面坡度、地层结构、岩土工程性质，覆盖层与基岩接触

面的形态；查明不利倾向的软弱夹层，并评价其稳定性；

- 2 查明地下水活动对基底稳定性的影响；
- 3 地质条件复杂的地段应布置横剖面；
- 4 分析评价地基和斜坡稳定性，提出处理措施的建议。

7.4.4 深路堑详细勘察应符合下列规定：

1 查明场地的地形、地貌、不良地质作用和特殊地质问题；调查沿线天然边坡、人工边坡的工程地质条件；分析边坡工程对周边环境产生的不利影响；

2 土质边坡应查明土层厚度、地层结构、成因类型、密实程度及下伏基岩面形态和坡度；

3 岩质边坡应查明岩层性质、厚度、成因、节理、裂隙、断层、软弱夹层的分布、风化破碎程度；主要结构面的类型、产状及充填物；

4 查明影响深度范围的含水层、地下水埋藏条件、地下水动态，评价地下水对路堑边坡及结构稳定性的影响，需要时应提供路堑结构抗浮设计的建议；

5 分析评价路堑边坡的稳定性，提供边坡稳定性计算参数，提出路堑边坡治理措施的建议。

7.4.5 支挡结构详细勘察应符合下列规定：

1 查明支挡地段地形、地貌、不良地质作用和特殊性岩土，地层结构及岩土性质，评价支挡结构地基稳定性和承载力，提供支挡结构设计所需的岩土参数，提出支挡形式和地基基础方案的建议；

2 查明支挡地段水文地质条件，评价地下水对支挡结构的影响，提出处理措施的建议。

7.4.6 涵洞详细勘察应符合下列规定：

1 查明地形、地貌、地层、岩性、天然沟床稳定状态、隐伏的基岩斜坡、不良地质作用和特殊性岩土；

2 查明涵洞场地的水文地质条件，必要时进行水文地质试验，提供水文地质参数；

3 应采取勘探、测试和试验等方法综合确定地基承载能力，提供涵洞设计所需的岩土参数。

7.4.7 路基、涵洞工程勘探点的平面布置应符合下列规定：

1 一般路基勘探点间距为 50m~100m，高路堤、深路堑、支挡结构勘探点间距可根据路基工程的特点和场地的复杂程度，按照表 7.4.7 的规定综合确定；

表 7.4.7 勘探点间距 (m)

复杂场地	中等复杂场地	简单场地
15~30	30~50	50~60

2 高路堤、深路堑、支挡结构应布置有代表性的工程地质剖面，每个剖面的勘探点应不少于 3 个，地质条件简单时不宜少于 2 个；

3 深路堑工程遇有软弱夹层或不利结构面时，勘探点应适当加密；

4 支挡结构勘探点不宜少于 3 个；

5 涵洞勘探点不宜少于 2 个。

7.4.8 控制性勘探孔的数量应不小于勘探点总数的 1/3，采取岩土试样及原位测试勘探孔数量应根据地层结构、土的均匀性和设计要求确定，应不少于勘探点总数的 1/2。

7.4.9 勘探孔的深度应满足下列要求：

1 控制性勘探孔深度应满足地基、边坡稳定性分析及地基变形计算的要求；

2 一般路基的一般性勘探孔深度应不小于 5m，高路堤应不小于 8m；

3 路堑的一般性勘探孔深度应能探明软弱层厚度及软弱结构面产状，且穿过潜在滑动面并深入稳定地层内 2m~3m；在地下水发育地段，根据排水工程需要适当加深；

4 支挡结构一般性勘探孔深度应达到基底以下不小于 5m；

5 基础置于土中的涵洞一般性勘探孔深度应按表 7.4.9 的规定确定；

表 7.4.9 涵洞勘探孔深度 (m)

碎石土	砂土、粉土和黏性土	软土、饱和砂土等
3~8	8~15	15~20

注：1 勘探孔深度应由结构底板算起；

2 箱型涵洞勘探孔深度应适当加深。

6 遇软弱土层时，勘探孔应适当加深。

7.5 地面车站、车辆段及停车场、变电站

7.5.1 地面车站、车辆段及停车场应针对不同建（构）筑物类型分别开展详细勘察工作。

7.5.2 地面车站、各类建（构）筑物及其附属设施的详细勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

7.5.3 变电站的详细勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和国家行业标准《变电站岩土工程勘测技术规程》DL/T 5170

的规定。

河南省住房和城乡建设厅信息公开浏览专用

8 施工勘察与专项勘察

8.1 施工勘察

8.1.1 施工勘察应根据施工阶段设计、施工要求，针对施工中所需解决的具体工程地质问题进行勘察，提供相应的勘察资料，提出处理建议，满足施工方案调整 and 风险控制的要求。

8.1.2 遇下列情况之一时应进行施工勘察：

1 场地地质条件复杂、施工过程中出现地质异常，对工程结构及工程施工产生较大危害；

2 存在暗浜、古河道、洞穴、岩溶、土洞、采空区等不良地质条件影响工程安全；

3 场地存在孤石、漂石、球状风化体、破碎带、风化深槽、钙质胶结层、污染土等特殊岩土体对工程施工造成不利影响；

4 场地地下水位变化较大或施工中发现不明水源，影响工程施工或危及工程安全；

5 施工方案有较大变更或采用新技术、新工艺、新方法、新材料，详细勘察资料不能满足要求；

6 基坑或隧道施工过程中出现桩（墙）变形过大、基底隆起、涌水、坍塌、失稳等岩土工程问题，或发生地面沉降过大、地面塌陷、相邻建筑开裂等工程环境问题；

7 工程降水，土体冻结，盾构始发（接收）井端头、联络通道的岩土加固等辅助工法需要时；

8 其他需进行施工勘察的情况。

8.1.3 施工勘察应满足下列要求：

1 搜集施工方案、勘察报告、工程周边环境调查报告以及施工过程中形成的相关资料；

2 搜集和分析工程检测、监测和观测资料；

3 充分利用施工开挖面了解工程地质条件，分析需要解决的工程地质问题；

4 根据工程地质问题的复杂程度、已有的勘察工作和场地条件等确定施工勘察的方法和工作量；

5 针对具体的工程地质问题进行分析评价，并提供所需岩土参数，提出工程处理措施的建议。

8.2 专项勘察

8.2.1 专项勘察应根据委托方的要求，针对某一专项问题进行勘察，对所需解决的问题提供相应的勘察资料，作出分析、评价，并提出建议，满足施工图设计要求。

8.2.2 工程线路或场地附近遇下列情况之一时应进行专项勘察：

1 对工程有重大影响的不良地质作用或特殊性岩土；

2 对工程有重大影响的复杂的水文地质条件；

3 对工程有重大影响的建（构）筑物、地下障碍物、管线等环境条件；

4 特殊施工工艺要求的特殊试验或测试等；

5 其他需进行专项勘察的情况。

8.2.3 专项勘察可根据工程需要在初步勘察、详细勘察或施工勘察阶段同步实施。

9 不良地质作用

9.1 一般规定

9.1.1 拟建工程场地或其附近存在对工程安全有不利影响的不良地质作用且无法规避时，应进行专项勘察工作。

9.1.2 采空区、地面沉降、地裂缝、有害气体等不良地质作用的勘察应符合本章规定；对工程有影响的其他不良地质作用应按照国家现行有关标准进行勘察。

9.1.3 应查明工程沿线不良地质作用的成因类型、分布范围、规模及特征，评价对工程的影响程度，以及工程施工对不良地质作用的诱发，提出避让或防治措施的建议，满足工程设计、施工和运营的需要。

9.1.4 不良地质作用的勘察应采用遥感解译、地质调查与测绘、工程勘探、野外及室内试验、现场监测相结合的综合勘察手段和资料综合分析，根据不同的成因类型，确定具体工作内容、勘察方法，有针对性地开展工作。

9.1.5 对城市轨道交通地下工程附近的燃气、油气管道渗漏、化学污染、人工有机物堆积、化粪池等产生、储存有害气体地段，应进行有害气体的勘察与评价，并提出处理建议。

9.2 采空区

9.2.1 采空区可分老采空区、新采空区，其勘察应分别查明老采空区上覆岩层的稳定性，预测新采空区地表移动、变形的特征和规律性，并判定其作为建筑场地的适宜性和对工程建设的危害程度。

9.2.2 采空区的勘察方法应以采空区专项调查、工程地质测绘、地球

物理勘探、地表变形观测为主，辅以适当的钻探验证及水文地质观测。

9.2.3 采空区勘察应包括下列内容：

- 1 调查采空区的区域地质概况和地形地貌条件；
- 2 查明采空区的范围、层数、埋藏深度、开采时间、开采方式、开采厚度、上覆岩层的特性等；
- 3 查明采空区的塌落、空隙、填充和积水情况，填充物的性状、密实程度等；
- 4 查明地表变形特征、变化规律、发展趋势，对工程的危害性；
- 5 查明场地水文地质条件、采空区附近的抽水和排水情况及其对采空区稳定的影响；
- 6 分析评价采空区稳定性及工程建设的适宜性；
- 7 提供防治工程设计的岩土参数；
- 8 提出防治措施和监测建议。

9.2.4 对老采空区和新采空区，当工程地质调查不能查明采空区的特征时，应进行地球物理勘探和钻探工作。对新采空区，应进行地表移动和变形预测。

9.2.5 对采深小、地表变形剧烈且为非连续变形的小窑采空区，应通过搜集资料、调查、地球物理勘探和钻探等工作，查明采空区和巷道的位置、大小、埋藏深度、开采时间、开采方式、回填塌落和充水等情况；并查明地表裂缝、陷坑的位置、形状、大小、深度、延伸方向及其与采空区的关系。

9.2.6 新采空区地表移动和建筑物变形观测布置应符合下列规定：

- 1 观测线宜按平行和垂直开采巷道走向布置，其长度应超过地表

移动的范围；

- 2 观测点宜采用等间距布置，其间距应根据开采深度确定；
- 3 观测周期宜根据地表变形速度或开采深度确定。

9.2.7 采空区地段岩土工程分析与评价应包括下列内容：

- 1 采空区的稳定性分析与评价；
- 2 采空区及其地表的变形情况和发展趋势；
- 3 采空区中残存的有害气体、充水情况及其造成危害的可能性；
- 4 线路通过采空区应采取的工程措施建议；
- 5 施工和运行期间的防治措施建议。

9.3 地面沉降

9.3.1 由抽吸地下水引起水位或水压下降而造成大面积地面沉降的场地，应按地面沉降进行勘察。

9.3.2 地面沉降勘察应包括下列内容：

- 1 地面沉降原因调查；
- 2 地面沉降现状调查；
- 3 预测地面沉降发展趋势；
- 4 评价地面沉降对城市轨道交通既有线路或新建线路的影响；
- 5 提出控制措施和治理方案的建议；
- 6 对可能发生地面沉降的地区，应预测发生的可能性，并对可能的固结压缩层位、沉降量进行估算，分析对城市轨道交通线路可能造成的影响，提出预防和控制地面沉降的建议。

9.3.3 对地面沉降原因的调查，应包含下列内容：

- 1 场地的地貌和微地貌；

2 第四系堆积物的年代、成因、厚度、埋藏条件和土性特征，硬土层和软弱压缩层的分布；

3 地下水位以下可压缩层的固结应力历史、最大历史压力和固结变形参数；

4 含水层和隔水层的埋藏条件和承压性质，含水层的渗透系数、单位涌水量等水文地质参数；

5 地下水的补给、径流、排泄条件、含水层间或地下水与地表水的水力联系；

6 历年地下水位、水头的变化幅度和速率；

7 历年地下水的开采量和回灌量，开采或回灌的层段；

8 地下水位下降漏斗及回灌时地下水反漏斗的形成和发展过程。

9.3.4 对地面沉降现状的调查，应满足下列要求：

1 搜集城市轨道交通通过地段地面沉降及地下水位的监测资料；

2 按精密水准测量要求进行长期观测，并按不同的结构单元调查高程基准标、地面沉降标和分层沉降标；

3 对地下水的水位升降，开采量和回灌量，化学成分，污染情况和孔隙水压力消散、增长情况进行观测；

4 调查地面沉降对建筑物、既有城市轨道交通线路的影响，包括建筑物和既有城市轨道交通线路的沉降、倾斜、裂缝及其发生时间和发展过程；

5 绘制不同时间的地面沉降等值线图，并分析地面沉降中心与地下水位下降漏斗形成、发展的关系及沉降缓解、地面回弹与地下水位回升的关系；

6 绘制以地面沉降为特征的工程地质分区图。

9.3.5 城市轨道交通线路通过已发生地面沉降或可能发生地面沉降的地区时，应评价地面沉降对工程线路的影响，并提出建设和运营期间的工程措施建议。

9.4 地裂缝

9.4.1 由构造、地震、地面沉降或人工采空等原因造成的长距离地裂缝的场地，应按地裂缝进行勘察。

9.4.2 地裂缝勘察应符合下列规定：

- 1 查明场地地形地貌、地质构造；
- 2 查明土层岩性、年代、成因、厚度、埋藏条件；
- 3 查明地下水埋藏条件，含水层渗透系数、地下水补给、径流、排泄条件；
- 4 查明地裂缝发育情况、分布规律，裂缝形态、大小、延伸方向、延伸长度，裂缝间距，裂缝发育的土层位置和裂缝性质；
- 5 分析地裂缝产生的原因和活动性，评价工程建设的适宜性；
- 6 提出防治措施和监测建议。

9.4.3 地裂缝勘察应满足下列要求：

- 1 地裂缝勘察宜采用地质调查与测绘、槽探、钻探、静力触探、地球物理勘探等综合方法；
- 2 每个场地勘探线数量不宜少于 3 条，勘探线间距宜为 20m~50m，在线路通过位置应布置勘探线；
- 3 地裂缝每一侧勘探点数量不宜少于 3 个，勘探线长度不宜小于 30m；对埋深 30m 以内标志层错断，勘探点间距不宜大于 4m；对埋深

30m 以下标志层错断，勘探点间距不宜大于 10m；

4 勘探孔深度应能查明主要标志层的错动情况，并达到主要标志层层底以下 5m；

5 地球物理勘探可采用人工浅层地震反射波法，并应对场地异常点进行钻探验证。

9.4.4 地裂缝场地岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 工程地质图中应标明地裂缝在地面的位置、延伸方向及相应的坐标，分出主变形区和微变形区；

2 工程地质剖面图中应标明地裂缝的倾向、倾角及主变形区和微变形区；

3 评价地裂缝的活动性及活动速率，预估地裂缝在工程设计周期内的最大变形量；

4 提出减缓或预防地裂缝活动的措施；

5 城市轨道交通工程不宜建在地裂缝上，应根据其重要程度建议合理的避让距离，必须建在地裂缝上时，应提出需采取的工程措施建议；

6 评价地裂缝对工程开挖、隧道涌水的影响，提出需采取的工程措施建议；

7 提出对工程结构和地裂缝进行长期监测的建议。

9.5 有害气体

9.5.1 在城市轨道交通地下工程通过化工厂、工业垃圾和生活垃圾地段、富含有机质的软土地区，以及煤、石油、天然气层或曾发现过有害气体的地区应开展有害气体勘察工作。

9.5.2 有害气体的勘察应查明下列内容：

1 地层成因、沉积环境、岩性特征、结构、构造、分布规律、厚度变化；

2 含气地层的物理化学特征、具体位置、层数、厚度、产状及纵、横方向上的变化特征、圈闭构造；

3 有害气体生成、储藏和保存条件，确定有害气体运移、排放、液气相转换和储存的压力、温度及地质因素；

4 地下水水位与变化幅度、补给、径流、排泄条件，含水层分布位置、孔隙率与渗透性，地下水与有害气体的共存关系；

5 有害气体的分布、范围、规模、类型、物理化学性质；

6 当地有关有害气体的利用及危害情况和工程处理经验。

9.5.3 有害气体的勘探应符合下列规定：

1 应采用钻探、地球物理勘探和现场测试等综合勘探手段；勘探点应结合地层复杂程度、含气构造和工程类型确定，勘探线宜按线路纵、横断面方向布置，并应有部分勘探点通过生气层、储气层部位；勘探点的数量应根据实际情况确定；

2 勘探孔深度宜结合生气层、储气层深度确定；

3 岩层、砂层岩芯采取率不宜小于 80%，黏性土、粉土、煤层不宜小于 90%；

4 各生气层、储气层应取样不少于 2 组，隔气顶、底板各不少于 1 组。

9.5.4 有害气体的测试应包括下列内容：

1 有害气体的类型、含量、浓度、压力、温度及物理化学性质；

2 生气层、储气层的密度、含水量、液限、塑限、有机质含量、孔隙率、饱和度、渗透系数；煤层的密度、孔隙率、水分、挥发分、全硫、坚固性系数、瓦斯放散初速度、等温吸附常数、自燃倾向性、煤尘爆炸性；

3 封闭有害气体的顶、底板的物理力学性质；

4 水的腐蚀性。

9.5.5 有害气体的分析与评价应包括下列内容：

1 地下工程通过段的工程地质与水文地质条件，有害气体生气层、储气层的埋深、长度、厚度、与线路交角、分布趋势、物理化学性质及封闭圈特征；

2 地下工程通过段的有害气体类型、含量、浓度、压力，预测施工时有害气体突出危险性、突出位置、突出量，评价有害气体对施工及运营的影响，提出工程措施的建议；

3 需要时编制详细工程地质图（比例尺 1:500~1:5000）、工程地质纵、横断面图（比例尺 1:200~1:2000），应填绘有害气体的类型、分布范围及生气层、储气层的具体位置、有关测试参数等。

10 特殊性岩土

10.1 一般规定

10.1.1 在分布特殊性岩土的场地，应结合城市轨道交通工程特点有针对性地对地布置勘察工作。

10.1.2 特殊性岩土的勘察应评价其对城市轨道交通工程建设和运营的影响，提供设计与施工所需的特殊性岩土的物理力学参数，并提出防治措施的建议。

10.2 填土

10.2.1 填土的勘察应查明下列内容：

- 1 地形、地物的变迁，填土的来源、物质成份、堆填方式；
- 2 不同物质成分填土的分布、厚度、深度、均匀程度及相互接触关系；
- 3 不同物质成分填土的堆填时间与加载、卸荷经历；
- 4 填土的含水量、密度、颗粒级配、有机物含量、密实度、压缩性、湿陷性及腐蚀性等；
- 5 地下水的赋存状态、补给、径流、排泄方式及水质的腐蚀性等。

10.2.2 填土的勘察应符合下列规定：

- 1 勘探点的布置应能查明暗埋的塘、浜、坑、沟的范围，查明不同种类与物质成分填土的分布、厚度、工程性质及其变化；
- 2 勘探孔的深度应穿透填土层，并应满足工程设计的需要；
- 3 勘探方法应根据填土性质确定，分别采用工程地质调查、钻探、井探、原位测试等相结合的方法；对由粉土或黏性土组成的素填土，

可采用钻探、轻型钻具与原位测试相结合的方法，并采取土试样进行物理力学试验；对含较多粗粒成分的素填土和杂填土，宜采用动力触探和钻探相结合的方法，在具备施工条件时可适当布置一定数量的探井；

4 对分布范围及厚度较大的填土区，宜采用钻探与地球物理勘探相结合的方法。

10.2.3 填土的工程特性指标的确定应符合下列规定：

1 填土的均匀性和密实度宜采用触探法，并辅以室内试验；

2 填土的压缩性和湿陷性宜采用室内固结试验或现场载荷试验；

3 杂填土的密度试验应采用大容积法；

4 对压实填土应测定其干密度，并应测定填料的最优含水量和最大干密度，计算压实系数；

5 填土的承载力、抗剪强度指标可采用原位测试方法结合当地经验确定，需要时应做载荷试验或现场剪切试验。

10.2.4 填土的岩土工程分析与评价应符合下列规定：

1 阐明填土的成分、分布和堆积年代，判定地基的均匀性、压缩性、密实度等岩土工程性质及其变化，需要时应按厚度、强度和变形特性等进行分层或分区评价，提出相应的处理措施；

2 对可作为天然地基利用的填土的承载力、抗剪强度、基床系数和天然密度等提出建议值；

3 对暗挖工程应评价填土及其含水状况对基坑和隧道围岩稳定性的影响，提出处理措施和监测工作的建议；

4 对明挖、盖挖工程应评价填土对边坡坡度、支护形式及施工的

影响，提出处理措施和监测工作的建议；

5 当填土作为地基或路基时，应分析评价其沉降变形情况，并提出处理措施建议；

6 当填土底面的天然坡度大于 20%时，应验算填土对建（构）筑物稳定性的影响；

7 填土开挖时应进行验槽，需要时应补充勘探及测试工作。

10.3 软土

10.3.1 软土的勘察应包括下列内容：

1 软土的成因类型、形成年代、岩性、分布规律、厚度变化、地层结构及均匀性；

2 软土分布区的地形、地貌特征，尤其是沿线微地貌与软土分布的关系，以及古牛轭湖、埋藏谷，暗埋的塘、浜、坑、穴、沟、渠等分布范围及形态；

3 软土硬壳的分布、厚度、性质及随季节变化情况；硬夹层的空间分布、形态、厚度及性质；下伏硬底层的岩土组成、性质、埋深和起伏；

4 软土的沉积环境、固结程度、强度、压缩特性、灵敏度、有机质含量等；

5 地下水类型、埋藏深度与变化幅度、补给与排泄条件，软土中各含水层的分布、颗粒成分、渗透系数；地表水汇流和水位季节变化、地表水疏干条件等；

6 调查基坑开挖施工、隧道掘进、基桩施工、填筑工程、工程降水等造成的土性变化、土体位移、地面变形及由此引起的工程设施受

损或破坏及处理的情况。

10.3.2 软土的勘察应符合下列规定：

1 软土的勘探应采用钻探取样和原位测试相结合的综合勘探方法；原位测试可采用静力触探试验、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验、旁压试验、螺旋板载荷试验等方法；

2 勘探点的平面布置应根据城市轨道交通的工程类型、施工方法、基础形式及软土的地层结构、成因类型、成层条件和岩土工程治理的需要确定；勘探点的间距应满足相应勘察阶段岩土工程评价、工程设计需要，当土层变化较大或需要圈定重要的局部变化时，可加密勘探点；当需了解横断面方向变化时，可进行横断面勘探；

3 勘探孔的深度应满足设计要求，一般应穿透软土层，钻至硬层或下伏基岩内 2m~5m；当软土层较厚时，勘探、测试孔深度应满足地基压缩层的计算深度和围护结构计算的要求；

4 软土应采用薄壁取土器采取 I 级土样，应严格按相关要求进行钻探、取样和及时送样、试验；对重要工点和重要的建筑物，在工程地质单元中每层的试样数量不应少于 10 组；

5 软土的力学参数宜采用室内试验、原位测试，结合当地经验确定；有条件时，可根据堆载试验、原型监测反分析确定；抗剪强度指标室内宜采用三轴试验，原位测试宜采用十字板剪切试验。

10.3.3 软土的室内试验应符合下列规定：

1 试验项目应根据不同勘察阶段、不同工程类别和处理措施选定；

2 除常规项目外，还应包括：渗透系数、固结系数、压缩系数、抗剪强度、静止侧压力系数、灵敏度、有机质含量等；

3 在每一地貌单元应有代表性高压固结试验，成果按 e - $\lg p$ 曲线的形式整理，确定先期固结压力并计算压缩指数和回弹指数。

10.3.4 软土的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 应按土的先期固结压力与上覆有效土自重压力之比，判定软土的固结历史及固结程度；

2 邻近有河湖、沟坑、池塘、洼地、河岸、边坡时，或软土围岩和地基受力范围内有起伏、倾斜的基岩、硬土层或存在较厚的透镜体时，应分析软土侧向塑性挤出或产生滑移的危险程度，分析软土发生变形、不均匀变形的程度，判定地基产生失稳和过量沉降的可能性，并提出工程处理措施建议；

3 软土地基主要受力层中有薄的砂层或软土与砂土互层时，应根据其固结排水条件，判定其对地基变形的影响；

4 应根据软土的成层、分布及物理力学性质对影响或危及城市轨道交通工程安全的不均匀沉降、滑动、变形作出评价，提出加固处理措施的建议；

5 判定地下水位的变化幅度和承压水头等水文地质条件对软土地基和隧道围岩稳定性和变形的影响；

6 对软土地层中基坑和隧道的开挖、支护结构类型、地下水控制提出建议，提供抗剪强度参数、静止侧压力系数、渗透系数等岩土参数；

7 根据建（构）筑物对沉降的限制要求，采用多种方法综合分析评价软土地基的承载力：一般建（构）筑物可利用室内试验、静力触探及其他原位测试成果，结合地区经验确定，或采用工程地质类比法

确定；对重要建（构）筑物和缺乏经验的地区，宜采用载荷试验方法确定；

8 软土受扰动后产生结构性破坏，应分析其强度和变形参数的变化对工程产生的影响；

9 桩基评价应考虑软土继续固结所产生的负摩擦力；当桩基邻近有堆载时，还应分析桩的侧向位移或倾斜；

10 抗震设防烈度大于或等于 7 度的厚层软土，应判别软土震陷的可能性；

11 对含有沼气等有害气体的软土地基、围岩，应判定有害气体逸出对地基和围岩稳定性、变形及施工的影响；

12 评价有机质土对基坑开挖及水泥土加固设计、施工的影响；

13 对软土场地因施工、取土、运输等原因产生的环境地质问题应作出评价，并提出相应措施。

10.4 湿陷性土

10.4.1 湿陷性土的勘察应查明下列内容：

1 湿陷性土层的时代、成因、厚度及分布范围；

2 湿陷性土地基的湿陷等级；

3 地表水与大气降水的汇聚与排泄条件；

4 地下水类型和补给、径流、排泄条件，地下水位的季节性变化幅度及升降趋势；

5 对于湿陷性黄土，还应查明黄土的湿陷类型、湿陷系数、自重湿陷系数和湿陷起始压力随深度的变化；

6 当地消除湿陷性的建筑经验。

10.4.2 湿陷性土的勘察应符合下列规定：

1 采取不扰动土样和原位测试的勘探点不应小于全部勘探点的 2/3，且取土勘探点的数量不宜少于全部勘探点的 1/2；探井数量应为取土勘探点总数的 1/3~1/2，并不宜少于 3 个；

2 详细勘察阶段勘探点的间距宜按本标准第 7 章的规定取小值；对湿陷性土分布极不均匀的场地应加密勘探点；

3 勘探孔的深度，除应大于地基压缩层深度外，在非自重湿陷性场地尚应达到基础底面以下不小于 10m；在自重湿陷性场地尚应大于自重湿陷性土层的深度，并应满足工程设计与施工的特殊需要；

4 土试样应为 I 级土样，并应在探井中取样，竖向间距宜为 1m，土样直径应不小于 120mm；取样方法应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的有关规定；

5 探井和钻孔应分层回填夯实，回填土的干密度应不小于 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ ；

6 湿陷性碎石土和砂土，宜采用动力触探试验和标准贯入试验确定力学特性。

10.4.3 湿陷性土的试验应符合下列规定：

1 室内试验应进行湿陷系数、自重湿陷系数、湿陷起始压力等湿陷性试验，对浸水可能性大的工程，应进行饱和状态下的压缩和剪切试验；

2 黄土的基坑稳定性计算与支护设计所需抗剪强度指标宜采用三轴固结不排水剪试验，在初步设计阶段可采用固结快剪试验；

3 根据工程需要可在不同深度处分别进行现场试坑浸水试验和现

场载荷试验；

4 原位及室内试验方法应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的有关规定；

5 对不能取得不扰动土试样的湿陷性土，应在探井中采用大体积法测定密度和含水量。

10.4.4 湿陷性土的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 判定场地湿陷类型：当实测自重湿陷量或计算自重湿陷量大于70mm时应判定为自重湿陷性场地；小于或等于70mm时应判定为非自重湿陷性场地；

2 湿陷性黄土地基湿陷量计算方法按符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的有关规定；对不能采取不扰动土试样的湿陷性碎石土、湿陷性砂土、湿陷性粉土和湿陷性填土等其他湿陷性土，地基湿陷量计算方法符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定；

3 湿陷性黄土地基的湿陷等级判定应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的有关规定；其他湿陷性土地基的湿陷等级判定应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定；

4 应根据土质特征、湿陷等级和当地建筑经验等提出消除地基湿陷性措施的建议；

5 湿陷性黄土的承载力应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的有关规定；湿陷性砂土、湿陷性粉土和湿陷性填土等的承载力宜按载荷试验或其他原位测试确定；

6 应对湿陷性场地的桩基设计提出关于负摩阻力值的建议；测定负摩阻力宜进行现场试验；当进行现场试验有困难时，可按现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的规定进行估算；

7 应对黄土中可能存在的钙质结核及钙质结核富集层对隧道施工的影响进行分析评价；

8 对湿陷性土边坡，当浸水因素引起湿陷性土本身或其与下伏地层接触面的强度降低时，应进行稳定性评价。

10.5 膨胀岩土

10.5.1 膨胀岩土的勘察应查明下列内容：

1 膨胀岩土的地质年代、岩性、矿物成分、成因、产状、分布以及颜色、裂隙发育情况和充填物等特征；

2 膨胀岩土分布区的地形、地貌特征和场地类型；

3 地表水的排泄和积聚情况、地下水的类型、水位及其变化规律；

4 当地降水量、干湿季节、干旱持续时间等气象资料、大气影响深度；

5 膨胀岩土的强度、胀缩特性及不同膨胀潜势、胀缩等级的分布特征；

6 当地的建筑经验，建筑物与道路的破坏形式及其防治措施等。

10.5.2 膨胀土的勘察应符合下列规定：

1 勘探点宜结合地貌特征和工程类型布置，采用钻探、井探、原位测试等相结合的方法；

2 取土试样钻孔、探井的数量应不少于勘探点总数的 1/2；

3 勘探孔深度，除应满足各类工程设计的需要外，尚应大于大气

影响深度；

4 在大气影响深度内的土试样，取样间隔宜为 1m，在大气影响深度以下，取样间隔可适当增大；

5 钻孔、探井应分层回填夯实。

10.5.3 膨胀土室内试验应符合下列规定：

1 一般应包括常规物理力学指标、无侧限抗压强度、自由膨胀率、一定压力下的膨胀率、收缩系数、膨胀力等特性指标，需要时可测定蒙脱石含量和阳离子含量；

2 计算在荷载作用下的地基膨胀量时，应测定土样在自重与附加压力之和作用下的膨胀率；

3 需要时，进行三轴压缩剪切试验、残余强度试验等；

4 对各向异性的膨胀岩土，应测定其不同方向的膨胀率、膨胀力和收缩系数。

10.5.4 膨胀岩土的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 分析场地内大气影响深度，大气影响急剧层深度。河南省部分地区的湿度系数、大气影响深度、大气影响急剧层深度可按表 10.5.4 选用。

表 10.5.4 湿度系数、大气影响深度、大气影响急剧层深度

地区	湿度系数(ψ_w)	大气影响深度(m)	大气影响急剧层深度(m)
平顶山	0.72	4.0	1.8
南阳	0.79	3.6	1.6
许昌	0.71	4.0	1.8

续表 10.5.4 湿度系数、大气影响深度、大气影响急剧层深度

地区	湿度系数(ψ_w)	大气影响深度(m)	大气影响急剧层深度(m)
鹤壁	0.71	4.0	1.8
驻马店	0.79	3.6	1.6

2 膨胀土膨胀潜势分类和地基胀缩等级划分应符合现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 的有关规定。

3 场地应按下列条件进行分类：

- 1) 地形坡度小于 5° ，或地形坡度为 $5^\circ \sim 14^\circ$ 且距坡肩水平距离大于 10m 的坡顶地带，应为平坦场地；
- 2) 地形坡度大于等于 5° ，或地形坡度小于 5° 且同一建筑物范围内局部地形高差大于 1m 的场地，应为坡地场地。

4 地基土的承载力可由载荷试验或其他原位测试、结合工程实践经验确定，并应符合下列规定：

- 1) 重要建（构）筑物宜采用现场浸水载荷试验确定；
- 2) 已有大量试验资料和工程经验的地区，可按当地经验确定。

5 确定土体抗剪强度应按下列要求进行：

- 1) 大气影响急剧层深度内宜采用干湿循环试验确定；
- 2) 地下水位以下或坡面无封闭、有雨水、地表水渗入，宜采用浸水条件下的直剪仪慢剪试验确定；
- 3) 地下水位以上或坡面及时封闭、无雨水、无地表水渗入，宜采用非浸水条件下的直剪仪慢剪试验确定；
- 4) 裂隙面强度宜采用无侧限抗压强度试验或直剪仪裂面重合剪试

验确定。

6 分析膨胀岩土对工程的影响，建议相应的基础埋深、地基处理、桩基设计、总平面布置、建筑和结构措施及隧道、边坡、基坑支护和防水、保湿措施等。

7 对边坡及位于边坡上的工程，应进行稳定性验算；验算时应考虑坡体内含水量变化及结构面的影响；有软弱夹层及层状膨胀岩土应按最不利的滑动面验算；具有胀缩裂缝和地裂缝的膨胀土边坡，应进行沿裂缝滑动的验算。

8 应对建（构）筑物、工程设施、边坡等的变形、岩土的含水量变化及气候等环境条件变异的监测提出建议。

10.6 强风化岩、全风化岩与残积土

10.6.1 强风化岩、全风化岩和残积土的勘察应查明下列内容：

- 1 母岩的地质年代和名称；
- 2 强风化岩、全风化岩与残积土的分布、埋深与厚度变化；
- 3 原岩矿物的风化程度、组成结构的变化程度；
- 4 强风化岩、全风化岩与残积土的不均匀程度，破碎带和软弱夹层的分布、特征；
- 5 强风化岩、全风化岩与残积土中的岩脉的分布；
- 6 强风化岩、全风化岩与残积土的透水性和富水性；
- 7 强风化岩、全风化岩与残积土的物理力学性质及参数；
- 8 当地强风化岩、全风化岩与残积土的工程经验。

10.6.2 强风化岩、全风化岩与残积土的勘察应符合下列规定：

- 1 采用钻探、室内试验与标准贯入试验、动力触探试验、波速测

试、现场直剪试验、载荷试验等原位测试相结合的手段进行勘察工作；

2 应有一定数量的探井，并绘制探井开挖展示图；宜在探井中或用双重管、三重管采取试样，每一风化带应不少于 3 组；

3 勘探点布置应符合本标准第 7 章的规定，并宜取小值；当需要圈定差异风化情况严重、厚度变化较大等重要的局部变化时，可适当加密勘探点；

4 在强风化岩、全风化岩与残积土中应取得 I 级试样；

5 根据工程需要应对全风化岩、残积土和呈土状的强风化岩进行土工试验，对呈岩块状的强风化岩进行岩石试验，对残积土需要时进行湿陷性试验；对不能取样进行室内试验的，宜进行现场原位测试。

10.6.3 强风化岩、全风化岩与残积土的技术指标和参数宜采用原位测试与室内试验相结合的方法确定。其承载力、变形模量和基床系数宜采用平板载荷试验等原位测试方法确定，当现场具备实施条件时，其抗剪强度指标宜采用现场直剪试验测定，亦可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定确定。

10.6.4 对花岗岩类的风化岩与残积土的勘察，应符合下列规定：

1 可根据含砾或含砂量将花岗岩类残积土划分为砾质黏性土、砂质黏性土和黏性土；

2 应着重查明花岗岩分布区风化岩与残积土中球状风化体的分布；

3 对花岗岩类残积土和全风化岩进行细粒土的天然含水量、塑性指数、液性指数等试验；

4 花岗岩类的风化岩与残积土可按表 10.6.4 的规定划分。

表 10.6.4 花岗岩类的风化岩与残积土划分

测试项目及指标 岩土名称	标准贯入试验 N' 值 (实测值)	剪切波速 v_s (m/s)
强风化岩	$N \geq 50$	$v_s \geq 400$
全风化岩	$30 \leq N < 50$	$300 \leq v_s < 400$
残积土	$N < 30$	$v_s < 300$

10.6.5 强风化岩、全风化岩与残积土的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 评价强风化岩、全风化岩与残积土的地基及边坡稳定性，并提出工程措施的建议；

2 评价强风化岩、全风化岩与残积土中的桩基承载力和稳定性；

3 分析岩土的不均匀程度，尤其是破碎带和软弱夹层的分布、软硬互层或风化程度不同地基上的工程，应分析不均匀沉降对工程的影响，指出隧道和基坑开挖、桩基施工中存在的岩土工程问题，提出工程措施的建议；

4 评价强风化岩、全风化岩与残积土的透水性和富水性，分析在不同工法下，地下水对岩土体稳定性的影响，提出地下水控制措施的建议；

5 分析岩脉、球状风化体对工程的影响，提出工程措施的建议。

10.7 污染土

10.7.1 由工业污染、尾矿污染和垃圾填埋场渗滤液污染产生的污染土地，应根据任务要求按污染土进行勘察。

10.7.2 污染土的勘察应查明下列内容：

- 1 污染源的位置、成分、性质；
- 2 污染土分布的平面范围和深度、地下水受污染的空间范围；
- 3 污染程度；
- 4 污染土和水对建筑材料的腐蚀性。

10.7.3 污染土的勘察应符合下列规定：

1 勘探宜采用钻探、井探、坑探和原位测试等相结合的方法，结合工程特点、可能采用的处理措施，有针对性的布置；

2 勘探测试工作量布置应结合污染源和污染途径的分布，在满足一般场地要求的基础上进行，近污染源处勘探点间距宜密，远污染源处勘探点间距宜疏，为查明污染土分布的勘探孔深度应穿透污染土；

3 取土间距应根据其厚度及可能采取的处理措施等综合确定，一般不宜大于 2m，确定污染土与未污染土界限时，取土间距不宜大于 1m；

4 对采取的土试样应进行现场观察其颜色、状态、气味和外观结构等，并与正常土进行比较，查明污染土分布范围和深度；

5 对易分解或具有挥发性等不稳定组分污染物的试样，装样时应尽量减少土样与空气的接触时间，防止挥发性物质流失并防止发生氧化；土样采集后应尽快存放在密封的容器中，并在规定时间内运送试验室；试验时应采集污染物气体样品，并进行成份的测定；

6 有地下水的钻孔应采取不同深度的地下水试样，查明污染物在地下水中的空间分布。同一钻孔内采取不同深度的地下水试样时，应采用严格的隔离措施，防止因采取混合水样而影响判别结论；

7 污染土的物理力学性质应采用原位测试结合室内试验等综合方

法确定，当需要确定污染土地基承载力时，宜进行载荷试验；

8 直接接触试验样品的取样设备应严格保持清洁，每次取样后均应用清洁水冲洗干净，再进行下一个样品的采取；

9 当污染物对人体健康有害或对机具仪器有腐蚀性时，应采取必要的防护措施。

10.7.4 污染土和水的室内试验应包括下列内容：

1 按污染源种类，对污染土和水的化学成分进行分析；

2 污染土的物理力学性质；

3 污染土和水对建筑材料腐蚀性的评价指标；

4 力学试验项目和试验方法应充分考虑污染土的特殊性质，进行相应的如膨胀、湿化、湿陷性试验等。

10.7.5 污染土的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 污染源的位置、成分、性质、污染史及对周边的影响；

2 污染土分布的平面范围、深度及地下水受污染的空间范围，需要时绘制污染等级分区图；

3 污染土的物理力学性质，污染对土的工程特性指标的影响及程度；

4 提供地基承载力和变形参数，预测地基变形特征；

5 污染现状和污染发展趋势对已建项目的危害性或拟建工程适宜性和地基承载力的影响评价，并提出处理措施的建议。

11 地下水

11.1 一般规定

11.1.1 城市轨道交通岩土工程勘察应查明沿线与工程有关的水文地质条件，并根据工程需要和水文地质条件，评价地下水对岩土体、工程结构和工程施工可能产生的作用并提出防治措施的建议。

11.1.2 当水文地质条件复杂且对工程及地下水控制有重要影响时应进行水文地质专项勘察。

11.1.3 地下水勘察应在搜集既有工程地质和水文地质资料的基础上，综合运用水文地质调查与测绘、钻探、地球物理勘探、试验、动态观测等手段进行。

11.1.4 应根据施工方法、开挖深度、含水层岩性和地层组合关系、地下水资源和环境要求，评价地下水对地下工程、周边环境和工程施工的影响，建议适宜的地下水控制方法。

11.1.5 地下水勘察应符合下列规定：

- 1** 搜集区域气象、水文资料，评价其对地下水的影响；
- 2** 查明地下水的类型和赋存状态、含水层的分布规律，划分水文地质单元；
- 3** 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；
- 4** 查明勘察时的地下水位、水量、水质，调查历史最高地下水位、近3年~5年最高地下水位、地下水水位年变化幅度、变化趋势和主要影响因素；

- 5 提供地下水控制所需的水文地质参数；
- 6 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；
- 7 评价地下水对工程结构、工程施工的作用和影响，提出防治措施的建议；

8 需要时评价地下工程修建对地下水环境的影响。

11.1.6 山岭隧道或基岩隧道工程地下水的勘察应符合下列规定：

1 查明不同岩性接触带、断层破碎带等可能富水带的位置与分布范围；

2 隧道通过可溶岩地区时，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；

3 预测隧道通过地段施工中可能发生突水、集中涌水段、点的位置以及最大涌水量和正常涌水量，并提出工程措施的建议。

11.1.7 地下水对地下工程有影响时，应根据工程实际情况布设一定数量的水文地质试验孔和长期观测孔。

11.1.8 对工程有影响的地下水应采取水试样进行水质分析，水质分析试验应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

11.2 水文地质参数的测定

11.2.1 当水文地质条件复杂且对工程影响重大时，应通过现场试验确定水文地质参数。

11.2.2 勘察时遇地下水应量测水位。当场地存在对工程有影响的多层含水层时，应分层量测。

11.2.3 初见水位和稳定水位的量测，可在钻孔、探井和测压管内直接量测，精度不得低于 $\pm 2\text{cm}$ ，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。从停钻至量测的时间对砂土和碎石土不宜少于 0.5h，粉土和黏性土不宜少于 8h。对位于河边、岸边的工程，地表水与地下水应同时量测。

11.2.4 测定地下水流向可用几何法，量测点应不少于呈三角形分布的 3 个测孔（井）。地下水流速的测定可采用指示剂法或充电法。

11.2.5 含水层的渗透系数及导水系数宜采用抽水试验、注水试验求得，有重要影响的含水层宜采用多孔抽水试验。含水层的透水性根据渗透系数 k 按表 11.2.5 的规定划分。

表 11.2.5 含水层的透水性

渗透系数范围 (m/d)	透水性	渗透系数范围 (m/d)	透水性
$k > 200$	特强透水	$0.01 \leq k < 1$	弱透水
$10 \leq k \leq 200$	强透水	$0.001 \leq k < 0.01$	微透水
$1 \leq k < 10$	中等透水	$k < 0.001$	不透水

11.2.6 含水层的给水度宜采用抽水试验确定。松散岩类含水层的给水度，可采用室内试验确定；岩石裂隙、岩溶的给水度，可采用裂隙率、岩溶率代替。有经验的地区，可采用经验值。

11.2.7 影响半径可通过计算法求得，当工程需要时，可用实测法确定。

11.2.8 抽水试验和注水试验布置应符合下列规定：

- 1 试验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，并应距隧道外侧 3m~5m；
- 2 在需人工降低地下水位的车站、区间宜布置试验孔；
- 3 抽水试验的观测孔宜垂直地下水流向；

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；对潜水与承压水应分别进行抽水试验。

11.2.9 抽水试验应符合下列规定：

1 抽水试验方法可按表 11.2.9 的规定确定；

表 11.2.9 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
不带观测孔抽水	初步测定含水层的渗透性参数
带观测孔抽水	较准确测定含水层的各种参数

2 抽水试验宜三次降深，最大降深宜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与仪器，读数单位对抽水孔为厘米，对观测孔为毫米；

4 当涌水量与时间关系曲线和动水位与时间关系曲线，在一定的范围内波动，而没有持续上升或下降时，可认为已经稳定；稳定水位的延续时间对卵石、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和水量，抽水结束后应量测恢复水位。

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

11.2.11 压水试验应根据工程要求，结合工程地质测绘和钻探资料确定试验孔位，并按岩层的渗透特性划分试验段。

11.3 地下水长期观测与监测

11.3.1 下列情况宜进行地下水长期观测与监测专项勘察：

- 1 地下水升降对拟建工程、相邻工程、或周边环境有较大影响；
- 2 地下水升降造成的孔隙水压力、地下水压力变化，对工程设计或施工有较大影响；
- 3 地下水水位下降可能造成周边地面塌陷。

11.3.2 地下水观（监）测工作前或工作过程中，宜搜集以下资料：

- 1 工程区水文地质图；
- 2 含水层顶板埋深线及等厚线图；
- 3 含水层等水位线图；
- 4 地下水水文化学图；
- 5 水文地质剖面图；
- 6 钻孔抽水试验资料；
- 7 以往动态观测资料；
- 8 历年气象、水文资料。

11.3.3 地下水长期观测与监测工作的布置，应根据观测与监测目的、场地条件、工程要求和水文地质条件确定。其中，地下水水位长期观测点设置宜结合初步勘察或详细勘察工作统筹考虑，地下水监测孔宜结合工程建设与环境的相互影响有针对性布设。

11.3.4 地下水水位长期观测的内容及方法应符合下列规定：

- 1 井、钻孔、地表水体的水位观测，宜在同一时间测量；
- 2 存在多层地下水时，应分层观测水位；
- 3 测量水位时，应记录长观点是否受抽水、注水及其他工程施工

因素的影响；

4 潜水水位观测宜 10d 观测 1 次，雨季应加密至 3d~5d 观测 1 次；近地表水体的地下水长观点应增加观测次数。对于承压含水层，可 15d 观测 1 次；

5 当观测地下水与地表水之间的水力联系时，应对地下水水位与地表水水位同步进行观测；

6 每次测量结果应当场核查，出现异常时应及时补测。

11.3.5 长期观测孔一般应沿地下水的流向布置。若研究区内有自然或人工排泄点时，应以排泄点为中心布置至少两条互相垂直的观测线。

11.3.6 了解地下水与地表水联系的观测孔（点），应垂直于地表水流向布置观测线。在河流流入和流出研究区的地段，亦应布置垂直于河流的观测线。

11.3.7 地下水位应通过地下水水位观测孔进行监测，在弱透水层中宜埋设孔隙水压力计。地下水压力的测定可采用测压计进行监测，并应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

11.3.8 地下水压力的监测时间应符合下列规定：

1 地下水长期观测与监测时间应不少于二个水文年；

2 当地下水压力变化可能影响工程安全时，应在地下水压力降至安全值后方可停止监测；

3 对受地下水浮托力影响的工程，地下水压力监测应进行至工程荷载大于浮托力后方可停止监测。

11.3.9 长期观测应符合下列规定：

1 观测方法应根据观测对象、现场条件和测量精度要求等确定，

可采用流量计法、堰测法及流速仪法等；

2 应同步进行流量与水位观测；

3 观测过程中流量数据出现异常时，应及时检查，确保数据的准确性。

11.3.10 地下水动态长期观测设施应采取有效保护措施，观测所使用的工具、仪表应经常检查、校对和维修。

11.3.11 观测孔应根据观测目的和要求，做好洗孔和隔离止水工作，其质量应符合有关规程。若有堵塞，反应不灵敏和孔口有变动时，应及时处理。

11.3.12 地下水动态观测与监测应包括下列成果资料：

1 地下水位、流量、降水量等动态变化曲线图；

2 地下水等水位线图；

3 孔隙水压力、地下水压力动态变化曲线图；

4 水质化学分析成果表。

11.4 地下水作用与控制评价

11.4.1 地下水的作用评价包括地下水力学作用、物理作用和化学作用。

11.4.2 地下水力学作用的评价应包括下列内容：

1 对地下结构物和挡土墙应考虑在最不利组合情况下，地下水对结构物的上浮作用，提供抗浮设计水位建议值，提供抗浮措施建议；对节理不发育的岩石和黏土可根据地方经验或实测数据确定；有渗流时，地下水的水头和作用宜通过渗流计算进行分析评价；

2 验算边坡稳定时，应考虑地下水对边坡稳定的不利影响；

3 在地下水位下降的影响范围内，应分析地面沉降及其对工程和

周边环境的影响；

4 在有水头压差的粉细砂、粉土地层中，应分析产生潜蚀、流土、管涌的可能性。

11.4.3 地下水的物理作用、化学作用的评价应包括下列内容：

1 对地下水位以下的工程结构，应评定地下水对建筑材料的腐蚀性；

2 对软质岩、强风化岩、残积土、湿陷性土、膨胀岩土和填土，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。

11.4.4 地下水对建筑材料的腐蚀性评价应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

11.4.5 降水方法可按表 11.4.5 的规定选用。当几种方法有互补性时，亦可组合使用。

表 11.4.5 降水方法的适用条件

名称		适用地层	渗透系数 k(m/d)	水位降深(m)
集水坑明排		风化岩石、黏性土、砂土	<20.0	<2
井点降水	电渗井点	黏性土	≤0.1	<6
	喷射井点	填土、黏性土、粉土、粉砂	0.1~20.0	8~20
	真空井点	黏性土、粉土、粉砂、细砂	0.1~20.0	单级<6, 多级<20
管井		砂类土、碎石土、岩溶、裂隙	1.0~200.0	>5
大口井		砂类土、碎石土	1.0~200.0	5~20
辐射井		黏性土、粉土、砂土	0.1~20.0	<20
引渗井		黏性土、粉土、砂土	0.1~20.0	将上层水引渗到 下层含水层

11.4.6 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；

2 评价降水形成区域性降落漏斗和引发地下水补给、径流、排泄条件的改变；

3 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；

4 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。

11.4.7 采用截水帷幕方法时，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。

11.4.8 采用引渗方法时，应评价上层水的下渗效果及对下层水水环境的影响。

11.4.9 采用回灌方法时，应评价同层回灌或异层回灌的可能性，异层回灌时应评价不同含水层地下水混合后对地下水环境的影响。

12 勘探与取样

12.1 一般规定

12.1.1 现场勘探应进行危险源识别，并针对地下管线、地下构筑物及架空电力线路等，制定勘探作业安全保证措施。

12.1.2 钻探、井探、槽探、地球物理勘探等勘探方法的选择，应根据地层、勘探深度、取样、原位测试及场地现状确定。

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

12.1.4 勘探点测量应采用与设计相符的高程、坐标系统，引测基准点或基准系统应满足其精度要求。

12.1.5 勘探工作完成后，除需要水位观测等特殊要求的钻孔、探井、探槽、探洞外，应按规定及时回填。需保留的钻孔、探井、探槽、探洞，应设置防护装置。

12.1.6 岩土试样的采取方法应结合地层条件、岩土试验技术要求和地区经验综合确定。

12.2 钻探

12.2.1 钻探方法可根据岩土类别和勘察要求按表 12.2.1 选用。

表 12.2.1 钻进方法的适用条件

钻进方法		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	螺纹钻探	√	○	○	×	×	√	√

续表 12.2.1 钻进方法的适用条件

钻进方法		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	岩芯钻探	√	√	√	○	√	√	√
冲击	冲击钻探	×	○	√	√	×	×	×
	锤击钻探	√	√	√	○	×	√	√
振动钻探		√	√	√	○	×	○	√
冲洗钻探		○	√	√	×	×	×	×

注: √代表适用; ○代表部分情况适用; ×代表不适用。

12.2.2 钻孔直径和钻具规格应符合现行国家行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 的规定。成孔口径应满足取样、原位测试、水文地质试验、综合测井和钻进工艺等要求。

12.2.3 钻探应符合下列规定:

1 钻进深度、岩土分层深度允许误差为 $\pm 50\text{mm}$, 地下水位量测允许误差为 $\pm 20\text{mm}$;

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; 钻进时回次进尺不应超过岩芯管的长度; 在砂土、碎石土等取芯困难地层中钻进时, 应控制回次进尺或回次时间, 以确保分层与描述的要求; 工程地质钻探的岩芯采取率应符合表 12.2.3 的规定。

表 12.2.3 工程地质钻探岩芯采取率

岩 层		岩芯采取率 (%)
土类	黏性土、粉土	≥90
	砂类土	≥70
	碎石类土	≥50
基岩	滑动面及重要结构面上下 5m 范围内	≥70
	微风化带、中风化带	≥70
	强风化带、全风化带，构造破碎带	≥65
	完整岩层	≥80

注：1 岩芯采取率：圆柱状、圆片状及合成柱状岩芯长度与破碎岩芯装入同径岩芯管中高度之总和与该回次进尺的百分比；

2 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。

12.2.4 钻探的安全与文明施工要求应按现行国家标准《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585 执行，具体操作应按现行国家行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 执行。

12.2.5 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，在同一回次内两种不同岩芯应注明变层深度；

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 对重要的钻孔，应装箱妥善保存岩芯、土样，分箱拍摄彩色照片。

12.2.6 钻探记录应符合下列规定：

1 钻探现场岩芯鉴别可采用肉眼鉴别和手触方法，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；

2 钻探记录应包括回次进尺和深度、钻进情况、孔内情况、钻进参数、地下水位、岩芯记录等内容。

12.3 井探、槽探

12.3.1 在建筑物密集、地下管线复杂等工程周边环境条件下，可采用井探、槽探的方法查明地下情况。对粗颗粒土（卵石、碎石、漂石、块石）、黄土和填土等钻探难以查明岩土性质或需要做大型原位测试时，应采用井探、槽探的方法。井探、槽探宜在地下水位以上进行。

12.3.2 井探、槽探宜分别采用圆形、方形或矩形截面，在井、槽内取样、测试及编录应随挖探工作及时进行；在松散地层中掘进时应进行护壁，且应每隔 0.5m~1.0m 设一检查孔。井探施工时，应根据实际情况，向井中送风并应监测井内有害气体含量，采取必要措施保证施工安全。

12.3.3 对井探、槽探除文字描述记录外，尚应以剖面图、展示图和照片等反映井、槽壁和底部的岩性、地层分界、构造特征和取样位置。

12.4 地球物理勘探

12.4.1 下列条件宜采用地球物理勘探：

1 探测隐伏地质界线、界面、不良地质体、地下管线；

2 在钻孔之间增加地球物理勘探点，为钻探成果的内插、外推提供依据；

3 测定沿线大地导电率、岩土体波速、岩土体电阻率及计算动弹

性模量、动剪切模量、特征周期等。

12.4.2 地球物理勘探应具备以下条件：

- 1 被探测对象与其周围介质间存在一定的物性（电性、弹性、磁性、密度、温度、放射性等）差异；
- 2 被探测对象的几何尺寸与其埋藏深度或探测距离之比应不小于 1/10；
- 3 能抑制各种干扰，区分有用信号和干扰信号。

12.4.3 应根据场地地质情况、环境条件和各种地球物理勘探方法的适用性，按附录 D 合理选用物探方法。在地质条件复杂地段，应采用两种以上的综合地球物理勘探方法。

12.4.4 解释地球物理勘探资料时，应考虑其多解性，并应有一定数量的钻探验证孔，对资料进行综合判释。

12.4.5 提交地球物理勘探解译成果图及解译报告内容、数据格式应符合设计要求，需要时还应交付地震时间剖面图、电阻率断面图等映像图件资料。

12.5 取样

12.5.1 土试样质量等级应根据扰动程度划分，质量等级划分和相应的试验项目应符合表 12.5.1 的规定。

表 12.5.1 土试样质量等级和试验项目

质量等级	扰动程度	试验项目
I级	不扰动	土类定名、含水量、密度、强度试验、固结试验
II级	轻微扰动	土类定名、含水量、密度

续表 12.5.1 土试样质量等级和试验项目

质量等级	扰动程度	试验项目
III级	显著扰动	土类定名、含水量
IV级	完全扰动	土类定名

注：不扰动土样是指虽然土的原位应力状态改变，但土的结构、密度、含水率变化很小，可满足各项室内试验要求的土样。

12.5.2 采取I、II级土试样时，应符合下列规定：

1 在软土、砂土中，宜采用泥浆护壁；如使用套管，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三倍孔径的距离；

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

3 下放取土器前应仔细清孔，清除扰动土，孔底残留浮土厚度不应大于取土器废土段长度；

4 采取土试样宜用快速静力连续压入法；在硬塑和坚硬的黏性土和密实的粉土层中压入法取样有困难时，可采用击入法，并应重锤少击；

5 在探井、探槽中取样时，应与开挖掘进同步进行，且样品应有代表性；探坑、探槽中采取的岩土试验宜用盒装；采取断层泥、滑动带或较薄土层的试样，可用试验环刀直接压入取样；

6 在钻孔中采取 I、II 级砂试样时，应采用原状取砂器。

12.5.3 岩石试样可利用钻探岩芯制作或在探坑、探槽中进行。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。

12.5.4 岩土试样的保存和运输应符合下列规定：

1 I、II、III级土试样采取后应及时密封，并应填贴标签，标签上下应与土试样上下一致。土试样应直立放置，严禁倒置或平放；

2 岩土试样密封后，应置于温度和湿度稳定的环境中，不得暴晒或受冻；

3 运输岩土试样时，应将试样装入箱内，并用柔软缓冲材料填实。

12.5.5 比热容、导热系数、导温系数、基床系数、动三轴等特殊试验项目的取样，应满足相应试验的要求。

12.5.6 采取水试样和土试样应符合下列规定：

1 建筑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 建筑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 建筑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 水试样应能代表天然条件下的水质情况并应及时试验，清洁水放置时间不宜超过 72 小时，稍受污染的水不宜超过 48 小时，受污染的水不宜超过 12 小时。

13 原位测试

13.1 一般规定

13.1.1 原位测试方法应根据岩土条件、设计对参数的需要、地区经验和测试方法的适用性等因素综合确定。

13.1.2 原位测试成果应与原型试验、室内试验及工程经验等结合使用，并应进行综合分析。对重要的工程或缺乏使用经验的地区，应与工程反演参数作对比，检验其可靠性。

13.1.3 原位测试的仪器设备应定期检验和标定。

13.2 标准贯入试验

13.2.1 标准贯入试验适用于砂土、粉土、黏性土、残积土、全风化岩及强风化岩。

13.2.2 标准贯入试验的设备应符合表 13.2.2 的规定。

表 13.2.2 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

13.2.3 标准贯入试验可在钻孔全深度范围内或在个别土层内以 1m~2m 的间距进行。标准贯入试验孔采用回转钻进，水位下试验时应保证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。

13.2.4 贯入器打入土中 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试验锤击数 N' 。当锤击数已达 50 击，而贯入深度未达 30cm 时，可记录 50 击的实际贯入深度，按下式换算成相当于 30cm 的标准贯入试验锤击数 N' ，并终止试验：

$$N' = 30 \times \frac{50}{\Delta S}$$

式中： ΔS ——50 击时的贯入度（cm）。

13.2.5 标准贯入试验成果资料整理应符合下列规定：

- 1 标准贯入试验成果可直接标在工程地质剖面图上，统计分层标准贯入锤击数平均值时应剔除异常值；
- 2 应用标准贯入锤击数确定各类土的地基承载力特征值时，可按附录 E 的规定执行。

13.3 圆锥动力触探试验

13.3.1 圆锥动力触探类型应符合表 13.3.1 的规定。轻型圆锥动力触探试验适用于浅部的黏性土、粉土、砂土及素填土。重型圆锥动力触探试验和超重型圆锥动力触探试验适用于强风化、全风化的硬质岩石、各种软质岩石及砂土、圆砾（角砾）、卵石（碎石）和杂填土。

表 13.3.1 圆锥动力触探类型

类型		轻型	重型	超重型
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
	锤击数符号	N_{10}	$N_{63.5}$	N_{120}

13.3.2 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；不宜使用单孔锤击数对土的工程性质作出评价。

13.3.4 圆锥动力触探试验成果资料整理应包括下列内容：

- 1 单孔连续圆锥动力触探试验应绘制锤击数与贯入深度关系曲线；
- 2 计算单孔分层贯入指标平均值时，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；
- 4 当采用圆锥动力触探确定碎石土密实度、地基土承载力时，可按附录 E 的规定执行。

13.4 旁压试验

13.4.1 旁压试验适用于黏性土、粉土、砂土、残积土、极软岩和软岩。

13.4.2 旁压试验应在有代表性的位置和深度进行，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 1.0m，每层土的测点应不少于 1 个，厚度大于 3m 的土层测点应不少于 3 个。

13.4.3 预钻式旁压试验应保证成孔质量，钻孔直径与旁压器直径应配合良好，防止孔壁坍塌；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。

13.4.4 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。

13.4.5 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 13.4.5 的规定确定加载增量。初始阶段加荷等级可取小值，当需要测定再加荷旁压模量时，可做卸荷再加荷试验。

表 13.4.5 试验加载增量

土性特征	加载增量 (kPa)
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 (Qh)，稍密的粉土及砂土	15~25
可塑-硬塑黏性土，新黄土 (QP ₃)，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 级~2 级加载增量宜减半施加。

13.4.6 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；

13.4.7 旁压试验成果资料整理应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

13.5 静力触探试验

13.5.1 静力触探试验适用于软土、一般黏性土、粉土、砂土和含少量碎石的土。静力触探可根据工程需要采用双桥探头或带孔隙水压力量测的单桥、双桥探头，可测定比贯入阻力、锥头阻力、侧壁摩阻力、贯入时的孔隙水压力和地基承载力特征值。

13.5.2 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，应采取措施保证垂直度。

13.5.3 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的稳定措施，水底以上部位应加设防止探杆挠曲的装置。

13.5.4 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，其计时间隔由密而疏合理控制。

13.5.5 静力触探试验成果资料整理应符合下列规定：

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；计算各土层静力触探有关试验数据的平均值时，应剔除异常值；

3 采用双桥探头测得锥尖阻力、侧摩阻力、比贯入阻力确定地基土承载力时，可按附录 E 的规定执行。

13.6 载荷试验

13.6.1 载荷试验主要为平板载荷试验。浅层平板载荷试验适用于浅层

地基土；深层平板载荷试验适用于深层地基土和大直径桩的桩端土。

13.6.2 刚性承压板根据土的软硬或岩体裂隙密度选用合适的尺寸，土的浅层平板载荷试验承压板面积应不小于 0.25m^2 ，对软土和粒径较大的填土应不小于 1.0m^2 ；土的深层板载荷试验承压板面积宜选用 0.5m^2 ；岩石载荷试验承压板的面积不宜小于 0.07m^2 。

13.6.3 基床系数在现场测定时宜采用直径 30cm 的荷载板垂直或水平加载试验，可直接测定地基土的垂直基床系数和水平基床系数。

13.6.4 载荷试验应布置在围岩内或基础埋置深度处，当土质不均匀或多层土时，应选择有代表性的地点和深度进行，需要时宜在不同土层深度进行试验。

13.6.5 浅层平板载荷试验的试坑宽度或直径应不小于承压板宽度或直径的 3 倍；深层平板载荷试验的试井直径应等于承压板直径，试坑或试井底的岩土应避免扰动，保持其原状结构和天然湿度。

13.6.6 载荷试验加荷方式应采用分级维持荷载沉降相对稳定法（常规慢速法）；加荷等级宜取 10 级~12 级，并应不少于 8 级；当极限荷载不易估计时，可按表 13.6.6 的规定取值。

表 13.6.6 荷载增量取值

试验土层及特性	荷载增量 (kPa)
淤泥，流塑黏性土，松散粉土、砂土	<15
软塑黏性土，新黄土 (Qh^2)，稍密粉土、砂土	15~25
新黄土 (Qh^1)，中密粉土、砂土	25~40
硬塑黏性土，新黄土 (Qp_3)、密实粉土	40~60

续表 13.6.6 荷载增量取值

试验土层及特性	荷载增量 (kPa)
坚硬黏性土, 老黄土, 密实砂土	60~100
碎石类土, 软岩及风化岩	100~200

13.6.7 试验点附近宜取土试验提供土工试验指标, 或其他原位测试资料, 试验后应在承压板中心向下开挖取土试验, 并描述 2 倍承压板直径或宽度范围内土层的结构变化。

13.6.8 载荷试验成果资料整理与计算应符合下列规定:

1 根据载荷试验成果分析要求, 应绘制荷载沉降曲线, 需要时绘制各级荷载下沉降与时间或时间对数曲线; 应根据 $p-s$ 曲线拐点, 需要时结合 $s-lgt$ 曲线特征, 确定比例界限压力和极限压力。

2 当 $p-s$ 曲线呈缓变时, 地基土承载力特征值可取 s/d 或 s/b 等于 0.010~0.015 所对应的荷载, 但其值不应大于最大加载量的一半。

3 土的变形模量应根据 $p-s$ 曲线的初始直线段, 可根据均质各向同性半无限弹性介质的弹性理论计算。

4 土的基床系数可根据 K_{30} 平板载荷试验按下列公式计算:

$$K_v = \frac{P}{S_v} \quad (13.6.8-1)$$

$$K_h = \frac{P}{S_h} \quad (13.6.8-2)$$

式中: K_v ——垂直基床系数 (MPa/m);

K_h ——水平基床系数 (MPa/m);

P ——地基土所受的压力 (MPa);

S_v ——地基土的垂直向变形 (m);

S_h ——地基土的水平向变形 (m)。

13.6.9 确定地基土承载力特征值时，同一土层参加统计的试验点数应不少于 3 个；试验点的地基土承载力特征值的极差小于或等于其平均值的 30% 时，可采用平均值作为地基土承载力；当极差大于其平均值的 30% 时，应查找、分析出现异常值原因，并按极差别除准则补充试验和剔除异常值。

13.7 扁铲侧胀试验

13.7.1 扁铲侧胀试验适用于软土、一般黏性土、粉土、黄土和松散或稍密的砂土。

13.7.2 扁铲侧胀试验应在有代表性的地点进行，测试点间距一般为 0.2m~0.5m。

13.7.3 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；

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 0.05、1.10mm 和回到 0.05mm 的压力值；

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。

13.7.4 扁铲侧胀试验成果资料整理应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

13.8 十字板剪切试验

13.8.1 十字板剪切试验适用于均质饱和和软黏性土。

13.8.2 试验点竖向间距可取 1m~2m，或根据静力触探试验等资料布置。

13.8.3 十字板头插入钻孔底的深度应不小于钻孔或套管直径的 3 倍~5 倍；插入至试验深度后，至少应静止 2min~3min，方可开始试验；扭转剪切速率宜采用 $1^\circ/10s \sim 2^\circ/10s$ ，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。

13.8.4 十字板剪切试验成果资料整理应符合下列规定：

- 1 计算土的不排水抗剪强度峰值、残余值和灵敏度；
- 2 绘制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；
- 3 根据土层条件，对不排水抗剪强度应进行修正。

13.9 波速测试

13.9.1 波速测试可采用单孔法、跨孔法或面波法。

13.9.2 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~3m；层位变化处加密，并宜自下而上逐点测试。

13.9.3 跨孔法波速测试的技术要求应符合下列规定：

1 应设置 2 个或 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 当钻孔深度大于 15m 时，应对试验孔进行测斜，测斜点竖向间距宜为 1m，测得每一试验深度的倾斜角与方位；

4 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。

13.9.4 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，道间距可根据场地条件通过试验确定。

13.9.5 波速测试成果资料整理应符合下列规定：

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 确定地层小应变的动剪切模量、动弹性模量、动泊松比和动刚度；

4 稳态面波法尚应提供波长、波速。

13.10 地温测试

13.10.1 地温测试可采用钻孔法、贯入法、埋设温度传感器法，地温长期观测宜采用埋设温度传感器法。

13.10.2 温度传感器的测量范围宜为-20℃~100℃，测量误差不宜大于±0.5℃，温度传感器和读数仪使用前应进行校验。

13.10.3 每个地下车站均宜进行地温测试，测试点宜布设在隧道上下各一倍洞径深度范围；发现有热源影响区域、采用冻结法施工或设计有特殊要求的部位应布置测试点。

13.10.4 钻孔法测试应符合下列规定：

1 在钻孔中进行瞬态测温时，地下水位静止时间不宜小于 24h，稳态测温时，地下水位静止时间不宜小于 5d；

2 重复测量应在观测后 8h 内进行，两次测量误差不超过 0.5℃。

13.10.5 贯入法测试时，温度传感器插入钻孔底的深度应不小于钻孔或套管直径的 3 倍~5 倍；插入至测试深度后，至少应静止 5min~10min，方可开始观测。

13.10.6 地温长期观测周期应根据当地气温变化确定。

13.10.7 测试成果资料整理应符合下列规定：

1 地温测试前应记录测试点气温、天气、日期、时间以及光线遮挡情况，钻孔法应记录地下水稳定水位；

2 绘制地温随深度变化曲线图，对照不同深度土性、孔隙比、含水量、饱和度及热物理指标变化情况；一年期测试结果宜绘制不同深度温度随时间变化曲线图；

3 不同气温条件下地层测温结果对比，推算地层稳态温度。

13.11 现场直接剪切试验

13.11.1 现场直剪试验可用于岩土体本身、岩土体沿软弱结构面和岩体与其他材料接触面的剪切试验，可分为岩土体试体在法向应力作用下沿剪切面剪切破坏的抗剪断试验，岩土体剪断后沿剪切面继续剪切的抗剪试验（摩擦试验），法向应力为零时岩体剪切的抗切试验。

13.11.2 现场直剪试验布置应符合下列规定：

1 现场直剪试验可在试洞、试坑、探槽或大口径钻孔内进行；当剪切面水平或近于水平时，可采用平推法或斜推法；当剪切面较陡时，可采用楔形体法；

2 同一组试验体的岩性应基本相同，受力状态应与岩土体在工程中的实际受力状态相近；

3 每组岩体不宜少于 5 个；剪切面积不得小于 0.25m^2 ，试体最小边长不宜小于 50cm，高度不宜小于最小边长的 0.5 倍；试体之间的最小间距应大于最小边长的 1.5 倍；

4 每组土体试验不宜少于 3 个；剪切面不宜小于 0.3m^2 ，高度不宜小于 20cm 或为最大粒径的 4 倍~8 倍，剪切面开缝应为最小粒径的 $1/4\sim 1/3$ 。

13.11.3 直剪试验设备包括试体制备、加载、传力、量测及其他配套设备。直剪试验设备应采用电测式和自动化仪器。

13.11.4 试验前应对试体及所在试验地段进行描述与记录下列内容：

1 岩石名称及岩性、风化破裂程度、岩体软弱面的成因、类型、产状、分布状况、连续性及其所夹充填物的性状（厚度、颗粒组成、泥化程度和含水状态等）；

2 在岩洞内应记录岩洞编号、位置、洞线走向、洞底高程、岩洞和试点的纵、横地质剖面；

3 在露天或基坑内应记录试点位置、高程及周围的地形、地质情况；

4 记录试验地段开挖情况和试体制备方法；试体编号、位置、剪切面尺寸和剪切方向；试验地段和试点部位地下水的类型、化学成分、

活动规律和流量等。

13.11.5 试验后应描述剪切面尺寸、剪切破坏形式、剪切面起伏差、擦痕的方向和长度、碎块分布状况、剪切面上充填物性质，并对剪切面拍照记录。

13.11.6 现场直剪试验的技术要求应符合下列规定：

1 开挖试坑时应避免对试体的扰动和含水量的显著变化；在地下水位以下试验时，应避免水压力和渗流对试验的影响；

2 施加的法向荷载、剪切荷载应位于剪切面、剪切缝的中心；或使法向荷载与剪切荷载的合力通过剪切面的中心，并保持法向荷载不变；

3 最大法向荷载应大于设计荷载，并按等量分级；荷载精度应为试验最大荷载的 $\pm 2\%$ ；

4 每一试体的法向荷载可分 4 级~5 级施加；当法向变形达到相对稳定时，即可施加剪切荷载；

5 每级剪切荷载按预估最大荷载的 8%~10% 分级等量施加，或按法向荷载的 5%~10% 分级等量施加；岩体按每 5min~10min，土体按每 30s 施加一级剪切荷载；

6 当剪切变形急剧增长或剪切变形达到试体尺寸的 1/10 时，可终止试验；

7 根据剪切位移大于 10mm 时的试验成果确定残余抗剪强度，需要时可沿剪切面继续进行摩擦试验。

13.11.7 现场直剪试验成果资料整理应符合下列规定：

1 绘制剪切应力与剪切位移曲线、剪应力与垂直位移曲线、确定比例强度、屈服强度、峰值强度、剪胀点和剪胀强度；

2 绘制法向应力与比例强度、屈服强度、峰值强度、残余强度的曲线，确定相应的强度参数。

13.12 视电阻率测井

13.12.1 根据城市轨道交通工程电源系统及设备供电、防雷与接地等设计需要，视电阻率测井适用于测定一定深度范围内岩土层的电阻率参数。

13.12.2 视电阻率测井应符合下列规定：

1 视电阻率测井采空钻孔内下放电缆进行测试时，下放速度应保持恒定，测试速度宜小于 10m/min；

2 精确测定地层顶、底界面位置时宜选用梯度电极系；岩层大角度倾斜时宜选用电位电极系；

3 非数字测井仪器的电极系类型和电极距应根据仪器探头结构和探测要求，通过试验确定；

4 应保证地面电极接地良好且供电稳定，记录电流曲线时应检查并确定增量方向；

5 地面电极应设置在远离高压线和无工业游散电流干扰的地点；采用两极装置时，地面电极间距大于 50 倍井下电极距；

6 曲线出现负位或在金属套管中不归零时，应查明原因、消除故障后重新测量。

13.12.3 视电阻率测井成果整理应符合下列规定：

1 应提供各测点实测电阻率测井曲线图；测井曲线图与钻孔柱状图并列绘制，钻孔深度应以孔口为深度零点，测井深度比例尺宜与钻孔柱状图的比例尺一致；

2 重点岩土层段应分层提供视电阻率测井成果统计表。

河南省住房和城乡建设厅信息公开浏览专用

14 室内试验

14.1 一般规定

14.1.1 岩土室内试验的试验方法、操作步骤及采用的仪器设备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。

14.1.2 岩土室内试验项目应根据岩土性质、工程类型和设计、施工需要确定。

14.1.3 应正确分析整理岩土室内试验的资料，为工程设计、施工提供准确可靠的参数。

14.1.4 试样制备的数量视试验需要而定，应多制备 1 个~2 个备用。原状土试样制备时应小心开启原状土样包装皮，辨别土样上下和层次，整平土样两端。切取试样时，试样与环刀应密合。对于黏质粗颗粒土或无黏性粗颗粒土，含超粒径土样的处理方式有剔除法、等量替代法、相似级配法和混合法。

14.2 土的物理性质试验

14.2.1 土的物理性质试验应测定颗粒级配、比重、天然含水量、天然密度、塑限、液限、有机质含量等。

14.2.2 当需进行渗流分析，基坑降水设计等要求提供土的透水性参数时，可进行渗透试验。常水头试验适用于砂土和碎石土；变水头试验适用于粉土和黏性土；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。土的渗透系数取值应与抽水试验或注水试验的成果比较后确定。

14.2.3 当需对填筑工程进行质量控制时，应进行击实试验，确定最大干密度和最优含水量。

14.2.4 结合地质条件和工程类型，需要时应进行土的腐蚀性试验。

14.2.5 岩土热物理指标的测定，可采用面热源法、热线法或热平衡法。

三个热物理指标可按下列公式换算：

$$\alpha = 3.6 \frac{\lambda}{c \rho} \quad (14.2.5)$$

式中： ρ ——密度(kg/m^3)；

α ——导温系数(m^2/h)；

λ ——导热系数[$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]；

C ——比热容[$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$]。

14.3 土的力学性质试验

14.3.1 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、膨胀试验、湿陷性试验、无侧限抗压强度试验、静止侧压力系数试验、回弹试验、基床系数试验等。

14.3.2 压缩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。

14.3.3 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 $e - \lg p$ 曲线的要求，需要时测定回弹模量和回弹再压缩模量。

14.3.4 内摩擦角、黏聚力在有经验地区可采用直接快剪和固结快剪的方法测定。采用三轴试验方法测定时：当排水条件不好或施工速度较快时，宜采用三轴不固结不排水剪；当排水条件较好或施工速度较慢时，宜采用三轴固结不排水剪。

14.3.5 工程需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。

14.3.6 工程需要时可采用侧压力仪测定土体的静止侧压力系数。

14.3.7 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。

14.3.8 当需要测定土的动力性质时，可采用动三轴试验、动单剪试验或共振柱试验。

1 动三轴和动单剪试验适用分析测定土的下列动力性质：

1) 动弹性模量、动阻尼比及其与动应变的关系；

2) 既定循环周数下的动应力与动应变关系；

3) 饱和砂土、粉土的液化剪应力与动应力循环周数关系；当出现孔隙水压力上升达到初始固结压力时，或轴向动应变达到 5%时，或振动次数在相应的预计地震震级限度之内，即可判定土样液化。

2 共振柱试验可用于测定小动应变时的动弹性模量和动阻尼比。

14.4 岩石试验

14.4.1 岩石的试验包括颗粒密度、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，具体项目应根据工程需要确定。

14.4.2 单轴抗压强度应分别测定干燥和饱和状态下的强度，软岩可测定天然状态下的强度，并提供有关参数。

14.4.3 岩石抗剪试验，应沿节理面、层面等薄弱环节在不同法向应力下测定。

14.4.4 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。

14.4.5 当间接测定岩石的力学性质时，可采用点荷载试验和波速测试方法。

14.5 水和土的腐蚀性试验

14.5.1 当有足够经验或充分资料，认定工程场地及其附近的土或水（地下水或地表水）对建筑材料为微腐蚀时，且场地及周围不存在污染源时，可不取样试验进行腐蚀性评价，但应有评价结论，否则，应取水试样或土试样进行试验。土对钢结构腐蚀性的评价可根据工程需要和任务要求进行。

14.5.2 水和土腐蚀性的测试项目和试验方法应符合下列规定：

- 1** 水对混凝土结构的测试项目包括 PH 值、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、侵蚀性 CO_2 、游离 CO_2 、 NH_4^+ 、 OH^- 、总矿化度；
- 2** 土对混凝土结构腐蚀性的测试项目包括 pH 值、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 的易溶盐（土水比 1:5）分析；
- 3** 土对钢结构的腐蚀性的测试项目包括 pH 值、氧化还原电位、极化电流密度、电阻率、质量损失；
- 4** 腐蚀性测试项目的试验方法应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

15 岩土工程分析评价要求与勘察成果

15.1 一般规定

15.1.1 城市轨道交通岩土工程勘察报告应在搜集既有资料的基础上，结合工程地质调查与测绘、勘探、测试和室内试验成果，根据勘察阶段、工程特点、设计方案及施工方法对勘察工作的具体要求，进行岩土工程分析与评价，提供工程场地的工程地质、水文地质资料以及设计所需的岩土及水文参数建议值。

15.1.2 勘察报告应资料完整，数据真实，内容可靠，逻辑清晰，文字、表格、图件互相印证；文字、标点符号、术语、数字和计量单位等应符合国家现行有关标准的规定。

15.1.3 勘察报告中的岩土工程分析评价，应论据充分、针对性强，所提建议应技术可行、经济合理、安全适用。岩土参数的分析与选用应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

15.1.4 各勘察阶段成果报告的编制应符合下列规定：

1 报告中应统一全线地貌单元、工程地质水文地质分区、岩土分层的划分标准；

2 可行性研究阶段岩土工程勘察报告宜按照线路编制；

3 初步勘察阶段岩土工程勘察报告宜按照线路、标段编制或按照地质单元、线路敷设形式编制；

4 详细勘察阶段岩土工程勘察报告宜按照车站、区间、车辆段、停车场等分别编制；

5 施工勘察、专项勘察宜根据专项委托内容和工程需要，编制专项勘察报告。

15.1.5 勘察成果资料整理应满足下列要求：

- 1 各阶段勘察成果应具有连续性、完整性；
- 2 相邻区段、相邻工点的衔接部位或不同线路交叉部位的勘察成果资料应互相利用、保持一致；
- 3 勘探点平面位置图宜取合适的比例尺，应包含地形、线位、站位、里程、结构轮廓线等；
- 4 绘制工程地质纵断面图时，勘探点宜投影至对应的线路断面上，断面图应包含里程标、地面高程、线路及车站断面等；
- 5 地质构造图、区域交通位置图等平面图应包括线路位置和必要的车站、区间名称的标识。

15.1.6 勘察成果可根据信息化建设要求提供三维地质模型。

15.2 岩土工程分析与评价要求

15.2.1 岩土工程分析与评价应包括下列内容：

- 1 工程建设场地的稳定性、适宜性评价；
- 2 地基基础形式、地基承载能力及变形的分析与评价；
- 3 不良地质作用及特殊性岩土对工程影响的分析与评价，避让或防治措施的建议；
- 4 划分场地土类型和场地类别，评价地震液化和震陷的可能性；
- 5 围岩、边坡稳定性和变形分析，支护方案和施工措施的建议；
- 6 成桩可行性分析、工程桩的单桩承载力估算；
- 7 地下水对工程的静水压力、浮托作用分析、抗浮水位及地下水控制措施建议；
- 8 水和土对建筑材料腐蚀性的评价；

- 9 工程建设与工程周边环境相互影响的预测及防治对策的建议；
- 10 工程建设可能遇到的地质风险分析及应对措施建议；
- 11 有关监测、检测和信息化施工的建议。

15.2.2 明挖法施工应重点分析评价下列内容：

- 1 分析基底隆起、基坑突涌的可能性，提出基坑开挖方式及支护方案的建议；

- 2 支护桩墙类型分析，连续墙、立柱桩的持力层和承载力；

- 3 软弱结构面空间分布、特性及其对边坡、坑壁稳定的影响；

- 4 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，预测地下水位变化趋势及影响条件；

- 5 分析施工期间的地下水、雨水回灌、周边含水管线对基坑、主体结构施工的影响；

- 6 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。

15.2.3 矿山法施工应重点分析评价下列内容：

- 1 分析岩土及地下水的特性，进行围岩分级，评价隧道围岩的稳定性，提出隧道开挖方式、超前支护形式等建议；

- 2 指出可能出现坍塌、冒顶、边墙失稳、洞底隆起、涌水或突水等风险的地段，提出防治措施的建议；

- 3 分析隧道开挖引起的地面变形及影响范围，提出环境保护措施的建议；

- 4 采用爆破法施工时，分析爆破可能产生的影响及范围，提出防治措施的建议。

15.2.4 盾构法施工应重点分析评价下列内容：

- 1 分析岩土层的特征，指出盾构机选型应注意的地质问题；
- 2 分析复杂地质条件以及河流、湖泊等地表水体对盾构施工的影响；
- 3 提出在软硬不均地层中的处理措施及作业面障碍物处理方法的建议；
- 4 分析盾构施工可能造成的土体变形，评价其对工程周边环境的影响，提出防治措施的建议；
- 5 端头、联络通道加固措施的建议；
- 6 盾构下穿地表水体时应调查地表水与地下水之间的水力联系，分析地表水体对盾构施工可能造成的危害；
- 7 分析隧道下伏的软土层及易产生液化的饱和粉土层、砂层对盾构施工和隧道运营的影响。

15.2.5 顶管法施工应重点分析评价下列内容：

- 1 分析岩土层的特征，指出顶管机选型应注意的地质问题；
- 2 分析复杂地质条件以及河流、湖泊等地表水体对顶管施工的影响；
- 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；
- 4 分析顶管施工可能造成的土体变形，评价其对工程周边环境的影响，提出防治措施的建议；
- 5 土体加固措施的建议。

15.2.6 高架工程应重点分析评价下列内容：

- 1 分析岩土层的特征，建议天然地基、桩基持力层，评价天然地基承载力、桩基承载力及变形特征；

2 评价成桩可能遇到的风险以及桩基施工对环境的影响，提出设计、施工应注意的问题；

3 分析评价岩溶、土洞等不良地质作用和膨胀土、填土、黄土等特殊岩土对桩基稳定性和承载力的影响，提出防治措施的建议。

15.2.7 地面建（构）筑物的岩土工程分析评价，应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。主变电站的岩土工程评价，尚应符合现行国家行业标准《变电站岩土工程勘测技术规程》DL/T 5170 的有关规定。

15.2.8 工程建设对工程周边环境影响的分析评价可包括下列内容：

1 基坑开挖、隧道掘进和桩基施工等可能引起的地面沉降、隆起和土体的水平位移对邻近建（构）筑物及地下管线的影响；

2 工程建设导致地下水位变化、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；

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。

15.2.9 周边环境对工程建设影响的分析评价可包括下列内容：

1 周边风险源对基坑开挖、隧道掘进和桩基施工等的影响；

2 周边建构筑物、管线等的分布和荷载对基坑支护设计、加固措施设计等的影响，并提出应对建议；

3 工程建成后或运营过程中，周边环境与工程的相互影响。

15.2.10 针对工程特点对地质条件可能造成的风险进行评价，提出相应的风险控制措施的建议。

15.3 成果报告内容

15.3.1 成果报告应包括文字部分、表格、图件和代表性岩芯照片，重要的支持性资料可作为附件。

15.3.2 根据试验统计结果、岩土特征工程经验（类比），按不同岩性的各岩土层提供如下建议值：岩土的地基承载力特征值、复合地基或桩基设计参数、岩土体与锚固体极限摩阻力标准值、土层的压缩模量、抗剪强度、基床系数、静止侧压力系数、土的泊松比、基底摩擦系数、边坡坡度高宽比允许值。

15.3.3 对于地下线路岩土工程勘察报告还应提供地铁结构上下 5m 范围内各岩土层的热物理指标、电阻率指标、地层温度、隧道围岩分级、岩土施工分级。

15.3.4 成果报告的文字部分宜包括下列内容：

1 拟建工程概况、勘察任务依据、场地条件及周边环境条件、执行的技术标准、勘察目的与要求、勘察范围、勘察方法、完成工作量等；

2 自然与地理、区域地质概况；

3 场地地形地貌、工程与水文地质条件；

4 场地岩土分区与分层，岩土特征描述，岩土物理力学性质、岩土施工工程分级、隧道围岩分级；

5 地表水的分布及其与地下水的水力联系、地下水类型，赋存、补给、径流、排泄条件，地下水位及其变化幅度，地层的透水及隔水性质；

6 地下水、地表水、地下水位以上的土（含填土）等对建筑材料

的腐蚀性评价；

7 滑坡、崩塌、泥石流、活动断裂等不良地质作用分析，及其对工程危害程度的评价；

8 场地土类型、场地类别、抗震设防烈度、液化判别；

9 填土、湿陷性土、膨胀土等特殊岩土对工程设计和施工可能造成的风险分析，及其对工程危害程度评价；

10 场地稳定性和适宜性评价；

11 岩土工程分析评价，并提出相应的建议；

12 结论与建议；

13 其他需要说明的问题。

15.3.5 成果报告的表格宜包括下列内容：

1 岩土参数建议值表；

2 岩土层物理力学性质指标综合统计表；

3 勘探点一览表；

4 原位测试统计表；

5 地震液化判别成果表；

6 其他相关分析表格。

15.3.6 勘察报告的图件宜包括下列内容：

1 区域地质构造图、水文地质图；

2 线路综合工程地质图、工程地质及水文地质单元分区图；

3 水文地质试验成果图；

4 勘探点平面位置图，工程地质纵、横断（剖）面图；

5 钻孔柱状图、静探柱状图；

6 室内土工试验成果图、岩石试验成果图；

- 7 波速、视电阻率测试成果图，载荷试验等原位测试曲线图；
- 8 填土、软土及基岩埋深等值线图；
- 9 其他相关图件。

15.3.7 勘察报告的附件宜包括下列内容：

- 1 原位测试成果报告；
- 2 水文地质试验成果报告；
- 3 室内试验成果报告；
- 4 典型岩芯照片；
- 5 其他相关附件。

附录 A 河南省城市轨道交通岩土工程勘察地层层序划分

A.0.1 河南省城市轨道交通岩土工程勘察地层层序划分应符合下列规定：

- 1 地层层序划分应综合考虑工程地质分区、地层时代和成因等因素；
- 2 地层层序编码宜为三级编码，编码顺序依次为工程地质分区、层组、层序，编码格式为“X-X-X”，可采用阿拉伯数字；
- 3 标准地层层序以外的亚层可在第三级编码之后增加岩性编码代号。

A.0.2 郑州市主城区地层层序编码应符合下列规定：

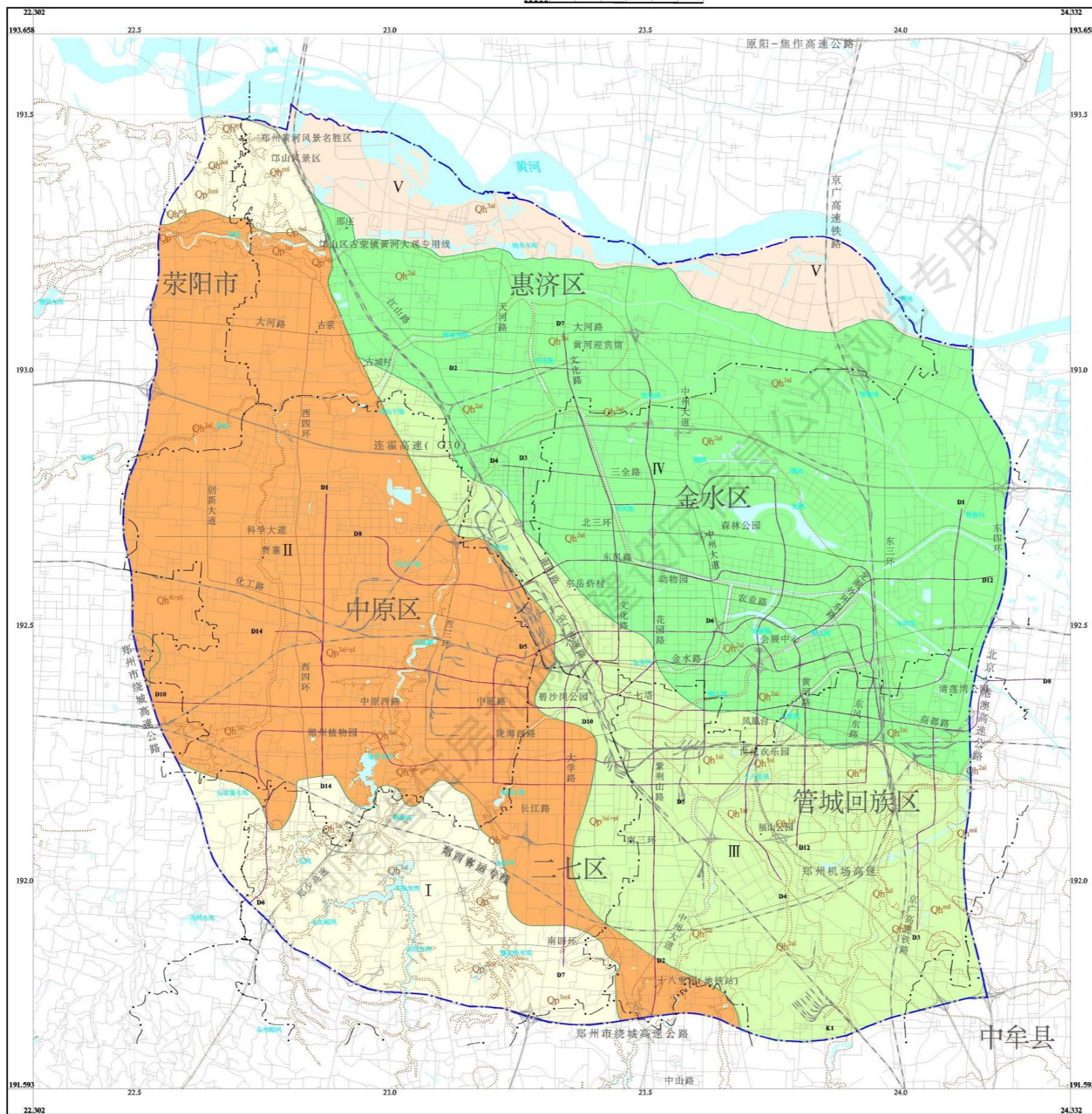
1 郑州市主城区工程地质分区根据地貌单元及岩土工程特性可按图 A.0.2 划分为黄土丘陵工程地质区、山前冲洪积平原工程地质区、黄河古冲积平原工程地质区、黄河泛滥冲积平原工程地质区及黄河漫滩工程地质区等 5 个区，其编码如下：

- 1) 黄土丘陵工程地质区（I 区）编码为 1；
- 2) 山前冲洪积平原工程地质区（II 区）编码为 2；
- 3) 黄河古冲积平原工程地质区（III 区）编码为 3；
- 4) 黄河泛滥冲积平原工程地质区（IV 区）编码为 4；
- 5) 黄河漫滩工程地质区（V 区）编码为 5。

2 郑州市主城区 100m 以浅深度范围内第四系、新近系地层层组按地层时代和成因由新到老可划分为 18 个层组，宜按表 A.0.2-1 执行。

郑州市主城区工程地质分区图

米1000 0 1 2 3 4 5 公里



图例

- 一、工程地质分区
 - I 黄土丘陵工程地质区
 - II 山前冲洪积平原工程地质区
 - III 黄河古冲积平原工程地质区
 - IV 黄河泛溢冲积平原工程地质区
 - V 黄河淤滩工程地质区
- 二、地层
 - Q_h^{nl} 全新统上段冲积层
 - Q_h^{ml} 全新统中段冲积层
 - Q_h^{pl} 全新统下段冲积层
 - Q_h^{fd} 全新统风积层
 - Q_h^{sd} 上更新统风积层
 - Q_h^{sl} 上更新统冲积层
 - Q_h^{sd} 上更新统上段冲积层
 - Q_h^{fd} 中更新统风积层
- 三、其它
 - 水系
 - 交通
 - 地铁
 - 地名
 - 铁路
 - 沙丘
 - 地质界限
 - 工程地质分区界线
 - 工作区界线
 - 行政区分区界线

图 A.0.2 郑州市主城区工程地质分区图

表 A.0.2-1 郑州市主城区地层层组划分

地层时代				成因		层组
第四系	全新统	Qh		人工填土	ml	1
		上段	Qh ³	风积	col	2
				冲积	al	3
		中段	Qh ²	湖积、沼泽相沉积	l/h	4
		下段	Qh ¹	冲积	al	5
				冲洪积	alp	6
	上更新统	上段	Qp ₃ ²	冲积	al	7
				冲洪积	alp	8
				风积	col	9
		下段	Qp ₃ ¹	冲积	al	10
				风积、冲洪积	col/alp	11
	中更新统	上段	Qp ₂ ²	冲积	al	12
				风积、冲洪积	col/alp	13
		下段	Qp ₂ ¹	冲洪积	alp	14
	下更新统	上段	Qp ₁ ³	冲洪积	alp	15
		中段	Qp ₁ ²	冲湖积	all	16
		下段	Qp ₁ ¹	冲湖积	all	17
新近系	上新统	明化镇组	N ₂ m	-	18	

3 郑州市主城区地层层序可在工程地质分区和层组划分基础上，按岩性及出露顺序进行划分。各工程地质区标准地层层序及编号可按

表 A.0.2-2 ~ 表 A.0.2-5 的层号编码执行。

河南省住房和城乡建设厅信息公开浏览专用

表 A.0.2-2 黄土丘陵工程地质区岩土层综合柱状示意图

时代		成因	层号	岩土图例	工程地质特征
系	统				
第四系	全新统	/	填土 (ml)	1-1-1	杂填土:杂色,稍湿,结构松散。一般厚度0~15.8m。
				1-1-2	素填土:黄褐色、褐黄色,稍湿,结构松散。一般厚度0~6.0m。
	更新统	上段	风积 (eol)	1-9-1	黄土:以粉土为主,褐黄色、浅黄色,稍湿,稍密~密实,具轻微湿陷,含小姜石。一般厚度4.7~35.9m。
				1-11-1	粉土:黄褐色、棕黄色,稍湿,稍密~中密,含较多小粒径的钙质结核及白色钙质条纹。一般厚度4.8~21.4m。
		下段	风积 (eol)	1-11-2	粉质黏土:黄褐色,可塑~硬塑,含黑色铁锰质斑点及少量小粒胶姜石,Φ1.0~3.0cm。一般厚度3.1~20.6m。
				1-11-3	粉土:黄棕色、褐黄色,稍湿,中密,含铁锰质结核、斑点及锈斑。一般厚度1.1~16.1m。
				1-11-5	粉质黏土:黄褐色,棕红色,可塑~硬塑,含钙质条纹、铁锰质结核及小粒胶姜石。一般厚度0.9~41.0m。
				1-11-6	粉土:褐黄色,黄褐色,湿,中密~密实,含少量钙质结核,局部姜石富集。一般厚度1.7~54.4m。
				1-11-7	粉质黏土:黄褐色、棕黄色、红棕色,可塑~硬塑,含锈斑及小粒钙质结核。一般厚度2.7~35.6m。
				1-11-8	粉砂:黄褐色,棕黄色、棕红色,湿,中密~密实,局部胶结。一般厚度4.0~23.0m。
	全新统	上段	风积 (eol)	1-13-1	粉质黏土:褐红色、黄褐色,硬塑,含钙质结核,一般粒径3~10mm。一般厚度5.0~35.1m。
				1-13-2	粉土:褐黄色,湿,密实,含锈斑、钙质结核。一般厚度5.1~30.4m。
				1-13-3	粉质黏土:黄褐色、灰黄色、褐红色,硬塑,局部为钙质胶结。一般厚度5.2~17.9m。
		下段	冲洪积 (al+pl)	1-14-1	细砂:灰褐色、黄褐色,饱和,密实,局部胶结成层。一般厚度1.2~27.6m。
				1-14-2	粉质黏土:黄褐色、棕褐色,硬塑,含较多结核,见黑色斑块。一般厚度1.4~38.2m。
				1-14-3	粉土:黄褐色,湿,密实,见锈色斑块,灰色条纹,偶见钙质结核。一般厚度1.5~19.5m。
				1-14-4	细砂:褐黄色,饱和,密实,矿物成分以石英长石为主,含云母等暗色矿物。一般厚度1.5~9.2m。
				1-14-5	粉质黏土:黄褐色、棕红色,硬塑,含少量铁锰质斑点,局部夹钙质结核。一般厚度1.5~27.1m。
1-14-6				粉土:黄褐色,湿,密实,见锈色斑块,青色条纹,偶见结核。一般厚度1.3~12.8m。	
1-14-7				细砂:黄褐色、灰黄色,饱和,密实,单粒结构,局部含有砾石,局部胶结成层。一般厚度1.0~24.9m。	
1-14-8	粉质黏土:黄褐色、灰黄色,硬塑,含黑色斑点及锈斑,局部含大量钙质结核。一般厚度1.6~18.0m。				
更新统	下段	冲洪积 (al+pl)	1-15-1	粉质黏土:红褐色、棕黄色,硬塑,含黑色铁锰质斑点,青灰色斑块,含钙核。一般厚度3.0~27.1m。	
			1-15-2	粉土:黄褐色,密实,湿,含少量铁锰质斑点及钙质结核。一般厚度1.2~18.9m。	
			1-15-3	粉砂:黄褐色,饱和,密实,局部胶结成层。一般厚度1.8~25.6m。	
			1-15-4	粉质黏土:红褐色、黄褐色,坚硬,见黑色铁锰质斑点,见青灰色斑块。一般厚度1.4~11.0m。	

表 A.0.2-3 山前冲洪积平原工程地质区岩土层综合柱状示意图

时代		成因	层号	岩土图例	工程地质特征	
系	统段					
第	全新统	-	填土 (al)	2-1-1	杂填土: 杂色, 稍湿, 结构松散, 力学性质不均匀。一般厚度0~15.6m。	
			2-1-2	素填土: 黄褐色、褐黄色, 稍湿, 结构松散, 力学性质不均匀。一般厚度0.6~4.5m。		
		下段	冲洪积 (al+pl)	2-6-1	粉土: 褐黄色, 湿, 稍密~中密, 含少量锈斑及钙质结核。一般厚度2.2~2.3m。	
			2-6-2	粉砂: 褐黄色, 稍湿~湿, 中密~密实, 主要由石英、长石等组成。一般厚度1.2~8.3m。		
四	更新统	上段	冲洪积 (al+pl)	2-8-1	粉土: 褐黄色、黄褐色, 稍湿, 稍密, 具轻微湿陷性。一般厚度1.2~7.1m。	
			2-8-2	粉土: 褐黄色、黄褐色, 稍湿, 中密~密实, 含钙质条纹、斑块及少量钙质结核。一般厚度4.5~30.5m。		
			2-8-3	粉砂: 褐黄色, 稍湿~湿, 稍密~中密, 矿物成分以石英、长石为主, 云母次之。一般厚度1.4~15.3m。		
			2-11-4	粉砂: 褐黄色, 湿, 稍密~中密, 成分以石英、长石为主, 云母次之, 可见鳞片碎屑。一般厚度0.7~12.3m。		
		下段	冲洪积 (al+pl)	2-11-5	粉质黏土: 黄褐色, 棕红色, 可塑~硬塑。含钙质条纹、铁锰质结核及小粒径胶结。一般厚度2.8~41m。	
			2-11-6	粉土: 褐黄色, 黄褐色, 湿, 中密~密实, 含少量钙质结核, 局部姜石富集。一般厚度1.8~20.3m。		
			2-11-7	粉质黏土: 黄褐色、棕黄色、红棕色, 可塑~硬塑, 含锈斑及小粒径钙质结核。一般厚度2.7~24.0m。		
			2-11-8	粉砂: 黄褐色, 棕黄色、棕红色, 湿, 中密~密实。局部为砂质胶结。一般厚度4.0~13.5m。		
			中	冲洪积 (al+pl)	2-13-4	粉质黏土: 褐红色、黄褐色, 硬塑, 含斑点锈染, 土质均匀, 钙质结核, 局部富集。一般厚度3.4~36.6m。
				2-13-5	粉土: 褐黄色, 湿, 密实, 含锈斑、钙质结核, 局部钙质胶结层。一般厚度3.2~9.2m。	
系	更新统	上段	冲洪积 (al+pl)	2-13-6	粉质黏土: 黄褐色、灰黄色、褐红色, 硬塑, 局部钙质结核含量多。一般厚度4.2~23.3m。	
			下段	冲洪积 (al+pl)	2-14-1	细砂: 灰褐色、黄褐色, 饱和, 密实, 主要成分为石英、长石、云母等, 含少量砾石。一般厚度2.3~16.0m。
				2-14-2	粉质黏土: 黄褐色、棕褐色, 硬塑, 含较多粒径0.2~2.0cm的结核, 见黑色斑块。一般厚度1.8~38.2m。	
		2-14-3		粉土: 黄褐色, 湿, 密实, 见锈色斑块, 灰色条纹, 偶见钙质结核。一般厚度1.5~9.8m。		
		2-14-4		细砂: 褐黄色, 饱和, 密实, 矿物成分以石英长石为主, 含云母等暗色矿物。一般厚度1.5~6.6m。		
		2-14-5		粉质黏土: 黄褐色、棕红色, 硬塑, 含少量铁锰质钙质结核及铁锰质斑点。一般厚度2.4~18.7m。		
		2-14-6		粉土: 黄褐色, 湿, 密实, 见锈色斑块, 土质均匀, 偶见钙质结核。一般厚度1.3~12.9m。		
		2-14-7		粉砂: 黄褐色、灰黄色, 饱和, 密实, 主要矿物成分为石英、长石及少量云母等。一般厚度2.7~4.4m。		
		2-14-8	粉质黏土: 黄褐色、灰黄色, 硬塑, 刀切面光滑, 局部含大量钙质结核。一般厚度6.2~6.3m。			
		下	上段	冲洪积 (al+pl)	2-15-1	粉质黏土: 红褐色、棕黄色, 硬塑, 含黑色锰质斑点, 青灰色斑块, 钙质结核。一般厚度3.0~27.1m。
2-15-2	粉土: 黄褐色, 湿, 密实, 含少量铁锰质斑点及钙质结核。一般厚度2.6~9.0m。					
2-15-3	粉砂: 黄褐色, 饱和, 密实, 主要成分为石英、长石、云母等, 局部胶结成层。一般厚度15.0~25.6m。					
2-15-4	粉质黏土: 红褐色、黄褐色, 坚硬, 见黑色锰质斑点, 钙质结核, 青灰色斑块, 局部泥质胶结。一般厚度8.8~11.0m。					
中段	冲洪积 (al+pl)		2-16-1	粉质黏土: 黄褐色, 局部为灰绿色, 可塑, 含斑点锈染, 局部胶结成层。一般厚度8.6~54.9m。		
	2-16-2	细砂: 褐黄色, 饱和, 密实, 主要成分为石英、长石, 含少量云母, 局部胶结成层。一般厚度0~3.6m。				
	2-16-3	粉质黏土: 黄灰色, 可塑, 含斑点锈染, 局部夹有粉土薄层。一般厚度0~2.5m。				
下	下段	冲洪积 (al+pl)	2-17-2	粉质黏土: 黄褐色, 硬塑, 含斑点锈染。一般厚度7.8~19.9m。		
		2-17-3	细砂: 褐黄色, 饱和, 密实, 矿物成分以石英长石为主, 含云母等暗色矿物。一般厚度0~3.5m。			

续表 A.0.2-3








时 代		成因	层号	岩 土 图 例	工 程 地 质 特 征
系	统 段				
新 近 系	上 新 统	明 化 镇 组	2-18-3		粉质黏土（全风化泥岩）：黄褐色、棕红色，硬塑，含少量钙质结核及铁锰质斑点。一般厚度0~5.6m。
			2-18-4		细砂（全风化砂岩）：黄褐色，饱和，密实，成分以石英长石为主。一般厚度0~6.4m。
			2-18-5		粉质黏土（全风化泥岩）：棕褐色，硬塑，含大量铁锰质斑点及钙质结核。一般厚度0~2.4m。
			2-18-6		细砂（全风化砂岩）：黄褐色，饱和，密实，成分以石英长石为主，含少量黏土团块。一般厚度0~8.1m。
			2-18-7		粉质黏土（全风化泥岩）：红棕色，坚硬，可见灰绿色团块，斑点及条纹，含少量的铁锰质结核，局部为钙质胶结。一般厚度0~2.8m。
			2-18-8		细砂（全风化砂岩）：棕褐色，饱和，密实，主要成分以石英、长石为主，含云母。一般厚度0~12.8m。
			2-18-9		砂岩：棕红色、红褐色，块状构造，岩芯呈柱状，敲击声脆，不易击碎。一般厚度1.2~46.2m。

表 A.0.2-4 黄河古冲积平原工程地质区岩土层综合柱状示意图

系	统	段	成因	层号	岩土图例	工程地质特征	
							时代
第四系	全新统	-	填土 (al)	3-1-1		杂填土:杂色, 稍湿, 结构松散。一般厚度0~15.8m。	
				3-1-2		素填土:黄褐色、褐黄色, 稍湿。一般厚度0.6~4.5m。	
		上	风积 (eol)	3-2-1		粉砂:褐黄色, 稍湿, 稍密~中密。一般厚度3.8~8.5m。	
				3-2-2		粉土:褐黄色, 稍湿, 稍密。一般厚度2.1~11.7m。	
			冲积 (al)	3-3-1		粉土:黄褐色、褐黄色, 稍湿, 稍密~密实, 偶见蜗牛碎片。一般厚度0.8~14.4m。	
				3-3-2		粉质黏土:褐黄色, 可塑, 含铁锰质斑点, 偶见蜗牛碎片和腐质物。一般厚度0.4~7.6m。	
				3-3-3		粉砂:褐黄色, 褐灰色, 湿~饱和, 稍密~中密。一般厚度1.1~10.5m。	
				3-3-4		粉土:褐色、褐黄色, 湿~饱和, 稍密~中密, 含少量锈染, 层厚1.4~3.8m。	
		中	下	冲积 (al)	3-5-1		粉土:黄褐色, 湿, 中密~密实, 含小粒径姜石, 见少量浅灰色斑纹及锈黄色斑点。一般厚度1.5~13.5m。
					3-5-2		粉质黏土:黄褐色、褐黄色, 可塑, 含大量铁锰质斑点及少量小粒径姜石。一般厚度1.3~9.2m。
	3-5-3				粉土:黄褐色、褐黄色, 稍湿~湿, 中密~密实, 见白色钙质条纹及锈黄色斑点。一般厚度0.8~13.9m。		
	3-5-4				粉砂:灰黄色、黄褐色、灰褐色、褐灰色, 湿~饱和, 中密~密实, 矿物成分以石英、长石为主, 含少量云母。一般厚度1.4~19.9m。		
	冲积 (al+yp)		3-6-1		粉土:褐黄色, 湿, 稍密~中密, 含少量锈斑及钙质结核。一般厚度2.2~2.3m。		
			3-6-2		粉砂:褐黄色, 稍湿~湿, 中密~密实, 主要由石英、长石等组成。一般厚度1.2~8.3m。		
			上	冲积 (al+yp)	3-7-1		细砂:褐黄色、黄褐色, 湿~饱和, 密实, 矿物成分以石英、长石为主, 含少量云母。一般厚度3.1~36.6m。
					3-7-2		粉质黏土:褐黄色、黄褐色, 可塑~硬塑, 含铁锰质氧化物及较多钙质结核。一般厚度1.3~12.8m。
	3-7-3				粉土:黄褐色、褐黄色、灰黄色, 湿, 密实, 含铁锰质氧化物及钙质结核。一般厚度1.2~13.4m。		
	3-7-4				粉质黏土:黄褐色、棕黄色, 可塑~硬塑, 含铁锰质斑点及较多钙质结核。一般厚度1.5~18m。		
	3-7-5			粉砂:黄褐色、饱和, 密实, 偶见螺壳碎片, 局部夹中砂。一般厚度0.5~18.0m。			
	3-7-6			粉质黏土:黄褐色、棕黄色, 可塑~硬塑, 含少量铁锰质斑点及锈斑, 偶见钙质结核。一般厚度3.7~8.9m。			
	3-7-7			粉土:黄褐色、褐黄色, 湿, 中密~密实, 含铁锰质斑点及少量小粒径姜石。一般厚度1.5~10.6m。			
	3-7-8			粉砂:褐黄色、棕黄色, 饱和, 密实, 局部夹粉质黏土。一般厚度6.5~9.2m。			
	新	上	冲积 (al+yp)	3-8-2		粉土:褐黄色、黄褐色, 稍湿, 中密~密实, 含钙质条纹、斑块及少量钙质结核。一般厚度4.5~30.6m。	
				3-10-1		粉土:褐黄色, 湿, 稍密~中密, 偶见钙质结核。一般厚度0~2.3m。	
			下	冲积 (al)	3-10-2		粉砂:褐黄色, 饱和, 稍密~中密, 矿物成分以石英、长石为主, 云母次之。一般厚度1.4~12.1m。
					3-10-3		粉质黏土:棕黄色、棕红色, 可塑~硬塑, 含黑色铁锰质斑点及钙质结核, 局部富集。一般厚度2.6~27.0m。
		3-10-4			粉土:褐黄色, 湿, 中密~密实, 见少量钙质结核。一般厚度1.7~27.9m。		
		3-10-5			粉砂:黄褐色, 饱和, 密实, 矿物成分以石英、长石为主, 含少量云母等暗色矿物。一般厚度1.3~10.6m。		
段		冲积 (al+yp)	3-11-5		粉质黏土:黄褐色、棕黄色、红棕色, 可塑~硬塑, 含锈斑及小粒径钙质结核。一般厚度2.7~24.0m。		
			3-11-6		粉土:褐黄色, 黄褐色, 湿, 中密~密实, 含少量钙质结核, 局部姜石富集。一般厚度1.8~20.3m。		

续表 A.0.2-4

时 代		成因	层号	岩土 图例	工 程 地 质 特 征	
系 统 段						
第 四 系	中 段	上	3-12-1		粉质黏土:黄褐色、黄棕色,硬塑,含大量姜结石,局部有胶结层,灰绿色团块。一般厚度2.5~23.2m。	
			3-12-2		粉土:黄褐色,湿,密实,见锈色斑块,青灰色条纹,含少量钙核。一般厚度1.2~5.6m。	
			3-12-3		细砂:褐灰色、灰黄色,饱和,密实,偶见螺壳碎片。一般厚度7.1~15.3m。	
			3-12-4		粉质黏土:黄褐色、棕黄色,可塑~硬塑,含有锰铁斑点,局部含钙质结核。一般厚度1.9~20.6m。	
			3-12-5		粉土:黄褐色,湿,密实,见锈色条纹,偶见钙质结核。一般厚度3.4~36.6m。	
		新 下 段	冲积 (al)	3-13-4		粉质黏土:褐红色、黄褐色,硬塑,含斑点锈染,含钙质结核。一般厚度3.4~36.6m。
				3-13-5		粉土:褐黄色,密实,含锈斑、钙质结核,局部钙质胶结层。一般厚度3.2~9.2m。
				3-13-6		粉质黏土:黄褐色、灰黄色、褐红色,硬塑,见青灰色斑块、白色钙质斑块,局部钙质结核含量多,富集成层。一般厚度4.2~23.3m。
			冲积 (al+pl)	3-14-1		细砂:灰褐色、黄褐色,饱和,密实。一般厚度2.3~16.0m。
				3-14-2		粉质黏土:黄褐色、棕褐色,硬塑,含较多粒径0.5~2.0cm的结核,见黑色斑块。夹粉土,粉砂,泥质胶结。一般厚度1.8~38.2m。
				3-14-3		粉土:黄褐色,湿,密实,见锈色斑块,灰色条纹,偶见钙质结核。一般厚度1.5~9.8m。
				3-14-4		细砂:褐黄色,饱和,密实,矿物成分以石英长石为主,含云母等暗色矿物。一般厚度1.5~6.6m。
	Q ₂ 段	3-14-5		粉质黏土:黄褐色、棕红色,硬塑,含少量铁锰质钙质结核及铁锰质斑点。一般厚度2.4~18.7m。		
		3-14-6		粉土:黄褐色,湿,密实,见锈色斑块,青色条纹,局部砂砾强。一般厚度0~8.5m。		
		3-14-7		细砂:黄褐色、灰黄色,饱和,密实,主要矿物成分为石英、长石及少量云母等。一般厚度2.7~4.4m。		
		3-14-8		粉质黏土:黄褐色、灰黄色,硬塑,含黑色斑点及锈染,局部含大量钙质结核。一般厚度6.2~6.3m。		
		下	冲积 (al+pl)	3-15-1		粉质黏土:红褐色、棕黄色,硬塑,含黑色锰质斑点,青灰色斑块,含钙质结核。一般厚度3.0~27.1m。
				3-15-2		粉土:黄褐色,密实,湿,含少量铁锰质斑点及钙质结核,局部夹粉质黏土薄层。一般厚度2.6~9.0m。
				3-15-3		粉砂:黄褐色,饱和,密实,主要成分为石英、长石、云母等,局部胶结成层。一般厚度15.0~25.6m。
	3-15-4				粉质黏土:红褐色、黄褐色,坚硬,见黑色锰质斑点,见粒径约1.0~3.5cm钙核,见青灰色斑块,局部泥质胶结。一般厚度9.8~11.0m。	
	中 新 下 段			冲积 (al+pl)	3-16-1	
		3-16-2			细砂:褐黄色,饱和,密实,局部胶结成层,坚硬。一般厚度0~3.6m。	
		3-16-3			粉质黏土:黄灰色,硬塑,含斑点锈染,局部夹有粉土薄层。一般厚度0~2.5m。	
		3-16-4		细砂:褐黄色,饱和,密实,矿物成分以石英长石为主,含云母等暗色矿物。一般厚度0~2.1m。		
3-16-5			粉质黏土:黄灰色,坚硬,含大量钙质结核,局部钙质胶结成层。一般厚度0~30.5m。			
Q ₃ 段	冲积 (al+pl)	3-17-1		细砂:褐黄色,饱和,密实,矿物成分以石英、长石为主,含云母等暗色矿物。一般厚度0~1.4m。		
		3-17-2		粉质黏土:黄褐色,硬塑,含斑点锈染。一般厚度7.8~19.9m。		
		3-17-3		细砂:褐黄色,饱和,密实,矿物成分以石英长石为主,含云母等暗色矿物。一般厚度0~3.5m。		
		3-17-4		粉质黏土:黄褐色,硬塑,含斑点锈染。一般厚度10.9~21.7m。		

表 A.0.2-5 黄河泛滥冲积平原工程地质区岩土层综合柱状示例图

时代		成因	层号	岩土图例	工程地质特征	
系	统段					
第四系	全新统	- 填土 (al)	4-1-1		杂填土: 杂色, 稍湿, 结构松散, 力学性质不均匀。一般厚度0~15.8m。	
			4-1-2		素填土: 黄褐色、褐黄色, 稍湿, 结构松散, 力学性质不均匀。一般厚度0.6~6.0m。	
		上 段	冲积 (al)	4-3-1		粉土: 黄褐色、褐黄色, 稍湿, 稍密~密实, 局部见锈色斑点及灰色条纹。一般厚度0.5~16.9m。
				4-3-2		粉质黏土: 褐黄色, 可塑, 含铁锰质斑点, 偶见蜗牛碎片和腐殖质。一般厚度0.4~7.6m。
				4-3-3		粉砂: 黄褐色、褐灰色, 湿~饱和, 稍密~中密, 一般厚度1.0~14.1m。
				4-3-4		粉土: 褐色、褐黄色, 湿~饱和, 稍密~中密, 含少量锈染, 层厚1.3~7.0m。
		中 段	湖积 (l)	4-4-1		粉质黏土: 灰褐色、灰黑色, 软塑~可塑, 含蜗牛壳碎片和少量腐殖质。一般厚度0.4~8.7m。
				4-4-2		黏土: 灰褐色、褐灰色, 湿, 稍密, 含蜗牛壳碎片和少量腐殖质。一般厚度1.0~13.2m。
				4-4-3		粉砂: 灰褐色、褐灰色, 湿~饱和, 稍密, 见蜗牛壳碎片, 局部夹粉质黏土。一般厚度1.6~4.9m。
				4-4-4		粉质黏土: 灰褐色、灰黑色, 软塑~可塑, 含蜗牛壳碎片和少量腐殖质。一般厚度1.5~8.1m。
	4-4-5				粉土: 灰褐色、褐灰色, 湿, 稍密, 含蜗牛壳碎片和少量腐殖质。一般厚度1.2~6.4m。	
	Q _h 下 段	冲积 (al)	4-5-1		黏土: 黄褐色, 湿, 中密~密实, 含小粒径姜石, 见少量浅灰色斑纹及锈黄色斑点。一般厚度1.5~13.5m。	
			4-5-2		粉质黏土: 黄褐色、褐黄色, 可塑, 含大量铁锰质斑点及少量小粒径姜石。一般厚度1.3~9.2m。	
			4-5-3		粉土: 黄褐色、褐黄色, 稍湿~湿, 中密~密实, 见白色钙质条纹及锈黄色斑点。一般厚度0.8~13.9m。	
			4-5-4		粉砂: 灰黄色、黄褐色、灰褐色、褐灰色, 湿~饱和, 中密~密实。一般厚度1.4~19.9m。	
	上 更新统	上 段	冲积 (al+pl)	4-7-1		细砂: 褐黄色、黄褐色, 湿~饱和, 密实, 矿物成分以石英、长石为主。一般厚度1.7~54.5m。
				4-7-2		粉质黏土: 褐黄色、黄褐色, 可塑~硬塑, 含铁锰质氧化物及较多钙质结核。一般厚度1.3~12.8m。
				4-7-3		粉土: 黄褐色、褐黄色、灰黄色, 湿, 密实, 含铁锰质氧化物及钙质结核。一般厚度0.5~23.9m。
				4-7-4		粉质黏土: 黄褐色、棕黄色, 可塑~硬塑, 含铁锰质斑点及较多钙质结核。一般厚度1.5~18.0m。
				4-7-5		粉砂: 黄褐色、饱和, 密实, 偶见砾壳碎片, 局部夹中砂。一般厚度0.5~34.5m。
				4-7-6		粉质黏土: 黄褐色, 棕黄色, 可塑~硬塑, 含少量铁锰质斑点及锈斑, 偶见钙质结核。一般厚度1.4~19.2m。
				4-7-7		粉土: 黄褐色、褐黄色, 湿, 中密~密实, 含铁锰质斑点及少量小粒径姜石。一般厚度1.5~10.6m。
				4-7-8		粉砂: 褐黄色、棕黄色, 饱和, 密实, 矿物成分以石英、长石为主, 含少量云母。一般厚度1.7~30.9m。
		Q _h 下 段	冲积 (al)	4-10-2		粉砂: 褐黄色, 饱和, 稍密~中密, 矿物成分以石英、长石为主, 云母次之。一般厚度1.1~12.1m。
4-10-3					粉质黏土: 棕黄色、棕红色, 可塑~硬塑, 含黑色铁锰质斑点及钙质结核, 局部富集。一般厚度1.2~27.0m。	
			4-10-4		粉土: 褐黄色, 湿, 中密~密实, 见少量钙质结核。一般厚度1.7~27.9m。	
			4-10-5		粉砂: 黄褐色, 饱和, 密实, 矿物成分以石英、长石为主, 局部胶结。一般厚度1.3~17.3m。	

续表 A.0.2-5

时代			成因	层号	岩土图例	工程地质特征		
系	统	段						
第四系	中更新统	上段	冲积 (al)	4-12-1		粉质黏土:黄褐色、黄棕色, 硬塑, 含大量姜结石, 含锰铁质斑点, 局部有胶结层。一般厚度1.8~24.0m。		
				4-12-2		粉土:黄褐色, 湿, 密实, 蜂窝结构, 见锈色斑块, 青灰色条状, 含少量钙核。一般厚度1.2~5.6m。		
				4-12-3		细砂:褐灰色、灰黄色, 饱和, 密实, 主要成分为石英、长石、云母等。一般厚度1.9~24.2m。		
				4-12-4		粉质黏土:黄褐色、棕黄色, 可塑~硬塑, 含有锰铁斑点, 局部含钙质结核。一般厚度1.2~51.7m。		
				4-12-5		粉土:黄褐色, 湿, 密实, 见锈色条状, 偶见结核。一般厚度3.6~8.7m。		
	中更新统	下段	冲积 (al+pl)	4-14-1		细砂:灰褐色、黄褐色, 饱和, 密实, 主要成分为石英、长石、云母, 含少量砾石。一般厚度1.2~27.6m。		
				4-14-2		粉质黏土:黄褐色、棕褐色, 硬塑, 切面光滑, 含较多结核。一般厚度1.4~38.2m。		
				4-14-3		粉土:黄褐色, 湿, 密实, 见锈色斑块, 灰色条状, 偶见钙质结核。一般厚度1.5~19.5m。		
				4-14-4		细砂:褐黄色, 饱和, 密实, 矿物成分以石英长石为主, 含云母等暗色矿物。一般厚度1.5~9.2m。		
				4-14-5		粉质黏土:黄褐色、棕红色, 切面粗糙, 土质不均, 含少量姜石及铁锰质斑点。一般厚度1.5~27.1m。		
				4-14-6		粉土:黄褐色, 湿, 密实, 见锈色斑块, 青色条状, 偶见结核。一般厚度1.3~12.8m。		
				4-14-7		细砂:黄褐色、灰黄色, 饱和, 密实, 局部含有砾石, 局部胶结成层。一般厚度1.0~24.9m。		
				4-14-8		粉质黏土:黄褐色、灰黄色, 硬塑, 含黑色斑点及锈斑, 局部含大量姜石。一般厚度1.6~18.0m。		
	全新统	上段	冲积 (al+pl)	4-15-1		粉质黏土:红褐色、棕黄色, 硬塑, 含黑色锰质斑点, 青灰色斑块, 含钙核。一般厚度3.0~27.1m。		
				4-15-2		粉土:黄褐色, 湿, 密实, 含少量铁锰质斑点及钙质结核。一般厚度1.2~18.9m。		
				4-15-3		细砂:黄褐色, 饱和, 密实, 主要成分为石英、长石、云母等局部胶结成层。一般厚度1.8~25.6m。		
				4-15-4		粉质黏土:红褐色、黄褐色, 坚硬, 见黑色锰质斑点, 见钙核, 局部泥质胶结。一般厚度1.4~11.0m。		
		中段	冲积 (al+pl)	4-16-1		粉质黏土:黄褐色, 局部为灰绿色, 硬塑, 含斑点锈染, 局部胶结成层。一般厚度4.2~54.9m。		
				4-16-2		细砂:褐黄色, 饱和, 密实, 局部胶结成层, 坚硬。一般厚度2.0~15.2m。		
				4-16-3		粉质黏土:黄灰色, 硬塑, 含斑点锈染, 局部夹有粉土薄层。一般厚度2.5~17.4m。		
				4-16-4		细砂:褐黄色, 饱和, 密实。一般厚度1.0~14.2m。		
				4-16-5		粉质黏土:黄灰色, 坚硬, 含大量姜石, 局部钙质胶结成层。一般厚度6.0~30.5m。		
				下段	冲积 (al+pl)	4-17-1		细砂:褐黄色, 饱和, 密实。一般厚度1.4~4.2m。
						4-17-2		粉质黏土:黄褐色, 硬塑, 稍有光泽, 含斑点锈染。一般厚度7.8~19.9m。
4-17-3		细砂:褐黄色, 饱和, 密实。一般厚度1.8~3.5m。						
4-17-4		粉质黏土:黄褐色, 硬塑, 稍有光泽, 含斑点锈染, 土质均匀。一般厚度10.9~21.7m。						

4 郑州市主城区标准地层层序以外的亚层可在第三级编码之后增加岩性编码代号，按表 A.0.2-6 执行。

表 A.0.2-6 郑州市主城区标准地层层序以外的亚层岩性编码代号表

序号	岩土定名	岩性编码代号
1	黏土	A
2	粉质黏土	B
3	粉土	C
4	粉砂	D
5	细砂	E
6	中砂	F
7	粗砂	G
8	砾砂	H
9	碎石土	I
10	钙质胶结	J
11	泥岩	MS
12	砂岩	SS

A.0.3 洛阳市主城区地层层序划分宜符合下列规定：

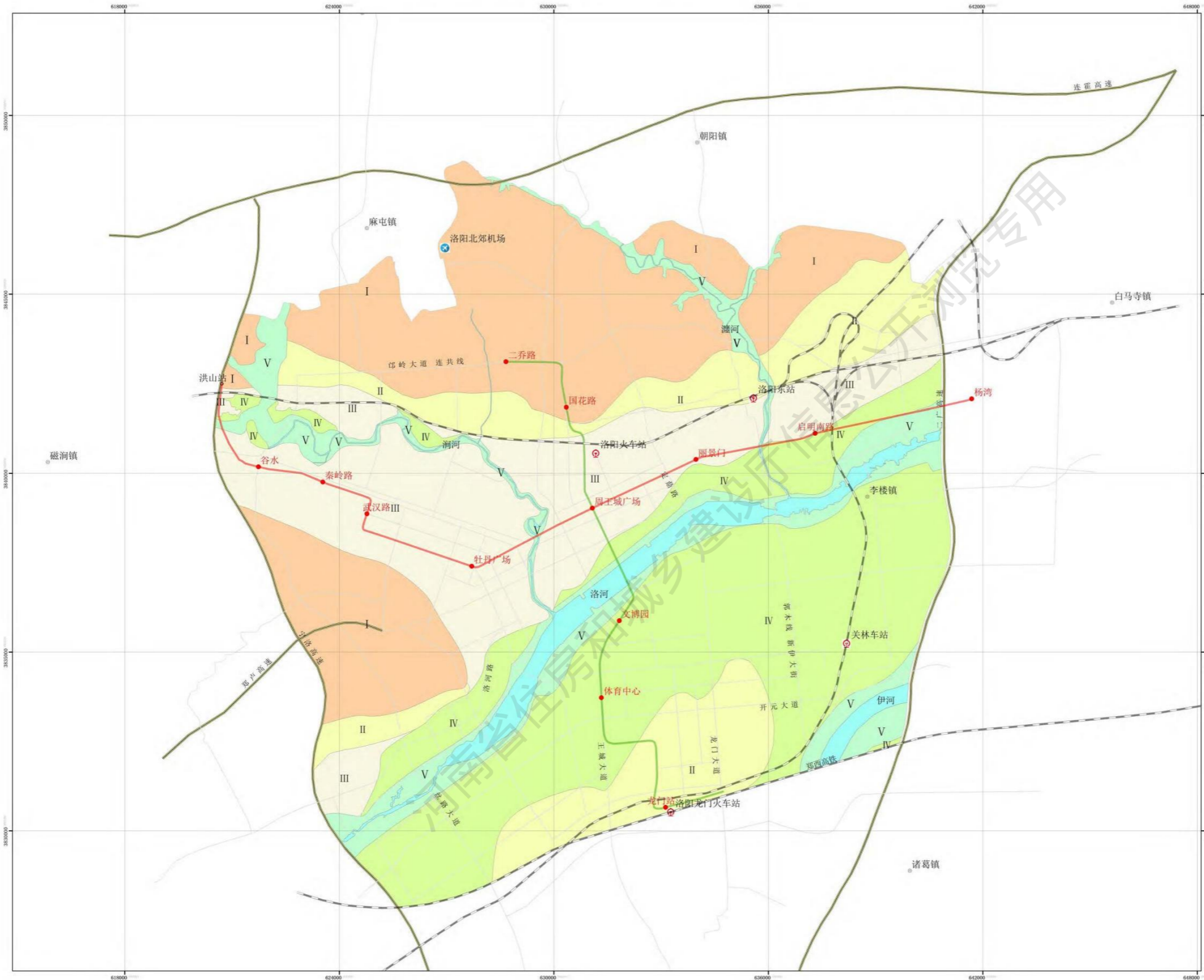
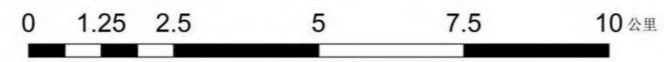
1 洛阳市主城区工程地质分区根据地貌单元及岩土工程特性可划分为黄土丘陵工程地质区、低山丘陵前倾斜平地工程地质区、二级阶地工程地质区、一级阶地工程地质区及河流漫滩工程地质区等 5 个区，其编码如下：

1) 黄土丘陵工程地质区 (I 区) 编码为 1；

- 2) 低山丘陵前倾斜平地工程地质区（II 区）编码为 2；
- 3) 二级阶地工程地质区（III 区）编码为 3；
- 4) 一级阶地工程地质区（IV 区）编码为 4；
- 5) 河流漫滩工程地质区（V 区）编码为 5。

河南省住房和城乡建设厅信息公开浏览专用

洛阳市主城区工程地质分区图



- 图例**
- 一、工程地质分区
- I 黄土丘陵工程地质区
 - II 低山丘陵前倾斜平地工程地质区
 - III 二级阶地工程地质区
 - IV 一级阶地工程地质区
 - V 河流漫滩工程地质区
- 二、其它
- ◎ 乡镇
 - 地铁站
 - ✈ 机场
 - 铁路
 - 地铁1号线
 - 地铁2号线
 - 高速
 - 洛河 河流

图 A.0.3 洛阳市主城区工程地质分区图

2 洛阳市主城区 50m 以浅深度范围内第四系、新近系地层层组按地层时代和成因由新到老可划分为 16 个层组，宜按表 A.0.3 执行。

表 A.0.3 洛阳市主城区地层层组划分

地层时代			成因		层组	
第四系	全新统	Qh		人工填土	ml	1
		上段	Qh ²	坡洪积	dlp	2
				冲洪积	alp	3
				冲积	al	4
		下段	Qh ¹	坡洪积	dlp	5
				冲洪积	alp	6
				冲积	al	7
	上更新统	Qp ₃	坡洪积	dlp	8	
			冲洪积	alp	9	
			冲积	al	10	
			风积	eol	11	
		中更新统	Qp ₂	冲洪积	alp	12
				风积	eol	13
	下更新统	Qp ₁	冲湖积	all	14	
新近系	上新统	N ₂	湖积	l	15	
	中新统	N ₁	湖积	l	16	

3 洛阳市主城区城市轨道交通工程勘察，可在工程地质分区、地层层组划分结果基础上，制定统一的地层层序。

附录 B 工法勘察

B.0.1 城市轨道交通岩土工程勘察工作应根据施工工法的特点，选择适宜的原位测试、室内试验方法，为施工工法的比选与设计提供所需的岩土工程资料，满足相应阶段工法设计深度的要求。

B.0.2 明挖法勘察应符合下列规定：

1 明挖法勘察应提供放坡开挖、支护开挖及盖挖等设计、施工所需要的岩土工程资料。

2 明挖法勘察应满足下列要求：

1) 查明场地岩土类型、成因、分布与工程特性；重点查明填土、暗浜、软弱土夹层及饱和砂层的分布，基岩埋深较浅地区的覆盖层厚度、基岩起伏、坡度及岩层产状；

2) 根据开挖方法和支护结构设计需要提供必要的岩土参数；

3) 土的抗剪强度指标应根据土的性质、基坑安全等级、支护形式和工况条件选择室内试验方法，并结合原位测试及地区经验综合确定；

4) 查明场地水文地质条件，判定人工降低地下水位的可能性，为地下水控制设计提供参数；分析地下水位降低对工程及工程周边环境的影响，当采用坑内降水时还应预测降低地下水位对基底、坑壁稳定性的影响，并提出处理措施的建议；

5) 根据粉土、粉细砂分布及地下水特征，分析基坑发生突水、涌砂流土、管涌的可能性；

6) 搜集场地附近既有建（构）筑物基础类型、埋深和地下设施资料，并对既有建（构）筑物、地下设施与基坑工程边坡的相互影响进

行分析，提出工程周边环境保护措施的建议。

3 明挖法勘探点间距及平面布置应符合本标准第 7.2.2 条和第 7.2.3 条的规定，地层变化较大时，应加密勘探点。

4 明挖法勘探孔深度应满足基坑稳定性分析、地下水控制、支护结构设计的要求。

5 放坡开挖法勘察应提供边坡稳定性计算所需岩土参数建议值。

6 盖挖法勘察应查明支护桩墙和立柱桩端的持力层深度、厚度，提供桩墙和立柱桩承载力及变形计算参数。

7 明挖法勘察所提供的岩土参数可从表 B.0.2 中选用。

表 B.0.2 明挖法勘察岩土参数选择表

开挖施工方 岩土参数	放坡 开挖	支护开挖						盖挖
		土钉 墙	排桩		钢板 桩	地下连 续墙	水泥 土挡 墙	
			悬臂 式	锚拉 式				
密度	√	√	√	√	√	√	√	√
黏聚力	√	√	√	√	√	√	√	√
内摩擦角	√	√	√	√	√	√	√	√
承载力特征值	√	√	√	√	√	√	√	√
静止侧压力系数	-	-	√	√	○	√	-	√
无侧限抗压强度	√	√	√	√	√	√	√	√
十字板剪切强度	○	○	○	○	○	○	○	○
水平基床系数	-	-	√	√	√	√	-	√

续表 B.0.2 明挖法勘察岩土参数选择表

开挖施工方 岩土参数	放坡 开挖	支护开挖						盖挖
		土钉 墙	排桩		钢板 桩	地下连 续墙	水泥 土挡 墙	
			悬臂 式	锚拉 式				
水平抗力系数的比例系数	-	-	√	√	○	○	-	√
回弹及回弹再压缩模量	-	-	○	○	○	√	-	○
弹性模量	-	-	○	○	-	√	-	√
地下水位	√	√	√	√	√	√	√	√
渗透系数	√	√	√	√	√	√	√	√
土体与锚固体粘结强度	-	√	√	○	○	○	-	-
桩基设计参数	-	-	√	√	-	○	-	√

注：表中√表示应提供，○表示可提供，-表示可不提供。

B.0.3 矿山法勘察应符合下列规定：

- 1 矿山法勘察应提供全断面法、台阶法、洞桩（柱）法等施工方法及辅助工法设计、施工所需要的岩土工程资料；
- 2 矿山法勘察应为下列工作提供勘察资料：
 - 1) 隧道轴线位置的选定；
 - 2) 隧道断面形式和尺寸的选定；
 - 3) 洞口、施工竖井位置和明、暗挖施工分界点的选定；
 - 4) 开挖方案及辅助施工方法的比选；
 - 5) 围岩加固、初期支护及衬砌设计与施工；
 - 6) 开挖设备选型及工艺参数的确定；

7) 地下水控制设计与施工;

8) 工程风险评估、工程周边环境保护和工程监测方案设计。

3 矿山法勘察应满足下列要求:

1) 土层隧道应查明场地岩土类型、成因、分布与工程特性;重点查明隧道通过土层的性状、密实度及自稳性,古河道、古湖泊、地下水、饱和粉细砂层、有害气体的分布,填土的组成、性质及厚度;

2) 在基岩地区应查明基岩起伏、岩石坚硬程度、岩体结构形态和完整状态、岩层风化程度、结构面发育情况、构造破碎带特征、岩溶发育及富水情况、围岩的膨胀性等;

3) 了解隧道影响范围内的地下人防、地下管线、古墓穴及废弃工程的分布,以及地下管线渗漏、人防充水等情况;

4) 根据隧道开挖方法及围岩岩土类型与特征,提供所需的岩土参数;

5) 预测施工可能产生突水、涌砂、开挖面坍塌、冒顶、边墙失稳、洞底隆起、岩爆、滑坡、围岩松动等风险的地段,并提出防治措施的建议;

6) 查明场地水文地质条件,分析地下水对工程施工的危害,建议合理的地下水控制措施,提供地下水控制设计、施工所需的水文地质参数;当采用降水措施时应分析地下水位降低对工程及工程周边环境的影响;

7) 根据围岩岩土条件、隧道断面形式和尺寸、开挖特点分析隧道开挖引起的围岩变形特征;根据围岩变形特征和工程周边环境变形控制要求,对隧道开挖步序、围岩加固、初期支护、隧道衬砌以及环境

保护提出建议。

4 矿山法勘察的勘探点间距及平面布置应符合本标准第 7.2.3 条的规定；

5 采用掘进机开挖隧道时，应查明沿线的地质构造、断层破碎带及溶洞等，必要时进行岩石抗磨性试验，在含有大量石英或其他坚硬矿物的地层中，应做含量分析；

6 采用钻爆法施工时，应测试振动波传播速度和振幅衰减参数；在施工过程中进行爆破振动监测；

7 采用洞桩（柱）法施工时，应提供地基承载力、单桩承载力计算和变形计算参数，当洞内桩身承受侧向岩土压力时应提供岩土压力计算参数；

8 采用气压法时，应进行透气试验；

9 采用导管注浆加固围岩时，应提供地层的孔隙率和渗透系数；

10 采用管棚超前支护围岩施工时，应评价管棚施工的难易程度，建议合适的施工工艺，指出施工应注意的问题；

11 矿山法勘察所需提供的岩土参数可从表 B.0.3 中选用；

表 B.0.3 矿山法勘察岩土参数选择表

类别	岩土参数
地下水	1.地下水位； 2.渗透系数
力学性质	1.无侧限抗压强度； 2.抗拉强度；

续表 B.0.3 矿山法勘察岩土参数选择表

类别	岩土参数
力学性质	3.黏聚力、内摩擦角； 4.承载力特征值； 5.岩体的弹性模量； 6.土体的变形模量及压缩模量； 7.泊松比； 8.标准贯入锤击数； 9.静止侧压力系数； 10.基床系数； 11.岩石质量指标RQD
物理性质	1.含水量、密度、孔隙比； 2.液限、塑限； 3.黏粒含量； 4.颗粒级配； 5.围岩的纵、横波速度
矿物组成及工程特性	1.矿物组成； 2.浸水崩解度； 3.吸水率、膨胀率； 4.热物理指标
有害气体	1.土的化学成分； 2.有害气体成分、压力、含量

B.0.4 盾构法勘察应符合下列规定：

1 盾构法勘察应提供盾构选型、盾构施工、隧道管片设计等所需要的岩土工程资料。

2 盾构法勘察应为下列工作提供勘察资料：

- 1) 隧道轴线和盾构始发（接收）井位置的选定；
- 2) 盾构设备选型、设计制造和刀盘、刀具的选择；
- 3) 盾构管片及管片背后注浆设计；

- 4) 盾构推进压力、推进速度、盾构姿态等施工工艺参数的确定;
- 5) 土体改良设计;
- 6) 盾构始发(接收)井端头加固设计与施工;
- 7) 盾构开仓检修与换刀位置的选定;
- 8) 工程风险评估、工程周边环境保护及工程监测方案设计。

3 盾构法勘察应满足下列要求:

1) 查明场地岩土类型、成因、分布与工程特性;重点查明高灵敏度软土层、松散砂土层、高塑性黏性土层、含承压水砂层、软硬不均地层、含钙质胶结层、漂石或卵石地层等的分布和特征,分析评价其对盾构施工的影响;

2) 在基岩地区应查明岩土分界面位置、岩石坚硬程度、岩石风化程度、结构面发育情况、构造破碎带、岩脉的分布与特征等,分析其对盾构施工可能造成的危害;

3) 通过专项勘察查明岩溶、土洞、球状风化体、球状风化体、地下障碍物、有害气体的分布;

4) 提供砂土、碎石土和全风化、强风化岩石的颗粒组成、最大粒径及曲率系数、不均匀系数、耐磨矿物成分及含量,岩石质量指标RQD,土层的黏粒含量等;

5) 对盾构始发(接收)井及区间联络通道的地质条件进行分析和评价,预测可能发生的岩土工程问题,提出岩土加固范围和方法的建议;

6) 根据隧道围岩条件、断面尺寸和形式,对盾构设备选型及刀盘、刀具的选择以及辅助工法的确定提出建议,并提供所需的岩土参数;

7) 根据围岩岩土条件及工程周边环境变形控制要求, 对不良地质体的处理及环境保护提出建议。

4 盾构法勘察勘探点间距及平面布置应符合本标准第 7.2.2 条和第 7.2.3 条的规定, 勘探过程中应结合盾构施工要求对勘探孔进行封填, 并详细记录钻孔内遗留物。

5 盾构下穿地表水体时, 应调查地表水与地下水之间的水力联系, 并分析地表水体对盾构施工可能造成的危害。

6 当隧道下伏淤泥层及易产生液化的饱和粉土层、砂层时, 应分析评价其对盾构施工和隧道运营的影响, 并提出处理措施的建议。

7 盾构法勘察所提供的岩土参数可从表 B.0.4 中选用。

表 B.0.4 盾构法勘察岩土参数选择表

类别	岩土参数
地下水	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地下水位; 2. 孔隙水压力; 3. 渗透系数
力学性质	<ol style="list-style-type: none"> 1. 无侧限抗压强度; 2. 黏聚力、内摩擦角; 3. 承载力特征值; 4. 压缩模量、压缩系数; 5. 泊松比; 6. 静止侧压力系数; 7. 标准贯入锤击数; 8. 基床系数; 9. 岩石质量指标 (RQD); 10. 岩石天然湿度抗压强度
物理性质	<ol style="list-style-type: none"> 1. 比重、含水量、密度、孔隙比; 2. 含砾石量、含砂量、含粉砂量、含黏土量; 3. d_{10}、d_{50}、d_{60}及不均匀系数d_{60}/d_{10}, 颗粒级配; 4. 砾石中的石英、长石等硬质矿物含量;

续表 B.0.4 盾构法勘察岩土参数选择表

类别	岩土参数
物理性质	5.最大粒径、砾石形状、尺寸及硬度； 6.液限、塑限； 7.灵敏度； 8.围岩的纵、横波速度； 9.岩石岩矿组成及硬质矿物含量
有害气体	1.土的化学成分； 10.有害气体成分、压力、含量

B.0.5 沉井法勘察应符合下列规定：

1 沉井的位置应有勘探点控制，并宜根据沉井的大小和工程地质条件的复杂程度布置 1 个~4 个勘探孔；

2 勘探孔进入沉井底以下的深度：进入土层不宜小于 10m，或进入中等风化或微风化岩层不宜小于 5m；

3 查明岩土层的分布及物理力学性质，特别是影响沉井施工的基岩面起伏、软弱岩土层中的坚硬夹层、球状风化体、漂石等；

4 查明含水层的分布、地下水位、渗透系数等水文地质条件，必要时进行抽水试验；

5 提供岩土层与沉井侧壁的摩擦系数、侧壁摩阻力。

B.0.6 导管注浆法勘察应符合下列规定：

1 注浆加固的范围内均应布置勘探点；

2 查明土的颗粒级配、孔隙率、有机质含量，岩石的裂隙宽度和分布规律，岩土渗透性，地下水埋深、流向和流速；

3 宜通过现场试验测定岩土的渗透性；

4 预测注浆施工中可能遇到的工程地质问题，并提出处理措施的

建议。

B.0.7 冻结法勘察应符合下列规定：

1 查明需冻结土层的分布及物理力学性质，其中包括含水量、饱和度、固结系数、抗剪强度；

2 查明需冻结土层周围含水层的分布，提供地下水流速、地下水中的含盐量；

3 提供地层温度、热物理指标、冻胀率、融沉系数等参数；

4 查明冻结施工场地周围的建（构）筑物、地下管线等分布情况，分析冻结法施工对周边环境的影响。

B.0.8 顶管法勘察应符合下列规定：

1 顶管法勘察勘探点间距及平面布置应符合本标准第 7.2.2 条和第 7.2.3 条的规定；勘探过程中应结合顶管施工要求对勘探孔进行封填，并详细记录钻孔内遗留物；

2 分析评价拟建场地的不良地质作用、特殊性岩土分布情况及其对管道的影响，提供相应处理措施的建议；

3 查明含水层的分布、地下水位、渗透系数等水文地质条件。分析评价地下水对工程设计、施工的影响；

4 对于稳定性较差地层及可能产生流砂、管涌等地层，应提出预加固处理建议。

附录 C 隧道围岩分级及岩土施工工程分级

C.0.1 隧道围岩等级划分应符合表 C.0.1 的规定。

表 C.0.1 隧道围岩等级划分

围岩等级	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 $f_r > 60\text{MPa}$ ）；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	呈大块状整体结构	围岩稳定，无坍塌，可能产生岩爆	>4.5
II	坚硬岩（ $f_r > 60\text{MPa}$ ）：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	$3.5 \sim 4.5$
	较硬岩（ $30\text{MPa} < f_r \leq 60\text{MPa}$ ）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	呈大块状整体结构		

续表 C.0.1 隧道围岩等级划分

围岩等级	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		
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（ $15\text{MPa} < f_r \leq 30\text{MPa}$ ）和软岩（ $5\text{MPa} < f_r \leq 15\text{MPa}$ ）：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		

续表 C.0.1 隧道围岩等级划分

围岩等级	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		
V	软岩受地质构造影响严重, 裂隙杂乱, 呈石夹土或土夹石状极软岩 ($f_r \leq 5 \text{ MPa}$)	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 (Q_{p3} 、 Q_h)	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: 可塑、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 III、IV、V级围岩遇有地下水时, 可根据具体情况和施工条件适当降低围岩级别。

C.0.2 根据岩土性质和施工的难易程度进行岩土施工工程分级, 分级标准应符合表 C.0.2 的规定。

表 C.0.2 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 (工天)		
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	坚硬的、硬塑和软塑的粉质粘土、硬塑和软塑的粘土，膨胀土，粉土，Qp ₃ 、Qh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	坚硬的粘性土、膨胀土，Qp ₁ 、Qp ₂ 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	/	/	/	/	必须用镐先全部才能用锹挖的。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 C.0.2 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 (工天)		
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	部分用撬棍及大锤开挖或挖掘机、单购裂土器松动，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（软粘性土、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 D 常用地球物理勘探方法应用范围及适用条件

表 D.0.1 常用地球物理勘探方法应用范围及适用条件

物探方法		应用范围	适用条件	
电法勘探	直流电法	1 探测覆盖层、古河床、古墓，寻找砂砾建材。 2 探测隐伏地质构造，如不同岩性陡立接触带、岩脉、断层带。 3 探测滑坡体的滑动面。 4 探测岩溶、地下暗河及人为坑洞。 5 在第四系地层中和基岩断裂带及岩溶发育区寻找含水层富水带，划分咸淡水界线，测潜水流向、流速，测水库漏水点。 6 测量电力、通信线路的大地导电率。 7 工程质量检测及探查地下管线。	1 探测对象与围岩有明显电性差异。 2 探测对象直径D与埋深H比 ≥ 0.2 。 3 信噪比(S/N)大于3。 4 单井充电法测潜水流向、流速，要求潜水深度小于50m；自然电场法测流向，要求潜水深度小于15m，水流坡度要大；用充电法探测暗河长度应大于埋藏深度的3倍。 5 交流电磁法适用于接地困难，存在高屏蔽的地区、地段。 6 地质雷达探测的地质体间，介电常数应有一定差异。	
				电测深法
				电剖面法
				高密度剖面法
				自然电场法
				充电法
	电磁波法			激发极化法
				音频大地电磁法
				可控源音频大地电磁法
				瞬变电磁法
弹性波勘探	地震勘探	地质雷达		
		管线探测		
		折射波法		
	超声波法	反射波法		
		瑞雷面波法		
		瑞雷面波法		
场地波速测试	超声波法			
	场地波速测试			
	地脉动测试			
		1 探测地质构造。 2 探测覆盖层厚度、断层破碎带、滑动面、潜水位等。 3 探测岩体动弹性模量等。 4 探测地脉动卓越周期、桩基及建筑物基础探查。 5 测定岩体完整性系数。	1 折射波法：应满足 $v_2 > v_1$ ，岩层视倾角与临界角之和小于 90° 。 2 反射波法：应满足 $v_1 \rho_1 \neq v_2 \rho_2$ ，地层倾角 $3^\circ \sim 5^\circ$ 时最有利。	

续表 D.0.1 常用地球物理勘探方法应用范围及适用条件

物探方法		应用范围	适用条件
重力勘探		探测区域地质构造、深部断层；微加重力仪探测大溶洞。	探测地质体与围岩有明显密度(重力或磁)差异。探测对象规模与埋深比要足够大。
磁法勘探		探岩浆岩体界线、断层带、地下管线、考古。	
放射性勘探		探寻基岩裂隙水、断层带，测土湿度、密度、环境监测。	探测对象与围岩有放射性差异，所探对象埋深浅。
地温勘探		划分有地温异常的深大断裂位置；研究地表与深部地温的变化规律。	地质体间有温度差异，或在深钻孔中测定地温变化的情况。
物探方法		应用范围	适用条件
物探测井	电测井	划分软弱夹层、风化层厚度；测断裂带、岩溶位置；测井中出水位置及水文地质参数；测岩土物理力学参数；监测地下水污染，核处理场地选址。	电测井和无线电波透视及声速测井，应在有泥浆(水)无套管的孔中进行，水文测井应在无套管或有滤管经洗井后的清水井中进行。
	放射性测井		
	水文测井		
	单孔声波探测		
	孔间地震波(CT)		
	超声成像测井		
	孔间电磁波透视法		
钻孔技术测量			

附录 E 常用原位测试方法确定地基土承载力

E.0.1 标准贯入试验确定地基土承载力应符合下列规定：

1 当采用标准贯入试验锤击数确定地基土承载力时，锤击数应按下式进行修正：

$$N = \alpha N' \quad (\text{E.0.1})$$

式中： N ——修正后的标准贯入试验锤击数；

N' ——实测标准贯入试验锤击数；

α ——钻杆长度校正系数，可按表 E.0.1-1 确定。

表 E.0.1-1 钻杆长度校正系数

钻杆长度	≤3	6	9	12	15	18	21	25	30	35	40	45	50	55	60
α	1.00	0.92	0.86	0.81	0.77	0.73	0.70	0.67	0.63	0.59	0.56	0.54	0.52	0.51	0.50

2 根据修正后的标准贯入试验锤击数 N 确定黏性土、砂类土 f_{ak} 值时，可按表 E.0.1-2 和 E.0.1-3 的有关规定执行。

表 E.0.1-2 用标准贯入试验 N 值确定黏性土的 f_{ak} 值 (kPa)

N	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
f_{ak}	105	145	190	235	280	325	370	430	515	600	680

表 E.0.1-3 用标准贯入试验N值确定砂土的 f_{ak} 值 (kPa)

N 土类	10	15	30	50
中、粗砂	180	250	340	500
粉细砂	140	180	250	340

E.0.2 圆锥动力触探试验确定地基土承载力应符合下列规定：

1 当采用重型圆锥动力触探确定碎石土密实度、地基承载力时，锤击数应按下式修正：

$$N_{63.5} = \alpha_1 N'_{63.5} \quad (\text{E.0.2-1})$$

式中： $N_{63.5}$ ——修正后的重型圆锥动力触探锤击数；

α_1 ——修正系数，按表 E.0.2-1 取值；

$N'_{63.5}$ ——实测重型圆锥动力触探锤击数。

表 E.0.2-1 重型圆锥动力触探锤击数修正系数

$N'_{63.5}$ $L(\text{m})$	5	10	15	20	25	30	35	40	≥ 50
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
4	0.96	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84
6	0.93	0.90	0.88	0.85	0.83	0.81	0.79	0.78	0.75
8	0.90	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71	0.67
10	0.88	0.83	0.79	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.61
12	0.85	0.79	0.75	0.70	0.67	0.64	0.61	0.59	0.55
14	0.82	0.76	0.71	0.66	0.62	0.58	0.56	0.53	0.50

续表 E.0.2-1 重型圆锥动力触探锤击数修正系数

$N'_{63.5}$ $L(m)$	5	10	15	20	25	30	35	40	≥ 50
16	0.79	0.73	0.67	0.62	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45
18	0.77	0.70	0.63	0.57	0.53	0.49	0.46	0.43	0.40
20	0.75	0.67	0.59	0.53	0.48	0.44	0.41	0.39	0.36

注：表中 L 为杆长。

2 当采用超重型圆锥动力触探确定碎石土密实度、地基承载力时，锤击数应按下式修正：

$$N_{120} = \alpha_2 N'_{120} \quad (\text{E.0.2-2})$$

式中： N_{120} ——修正后的超重型圆锥动力触探锤击数；

α_2 ——修正系数，按表 E.0.2-2 取值；

N'_{120} ——实测超重型圆锥动力触探锤击数。

表 E.0.2-2 超重型圆锥动力触探锤击数修正系数

N'_{120} $L(m)$	1	3	5	7	9	10	15	20	25	30	35	40
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.96	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.88	0.88	0.88
3	0.94	0.88	0.86	0.85	0.84	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.81
5	0.92	0.82	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72
7	0.90	0.78	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.68	0.67	0.66
9	0.88	0.75	0.72	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.64	0.63	0.62	0.62
11	0.87	0.73	0.69	0.67	0.66	0.66	0.64	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58
13	0.86	0.71	0.67	0.65	0.64	0.63	0.61	0.60	0.58	0.57	0.56	0.55
15	0.86	0.69	0.65	0.63	0.62	0.61	0.59	0.58	0.56	0.55	0.54	0.53
17	0.85	0.68	0.63	0.61	0.60	0.60	0.57	0.56	0.54	0.53	0.52	0.50
19	0.84	0.66	0.62	0.60	0.58	0.58	0.56	0.54	0.52	0.51	0.50	0.48

注：表中 L 为杆长。

3 根据触探试验值确定各类土 f_{ak} 值时，可按表 E.0.2-3、E.0.2-4、E.0.2-5、E.0.2-6、E.0.2-7 的有关规定执行。

表 E.0.2-3 用轻型圆锥动力触探试验 N_{10} 值确定黏性土的 f_{ak} 值

N_{10}	15	20	25	30
f_{ak} (kPa)	105	145	190	230

表 E.0.2-4 用轻型圆锥动力触探试验 N_{10} 值确定素填土的 f_{ak} 值

N_{10}	10	20	30	40
f_{ak} (kPa)	85	115	135	160

注：本表只适用于黏性土与粉土组成的素填土。

表 E.0.2-5 用重型圆锥动力触探 $N_{63.5}$ 值确定砂土的 f_{ak} 值

$N_{63.5}$	3	4	5	6	8	10
f_{ak} (kPa)	120	150	200	240	320	400

注：本表一般适用于冲积、洪积的砂土，且中、粗砂的不均匀系数不大于6，砾砂的不均匀系数不大于20。

表 E.0.2-6 用重型圆锥动力触探 $N_{63.5}$ 值确定碎石土的 f_{ak} 值

$N_{63.5}$	3	4	5	6	8	10	12
f_{ak} (kPa)	140	170	200	240	320	400	480

注：本表一般适用于冲积、洪积的砂土，其 d_{50} 不大于30mm，不均匀系数不大于120，密度以稍密~中密为主。

表 E.0.2-7 用超重型圆锥动力触探 N_{120} 值确定卵石的 f_{ak} 、 E_0 值

N_{120}	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16
f_{ak} (kPa)	240	320	400	480	560	640	720	800	850	900	950	1000
E_0 (MPa)	16.0	21.0	26.0	31.0	36.5	42.0	47.5	53.0	56.2	60.0	62.5	65.0

E.0.3 静力触探试验确定地基土承载力应符合下列规定：

1 用双桥探头测得 q_c 、 f_s 值时，可按下列经验公式换算 P_s 值：

$$\text{黏性土： } P_s = 1.227q_c - 0.0613 \quad (\text{E.0.3-1})$$

$$\text{粉土： } P_s = q_c + 6.4f_s \quad (\text{E.0.3-2})$$

$$\text{粉细砂： } P_s = 1.093q_c + 0.365 \quad (\text{E.0.3-3})$$

2 根据静力触探 P_s 值确定黏性土、粉土、砂类土的 f_{ak} 、 $E_{s0.1-0.2}$ 值时，可按表 E.0.3-1、E.0.3-2、E.0.3-3 的有关规定执行。

表 E.0.3-1 用静力触探 P_s 值确定黏性土的 f_{ak} 、 $E_{s0.1-0.2}$ 值

P_s (MPa)	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0
f_{ak} (kPa)	60	90	120	140	170	200	230	250	280	310
$E_{s0.1-0.2}$ (MPa)	2.3	3.5	4.6	5.7	6.8	8.0	9.1	10.2	11.3	12.4
P_s (MPa)	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0
f_{ak} (kPa)	340	370	400	430	460	490	520	550	580	610
$E_{s0.1-0.2}$ (MPa)	13.5	14.7	15.8	16.8	18.0	19.1	19.2	21.3	22.5	23.6

注：该表仅适用于黄河冲积平原地区。

表 E.0.3-2 用静力触探 P_s 值确定粉土的 f_{ak} 、 $E_{s0.1-0.2}$ 值

P_s (MPa)	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5
f_{ak} (kPa)	70	76	83	90	98	105	112	120	126	134	141	148
$E_{s0.1-0.2}$ (MPa)	2.0	2.7	3.4	4.2	4.9	5.6	6.3	7.1	7.8	8.5	9.2	10.0
P_s (MPa)	2.7	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
f_{ak} (kPa)	155	162	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
$E_{s0.1-0.2}$ (MPa)	10.7	11.4	12.5	13.3	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	18.0

注：该表仅适用于黄河冲积平原地区。当 P_s 值大于4.5MPa时，应参考粉细砂表综合考虑。

表 E.0.3-3 用静力触探 P_s 值确定砂类土的 f_{ak} 、 $E_{s0.1-0.2}$ 值

P_s (MPa)	f_{ak} (kPa)		$E_{s0.1-0.2}$ (MPa)
	粉细砂	中粗砂	
2.0	90~100		
3.0	110~120	140~160	9.0~11.5
4.0	130~140	180~200	11.5~13.0
5.0	150~160	220~240	13.5~15.0
6.0	170~180	260~280	15.0~16.5
7.0	190~200	290~310	16.5~18.5
8.0	210~220	320~340	18.5~19.0
9.0	230~240	350~370	19.0~22.0
10.0	250~260	380~400	22.0~24.0
11.0	270~280	410~430	24.0~26.0
12.0	290~300	440~460	26.0~28.0
13.0	310~320	470~490	28.0~30.0
14.0	330~340	500~520	30.0~33.0
15.0	350~360	530~550	35.0

注：砂类土的 f_{ak} 值应与 N 值综合分析确定。

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：

正面词采用“可”。

2 条文中指定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

- 1 《中国地震动参数区划图》 GB 18306
- 2 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 3 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 4 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 5 《湿陷性黄土地区建筑标准》 GB 50025
- 6 《工程测量标准》 GB 50026
- 7 《膨胀土地区建筑技术规范》 GB 50112
- 8 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB 50202
- 9 《城市轨道交通岩土工程勘察规范》 GB 50307
- 10 《城市轨道交通工程测量规范》 GB 50308
- 11 《建筑基坑工程监测技术标准》 GB 50497
- 12 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911
- 13 《煤矿采空区岩土工程勘察规范》 GB 51044
- 14 《土工试验方法标准》 GB/T 50123
- 15 《工程岩体试验方法标准》 GB/T 50266
- 16 《岩土工程勘察安全标准》 GB/T 50585
- 17 《工程勘察通用规范》 GB 55017
- 18 《城市地下管线探测技术规程》 CJJ 61
- 19 《变电站岩土工程勘测技术规程》 DL/T 5170
- 20 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
- 21 《建筑基桩检测技术规范》 JGJ 106

- 22 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ 120
- 23 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》 JGJ/T 87
- 24 《铁路工程地质勘察规范》 TB 10012
- 25 《铁路工程物理勘探规范》 TB10013
- 26 《河南省建筑地基基础勘察设计规范》 DBJ 41/138
- 27 《河南省基坑工程技术规范》 DBJ 41/139