

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号

DB 2102

大连市地方标准

DB XX/T XXXX—XXXX

城市轨道交通海域勘测技术规程

Code of practice for sea area survey
of urban rail transit engineering

征求意见稿

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

大连市住房和城乡建设局
大连市市场监督管理局 发布

目 次

前 言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 基本规定	6
5 岩土工程勘察	7
5.1 一般规定	7
5.2 可行性研究勘察	7
5.3 初步勘察	8
5.4 详细勘察	9
5.5 施工勘察	11
6 海洋水文勘测	12
6.1 一般规定	12
6.2 水文调查与观测	12
6.3 水文地质勘察	13
6.4 水文地质参数	13
7 工程测量	14
7.1 一般规定	14
7.2 平面控制测量	15
7.3 高程控制测量	18
7.4 海底地形测量	20
8 工程物探	22
8.1 一般规定	22
8.2 地质结构探测	23
8.3 水下障碍物探测	24
8.4 水下管线探测	25
9 不良地质条件勘察	25
9.1 一般规定	26
9.2 岩溶	26
9.3 软土	27
9.4 富水砂层	28
9.5 卵石地层	28
9.6 风化岩与残积土	29
9.7 复合地层	29
10 钻探与取样	30
10.1 一般规定	30

10.2 钻探.....	30
10.3 取样.....	32
11 岩土试验与测试.....	34
11.1 一般规定.....	34
11.2 室内试验.....	34
11.3 原位测试.....	34
附录 A （规范性） 海域静力触探试验要点.....	37
附录 B （规范性） 海域旁压试验要点.....	38
附录 C （规范性） 海域扁铲侧胀试验要点.....	39
附录 D （规范性） 海域十字板剪切试验要点.....	40
附录 E （资料性） 物探方法适用性选择表.....	41
附录 F （规范性） 隧道围岩基本分级.....	42

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由大连市住房与城乡建设局提出并归口。

本文件起草单位：大连公共交通建设投资集团有限公司、大连市勘察测绘研究院集团有限公司、中铁大连地铁五号线有限公司、中铁大桥勘测设计院集团有限公司、中铁第六勘察设计院集团有限公司、大连轨道交通设计院有限公司。

本文件主要起草人：王晓辉、张军、马劲航、钟国、刘大金、李世安、余颂、裴世建、康直、李赞、陈硕、宋书显、夏天游、余林辉、赵志强、唐明、于景操、李敬峰、孙伟超、赵磊、高俊峰、熊锋、王侨、李耐宾、李凌寒。

本文件发布实施后，任何单位和个人如有问题和意见建议，均可通过来电和来函等方式进行反馈，我们将及时答复并认真处理，根据实际情况依法进行评估及复审。

归口管理部门：大连市住房与城乡建设局

通讯地址：大连市甘井子区东北北路101号

联系电话：0411-81988121

文件起草单位：大连公共交通建设投资集团有限公司，大连市勘察测绘研究院集团有限公司

通讯地址：大连市甘井子区自由路168号，大连市沙河口区胜利路186号

联系人：李赞，刘大金

联系电话：0411-88090833，0411-81826080

城市轨道交通海域勘测技术规程

1 范围

本规程规定了城市轨道交通海域勘测技术的术语和定义、基本规定、岩土工程勘察、海洋水文勘测、工程测量、工程物探、不良地质条件勘察、钻探与取样、岩土试验与测试等内容。

本规程适用于近岸段及浅海段海域城市轨道交通建设的勘察及测量工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50307	城市轨道交通岩土工程勘察规范
GB 50909	城市轨道交通结构抗震设计规范
GB 50021	岩土工程勘察规范
GB 55017	工程勘察通用规范
GB 50027	供水水文地质勘察规范
GB 12327	海道测量规范
GB 50026	工程测量标准
GB 12319	中国海图图式
GB/T 50585	岩土工程勘察安全标准
GB/T 51238	岩溶地区建筑地基基础技术规范
GB/T 50123	土工试验方法标准
GB/T 50266	工程岩体试验方法标准
GB/T 50476	混凝土结构耐久性设计标准
GB/T 12763.2	海洋调查规范第2部分：海洋水文观测
GB/T 20257.1	国家基本比例尺地图图式 第1部分：1：500、1：1000、1：2000地形图图式
GB/T 12898	国家三、四等水准测量规范
GB/T 17501	海洋工程地形测量规范
JTS 131	水运工程测量规范
YS/T 5216	压水试验规程
CH/T 2009	全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

城市轨道交通 urban rail transit

在不同型式轨道上运行的大、中运量城市公共交通工具,是当代城市中地铁、轻轨、单轨、自动导向、磁浮、市域快速轨道交通等轨道交通的统称。

3.2

城市轨道交通海域工程 urban rail transit in sea area

近岸段及浅海段海域建设的城市轨道交通工程。

3.3

海岸线 coastline

海面平均大潮高潮时的水陆分界线。

3.4

近岸段 inshore section

海岸线至水深20m的海区,包括养殖坑塘。

3.5

浅海段 shallow sea section

水深20m~200m的海区。

3.6

水位 water level

观测点处海面相对于某参照面的高差。

3.7

验潮站 tide station

布设于海洋、海岸和感潮河段,用于记录水位变化、分析潮汐特征、确定深度基准面以及用作水位控制基础的观测站。

3.8

水深测量 Bathymetric Survey

测定水面点至水底的垂直距离和点的平面位置的测量技术和方法。

3.9

多波束探测 multibeam detection

采取广角度发射和多信道接收,获得水下高密度条幅式海底地形数据的探测方法。

3.10

侧扫声纳法 side scan sonar survey

利用声波的反射原理,采用声学换能器向海底发射声波获得海底回波信号,实现海底地貌成像的一种物探方法。

3.11

导航卫星定位系统 (GNSS) global navigation satellite system

利用卫星定位接收机接收卫星导航系统的多颗定位卫星信号确定地面点位置的技术和方法。

3.12

实时载波相位差分 (RTK) real-time kinematic

实时处理两个测量站载波相位观测的差分方法,将基准站的载波相位发给用户接收机,进行求差解算坐标。

3.13

水域地层剖面法 waters stratum section detection

利用弹性波的反射原理,采用地层剖面仪进行水底地层结构和构造探测的一种地震勘探方法,分为浅地层剖面探测和中地层剖面探测。

3.14

水域多道地震勘探法 waters multiple traces seismic exploration

对具有波阻抗差异的水底地层或构造,采用人工激发宽频带地震波技术并多次覆盖进行探测的一种反射波地震勘探方法。

3.15

海洋磁法 marine magnetic prospecting

通过测量地磁场变化,探测海面以下金属或具有磁体物体的空间位置和几何形状的一种物探方法。

3.16

矿山法 mining method

在岩土体内采用新奥法或浅埋暗挖法修筑工程隧道的施工方法。

3.17

盾构法 shield tunneling method

在岩土体内采用盾构机修筑工程隧道的施工方法。

3.18

沉管法 immersed tube method

采用预制管段沉放修筑水底隧道的方法。

4 基本规定

4.1.1 城市轨道交通海域勘测工作应按设计阶段的技术要求,分阶段开展相应的勘察测量工作,编制和提交工程勘测成果或报告,勘测工作深度和工作量应与相应设计阶段的工作要求相适应。

4.1.2 城市轨道交通海域勘测应搜集当地已有资料,针对工程类型、结构形式、施工方法等工程条件开展工作,资料搜集宜包括下列内容:

- a) 气象、水文资料;
- b) 地形、水深、航道和岸线变迁等图件与说明,平面、高程控制等资料;
- c) 区域和建设场地的基础地质资料和岩土工程勘察资料,包括地貌、地层、地质构造、岩土性质、地下水、不良地质作用、岩土工程评价等;
- d) 地基基础、地基处理、疏浚和填海造陆等设计、测试、施工等资料;
- e) 水下构筑物、抛石、沉船、管道、电缆及其他异物分布情况。

4.1.3 城市轨道交通海域岩土工程勘察等级为甲级,场地复杂程度等级可按表1进行划分。

表1 场地复杂程度等级划分

分级要素	复杂	中等复杂	简单
水深	≥20m	5m~20m	≤5m
地形地貌	地形地貌复杂,地形起伏大,暗礁分布较多,海床冲沟发育	地形地貌较复杂,地形起伏较大,暗礁分布少,海床冲沟不发育	地形地貌简单,地形平坦,无暗礁
地层结构	岩土种类多,岩土层结构复杂,岩土体性质变化大	岩土种类较多,岩土层结构较复杂,岩土体性质变化较大	岩土种类单一,岩土层结构简单,岩土体性质变化小
地下水	地层渗透系数强透水及以上,地下水对工程影响较大	地层渗透系数中等透水,地下水对工程影响较小	地层渗透系数弱透水及以下,地下水对工程无影响
不良地质作用及障碍物	不良地质作用强发育;海底障碍物对工程影响较大	不良地质作用中等发育;海底障碍物对工程影响较小	不良地质作用弱发育;海底障碍物对工程无影响

注1:按照分级要素最高级别划分场地复杂程度等级。

注2:从复杂至简单以最先满足的为准。

4.1.4 城市轨道交通海域岩土工程勘察的场地土类型划分、建筑场地类别划分、地基土液化判别应执

行国家标准 GB 50909。

4.1.5 隧道围岩基本分级应根据隧道围岩的工程地质条件、开挖后的稳定状态按本规程附录 F 执行。围岩级别应在围岩基本分级的基础上，结合隧道工程特点，考虑地下水状态、隧道埋深及不良地质条件等必要的因素进行修正。综合隧道拱顶、边墙和隧底部位修正后的围岩分级，分段落确定隧道围岩综合分级。岩土施工工程分级应执行国家标准 GB 50307。

4.1.6 结合工程特点及地质条件对工程的影响，勘察报告应评价地质条件可能造成的工程风险，提出防治措施的建议。

4.1.7 城市轨道交通海域工程勘察应按照国家标准 GB/T 50585 开展岩土工程勘察安全作业与管理。海上现场作业安全应符合下列规定：

- a) 开展现场工作之前，应搜集和分析工程勘测区域的基础资料，进行现场踏勘，了解自然条件和工作条件；应进行工作海域危险源辨识，制定安全风险控制措施和应急预案；
- b) 应健全海上安全生产管理机构，制定详细的安全工作制度，安全设施和设备应完备；
- c) 作业人员应进行海上安全教育培训，培训合格后方可从事海上作业；特种作业人员应持证上岗。

4.1.8 城市轨道交通海域勘测作业应对废弃浆液、油料等生产废弃物和生活垃圾进行收集及集中处理。

4.1.9 建设单位应当及时组织勘察单位向设计单位进行勘察文件交底，在施工前向施工、监理、监测等单位进行勘察文件交底。

5 岩土工程勘察

5.1 一般规定

5.1.1 城市轨道交通海域岩土工程勘察应分为可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察和施工勘察。

5.1.2 城市轨道交通海域工程开展岩土工程勘察工作之前，应进行现场踏勘，了解工程场区内的自然条件和作业条件，分析工程与环境的相互影响，必要时根据任务要求开展工程周边环境专项调查工作。

5.1.3 城市轨道交通海域勘察应根据不同勘察阶段的目的任务及设计要求，针对线路敷设形式、结构形式、施工方法等工程条件，编制勘察大纲。勘察工作过程中，可根据具体情况的变化调整勘察大纲。

5.1.4 城市轨道交通海域勘察应根据工程场地复杂程度和工程周边环境条件，合理布置勘察工作量，应查明工程地质条件、水文地质条件，进行岩土工程评价，提供设计和施工所需岩土参数。

5.1.5 水和土的腐蚀性及其环境作用等级评价按国家标准 GB 50021 和 GB/T 50476 的有关规定执行。

5.1.6 城市轨道交通海域岩土工程勘察报告编制及成果分析应执行国家标准 GB 50909 相关规定。

5.1.7 根据项目需求，宜采用建筑信息模型技术建立三维地质模型。

5.2 可行性研究勘察

5.2.1 可行性研究勘察应针对轨道交通线路方案开展岩土工程勘察工作，研究线路场地的地质条件，为工程可行性研究及线路方案比选提供地质依据。

5.2.2 可行性研究勘察应重点研究影响线路方案的不良地质作用、特殊性岩土及关键的工程地质条件。

5.2.3 可行性研究勘察应在搜集已有地质资料和工程地质调查与测绘资料的基础上，开展必要的钻探与取样、原位测试、室内试验等工作。

5.2.4 可行性研究勘察应包括下列内容：

- a) 搜集工程所在地的气象、水文以及工程线路场地的海洋潮位、航道工程等资料；
- b) 搜集区域地质，分析研究区域地质构造及地震资料，评价区域构造稳定性，确定场区地震动参数，评价场地地震效应；

- c) 调查工程影响区域内地形、地貌，了解工程区域内的工程地质、水文地质条件，研究场地的岩土组成、分布情况及工程性质，评价场地稳定性及适宜性，分析设计方案及施工工法的可行性，提出线路比选方案的初步建议；
- d) 分析场区内对方案成立有影响的不良地质条件、海底障碍物等因素，分析其对线路的危害，提出规避、防治的初步建议。

5.2.5 可行性研究勘察勘探点布置应符合下列要求：

- a) 勘探点数量应满足场地稳定性、适宜性评价和线路方案设计、工法选择等需要；
- b) 勘探点宜沿线路布置，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；
- c) 勘探点间距不宜大于 1000m，特大桥、大桥的主要墩台部位宜进行勘探工作，海床地质条件复杂地段应适当加密；
- d) 对线路选线和工法研究有重大影响地段应加密勘探点。

5.2.6 可行性研究勘察勘探孔深度应符合下列要求：

- a) 勘探孔深应满足场地稳定性、适宜性评价和线路敷设方案、工法比选需要；
- b) 地下工程勘探孔深度应进入结构底板以下不小于 30m 或进入结构底板以下中等风化、微风化基岩不小于 8m；
- c) 高架工程勘探孔深度应穿透桩端平面以下压缩层厚度；嵌岩桩进入中等风化、微风化基岩不应小于 8m；
- d) 遇厚层溶洞、软土、砂土、断裂破碎带等不良地质条件时应适当加深。

5.2.7 主要岩土层应进行取样和原位测试，试验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确定。

5.2.8 可行性研究勘察阶段宜进行海域岩面等高线及障碍物探测，应符合下列规定：

- a) 初步查清海底基岩顶面高程、第四系覆盖层厚度、基岩顶板埋深以及海域不良地质构造；
- b) 初步查明海底障碍物的位置、形状、类型、分布范围，初步评价对工程的影响。

5.3 初步勘察

5.3.1 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、结构形式、施工方法等工作，为初步设计提供地质依据。

5.3.2 初步勘察工作应根据场地区域地质构造、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、物探、钻探与取样、原位测试、室内试验等多种手段相结合的综合勘察方法，对影响线路布置及施工方法的关键区段应进行重点勘察，提出岩土工程防治和风险控制的初步建议。

5.3.3 初步勘察应包括下列内容：

- a) 初步查明场区海床地形地貌、岩土层结构、岩体风化、地质构造等地质条件；
- b) 初步查明各岩土体的物理力学性质；
- c) 初步查明特殊性岩土类型、分布、规模、工程性质，分析其对工程的危害程度；
- d) 初步查明场地不良地质作用的类型、成因、分布、规模，分析其对工程的危害程度；
- e) 初步查明地下含水层类型及特性；
- f) 初步划分隧道的围岩分级和岩土施工工程分级；
- g) 初步评价场地和地基的地震效应；
- h) 初步评价水和土对建筑材料的腐蚀性；
- i) 提供初步设计所需的岩土参数，对可能采取的基础类型、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。

5.3.4 地下工程勘探点应根据场地复杂程度和设计方案布置，勘探点间距宜为 100m~200m，在地层变化较大地段以及不良地质作用、特殊性岩土和复杂地层结构发育地段应当加密勘探点。

5.3.5 地下工程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：

- a) 控制性勘探孔进入结构底板以下第四系土层不应小于 30m；在结构埋深范围内如遇全风化、强风化基岩，进入结构底板以下不应小于 15m；在结构埋深范围内如遇中等风化、微风化基岩，进入结构底板以下不应小于 8m；
- b) 一般性勘探孔进入结构底板以下第四系土层不应小于 20m；在结构埋深范围内如遇全风化、强风化基岩，进入结构底板以下不应小于 10m；在结构埋深范围内如遇中等风化、微风化基岩，进入结构底板以下不应小于 5m；
- c) 遇岩体破碎带时，勘探孔应当穿越破碎带进入稳定岩土层，进入深度应分别满足上述控制性勘探孔和一般性勘探孔的孔深要求。

5.3.6 高架工程勘探点应根据场地复杂程度和设计方案布置，勘探点间距宜为 80m~150m。勘探点宜结合墩台布置，特大桥的主桥每个墩台勘探点不宜少于 1 个；对其他桥梁，可采取隔墩台或隔墩台交叉布置勘探点，在海底地形、地层变化较大地段以及不良地质作用、特殊性岩土和复杂地层结构发育地段应当加密勘探点。

5.3.7 高架工程勘探孔深度应符合下列规定：

- a) 控制性勘探孔深度应满足墩台基础或桩基础沉降计算和软弱下卧层验算的要求；一般性勘探孔深度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；
- b) 当采用嵌岩桩基础时，控制性勘探孔应达到预计桩端以下 3 倍~5 倍桩身设计直径，且进入中等风化、微风化基岩不小于 8m；一般性勘探孔应达到预计桩端以下 1 倍~3 倍桩身设计直径，且进入中等风化、微风化基岩不小于 5m；
- c) 遇岩体破碎带时，勘探孔宜穿越破碎带进入稳定岩土层，进入深度应分别满足上述控制性勘探孔和一般性勘探孔的孔深要求。

5.3.8 控制性勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2，所有勘探孔均宜采取岩土试样或进行原位测试。每个工程地质单元主要岩土层的取样数量应不少于 10 件（组），并应满足岩土工程初步评价的要求。

5.3.9 场地和地基地震效应勘察方法和评价应符合下列规定：

- a) 应采用土层剪切波速划分建筑场地类别，土层剪切波速测试应利用场区勘察的勘探孔；
- b) 饱和砂土、粉土液化判定应先进行初步判别，当初步判别结果为有液化可能时，应再进行复判；
- c) 软弱黏性土层应当进行软土震陷可能性判别。

5.3.10 初步勘察阶段应进行海域岩面等高线及障碍物探测，并符合下列规定：

- a) 查清海底基岩顶面高程、第四系覆盖层厚度、基岩顶板埋深以及海域不良地质构造；
- b) 查明海底障碍物的位置、形状、类型、分布范围，评价对工程的影响。

5.4 详细勘察

5.4.1 详细勘察应在初步勘察的基础上进行，根据工程场地的工程地质、水文地质条件，针对城市轨道交通工程线路敷设形式、结构形式、施工方法等工作，为施工图设计提供地质依据。

5.4.2 详细勘察应搜集拟建工程的平面图、纵断面图、结构荷载、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、地下水控制方案等资料。

5.4.3 详细勘察应采用钻探与取样、原位测试、室内试验以及工程物探的综合勘探方法，编制详细的岩土工程资料。

5.4.4 详细勘察应查明工程场地的工程地质条件和水文地质条件，分析评价地基及围岩稳定性，预测可能出现的岩土工程问题，提出地基基础、围岩加固与支护、地下水控制、周边环境保护方案的建议，提供设计、施工所需的岩土参数。

5.4.5 详细勘察应进行下列工作：

- a) 查明场区海床地形地貌、重点查明海沟、海槽的分布范围及形态；
- b) 查明场地内岩土层的类型、年代、成因、分布范围、工程特性，分析评价地基的稳定性、均匀性和承载能力，提出基础方案的建议，提供地基变形计算参数；
- c) 查明特殊性岩土的特征、成因、分布范围和工程性质，并提出防治措施的建议；
- d) 查明不良地质作用的特征、成因、分布范围，分析评价其危害程度及对工程的影响，并提出治理方案的建议；
- e) 判定地下水和土对建筑材料的腐蚀性；
- f) 查明地表水体与地下水体的水力联系，分析地表水体对工程可能造成的危害；
- g) 查明地下水的埋藏条件、地下水类型、勘察时水位、水质、岩土层渗透系数等水文地质资料，分析地下水对工程的作用，提出地下水控制措施的建议；
- h) 确定场地类别，应进行饱和砂土、粉土液化判别，对软土进行震陷判别。
- i) 分析工程建设与周边环境的相互影响，提出环境保护措施的建议；

5.4.6 地下工程详细勘察尚应进行下列工作：

- a) 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；
- b) 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；
- c) 对隧道围岩的稳定性进行评价、划分围岩分级，对岩土进行施工工程分级。提出对地下工程有不利影响的工程地质问题及防治措施的建议，提供隧道设计与施工所需的岩土参数；
- d) 分析地下水对工程施工的影响，预测隧道突水、涌砂、流土、管涌的可能性及危害程度，提出地下水控制措施和建议；
- e) 分析地下水对工程结构的作用，提出抗浮设防水位的建议；
- f) 采用盾构法、矿山法、沉管法等施工方法修筑地下工程时，应根据施工工法特点，开展工法勘察工作，为设计、施工提供所需的岩土工程资料。

5.4.7 高架工程详细勘察尚应进行下列工作：

- a) 确定桩基和墩台基础的持力层，提供各岩土层的物理力学性质和地基承载力、变形计算所需的岩土参数；
- b) 岩溶地区应查明基础影响范围内岩溶的发育程度，评价桩基和墩台地基的稳定性，提出防治措施的建议；
- c) 当采用基岩作为墩台基础或桩基持力层时，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，判断持力层范围内有无洞穴、破碎岩体或软弱岩层；
- d) 查明水文地质条件，评价地下水对基础设计和施工的影响；
- e) 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的影响；
- f) 分析沉（成）桩可行性，提出桩基施工注意事项及相关措施建议。

5.4.8 地下工程勘探点布置应符合下列规定：

- a) 双线暗挖隧道，勘探点宜在隧道结构外侧 3m~5m 交叉布置；
- b) 单线暗挖隧道，隧道结构净间距不大于 2 倍隧道外径，左右线之间及隧道结构外侧 3m~5m 交叉布置；隧道结构净间距大于 2 倍隧道外径，分别沿左右线隧道结构外侧 3m~5m 交叉布置勘探点；
- c) 沉管隧道，沿轴线勘探点单排布置，基槽及水运工程应按设计要求布置勘探点。
- d) 复杂场地，勘探点间距宜为 20m；中等复杂场地，勘探点间距宜为 35m；简单场地，勘探点间距宜为 55m；

- e) 勘探点平面布置可根据场地环境条件进行调整；
- f) 在地形、地层变化较大地段以及不良地质作用、特殊性岩土和复杂地层结构发育地段应当加密勘探点。

5.4.9 地下工程勘探孔深度应符合下列规定：

- a) 控制性勘探孔的深度应满足地基、隧道围岩、变形计算、稳定性分析以及地下水控制的要求；
- b) 控制性勘探孔进入结构底板以下第四系土层不应小于 3 倍隧道直径（宽度）；在结构埋深范围内如遇全风化、强风化基岩，进入结构底板以下不应小于 15m；在结构埋深范围内如遇中等风化、微风化基岩，进入结构底板以下不应小于 8m；
- c) 一般性勘探孔进入结构底板以下第四系土层不应小于 2 倍隧道直径（宽度）；在结构埋深范围内如遇全风化、强风化基岩，进入结构底板以下不应小于 10m；在结构埋深范围内如遇中等风化、微风化基岩，进入结构底板以下不应小于 5m；
- d) 当预定深度范围内存在软弱土层时，勘探孔深度应适当加深；
- e) 基岩场区，当结构底板以下预定深度范围内遇破碎带时，勘探孔应穿过破碎带进入稳定地层，进入深度应满足上述控制性钻孔和一般性钻孔的要求。

5.4.10 高架工程勘探点布置应符合下列规定：

- a) 勘探点数量根据工程地质条件和基础类型确定；
- b) 勘探点应逐墩布置，场地复杂程度等级为简单时可隔墩台布点，对于特大桥的主桥，每个墩台勘探点不少于 2 个；
- c) 地质条件复杂时可增加勘探点。

5.4.11 高架工程勘探孔深度应符合下列规定：

- a) 勘探孔深度应满足墩台基础或桩基础沉降计算和软弱下卧层验算的要求；
- b) 控制性勘探孔应穿透桩端平面以下压缩层厚度；对于嵌岩桩，勘探孔深度应达到预计桩端以下 3 倍~5 倍桩身设计直径，且进入中等风化、微风化基岩不小于 8m；
- c) 一般性勘探孔深度应达到预计桩端以下 3 倍~5 倍桩身设计直径，且不小于 5m；对于嵌岩桩，勘探孔深度应达到预计桩端以下 1 倍~3 倍桩身设计直径，且进入中等风化、微风化基岩不小于 5m；
- d) 当预定深度范围内存在软弱夹层或破碎带时，勘探孔深度应穿过软弱夹层、破碎带，进入稳定地层深度宜满足控制性勘探孔和一般性勘探孔的要求。

5.4.12 控制性勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/3，岩溶区所有勘探点均应为控制性勘探孔，所有勘探点均宜采取岩土试样或进行原位测试。

5.4.13 每一主要土层的原状土试样或原位测试数据不应少于 10 件（组），并且应满足岩土工程评价的需求。

5.4.14 应采取地表水、地下水试样进行腐蚀性试验，地表水试样数量不应少于 2 组，不同地下水类型试样数量不应少于 2 组。

5.4.15 原位测试应根据岩土条件和设计要求选取适合的测试手段，并应符合本规程第 11 章规定，波速测试孔不宜少于 6 个，电阻率测试孔不宜少于 4 个，地温测试孔不宜少于 4 个，热物理指标试验每一主要土层不宜少于 3 组。

5.4.16 地下工程基床系数可通过原位测试、室内试验并参照国家标准 GB 50307 综合确定，必要时通过专题研究确定。

5.5 施工勘察

5.5.1 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工作，提供地质资料，满足施工方案调整和风险控制的的要求。

5.5.2 施工阶段的勘察主要包括施工专项勘察和施工补充勘察。对设计方案和施工有重大影响的特殊地质条件应进行施工专项勘察。工程设计、施工条件发生变化时，应进行施工补充勘察。施工专项勘察应在专项设计及施工前开展。

5.5.3 遇到下列情况时，可根据需要进行施工专项勘察：

- a) 场地存在岩溶、断裂等不良地质条件；
- b) 场地存在孤石、漂石、风化深槽等特殊岩土体；
- c) 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。

5.5.4 遇到下列情况时，可根据需要进行施工补充勘察：

- a) 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；
- b) 施工中出现地质情况与原勘察资料严重不符；
- c) 隧道施工过程中出现围岩变形过大、涌水、坍塌、失稳等工程问题；
- d) 对影响施工的关键岩土参数需进一步查明；
- e) 工程排水、土体冻结、联络通道的岩土加固等辅助工法需要；
- f) 其他需进行施工补充勘察的情况。

5.5.5 施工勘察应符合下列要求：

- a) 搜集施工方案、勘察报告、工程周边环境调查报告以及施工中形成的相关资料；
- b) 搜集和分析工程检测、监测和观测资料；
- c) 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；
- d) 根据施工需要、地质条件和遇到的岩土工程问题，结合已有的勘察工作和场地条件有针对性地选择勘察方法和手段；
- e) 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。

6 海洋水文勘测

6.1 一般规定

6.1.1 城市轨道交通海域工程应进行海洋水文勘测，为设计、施工提供准确可靠的水文勘测成果。

6.1.2 海洋水文勘测应在资料调查搜集的基础上进行。

6.1.3 海洋水文勘测应针对工程类型、结构形式、施工方法等工程条件开展工作，并满足设计需要。

6.1.4 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。

6.2 水文调查与观测

6.2.1 海洋水文基本资料可通过调查、搜集和观测获得，应包括下列内容：

- a) 海岸、河口概况及海底地貌等，工程附近的水文站或海洋站概况，以及针对本工程开展的海洋水文观测情况；
- b) 潮汐、波浪、海流资料；
- c) 海底地形和演变特征资料；
- d) 水温、盐度、海冰资料。

6.2.2 海洋水文资料的调查与搜集应符合下列规定：

- a) 潮汐资料调查与搜集应包括工程附近海域水文站、海洋站或工程海域专用潮位站的潮位观测和统计分析的潮汐特征值；历史最高和最低潮位、发生时间、当时的风况及灾害情况等资料；

- b) 波浪资料调查与搜集应包括工程附近海域长期波浪站或工程海域专用波浪站的波高、波周期、波向分布、波型等波浪特征值；历史最大波高及其对应的周期、发生时间、当时的风况及灾害情况；
 - c) 海流资料的调查与搜集应包括工程海域的海流实测成果和分析资料，有河口影响的工程海区增加河流径流资料；
 - d) 海床演变分析应搜集工程及附近海域泥沙来源、海床地形地貌特征、浅层覆盖层类型，岸滩类型、工程海域不同时期的水深图和海图资料、人工海床开挖以及海床历史演变过程、原因与速率分析成果；
 - e) 海冰资料调查与搜集应包括工程海域历年封冻期的冰日、冰期、冰型、冰厚、覆盖率，流冰冰块大小、密度、漂流方向和速度；
 - f) 其他资料调查与搜集应主要包括工程海域水温、盐度资料。
- 6.2.3 海洋水文观测应符合下列规定：
- a) 海洋水文观测项目应主要包括水位、波浪、海流、悬移质含沙量、水温、盐度、海冰、水深、底质、风速、风向，具体观测要素应根据任务要求确定；
 - b) 波浪、海流观测应与海上测风塔的风速、风向测量同步开展；
 - c) 水深、水位、海流、波浪、水温、盐度、海冰、悬移质含沙量观测应依据工程海域特点和工程需要确定观测站点数量和位置，观测方法和要求应符合国家标准 GB/T 12763.2 的有关规定；

6.3 水文地质勘察

6.3.1 水文地质勘察应符合下列规定：

- a) 查明地下水类型、含水层性质与分布、地下水位的动态变化、补给排泄关系、水质及污染情况；
- b) 提供地下水控制所需的水文地质参数；
- c) 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；
- d) 根据含水层条件分段预测施工阶段可能发生的正常涌水量和最大涌水量；
- e) 分析因隧道涌水可能引发的事故灾害，并提出工程措施的建议。

6.3.2 抽水试验、压水试验孔布置应符合下列规定：

- a) 应满足对地下水控制设计和施工的要求；
- b) 每个水文地质单元均应有至少 1 个抽水试验孔或压水试验孔，试验孔应充分考虑地下水类型和含水层的富（透）水性，宜距隧道外侧 5m~10m，并结合地下水控制的需要确定；
- c) 抽水试验宜布置观测孔，观测孔的布置与抽水试验井的距离宜为 1 倍~2 倍含水层厚度；观测孔宜垂直或平行地下水流向；观测孔的数量宜根据作业条件及含水层特征综合确定；
- d) 含水构造复杂且富水性较强的地段应分段进行抽水试验或压水试验；潜水与承压水应分别进行抽水试验或压水试验；
- e) 试验孔深度应能控制对工程有影响的含水层。

6.4 水文地质参数

6.4.1 水文地质参数的现场试验方法应根据含水层分布、渗透性、工程特点和地下水控制设计要求选择。水文地质参数计算应采用与场地水文地质条件相适应的计算公式。

6.4.2 勘察时遇地下水应量测水位，测量地下水位时，应阻断地表水与地下水之间的水力联系，当场地存在对工程有影响的多层含水层时，应分层量测。

6.4.3 初见水位和稳定水位的量测，可在钻孔内直接量测，精度不得低于±2cm，并注明量测时间。

6.4.4 含水层的渗透系数及导水系数宜采用抽水试验、压水试验求得；含水层的透水性根据渗透系数

k 按表 2 的规定划分。

表 2 含水层的透水性

类别	特强透水	强透水	中等透水	弱透水	微透水	不透水
k (m/d)	$k > 200$	$10 \leq k \leq 200$	$1 \leq k < 10$	$0.01 \leq k < 1$	$0.001 \leq k < 0.01$	$k < 0.001$

6.4.5 抽水试验应符合下列规定：

- 简易抽水试验或单孔抽水试验可采用提水试验方法和稳定流抽水试验方法；
- 多孔抽水试验宜采用稳定流抽水试验方法；
- 稳定流抽水试验宜三次降深，稳定连续时间宜为 8h~24h；
- 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；
- 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：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；
- 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；
- 抽水试验的渗透系数可根据国家标准 GB 50027 进行计算，当有成熟地区经验时，可根据其他经验公式计算。

6.4.6 压水试验应符合下列规定：

- 压水试验可根据具体情况采用分段压水试验、综合压水试验和全孔压水试验。采用分段压水试验时应随试验孔的加深自上而下采用单栓塞隔离分段进行；分段压水试验单个试验段长度应根据具体情况确定；相邻试验段应互相搭接，可少量重叠，不可漏段；
- 试验应按三级压力、五个阶段（ $P_1-P_2-P_3-P_2-P_1$ ）进行，三级压力 P_1 、 P_2 、 P_3 宜分别为 0.3MPa、0.6MPa、1.0MPa，试验开始前应对压力表进行校定；
- 下栓塞前应进行孔内水位首次观测，试验段隔离后，再观测工作管内水位；
- 压水试验应同时对水位和流量进行观测；
- 水位量测应采用同一方法与仪器，读数单位为厘米；流量读数单位应为升/分钟；
- 压水试验渗透系数可根据行业标准 YS/T 5216 进行计算，当有成熟地区经验时，可根据其他经验公式计算。

6.4.7 地下水评价应包括下列内容：

- 考虑最不利条件下，评价地下水对隧道结构的上浮作用；
- 预测隧道施工过程中可能产生的突水、突泥及由地下水引发的其他地质灾害，提出防治措施的建议；
- 评价地下水对桩基施工可能产生的影响和桩基施工的可能性，论证施工条件及其对环境的影响，提出设计、施工应注意的问题。
- 评定地下水对建筑材料的腐蚀性；
- 对残积土、全风化岩和强风化岩，应评价地下水的聚集和散失所产生的软化、崩解等有害作用。

6.4.8 水质试验项目及及要求应符合国家标准 GB 50021 的有关规定。

7 工程测量

7.1 一般规定

7.1.1 工程测量的主要内容应包括平面控制测量、高程控制测量及海底地形测量。

7.1.2 海底地形测量范围应符合下列规定：

- a) 可研阶段及初设阶段测图比例尺宜采用 1:1000 或 1:2000，测图范围应满足设计要求；
- b) 施工图设计阶段测图比例尺宜采用 1:500，测图范围宜不小于线路中心线两侧各 200m。

7.1.3 平面坐标系统的选择应符合下列规定：

- a) 平面坐标系统宜采用大连城建坐标系，并与 2000 国家大地坐标系（CGCS2000）建立转换关系；
- b) 同一工程不同阶段的测量工作应采用同一坐标系。

7.1.4 高程基准及深度基准面应采用 1985 国家高程基准；

7.1.5 测图比例尺及平面控制测量精度应符合下列规定：

- a) 当测图比例尺小于 1:500 时，平面控制网最弱点相对于起始点中误差不大于 10cm；
- b) 当测图比例尺为 1:500 时，平面控制网最弱点相对于起始点中误差不大于 5cm。

7.1.6 验潮站的工作水准点、水尺零点精度，应符合国家标准 GB 50026 四等水准测量精度的要求；海岸地形测量的高程控制点精度，应符合国家标准 GB 50026 五等水准测量精度的要求。

7.1.7 水深测量中，定位精度应符合下列规定：

- a) 当测图比例尺为 1:500 时，定位点的点位中误差不大于图上 2.0mm；
- b) 当测图比例尺不大于 1:1000 时，定位点的点位中误差不大于图上 1.0mm；
- c) 对有特殊要求的海上定位测量，应视工程的设计要求确定定位精度。

7.1.8 水深测量中，测深精度应符合下列规定：

- a) 当水深小于等于 20m 时，水深测量中误差不大于 0.2m；
- b) 当水深大于 20m 时，水深测量中误差不大于所测深度的 1.5%。

7.1.9 投影、分幅应符合下列规定：

- a) 投影采用大连城建坐标系一致的高斯-克吕格投影，测图比例尺大于或等于 1:2000 时，分带采用 1.5 度投影，小于 1:2000 时采用 3 度带投影；
- b) 分幅应与陆域地形图分幅标准一致，均应符合国家标准 GB50026 相关规定。

7.1.10 海底地形测量的图式、符号应符合国家标准 GB 12319 和 GB/T 20257.1 有关要求。

7.1.11 海底地形测量与陆域地形测量应互相衔接，陆域地形测量应满足国家相关标准技术要求。

7.1.12 测量的仪器设备必须经过检定（校准），状态良好且在检定（校准）有效期内方可使用。

7.1.13 资料整理应包含下列资料：

- a) 原始电子地形图、控制资料、仪器的检验校准记录等资料；
- b) 技术设计书、技术总结、外业原始数据、电子手簿、平差计算资料、控制点成果、点之记、水位控制成果、地形图、验收报告书及工程项目产生的其他相应电子文件等资料。

7.2 平面控制测量

7.2.1 在平面控制测量前，应搜集测区已有的控制测量点成果资料。采用轨道交通控制网作为海底地形测量的平面控制网，或在轨道交通控制网基础上加密布设，加密控制网应采用一级、二级、三级导线的精度进行布设。

7.2.2 平面控制测量应从整体到局部，从高级到低级分级布设的原则，在保证精度的条件下，可跨级布设。

7.2.3 平面控制测量可选用电磁波测距导线测量，导航卫星定位系统（GNSS）静态测量及实时载波相位差分（RTK）测量的方法。

7.2.4 导线测量应符合下列规定：

- a) 各等级导线应布设成附合导线、闭合导线或结点网等形式。相同等级导线的边长应均匀，同一测站各方向边长之比不得小于 1:3；
- b) 导线测量的主要技术要求应符合表 3 的规定：

表 3 电磁波测距导线测量的主要技术要求

等级	测回数		测角中误差 (")	方位角闭合差 (")	平均边长 (m)	导线总长 (km)	测距相对中误差	导线相对闭合差
	2" 级	6" 级						
一级	2	4	±5	±10√n	500	4	1/30000	1/15000
二级	1	3	±8	±16√n	250	2.4	1/14000	1/10000
三级	1	2	±12	±24√n	100	1.2	1/7000	1/5000

注1：表中n为导线的测站数。

注2：测区最大比例尺为1:1000，在导线中部联测加强方向时，一、二级导线的平均边长和导线总长可适当放宽，但最大长度不应超过表中规定的2倍。

c) 水平角观测宜采用方向法进行观测，观测指标不应超过表 4 的规定：

表 4 水平角方向观测法主要技术要求

导线等级	仪器精度等级	半测回归零差 (")	一测回内 2C 互差 (")	同一方向各测回较差 (")
一级以下	2" 级仪器	12	18	12
	6" 级仪器	18	-	24

d) 距离测量的主要技术要求应符合表 5 的规定：

表 5 距离测量主要技术要求

等级	仪器精度等级	每边测回数 (往测)	一测回读数较差 (mm)	单程各测回较差 (mm)
一级	≤10mm	2	≤10	≤15
二级、三级	≤10mm	1	≤10	≤15

注：测回是指目标照准一次，读数2~4次的过程。

e) 导线测量的其他指标按照国家标准 GB 50026 相关要求执行。

7.2.5 导航卫星定位系统 (GNSS) 静态测量可用于一级、二级平面控制网的建立，主要技术指标应满足表 6 的规定。

表 6 导航卫星定位系统 (GNSS) 控制网主要技术要求

等级	相邻点平均边长 (km)	固定误差 (mm)	比例误差 (ppm)	约束点间的边长相对中误差	约束平差后最弱点边相对中误差
一级	1	a≤10	b≤20	≤1/40000	≤1/20000
二级	0.5	a≤10	b≤40	≤1/20000	≤1/10000

注：a、b应按仪器标称精度取值。

7.2.6 导航卫星定位系统 (GNSS) 静态测量控制网布设应符合下列规定：

- 控制网中作为起算点的高级控制点不得少于 2 个，宜用第 3 个已知点作校核，并应均匀分布，与待定点构成闭合环；
- 控制网宜在测区内布设成由独立基线构成的多边形网或附和路线。GNSS 基线构成的最简独立闭合环或附和路线的边数，一级网不应多于 8 条，其余等级网不应多于 10 条，没有包括在最简闭合环或附和路线中的观测基线应进行重复观测。

7.2.7 导航卫星定位系统 (GNSS) 静态测量外业观测应符合下列规定：

- 外业观测记录和观测前对接收机的检验应符合导航卫星定位系统 (GNSS) 静态测量相关的规定；
- 接收机天线的对中误差点不得超过 2mm；

- c) 测量前、后应量取天线高度。天线高度应取三次读数的平均值，精确到 1mm，测量前后量高之差不应大于 3mm，取其平均值作为最后天线高；
- d) 测站观测应满足下列要求：
- 1) 卫星高度角不小于 15° ；
 - 2) 每个时段观测时间不少于 10min；
 - 3) 采样时间间隔为 5s~15s；
 - 4) 有效观测卫星不少于 4 颗；
 - 5) 点位几何图形强度因子 (PDOP) 不大于 8。
- e) 观测期间应注意观察仪器的工作状态，应避免电源中断和人、畜、汽车等在天线附近走动。雷雨时应关机停测，并通知其他同步观测台站；
- f) 一个观测时段内不得重新启动接收机、重新选择工作模式、终止记录数据、改变参数设置或移动天线；
- g) 一个时段观测结束时，应检查天线对中是否有变动，核实输入的各种参数，检查有效观测时间和记录数据量。每日观测结束后，应及时将观测数据转存备份。

7.2.8 实时载波相位差分 (RTK) 测量主要技术要求应符合表 7 的规定。

表 7 实时载波相位差分 (RTK) 测量主要技术要求

等级	相邻点间平均距离 (m)	点位中误差 (mm)	边长相对中误差	与基准站的距离 (km)	观测次数	起算点等级
一级	≥ 500	± 50	1/30000	≤ 5	≥ 4	四等以上
二级	≥ 250	± 50	1/14000	≤ 5	≥ 3	一级以上

注1：网络RTK测量应在连续运行基准站系统的有效服务范围内。

注2：对天通视困难地区，相邻点间距离可缩短至表中的2/3，但边长中误差不应大于20mm。

7.2.9 实时载波相位差分 (RTK) 测量应符合下列规定：

- a) 采用实时载波相位差分 (RTK) 测量进行平面控制测量，在获取测区坐标系统转换参数时，可直接利用已知的参数；在没有已知转换参数时，可自行求解，但不应采用现场点校正的方法；
- b) 实时载波相位差分 (RTK) 测量开始作业或重新设置基准站后，应至少在一个同等级或高等级已知点上进行校核，平面位置较差不应大于 50mm，高程较差不大于 70mm；
- c) 实时载波相位差分 (RTK) 测量前接收机设置的平面收敛阈值不应超过 20mm，垂直收敛阈值不应超过 30mm；
- d) 一测回的自动观测值个数不应少于 10 个，测回间应对接收机重新进行初始化，测回间的时间间隔应超过 60s，测回间平面坐标分量较差不应大于 25mm，垂直分量较差不应大于 50mm，应取各测回结果的平均值作为最终观测成果。

7.2.10 实时载波相位差分 (RTK) 测量成果的检核应符合下列规定：

- a) 检核点应均匀分布在测区的中部及周边，检核点数量不应低于控制点总数的 5%，并不应少于 3 点；
- b) 当采用全站仪固定边、固定角及导线法联测检核时，主要技术指标应符合表 8 的规定；

表 8 平面控制测量主要限差要求

等级	边长检核	角度检核	导线联测检核	坐标检核
----	------	------	--------	------

	测距中误差 (mm)	边长相对中 误差	测角中误差 (")	角度较差限 差(")	角度闭合差 (")	边长相对闭 合差	点位中误 差 (mm)
一级	≤15	1/14000	≤5	≤14	≤16√n	1/10000	≤50
二级	≤15	1/7000	≤8	≤20	≤24√n	1/5000	≤50

c) 当采用 RTK 复测检测时, 可用同一基准站两次独立测量或不同基准站各一次独立测量方法进行。检核点的点位中误差不应超过 50mm。

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{[\Delta S_i \Delta S_i]}{2n}} \quad (1)$$

式中: M_{Δ} —检核点的点位中误差;

ΔS_i —检核点与原点位的平面位置偏差;

n —检核点个数。

7.2.11 平面控制测量所使用的仪器设备及检校要求、观测方法、观测限差、数据处理应符合国家标准 GB 50026 中的有关规定。

7.3 高程控制测量

7.3.1 高程控制网宜采用国家等级点或轨道交通测量控制网的四等及以上高等级高程控制点作为起算点, 建立四等或五等高程控制网作为首级控制网, 各等级控制网宜采用水准测量、电磁波测距三角高程测量, 五等可采用导航卫星定位系统 (GNSS) 高程测量。

7.3.2 首级高程控制网的等级应根据工程规模和精度要求选择, 首级网应布设成环形网, 加密网可布设成附合路线或结点网。验潮站主要水准点应纳入首级高程控制网。

7.3.3 高程控制点的间距应为 1km~3km, 一个测区不应少于 3 个高程控制点。

7.3.4 水准测量的主要技术要求应符合表 9 的规定。

表 9 水准测量的主要技术要求

等级	每千米高 差全中误 差 (mm)	路线长 度 (km)	水准仪 级别	水准尺	观测次数		往返较差、附合路线和环 线闭合差 (mm)	
					与已知点联测	附合或环线	平地	山地
四等	10	≤16	DS3、 DSZ3	条码式玻璃 钢、双面	往返各一次	往一次	20√L	6√n
五等	15	-	DS3、 DSZ3	条码式玻璃 钢、单面	往返各一次	往一次	30√L	-

注1: 结点之间或结点与高级点之间, 其路线的长度不应大于表中规定的0.7倍。

注2: L为附合路线或环线长度, 单位为km; n为测站数。

7.3.5 四等水准测量所使用的仪器设备及检校要求、观测方法、观测限差、数据处理应符合国家标准 GB/T 12898 的有关规定。

7.3.6 五等水准观测的视距长度、前后视距差、视线高度的要求应符合表 10 的规定。

表 10 五等水准观测的视线长度、前后视距差、视线高度

仪器类型	最大视线长度 (m)	前后视距差 (m)	测站前后视距累 计差 (m)	视线高度 (m)	重复测量次数
光学水准仪 (DS3)	150	≤20.0	≤100	三丝能读数	-
数字水准仪 (DSZ3)	100	≤20.0	≤100	-	-

7.3.7 四等、五等电磁波测距三角高程测量宜与平面控制测量结合布设并同时施测, 可单独布设成附

合或闭合高程导线。

7.3.8 电磁波测距三角高程测量的主要技术要求应符合表 11 的规定。

表 11 电磁波测距三角高程测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差 (mm)	边长	观测次数	对向观测高差较差	附和或环形闭合差
四等	10	≤1.0	对向观测	$40\sqrt{D}$	$20\sqrt{[D]}$
五等	15	≤1.0	对向观测	$60\sqrt{D}$	$30\sqrt{[D]}$

注1: D为电磁波测距边长度, 单位为km。

注2: 电磁波测距三角高程测量线路长度不应超过相应等级水准的路线长度。

7.3.9 电磁波测距三角高程观测的主要技术要求应符合下列规定:

a) 电磁波测距三角高程观测的主要技术要求应符合表 12 的规定;

表 12 电磁波测距三角高程观测的主要技术要求

等级	垂直角观测				边长观测	
	仪器精度等级	测回数	指标差较差 (")	测回较差 (")	仪器精度等级	观测次数
四等	2" 级	3	≤7	≤7	10mm 级	往返各一次
五等	2" 级	2	≤10	≤10	10mm 级	往一次

b) 垂直角的对向观测, 当直视观测完成后即刻迁站进行返视观测;

c) 仪器、反光镜或觇牌的高度, 应在观测前后各量测 1 次, 并应精确至 1mm, 取平均值作为最终高度。

7.3.10 电磁波测距三角高程数据处理应符合下列规定:

a) 直返视的高差应进行地球曲率和大气折光差改正;

b) 平差前应按照下列公式计算每千米高差全中误差;

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{ww}{L} \right]} \quad (2)$$

式中: M_w —每千米高差全中误差;

w —附和或环线闭合差;

L —计算各 w 时, 相应的路线长度 (km);

N —附和路线或闭合环的总个数。

c) 各等级高程网应按最小二乘法进行平差计算并计算每千米高差全中误差;

d) 高程成果精度应取值至 1mm。

7.3.11 导航卫星定位系统 (GNSS) 高程测量应符合国家标准 GB 50026 中的有关规定, 精度等级为五等, 主要技术要求应符合表 13 的规定。

表 13 五等导航卫星定位系统 (GNSS) 高程测量主要技术要求

大地高中误差	与基准站距离	观测次数	起算点等级
≤3.0cm	≤5.0km	≥2 次	四等以上

注1: 大地高中误差应由控制点大地高相对于最近基准站的差值计算而得。

注2: 应用连续运行参考站 (CORS) 网有效服务范围内, 流动站与基准站的距离可不受5km约束。

7.3.12 导航卫星定位系统 (GNSS) 拟合高程计算应符合下列规定:

a) 充分利用当地的重力大地水准面模型或资料;

- b) 对联测的已知高程点进行可靠性检验，并剔除不合格点；
- c) 对于地形平坦的小测区，可采用平面拟合模型；对于地形起伏较大的大面积测区，宜采用曲面拟合模型；
- d) 拟合高程点不宜超出已知点所覆盖的范围；
- e) 对导航卫星定位系统（GNSS）拟合高程成果，应进行检验。

7.4 海底地形测量

7.4.1 海底地形测量宜采用有模拟记录的单波束回声测深仪或多波束测深系统，测深点定位可采用实时载波相位差分（RTK）测量法，无线电定位法、交会法、极坐标法、断面索法等。

7.4.2 海底地形测量方法应根据水下地形、水深、流速和测深设备选择，测深点的深度中误差不应超过表 14 的规定。

表 14 测深点深度中误差

水深范围 (m)	探测仪器或工具	流速 (m/s)	测深点深度中误差 (m)
0~4	宜用探杆或测深锤		0.1
0~10	测深仪或测深锤	<1	0.15
1~10	测深仪	-	0.15
10~20	测深仪或测深锤	<0.5	0.2
>20	多波束测深系统	-	$H \times 1.5\%$

注1：H为水深，单位为m。

注2：水底杂草丛生水域不宜使用回声测深仪。

注3：当精度要求低、水下地形地貌复杂的区域、用测深锤测深流速大于表中规定或水深大于20m时，测点深度中误差不得超过表中相应限差的2倍。

7.4.3 测深点的布设应符合下列规定：

- a) 测深点宜按断面布设；
- b) 单波束测深主测深线宜平行于设计路由方向，多波束扫测主测深线宜垂直于路由方向；
- c) 单波束测深断面间距宜为图上 20mm，测深点间距宜为图上 5mm~20mm，地形起伏变化较大时，应加密标注特征点；多波束断面间距应根据水下地形和水深计算，有效扫测应全覆盖整个测区，有专项工程需要时，可根据工程需要加密。

7.4.4 海底地形测量时，应针对测区内存在的礁石、沉船、水流和险滩等进行测量，制订应急预案并采取安全应对措施，当遇有大风、大浪时，必须停止水上作业。

7.4.5 水尺的设置应符合下列规定：

- a) 水尺的位置应避开回流、壅水、行船和风浪的影响，尺面应顺流向岸；
- b) 水尺的密度应根据现场的潮汐变化情况布设，普通地段 1.5km~2km 应设置一把水尺；海域潮汐变化地段，300m~500m 应设置一把水尺；
- c) 当测区距离岸边较远且岸边水位观测数据不足以反映测区水位时，应增设水尺。

7.4.6 水位观测的技术要求应符合下列规定：

- a) 水尺零点高程的联测不应低于五等水准测的精度；
- b) 作业期间应对水尺零点高程进行检查；
- c) 水深测量时的水位观测宜提前 10min 开始，并宜推迟 10min 结束；作业中应按一定的时间间隔持续观测水尺，时间间隔应根据水情、潮汐变化和测图精度要求调整，以 10min~30min 为宜，水面波动时，宜读取峰、谷的平均值，读数应精确至 10mm。

7.4.7 单波束回声测深仪测深应符合下列规定：

- a) 工作电压与额定电压之差，直流电源不应超过 10%，交流电源不应超过 5%；
- b) 实际转速与规定转速之差不应超出 $\pm 1\%$ ，超出时应修正；
- c) 电压与转速调整后，应在深、浅水处做停泊与航行检查，当有误差时，应绘制误差曲线图予以修正；
- d) 测深仪换能器可安装在船身前部 1/3~1/2 位置处，入水深度 0.3m~0.8m，入水深度应精确量至 10mm；
- e) 定位中心应与测深仪换能器中心设置在一条垂线上，偏差不得超过定位精度的 1/3，超过时应进行偏心改正；
- f) 每次测量前后，应在测区平静水域进行测深比对，并应量取测深仪的总改正数；比对可选用其他测深工具进行；对既有模拟记录的测深仪进行检查时，应使数字记录与模拟记录一致，两者不一致时，应以模拟记录为准；
- g) 测量过程中船体前后左右摇摆幅度不宜过大；当风浪引起测深仪记录纸上的回线波形起伏值大于 0.5m 时，宜暂停测深作业。

7.4.8 多波束测深系统测深应符合下列规定：

- a) 姿态仪的安装应能反映测船或多波束换能器的位置，姿态仪的方向线应平行于船的首尾线；
- b) 罗经应安装在测船的首尾线上，读数零点应指向船首；
- c) 系统各配套设备的传感器位置与测量船参考坐标系原点的偏移量应测定，读数应精确至 10mm；
- d) 校准区域的平均水深应不小于测深的最大水深，有条件时，应选择在实施过多波束或大比例单波束加密测量的水域；校准项包括时延、横摇倾角、纵摇倾角、艏摇；
- e) 多波束测深应保证测量时换能器的姿态与校准时的姿态相同；系统的校准参数应由两人以上分别计算，参数一经确定，不得随意修改，系统设备安装位置变动或更换设备后应重新进行校准；
- f) 水深测量前，浅于测区水深的平坦水域进行多波束测深正交比对和用单波束进行校核，比对限差不得大于表 15 的限值；

表 15 图上 1mm 范围内水深点的深度检查较差

水深 (m)	$H \leq 20$	$H > 20$
较差限差 (m)	0.4	$0.02 \times H$

- g) 测量作业时应实时监测各个传感器回波信号质量，不符合要求应停止作业；
- h) 测深检查线应垂直主测线布设、测深检查线长度不得少于总测线长度的 1%，当采用多波束测深系统做检查线测量时使用中心区域的波束，使用单波束测深仪做检查线测量时，宜配备姿态传感器。

7.4.9 交会法、极坐标法导航定位应符合下列规定：

- a) 测站点的精度不应低于三级点的精度；
- b) 作业中和结束前，检查起始方向，方向偏差不应大于 $1'$ ；
- c) 交法定位的交会角宜为 $30^\circ \sim 150^\circ$ ；

7.4.10 断面索法导航定位索长的相对误差应小于 1/200。

7.4.11 海底地形测量定位宜采用实时载波相位差分 (RTK) 测量技术，当定位精度符合工程要求时还可采用后处理载波相位差分，实时载波相位差分 (RTK) 测量技术对水深测量进行定位主要技术要求应符合下列规定：

- a) 基准站点位的选择和设置应符合国家标准 GB 50026 相关规定，作业半径不宜超过 20km；
- b) 流动天线应安置在船侧较高处并应与金属物体绝缘，天线位置宜与测深仪换能器处于同一垂线上；

- c) 流动接收机作业的有效卫星数不应少于 5 颗，PDOP 值应小于 6；
 - d) 流动接收机的测量模式、基准参数、转换参数和数据链的通信频率等，应与基准站一致，并应采用双差固定解成果；
 - e) 海底地形测量作业前、结束后，应将流动卫星定位接收机安置在控制点上上进行定位检查；
 - f) 定位数据与测深数据应同步，不同步时应进行延时改正。
- 7.4.12 当采用实时载波相位差分（RTK）测量实时定位三维海底地形测量时，应符合下列规定：
- a) 当测区在控制网覆盖范围之内时，转换参数可利用测区内分布均匀的 4 个及以上控制点求得；
 - b) 测量时宜采用三维姿态传感器对横摇、纵摇进行姿态改正，卫星定位天线高应量至换能器底部并应精确至 10mm；
 - c) 宜采用同时兼容三维海底地形测量自动成图系统水位观测模式下海底地形测量自动成图的测量软件，并可提取 RTK 水位；
 - d) 海底地形测量前，应将流动站架设到未参与转换计算的等级控制点上进行检测比对，平面坐标较差不应大于 50mm，高程较差限值应按下式计算：

$$\Delta h = 30\sqrt{D} \quad (3)$$

式中： Δh —高差较差的限值（mm）；

D —基准站到检查点的距离（km）。

- e) 定位数据的更新率不应小于 10Hz；
 - f) 应实时监测 PDOP 值和实时载波相位差分（RTK）测量定位状态，记录数据应为 RTK 固定解；
 - g) 应控制船速不得突然加速、减速和大角度转弯，在气象海况恶劣，影响 RTK 解算时，应停止作业。
- 7.4.13 当采用无人测量船水域地形测量系统作业时，应满足本规程的有关规定。
- 7.4.14 测深过程中或测深结束后，应对测深断面进行检查，检查断面与测深断面宜垂直相交，检查点数不应少于 5% 检查断面与测深横断面相交处，图上 1mm 范围内水深点深度检查较差不应超过表 16 的规定。

表 16 图上 1mm 范围内水深点深度检查较差

水深 H(m)	$H \leq 20$ (m)	$H > 20$ m
深度检查较差的限差	0.4	$0.02 \times H$

8 工程物探

8.1 一般规定

8.1.1 工程物探应根据探测目的、任务要求、海况、地质条件、地球物理特征选用侧扫声纳法、多波束法、海洋磁法、电磁感应法、水域地层剖面法、水域多道地震勘探法和瞬变电磁法等方法，宜采用多种物探方法综合探测，物探方法宜按本规程附录 E 选用。

8.1.2 工程物探应符合下列规定：

- a) 应按接受任务、收集资料、现场踏勘、计划编制、施测、资料解释、成果编制的程序进行；
- b) 探测前应搜集场地水文、潮汐、助航标志及航行障碍物资料，根据现场水流流向、流速和探测目的合理布设测线、测网；海域作业测线布设应采用最新版本海图，注意避让岛礁、养殖区等障碍物；

8.1.3 工程物探应具备下列条件：

- a) 探测对象与其相邻介质应存在一定的物性差异，并具有可被探测的规模；

- b) 地形变化产生的异常畸变，不显著改变探测对象的异常形态或可以进行校正；
 - c) 存在电、磁、振动等外界干扰时，探测对象的异常能够从干扰背景中区分出来。
- 8.1.4 工程物探探测仪器及附件应符合下列规定：
- a) 必须满足性能稳定、结构合理、构件牢固、防水、抗震和绝缘性良好等要求，仪器应定期检查和保养；
 - b) 作业前应对仪器设备进行校验与联机试验，各项性能和工作状态正常才能投入使用；
 - c) 仪器设备应在检校的有效期内使用。
- 8.1.5 工程物探探测网布置应符合下列规定：
- a) 测网应根据探测目的设计，实际测线位置可根据现场条件合理调整，测线移动的允许距离在相应比例的图件上宜小于 10mm；
 - b) 测网密度应能良好反映目标地质体的规模，应保证异常的连续、完整和便于追踪；
 - c) 测线长度应保证异常的完整和足够的正常背景，测线宜垂直或大角度相交于已知异常的走向；
 - d) 测区内或附近有已知钻孔，可在钻孔附近布置试验测线。
- 8.1.6 工程物探测量应符合下列规定：
- a) 测线的控制基点、起讫点、转折点、测线上每相距 100m 的测点、地形突变点、非均匀分布的物探测点应进行坐标测量；
 - b) 测网的控制基点应与已知的测量基点联测，点位误差应符合二级导线测量要求；
 - c) 物探点位在平面图上的偏差不应大于 2mm；
 - d) 水上物探宜采用 RTK 测量，必要时在作业期间对水位变化进行观测。
- 8.1.7 工程物探数据采集应符合下列规定：
- a) 当多台相同的设备在同一场地作业时，应采用相同的工作参数并在开工前对各设备做一致性检查；
 - b) 测点周边存在电磁、振动以及影响观测的干扰源时，应详细记录干扰源的位置及特征；
 - c) 作业船宜保持每条剖面定向和匀速航行，测线切换时，作业船应根据水域环境选择合理的转弯方向，不宜顺水流转弯，转弯半径应大于两倍拖体长度；
 - d) 应实时监控记录质量，不符合要求的测线应及时进行补测或重测；
 - e) 观测数据发生明显畸变时，应查找原因并重测，重测后仍不满足要求，可适当移动测点位置重新观测，测点移动的允许距离在相应比例的图件上宜小于 5mm；当移动后观测数据仍不满足要求，且连续出现超过测线总测点数 10% 时，应终止观测并考虑更换方法；
 - f) 当发现重要异常时宜重复观测，必要时可加密测线。
- 8.1.8 工程物探成果编制应符合下列规定：
- a) 物探成果资料包括：物探平面布置及成果图，各种定性分析和定量解释图件，断面成果图及成果表，探测质量检查结果、成果报告等；
 - b) 物探成果报告包括：任务来源和要求，地形、地质和物性特征，物探方法的选择及采取的技术措施，测网布置和数据采集、外业数据的质量评价，资料处理与解释，结论和建议；
 - c) 图件比例应符合工程需要，成果平面图可与工作平面图合并绘制，内容应包括线路里程、地形和主要地物、物探测网、异常分布位置、推断地质界线等内容；
 - d) 结合已有地质资料综合分析后编制物探地质断面图，应标出各地层的物性参数、地层符号或地层图纹、钻孔以及推断的构造位置和产状、中线里程或与中线里程的关系。

8.2 地质结构探测

8.2.1 地质结构探测应根据探测目的和现场条件合理选择物探方法，包括水域地层剖面法、水域多道地震勘探法、瞬变电磁法等。

8.2.2 水域地层剖面法探测地质结构应符合下列规定：

- a) 进行地层探测时，主测线宜与地质勘探线或其他物探方法的测线重合；进行地质构造探测时，主测线宜垂直于地质构造走向，联络测线宜垂直于主测线；
- b) 探测海底以下 30m 深度内的地层分布特征和不良地质作用宜采用浅地层剖面探测法，地层分辨率不宜大于 0.3m；探测海底以下 200m 深度内的地层分布特征和不良地质作用宜采用中地层剖面探测法，地层分辨率不宜大于 1m；
- c) 拖曳式声源和水听器阵应拖曳于船尾涡流区外，且平行列置；
- d) 目标层反射波宜位于观测时窗中部；对现场记录剖面图像初步分析发现可疑目标时，宜布设补充测线进一步探测。

8.2.3 水域多道地震勘探法探测地质结构应符合下列规定：

- a) 测线布置应符合本规程第 8.2.2 条 a) 款的要求；
- b) 数据采集应采用多次覆盖，排列长度、道间距、偏移距、炮点距或激发时间间隔、激发能量、震源及接收沉放深度、采样间隔、记录时间长度等采集参数应根据试验结果和任务要求确定；
- c) 地震电缆接收道数不宜少于 24 道；不正常工作道数应少于 3 道，测线空废炮率应低于 5%，连续空废炮不应超过 4 炮；
- d) 电缆尾标偏离测线不应大于 15°。

8.2.4 瞬变电磁法探测地质结构应符合下列规定：

- a) 作业前应对拖体、信号电缆、供电电缆进行绝缘性检查，消除漏电、漏水隐患；
- b) 应在测区内典型水域进行参数试验，根据任务要求确定装置、回线边长、发射电流、时窗范围、电偶极距、频率范围等采集参数；
- c) 拖体与作业船距离应大于三倍船长，设备布设、回收应可靠、高效、安全。

8.2.5 资料整理和解释应符合下列规定：

- a) 水域地层剖面法采集的资料应进行坏道剔除、涌浪滤波、频率滤波、多次波压制、增益控制、动平衡、时深转换等处理，形成可供资料解释的成果剖面数据，绘制地层剖面图；
- b) 水域多道地震勘探法采集的资料整理宜主要包括滤波与振幅补偿、多次波压制、速度分析、动校正和叠加、叠后偏移归位和时深转换，并应绘制时间剖面图和深度剖面图，形成可供地震探测资料解释的成果剖面；
- c) 采用水域地层剖面法和水域多道地震勘探法进行地质结构探测时，应结合地质资料，分析反射波时间剖面中波形和振幅突变、同相轴连续性、反射波组的间距，以及波组的错断、分叉、合并、尖灭现象，解释海底地层结构、地质构造、不良地质作用；
- d) 探测成果图件应主要包括测线平面布置图、航迹图、时间剖面图、地层剖面地质解释图、地震剖面地质解释图和综合地层剖面图。

8.3 水下障碍物探测

8.3.1 水下障碍物探测应根据探测目的和现场条件合理选择物探方法，包括海洋磁法、水域地层剖面法、侧扫声纳法等。针对可能存在的障碍物，可利用多波束海底地形测量、水下机器人等方法进行综合识别与判断。

8.3.2 海洋磁法探测水下障碍物应符合下列规定：

- a) 磁力仪主机宜安装固定于舱室内，布设传输电缆时应避开其它有源线缆，无法避开时应使传输电缆与干扰电缆呈垂直走向通过；
- b) 磁探头可根据设备特点采用固定式或拖曳式，并应尽量减弱船磁、振动干扰影响；
- c) 每个工区开始磁力测量作业或磁力设备更换时，均应按要求进行船磁影响试验；
- d) 作业前应按照施工设计进行试验，测试仪器、导航定位系统的性能，选择最佳作业参数；

- e) 测线拼接时，应重复 2 倍拖缆长度以上航段。
- f) 磁法作业的同时需进行日变观测；
- g) 遇有铁制船舶经过、靠近铁制围堰护堤等磁性干扰源时，应及时记录干扰源名称、特征、时间、位置等情况。对于铁制船舶经过等移动干扰源，应避开干扰源经过时段，对该段测线进行重复观测。

8.3.3 海洋磁法和海域地层剖面法主测线宜垂直目标障碍物的延伸方向，初步分析发现目标障碍物时，应布设补充测线做进一步探测。

8.3.4 侧扫声纳法应根据测线间距选择合理的声纳扫描量程，相邻测线扫描应重叠 50%。根据现场声纳图像初步判断存在目标障碍物时，应在其周围布设不同方向的补充测线做进一步探测。

8.3.5 资料整理和解释应符合下列规定：

- a) 侧扫声纳法采集的资料应进行水深和图像比例失调校正、噪声的识别和滤除、图像镶嵌拼接，绘制声纳图像镶嵌图；
- b) 海洋磁法采集的资料应进行船磁影响改正和日变改正，并计算磁异常，绘制磁异常剖面图，根据需要绘制磁异常等值线图；
- c) 应结合水下地形地貌、地质和其他资料，对物探资料进行综合分析和解释，确定水下障碍物的物性、位置、形状、大小和分布范围；
- d) 障碍物位置的测定，应有多余观测，其互差不应大于图上 1.5mm；
- e) 对礁石群，应测出其外围礁石和主要礁顶的位置、高程，并标绘与其他礁石间的相对位置和群礁的危险界；
- f) 成果图件应主要包括航迹图、海底面状况图、障碍物平面分布图。

8.4 水下管线探测

8.4.1 水下管线探测的物探方法选择除应符合本规程第 8.3.1 条的规定外，对于可能存在光缆、电缆或油气管道时，还应进一步采用电磁感应法进行探测。

8.4.2 电磁感应法探测水下管线时，应符合下列规定：

- a) 电缆、光缆或油气管道走向不明时测线宜采用网格状布置；
- b) 初步了解管线的走向后，测线宜垂直管线走向布置；
- c) 当探测感应信号较弱时，宜采用水下天线并靠近目标管线探测。

8.4.3 海域地层剖面法和海洋磁法宜垂直目标管线的延伸方向，初步分析发现目标管线时，应布设补充测线做进一步探测。

8.4.4 侧扫声纳法探测水下管线时，应符合下列规定：

- a) 测线宜平行管线走向布置；
- b) 应根据声纳扫描量程选择合适的测线间距，相邻测线扫描应重叠 50%；
- c) 根据现场声纳图像初步判断存在目标管线时，应在其周围布设不同方向的补充测线做进一步探测；
- d) 侧扫声纳图像清晰。

8.4.5 资料整理和解释应符合下列规定：

- a) 电磁感应法应分析背景信号、噪声和有效信号特征，确定水下管线异常点；
- b) 应对探测资料进行分析和解释，结合搜集调查的资料，综合确定水下管线的位置、走向和埋深；
- c) 成果图件应主要包括航迹图、水下管线平面分布图和埋深剖面图。

9 不良地质条件

9.1 一般规定

9.1.1 工程场地存在的不良地质条件包括不良地质作用、特殊性岩土及复杂地层结构。不良地质条件勘察除应执行本规程外，尚应按国家有关标准的规定执行。

9.1.2 隧道工程建设，应根据覆盖岩土厚度、覆盖土层特征、开挖断面岩土地质条件，综合确定不良地质条件对工程的影响。

9.1.3 桥梁工程建设，应根据海底地形地貌、海洋水文条件、岩土地质条件，综合确定不良地质条件对工程的影响。

9.2 岩溶

9.2.1 工程沿线发育岩溶时，应结合地质条件和设计、施工方案进行施工阶段岩溶专项勘察。

9.2.2 岩溶发育程度的划分应符合表 17 的规定。

表 17 岩溶发育程度分级表

岩溶发育程度	线岩溶率 (%)	钻孔见洞隙率 (%)	岩溶发育分布特征
强发育	>20	>30	地表有较多的洼地、漏斗，溶沟、溶槽密布，隐伏基岩面坡角大于 30°
中等发育	5~20	10~30	介于岩溶强发育和岩溶弱发育之间
弱发育	<5	<10	地表无洼地、漏斗，溶沟、溶槽不发育，隐伏基岩面坡角小于 10°

注1：线岩溶率是指单位长度上岩溶空间形态长度的百分比，即：线岩溶率=钻孔所遇岩溶洞隙长度/钻孔穿过可溶岩的长度×100%。

注2：钻孔见洞隙率是指钻探中遇岩溶洞隙的钻孔与钻孔总数的百分比。

9.2.3 各阶段勘察应包括下列内容：

- 可行性研究勘察应了解可溶岩的分布区域、岩溶的发育状况，对其危害程度和发展趋势做出判断，对场地稳定性和建筑适宜性作出初步评价；
- 初步勘察应初步查明岩溶洞隙的分布、发育程度和发育规律，初步判定场地岩溶发育程度，按场地稳定性和建筑适宜性进行岩溶分区，进行初步的岩土工程分析评价；
- 详细勘察应查明场地岩溶洞隙的平面位置、埋藏深度、规模、充填程度和充填物物理力学性质。查明岩溶水的埋藏特征、补给排泄条件、富水性和地层渗透性。详细判定岩溶发育程度，对工程设计和岩溶的治理措施提出建议；
- 地下工程施工勘察重点查明岩溶中等、强发育区段岩溶发育情况，查明拟建工程岩溶影响范围内洞隙的位置、规模、埋深、充填情况、溶洞连通性等，以满足岩溶处理方案 and 风险控制的要求；
- 高架工程施工勘察应查明每个桩位岩溶发育情况，以满足确定桩长、桩端持力层及岩石完整性的要求。

9.2.4 岩溶地质勘察应符合下列规定：

- 可行性研究阶段、初步勘察阶段的勘探点间距应按本规程第 5 章规定的最小值采用。地下工程详细勘察，勘探点间距宜为 20m；高架工程详细勘察，对特大桥的主桥，每个墩台勘探点不应少于 2 个，对其他桥梁，应逐墩台布置勘探点。对线路选择和工法研究有重大影响的地段，勘探点可适当加密；
- 岩溶区勘探孔均应为控制性钻孔，勘探孔进入结构底板或桩端以下中等风化或微风化岩石不应小于 10m，该范围内揭露溶洞时应适当加深。

9.2.5 暗挖隧道施工阶段岩溶专项勘察应满足下列要求：

- a) 暗挖隧道应采用跨孔层析成像探测（如弹性波 CT、电磁波 CT、电阻率 CT）。岩溶中等、强发育时，钻孔间距宜为 10m，岩溶弱发育时，钻孔间距宜为 20m。当岩溶强发育且可能产生较大施工风险时，应加密探测孔；
 - b) 双线暗挖隧道，探测孔宜在隧道结构外侧 3m~5m 平行布置；
 - c) 单线暗挖隧道，隧道结构净间距不大于 2 倍隧道外径，左右线之间及隧道结构外侧 3m~5m 平行布置探测孔；隧道结构净间距大于 2 倍隧道外径，分别沿左右线隧道结构外侧 3m~5m 平行布置探测孔；
 - d) 跨孔层析成像探测孔应进入底板下不宜小于 10m，遇 5m 连续稳定完整岩体可终孔，探测孔深度应满足岩溶处理范围要求。
- 9.2.6 高架工程施工阶段岩溶专项勘察嵌岩桩应逐桩布置勘探点，宜进行管波探测。
- 9.2.7 可溶岩隧道围岩分级宜符合下列规定：
- a) 隧道围岩基本分级按本规程附录 F 执行；
 - b) 岩溶弱发育时，勘察阶段隧道围岩综合分级可不考虑岩溶影响；
 - c) 岩溶中等发育时，隧道围岩综合分级宜降低一个级别；
 - d) 岩溶强发育时，隧道围岩综合分级宜为 VI 级；
 - e) 详细勘察及施工勘察阶段，应分区段详细判定岩溶发育程度，分区段提供隧道围岩级别。
- 9.2.8 岩溶的岩土工程分析与评价应包括下列内容：
- a) 应阐明岩溶的空间分布、发育程度、发育规律对各类工程的影响，提出岩溶处理、存在问题及施工中注意事项等；
 - b) 计算岩溶地段隧道涌水量，并应对岩溶突水、突泥位置和强度、可能发生地表塌陷的地段等岩土工程问题作出预测和评估，提出应对措施和建议；
 - c) 跨越、置于隐伏溶洞之上时，应评价隐伏溶洞的稳定性。

9.3 软土

9.3.1 天然孔隙比大于或等于 1.0，且天然含水量大于液限的细粒土应判定为软土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。

9.3.2 软土勘察应查明下列内容：

- a) 软土的地层结构、年代、成因、分布规律、厚度变化、地层结构及均匀性；
- b) 地表硬壳层的分布、性质及厚度；下伏硬土层或基岩的埋深和起伏；
- c) 软土的固结程度、强度、压缩特性、灵敏度、有机质含量等；
- d) 施工对软土应力状态、强度和压缩性的影响。

9.3.3 软土勘察应符合下列要求：

- a) 应采用钻探取样和原位测试相结合的手段。软土取样应采用薄壁取土器，其规格应符合国家标准 GB 50021 中的相关规定。应严格按相关要求进行了钻探、取样和及时送样、试验。同一工程地质单元每一主要土层原状土试样不应少于 10 件；
- b) 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、旁压试验等方法；
- c) 勘探点的间距应满足相应勘察阶段岩土工程评价、工程设计的需要。对工程安全影响较大时，详勘阶段一般宜为 20m~30m。当需要圈定重要的局部变化时，可以加密勘探点；
- d) 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 3m~5m，并满足第 5 章勘察深度要求。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要求。

9.3.4 软土的室内试验应符合下列要求：

- a) 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；

- b) 除常规项目外，一般还应确定固结系数、压缩指数、灵敏度、有机质含量等；抗剪强度指标宜采用三轴不固结不排水剪（UU）、无侧限抗压强度试验确定。

9.3.5 软土的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

- a) 分析评价其触变、流变性质、结构性对工程的影响；
- b) 当软土下卧的基岩面或硬土层面倾斜时，应分析评价软土沿硬层面产生滑移、不均匀变形的可能性；
- c) 对软土地层隧道的开挖、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；
- d) 软土应评价其在固结过程中沉降对桩基产生负摩擦作用的可能性；
- e) 抗震设防烈度等于或大于 7 度的厚层软土，应判别软土震陷的可能性；
- f) 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，提出加固处理措施意见。

9.4 富水砂层

9.4.1 富含地下水的粗砂、中砂、细砂、粉砂和砂质粉土地层应判定为富水砂层。

9.4.2 富水砂层勘察应查明下列内容：

- a) 地层年代、成因、分布范围与特征；
- b) 矿物组成、颗粒级配、黏粒含量、湿度及密实程度等；
- c) 地层结构、透镜体的分布；
- d) 查明地下水的埋藏条件、地下水位及水文地质参数；
- e) 可能产生流砂、流土、管涌等渗透性破坏时，应有针对性地进行勘察。

9.4.3 富水砂层勘察应符合下列要求：

- a) 富水砂层测试手段主要以标准贯入试验为主，必要时可辅助静力触探试验；
- b) 标准贯入试验可根据贯入击数估算砂土密实度、变形参数、地基承载力、单桩承载力，砂土的液化，成桩的可能性等；
- c) 富水砂层水文地质参数可通过抽水试验、室内试验等方法获取；
- d) 富水砂层应进行液化判别，液化判别孔标贯间距宜为 1.0m~1.5m，对判别液化而布置的勘探点不应少于 3 个。

9.4.4 富水砂层的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

- a) 对富水砂层的工程性质、稳定性进行综合评价，并对设计和施工措施提出建议，包括地层加固措施、开挖方法建议、结构上浮风险和处理建议；
- b) 预测流砂、流土、管涌发生的可能性及危害程度，估算涌水量和评价地下水对施工的影响，建议地下水防控措施；
- c) 确定场地类别，进行液化判别，提出处理措施建议。

9.5 卵石地层

9.5.1 天然土层中，以卵石、砾石为主，含有砂土及少量粘性土的粗碎屑堆积物应判定为卵石地层。

9.5.2 卵石地层勘察应查明下列内容：

- a) 地层的成因、分布，下卧土层或基岩的埋藏条件；
- b) 卵石母岩成分、矿物组成及强度；
- c) 卵石地层的颗粒组成、卵石所占比例及最大粒径、密实度、均匀性及其在水平方向和垂直方向上的变化规律；
- d) 填充物的成分、组成、胶结状态；

- e) 砂层及漂石透镜体分布规律；
- f) 透水性及富水性。

9.5.3 卵石地层勘察应符合下列要求：

- a) 勘探点的间距应满足相应勘察阶段岩土工程评价、工程设计的需要。对工程安全影响较大时，详勘阶段一般宜为 20m~30m。当需要圈定重要的局部变化时，可以加密勘探点；
- b) 钻探方法宜采用取芯率高的跟管钻探方式或 SM 植物胶钻探工艺，钻头宜选用金刚石钻头；
- c) 卵石层的试验应以圆锥动力触探试验为主，室内试验宜进行颗分试验及点荷载试验。

9.5.4 卵石地层的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

- a) 卵石地层的承载力应采用圆锥动力触探试验确定；
- b) 应明确给出卵石地层的变形模量、粘聚力、摩擦角、桩的极限侧阻力标准值、桩的极限端阻力标准值、渗透系数等岩土参数。

9.6 风化岩与残积土

9.6.1 岩石在风化营力的作用下，其结构、成分和性质已产生不同程度的改变，应判定为风化岩；已完全风化成土状且原岩结构破坏而未经搬运的应定名为残积土。

9.6.2 强风化岩、全风化岩与残积土勘察应查明下列内容：

- a) 风化岩的母岩地质年代和岩石名称；
- b) 划分岩石的风化程度，确定不同风化程度带的埋深及厚度；
- c) 原岩矿物的风化程度、组织结构的变化程度；
- d) 岩土的不均匀性、破碎带、风化槽和软弱夹层的分布；
- e) 岩土是否具有可软化性、膨胀性及遇水崩解等特性；
- f) 查明岩土物理力学性质及地下水赋存条件。

9.6.3 强风化岩、全风化岩与残积土勘察应符合下列要求：

- a) 采用钻探与标准贯入试验、重型动力触探试验、波速测试等原位测试相结合的手段进行勘察工作；
- b) 呈塑性状态的全风化岩、残积土可进行室内土工试验，呈岩块状的强风化岩可进行岩石试验。

9.6.4 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：

- a) 厚层的强风化和全风化岩石可细分为碎块状、碎屑状和土状；厚层残积土可细分为硬塑残积土和可塑残积土，也可根据含砾或含砂量划分为黏性土、砂质黏性土和砾质黏性土。
- b) 风化岩与残积土的可挖性，应根据其力学强度和遇水软化性、易风化性等工程特性综合评价；
- c) 风化岩作为桩基持力层时，应评价其承载力及沉桩的可能性，并分析桩孔遇水浸泡后对其软化、崩解的影响程度；
- d) 根据岩土的不均匀程度，尤其是破碎带和软弱夹层的分布，分析隧道和基槽开挖、桩基施工中存在的岩土工程问题，提出工程措施的建议；
- e) 评价强风化岩、全风化岩与残积土的透水性和地下水的富水性，分析在不同工法下，地下水对岩土体稳定性的影响，提出对地下水控制措施的建议。

9.7 复合地层

9.7.1 地下隧道工程开挖断面范围内和开挖延伸方向上，由两种及以上不同地层组成，且工程地质和水文地质等特征相差悬殊，可判定为复合地层。

9.7.2 根据岩土施工工程分级，隧道开挖面复合地层的不均匀程度可以参照表 18 进行划分。

表 18 隧道开挖面地层不均匀程度分级参照表

不均匀程度	开挖面岩土施工工程分级差别
一级	相差 4 级及以上
二级	相差 3 级
三级	相差 2 级

9.7.3 复合地层勘察应查明下列内容：

- a) 地层结构、地层特性、富水情况及地质分界线等；
- b) 开挖影响范围内填土、软土、砂土、粉土等不良地层的分布特点、黏粒含量、力学性质；
- c) 开挖影响范围内残积土层、风化带、破碎带的分布情况和岩石抗压强度等力学特性；
- d) 开挖区域地下水类型和补给条件、地层渗透特性、隧道涌水量等；
- e) 地表水体或水囊的分布特点，与地下水的水力联系情况等。

9.7.4 复合地层勘察应符合下列要求：

- a) 不均匀程度为一级时，应根据钻探情况加密钻孔，探明地层、水文特性以及地质分界线；
- b) 复杂水文地质条件，应进行水文专项勘察获取水文参数。

9.7.5 复合地层的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

- a) 对岩土施工工程分级、围岩等级、工程力学性质、稳定性进行综合评价；
- b) 由于地层突变可能导致掌子面失稳、隧道塌陷、地面下沉（甚至塌陷）的风险分析与提示；
- c) 地下（表）水对隧道工程的风险分析与提示。

10 钻探与取样

10.1 一般规定

10.1.1 钻探工作应根据建设各阶段的勘探目的、工程类型、任务要求、地质条件、海域环境、环保要求等综合确定，其位置、数量、深度、孔径应满足各阶段勘察和设计要求。

10.1.2 现场作业前应进行踏勘，并应搜集气象、水文、航运、水下地形、海底管线、环境保护、生物保护等方面的资料。

10.1.3 海域勘察应符合下列安全规定：

- a) 大雾或浪高大于 1.5m 时，勘探作业船舶和水上勘探平台等严禁抛锚、起锚、迁移和定位作业，交通船舶不得靠近漂浮钻场接送作业人员；
- b) 浪高大于 2.0m 时，勘探作业船舶和水上勘探平台等漂浮钻场严禁勘探作业；
- c) 5 级以上大风时，严禁勘察作业；6 级以上大风或接到台风预警信号时，应立即撤船回港。

10.1.4 桥隧方案比选钻孔、隧道工程钻孔完成后应将勘探孔回填密实。

10.2 钻探

10.2.1 钻探设备应符合下列规定：

- a) 钻探设备应根据海域海况、气象、水文、钻孔深度、岩土性质、作业条件等情况确定，并应充分考虑其实用性、稳定性和安全性；
- b) 钻探设备应综合各方面因素后选配，应具备处理孔内事故的性能，功率按照陆域同等工况不小于 1.5 倍功率配置；
- c) 钻探作业船舶或勘探平台的载重安全系数应大于 5，钻探作业所需的钻场面积不宜小于 20 m²；
- d) 受波浪影响较大的海域，宜采用配备波浪补偿功能的钻探设备；
- e) 勘探平台应搭建牢固、布置合理，并设置安全防护措施。

10.2.2 钻探方法应符合下列规定：

- a) 钻探方法应根据岩土性质和勘察技术要求选取，要求全断面取芯或进行原位测试的钻孔应采用回转钻探方法，粉土、砂、碎石类土与破碎的岩层或构造带应采用泥浆护壁或套管跟进的钻探措施；
- b) 钻孔保护套管插入土层的长度不得小于海床以上套管自由段长度的 1/2，并确保冲洗液不会从管壁处流失；
- c) 软质岩及风化破碎岩层钻探宜采用双管或三管取芯钻具。
- 10.2.3 浮动式平台锚泊定位应符合下列规定：
- a) 应选择风浪小的时段实施平台定位，确保孔位准确和人员安全；
- b) 应考虑潮汐和风浪因素，平台宜逆最大流速方向；
- c) 锚泊定位应采取多方向锚固定方式；
- d) 平台锚具不宜少于四口，锚绳长度宜大于 5 倍水深；
- e) 平台定位应规范操作，确保施工安全；
- f) 平台锚定方案应考虑紧急情况下钻船撤离的快速、便捷、及时等因素。
- 10.2.4 平面与高程测量应符合下列规定：
- a) 宜采用 RTK 测定平面位置和高程；
- b) 海域勘探平台定位误差不应超过 1m。勘探平台位置固定后，应在孔位处插打保护套管，以防平台位置变化造成孔位偏差；在钻探施工完毕后，应对孔位进行复测；
- c) 海域钻探外层保护套管应在平潮时段着床固定，并立即测定钻孔位置；
- d) 宜采用垂悬法或测深仪测定水深，两种方法相互验证，计算出孔口高程，并与水下地形进行对照，高程误差宜控制在 0.3m 以内；
- e) 钻探过程中，宜采用固定套管校核水深，及时修正孔深，准确算出每回次钻进深度，确保取样或原位测试深度精度控制在 $\pm 0.1\text{m}$ 以内；
- f) 钻孔位置、孔口高程及孔深测量，宜在平台晃动较小时进行，并采取多次测量取平均值等方法，同时应考虑涨落潮的影响，减少测量的误差。
- 10.2.5 海域钻探技术要求应符合下列规定：
- a) 钻机类型、钻探工艺和取样方法应根据现场地形地质条件和勘探目的确定，并详细记录、认真分析钻探资料和岩芯情况；
- b) 钻孔深度应根据构筑物的类型、规模以及水文地质和工程地质评价的需要确定；
- c) 钻探应根据地层条件、取芯和取样要求，严格控制钻进的回次长度，钻进回次进尺不得大于岩芯管长度；
- d) 岩芯采取率在完整的岩层中不宜小于 90%，在强风化岩层中不宜小于 65%，黏性土层中不宜小于 85%，砂类土层中不宜小于 65%，破碎岩层、碎石土层不宜小于 50%，断层破碎带等重点研究孔段宜提高岩芯采取率，并不得遗漏对工程有重要影响的软弱夹层和滑动面等；
- e) 岩芯应按采集的先后按从上到下、从左到右顺序摆放。每钻进回次采集的岩芯应填写岩芯卡片，标明工程名称、钻孔编号、岩芯采集的深度，岩芯采取率、钻进回次编号和必要的地质描述，并留存全孔岩芯彩色照片；
- f) 钻孔直径应根据钻孔取样、测试要求、地层条件和钻进工艺按表 19 确定；

表 19 钻孔直径 (mm)

作业名称	岩土层	
	第四系土类	基岩
采取原状土样	黏性土	≥ 110
采取岩石试样	—	≥ 75
孔内测试	比下井仪器、探头外径大一级以上	

鉴别、分层采芯	≥33	
压水试验段	≥75	
抽水试验	≥130	≥110

- g) 钻孔记录应由经过专业培训的人员担任，按钻进回次及时填写，详细描述地层、地下水、岩芯采取率和钻进过程中的异常情况；
- h) 原始记录应内容全面翔实、标注清楚、签署齐全，电子记录应与班报记录对应，具备追溯性。
- 10.2.6 海域钻探健康、安全及环境管理应包含下列内容：
- a) 开工前进行安全和技术培训；
- b) 施工期间加强警戒；
- c) 做好紧急避险、恶劣天气等应急预案；
- d) 制定海域施工环保措施，执行环境保护规定。
- 10.2.7 海域钻探安全应遵循下列原则：
- a) 按海事、航道部门要求，设置通禁航标志；
- b) 外层套管宜在平潮时段着床固定，并及时测定孔位和孔口高程；
- c) 外层套管宜设置钢丝保护绳，以利于保持套管垂直及增强抗水流冲击能力；
- d) 钻探平台应配备有足够的救生艇、救生筏、救生圈及救生衣等；
- e) 钻探平台应设置消防设施，黄砂、灭火器、太平斧、消防栓等必须配备齐全；
- f) 配备性能优良的交通船及急救药品；
- g) 严禁残留水中套管或钻具，对航行有影响时，应及时告知相关部门；
- h) 遗留在海床以下的套管和钻具应做好详细记录。
- 10.2.8 海域钻探孔内事故处理应符合下列规定：
- a) 处理方案应确保人员、设备安全；
- b) 作业人员应身体健康并具备足够的专业能力；
- c) 用于处理孔内事故的钻机宜有足够的功率，其功率宜为正常施工时的钻机功率的 1.5 倍；
- d) 对于卡钻和埋钻事故，应采用护壁性能好的钻井液冲洗，将堵塞物带出孔底；必要时配合适当的钻机转速、扭矩和泵量对钻具进行松动；
- e) 对于钻具丢失的情况，宜根据具体情况采用公锥或母锥进行打捞；
- f) 对于确实无法处理的孔内事故，应对事故情况进行详细记录，勘察报告及技术交底应明示。
- 10.2.9 勘察过程中宜采用信息化手段，实时采集、记录、存储工程勘察资料。
- 10.2.10 所有岩芯应逐箱拍摄数码照片，重要的原位测试、水文地质试验、封孔过程等应留有影像资料，典型岩芯应至竣工验收结束。
- 10.2.11 钻探工作除应符合本规程规定外，还应符合国家标准 GB/T 50585 相关规定。

10.3 取样

- 10.3.1 土试样质量应根据试验内容按表 20 分为四个等级。

表 20 土试样质量等级

级别	扰动程度	试验内容
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

- 10.3.2 试样采取的工具和方法宜按表 21 选择。

表 21 不同等级土试样的取样工具和方法

土试样等级	取样工具及取土方法		适用的岩土类别										
			黏性土					粉土	砂土				砾砂、碎石土
			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	++	++	+	-	-	+	+	-	-	-	-
		敞口	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
	回转取土器	单动三重管	-	+	++	++	+	++	++	++	-	-	-
II	原状取砂器		-	-	-	-	-	++	++	++	++	++	+
	薄壁取土器	固定活塞	++	++	+	-	-	+	+	-	-	-	-
		敞口	++	++	++	-	-	+	+	-	-	-	-
回转取土器	单动三重管	-	+	++	++	+	++	++	++	-	-	-	
III	标准贯入器		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-
	岩芯钻头		++	++	++	++	++	++	+	+	+	+	+
IV	标准贯入器		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-
	岩芯钻头		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++

注1: ++: 适用; +: 部分适用; -: 不适用。

注2: 薄壁取土器为内径为75mm~100mm、面积比不大于10%(内间隙比为0)或面积比为10%~13%(内间隙比为0.5~1.0)的无衬管取土器。

注3: 厚壁取土器为内径为75mm~100mm、面积比为13%~20%的有衬管取土器。

10.3.3 海域勘察取原状样应遵循下列原则:

- 选用稳定可靠的作业平台, 并选择风浪小、钻探平台相对稳定的时段进行;
- 缩短取样时间, 减少海域环境对取土质量的影响;
- 注意水位变化, 准确计算取样深度。

10.3.4 钻孔中取原状土样应符合下列要求:

- 在软土、砂土为主的层状土、粉土、粉细砂中采用泥浆或套管护壁, 当采用套管时, 孔内水位不能低于地下水位, 取样位置低于套管底端3倍孔径的距离;
- 取土前清孔做到孔壁稳定, 不缩孔、不坍塌, 孔内干净, 孔底残留土厚度不大于取土器废土段的长度, 并减少对孔底土层的扰动; 在取土位置以上1m处, 严禁用水冲、冲击、振动等钻进方法清孔;
- 软土原状样采取过程中, 应选择合适时机并尽量控制钻探平台稳定性, 钻机转数、泵压应控制在能满足取样要求范围内的低值;
- 取土器下入孔内临近取样位置时, 要缓慢落底, 防止冲击孔底土层; 采取土试样时, 宜采取快速静力连续压入法; 当遇硬土或砂土压入困难时, 采用厚壁取土器用重锤少击或孔底锤击的方法取样;
- 使用双管或三管单动回转取土器取芯、取样时, 转速一般不大于100r/min; 并根据土性施加钻进压力, 控制掌握冲洗液泵量和泥浆的稠度;
- 取土器在孔内提升时, 卷扬速度用中档或慢档, 防止钻杆与取土器抖动并冲撞套管造成土样脱落;
- 原状土样的直径为75~100mm, 长度不小于200mm;
- 原状土样应妥善密封, 直立安放, 不得倒置。

10.3.5 扰动样可结合原位测试采取或从代表性芯样中采取, 岩石试件可直接从岩芯中选取, 对需保持天然湿度的岩芯应立即蜡封。

10.3.6 地下水试样的采取应符合下列规定:

- 采取水试样的钻孔不采取泥浆护壁, 且无外界物质;
- 盛水容器采用带磨口的玻璃瓶或塑料瓶, 取水样前彻底清洗;

- c) 水试样总量不少于 750ml，分 2 瓶装，其中一瓶 250ml~300ml 立即加入 2g~3g 大理石粉，进行侵蚀性试验；
- d) 水试样采取后立即用蜡封口，瓶身贴好标签。标签应包括水样采取孔号、深度、取样时间、取样人等相关信息；
- e) 水试样应避免阳光直接照射；
- f) 水样采取后应立即密封并贴上标签；清洁水样存放时间不超过 72h，稍受污染的水样不超过 48h，受污染的水样不超过 12h。

10.3.7 送样过程中应注意采取避光、减震等措施，减少对试样的扰动和破坏。

10.3.8 土样自取样之日起至开土试验的时间不宜超过三周，对易于振动液化和水分离析的土样宜就近进行试验。

11 岩土试验与测试

11.1 一般规定

11.1.1 岩土试验项目和试验方法应根据工程要求和岩土性质的特点确定，具体操作和试验仪器应符合国家标准 GB/T 50123 和 GB/T 50266 有关规定。

11.1.2 原位测试方法应该根据岩土条件、设计对参数的需求和测试方法的适用性等因素综合确定，且应符合国家标准 GB 50307 有关规定。

11.2 室内试验

11.2.1 岩样、土样试验项目应符合国家标准 GB 50307 有关规定。

11.2.2 试验后的剩余土样宜装入原土样筒内妥善保存，试验报告提交 1 个月后仍无查询方可处理，如有疑问，可用余土复试。

11.3 原位测试

11.3.1 原位测试方法可根据勘察目的、岩土条件及测试方法的适用性等按表 22 选用。

表 22 原位测试常用方法适用范围一览表

测试方法	适用的岩土类别							取得的岩土参数			
	岩石	碎石土	砂土	粉土	黏性土	软土	填土	状态	承载力	变形参数	液化判别
十字板剪切试验 (VST)	-	-	-	+	+	++	+	++	++	+	-
标准贯入试验 (SPT)	-	-	++	+	+	-	+	++	++	++	++
动力触探 (DST)	-	++	+	+	+	-	+	++	++	++	-
静力触探 (CPT)	-	-	+	+	+	++	+	++	++	++	++
旁压试验 (PMT)	-	-	++	+	+	+	+	+	++	++	+
扁铲侧胀试验 (DMT)	-	-	+	+	+	++	-	++	+	++	+

注：++：适用；+：部分适用；-：不适用。

11.3.2 原位测试应遵循下列原则：

- 试验前应检查钻（探）杆、探头、数据线等是否完好无损，确保试验进行顺利；
- 宜选择风浪小、作业平台相对稳定的时段进行测试；
- 采用无线传输数据时，试验前应检查的数据传输的可靠性、及时性；
- 平台振动影响测试精度时，应暂停测试，具备条件时再行试验；
- 测试过程中注意水位变化，及时对试验深度进行复核和校正。

11.3.3 海域静力触探系统可采用固定式、浮动式、海床式和井下式，宜根据海床倾斜度、地层情况和工程技术要求按表 23 选用。

表 23 海域静力触探实施方式及其适用条件

实施方式	载体	适用水深 (m)	贯入能力
固定式	自升式平台	0~30	可多次贯入，配合钻机引孔时深度不限
浮动式	大型驳船	0~30	可多次贯入，配合钻机引孔时深度不限
海床式	大型驳船	3~300	一次性连续贯入，无法穿透厚层密实砂层
井下式	大型驳船	3~300	可多次贯入，配合钻机引孔时深度不限

11.3.4 海域孔压静力触探试验应符合下列规定：

- 饱和土宜采用孔压探头进行测试；
- 探头宜具备倾斜角测量功能，实时记录贯入过程中的倾斜情况，并按下式进行倾斜度修正：

$$Z = \int_0^l R_h \cdot dl \dots\dots\dots (4)$$

单轴测斜仪：

$$R_h = \cos\alpha_1 \dots\dots\dots (5)$$

双轴倾斜仪：

$$R_h = (1 + \tan^2\alpha_2 + \tan^2\beta)^{-1/2} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

Z——贯入深度 (m)；

l——贯入长度 (m)；

R_h ——探杆的倾斜修正系数；

α_1 ——单轴倾斜仪触探杆轴向与铅垂线的夹角 (°)；

α_2, β ——双轴倾斜仪触探杆在相互垂直的两个方向上的偏斜角 (°)。

- 孔隙水压力测试探头的测试零点应在探头刚好贯入土层时读取；

- 以引孔底部为测试零点的数据值可按式(7)、(8)修正到以海床为测试零点的数据值；

$$u_2 = u_2^* + \gamma_w \cdot d \dots\dots\dots (7)$$

$$q_c = q_c^* + d \cdot a \cdot \gamma_w \dots\dots\dots (8)$$

式中：

u_2 ——以海床面为测试零点的实测孔隙水压力 (kPa)；

u_2^* ——以引孔底部为测试零点的实测孔隙水压力 (kPa)；

γ_w ——水的重度 (kN/m³)；

d——海床面以下引孔底部的深度 (m)；

q_c ——以海床面为测试零点的实测锥尖阻力 (kPa)；

q_c^* ——以引孔底部为测试零点的实测锥尖阻力 (kPa);

a ——有效面积比。

11.3.5 海域旁压试验、扁铲侧胀试验、十字板剪切试验应在固定平台上进行,平台应能提供满足原位测试所需的反力,保证勘探平台的稳定、安全和测试成果的准确。

11.3.6 海域静力触探、旁压试验、扁铲侧胀试验、十字板剪切试验操作除应符合国家标准 GB 50307 相关规定外,还应符合本规程附录 A~附录 D 要求。

11.3.7 试验数据分析、资料整理应符合国家标准 GB 50307 等相关标准的规定。

11.3.8 地基承载力、变形模量等参数应根据原位测试结合室内试验结果综合分析。

附录 A
(规范性)
海域静力触探试验要点

A. 1.1 试验仪器设备应满足下列规定：

- a) 静力触探试验宜采用多桥探头，根据勘察技术要求，选择量程能够满足要求的探头；
- b) 应采用强度高、稳定性好的数据线；
- c) 海域静探试验应选择强度和刚度较高的静探试验探杆；
- d) 应加强静探设备防晒、防雨、防腐等措施；
- e) 海上静力触探在必要时应设置保护套管；深孔静探可结合钻探分段实施，并宜设置多层保护套管，套管应有足够的强度和刚度，相邻两层套管之间应留有一定间隙，确保试验顺利进行。

A. 1.2 试验主要流程及注意事项：

- a) 应保证试验平台和反力装置的稳定，反力宜采用配重方式；
- b) 必要时需提前在试验海床面孔位处插打保护套管，保护套管可根据探杆悬空段长度来选取，根据相关深度和长度计算出静探试验的准确深度；
- c) 对插打的保护套管进行倾斜度测量和稳定性检查，保证试验时探头垂直贯入土层中；
- d) 贯入前应试压探头，检查顶柱、锥头、摩擦筒工作是否正常，然后将探杆与探头连接，插入保护套管内，调整并紧固导向轮；
- e) 试验过程中，应控制加压贯入速率在 $1.2 \pm 0.3 \text{m/min}$ ，时刻关注试验平台、反力装置、探杆垂直度和贯入速度，以保证仪器设备安全；
- f) 如遇到以下情况，应停止贯入：
 - 1) 触探主机达到最大贯入能力或探头阻力达到最大允许值；
 - 2) 反力装置失效；
 - 3) 试验平台晃动明显或失稳；
 - 4) 探杆突然倾斜、折断或贯入加速。
- g) 在不得已停止贯入，但仍未能达到技术要求的试验贯入深度时，需要分析造成试验停止的原因；
- h) 在静探贯入试验中止后，经调整方案继续贯入时，须详细记录贯入深度，并对有效试验深度进行校核、修正。

附录 B
(规范性)
海域旁压试验要点

- B. 1.1 海域旁压试验适用于确定黏性土、粉土、砂类土、软岩及风化岩等地基的承载力和变形参数，可分为自钻式旁压试验和预钻式旁压试验，宜根据地层条件、技术要求进行选择。
- B. 1.2 海域旁压试验需克服平台晃动、水流冲击等不稳定因素对试验的影响，试验应在固定平台上进行。
- B. 1.3 预钻式旁压试验，应采取措施保证成孔质量，孔径应与旁压探头相匹配，成孔过程中应减少对孔周土体的扰动。自钻式旁压试验，应确定适用于土体的钻头及回转转速、刃口距离、循环液压力及流量、钻机设备压力等，保证成孔质量。
- B. 1.4 旁压仪应进行综合标定，应对压力表、弹性膜、传感器和应变片等进行定期或出现事故、更换时进行标定。
- B. 1.5 旁压试验过程中，达到试验仪器极限值或出现仪器损坏情况，应立即终止试验，并分析原因，再行后续试验。
- B. 1.6 旁压试验成果数据分析，应根据各地层典型应力应变曲线对明显失真的数据进行取舍。

附录 C

(规范性)

海域扁铲侧胀试验要点

- C.1.1 扁铲侧胀试验适用于软土、黏性土、松散~中密砂类土及粉土等地层，可用于判定土层类别与状态，确定静止侧压力系数、水平基床系数、饱和黏性土的不排水杨氏模量等。
- C.1.2 海域扁铲侧胀试验对外界扰动非常敏感，试验应在固定平台上进行。为保证试验的安全和有效性，实验过程中应在海床和固定平台之间的悬空段设置保护套管，保护套管应插入海床一定深度，并保证套管接口以及套管与海床之间的密封性。
- C.1.3 扁铲侧胀试验设备及其标定，应符合国家标准GB 50307的相关规定。
- C.1.4 贯入设备的能力，必须满足最大试验深度的需要。试验时，应使基座保持水平状态，采用水平尺校验，记录每次试验中试验孔的垂直度偏差。海域扁铲侧胀试验孔垂直度偏差不应大于2%。
- C.1.5 海域扁铲侧胀试验，应有保证孔位不致发生移动的的稳定措施。试验平台至海床以上部位，应加设防止探杆挠曲的装置。
- C.1.6 采用钻杆或静力触探贯入设备时，气电管路应按钻杆或探杆连接顺序一次性穿齐，气电管路一端与侧胀板头连接，钻探或探杆长度应超过最大试验深度2m~3m。
- C.1.7 海域扁铲侧胀试验过程中，不得松动、碰撞钻杆或探杆，也不得施加使得钻探或探杆产生上、下位移的力。
- C.1.8 在下、起钻杆或探杆的过程中，应避免用力过猛，防止对探头、气电管路造成损坏。
- C.1.9 试验深度应以膜片中心为记录点，计深标尺设置在贯入主机上时，贯入深度应以探头、探杆入土的实际深度为准，每贯入3m~4m校核一次。固定试验平台不稳定时，应采取多次计量取平均值或待平台稳定后计量贯入深度。
- C.1.10 试验结束后应测量试验孔内地下水埋藏深度。在保证保护套管密封性有效的前提下，准确测量地下水的深度。

附录 D

(规范性)

海域十字板剪切试验要点

- D. 1.1 海域十字板剪切试验主要用于测定饱和软黏性土的不排水抗剪强度和灵敏度，测试深度一般不大于30m，试验应在固定平台上进行。
- D. 1.2 十字板头可根据不同土层情况选用，一般在软黏土中选用75mm×150mm的板头；在稍硬的土层中可选用50mm×100mm的板头为宜。
- D. 1.3 海域十字板剪切试验必须要保证试验探杆平直，用于前5m的探杆，其弯曲度不应大于0.05%，后续探杆的弯曲度不应大于1%；探杆两端螺纹轴线的同轴度公差应小于 $\phi 1\text{mm}$ ，探杆连接应有良好的互换性。探杆连接要密合、牢固。
- D. 1.4 海域十字板剪切试验基座必须保持垂直，试验孔对水平地面的垂直度偏差不应大于2%。
- D. 1.5 海域十字板剪切试验必须采取防止探杆弯曲的措施，尤其是固定试验平台面到海床、海床面的悬空段，宜采用多重套管技术对探杆进行保护。
- D. 1.6 试验前，需估算最大试验深度所需的反力大小，并在固定实验平台上进行相应配重。
- D. 1.7 与十字板探头传感器相连的电缆，应做好防水措施。
- D. 1.8 在下、起探杆和探头过程中，应避免用力过猛，防止对探头、电缆造成损坏。

附录 E
(资料性)
物探方法适用性选择表

探测项目			侧扫声纳法	海洋磁法	电磁感应法	水域地层剖面法	水域多道地震勘探法	瞬变电磁法
水下障碍物探测	裸露障碍物	磁性障碍物	++	++		+	-	-
		非磁性障碍物	++	-	-	+	-	-
	隐蔽障碍物	磁性障碍物	-	++	-	+	-	+
		非磁性障碍物	-	-	-	++	-	-
水下管线探测	裸露管线	金属管线	++	++	++	+	-	-
		非金属管线	++	-	-	+	-	-
	隐蔽管线	金属管线	-	++	++	++	-	+
		非金属管线	-	-	-	++	-	-
地质结构探测	探测地层厚度 < 200m		-	-	-	++	++	+
	探测地层厚度 ≥ 200m		-	-	-	+	++	-

注：“++”表示推荐方法；“+”表示辅助方法；“-”表示不推荐方法。

附录 F
(规范性)
隧道围岩基本分级

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)
	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	呈巨块状整体结构	围岩稳定,无坍塌
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
	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、软岩石互层;坚硬岩,岩体较破碎;较硬岩或软硬岩互层,岩体较完整	呈块石状镶嵌结构	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
	较软岩($15\text{MPa} < f_r \leq 30\text{MPa}$);受地质构造影响轻微,节理不发育;层状岩层为薄层、中厚层或厚层,层间结合良好或一般;较软岩,岩体完整	呈大块状砌体结构	
IV	坚硬岩和较硬岩:受地质构造影响极严重,节理发育;层状软弱面(或夹层)已基本破坏;坚硬岩,岩体破碎;较硬岩,岩体较破碎或破碎	呈碎石状压碎结构	拱部无支护时可产生较大的坍塌,侧壁有时失去稳定
	较软岩和软岩($5\text{MPa} < f_r \leq 15\text{MPa}$);受地质构造影响严重,节理较发育或发育;较软岩,岩体较完整或较破碎;软岩,岩体完整或较完整	呈块石、碎石状镶嵌结构	
	土体:具压密或成岩作用的黏性土、粉土及碎石土	呈大块状压密结构	
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
	土体:一般第四系的坚硬、硬塑的黏性土,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	非黏性土呈松散结构,黏性土呈松软状结构	
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
	土体:可塑、软塑状黏性土、饱和的粉土和砂类土等	黏性土呈易蠕动的松软结构,砂性土呈潮湿松散结构	

条文说明

1 范围

本条是对本规程适用范围的界定。本规程适用于近岸段及浅海段海域城市轨道交通建设的勘察及测量工作。

2 规范性引用文件

规程中规范性引用文件中的内容，通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。在总结借鉴大连市城市轨道交通工程在勘察、测量、设计、施工经验的基础上，参照GB 50307以及相关标准、规范和技术文件，编制了本规程。

3 术语和定义

针对本规程的适用术语和定义进行了明确，以便于城市轨道交通海域勘测工作的开展。

4 基本规定

4.1.1 海上工程建设的地质条件比较复杂，勘测工作需要循序渐进，逐步深入，各阶段工程勘测成果需满足相应设计阶段的工作深度要求。由于海上勘测受海上作业环境影响极大，为保证成果质量，应有足够的勘测周期。

海域岩土工程的地质钻探和测试环境复杂，受水域面积大、海浪、洋流、水深、台风的影响，各种钻探方法、原位测试方法、物探方法以及地质调查等工作难度较陆地大得多，必须采用宏观控制与微观揭示相结合的钻探、测试等方法获取各种地质资料。宏观上收集研究已有的地质资料和成果，通过地质遥感和调绘了解跨海区域的地质环境特征，论证评价工程地质条件。微观上对代表性点、线进行勘探和测试揭示岩土结构和物理力学特征。为弥补地质钻孔的局限性，还需采用海上地震反射、瞬变电磁(TEM)法、测井、孔内电视等新的技术手段，通过现场试验确定岩土参数。钻探及测试等勘察方法，应充分考虑潮汐、水深以及海洋环境的不良影响，以最大限度地保证地质勘察质量。

4.1.2 每个勘察项目的准备阶段，搜集已有资料的工作是不可或缺的程序，通过对搜集资料的分析、研究，达到明确勘察重点，合理布置勘察任务和正确评价建设场地岩土工程条件的目的。

4.1.3 城市轨道交通海域工程建设规模较大，建筑类型为地下工程及高架工程，地下工程可采用盾构法、矿山法、沉管法等施工方法，均为破坏后果很严重的重要工程，因此，城市轨道交通海域岩土工程勘察等级为一级。

地层透水性根据渗透系数按本规程第6.4.4条的规定划分，根据隧洞上覆岩土层的类型、厚度及岩土体的含水特性和渗透性，预测掘进时突水（泥）的可能性，综合评价地下水对工程影响程度。

4.1.5 地下工程围岩是指地层中受开挖作用影响，致使洞室周围一部分区域岩土体发生应力重分布的那一部分岩体，一般情况下，隧道开挖受施工影响最大的范围是2倍洞径之内。在勘察阶段进行围岩分级时，很多因素尚不能掌握，而且地层特性普遍在垂直和水平方向变化较大，围岩分级时，应结合地下水状态及隧道埋深等因素，并重点考虑1倍隧洞跨度范围内不良地质条件，进行综合判定。在隧道设计过程中，设计单位应根据设计需要对勘察单位提供的围岩分级进行复核修正。

由于勘探孔布点间距、勘察手段的局限性，勘察阶段围岩分级相对比较粗糙，其正确性和实际开挖的符合程度，都有待施工中的检验。因此，施工阶段应根据开挖暴露出来的地质状态进行修改设计，进行动态信息化施工。

4.1.6 根据国家标准GB 55017规定，工程勘察应评价地质条件可能造成的工程风险，提出防治措施的建议，提供设计所需的岩土参数，本规程予以体现。

4.1.7 海上勘测作业环境复杂，气候多变，影响作业安全的因素多，受风、雾、潮汐及海流影响较大，安全风险巨大，为管控作业安全风险，保障作业人员和设备安全，本条提出了海上作业需要遵守的安全生产方面的原则性规定。

4.1.9 勘察文件交底应当重点说明勘察文件中涉及工程安全质量的内容，并形成文字记录，由各方签字并盖章。

5 岩土工程勘察

5.1 一般规定

5.1.1 城市轨道交通海域工程建设阶段一般包括规划、可行性研究、总体设计、初步设计、施工图设计、工程施工、试运营等阶段。由于城市轨道交通海域工程投资巨大，地质、环境风险极高，建设各阶段对工程技术的要求高，各个阶段所着重解决的工程问题不同，对岩土工程勘察的资料深度要求也不同。如：规划阶段应规避对线路方案产生重大影响的地质和环境风险。在设计阶段应针对所有的岩土工程问题开展设计工作，并对各类环境提出保护方案。

岩土工程勘察应分阶段开展工作，符合人们对自然的认识规律，即由粗而细、由浅而深，不断深化，逐步认识沿线区域及场地的工程地质条件，准确提供不同阶段所需的岩土工程资料。特别在地质条件复杂地区，若不按阶段进行岩土工程勘察工作，轻则会造成返工浪费，给后期工作带来被动，重则可能会给工程造成重大损失或给运营线路留下诸多后患。

地铁工程沿线或场地附近存在对工程设计方案和施工有重大影响的不利地质条件，需要开展施工专项勘察查明地质条件，有重大影响的不利地质条件包括不良地质作用、特殊性岩土及复杂地层结构等。施工专项勘察应在专项设计及施工前开展。

施工补充勘察主要针对施工中出现工程地质问题开展针对性的勘察工作，提供地质资料，满足施工方案调整和控制风险的要求。

5.1.3 岩土工程勘察大纲是岩土工程勘察的指导性文件，搜集分析已有资料和现场踏勘是编制高质量岩土工程勘察大纲的基础。随着岩土工程勘察工作的深入，可能会发现新的问题，或设计要求发生变化，因此需根据实际情况随时调整工作内容和要求，以保证勘察工作质量，满足工程设计需要。

5.1.4 城市轨道交通海域勘察工作应综合考虑场地复杂程度和环境安全风险等级，在工作量布置、岩土工程评价、参数获取、工程措施建议等方面突出重点、区别对待。

5.2 可行性研究勘察

5.2.1 可行性研究勘察成果是城市轨道交通项目建设从岩土工程角度研究和论证方案可行性的依据，可行性研究勘察应针对可行性研究阶段的线路方案，对沿线场地典型地质条件进行勘察。

5.2.2 不良地质作用和特殊性岩土常常是影响城市轨道交通结构安全、经济投资和周边环境保护的重要因素，本阶段应重点研究影响线路方案的不利地质作用和特殊性岩土。

5.2.3 可行性研究勘察应搜集沿线已有地质资料，开展工程地质调查与测绘，了解沿线场地地质条件。对于搜集到的已有资料，应从可靠性、时效性等角度分析其可利用程度，确保搜集到的资料可靠、有效、

能为工程所用。应布置必要的勘探、取样、测试和试验工作，一方面能够用于弥补搜集资料在内容或深度上不足，另一方面能够用来验证搜集的资料。

5.2.4 轨道交通工程为线状工程，不良地质作用、特殊性岩土以及重要的工程周边环境决定了工程线路的敷设形式、线路走向、施工方法等方案的可行性，并影响着工程造价、工期及施工安全。

5.2.5 本条规定了可行性研究阶段勘察工作的勘探点布置要求。由于可行性研究阶段勘察所依据的线路方案一般都不稳定和具体，因此可行性研究阶段勘探点布置需要根据地质条件和场地实际情况灵活掌握。

5.2.6 实际工作中，可能会遇到岩层埋深很大或特殊性岩土厚度很大的情况。若勘探孔深度达到结构底板以下30m仍未满足技术要求时，视工程需要，报业主、设计等相关单位共同确定终孔深度。

5.2.8 基岩风化程度分类可参照现行国家标准GB 50307附录B执行，残积土作为岩石风化后的残积物，具有土的特性，可以把全风化岩顶面划分为基岩顶面。

5.3 初步勘察

5.3.1 初步勘察不仅应在可行性研究勘察成果基础上进一步查明沿线地质、水文和地基条件，还应针对拟选用或拟比选的线路敷设形式、基础及结构型式和施工方法开展工作，为初步设计阶段确定线路平面位置、敷设方式、施工方法、环境保护及大型工程技术风险控制的初步方案提供勘察依据。实际工作中，初步勘察成果常常还是土建工程招标设计和土建施工招标的依据，此时初步勘察成果还应满足上述招标要求。

5.3.3 城市轨道交通海域工程初步设计的地下工程为地下隧道，本条是在满足本规程5.3.2条的基础上，针对地下工程的特点提出的勘察要求。

水和土的腐蚀性评价方面，目前勘察规范与设计规范对于腐蚀性的判定和选用规则不一致：国家标准GB 50021规定，应分别评价水和土对于混凝土、混凝土结构中的钢筋的腐蚀性，腐蚀性等级共分为“微”、“弱”、“中等”和“强”四个等级；国家标准GB/T 50476等设计规范进行耐久性设计时，规定根据环境类别和环境作用等级进行耐久性设计，其中环境类别分为一般环境、冻融环境、海洋氯化物环境、除冰盐等其他氯化物环境和化学腐蚀环境共五类，各类环境类别下根据环境作用程度不同进一步区分等级，并根据环境作用等级开展耐久性设计。设计人员在具体工作中，应按照岩土工程勘察报告提供的水质分析、土的易溶盐分析成果，结合选用的规范、工程的具体特点和环境条件，判定结构耐久性设计所处的环境类型和作用等级。

5.3.4 勘探点间距应结合场地复杂程度考虑，对于简单场地勘探点间距宜取大值，对于复杂场地勘探点间距宜取小值。对于本规程涉及勘探点间距的其它条件，无特殊说明时均按本条说明执行。

5.3.5 考虑初步设计方案的不稳定性，初步勘察勘探孔深度应在当前设计方案的基础上适当增加，以满足后期方案调整及初勘勘探孔的可利用性。

5.3.6 大连地区城市轨道交通高架工程一般采用嵌岩桩，同时大连地区可溶岩分布范围广，勘探点位置不同揭露的地质条件可能存在较大差异，因此初步勘察勘探点宜布置在初拟墩位、桥柱范围内。

5.3.7 若第四系海积层或基岩风化岩厚度太大，或连续揭露溶洞、破碎带，勘探孔难以满足进入中等风化、微风化岩深度要求时，应由建设单位、设计单位和勘察单位共同研究后确定终孔深度。

5.3.8 由于同一工程地质单元的同一种土层的物理和力学性质存在差异，因此本条规定了每个工程地质单元主要岩土层的最少取样数量。鉴于初步勘察阶段岩土工程参数对于初步设计和土建工程招标的重要性，实际工作中，原则上可适当提高岩土层取样和试验数据的数量要求，不宜以最低数量要求来控制，防止取样和试验数量偏少造成初步勘察阶段岩土参数与后续勘察阶段差异过大引起设计方案和经济投资大的修改。

5.4 详细勘察

5.4.1 城市轨道交通海域工程可采用地下和高架两种结构型式。勘察时应针对场地条件和不同的结构形式、埋深及工程风险，选择合理的勘察的方法，并布置相应的工作量。本章按照线路不同的敷设形式即地下工程、高架工程提出勘察要求。

5.4.3 一般情况下勘察方法以钻探、取样、原位测试、室内试验为主，但在特殊情况下，如遇断裂、岩溶发育等不良地质条件下，物探可作为主要勘察方法之一。

5.4.4 本条阐述了详细勘察的目的。为了达到目的，应详细查明场地地质条件，分析评价地基、围岩稳定性、预测可能出现的岩土工程问题，结合工法提出地基基础、围岩加固与支护、地下水控制、周边环境保护方案等的措施和建议，并提供设计所需的岩土参数。

5.4.5 本条规定了城市轨道交通海域详细勘察的具体任务，对其中f、g、h款作以下说明：

1 城市轨道交通海域工程要穿越海域，因此地表水体是控制线路的重要因素，受地表水体影响，施工风险极高，处置不当易产生灾难性后果。因此查明地表水体的水深、水质及地表水与地下水的水力联系等，对工程施工安全风险控制十分重要。

2 大连周边海域多数存在层厚较大的淤积层、砂土层，同时大连抗震设防烈度为6度~8度，城市轨道交通建设和运营过程中，存在砂土液化和软土震陷隐患，因此勘察过程中查明砂土液化等级及软土震陷程度，对工程设计方案、造价及施工影响重大，对运营期工程安全风险控制十分重要。

5.4.6 城市轨道交通地下工程主要为隧道工程，除常规岩土物理力学参数外，基床系数、静止侧压力系数和电阻率等是城市轨道交通地下工程设计、施工所需要的重要岩土参数。

城市轨道交通地下工程在施工和运营期间，机械设备工作、行车及乘客会散发出大量的热量，若不及时通风排出，将逐日积蓄热量，在围岩中形成热套。因此需要测定围岩热物理指标，以作为通风设计的依据。

5.4.8 本条要求勘探点布置在隧道结构外侧，因为在隧道结构范围内钻探时，若封孔质量差，施工过程中勘探孔容易导致地表水和地下水贯通或透水，甚至引发海水灌入隧道，给施工止水造成困难，给工程安全带来隐患。若工程需要必须在隧道结构范围内布置勘探孔时，应确保封孔质量。

大连地区以丘陵地貌为主，基岩地质构造作用较强烈，地质条件复杂，且可溶岩区分布广泛，以往轨道交通岩土工程勘察及施工过程中常常发现，同一里程左、右线的地质条件存在较大差异，因此，本条规定详细勘察阶段根据左、右线间距不同采用不同的勘探点布置方法，并且要求单线隧道左、右线应分别绘制地质纵剖面图，地质剖面图上相邻勘探点沿线路中心线投影间距为勘探点间距。

本条要求相比于国家标准GB 50307的勘探点间距作出了更严格的规定，主要是考虑海域工程施工难度及风险更大，对勘察资料的精准度要求更高，同时大连地区的复杂地质条件，结合以往工程实际经验教训进行适当调整。

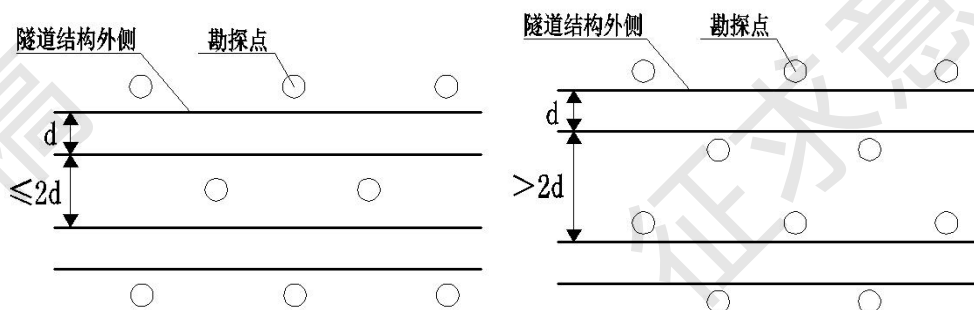


图1 单线暗挖隧道勘探点布置示意图

5.4.9 本条是根据大连地质条件，结合大连在建及已建成的海底隧道等工程勘察经验，给出了勘探孔深度的确定要求。由于城市轨道交通地下工程受各种因素的制约，埋置深度往往在施工图设计阶段还需进行调整，因此勘探孔深度相比一般地下工程适当加深。

5.4.10、5.4.11 对特大桥的主桥，本规程仅规定每个墩台勘探孔数量的下限值（不应少于2个），应根据墩台形状、尺寸及岩土条件复杂程度，按钻孔间距并结合桩基方案布置勘探孔，端承桩勘探点间距宜为12m~24m。城市轨道交通海域高架工程对结构沉降控制较为严格，一般采用桩基方案，因此勘察工作重点针对桩基方案进行，关于桩基方案的勘察要求及评价可参照行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 执行。

5.4.12 本条在岩土试样采取数量和原位测试数量方面，相比国家标准GB 50307更加严格。由于海域勘察为水上作业，受水深影勘探孔深度一般较深，原位测试的杆长修正系数过大，对于测试结果影响较大，因此，应当采取更多的岩土试样进行室内试验，使岩土层参数更接近实际。

5.4.13 岩土试样的采取应考虑设计计算的要求，在对工程有影响的范围内采取，如地下工程取样重点应为隧道上、下各一倍洞径范围。

5.4.15 本条原位测试项目及数量为地下工程具体要求，对于高架工程应按设计技术要求及相关规范执行。

5.5 施工勘察

5.5.1 城市轨道交通工程尤其是地下工程经常发生因地质条件变化而产生的施工安全事故，因此施工阶段的勘察非常重要。施工阶段的勘察主要包括施工前的专项勘察工作以及施工中的补充勘察工作。

5.5.2 工程场地存在对设计方案和施工有重大影响的岩土工程问题，且详细勘察阶段难以查清时，需开展施工专项勘察加以查明。大连市岩溶不良地质发育，对城市轨道交通施工影响很大，大连城市轨道交通工程在施工阶段针对岩溶区，采用跨孔 CT 物探施工勘察，即在详细勘察阶段揭露溶的勘探孔周围布置岩溶专项勘察勘探点，或是在岩溶发育地段沿线路连续布设岩溶专项勘察勘探点，并在钻探工作完成后进行跨孔 CT 物探，进一步查明岩溶发育的空间形态、充填状态。

6 海洋水文勘测

6.1 一般规定

6.1.1 本条规定了城市轨道交通海域工程水文勘测设计的任务，要求使水文勘测成果科学、经济合理，并要保证工程在设计条件下安全运行。

6.1.2 工程海域缺乏实测水文资料时，可以根据工程情况及时开展水文观测和水文调查。海洋水文观测工作应该积极采用新技术和新方法。

6.2 水文调查与观测

6.2.2 本条是关于城市轨道交通海域工程海洋水文资料调查与搜集的内容要求，是根据工程设计需要提出，涵盖了潮位、波浪、海流、泥沙、海床演变等资料调查与搜集的内容。

6.3 水文地质勘察

6.3.1 本条是城市轨道交通海域工程水文地质勘察的基本要求。由于含水层分布和透水性的复杂性，在勘察中不但要查明稳定含水层分布规律，还应查明地下含水透镜体的分布。对其中条款作如下说明。

条款c，城市轨道交通海域地下工程勘察一般通过现场勘察、试验取得具体水文地质参数。

条款d，预测隧道施工中的可能集中涌水段、点的位置和涌水量及其对围岩稳定性的影响是极其重要的。所谓集中涌水，国内尚无量的规定。

集中涌水段或点在施工过程中可能发生的最大涌水量和正常涌水量的预测方法，目前国内外尚无固定的计算模型，主要根据地质、水文地质条件综合分析确定。

6.3.2 考虑到城市轨道交通海域工程一般呈线状分布，水文地质钻孔、抽水试验孔等布置，应能揭示场地水文地质条件、控制各含水层的空间分布，为不同的施工工法进行地下水控制设计提供可靠依据。

观测孔与抽水试验井之间应有一定的间距，主要是尽量避免抽水井周围三维流和紊流的影响。观测孔的平面布置，一般沿垂直于地下水流向布置一条观测线；如布置两条观测线时，其中一条要求平行于地下水流向布置，主要是为了测定含水层不同方向的非均质性或确定不同方向的影响半径。

6.4 水文地质参数

6.4.1 水文地质试验方法包括抽水试验、压水试验。具体工程勘察中，应根据地层、岩性、地下水的赋存状态、含水层的透水性、工程建设内容和重要性、地下水控制方法等条件，明确所需水文地质参数及其测定方法，表1是各种水文地质参数常用的测试方法。

表 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
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

采用计算法求影响半径时，表 2 列出了常用的计算公式：

表 2 影响半径计算公式

计算公式		适用条件	备注
潜水	承压水		
$lgR = \frac{s_w(2H-s_w)lgr_1-s_1(2H-s_1)lgr_1}{(s_w-s_1)(2H-s_w-s_1)}$	$lgR = \frac{s_wlgr_1-s_1lgr_w}{s_w-s_1}$	1 完整井 2 一个观测孔	结果偏大
$lgR = \frac{s_1(2H-s_1)lgr_2-s_2(2H-s_2)lgr_1}{(s_1-s_2)(2H-s_1-s_2)}$	$lgR = \frac{s_1lgr_2-s_2lgr_1}{s_1-s_2}$	两个观测孔	精度可靠
$lgR = \frac{1.366k(2H-s_w)s_w}{Q} lgr_w$	$lgR = \frac{2.73kMs_w}{Q} + lgr_w$	单孔	一般偏大
$R = 2s\sqrt{Hk}$	$R = 10s\sqrt{k}$	单孔	概略计算

6.4.2 欧美地区为了精确地测定地下水压力，通常要安装专门的水压力计，长时间测量地下水压力可能随季节、潮汐或其它因素的变化。由于观察观测孔水位简单直观且成本经济，我国勘察普遍采用观测地下水水位的方法向设计提供水压力计算依据。

多层地下水分层水位的量测，尤其是承压水水头的观测，对隧道设计与施工十分重要。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，如果无法取得准确的各层水水位，且地下水对工程建设有重大影响时，需要设置分层观测孔。

6.4.3 地下水渗入钻孔中至水位稳定的过程，实质是地层中的孔隙水压力与钻孔内水位压力逐渐平衡的过程。地层中的地下水流速取决于渗透系数，对于不同地层，观测钻孔水位前应留置足够的时间，确保钻孔水位趋于稳定。

6.4.4 在城市轨道交通海域工程岩土工程勘察工作中一般采用抽水试验、压水试验等现场测试方法确定渗透系数。表2的渗透系数经验值可供参考。渗透系数大于200m/d的含水层，地下水量往往很大，在这

类地层中进行施工降水时，常配合采用堵水、截水等方法才能满足设计和施工要求，所以本规程中特别列出“特强透水”一类。

表3 岩石的渗透系数经验值

岩土名称	渗透系数 k	
	(m/d)	(cm/s)
黏土	<0.001	$<1.2 \times 10^{-6}$
粉质黏土	0.001~0.10	$1.2 \times 10^{-6} \sim 6.0 \times 10^{-4}$
粉土	0.10~0.50	$1.2 \times 10^{-4} \sim 6.0 \times 10^{-4}$
粉砂	0.50~1.0	$6.0 \times 10^{-4} \sim 1.2 \times 10^{-3}$
细砂	1.0~5.0	$1.2 \times 10^{-3} \sim 6.0 \times 10^{-3}$
中砂	5.0~20.0	$6.0 \times 10^{-3} \sim 2.4 \times 10^{-2}$
均质中砂	35.0~50.0	$4.0 \times 10^{-2} \sim 6.0 \times 10^{-2}$
粗砂	20.0~50.0	$2.4 \times 10^{-2} \sim 6.0 \times 10^{-2}$
均质粗砂	60.0~75.0	$7.0 \times 10^{-2} \sim 8.6 \times 10^{-2}$
圆砾	50.0~100.0	$6.0 \times 10^{-2} \sim 1.2 \times 10^{-1}$
卵石	100.0~500.0	$1.2 \times 10^{-1} \sim 6.0 \times 10^{-1}$
无充填的卵石	500.0~1000.0	$6.0 \times 10^{-1} \sim 1.2$
稍有裂隙岩石	20.0~60.0	$2.4 \times 10^{-2} \sim 7.0 \times 10^{-2}$
裂隙多的岩石	>60.0	$>7.0 \times 10^{-2}$

松散类岩土给水度可参考表4的经验值。

表4 岩土给水度的经验值

岩土名称	给水度
粉砂与黏土	0.100~0.150
细砂与泥质砂	0.150~0.200
粉砂与黏土	0.200~0.250
粗砂及砾砂	0.250~0.350
基岩裂隙	0.008~0.100

目前，因水文地质条件的复杂性，且影响因素多样，水文地质参数计算的经验和公式还不够成熟，在实际选择计算方法和计算公式时，应根据具体的水文地质条件和计算公式的适用范围合理选用计算公式，结合地区经验用多种方法计算对比，避免盲目套用。

实践证明，利用观测孔水位资料计算渗透系数，比较符合地下水层流运动的假设条件，所计算的参数较符合实际。

6.4.5、6.4.6 城市轨道交通海域工程往往埋深大，地表水体丰富，地下水控制是决定工程成败的关键，因此需要在现场布置一定数量的抽水试验孔，特别是水文地质条件较复杂的场地，通过现场试验获取可靠的参数，满足地下水控制设计与施工的需要。

7 工程测量

7.1 一般规定

7.1.2 海底地形测图比例尺及测图范围应满足设计要求，提供线路附近区域内海底地形状态，为不同设计阶段提供地形状态依据。

7.1.3 大连已有的和在建的城市轨道交通系统均采用大连城建坐标系，所以平面坐标系的选择应和大连城建坐标系相一致，并与2000国家大地坐标系（CGCS2000）建立转换关系，同一项目各阶段坐标系应保持一致，避免坐标换算时的麻烦或坐标改化引起的精度损失。

7.1.4 目前大连轨道交通建设均采用1985国家高程基准。

7.1.5 不同的测图比例尺及平面控制测量精度，结合相关规范标准要求，确定平面控制测量精度要求。

7.1.6 高程控制测量精度指标结合相关规范标准要求，验潮站的工作水准点、水尺零点精度，应符合国家标准GB 50026四等水准测量精度的要求；海岸地形测量的高程控制点精度，应符合国家标准GB 50026五等水准测量精度的要求。

7.1.7 水深测量中定位点精度要求结合国家标准GB/T 17501确定。

7.1.9 投影、分幅采用统一投影、分幅标准，与大连市城建所采用的标准相一致。

7.2 平面控制测量

7.2.1 在平面控制测量前，应搜集测区已有的控制测量点成果资料。在轨道交通建设项目中，平面及高程控制网基本测量完毕，所以海底地形测量工程可采用线路控制网或线路加密控制网布设精密导线网作为海底地形测绘的平面控制网，本规程平面控制网等级划分是根据《工程测量标准》GB 50026，逐级划分为一级、二级和三级三个级别。

7.2.2 随着科学技术的发展，测量仪器和计算手段都得到了相应提高，因此平面控制网在保证精度要求的条件下可跨级布设，只要满足工程项目的精度要求即可。

7.2.3 平面控制点测量方法根据国家标准GB 50026，可采用电磁波测距导线测量和导航卫星定位系统（GNSS）的测量方法。

7.2.4 导线测量主要技术指标根据国家标准GB 50026相关要求执行，实践证明，采用高精度的全站仪、电磁波测距仪和测角仪器，用较完善的观测方法，测距精度很高，往往横向精度是影响导线精度的主要因素，若在导线中部联测高级方向作为方位角校核和控制，可以大大提高导线的精度。因而，规定了在这种情况下，导线的平均边长和总长可适当放宽，最大不应超过规定2倍。

7.2.5 依据国家标准GB 50026有关要求，增加了约束点间的边长相对中误差和约束平差后最弱边相对中误差以及对平均边长的要求。

7.2.6 这部分内容主要是参考了现行测绘行业标准CH/T 2009的相关规定进行了补充。

测量提供的是WGS-84坐标系中的坐标，为了进行坐标转换，在平面上需求出平移参数和旋转参数，因导航卫星定位系统（GNSS）测量的尺度与地方坐标系的尺度常有差别，因此还需求出尺度转换参数。为此需要有不少于3个GNSS点（其中1个为校核点），其地方坐标是已知的，要求已知点均匀分布在测区中是为了保证转换参数求解的质量。在条件允许的情况下以第3个已知点与待定点构成闭合环，以检核成果精度。

导航卫星定位系统（GNSS）测量精度高、速度快，宜直接布成全面网。由于GNSS测量是测定待定点之间的坐标增量，只要精度满足要求也可以不布设网形。但为了有检核，保证成果的可靠性，需要有一定数量的多余观测，多余观测越多，发现粗差的能力越大，成果越可靠，多余观测尽量均匀地分布在网中，为了保证质量、控制成本，条文中规定了各级控制网闭合环的边数。GNSS的图形布设通常有点连式、边连式、网连式及边点混合连接四种基本方式。选择什么样的网，取决于工程所要求的精度、野外条件和接收机台数等因素。

7.2.7 在常规导航卫星定位系统（GNSS）测量静态平面控制测量的基础上，增加了实时载波相位差分（RTK）测量技术要求。

RTK测量的必要条件是基准站的数据能够准确及时地传送给流动站，即数据链的通讯必须满足一定要求。数据链的传输有很多方式，可以采用卫星通讯、微波通讯、短波通讯、高频通讯、GPRSCDMA等等，卫星通讯也可视为卫星广域差分，其平面定位精度很高。

7.3 高程控制测量

7.3.1 大连轨道交通建设通常采用1985国家高程基准，高程控制网等级划分采用国家标准GB 50026的等级系列。

7.3.2 测区首级高程控制网等级的确定，一般根据工程规模或控制面积、测图比例尺或用途及高程网的布设层次等因素综合考虑。验潮站主要水准点纳入首级网是为了保证水位控制的精度，以利于后续水深测量时的水位改正计算以及深度基准与高程基准的有效衔接。

7.3.3 高程控制点数及间距的规定，是根据历年来工程实践经验总结出来的。考虑了工程测量精度的要求并尽可能做到经济合理。

7.3.4~7.3.9 五等水准路线最大长度依据三、四等水准路线长度比例，并考虑加密五等高程有足够的精度，推算而得45km。水准测量采用每千米高差全中误差的精度系列与国家标准GB/T 12898相同。电磁波测距三角高程测量的主要技术要求参照了国家标准GB 50026提出。

7.3.11 对于一般测量单位而言，由于无法获得高精度的似大地水准面精化模型，主要是根据联测的水准资料利用一定的数学模型拟合推求似大地水准面，最常见是用实时载波相位差分(RTK)测量进行动态测量，为稳妥安全，GNSS拟合高程测量精度定为五等。

7.4 海底地形测量

7.4.1 采用卫星定位测量技术对测深点进行定位，已得到广泛的应用，水深测量通常采用有模拟记录的单波束回声测深仪或多波束测深系统。

7.4.2 表注中的精度要求低，通常是指在深水区的小比例尺测图的情形，精度与水深成反比，水下地形地貌条件复杂是指水下地形起伏变化多样、不规则等情况。

7.4.3 测深断面布设需根据工程用途和水深测量的方式确定单波束测深断面间距和测深点间距，这里只做最大值规定，多波束断面间距需根据地形、水深和重叠度计算。

7.4.4 水上作业本身就具有一定的危险性，而在水下环境复杂的区域作业时，必须掌握潜在的危险因素，并做好安全应急措施，大风大浪中作业危险因素加剧，测量精度也无法保证，因此必须停止水上测量作业。

7.4.5 水尺设置的原则：所设的水尺对水位变化的范围能做到有效的控制，且相邻水尺的控制范围要有适当的重叠，水位观测资料要能充分反映全测区水位的变化，所以当水尺的控制范围不能重叠时，要求增设水尺。

7.4.6 水位观测为了与水深测量精度相匹配，并略高于其精度，对于水尺零点高程的联测，要求不低于五等水准测量精度的规定是适宜的。

7.4.7 对单波束回声测深仪作业规定说明如下：

1 对于工作时电压与额定电压及实际转速与规定转速之差的变动范围，这里仅做了一般性规定。作业时，还要按仪器说明书（鉴定书）为依据，适当调整。

2 换能器安装位置的规定，主要是要求尽量避免因船体运动（摇晃）而产生的干扰。船首附近受水流冲击影响较大，也容易在换能器底部产生气泡。故将换能器安装在距船头 $1/3\sim 1/2$ 船长处是比较合适的。

3 对于坡度变化较大的水下地形，如果定位中心与换能器中心偏移较大将导致所测的水深图失真，影响成图质量，因此必须进行偏心改正。

4 根据实践经验及有关资料，测船因风浪造成的摇动大小，取决于风浪的强弱及测船的抗风性能，而测深仪记录纸上回声线的起伏变化可反映出其对测深的影响。当起伏变化不大时，风浪对测深精度影响不大，则正常作业。如记录纸上出现有0.4m~0.5m的锯齿形变化时，实际水面浪高一般将超出其值1倍到2倍，此时船身大幅度摇动，直接造成换能器入水深度变化较大，引起测深误差较大，需暂停测深作业，并按海上和内河船舶的抗风能力，分别给出了内陆水域和海域不同的回声线波形起伏限值。

7.4.8 本条为多波束测深系统的仪器设备安装、校准、精度检核和作业的基本规定。具体要求按行业标准JTS 131执行。

7.4.11 卫星定位测深点位置的要求说明如下：

1 技术要求主要是考虑国家标准GB 50026的内容，并根据国家标准GB 12327和行业标准JTS 131等的有关规定而提出的，着重考虑了水深测量实际需要及目前卫星定位接收机现状。

2 在控制点上对流动站卫星定位接收机进行检验和比对时间的长短，以能判断接收机可稳定接收数据并能测出（或解算出）坐标为原则。

3 由于接收机与测深仪是两种类型的仪器，即接收机用于点位测量，测深仪用于水深测量。两种仪器采集到的数据进入计算机时，需保持同步。

8 工程物探

8.1 一般规定

8.1.1 由于探测对象具有多种物理性质，根据与相邻介质的不同物性差异、地形、地质条件选择两种或两种以上有效的物探方法，相互补充、相互印证可以减少物探的多解性，取得好的物探效果，因此，宜采用综合物探。

8.1.2 物探的计划编制通过搜集资料和现场踏勘，在掌握了场地的地形、地质和物性特征的基础上进行，计划主要内容包括：方法选择、测网布置、工作量、投入的设备和人力资源、工期等。

资料解释是对物探异常的分析 and 判释，根据勘探目的，在既有地质资料基础上进行，包括必要的数据处理、干扰异常剔除、形成异常的可能地质原因分析和地质体的形态特征判释。

8.1.3 物探是通过探测地质体的物理场的分布特征来推断工程地质条件，因此需要探测对象与相邻介质存在物性差异，并且该物性差异能够被现有仪器设备探测识别。

8.1.5 由于物探测网的布置通常受到地形条件的限制，故要求测网密度“保证异常的连续、完整、和便于追踪”，并能适用于综合物探的开展。测线位置可根据地质任务、工作性质、勘查对象和地形地貌合理选择：

- 1 避开地形及其它干扰的影响；
- 2 测线尽可能与已知地质、物探、钻探勘查剖面重合；
- 3 测线、测点号编排采用相同规律，点线号建议按线路前进方向、从左到右的顺序编排；测线方向尽可能垂直于探测主要地质目标体的走向；
- 4 测线沿线路方向布置，根据异常情况合理布置横测线。

8.1.6 根据物探工作特点，参照工程测量标准及海洋工程地形测量规范对工程物探测点、测线测量及精度作出规定。

8.1.7 为了获得优质的物探原始数据，本条规定了数据采集要求，实际工作中必须遵守。

8.1.8 本条规定了物探成果应包含的主要内容。

8.2 地质结构探测

8.2.1 本条列举了水下地质结构探测常用物探方法，具体实施时根据地质情况合理选择。

8.2.2 本条对采用水域地层剖面法探测地质结构做了规定。

1 进行地层分层探测，主测线与地质勘探线或其他物探方法的测线重合以便综合分析；进行地质构造探测，主测线垂直于地质构造走向目的是为了在反射时间剖面图上取得最明显的异常反映；布置联络测线的主要目的是进行面积勘探和提高成果精度。

2 采用浅地层剖面仪探测海底地质结构，一般以电声和电磁脉冲作为震源，主频一般为3.5kHz~15kHz，探测地层厚度一般不超过30m；采用中地层剖面仪探测海底地质结构，以电火花作为震源，主频一般为200Hz~5kHz，探测地层厚度一般不超过200m。

3 拖曳式声源和水听器阵应拖曳于船尾涡流区外的目的是为了避开尾流和螺旋桨空化引起的干扰。

8.2.3 水域多道地震勘探法采用多次覆盖方法,可以采用叠加等技术手段压制干扰,提高信噪比。覆盖次数和采集道数有关,采集道数越多,可实现的叠加次数相应也越多,探测分辨率也得到了提高。

8.3 水下障碍物探测

8.3.1 本条列举了水下障碍物探测常用物探方法,具体实施时根据障碍物情况合理选择。

8.3.2~8.3.3条规定了海洋磁法数据采集要求,实际操作时应严格遵守。

8.4 水下管线探测

8.4.1 本条规定了水下管线探测采用方法,具体实施时根据管线情况合理选择。

8.4.2 本条规定了电磁感应法探测水下管线时的具体要求,具体实施时根据管线情况合理选择。

8.4.4 本条规定了侧扫声纳法和多波束数据采集要求,具体实施应严格执行。

9 不良地质条件勘察

9.1 一般规定

9.1.1 根据《城市轨道交通工程地质风险控制技术指南》(住房和城乡建设部,2020年9月)规定,不良地质条件是指工程建设中常见的不良地质作用、特殊性岩土及复杂地层结构。大连海域城市轨道交通建设重点关注的不良地质作用主要为岩溶;重点关注的特殊性岩土主要为软土、富水砂层、卵石地层及风化岩与残积土;重点关注的复杂地层结构主要为复合地层。

不良地质条件对城市轨道交通工程的设计施工方案、工程安全、工程造价及建设工期等会产生重大影响,同时不良地质条件随时空变化,伴随在工程建设和运营全过程中,因此,应对不良地质条件进行针对性勘察工作,以达到聚焦具体工程风险、精准控制工程风险的目的。

9.2 岩溶

9.2.1 岩溶也称喀斯特,是指可溶性岩石在水的溶蚀作用下,产生的各种地质作用、形态和现象的总称,可溶性岩石包括石灰岩、白云岩等。

大连市可溶岩广泛分布于沿海区域,已修建城市轨道交通的城市岩溶埋藏条件大部分为覆盖型。岩溶不良地质作用对工程建设的影响很大,是需要认真控制的主要地质风险因素。大连地铁5号线跨海段积累了一定的城市轨道交通海域建设经验,并认识到加强岩溶地质勘察的重要性。

可溶岩基岩面起伏难以预测,基岩中发育溶洞裂隙,常规详细勘察工作完成后,无法确定隐伏溶洞的具体位置,为了工程风险管控及避免影响工期。因此,施工阶段岩溶专项勘察应在专项设计及施工前开展。

9.2.2 岩溶发育程度分级主要参考了现行国家标准GB/T 51238。城市轨道交通工程为线性交通工程,岩溶发育对工程建设与运营安全维护影响大,本规程按不低于国标原则,结合工程实际情况从严考虑。

现行国家标准GB/T 51238条文说明还提供了单位涌水量的岩溶发育程度分级指标:大于1(L/m.s)为岩溶强发育,0.1~1(L/m.s)为岩溶中等发育,小于0.1(L/m.s)为岩溶弱发育,但未提供单位涌水量的测量标准。

9.2.3 根据城市轨道交通勘察特点,本条对各设计阶段岩溶勘察要点作出了具体规定,具体实施时应针对本条开展勘察工作。

实际工作中,当工程问题较复杂时,施工阶段钻探资料与初、详勘资料的整合分析,建设单位往往要求掌握场地地质情况、技术力量较强的详勘单位来处理。同时由于岩溶发育的特殊性等因素影响,实际工程中不同勘察单位、不同勘察阶段的勘察结果有可能出现认识上的差异。为了尽量减少协调处理工

作，保持技术标准的连续性，同时由于详勘单位最终为五方责任制的验收主体，避免责任的分歧，施工阶段勘察宜由详勘单位实施。

9.2.4、9.2.5条规定了钻孔间距，海上现场作业条件极为复杂，很难准确进行钻孔间距定位，勘探点平面布置可根据场地环境条件进行调整，并应实测孔口坐标。

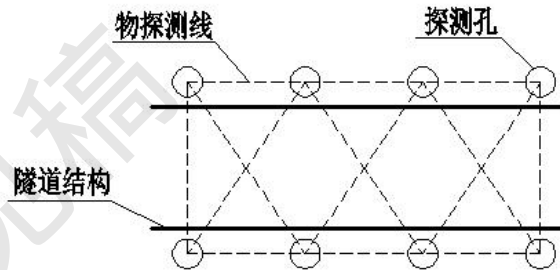


图2 双线暗挖隧道岩溶专项勘察探测孔布置示意图

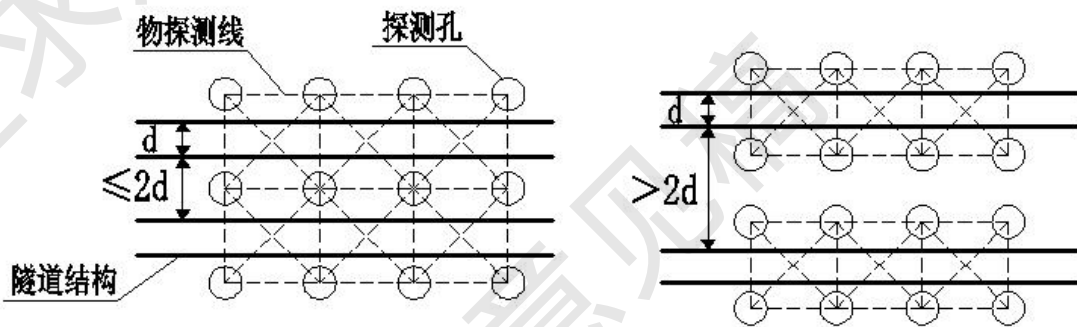


图3 单线暗挖隧道岩溶专项勘察探测孔布置示意图

9.2.6 管波探测法的工作方法，就是在施工钻孔中利用一种叫做“管波”的物理波作为探测物理场，探测孔内周围一定范围内的溶洞、溶蚀、裂隙、软弱夹层等不良地质体的孔中物探方法，是一种一发一收、固定收发距离的单孔测试装置。岩溶发育地区，在施工勘察阶段，当采用大直径嵌岩桩时，管波探测法可在桩位中的一个超前钻孔中开展工作，即可探明以钻孔为中心、半径为半波长范围内的溶洞、溶蚀裂隙、软弱夹层等不良地质体的发育程度，探测半径可达2.0m。该方法可以探测桩位持力层完整性及岩溶发育情况，有效规避桩底溶洞、半边嵌岩等地质风险，避免了“一孔之见”的问题。

9.2.7 海域岩溶区地下水活动、洞体稳定性等城市轨道交通建设影响很大。进行勘察成果分析与评价时，需阐明岩溶的空间分布、发育程度等情况，应在此基础上分析和评估岩溶地下水、洞体稳定性的影响，提示岩溶地质条件可能造成的工程风险。

发育有岩溶的岩体属特殊围岩，在勘察阶段很难进行准确围岩分级。由于中等发育和强发育岩溶存在，在实际施工时施工安全经常饱受考验和威胁，甚至留下运营安全隐患。划分岩溶围岩级别，特别在隧道施工阶段对所揭露的岩溶岩体要有一个客观定量的分析或级别修正。

9.3 软土

9.3.1 海域软土普遍分布，软土地层对城市轨道交通建设影响很大。进行勘察成果分析与评价时，需阐明软土的空间分布、地下水水力联系等情况，应在此基础上分析和评估软土可能造成的工程风险。软土的分类标准见表5所示。

表5 软土的分类标准

土的名称	划分标准	备注
------	------	----

淤泥	$e \geq 1.5, IL > 1$	e —天然孔隙比 IL —液性指数 Wu —有机质含量
淤泥质土	$1.5 > e \geq 1.0, IL > 1$	
泥炭	$Wu > 60\%$	
泥炭质土	$10\% < Wu \leq 60\%$	

9.3.2 软土的物理力学特性如下：

1 天然含水量大。软土液限一般在40%~60%，天然含水量大于35%，饱和度大于95%。软土的天然含水量虽然大于液限，呈软塑或半流塑状态，但只要不被破坏扰动，仍可处于软塑状态，而一经扰动，土的结构受到破坏，将立即变成流塑状态。

2 孔隙比大。软土的孔隙比大于1.0，一般介于1.0~2.0之间，最大可超过2.0，山区的软土可能还要大些。

3 透水性差。软土的含水量虽然很高，但透水性能很差，特别是垂直向透水性更差，垂直向渗透系数一般在 $i \times (10^{-6} \sim 10^{-8})$ cm/s之间，属微透水或不透土层。一般砂层软土渗透性高于淤泥质软土，可以通过降水工程改善其土层物理特性，有利于施工安全性。

4 高压缩性。软土属高压缩性土，压缩系数 a_{1-2} 一般大于 0.5MPa^{-1} ，且其压缩变形大部分发生在垂直压力为 0.1MPa 左右时。

5 触变性。软土经扰动由可塑状态转变为流动（流塑）状态的特性称为触变性。软土一经扰动，其强度降低（但在静置一段时间后，土粒与水分子等重新排列，恢复絮凝结构，强度又可得恢复）。

6 流变性（蠕变性）。软土在荷载长期作用下，压缩变形有随时间延长而增长的特性叫流变性。一般流变速度很小，每年只移动几厘米，但持续时间很长，有的持续达数十年。在剪切力作用下，土体长期出现缓慢的剪切变形，这对建筑物地基的沉降有较大影响。

7 不均匀性。由于沉积环境的变化，土质均匀性差。例如三角洲相、河漫滩相软土常夹有粉土或粉砂薄层，具有明显的微层理构造，水平向渗透性常好于垂直向渗透性。湖泊相、沼泽相软土常在淤泥或淤泥质土层中夹有厚度不等的泥炭或泥炭质土薄层或透镜体。作为建筑物地基极易产生不均匀沉降。

8 抗剪强度低。软土的抗剪强度很低。不排水剪切时，内摩擦角 $\phi=0$ ，黏聚力 c 一般小于 20kPa ，排水固结条件下， $\phi=10^\circ \sim 15^\circ$ ， $c=20 \text{kPa}$ 左右。当然抗剪强度的大小与施加荷载的速度和排水固结条件有关。

9.3.5 软土对工程结构可能产生以下不利影响：

- 1 由于软土强度较低，一般不宜直接作为建筑地基。
- 2 当软土为天然地基或软土地基处理不到位时，建筑物会有不均匀沉降、倾斜等风险。
- 3 软土地基上的隧道结构，在周边有工程施工扰动的情况下，可能出现隧道变形、沉降、隆起的风险。
- 4 当地表堆载过大时，可能导致软土地基上的隧道结构发生椭圆、开裂、渗漏等风险。

9.4 富水砂层

9.4.1 富水砂层是指富含地下水的粗砂、中砂、细砂、粉砂和砂质粉土地层。其中，以粉细砂为主的富水砂层施工风险较大。

富水砂层的工程特性是砂层松散、地下水丰富、自稳性差、流动性强、震动条件下易液化，开挖过程极易出现突水涌砂和坍塌。

9.4.4 富水砂层对工程结构可能产生以下不利影响：

- 1 富水砂层尤其液化地层，衬砌有不均匀沉降和管片渗漏水可能性。
- 2 富水粉细砂层或者液化土层水位较高时，可能引发管片上浮。
- 3 砂层液化时，应分析液化工况下对隧道结构抗浮和土层强度产生不利影响。

9.5 卵石地层

9.5.1 卵石地层是指在天然土层中，以卵石、砾石为主，含有砂土及少量粘性土的粗碎屑堆积物。天然卵砾石层是由大小不一的颗粒所构成的。卵石地层具有砾石强度高、地层渗透性强、局部含有大粒径漂石、石英长石等硬质矿物含量大等特点。卵石勘探应考虑下列问题：

1 卵石地层常规钻探工艺取芯率不高，导致取出的岩芯代表性不强，容易漏失砂层及漂石透镜体等关键地层。因此建议选取先进的钻探工艺和护壁工艺，以提高取芯率。

2 大连地域的海域勘察多以钻探船为主，受作业条件限制，现场直接剪切试验及载荷试验无法实施，因此原位测试应以圆锥动力触探试验及波速测试为主。若暗挖隧道穿越卵石地层，应通过颗粒分析查明卵石的级配组成，通过卵石点荷载试验查明卵石强度。

9.5.4 卵石地层对工程结构可能产生以下不利影响：

1 由于卵砾石地层具有粒径大、渗透性强、孔隙大且联通等工程特点。卵砾石层颗粒之间一般无胶结、无粘聚力，结构相对松散，颗粒大小不同，大颗粒卵石对围岩稳定性影响很大，是一种典型的力学结构不稳定地层。由于地层渗透性大，无法平衡地层压力，水稻施工及桩基施工时存在泥浆严重渗漏的风险，严重时会出现涌水、坍塌、塌孔、地面沉降等风险。

2 卵砾石地层中的卵砾石具有强度高、硬度大、耐磨性好等特点。当卵石粒径大且强度较高时，既难以破碎又无法直接取出，导致施工难度增加，机具磨损严重，更换频繁，而且可能会出现机具损毁的施工风险。

4 卵砾石地层具有粒径大、密实度高、硬度高等工程特性，在此类地层中施工桩基时，很难控制桩的垂直度。混凝土灌注过程中孔壁易坍塌，由于卵砾石地层颗粒之间的孔隙大且连通、渗透性强，一旦发生渗漏，地下水迅速补给，给工程施工带来比较大的风险和隐患。

9.6 风化岩与残积土

9.6.1 风化岩是指岩石在风化营力等作用下，使其结构、成分、性质产生不同程度变异的岩石。岩石已完成风化而未经搬运的称为残积土。风化地层特征如下：

- 1 残积层、全风化层塑性指数低，遇水崩解。
- 2 强、中风化层渗透系数大，容易具承压性。
- 3 残积层、全风化层、强风化层往往有风化核(孤石)存在。

9.6.4 风化岩及残积土对工程结构可能产生以下不利影响：

- 1 结构设计应分析地下水对结构的渗透作用，判断结构渗漏的可能性。
- 2 风化岩渗透系数大，容易具承压性，对主体结构防水体系影响较大，主体结构施工过程中导致结构发生上浮或不均匀沉降变化。
- 3 残积层、全风化层、强风化层往往有风化核(孤石)及风化夹层，对施工影响较大。

9.7 复合地层

9.7.1 复合地层是指在地下隧道工程开挖断面范围内和开挖延伸方向上，由两种或两种以上不同地层组成，且这些地层的工程地质和水文地质等特征相差悬殊，不同地层的变化可能很突然，不经过任何过渡阶段。复合地层的组合方式多样，典型地层组合形式包括：

- 1 隧道开挖面上部为软土、粉土、富水砂层等相对软弱地层，下部为坚硬岩石地层。
- 2 隧道开挖面上部为工程性质较好的粘性土层下部为富承压水的砂卵石土层。
- 3 隧道开挖面地层为软硬相间地层，或隧道掘进方向上，掌子面岩性由硬变软或由软变硬，或者水文地质条件突变。

9.7.5 复合地层对工程结构可能产生以下不利影响：

1 位于填土、软土、富水砂层等软弱松散地层中的隧道，建成后可能发生隧道结构下沉、边墙内敛、开裂、漏水等风险。

2 隧道位于软硬复合地层、尤其是开挖面地层力学性质差异较大、不均匀性突出时，隧道易发生过太不均匀沉降、结构不均匀变形、开裂等风险。

3 隧道位于高承压性地下水、复杂岩溶水、断裂构造水中时，主体结构可能存在发生破坏渗漏的风险。

4 岩性交界部位，易形成地下水通道，若防水措施不到位，造成隧道漏水。

10 钻探与取样

10.2 钻探

10.2.1 海域钻探可能会遇到较多的孔内事故或安全隐患，根据多年海域勘察经验，为保证孔内事故及时、安全处理，海域钻探设备的功率一般不小于陆地同样钻探条件的1.5倍，条件允许的情况下，尽量选择功率较大的设备。

10.2.3 对本条第c、e款分别作以下说明：

第c款，海域钻探作业过程中，采用多方向锚调整锚绳的松紧度，有利于浮动平台的稳定。

第e款，使用卫星定位系统进行勘探平台定位，方便、快捷、效率高，已广泛在工程领域使用，定位精度也能满足海域勘察要求。

10.2.4 钻进过程中，钻探船舶会随着潮汐和风浪而上下浮动，所以水深和孔深要经常校核。通常的做法是，通过插打在海床底部的固定套管来进行校核，并且每一回次均需校核；实际工作中，将外层套管一次性插打到足够的深度或较好持力层，有利于防止套管下沉。施钻过程中留意固定套管是否下沉并经常核查，以防参照点位移而导致对水深的误判。

10.2.10 地质钻孔很可能形成渗漏通道，应对钻孔进行封孔处理，以避免给后续施工带来隐患。