

铁路工程地质勘察规范

TB 10012—2001

J 124—2001

1 总 则

1.0.1 为贯彻执行国家有关技术经济政策，统一铁路工程地质勘察的技术要求，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建与改建铁路勘测设计、施工和运营阶段的工程地质勘察工作。对于客运专线铁路和高速铁路的工程地质勘察工作，应视项目具体情况，作出必要的补充规定，明确需要增加或加深的工作内容和要求。

1.0.3 工程地质勘察应由面到点、由浅入深，分阶段开展工作，按照地质调绘、勘探测试、地质资料综合分析及文件编制的工作程序进行。工作内容应根据地区特点、工作阶段和工程要求确定。

1.0.4 工程地质勘察应深入调查研究，查明建设工程地区的工程地质条件，为线路方案选择、各类建筑物设计、特殊岩土处理、不良地质整治、环境保护和水土保持方案的制定及合理确定施工方法等提供可靠依据。

1.0.5 工程地质工作应采用综合勘探和综合分析方法，积极采用新技术、新方法等。

1.0.6 铁路工程地质勘察，除应符合本规范外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 工程地质勘察 engineering geologic investigation

查明与建设工程有关的场地自然特征、工程地质和水文地质条件，并提出工程地质条件评价的全过程。

2.1.2 遥感图像地质解译 geological interpretation of remote sensing image

从工程地质及水文地质角度，通过多种手段和方法，对遥感图像地质信息识别、分析、判断，达到识别地区或场地地质条件的过程。

2.1.3 工程地质调绘 engineering geological mapping

通过地貌形态、地层岩性及其工程特征、地质构造、水文地质情况、不良地质现象等的调绘，发现、剖析地质现象，认识工程地质条件的过程。

2.1.4 工程勘探 engineering exploration

通过人工、机械或仪器来揭示地层层序、岩工程特征，认识地表以下地层的手段。包括物探、简易勘探（包括挖探、洛阳铲勘探、小螺钻探、钎探等）和钻探。

2.1.5 地质测试 geological determine

通过对岩、土、水样的室内试验及在地层原始状态下进行物理力学性质和水文地质条件的测试，为工程设计或施工检验提供地质参数的手段。包括原位测试、水文地质测试和室内试验。

2.1.6 不良地质 unfavorable geological condition

由于各种地质作用和人类活动而造成的工程地质条件不良的地质现象的统称。铁路修建和运营中经常遇到的不良地质现象有：滑坡、错落、危岩、落石、崩塌、岩堆、泥石流、风沙、岩溶、人为坑洞、水库坍岸、地震区、放射性地区和有害气体等。

2.1.7 特殊岩土 special rock and soil

对本身具有特殊的物理、力学、化学性质，并影响工程地质条件的岩土的统称。主要包括黄土、膨胀土（岩）、红黏土、软土、盐渍土、岩盐、多年冻土、填土等。

2.1.8 容许承载力 allowable bearing capacity

在保证地基稳定和建筑物沉降量不超过容许值的条件下，地基所能承受的最大压力。

2.1.9 基本承载力 basic bearing capacity

建筑物基础短边宽度不大于 2.0m、埋置深度不大于 3.0m 时的地基容许承载力。

2.1.10 极限承载力 ultimate bearing capacity

地基岩土体即将破坏时所承受的压力。

2.1.11 标准值 standard value

岩土物理力学性质参数和地基承载力，在某一置信概率下的数值。

2.1.12 地震动参数区划 seismic ground motion parameter zonation

以地震动峰值加速度和地震动反应谱特征周期为指标，将国土划分为不同抗震设防要求的区域。

2.1.13 地震动峰值加速度 seismic peak ground acceleration

与地震动加速度反应谱最大值相应的水平加速度。

2.1.14 地震动反应谱特征周期 characteristic period of the seismic response spectrum

地震动加速度反应谱开始下降点的周期。

2.2 符号

2.2.1 岩土的物理指标

A_t ——崩解量

CEC (NH_4^+) ——阳离子交换量

D_r ——相对密度

DT——易溶盐含量

\overline{DT} ——平均含盐量

e ——天然孔隙比

F_s ——自由膨胀率

H_k ——毛细水上升高度

K_Q ——耐冻性

I_p ——土的塑性指数

I_L ——土的液性指数

M ——蒙脱石含量

V_H ——膨胀量

V_{HP} ——加荷膨胀量

S_r ——土的饱和度

ω ——土的天然含水率

w_A ——总含水率

w_D ——土的塑限

w_L ——土的液限

w_s ——土的缩限

ρ ——岩土的天然密度

ρ_s ——颗粒密度

2.2.2 岩土的力学指标

c ——黏聚力

CU——固结不排水剪

CD——固结排水剪

E_s ——土的压缩模量

N ——标准贯入试验锤击数

P_p ——膨胀力

p_{sh} ——湿陷起始压力

p_u ——极限承载力

q_u ——无侧限抗压强度

R ——岩石单轴抗压强度

R_c ——岩石单轴饱和抗压强度

S_t ——土的灵敏度

UU——不固结不排水剪

ϕ ——内摩擦角

S ——抗剪强度

S_t ——十字板剪切强度

σ_0 ——地基基本承载力

2.2.3 岩土的测试系数

$a_{0.1\sim 0.2}$ ——压力为 0.1~0.2MPa 时的压缩系数

a_v ——垂直压缩系数

a_h ——水平压缩系数

C_v ——垂直固结系数

C_h ——水平固结系数

k_v ——垂直渗透系数

k_h ——水平渗透系数

K_v ——岩体完整系数

δ_s ——湿陷系数

δ_{zs} ——自重湿陷系数

3 工程地质勘察基本内容

3.1 一般规定

3.1.1 新建铁路工程地质勘察应按踏勘、初测、定测、补充定测开展工作，并与预可行性研究、可行性研究、初步设计、施工图四阶段相适应。通过各阶段工程地质勘察，逐步深入认识建设工程区域及工程场地地质条件，为不同设计阶段提供地质资料。

3.1.2 工程地质勘察前，应充分搜集、分析现有资料，明确工作重点，制订切实可行的勘察计划，必要时进行实地踏勘。

3.1.3 工程地质勘察中，地质点（观测点、勘探点、测试点）的布置，目的应明确，密度应根据勘测阶段、成图比例、露头情况、地质复杂程度确定。选点应具有代表性，数量和勘探深度应能控制重要地质界线和说明工程地质条件。

3.1.4 工程地质勘察应重视工程地质调绘、工程勘探、地质测试、资料综合分析和文件编制过程中的每一环节，保证地质资料准确、可靠。

3.1.5 工程地质工作应根据勘测阶段、区域及工程场地地质条件、工程类型、勘察手段的适宜性，统筹考虑勘察手段选配，合理开展综合勘察工作。

3.1.6 对地质条件特殊或有特殊要求的工程，应根据其特殊性，选择相适应的工程勘探、地质测试方法，获取所需的地质参数，满足工程设计要求。

3.2 遥感图像地质解译

3.2.1 遥感图像地质解译应根据勘察地区特点和勘测阶段，选择适宜的遥感图像种类和比例尺，必要时应进行计算机图像处理。

3.2.2 应充分利用遥感图像地质解译认识地质构造、地层岩性、水文地质特征，不良地质形态、规模，特殊岩土分布范围等自然特征，也可利用不同时期的遥感图像对区域地质条件或不良地质进行稳定性动态分析。

3.2.3 遥感图像地质解译应按“建立解译标志，分析解译成果，确定调查重点，

实地核对、修改，补充解译，复判”的程序开展工作。

3.2.4 新建铁路的踏勘及初测阶段，特别是安排加深地质工作时，应充分利用遥感图像，并与野外工程地质调绘密切配合，为线路方案比选快速、准确地提供地质资料。

3.2.5 在地质条件复杂的山区进行大面积工程地质选线时，宜采用多片种、多层次的遥感图像地质解译和必要的计算机图像处理。解译成果应编制遥感图像地质解译图。必要时，宜编制卫星影像图及航空遥感图像略图。

3.3 工程地质调绘

3.3.1 工程地质调绘应紧密结合工程设置，采用远观近察、由面到点、点面结合的工作方法，在地质调绘的基础上，合理、有效地布置工程勘探、地质测试工作，为线路方案比选和工程设计提供准确、可靠的地质资料。

3.3.2 工程地质调绘应查明下列内容：

1 地形、地貌形态的成因和发育特征及其与岩性、构造等地质因素的关系，划分沿线地貌单元。

2 地层层序、成因、时代、厚度、岩土名称、胶结物，以及岩石风化破碎的程度和深度等。

3 岩层产状、接触关系、节理、裂隙等的发育情况；断裂和褶曲等的位置、走向、产状等形态特征和力学性质；断裂类型、活动程度及破碎带的范围、富水情况；新构造活动的特点。

4 通过含水地层岩性、富水（或储水）构造、裂隙、水系和地下水埋深及井泉的调查，查明水文地质条件（补给排泄条件、地下水类型、水位及水深等）。

5 不良地质的性质、范围及其发生、发展和分布规律；特殊岩土的类型、性质、分布范围及危害程度等。

6 岩、土成分及其密实程度、含水情况、物理力学性质、水理、化学性质（胀缩土、盐渍土、有机土等）；划分岩土施工工程分级（其分级标准应符合附录A）等。

7 既有建筑物的使用情况，地质病害、防治措施及效果。

3.3.3 工程地质调绘的范围应满足线路方案选择、工程设计和地质病害处理。地质构造复杂、不良地质发育的地段，应扩大地质调绘范围。

3.3.4 地层单元的划分应根据工作阶段、成图比例、岩性与工程的关系确定。全

线工程地质图，地层单元宜划分到系，影响线路方案的地层，应划分到统；详细工程地质图，地层单元宜划分到统，地质条件复杂的应划分到组；工点工程地质图，地层单元宜划分到统，当构造复杂、不良地质发育受地层控制时，地层单元应划分到组，必要时可细划至段；对第四系地层，应按成因类型、时代及岩性进行划分。

3.3.5 工程地质图件填绘，应符合下列要求：

1 全线工程地质图（1：10000~1：200000），应充分利用区域地质图、卫星图像、航空图像等既有资料编制，对控制线路方案的主要地质构造和不良地质，应进行现场核对。

2 详细工程地质图（1：2000~1：5000）及工点工程地质图（1：500~1：10000），对控制线路位置、重点工程的地质点及地质界线，应用仪器或其他实测方法测绘。

3 工程地质断面图的内容应充分反映与工程有关的主要地质条件，对工程设计有影响的地质界线，应有地质点作依据。地质条件控制线路方案的地段，应实测工程地质断面图。

3.3.6 沿线地震动参数应按现行《中国地震动参数区划图》（GB 18306）的规定划分。区划界线位置应依据地震动参数，结合实地地质构造线的延伸或地貌单元及工程的设置情况确定。

3.3.7 控制线路方案或影响工程设置的地质构造，宜采用追索和穿越相结合的方法，进行工程地质调查。控制线路方案和工程设置的不良地质地段，应根据其性质、规模，采用相适宜的地质调查方法。

3.3.8 工程地质调查的记录应采用文字记录与示意图（或地质照片）相结合，记录资料应准确可靠、条理清晰、文图相符。重要的、代表性强的观测点，应用素描图或照片补充文字说明。

3.4 物探

3.4.1 物探方法包括电法勘探、弹性波勘探、重力勘探、磁法勘探、放射性勘探、地温勘探、孔内物探等，应根据场地地质概况和各种方法的适用性（附录 B），合理选用。

3.4.2 铁路工程地质勘察中，遇下列情况宜采用物探方法：

- 1 探测隐伏的地质界线、界面、岩溶洞穴、采空区、含水层等；
- 2 探测钻孔间及外延段地质情况；

3 测定岩土层的波速、振动强度、卓越周期等参数。

3.4.3 在地质条件复杂地段采用物探方法进行工程地质勘察时，应采用综合物探方法。

3.4.4 物探提供的成果资料，应注意与钻探及其他地质勘察资料综合分析、互相验证。

3.5 钻探及简易勘探

3.5.1 钻探及简易勘探应根据工程要求和场地地层情况，单独或配合使用。根据勘测阶段和工程设置布置勘探点。

3.5.2 应根据勘探目的，选择适宜的钻机类型，采用合理的钻进方法，安全操作，详细记录、认真分析钻探过程和岩心情况，保证钻探质量。

3.5.3 利用钻探方法采取原状土样时，应根据地层情况，选定钻孔孔径、取土器类型、规格及施钻方法，其技术要求应符合有关技术规程要求。

3.5.4 钻探精度和岩心采取率，应符合铁道部现行《铁路工程地质钻探规程》(TB 10014)的规定。对工程有影响的软弱夹层、软弱面(带)不得遗漏，含水层分层及水位的测量应准确。控制性重要钻孔宜与物探、原位测试等手段配合，获取多方面地质参数。

3.5.5 为下列目的进行的钻探，应采用干钻、无泵反循环、双层岩心管或其他有效钻进方法：

- 1 查明粉土、黏性土、软土、膨胀土的物理力学性质；
- 2 查明砂类土的颗粒成分；
- 3 查明黄土的湿陷性；
- 4 判明岩层的风化和破碎程度；
- 5 查明地下水情况；
- 6 查明地基土液化的可能性；
- 7 查明滑坡的滑床与滑面(带)；
- 8 多年冻土地区进行地温观测；
- 9 采用冲洗液钻进不能保证钻探质量时。

3.5.6 当需要量测水量、流向、流速、水质等水文地质参数时，钻孔应按有关规定进行提水或抽水等试验及观测工作，必要时进行压水或注水试验。

当含水层较多，各层水质、水量变化较大时，应结合工程需要分层止水进行测

定及试验。

需作长期观测的勘探孔应加固孔口，并设标志桩，按要求定期观测。

3.5.7 当钻探方法难以准确查明地质情况或难以保证原状土样质量时，宜采用挖探方法。土层探井深度不宜超过地下水位。松软地层应采取支撑措施，确保安全。

3.5.8 正式勘探点资料均应有反映地层层序的柱状图和文字描述。为确定层面（或带）方位的探井除文字描述外，应以展视图反映井壁及底部岩性、地层分界的方位、构造特征、取样及原位测试位置。代表性部位宜附彩色照片。

3.5.9 勘探点位置、高程均应用仪器测定，钻探岩心鉴定表上应记录其经纬距坐标。下一阶段利用价值较大的钻孔，宜设标志桩。

3.5.10 对妨碍交通、影响安全和不封孔有可能恶化基底工程或隧道地质条件或污染环境的钻孔或探坑鉴定后，应按铁道部现行《铁路工程地质钻探规程》（TB 10014）的规定及时回填、平整场地。对位于大江、大河及堤防的钻孔应根据当地堤防部门的要求回填、平整场地，回填资料应上报和存档。

3.5.11 工程勘探岩心及探坑应及时鉴定。工程地质条件复杂及重点工程的钻孔岩心应拍摄岩心照片备查，并选择代表性岩心整理保存。

3.5.12 采取的岩石、土、水样，应具有代表性。同类地质条件岩土试样数量，应满足有关规定的要求。当采用概率极限状态法设计时，同类地质条件采取的岩、土、水样不应少于 6 组。

3.6 原位测试

3.6.1 原位测试的方法包括静载试验、静力触探、动力触探、标准贯入试验、十字板剪切试验、预钻式旁压试验、扁板侧胀试验、应力铲试验、现场直剪试验、岩体应力试验等。在初步了解地层结构的情况下，应根据场地岩土条件、各测试方法的适用性（见附录 B）及工程设计对岩土参数的要求综合考虑，合理选择测试方法。

3.6.2 原位测试方法的选择和测试点的布置，应注意各测试方法间及其与勘探、室内试验的相互配合，并注意地质资料的综合分析对比。

3.6.3 当采用静力触探成果资料计算地基承载力时，对于长大干线或新工作地区宜在初测阶段工程地质勘察中建立适合于本地域或本地区的承载力公式，或对拟选用的公式进行验证。

3.6.4 铁路工程地质勘察中，应根据动力触探、标准贯入试验和其他试验资料及

地区经验综合分析确定岩土的工程性质，不宜仅根据单孔成果资料评价其工程性质。

3.7 室内试验

3.7.1 室内试验包括岩石试验、土工试验、岩土矿物理化分析试验、水质分析试验等，应根据岩土性质和工程设计、施工需要确定试验项目及试验方法。

3.7.2 岩土力学性质试验宜选择与实际情况相符的试验方法。

3.7.3 对有特殊要求的试验，应会同有关人员共同研究相应的试验项目及方法，选择适用的仪器及试验步骤。

3.8 资料综合分析和工程地质条件评价

3.8.1 工程地质资料整理应采用综合分析方法。其工作应包括下列内容：

- 1 既有资料与勘察资料的综合分析；
- 2 同类地质条件下，相同勘察手段及不同勘察手段取得的地质资料的综合分析；
- 3 铁路沿线或各类工程场地地质条件的分类和综合分析；
- 4 区域地质条件或各方案地质条件的综合分析。

3.8.2 工程地质资料分析应将地质调绘、遥感图像地质解译及各类勘探、测试成果资料分类汇总，采用定性分析与定量分析相结合的综合分析方法。

- 1 定性分析应依据各类勘察手段获取的地质资料，进行综合分析；
- 2 定量分析应在定性分析的基础上进行，根据地质条件、试验测试方法，对各类地质参数分类汇总、分析对比，分析数据离散原因，剔除异常数据，分别进行数理统计。

3.8.3 岩土参数数理统计应符合下列要求：

- 1 岩土的物理力学指标，应按同类地质条件或同层位进行统计。
- 2 主要参数应按下列公式计算平均值 f_m 和标准差 σ ：

$$f_m = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \quad (3.8.3-1)$$

$$\sigma = \left[\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n f_i^2 - n f_m^2 \right) \right]^{1/2} \quad (3.8.3-2)$$

式中 f_i ——岩土物理力学指标；

n ——同类地质条件下或同层位数据个数。

3 岩土参数的变异系数应按下式确定：

$$\delta = \sigma / f_m \quad (3.8.3-3)$$

4 岩土参数的标准值应按下式确定：

$$f_k = \gamma_s \cdot f_m \quad (3.8.3-4)$$

$$\gamma_s = 1 \pm \left| \frac{1.704}{n^{1/2}} + \frac{4.678}{n^2} \right| \delta$$

式中 f_k ——岩土参数标准值；

γ_s ——统计修正系数，正负号按不利组合取值，如计算 c 及 ϕ 值的修正系数时取负号。

3.8.4 工程地质条件评价应包括下列内容：

- 1 对工程场地稳定性与适宜性分析、评价。
- 2 对工程场地环境工程地质条件评价。在评价场地自然条件的同时，还应预测工程与场地的相互影响及可能引发的工程地质问题。
- 3 为设计提供地质参数。
- 4 根据场地地质条件，为设计提供工程措施意见。

3.9 文件编制

3.9.1 外业勘察资料，应及时分析整理。在确认原始资料准确、完善的基础上，按基础资料、工点资料、综合图件、工程地质勘察报告的程序进行。

同一条线路、相同工作阶段的各类资料的地层划分、地质图形符号，应完全一致，图件、文字说明应相符。

3.9.2 图件编制应清晰整洁，图示规范、易读，文字说明简炼，结论明确，宜附照片或插图。

3.9.3 与线路图比例尺相同的工程地质综合图件，可与线路图合并绘制。

3.9.4 全线各类工程勘探、地质测试资料，应分类整理，装订成册。

4 各类建筑物工程地质勘察

4.1 路基工程

4.1.1 一般路基工程地质勘察应包括下列内容及要求：

- 1 工程地质调绘：
 - 1) 分段查明地层结构、岩土性质、岩层产状及风化程度、水文地质特征等工

程地质条件，查明不良地质和特殊岩土的性质、分布及对工程的影响；

2) 分段划分岩土施工工程分级，查明山体稳定状态，确定路堑边坡坡率，评价路基基底稳定性。

2 工程勘探、地质测试：

1) 勘探、测试点宜布置在代表性工程地质横断面上，数量及深度应能满足工程地质断面图填绘和工程设计的要求；

2) 应根据需要分段采取岩、土试样，作物理、力学性质试验，取水样作水质分析。

3 资料编制：

1) 分段说明地基基底稳定性、岩土施工工程分级、挖方坡率（见附录 C）或地基承载力（见附录 D）；

2) 代表性工程地质横断面图（注明代表地段起讫里程），比例为 1：200 或 1：500；

3) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求：

主要依据工程地质调绘及代表性勘探、测试资料，编制沿线工程地质分段说明。

4.1.2 高路堤、陡坡路堤工程地质勘察应包括下列内容及要求：

1 工程地质调绘：

1) 查明地面坡度、地层结构、岩土工程性质、覆盖层与基岩接触面的形态，必须查明不利倾向的软弱夹层，评价其稳定性，查明不良地质、特殊岩土的性质、分布及对工程的影响；

2) 查明地下水活动情况及其对基底稳定性的影响。

2 工程勘探、地质测试：

1) 为查明基底和斜坡的稳定性，结合工程处理措施，应进行代表性工程地质横断面勘探、测试工作，每个控制断面勘探、测试点不宜少于 2 个，深度应至基底持力层下或基岩面以下 1~2m；

2) 需进行基底沉降及稳定性检算时，应取岩土试样，作物理力学性质试验，提供变形检算参数；

3) 遇地下水并可能影响基底稳定时，应作简易水文地质试验，并取样作水质

分析。

3 资料编制：

1) 工程地质说明；

2) 工程地质图（必要时作），比例为 1 : 500~1 : 2000；

3) 工程地质横断面图，比例为 1 : 100~1 : 500；必要时，可按基底稳定最不利的方向布置；

4) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求：

1) 控制线路方案的工点应布置代表性勘探、测试点并取样试验，查明基底稳定情况，填绘工程地质横断面图，提供工程地质参数；

2) 不控制线路方案的工点可在沿线工程地质分段说明中说明。

4.1.3 深路堑、地质复杂路堑工程地质勘察应包括下列内容及要求：

1 工程地质调绘：

1) 查明山坡自然状态、植被情况、人文活动情况，查明不良地质、特殊岩土的性质、分布及对工程的影响；

2) 查明覆盖层厚度、地层结构、成因类型及其物理力学性质，查明覆盖层与基岩接触面的形态，有无软弱夹层及其特征；

3) 查明岩层层序、厚度、产状，岩层风化破碎程度，软弱夹层的特征，特别要查明倾向线路的层面或软弱结构面；

4) 查明断裂构造、褶皱构造、单斜构造、节理、裂隙的特征及组合形式；

5) 查明地下水出露位置、流量、活动特征，评价其对路堑边坡及基底稳定的影响。

2 工程勘探、地质测试：

1) 为查明山坡的稳定性、确定边坡形式，应根据地质情况确定代表性地质横断面和勘探工作量，每个横断面上的勘探、测试点不宜少于 2 个，深度应至路基面以下 2~3m，地下水发育地段，根据排水工程需要适当加深；

2) 需进行稳定性检算地段，应取岩土试样，作物理力学性质试验；

3) 地下水发育地段，宜作水文地质试验，取样作水质分析。

3 资料编制：

1) 工程地质说明；

2) 工程地质图 (必要时作), 比例为 1 : 500~1 : 2000;

3) 工程地质横断面图, 比例为 1 : 100~1 : 500;

4) 节理统计分析图 (必要时作);

5) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求:

1) 控制线路方案、地质条件复杂的工点应布置代表性勘探、测试点, 并取样试验, 填绘检算用的工程地质横断面图, 提供工程地质参数;

2) 不控制线路方案的工点可在沿线工程地质分段说明中说明。

4.1.4 支挡建筑物工程地质勘察应包括下列内容及要求:

1 工程地质调绘:

1) 查明支挡地段的地貌、地层层序、岩土结构及其工程特征以及不良地质现象, 判定其稳定性;

2) 查明建筑物基底的地层结构及岩土性质以及有无下卧的软弱夹层, 提供地基承载力等;

3) 查明水文地质条件, 评价地下水对山坡及支挡建筑物的影响;

4) 查明悬崖及危岩支挡建筑物的地基情况和锚固条件。

2 工程勘探、地质测试:

1) 第四系地层覆盖、岩层风化破碎、岩性软弱、地形地质条件复杂地段的重要支挡建筑物, 应进行纵、横断面勘探测试, 勘探、测试点数量应根据具体情况确定, 但不宜少于 3 个, 勘探、测试深度应满足建筑物设计要求, 一般应达到基底以下 2~5m;

2) 挡墙基底为土层时, 视需要取土样, 作物理力学性质试验, 路堑挡土墙必要时应取墙背岩、土试样作物理力学性质试验;

3) 地层赋存地下水时, 宜作简易水文地质试验, 并取水作水质分析。

3 资料编制:

1) 工程地质说明;

2) 工程地质图 (必要时作), 比例为 1 : 500~1 : 2000;

3) 墙趾工程地质纵断面图, 比例尺视具体情况确定;

4) 工程地质横断面图, 比例为 1 : 200;

5) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求:

1) 控制线路方案、地质条件复杂的支挡建筑物工点应布置代表性勘探、测试点, 并取样试验, 查明山体及基底的工程地质条件, 填绘核算用的工程地质横断面图, 提供工程地质参数;

2) 不控制线路方案的工点可在沿线工程地质分段说明中说明。

4.1.5 改河、大型改沟工程地质勘察应包括下列内容及要求:

1 工程地质调绘:

1) 查明改河地段及上下游一定范围内的地形地貌、地质特征及岸坡稳定情况;

2) 查明新开河道和坝址的地层、岩性, 评价岸坡及基底的稳定性和渗透特征;

3) 查明导流、防护等建筑物地基的工程地质条件。

2 工程勘探、地质测试:

1) 应根据新河道、拦河坝、导流和防护等地段长度、地质条件, 布置勘探、测试点。地质复杂时, 各项工程的勘探、测试点不宜少于 3 个, 深度应超过最大冲刷深度以下 5m 或至建筑物基底持力层下。当考虑防渗要求时, 勘探深度还应适当加深。

2) 根据工程设计要求, 采取岩土试样作物理力学性质试验。

3) 取地表水及地下水样, 进行水质分析, 判定地下水、地表水的侵蚀性。

3 资料编制:

1) 工程地质说明;

2) 工程地质图 (必要时作), 比例为 1:500~1:2000;

3) 改河中线、坝址轴线等工程地质断面图, 比例尺视具体情况确定;

4) 改河及坝址等地段工程地质横断面图, 比例为 1:200~1:500;

5) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求:

1) 应查明改河、改沟地段及其上下游一定范围内的工程地质条件, 结合河流发育及水流动态特征等, 确定工程实施的可能性;

2) 在新河槽、拦河坝等主要工程处应布置勘探、测试点;

3) 填绘改河、改沟中线及坝址轴线工程地质纵断面图, 必要时填绘工程地质横断面图。

4.1.6 河岸防护工程地质勘察应包括下列内容及要求:

1 工程地质调绘：

1) 查明被防护河段及上下游一定范围内两岸的地貌、地层、岩性及地质构造特征；

2) 查明不良地质现象的发育特征，分析对工程的影响；

3) 会同有关专业查明河床在各种水位时遭受冲刷的情况；河岸及水流的变迁情况；

4) 查明防护建筑物基底的工程地质条件，提出相应的工程措施意见。

2 工程勘探、地质测试：

1) 勘探、测试的重点，应是防护建筑物的基础工程地段；

2) 勘探深度应超过最大冲刷深度以下 5m 或至建筑物基底持力层下；

3) 取地表水及地下水样，进行水质分析，判定地下水、地表水的侵蚀性。

3 资料编制：

1) 工程地质说明；

2) 工程地质图（必要时作），比例为 1：500~1：2000，应包括防护工程上下游适当距离，必要时还应包括对岸；

3) 防护建筑物工程地质纵断面图（必要时作），比例尺视具体情况确定；

4) 防护河段工程地质横断面图，比例为 1：200~1：500；

5) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求：

1) 控制线路方案的防护工程应查明河床、河岸的工程地质条件及稳定情况，必要时结合防护长度、位置及结构物类型，布置适量勘探、测试点，填绘代表性工程地质横断面图；

2) 不控制线路方案的工点可在沿线工程地质分段说明中说明。

4.1.7 浸水路堤工程地质勘察应包括下列内容及要求：

1 工程地质调绘：

1) 查明线路两侧的地貌、水文地质、工程地质条件，评价路基本体在受水流冲刷浸泡后的稳定性；

2) 查明基底的地层结构，分析受水作用和填筑路堤后可能恶化基底土层的情况，提出工程措施意见。

2 工程勘探、地质测试：

1) 勘探点应沿中线或设防位置布置, 勘探深度应考虑可能产生管涌、流沙的深度;

2) 对浸水后可能恶化的基底土层应取样试验;

3) 取地表水及地下水样进行水质分析, 判定地下水、地表水的侵蚀性。

3 资料编制:

1) 工程地质说明;

2) 工程地质图(必要时作), 比例为1:500~1:2000;

3) 线路中线或防护基础的工程地质纵断面图(必要时作), 比例尺视具体情况确定;

4) 工程地质横断面图, 比例为1:200~1:500;

5) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求: 可在沿线工程地质分段说明中简要说明工程地质条件。

4.2 桥涵工程

4.2.1 大中桥、高桥、特大桥桥渡位置选择应遵循下列原则:

1 应选择在水流集中而稳定, 河床较窄, 岸坎明显、岸坡稳定, 岩层完整、地质构造简单, 基底地质条件良好的地段。

2 宜避开断层破碎带, 特别是活动性断裂带。当必须通过时, 宜以大角度或大跨度通过。必要时, 对通过的区域活动性大断裂, 应进行稳定性评价。

4.2.2 大中桥、高桥、特大桥工程地质调绘应包括下列内容:

1 查明桥址地段地形地貌、地层岩性、地质构造及岸坡稳定性, 对深峡谷及陡坡地区, 必要时应进行岸坡稳定性评价; 查明断层破碎带的分布、断层活动情况及破碎带的胶结程度和含水情况; 查明墩台范围内有无软弱夹层, 提出地基稳定性评价及处理意见。

2 查明土的成因类型、物质成分、性质、结构特征、厚度、密实度、潮湿程度及下伏基岩面的形态等; 查明基岩的风化程度及分带情况。

3 查明不良地质、特殊岩土的性质和分布范围及对墩台稳定性的影响, 提出工程措施意见。

4 查明墩台及调节水流建筑物等基底岩土的物理力学性质, 确定地基承载力。

5 查明桥渡区水文地质特征, 分析判明基坑可能涌水、流砂等情况。

4.2.3 大中桥、高桥、特大桥工程勘探、地质测试应符合下列要求:

1 地质条件复杂的桥基宜开展综合勘探。勘探点一般沿桥址纵断面方向、并结合墩台位置，在墩台基础轮廓线以内布置。

2 桥基地层为第四系地层或全风化岩层时，宜采用综合勘探方法。用动力触探确定碎石类土密实程度。用静力触探、标准贯入试验确定黏性土、粉土、砂类土密实程度及地基强度。地震动峰值加速度为 $0.1g$ 及以上地区的饱和粉土、砂土层，还应判定其地震液化的可能性。

3 应根据场地地质条件和桥跨设置，布置控制性钻孔和一般性钻孔。控制性钻孔以能满足场地稳定性评价要求为度，一般性钻孔以能探明地基各岩土层分布和地基强度为原则。

勘探点的数量每个墩、台应有 1 个勘探点。当地层简单，地层层序有规律或覆盖层较薄，基岩面平缓，且岩性单一时，结合桥跨、基础类型等，勘探点可减少；地质条件复杂和岩溶发育地区，勘探点应增加。

对调节水流建筑物及附属工程，也应适当布置勘探点。

4 勘探深度：

1) 基础置于土层时，勘探深度一般可根据基础类型按表 4.2.3 确定；

表 4.2.3 特大、大中桥勘探深度 (m)

土的名称 基础类型	黏性土、粉土、粉砂、细砂		中砂、粗砂、砾砂、碎石类土	
	一般性钻孔	控制性钻孔	一般性钻孔	控制性钻孔
桩基	20~40	30~60	15~30	25~40
扩大基础	15~20	20~30	10~15	15~25

注：表列深度，自原地面或新开挖地面算起，已包括常见冲刷深度，如遇特殊情况，可酌情增加。

2) 特殊岩土地段勘探深度，应同时满足桥基场地评价和地基强度评价要求；

3) 在岩溶发育及地下采空地段，应钻至基底以下完整基岩不小于 $10m$ ，在此深度内如遇溶洞，勘探深度应专门研究确定；

4) 基岩地段的勘探深度，当风化层不厚时，应穿透强风化带，钻至弱风化层（或微风化层） $2\sim 3m$ ；当风化层很厚时，根据其风化程度，按相应的土层确定钻探深度；遇到第三纪以后多次喷发的火山岩时，钻孔应适当加深；当河床有大漂（块）石，则钻入基岩的深度应超过当地漂（块）石的最大粒径；

5) 当桥结构复杂或跨度 $64m$ 以上、墩高 $50m$ 以上以及地基为流塑状态的黏性

土、饱和粉土、粉砂、软土时，勘探深度应专门研究确定。

5 取样、试验：

1) 桥基为黏性土和粉土时，应分层采取原状土样作物理力学试验。较厚时，可按 1~3m 间距取样，潮湿程度及土层结构变化时应加密取样；

2) 桥基为砂类土、碎石类土时，应分层取样进行颗粒分析；

3) 桥基为基岩时，应按地层岩性分别取代表性岩样做抗压试验；

4) 地震区，必要时地基土应进行剪切波速测试、地脉动测试，对场地土和场地进行评价；

5) 各类岩、土的试验项目应符合附录 F 的要求；

6) 地表水及地下水应取样进行水质分析，各含水层的渗透系数可查表取值，必要时作水文地质试验。

4.2.4 大中桥、高桥、特大桥资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明书（表）；

2 工程地质图（必要时作），比例为 1：500~1：5000；

3 工程地质纵断面图，比例为横 1：500~1：5000，竖 1：50~1：500；

4 墩台工程地质横断面图（必要时作），比例尺视具体情况决定；

5 勘探点工程地质柱状图；

6 勘探、测试原始资料。

4.2.5 大中桥、高桥、特大桥初测阶段工程地质勘察应遵循下列原则：

1 工程地质条件复杂且控制线路方案的特大桥、高桥、大桥，应按工点进行勘察。勘探、测试点不宜少于 2~4 个，查明桥址地区工程地质条件，编制单独工点资料。

2 一般地段的大、中桥进行代表性地质勘探、测试，可制表说明或在沿线工程地质分段说明中阐述其工程地质条件。

3 当地形地质条件适宜时，宜采用简易勘探、静力勘探、物探等勘探手段，综合评价桥址区工程地质条件。

4.2.6 小桥涵工程地质勘察应包括下列内容和要求：

1 工程地质调绘

1) 地形、地质简单的小桥涵，可按地貌单元进行地质调绘，搜集地层岩性及地下水位等资料；

2) 地质复杂及地形陡峭的小桥涵, 应查明地层岩性、地质构造、天然沟岸及基底的稳定状态、隐伏的基岩斜坡、泥石流及其他不良地质现象。

2 工程勘探、地质测试

1) 原则上每座桥、涵应有一个勘探点, 地质简单、地层单一、孔径较小的小桥及涵洞也可作代表性勘探;

2) 桥跨较大、涵洞较长以及陡坡涵洞, 地形地质条件复杂时, 其勘探点不宜少于 2 个 (陡坡及长涵洞按轴向布置);

3) 基础置于土层中的小桥涵, 勘探深度按表 4.2.6 确定; 基底为基岩时, 宜钻进至全风化带 2~5m; 有软弱夹层时, 勘探深度应适当加深, 以查明其分布和工程性质为度; 基底为特殊岩土时, 勘探深度应同时满足场地评价及地基强度要求; 采用钻 (挖) 孔桩基础的小桥, 勘探深度同大中桥;

4) 箱形涵勘探深度可按表 4.2.6 中涵洞要求适当加深;

5) 各类土层按同类地质条件分层取样试验, 其要求可按本规范大中桥的要求办理;

6) 应提供地下水位, 作代表性水质分析试验, 提供含水层的渗透系数;

表 4.2.6 小桥涵勘探深度 (m)

工程类别 \ 上的名称	碎石类土	砂类土、一般黏性土和粉土	饱和粉土、粉细砂、软土等
涵洞	3~8	4~10	10~15
小桥	4~10	10~15	15~25

注: 表列勘探深度均由原地面或新开挖地面算起。

7) 地基为填土时, 应加强地质调绘、勘探、测试和试验工作, 用综合评价方法确定其适宜性及承载力值。

3 资料编制

1) 地质简单的小桥涵可分段列表或逐个说明岩土名称、工程性质、施工工程分级, 地下水位及地基承载力等简要工程地质情况;

2) 地质复杂的小桥涵应单独编制工程地质说明、桥址工程地质纵断面图或涵洞轴向工程地质断面图, 比例为 1:100 或 1:200。

4 初测阶段的要求

应以地质调绘为主, 只进行代表性勘探、测试, 不单独编制工点资料, 可在沿

线工程地质分段说明中，阐述岩土地基承载力和施工工程分级。

4.3 隧道工程

4.3.1 隧道位置的选择应遵循下列原则：

- 1 隧道应选择在地质构造简单、地层单一、岩体完整等工程地质条件较好的地段，以垂直岩层走向最为有利。
- 2 隧道应避免断层破碎带，当必须穿过时，宜以大角度穿过。
- 3 隧道应避免岩溶强烈发育区、地下水富集区及地层松软地带。
- 4 地质构造复杂、岩体破碎、堆积层厚等工程地质条件较差的傍山隧道，宜向山脊线内移，加长隧道，避免短隧道群。
- 5 隧道洞口应选择在山坡稳定、覆盖层薄、无不良地质之处，宜早进洞、晚出洞。
- 6 隧道宜避开高地应力区，不能避开时，洞轴宜平行最大主应力方向。

4.3.2 隧道工程地质调绘应包括下列内容：

- 1 查明隧道通过地段地形、地貌、地层、岩性、地质构造。岩质隧道应着重查明岩层层理、片理、节理等软弱结构面的产状及组合形式，断层、褶皱的性质、产状、宽度及破碎程度；土质隧道应着重查明土的成因类型、结构、成分、密实程度、潮湿程度等。
- 2 查明洞身是否通过煤层、气田、膨胀性地层、有害矿体及富集放射性物质的地层等，并作出工程地质条件评价。
- 3 查明不良地质、特殊岩土对隧道的影响，特别是对洞口及边仰坡的影响，提出工程措施意见。
- 4 查明隧道通过地段的井、泉情况，分析水文地质条件，判明地下水的类型、水质、侵蚀性、补给来源等，预测洞身最大及正常分段涌水量，并取样作水质分析。在岩溶区，应分析突水、突泥的危险，充分估计隧道施工诱发地面塌陷和地表水漏失等破坏环境条件的问题，并提出相应工程措施意见。
- 5 对于深埋隧道，应预测隧道洞身地温情况。深埋及构造应力集中地段，对坚硬、致密、性脆岩层应预测岩爆的可能性，对软质岩层应预测围岩大变形的可能性。
- 6 对傍山隧道，外侧洞壁较薄时，应预测偏压危害。
- 7 应根据地质调绘、勘探、测试成果资料，综合分析岩性、构造、地下水及

环境条件，按附录 E 的有关规定，分段确定隧道围岩分级。

8 在接长明洞地段，应查明明洞基底的工程地质条件。

9 查明横洞、平行导坑、斜井、竖井等辅助坑道的工程地质条件。

4.3.3 隧道工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 地质条件复杂的隧道宜采用综合勘探方法。地质条件复杂的深钻孔应综合利用。

2 钻孔布置和数量应视地质复杂程度而定。洞门附近覆土较厚时，应布置勘探孔；地质复杂，长度大于 3000m 的隧道，洞身应按不同地貌单元布置勘探孔查明地质条件；主要的地质界线，重要的不良地质、特殊岩土地段等处应有钻孔控制。洞身地段的钻孔位置宜布置在中线外 6~8m。钻探完毕，应回填封孔。

3 钻探深度应至路肩以下 2~3m；遇溶洞、暗河及其他不良地质时，应适当加深。

4 钻探中应作好水位观测和记录，探明含水层的位置和厚度，并取样作水质分析。水文地质条件复杂的隧道，应作水文地质试验，测定地下水的流向、流速及岩石的渗透性，计算涌水量，必要时应进行地下水动态观测。

5 应取代表性岩石试样进行物理力学性质试验。

6 对有害矿体和气体，应取样作定性、定量分析。

4.3.4 隧道工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明；

2 隧道线路方案工程地质图（必要时作），比例为 1：5000 ~1：50000；

3 隧道地区地质构造图（隧道长度大于 3000m 且地质构造复杂时作），比例为 1：10000~1：200000；

4 隧道地区水文地质图（水文地质条件复杂时作），比例为 1：5000~1：50000；

5 隧道工程地质图（长隧道、多线隧道及地质构造复杂的隧道作，一般隧道视需要作），比例为 1：2000~1：10000；

6 隧道工程地质纵断面图，比例为横 1：500~1：5000，竖 1：200~1：5000，横竖比例尺宜一致；

7 隧道洞身工程地质横断面图（必要时作），比例为 1：200 或 1：500；

8 隧道洞口工程地质图，比例为 1：500；

- 9 隧道洞口工程地质纵断面图，比例为 1 : 200；
- 10 隧道洞口工程地质横断面图，比例为 1 : 200；
- 11 明洞边墙墙址工程地质纵断面图（必要时作），比例为横 1 : 200 ~ 1 : 2000，竖 1 : 100 ~ 1 : 500；
- 12 隧道辅助坑道（横洞、平行导坑、斜井、竖井等）地质图件及说明（必要时作）；
- 13 勘探、测试资料。

4.3.5 初测阶段隧道工程地质勘察应符合下列要求：

1 特长隧道、控制线路方案的长隧道、多线隧道应按单独工点搜集工程地质资料：

1) 宜采用遥感图像地质解译、地质调绘、综合物探和少量钻探相结合的方法为隧道位置选择及工程地质条件评价提供资料，宜沿洞身纵断面布置物深、钻探、测试工作；

2) 编制工程地质说明；

3) 编制隧道纵断面图，并分段提供隧道围岩分级（按附录正规定）；

4) 编制隧道线路方案工程地质图或隧道地区地质构造图。

2 一般隧道可作代表性勘探、测试工作，并在沿线工程地质分段说明中简要叙述隧道工程地质条件和围岩分级。

4.4 站场和房屋建筑工程

4.4.1 站场和房屋建筑工程地质调绘应包括下列内容：

1 查明站场范围及各类厂、房建筑场地的地形地貌、地层岩性、地质构造等工程地质条件，判明场地的稳定性，并提供地基的承载力、挖方边坡坡率、岩土施工工程分级、冻结深度和工程措施意见；

2 查明站场范围内不良地质和特殊岩土的分布范围、性质、稳定程度及其对建筑物的影响，提出工程措施意见；

3 查明站场及各类厂、房建筑物基底的地下水类型、分布、埋深、水质、变化幅度、侵蚀性等水文地质条件。

4.4.2 站场建筑和房屋建筑工程的勘探应满足下列要求：

1 站场建筑场地应根据场地地质情况，布置控制性勘探点和一般性勘探点；勘探点的布置范围、数量、深度及间距应根据建筑物的基础类型、建筑面积和场地

地质复杂程度确定；每个地貌单元均应有控制性勘探孔；有条件时，应采用钻探、物探、原位测试等综合勘探方法。

2 房屋建筑场地勘探点的间距应根据地质条件复杂程度确定：简单场地 50~75m，中等场地 20~50m，复杂场地小于 20m。

3 勘探、测试深度：

1) 控制性钻孔应能控制地基地层结构，土质地基一般应大于压缩层下限；

2) 对一般非岩质地基，无软弱下卧层时，勘察深度自基础底面算起，对条形基础应为基础宽度的 3~4 倍，对独柱基应为柱基宽度（或直径）的 1.3~1.5 倍（最小深度不小于 5m），其他基础应达到持力层下 1~3m，或按表 4.4.2 确定；

表 4.4.2 站场建筑和房屋建筑场地勘探数量与深度

建筑物名称	勘探数量 (孔)	勘探深度(m)		
		卵(碎)石土, 圆(角)砾土	砾、粗、中砂	细、粉砂, 粉土、黏性土
各种车库、动力车间、发电厂、1000 人以上站房、5~6 层楼房	4~10	4~6	5~10	10~35
地道、天桥、信号楼、雨棚、修配车间、400~1000 人站房、3~4 层楼房	2~6	3~5	5~10	10~35
水鹤、给砂塔、烟囱(高 15~24m)、煤塔、照明塔、灰塔、地磅	1~3	3~5	5~10	10~35
油罐、轨道衡、转车盘、水塔、烟囱(高 25~40m)	1~3	5~10	10~15	15~40

3) 对需要进行变形验算的地基，部分钻孔应达到地基压缩层的计算深度，即一般土层压缩层下限为附加应力的 1/5 自重应力处，软土为 1/10 自重应力处；特殊岩土场地的勘探深度不仅应满足地基强度的要求，还应满足特殊岩土场地评价的要求。

4.4.3 站场建筑和房屋建筑工程地质测试应满足下列要求：

1 一般建筑物场地可取代表性土样进行物理力学性质试验。在地基主要持力

层内，对厚度大于 0.5m 的软弱夹层，宜取样试验或进行原位测试工作。有条件时，应布置适量的标准贯入、静力触探或载荷试验与之配合。

2 特殊岩土的要求和试验项目，应满足特殊岩土场地评价要求。

3 勘探深度内如遇地下水时，应查明含水层的性质，并查明地下水位及其变化情况，取水样进行化学分析，判定其侵蚀性。必要时作简易水文地质试验。

4 在地震动峰值加速度为 0.1g 及以上地区，对饱和砂土、粉土层应进行地震液化判定。必要时进行地脉动测试，确定地震动反应谱特征周期。

4.4.4 区段站及以上大站场地的工程地质勘察方法，宜结合场地条件和建筑物布置采用钻探、简易勘探与原位测试相结合的综合勘探手段。工程地质勘察除满足本规范第 4.4.1~第 4.4.3 条的要求外，尚应满足下列要求：

1 勘探点宜根据场地条件布置控制性代表工程地质横断面，或根据建筑物设置布置控制性代表地质剖面。

2 勘探测试点应结合场地布置一般性勘探孔和控制性勘探孔。一般性勘探孔的深度应大于持力层的深度，控制性勘探孔的深度应大于地基压缩层计算深度。

3 除应根据场地地质条件，采取代表性岩土试样进行一般物理力学性质试验外，对高大建筑物还应在压缩层范围内分层取样进行物理力学性质试验（土层较厚时，可每隔 2~3m 取土样一组）和其他特殊岩土项目试验。

4.4.5 站场和房屋建筑工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明；

2 站场工程地质图（必要时作），比例为 1：1000~1：5000；

3 站场工程地质横断面图，比例为 1：200；

4 建筑物工程地质纵、横断面图，比例为 1：100~1：500；

5 勘探、测试资料。

4.4.6 初测阶段站场和房屋建筑工程地质勘察应包括下列内容：

1 初步查明站场范围内的水文地质、工程地质条件，判明建筑场地及地基的稳定性。进行代表性的勘探、测试工作，为确定建筑物的平面布置和基础类型提供工程地质资料。

2 中间站的工程地质条件在沿线分段工程地质说明中加以说明，不单独另出资料。

3 区段站、枢纽工程应单独编制工程地质说明、站场工程地质图（必要时

作)、代表性工程地质断面图及有关工程地质资料。

4.4.7 高层、大型站房、大跨度建筑物和房屋集中区地基的工程地质勘察，应执行国家现行有关标准。

4.5 供水工程

4.5.1 供水工程地质调绘应包括下列内容：

1 查明供水构筑物场地的地形地貌、地层岩性、地质构造、地下水埋深等工程地质、水文地质条件，提供地基承载力、挖方边坡坡率和岩土施工工程分级；

2 查明影响供水建筑物和管道的不良地质和特殊岩土的性质、范围、稳定程度，分析评价环境工程地质条件，提出防渗和防蚀工程措施意见。

4.5.2 供水工程勘探应满足下列要求：

1 勘探点的布置应根据供水建筑物的具体位置、基础类型确定，地质条件复杂时应用地质剖面控制。采用管道供水时，应沿管线布孔，间距视地质条件而定。

2 勘探深度视场地地层情况而定，供水建筑物的勘探深度可比照表 4.4.2 确定。供水管道勘探深度视土质情况而定，一般应至管底埋深以下 1~2m，特殊岩土地段应适当加深。

4.5.3 供水工程地质测试应满足下列要求：

1 一般建筑物可取代表性土样进行物理力学性质试验；

2 水塔等高大建筑物应分层取土样作物理力学性质试验，有条件时应进行原位测试试验及地脉动测试；

3 供水管道工程按沿线地质条件同类情况分别取代表性土样进行物理力学性质试验，特殊岩土地段应注意测试浸水后引起的土体或岩体物理力学性质变化情况；

4 对地基有影响的地下水应取样进行水质分析。

4.5.4 供水工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明；

2 建筑场地工程地质图；

3 工程地质断面图，比例为 1：200~1：1000；

4 勘探、测试资料。

4.5.5 初测阶段供水工程地质勘察应满足下列要求：

1 初步查明供水建筑场地工程地质条件，进行必要的勘探、测试工作，为确

定供水方案和建筑物的平面位置及基础类型提供工程地质资料；

2 各供水建筑物的工程地质条件在全线工程地质分段说明中加以说明，不列单独资料。

5 不良地质工程地质勘察

5.1 滑坡和错落

5.1.1 遇沿软弱地层或结构面整体下移的山坡并具备下列条件时，应按滑坡或错落开展工作：

1 滑坡

- 1) 山坡后缘呈明显的圈椅状地貌，有较陡的后壁，其上有有时可见擦痕；
- 2) 坡面不顺直呈无规则的台阶状，其上有洼地分布，坡脚有时可见鼓胀裂缝；
- 3) 前缘侵占或挤压沟（河）床，呈舌状突出，多出露泉水或湿地；
- 4) 两侧坡脚地层多有扰动和松动现象；
- 5) 有产生滑坡的记录。

2 错落

- 1) 山坡坡面呈明显下错，后壁较陡且岩体中存在陡倾角结构面；
- 2) 有产生错落记录。

5.1.2 滑坡和错落根据滑坡体物质成分可分为黏性土（包括膨胀土）、黄土、堆积土、破碎岩体、岩体滑坡；根据滑体体积可分为巨、大、中、小型滑坡；根据滑坡面埋藏深度可分为浅层、中深层、深层滑坡；层状岩体滑坡可分为顺层和切层滑坡；根据形成原因可分为自然和工程滑坡。

5.1.3 滑坡和错落地段的工程地质选线应遵循下列原则：

1 应绕避地质复杂的巨、大型滑坡（错落）及滑坡（错落）群，避开地形零乱，坡脚有地下水出露的山坡；

2 当滑坡、错落规模小，地下水不发育，整治的技术条件可行、经济合理时，可选择在有利于滑坡、错落稳定和线路安全的部位通过；

3 线路通过稳定的滑坡、错落体时，不宜在其上部填方或下部挖方；

4 在地貌、地质条件上具有滑坡、错落产生条件，或因铁路修建可能产生滑坡、错落的地段，应认真研究线路平剖面位置，维护山体的稳定。

5.1.4 滑坡、错落地段工程地质调绘应符合下列要求：

- 1 调绘范围应包括滑坡、错落及其相邻地段；
- 2 查明滑坡、错落地段的地形、地貌、微地貌特征及其环境条件；
- 3 查明地层层序、岩性及滑床和错落面的形态特征、滑带土的物理力学性质，评价其稳定程度；
- 4 查明地质构造和岩体结构面的产状、性质及特征，尤其应注意对软弱结构面进行认真分析；
- 5 查明水文地质特征；
- 6 查明滑坡、错落的整治建筑物基础地质条件；
- 7 搜集气象、地震、水文资料，调查滑坡、错落的发展历史、危害及防治的经验教训。

5.1.5 滑坡和错落地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

- 1 宜采用物探、挖探和钻探相结合的勘探方法。当采用钻探时，主滑动面附近严禁水钻，必须采用风压干钻或干钻。
- 2 勘探点除沿滑坡、错落轴线布置外，在主轴两侧也应适当布置。必要时，滑坡体外也应布置。
- 3 勘探深度应穿透滑动面或错落体以下不小于 3m，多次滑动或滑面有向深部发展的可能时，应适当加深。
- 4 在钻探过程中，应注意软弱面、带的位置和特征，及时记录岩心潮湿程度、地下水情况，必要时进行水文地质试验。正在活动的滑坡可设置测斜管监测滑坡动态。
- 5 滑动面、带、软弱夹层及其上下土层应逐层取样进行物理力学试验。

5.1.6 滑坡及错落地段工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质说明；
- 2 工程地质图，比例为 1：500~1：2000；
- 3 工程地质横断面图，比例为 1：200~1：500，断面长度应至滑坡、错落体外一定距离；
- 4 滑坡、错落轴线工程地质断面图，比例为 1：200~1：1000，横竖比例宜一致；
- 5 滑坡区水文地质图、滑坡床等高线图、基岩等高线图等，视滑坡复杂程度和工程需要决定；

- 6 防治滑坡、错落工程的各种工程地质图件，比例尺视不同建筑物要求确定；
- 7 勘探、测试、气象、地震及其他原始资料等。

5.2 危岩、落石和崩塌

5.2.1 遇下列情况时，应按危岩、落石和崩塌地段开展工作：

- 1 坡面高、陡，不平整，上陡下缓；
- 2 岩土层节理、裂隙发育，结构面多张开；
- 3 坡脚、坡面有崩塌物停积。

5.2.2 崩塌根据形成机理可分为倾倒式、滑移式、鼓胀式、拉裂式、错断式等类型。崩塌按物质成分分为黄土崩塌、黏土崩塌和岩层崩塌。

5.2.3 危岩、落石和崩塌地段的工程地质选线应遵循下列原则：

- 1 线路应绕避山高坡陡、岩层受节理切割严重，危岩密集分布的地段；
- 2 线路可通过经工程处理后能够确保山体稳定，或采用支挡结构可保证运营安全，且经过技术、经济比较合理的地段。

5.2.4 危岩、落石和崩塌地段工程地质调绘应符合下列要求：

- 1 调绘范围应包括危岩、落石、崩塌影响范围及相邻地段；
- 2 查明地形地貌和微地貌特征；
- 3 查明地层岩性、岩层结构、软质岩和硬质岩的分布和风化程度；
- 4 查明地质构造、岩体结构面的产状和裂隙性质；
- 5 查明地表水和地下水对崩塌的影响；
- 6 应结合支挡防护工程，查明支挡建筑物地基情况和锚固条件；
- 7 搜集气象、地震及有关水文资料，调查危岩落石、崩塌发展史及当地防治经验。

5.2.5 危岩、落石和崩塌地段的工程勘探、地质测试应符合下列要求：

- 1 宜采用挖探查明被覆盖危岩体的节理裂隙发育和充填特征；
- 2 为了解危岩体的落石滚落特点，有条件时可在现场做落石试验；
- 3 必要时可对张裂隙进行变形观测。

5.2.6 危岩、落石和崩塌地段工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质说明；
- 2 工程地质图，比例为 1：500~1：2000；
- 3 工程地质横断面图，比例为 1：200 或 1：500，应测至可能崩塌的范围外

20~50m;

4 垂直崩塌面的工程地质断面图、崩塌陡崖和危岩体的正视图或素描图（必要时作）；

5 节理统计图（必要时作）；

6 勘探、测试、气象、地震及其他原始资料。

5.3 岩堆

5.3.1 遇山坡或坡脚堆积岩块和岩屑为主的堆积体，易产生坍塌、不均匀沉降等现象的地段时，应按岩堆开展工作。

5.3.2 岩堆地段的工程地质选线应遵循下列原则：

1 对于松散、补给来源较丰富，地面和岩堆基底坡度较陡、地下水发育有可能滑动，且工程处理困难的大型岩堆地段，线路宜绕避之；

2 对于基本稳定的岩堆，采用必要的工程措施后，线路亦可在岩堆体的适当部位通过。

5.3.3 岩堆地段工程地质调绘应符合下列要求：

1 调绘范围应包括岩堆和补给区及其相邻地段；

2 查明岩堆补给区的地层岩性、地质构造、节理发育程度和风化程度；

3 查明岩堆的形态特征、植被及成层情况、密实程度等；

4 查明岩堆床的形态、岩性、有无软弱夹层或软弱面，分析岩堆的稳定程度；

5 查明地表水和地下水活动对岩堆稳定的影响。

5.3.4 岩堆地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 可采用物探、挖探和钻探等方法进行勘探；

2 勘探点宜沿轴线布置，两侧视需要确定；

3 勘探深度应穿过岩堆体至基床下不小于 3m，且大于最大块石直径 1.5 倍；

4 在钻进中，应注意潮湿程度、地下水情况，遇软弱夹层时应取样作物理力学试验。

5.3.5 岩堆地段工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明；

2 工程地质图（必要时作），比例为 1：500~1：2000；

3 工程地质横断面图，比例为 1：200 或 1：500；断面长度应至岩堆外一定距离；

- 4 岩堆轴线工程地质断面图（必要时作），比例为 1：200～1：1000；
- 5 勘探、测试及其他原始资料等。

5.4 泥石流

5.4.1 遇下列情况时应按泥石流地段开展工作：

- 1 沟口或坡脚存在大量无分选的洪流堆积物；
- 2 沟内或山坡存在泥石流活动的痕迹；
- 3 有泥石流暴发的历史记录。

5.4.2 根据泥石流的流域形态可分为沟谷型泥石流和山坡泥石流；根据固体物质成分可分为泥流、泥石流和水石流；根据规模可分为特大、大、中和小型泥石流；根据流体性质可分为黏性泥流、黏性泥石流、稀性泥流、稀性泥石流、水石流；根据泥石流暴发频率可分为高频率泥石流和低频率泥石流。

5.4.3 泥石流地段的工程地质选线应遵循下列原则：

- 1 线路应绕避特大型泥石流、大型泥石流或泥石流群、淤积严重的洪积扇区和大面积分布山坡型泥石流地段，应远离泥石流堵河影响范围内的河段。
- 2 线路通过泥石流沟时，应以大跨度桥梁、明洞或隧道通过。跨越时，应避免开急弯部位和沟床纵坡变坡点，并留有足够的净空和孔跨，应根据泥石流的通过需要量和淤积厚度确定。

5.4.4 泥石流地段工程地质调绘应符合下列要求：

- 1 宜采用遥感图像地质解译与野外地质调绘相结合的方法进行地质调绘。
- 2 形成区应着重调查地层岩性、地质构造、风化破碎情况，不良地质的发育、分布情况，植被情况；调查人为活动对山坡岩体的破坏；分析可能发生泥石流的规模及对工程危害程度。
- 3 流通区应着重调查沟谷地貌特征，沟床变迁；分析线路通过的可能和方式。
- 4 堆积区应着重调查洪积物的厚度、成层情况，分析线路通过的可能和影响。
- 5 调查泥石流流域内的湖泊、水库、弃碴等对泥石流的影响；搜集气象、水文、地震资料，特别是泥石流暴发期间的资料。
- 6 调查泥石流发展史和周期，当地防治泥石流的规划措施和经验。

5.4.5 泥石流地段工程勘探、地质测试应满足下列要求：

- 1 可采用物探、钻探、挖探相结合的综合勘探方法；
- 2 结合建筑物布置勘探，采取土样进行物理力学性质试验；

3 控制线路方案的泥石流地段，取代表性试样，用比拟法做泥石流密度及所含固体物质的比重试验和含量分析；

4 对需要整治的泥石流补给源的不良地质体，按整治工程的需要布置勘探、测试工作。

5.4.6 泥石流地段工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明；

2 泥石流流域工程地质图（必要时作），比例为 1：10000～1：50000；

3 泥石流工程地质图，比例为 1：500～1：2000，应包括拦截、停淤等建筑物的范围；

4 沟床工程地质纵断面图（必要时作），比例为横 1：500～1：5000，竖 1：100～1：500（沟口以上的范围视需要而定，沟口以下应包括整个洪积扇）；

5 沟床工程地质横断面图（必要时作），比例为 1：200～1：500；

6 各类建筑物的工程地质图件，比例尺视需要确定；

7 勘探、测试、气象、地震及其他原始资料。

5.5 风沙

5.5.1 遇下列地段应按风沙地段开展工作：

1 整个地表覆沙，并广泛分布各种沙丘的沙漠（沙地）地段及戈壁地段；

2 表层为粉、细砂地层，由于人为活动破坏了生态平衡，形成沙漠化土地的地段。

5.5.2 根据风沙活动形成地貌形态可分为风蚀、风沙流、风积地貌；根据沙质荒漠位于的气候带及沙质情况可分为沙漠（沙地）、戈壁及沙漠化土地；根据沙漠区植被覆盖程度可分为流动沙丘（沙地）、半固定沙丘（沙地）和固定沙丘（沙地）；根据风沙危害程度可分为严重、中等和轻微风沙地段。

5.5.3 风沙地段的工程地质选线应遵循下列原则：

1 线路应绕避严重风沙地段，不宜深入大沙漠的内部，宜选择在轻微风沙地段及风蚀洼地、沿古河床、山前平原潜水溢出带或凸型地带、防风林带内侧通过；

2 线路应避开山地陡坡积沙地段，宜选在山地背风侧风影部分以外的地段通过；

3 线路走向宜顺直，与主导风向平行，采用填方，避免采用零断面和路堑；

4 线路应与当地防风沙规划相结合，宜选择在地下水埋藏较浅、接近水源和

防护材料产地之处；

5 车站位置应选择在无风沙或风沙轻微地段，避开有风沙活动的隘口；站房和住宅应朝向背风一侧。

5.5.4 风沙地段工程地质调绘应符合下列要求：

1 宜采用综合勘察方法，利用遥感图像地质解译，了解沙漠分布及自然特征，查明沙漠的成因、严重程度分类、分布及线路所处的沙漠部位；

2 通过不同时期遥感图像地质解译，了解沙丘移动的动态情况；

3 查明沿线风沙地貌（风蚀地貌、风积地貌、风沙流地貌）特征，划分线路通过地段沙丘（地）的类型和分布情况；

4 了解地表水、地下水分布和埋藏情况，判明有无造林条件；

5 了解沿线风沙活动规律、危害程度、防风固沙的成功经验及教训；

6 搜集沿线气温、蒸发、降水、风向、风速及其出现频率延续时间、能见度、风沙日数等资料；

7 配合有关专业调查沙生植物生态特征，了解林带的树种，配置宽度及防沙效果。

5.5.5 风沙地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 查明地层、岩性、地下水情况，取样进行矿物成分、颗粒级配及有机含量分析；

2 必要时测试线路通过风沙流地带的输沙量，沿沙丘移动方向进行剖面取样；

3 应在丘间低地（深2~3m）、沙丘迎、背风坡分别分层取样，测定含水率和干沙层厚度。

5.5.6 风沙地段工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明；

2 工程地质图（必要时作），比例为1：2000~1：5000，应包括机械防护范围；

3 工程地质横断面图，比例为1：200或1：500；

4 勘探、测试及其他原始资料。

5.6 岩溶

5.6.1 对于地表或地下广泛分布可溶性岩层并存在各种岩溶形态，以及上覆土层

曾发生地面塌陷或有土洞存在的地段，应按岩溶地段开展工作。

5.6.2 根据岩溶埋藏条件可分为裸露型岩溶、覆盖型岩溶和埋藏型岩溶；根据岩溶发育强度可分为强烈发育、中等发育、弱发育和微弱发育的岩溶。

5.6.3 岩溶地段的工程地质选线应遵循下列原则：

1 线路应绕避岩溶强烈发育地带、可溶岩与非可溶岩的接触带、构造发育带、岩溶水富集区及岩溶水排泄带；

2 线路应绕避地面塌陷分布密集、有土洞分布的覆盖型岩溶地段；

3 线路应选择在非岩溶化地区或岩溶发育微弱、范围最窄、层数最少、顶板稳固、受岩溶水影响小的地带通过。

5.6.4 岩溶地段工程地质调绘应符合下列要求：

1 应采用遥感图像地质解译和现场核对，判定岩溶分布范围和状态，查明地层岩性、地质构造特征，岩溶发育与构造裂隙的关系及岩溶分布范围；

2 查明溶洞的分布层数，分析侵蚀基准面的变化特征；

3 查明地表水、地下水的分布特征和排泄情况及地表水和地下水的补给关系；

4 调查岩溶地貌和岩溶形态，查明岩溶与建筑物的相对位置；

5 查明线路附近溶洞、暗河等的顶板及洞内填充情况，评价场地的稳定性；

6 覆盖型岩溶区还应查明覆盖层情况、可溶岩的古地貌形态、地下水层数及水力联系和开采情况，调查地面塌陷史，预测地面塌陷的可能及对建筑物的影响。

5.6.5 岩溶地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 宜采用物探、钻探、挖探、测试等相结合的综合勘探方法；

2 勘探点布置、深度及地质剖面布置应根据建筑物需要确定；

3 应取岩样作物理力学性质、矿物化学分析，以及水的侵蚀性试验；

4 必要时作溶洞连通试验；

5 岩溶发育且形态复杂时，施工阶段应对岩溶进行勘探复查；

6 必要时应选择一定数量的钻孔与岩溶泉（井），进行不少于一个水文年的水文地质动态观测。

5.6.6 岩溶地段工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明；

2 岩溶地区综合工程地质图（必要时作），比例为 1：10000~1：50000，可将岩溶地貌图及岩溶水文地质图的内容合并绘入；

3 工程地质图（必要时作），比例为 1 : 500~1 : 5000，应标出岩溶分布位置、各类岩溶形态及与铁路工程之间的相互关系；

4 工程地质纵断面图（必要时作），比例为横 1 : 200~ 1 : 2000，竖 1 : 100~1 : 500；

5 工程地质断面图，比例为 1 : 200~1 : 500；

6 洞穴或暗河的纵、横剖面图（必要时作），比例尺视需要确定，纵、横比例宜一致；

7 勘探、测试及洞穴、暗河调绘记录，其他原始资料。

5.7 人为坑洞

5.7.1 遇下列情况应按人为坑洞地段开展工作：

1 正在开采或废弃的各类大型矿区；

2 人工及半机械开采的各类小型矿区；

3 已废弃的各类小型矿区；

4 沿沟、河岸有矿线露头，两侧虽无现代矿点分布，但支沟沟源有矿点分布的沿沟岸两侧适当范围或沟岸至矿点间的地带。

5.7.2 根据开采现状可分为古老采空区、现代采空区和未来采空区；根据采空程度可分为大面积采空区和小窑采空区。

5.7.3 人为坑洞地段的工程地质选线应遵循下列原则：

1 线路应绕避至各类矿区采空（大面积采空）影响范围外一定距离；

2 线路宜绕避密集分布的小窑采空区及时间久远难以查明的古窑分布地带；必须通过时应采用工程措施；

3 线路通过规划矿区时，应了解矿区具体规划，分析对铁路工程影响及应采取的措施。

5.7.4 人为坑洞地段工程地质勘察工作宜根据地区条件和矿区特点采用不同的勘察方法：

1 有规划、有设计、有计划开采的矿区宜采用矿区设计、实施资料与区域地质资料综合分析的方法；

2 小窑采空区宜采用区域地质资料分析、实地调查、坑洞测量与少量勘探相结合方法；

3 时间久远的古窑采空区宜采用区域地质资料、实地广泛调查访问及勘探相

结合的方法，物性条件反映较好地区宜采用物探指导钻探。

5.7.5 人为坑洞地段工程地质调绘应包括下列内容：

- 1 搜集研究区域地质条件，访问调查人为坑洞的历史情况；
- 2 搜集既有矿区设计实施资料，分析确定矿区采空及影响范围；
- 3 查明人为坑洞地区的地层层序、岩性、地质构造，人为坑洞的开采层位、分布范围及其稳定状况；
- 4 查明人为坑洞区地表变形特征和分布规律，结合建筑物详细调查坑洞分布、顶板厚度和洞内坑壁稳定情况，分析地段的稳定性；
- 5 查明地下水动态变化及其对坑洞稳定性影响；
- 6 调查人为坑洞区既有建筑物的变形情况和地基加固处理经验教训。

5.7.6 人为坑洞地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

- 1 应根据坑洞的类型及其顶板地层的性质确定勘探方法，物性条件较好地区应先用物探圈定坑洞分布范围和深度；
- 2 勘探点布置应结合工程和坑洞的展布情况确定；
- 3 勘探点的深度应探至最底层洞底地层以下不小于 2m；
- 4 应采取顶板岩、土试样作物理力学性质试验。

5.7.7 人为坑洞地段工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质说明；
- 2 工程地质图，比例为 1：2000~1：5000；
- 3 工程地质横断面图，比例为 1：100 或 1：200，应绘出坑洞的形态，坑底高程；
- 4 工程地质纵断面图（必要时作），比例为横 1：500~1：5000，竖 1：200~1：500；
- 5 坑道平面图（必要时作），比例为 1：200 或 1：500，应绘出坑洞位置、方向、大小、洞内特征等，并配合必要的坑洞断面图加以说明；
- 6 勘探、测试及其他原始资料。

5.8 水库坍岸

5.8.1 水库地段的工程地质选线应遵循下列原则：

- 1 线路应选择在水库预测坍岸线加适当安全距离以外通过；当采取措施能确保线路稳定，对养护、维修不增加困难，技术经济综合分析比较合理时，也可考虑

在水库预测坍岸线范围以内通过；

2 线路应选择在岸坡稳定，浸水后变形较少的一侧通过；应避免有软弱夹层倾向水库一侧的岸坡，选择结构面倾向山内一岸通过；

3 考虑风浪对库岸破坏的影响时，线路宜选择在背风一侧，或与主导风向一致；

4 水库下游线路应选择在库泄洪引起的水淹、冲刷等恶化工程地质条件范围以外通过。

5.8.2 水库地段工程地质调绘应包括下列内容：

1 搜集水库地段的区域地质、水文地质和工程地质资料；

2 调查水库的岸缘形态，查明库岸的地层岩性、风化破碎程度和各类结构面特征，覆盖层与下伏基岩的接触关系；

3 查明库区不良地质的分布、性质，预测储水后可能引起复活及恶化环境地质条件等情况；

4 预测水库储水后引起地下水雍升和渗漏情况及其对线路和建筑物的影响；

5 根据不同的地貌、地质条件、水库类型和库岸情况，预测库区坍岸变形的范围及特征。

5.8.3 水库地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 查明岸坡的水文地质，工程地质条件，应布置勘探测试点，必要时应进行水文地质勘探及试验工作；

2 水库地段勘探、测试深度应视工程类别及基础类型确定，最小深度应至水库稳定坡角线以下；

3 应分层采取试样，测试岩土的物理力学性质和水理性质；水下工程基础如为软质岩层，应进行崩解试验和抗压强度等试验。

5.8.4 水库地段工程地质资料编制应包括下列内容：

1 初测

1) 工程地质说明：主要阐述水库地段工程地质条件、水库设计的有关内容，预测坍岸线有关参数的确定，线路方案工程地质条件比选等；

2) 水库地区工程地质图，比例为 1：10000~1：50000，图中包括各种水位、预测坍岸线和断面位置等；

3) 预测坍岸变形地质断面图，比例为 1：200~1：500，图中包括各种库水

位、地下水位和地下水雍升线、预测坍岸线等；

4) 线路概略工程地质纵断面图 (必要时作), 比例为横 1 : 500~1 : 5000, 竖 1 : 200~1 : 1000;

5) 勘探、测试、气象、地震及其他原始资料。

2 定测

1) 工程地质说明;

2) 工程地质图, 比例为 1 : 2000~1 : 5000, 图中应绘出预测坍岸线;

3) 工程地质横断面图, 比例为 1 : 200;

4) 详细工程地质纵断面图 (必要时作), 比例为横 1 : 500~1 : 5000, 竖 1 : 200~1 : 1000;

5) 库区不良地质和各类建筑物的工程地质资料, 包括水库影响的有关资料。

3 勘探、测试、气象、地震及其他原始资料。

5.9 地震区

5.9.1 当线路通过地震动峰值加速度为 0.1g 及以上地区时, 应按本节规定开展工作。当地震动峰值加速度大于 0.4g 时, 应做专门研究。

5.9.2 根据场地工程地质条件, 地震区可划分为抗震有利地段和抗震不利地段。

5.9.3 地震区工程地质选线应遵循下列原则:

1 线路宜避开活动断裂带, 难以绕避时, 应在断裂带较窄处以简易工程大角度通过, 不宜在断裂带内设置大中桥、高桥、隧道、高填深挖等难以修复的大型建筑物;

2 线路宜绕避严重的山坡变形、易塌陷的地下坑洞、泥石流发育区、不稳定的悬崖深谷、高耸孤立的山丘等抗震不利地段, 不宜在松散的山坡堆积层上设置高桥以及高填、深挖和半填半挖路基; 线路应选择在工程地质条件良好、地形开阔平坦或缓坡地段;

3 线路宜选择在非液化土层地带或液化土层埋藏较深、范围最小的地段通过, 不得以液化土层作建筑物的持力层。

5.9.4 地震区工程地质调绘应包括下列内容:

1 搜集区域地质、水文地质和沿线地震历史资料, 查明区域地质构造, 尤其是主要断裂带和活动断裂带与线路的关系;

2 调查各类不良地质的分布、稳定状态, 分析地震时可能对其造成的影响或

复活的可能性；

3 调查河流的变迁、古河道的分布、第四系地层的特征、地下水位和可液化土的分布范围；

4 根据现行《中国地震动参数区划图》(GB 18306)，结合沿线地质情况、工程设置划分铁路沿线地震动峰值加速度及地震动反应谱特征周期分区。

5.9.5 地震区工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 勘探查明地震时不稳定地带和液化土层的分布，以及活动断裂带的位置和特征；

2 勘探测试点的数量与深度应根据地震动峰值加速度、地质情况、工程要求确定；

3 对饱和砂类土及粉土，可用标准贯入或静力触探、剪切波速测试等方法判别地震液化的可能和等级；

4 必要时，应进行地震动反应谱特征周期测试。

5.9.6 地震区工程地质资料编制应满足下列要求：

1 在全线有关综合性地质资料及相应的建筑物工点地质资料中，结合线路通过活动断裂带的形式、地震地质资料，提出相应的工程措施意见；

2 地基液化土的测试结果应列入相关工点及场地评价中；

3 提供地震动峰值加速度值，必要时还应提供地震动反应谱特征周期值。

5.10 放射性地区和有害气体地段

5.10.1 符合下列条件时，应按放射性地区或有害气体地段开展工作：

1 放射性地区

1) 有放射性矿床分布及放射性强度较高的地区；

2) 大范围分布酸性岩浆岩体及伟晶岩脉的地区；

3) 放射性地方病例蔓延区。

2 有害气体地段

1) 广泛分布煤系地层；

2) 分布石油、天然气并有气苗或含气的闭圈构造的地区；

3) 附近相同地层曾发现过有害气体的地区。

5.10.2 放射性物质和有害气体的分类应符合下列规定：

1 放射性物质应按国家现行《放射性废物分类标准》(GB 9133)的规定进行

分类；

2 有害气体分类可根据有害气体环境、有害气体突出危险性进行分类。

5.10.3 放射性地区和有害气体地段的工程地质选线应遵循下列原则：

1 线路应绕避已知或可能存在放射性矿床区、含大量有害气体地层地段，无法绕避时应选择较窄处通过；

2 车站及生活区必须设置在放射性强度或比活度符合国家现行《辐射防护规定》（GB 8703）规定的地段，不得建在放射性强度较高的地区或含有害气体的地段；

3 饮用水源严禁建在放射性超标的地区。

5.10.4 放射性地区和有害气体地段工程地质调绘应包括下列内容：

1 搜集、研究放射性地区和有害气体地段检测资料及专项资料；

2 查明放射性物质和有害气体分布地段的地形地貌、地层岩性及地质构造特征；

3 查明地层所含放射性物质和有害气体强度、分布特征；

4 查明地表水、地下水含放射性物质和有害气体的种类和数量等，地下水补给、径流和排泄条件；

5 预测放射性物质和有害气体的释放强度，评价对工程 and 环境污染的影响，提出工程措施意见。

5.10.5 放射性地区和有害气体地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 放射性地区

1) 进行地面放射性总量测定；

2) 进行放射性水化学测试。

2 有害气体地段

1) 在可能储气或煤层部位应结合工程布置钻孔，其深度应按工程需要确定；

2) 必要时应对已确定的生、储、盖层取样试验。

5.10.6 放射性地区和有害气体地段工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明；

2 工程地质图，比例尺根据需要确定；

3 工程地质纵、横断面图（必要时作），比例尺视需要确定；

4 勘探、测试及其他原始资料。

6 特殊岩土工程地质勘察

6.1 黄土

6.1.1 工程场地地层为第四纪以来，干旱、半干旱气候条件下，陆相沉积的以黄色粉土颗粒为主，含碳酸钙及少量易溶盐，具大孔隙、垂直节理、抗水性差、易崩解、潜蚀，表层多具湿陷性的特殊土层时，应按黄土开展工作。

6.1.2 根据黄土的堆积时代可分为全新统 (Q_4)、上更新统 (Q_3)、中更新统 (Q_2)、下更新统 (Q_1) 黄土；根据黄土的成因类型可分为风积、冲积、洪积、坡积黄土；根据黄土体在一定压力下受水浸湿发生湿陷的程度可分为自重湿陷性黄土、非自重湿陷性黄土和非湿陷性黄土；根据黄土的塑性指数可分为砂质黄土和黏质黄土。

6.1.3 黄土地区的工程地质选线应遵循下列原则：

1 黄土塬、梁、峁及丘陵区线路宜选择在山坡稳定、排水条件较好地带，应避开地形零乱、沟谷深切、冲沟发育，下伏地层层面倾斜方向不利及地下水发育地带；

2 河谷线路宜利用宽谷阶地展线宜远离低级阶地缺失的高陡岸坡地段；

3 线路宜避开不良地质发育及新构造活动强烈地段，必须通过时应选择合适部位并采取适宜的工程措施；

4 线路应选择在地层单一、土质干燥、湿陷性较小地带，避开地层复杂、土质软弱、含水率大和地下水发育地段，应避免与长大干渠近距离并行。

6.1.4 应根据勘测阶段、地区特点及工程类型选用工程地质勘察方法。塬、梁、峁及丘陵地区宜采用遥感图像地质解译、地质调绘、勘探、原位测试及室内试验多种手段相结合的综合勘察方法。

6.1.5 黄土地区工程地质调绘应包括下列内容：

1 查明黄土的分布情况，划分黄土地貌单元；

2 查明黄土特征，与下伏地层接触形态，划分黄土的时代、成因类型；

3 查明黄土陡坎、斜坡和沟谷发育的特征，不良地质分布及稳定情况；

4 调查地下水出露和季节性变化情况，地表水流的汇集、排泄对黄土稳定的影响；

5 调查访问既有建筑物、边坡的稳定情况及处理措施、效果。

6.1.6 黄土地区工程勘探应符合下列要求:

1 勘探点的布置应满足工程场地稳定性评价要求,用于湿陷性评价的勘探点应按工程场地及地貌单元、成因类型及土质情况分别勘探、取样;

2 勘探深度应满足场地稳定性评价及工程设计要求;作为地基时,除应大于地基压缩层深度外,非自重湿陷性黄土场地勘探深度应大于基础底面下 5m;在自重湿陷性黄土场地,一般建筑场地在陇西、陇东、陕北、晋南、豫西地区勘探深度应至基础底面下不小于 15m,其他地区不小于 10m,对于大桥、特大桥、高桥、区段站及以上大站应穿透湿陷土性层;

3 原状土样宜采用挖探或静压取土方法,取土竖向间距一般 1~2m,地层的规律性较强时可分层取样,但间距不应大于 3m;

4 勘探点使用完毕后,应立即用原土分层回填夯实。

6.1.7 黄土地区地质测试应满足下列要求:

1 一般工点按地貌单元、成因类型及土质的类同情况分别进行物理力学和湿陷性试验。大中桥、站场及房屋建筑工程按场地进行物理力学和湿陷性试验,高桥及其他高大建筑物场地必要时应对在其压力范围内的 Q_2 黄土进行湿陷性试验。

2 黄土湿陷系数试验压力,自基础底面(初测阶段,自地面下 1.5m)算起,10m 以内的土层使用 200kPa;10m 以下至非湿陷性土层顶面,使用其上覆土的饱和自重土压力,当大于 300kPa 时,仍用 300kPa;基底压力大于 300kPa 的桥梁及其他高大建筑物按实际压力;新近堆积黄土湿陷系数试验压力采用 150kPa。

3 位于地震动峰值加速度为 0.1g 及以上地区的饱和砂质黄土应按有关规定进行地震液化判定。

6.1.8 黄土地区工程地质条件评价应结合工程类型。环境条件及黄土工程特性对工程影响作针对性评价。湿陷性黄土地基的湿陷性评价应符合表 6.1.8 规定。

表 6.1.8 湿陷性黄土地基的湿陷等级

湿陷性类型		非自重湿陷场地	自重湿陷场地	
计算自重湿陷量 Δ_{zs} (cm)		$\Delta_{zs} \leq 7$	$7 < \Delta_{zs} \leq 35$	$\Delta_{zs} > 35$
总湿陷量 Δ_s (cm)	$\Delta_s \leq 30$	I (轻微)	II (中等)	—
	$30 < \Delta_s \leq 60$	II (中等)	II (中等)或 III (严重)	III (严重)
	$\Delta_s > 60$	—	III (严重)	IV (很严重)

注:1 当总湿陷量 $30\text{cm} < \Delta_s < 50\text{cm}$,计算自重湿陷量 $7\text{cm} < \Delta_{zs} < 30\text{cm}$ 时,可判为 II 级;

2 当总湿陷量 $\Delta \geq 50\text{cm}$, 计算自重湿陷量 $\Delta_{zs} \geq 30\text{cm}$ 时, 可判为Ⅲ级。

6.2 膨胀土(岩)和红黏土

6.2.1 符合下列情况时应按膨胀土(岩)开展工作:

1 岩石内含较多亲水矿物, 含水率变化时产生较大体积变化, 应按膨胀岩开展工作;

2 黏性土内富含亲水矿物, 吸水显著膨胀、软化、崩解, 失水急剧收缩开裂, 能往复胀缩变形, 应按膨胀土开展工作。

6.2.2 膨胀土(岩)地段的工程地质选线应遵循下列原则:

1 线路宜在地形平缓、地面平整、植被良好地段, 采用浅挖低填通过;

2 线路宜绕避中、强膨胀土分布地带, 不能避开时应以短距离通过;

3 线路宜避开膨胀土(岩)的山前斜坡及不同地貌单元的结合带, 宜垂直于垄岗轴线通过;

4 线路宜避开地层呈多元结构或有软弱夹层的地段;

5 线路宜绕避地下水发育的膨胀土(岩)地段。

6.2.3 膨胀土(岩)地段工程地质调绘应包括下列内容:

1 查明地形、地貌特征, 不良地质现象的分布及危害程度;

2 查明地层岩性、地质构造、裂隙特征、软弱夹层的性质、分布、风化程度及其分带规律等;

3 查明膨胀土下伏基岩的岩性、结构面特征及不良地质的发育情况;

4 查明地下水特征、地表水径流的汇集与排泄条件;

5 搜集和分析当地气象资料, 确定大气影响深度;

6 调查既有建筑物的稳定情况, 搜集建筑物防治方面的经验教训。

6.2.4 膨胀土(岩)地段工程勘探应符合下列要求:

1 宜采用挖探与钻探相结合的方法, 钻探宜采用干钻;

2 勘探点的布置应按膨胀土(岩)的成因类型、地貌单元, 结合建筑物设置确定;

3 一般地段勘探深度应大于大气影响深度; 作为地基时应至持力层下不小于 3m 或穿透膨胀土(岩)层; 具有膨胀性的红黏土地段的建筑物地基应结合工程设置考虑下伏碳酸盐系岩溶发育, 按岩溶确定勘探深度;

4 膨胀土(岩)应分层取样。

6.2.5 膨胀土(岩) 试验项目应包括下列内容:

- 1 岩土常规物理力学性质试验;
- 2 膨胀岩室内试验判定指标: 饱和吸水率、膨胀力、自由膨胀率;
- 3 膨胀土详判指标: 自由膨胀率、蒙脱石含量、阳离子交换量, 结合工程需要作残余强度、极限膨胀、收缩率、固结压力等专项试验等;

4 重要、高大的建筑物场地宜进行现场浸水载荷试验、剪切试验及旁压试验。

6.2.6 膨胀土(岩) 场地应根据工程类型、膨胀土(岩) 的分布、工程地质特征及大气影响等评价其工程地质条件。膨胀岩的判定应符合现行《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001) 的规定; 膨胀土的膨胀潜势分级应符合表 6.2.6—1 的规定。

表 6.2.6—1 膨胀潜势分级

分级指标 \ 级别	弱膨胀土	中等膨胀土	强膨胀土
自由膨胀率 F_s (%)	$40 \leq F_s < 60$	$60 \leq F_s < 90$	$F_s \geq 90$
蒙脱石含量 M (%)	$7 \leq M < 17$	$17 \leq M < 27$	$M \geq 27$
阳离子交换量 $CEC(NH_4^+)$ (mmol/kg)	$170 \leq CEC(NH_4^+) < 260$	$260 \leq CEC(NH_4^+) < 360$	$CEC(NH_4^+) \geq 360$

注: 当两项指标符合时, 即判定为该等级。

6.2.7 膨胀土(岩) 地段工程地质资料编制应包括下列内容:

- 1 工程地质说明;
- 2 工程地质图 (必要时作), 比例为 1 : 500 ~ 1 : 2000;
- 3 工程地质纵断面图 (必要时作), 比例为横 1 : 500 ~ 1 : 2000, 竖 1 : 100 ~ 1 : 500;
- 4 工程地质横断面图 (必要时作), 比例为 1 : 200 或 1 : 500;
- 5 勘探、测试、气象及其他原始资料。

6.2.8 在红黏土地区进行工程地质勘察时, 应考虑下伏碳酸盐系岩溶空洞对工程的影响。当红黏土层工程性质稳定时, 可按一般黏性土开展工作; 当红黏土具有膨胀性时, 应按膨胀土开展工作。

6.3 软土

6.3.1 当地层是在静水或缓慢流水环境中沉积的粉土、黏性土, 具有含水率大

($w \geq w_L$)、孔隙比大 ($e \geq 1.0$)、压缩性高 ($a_{0.1 \sim 0.2} \geq 0.5 \text{MPa}^{-1}$)、强度低 ($p_s < 800 \text{kPa}$) 等特点, 应按软土进行工程地质勘察。

6.3.2 软土按其物理力学特征, 可分为软黏性土、淤泥质土、淤泥、泥炭质土及泥炭等类型。当粉土大部分指标满足软土指标时, 可定为软粉土。

6.3.3 软土地区的工程地质选线应遵循下列原则:

1 线路宜绕避软土地段, 若绕避不经济或不可能时, 应选择在软土分布最窄、厚度最小、硬底横坡较缓地段通过。

2 线路宜选择在地势较高, 硬壳较厚, 取土条件较好的地带通过。

3 软土地区的路基宜以路堤通过, 路堤高度宜控制在设计临界高度以内, 但不宜低于基床厚度。

4 在滨海平原、冲积平原和湖积平原线路位置选择应符合下列要求:

1) 宜远离湖塘、人工渠道、河流及河口地段;

2) 宜沿河流高阶地通过;

3) 宜绕避古牛轭湖、埋藏谷及溺谷等软土埋藏地带;

4) 通过沿河谷分布的软土地带或古盆地时, 应避免从其中部通过。

5 在丘陵及山间谷地线路位置选择应符合下列要求:

1) 宜避开有软土分布的封闭或半封闭洼地;

2) 宜避免在硬底横坡较陡处通过。

6.3.4 软土地区工程地质调绘应包括下列内容:

1 查明软土地区地形、地貌特征、软土分布规律及其水文地质条件;

2 查明软土的成因类型、岩性、分布、厚度及物理力学性质;

3 查明硬壳厚度、性质及其随季节变化情况、硬底的性质及横向坡度;

4 了解既有建筑物的修建时间、加固措施、施工方法、稳定状况;

5 沼泽地区应查明植物的分布和生长情况、地表水的汇流和水位季节变化、水文情况、地表水疏干条件、地下水露头及与地表水的关系。

6.3.5 软土地区工程勘探应符合下列要求:

1 宜采用以静力触探、物探、钎探、轻型螺纹钻探为主的综合勘探方法查明软土的分布范围;

2 宜采用静力触探、轻型螺纹钻探、十字板剪切试验和钻探相结合的综合勘探方法查明软土地层厚度和物理力学性质;

3 勘探点的布置应根据地段长短和建筑工程特点、地层结构、成层条件、硬底横坡等确定，软土成层条件复杂时应加密勘探点；

4 勘探、测试深度应至硬底以下 2~5m，应有部分钻孔深度不小于地基计算压缩层的深度；

5 一般性钻孔应分层取代表性土样，层厚时可按上、中、下分别取原状土；控制性钻孔应连续取芯，每 1m 孔深取土样 2 个。

6.3.6 软土地区地质测试应符合下列要求：

- 1 使用静力触探应有钻孔和其他原位测试手段验证；
- 2 对厚层和难于取样的软土地层，宜采用静力触探、十字板剪切试验；
- 3 采取的土样应满足土工试验项目所需的规格和数量；
- 4 室内试验和原位测试项目应根据勘察阶段和工程类别确定。

6.3.7 软土地区工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质说明；
- 2 工程地质图，比例为 1:500~1:5000；
- 3 代表性工程地质横断面图，比例为 1:200，应注有地下水位及分层的物理力学性质代表数据；
- 4 工程地质纵断面图（必要时作），比例尺视具体情况而定；
- 5 硬底顶面等高线图（必要时作），比例为 1:500~1:5000；
- 6 勘探、测试等原始资料。

6.4 盐渍土

6.4.1 当遇埋藏较浅的地下水沿土的毛细孔隙上升并不断蒸发，在表层产生盐分聚集，形成吸湿、膨胀、溶陷等工程特性的特殊地层时，应按盐渍土开展工作。

6.4.2 当地表 1m 内土层易溶盐平均含量大于 0.5% 时，属盐渍土地段。

6.4.3 盐渍土地段的工程地质选线应遵循下列原则：

- 1 线路应绕避强、超盐渍土地带，特别是硫酸盐渍土、碱性盐渍土发育及盐沼地段，无法绕避时宜在盐渍土分布最窄、排水条件较好、盐渍化程度较轻的氯盐渍土地段通过；
- 2 线路宜选择在地势较高、排水条件较好、土中含盐量低的地段以路堤通过；
- 3 应根据当地冻前最高地下水位、基底及填土的毛细水强烈上升高度、最大冻结深度等因素，确定路堤的最小高度及采取的工程措施；

4 在盐渍土与软土共生地段，应同时考虑盐渍土及软土工程地质选线要求及工程处理措施，选择在二者处理工程均简易的地段通过。

6.4.4 盐渍土地段工程地质调绘应包括下列内容：

- 1 查明盐渍土分布范围，含盐类型、含盐程度在平面上的界线；
- 2 查明盐渍土形成的水文地质条件、地下水动态变化规律、水质情况；
- 3 查明盐渍土的物理力学性质、盐分分布规律、毛细水强烈上升高度；
- 4 了解既有建筑物的腐蚀、破损情况。

6.4.5 盐渍土地段工程勘探应符合下列要求：

- 1 宜采用以挖探或轻型勘探与钻探相结合的方法；
- 2 应根据盐渍土的分布特征合理布置勘探点，大范围盐渍土地段沿线取样间距不宜大于 500m；
- 3 勘探点的深度：桥梁、房屋及其他建筑物地基应满足工程设计要求；路基一般为 3~6m，并应有一定数量的勘探点控制沿线地下水位变化；
- 4 盐渍土盐分化验取样应在干旱季节进行；在地表 1.00m 范围内，一般按 0.00~0.05m（盐壳厚度较大时应按实际厚度取）、0.05~0.25m、0.25~0.50m、0.50~0.75m、0.75~1.00m 分层取样。

6.4.6 盐渍土地段地质测试应符合下列要求：

- 1 盐渍土的平均含盐量、含盐成分应按取样厚度加权平均计算；
- 2 不同盐渍土及不同土质应分别采取代表性原状土样作盐渍土的物理力学性质试验，并宜用原位测试方法确定地基承载力；
- 3 应测定不同类型盐渍土及不同土质的毛细水强烈上升高度值；
- 4 沿线应采取地表水和地下水作水质分析，大范围盐渍土地区沿线地下水取样间距不宜大于 2km。

6.4.7 应根据土的盐渍化程度和含盐性质判定盐渍土基底土层及填料适用情况，判定标准应符合表 6.4.7-1 和表 6.4.7-2 的规定。

6.4.8 盐渍土地段工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质说明；
- 2 工程地质图（必要时作），比例为 1：2000~1：5000，应有不同含盐类型及含盐程度等的工程地质分区界线；
- 3 工程地质横断面图，比例为 1：200~1：500，绘上最高地下水位线；

表 6.4.7-1 路基工程对土层含盐量的要求

盐渍土名称	基底及被利用土层的平均含盐量 \overline{DT} (%)			修筑路基的可用性
	氯盐渍土及亚氯盐渍土	硫酸盐渍土及亚硫酸盐渍土	碱性盐渍土	
弱盐渍土	$0.5 < \overline{DT} \leq 1.0$	—	—	可用
中盐渍土	$1 < \overline{DT} \leq 5$ ①	$0.5 < \overline{DT} \leq 2$ ①	$0.5 < \overline{DT} \leq 1.0$ ②	一般可用
强盐渍土	$5 < \overline{DT} \leq 8$ ①	$2 < \overline{DT} \leq 5$ ①	$1 < \overline{DT} \leq 2$ ②	可用,但应采取措 施
超盐渍土	$\overline{DT} > 8$ ③	$\overline{DT} > 5$	$\overline{DT} > 2$	不可用

注: ① 其中硫酸钠的含量不得超过 2%;

② 其中易溶的碳酸盐含量不得超过 0.5%;

③ 干燥度大于 50、年降水量少于 60mm、年平均相对湿度小于 40%的内陆盆地,路基填料和基底土在不受地表水浸泡时可不受氯盐含量的限制。

表 6.4.7-2 路基工程对土层含盐成分的要求

盐渍土程度	路基基底和填料容许含盐量 \overline{DT} (%)
氯盐渍土	$5 < \overline{DT} < 8$ (一般为 5%,如加大夯实密度,可提高其含盐量,但不得大于 8%*)
亚氯盐渍土	$\overline{DT} \leq 5$ (其中硫酸钠的含量不得大于 2%)
亚硫酸盐渍土	$\overline{DT} \leq 5$ (其中硫酸钠的含量不得大于 2%)
硫酸盐渍土	$\overline{DT} \leq 2.5$ (其中硫酸钠的含量不得大于 2%)
碱性盐渍土	$\overline{DT} \leq 2$ (其中易溶的碳酸盐含量不得大于 0.5%)

注: * 干燥度大于 50、年降水量少于 60mm、年平均相对湿度小于 40%的内陆盆地,路基填料和基底土在不受地表水浸泡时可不受氯盐含量的限制。

4 工程地质纵断面图(必要作时),比例为横 1:500~1:5000,竖 1:100~1:500,应绘最高地下水位线;

5 勘探、测试、气象及其他原始资料。

6.5 岩盐

6.5.1 在内陆咸水湖盆地,由于气候干旱,卤水浓缩、析盐形成表层以易溶盐为主要成分的盐壳,下部为充满易溶盐晶饱和卤水的特殊地层,当有低矿化度水补给时,极易发生溶蚀现象。遇该类地段时应按岩盐开展工程地质勘察。

6.5.2 岩盐地段的工程地质选线应遵循下列原则：

- 1 线路通过岩盐地区时，应选择在盐壳厚、强度高、无溶洞或溶洞少而小的地带通过；
- 2 线路应绕避低矿化度水出露、地表水汇集及开采卤矿的地带。

6.5.3 岩盐地段工程地质勘察应采用科学研究与综合勘察相结合的方法。

6.5.4 岩盐地段工程地质调绘应包括下列内容：

- 1 查明线路通过地带盐壳厚度、岩盐的厚度、结构，岩盐的类型，卤水的化学成分、矿化度及其平面和剖面上的分布规律。岩盐底部的地层、岩性；
- 2 查明地下水的类型、水位、变化幅度、水质、水量、流向、流速，承压水的水头高度等，与岩盐中卤水的水力联系，稀释卤水和溶盐程度、范围；
- 3 查明各类盐溶现象（溶孔、溶洞、溶陷），尤其是溶洞（明洞、暗洞）的分布、形状、大小、各溶洞间的联系、溶洞顶板的厚度和强度；
- 4 搜集有关盐湖开采的规模及方式、影响岩盐稳定和结构变化等的资料，分析对线路的影响程度。

6.5.5 岩盐地段工程勘探、地质测试应按下列要求进行：

- 1 勘探点的布置应沿线路两侧进行，盐溶发育地段采用逐步加密确定其范围；
- 2 勘探深度应超过基底 5~6m，水文地质条件复杂时还应适当加深；
- 3 应充分利用工程勘探孔，探明盐底含水层分层、水质情况及联系；探测岩盐与底部低矿化度含水层有水力联系的钻孔，应严格进行分层封水、分别取样化验；钻探测试结束后应及时严格封孔，避免给地基留下隐患；
- 4 可用物探方法探测岩盐中溶洞的位置、高程、形状、大小及溶洞间的联系；
- 5 按盐湖岩盐分段情况，不同深度分层取样进行岩盐物理力学试验及化学分析、卤水分析。

6.5.6 岩盐地段工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质说明；
- 2 工程地质图，比例为 1：2000~1：5000；
- 3 盐溶分布图，比例为 1：500~1：1000；
- 4 水化学及矿化度图（地下水特别发育时作），可与工程地质图合并；
- 5 工程地质纵断面图，比例为横 1：500~1：5000，竖 1：200~1：500，包括盐溶分布特征（盐溶特别发育时作）；

6 工程地质横断面图，比例为 1：200，应包括盐溶的分布特征；

7 勘探、测试及其他原始资料。

6.5.7 初测阶段岩盐地段工程地质勘察应包括下列内容：

1 利用遥感图像地质解译、区测地质、有关科研的成果资料，了解盐湖（池）的分布范围，分析岩盐的发展趋势，评价线路通过盐湖的可能性；

2 大面积调绘盐湖的微地貌形态、盐壳厚度、强度、岩盐结构及物理力学性质、盐底地层、岩性、卤水矿化度及地下水的活动规律及影响；

3 初步查明盐溶的类型、发生、发展规律及分布范围；

4 编制岩盐地段工程地质说明、工程地质图、工程地质纵横断面图。

6.6 多年冻土

6.6.1 冻结状态持续二年或以上的土层（岩层），由于温度条件变化，物理力学性质随之改变，并产生冻胀、热融等物理地质现象，应按多年冻土开展工作。

6.6.2 根据多年冻土平面分布可分为连续多年冻土和岛状多年冻土；根据剖面分布可分为衔接和不衔接多年冻土；根据含冰量、土的类别可分为少冰、多冰、富冰、饱冰冻土和含土冰层。

6.6.3 多年冻土地区的工程地质选线应遵循下列原则：

1 线路应选择在地表干燥、少冰、平缓地带通过，避免挖方、零断面及低填方，难以避免时应减少这些地段长度；山前线路应选择热融泥流扇形地貌外缘的下方以路堤通过；缓坡地段宜在上部通过；

2 线路应避免冻土各类不良地质现象地带及山坡变形地带，选择在少冰冻土地带，绕避含土冰层地带，避免通过富冰、饱冰地带，不能绕避时宜从地势平缓、地下冰分布较窄、较薄地带通过；

3 线路通过冰锥、冻胀丘地段应在其下方以路堤通过，留有足够高度；

4 线路应以路堤通过多年冻土沼泽、热融湖塘地段，其高度宜高出暖季后积水水位以上不小于 1.0m；

5 特大、大中桥位置应选择河流融区，避免将桥设在融区和多年冻土两种不同地基上；

6 岛状多年冻土区的隧道进出口路堑应选择多年冻土浅且短的地段，应避免产生热融滑塌地段，洞身必须避开地下冰及地下水发育地带；

7 区段站及以上大站应选择在地形平坦、地质条件良好、冻胀及融沉最小、

易于处理地段。

6.6.4 多年冻土地区工程地质调绘、研究应包括下列内容：

- 1 查明沿线多年冻土分布范围，确定多年冻土上限；
- 2 查明第四系地层的成因类型、地层结构、土质成分，特别是斜坡堆积物及特征；
- 3 收集、研究区域气温资料，查明地温特征值在平面和剖面上的分布特征；
- 4 查明多年冻土分类及富冰、饱冰、含土冰层分布规律，总含水率以及结构特征和物理力学性质；
- 5 查明地表水及地下水等水文地质特征、存在形态、相互关系及其对工程建筑物的影响；
- 6 查明多年冻土地区各种不良地质现象的形态特征、形成条件、分布范围、发生与发展规律；
- 7 查明大河桥渡融区分布情况；
- 8 查明隧道有无地下水、冻土融化圈影响围岩强度的降低及冰层融化、水转移可能引起的工程地质问题；
- 9 配合有关专业确定取土、弃土位置等，避免引起环境工程地质问题；
- 10 分析研究区域地质、气候条件的变化趋势，预测冻土变化及其对工程的影响，必要时应设置站、点进行观测。

6.6.5 多年冻土地区工程勘探、地质测试应符合下列要求：

- 1 为查明多年冻土地区物理地质现象季节性演变特点，应在二、三、四、五月进行地质调绘和勘探，上限深度勘探宜在九、十月进行；
- 2 应结合多年冻土设计原则确定勘探、测试深度；
- 3 岩、土试验项目除按一般岩、土物理力学性质的试验要求外，根据各类建筑物设计需要不同，分别提供热物理及冻土力学参数，如导温系数，融化下沉系数及冻土地基承载力；
- 4 为查明地温状态及其与土的物理力学性质的关系，应建立地温观测点，观测时间长短视工程要求而定。

6.6.6 多年冻土场地应根据工程类型、地质情况、地温特征值、岩土含水率及地下水情况评价其工程地质条件。其中，多年冻土地基还应根据土的类别、总含水率及融沉系数进行融沉性分级，其标准应符合表 6.6.6 的规定。

6.6.7 多年冻土地区工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质说明；
- 2 详细工程地质纵断面图，比例为横 1：10000，竖 1：200，注明冻土天然上限深度和冻土融沉性分级；
- 3 有关多年冻土的不良地质及各类建筑物工点工程地质资料；
- 4 勘探、测试、气象、地温及其他原始资料等。

表 6.6.6 多年冻土融沉性分级

土的名称	总含水率 w_{Λ} (%)	平均融沉 系数 δ_0 (%)	融沉等级 及类别	冻土 类别
粉黏粒质量小于 15% 的粗颗粒土 (包括碎石类土、砾砂、粗砂、中砂, 以下同)	$w_{\Lambda} < 10$	$\delta_0 \leq 1$	I 级不融沉	少冰冻土
粉黏粒质量大于 15% 的粗颗粒土	$w_{\Lambda} < 12$			
细砂、粉砂	$w_{\Lambda} < 14$			
粉土	$w_{\Lambda} < 1$			
黏性土	$w_{\Lambda} < w_p$			
粉黏粒质量小于 15% 的粗颗粒土	$10 \leq w_{\Lambda} < 15$	$1 < \delta_0 \leq 3$	II 级弱融沉	多冰冻土
粉黏粒质量大于 15% 的粗颗粒土	$12 \leq w_{\Lambda} < 15$			
细砂、粉砂	$14 \leq w_{\Lambda} < 18$			
粉土	$17 \leq w_{\Lambda} < 21$			
黏性土	$w_p \leq w_{\Lambda} < w_{\Lambda} + 4$			
粉黏粒质量小于 15% 的粗颗粒土	$15 \leq w_{\Lambda} < 25$	$3 < \delta_0 \leq 10$	III 级融沉	富冰冻土
粉黏粒质量大于 15% 的粗颗粒土				
细砂、粉砂	$18 \leq w_{\Lambda} < 28$			
粉土	$21 \leq w_{\Lambda} < 32$			
黏性土	$w_p + 4 \leq w_{\Lambda} < w_p + 15$			

土的名称	总含水率 w_A (%)	平均融沉 系数 δ_0 (%)	融沉等级 及类别	冻土 类别
粉黏粒质别小于 15% 的粗颗粒土	$25 \leq w_A < 44$	$10 < \delta_0 \leq 25$	IV 级强融沉	饱冰冻土
粉黏粒质量大于 15% 的粗颗粒土				
细砂、粉砂	$28 \leq w_A < 44$			
粉土	$32 \leq w_A < 44$			
黏性土	$w_p + 15 \leq w_A < w_p + 35$			
碎石类土、砂类土粉土	$w_A \geq 44$	$\delta_0 > 25$	V 级融陷	含土 冰层
黏性土	$w_A \geq w_p + 35$			

注:1 融沉系数为冻土试样融化下沉量与冻土试样高度的比;

2 总含水率为含冰和未冻水的总质量与土骨架质量之比;

3 w_p 为塑限含水率。

6.7 填 土

6.7.1 线路通过人为活动堆填、具有成分复杂、固结时间短的土层时,应按填土开展工作。

6.7.2 根据其堆填方式可划分为杂填土、素填土、冲(吹)填土和填筑土。

6.7.3 填土地段线路和工程位置选择应遵循下列原则:

1 线路应绕避地段长、松散、厚度大的填土地段,特别是松软的冲(吹)填土、由生活垃圾或工业废料组成的杂填土及填土基底横坡较大地段,应在没有填土或填土分布较窄、厚度较薄、基底土质较好、横坡平缓的地段通过;

2 有机质含量较多的生活垃圾、对基础有侵蚀性的工业废料,弃土时间短、未经处理的填土均不得作为工程的天然地基。

6.7.4 填土地段工程地质调绘应包括下列内容:

1 查明填土的类型、厚度、分布及原地面横坡,弃填年代、方式、来源及工程特征;

2 查明地基范围内暗埋塘、浜、沟、坑的分布及水文地质条件,有无有毒、有害气体等;

3 调查填土上永久或临时建筑物、构筑物的建筑年代、使用情况及当地建筑经验等。

6.7.5 填土地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

- 1 以填土作为路基基底时，应进行横断面勘探、测试；
- 2 以填土作为建筑物地基时，应根据填土类型、建筑物类型、位置、重要程度布置勘探、测试孔，对可能有暗塘、浜、沟、坑的地段勘探点应加密；
- 3 勘探深度应至填土层底以下不小于 2m；
- 4 当填土层下为软土或本身软弱时，应按本规范软土要求进行勘探、测试；
- 5 填土的物理力学性质，应采用原位测试和取样室内试验等方法确定，难以取得测试资料而又为重要工程时应进行现场载荷试验；
- 6 在地基持力层深度内应采取土样试验或进行原位测试；
- 7 应取环境水样进行水质分析，必要时应对有毒、有害气体取样分析。

6.7.6 填土地段工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质说明；
- 2 工程地质图（必要时作），比例为 1：500~1：2000；
- 3 工程地质横断面图，比例为 1：200 或 1：500；
- 4 勘探孔工程地质柱状图；
- 5 勘探、测试及其他原始资料等。

7 新建铁路工程地质勘察

7.1 一般规定

7.1.1 新建铁路工程地质勘察应按踏勘、初测、定测、补充定测四阶段开展工作。地形地质条件特别复杂、线路方案比选范围较大时，宜在初测前增加“加深地质工作”。

7.1.2 工程地质勘察工作深度应与设计阶段相适应，不应超越阶段要求，亦不得将本阶段应做的工作推到下一阶段或施工中去完成。

7.1.3 工程地质勘察应根据地区特点、工程设置、勘测阶段等确定勘察方法和工作量。每一阶段结束时，应根据工作情况，提出下阶段工程地质勘察重点及注意事项。

7.2 踏勘

7.2.1 踏勘阶段工程地质工作的任务应是了解影响线路方案的主要工程地质问题和各线路方案一般工程地质条件，为编制预可行性研究报告提供工程地质资料。

7.2.2 踏勘阶段工程地质工作应采用搜集、分析区域地质资料与遥感图像地质解译、现场踏勘相结合的工作方法，并完成下列各项工作：

- 1 广泛搜集、分析区域地质资料，认真研究线路方案；
- 2 地质复杂时，进行遥感图像地质解译，拟定现场踏勘重点及需解决的问题；
- 3 编制踏勘阶段工程地质资料。

7.2.3 踏勘阶段的工程地质工作应包括下列内容：

- 1 概略了解线路通过区域的地层、岩性、地质构造、地震动参数区划、水文地质等及其与线路的关系，初步评价线路通过地区的工程地质条件；
- 2 对控制线路方案的越岭地段，了解其地层、岩性、地质构造、水文地质及不良地质等的概略情况，提出越岭方案的比选意见；
- 3 对控制线路方案的大河桥渡，了解其地层、岩性、地质构造、岸坡和河床的稳定程度等的概略情况，提出跨越地段地质条件的比选意见；
- 4 对控制线路方案的不良地质和特殊岩土地段，概略地了解其类型、性质、范围及其发生、发展的概况，提出对铁路工程危害程度的评估意见和对线路方案的比选意见；
- 5 了解沿线既有及拟建的大型水库及矿区情况，分析它们对线路方案的影响；
- 6 对地震动峰值加速度大于 $0.4g$ 的地区，应进行地震危害的专门研究，提出线路方案的比选意见和下一阶段勘测的注意事项。

7.2.4 踏勘阶段工程地质资料编制应符合下列要求：

- 1 工程地质文字说明，内容包括：
 - 1) 线路通过地区的自然地理、地层岩性、地质构造、水文地质概况、主要气象资料及地震动参数区划概况；
 - 2) 控制线路方案的不良地质、特殊岩土、地质复杂的越岭地段、大河桥渡、大型水库和矿区等的工程地质条件；
 - 3) 各方案的工程地质条件评价和方案比选意见；
 - 4) 对下阶段工程地质勘察工作的建议。
- 2 全线工程地质图：
 - 1) 比例为 $1:50000 \sim 1:200000$ （工程地质条件简单时，可用 $1:500000$ ），可与线路方案平、纵断面缩图合并；
 - 2) 利用区测地质和遥感图像解译资料编制，对控制线路方案的不良地质、主

要构造等可用文字说明并以图例表示于平面图的相应地段；

3 控制线路方案的不良地质、特殊岩土和地质复杂的特大桥、长隧道的工程地质平、纵断面示意图；

4 搜集的勘探、试验资料及工程地质照片等的整理。

7.2.5 当线路通过地形地质条件特别复杂、线路方案多、比选范围大时，应在提交预可行性研究报告中提出安排“加深地质工作”要求的意见。

7.3 加深地质工作

7.3.1 “加深地质工作”的任务应是根据审查批复意见，在线路可能通过的最大区域内，初步查明控制和影响线路方案的地质条件，提出初测方案范围和评价意见。

7.3.2 加深地质工作应采用多片种遥感图像地质解译、大面积地质调绘和综合物探相结合并辅以少量验证性钻探的综合勘察方法。

7.3.3 加深地质工作应包括下列内容：

1 初步查明测区地形地貌、气象特征、地震动参数等自然地理概况及主要地层岩性、影响线路方案的地质构造的延伸及其工程地质特征；

2 初步查明测区内不良地质及特殊岩土的性质、规模、发育特征、分布范围及对线路方案的影响程度；

3 初步查明测区内水文地质条件及对线路方案的影响程度；

4 布置少量钻孔，查明控制性地质条件，并结合工程情况与物探测井、孔内原位测试相配合，取得尽量多的地质参数。

7.3.4 大面积工程地质选线应充分注意对环境工程地质条件分析，全面权衡其对线路和建筑物的稳定、施工安全、运营养护及对环境的长期影响，并应符合下列要求：

1 河谷线路应选择在地形平坦的宽谷阶地一侧，宜避开陡峻山坡，避免岩层不利结构面倾向线路的长大挖方工程；

2 越岭线路宜避开地质构造轴线，尤其应避免沿大的断层破碎带、地下水发育的地带通过；应选择在相对稳定、地层完整 5 重点桥梁、隧道及控制性路基工程应结合线路走向和工程地质条件、水文地质条件在较大范围内进行方案比选；应避免沿断裂破碎带及在地质条件复杂地带通过。

7.3.5 加深地质工作调绘范围应以批准的加深地质工作要求范围为准，包括所有

线路方案在内的区域。当宏观地质条件定性需要加宽时，可适当扩大范围。

7.3.6 加深地质工作成果资料应包括下列内容：

- 1 线路方案研究报告。
- 2 工程地质总报告。

内容包括：勘测工作情况、自然地理概况、地层及构造、水文地质特征、主要工程地质问题及对策、线路方案的地质条件评价及结论意见、存在的主要问题及初测中应注意事项。

必要时应增加水文地质、遥感图像地质解译，地球物理勘探等分报告。

3 地质图件，包括：

- 1) 测区工程地质图，比例为 1 : 20000 ~ 1 : 50000，填绘内容应包括地层年代、岩性、影响线路方案的地质构造、不良地质、特殊岩土的性质、范围及水文地质情况、地震动参数及界线；
- 2) 水文地质图，比例尺与工程地质图相同；
- 3) 遥感图像地质解译成果图；
- 4) 地质复杂、控制线路方案的特大桥、长隧道的工程地质断面图（含物探地质纵断面图），比例尺根据需要确定；
- 5) 勘探、测试成果资料。

7.4 初 测

7.4.1 初测阶段工程地质勘察应根据预可行性研究报告审查批复意见安排工作。

7.4.2 初测阶段的工程地质勘察工作应包括下列内容：

- 1 查明线路可能通过地区区域地质条件，为工程地质选线提供可靠地质依据；
- 2 查明推荐线路方案和线路主要比较方案工程地质条件，对线路各方案做出评价；
- 3 编制初测工程地质勘察报告和为各类工程设计提供工程地质资料。

7.4.3 初测阶段工程地质勘察工作的重点应包括下列内容：

- 1 大面积工程地质选线应符合本规范第 7.3.4 条的规定。
- 2 推荐线路方案和线路主要比较方案应包括：
 - 1) 查明沿线的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质特征等工程地质条件；
 - 2) 初步查明各类不良地质和特殊岩土的成因、类型、性质、范围、发生发展、

分布规律及其对线路的危害程度，提出线路通过的方式和部位；

3) 初步查明地质复杂及控制和影响线路方案的重大路基工点、大桥、隧道、区段站及以上大站等的工程地质条件，为各类工程位置选择和工程设计提供地质资料；

4) 对由于工程修建可能出现的地质病害，预测其发生和发展的趋势及对线路方案的影响；

5) 确定沿线岩土的施工工程分级。

7.4.4 初测阶段的工程地质调绘，宜采用下列方法：

1 工程地质调绘宜采用野外地质调绘与遥感图像地质解译相配合；

2 构造复杂的地区用追索法，查明地质构造特征、性质、延伸方向；宽大断裂带应划分岩体的破碎程度，评价构造带对线路方案或工程的影响；

3 工程地质图应在野外实地填绘，对线路方案和工程有影响的地质界线、地质点，应采用仪器测绘。

7.4.5 初测阶段工程地质调绘内容，除应符合本规范第 3.3 节的规定外，尚应符合下列要求：

1 应统一对区域地层划分标准和技术工作标准；

2 配合有关专业实地确定地形地质条件较复杂地段线路通过的地带，查明不良地质、特殊岩土、重点桥、隧道等控制和影响线路方案地段的工程地质条件，提出线路通过位置或方案比选意见；

3 一般地段结合工程地质条件，提出工程措施意见，确定岩土施工工程分级及挖方地段岩、土成分比例；

4 搜集、汇总气象资料及土的冻结深度，并结合地形条件划分适宜范围；

5 在短时间难以查明且影响线路方案选定的复杂地质地段或工点，必要时应建立观测站（点）进行观测。

7.4.6 初测阶段工程地质调绘宽度应满足下列要求：

1 全线工程地质图，受构造条件控制时，应调绘至线路受构造影响的范围；受其他地质条件控制时，应调绘至该条件对线路的影响范围之外；沿河谷的线路，当需要比较两岸工程地质条件时，应调绘至河谷两岸线路可能通过的范围；

2 详细工程地质图，应与线路地形图的宽度相适应；对于不良地质、特殊岩土及受地质条件控制的大桥、隧道等工点，应扩大调绘至有影响的范围。

7.4.7 初测阶段工程勘探和测试工作应符合下列要求：

1 勘探、测试工作应根据地质条件合理选配勘探测试方法，地质条件允许时应充分利用工程物探、原位测试等方法；

2 勘探、测试的重点应是控制和影响线路方案的不良地质、特殊岩土及地质复杂的重点工程，一般地段也应布置适当的勘探测试孔，避免遗漏隐蔽的工程地质问题；

3 勘探、测试孔的数量和深度，对控制和影响线路方案的工点应结合工程类别和场地地质条件确定，对一般地段应以基本查明区域稳定程度和沿线工程地质条件为原则；

4 对控制和影响线路方案的工程应根据工程要求采集水、土、岩样进行分析试验，一般地段应结合区域地质条件分段采集水、土、岩样进行分析试验。

7.4.8 初测阶段工程地质勘察资料编制应符合下列要求：

1 工程地质勘察报告，内容包括：

1) 任务依据，线路概况；

2) 工作概况：包括工作时间、工作方法、人员与分工、完成工作量和既有资料利用情况等；

3) 自然概况：包括线路通过地段的自然地理概况，如山脉、水系、气象、地形、地貌等及城镇、交通情况，地震动参数的区划概况，土的冻结深度分布情况；

4) 工程地质特征：包括沿线地层、岩性及其分布范围，线路通过主要地质构造及与线路的关系，各类铁路建筑物的工程地质条件；

5) 水文地质特征；

6) 主要工程地质问题：包括沿线不良地质、特殊岩土的 type、性质、范围、分布规律及其对线路的危害程度，处理原则；

7) 线路各方案的工程地质评价和比选意见；

8) 有待进一步解决的问题及定测注意事项；

9) 必要时附全线各类工点目录表。

2 全线工程地质图，比例为 1：10000~1：200000，应包括主要岩层分界线、地质构造线、代表性岩层产状、地层小柱状图、地层成因及时代，不良地质、特殊岩土、地震动参数界线，地质图例，代表性工程地质横断面图及主要方案工程地质纵断面示意图或综合柱状图。对评价工程地质条件有重要意义的地质现象，在图上

填绘宽度不足 2mm 时，应适当扩大并加注说明。

图面地质界线填绘的宽度不宜小于 5~10cm，有比较线且两方案相距不远时，中间宜予补全，使其相连。

3 详细工程地质图，比例为 1:2000~1:5000，可与线路平面图合并，其内容包括：岩层分界线、成因、时代、产状、节理、断裂、褶曲等，不良地质、特殊岩土的范围界线，地震动参数界线，地下水露头、地层小柱状图、地质点，地质图例、符号（绘于封面之后）。

4 沿线工程地质分段说明：根据导线里程或纸上定线里程，按地形、地貌或不同工程地质条件分段编写。其内容包括：地形、地貌、地层、岩性、地质构造、水文地质条件，不良地质和特殊岩土的分布、特征、规模、发生和发展的原因、稳定性及其对工程影响的评价；不控制线路方案的路基（包括防护工程）、桥涵、隧道、站场等建筑物的工程地质条件，以及挖方边坡坡率、地基基本承载力、隧道围岩分级、岩土施工工程分级及挖方工程岩、土成分比例，工程措施意见。

在线路纵断面图工程地质特征栏内，可分段扼要说明该段地质概况。

5 勘探、测试及其他原始资料：

1) 所有观测点、钻探、简易勘探及各类测试资料，除附有关工点外，应各有一份装订成册；

2) 各类物探成果资料，应按工点整理、分析说明并装订成册；

3) 地质照片、岩石标本、化石等分类整理。

7.4.9 初测阶段应对控制和影响线路的不良地质、特殊岩土、重大工程和技术复杂的工程编制工点资料，其编制办法应符合本规范第 4 章有关规定。控制线路方案、工程地质条件复杂的特大桥、长隧道等工点的地质资料宜单独成册。

主要比较方案应以同等精度完成上述资料。

7.4.10 可行性研究阶段地质篇的编制应符合下列要求：

1 文字说明

1) 地质勘察概况：简述勘察依据、勘测范围、勘测经过、工作方法及主要参考资料等；

2) 自然地理概况：概述测区地形地貌及气象特征；

3) 工程地质特征：内容包括地层岩性、地质构造及地震；

4) 水文地质特征；

5) 工程地质条件评价：着重说明不良地质、特殊岩土和地质复杂控制线路方案桥梁、隧道、重大工程的地质条件评价及工程措施，由于工程设置对环境条件的影响等；

6) 线路各方案的工程地质条件和评价：着重说明受地质因素控制的选线原则，贯通方案和主要比较方案的地质条件和评价；

7) 有待进一步解决的问题。

2 附件

1) 附图：全线工程地质图，比例为 1：10000～1：200000；区域地质构造纲要图（区域地质构造复杂，控制线路方案时作），比例为 1：200000 1：500000；详细工程地质图，比例为 1：2000～1：5000。

2) 地质资料单独成册的工点：控制和影响线路方案地质条件复杂的特长隧道、多线隧道、特大桥、高桥及不良地质工点（也可分别附有有关专业各工点）。

7.5 定 测

7.5.1 定测阶段工程地质勘察工作应符合下列要求：

- 1 根据可行性研究报告批复意见，在利用初测、可行性研究报告资料的基础上，为确定线路具体位置详细查明采用方案的工程地质和水文地质条件；
- 2 为各类工程建筑物初步设计提供工程地质资料。

7.5.2 定测阶段工程地质勘察工作应包括下列内容：

1 准备阶段

1) 熟悉可行性研究资料及方案比选过程，补充搜集有关区域地质及工程地质资料；

2) 研究可行性研究报告批复意见及定测任务书，结合工程地质条件提出对线路方案的改善意见；

3) 工程勘察工作全面开展前，宜统一技术工作标准，提出工程地质勘察中的注意事项；

4) 配合有关专业进行沿线会勘，实地了解线路位置概略情况及可能出现的局部修改方案地段的工程地质条件。

2 勘察阶段

1) 工程勘察工作应采用综合勘察方法，资料整理时应进行综合分析；

2) 工程勘察工作宜按工点进行，应结合区域地质条件，详细查明场地地质条

件，合理布置勘探、测试工作。

7.5.3 定测阶段工程地质调绘应根据沿线地质特点，结合工程类型开展工作。除应满足本规范第 3.3 节的规定外，尚应包括下列内容：

- 1 对有价值的局部比较方案，提供评定方案的工程地质资料及方案选择的意见；
- 2 受工程地质条件控制的地段，宜采用地质横断面选线，必要时应实地试线确定线路位置；
- 3 详细查明地形地貌形态与地层岩性、地质构造之间的关系及其对工程的影响，预测工程设置、施工可能出现的工程地质问题；
- 4 实地复核、修改、补充详细工程地质图，为绘制详细工程地质纵断面图搜集地质素材；
- 5 已设置且影响工程稳定的地质观测站（点），应继续进行观测。

7.5.4 定测阶段工程勘探工作应符合下列要求：

- 1 勘探点的布置应满足下列要求：
 - 1) 勘探点的间距，应根据地质复杂程度和不良地质、特殊岩土的性质，以及建筑物的布置范围确定；
 - 2) 工程地质断面图上地质界线的确定应以地质点为依据，代表性工程地质断面图不得少于 2~3 个地质点（包括观测点）；
 - 3) 区域地质条件规律性明显、地层简单时，可用代表性勘探点资料，提供一般建筑物的设计；
 - 4) 一般路基地段应布置适量勘探孔，以满足编制详细工程地质纵断面图要求和不遗漏对线路安全有影响的工程地质问题。
- 2 勘探点的深度除应满足各类建筑工程勘探要求外，尚应满足下列要求：
 - 1) 水上基础工程应超过最大季节冻结深度；
 - 2) 水下基础工程应超过水流最大冲刷深度；
 - 3) 地震动峰值加速度为 0.1g 及以上地区，地基土为饱和砂土、粉土地层时，应大于地震可液化层深度；
 - 4) 若第四系覆盖较薄，应结合建筑物对地基强度的要求和基岩形态、性质及其风化带的力学强度来确定，一般应超过岩层风化带至微风化岩层一定深度；
 - 5) 位于陡立谷坡上的基础工程，应穿透该谷坡稳定坡角线以下，并达持力层；

6) 探明地质构造(如断裂)、水文地质条件、不良地质和特殊岩土의 勘探测试孔, 应视具体情况确定。

3 下列情况的钻孔宜进行物探测井或原位测试:

1) 地质复杂地段的钻探, 由于岩心漏层可能对工程稳定及施工安全有影响的钻孔;

2) 需测定地下水位、层数、流向、流速或渗透系数的钻孔;

3) 需测定岩层原始地应力和地温的钻孔;

4) 有特殊要求的钻孔。

7.5.5 岩土参数的测试工作应符合下列要求:

1 第四系堆积地层宜采用原位测试方法, 分层提供承载力;

2 软土地区宜采用土工试验和静力触探、十字板剪切试验相结合的方法为工程设计提供软土物理、力学数据;

3 应根据工程场地条件、区域地质、不良地质和特殊岩土의 发育情况, 分别采取岩、土、水样进行分析试验;

4 有不利结构面危及工程稳定和施工安全时, 也可选择适当地点作大面积剪切试验。

7.5.6 定测阶段工程地质勘察资料编制应符合下列要求:

1 地质勘察资料编制工作应按资料整理程序开展工作。其中基础资料应结合场地情况, 对各类地质勘察资料进行认真分析、综合对比。岩土参数结合地质条件, 剔除异常数据后再分类统计。

2 各类建筑物、不良地质、特殊岩土工点, 应按本规范第 4.5.6 章有关规定编制。

3 工程地质勘察报告应包括下列内容:

1) 工作概况: 内容包括任务依据、工作时间、人员分工、工作方法、完成工作量、资料利用等;

2) 自然地理概况: 内容包括线路通过地区地形地貌、交通、气象特征、土的冻结深度段落划分;

3) 工程地质特征: 内容包括沿线地层、岩性、地质构造、水文地质特征、岩土施工工程分级、地震动参数等;

4) 工程地质条件评价: 内容包括不良地质、特殊岩土、各类重点工程的工程

地质条件概况、评价及工程措施意见等；

5) 有待解决的问题；

6) 全线各类工点及附件目录。

4 详细工程地质图，比例为 1：2000～1：5000（补充修改可行性研究的详细工程地质图）；

5 详细工程地质纵断面图，比例为横 1：10000，竖 1：200～1：1000，也可与线路详细纵断面图合并，填绘地层、岩性、地质构造、岩土施工工程分级、代表性勘探点及对工程有影响的地下水水位线，用花纹符号或文字与花纹符号结合绘制，工程地质特征栏内分段简述地质概况；

6 勘探、测试资料及其他原始资料分类分析整理、装订成册。

7.5.7 初步设计地质篇的编制，应符合下列要求：

1 文字说明

1) 勘察概况：简述勘察依据、勘测范围、勘测经过、工作方法等；

2) 自然地理概况：简述线路通过地区地形地貌、交通、气象特征、季节性冻土深度段落划分等；

3) 地质概况：内容包括沿线地层岩性、地质构造、水文地质特征及地震动参数等；

4) 工程地质条件评价：简述沿线有关的不良地质、特殊岩土的性质及工程处理措施、各类重点工程地质条件及工程措施；

5) 施工中应注意的工程地质问题：主要阐述沿线环境地质条件改变后可能引起的工程地质问题和该线施工应注意的工程地质问题。

2 附件

1) 全线工程地质图，比例为 1：10000～1：200000；

2) 详细工程地质图，比例为 1：2000～1：5000；

3) 详细工程地质纵断面图，比例为横 1：10000，竖 1：200～1：1000；

4) 各类工点工程地质资料附入该专业工点资料内。

7.6 补充定测

7.6.1 补充定测阶段工程地质勘察应根据工程勘察任务书要求，在充分利用既有工程地质资料基础上，补充工程地质勘察工作，提供沿线各类工程施工图设计所需工程地质资料。

7.6.2 补充定测阶段工程地质调绘工作应符合下列要求：

- 1 按工点核对、补充地质调绘资料。地质条件复杂工点、尚遗留地质疑点时，应从影响因素入手，多角度反复调查，详细查明场地地质条件。
- 2 修改、补充详细工程地质图，为修改详细工程地质纵断面图搜集资料。
- 3 影响施工安全并已设点进行观测的站点，应继续进行观测。

7.6.3 补充定测阶段工程勘探和地质测试工作应符合下列要求：

- 1 应在分析既有地质资料结合场地工程地质条件的基础上，按施工图设计要求补充勘探、测试工作；
- 2 勘探测试数量与孔深应根据场地地质条件、工程设置、初步设计地质资料情况确定；
- 3 测试内容应根据既有工程地质资料情况及工程施工图设计所需岩、土、水参数要求确定。

7.6.4 补充定测阶段工程地质勘察资料编制应符合下列要求：

- 1 工程地质勘察资料整理应首先将既有地质资料和本阶段工程地质勘察资料一起汇总分析，出现差异，分析原因，作出判断，然后按程序进行；
- 2 工程地质勘察报告编写内容可参照定测阶段工程地质勘察报告要求编写，内容中应着重评价工程地质特征、各类工程地质条件、施工中应注意的工程地质问题；
- 3 利用补充定测阶段工程地质资料，补充、修改初步设计阶段详细工程地质图和详细工程地质纵断面图；
- 4 各类建筑物、不良地质、特殊岩土工点资料编制，应符合本规范第4~6章的有关规定；
- 5 勘探、测试资料及其他原始资料应分类整理，装订成册。

8 改建铁路工程地质勘察

8.1 一般规定

8.1.1 改建铁路工程地质勘察应与新建铁路工程地质勘察的任务相同。

8.1.2 改建铁路工程地质勘察应充分利用既有铁路的工程地质资料，借鉴既有工程建筑的成功经验和教训，在考虑改建和增建工程场地稳定性的同时，还应考虑既有建筑物的稳定状况及增建二线对既有建筑物的影响。

8.1.3 改建铁路绕行线段应按新建铁路开展工程地质勘察工作。

8.2 工作内容

8.2.1 改建铁路工程地质勘察工作应包括下列内容：

1 查明改建地段及增建第二线的地形、地貌、地层岩性、地质构造、不良地质、特殊岩土及水文地质特征，评价其工程地质条件，提出改建方案或增建第二线的左右侧选择和方案比选的意见；

2 查明改建地段及并行地段既有不良地质和特殊岩土的性状，施工、运营以来的发展与演变情况，评价既有整治措施的效果，提出改建或增建第二线的通过部位、方式及措施意见；

3 调查改建或并行地段各类既有建筑物的工程地质条件、稳定状况，病害发生过程及整治效果，确定增建第二线的位置和方式，提出改建或增建建筑物的工程措施意见。

8.2.2 改建铁路工程地质调绘应符合下列要求：

1 应在充分搜集和研究区域地质、既有铁路工程地质资料的基础上详细了解地质病害工点的发生、发展和演变情况、整治措施和效果，增建第二线对既有铁路的影响，查明水文地质、工程地质条件，提出综合整治的措施意见及设计所需工程地质资料。

2 地质调绘应沿既有线进行。调绘宽度可根据横断面范围、取土坑范围或顶排水范围确定。工程地质条件复杂或地质病害地段，应根据需要加宽调查范围。调绘重点应放在改建或增建第二线所在的一侧。绕行地段应按新建铁路工程地质调绘要求沿绕行线进行。

3 凡受工程地质条件控制，影响线路方案选择的地段，应进行较大面积的调绘，为方案比选提供依据。

8.2.3 改建铁路工程勘探、地质测试工作，应符合下列要求：

1 勘探、测试点的布置及勘探深度，应在充分利用既有资料的基础上，结合改建或增建建筑物的位置和需要，比照新建铁路工程勘探、测试要求办理；

2 对影响建筑物稳定和行人安全的坑、孔经鉴定、测试后，应立即回填夯实。

8.2.4 改建既有线或增建第二线左右侧的选择，应在查明既有线两侧工程地质条件的基础上，考虑对既有病害的改善和治理，考虑对既有建筑物的影响、既有设备的利用、对运营的干扰等因素，进行技术经济综合比选。

1 增建隧道应根据工程地质条件和一线隧道情况，确定二线隧道位置和间距；应充分考虑二线隧道建设对既有隧道稳定和运营安全；

2 路堑边坡坍塌变形地段如采用清方刷坡等工程进行根除病害时，第二线可选在有病害的一侧；

3 滑坡错落地段应选择在有利于增进稳定的一侧；

4 泥石流地段宜选在既有线下游一侧；

5 风沙地段宜选在当地主导风向的背风一侧；

6 软土地段基底有明显横坡时，宜选在横坡下侧；

7 膨胀土地段宜选在地面平缓、挖方较低的一侧；

8 盐渍土地段宜选在地势较高、地下水位较低或排水条件较好的一侧；

9 水库坍岸地段不宜选在水库一侧。

8.2.5 既有建筑物工程地质调查应以查明既有建筑物的工程地质条件、施工及运营期间发生的病害及整治情况，判明其稳定状态为目的。用类比法综合分析改建或增建建筑物的工程地质条件，为设计提供地质资料和借鉴工程措施意见。

1 既有路基工程应调查既有路基及防护、加固工程的稳定状态，必要时进一步查明其水文地质、工程地质条件。

2 既有桥涵工程应调查既有桥涵及调节、导流建筑物的稳定状态，必要时查明其水文地质、工程地质条件。

3 既有隧道工程地质调查应包括下列内容：

1) 了解既有隧道水文地质、工程地质条件及其分段围岩分级；

2) 调查既有隧道洞口堑坡、仰坡的稳定状态及其工程地质条件；

3) 调查隧道洞口、洞身施工及运营中曾发生过的工程地质问题或病害的范围、性质、原因及其变形情况、采用的整治措施与效果；

4) 调查既有隧道渗漏地段、地下水类型、动态及整治措施与效果。

4 既有站场工程应调查既有站场、厂房基础的地质条件，地质病害的发生、发展过程及采取的处理措施与效果。

8.3 资料编制

8.3.1 改建铁路工点工程地质资料编制应按本规范第4章内容和要求执行。

8.3.2 改建铁路踏勘阶段全线工程地质综合资料应包括下列内容：

1 工程地质总说明书；

2 全线工程地质图。

8.3.3 改建铁路初测阶段全线工程地质综合资料应包括下列内容：

1 工程地质总说明书：

1) 勘察概况（简述线路概况、任务依据、勘察经过、工作方法、既有资料搜集和利用及完成工作量）；

2) 自然概况（包括地形、地貌及气象特征）；

3) 工程地质特征（包括地层、岩性、构造及地震动参数）；

4) 水文地质特征；

5) 工程地质条件（着重说明不良地质、特殊岩土和既有病害的性质及其对重大工程的影响与处理意见）；

6) 线路方案的工程地质评价（包括线路左右侧选择的意见）；

7) 有待下一阶段进一步解决的问题及注意的事项。

2 全线工程地质图，比例为 1：10000～1：100000，填绘内容与新建铁路该阶段全线工程地质图相同。

3 详细工程地质图，比例为 1：2000～1：10000，其内容和要求与新建铁路该阶段详细工程地质图相同。

4 在线路既有线放大纵断面图中填绘地质，其内容包括：地层岩性、地质构造、岩土施工工程分级、代表性勘探及对工程有影响的地下水位线。在工程地质栏内分段扼要说明地质概况。

5 沿线工程地质分段说明。

6 勘探、测试资料。

7 其他有关的原始资料。

8.3.4 改建铁路定测阶段全线工程地质综合资料应包括下列内容：

1 工程地质总说明书。

2 详细工程地质图。

3 详细工程地质纵断面图，可与线路纵断面图合并。

4 辅助详细工程地质纵断面图（在平面改动地段作），比例为横 1：10000，竖 1：200～1：1000，亦可与线路辅助详细纵断面图合并。

5 在线路既有线放大纵断面图中填绘地质，其内容包括：地层岩性、地质构造、岩土施工工程分级、代表性勘探及对工程有影响的地下水位线。在工程地质栏

内分段扼要说明地质概况。

6 沿线工程地质分段说明（必要时作）。

7 勘探、测试资料。

8.3.5 改建铁路补充定测阶段全线工程地质综合资料，除不再编写沿线工程地质分段说明外，其他内容与定测阶段相同。

9 施工阶段工程地质工作

9.1 工作任务

9.1.1 施工阶段工程地质工作应针对现场地质情况，及时提出改进施工方法的意见及处理措施，保障建筑物的施工符合实际工程地质条件，根据施工情况编录施工竣工资料。

9.1.2 施工阶段工程地质工作的任务应包括下列内容：

- 1 及时预测和解决施工中遇到的工程地质问题，以利施工顺利进行；
- 2 核查开挖后的工程地质情况，对受地质条件控制的工程和地质条件复杂地段，应根据实际工程地质条件，完善工程措施意见，必要时开展监测或补充勘探工作；
- 3 根据施工实际地质情况修改施工图件中的地质资料，编制竣工工程地质图表、说明，为运营养护、改建扩建积累资料。

9.2 工作内容

9.2.1 施工阶段工程地质工作应包括下列内容：

- 1 研究工程勘察地质资料，掌握沿线各类工程及不良地质、特殊岩土工点的分布情况，预测施工中可能遇到的工程地质问题，在编制实施性施工组织文件中提出施工注意事项。
- 2 继续做好勘察阶段延续下来的观测工作及岩溶地区的勘探工作，并及时为相关施工工程提供资料。
- 3 在施工中，经常了解地层开挖情况，密切注视岩、土成分，密实、潮湿程度，地下水情况，软弱夹层、地质构造、裂隙、破碎程度，核实、修正设计图中的工程地质资料。
- 4 施工中发现地质情况与施工图差异较大或遇到新的工程地质问题，在采取应急措施的同时，应提出补充勘察或改变设计的建议。

5 在地质构造复杂及山坡不稳地段，施工开挖中应密切监视变形情况，预测可能发生的地质病害，提出施工注意事项和工程处理意见，必要时应布置观测桩网进行观测。

6 应监查隐伏不良地质的实际情况及工程处理质量，发现问题及时处理，不留后患。

7 重点工程和特殊岩土地段的施工，应核查控制工程地质条件、岩土的特殊成分、含量及其物理力学性质，必要时应对影响工程安全的层段进行地质复核工作。

8 隧道开挖中，监视和编录工程地质和水文地质的变化情况，详细记录和分析有关坍塌变形等地质情况，发现坍塌预兆应分析其对继续掘进的影响和采取的工程措施。当地质条件复杂时，可采用超前勘探，预报工程地质条件。

9 监督施工中取弃岩、土及排水的方案、方式，有恶化环境工程地质条件倾向时应及时纠正。

10 编制隐蔽工程和不良地质工点及全线的竣工工程图件及施工工程地质说明。

9.2.2 变更设计工程地质资料的搜集应按铁道部有关规定办理。

9.3 资料编制

9.3.1 竣工后，应编制下列综合资料：

1 竣工工程地质报告：

1) 工作概况：包括施工单位、施工年月、工程地质人员及分工等；

2) 工程地质特征：包括沿线的地层、岩性、构造、水文地质、工程地质以及设计中采用的各种地质数据的修改与补充；

3) 施工情况：有关不良地质、特殊岩土工点和地质复杂的重大工程，在施工中出现的工程地质问题的性质、特征，施工中采取的措施；

4) 设计文件中工程地质资料存在问题的解决过程与改进意见；

5) 临时运营过程中出现的工程地质问题及采取的处理措施、效果；

6) 观测桩、网的建立情况和观测结果的说明；

7) 运营养护中应注意的工程地质问题。

2 竣工工程地质纵断面图，可利用设计文件中详细工程地质纵断面图进行修正、补充。

- 3 施工中有关勘探、测试、照片等资料的整理。
- 4 施工中有关工程地质的技术总结及经验教训等。

9.3.2 下列工点竣工工程地质图件应按如下要求编制：

1 路基挡墙、改河工程

- 1) 竣工工程地质说明；
- 2) 竣工基础工程地质纵断面图；
- 3) 竣工工程地质横断面图，1~3 个，根据需要增减，受水流掏刷的挡墙、防护基坑应注明回填土的名称。

2 桥涵工程

- 1) 竣工工程地质说明；
- 2) 桥址及地质复杂的涵洞竣工工程地质纵断面图，根据各个基坑资料修改；
- 3) 墩台竣工基坑工程地质横断面图或展视图，明挖施工、有可能受洪水掏刷的桥基坑应注明回填土名称。

3 隧道工程

- 1) 竣工工程地质说明；
- 2) 洞身竣工工程地质纵断面图，包括地层、岩性、褶曲、断裂的产状，破碎带及坍塌和变形地段的性质、长度、宽度、高度，地下水出露的位置、水质、水量，分段围岩分级等；
- 3) 洞身竣工工程地质横断面图，在断裂、破碎、坍塌变形地段及土、岩交界地段应适当加密；
- 4) 断裂、破碎地段的洞身展视图，比例为 1 : 100~1 : 500，必要时应作全洞的洞身展视图。

4 房屋工程

对重大厂房、站房、高层建筑的地基，绘制代表性基坑工程地质纵、横断面图，比例为 1 : 100 或 1 : 200，并编制说明。

5 不良地质、特殊岩土工点

应根据不良地质、特殊岩土的 type，采取工程措施的性质，编制相应的竣工工程地质图件及说明。在图件上加注岩、土的物理力学数据或岩土化学试验资料等。对于滑坡工点，应将开挖后实测的滑坡面的形状、位置等资料，编制于相应的竣工工程地质断面图上。

6 有关工点在施工、临时运营期间的观测研究等资料。

9.3.3 各类工点的竣工工程地质说明应包括下列内容：

1 原有地质资料的概略情况及其结论；

2 施工过程中遇到的重大工程地质问题及其处理的经过、措施、效果、运营中应注意的事项；

3 对勘察资料的评价。

9.3.4 地质条件复杂、施工过程中出现地质病害较多的工点及采用新技术处理的工点，应单独写出总结报告。

10 运营阶段工程地质工作

10.1 工作任务和内容

10.1.1 运营阶段工程地质工作的主要任务应是监测和预报铁路沿线地质病害的发生、发展情况，分析原因，提出防治措施。

10.1.2 运营阶段工程地质工作应包括下列内容：

1 分析、研究竣工工程地质资料，调查、了解全线工程地质条件及勘察、施工过程中的主要工程地质问题。

2 参加新线运营交接验收工作，核收竣工工程地质资料。根据现场地质和施工后情况，提出保障建筑场地及建筑物稳定必须增补的工程及措施意见。

3 对危害建筑物正常使用和行车安全的严重不良地质工点，应建立或健全观测站、点，完善和补充地质病害工点的观测工作，建立、健全病害工点登记簿，施行定期观测研究。

4 由于地质因素发生险情，应立即调查其发生、发展、演变情况，根据险情发展趋势，提出抢险措施及整治方案的工程地质资料和意见。

10.2 不良地质、特殊岩土地质病害的观测工作

10.2.1 对下列情况，应进行建筑物地基变形观测：

1 修建在不均匀或软弱地基上的铁路建筑物；

2 因地基变形或局部失稳而产生裂缝、破损的建筑物；

3 胀缩性变形严重的膨胀土地区的建筑物。

10.2.2 建筑物变形观测应包括升降、位移、倾斜、裂缝等。

10.2.3 当地下水对建筑物稳定影响较大时，应建立地下水观测点。

10.2.4 观测次数和时间应根据变形严重程度和变形速度确定。

10.2.5 测量精度宜采用Ⅲ级水准测量，并应采用闭合法。

10.2.6 滑坡变形观测应包括下列内容：

1 下列情况应进行滑坡变形观测：

- 1) 经整治的大型滑坡，交付运营后应继续观测 2~3 年；
- 2) 施工期间已整治但仍不稳定的滑坡，须在运营期间继续整治并观测；
- 3) 运营期间产生的滑坡应及时整治并进行观测。

2 滑坡观测一般分为简易观测和布网观测。布网观测包括三角坐标测量和现场交会两类，采用何种方法宜根据滑坡移动特征和地形条件确定。

3 观测时间应根据滑坡变形速率和对运营影响程度确定。

10.2.7 风沙移动观测应包括下列内容：

1 风沙危害严重地段应进行风沙移动观测，内容包括风向、风速、沙丘移动方向、方式、速度、对铁路建筑物危害程度等。

2 观测方法：

1) 风速、风向观测：在风沙地区设立简易观测站，可用手提风速仪，于大风时在沙害地段进行瞬时风速观测；

2) 沙丘移动观测：可在沙丘顶及坡脚埋设标志，定时观测丘顶和坡脚位置变化，以确定沙丘的移动方向和速度；

3) 大风时，用集沙仪测定风沙流的高程分布及输沙量等。

3 观测时间应根据风沙危害程度、沙丘移动速度和工作需要确定，但在大风季节，每次大风和大风后均应进行观测。

4 建立风沙危害履历卡片，记录内容应包括沙害地点、起讫里程、积沙高度、移动方向和速度（与铁路的关系）及危害程度等。

10.2.8 对运营安全有威胁的其他不良地质、特殊岩土地段，亦应根据需要及时进行相应的观测、预报工作。

10.2.9 与地下水有关的不良地质、特殊岩土地段，需取得地下水动态资料才能整治的地质病害工点，应布置相应的地下水动态观测工作。

10.2.10 运营铁路地质复杂、不良地质、特殊岩土病害集中的线段，有条件时宜定期航空摄影进行地区性动态分析，预测、预报地质病害的发生、发展情况，以便及时采取防治措施。

10.3 资料编制

10.3.1 增补工程地质资料应根据工程地质条件复杂程度予以确定：

1 工程地质条件简单的增补工程，可分析利用、补充既有（竣工和勘察）工程地质资料提供设计施工；

2 工程地质条件复杂的增补工程应按本规范第4~10章的有关要求进行勘探、测试，提供工程地质资料并编制竣工工程地质图表说明等资料。

10.3.2 观测资料的编制应符合下列要求：

1 各项观测工作均应按一定格式进行记录，及时绘制成各种图表、曲线并进行分析。发现错误应进行复测，发现异常应提出应急措施。

2 在一般情况下，应逐月、逐季、逐年或根据需要定期对观测资料进行综合分析、研究，提出有针对性的意见。

3 观测工作结束后，应对观测资料进行分析、研究，整理成套。观测说明应阐述观测对象发生、发展、演变及观测过程，并有结论性意见。

附录 A 岩土施工工程分级

A.0.1 工程地质勘察中，应根据岩土性质和施工的难易程度进行岩土施工工程分级，分级标准应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 岩土施工工程分级

等级	分类	岩土名称及特征	钻 1m 所需时间			岩石单轴饱和抗压强度 (MPa)	开挖方法
			液压凿岩台车、潜孔钻机 (净钻分钟)	手持风枪湿式凿岩合金钻头 (净钻分钟)	双人打眼 (工天)		
I	松土	砂类土, 种植土, 未经压实的填土					用铁锹挖, 脚蹬一下到底的松散土层, 机械能全部直接铲挖, 普通装载机可满载
II	普通土	坚硬的、可塑的粉质黏土, 可塑的黏土, 膨胀土, 粉土, Q_3 、 Q_4 黄土, 稍密、中密角砾土、圆砾土, 松散的碎石土、卵石土, 压密的填土, 风积沙					部分用镐刨松, 再用锹挖, 脚连蹬数次才能挖动。挖掘机、带齿尖口装载机可满载、普通装载机可直接铲挖, 但不能满载
III	硬土	坚硬的黏性土、膨胀土, Q_1 、 Q_2 黄土, 稍密、中密碎石土、卵石土, 密实的圆砾土、角砾土, 各种风化成土状的岩石					必须用镐先全部刨过才能用锹挖。挖掘机、带齿尖口装载机不能满载; 大部分采用松土器松动方能铲挖装载

等级	分类	岩土名称及特征	钻 1m 所需时间			岩石单轴饱和抗压强度 (MPa)	开挖方法
			液压凿岩台车、潜孔钻机 (净钻分钟)	手持风枪湿式凿岩合金钻头 (净钻分钟)	双人打眼 (工天)		
IV	软石	块石土、漂石土, 含块石、漂石 30%~50% 的土及密实的碎石土、卵石土, 岩盐; 各类较软岩、软岩及成岩作用差的岩石; 泥质岩类、煤、凝灰岩、云母片岩、千枚岩		<7	<0.2	<30	部分用撬棍及大锤开挖或挖掘机、单钩裂土器松动, 部分需借助液压冲击镐解碎或部分采用爆破法开挖
V	次坚石	各种硬质岩: 硅质页岩、钙质岩、白云岩、石灰岩、泥灰岩、玄武岩、片岩、片麻岩、正长岩、花岗岩	≤10	7~20	0.2~1.0	30~60	能用液压冲击镐解碎, 大部分需用爆破法开挖
VI	坚石	各种极硬岩: 硅质砂岩、硅质砾岩、石灰岩、石英岩、大理岩、玄武岩、闪长岩、花岗岩、角岩	>10	>20	>1.0	>60	可用液压冲击镐解碎, 需用爆破法开挖

注:1 软土(软黏性土、淤泥质土、淤泥、泥炭质土、泥炭)的施工工程分级, 一般可定为 II 级; 多年冻土一般可定为 IV 级。

2 表中所列岩石均按完整结构岩体考虑, 若岩体极破碎、节理很发育或强风化时, 其等级应按表对应岩石的等级降低一个等级。

附录 B 物探、原位测试方法的适用条件

B.0.1 工程地质勘察中，物探方法的选择应根据物性参数、基本原理、适用条件、场地条件及工程要求综合考虑，其选择原则应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 物探方法的

物探方法		利用参数	基本原理	
电法勘探	直流电法	电测深法	以地下岩土的电阻率、电磁场、极化率及介电常数等物理场为基础,借助物探仪器测量上述物理场的天然或人工场中,空间与时间的变化规律,结合已知地质资料通过分析和研究,推断出地下一定深度范围内,地质体的分布特性及水文地质条件	
		电剖面法		
		高密度剖面法		
		自然电场法		自然电位差
		充电法		电位
		激发极化法		极化率衰减时
	交流电法	大地电磁测深及剖面法	电导率	
人工源电磁频率测深法				
甚低频率法				
地质雷达		介电常数		
弹性波勘探	地震勘探	折射波法	利用人工或天然激发的地震波在岩土层中的传播产生的反射、折射及瑞雷波变频测深的特性,以研究地下地质体的几何形态及岩土体的物理力学参数	
		反射波法		
		瑞雷波法		
	声波探测	卓越周期		
地基微动测定				
重力勘探		重力加速度	测定地球重力异常分布变化,分析地下地质情况	
磁法勘探		磁场强度磁化强度	量测地磁场变化	
放射性勘探		岩土的 γ 、 α 射线的活度,测氡	测定岩土的天然或人工放射性 r 活度及氡、钍衰变物的异常	
井下物探	电测井		电阻率	
	放射性测井		放射性活度	
	水文测井		水电阻率	
	单孔声波探测		岩土波速	
	跨孔声波探测		岩土波速	
	孔间电磁波透视		导电率	
	钻孔技术测量		井斜井温井径	
			用仪器观测钻井及井间岩土物性差异所引起的天然或人工物理场变化规律,以研究井壁和井周空间地质构造,测定岩土自然状态下物理力学和水文地质参数	

B.0.2 在地基勘察中，原位测试方法的选择应根据其适用范围、岩土类别、建筑物基础设计对参数的要求综合考虑，其选择原则应符合表 B.0.2 的规定。

应用范围及适用条件

应用范围	适用条件
<ul style="list-style-type: none"> (1)探测覆盖层、古河床、古墓，寻找砂砾建材 (2)探测隐伏地质构造，如不同岩性陡立接触带、岩脉、断层带 (3)探测滑坡体的滑动面 (4)探测岩溶、地下暗河及人为坑洞 (5)在第四系地层中和基岩断裂带及岩溶发育区寻找含水层富水带，划分咸淡水界线，测潜水流向、流速，测水库漏水点 (6)测量电力、通讯线路的大地导电率 (7)工程质量检测及探查地下管线 	<ul style="list-style-type: none"> (1)探测对象与围岩有明显电性差异 (2)探测对象直径 D 与埋深 H 比 ≥ 0.2 (3)信噪比大于 $3(S/N)$ (4)单井充电法测潜水流向、流速，要求潜水深度小于 50m；自然电场法测流向，要求潜水深度小于 15m，水流坡度要大；用充电法探测暗河长度应大于埋藏深度的 3 倍 (5)交流电磁法适用于接地困难，存在高屏蔽层的地区、地段 (6)地质雷达探测的地质体间，介电常数应有一定差异
<ul style="list-style-type: none"> (1)探测地质构造 (2)探测覆盖层厚度、断层破碎带、滑动面、潜水位等 (3)探测岩体动弹性模量等 (4)探测地脉动卓越周期、桩基及建筑物基础探查 (5)测定岩体完整性系数 	<ul style="list-style-type: none"> (1)折射波法：应满足 $v_2 > v_1$，岩层视倾角与临界角之和小于 90° (2)反射波法：应满足 $v_1 \rho_1 \neq v_2 \rho_1$，地层倾角 $3^\circ \sim 5^\circ$ 时最有利
<p>探区域地质构造、深部断层；微加重力仪探测大溶洞</p>	<p>探测地质体与围岩有明显密度（重力或磁）差异。 探测对象规模与埋深比要足够大</p>
<p>探岩浆岩体界线、断层带、地下管线、考古</p>	
<p>探寻基岩裂隙水、断层带，测土湿度、密度、环境监测</p>	<p>探测对象与围岩有放射性差异，所探对象埋深浅</p>
<p>划分软弱夹层、风化层厚度；测断裂带、岩溶位置；测井中出水位置及水文地质参数；测岩土物理力学参数；监测地下水污染，核处理场地选址</p>	<p>电测井和无线电波透视及声速测井，应在有泥浆（水）无套管的孔中进行，水文测井应在无套管或有滤管经洗井后的清水井中进行</p>

表 B.0.2 原位测试方法适用范围

测试方法	适用的岩、土类别							取得的岩、土参数											
	岩石	碎石土	砂土	粉土	黏性土	软土	填土	剖面分层	土类鉴别	物理状态	强度参数	模量	基床系数	柔度系数	固结系数	侧压力系数	超固结比	承载力	判别液化
载荷板试验 (PLT)	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++				++	+++	+++				+	+++	
螺旋板载荷试验 (SPLT)			+++	+++	+++	++	+				++	+++	+++		+		++	+++	
单桩静载试验 (SLTP)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++							+++				+++	
现场直剪试验 (HDST)	+++	+++	+	+	++	+	+				+++	++							
十字板剪切试验 (VST)					++	+++					+++	+						++	
预钻式旁压试验 (PMT)	+++	++	++	+++	+++	+	++				++	+++	++			+		+++	
标准贯入试验 (SPT)			+++	++	++	+	+	++	+++	++								++	+++
动力触探 (DPT)		+++	+++	++	++	+	++	++		+		+						++	
静力触探 (CPT)			++	+++	+++	+++	++	+++	+	++	++	+	+					++	+++
孔压静力触探 (CPTU)			++	+++	+++	++	++	+++	++	++	++	+	+		++		+	++	+++
应力铲试验 (TPCT)			+	+	+	+++		++							+	++			
扁板侧胀试验 (FDT)			+	++	++	+++	+	++	++		++	++	+			+		+	

注:+++很适用,++适用,+较适用。

附录 C 挖方边坡坡率

C.0.1 路堑边坡坡率，应根据岩土的性质、岩土体结构、岩层产状、风化程度、地貌、水文地质等因素和边坡高度，并参照自然山坡和既有人工边坡的稳定程度综合确定。

边坡高度不大于 20m 时，可按表 C.0.1 确定。

表 C.0.1 路堑边坡坡率

岩土类别			边坡坡率 ($H \leq 20\text{m}$)
均质黏性土			1 : 1 ~ 1 : 1.5
中密以上的粉土、中砂、粗砂、砾砂			1 : 1.5 ~ 1 : 1.75
黄土	Q_3, Q_4	黏质黄土	1 : 0.5 ~ 1 : 0.75
		砂质黄土	1 : 0.75 ~ 1 : 1.25
	Q_1, Q_2 黄土		1 : 0.3 ~ 1 : 1.0
碎石土、角砾土、圆砾土、卵石土	胶结或密实		1 : 0.5 ~ 1 : 1.0
	稍密、中密		1 : 1.0 ~ 1 : 1.5
岩石			1 : 0.1 ~ 1 : 1.5

注:1 黄土路堑边坡高度大于 12m 时,可采用阶梯式,中部设平台,两平台间高度 8~10m;

2 当有可靠资料和经验时,可不受本表限制。

附录 D 地基承载力

D.0.1 岩土地基承载力分为容许承载力 $[\sigma]$ 、基本承载力 σ_0 和极限承载力 P_u 。岩土地基的基本承载力可按表 D.0.1-1~表 D.0.1-11 确定，当有经验或用原位测试方法确定时，可不受上述各表限制；对重要工程应采用载荷试验、理论公式计算及其他原位测试方法综合确定。

表中的地基承载力只适用于铁路路基、桥涵、隧道等工程。房屋、厂房等工程建筑地基承载力应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》(GBJ 7)、《湿陷性黄土地区建筑规范》(GBJ 25) 等的有关规定执行。

1 岩石地基的基本承载力

表 D.0.1-1 岩石地基基本承载力 σ_0 (kPa)

节理发育程度	节理很发育	节理发育	节理不发育或较发育
节理间距(cm) 岩石类别	2~20	20~40	>40
硬质岩	1500~2000	2000~3000	>3000
较软岩	800~1000	1000~1500	1500~3000
软岩	500~800	700~1000	900~1200
极软岩	200~300	300~400	400~500

注:1 对于溶洞、断层、软弱夹层、易溶岩的岩石等,应个别研究确定;

2 裂隙张开或有泥质充填时,应取低值。

2 碎石类土地基的基本承载力

表 D.0.1-2 碎石类土地基基本承载力 σ_0 (kPa)

土名	松散	稍密	中密	密实
卵石土	300~500	500~650	650~1000	1000~1200
碎石土	200~400	400~550	550~800	800~1000
圆砾土	200~300	300~400	400~600	600~850
角砾土	200~300	300~400	400~500	500~700

注:1 半胶结的碎石类土可按密实类的同类土的值提高 10%~30%;

- 2 由硬质岩块组成, 充填砂类土者用高值; 由软质岩块组成, 充填黏土者用低值;
- 3 自然界中很少见松散的碎石类土, 定为松散应慎重;
- 4 漂石土、块石土的基本承载力值, 可参照卵石土、碎石土表值适当提高。

3 砂类土地基的基本承载力

表 D. 0. 1—3 砂类土地基基本承载力 σ_0 (kPa)

砂土名称	密实度		稍松	稍密	中密	密实
	湿度					
砾砂、粗砂	与湿度无关		200	370	430	550
中砂	与湿度无关		150	330	370	450
细砂	稍湿或潮湿		100	230	270	350
	饱和			190	210	300
粉砂	稍湿或潮湿			190	210	300
	饱和			90	110	200

4 粉土地基的基本承载力

表 D. 0. 1—4 粉土地基基本承载力 σ_0 (kPa)

$e \backslash w$	10	15	20	25	30	35	40
0.5	400	380	(355)				
0.6	300	290	280	(270)			
0.7	250	235	225	215	(205)		
0.8	200	190	180	170	(165)		
0.9	160	150	145	140	130	(125)	
1.0	130	125	120	115	110	105	(100)

注: 1 e 为天然孔隙比, w 为天然含水率, 有括号者仅供内插。

- 2 在湖、塘、沟、谷与河漫滩地段以及新近沉积的粉土, 应根据当地经验取值。

5 Q_4 冲、洪积黏性土地基的基本承载力

表 D.0.1-5 Q_4 冲、洪积黏性土地基本承载力 σ_0 (kPa)

液性指数 I_L 孔隙比 e	0	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
0.5	450	440	430	420	400	380	350	310	270	240	220		
0.6	420	410	400	380	3160	340	310	280	250	220	200	180	
0.7	400	370	350	330	310	290	270	240	220	190	170	160	150
0.8	380	330	300	280	260	240	230	210	180	160	150	140	130
0.9	320	280	260	240	220	210	190	180	160	140	130	120	100
1.0	250	230	220	210	190	170	160	150	140	120	110		
1.1			160	150	140	130	120	110	100	90			

注:土中含粒径大于 2mm 的颗粒,按质量计占全部质量的 30% 以上时, σ_0 可酌情提高。

6 Q_3 及其以前冲、洪积黏性土地基的基本承载力

表 D.0.1-6 Q_3 及其以前冲、洪积黏性土地基本承载力 σ_0

压缩模量(MPa)	10	15	20	25	30	35	40
基本承载力(kPa)	380	430	470	510	550	580	620

注:1 压缩模量为对应于 0.1~0.2MPa 压力段的压缩模量;

2 当压缩模量小于 10MPa 时,其基本承载力可按黏性土表 D.0.1-5 确定。

7 残积黏性土地基的基本承载力

表 D.0.1-7 残积黏性土地基本承载力 σ_0

压缩数量(MPa)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
基本承载力(kPa)	190	220	250	270	290	310	320	330	340

注:本表适用于西南地区碳酸盐类岩层的残积红土,其他地区可参照使用。

8 软土地基的承载力

1) 容许承载力 $[\sigma]$ 可按下式计算:

$$[\sigma] = \frac{1}{k} 5.14CU + \gamma h \quad (D.0.1)$$

式中 h ——基础底面的埋置深度 (m): 对于受水流冲刷的, 由冲刷线算起; 不受水流冲刷者, 由天然地面算起;

γ ——基底以上土的天然重度的平均值 (kN/m^3): 如持力层在水面以下,

且为透水者，水中部分应采用浮重度；如为不透水者及基底以上水中部分土层无论透水性质如何，均应采用饱和重度；

CU——排水抗剪强度 (kPa)；

k ——安全系数，可视软土的灵敏度及建筑物对变形的要求等因素选用 1.5~2.5。

2) 一般建筑物基础，其基本承载力也可按表 D.0.1—8 确定。

表 D.0.1—8 软土地基基本承载力 σ_0

天然含水率(%)	36	40	45	50	55	65	75
基本承载力(kPa)	100	90	80	70	60	50	40

9 黄土地基的基本承载力

表 B.0.1—9 新黄土 (Q_3 、 Q_4) 地基基本承载力 σ_0 (kPa)

液限 w_L	天然含水率 w		5	10	15	20	25	30	35
	孔隙比 e								
24	0.7			230	190	150	110		
	0.9		240	200	160	125	85	(50)	
	1.1		210	170	130	100	60	(20)	
	1.3		180	140	100	70	40		
28	0.7		280	260	230	190	150	110	
	0.9		260	240	200	160	125	85	
	1.1		240	210	170	140	100	60	
	1.3		220	180	140	110	70	40	
329	0.7			280	260	230	180	150	
	0.9			260	240	200	150	125	
	1.1			240	210	170	130	100	60
	1.3			220	180	140	100	70	40

注:1 非饱和 Q_3 新黄土,当 $0.85 < e < 0.95$ 时, σ_0 值可提高 10%；

2 本表不适用于坡积、崩积和人工堆积等黄土；

3 括号内表值供内插用。

表 D.0.1-10 老黄土 (Q_1 、 Q_2) 地基基本承载力 σ_0 (kPa)

w/w_L \ e	<0.7	$0.7\sim 0.8$	$0.8\sim 0.9$	>0.9
<0.6	700	600	500	400
$0.6\sim 0.8$	500	400	300	250
>0.8	400	300	250	200

注:1 老黄土黏聚力小于 50kPa,内摩擦角小于 25° ,表中数值应适当降低 20%左右;

2 w 为天然含水率, w_L 为液限, e 为天然孔隙比。

10 多年冻土地基的基本承载力

表 D.0.1-11 多年冻土地基基本承载力 σ_0 (kPa)

序号	土名	基础底面的月平均最高土温($^\circ\text{C}$)					
		-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.5
1	块石土、卵石土、碎石土	800	950	1100	1250	1380	1650
2	圆石土、角砾土、砾砂、粗砂、中砂	600	750	900	1050	1180	1450
3	细砂、粉砂	450	550	650	750	830	1000
4	粉土	400	450	550	650	710	850
5	粉质黏土、黏土	350	400	450	500	560	700
6	饱冰冻土	250	300	350	400	450	550

注:1 表列数值不适用于含盐量和泥炭化程度分别超过表 D.0.1-12 及表 D.0.1-13 中数值的多年冻土;

2 本表序号 1~5 类地基承载力适合于少冰冻土、多冰冻土,当序号 1~5 类的地基为富冰冻土时,表列数值应降低 20%;

3 含土冰层的承载力应实测确定;

4 基础置于饱冰冻土的土层时,基础底面应敷设厚度不小于 0.20~0.30m 的砂垫层。

表 D.0.1-12 盐渍化冻土的盐渍程度界限值

土类	粗颗粒土	粉土	粉质黏土	黏土
盐渍程度(%)	≥ 0.10	≥ 0.15	≥ 0.20	≥ 0.25

表 D.0.1-13 泥炭化冻土的泥炭化程度界限值

土类	粗颗粒土	粉土、黏性土
泥炭化程度(%)	≥ 3	≥ 5

D.0.2 岩土地基的极限承载力应根据现场载荷试验及静力触探计算公式获取，也可按表 D.0.2-1~表 D.0.2-11 确定。

1 岩石地基的极限承载力

表 D.0.2-1 岩石地基极限承载力 p_u (kPa)

节理发育程度	节理很发育	节理发育	节理不发育或较发育
节理间距(cm)	2~20	20~40	>40
岩石类别			
硬质岩	4500~6000	6000~9000	大于 9000
较软岩	2400~3000	3000~4500	4500~9000
软岩	1250~2400	2100~3000	2700~3600
极软岩	500~750	750~1000	1000~1250

注:1 对于溶洞、断层、软弱夹层、易溶岩的岩石等,应个别研究确定;

2 裂隙张开或有泥质充填时,应取低值。

2 碎石类地基的极限承载力

表 D.0.2-2 碎石类土地基极限承载力 P_u (kPa)

土名 \ 密实度	松散	稍密	中密	密实
卵石土	800~1000	1300~1600	1800~2100	2500~2800
碎石土	600~800	1000~1200	1400~1700	2000~2200
圆砾土	400~600	650~750	1000~1200	1500~1800
角砾土	350~500	600~750	800~1000	1250~1500

注:1 半胶结的碎石类土可按密实类的同类土的值提高 10%~30%;

2 由硬质岩块组成,充填砂类土者用高值;由软质岩块组成,充填黏土者用低值;

3 自然界中很少见松散的碎石类土,定为松散者应慎重;

4 漂石土、块石土的极限承载力值,可参照卵石土、碎石土表值适当提高。

3 砂类土地基的极限承载力

表 D. 0. 2-3 砂类土地基极限承载力 p_u (kPa)

砂土名称	密实度		稍松	稍密	中密	密实
	湿度					
砾砂、粗砂	与湿度无关		400	740	860	1100
中砂	与湿度无关		300	660	740	900
细砂	稍湿或潮湿		200	460	540	700
	饱和		380	420	600	
粉砂	稍湿或潮湿			380	420	600
	饱和			180	220	400

4 粉土地基的极限承载力

表 D. 0. 2-4 粉土地基极限承载力 p_u (kPa)

e	w							
		10	15	20	25	30	35	40
0.5		744	707	(660)				
0.6		558	539	521	(502)			
0.7		465	437	419	400	(381)		
0.8		372	353	335	316	(307)		
0.9		298	279	270	260	242	(233)	
1.0		242	233	223	214	205	195	(186)

注：1 e 为天然孔隙比， w 为天然含水率，有括号者仅供内插；

2 在湖、塘、沟、谷与河漫滩地段以及新近沉积的粉土，应根据当地经验取值。

5 Q_4 冲、洪积黏性土地基的极限承载力

表 D. 0. 2—5 Q_3 冲、洪积黏性土地基极限承载力 p_u (kPa)

液性指数 I_L 孔隙比 e	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
0.5	837	818	800	781	744	707	651	577	502	446	409		
0.6	781	763	744	707	670	632	577	521	465	409	372	335	
0.7	744	688	651	614	577	539	502	446	409	353	316	298	279
0.8	707	614	558	521	484	446	428	391	335	298	279	260	242
0.9	595	521	484	446	4019	391	353	335	298	260	242	223	186
1.0	465	428	409	391	353	316	279	279	260	2233	205		
1.1			298	279	260	242	223	205	186	167			

注:土中含粒径大于 2m 的颗粒,按质量计占全部质量的 30% 以上时, σ_0 值可酌情提高。

6 Q_3 及以前冲、洪积黏性土地基的极限承载力

表 D. 0. 2—6 Q_3 % 及其以前冲、洪积黏性土地基极限承载力 p_u

压缩模量(MPa)	10	15	20	25	30	35	40
极限承载力(kPa)	730	826	902	979	1056	1114	1190

注:1 压缩模量对应于 0.1~0.2MPa 压力段的压缩模量;

2 压缩模量小于 10MPa 时,其极限承载力可按黏性土表 D. 0. 2—5 确定。

7 残积黏性土地基的极限承载力

表 D. 0. 2—7 残积黏性土地基极限承载力 p_u

压缩模量(MPa)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
极限承载力(kPa)	380	440	500	540	580	620	640	660	680

注:本表适用于西南地区碳酸盐类岩层的残积红土,其他地区可参照使用。

8 软土地基的极限承载力

表 D. 0. 2—8 软土地基极限承载力 p_u

天然含水率(%)	36	40	45	50	55	65	75
极限承载力(kPa)	179	161	143	125	107	90	72

9 新、老黄土地基极限承载力

表 D.0.2-9 新黄土 (Q_3 、 Q_4) 地基的极限承载力 p_u (kPa)

液限 ω_L	天然含 水率 w	5	10	15	20	25	30	35
	孔隙比 e							
24	0.7		460	380	300	220		
	0.9	480	400	320	250	170	(100)	
	1.1	420	340	260	200	120	(40)	
	1.3	360	280	200	140	80		
28	0.7	560	520	460	380	300	220	
	0.9	520	480	400	320	250	170	
	1.1	480	420	340	280	200	120	
	1.3	440	360	280	220	140	80	
32	0.7		560	520	460	360	300	
	0.9		520	480	400	300	250	
	1.1		480	420	340	260	200	120
	1.3		440	360	280	200	140	80

注: 1 非饱和 Q_3 新黄土, 当 $0.85 < e < 0.95$ 时, p_u 值可提高 10%;

2 本表不适用于坡积、崩积和人工堆积等黄土;

3 括号内表值供内插用。

表 D.0.2-10 老黄土 (Q_1 、 Q_2) 地基极限承载力 p_u (kPa)

w/ω_L	e	< 0.7	$0.7 \sim 0.8$	$0.8 \sim 0.9$	> 0.9
< 0.6		1400	1200	1000	800
$0.6 \sim 0.8$		1000	800	600	500
> 0.8		800	600	500	400

注: 1 老黄土黏聚力小于 50kPa, 内摩擦角小于 25° , 表中数值应适当降低 20% 左右;

2 w 为天然含水率, ω_L 为液限, e 为天然孔隙比。

10 多年冻土地基的极限承载力

表 D.0.2-11 多年冻土地基的极限承载力 p_u (kPa)

序号	土名	基础底面的月平均最高土温(°C)					
		-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.5
1	块石土、卵石土、碎石土	1600	1900	2200	2500	2760	3300
2	圆石土、角砾土、砾砂、粗砂、中砂	1200	1500	1800	2100	2360	2900
3	细砂、粉砂	900	1100	1300	1500	1660	2000
4	粉土	800	900	1100	1300	1420	1700
5	粉质黏土、黏土	700	800	900	1000	1120	1400
6	饱冰冻土	500	600	700	800	900	1100

- 注:1 表列数值不适用于含盐量和泥炭化程度分别超过表 D.0.1-12 及表 D.0.1-13 中数值的多年冻土;
- 2 本表序号 1~5 类适合于少冰冻土、多冰冻土,当序号 1~5 类为富冰冻土时,表列数值应降低 20%;
- 3 含土冰层的承载力实测确定;
- 4 基础置于饱冰冻土的土层时,基础底面应敷设厚度不小于 0.20~0.30m 的砂垫层。

附录 E 铁路隧道围岩分级

E.0.1 铁路隧道围岩分级应根据围岩基本分级，受地下水、高地应力及环境条件等影响的分级修正，综合分析后确定。

E.0.2 隧道围岩基本分级划分，应符合表 E.0.2—1 的规定。其中，岩石坚硬程度及岩体完整程度的划分应符合表 E.0.2—2 及表 E.0.2—3 的规定。

表 E.0.2—1 铁路隧道围岩的基本分级

级别	岩体特征	土体特征	纵波速度 (km/s)
I	极硬岩,岩体完整	—	>4.5
II	极硬岩,岩体较完整;硬岩,岩体完整	—	3.5~4.5
III	极硬岩,岩体较破碎;硬岩或软硬岩互层,岩体较完整;较软岩,岩体完整	—	2.5~4.0
IV	极硬岩,岩体破碎;硬岩,岩体较破碎或破碎;较软岩或软硬岩互层,且以软岩为主,岩体较完整或较破碎;软岩,岩体完整或较完整	具压密或成岩作用的黏性土、粉土及砂类土,一般钙质、铁质胶结的碎、卵石土、大块石土、 Q_1 、 Q_2 黄土	1.5~3.0
V	软岩,岩体破碎至极破碎;全部极软岩及全部极破碎岩(包括受构造影响严重的破碎带)	一般第四系坚硬、硬塑黏性土,稍密及以上、稍湿、潮湿的碎、卵石土、圆砾土、角砾土、粉土及 Q_3 、 Q_4 的黄土	1.0~2.0
VI	受构造影响很严重呈碎石角砾及粉末、泥土状的断层带	软塑状黏性土、饱和的粉土、砂类土等	<1.0(饱和状态<1.5)

表 E. 0. 2—2 岩石坚硬程度的划分

岩石单轴饱和抗压强度 R_c (MPa)	$R_c > 60$	$60 \geq R_c > 30$	$30 \geq R_c > 15$	$15 \geq R_c > 5$	$R_c \leq 5$
坚硬程度	极硬岩	硬岩	较软岩	软岩	极软岩

表 E. 0. 2—3 岩体完整程度的划分

完整程度	结构面特征	结构类型	岩体完整性指数 (K_v)
完整	结构面 1~2 组, 以构造型节理或层面为主, 密闭型	巨块状整体结构	$K_v > 0.75$
较完整	结构面 2~3 组, 以构造型节理、层面为主, 裂隙多呈密闭型, 部分结构面 1~2 组, 以构造型节理、为微张型, 少有充填物	块状结构	$0.55 < K_v \leq 0.75$
较破碎	结构面一般为 3 组, 以节理及风化裂隙为主, 在断层附近受构造影响较大, 裂隙以微张型和张开型为主, 多有充填物	层状、块石碎石状结构	$0.35 < K_v \leq 0.55$
破碎	结构面大于 3 组, 多以风化型裂隙为主, 在断层附近受构造作用影响大, 裂隙宽度以张开型为主, 多有充填物	碎石角砾状结构	$0.15 < K_v \leq 0.35$
极破碎	结构面杂乱无序, 在断层附近受断层作用影响大, 宽张裂隙全为泥质或泥夹岩屑充填, 充填物厚度大	散体状结构	$K_v \leq 0.15$

E. 0. 3 隧道围岩受地下水影响时, 应进行分级修正。当围岩无水时, 采用其围岩基本分级; 当有少量地下水时, 围岩基本分级 III~V 级者应对应修正为 IV~VI 级; 当地下水量较大时, 围岩基本分级 I~V 级者应对应修正为 II~VI 级。

E. 0. 4 隧道围岩受高地应力影响时, 应按表 E. 0. 4 进行分级修正。

表 E.0.4 高地应力影响对隧道围岩分级修正

修正级别 应力状态	基本分级	I	II	III	IV	V	VI
	极高应力	I	II	III或IV①	V	VI	—
高应力	I	II	III	IV或V②	VI	—	

注：①围岩岩体为较破碎的极硬岩、较完整的硬岩时定为Ⅲ级，围岩岩体为完整的较软岩、较完整的软硬互层时定为Ⅳ级；

②围岩岩体为破碎的极硬岩、较破碎及破碎的硬岩时定为Ⅳ级，围岩岩体为完整及较完整软岩，较完整及较破碎的较软岩时定为Ⅴ级。

E.0.5 隧道洞身埋藏较浅，应根据围岩受地表面的影响情况进行分级修正。当围岩为风化层时应按风化层的围岩基本分级考虑；围岩仅受地表影响时，应较相应围岩降低 1~2 级。

附录 F 岩土试验项目

F.0.1 岩土试验项目和试验方法应根据岩土性质、试样性质、工程性质选定。为保证试验资料的可靠性，岩土力学性质试验应与其在工程中所处的环境和状态基本一致或相似。试验项目和方法应符合表 F.0.1-1 及表 F.0.1-2 的规定

F.0.2 多年冻土的试验项目，应根据冻土特性和工程性质选定。试验项目和方法应符合表 F.0.2 的规定。

F.0.3 不良地质环境及特殊岩土条件下的铁路工程所选用的岩土试验项目，应根据需要并对照表 F.0.1-1 及表 F.0.1-2 确定。

表 F.0.1—1 岩石试验项目

岩石类型	工程类型	密度		颗粒密度	吸水率	黏土矿物	黏粒含量	矿物鉴定	化学分析	抗拉试验	抗压试验		抗剪试验	耐冻性	崩解性	三轴抗压试验	膨胀试验						
		ρ	g/cm^3	ρ_s	w	%	%	%	%	σ_t	kPa	R	R_c	τ	K_Q	A_t	σ_i	自由膨胀率	膨胀率	饱和吸水率	膨胀力		
硬质岩	隧道	+		+	(+)			(+)		(+)	+	+		(+)				F_s	%		P_p	kPa	
	桥涵、挡土墙、大型厂房、高路堤等地基	+		+	+			(+)		(+)	+	+				(+)			%		%		
软质岩	隧道	+			+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+		(+)					%				
	桥涵、挡土墙、大型厂房、高路堤等地基	+			+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+		(+)			(+)		%		(+)	(+)	(+)
	深路堑	+			+	(+)	(+)	(+)	(+)				(+)	(+)					%		(+)	(+)	(+)

注：1 有括号者表示按需要确定；
2 本表所列试验项目按工程施工图设计要求考虑。

表 F.0.1-2 土的物理

土的名称	工程类别		天然含水率	天然密度	颗粒密度	天然孔隙比	饱和度	液限	塑限	塑性指数	液性指数	颗粒分析	相对密度
			w	ρ	ρ_s	e	S_r	w_L	w_p	I_p	I_L		D_r
			%	g/cm^3			%	%	%			%	
砂类土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基		(+)			+	+					+	(+)
	隧道等洞室						+					+	
	边坡及稳定检算						+					+	
粉土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基		+				+		+	+	+		+
	隧道等洞室		+			+		+	+	+		+	
	边坡及稳定检算		+			+		+	+	+		+	
黏性土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基		+	+	+	+		+	+	+	+		
	隧道等洞室		+	+	+	+		+	+	+	+		
	边坡及稳定检算		+	+	+	+		+	+	+	+		
黄土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基		+	+		+		+	+	+	+		
	隧道等洞室		+	+		+		+	+	+	+		
	边坡及稳定检算		+	+		+		+	+	+	+		
软土	表层硬壳	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基	+	+		+		+	+	+	+		
	下部软土		+	+		+		+	+	+	+		
盐渍土			+	+		+		+	+	+	+	(+)	
膨胀土	原状		+	+		+		+	+	+	+	(+)	
	重塑		+	+		+		+	+	+	+		

力学性质试验项目

渗透系数		压缩系数		固结系数		次固结系数	剪切试验						
垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平		快剪	固结快剪	慢剪	往复剪	三轴剪		
											不固结不排水	固结不排水	固结排水
k_v	k_h	a_v	a_h	C_v	C_h	$C\phi$	$C\phi$	$C\phi$	UU	CU	CD		
cm/s		MPa ⁻¹		cm ² /s									
(+)													
(+)													
	(+)												
(+)		(+)					+						
		(+)					(+)				(+)		
							+		(+)	(+)	(+)		
(+)		(+)					+				(+)		
		(+)					(+)				(+)		
							+		(+)	(+)	(+)		
		+					(+)				(+)		
							+				(+)		
							+				(+)		
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		(+)	(+)	(+)
(+)													
(+)							(+)			(+)			
		(+)					(+)	+		(+)			

土的名称	工程类别		湿陷性试验			毛细管水上升高度	无侧限抗压强度	灵敏度	崩量	有机质含量
			湿陷起始压力	湿陷系数	自重湿陷系数					
			P_{sh}	δ_s	δ_{sh}					
			kPa							
			H_k	q_u	s_t	A_t				
			cm	kPa		%	%			
砂类土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基									
	隧道等洞室									
	边坡及稳定检算									
粉土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基									
	隧道等洞室									
	边坡及稳定检算									
黏性土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基									
	隧道等洞室									
	边坡及稳定检算									
黄土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基		+	+	+					
	隧道等洞室		(+)	(+)	(+)					
	边坡及稳定检算									
软土	表层硬壳	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基					(+)			+
	下部软土						(+)	(+)		+
盐渍土							+			
膨胀土	原状									+
	重塑		重塑							

注:1 有括号者表示按需要确定;

2 本表所列试验项目,按工程施工图设计要求考虑。

表 F.0.2 多年

土 的 类 别	工程类别	总 含 水 率	颗 粒 密 度	天 然 密 度	塑 性 指 数	孔 隙 比	颗 粒 分 析			有 机 质 含 量	盐 渍 度	冻 土 骨 架 密 度								
							筛 分	大 于 0.5 mm 含 量	小 于 0.075 含 量											
													w_A	ρ_s	ρ	I_p	e	ξ	ζ	ρ_s
													%		g/cm ³			%	%	g/cm ³
黏 性 土	隧道	+	+	+	+	+	+	+	(+)	(+)	(+)									
	桥涵、房屋、高陡 坡路堤、挡土墙 等地基	+	+	+	+	+	+	+	(+)	(+)	(+)									
	路堑	+	+	+	+	+	+	+	(+)	(+)	+									
	填料	+		(+)		+		+	+		(+)									
粉 土	隧道	+	(+)	(+)	+	+	+	+	(+)	(+)	(+)									
	桥涵、房屋、高填 陡坡路堤、挡土 墙等地基	+	(+)	(+)	+	+	+	+	(+)	(+)	(+)									
	路堑	+	(+)	(+)	+	+	+	+	(+)	(+)	(+)									
	填料	+		(+)*		+		+	+		(+)									
砂 类 土	隧道	+		+			+			(+)										
	桥涵、房屋、高填 陡坡路堤、挡土 墙等地基	+		(+)			+			(+)										
	路堑	+		(+)			+		(+)											
	填料	+					+			(+)										

注:1 + 为定测和补充定测应做试验项目,初测时应做常规和代表性冻土特征项目;

2 (+) 为需要时才做的试验项目;

3 * 指最大干密度,需要时还应做夯后的 w_p 、 ρ_s 、 c 、 ϕ ;

4 有机质含量,黑色土及泥炭时做;

冻土试验项目

体积含冰量	水的相成分		饱和度	融化压缩		融化后密度	融化后剪切		导热系数		导温系数		容积热系数	
	未冻水含率	相对含冰率		融化下沉系数	压缩系数		凝聚力	内摩擦角	融	冻	融	冻	融	冻
i_v	w_h	i_0	S_r	δ	α	ρ_t	c	ϕ	λ_f	λ_u	a_f	a_u	C_f	C_u
%	%	%	%	%	MPa ⁻¹	g/cm ³	kPa		W/m ² C		m ² /h		kJ/m ³ C	
(+)	(+)	(+)		+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
+	+	+		+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
+	+	+		+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
(+)	(+)	(+)		+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
(+)	+	+		+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
+	+	+		+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
+			(+)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
				(+)	(+)	(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

5 盐渍度,地表有盐霜地段做;

6 导热系数、矿物比热、冻胀力、抗压强度、抗剪强度、融化系数及融化冻土试验项目后体积压缩系数可查表获得。

本规范用词说明

执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

(1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

(2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。