|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 93.080 |
| CCS | P66 |

|  |
| --- |
|  |

广东省地方标准

DB XX/T XXXX—XXXX

高速公路工程地质勘察规范

Code for Expressway Engineering Geological Investigation

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

广东省市场监督管理局  发布

目次

[前言 IV](#_Toc156202824)

[1 范围 1](#_Toc156202825)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc156202826)

[3 术语和定义 1](#_Toc156202827)

[4 基本规定 4](#_Toc156202828)

[4.1 一般规定 4](#_Toc156202829)

[4.2 资料收集 5](#_Toc156202830)

[4.3 现场踏勘调查 5](#_Toc156202831)

[4.4 岩石的分类 6](#_Toc156202832)

[4.5 土的分类 8](#_Toc156202833)

[4.6 勘察大纲编制 11](#_Toc156202834)

[5 勘察方法手段 12](#_Toc156202835)

[5.1 一般规定 12](#_Toc156202836)

[5.2 工程地质调绘 13](#_Toc156202837)

[5.3 物探 14](#_Toc156202838)

[5.4 钻探 14](#_Toc156202839)

[5.5 挖探及简易勘探 15](#_Toc156202840)

[5.6 水文地质勘察 15](#_Toc156202841)

[5.7 原位测试 17](#_Toc156202842)

[5.8 室内试验 18](#_Toc156202843)

[6 可行性研究勘察 19](#_Toc156202844)

[6.1 预可勘察 19](#_Toc156202845)

[6.2 工可勘察 19](#_Toc156202846)

[7 初步勘察 20](#_Toc156202847)

[7.1 一般规定 20](#_Toc156202848)

[7.2 路线 20](#_Toc156202849)

[7.3 一般路基 21](#_Toc156202850)

[7.4 高路堤 21](#_Toc156202851)

[7.5 陡坡路堤 22](#_Toc156202852)

[7.6 深路堑 23](#_Toc156202853)

[7.7 支挡工程 24](#_Toc156202854)

[7.8 桥梁 24](#_Toc156202855)

[7.9 涵洞及通道 27](#_Toc156202856)

[7.10 隧道 27](#_Toc156202857)

[7.11 岸坡工程 31](#_Toc156202858)

[7.12 路线交叉工程 32](#_Toc156202859)

[7.13 收费站及服务区房屋建筑工程 32](#_Toc156202860)

[7.14 筑路材料 32](#_Toc156202861)

[7.15 弃土场 33](#_Toc156202862)

[8 详细勘察 33](#_Toc156202863)

[8.1 一般规定 33](#_Toc156202864)

[8.2 路线 33](#_Toc156202865)

[8.3 一般路基 34](#_Toc156202866)

[8.4 高路堤 34](#_Toc156202867)

[8.5 陡坡路堤 34](#_Toc156202868)

[8.6 深路堑 35](#_Toc156202869)

[8.7 支挡工程 36](#_Toc156202870)

[8.8 桥梁 37](#_Toc156202871)

[8.9 涵洞及通道 37](#_Toc156202872)

[8.10 隧道 38](#_Toc156202873)

[8.11 岸坡工程 38](#_Toc156202874)

[8.12 路线交叉工程 39](#_Toc156202875)

[8.13 收费站及服务区房屋建筑工程 39](#_Toc156202876)

[8.14 筑路材料 39](#_Toc156202877)

[8.15 弃土场 39](#_Toc156202878)

[9 施工勘察 39](#_Toc156202879)

[9.1 一般规定 39](#_Toc156202880)

[9.2 路基工程 40](#_Toc156202881)

[9.3 边坡工程 40](#_Toc156202882)

[9.4 桥梁工程 40](#_Toc156202883)

[9.5 隧道工程 41](#_Toc156202884)

[10 不良地质 41](#_Toc156202885)

[10.1 岩溶 41](#_Toc156202886)

[10.2 滑坡 44](#_Toc156202887)

[10.3 危岩、崩塌与岩堆 47](#_Toc156202888)

[10.4 泥石流 49](#_Toc156202889)

[11 特殊性岩土 49](#_Toc156202890)

[11.1 软土 49](#_Toc156202891)

[11.2 花岗岩类残积土 53](#_Toc156202892)

[11.3 填土 54](#_Toc156202893)

[12 改扩建公路工程地质勘察 56](#_Toc156202894)

[12.1 一般规定 56](#_Toc156202895)

[12.2 路基 57](#_Toc156202896)

[12.3 桥梁 58](#_Toc156202897)

[12.4 隧道 58](#_Toc156202898)

[12.5 路线交叉工程 58](#_Toc156202899)

[12.6 收费站及服务区房屋建筑工程 58](#_Toc156202900)

[12.7 筑路材料 58](#_Toc156202901)

[13 工程地质勘察成果报告 58](#_Toc156202902)

[13.1 一般规定 58](#_Toc156202903)

[13.2 报告内容 59](#_Toc156202904)

[13.3 文件格式与编排 61](#_Toc156202905)

[13.4 资料归档 63](#_Toc156202906)

[14 工程地质信息模型 63](#_Toc156202907)

[14.1 一般规定 63](#_Toc156202908)

[14.2 模型创建 64](#_Toc156202909)

[14.3 模型属性信息 65](#_Toc156202910)

[14.4 模型检查及交付 65](#_Toc156202911)

[附录A （资料性） 工程地质调绘表格 67](#_Toc156202912)

[附录B （资料性） 钻探记录表 78](#_Toc156202913)

[附录C （资料性） 勘察工作量布置原则及图示 80](#_Toc156202914)

[附录D （规范性） 公路隧道围岩分级 84](#_Toc156202915)

[附录E （资料性） 隧道涌水量估算 87](#_Toc156202916)

[E.1 隧道涌水量预测方法 87](#_Toc156202917)

[E.2 水均衡法 88](#_Toc156202918)

[E.3 地下水动力学法 88](#_Toc156202919)

[E.4 其他方法 89](#_Toc156202920)

[E.5 隧道涌水影响宽度（B）确定 90](#_Toc156202921)

[E.6 隧道涌水的分类及基本类型 90](#_Toc156202922)

1. 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。

本文件由广东省交通运输厅提出。

本文件由广东省交通运输标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司、广东省交通运输规划研究中心、广东省高速公路有限公司、中交第二公路勘察设计研究院有限公司、广东和立土木工程有限公司、广州市市政工程设计研究总院有限公司、北京交科公路勘察设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：张修杰、陈红、黄成造、张金平、李军、王璜、吴银亮、王成中、杨军、姜迪、程小勇、林敏、瓦西拉里、洪旋、魏朝柱、闫海涛、江茂盛、陈水龙、崔亮。

高速公路工程地质勘察规范

* 1. 范围

本文件规定了广东省内高速公路的勘察原则、方法和相关技术要求。

本文件适用于广东省内新建、改扩建高速公路项目的工程地质勘察。

* 1. 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 55017 工程勘察通用规范

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB 50007 建筑地基基础设计规范

GB 50011 建筑抗震设计规范

JTG C20 公路工程地质勘察规范

JTG 3223-2021 公路工程地质原位测试规程

JTG/T 3222 公路工程物探规程

JGJ/T 87 建筑工程地质勘探与取样技术规程

JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范

JTG 3430 公路土工试验规程

JTG E41 公路工程岩石试验规程

JTG/T D31-03 采空区公路设计与施工技术细则

JTG/T 2420 公路工程信息模型应用统一标准

CJJ 56 市政工程勘察规范

DBJ 15-31 广东省建筑地基基础设计规范

T/CECSG：H24 公路工程地质勘察报告编制规程

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

工程地质条件 engineering geological condition

与公路工程有关的各种地质要素，包括地形地貌、地层岩性、地质构造和地震、水文地质条件、不良地质作用、特殊性岩土、沿线筑路材料等的综合。

工程地质勘察 engineering geological investigation

为满足工程设计、施工、特殊性岩土和不良地质处治的需要，采用各种勘察技术、方法，对建筑场地的工程地质条件进行综合调查、研究、分析、评价以及编制工程地质勘察报告的全过程。

工程地质调绘 engineering geological mapping

采用搜集资料、调查访问、地质测量、遥感解译等方法，查明场地的工程地质要素，并绘制相应的工程地质图件。

工程物探 engineering geophysical prospecting

工程物探是工程地球物理勘探的简称，是以介质之间的物理性质差异为基础，运用物理学的原理、方法和专门的仪器观测物理场的分布及变化，分析介质的物理性质、分布及形态的勘探方法。

工程地质勘探 engineering geological exploration

为查明工程地质条件而进行的钻探、物探和坑（槽、硐）探等工作的总称。

工程地质勘探 engineering geological exploration

为查明工程地质条件而进行的钻探、物探和坑（槽、硐）探等工作的总称。

一般性孔 General drilling

为鉴别地层，满足承载力评价的要求而布设的钻孔。

技术孔 Technical drilling

为取得岩土参数，满足开展原位测试或取样的要求而布设的钻孔。

控制孔 Control drilling

为控制地层，满足开展场地和地基稳定性分析、变形计算的要求而布设的技术孔。

有效深度 effective depth

除去软土、松散填土等欠固结土层及液化砂层后的钻孔深度

原位测试 In-situ test

为研究岩土体的工程特性，在岩土体原来所处的位置，基本保持岩土体结构、含水率和应力状态，直接或间接测定岩土体工程特性的各种测试方法的总称。

工程地质图 engineering geological map

为反映工程场地的工程地质条件，评价、预测工程地质问题而编制的专门性图件。

不良地质 unfavorable geological condition

由各种地质作用或人类活动造成的岩溶、滑坡、危岩、崩塌、岩堆、泥石流、采空区、水库坍岸、强震区、地震液化等对工程可能造成危害的地质现象的总称。

特殊性岩土 special rock and soil

具有特殊的物质成分、结构和工程特性的岩土的统称，包括软土、花岗岩类残积土、高液限土、填土、红黏土、煤系地层及膨胀性岩土等。

地基承载力特征值 characteristic value of subsoil bearing capacity

由载荷试验测定的地基土压力-变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值。

持力层 bearing stratum

直接承受基础荷载的地层。

水文地质条件 hydrogeological condition

地下水埋藏、分布、补给、径流、排泄以及水质和水量及其形成的地质条件的总称。

正常涌水量 normal water yield

在水文地质参数取一般值或平均值时，隧道涌水达到相对稳定时间段内的涌水量。

* 1. 基本规定
     1. 一般规定

高速公路工程地质勘察可分为预可行性研究阶段工程地质勘察（简称预可勘察）、工程可行性研究阶段工程地质勘察（简称工可勘察）、初步设计阶段工程地质勘察（简称初步勘察或初勘）和施工图设计阶段工程地质勘察（简称详细勘察或详勘）、施工阶段工程地质勘察（简称施工勘察）五个阶段。

高速公路工程地质勘察范围、内容和工作量应与勘察阶段相适应，勘察成果应满足相应阶段工程文件编制、设计及施工要求。

高速公路工程地质勘察应结合勘察阶段、地质条件、构筑物类型及不同勘察手段的适用性等，综合确定勘察手段和方法。

勘察工作量应根据勘察阶段、工程地质条件复杂程度、微地形条件、构筑物类型等因素综合布置。

1. 工程地质条件划分为简单、较复杂、复杂三种，其划分原则应符合下列规定：
   1. 符合下列条件之一者，为工程地质条件复杂：

（1） 地形地貌复杂、地形陡峭。

（2） 岩土种类多，性质变化大，基岩面起伏大，变化剧烈。

（3） 特殊性岩土和不良地质强烈发育。

（4） 抗震危险地段。

（5） 地下水对工程有显著影响，水文地质条件复杂。

* 1. 符合下列条件之一者，为工程地质条件较复杂：

（1） 地形地貌较复杂、地形较平缓。

（2） 岩土种类较多，性质变化较大，基岩面起伏较大，变化较大。

（3） 特殊性岩土和不良地质较发育。

（4） 抗震不利地段。

（5） 地下水对工程有影响，水文地质条件较复杂。

* 1. 符合下列条件者，为工程地质条件简单：

（1） 地形地貌简单、地形平缓。

（2） 岩土种类单一，性质变化不大，基岩面平缓。

（3） 特殊性岩土和不良地质不发育。

（4） 抗震有利地段。

（5） 地下水对工程无影响，水文地质条件简单。

* 1. 从复杂场地开始，向较复杂场地、简单场地推定，以最先满足的为准。

注：“地形地貌复杂”，指地形起伏大，沟谷切深大，相对高差＞200m，地面坡度以＞25°为主，地貌类型多样；“地形地貌较复杂”，指地形较简单，相对高差50m～200m，地面坡度以8°～25°为主，地貌类型较单一；“地形地简单”，指地形简单、相对高差＜50m，地面坡度＜8°，地貌类型单一。

“地形陡峻”，指纵向坡率大于1：3，或横向坡率大于1：4；“地形平缓”，指纵向坡率小于1：7，且横向坡率小于1：10。“地形较平缓”，指介于“地形平缓”和“地形陡峻”之间。

根据《高层建筑岩土工程勘察标准》（JGJ/T 72-2017），基岩面坡度大于10%时，认为起伏大。根据省内多年工程经验，桥梁基础岩面起伏大于15°时，可认为基岩面起伏大。

1. 构筑物类型划分为一般路基、高路堤、陡坡路堤、深路堑、支挡工程、桥梁、涵洞、通道、隧道、岸坡工程、路线交叉工程、沿线设施工程、沿线筑路材料料场及弃土场等。

原始记录应记录及时、内容完整、数据真实、描述准确、签署齐全，并应具备可追溯性。

对于复杂地质且对工程方案有重大影响的地质问题或有特殊要求的工作，应开展专项勘察。

高速公路工程地质勘察鼓励积极稳妥地采用新技术、新方法、新设备、新工艺。

* + 1. 资料收集

应广泛收集与勘察设计路线有关的资料，基本了解所调查地区的区域地质、工程地质、水文地质、岩土试验等成果。

收集的资料应包括下列内容：

1. 区域地质资料，主要包括地形地貌、地层岩性、地质构造、筑路材料及压覆矿等。
2. 工程区地形、地貌资料及不同地貌单元与不同地貌部位的工程地质评价资料等。
3. 区域水文地质资料，主要包括区域水文地质报告。
4. 气象资料，主要包括年降水量及最大降水量、降水天数、湿度、蒸发量、气温、风向、风速等。
5. 灾害性气候，主要包括寒潮、台风、暴雨、雾况等。
6. 地质作用、地质灾害资料，主要包括各种不良地质、特殊性岩土的分布情况、发育程度与活动特点等。
7. 地震资料，主要包括地震安全性评价报告。
8. 改扩建工程应收集原有或施工期的地质、监测、养护、工程措施等资料。

对收集到的资料应进行分析研判，初步掌握路线所经地区的工程地质条件、水文地质条件和特点。

* + 1. 现场踏勘调查

根据对收集资料的分析研判，拟定现场踏勘和调查方案，明确现场踏勘的内容和调查重点。

现场踏勘和调查的成果，是进一步了解拟定路线沿线的工程地质条件、水文地质条件和特点，对所收集的资料进行现场校核和验证。

现场踏勘和调查的主要内容：

1. 核查拟定路线沿线的工程地质条件、水文地质条件、居民分布、农田水利设施、主要建筑设施等与现有资料是否相符。
2. 调查各种管线、历史文物、名胜古迹、旅游风景区、自然保护区、水源保护区、工矿企业等对现场勘察工作的影响。
3. 调查沿线不良地质条件、特殊性岩土的类型、分布范围、规模、形成条件、发生与发展规律等。
4. 调查构筑物的工程地质条件、水文地质条件和分布特点，调查既有构筑物的基础形式。
5. 调查拟定线位附近，且对本工程存在安全性影响的情况，如基坑开挖、抽取地下水、软基处理等。
   * 1. 岩石的分类

岩石坚硬程度应按表1划分。

1. 岩石坚硬程度划分

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 岩石饱和单轴抗压强度*Rc*（MPa） | *Rc*＞60 | 60≥*Rc*＞30 | 30≥*Rc*＞15 | 15≥*Rc*＞5 | *Rc*≤5 |
| 坚硬程度 | 坚硬岩 | 较坚硬岩 | 较软岩 | 软岩 | 极软岩 |
| 注1：泥岩或黏土岩的岩石抗压强度可采用天然单轴抗压强度。  注2：当岩体完整程度为极破碎时，可不进行坚硬程度分类。  注3：坚硬程度划分宜采用试验统计的范围值。  注4：在边坡开挖岩土分级划分过程中，软石饱和单轴抗压强度Rc≤30MPa，次坚石饱和单轴抗压强度30＜Rc≤60MPa时，坚石饱和单轴抗压强度Rc≥60MPa。 | | | | | |

岩体完整程度的定性划分应按表2划分。

1. 岩体完整程度的定性划分

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 结构面发育程度 | | 主要结构面结合程度 | 主要结构面类型 | 相应结构类型 |
| 组数 | 平均间距（m） |
| 完整 | 1～2 | ＞1.0 | 好或一般 | 节理、裂隙、层面 | 整体状或巨厚层状结构 |
| 较完整 | 1～2 | ＞1.0 | 差 | 节理、裂隙、层面 | 块状或厚层状结构 |
| 2～3 | 1.0～0.4 | 好或一般 | 块状结构 |
| 较破碎 | 2～3 | 1.0～0.4 | 差 | 节理、裂隙、  层面、小断层 | 裂隙块状或中厚层状结构 |
| ＞3 | 0.4～0.2 | 好 | 镶嵌碎裂结构 |
| 一般 | 中、薄层状结构 |
| 破碎 | ＞3 | 0.4～0.2 | 差 | 各种类型结构面 | 裂隙块状结构 |
| ＜0.2 | 一般或差 | 碎裂状结构 |
| 极破碎 | 无序，不可测量 | | 很差 | | 散体状结构 |
| 1. 平均间距指主要结构面（1～2组）间距的平均值，所谓主要结构面是指岩体内相对发育，即张开度较大、充填物较差、成组性较好的结构面。 | | | | | |

岩体完整程度的定量指标，应采用岩体完整性系数Kv。Kv应采用实测值，无条件取得实测值时，可用岩体体积节理数Jv按表3确定对应的Kv值。

1. Jv与Kv对照表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Jv（条/m2） | ＜3 | 3～10 | 10～20 | 20～35 | ＞35 |
| Kv | ＞0.75 | 0.75～0.55 | 0.55～0.35 | 0.35～0.15 | ＜0.15 |
| 1. 岩体体积节理数Jv应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定。 | | | | | |

岩体完整性系数Kv与岩体完整程度的对应关系，可按表4确定。

1. Kv与按表2确定的岩体完整程度的对应关系

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Kv | ＞0.75 | 0.75～0.55 | 0.55～0.35 | 0.35～0.15 | ＜0.15 |
| 岩体完整程度 | 完整 | 较完整 | 较破碎 | 破碎 | 极破碎 |
| 1. 岩体完整性系数Kv应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定。 | | | | | |

结构面结合程度宜按表5划分。

1. 结构面结合程度划分

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 结合程度 | 好 | 一般 | 差 | 很差 |
| 结构面特征 | 张开度小于1mm，无充填物；  张开度1mm～3mm，为硅质或铁质胶结；  张开度大于3mm，结构面粗糙，为硅质胶结 | 张开度1mm～3mm，为钙质或泥质胶结；  张开度大于3mm．结构面粗糙，为铁质或钙质胶结 | 张开度1mm～3mm，结构面平直，为泥质或泥质和钙质胶结；  张开度大于3mm，多为泥质或岩屑充填 | 泥质充填或泥夹岩屑充填，充填物厚度大于起伏差 |

岩石风化程度可按表6划分。当波速比Kv、风化系数Kf，及野外特征与表列不对应时，岩石风化程度宜综合判定。

1. 岩石风化程度划分

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 风化程度 | 野外特征 | 风化程度参数指标 | |
| 波速比Kv | 风化系数Kf |
| 未风化 | 1. 岩质新鲜，偶见风化痕迹 | 0.9～1.0 | 0.9～1.0 |
| 微风化 | 1. 结构基本未变，仅节理面有渲染或略有变色，有少量风化裂隙 | 0.8～0.9 | 0.8～0.9 |
| 中风化 | 1. 结构部分破坏，沿节理面有次生矿物，风化裂隙发育，岩体被切割成岩块，用镐难挖，岩芯钻方可钻进 | 0.6～0.8 | 0.4～0.8 |
| 碎块状强风化 | 1. 结构大部分破坏，矿物成分已显著变化，风化裂隙很发育，岩体破碎，用镐可挖，干钻不易钻进，岩芯呈碎石土状 | 0.4～0.6 | ＜0.4 |
| 土状强风化 | 1. 结构大部分破坏，矿物成分已显著变化，风化裂隙非常发育，岩体破碎，用镐可挖，干钻不易钻进，岩芯呈土状 |
| 全风化 | 1. 结构基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进 | 0.2～0.4 | / |
| 1. 波速比Kv为风化岩石与新鲜岩石弹性纵波速度之比。 2. 风化系数Kf为风化岩石与新鲜岩石的饱和单轴抗压强度之比。 3. 按照《广东省建筑地基基础设计规范》（DBJ 15-31-2016）中的相关规定，花岗岩类的岩石风化岩，可采用标准贯入试验锤击数实测值N划分，N≥70为土状强风化；70＞N≥40为全风化；N＜40为残积土。其他岩石的风化岩，可采用标准贯入试验锤击数实测值N划分，N≥50为土状强风化；50＞N≥30为全风化；N＜30为残积土。 | | | |

岩体节理发育程度应按表7划分。

1. 岩体节理发育程度划分

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 节理间距d（mm） | d＞400 | 200＜d≤400 | 20＜d≤200 | d≤20 |
| 节理发育程度 | 不发育 | 发育 | 很发育 | 极发育 |
| 注：节理泛指各种分割岩体的结构面。 | | | | |

岩层厚度分类应按表8确定。

1. 岩层厚度分类

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 单层厚度h（m） | h＞1.0 | 0.5＜h≤1.0 | 0.1＜h≤0.5 | h≤0.1 |
| 岩层厚度分类 | 巨厚层 | 厚层 | 中厚层 | 薄层 |

岩体基本质量可根据岩石的坚硬程度和岩体的完整程度，按表9进行划分。

1. 岩体基本质量分级

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 坚硬程度 | 完整程度 | | | | |
| 完整 | 较完整 | 较破碎 | 破碎 | 极破碎 |
| 坚硬岩 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅴ |
| 较硬岩 | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅳ | Ⅴ |
| 较软岩 | Ⅲ | Ⅳ | Ⅳ | Ⅴ | Ⅴ |
| 软岩 | Ⅳ | Ⅳ | Ⅴ | Ⅴ | Ⅴ |
| 极软岩 | Ⅴ | Ⅴ | Ⅴ | Ⅴ | Ⅴ |

岩石描述应符合下列规定：

a） 岩石的描述应包括地质年代、地质名称、风化程度、颜色、主要矿物、结构、构造和岩石质量指标（RQD）。对沉积岩应着重描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成分和胶结程度；对岩浆岩和变质岩应着重描述矿物结晶大小和结晶程度。

b） 根据岩石质量指标RQD，可分为好的（RQD＞90）、较好的（75＜RQD≤90）、较差的（50＜RQD≤75）、差的（25＜RQD≤50）和极差的（RQD≤25）。

岩体的描述应包括结构面、结构体和岩层厚度，并应符合下列规定：

1. 结构面应描述其类型、性质、产状、间距、密度、结合程度和含水状况等。
2. 结构体应描述其形状和规模等。
   * 1. 土的分类

土可根据其地质成因分为人工填土（ml）、腐殖土-植物层-耕土（pd）、冲积土（al）、洪积土（pl）、残积土（el）、坡积土（dl）、风积土（eol）、湖积土（l）、海积土（m）、沼泽沉积土（h）、海陆交互沉积土（mc）、冰积土（gl）、冰水沉积土（fgl）、崩积土（col）、滑坡堆积土（del）、泥石流堆积土（set）、生物堆积土（o）、化学堆积土（ch）、成因不明类型土（pr）等。

土可根据其所具有的工程地质特性分为软土、花岗岩类残积土、填土、膨胀土、有机土、盐渍土、污染土、混合土、红黏土和高液限土等。

土可根据颗粒成分分为碎石土、砂土、粉土和黏性土，其划分应符合以下规定：

1. 粒径大于2mm的颗粒质量超过总质量50%的土，应定名为碎石土，并按表10进一步分类。
2. 粒径大于2mm的颗粒质量不超过总质量的50%，且粒径大于0.075mm的颗粒质量超过总质量50%的土，应定名为砂土，并按表11进一步分类。
3. 塑性指数Ip≤10，且粒径大于0.075mm的颗粒质量不超过总质量50%的土，应定名为粉土。
4. 塑性指数Ip＞10，且粒径大于0.075mm的颗粒质量不超过总质量50%的土，应定名为黏性土，并按表12进一步分类。
5. 碎石土分类

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 土的名称 | 颗粒形状 | 颗粒级配 |
| 漂石 | 圆形及亚圆形为主 | 粒径大于200mm的颗粒质量超过总质量的50% |
| 块石 | 棱角形为主 |
| 卵石 | 圆形及亚圆形为主 | 粒径大于20mm的颗粒质量超过总质量的50% |
| 碎石 | 棱角形为主 |
| 圆砾 | 圆形及亚圆形为主 | 粒径大于2mm的颗粒质量超过总质量的50% |
| 角砾 | 棱角形为主 |
| 1. 定名时，应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。 | | |

1. 砂土分类

|  |  |
| --- | --- |
| 土的名称 | 颗粒级配 |
| 砾砂 | 粒径大于2mm的颗粒质量占总质量的25%～50% |
| 粗砂 | 粒径大于0.5mm的颗粒质量超过总质量的50% |
| 中砂 | 粒径大于0.25mm的颗粒质量超过总质量的50% |
| 细砂 | 粒径大于0.075mm的颗粒质量超过总质量的85% |
| 粉砂 | 粒径大于0.075mm的颗粒质量超过总质量的50% |
| 1. 定名时，应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。 | |

1. 黏性土分类

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 土的名称 | 粉质黏土 | 黏土 |
| 塑性指数Ip | 10＜Ip≤17 | Ip＞17 |
| 1. 液限、塑限分别采用76g锥试验确定。 | | |

碎石土的密实度，宜根据圆锥动力触探锤击数按表13和表14确定。表中N63.5和N120修正值应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定。

1. 重型圆锥动力触探锤击碎石土的密实度划分

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 重型圆锥动力触探锤击数修正值N63.5 | N63.5＞20 | 10＜N63.5≤20 | 5＜N63.5≤10 | N63.5≤5 |
| 密实度 | 密实 | 中密 | 稍密 | 松散 |
| 1. 本表适用于平均粒径小于或等于50mm，且最大粒径不超过l00mm的碎石土 | | | | |

1. 超重型圆锥动力触探锤击碎石土的密实度划分

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 超重型圆锥动力触探锤击数修正值N120 | N120＞11 | 6＜N120≤11 | 3＜N120≤6 | N120≤3 |
| 密实度 | 密实 | 中密 | 稍密 | 松散 |
| 1. 本表适用于平均粒径大于50mm，或最大粒径大于l00mm的碎石土。 | | | | |

碎石土的密实度，可根据其野外特征按表15鉴别。

1. 碎石土密实度野外鉴别

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 密实度 | 骨架颗粒含量和排列 | 可挖性 | 可钻性 |
| 密实 | 骨架颗粒质量大于总质量的70%，呈交错排列，连续接触 | 锹镐挖掘困难，用撬棍方能松动，井壁较稳定 | 钻进极困难，冲击钻探时，钻杆、吊锤跳动剧烈，孔壁较稳定 |
| 中密 | 骨架颗粒质量为总质量的60%～70%，呈交错排列，大部分接触 | 锹镐可挖掘，井壁有掉抉现 象，从井壁取出大颗粒处，能保持颗粒凹面形状 | 钻进较困难，冲击钻探时，钻杆、吊锤跳动不剧烈，孔壁有坍塌现象 |
| 稍密 | 骨架颗粒质量为总质量的55%～60%，排列混乱，大部分不接触 | 锹镐可挖掘，井壁易坍塌，从井壁取出大颗粒后，立即塌落 | 钻进较容易，冲击钻探时，钻杆稍有跳动，孔壁易坍塌 |
| 松散 | 骨架颗粒质量小于总质量的55%，排列十分混乱，绝大部分不接触 | 锹镐可挖掘，井壁极易坍塌 | 钻进很容易，冲击钻探时，钻杆无跳动，孔壁极易坍塌 |
| 1. 密实度应按表中所列各项特征综合确定。 | | | |

砂土的密实度应按表16划分。

1. 砂土密实度划分

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 密实度 | 密实 | 中密 | 稍密 | 松散 |
| 标准贯入试验锤击数实测值N | N＞30 | 15＜N≤30 | 10＜N≤15 | N≤10 |
| 重型圆锥动力触探锤击数修正值N63.5 | N63.5＞9 | 6＜N63.5≤9 | 4＜N63.5≤6 | N≤4 |

粉土的密实度应按表17划分。

1. 粉土密实度划分

| 密实度 | 密实 | 中密 | 稍密 |
| --- | --- | --- | --- |
| 孔隙比e | e＜0.75 | 0.75≤e≤0.90 | e＞0.90 |

黏性土的压缩性应按表18划分。

1. 黏性土压缩性划分

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 压缩性 | 低压缩性 | 中压缩性 | 高压缩性 |
| 压缩系数a0.1-0.2（MPa-1） | a0.1-0.2＜0.1 | 0.1≤a0.1-0.2＜0.5 | a0.1-0.2≥0.5 |
| 1. 表中a0.1-0.2为0.1MPa～0.2MPa压力范围内的压缩系数。 | | | |

砂土的湿度应按表19划分。

1. 砂土的湿度划分

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 湿度 | 干 | 稍湿 | 潮湿 | 饱和 | 饱水 |
| 饱和度Sr（%） | Sr≤20 | 20＜Sr≤50 | 50＜Sr≤80 | 80＜Sr≤100 | Sr＞100 |

粉土的湿度应按表20划分。

1. 粉土的湿度划分

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 湿度 | 稍湿 | 湿 | 很湿 |
| 天然含水率ω（%） | ω＜20 | 20≤ω≤30 | ω＞30 |

黏性土的状态应按表21划分。

1. 黏性土的状态划分

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 状态 | 坚硬 | 硬塑 | 可塑 | 软塑 | 流塑 |
| 液性指数IL | IL≤0 | 0＜IL≤0.25 | 0.25＜IL≤0.75 | 0.75＜IL≤1.0 | IL＞1.0 |
| 标准贯入试验锤击数实测值N | N＞20 | 15＜N≤20 | 5＜N≤15 | 3＜N≤5 | N≤3 |
| 注：按照《建筑地基基础设计规范》（DBJ 15-31-2016）中的相关规定，根据标准贯入试验锤击数实测值N来划分黏性土状态。 | | | | | |

黏性土可按表22划分。

1. 黏性土划分

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 黏性土分类 | 老黏性土 | 一般黏性土 | 新近沉积黏性土 |
| 地质年代 | 第四纪晚更新世（Q3）之后至全新世（Q4）之前，距今约10万年 | 第四纪全新世（Q4）文化期以前 | 第四纪全新世（Q4）文化期以来，  约距今1万年 |

土的描述应包括名称、地质年代和成因类型，并应符合下列规定：

1. 碎石土应描述颜色、颗粒级配、颗粒形状、碎石成分、风化程度、充填物的类型、充填程度和密实度等。
2. 砂土应描述颜色、颗粒级配、颗粒形状、矿物成分、黏粒含量、湿度和密实度等。
3. 粉土应描述颜色、湿度、密实度、含有物等。
4. 黏性土应描述颜色、状态、含有物等。
5. 特殊性土除应描述上述相应土类规定的内容外，尚应描述其特殊成分和特殊性质。
   * 1. 勘察大纲编制

在高速公路工程地质勘察工作实施之前，应编制勘察大纲

勘察大纲应按照预可勘察、工可勘察、初步勘察、详细勘察和施工勘察各阶段分别编制，主要内容应包括：

1. 勘察项目背景如下：
   1. 项目概况：包括任务依据、建设规模和标准、路线走向、构筑物设置。
   2. 概述拟建公路场地环境、工程地质条件、附近已有地质资料、评审意见及执行情况。
   3. 勘察目的、任务及需要解决的主要技术难点。
   4. 勘察技术要求（勘察执行的技术标准、勘察手段、勘察工作量布置原则、勘探完成后的现场处理等）。
2. 勘察实施方案如下：
   1. 勘察内容、勘察方法及精度、勘探点布置原则及主要工作量。
   2. 针对重大或关键性地质问题采取的勘察对策、措施。
   3. 专题研究等。
3. 勘察工作计划如下：
   1. 项目管理机构及主要人员安排。
   2. 拟投入的技术装备及进出场计划。
   3. 勘察进度计划安排。
4. 勘察工作进度保证措施如下：
   1. 组织保证措施。
   2. 人员、设备后勤及保证措施。
   3. 特殊条件（如雨季等）下勘察措施。
5. 勘察质量保证体系如下：
   1. 质量原则和目标。
   2. 质量保证体系。
   3. 质量保证措施。
6. 安全文明施工保证措施如下：
   1. 安全风险分析。
   2. 安全保证体系。
   3. 安全管理及保证措施。
   4. 应急预案。
   5. 绿色勘察理念，环保、文明施工保证措施。
   6. 勘察安全、技术交底。
7. 与项目业主、设计单位、审查咨询单位的配合及协调保证措施。
8. 提交主要成果资料。
9. 提交大纲附件如下：
   1. 勘探计划工作量布置一览表。
   2. 勘探计划工作量布置图。
   3. 进度计划。

当现场地质条件、施工条件、工程结构设置及勘察要求等发生变化时，勘察大纲应根据变化情况及时进行调整，当工作量、技术要求、勘察手段发生较大调整时，需要重新编制勘察大纲。

* 1. 勘察方法手段
     1. 一般规定

勘察方法手段的选用应突出综合性、针对性和目的性，并倡导绿色和环保勘察。常用的勘察方法手段有：工程地质调绘、物探、钻探、挖探、简易勘探、原位试验与测试、室内试验、专题研究等。

1. 工程地质调绘：适用于工程地质勘察的各个阶段、各类构筑物、各种地质条件和勘察环境，需要其他勘察方法手段的补充。
2. 物探：适用于工程地质勘察的各个阶段，需要其他勘察方法手段验证；用于确定地下岩土体的空间展布范围（大小、形状、埋深等）并可测定岩土体的物性参数。
3. 钻探：适用于工程地质勘察的各个阶段、各类构筑物、各种地质条件，受地形条件和交通条件影响；用于揭露地下岩土体并进行取样、原位测试及相关试验。
4. 挖探及简易勘探：挖探包括槽探、坑探、井探等，适用于工程地质勘察的各个阶段、各类构筑物、各种地质条件，主要用于揭露构造带宽度、地层分界线、覆盖层厚度及滑动面等；简易勘探包括钎探、螺纹钻、洛阳铲等，适用于工程地质勘察的各个阶段、各类构筑物、各种地质条件和勘察环境，作为钻探工作的补充。
5. 室内试验与原位测试：适用于工程地质勘察的各个阶段、各类构筑物、各种地质条件和勘察环境；用于测定岩土体工程地质物理力学参数，包括了现场大型岩土试验等。
6. 专题研究：适用于工程地质勘察的每个阶段，用于解决工程地质、水文地质、环境地质等特殊地质问题。

应进行动态勘察，及时汇总分析勘察资料，评价各种勘察方法的有效性，并结合设计方案的变化，对勘察方法和工作量进行必要的调整。

* + 1. 工程地质调绘

工程地质调绘方法主要有地质遥感解译和地面调绘。地质遥感解译适用于可研阶段及初勘阶段，地面调绘适用于工程地质勘察的各个阶段。

工程地质调绘应与路线及沿线工程结构相结合，为路线方案比选、工程场地选址以及勘探、测试工作量的拟定等提供依据。

工程地质调绘应充分收集、分析勘察区既有的各种地质资料和影像资料，结合必要的遥感解译及勘探手段进行。对控制路线方案或影响工程结构设置的地质界线，应采用追索法、穿越法进行工程地质调绘。

工程地质调绘应包括以下主要内容：

1. 地形地貌的成因、类型、分布、规模、形态特征等。
2. 地层的成因、年代、层序、厚度、岩性和岩石的风化程度等。
3. 地质构造的类型、产状、规模、分布范围等。
4. 地下水的类型、埋深、赋存、补给、排泄和径流条件，以及水系、井、泉的分布位置、高程和动态特征等。
5. 特殊性岩土的类型、分布范围及工程地质性质等。
6. 不良地质的类型、分布范围、规模、形成条件、发生与发展的规律等。
7. 既有工程的使用情况等。

公路工程地质调绘工作量布置除应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定外，尚应符合下列规定：

1. 地质遥感要综合运用各种标志，工程地质调绘资料，注意相互印证、对比分析，保证解译结果的正确性，其工作范围及验证点密度如下：
   1. 进行1：100000地质遥感解译，解译范围沿拟定路线走廊带左右两侧各不小于10km，每10km2野外踏勘验证工作点不少于1个。
   2. 进行1：50000地质遥感解译，解译范围沿拟定路线走廊带左右两侧各不小于5km，每5km2野外踏勘验证工作点不少于1个。
   3. 进行1：10000地质遥感解译，解译范围沿拟定路线左右两侧各不小于2km，每1km2野外踏勘验证工作点不少于1个。
   4. 进行1：2000地质遥感解译，解译范围沿拟定路线左右两侧各不小于200m，野外验证工作在1：2000路线地面调绘中进行。
   5. 野外验证工作宜在具备条件下实施。
2. 地面调绘点密度要求：
   1. 工程地质条件简单时，工程地质地质调绘点在图上的密度每100mm×100mm不少于4个。
   2. 工程地质条件较复杂时，工程地质地质调绘点在图上的密度每100mm×100mm不少于7个。
   3. 工程地质条件复杂时，工程地质地质调绘点在图上的密度每100mm×100mm不少于10个。
3. 工程地质调绘表格参见附录A。

5.2.6 工程地质调绘应提交文字报告、工程地质平面图、综合地层柱状图、工程地质断面图、照片以及相关调查图表等。

* + 1. 物探

物探工作除应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）、《公路工程物探规程》（JTG/T 3222）中的相关规定外，尚应符合下列规定：

1. 与路线相关的构造破碎带、岩溶区、采空区等应布置物探测线。
   1. 构造破碎带物探测线应垂直构造破碎带布置，测线数量不少于2条，可采用地震勘探、高密度电法、天然源音频大地电磁法、可控源音频大地电磁法等方法。
   2. 岩溶区物探测线应网格状布置，沿路线纵向测线数量不少于2条，横向测线间距不大于50m，可采高密度电法、地质雷达、孔间CT、管波等方法。
   3. 采空区物探测线应网格状布置，沿路线纵向测线数量不少于2条，横向测线间距不大于50m，可采高密度电法、地质雷达、地震反射波法、孔间CT、管波等方法。
2. 采用的物探方法应与勘探目的相匹配，对特殊结构桥梁、特长隧道、长隧道及重大不良地质的物探工作方法的选择，宜进行方法试验。
3. 物探成果必要时应通过钻探验证，每个工点验证钻孔不少于1个，验证钻孔应位于物探异常的突出部位。
   * 1. 钻探

工程地质钻探应采用全站仪、卫星定位测量等确定工程地质勘探点，并应符合下列规定：

1. 勘探点位置定位误差：陆地不应大于0.1m；水中不宜大于0.5m；当水深流急，固定钻船困难时，不应大于1.0m，并应在套管固定后核测孔位。
2. 勘探点地面孔口高程误差：陆地不应大于0.01m；水中不应大于0.1m；钻孔中地层分层误差不宜大于0.1m。受潮汐影响的桥位，孔口高程应以河床面为准。
3. 勘探完成后，应复测勘探点的平面位置及高程。勘探点的位置应以坐标和里程桩号表示，并做好测量记录。

钻进工艺应符合下列规定：

1. 一般土层：地下水位以上宜采用无水回旋钻进，地下水位以下可采用清水回旋钻进或跟管回旋钻进。
2. 砂层或砾卵石层：可采用跟管清水回旋钻进或泥浆钻进。
3. 特殊土层：特殊性土包括膨胀土、红黏土、软土、花岗岩风化层、弱软夹层等宜采用无水回旋钻进或者少水跟管回旋钻进。
4. 基岩：可采用单管或双管回旋钻进。
5. 风化壳、破碎带等：宜采用跟管回旋钻进或泥浆钻进。
6. 滑坡、边坡：宜采用无水回旋钻进。

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，并不应遗漏对工程有重要影响的软弱夹层和滑动面等。岩芯摆放应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定。

钻孔孔径技术要求：

1. 必须满足孔内取样、原位测试或其他试验工作的要求，开孔直径一般不小于110mm，终孔直径一般不小于75mm。
2. 采取一般黏性土样孔终孔直径不小于91mm；采取软土试样钻孔孔径不小于110mm；采取岩石试样孔终孔直径不小于91mm。
3. 特长隧道、长隧道开孔孔径不宜小于130mm，终孔孔径不宜小于75mm。
4. 水文地质试验孔松散层中孔径不宜小于150mm，基岩中不应小于110mm，观测孔的孔径不宜小于91mm。

岩土试样采取应符合下列规定：

1. 粉土、一般黏性土样品：宜用回转取土器回转法采取。
2. 软土样品：用薄壁取土器静压法采取。
3. 砂砾类样品：宜用取砂器采取或干钻四分法采取。
4. 岩石样品：从采取的岩芯中选取。
5. 采取的岩石、土、水样应具有代表性，样品数量应满足各构筑物场地试验成果分层统计分析要求。

钻探编录应符合下列规定：

1. 使用统一地质编录表格或数字化勘察管理平台软件填写。
2. 工程勘探班报表和钻孔地质编录表记录应及时、详细、准确。
3. 钻探记录表参见附录B。

钻孔完成编录、观测、测试后，应及时回填封孔，回填封孔应符合现行《建筑工程地质勘探与取样技术规程》（JGJ/T 87）中的相关规定。钻孔在浅埋隧道的路肩设计标高15m～20m孔段，用水泥砂浆回填，其余用黏土或原土回填。深埋隧道在地表20m以下孔段，用水泥砂浆回填，其余用黏土或原土回填。水下隧道河床段的钻孔应全部用水玻璃砂浆回填。

在工程地质条件复杂的重要钻孔中，宜采用波速测试、孔内摄像等手段。

* + 1. 挖探及简易勘探

挖探及简易勘探孔的定位，可采用仪器法或半仪器法测量放点。

槽探、坑探受地下水及地层可挖性、坑壁坍塌的限制，揭露深度一般不宜超过3m。

井探揭露深度一般不宜超过15m，侧壁稳定性差时应采用必要的支护措施，深度较大时应加强通风措施。

钎探受不同岩性的限制，可粗略探测埋深3m内土层的厚度及密实度。

麻花钻、洛阳铲可揭示埋深5m内岩土层的一些基本特征。

* + 1. 水文地质勘察

水文地质勘察宜结合工程地质勘察进行，水文地质勘察成果一般可作为工程地质勘察报告的水文地质评价章节内容提供，水文地质图表与工程地质图表合并。

在充分收集资料的基础上，水文地质勘察方法应综合采用水文地质遥感、调绘、物探、钻探及试验等，勘察的内容和工作量，应根据水文地质条件复杂程度、工程规模、勘察阶段和已有工作的深度，综合考虑确定。

水文地质勘察范围宜涵盖对路线有影响的含水层补给区、径流区及排泄区，划分水文地质单元，开展水文地质评价。可按表23划分水文地质单元类型，可按表24划分水文地质条件复杂程度。

1. 水文地质单元类型

| 类型 | | 分布地区 | 主要含水层类型与特征 |
| --- | --- | --- | --- |
| 孔隙水 | 山前冲洪积扇型 | 山前冲积平原和洪积平原地区 | 潜水、承压水 |
| 山间河谷型 | 山间河谷冲积平原地区 | 潜水 |
| 山间盆地型 | 山间盆地冲积和洪积平原地区 | 潜水、承压水 |
| 孔隙裂隙水 | 红层丘陵孔隙裂隙型 | 主要指以红色为主的薄层泥岩、泥质胶结的砂岩及砾岩沉积岩分布区 | 风化裂隙水、层间裂隙水 |
| 块状岩石孔隙裂隙型 | 主要指花岗岩、片麻岩、混合岩等岩浆岩与变质岩分布区，及其风化带、接触带和断裂带分布区 | 风化裂隙水、构造裂隙水 |
| 裂隙水 | 碎屑岩裂隙型 | 主要指以钙质、铁质胶接的砂岩和页岩为主  的沉积岩地层分布区 | 层间裂隙水、构造裂隙水 |
| 岩溶水 | 裸露岩溶型 | 可溶岩大面积出露或局部出露地区 | 岩溶裂隙潜水、溶洞水、  地下河湖，动态变化很大 |
| 浅覆盖岩溶型 | 可溶岩地层土层覆盖厚度＜30m的地区 | 岩溶裂隙潜水、地下河，  动态变化不大 |
| 深覆盖岩溶型 | 可溶岩地层土层覆盖厚度≥30m的地区 | 脉状岩溶裂隙水，  动态变化小 |
| 埋藏岩溶型 | 覆盖层为非可溶岩，地表水和地下水  连接不密切地区 | 层间裂隙承压水、  脉状裂隙水，动态稳定 |

1. 水文地质条件复杂程度分类表

| 类别 | 水文地质特征 |
| --- | --- |
| 复杂 | 地形破碎、沟谷切深大、地貌类型多样，地层岩性复杂，褶皱、断裂发育，地质构造复杂，含水层结构复杂，补径排条件复杂 |
| 中等 | 地形起伏、地貌类型多样，地层岩性较复杂，褶皱、断裂较发育，地质构造较复杂，含水层结构较复杂，补径排条件较复杂 |
| 简单 | 地形平缓、地貌类型单一，地层岩性简单，地质构造简单，含水层结构单一，补径排条件简单 |

水文地质勘察除应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定外，尚应符合下列规定：

1. 水文地质条件复杂且对工程建设方案或造价预算有较大影响时，应开展专项水文地质勘察。
2. 当施工过程中水文地质条件明显变化并引起相应工程设计方案重大调整及工程运行期间出现严重水文地质问题时，或根据实际需要，应开展专项水文地质勘察。
3. 水文地质条件复杂的特长隧道、长隧道、特大桥梁、特殊边坡等重点构筑物区应布置水文地质勘探测试工作，并宜开展专项水文地质勘察。
4. 专项水文地质勘察应按资料收集、水文地质遥感、调绘、物探、钻探、试验及报告编制的程序开展工作，正确反映工程建设场地的水文地质条件，为工程建设提供资料完整、内容详实、评价准确的水文地质勘察成果。

水文地质调绘应重点收集以下资料：

1. 气象资料，包括年降水量、降水天数、地表水的蒸发量、年平均气温等。
2. 水文资料，包括水文分布图、地表径流深度图、地下水径流模数等。
3. 地质资料，包括地形测量图、区域工程地质图、区域水文地质图等。
4. 既有工程涌水等相关资料。

水文地质调绘的内容应包括地形地貌、地层岩性、地质构造、地表水和地下水露头（井、泉）等内容：

1. 地形地貌：调查各地貌单元的界线，划分工程区含水层平面分布范围和山脊分水岭圈闭区域。
2. 地层岩性：调查地层岩性的分布、成因、时代、层序及接触关系，测定含水岩组岩层的产状、厚度、软硬程度及分布范围，对不同的含水岩组渗透性分级，划分透水岩层、含水岩层、隔水岩层及其变化规律。
3. 地质构造：调查断层的规模、产状等形态特征，确定断层的压扭性、断层带的宽度、充填物质的组成、地下水在断层赋存情况。调查褶皱构造的特征，包括轴部延伸和两翼产状、节理裂隙发育程度，重点调查富水段的位置。如场地内为火成岩分布区，应判断岩体类型，并测量节理裂隙产状。
4. 地表水：调查地表河流、湖泊、水库等水位流量及渗漏情况，分别观测雨季及枯季沟溪流量、泉流量，进行地下水流向流速测定。
5. 地下水露头：调查泉、井的地质构造成因、补给条件、流量、水位、水质、水温、气体及沉淀物性质。

水文地质试验宜包括抽水试验、压水试验、注水试验、连通试验、简易抽水试验等其他方法。具体试验项目应根据工程建设需要和勘察区的水文地质条件、试验目的等因素综合确定，并符合下列规定：

1. 在对工程建设有影响的松散层含水层中应进行抽水试验或注水试验；根据水文地质条件的复杂程度和水文地质单元、地下水可能发育情况对隧道的影响程度确定，可选用单孔抽水、多孔抽水、综合抽水试验。每一含水层的抽水或注水试验，在初步设计阶段不宜少于1组，在施工图设计阶段宜为1～3组。
2. 对基岩隧道中水文地质试验项目应根据隧道的水文地质条件、试验目的等因素综合确定，并符合下列规定：
   1. 当地下水埋藏较浅，隧道位于地下水位以下，分布强透水岩性段或导水构造通道时，宜开展抽水试验。
   2. 当地下水埋藏较深，抽水试验有困难或无地下水，且隧道不同深度岩性段具备栓塞隔离条件时，宜开展压水试验。
   3. 当地下水埋藏较深，抽水试验有困难或无地下水，且隧道不同深度岩性段不具备栓塞隔离条件时，宜开展注水试验。
   4. 当地下水埋藏浅、钻孔不深，含水岩性段透水性较差时，宜开展提水试验。
3. 对重大工程必要时应确定岩体的各向异性渗透性。
4. 水文地质试验时，应采取代表性水样进行水质化验。抽水试验和提水试验时，在试验临近结束前采样；压水试验和注水试验时，在洗清钻孔后、试验开始前采样。其质量和数量应根据试验目的和试验要求确定。
   * 1. 原位测试

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25选用。

1. 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 | | | | | | | 取得岩土参数 | | | | |
| 岩石 | 碎石土 | 砂土 | 粉土 | 黏性土 | 软土 | 填土 | 剖面分层 | 物理状态 | 强度参数 | 承载力 | 液化 判别 |
| 载荷板试验（PLT） | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | / | / | △ | ○ | / |
| 现场直剪试验（FDST） | ○ | ○ | ◇ | △ | △ | ◇ | ◇ | / | / | ○ | / | / |
| 十字板剪切试验（VST） | / | / | / | △ | △ | ○ | / | / | / | ○ | △ | / |
| 标准贯入试验（SPT） | / | / | ○ | △ | △ | ◇ | ◇ | △ | △ | / | △ | ○ |
| 动力触探试验（DPT） | / | ○ | ○ | △ | △ | ◇ | △ | △ | ◇ | / | △ | / |
| 静力触探（CPT） | / | / | △ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | △ | △ | △ | ○ |
| 旁压试验 | / | / | ○ | △ | △ | △ | △ | / | / | △ | △ | / |
| 挤扩试验 | / | / | ○ | △ | △ | △ | △ | / | / | △ | △ | / |
| 扁铲侧胀试验 | / | / | △ | △ | △ | ○ | / | △ | △ | △ | △ | / |
| 地应力测试 | △ | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 1. ○—很适用；△—适用；◇—较适用；/—不适用。 | | | | | | | | | | | | |

原位测试技术要求除应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）、《公路工程地质原位测试规程》（JTG 3223-2021）中的相关规定外，尚应符合下列规定：

1. 静力触探成果应与钻探成果相互印证，确定地层界线，提供力学参数。
2. 标准贯入试验在同一土层单元中间隔不宜大于2m。
3. 采用十字板剪切试验、静力触探试验、标准贯入试验、扁铲侧胀试验等原位测试结果计算岩土参数时应优先采用地区成熟的经验公式。
   * 1. 室内试验

黏性土应测定的分类指标和物理力学性质指标为：

1. 含水率、天然密度、比重、孔隙比、界限含水量、压缩系数、压缩模量、抗剪强度、渗透系数（需要时进行）、颗粒分析（需要时进行）。
2. 若属高液限土，则加做膨胀指标试验。
3. 软土应选取部分土样做高压固结试验，提供e～p曲线，确定先期固结压力；当需要进行沉降历时关系分析时，应计算固结系数；当需要计算次固结沉降及基历时关系时，应测定次固结系数；软土应测试不排水抗剪切强度，提供灵敏度；应选取部分试样进行三轴剪切试验；应选部分样品加做有机质含量测试。
4. 边坡土样（若具膨胀性土、基岩风化岩土样）选部分样品加做矿物成分分析。

砂类土及碎石土的试验项目为：颗粒分析。

岩石样：天然抗压强度试验；硬质岩加做饱和抗压强度试验，软质岩宜选部分做饱和抗压强度试验；碎块状岩石样应做点荷载试验；对肉眼不能辨认岩石名称的，加做磨片镜下鉴定并准确定名。

水样和土样：腐蚀性分析，应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定。

膨胀土：室内基本物理力学性质试验、收缩试验、膨胀力试验、自由膨胀率试验、标准吸湿含水率试验。

天然筑路材料的砂、土和石料均应采取样品，每个料场场地按规范要求采取试验样品，石料应分别采取不同级配的样品。试验项目应符合本文件第7.13节的相关规定。

高速公路工程地质勘察试验项目尚应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定。对特殊试验项目，可参照相关行业标准或技术规范执行。

* 1. 可行性研究勘察
     1. 预可勘察

预可勘察应了解公路建设顶目所处区城的工程地质条件及存在的工程地质问题，为编制预可行性研究报告提供工程地质资料。

预可勘察应充分收集区域地质、地震、气象、水文、采矿、灾害防治与评估等资料，采用资料分析、遥感工程地质解译、现场踏勘调查等方法，对各路线走廊带或通道的工程地质条件进行研究，完成下列各项工作内容：

1. 了解各路线走廊带或通道的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、地震动参数、不良地质和特殊性岩土的类型、分布范围、发育规律。
2. 了解当地建筑材料的分布状况和采购运输条件。
3. 评估各路线走廊带或通道的工程地质条件及主要工程地质问题。
4. 编制预可行性研究阶段工程地质勘察报告。

遥感解译及踏勘调查应沿拟定的路线及其两侧的带状范围进行，工程地质调查的比例尺为1：50000～1：100000，调查宽度应满足路线走廊及通道方案比选的需要。

跨江、海独立公路工程建设项目应进行工程地质勘探，并符合下列要求：

1. 应通过资料分析、遥感工程地质解译、现场踏勘调查等明确勘探的重点及问题。
2. 应沿拟定的通道布设纵向物探断面，数量不宜少于3条。当存在可能影响工程方案的区域性活动断裂等重大地质问题时，应根据实际情况增加物探断面的数最。
3. 区域性断裂异常点、桥梁深水基础、水下隧道，应进行钻探，取样和测试应符和第7章的规定。
   * 1. 工可勘察

工可勘察应初步查明公路沿线的工程地质条件和对公路建设规模有影响的工程地质问题，为编制工程可行性研究报告提供工程地质资料。

工可勘察应以资料收集和工程地质调绘为主，辅以必要的勘探手段，对项目建设各工程方案的工程地质条件进行研究，完成下列各项工作内容：

1. 了解各路线走廊或通道的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、地震动参数、不良地质和特殊性岩土的类型、分布及发育规律。
2. 初步查明沿线水库、矿区的分布情况及其与路线的关系。
3. 初步查明控制路线及工程方案的不良地质和特殊性岩土的类型、性质、分布范围及发育规律。
4. 初步查明技术复杂大桥桥位的地层岩性、地质构造、河床及岸坡的稳定性、不良地质和特殊性岩土的类型、性质、分布范围及发育规律。
5. 初步查明隧道隧址的地层岩性、地质构造、水文地质条件、隧道围岩分级、进出口地带斜坡的稳定性、不良地质和特殊性岩土的类型、性质、分布范围及发育规律。
6. 对控制路线方案的越岭地段、区域性断裂通过的峡谷、区域性储水构造，初步查明其地层岩性、地质构造、水文地质条件及潜在不良地质的类型、规模、发育条件。
7. 初步查明筑路材料的分布、开采、运输条件以及工程用水的水质、水源情况。
8. 评价各路线走廊或通道的工程地质条件，分析存在的工程地质问题。
9. 编制工程可行性研究阶段工程地质勘察报告。

工程地质调绘应符合下列规定：

1. 应对区域地质、水文地质以及当地采矿资料等进行复核，区域地层界线、断层线、不良地质和特殊性岩土发育地带、地下水排泄区等应进行实地踏勘，并做好复核记录。
2. 工程地质调绘的比例尺为1：10000～1：50000，范围应包括各路线走廊或通道所处的带状区域。

遇下列情况，仅通过资料收集、工程地质调绘不能初步查明其工程地质条件时，应进行工程地质勘探：

1. 控制路线及工程方案的不良地质和特殊性岩土路段。
2. 特大桥、特长隧道、地质条件复杂的大桥及长隧道等控制性工程。
3. 控制路线方案的越岭路段、区域性断裂通过的峡谷、区域性储水构造。
4. 跨江、海独立公路工程建设项目。
   1. 初步勘察
      1. 一般规定

初步勘察应基本查明新建或改扩建公路沿线及各类构筑物建设场地的工程地质条件，为工程方案比选及初步设计文件编制提供工程地质资料。

初步勘察应与路线和各类构筑物的方案设计相结合，根据现场地形地质条件，采用遥感解译、工程地质调绘、钻探、物探、原位测试等手段相结合的综合勘察方法，对路线及各类构筑物工程建设场地的工程地质条件进行勘察。

在对资料收集分析研究的基础上，对路线方案有较大影响的地质构造带，应重点布置勘察工作，查明其性质、范围及规模等，明确其对路线方案的影响程度。

初步勘察应对工程项目建设可能诱发的地质灾害和环境工程地质问题进行分析、预测，评估其对公路工程和环境的影响。

初步勘察阶段工作量布置原则及图示可见附录C。

* + 1. 路线

路线初勘应以工程地质调绘为主，勘探测试为辅，基本查明下列内容：

1. 地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件。
2. 不良地质和特殊性岩土的成因、类型、性质和分布范围。
3. 区域性断裂、活动性断层、区域性储水构造、水库及河流等地表水体、可供开采和利用的矿体的发育情况。
4. 斜坡或挖方路段的地质结构，有无控制边坡稳定的外倾结构面，工程项目实施有无诱发或加剧不良地质的可能性。
5. 陡坡路堤、高填路段的地质结构，有无影响基底稳定的软弱地层。
6. 大桥及特大桥、长隧道及特长隧道等控制性工程通过地段的工程地质条件。

工程地质调绘应符合下列规定：

1. 路线工程地质调绘的比例尺为1：2000～1：10000，视地质条件的复杂程度选用。
2. 路线工程地质调绘应沿路线及其两侧的带状范围进行，调绘宽度沿路线左右两侧的距离各不宜小于200m。

工程地质勘探、测试应符合下列规定：

1. 隐伏于覆盖层下的地层接触线、断层、软土等对填图质量或工程设置有影响的地质界线、地质体，应辅以钻探、挖探、物探等予以探明。
2. 特殊性岩土应选取代表性试样测试其工程地质性质。

重点对沿线不良地质现象进行勘察，对路线方案有较大影响的不良地质现象，应重点布置勘察工作，查明其性质、范围及规模等，明确其对路线方案的影响程度。当路线走廊带存在无法避绕的重大不良地质现象时，宜在初勘阶段即展开专题研究工作。

对工程概算有重大影响的不同路线方案比选应开展同深度的勘察。

* + 1. 一般路基

一般路基初勘应根据现场地形地质条件，结合路线填挖设计，划分工程地质区段，分段基本查明下列内容：

1. 地形地貌的成因、类型、分布、形态特征和地表植被情况。
2. 地层岩性、地质构造、岩石的风化程度、边坡的岩体类型和结构类型。
3. 层理、节理、断裂、软弱夹层等结构面的产状、规模、倾向路基的情况。
4. 覆盖层的厚度、土质类型、密实度、含水状态和物理力学性质。
5. 不良地质和特殊性岩土的分布范围、性质。
6. 地下水和地表水发育情况及腐蚀性。

一般路基工程地质调绘可与路线工程地质调绘一并进行；工程地质条件较复杂或复杂，填挖变化较大的路段，应进行补充工程地质调绘，工程地质调绘的比例尺宜为1：2000。调绘范围沿拟定的路线中心线左右两侧各不应小于200m，工程地质条件较复杂或复杂，填挖变化较大的路段不小于300m。

工程地质勘探、测试应符合下列规定：

1. 一般路基的勘探以钻探和挖探为主。
2. 勘探点应沿路基中线布设，其平均间距应能达到100～300m，除此以外且应保证每个地貌单元或地形、工程地质变化的路段有勘探点，以查明地质、摸清土石方变化情况为原则。
3. 各勘探点应视需要布设，对路基山坳处软土分布路段、稻田区、鱼塘、低填、浅挖路段等发生变化点处，应加密勘探点，并进行相关土石试验。
4. 一般路基勘探点应尽量利用桥涵、特殊路基勘探点，同时在布设时应尽量考虑与涵洞、通道等勘探点协调利用。
5. 勘探深度不小于2.0m，可选择挖探、螺纹钻进行勘探。当深部地质情况需进一步探明时，可采用静力触探、钻探、物探等进行综合勘探。
6. 勘探应分层取样。粉土、黏性土应取原状样，取样间距一般1m～2m；砂土、碎石土取扰动样，取样间距一般1m～2m，通过原位测试判明其密实度，对碎石也可通过野外鉴定。
7. 地下水发育时，应量测地下水的初见水位和稳定水位。
8. 室内测试项目应符合本文件第5.8节中的相关规定。
9. 特殊性岩土应选取代表性试样测试其工程地质性质。
   * 1. 高路堤

填土高度大于12m，或填土高度虽未达到12m但基底有软弱地层发育，填筑的路堤有可能失稳、产生过量沉降及不均匀沉降时，应按高路堤进行勘察。

高路堤勘察应基本查明下列内容：

1. 高填路段的地貌类型、地形的起伏变化情况及横向坡度。
2. 地基的土层结构、厚度、状态、密实度及软弱地层的发育情况。
3. 基岩的埋深和起伏变化情况。
4. 岩层产状、岩石的风化程度和岩体的节理发育程度。
5. 地基岩土的物理力学性质和地基承载力。
6. 地表水和地下水的类型、埋深、分布和水质。
7. 基底的稳定性。

应沿拟定的线位及其两侧的带状范围进行1：2000工程地质调绘，调绘范围沿拟定的路线中心线左右两侧各不应小于两倍路堤基底宽度，斜坡地带下边坡宜调查到坡脚位置，上边坡宜调查到第一分水岭。

工程地质勘探、测试应符合下列规定：

1. 高路堤应每100～300m选定一个控制性断面，或每个工点不少于1个控制性横断面。若基底有软弱层分布时，可适当加密断面。
2. 每个控制断面上应有2个以上勘探点，勘探深度对于小于2～4m的覆盖层应达到基岩面，当覆盖层厚度较大时勘探深度应穿过软弱层达到承载力满足设计要求的稳定地层且超过地基变形计算深度。

注：地基变形计算深度，对中、低压缩性土层取附加应力等于上覆土层有效自重应力0.2倍的深度，对高压缩性土层取附加应力等于上覆土层有效自重应力0.1倍的深度。

1. 地质构造复杂处，可视需要增加钻孔，以查明路堤基底地基稳定性、地基承载力和地基土软弱夹层土体性质。
2. 粉土、黏性土应取原状样，在0～10m的深度范围内，取样间距宜为1.0m；10m以下，取样间距宜为1.5m，变层应立即取样。砂土、碎石土可取扰动样，取样间距宜为2.0m，变层应立即取样。层厚大于5m的同一土层，可在上、中、下取样，取样后应立即做动力触探试验。
3. 有地下水发育时，应量测地下水的初见水位和稳定水位，采集水样做水质分析。
4. 室内测试项应符合本文件第5.8节中的相关规定。。
5. 勘探断面上的地形、岩石露头、地下水出露点、勘探测试点等应实测。
   * 1. 陡坡路堤

地面斜坡陡于1：2.5，或坡率虽未陡于1：2.5但路堤有可能沿斜坡产生横向滑移时，应按陡坡路堤进行勘察。

陡坡路堤勘察应基本查明下列内容：

1. 陡坡路段的地形地貌、地面横向坡度及变化情况。
2. 覆盖层的厚度、土质类型、地层结构、密实程度和胶结状况。
3. 覆盖层下伏基岩面的横向坡度和起伏形态。
4. 陡坡路段的地质构造、层理、节理、软弱夹层等结构面的产状及岩土体风化界面情况。
5. 岩石的风化程度和边坡岩体的结构类型。
6. 岩、土的物理力学性质及其抗剪强度参数。
7. 地表水和地下水发育情况。
8. 陡坡路堤沿基底滑动面或潜在滑动面产生滑动的可能性。

陡坡路段应沿拟定的线位及其两侧的带状范围进行1：2000工程地质调绘，调绘范围沿拟定的路线中心线左右两侧各不应小于两倍路堤基底宽度，下边坡宜调查至坡脚位置，上边坡宜调查至第一分水岭。

工程地质勘探、测试应符合下列规定：

1. 对于陡坡路堤或其沿斜坡及存在可能沿斜坡滑动的路堤，应查明其沿斜坡或下卧基岩岩面的倾斜度、岩性、产状、风化程度，地表水和地下水的发育情况，确定土石界面的抗滑、抗剪指标。
2. 应每100m～200m选定一个控制性断面，且每个工点不少于1个控制性横断面。
3. 每个控制断面上应有2个以上勘探点，宜采用挖探、物探、钻探等进行综合勘探。采用挖探时勘探深度应达到基岩面，其它勘探手段的勘探深度应至持力层或稳定的基岩面以下3m。
4. 勘探应采取岩土试样，取样、测试要求应符合本文件第7.4.4条中的相关规定。
5. 有地下水发育时，应量测地下水的初见水位和稳定水位，采取水样做水质分析。
6. 室内测试项目应符合本文件第5.8节中的相关规定。
7. 勘探断面上的地形、岩石露头、地下水出露点、勘探测试点等应实测。
   * 1. 深路堑

土质边坡垂直挖方高度超过20m，岩质边坡垂直挖方高度超过30m，或挖方边坡需特殊设计时，应按深路堑进行勘察。主要要求如下：

1. 对路线方案和边坡安全有较大影响的地质构造带，应重点布置勘察工作量，查明其性质、范围及规模等，查明大型不良地质体，判定其对路线方案的影响程度。应优先考虑线位绕避，当无法绕避或绕避工程代价过大时，应开展专项研究并进行针对性设计。
2. 在基本查明沿线地层岩性及其风化程度、坡体结构与含水量状况等条件下，初步拟定合理的坡形（坡高及平台宽度等）、防护工程类型，大致确定工程规模。

深路堑初勘应基本查明以下内容：

1. 挖方路段的地貌类型、地形起伏变化情况及横向坡度、斜坡的自然稳定状况。
2. 斜坡上覆盖层厚度、土质类型、地层结构、含水状态、胶结程度和密实度。
3. 覆盖层与基岩接触面的形态特征及起伏变化情况。
4. 基岩的岩性及其组合情况、岩石的风化程度和边坡岩体的结构类型。
5. 层理、节理、断层、软弱夹层等结构面的产状、规模及其倾向路基的情况。
6. 岩、土的物理力学性质，控制边坡稳定的结构面的抗剪强度及深路堑边坡的稳定性。
7. 地下水的出露位置、流量、动态特征及对边坡稳定的影响。
8. 地表水的类型、分布、径流及对边坡稳定性的影响。
9. 坡顶重要环境敏感点的分布及施工风险，如管道、电塔等。

深挖路段应进行1：2000工程地质调绘，调绘宽度应结合公路构筑物的影响范围确定，须满足路线方案比选及初步设计的要求，一般不小于200m，并应符合下列规定：

1. 工程地质调绘应沿拟定的线位及其两侧的带状范围进行，调绘范围宜至边坡分水岭界，并应同时满足路线中心左右两侧各不应小于边坡高度的5倍。
2. 对地质构造复杂、岩体破碎、风化严重、有外倾结构面或堆积层发育、上方汇水区域较大以及地下水发育的边坡，应扩大调绘范围。
3. 有岩石露头时，岩质边坡路段应进行节理统计，调查边坡岩体类型和结构类型。
4. 基岩出露处应进行节理裂隙统计，并绘制赤平投影图或节理玫瑰花图。
5. 调查土石层位、层厚，调查边坡岩层层位、产状、岩性、软弱夹层和构造物情况，结构面抗剪、抗滑指标，调查地形、地貌、水文地质情况，特别是地下水活动情况和地下水埋藏及渗流情况。

工程地质勘探、测试应符合下列规定：

1. 应根据现场地形地质条件选择代表性位置布置横向勘探断面，每100m左右布设1个控制断面，根据地层变化或计算需要可加密为每50m一个，且每个工点不少于1个。
2. 每个控制断面上勘探点应不少于2个，勘探深度以判明路堑边坡稳定性为准，一般钻深应达到设计标高以下稳定地层中5m～7m。
3. 对于开挖土石方，应通过取样试验判明是否可作为筑路材料，并在勘察说明中详细说明。
4. 松散覆盖层或强风化破碎层较厚且开挖后可能存在对公路工程安全有影响的深路堑、高边坡，宜布置横向物探测线，测线长度应覆盖预计的边坡开挖边界，测线间距不大于30m，可采用地震波法、高密度电法、微动等方法。
5. 室内测试项目应符合本文件第5.8节中的相关规定。露头不良地段，可采用声波测井确定岩体的完整性。
6. 有地下水发育时，应量测地下水的初见水位和稳定水位，取样做水质分析。
7. 勘探断面上的地形、岩石露头、地下水出露点、勘探点等应实测。
8. 基岩出露良好，地质条件清楚，可通过调绘查明深深路堑工程地质条件。
   * 1. 支挡工程

支挡工程初勘应基本查明下列内容：

1. 支挡工程位置处地基土的地层岩性、地质构造、水文条件、斜坡坡度和自然稳定状况。
2. 支挡路段层理、节理、断层、软弱夹层等结构面的产状、规模和发育情况。
3. 支挡工程地基的地层结构、岩土类型、软弱下卧层地层的存在及分布，掌握支挡工程基础持力层的物理力学指标。
4. 地下水的类型、分布及其对边坡稳定的影响。
5. 其他不良地质和特殊性岩土的发育情况。
6. 支挡工程地基的承载力和锚固条件。

支挡路段应进行1：2000工程地质调绘，调绘范围宜包括支挡工程和可能产生变形失稳的岩土体以外不小于50m的区域，且宜至边坡分水岭；基岩出露处应进行节理裂隙统计。

工程地质勘探、测试应符合下列规定：

1. 应根据支挡地段的地形地质条件、支挡工程的类型、规模等在支挡工程的轴线上选定控制横断面，间距30m～50m一个，或每个工点不少于2个。
2. 每个控制断面勘探点不少于2个，在轴线上应不少于2个勘探点，勘探点的布设以查明基底地层分布情况、确定基底承载力为准。
3. 勘探深度对于覆盖层较薄的路段应达到基岩，对于覆盖层较厚的路段应穿过软弱层，达到承载力相对较大的持力地层。
4. 挖探、钻探应分层采取岩土试样，测试项目应符合本文件第5.8节中的相关规定。
5. 有地下水发育时，应量测地下水的初见水位和稳定水位，取样做水质分析。
6. 勘探断面上的地形、岩石露头、地下水出露点、勘探测试点等应实测。
   * 1. 桥梁

桥梁初勘应根据现场地形地质条件，结合拟定的桥型、桥跨、基础形式和桥梁的建设规模等确定勘察方案，基本查明下列内容：

1. 地貌的成因、类型、形态特征、河流及沟谷岸坡的稳定状况和地震动参数。
2. 褶皱的类型、规模、形态特征、产状及其与桥位的关系。
3. 断裂的类型、分布、规模、产状、活动性，破碎带宽度、物质组成及胶结程度。
4. 覆盖层的厚度、土质类型、分布范围、地层结构、密实度和含水状态。
5. 基岩的埋深、起伏形态，地层及其岩性组合，岩石的风化程度及节理发育程度。
6. 地基岩土的物理力学性质及承载力。
7. 特殊性岩土和不良地质的类型、分布及性质。
8. 地下水的类型、分布、水质和环境水的腐蚀性。
9. 水下地形的起伏形态、冲刷和淤积情况以及河床的稳定性。
10. 基坑开挖对周围环境可能产生的不利影响。
11. 桥梁通过气田、煤层、采空区时，有害气体对工程建设的影响。

根据地质条件选择桥位应符合下列原则：

1. 桥位宜选择在河道顺直、岸坡稳定、地质构造简单、基底地质条件良好的地段。
2. 桥位应避开区域性断裂及活动性断裂。无法避开时，宜垂直断裂构造线走向，以最短的距离通过。
3. 桥位宜避开岩溶、滑坡、危岩等不良地质及软土、膨胀性岩土等特殊性岩土发育的地带。

工程地质调绘应符合下列规定：

1. 跨江、海大桥及特大桥应进行1：10000区域工程地质调绘，调绘的范围应包括桥轴线、引线及两侧各不小于1000m的带状区域。存在可能影响桥位或工程方案比选的隐伏活动性断裂及岩溶、泥石流等不良地质时，应根据实际情况确定调绘范围，并辅以必要的物探等手段探明。
2. 工程地质条件较复杂或复杂的桥位应进行1：2000工程地质调绘，调绘的宽度沿路线两侧各不宜小于l00m，斜坡地带应扩大调查范围，上坡宜调查至第一分水岭，下坡宜调查至坡脚位置。当桥位附近存在岩溶、泥石流、滑坡、危岩、崩塌等可能危及桥梁安全的不良地质时，应根据实际情况确定调绘范围。
3. 工程地质条件简单的桥位，可对路线工程地质调绘资料进行复核，可不进行1：2000工程地质调绘。
4. 桥台基岩出露处应进行节理裂隙统计。

工程地质勘探、测试应符合下列规定：

1. 桥梁初勘应以钻探、原位测试为主，遇有下列情况时，应结合物探、挖探等进行综合勘探：
   1. 桥位有隐伏的断裂、岩溶、土洞、采空区、沼气层等不良地质发育。
   2. 基岩面或桩端持力层起伏变化较大，用钻探资料难以判明。
   3. 水下地形的起伏与变化情况需探明。
   4. 控制斜坡稳定的卸荷裂隙、软弱夹层等结构面用钻探难以探明。
2. 勘探测试点的布置应符合下列规定：
   1. 勘探测试点应结合桥跨组合、桥梁的墩台位置和地貌地质单元沿桥梁轴线或在其两侧交错布置，数量和深度应控制地层、断裂等重要的地质界线和说明桥位工程地质条件。
   2. 特大桥、大桥和中桥的钻孔数量可按表26确定。小桥应不少于1孔；大桥、特大桥在满足表26基础上，平均孔距不应大于200m～300m；深水、跨径＞150m桥梁主墩每墩应不少于2孔；深水、大跨桥梁基础、锚碇基础及深基坑，其钻孔数量应根据实际地质情况及基础工程方案确定。
   3. 基础施工有可能诱发滑坡等地质灾害的边坡，应结合桥梁墩台布置和边坡稳定性分析进行勘探。
   4. 当桥位基岩裸露，岩体完整，岩质新鲜，无不良地质发育时，可通过工程地质调绘基本查明工程地质条件。
   5. 当桥梁墩台处地质条件复杂时可适当布置横向物探测线，对于深水、跨径＞150m桥梁沿左右幅各布置一条纵测线，长度应不小于探测范围100m；水中主墩各布置不少于2条横断面，长度应满足探测要求；水域探测方法可选择多道地震、单道地震、浅地层剖面等；陆地探测深度＜100m的可选择高密度电法、地震反射波、管波等。
3. 桥位钻孔数量表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 桥梁类型 | 工程地质条件简单 | 工程地质条件较复杂或复杂 |
| 中桥 | 2～3 | 3～4 |
| 大桥 | 3～5 | 5～7 |
| 特大桥 | ≥5 | ≥7 |

1. 勘探深度应符合下列规定：
   1. 跨径≤20m，有效深度40m，之前遇有微风化基岩分布的钻孔，钻入连续的微风化基岩硬质岩3m、软质岩5m；之前遇有中风化基岩分布的钻孔，钻进连续的中风化基岩硬质岩（含微风化夹层）6m、软质岩（含微风化夹层）10m。
   2. 跨径20m～30m（含30m，下同），有效深度45m～50m，之前遇有微风化基岩分布的钻孔，钻入连续的微风化基岩硬质岩5m、软质岩8m；之前遇有中风化基岩分布的钻孔，钻进连续的中风化基岩硬质岩（微风化夹层）7m、软质岩（含微风化夹层）12m。
   3. 跨径30m～40m，有效深度50m～55m，之前遇有微风化基岩分布的钻孔，钻入连续的微风化基岩硬质岩7m、软质岩10m。之前遇有中风化基岩分布的钻孔，钻进连续的中风化基岩硬质岩（含微风化夹层）10m、软质岩（含微风化夹层）15m。
   4. 跨径40m～50m，有效深度55m～65m，之前遇有微风化基岩分布的钻孔，钻入连续的微风化基岩硬质岩7m～10m、软质岩10m～12m。之前遇有中风化基岩分布的钻孔，钻进连续的中风化基岩硬质岩（含微风化夹层）10m～12m、软质岩（含微风化夹层）15m～18m。
   5. 深水、特大桥、桥跨＞50m、锚碇基础勘探，钻孔深度应按设计要求专门研究后确定。
   6. 桥梁钻孔最小孔深不少于15m，花岗岩孤石区应穿透孤石钻入基岩，钻入基岩的深度应满足前述要求。
   7. 地层变化复杂的桥位、摩擦型桩位，应布置加深控制性钻孔，探明桥位及桩位地质情况。
   8. 遇特殊情况，由地质技术人员与设计共同协商确定。
2. 钻探应采取岩、土、水试样，并符合下列规定：
   1. 在粉土、黏性土地层中，每1.0m～1.5m应取原状样1个；土层厚度大于或等于5.0m时，可每2.0m取原状样1个；遇土层变化时，应立即取样。取样后应立即标准贯入试验。
   2. 在砂土和碎石土地层中，应分层采取扰动样，取样间距一般为1.0m～3.0m；遇土层变化时，应立即取样。取样后应立即做动力触探试验。
   3. 在基岩地层中，应根据岩石的风化等级，分层采取代表性岩样。
   4. 当需要进行冲刷计算时，应在河床一定深度内取样做颗粒分析试验。
   5. 遇有地下水时，应进行水位观测和记录，量测初见水位和稳定水位，并采取水样做水质分析。
3. 应根据地基岩土类型、性质和桥梁的基础形式选择岩土试验项目和原位测试方法，并符合下列规定：
   1. 砂土应做标准贯入试验或重型动力触探试验，碎石土应做重型动力触探试验或超重型动力触探试验。
   2. 有成熟经验的地区，可采用静力触探、旁压试验、扁铲侧胀试验等方法评价地基岩土的工程地质性质。
   3. 室内测试项目应符合本文件第5.8节中的相关规定。
   4. 钻探取芯、取样困难的钻孔，可采用孔内电视、物探综合测井等方法探明孔内地质情况。
   5. 遇有害气体时，应取样测试。
   6. 悬索桥、斜拉桥的锚碇基础，地下水发育时，应进行抽水试验。
4. 勘探断面上的地形、地质调绘点、原位测试点、钻孔等应实测。
   * 1. 涵洞及通道

涵洞及通道初勘应基本查明以下内容：

1. 地形地貌、地层岩性和地质构造特征。
2. 覆盖层的成因、土质类型、厚度、地层结构。
3. 基岩的岩性、埋深、风化程度及节理发育程度。
4. 地基岩土的物理力学性质及承载力。
5. 地表水及地下水的类型、分布、补径排及其动态变化情况和环境水的腐蚀性。
6. 特殊性岩土和不良地质的发育情况。

工程地质条件简单时，涵洞及通道工程地质调绘可与路线工程地质调绘一并进行；工程地质条件复杂或较复杂时，应进行1：2000工程地质调绘。工程地质调绘的范围应包括涵洞、通道及其两侧汇水工程以外各不小于20m的区域。当有泥石流等不良地质发育时，应根据实际情况确定调绘范围。

工程地质勘探、测试应符合下列规定：

1. 应根据现场地形地质条件、路基填筑高度等确定勘探测试点的数量和位置。地质条件相同的工点可做代表性勘探。
2. 勘探测试可采用挖探、钻探、静力触探等方法。
3. 覆盖层的勘探深度可按表27确定。有软弱下卧层发育时，勘探深度应穿过软弱下卧层至硬层内不小于1.0m；地基持力层为全风化层时，勘探深度应至全风化层内不小于3m。
4. 探坑（井）、钻孔应分层采取岩土试样，室内测试项目应符合本文件第5.8节中的相关规定。
5. 地下水发育时，应量测地下水的初见水位和稳定水位，取水样做水质分析。
6. 勘探断面上的地形、岩层露头、勘探测试点等应实测。
7. 涵洞及通道勘探深度表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 岩土类别 | 碎石土 | 砂土 | 粉土、黏性土 |
| 勘探深度 | 2～6 | 3～8 | 4～10 |

* + 1. 隧道

隧道初勘应根据现场地形地质条件，结合隧道的建设规模、标准、工法和方案比选等，确定勘察的范围、内容和重点，并应基本查明以下内容：

1. 地形地貌、地层岩性、工程地质条件、水文地质条件、地震动参数。
2. 褶皱的类型、规模、形态特征。
3. 断裂的类型、规模、产状，破碎带宽度、物质组成、胶结程度、活动性。
4. 隧道进出口地带的地质结构、自然稳定状况、隧道施工诱发滑坡等地质灾害的可能性。
5. 隧道浅埋段覆盖层的厚度、岩体的风化程度、含水状态及稳定性。
6. 水库、河流、煤层、采空区、膨胀性地层、有害矿（气）体及富含放射性物质的地层的发育情况。
7. 不良地质和特殊性岩土的类型、分布、性质。
8. 岩溶、断裂、地表水体发育地段产生突水、突泥及塌方冒顶的可能性。
9. 洞门基底的地质条件、地基岩土的物理力学性质和承载力。
10. 地下水的类型、分布、水质、涌水量。
11. 评价地震效应、场地稳定性和适宜性。
12. 分析隧道围岩的稳定性和可挖性，划分围岩等级。
13. 分析隧道施工可能遇到的工程地质问题及对周边环境的影响。

当两个或两个以上的隧道工程方案需进行同深度比选时，应进行同深度勘察。

根据地质条件选择隧道的位置应符合下列规定：

1. 隧道应选择在地层稳定、构造简单、地下水不发育、进出口条件有利的位置，隧道轴线宜与岩层、区域构造线的走向垂直。
2. 隧道应避免沿褶皱轴部，平行于区域性大断裂，以及在断裂交汇部位通过。
3. 隧道应避开高应力区，无法避开时洞轴线宜平行最大主应力方向。
4. 隧道应避免通过岩溶发育区、地下水富集区和地层松软地带。
5. 隧道洞口应避开滑坡、崩塌、岩堆、危岩、泥石流等不良地质，以及排水困难的沟谷低洼地带。
6. 傍山隧道，洞轴线宜向山体一侧内移，避开外侧构造复杂、岩体卸荷开裂、风化严重，以及堆积层和不良地质地段。

沉管隧道初勘除应符合本文件第7.10.1条的相关规定外，尚应包括下列工作内容：

1. 收集地表水体流量、流速、波浪、水温、含砂（泥）量、最高水位、潮汐等水文资料。
2. 基本查明水下软弱地层、可液化土层的分布及工程特性。
3. 基本查明下伏基岩岩面埋藏深度、起伏变化情况及分布和工程特性。
4. 分析水下基槽边坡稳定性。

盾构隧道初勘除应符合本文件7.10.1条的相关规定外，尚应包括下列工作内容：

1. 基本查明高灵敏软土层、高塑性黏性土层、松散砂土层、含承压水砂层、软硬不均地层、含漂石或卵石地层等分布和特征。
2. 基本查明基岩起伏、岩石坚硬程度、岩脉分布于特征、岩体完整性、岩石质量指标及耐磨性矿物成分和含量。
3. 基本查明孤石、球状风化体的分布规律。
4. 预测隧道盾构工作井、联络通道的涌水量。
5. 分析评价隧道盾构工作井、联络通道的工程地质条件。

钻爆隧道初勘除应符合本文件7.10.1条的相关规定外，尚应包括下列工作内容：

1. 基本查明软弱地层、基岩风化带、风化槽的分布于特征。
2. 预测隧道最大及正常涌水量，评价可能产生涌水、突泥的风险，提出合理的地下水控制措施。
3. 预测可能产生的开挖面坍塌、冒顶、边墙失稳、基底隆起、围岩松动等施工风险，并提出防治措施建议。

堰筑隧道初勘除应符合本文件7.10.1条的相关规定外，尚应包括下列工作内容：

1. 收集地表水体流量、流速、波浪、最高水位、潮汐等水文资料。
2. 提供控制地下水设计相关参数，分析地下水变化对工程的影响。
3. 根据粉土、砂土分布及地下水特征，分析基坑发生涌水、突泥、流土、管涌的可能性。
4. 分析围堰、止水围护结构的适宜性及可靠性，针对基坑开挖可能发生的地质问题提出支护措施建议。

工程地质及水文地质调绘应符合下列规定：

1. 工程地质调绘应沿拟定的隧道轴线及其两侧各不小于200m的带状区域进行，调绘比例尺为1：2000。
2. 当两个及以上特长隧道、长隧道方案进行比选时，应进行隧址区域工程地质调绘，调绘比例尺为1：10000～1：50000。
3. 特长隧道及长隧道应结合隧道涌水量分析评价进行专项区域水文地质调绘，调绘比例尺为1：10000～1：50000。
4. 工程地质调绘及水文地质调绘采用的地层单位宜结合水文地质及工程地质评价的需要划分至岩性段。
5. 隧道进出口及洞身基岩出露处应进行节理裂隙统计，绘制节理裂隙玫瑰花图。节理调查统计点应靠近洞轴线，在隧道洞身及进出口地段选择代表性位置布设，同一围岩分段的节理调查统计点数量不宜少于2个。

隧道勘探应以钻探为主，结合物探、挖探等手段进行综合勘探。

1. 沉管隧道应布设在基槽及周围影响范围内，沿路线方向勘探钻孔间距宜为75m～200m，沿隧道轴线方向每隔200m～400m宜垂直轴线方向布置钻孔，钻孔间距宜为30m～40m，最大埋深点附近宜布置勘探点。
2. 盾构隧道勘探钻孔间距宜为50m～200m，交叉布置于隧道洞壁外侧5m～10m处，且工作井及联络通道处应有钻孔控制。
3. 钻爆隧道勘探钻孔平均间距宜为500m～700m，沿隧道中心线，并在洞壁外侧不小于5m的下列位置布置：
   1. 地层分界线、断层、物探异常点、储水构造或地下水发育地段。
   2. 高应力区围岩可能产生岩爆或大变形的地段。
   3. 膨胀性岩土等特殊性岩土分布地段。
   4. 岩溶、采空区、隧道浅埋段及可能产生突泥、突水部位。
   5. 煤系地层、含放射性物质的地层。
   6. 覆盖层发育或地质条件复杂的隧道进出口。
4. 堰筑隧道宜在开挖边界按开挖深度的1～2倍范围布置勘探钻孔，间距宜为50～150m。
5. 在钻探过程中，遇有地下水时，应进行水位观测和记录，量测初见水位和稳定水位，判明含水层位置、厚度和地下水的类型、流量等。
6. 在钻探过程中，遇到有害气体、放射性矿床时，应做好详细记录，探明其位置、厚度，采集试样进行测试分析。
7. 隧道应布置纵向物探测线，长度超出隧道进出口不少于50m，其中分离式隧道沿隧道轴线分幅布置；隧道进出口应分别布置横向物探测线，测线数量各不少于2条。隧道物探可采用高密度电法、地震波法、可控源音频大地电磁法、EH4、瞬变电磁、声波测井等方法。

隧道勘探深度应符合下列规定：

1. 沉管隧道钻孔深度在覆盖层中不应小于隧道底板以下2.5倍管节高度，并应满足变形计算要求；隧道底板以下遇到中风化基岩时，深度可减少至1～2倍管节高度。
2. 盾构隧道、钻爆隧道钻孔深度应进入隧道底板以下不小于5m中风化基岩或不小于15m全、强风化基岩。遇破碎带时，孔深应适当加深穿过破碎带；遇采空区、岩溶、地下暗河等不良地质时，勘探深度应至稳定底板以下不小于10m完整基岩。
3. 堰筑隧道钻孔深度宜按开挖深度的2～3倍确定，在预计开挖深度范围内遇中风化岩时，孔深进入中风化基岩不应小于10m，且进入基坑底板下3～5m。遇软土或地下水控制需要时，应穿过软土层及对工程有影响的透水层，并应满足稳定分析、降水设计、支护结构设计等要求。

工程地质及水文地质测试应符合下列规定：

1. 地下水发育时，应进行抽（注）水试验，分层获取各含水层水文地质参数并评价其富水性和涌水量。水文地质条件复杂时，应进行地下水动态观测。
2. 分层取样，岩、土试样的数量不宜少于6组。对于盾构隧道、钻爆隧道应重点在隧底以下1倍至隧顶以上2～4倍隧高范围内采取土样、岩样，并进行孔内波速测试，采取岩石试样做岩块波速测试，获取围岩岩体的完整性指标。室内测试项目可按表28选用。
3. 当岩芯采集困难或采用钻探难以判明孔内的地质情况时，宜在方法试验的基础上选择物探方法，进行孔内综合物探测井。
4. 深埋隧道及高应力区隧道应进行地应力测试。隧道的地应力测试应结合地貌地质单元选择在代表性钻孔中进行，地应力测试宜采用水压致裂法。
5. 有害气体、放射性矿体等应按相关规定进行测试、分析。
6. 采取地表水和地下水样，做水质分析，评价水的腐蚀性。
7. 隧道工程室内测试项目表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试项目 | | 隧道工法与地层 | | | | | | | |
| 沉管隧道 | | 盾构隧道 | | 钻爆隧道 | | 堰筑隧道 | |
| 土体 | 岩体 | 土体 | 岩体 | 土体 | 岩体 | 土体 | 岩体 |
| 颗粒分析 | | + | / | + |  | + |  | + | / |
| 天然含水率ω（%） | | + | / | + | / | + | / | + | / |
| 密度ρ（g/cm³） | | + | （+） | + | （+） | + | （+） | + | （+） |
| 塑限ωp（%） | | + | / | + | / | + | / | + | / |
| 液限ωL（%） | | + | / | + | / | + | / | + | / |
| 有机质含量Wu（%） | | （+） | / | （+） | / | / | / | （+） | / |
| 渗透系数k（cm/s） | |  | / | + | / | + | / | + | / |
| 固结试验 | 压缩系数a（MPa-1） | + | / | + | / | + | / | + | / |
| 压缩模量Es（MPa） | + | / | + | / | + | / | + | / |
| 压缩指数Cc | + | / | / | / | / | / | + | / |
| 回弹模量Cs | + | / | / | / | / | / | + | / |
| 垂直固结系数Cv（cm2/s） | （+） | / | （+） | / | / | / | （+） | / |
| 次固结系数Ca | （+） | / | （+） | / | / | / | （+） | / |
| 前期固结压力pc（kPa） | （+） | / | （+） | / | / | / | （+） | / |
| 剪切试验 | 黏聚力c（kPa） | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 内摩擦角（°） | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 岩石饱和单轴抗压强度Rc（MPa） | | / | + | / | + | / | + | / | + |
| 抗拉强度Rt（MPa） | | / | / | / | / | / | （+） | / | / |
| 弹性模量E（MPa） | | / | / | / | + | / | + | / | / |
| 泊松比μ | | / | / | / | + | / | + | / | / |
| 矿物成分分析 | | （+） | （+） | （+） | （+） | （+） | （+） | （+） | （+） |
| 岩块纵波波速vp（m/s） | | / | / | / | + | / | + | / | / |
| 1. “+”——必做项目；“（+）”——选做项目；“/”——可不做项目。 | | | | | | | | | |

隧道围岩基本质量指标BQ应按式（1）计算。

（）

式中：

——岩石饱和单轴抗压强度（MPa）；

——岩体完整性系数。

1. 当＞90+30时，应取=90+30和代入计算BQ值。
2. 当Kv＞0.04+0.4时，应取=0.04+0.4和代入计算BQ值。
3. 应采用实测值。当无条件取得实测值时，可采用实测的岩石点荷载强度指数的换算值，并按式（2）换算：

（）

遇下列情况之一，应对岩体基本质量指标进行修正。

1. 有地下水。
2. 围岩稳定性受软弱结构面影响，且由一组起控制作用。
3. 存在附录D所列高初始应力现象。

围岩基本质量指标修正值可按式（3）计算。

（）

式中：

——围岩基本质量指标修正值；

——围岩基本质量指标；

——地下水修正系数；

——主要软弱结构面产状影响修正系数；

——初始应力状态影响修正系数。

、、值可按附录D确定。无表中所列情况时，修正系数取零。出现负值时，应按特殊情况处理。

隧道围岩分级应按附录D确定。

隧道的地下水涌水量应根据隧址水文地质条件选择水文地质比拟法、水均衡法、地下水动力学方法等进行综合分析评价。隧道涌水量估算方法见附录E。

* + 1. 岸坡工程

岸坡工程初勘应基本查明下列内容：

1. 岸坡地段及其上下游的地形地貌、地层岩性、地质构造及斜坡稳定特征。
2. 岸坡的稳定情况及不良地质的类型、发展变化规律。
3. 岸坡的水力特征、洪（枯）水位高程、河流的冲淤变化规律。
4. 防护工程及导流工程设置部位的地层结构、岩土类型、土的粒径组成。
5. 地基岩土的物理力学性质和承载力。
6. 新建岸坡的稳定性。
7. 既有岸坡防护工程的设计与使用情况。

岸坡防护地段应进行1：2000工程地质调绘，调绘范围应包括防护路段两岸及上下游相邻区域。

工程地质勘探、测试应符合下列规定：

1. 应根据岸坡防护路段的地质条件、水文状况、岸坡稳定情况及河岸防护工程的类型等确定勘探测试点的数量和位置。
2. 冲刷防护工程、导流工程可采用挖探、钻探等进行综合勘探，勘探深度应至最大冲刷线或基础持力层以下的稳定地层中不小于3m。
3. 河床或构筑物设置部位的探坑（井）和钻孔，应分层采取岩土试样，室内测试项目应符合本文件第5.8节中的相关规定。
4. 必要时，采取水样做水质分析，评价环境水的腐蚀性。
5. 勘探断面上的地形、岩层露头、洪水位痕迹、钻孔等应实测。
   * 1. 路线交叉工程

路线交叉工程的路基初勘应符合本文件第7.3～7.7、7.11条中的相关规定；路线交叉工程的桥梁初勘应符合本文件第7.8条中的相关规定。

* + 1. 收费站及服务区房屋建筑工程

收费站及服务区等沿线设施的初勘应符合现行《工程勘察通用规范》（GB 55017）、《岩土工程勘察规范》（GB 50021）、《建筑地基基础设计规范》（GB 50007）、《广东省建筑地基基础设计规范》（DBJ15-31）、《建筑抗震设计规范》（GB 50011）中的相关规定。

* + 1. 筑路材料

沿线筑路材料初勘应充分利用既有资料，通过调查、勘探、试验，基本查明筑路材料的类别、产地、质量、数量和开采运输条件。

材料蕴藏量可按1：2000精度控制进行工程地质调绘，调查范围含盖整个料场，重点调查取料场地层岩性分布、地质构造特征、地下水埋深情况。材料有用层的厚度应通过对露头的调查、测量和勘探确定。

材料蕴藏量勘探断面宜垂直岩层走向和地貌单元界线布设，每条勘探断面不宜少于3个勘探点，勘探断面间距不宜大于200m，勘探点的深度应大于有用层厚度或计划开采深度。

材料蕴藏量可采用算术平均法、平行断面法、三角形法或多角形法等方法计算。

各类料场应选取代表性样品进行试验，评价材料的工程性质。材料成品率估算应在调查、勘探、试验的基础上进行。

材料取样地点应在料场内均匀分布，且能反映有用层沿勘探剖面的变化情况，每一料场不宜少于3处。

桥涵工程材料试验应包含下列项目：

1. 石料和粗集料：抗压强度、抗冻性、坚固性、有害物质含量、筛分、针片状颗粒含量、含泥量、压碎值等试验。
2. 细集料：颗粒分析、含泥量、有机质含量、云母含量、有害物质含量、压碎值等试验。

路基工程材料试验应包含下列项目：

1. 粗粒土：颗粒分析、含水率、密度、击实等试验。
2. 细粒土：颗粒分析、含水率、液限、塑限、密度、击实、承载比、有机质含量、易溶盐含量等试验。
3. 特殊性岩土尚应根据其特殊性进行专项试验。

路面工程材料试验应包含下列项目：

1. 粗集料：颗粒分析、压碎值、针片状颗粒含量、含泥量、磨耗度、吸水率、磨光值、坚固性、冲击值、软弱颗粒含量、有机物含量等试验。
2. 细集料：颗粒分析、表观密度、含泥量、砂当量、有机质含量、坚固性、三氧化硫含量等试验。

工程用水的水质，可目测鉴定。必要时，应取水样做水质分析，判明其对混凝土及混凝土结构中钢筋的腐蚀性。

工程用水水源的可开采量，应通过调查、勘探、测试或水文地质试验确定。以水库、堰塘、溪沟、泉水等作水源时，应了解水量的季节性变化及其与灌溉或其他用水的关系。

料场开采条件应基本查明下列内容：

1. 料场工作面的范围和地形、有用层和覆盖层的厚度、废方堆放地点。
2. 宜开采的季节、开采措施和采用机械开采的可能性。
3. 料场地下水位的埋深、水位的变化情况及地下水的渗透性。
4. 石料场岩层的岩性、产状、节理裂隙发育情况及软弱夹层。
5. 土料场的覆盖层和有用层的含水率随季节变化的情况，以及开采的难易程度。
6. 料场设置对环境可能产生的不良影响及开采过程中存在的地质问题。

沿线筑路材料初勘应调查材料运输里程、运输方式和现有交通状况。

* + 1. 弃土场

沿线弃土场初勘应充分利用既有资料，通过调查、勘探、试验，基本查明弃土场的类别、地质条件、周边环境及运输条件。

按1：2000精度控制进行工程地质调绘，调查范围含盖整个弃土场及周边，重点调查弃土场地形地貌、地层岩性、地质构造、地下水埋深及不良地质发育情况，调查弃土的环境影响。

宜采用电法、地震波法探测覆盖层厚度、基岩面起伏情况。

弃土场的勘探手段宜根据弃土场类型、级别、地质条件等选择。以轻型勘探为主，对临河型、库区型与坡地型土场宜布置钻探。

弃土场堆渣区域勘探线宜垂直于斜坡走向布置，勘探线长度应大于规划堆渣范围。勘探线间距宜选用50m～200m，且不应少于2条。每条勘探线上勘探点不宜大于200m，且不应少于3个，当遇到软土、软弱夹层等应增加勘探点。

拦渣工程主勘探线沿轴线布置，勘探点间距宜为20m～30m，地质条件复杂区宜布置辅助勘探线。每条勘探线的勘探点不宜少于3个，地质条件复杂时可加密或沿勘探线布置物探对地质情况进行辅助判断。

在堆渣区，钻孔深度应揭穿基岩强风化层或表层强溶蚀风化带，进入较完整岩体5m。在拦渣工程区，当覆盖层深厚，孔深宜为设计拦渣体最大高度的0.5倍～1.0倍。

评价弃土堆稳定性和诱发次生灾害的可能性。

* 1. 详细勘察
     1. 一般规定

详细勘察应查明新建或改扩建公路沿线及各类构筑物建设场地的工程地质条件，为施工图设计提供工程地质资料。

详细勘察应充分利用初勘取得的各项地质资料，采用以钻探、测试为主，调绘、物探、简易勘探等手段为辅的综合勘察方法，对路线及各类构筑物建设场地的工程地质条件进行勘察。

详细勘察阶段工作量布置原则及图示可见附录C。

* + 1. 路线

路线详勘应查明公路沿线的工程地质条件，为确定路线和构筑物的位置提供地质资料。

路线详勘应查明本文件第7.2.1条中的有关内容。

应对初勘阶段工程地质调绘成果进行复核，复核点数不少于初勘调绘点的10%，若发现初勘调绘与实际不符时，应重新进行工程地质调绘。当路线偏离初步设计线位超过50m 时，应进行补充工程地质调绘，补充工程地质调绘的比例尺为1：2000。

当路线偏离初步设计线位较远或地质条件需进一步查明时，应进行补充勘察。

勘探、测试应符合本文件第7.2.3条中的相关规定。

* + 1. 一般路基

一般路基详勘应在确定的路线上查明各填方、挖方路段的工程地质条件，其内容应符合本文件第7.3.1条中的相关规定。

应对初勘调绘资料进行复核。当路线偏离初步设计线位或地质条件需进一步查明时，应进行补充工程地质调绘，补充工程地质调绘的比例尺为1：2000。

勘探点沿路线中线两侧布置，每段填、挖路基横向勘探断面数量不少于1条，每个横断面勘探点数量不少于2个，其中钻孔数量不少于1个。地质条件复杂时，应增加勘探断面数量。每段填挖路基内勘探工作量应符合下列规定：

1. 地形平缓或工程地质条件简单时横断面间距不大于250m，每个横断面钻孔数不少于1个。
2. 地形较平缓或工程地质条件较复杂时横断面间距不大于120m，每个横断面勘探点数量不少于2个，其中钻孔数量不少于1个。
3. 地形陡峻或工程地质条件复杂时横断面间距不大于60m，每个横断面勘探点数量不少于2个，其中钻孔数量不少于1个。

勘探深度、取样、测试等应符合本文件第7.3.3条中的相关规定。

* + 1. 高路堤

高路堤详勘应在确定的路线上查明高路堤路段的工程地质条件，其内容应符合本文件第7.4.2条中的相关规定。

工程地质调绘应对初勘调绘资料进行复核。当路线偏离初步设计线位或地质条件需进一步查明时，应进行补充工程地质调绘，工程地质调绘的比例尺为1：2000。

最大填高处应布置勘探横断面，每段高路堤的勘探横断面数量不少于1条，每条横断面勘探点数量不少于2个，其中钻孔数量不少于1个。必要时，与静力触探等原位测试手段结合进行综合勘探。地质条件复杂时，应增加勘探断面数量。每段高填路堤内勘探工作量应符合下列规定：

1. 地形平缓或工程地质条件简单时横断面间距不大于100m，每个横断面钻孔数不少于1个。
2. 地形较平缓或工程地质条件较复杂时横断面间距不大于 80m，每个横断面钻孔数不少于2个。
3. 地形陡峻或工程地质条件复杂时横断面间距不大于 50m，每个横断面钻孔数不少于3个。

高路堤段横向地质变化较大时，布孔应满足路堤稳定性计算需要，在路堤外侧应布设钻孔。

勘探深度、取样、测试等应符合本文件第7.4.4条中的相关规定。

* + 1. 陡坡路堤

陡坡路堤详勘应在确定的路线上查明陡坡路段的工程地质条件，其内容应符合本文件第7.5.2条中的相关规定。

陡坡路堤详勘工程地质调绘应对初勘调绘资料进行复核。当路线偏离初步设计线位或地质条件需进一步查明时，应进行补充工程地质调绘，补充工程地质调绘的比例尺为1：2000。

最大填高处应布置勘探横断面，每段陡坡路堤的勘探横断面数量不少于1条，每条横断面勘探点数量不少于3个，其中钻孔数量不少于2个。每段陡坡路堤内勘探工作量尚应符合下列规定：

1. 地形平缓或工程地质条件简单时横断面间距不大于80m，每个横断面钻孔数不少于2个。
2. 地形较平缓或工程地质条件较复杂时横断面间距不大于50m，每个横断面钻孔数不少于2个。
3. 地形陡峻或工程地质条件复杂时横断面间距不大于 30m，每个横断面钻孔数不少于3个。

勘探、取样、测试应符合本文件第7.5.4条中的相关规定。

* + 1. 深路堑

深路堑详勘应在确定的路线上查明深挖路段的工程地质条件，其内容应符合本文件第7.6.2条中的相关规定。

工程地质调绘应对初勘调绘资料进行复核，复核点数不少于初勘调绘点的10%，若发现初勘调绘与实际不符时，应重新进行工程地质调绘。当路线偏离初步设计线位超过50m时，应进行补充工程地质调绘。当路线偏离初步设计线位较远或地质条件需进一步查明时，应进行补充工程地质调绘，补充工程地质调绘的比例尺为1：2000。

对路堑边坡，勘探范围及深度应充分分析、利用地面调查后推测的需要查明的地质界线、可能发生潜在变形的范围及深度。

勘探断面宜布设主控制断面和辅助断面，断面应以垂直边坡走向或平行潜在主滑方向布置为主，并应有拟设工程位置的勘探断面，勘探断面布设如图1和图2所示。



1. 垂直边坡走向勘探断面示意图



1. 平行潜在主滑方向勘探断面示意图

勘探断面间距宜根据地形地貌或工程地质条件复杂程度综合确定；勘探钻孔布设，主控制断面钻孔间距宜为20m～30m，并应在拟设坡脚及堑顶外5m～10m布设一个钻孔，辅助断面钻孔堑顶外可适当减少钻孔；勘探钻孔深度，拟设坡脚及拟设工程位置钻孔，其深度应达路基面以下8m～10m，其它钻孔应深于潜在滑面以下3m～5m，尚应符合下列规定：

1. 地形平缓或工程地质条件简单时勘探断面间距一般为80m，每个勘探断面钻孔数量不少于2个，钻孔布置如图3所示。



1. 地形平缓或工程地质条件简单时的钻孔布置图
2. 地形高低起伏或工程地质条件较复杂时勘探断面间距不大于50m，每个勘探断面钻孔数量不少于3个，堑顶线之外5m～10m后缘范围内宜布设1个钻孔，钻孔布置如图4所示。



1. 地形高低起伏或工程地质条件较复杂时的钻孔布置
2. 地形陡峻或工程地质条件复杂时勘探断面间距不大于30m，每个勘探断面钻孔数量不少于4个，堑顶线之外5m～10m后缘范围内宜布设1～2个钻孔，钻孔布置如图5所示。



1. 地形陡峻或工程地质条件复杂时的钻孔布置

前期受制于各种因素影响而未完成勘察任务的，应在具备条件后及时开展补勘工作，确保施工开挖前勘察工作量应不少于原拟定的工程量。勘探、取样、测试等应符合本文件第7.6.4条中的相关规定。

* + 1. 支挡工程

支挡工程详勘应在确定的构筑物位置上查明支挡路段工程地质条件，其内容应符合本文件第7.7.1条中的相关规定。

工程地质调绘应对初勘调绘资料进行复核。当路线偏离初步设计线位或地质条件需进一步查明时，应进行补充工程地质调绘，补充工程地质调绘的比例尺为1：2000。

勘探、取样、测试应符合本文件第7.7.3、8.6.3条中的相关规定。

* + 1. 桥梁

桥梁详勘应根据现场地形地质条件和桥型、桥跨、基础形式制订勘察方案，查明桥位工程地质条件，其内容应符合本文件第7.8.1条中的相关规定。

应对初勘工程地质调绘资料进行复核。当桥位偏离初步设计桥位或地质条件需进一步查明时，应进行补充工程地质调绘，补充工程地质调绘的比例尺为1：2000。

工程地质勘探应符合下列要求：

1. 勘探点布设应结合桥跨组合在基础中心布置。嵌岩桩应每墩一孔，钻孔布设在桥梁桩中心部位，摩擦桩隔墩左右“之字形”布孔，当地质条件复杂时，宜进行适当加密；桥台均应布置钻孔；大跨径桥梁主墩及过渡墩，钻孔数量不少于桩数的1/3～1/2；当有特殊性岩土、不良地质或基础设计施工需进一步探明地质情况时，可在轮廓线外围布孔，或与原位测试、物探结合进行综合勘探。
2. 勘探点按单幅桥梁布置，应结合地形、地质条件，桥型结构和设计墩台数量合理布设，桥台必须布置钻孔，总钻孔数量不少于总跨数（按单幅计）的1/4。每座桥梁勘探工作量尚应符合下列规定：
   1. 当地形平缓、工程地质条件和桥型结构简单时，桥台必须布置钻孔，桥墩总钻孔数量不少于总跨数（按单幅计）的1/4倍。
   2. 当地形较平缓、工程地质条件较复杂或桥型结构较复杂时每个桥台不少于1个钻孔，桥墩总钻孔数量不少于总跨数（按单幅计）的1/2倍。
   3. 当地形起伏大、工程地质条件复杂或桥型结构复杂时每个桥台不少于2个钻孔，桥墩总钻孔数量不少于总跨数（按单幅计）的1/2～1倍。
   4. 花岗岩地区按工程地质条件较复杂或复杂考虑，每个桥台不少于2个钻孔，桥墩总钻孔数量不少于按总跨数（按单幅计）的1倍。
   5. 特殊结构桥梁如悬索桥及斜拉桥的桥塔、锚碇基础、高墩基础勘探钻孔宜根据设计要求研究后合理布置钻孔。
   6. 遇有岩溶、断裂带、软弱夹层等不良地质或工程地质条件复杂时，应结合现场地质条件及基础工程设计要求确定每个墩台的钻孔数量。
3. 沉井基础或采用钢围堰施工的基础，当基岩面起伏变化较大或遇涌砂、大漂石、树干、老桥基等情况时，应在基础周围加密钻孔，确定基岩顶面、沉井或钢围堰埋置深度。
4. 桥梁墩台位于沟谷岸坡或陡坡地段时，宜采用井下电视、硐探等探明控制斜坡稳定的结构面。
5. 钻孔深度应根据基础类型和地基的地质条件确定，除应符合本文件第7.8.4条中的相关规定外，尚应符合下列规定：
   1. 天然地基或浅基础：钻孔钻入持力层以下的深度不应小于3m。
   2. 桩基、沉井、锚碇基础：钻孔钻入持力层以下的深度不应小于8m。持力层下有较弱地层分布时，钻孔深度应加深。

取样、测试应符合本文件第7.8.4条中的相关规定。

* + 1. 涵洞及通道

涵洞及通道详勘应在确定的涵洞及通道位置上进行，查明涵洞及通道场地的工程地质条件，其内容应符合本文件第7.9.1条中的相关规定。

工程地质调绘应对初勘调绘资料进行复核。当路线偏离初步设计线位或需进一步查明地质条件时，应进行补充工程地质调绘，补充工程地质调绘的比例尺为1：2000。

每座涵洞及通道应布置1个勘探断面，勘探点不少于2个，其中钻探孔不少于1个。当地形陡峻、工程地质条件较复杂或复杂、涵洞及通道长度大于40m时，按每20m间距布置1个勘探点，其中钻探孔数量不少于2个。

勘探、取样、测试应符合本文件第7.9.3条中的相关规定。

* + 1. 隧道

隧道详勘应根据现场地形地质条件，并重点结合隧道类型、埋深、工法、规模制订勘察方案，查明隧址的水文地质及工程地质条件，其内容应符合本文件第7.10.1条及7.10.4～7.10.7条中的相关规定。

隧道详勘应对初勘工程地质调绘资料进行核实。当隧道偏离初步设计位置或地质条件需进一步查明时，应进行补充工程地质调绘，补充工程地质调绘的比例尺不应小于1：2000。

勘探测试点应在初步勘察的基础上，根据现场地形地质条件，及水文地质、工程地质评价的要求进行加密。勘探工作量按单幅隧道布置，应结合隧道的地形地貌情况、地质条件的复杂程度确定。

1. 在隧道洞口、联络通道、工法变化等部位应布置横断面，每条横断面钻孔数量不应少于2个；工作井及外围应有勘探钻孔。
2. 隧道洞口勘探横断面不少于2条，尚应符合下列规定：
   1. 地形平缓、工程地质条件简单的隧道洞口勘探横断面不少于2条，每条横断面钻孔数量不少于2个。
   2. 地形较平缓、工程地质条件较复杂的隧道洞口勘探横断面不少于3条，每条横断面钻孔数量不少于2个。
   3. 地形陡峻、工程地质条件复杂的隧道洞口探横断面不少于4条，每条横断面钻孔数量不少于2个。
3. 隧道洞身的勘探纵断面不少于1条，钻孔数量不少于2个，钻孔间距根据隧道规模、工法及工程地质条件复杂程度综合确定。重要地质界线、构造带包括断层及破碎带（含重要物探异常点）上必须布置钻孔。
   1. 沉管隧道钻孔间距宜为20m～60m，工程地质条件复杂时，间距取小值。
   2. 盾构隧道钻孔间距宜为20m～100m，工程地质条件复杂时，间距取小值。
   3. 钻爆隧道钻孔间距，对于中隧道宜为300m～400m，长隧道和特长隧道钻孔间距宜为400m～500m，工程地质条件复杂时，间距取小值。
   4. 堰筑隧道钻孔间距宜为10m～50m，工程地质条件复杂时，间距取小值。

勘探、取样、测试应符合本文件第7.10.9～7.10.11条中的相关规定。

隧道围岩分级应按本文件第7.10.12～7.10.14条确定，地下水涌水量分析评价应符合本文件第7.10.15条中的相关规定。

隧道涌水量受多种因素制约，涌水量预测应先进行定性分析，后进行定量计算，宜采用两种或两种以上的方法进行分析预测。常用方法有地下水动力学法、地下水径流模数法、降雨入渗法等。涌水量估算方法见附录E。

* + 1. 岸坡工程

岸坡工程详勘应在确定的河岸防护工程位置上查明河岸防护地段的水文状况和工程地质条件，其内容应符合本文件第7.11.1条中的相关规定。

工程地质调绘应对初勘调绘资料进行复核。当路线偏离初步设计线位或地质条件需进一步查明时，应进行补充工程地质调绘，补充工程地质调绘的比例尺为1：2000。

勘探工作量，应结合堤岸类型、工程地质条件综合确定，勘探间距宜符合表29规定。

1. 勘探点间距（m）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 工程地质条件 | 堤岸类别 | | |
| Ⅰ类堤岸 | Ⅱ类堤岸 | Ⅲ类堤岸 |
| 复杂 | ＜50 | ＜100 | ＜200 |
| 较复杂 | 50～100 | 100～200 | 200～400 |
| 简单 | 100～200 | 200～400 | 400～800 |
| 1. 按照《市政工程勘察规范》（CJJ 56-2012）中的相关规定，根据筑堤材料、结构型式划分为三类堤岸，其中Ⅰ类为桩式堤岸，系指以桩作为堤岸或以桩基作为堤岸基础的堤岸；Ⅱ类为圬工结构或钢筋混凝土结构物的天然地基堤岸，这类堤岸以重力式或半重力式为主；Ⅲ类为土堤，包括堤岸采用浆砌或干砌块石勾缝的护坡堤岸。 2. 表中钻孔间距为沿堤岸走向间距。 | | | |

垂直堤岸横断面钻孔的间距，以能满足滑动验算要求为原则，每条横断面勘探线应布置2～3个钻孔。

勘探、取样、测试应符合本文件第7.11.3条中的相关规定。

* + 1. 路线交叉工程

路线交叉工程的路基详勘应符合本文件第8.3～8.7、8.11节中的相关规定；路线交叉工程的桥梁初勘应符合本文件第8.7节中的相关规定。

* + 1. 收费站及服务区房屋建筑工程

收费站及服务区等沿线设施的详勘应符合现行《工程勘察通用规范》（GB 55017）、《岩土工程勘察规范》（GB 50021）、《建筑地基基础设计规范》（GB 50007）、《广东省建筑地基基础设计规范》（DBJ15-31）、《建筑抗震设计规范》（GB 50011）中的相关规定。

* + 1. 筑路材料

沿线筑路材料料场详勘应对初勘资料进行核实，必要时，应补充勘探。

新增料场应按本文件第7.14节中的相关规定进行勘察。

* + 1. 弃土场

沿线弃土场详勘应对初勘资料进行核实，必要时，应补充勘探。

新增弃土场应按本文件第7.15节中的相关规定进行勘察。

* 1. 施工勘察
     1. 一般规定

施工勘察应针对新建或改扩建高速公路施工方案、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开展工作，满足设计及施工方案调整和风险控制的要求。

遇下列情况时，应根据设计、施工的要求进行施工勘察：

1. 施工过程中地质情况出现较大变化，原设计、施工方案需进行修改。
2. 场地存在形态特别复杂、对工程施工造成不利影响且影响工程安全的不良地质或特殊性岩土。
3. 设计方案变更需要新的勘察资料。
4. 需要施工勘察的其他情况。

施工勘察应采用资料收集与分析、物探、钻探、原位测试、取样与试验、水文地质试验相结合的综合勘察方法，查明施工中遇到的地质问题，必要时开展专项研究，为设计变更、施工提供地质资料。

施工勘察应根据工程地质问题的复杂程度、已有勘察成果可利用情况、场地条件等因素确定勘察手段和工作量。

根据施工揭露的地质现象，检验、复核、修正前期地质勘察成果。

进行地质预报，对地基、边坡及隧道围岩进行工程地质评价，及时提出对工程地质问题的处理建议，并参与验收。

施工阶段施工单位宜开展下列地质工作：

1. 研究工程勘察资料，掌握场地工程地质条件及不良地质作用和特殊性岩土的分布情况，预测施工中可能遇到的工程地质问题。
2. 调查了解工程周边环境变化条件、周边工程施工情况，分析地质与周边环境条件的变化对工程可能造成的危害。
3. 施工过程中应通过观察开挖实际揭露出的岩土成分、密实度、湿度，地下水情况，地质构造情况，核实或修正勘察资料。

注：施工过程中，可通过挖机快速简易查明软土厚度，准确复核地质资料，为路基软土处理提供保障。

1. 绘制边坡和隧道地质素描图。对于复杂地质条件下的隧道应开展超前地质探测，开展超前地质预报。
   * 1. 路基工程

路基工程应跟踪开挖揭露的地质情况，评价基底岩土体质量及地基稳定性，提出工程处理措施建议。

路基工程重点跟踪对地基变形、抗滑、渗透稳定不利的地质条件及其变化。

施工期遇到下列情况需进一步查明时，应提出专项勘察研究的建议：

1. 施工过程中地质情况出现较大变化，原设计、施工方案需进行修改。
2. 局部地段存在地基变形、抗滑稳定、渗透变形问题，且其边界条件、岩土体参数发生较大变化。
3. 存在与路基基底关系密切的岩溶、土洞等隐蔽不良地质现象。
4. 可利用岩土体顶面的埋藏深度及形态发生较大变化。
5. 施工方案有较大变更，详细勘察资料不能满足要求。
   * 1. 边坡工程

边坡工程在施工阶段应跟踪开挖揭露的地质情况，评价边坡稳定性，提出工程处理措施的建议。

边坡工程应重点跟踪控制边坡稳定的结构面及软弱层带发育特征、性状及其组合情况。

施工期新发现大型不利块体或施工引发大规模边坡变形、严重环境地质问题需进一步查明时，应提出专项勘察研究的建议。

* + 1. 桥梁工程

桥梁工程应跟踪桥梁桩基施工揭露的地质情况，评价桩周及桩底岩土体质量及稳定性，提出工程处理措施建议。

对详勘过程中未能施钻的钻孔开展补充钻探。

桥梁工程重点跟踪中、微风化岩面的位置及以及软弱层带的深度范围。

施工期遇到下列情况需进一步查明时，应提出专项勘察研究的建议：

1. 施工过程中地质情况出现较大变化，原设计、施工方案需进行修改。
2. 场地存在岩溶、土洞等形态特别复杂、影响桥梁工程安全的不良地质体。
3. 场地存在孤石、球状风化体、软土、煤系地层、断裂破碎带、岩面埋深剧烈起伏、风化软弱夹层等桥梁工程施工造成不利影响的特殊性岩土体。
4. 施工方案有较大变更，详细勘察资料不能满足要求。
   * 1. 隧道工程

隧道工程应跟踪开挖揭露的地质情况，复核围岩级别，评价围岩稳定性，提出工程处理措施地质建议。

隧道工程应重点跟踪下列内容：

1. 围岩级别变化及变形失稳、涌水突泥等，与设计等协商围岩级别调整后的仰拱及衬砌防护等对应措施。
2. 深埋长隧道岩爆、软岩大变形、高外水压力等，以及涌水、排水对环境的影响。
3. 有毒有害气体、放射性元素。

深埋长隧道或者施工过程中可能遇到影响施工安全、围岩稳定、涌水突泥等重大地质问题时，应根据实际情况，提出合适的超前地质预报的措施和范围。

施工期遇到下列情况需进一步查明时，应提出专项勘察研究的建议：

1. 施工过程中地质情况出现较大变化，原设计、施工方案需进行修改。
2. 隧址区存在涌水、突泥等影响工程安全的不良水文地质现象。
3. 隧址区存在导水性质的地层接触带、岩溶发育带、断裂破碎带、风化软弱夹层等对隧道施工造成不利影响的特殊性岩土体。
4. 施工方案有较大变更，详细勘察资料不能满足要求。
   1. 不良地质
      1. 岩溶

当高速公路路线通过岩溶地区，存在对公路工程的安全有影响或潜在影响的岩溶地质灾害时，应进行岩溶工程地质勘察。

岩溶工程地质勘察应查明下列内容：

1. 岩溶地貌的成因、类型、规模、形态特征、分布范围。
2. 岩溶发育与地层岩性、地质构造、水文地质条件及新构造运动的关系。
3. 覆盖层的成因、类型、分布、厚度、土质名称、地层结构。
4. 基岩的岩性、地质年代、地层层序、分布范围、埋深和岩面起伏变化情况。
5. 褶皱、断裂、节理的类型、规模、性质、分布范围和产状。
6. 土洞、岩溶洞隙、充填物情况、暗河的分布范围、规模及其稳定性。
7. 地下水的类型、分布、富水程度、埋藏条件、水位变化及运动规律。
8. 地下水与地表水的水力联系，地表水的消水位置和洪水痕迹的分布高程。
9. 土洞、岩溶水害、岩溶塌陷的成因、分布和发育规律。
10. 当地治理岩溶、土洞和地面塌陷的工程经验。
    * + 1. 根据埋藏条件，岩溶可按表30进行分类。
11. 岩溶按埋藏条件分类

|  |  |
| --- | --- |
| 类型 | 主要特征 |
| 裸露型 | 可溶性岩层大部分出露地表，低洼地带分布有厚度一般不超过lOm的第四纪覆盖层，地表岩溶景观显露，地表水与地下水连通密切 |
| 浅覆盖型 | 可溶性岩层大部分被第四系土层覆盖，覆盖率一般在30%～70%，厚度一般不超过30m，少部分岩溶景观显露地表，地表水与地下水连通较密切 |
| 深覆盖型 | 可溶性岩层基本被第四系土层覆盖，覆盖率一般在70%以上，覆盖层厚度一般30～100m，几乎没有岩溶景观显露地表，地表水与地下水连通不密切 |
| 埋藏型 | 可溶性岩层被非可溶性岩层（如砂岩、页岩）覆盖，没有岩溶景观显露地表，埋深一般大于100m，地表水与地下水连通不密切 |

岩溶区根据地质条件选线应符合下列规定：

1. 路线应避开岩溶强烈发育地带，选择在岩溶发育微弱、洞穴层数少、顶板稳固、受岩溶水影响小或非岩溶化地带通过。
2. 路线应避免沿断裂带、可溶岩与非可溶岩的接触带、有利于岩溶发育的褶皱轴部布线，避开断裂的交汇处、岩溶水富集区及岩溶水排泄区。
3. 路线通过孤峰平原区，应选择覆盖层较厚、地下水埋藏较深的地段通过，避开多元土层结构、地表水位与地下水位变化幅度较大、地下水埋藏较浅及抽取地下水后可能形成下降漏斗的地段。
4. 路线通过峰林谷地、峰丛洼地及溶丘洼地地区，路线设计高程应高于岩溶水的最高洪水位，避开断裂通过的垭口。
5. 路线通过河谷区，路线宜在岩溶发育较弱的一岸布设，避开谷坡上的岩溶负地形和无水溶洞群，避免路线设计高程处于岩溶发育强烈的水平径流带内。
6. 越岭线应避开岩溶负地形和岩溶水排泄区。
7. 路线应避开土洞、地面塌陷发育的不良地质地段。

工程地质调绘应符合下列规定：

1. 岩溶地区工程地质调绘应与路线及沿线构筑物的设置结合，查明第10.1.2条的有关内容。
2. 地层接触线、可溶岩与非可溶岩界线、断层、土洞、岩溶塌陷、落水洞、暗河、井及泉等地下水露头、岩溶水的消水位置和洪水痕迹、覆盖层发育的代表性路段等应布置调绘点。
3. 覆盖层发育地带，与路线设置关系密切的隐伏岩溶、土洞等宜辅以物探、挖探等进行调绘。

工程地质勘探应符合下列规定：

1. 岩溶工程地质勘探应在工程地质调绘的基础上进行，采用钻探、物探等进行综合勘探。勘探测试点的数量和位置应根据现场地形地质条件、岩溶发育程度、构筑物的类型及规模等综合确定。
2. 岩溶地区勘探深度应符合下列规定：
   1. 填方和挖方路基：勘探深度应至基底以下完整地层内不小于10m。在该深度内遇岩溶洞穴时，应在洞穴底板稳定基岩内再钻进3～5m。
   2. 构筑物的浅基础：勘探深度应至基底以下完整地层中不小于l0m。
   3. 桩基础：勘探深度应至桩端以下完整基岩中8～10m。在该深度内遇岩溶洞穴时，应在洞穴底板稳定基岩内再钻进3～5m。
   4. 隧道：勘探深度应至洞底或仰拱底以下完整基岩中5～8m。在该深度内遇岩溶洞穴时，应在洞穴底板稳定基岩内再钻进3～5m。
3. 应分层采集岩土试样，记录钻具自然下落或自然减压，以及漏水、水色突变、冲洗液发生异常变化的位置及起止深度，并测定岩芯的岩溶率。对溶洞的充填类型及充填物组成、状态等应准确描述记录。
4. 岩溶发育地段，宜在方法试验的基础上选择地质雷达、高密度电法、孔间CT、管波等物探方法与钻探结合进行综合勘探。
5. 岩溶复杂路段，应在施工阶段进行必要的补充勘察或开展施工阶段地质工作。
6. 施工阶段验证：隧道通过岩溶发育区，宜在施工全部贯通后，沿左右分幅隧道各布置1～2条全贯通物探测线，查明隧道路基以下是否仍存在勘察或施工未发现的溶洞或地下暗河，并进行适量钻探验证；物探解释且经钻探验证，发育在隧道路基设计面以下5m以内的溶洞、暗河应与各方协商处治。

工程地质测试应符合下列规定：

1. 暗河发育路段，宜做连通试验，对暗河发育情况进行调查。
2. 必要时，采取代表性岩土试样测试其矿物成分和化学成分等。
3. 地表水和地下水除常规试验项目外，尚应测试其游离CO2和侵蚀性CO2含量。

初步勘察应符合下列规定：

1. 初步勘察应沿路线及其两侧各宽不小于200m的带状范围进行路线工程地质调绘，路线工程地质调绘的比例尺为1：2000；岩溶发育，水文地质条件复杂的特长、长隧道应进行专项区域水文地质调绘，水文地质调绘的比例尺为1：10000～1：50000，调绘范围应根据水文地质评价的需要确定；宜结合物探手段，开展沿线岩溶普查。
2. 初步勘察阶段应查明岩溶溶蚀基准面（水平向溶洞、暗河易发育带）和垂直发育带，除应为路线避开垂直发育带提出建议外，尚应为路线避开溶蚀基准面提出高程建议。
3. 初步勘察阶段路线经过区对路线方案影响重大的岩溶地质问题，采用常规手段难以查明时，应提出开展岩溶专题研究的建议。特别是对特长隧道、长隧道工程和特大型桥梁工程等存在重大影响时，必须提出开展岩溶专题研究的建议。
4. 勘探测试除应符合本文件第7章的规定外，尚应符合下列规定：
   1. 路基勘探：应在工程地质调绘的基础上对岩溶发育情况进行分段，结合各岩溶路段地质条件开展必要的综合物探，并通过钻孔对代表性物探异常进行验证。一般地区，勘探钻孔平均间距不宜大于200m；岩溶复杂地段，应根据现场情况增加勘探钻孔。
   2. 桥梁勘探：应结合桥位岩溶发育情况，沿桥轴线及墩台位置布置物探断面，主墩、主塔、高墩、桥台部位应布置钻孔。
   3. 涵洞及通道勘探：岩溶复杂地段，应布置物探断面，必要时结合勘探钻孔进行综合勘探。
   4. 隧道勘探：应结合物探手段进行综合勘探，可溶岩与非可溶岩地层接触带、含水层、物探异常带、断层破碎带等岩溶发育部位应布置勘探钻孔。
5. 岩溶初勘应提供下列资料：
   1. 文字报告：应对路线及构筑物场地工程地质条件进行说明，对第10.1.2条岩溶勘察要求查明的内容进行说明，分析评价工程建设场地的适宜性，划分岩溶塌陷易发区，提出工程地质建议。
   2. 图表资料：应对岩溶的形态、分布范围等进行图示和说明，对公路工程有影响的大型岩溶洞穴、暗河应根据实测资料编制调查成果图，比例尺为1：100～1：400，图示测图导线、测图断面的位置、岩溶洞穴的平面和断面位置、形态及充填情况，并对地层、地质构造、地下水、节理裂隙的发育情况、顶板岩体的完整性和坍塌、稳定情况等进行说明。

详细勘察应符合下列规定：

1. 岩溶区工程地质调绘应对初勘工程地质调绘资料进行复核。当线位偏离初步设计线位或地质条件需进一步查明时，应进行补充工程地质调绘，补充工程地质调绘的比例尺为1：2000。对影响构筑物稳定的暗河、溶洞、竖井等应实地调绘。
2. 应充分利用初勘资料，在确定的线位和构筑物位置上进行，除应符合本文件第8章及第10.1.9条中的相关规定外，尚应符合下列规定：
   1. 路基勘探：应在工程地质调绘和初勘基础上开展综合物探，圈定异常范围，结合钻孔进行综合勘探。一般地区，勘探断面平均间距不应大于 100m，每个断面应布置3个勘探点，其中至少1个钻孔；岩溶复杂地段，勘探断面平均间距不应大于50m，每个断面应布置3个勘探点，其中至少2个钻孔；对于物探圈定的物性异常范围，当其对路线方案影响较大时应布置勘探断面，每个断面应布置5个勘探点，其中至少3个钻孔，勘探断面应延伸至异常范围之外；在采用物探并经过钻孔验证后，勘探断面及布孔可适当减少。
   2. 桥梁勘探：根据岩溶发育程度布置钻探工作量，应符合以下规定：

（1）岩溶弱发育地段每个桥台不少于2个钻孔，桥墩总钻孔数量不少于桥墩总数。

（2）岩溶中等发育地段每个桥台不少于2个钻孔，桥墩总钻孔数量不少于桥墩总数的2倍。

（3）岩溶强烈发育地段，当墩台采用4根桩以上的群桩基础时应至少在四角布置钻探孔，且总钻孔数量不少于桩数的一半，当钻孔中遇岩溶洞穴时应逐桩钻探。当墩台桩数不超过4根应逐桩钻探。

（4）岩溶极强烈发育地区应逐桩钻探。

* 1. 涵洞及通道勘探：应沿涵洞及通道轴线布置勘探断面，采用物探、钻探进行综合勘探。勘探点不少于3个，其中钻孔不少于2个。岩溶复杂地段，勘探点不少于4个，钻孔不少于2个。
  2. 隧道勘探：应结合隧址区岩溶发育情况对勘探点进行加密，除应在可溶岩与非可溶岩地层接触带、含水层、物探异常带、断层破碎带等岩溶发育部位布置钻孔外，钻孔平均间距尚应符合下列规定：短隧道不大于200m，洞身钻孔不少于1个；中隧道不大于300m，长隧道和特长隧道不大于400m。对于常规垂直钻探难以实施时，宜采用水平钻探。

1. 岩溶勘察应按本文件第8章及第10.1.9条中的相关规定提供资料。

应通过对地质调绘、物探以及钻探成果的分析对场区可溶岩进行岩溶发育程度划分，评价岩溶对场地稳定性的影响，并提出有针对性的工程处治措施方案。

除桥梁基础勘探外，详细勘察阶段应充分利用初勘阶段取得的资料，但当一般岩溶发育区路线平面位置变化大于40m或岩溶复杂地段路线平面位置变化大于20m时，初勘资料仅作参考。

* + 1. 滑坡

在高速公路路线及其附近存在对高速公路工程及其附属设施的安全有影响的滑坡或滑坡的可能时，应进行滑坡工程地质勘察。

滑坡工程地质勘察应查明下列内容：

1. 地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、地震动参数及当地气象资料。
2. 滑坡的成因、类型、规模、分布范围、发育规律及诱发因素。
3. 滑坡周界、滑坡裂缝、滑坡擦痕、滑坡台阶、滑坡壁、滑坡鼓丘、滑坡洼地等滑坡要素的分布位置和发育情况。
4. 滑动面（带）的分布位置、层数、厚度、形态特征、物质组成、含水状态及其物理力学性质。
5. 滑坡体的物质组成及其分级、分块和分层情况。
6. 滑床的形态特征、物质组成、物理力学性质和地质结构。
7. 沟系、洼地、陡坎等微地貌特征和植被情况。
8. 滑坡附近建筑物、人工扰动和其他产生附加荷载的情况。
9. 地表水分布、场地汇水面积、地表径流条件。
10. 地下水的类型、分布、埋藏条件、成因、水质、水量。
11. 岩土的渗透性，地下水补给、径流和排泄情况、泉和湿地等的分布。
12. 滑坡的稳定性现状和变形趋势判断。
13. 当地滑坡的勘察、设计资料和治理经验。

根据滑坡体的体积，滑坡可按表31进行分类。

1. 滑坡按滑坡体的体积分类

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 滑坡类型 | 小型滑坡 | 中型滑坡 | 大型滑坡 | 巨型滑坡 |
| 滑坡体积V（m3） | V≤4×104 | 4×104＜V≤3×105 | 3×105＜V≤1×106 | V＞1**×**106 |

根据滑动方式，滑坡可按表32进行分类。

1. 滑坡按滑动方式分类

|  |  |
| --- | --- |
| 滑坡类型 | 活动方式 |
| 推移式滑坡 | 中上部滑体挤压推动前缘段产生滑动形成的滑坡 |
| 牵引式滑坡 | 前缘段发生滑动后牵引后部滑体形成的滑坡 |

根据滑动面的埋藏深度，滑坡可按表33进行分类。

1. 滑坡按滑动面埋深分类

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 滑坡类型 | 浅层滑坡 | 中层滑坡 | 深层滑坡 |
| 滑动面埋深H（m） | H≤6 | 6＜H≤20 | H＞20 |

根据滑坡体的物质组成，滑坡可分为堆积层滑坡、基岩滑坡、破碎岩体滑坡和膨胀土滑坡等类型。

滑坡发育地段根据地质条件选线应符合下列原则：

1. 路线应避开规模大、性质复杂、稳定性差、处治困难的滑坡及滑坡群地段。
2. 当滑坡的规模较小，整治方案技术可行、经济合理时，路线应选择在有利于滑坡稳定的安全部位通过。
3. 路线通过滑坡地段时，不应开挖坡脚，且不应在滑坡体的上方以填方形式通过。

工程地质调绘应符合下列规定：

1. 滑坡工程地质调绘应与路线及构筑物的设置相结合，查明第10.2.2条的有关内容。
2. 岩层露头，滑坡边界、滑坡裂缝、滑坡台阶、滑坡壁、滑坡鼓丘，地下水露头，地层接触线等部位应布置调绘点。
3. 滑坡剪出口、裂缝等露头不良时，宜辅以挖探等进行调绘。

工程地质勘探应符合下列规定：

1. 滑坡工程地质勘探宜采用物探、挖探、钻探等进行综合勘探。勘探测试点的数量和位置应在工程地质调绘的基础上，根据滑坡的类型、规模、复杂程度，结合路线及整治工程设计确定。
2. 滑坡勘探点（断面）的布置应符合下列要求：
   1. 勘探点（线）应沿滑坡的主滑方向布置。当滑坡的规模大、性质复杂时，勘探点（断面）应结合滑坡的级块划分、滑坡稳定性分析以及整治工程设计等进行布置。
   2. 滑坡的勘探深度应至滑坡体以下的稳定地层内不小于3m。设置支挡工程部位，勘探点的深度应满足支挡工程设计的要求。如沿抗滑支挡工程、河岸防护工程轴线布置的勘探断面勘探点不应少于3个，其中钻孔数不少于2个，且勘探点平均间距不应大于30m。
   3. 滑坡工程地质钻探应根据滑坡体及滑动面（带）的物质组成选择干钻、无泵反循环或双层岩芯管钻探等方法。
   4. 钻探应严格控制钻进回次，钻探的岩芯采取率应达到90%以上。钻探过程中须进行全程记录，边钻进，边记录，边鉴定，至预估的滑动面（带）以上5m或发现滑动面（带）迹象时，必须进行干钻，回次进尺在土层中不应大于0.3m，在岩层中不应大于0.2m，并及时检查（鉴定）岩芯，确定滑动面位置。钻探过程中应严密注意与掉钻、卡钻、缩孔、漏水等异常情况，研判可能可能存在的滑面位置。
   5. 应在滑坡体及滑床地层中，分层采取岩、土、水试样；滑动面（带）应采取原状样。
   6. 物探断面宜与钻探断面一致。采用的物探方法应在方法试验的基础上确定。

工程地质测试应符合下列规定：

1. 滑坡室内测试项目应符合本文件第5.8节中的相关规定。砂土、碎石土可只做颗粒分析。岩石应结合支挡工程设计选择代表性岩样做抗压强度试验和剪切试验。
2. 滑动面（带）的抗剪强度试验应结合滑动条件、岩土性质选择滑面重合剪、重塑土多次剪试验等．有条件时，宜进行原位大面积剪切试验。
3. 钻探过程中遇地下水时，应量测初见水位、稳定水位，确定含水层厚度。地下水发育时，应做抽水试验。
4. 宜采集水样做水质分析，评价环境水的腐蚀性。

应利用调绘、勘探、测试等手段取得的各项资料，对滑坡的稳定性进行定性和定量分析。定量分析应根据场地实际条件，选择合适的分析方法，如极限平衡条分法、有限元强度折减法等。

用于滑坡推力计算的抗剪强度指标应结合抗剪强度试验、力学指标反算、既有工程经验等综合分析确定。

初步勘察应符合下列规定：

1. 滑坡工程地质调绘的比例尺为1：2000，调绘的范围应包括滑坡及对滑坡有影响的区域。滑坡边界、滑坡台阶等滑坡要素应实测。
2. 勘探测试除应符合本文件第7章及第10.2.9、10.2.10条中的相关规定外，尚应符合下列规定：
   1. 对每个滑坡单元，初步勘察阶段应沿主滑方向布置勘探断面，每个勘探断面勘探点不少于4个，其中钻孔数量不少于2个。当滑坡规模较大，性质复杂时（存在多级滑动或包含多个分区滑坡），每个勘探断面勘探点不少于5个，其中钻孔不少于3个。
   2. 宜与物探结合进行综合勘探。
   3. 稳定性难以判明的滑坡，应进行位移、变形观测。
3. 滑坡初勘应提供下列资料：
   1. 对规模小、地质条件简单，不需要处治的滑坡，可列表说明其工程地质条件。
   2. 对规模大、性质复杂的滑坡，应按工点编制工程地质勘察报告。

（1） 文字报告：应对第10.2.2条滑坡勘察要求查明的内容进行说明，分析滑坡的稳定性，提出工程地质建议。

（2） 图表资料：应对滑坡分布的范围、分级与分块情况、滑坡要素、地下水等进行图示和说明。提供1：500～1：2000滑坡工程地质平面图；1：200～1：500滑坡工程地质断面图；1：50～1：200滑坡工程地质钻孔柱状图；1：50～l：200滑坡探坑（井、槽）展示图：土工试验资料；物探曲线图表；水文地质测试资料；滑坡动态观测资料及照片等。

（3） 当滑坡勘探断面达到2个及以上时，除应提供滑坡工程地质纵断面图外，尚应提供滑坡工程地质横断面图。

详细勘察应符合下列要求：

1. 滑坡详细勘察应对初勘工程地质调绘资料进行复核地质条件需进一步查明时，应结合滑坡处治工程设计补充进行1：500～1：2000工程地质平面调绘和1:200～1:1000工程地质剖面调绘。
2. 勘探、测试除应符合本文件第8章及第10.2.13条中的相关规定外，尚应符合下列规定：
   1. 应充分利用初勘资料，在补充工程地质调绘的基础上，结合滑坡的分级、分块、分层和排水工程设计，确定勘探测试点的数量和位置。
   2. 应根据滑坡规模增加勘探断面和勘探点，勘探断面平均间距不应大于50m，每个断面勘探点不少于4个，其中钻孔不少于2个，勘探点间距不大于50m；当滑坡性质复杂时，勘探断面的平均间距不应大于 30m，每个断面勘探点不少 5个，其中钻孔不少于3个，勘探点间距不大于30m。
   3. 抗滑支挡工程、河岸防护工程宜沿工程设置部位的轴线方向布置勘探断面，探明基底和锚固部位地质条件。
   4. 滑坡勘探断面上的地形、滑坡边界、滑坡裂缝、地下水出露点等应实测。
   5. 开展相应的物理力学性质试验，提供滑体天然容重、饱和容重、滑带土的峰值和残余抗剪强度、滑床地基承载力参数、地下水位以及孔隙水压力等，推荐设计参数取值。
3. 滑坡详细勘察应充分利用初勘阶段取得的资料，按第10.2.13条中的相关规定提供资料。

当路线设计无法对滑坡进行绕避，需要进行处治时，滑坡勘探过程中应结合钻探等设置地表及深部位移监测措施，进行合理期限的监测、分析，且及时告知相关单位予以配合并进行适当保护。

* + 1. 危岩、崩塌与岩堆

路线通过斜坡地带，斜坡陡峭，构成斜坡的岩土体节理裂隙发育，呈张开状，坡脚有崩积物堆积或存在崩塌的可能时，应进行危岩、崩塌与岩堆工程地质勘察。

危岩、崩塌与岩堆工程地质勘察应查明下列内容：

1. 地形地貌的类型及形态特征，气象、水文及地震动参数资料。
2. 地层岩性、软质岩与硬质岩的分布情况、岩石的风化程度。
3. 地质构造，节理、层理、断裂等结构面的产状、规模、结合程度，边坡岩体的结构类型和完整性。
4. 地表水和地下水类型、分布、成因、水质、水量。
5. 危岩的分布、规模及稳定性。
6. 崩塌的类型、规模、分布范围及崩塌、落石情况。
7. 岩堆的类型、分布范围、物质组成及稳定性。

10.3.3 根据崩塌的规模，崩塌可按表34进行分类。

1. 崩塌按规模分类

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类型 | 小型崩塌 | 中型崩塌 | 大型崩塌 |
| 崩坍体积V（m3） | V≤500 | 500＜V≤5000 | V＞5000 |

根据崩塌产生的机理，崩塌可按表35进行分类

1. 崩塌按形成机理分类

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 类型 | 倾倒式崩塌 | 滑移式崩塌 | 膨胀式崩塌 | 拉裂式崩塌 | 错断式崩塌 |
| 形成机理 | 倾倒 | 滑移 | 膨胀 | 拉裂 | 错断 |

根据发生崩塌的地层，崩塌可分为岩石崩塌和黏性土崩塌等。

危岩、崩塌与岩堆地段根据地质条件选线应符合下列规定：

1. 路线应避开斜坡高陡，节理裂隙切割严重，危岩、崩塌发育地段。
2. 路线应避开结构松散、稳定性差、补给源丰富、正处于发展阶段的大型岩堆。
3. 当崩塌的规模小，危岩、落石的边界条件或个体清楚，防治方案技术、经济可行时，路线可选择在有利部位通过。
4. 路线通过规模小、趋于稳定或停止发展的古岩堆时，应结合岩堆的地质结构，采取适当的工程措施后通过。

工程地质调绘应符合下列规定：

1. 危岩、崩塌与岩堆路段的工程地质调绘应收集地震、气象、水文资料，并与路线及构筑物的设置相结合，查明第10.3.2条的有关内容。
2. 地层界线、断层、节理、层理、张裂隙、地下水出露点等部位应布置调绘点。
3. 宜辅以挖探等对被覆盖的张裂隙、层理等进行调绘。
4. 宜采用无人机技术对人难以到达的位置进行调绘。

工程地质勘探测试应符合下列规定：

1. 勘探宜采用挖探、钻探、物探等进行综合勘探。勘探测试点的数量和位置应根据地形地质条件及危岩、崩塌与岩堆的发育特点确定。
2. 控制危岩、崩塌的结构面，应结合危岩、崩塌的稳定性分析，采用挖探、钻探、硐探等进行综合勘探。
3. 岩堆勘探深度应至稳定地层中不小于3m，且应大于最大块石直径的1.5倍。
4. 钻探应分层采取土样，取样后应立即做动力触探试验。
5. 钻探过程中遇地下水时，应量测地下水的初见水位和稳定水位。
6. 崩塌、岩堆室内测试项目应符合本文件第5.8节中的相关规定。
7. 宜做现场落石试验，了解落石的滚落途径、跳越高度、影响范围。

初步勘察应符合下列规定：

1. 初步勘察应结合路线及构筑物的工程方案比选进行1：2000工程地质调绘，调绘范围应包括不良地质体及对工程有影响的区域。
2. 勘探、测试除应符合本文件第7章及第10.3.8条中的相关规定外，尚应符合下列规定：
   1. 岩堆路段，应布置勘探断面，每个断面上勘探点不少于2个，其中钻孔不少于1个。
   2. 下列位置存在危岩或崩塌的可能时，对控制岩体稳定的层理、断层、泥化夹层、层间错动带等软弱结构面,应结合危岩、崩塌稳定性分析，采用挖探、钻探、硐探等探明，并对其产生崩塌的可能性做出评价：

（1）隧道进出口地带的高陡边坡。

（2）桥梁跨越的陡坡地带。

（3）路基上方的高陡斜坡。

1. 危岩、崩塌与岩堆初勘应提供下列资料：
   1. 文字报告：应对第10.3.2条危岩、崩塌与岩堆勘察要求查明的内容进行说明，分析危岩、岩堆的稳定性，提出工程地质建议。
   2. 图表资料：应对危岩、崩塌与岩堆的分布范围、软质岩与硬质岩的分布情况、张拉裂隙的产状、岩堆的地层结构等进行图示和说明。提供1：500～1：2000工程地质平面图；1：200～1：500工程地质断面图；1：50～1：200工程地质钻孔柱状图；1：50～1：200探坑（井、槽）展示图；土工试验资料；物探曲线图表及照片等。

详细勘察应符合下列规定：

1. 详细勘察应对初勘调绘资料进行复核。地质条件需进一步查明时，应进行补充调绘，调绘的比例尺为1：500～1：2000。
2. 详细勘察应充分利用初勘资料，除应符合本文件第8章及第10.3.9条中的相关规定外，尚应符合下列规定：
   1. 应结合危岩、崩塌稳定性分析，增加必要的勘探测试点，查明危岩、崩塌地质条件。
   2. 在确定的线位上，布置勘探断面，每个断面上勘探点不少于3个，其中钻孔不少于2个；勘探断面平均间距不应大于30m。
   3. 在确定的线位区，存在对路线有重大影响的危岩体时，应提出开展专题研究建议。
3. 危岩、崩塌与岩堆详勘应按本文件第10.3.9条中的相关规定提供资料。

详细勘察阶段应充分利用初勘资料，但当路线发生变化时，初勘资料仅作参考。

* + 1. 泥石流

当高速公路路线通过沟谷，沟口或沟谷中存在大量无分选的堆积物，且在沟谷两侧或源头坡面有较厚的松散堆积层，并存在崩塌、滑坡等不良地质现象时，应进行泥石流工程地质勘察。

泥石流工程地质勘察除应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定外，尚应符合下列规定：

1. 初步勘察阶段工作量布置应符合下列规定：
   1. 泥石流排导工程：勘探断面应沿排导工程的延伸方向布置，每个断面勘探点不少于2个，其中钻孔不少于1个，探坑（井）或钻孔深度应至冲刷线以下不小于5m。
   2. 泥石流拦渣坝：应沿沟槽横断面方向布置勘探断面，每个断面勘探点不少于3个（基底及沟槽两侧边坡应布置勘探点），其中钻孔不少于1个，探坑（井）或钻孔深度应至基底以下稳定地层中不小于3m。
2. 详细勘察阶段工作量布置应符合下列规定：
   1. 泥石流排导工程：当泥石流影响范围大时，应沿排导工程的延伸方向增加勘探断面，每个断面勘探点不少于2个，其中钻孔不少于1个；勘探断面平均间距不应大于30m。
   2. 泥石流拦渣坝：应加密勘探断面勘探点，每个断面勘探点不少于5个（基底及沟槽两侧边坡应布置勘探点），其中钻孔不少于2个，勘探点平均间距不应大于20m。

详细勘察阶段应充分利用初勘资料，但当采用的泥石流治理工程形式发生变化时，应按新的治理工程形式重新布置勘探工作量。

* 1. 特殊性岩土
     1. 软土

孔隙比大于或等于1.0且天然含水量大于液限的细粒土称为软土。

注：一般情况下，软土除了天然含水率ω≥ωL和天然孔隙比e≥1.0外，其压缩系数a0.1-0.2＞0.5MPa-1，标准贯入试验锤击数N≤3击，静力触探比贯入阻力Ps≤750kPa，十字板抗剪强度Cu＜35kPa，具有以上多数特性，呈软塑～流塑状，具压缩性高、强度低、透水性差、灵敏度高等特点。

软土工程地质勘察应查明下列内容：

1. 地形地貌的成因、类型、分布和形态特征。
2. 软土的成因、地质年代、分布范围、埋藏深度、地层结构、分层厚度。
3. 软土下卧硬层的起伏形态和横向坡度、地表硬壳层的分布范围及厚度。
4. 软土地层中的砂类土夹层或透镜体的分布范围、厚度、渗透性、密实程度。
5. 软土的物理、力学、水理性质和地基的承载力。
6. 古牛轭湖、埋藏谷，暗埋的塘、浜、沟、渠等的发育与分布情况。
7. 地下水的类型、埋深、水位变化情况、水质及腐蚀性。
8. 地震动峰值加速度大于或等于0.1g的地区，软土产生震陷的可能性。
9. 当地既有建筑物软土地基处治措施和经验等。

根据天然孔隙比和有机质含量，软土可按表36进行分类。

1. 软土按天然孔隙比和有机质含量分类

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 土类 | | | |
| 淤泥质土 | 淤泥 | 泥炭质土 | 泥炭 |
| 天然孔隙比e | 1≤e≤1.5 | e＞1.5 | e＞3 | e＞10 |
| 有机质含量（%） | 3～10 | 3～10 | 10～60 | ＞60 |

根据成因类型，软土可按表37进行分类。

1. 软土按成因类型分类

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 | | 特征 |
| 海洋沿岸  沉积 | 泻湖相沉积 | 颗粒细，孔隙比大，强度低，常夹有薄层泥炭 |
| 溺谷相沉积 | 孔隙比大，结构疏松，含水率高，分布范围窄 |
| 滨海相沉积 | 面积广，厚度大，夹有粉砂透镜体，孔隙比大 |
| 三角洲相沉积 | 分选差，夹粉砂薄层，具交错层理，结构疏松 |
| 内陆湖盆  沉积 | 湖相沉积 | 粉土颗粒成分高，层理均匀清晰，表层多具贝壳 |
| 丘陵谷地相沉积 | 沿沟谷呈带状分布，沟口和谷中心深，靠山边浅 |
| 河滩沉积 | 河漫滩相沉积 | 成层情况较不均一，以淤泥和软黏土为主，含中、细砂交错层，呈透镜体分布 |
| 牛轭湖相沉积 |

软土地区根据地质条件选线应符合下列原则：

1. 路线应避开软土分布广、厚度大、处治困难的地带。无法避开时，应选择软土厚度较小、下卧硬层横坡较缓的地带以最短的距离通过。
2. 在平原区选线，路线宜远离湖塘，避免近距离平行河流、水渠等布线；应避开古牛轭湖、古湖盆等有软土分布的地带，避免从其中部通过。
3. 在丘陵和山间谷地选线，路线宜选择在地势较高、硬壳层较厚的地带，避开有软土分布的沟谷、洼地或下卧硬层横坡较陡的地带。
4. 软土地区的路堤高度宜控制在设计临界高度以内。
5. 桥位选择应避开软土厚度大、土层结构复杂、岸坡稳定存在隐患的部位。

工程地质调绘应符合下列规定：

1. 工程地质调绘应与路线及构筑物的设置结合，查明第11.1.2条的内容。
2. 地貌单元的边界、河流阶地、山间盆地、山间沟谷地段等应布置调绘点。
3. 可能有软土发育的沟谷及低洼地带，应辅以简易勘探手段进行工程地质调绘。

工程地质勘探应符合下列规定：

1. 软土地区的工程地质勘探应采用简易勘探、挖探、钻探、静力触探等手段进行综合勘探。勘探测试点的数量和位置应根据地层条件、软土发育特点以及构筑物的类型、规模等确定。
2. 勘探深度应符合下列规定：
   1. 路基及构筑物的浅基础，当软土厚度较薄时，勘探深度应穿过软土层至下卧硬层内3m～5m；软土厚度较大时，勘探深度应不小于地基压缩层的计算深度或达到地基附加应力与地基土自重应力比为0.10～0.15时所对应的深度。
   2. 桥梁深基础的勘探深度应达桩端或持力层以下5-8m。
3. 钻探、取样应符合下列规定：
   1. 在软土地层中采样，应严格控制钻探回次进尺，严禁扰动或改变试验样品的土体结构及含水状态。
   2. 取样前应清除孔内残留岩芯，并保持孔壁稳定。
   3. 软土取样应使用专用薄壁取土器，取样器长度不宜小于50cm，采用压入法或重锤少击法取样。
   4. 取土时，取土器的入土深度，严禁大于取土器的有效深度。
   5. 软土层的取样间距，在0m～10m的深度范围内，每1.0m～1.5m应取样1件（组）；10m以下，每1.5m～2.0m应取样1件（组），变层应立即取样。

软土地区工程地质测试，应根据地层条件、构筑物的类型等选择室内测试项目和原位测试方法，并符合下列规定：

1. 室内测试项目可按表38选用。
2. 软土力学试验的加荷级别、试验的边界条件等，应与工程场地的环境条件相适应，并结合施工运营期的实际情况确定。
3. 软土地区工程地质测试宜采用静力触探、标准贯入试验、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验等原位测试方法。
4. 软土室内测试表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试项目 | | | 构筑物类型 | | |
| 路基 | 桥梁、涵洞及通道 | 备注 |
| 颗粒分析 | | | （+） | （+） | / |
| 天然含水率ω（%） | | | + | + | / |
| 密度ρ（g/cm3） | | | + | + | / |
| 土粒相对密度 | | | （+） | （+） | 按土类选做 |
| 液限ωL（%） | | | + | + | / |
| 塑限ωp（%） | | | + | + | / |
| 有机质含量（%） | | | （+） | + | 按土层选做 |
| 酸碱度pH | | | （+） | / | 选代表样做 |
| 压缩系数a（MPa-1） | | | + | （+） | / |
| 固结系数 | 垂直Cv（cm2/s） | | + | （+） | / |
| 水平Ch（cm2/s） | | + | （+） | / |
| 前期固结压力Pc（kPa） | | | + | （+） | 按土层选做 |
| 渗透系数 | 垂直kv（cm/s） | | + | （+） | / |
| 水平kh（cm/s） | | + | + | / |
| 直接快剪 | 黏聚力Cq（kPa） | | + | + | / |
| 内摩擦角φq（°） | | + | + | / |
| 固结快剪 | 黏聚力Cg（kPa） | | + | + | / |
| 内摩擦角φg（°） | | + | + | / |
| 三轴剪切试验 | 不固结不排水 | 黏聚力Cuu（kPa） | + | + | 按路段和土层选做 |
| 内摩擦角φuu（°） | + | + |
| 固结不排水 | 黏聚力Ccu（kPa） | + | / |
| 内摩擦角φcu（°） | + | / |
| 固结  排水 | 黏聚力C’cu（kPa） | + | / |
| 内摩擦角φ’cu（°） | + | / |
| 无侧限抗压强度qu（kPa） | | | + | + | / |
| 1. “+”——必做项目；“（+）”——选做项目；“/”——可不做项目。 | | | | | |

初步勘察应符合下列规定：

1. 工程地质调绘应沿拟定的路线及其两侧各宽200m的带状范围进行，工程地质调绘的比例尺为1：2000。
2. 勘探测试除应符合本文件第7章及第11.1.7、11.1.8条中的相关规定外，尚应符合下列规定：
   1. 路基勘探：勘探测试点应沿路线中线布置。钻孔平均间距不大于400m；每公里路线静力触探测试点数不少于4个。当软土厚度大、分布复杂时，应结合填土路基设计，分段布置横向勘探断面，并与静力触探、十字板剪切试验等原位测试结合进行综合勘探，每个勘探断面勘探点不少于2个，其中钻孔不少于1个，勘探断面的平均间距不大于200m。
   2. 山间沼相软土应布置勘探横断面，间距不大于50m，每个断面勘探点不少于2个，钻孔不少于1个。
   3. 桥梁勘探：与路堤衔接的桥台部位宜布置勘探测试点进行勘察。
3. 初步勘察应提供下列资料：
   1. 文字报告：应对路线及构筑物场地的工程地质条件进行阐述，对第11.1.2条软土勘察要求查明的内容进行说明，分析、评价工程建设场地的适宜性，提出工程地质建议。
   2. 图表资料：应对软土的类型、分布、工程地质性质等进行图示和说明。

详细勘察应符合下列规定：

1. 详细勘察应对初勘工程地质调绘资料进行复核。当线位偏离初测线位或地质条件需进一步查明时，应进行补充工程地质调绘，调绘的比例尺为1：2000。
2. 详细勘察应充分利用初勘资料，在确定的路线及构筑物位置上进行，除应符合本文件第8章及第11.1.9条中的相关规定外，尚应符合下列规定：
   1. 路基勘探：勘探测试点应沿路线中线布置。钻孔平均间距不大于200m；每公里路线静力触探测试点数不少于5个。当软土厚度大、分布复杂时，应结合填土路基设计，分段布置横向勘探断面，并与静力触探、十字板剪切试验等原位测试结合进行综合勘探，每个勘探断面勘探点不少于2个，勘探断面的平均间距不大于100m。
   2. 山间沼相软土应布置勘探横断面，间距不大于20m，每个断面勘探点不少于3个，钻孔不少于1个。
   3. 桥梁勘探：宜按墩台布置勘探钻孔，探明地基地质条件。
3. 详细勘察阶段应充分利用初步勘察阶段所取得的资料，但当路线平面位置变化超过50m时，初勘资料仅作为参考。详细勘察应按本文件第11.1.9条中的相关规定提供资料。
   * 1. 花岗岩类残积土

花岗岩类的岩石风化后残留在原地的第四纪松散堆积物，应定名为花岗岩类残积土。在花岗岩类残积土中，对于液限（100g锥试验）大于50%的细粒土，应定名为高液限土。

1. 按《广东省高液限土路基修筑技术指南》（GDJTG/T E01-2014）中的相关描述，高液限土具有弱膨胀性、裂隙性和崩解性等独特的工程地质特性，而且，各地区的高液限土在物理力学性质方面也很大的差别，具有很强的地区性特点，反映出不同的工程特性。根据广东地区高液限土特点，将含砾高液限土和含砂高液限土并归为含砂高液限土，其原因广东地区高液限土基本上以含砂为主（包括四个代表性区域和一些零散分布区域），含砾高液限土很少。广东地区常见的高液限土是燕山期的斑状粗粒花岗岩和钾长石粗粒斑状花岗岩等岩石风化形成的残积土和坡积土。

花岗岩类残积土地区工程地质勘察应查明下列内容：

1. 地形地貌、地层岩性、地质构造；
2. 花岗岩类残积土的分布、厚度、物质组成、土质类型。
3. 地层结构、软弱夹层、球状风化体（孤石）及高液限土的发育情况。
4. 岩土的物理力学性质和地基的承载力。
5. 下伏基岩的岩性、岩石的破碎程度、风化壳的厚度及其发育情况。
6. 地下水的类型、埋深、水位变化幅度和水质。
7. 不良地质的类型、规模、分布及其对路线的影响和避开的可能性。

根据颗粒组成，花岗岩类残积土可按表39进行分类。

1. 花岗岩类残积土分类

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 土名 | 砾质黏性土 | 砂质黏性土 | 黏性土 |
| 土中大于2mm的颗粒含量（ %） | ≥20 | ＜20 | 不含 |

花岗岩类残积土地区根据地质条件选线应符合下列规定：

1. 路线宜避开花岗岩球状风化体发育的斜坡地带。
2. 路线宜避开地层结构复杂、上方汇水区域较大的斜坡地带。无法避开时，应减少边坡开挖工程量，避免高边坡。
3. 高液限路基宜避免高路堤及深路堑。如不能避免，宜与桥隧方案进行综合比选确定。

工程地质调绘应符合下列规定：

1. 花岗岩类残积土地区工程地质调绘应与路线及构筑物的设置相结合，查明第11.2.2条的内容。
2. 地貌单元的边界、地层接触线、基岩露头、花岗岩类残积土发育地带、地下水出露点、滑坡及坍塌等不良地质的发育部位，应布置工程地质调绘点。

工程地质勘探应符合下列规定：

1. 应采用挖探、钻探、物探、原位测试等进行综合勘探。勘探测试点的数量和位置，应根据现场地形地质条件及构筑物的类型、规模等确定。
2. 勘探深度应符合下列规定：
   1. 路基和构筑物的浅基础，勘探深度应至基底以下不小于5m。
   2. 桥梁桩基础的勘探深度应至桩端以下不小于5m。
3. 勘探、取样应符合下列规定：
   1. 采用钻探方法取样时，取样前应清除孔内残留岩芯，并保持孔壁稳定。
   2. 取土器的入土深度，严禁大于取土器的有效深度。
   3. 取样竖向间距不宜不大于2m，变层应立即取样，取样后应随即做标准贯入试验。

花岗岩类残积土地区工程地质测试，应根据地层条件、构筑物的类型等选择试验项目和原位测试方法，并应符合下列规定：

1. 室内测试项目应符合本文件第5.8节中的相关规定，对于边坡土样若属高液限土，则加做膨胀指标试验。
2. 花岗岩类残积土细粒土（粒径小于0.5mm）部分的天然含水率ωf、塑性指数IP和液性指数IL，应按式（4）～式（6）计算：

（）

（）

（）

式中：

—— 花岗岩类残积土中细粒土（粒径小于0.5mm）部分的天然含水率（%）；

—— 花岗岩类残积土（包括粗、细粒土）的天然含水率（%）；

—— 土中粒径大于0.5mm颗粒吸着水含水率（%），宜取12%；

—— 土中粒径大于0.5mm颗粒的质量占总质量的百分比（%）；

—— 土中粒径小于0.5mm颗粒的液限；

—— 土中粒径小于0.5mm颗粒的塑限。

1. 花岗岩类残积土的承载力宜采用载荷试验确定。有地区经验时，可采用标准贯入试验等原位测试方法，结合地区经验确定。

初步勘察应符合下列规定：

1. 工程地质调绘应沿拟定的路线及其两侧各宽200m的带状范围进行，工程地质调绘的比例尺为1：2000～1：10000。
2. 勘探测试应符合本文件第7章及第11.2.6、11.2.7条中的相关规定。
3. 初步勘察应提供下列资料：
   1. 文字报告：应对路线及构筑物场地的工程地质条件进行说明，对第11.2.2条要求查明的内容进行说明，分析评价工程建设场地的适宜性，提出工程地质建议。
   2. 图表资料：应对花岗岩类残积土的类型、工程地质性质等进行图示和说明。

详细勘察应符合下列规定：

1. 详细勘察工程地质调绘应对初勘工程地质调绘资料进行复核。当线位偏离初测线位或地质条件需进一步查明时，应进行补充工程地质调绘，调绘的比例尺为1：2000。
2. 详细勘察应充分利用初勘资料，在确定的路线和构筑物位置上进行，并应符合本文件第8章及第11.2.8条中的相关规定。
3. 桥梁基础勘探时，应符合下列规定：
   1. 每个墩台均应布置勘探钻孔。
   2. 花岗岩类残积土厚度变化大、分布复杂时，则每个墩台的勘探钻孔不少于2个。
   3. 在花岗岩孤石发育区、风化裂隙极发育、基岩面起伏剧烈的地段，应逐桩钻孔。
4. 详细勘察阶段应充分利用初步勘察阶段所取得的资料，但当桥梁墩台平面位置发生变化时，初勘资料仅作参考。花岗岩类残积土详勘应按本文件第11.2.8条中的相关规定提供资料。
   * 1. 填土

人类活动堆填、弃置的建筑垃圾、生活垃圾、工业废料、冲（吹）填土、填筑土，应定名为填土。

填土工程地质勘察应查明下列内容：

1. 地形地貌的类型、形态特征和沟谷发育情况。
2. 填土的类型、分布范围、厚度、土质及地层结构。
3. 填土的物质组成、颗粒级配、密实程度、均匀性、湿陷性和压缩性。
4. 填土的物理力学性质和地基承载力。
5. 地下水的类型、埋深、水位及其变化幅度、地表水和地下水的腐蚀性。
6. 不良地质的类型、规模、分布及其对路线的影响和避开的可能性。

填土应按表40进行分类。

1. 填土分类

|  |  |
| --- | --- |
| 类型 | 特征 |
| 素填土 | 由碎石土、砂土、粉土和黏性土等一种或几种材料组成，不含杂质或含杂质很少 |
| 杂填土 | 含有大量建筑垃圾、工业废料或生活垃圾等杂物。土质不均 |
| 冲填土 | 由水力冲填泥沙形成。土层分布不均，多呈透镜状、薄片状 |
| 填筑土 | 经分层碾压或夯实填筑的土。一般成分单一，土质较均匀 |
| 1. 素填土可进一步细分为“碎石素填土、砂土素填土、黏性土素填土”。 | |

填土地段根据地质条件选线应符合下列规定：

1. 路线应避开填土分布广、厚度大、土质松软、处治困难的地带。无法避开时，应选择在填土分布窄且厚度较小的位置通过。
2. 路线应避开可能产生滑坡、泥石流等不良地质的填土地带。

工程地质调绘应符合下列规定：

1. 填土地段工程地质调绘应与路线及构筑物的设置结合，查明第11.3.2条的内容。
2. 填土露头、地层接触线、地下水出露点等应布置调绘点。

工程地质勘探应符合下列规定：

1. 工程地质勘探应根据地形地质条件，填土的类型、分布范围、地层结构及构筑物的设置情况确定勘探测试点的数量和位置。
2. 各类构筑物的勘探钻孔应穿过填土至基底以下稳定地层，并满足地基基础设计的需要。
3. 在探坑或钻孔中，应分层采取岩土试样。

应根据地层条件、填土性质和构筑物类型选择原位测试和室内测试方法，并符合下列规定：

1. 室内测试项目应符合本文件第5.8节中的相关规定。
2. 遇有地下水时，应量测地下水的初见水位和稳定水位，取水样做水质分析。
3. 填土地基承载力宜采用载荷试验确定。

初步勘察应符合下列规定：

1. 工程地质调绘应沿拟定的路线及其两侧的带状范围进行，宽度应结合填土发育情况确定，工程地质调绘的比例尺为1：2000。
2. 工程地质勘探测试应符合下列规定：
   1. 勘探点的布置除应符合本文件第7章及第11.3.6、11.3.7条中的相关规定外，尚应符合下列规定：

（1）路基勘探：勘探点应沿路线中线布置，间距不大于50m；当填土厚度大、分布复杂时，应布置横向勘探断面，每个勘探横断面上的勘探点数量不应少于2个，其中钻孔不少于1个。

（2）涵洞、通道勘探：每座涵洞、通道勘探点的数量不少于1个。

（3）桥梁勘探：应按工程地质条件复杂场地布置勘探点，每个墩台钻孔不少于1个。

* 1. 填土分布复杂路段，应根据地层条件，采用物探、静力触探等进行综合勘探。

1. 填土初勘应提供下列资料：
   1. 文字报告：应对路线及构筑物场地的工程地质条件进行说明，对第11.3.2条要求查明的内容进行说明，分析工程建设场地的适宜性，提出工程地质建议。
   2. 图表资料：应对填土的类型、均匀性、压缩性等进行图示和说明。

详细勘察应符合下列规定：

1. 详细勘察应对初勘工程地质调绘资料进行复核。当线位偏离初测线位或地质条件需进一步查明时，应进行补充工程地质调绘，调绘的比例尺为1：2000。
2. 详细勘察应充分利用初勘资料，在确定的线位和构筑物位置上进行，工程地质勘探测试应符合下列规定：
   1. 路基勘探：应布置横断面勘探，每断面钻孔不少于2个，勘探断面间距不大于50m。
   2. 涵洞、通道勘探：每座涵洞、通道布置1个勘探断面，每个断面勘探点的数量不少于3个，其中钻孔数量不少于2个。
   3. 桥梁勘探：应按工程地质条件复杂场地布置勘探点，每个墩台布置1个勘探断面，钻孔不少于2个。
3. 当填土底面的天然坡度大于20%时，应验算填土体的稳定性。
4. 当填土基底为软土或填土本身软弱时，应按软土进行工程地质勘察。
5. 详细勘察应按本文件第11.3.8的规定提供资料。
   1. 改扩建公路工程地质勘察
      1. 一般规定

改扩建公路工程地质勘察应在既有公路工程地质勘察资料的基础上，查明公路沿线及各类构筑物建设场地的工程地质条件。

改扩建公路工程地质勘察应充分收集和研究既有公路的勘察、设计、施工和运营期的各项资料，结合路线及沿线各类构筑物的设计，采用工程地质调绘、物探、钻探、原位测试、室内试验等手段进行综合勘察。

既有公路收集的资料宜包括下列内容：

1. 既有公路详细勘察阶段工程地质勘察报告，重点为与路线地质相关的不良地质、特殊性岩土等资料，以及与地质相关的专题研究报告。
2. 既有公路施工图路基、桥梁、隧道及其他设计文件及设计变更中的地质依据资料。
3. 既有公路竣工资料，宜收集施工过程中的地质记录资料和引发的地质灾害情况。
4. 既有公路运维阶段路堤、路堑、桥梁、隧道等病害、处治相关的地质资料。
5. 既有公路相关地质岩土监测资料。

对既有公路的旧地质钻孔，利用前应现场调查、综合分析，并按现行标准进行修订后加以利用，利用原则如下：

1. 工可勘察阶段可直接利用，初勘和详勘阶段需经对比分析研究后选择利用。
2. 对既有公路地质资料的利用比例，可通过土工程地质条件复杂程度与勘察阶段双向控制。工程地质条件简单、可行性研究阶段利用程度高，工程地质条件复杂、详细勘察阶段利用程度低。
3. 对于既有公路旧钻孔，结合临近新钻孔验证，需满足“孔位及标高确定、深度满足要求”条件后利用。
4. 对于存在以下问题的旧路钻孔时建议仅作参考使用：
   1. 没有钻孔坐标或准确的坐标转换参数，位置定位困难。
   2. 采用的旧规范（如岩土命名、指标等）与现在存在较大差异。
   3. 钻孔深度偏浅，无法达到相应新构造物设计要求。
   4. 偏离现设构造物超过30m或不在同一地质单元。

改扩建公路工程地质勘察报告应充分利用勘察取得的各项基础资料，在综合分析的基础上结合沿线各类构筑物的工程设计进行编制，并满足改建工程设计要求。

改扩建公路各类构筑物勘察应符合本文件中新建项目各类构筑物勘察的相关规定。

不良地质和特殊性岩土的勘察应符合本文件中新建项目不良地质和特殊性岩土勘察的相关规定。

改线段偏离已建工程，应按新建项目进行工程地质勘察。

* + 1. 路基

应查明以下内容：

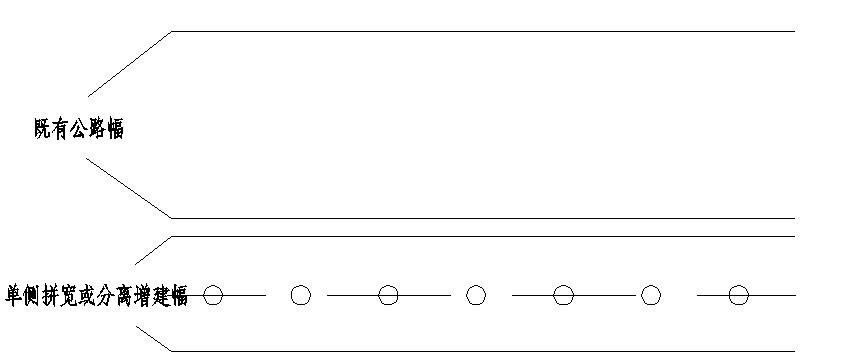
1. 已建工程路基的填土类别、断面特征、稳定状况、岩石和土层的分界线、类别及其工程分级。
2. 加宽路基时，应查明加宽一侧的工程地质条件，包括地貌特征、山坡和河岸的稳定状况、水流影响、岩土性质、地下水情况等。
3. 加高路基时，应调查借土来源及其数量和工程性质。
4. 路基坡脚需防护时，应调查防护工程的地质情况。
5. 深挖路基后可能出现的不良地质现象，应予以判明，并提出处理措施。
6. 路基有受水流冲刷的可能时，应调查汇水面积、径流情况，并提出截流、导流等排水措施以及边坡防护方案。
7. 在需开挖视距台处，应调查其土质类别及边坡稳定情况等。
8. 应查明刷坡清方、增设坡面防护、放缓边坡、绿化加固等地段的工程地质条件。

改扩建公路各类路基病害地段的工程地质勘察应进行下列调查：

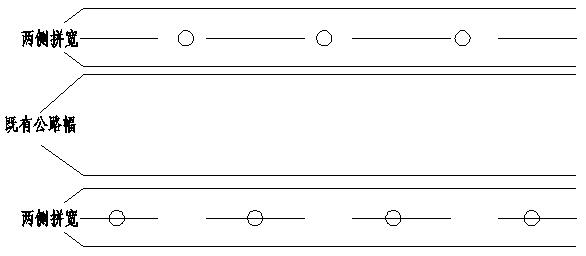
1. 调查沿路线基病害的类型与规模，以及病害的发生原因及发展情况和处治方法与处治效果。
2. 调查病害地段路线所处的地貌特征、工程地质条件与病害的关系。
3. 调查原有防护工程的位置、结构类型、各部尺寸及防治效果，确定是否利用、加固或进行改建设计。
4. 调查地下水的水位、地面水的滞留时间，查明导致翻浆的水源。
5. 调查当地相关工程治理病害的经验。

改扩建公路的勘察工作量根据加宽方式进行布设，除应符合本文件第7、8章中的相关规定外，尚应符合下列规定：

1. 单侧加宽沿路基中线单侧布置，如图6所示；如地形地质复杂，宜布置勘探横断面，增加勘探点。
2. 两侧拼宽时应按左、右幅分别考虑，勘探点采用之字形交叉布置，如图7所示。



1. 单侧加宽时布置图



1. 两侧拼宽时布置图

改扩建公路软土路基的勘察，应在改扩建公路构筑物位置上，对既有公路及拓宽范围，分别采用以钻探、原位测试为主，物探、简易勘探为辅的综合勘察方法，查明既有公路建设前后软土性质的差异情况，以及既有路基与扩建范围下软土在固结状态、物理力学性质等方面的差异情况。

* + 1. 桥梁

应查明以下内容：

1. 既有桥梁的工程地质条件。
2. 既有桥梁有无因地质问题造成变形破坏的现象，并分析研究其原因，提出工程地质建议。
3. 改建既有桥梁地基基础的工程地质条件，地基基底的岩土物理力学性质以及冲刷等不良地质情况。
   * 1. 隧道

应查明以下内容：

1. 原有隧道工程的水文地质和工程地质条件。
2. 原有隧道工程的运营情况及有无因地质问题造成变形破坏的现象，并分析研究其原因，提出工程地质建议。

改扩建公路隧道勘察，应充分利用既有隧道的勘察成果以及开挖施工揭示的地质资料，根据各勘察阶段要求开展勘察工作，并提供勘察成果资料。

1. 既有隧道已经具有完整的施工前调查资料、施工中调查资料，所以改扩建隧道的地质勘察工作要充分利用既有资料，对确需补充勘察的，增加相应勘察工作。
   * 1. 路线交叉工程

应符合本文件新建路线交叉工程地质勘察的规定。

* + 1. 收费站及服务区房屋建筑工程

应符合本文件新建收费站及服务区房屋建筑工程地质勘察的规定。

* + 1. 筑路材料

应查明以下内容：

1. 对沿线既有材料料场进行复查与补充。
2. 当沿线筑路材料缺乏时，应进行远运材料产地的调查。
   1. 工程地质勘察成果报告
      1. 一般规定

工程地质勘察报告的编制应充分利用勘察工作取得的各项地质资料，在综合分析的基础上进行，所依据的原始资料在使用前均应进行整理、检查、分析，确认无误。

高速公路工程地质勘察报告应资料完整，内容详实准确、重点突出，有明确的工程针对性，建议合理，结论依据充分。

高速公路工程地质勘察报告提供的岩土参数应按工程地质单元或层位进行分析统计，并综合考虑各方面因素后合理取值。

高速公路工程地质勘察报告包括总说明和工点报告，总说明和工点报告均应由文字报告、图表及相关附件组成。

对于路基、桥梁、涵洞、通道、隧道、路线交叉、沿线设施、料场等独立勘察对象，应编制工点报告。

高速公路工程地质勘察报告应签署完备并加盖勘察项目承担单位出版图章，经评审通过后提交相关方使用并归档。

* + 1. 报告内容

总说明文字报告应包括下列内容：

1. 前言：工程概况、任务依据、勘察目的与任务、执行的技术标准、收集的资料、勘察方法及勘察工作量布置情况、勘察工作过程以及对专家、咨询（监理）提出的意见响应情况等。
2. 自然地理概况：项目所处的地理位置、气象、水文、地形、地貌等。
3. 工程地质条件：地层岩性、地质构造、地震、新构造运动、水文地质条件、工程地质分区及路段划分、工程地质层组特征及岩土体物理力学性质、路线工程地质条件，路基、桥梁、涵洞、通道、隧道及互通的工程地质条件，不良地质和特殊性岩土，水的腐蚀性等。
4. 工程地质评价：应针对拟建工程特点和要求进行，评价场地稳定性和工程建设适宜性，以及地质条件可能造成的工程风险，提供设计所需的岩土参数，内容包括路线工程地质分区评价及方案比较，路基地基基础评价，边坡防护处理及特殊工点评价，桥梁、涵洞、通道、隧道及互通的工程地质条件评价，天然建筑材料评价。
5. 结论与建议：对勘察结论进行总结和归纳，提出防治措施的建议。

总说明图表资料应包括：

1. 图例。
2. 路线工程地质平面图（1：2000～1：10000）。
3. 路线工程地质纵断面图（水平1：2000～1：10000，垂直宜为1：500）。
4. 勘探工作量表。
5. 一般路基工程地质评价表、高路堤（陡坡路堤）工程地质评价表、深路堑工程地质评价表、软土地段工程地质评价表、涵洞（通道）工程地质评价表、支挡工程工程地质评价表、不良地质地段及特殊性岩土一览表、工程地质层组特征一览表、工程地质层组物理力学性质指标统计及承载力参数建议值表、岩土样试验成果总汇表、水质分析报告。
6. 重难点工程横断面图及其他图表。
7. 照片等影像资料。

工程地质调绘成果一般可纳入总说明中，若实际需要单独提供，其内容可参考总说明文字和图表进行编制。

物探成果报告一般宜附录在工点勘察报告后面，图件包括：

1. 工点及路段物探测线平面图布置图。
2. 物探定性定量解释图件（纵横剖面图）。
3. 高密度电法、各种电磁测深法的电阻率等值线图、地震勘探时距曲线图等其他物探手段成果图件。

一般路基可编写路基土路段划分表，分段说明路基工程地质条件；当列表不能说明工程地质条件时，应编写文字报告和图表。

高路堤、陡坡路堤、深路堑、支挡工程等殊路基应提供单独的路基工点资料。

路基工点资料文字报告除应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定外，尚应符合下列规定：

1. 应分析地表水、地下水的特点及其对路基稳定性的影响。
2. 高路堤及陡坡路堤需提供各岩土层的物理力学性质指标及不利岩体结构面的抗剪强度指标，分析评价地基沉降及稳定性。
3. 深路堑可结合路线附近现状边坡的稳定性，采用历史成因分析法、工程地质类比法和赤平投影法等方法定性或半定量分析边坡的稳定性；必要时建立合理边坡模型，进行稳定性验算。
4. 半挖半填、支挡工程应根据基础横、纵向地质条件的变化，分析可能引起的地基差异沉降对工程的影响。
5. 临水路堤应分析地表水流变化对地基的影响，提出处治措施建议。
6. 岩溶、滑坡、崩塌、泥石流、采空区等不良地质和软土、红黏土、膨胀性岩土等特殊性岩土路段尚应根据其分布及特征，分析评价其对路基稳定性的影响，提出合理的处治措施建议。

路基工点图表资料包括：工程地质平面图、工程地质纵断面、代表性横断面、岩土物理力学指标汇总及承载力参数推荐值表、钻孔柱状图、岩土试验成果表、其他测试图表。

桥梁应提供单独的工点资料，包括文字报告和图表资料。

桥梁工点文字报告除应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定外，尚应符合下列规定：

1. 说明桥址处的工程地质条件，评价场地建设的适宜性。
2. 应对地基基础与边坡稳定性；对桥梁墩（台）基础类型、不良地质与特殊性岩土的防治措施、施工中可能出现的问题，提出合理建议；桥址处水质异常时，应判定水对混凝土的腐蚀性。
3. 应分析沉积岩及其变质岩中硬质岩与软质岩互层或夹层差异对基础的影响。
4. 应分析煤层、泥岩、页岩、黏土岩等遇水易软化的软质岩以及成岩程度较低或半胶结状岩石的分布、性质及其对基础的影响。
5. 分析岩溶分布范围、发育形态、规模、溶洞充填等对基础及施工的影响。
6. 应分析花岗岩、玄武岩、白垩系红层等地层可能存在的差异风化和风化面起伏对桥址的影响。
7. 桥墩（台）位于斜坡或桥址附近斜坡存在滑坡、崩塌、落石等不良地质时，应分析斜坡的稳定性，评价其对桥墩（台）的影响，对可能出现问题的，应提出合理的处治措施。
8. 对存在欠固结土及由大面积堆载、回填土等不利工点的，分析桩侧产生负摩阻的可能性及其影响。

桥梁工点图表资料除应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定外，尚应符合下列规定：

1. 图表资料应包括工程地质平面图、工程地质纵断面、代表性横断面、岩土物理力学指标和承载力参数。
2. 沉积岩区，应根据地质调绘的岩层产状绘制纵断面，宜全断面标识。

涵洞、通道初勘可列表说明工点工程地质条件，当列表不能说明时，应编写文字报告和图表。

隧道应按工点编制文字报告和图表。

隧道工点文字报告除应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定外，尚应符合下列规定：

1. 应根据隧道围岩的强度、变形性、裂隙发育情况、岩土体完整程度、抗风化情况、弹性波速以及水文地质条件，充分考虑区域地质条件，利用综合勘察成果，定性结合定量分段确定隧道的围岩级别。
2. 软硬互层的围岩，应根据软岩性质、分布及与洞轴线的关系，分析软岩对隧道的影响；定量计算岩体的基本质量指标时，参数选择要充分考虑软岩的影响；基岩存在差异风化问题时，围岩分级需要考虑其影响。
3. 应对特长隧道、长隧道或水文地质条件复杂隧道进行涌水量预测，可通过类比相似工程、进行水文试验等方法确定涌水量计算参数，选择适宜的预测模型计算隧道涌水量；宜采用多种方法进行预测，相互印证。
4. 隧道影响范围内有水库、水塘、泉水等时，应分析是否会引起隧道涌水，并分析隧道开挖对水环境的影响。
5. 应加强对隧道洞口围岩和边、仰坡稳定性分析；洞口附近有滑坡、崩塌、危岩、落石等不良地质时，应分析其对洞口的影响，并提出合理的处治措施。
6. 岩溶区应基本查明岩溶的发育程度、分布规律，岩溶含水带的水文地质特征和涌水量大小；分析评价岩溶洞穴的岩溶水对隧道安全和稳定性的影响及在施工和运营时产生的危害；对岩溶洞穴和岩溶水提出处理措施。
7. 隧址处松散堆积层或风化层厚度大时，应分析隧道穿越地层的承载力及在饱水时的变化，提出处治措施的建议。
8. 洞口附近地表水发育时，要分析地表水对隧道的影响。
9. 当隧道需要进行抗浮设计时，应对地下动态水位进行说明。

隧道工点图表资料应包括：1：10000隧址区域水文地质平面图，1：10000隧址区域工程地质平面图,1：2000工程地质平面图，1：2000工程地质纵断面图，1：100～1：2000隧道洞口工程地质平面图，1：100～1：2000隧道洞口工程地质纵断面图，隧道围岩级别划分表，隧道围岩物理力学指标统计表，水文地质测试资料，照片等。

互通工点资料包括文字报告和图表，应符合以下规定：

1. 文字报告应说明互通区工程地质条件及不良地质，对路基、桥梁地基基础进行岩土工程评价。
2. 图表资料应包括互通区工程地质平面图、主线和匝道工程地质纵断面图、岩土物理力学指标和承载力参数表。
3. 互通区路基工点应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定，综合分析各个匝道处路基工程地质条件。
4. 互通区桥梁工点应符合现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）中的相关规定。
   * 1. 文件格式与编排

文件格式如下：

1. 封面：工程名称，里程全长，勘察阶段，勘察文件名，册，数，单位名称、文件编制年、月；颜色初勘采用淡豆绿色，详勘采用白色。
2. 扉页：工程名称，里程全长，勘察阶段，勘察文件名，册，数，各级负责人签署，勘察等级证书及编号，单位名称，文件编制年、月，加盖单位出图章。
3. 文字报告：页面为A3幅、分两栏。
4. 附表：页面为A3幅、不分栏，所有同类型表格（含各类评价表、统计表、分析计算表等）应统一编列表号、页码。

1. 附图：页面为A3幅，长度超过A3幅的图件可分幅编制，也可折叠成A3幅；特殊图件不受A3幅的限制，可采用2～0号图幅，但必须折叠成A3图幅；所有同类型图件应统一编列图号、页码，并设计签署栏；图中所涉及的各类图示格式应与图例一致，且符合通行规定。
2. 线条、字体与字号应符合表41、表42的规定。
   1. 常用线条类型一般采用不同宽度的实线表示。
   2. 推断线采用相应宽度的虚线表示。
   3. 地下水位线采用点划线表示，线宽不宜超过主要常用线宽度。
   4. 文字报告与图表中的汉字应采用仿宋体或宋体，但必须保证全套报告字体和风格一致。
   5. 图表中的字母与数字除有固定含义者外均应按标准体书写，包括大写和小写。
   6. 文字报告中的汉字应与其中的字母和数字大小协调一致。
   7. 一套报告中，同一字母代表同一含义时，其字体应前后一致。
3. 每册文件厚度不宜超过250页，报告中所涉及任何页的资料（文字、图件、表格、计算书等）均应具有唯一性、可追溯，并可快速查找。
4. 常用线条规格

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用途 | 代表线名 | 线形 | 线宽 |
| 平面图、柱状图、纵断面图、横断面图 | 图例符号线 | 实线 | 0.25（mm） |
| 表格分栏线 | 实线 | 0.25（mm） |
| 地质构造线 | 实线 | 0.40（mm） |
| 地貌类型线 | 实线 | 0.40（mm） |
| 地层界线 | 实线 | 0.25（mm） |
| 地面线 | 实线 | 0.40（mm） |
| 时代界线 | 实线 | 0.40（mm） |
| 图框 | 外框 | 实线 | 0.60（mm） |
| 内框 | 实线 | 0.25（mm） |

1. 字体、字号规格

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用途 | | 字号或高 | 字体 | 字间距 | 行间距 |
| 报告 | 大标题 | 小二 | 宋体 | 标准 | 1.5倍 |
| 分段标题 | 小四 | 宋体 | 标准 | 1.5倍 |
| 小标题 | 小四 | 宋体 | 标准 | 1.5倍 |
| 说明内容 | 小四 | 宋体 | 标准 | 1.5倍 |
| 综合图表 | 标题 | 4.5 | 宋体 | 标准 | 标准 |
| 文字 | 5 | 宋体 | 标准 | 标准 |
| 符号 | 4 | 宋体 | 标准 | 标准 |
| 上、下标 | 2 | 宋体 | 标准 | 标准 |
| 柱状图 纵、横断面图 | 标题 | 4.5 | 宋体 | 标准 | 标准 |
| 描述 | 4 | 宋体 | 标准 | 标准 |
| 符号 | 4 | 宋体 | 标准 | 标准 |
| 上、下标 | 2 | 宋体 | 标准 | 标准 |
| 图框 | 双行文字 | 4 | 宋体 |  |  |
| 单行文字 | 5 | 宋体 |  |  |

文件编排顺序如下：

1. 封面。
2. 扉页。
3. 主要参加人员。
4. 目录。
5. 总说明、工点报告（按路、桥、隧顺序编排）。

文件格式和编排尚应符合《公路工程地质勘察报告编制规程》（T∕CECS G：H24-2018）中的的相关规定。

* + 1. 资料归档

原始资料包括下列内容：

1. 收集的成果资料。
2. 工程地质调绘的原始资料。
3. 钻探、试验、测试的原始资料。
4. 工程物探原始资料。
5. 勘察报告编制过程中的分析计算资料等。
6. 质量、环保、安全、职业健康等管理记录。

应将全部原始资料、正式勘察报告、地图及电子文档资料归档。

* 1. 工程地质信息模型
     1. 一般规定

工程地质信息模型分为地表信息模型和地质信息模型，应准确反映公路工程建设场地地形地貌特征，表达路线场地地质条件、不良地质和特殊性岩土等各种地质条件信息。

注：在交通运输部印发的《数字交通发展规划纲要》中明确提出，要推动交通基础设施全要素、全周期数字化，同时要求加快完善面向数字交通应用的交通基础设施工程建设标准，按照交通运输信息化标准体系，持续完善相关标准。交通运输部发布的《关于推进公路水运工程BIM技术应用的指导意见》、《推进综合交通运输大数据发展行动纲要(2020-2025年》、《交通运输部关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》等文件，对BIM技术应用、BIM标准体系建设提出了要求。广东省交通厅出台的《加快推进高速公路建设管理现代化的指导意见》中提出要推广BIM技术的应用，由此可见今后BIM技术将贯穿在公路勘察设计、施工、运维等阶段。目前BIM技术尚未完全成熟，在数据传递、应用过程中还需要进一步完善，在公路设计、施工过程中也未全部数字化，所以本规程指出工程地质信息模型仅是一种手段、方法，现阶段尚不能完全代替传统的工程勘察报告。

工程地质信息模型是一种工程地质勘察工作的技术手段和成果表现形式，不能替代工程勘察报告。

创建工程地质信息模型采用的原始数据应符合相关标准规定，模型的范围和精细度应满足相应工程阶段应用的需要。

地质信息模型应以工程地质勘察各阶段成果数据为基础，基于模型构成的层次结构建立，宜分为勘探点、地层、地质构造、不良地质、特殊性岩土五类信息。

工程地质信息模型应由几何信息和属性信息两个信息维度进行描述，并应符合下列规定：

1. 模型属性信息宜在其几何信息建模时同步创建。
2. 模型属性信息应分类设置为项目信息、定位信息和技术信息三类。
3. 当模型几何信息与属性信息不一致时，应优先采用属性信息。

工程地质信息模型精细度等级应按照项目工程阶段划分，并应符合表43规定。

1. 模型精细度等级划分

|  |  |
| --- | --- |
| 精细度等级 | 工程地质信息模型 |
| 一级 | 可行性研究勘察阶段 |
| 二级 | 初步勘察阶段 |
| 三级 | 详细勘察阶段 |
| 四级 | 施工勘察阶段 |

工程地质信息模型元素编码和层级数目划分宜符合现行《公路工程信息模型应用统一标准》（JTG/T 2420）中的相关规定，满足信息模型管理和数据检索的要求，并应符合下列规定：

1. 模型编码应由表代码、一级类代码、二级类代码、三级类代码和四级类代码五个层级构成。
2. 模型编码采用10位全数字编码方式，表代码与一级代码之间用半角字符“-”连接，其他各层级代码之间用半角字符“.”隔开。
3. 公路工程中地形地质类信息的表代码为“51”，地形地质类信息一级类代码中地表信息模型的代码为“01”，地质信息模型的代码为“02”。
4. 公路工程地形地质类信息二级类宜表达勘探点、地层、地质构造、不良地质、特殊性岩土5类信息。
5. 具体工程项目的工程地质信息模型分类和编码宜在项目实施前进行统一规定，并与后续设计施工阶段相协调。
   * 1. 模型创建

模型建模范围应根据模型应用需要确定，并应符合下列规定：

1. 地表信息模型的建模范围应包含工程地质调绘范围，不宜小于公路用地界向外扩充200m包络的区域范围。
2. 地质信息模型平面范围应包含工程地质勘察范围，不应小于勘探点包络的区域或道路路基范围，且不宜超出公路用地界向外扩充20m包络的区域范围。
3. 地质信息模型建模深度范围宜根据场地各勘探点深度分区域确定，同一工点对应的建模深度宜一致。
4. 模型宜分工点进行单独建模，各工点模型在交接处应协调一致。

模型创建时选用的空间基准体系、单位制和数据量纲应与总体设计一致，并应符合下列规定：

1. 模型平面坐标系统应采用2000国家大地坐标系。
2. 模型高程基准应采用1985年国家高程基准，且高程成果应采用本省测绘行政主管部门公布启用的高程年代成果。
3. 模型量纲单位应符合现行国家、行业及广东省相关标准规定。

地表信息模型应准确反映场地地形、地貌、地物特征，可基于现势地形图、倾斜摄影测量、激光扫描、GPS接收机或全站仪等采集的数据创建。

地质信息模型的创建应符合下列规定：

1. 勘探点模型的几何信息应根据勘探点类型、空间位置、分层等信息采用参数化的方法进行创建，各勘探点宜使用编号区分，勘探点分层信息宜使用圆柱体等三维空间点或实体以颜色或纹理等形式表达。
2. 地层模型的几何信息应根据勘探点的空间位置、分层信息采用空间插值、实体分割等确定性建模方法进行创建，地层几何分层信息宜使用三维实体以颜色或纹理等形式表达。
3. 地质构造模型的几何信息应根据地质构造的空间位置、构造信息采用空间插值、布尔运算等确定性建模方法进行创建，不同地质构造几何信息宜使用三维空间点、线、面、体以颜色或纹理等形式表达。
4. 不良地质的几何信息宜根据评价的需要，采用与相关地表模型、地层或地质构造模型进行关联的方法建立，评价对象的几何信息宜使用区别于原地表、地层或地质构造模型的颜色、纹理、透明度等形式表达。
5. 特殊性岩土评价对象的几何信息宜根据评价的需要，采用与相关地层进行关联的方法建立，评价对象的几何信息宜使用区别于原地层的颜色、纹理、透明度等形式表达。
6. 工地地质勘察信息模型的外观图例等应在模型创建前进行统一规定。
   * 1. 模型属性信息

模型构成元素的属性信息宜通过数据添加或文件关联的方法创建，可采用表格、图片、曲线、文件等形式表达，并应满足相应工程阶段应用需要。

地表信息模型属性信息应包含并反映场地地形、地貌、地物的特征、空间位置等信息。

勘探点模型的属性信息应符合下列规定：

1. 勘探点模型的定位信息应包括勘探点所处空间位置和岩土体分层深度。
2. 勘探点模型的技术信息应包括类型、基本特征、分层描述、关联的室内试验和现场原位测试成果信息。
3. 勘探点模型的定位信息和技术信息内容应在模型创建前进行统一规定。

地层模型的属性信息应符合下列规定：

1. 地层模型的定位信息应包括表达其平面轮廓、竖向层顶和层底分布范围的坐标集和其他表达地层空间形态的信息。
2. 地层模型的技术信息应包括基本特征、各层岩土体物理力学统计指标和参数等信息。
3. 地层模型的定位信息和技术信息内容应在模型创建前进行统一规定。

地质构造模型的属性信息应符合下列规定：

1. 地质构造模型的定位信息应包括表达其空间分布范围和特征的坐标集和其他表达其空间形态的信息。
2. 地质构造模型的技术信息应包括构造类型、发育特征和评价内容等信息。
3. 地质构造模型的定位信息和技术信息内容应在模型创建前进行统一规定。

不良地质的工程地质评价属性信息应符合下列规定：

1. 不良地质评价时应获取评价对象和评价影响区域范围的定位信息，其几何信息精度应满足评价需要。
2. 不良地质评价的技术信息应包括其发育特征、工程地质特征与评价内容、相关参数等。
3. 不良地质评价的定位方式和技术信息内容应在模型创建前进行统一规定。

特殊性岩土的工程地质评价属性信息应符合下列规定：

1. 特殊性岩土评价时应获取评价对象和评价影响区域范围的定位信息，其几何信息精度应满足评价需要。
2. 特殊性岩土评价的技术信息应包括其场地工程地质条件、发育特征、工程地质特征与评价内容、相关参数等。
3. 特殊性岩土评价的定位方式和技术信息内容应在模型创建前进行统一规定。
   * 1. 模型检查及交付

模型检查应贯穿建模全过程，并根据需求文件和建模技术要求对模型几何信息和属性信息的合规性、合理性、准确性、完整性进行检查。

模型交付物应根据合同或协议中约定的具体要求提供，交付时交付方应向接收方提交模型交付说明书。

地表信息模型交付物应包括模型文件、模型交付说明书，宜包括基于地表信息模型形成的轻量化模型、工程视图及其他成果文件。

地质信息模型交付物应包括模型文件、模型交付说明书、工程地质勘察报告成果文件，宜包括基于地质信息模型形成的轻量化模型、工程视图、工程地质信息数据库文件及其他成果文件。

模型交付物应采用约定的数据格式，满足公路工程全生命期对工程地质信息利用、传递和共享的需要。

模型交付物命名应具有辨识度、通用性、规范性和合理性，满足公路工程建设全生命期数据存档和检索要求。

模型交付介质宜包含光盘、云平台等，模型交付方和接收方应根据数据的重要程度，采取技术手段保证数据安全。

2. （资料性）  
   工程地质调绘表格

表A.1～表A.11给出了工程地质调绘表格的参考格式。

* 1. 地质点记录表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 路线工点： |  |  | 天气： | 年 月 日 | |
| 点号 | 野外 |  | 高程 | 绝对高程（m） |  |
| 室内 |  | 相对高程（m） |  |
| 位置 | 路线里程 |  | 地层年代 |  | |
| 坐标 | X： Y： | 产状要素 | °∠ ° | |
| 地层岩性、地质构造描述（平面、剖面或柱状示意图、素描图）： | | | | | |
| 节理（裂隙）描述统计： | | | | | |
| 地貌、岩溶及物理地质现象： | | | | | |
| 水文地质特征（含水性、地下水补迳排条件、动态等）描述： | | | | | |
| 沿途观测描述： | | | | | |
| 资料来源 | 样品记录及编号 | 照片记录及编号 | | 录象记录及编号 | |
|  |  |  | |  | |
| 调查： 记录： 审核： | | | | | |

* 1. 构造点记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 路线工点： 天气： 年 月 日 | | | | | | | | |
| 点 号 | 野外 |  | 位置 | 路线里程 |  | | 褶皱构造 | 地层及产状、地层变形特点、变形程度及规模、褶曲要素： |
| 室内 |  | 坐标 | X： Y： | |
| 高 程 | 绝对高程（m） |  | 地质年代 |  | | |
| 相对高程（m） |  | 层位要素 | °∠ ° |  |  | 对地形地貌、工程地地质条件、水文地质条件的影响： | |
| 断裂特征描述 | 主断面的产状、性质、断距（垂距、视距） | | | | | |
| 断层两侧地层年代与岩性、岩层产状及变形情况 | | | | | | 示意图（平面、剖面或素描） | |
| 断层带内构造岩破碎程度、结构特征、宽度、擦痕阶步性质等） | | | | | |
| 裂隙发育情况 | 组别 | 产状 | 密度 | 张开度 | 充填情况 | 裂面特征 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | 标本或样品采集记录及编号 | 照片记录及编号 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | 沿途观测描述： | |
|  |  |  |  |  |  |
| 调查： 记录： 审核： | | | | | | | | |

* 1. 地貌点记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 路线工点： 天气： 年 月 日 | | | | | | | |
| 点 号 | 野外 |  | 位置 | 路线里程 |  | 地貌与新构造运动关系（剥夷面、阶地等与地壳运动对应关系）： | |
| 室内 |  | 坐标 | X： Y： |
| 高 程 | 绝对高程（m） |  | 地质年代 |  | |
| 相对高程（m） |  | 层位要素 | °∠ ° | |
| 地貌形态特征、空间尺寸测量描述： | | | | | | 切割程度、工程场地适宜性评述： | |
| 地貌成因类型、地层岩性、结构构造观察描述： | | | | | | 示意（平面、剖面或柱状、素描）图： | |
| 标本或样品采集记录及编号 | 照片记录及编号 |
| 现代地貌作用描述： | | | | | |  |  |
| 沿途观测描述： | |
| 调查： 记录： 审核： | | | | | | | |

* 1. 裂隙点记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 路线工点： 天气： 年 月 日 | | | | | | | | | | | |
| 野外点号 |  | | 路线里程 |  | | 所处构造部位 | |  | | | |
| 室内点号 |  | | 地层年代 |  | | 岩性成分 |  | | 地层产状 |  | |
| 组号 | 裂隙 产状 | 水平 延长 m | 竖向 切深 m | 裂面 平整性 | 裂面 光滑度 | 发育 密度 条/m | 裂隙连通性及是否穿层 | 张开度 mm | 充填成分 及牢固度 | 含 水 性 | 裂隙 力学 性质 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 裂隙倾向玫瑰花图 | | | | | | | 赤平投影图 | | | | |
| 小结（分析岩体结构类型、边坡结构类型，块体稳定性） | | | | | | | | | | 照片、样品资料登记 | |
| 调查： 记录： 审核： | | | | | | | | | | | |

* 1. 水文地质点记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 路线工点： 天气： 年 月 日 | | | | | | | | |
| 点 号 | 泉 |  | 井 |  | 溪沟 |  | 其它 |  |
| 水的类型 |  | | | | 气温（℃） |  | 水温（℃） |  |
| 泉、井口 或沟底的 高 程（m） |  | | 点的 位置 | 路线里程 |  | | | |
| 坐 标 | X： Y： | | | |
| 水 文 地 质 特 征 | 地层时代 岩性产状 |  | | | | | | |
| 构造部位 相互关系 |  | | | | | | |
| 出露地形 地貌条件 |  | | | | | | |
| 水 文 地 质 条 件 | 补 给 | 补给源 |  | | | 物 理 性 质 | 颜 色 |  |
| 补给方式 |  | | | 气 味 |  |
| 径 流 | 径流方向 |  | | | 口 味 |  |
| 径流方式 |  | | | 透明度 |  |
| 排 泄 | 排泄方式 |  | | | 水 流 量 | 点位实测值（L/s） |  |
| 排泄终点 |  | | | 测量方法 |  |
| 井、泉的结构 | | |  | | | 动态变化 |  |
| 井、泉沉淀物 | | |  | 取样记录 | 编 号 |  | 数量 |  |
| 井、泉卫生条件 | | |  | 加保护剂 |  | 日期 |  |
| 照片记录及编号 | | |  | 析要求 |  |  |  |
| 剖面图或素描图（标比例、方向） | | | | | | | | |
| 调查： 记录： 审核： | | | | | | | | |

* 1. 岩溶点调查记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 路线工点： 天气： 年 月 日 | | | | | | | | |
| 点号 |  | 路线里程 |  | | 岩溶类型 |  | | | |
| 坐标 | X |  | 发育 高程 | 绝对高程（m） |  | 地层时代 |  | 产状 |
| Y |  | 相对高程（m） |  | 岩性描述 |  | | |
| 岩 溶 形 态 特 征 | （长、宽、延（切）深、发育方向、平面形态、垂向形态、个体及组合形态等） | | | | | | | | |
| 地 形 、 地 质 条件 | （所处地形地貌、地质构造部位，断层、裂隙等特征） | | | | | | | | |
| 水 文 地 质 特 征 、 环 境 意 义 |  | | | | | | | | |
| 平、剖面示意图 | | | | | | | | | |
| 备注 |  | | | | | | | | |
| 调查： 记录： 审核： | | | | | | | | | |

* 1. 滑坡调查表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 路线工点： 天气： 年 月 日 | | | | | | | |
| 路线里程 |  | | | | | | |
| 野外编号 |  | 室内编号 |  | 坐标 | X： Y： | | |
| 滑坡类型 |  | | 滑动方式 |  | | 主滑方向 |  |
| 前缘标高 |  | 平面形状 |  | 纵向长度 |  | 垂向厚度 |  |
| 后缘标高 |  | 剖面形态 |  | 横向宽度 |  | 体积规模 |  |
| 滑坡环境条件 | 地形地貌条件（所处地貌单元、地形特征、斜坡形态、临空面与地层产状关系） | | | | | | |
| 地层岩性及岩性组合关系 | | | | | | |
| 地质构造特征（构造部位，褶皱、断裂、裂隙发育特征及切割关系，岩体结构类型） | | | | | | |
| 水文特征（地表汇水、冲刷条件，地下水类型、补径排条件，对滑坡的影响） | | | | | | |
| 人类工程活动（类型、方式、范围及强度、对滑坡的影响） | | | | | | |
| 植被（种类、覆盖率） | | | | | | |
| 滑坡基本特征 | 边界条件（前、后缘，左、右界，滑面（带）、滑床） | | | | | | |
| 滑体特征（形态特征、物质结构、空间展布） | | | | | | |
| 滑体、滑床基本水文地质特征 | | | | | | |
| 滑坡变形特征（变形活动现状表现、变形破坏历史） | | | | | | |
| 滑坡成因及影响因素 | | | | | | |
| 稳定性评价 | 可能复活的诱发因素 | | | | | | |
| 现状 | | | | | | |
| 今后发展趋势 | | | | | | |
| 危害性评价 | 已有灾害损失（致灾对象，范围及损失大小） | | | | | | |
| 潜在威胁及灾害预测 | | | | | | |
| 防治 措施 | 已有防治经验及效果 | | | | | | |
| 今后防治建议及可行性 | | | | | | |
| 平、剖面图（比例、平面方位） | | | | | | | |
| 资料来源 |  | | | 样品及照片登记 |  | | |
| 调查： 记录： 审核： | | | | | | | |

* 1. 崩塌体调查表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 路线工点： 天气： 年月日 | | | | | | | | |
| 路线里程 |  | | | | | | 稳定性  分析 | 崩塌源山体开裂、位移、错落 现状及失稳诱发因素、发展趋势 |
| 野外编号 |  | 室内编号 |  | 坐标 | X： Y： | |
| 崩塌类型 |  |  | 运动方式 |  | 崩塌方向 |  |
| 崩塌体特征 | 前缘 高程 |  | 坡体 形态 |  | 纵长 |  | 崩积体目前稳定性及今后发展趋势 |
| 横宽 |  |
| 后缘高程 |  | 坡度 |  | 厚度 |  | 危害性 | 已致灾害（对象，范围及损失 大小） |
| 物质成分 |  | 下伏层位 岩性、产状 |  | 体积 |  | 对工程的潜在威胁及危害 |
| 崩塌源特征 | 地形地貌（所处地貌单元、陡坡地形形态特征、崩塌面高度与宽度、临空面结构类型） | | | | | | 防治  措施 | 已有防治经验及效果 |
| 母岩性质（地层年代、产状、岩性、结构构造、岩层组合关系、力学性质 | | | | | | 今后防治建议、可行性 |
| 地质构造（构造部位，断裂、裂隙发育特征及切割关系，岩体结构类型） | | | | | | 平、剖面图（比例、方向） | |
| 水文地质特征（含隔水层、地下水类型及其补径排条奖以及对岩土体稳定性的影响） | | | | | |
| 人工活动（类型、方式、范围及强度、对崩塌的影响） | | | | | |
| 植被（种类、覆盖率） | | | | | |
| 崩塌成因分析 | 地质结构面及结构体条件 | | | | | |
| 动力条件（重力、气候、地震、地表及地下水、生物、人工等） | | | | | | 资料来源 |  |
| 变形及破坏型式、过程（历史）分析判断 | | | | | | 样品及照片登记 |  |
| 调查： 记录： 审核： | | | | | | | | |

* 1. 泥石流调查表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 路线工点： 天气： 年 月 日 | | | | | | | | | |
| 路线里程 |  | | | | | | 灾害 评估 | 已造成的灾害损失（危害对象、范围及后果） | |
| 野外编号 |  | 室内编号 |  | 坐标 | X： Y： | |
| 泥石流类型 |  |  | 发育阶段 |  | 流动速度 | m/s | 潜在灾害及威胁对象 | |
| 泥石流形成条件及动力 | 地形地貌 | | | | | |
| 地层岩性 | | | | | | 防治措施建议（已有工程防治经验及效果，今后工程防治的可行性及措施建议） | | |
| 地质构造 | | | | | |
| 水文地质 | | | | | | 平、剖面示意图（比例，平、剖面方位） | | |
| 降雨及汇水条件 | | | | | |
| 人为动力因素 | | | | | |
| 泥石流基本特征 | 形成区（地形、汇水边界及面积、物质来源及丰富程度、坡度、植被情况等） | | | | | |
| 流通区（沟谷形态、长度、纵坡降、边坡地层岩性等 | | | | | |
| 堆积区（堆积体的平、剖面形状，前、后缘标高，纵、横长度，厚度，体积，物质构成及结构特征，分选性及磨圆度，透水性、充填情况等） | | | | | |
| 活动历史 | | | | | | 资料来源 | |  |
| 今后发展趋势分析、评价 | | | | | | 样品及照片登记 | |  |
| 调查： 记录： 审核： | | | | | | | | | |

* 1. 岩溶地面塌陷野外调查表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 路线工点： 天气： 年 月 日 | | | | | | | | | | |
| 野外编号 |  | | | | 室内编号 | |  | | | |
| 路线里程 |  | | | 坐标 | X： Y： | | | | | |
| 名 称 |  | 高 程 （m） |  | 图幅名称及比例尺 |  | | | | | |
| 陷 坑 发 育 特 征 | 塌陷类型 | 诱发动力因素 | 单体形状 | 长轴方向 | 深度（m） | 坑口规模（ m2 ） | | 充水情况 | | 江水位高程（m） |
| 埋深 （m） | 高程 （m） |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
| 群体分布情况 | | | | | | | | | |
| 数量 （个） | 影响面积（km2） | | 陷坑面积 （ m2 ） | | 群数 | | | 排列方向 | |
|  |  | |  | |  | | |  | |
| 塌陷区地形地貌特征： | | | | | | | | | | |
| 地质构造及水文地质条件： | | | | | | | | | | |
| 第四系覆盖层厚度、岩性结构、空间变化规律： | | | | | | | | | | |
| 岩溶分布规律与发育特征： | | | | | | | | | | |
| 平面图 | | | | | 素描图 | | | | | |
|  | | | | |  | | | | | |
| 主要危害及经济损失 |  | | | | | | | | | |
| 防治情况 |  | | | | | | | | | |
| 其 它 |  | | | | | | | | | |
| 试样编号 |  | | | | 照片编号及说明 |  | | | | |
| 调查： 记录： 审核： | | | | | | | | | | |

* 1. 软弱土层分布逐沟调查记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 路线工点： 天气： 年 月 日 | | | | | | | | | | | | |
| 野外编号 | |  | | | | | | | | | | |
| 室内编号 | |  | | | 里程范围 | |  | | | | | |
| 填方高度 | |  | | | 地下水位 | |  | | | | | |
| 调查点 编号 | 位置 | 照片编号 | 地形地貌 | 植被情况（水 田、沼泽、鱼塘、旱地等） | 软弱土名称 | 软土性质 | | | 上覆层 | | 下卧层 | 备注 |
| 颜色 | 厚度 | 状态 | 土性 | 厚度 | 土性 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 工程处治建议: | | | | | | | | | | | | |
| 调查： 记录： 审核： | | | | | | | | | | | | |

1. （资料性）  
   钻探记录表

表B.1、表B.2给出了工程勘探班报表和钻孔地质编录表的格式。

* 1. 工程勘探班报表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 钻孔编号 | |  | | 孔口标高（m） | | |  | | |  | | 终孔深度（m） | | | | |  | | □ 技术孔 | | | 初见水位（m） | | |  | | | | 开孔时间： 年 月 日 时  终孔时间： 年 月 日 时 | | | | | |
| 里程桩号 | | 左 m 右 m | | | | | | | | | | | | 护  壁  方  式 | 套管深度（m）  泥浆护壁 □ | | | | □ 一般孔 | | | 稳定水位（m） | | |  | | | |
| 钻孔分类 | | □海□江河□鱼塘□水田□路基□桥□隧道□边坡 | | | | | | | | | | | | 机 高（m） | |  | | | 架 空（m） | | |  | |
| 序号 | 工作内容 | | 钻头  规格  名称 | | 钻进深度（m） | | | | | | | | | | | 岩土特征及钻进过程描述 | | | | | | | | | | | | 取样、测试深度（m） | | | | 样品编号 | 贯入  击数 | 备  注 |
| 岩芯管（m） | 钻具总长（m） | | 上 余（m） | 回次深度（m） | | 采取率% | | 换层深度（m） | | | 岩土名称 | | 颜色 | | 状态 | | | 钻 进 过 程  变 化 情 况 | | | 其它 | | 自 | | 至 | 长度 |
|  |  | |  | |  |  | |  |  | |  | |  | | |  | |  | |  | | |  | | |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | |  |  | |  |  | |  | |  | | |  | |  | |  | | |  | | |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | |  |  | |  |  | |  | |  | | |  | |  | |  | | |  | | |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | |  |  | |  |  | |  | |  | | |  | |  | |  | | |  | | |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | |  |  | |  |  | |  | |  | | |  | |  | |  | | |  | | |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | |  |  | |  |  | |  | |  | | |  | |  | |  | | |  | | |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | |  |  | |  |  | |  | |  | | |  | |  | |  | | |  | | |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | |  |  | |  |  | |  | |  | | |  | |  | |  | | |  | | |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | |  |  | |  |  | |  | |  | | |  | |  | |  | | |  | | |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | |  |  | |  |  | |  | |  | | |  | |  | |  | | |  | | |  | |  | |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | |  |  | |  |  | |  | |  | | |  | |  | |  | | |  | | |  | |  | |  |  |  |  |  |

班 长： 确 认：  年 月 日

* 1. 钻孔地质编录表

1. 线 别 钻孔编号： 里 程： 左 m 右 m
2. 工程名称 孔口标高： 水位埋深： 初见 稳定

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 成因  代号 | 地层编号 | 层底  深度 | 岩 土 层 名 | 颜 色 | | | 土的湿度 | | 黏性土状态  或砂土、粉土密实度 | | 砂、砾、卵石：颗粒形状、颗粒级配，粒径及含量、充填物等 | | | 岩石：结构、构造、岩质软硬、岩芯块度等 | | 其它（岩石：砾岩颗粒大小、形状，半成岩胶结物及胶结程度，结构面与轴心夹角、线密度、采取率、RQD值等；砾、卵（碎）石：母岩成分；淤泥质土：腐木等包含物、嗅味等；夹层及层理特征；）等 | | | | | 钻 孔  分 类 |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | □  海  □  江河  □  鱼塘  □  水田  □  路基  □  陆地  □  桥  □  隧道  □  边坡 |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 取样编号 | 取样深度（m-m） | 取样编号 | 取样深度（m-m） | | 取样编号 | 取样深度（m-m） | | 取样编号 | | 取样深度（m-m） | | 取样编号 | 取样深度（m-m） | | 序号 | 测试深度与击数 | 序号 | 测试深度与击数 | 序号 | 测试深度与击数 | |
|  |  |  |  | |  |  | |  | |  | |  |  | |  | |  | |  | | |
|  |  |  |  | |  |  | |  | |  | |  |  | |  | |  | |  | | |

1. 编录签名： 审核： 年 月 日 第 页 共 页
2. 编录签名： 审核： 年 月 日 第 页 共 页
3. 编录签名： 审核： 年 月 日 第 页 共 页

编录签名： 审核： 年 月 日 第 页 共 页

编录签名： 审核： 年 月 日 第 页 共 页

1. （资料性）  
   勘察工作量布置原则及图示

表C.1~表C.2给出了初勘和详勘的勘察工作量布置原则及图示。

表C.1初勘勘察工作量布置原则及图示

| 序号 | 设计内容 | 初勘钻探 | 初勘物探 |
| --- | --- | --- | --- |
| 布置及示例 | 布置及示例 |
| 1 | 填方路堤 | ①一般路堤钻孔间距不大于500m； ②高路堤每段不少于1个横断面，每个断面不少于2个勘探点，其中至少1孔应为钻孔； ③陡坡路堤每段不少于1个横断面，每个断面不少于2个勘探点，其中至少1孔应为钻孔。  一般路堤纵向    高路堤横断面 陡坡路堤横断面 | / |
| 2 | 挖方路堑 | ①挖方深度小于20m的路段，每段不少于1孔。 ②深路堑每段不少于1个横断面，每个断面不少于2孔，其中至少1孔应为钻孔。    H＜20m 深路堑 | / |

表C.1 初勘勘察工作量布置原则及图示（续）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设计内容 | 初勘钻探 | 初勘物探 |
| 布置及示例 | 布置及示例 |
| 3 | 桥梁 | ①小桥应不少于1孔； ②中桥地质条件简单的应不少于2孔，复杂的应不少于3孔； ③大桥地质条件简单的不少于3孔，复杂的应不少于5孔，平均孔距不应大于200～300m； ④特大桥地质条件简单应不少于5孔，复杂的应不少于7孔，平均孔距不应大于200～300m； ⑤深水、跨径>150m桥梁主墩每墩应不少于2孔；      小桥 中桥      大桥 特大桥主墩及辅墩 | ①深水、跨径>150m桥梁沿左右幅各布置一条纵测线，长度应不小于探测范围100m；水中主墩各布置不少于2条横断面，长度应满足探测要求；  ②水域探测方法可选择多道地震、单道地震、浅地层剖面等；陆地探测深度＜100m的可选择高密度电法、地震反射波法等，深度不小于100m的可选择可控源大地音频电磁法、瞬变电磁法、EH4法等。    深水、大跨径桥梁 |
| 4 | 隧道 | ①两侧洞口、洞身各不少于1孔，特长隧道适当增加；  ②所有钻孔均应进行声波测井工作；深埋隧道和高应力隧道应进行地应力测试；瓦斯隧道每座选取不少于1钻孔进行瓦斯含量检测，每座隧道选取1洞身孔进行水文地质试验（抽水、注水等）。    短隧道示例 | ①左右洞轴线各布置1条纵测线，长度超洞口不少于50m； ②洞口各布置不少于2条横断面，长度满足对应探测要求； ③探测深度＜100m的可选择高密度电法、地震反射波法等，深度不小于100m的可选择可控源大地音频电磁法、瞬变电磁法、EH4法等；    隧道纵横测线 |

表C.1 初勘勘察工作量布置原则及图示（续）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设计内容 | 初勘钻探 | 初勘物探 |
| 布置及示例 | 布置及示例 |
| 5 | 滑坡 | ①主滑方向布置勘探断面，每个勘探断面勘探点不少于3个，其中钻孔数量不少于2个。  ②当滑坡规模较大，性质复杂时，每个勘探断面勘探点不少于5个，其中钻孔不少于3个。    性质复杂滑坡 | 1. 宜主滑方向布置勘探断面，可选择高密度电法、地震反射波法等。 |

表C.2详勘勘察工作量布置原则及图示

| 序号 | 设计内容 | 详勘钻探 | 详勘物探 |
| --- | --- | --- | --- |
| 布置及示例 | 布置及示例 |
| 1 | 填方路堤 | ①一般路堤：一般路基勘探点沿路线中线两侧布置，每段填、挖路基横向勘探断面数量不少于1条，每个横断面勘探点数量不少于2个，其中钻孔数量不少于1个。勘探点间距不宜大于300m；  ②高路堤最大填高处应布置勘探横断面，每段高路堤的勘探横断面数量不少于1条，每条横断面勘探点数量不少于2个，其中钻孔数量不少于1个。沿路线方向勘探点间距不宜大于100m；  ③陡坡路堤的最大填高处应布置勘探横断面，每段高路堤的勘探横断面数量不少于1条，每条横断面勘探点数量不少于2个，其中钻孔数量不少于1个。沿路线方向勘探点间距不宜大于100m。 | / |

表C.2 详勘勘察工作量布置原则及图示（续）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设计内容 | 详勘钻探 | 详勘物探 |
| 布置及示例 | 布置及示例 |
| 2 | 挖方路堑 | ①每个工点（每段）一般按100m设置1条勘探横断面，根据地质条件复杂程度及边坡高度可加密到50或放宽到200m，每条勘探横断面上的勘探点数量不宜少于2个； ②最大挖深或边坡最高处应布置勘探横断面，每工点设置不少于1条勘探横断面； ③一般垂直路线轴线在路堑范围布置钻孔；如挖方范围中～微风化岩面起伏变化比较大，为查明土石比例尚需加密勘探点； ④有基岩露头时，应进行节理统计。露头不良地段，可进行孔内波速测试确定岩体的完整性。基岩露头良好，地质条件清楚时，可通过调绘查明深路堑工程地质条件。 | / |
| 3 | 桥梁 | ①嵌岩桩应每墩一孔，摩擦桩隔墩左右“之字形”布孔，当地质条件复杂时，宜进行适当加密；  ②桥台均应布置钻孔； ③大跨径桥梁主墩及过渡墩，钻孔数量不少于桩数的1/3～1/2；  嵌岩桩 摩擦桩 | / |
| 4 | 隧道 | ①隧道进口段或出口段应按勘探断面布置勘探点，每条断面宜不少于2孔，可按每个洞口4-5个钻孔进行控制； ②隧长及特长隧道洞身钻孔数量宜根据隧道的规模及地质复杂程度确定，钻孔宜布置在浅埋段、洞身地质界线、构造异常处，洞身钻孔间距宜为500-1000m。 | / |
| 5 | 滑坡 | ①勘探断面平均间距不应大于50m，每个断面勘探点不少于4个，其中钻孔不少于2个，勘探点间距不大于50m；  ②当滑坡性质复杂时，勘探断面的平均间距不应大于30m，每个断面勘探点不少于5个，其中钻孔不少于3个，勘探点间距不大于30m；   1. 沿抗滑支挡工程轴线布置的勘探断面勘探点不应少于3个，其中钻孔数不少于2个，且勘探点平均间距不应大于30m。 | / |

1. （规范性）  
   公路隧道围岩分级

岩质围岩分级指标值获取方法见表D.1。

表D.1 岩质围岩分级指标值获取方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 公路隧道围岩分级指标 | | 指标值获取方法 | |
| 岩石坚硬程度 | 定性指标 | 岩性 | 初勘阶段主要采用调查和测绘，配合物探及少量钻探获取；详勘阶段主要采用钻探，结合调绘及物探等获取 |
| 风化程度 |
| 定量指标 | 饱和单轴抗压强度 | 单轴抗压强度试验 |
| 点荷载强度指数 | 点荷载强度试验 |
| 风化系数 | 单轴抗压强度试验 |
| 岩体完整程度 | 定性指标 | 结构面发育程度 | 初勘阶段主要采用调查和测绘，配合物探及少量钻探获取；详勘阶段主要采用钻探，结合调绘及物探等获取 |
| 主要结构面结合程度 |
| 主要结构面类型 |
| 岩体结构类型 |
| 定量指标 | 岩体完整性指数 | 弹性波测试 |
| 岩体体积节理数 | 初勘阶段一般不进行测试，必要时配合钻探进 行；详勘阶段以钻探为主 |
| 结构面组数 |
| 结构面平均间距 |
| 结构面张开度 |
| 岩体初始应力场 | 定性指标 | 初始应力状态 | 调查并结合少量钻探获取 |
| 定量指标 | 强度应力比 | 地应力测试 |
| 主要软弱结构面产 状 | 定量指标 | 走向与洞轴线夹角 | 初勘阶段主要采用调查和测绘，配合物探及少量钻探获取；详勘阶段主要采用钻探，结合调绘及物探等获取 |
| 结构面倾角 |
| 结构面走向 |
|  | 定性指标 | 出水状态 | 初勘阶段主要采用调查和测绘，配合物探及少量钻探获取；详勘阶段主要采用钻探，结合调绘及物探等获取 |
| 地下水状态 | 定量指标 | 水压力（MPa） | 初勘阶段主要以收集的定性资料进行预测计算；详勘阶段在钻孔中进行提水、注水、压水或抽水等试验预测 |
| 单位涌水量（L/min/m） |
| 弹性波速度 | 定量指标 | 弹性纵波速度 | 弹性波测试 |

高初始应力地区岩体在开挖过程中的主要现象如表D.2。

表D.2 高初始应力地区岩体在开挖过程中的主要现象

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 应力情况 | 主要现象 | Rc/σmax |
| 极高应力 | 1、硬质岩：开挖过程中时有岩爆发生，有岩块弹出，洞壁岩体发生剥离，新生裂缝多，成洞性差；基坑有剥离现象，成形性差。 2、软质岩：岩芯常有饼化现象，开挖过程中洞壁岩体有剥离，位移极为显著，甚至发生大位移，持续时间长，不易成洞；基坑发生显著隆起或剥离，不易成形 | ＜4 |
| 高应力 | 1、硬质岩：开挖过程中可能出现岩爆，洞壁岩体有剥离和掉块现象，新生裂缝较多，成洞性较差；基坑时有剥离现象，成形性一般尚好。 2、软质岩：岩芯时有饼化现象，开挖过程中洞壁岩体位移显著，持续时间较长，成洞性差；基坑有隆起现象，成形性较差 | 4～7 |
| 1. 表中σmax为垂直洞轴线方向的最大初始应力 | | |

岩体基本质量影响因素的修正系数K1、K2、K3分别见下表D.3~D.5。

表D.3地下水影响修正系数K1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 地下水出水状态 | BQ | | | |
| ＞450 | 450～351 | 350～251 | ＜250 |
| 潮湿或点滴状出水 | 0 | 0.1 | 0.2～0.3 | 0.4～0.6 |
| 淋雨状或涌流状出水，水压＜0.1MPa  或单位出水量＜10L/（min·m） | 0.1 | 0.2～0.3 | 0.4～0.6 | 0.7～0.9 |
| 淋雨状或涌流状出水，水压＞0.1Mpa  或单位出水量＞10L/（min·m） | 0.2 | 0.4～0.6 | 0.7～0.9 | 1.0 |

表D.4主要软弱结构面产状影响修正系数K2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 结构面产状及其与洞轴线的组合关系 | 结构面走向与洞轴线夹角<30°结构面倾角30°～75° | 结构面走向与洞轴线夹角>60°结构面倾角>75° | 其他组合 |
| K2 | 0.4～0.6 | 0～0.2 | 0.2～0.4 |

表D.5初始应力状态影响影响修正系数K3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 初始应力状态 | BQ | | | | |
| ＞550 | 550～451 | 450～351 | 350～251 | <250 |
| 极高应力区 | 1.0 | 1.0 | 1.0～1.5 | 1.0～1.5 | 1.0 |
| 高应力区 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5～1.0 | 0.5～1.0 |

根据围岩分级指标的定性和定量值，岩质围岩按表D.6确定围岩级别。

表D.6 公路隧道围岩分级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 围岩级别 | 亚级 | 主要定性特征 | BQ或[BQ]范围值 |
| Ⅰ | / | 坚硬岩，岩体完整，整体状或巨厚层状结构； | ≥551 |
| Ⅱ | / | 坚硬岩，岩体较完整，块状或厚层状结构； 较坚硬岩，岩体完整，块状结构或整体状结构； | 550～451 |
| Ⅲ | Ⅲ1 | 较软岩，完整，结构面不发育、结合好或一般，整体状或巨厚层状结构； 较坚硬岩或以硬岩为主的软硬岩互层，较完整，结构面不发育、结合差，块状或厚层状结构； | 450～391 |
| Ⅲ2 | 较坚硬岩，或以硬岩为主的软硬岩互层，较完整，结构面较发育、结合好或一般，块状结构； 坚硬岩，较破碎，结构面发育、结合好或较发育、结合差，镶嵌碎裂结构、裂隙块状或中厚层状结构； | 390～351 |
| Ⅳ | Ⅳ1 | 软岩，完整，结构面不发育、结合好或一般，整体状或巨厚层状结构； 较软岩或软岩为主的软硬岩互层，较完整，结构面较发育、结合好或一般，块状结构； | 350～311 |
| Ⅳ2 | 较坚硬岩，较破碎，结构面发育、结合好，镶嵌碎裂结构； 较软岩或以软岩为主的软硬岩互层，较破碎，结构面发育、结合一般， 中、薄层状结构； | 310～276 |
| Ⅳ3 | 坚硬岩或较坚硬岩，破碎，结构面极发育、结合一般或差，碎裂状结构； 软岩，较完整，结构面较发育、结合好或一般，块状结构； | 275～251 |
| 土体：压密或成岩作用的黏性土及砂土；  钙质、铁质胶结的碎石土（碎石、卵石、块石等） | / |
| Ⅴ | Ⅴ1 | 软岩，较破碎，结构面较发育、结合差或发育、结合好； | 250～211 |
| 土体：坚硬～硬塑状黏性土及稍湿的碎石土；  非黏性土呈中密～密实结构，黏性土呈较松软结构 | / |
| Ⅴ2 | 较软岩，破碎，结构面发育或极发育； 软岩，较破碎，结构面发育、结合一般或破碎； 极破碎各类岩体，碎裂状结构或散体状结构； | ≤210 |
| 土体：硬塑～可塑状黏性土及潮湿的碎石土；  非黏性土呈稍密～中密结构，黏性土呈松软结构 | / |
| Ⅵ | / | 土体：软塑状黏性土及潮湿饱和的粉细砂、软土等 | / |

1. （资料性）  
   隧道涌水量估算
   1. 隧道涌水量预测方法

隧道涌水量预测方法主要有水均衡法、地下水动力学法及其他方法等，各方法适用条件见表E.1所示。

表E.1涌水量预测方法的适用条件

| 序号 | 隧道涌水量预测方法 | | 隧道  类型 | 适用阶段 | 适用条件 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 水均衡法 | 降水入渗法 | 浅埋 | 初勘、详勘、施工 | 独立的水文地质单元，有较丰富的水文观测资料，预测正常涌水量 |
| 2 | 地下径流模数法 | 浅埋 | 初勘 | 水文地质条件较简单，有较丰富的水文地质资料，预测正常涌水量 |
| 3 | 地下径流深度法 | 浅埋 | 初勘 | 独立的水文地质单元，有较丰富的水文观测资料，预测正常涌水量 |
| 4 | 地下水动力学法（解析解法） | 古德曼经验式 | 深埋 | 初勘、详勘、施工 | 深部循环带，均匀的裂隙水，预测最大涌水量 |
| 5 | 佐藤邦明非稳定流式 | 深埋 | 详勘、施工 | 深部循环带，均匀的裂隙水，预测最大涌水量 |
| 6 | 裘布依理论式 | 浅埋 | 初勘、详勘、施工 | 含水层是均质、各向同性，预测正常涌水量 |
| 7 | 佐藤邦明公式 | 深埋 | 详勘、施工 | 深部循环带，均匀的裂隙水，预测正常涌水量 |
| 8 | 地下水动力学法（数值解法） | 有限元法、有限差分法 | 深埋 | 详勘、施工 | 水文地质条件复杂、含水介质具非均质各向异性的研究区，具有较明显的边界，预测正常涌水量或最大涌水量 |
| 9 | 地下水动力学法（模糊数学法） | “黑箱”理论 | 深埋 | 初勘、详勘、施工 | 水文地质条件复杂，特别是岩溶水地区。水文地质资料欠缺，但降水、地表水、泉水等资料丰富 |
| 10 | 灰色关联度分析和灰色虚拟变量多元回归法 | 浅埋 | 初勘、详勘、施工 | 水文地质条件较复杂的研究区，具有一定的地质、水文地质、隧道地质测绘、气象等综合资料 |
| 11 | 时间序列分析及频谱分析法 | 深埋 | 详勘、施工 | 水文地质条件复杂的研究区，特别是岩溶水地区，地下水有集中排泄特点，有较长时间的地下水动态观测资料 |
| 12 | 其他 | 水文地质比拟法 | 浅埋、深埋 | 初勘 | 新建隧道附近有水文地质条件相当的既有隧道，预测正常涌水量或最大涌水量 |
| 13 | 同位素氚（T）法 | 浅埋、深埋 | 初勘、详勘、施工 | 通过潜水、承压含水层且有给水度或裂隙率资料时，预测隧道正常涌水量 |
| 14 | 断裂张开宽度估算法 | 深埋 | 详勘、施工 | 独立的水文地质单元，有较丰富的水文地质资料，预测最大涌水量 |
| 15 | 施工超前钻探法 | 浅埋、深埋 | 施工 | 施工阶段 |

* 1. 水均衡法

采用水均衡法时，可采用降水入渗法、地下径流模数法、地下径流深度法预测正常涌水量:

1. 降水入渗法

（E.）

式中：

——隧道正常涌水量（m3/d）；

——降水入渗系数；

——年降水量（mm）；

——隧道通过含水体地段的集水面积（km2）。

1. 地下径流模数法

（E.）

（E.）

式中：

——地下径流模数[m3/（d·km2）]；

——地下水补给的河流的流量或下降泉流量（m3/d），采用枯水期流量计算；

——与*Q’*的地表水或下降泉流量相当的集水面积（km2）。

1. 地下径流深度法

（E.）

（E.）

（E.）

式中：

——年地下径流深度（mm）；

——年地表径流深度（mm）；

——某流域年蒸发蒸散量（mm）；

——年地表滞水深度（mm）；

——隧道通过含水体的长度（km）；

——隧道通过含水体地段涌水时对两侧的影响宽度（km）。

* 1. 地下水动力学法

可采用古德曼经验式、佐藤邦明非稳定流式预测最大涌水量。

1. 古德曼经验式

（E.）

式中：

——隧道最大涌水量（m3/d）；

——隧道通过含水体的长度（m）；

——含水层渗透系数（m/d）；

——静止水位至洞身横断面等价圆中心的距离（m）；

——洞身横断面等价圆直径（m）。

1. 有学者认为深埋特长隧道在淋水状出水时，多数为张性节理裂隙带富水形成，可采用降水入渗法、裘布依理论式进行预测正常涌水量；遇到高压股状出水时，是为较大规模断裂构造带导水所致，可采用古德曼经验式进行预测最大涌水量。古德曼经验式预测涌水量时，重点突出了较大规模断裂构造带导水通道形成后出现的最大涌水量，是一种上限值，其涌水预测往往高于裘布依理论式和降水入渗法一个数量级，这也在大丰华高速公路鸿图特长隧道中得到佐证，在遇到大规模导水通道高压涌水时，古德曼经验式预测的最大水量与实际出水量较为吻合。（张修杰.岩浆岩地区深埋特长隧道涌水量预测及差异分析[J].中外公路，2020（40）：188-194.）
2. 佐藤邦明非稳定流式

（E.）

式中：

——隧道单位长度最大涌水量[m3/（d·m）]；

——换算系数，一般取0.86；

——洞身横断面等价圆半径（m）；

——含水层厚度（m）。

可采用裘布依理论式、佐藤邦明公式预测隧道正常涌水量：

1. 裘布依理论式

（E.）

式中：

——隧道正常涌水量（m3/d）；

——洞外水柱高度（m），一般在含水层厚度*H*大于100m时需考虑“水跃”值；

——影响半径（m）；

——隧道洞身横断面宽度的1/2（m）。

1. 佐藤邦明公式

（E.）

式中：

—— 隧道单位长度正常涌水量[m3/（d·m）]；

—— 试验系数，一般取12.8；

—— 洞身横断面的等价圆半径（m）。

* 1. 其他方法

新建隧道附近有水文地质条件相当的既有隧道或坑道以及岩溶区时，可采用水文地质比拟法预测隧道涌水量：

（E.）

式中：

、——新建、既有隧道通过含水体地段的涌水量（m3/d）；

、——新建、既有隧道洞身横断面的周长（m）；

*、* ——新建、既有隧道的水位降深（m）；

*、*——新建、既有隧道通过含水体的长度（m）。

隧道通过潜水含水体且有给水度或裂隙率资料时，可采用同位素氚（T）法预测隧道正常涌水量：

（E.）

（E.）

式中：

——与两样品间的距离（m）；

——给水度；

——*N0*与*Nt*两样运动的时间差（a）；

——样品中氚含量起始值（TR）；

——与N0比较的样品中氚含量（TR）。

裂隙张开宽度法：

（E.）

（E.）

式中：

——裂隙当量渗透系数（m/s）；

b——导水裂隙宽度（cm）；

g——重力加速度（一般取9.8m/s2）；

——水的运动黏滞系数（一般取0.010105cm2/s）；

——水力梯度；

——隧道通过含水体的长度（m）。

* 1. 隧道涌水影响宽度（B）确定

新建隧道同某既有隧道的水文地质条件相似、水文地质参数相近时，可用水文地质比拟法参照既有隧道的涌水影响宽度取值。

隧道通过地段的含水体与隔水体容易区分时，可采用地质调查法预测隧道涌水影响宽度值。

1. 目前国内外尚无计算隧洞涌水影响宽度的成熟方法，一般多采用库萨金等影响半径理论公式进行估算。当隔水体与隧洞中心线的距离小于可能影响宽度时，该侧的影响宽度以隔水体为界，其他情况时可采用其他方法确定。当隧洞通过汇水盆地时，可用该盆地面积作为该段隧道的集水面积，可取其面积等效宽度作为隧道涌水影响宽度。按《铁路工程水文地质勘察规范》（TB10049-2014）中经验公式B=215.5+510.5K，可概略预测隧道一侧涌水影响宽度。
   1. 隧道涌水的分类及基本类型

隧道的涌水可按数据量、地下水类型、危害性质分类，见表E.2隧道涌水分级。

表E.2隧道涌水分级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 涌水量 | 地下水类型 | 危害性质 |
| 特大涌水 | ＞10万m3/d | 岩溶水、断层水 | 可能造成重大设备和人身事故 |
| 大涌水 | 1万～10万m3/d | 岩溶水、断层水 | 可能造成大的设备和人身事故 |
| 中涌水 | 1000～1万m3/d | 岩溶水、断层水 | 可能造成大的设备和人身事故 |
| 小涌水 | 100～1000m3/d | 风化裂隙水、潜水 | 可能造成一般事故 |
| 渗滴涌水 | ＜100m3/d | 风化裂隙水、上层滞水 | 可能造成一般事故 |

