



T/CECS G XXXXX—XXXX

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

公路隧道超前地质预报技术规程

Technical Code of Geological Prediction for Highway Tunnel

2019-10

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

编制说明

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2018]015 号）的要求，由中交第二公路勘察设计院有限公司承担《公路隧道超前地质预报技术规程》（以下简称“本标准”）的制订工作。

编写组在总结公路隧道超前地质预报工程经验和相关科研成果的基础上，以完善和提升公路隧道超前地质预报技术为核心，完成了本标准的编写工作。

本标准主要分为 10 章，9 篇附录，主要内容包括：1 总则，2 术语和符号，3 基本规定，4 资料收集整理与地质调查，5 超前地质预报方案设计，6 地球物理探测法，7 工程地质分析法，8 超前地质钻探与试验检测，9 超前导洞法，10 成果报告，附录 A 常见超前地质预报分类表，附录 B 地质复杂程度分级表，附录 C 隧道内地质灾害的前兆表现，附录 D 隧道地面补充地质调查表，附录 E 隧道地质资料验证表，附录 F 红外探测现场记录表，附录 G 掌子面地质素描图（上台阶、下台阶），附录 H 洞身地质素描图（分左边墙、右边墙、洞顶、底板），附录 K 钻孔柱状图。

本标准基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本标准提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本标准相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本标准由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由中交第二公路勘察设计院有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或陈银生（地址：武汉市汉阳鹦鹉大道 498；邮编：430052；传真：027-84533056；电子邮箱：cyschen@126.com），以便修订时研用。

主 编 单 位： 中交第二公路勘察设计院有限公司

参 编 单 位： 长江水利委员会长江科学院
中交一公局公路勘察设计院有限公司

福建省交通规划设计院有限公司

广东省交通规划设计研究院股份有限公司

主 编： 陈银生

主要参编人员： 岳全贵 周黎明 肖国强 赵 辉 闫海涛 林 琛 李
水清 刘耿仁 李玉婕 王法刚 付代光 田建雄 姜拥

政 徐成光 李树茂 黄 宏 舒 恒 褚以惇 张 兵
罗 安 陈 锋 张 杨

主 审： 郜玉兰

参与审查人员： 聂承凯、张敏静、龙万学、万凯军、徐光黎、袁永新、
匡少华、李亚隆、包卫星

参 加 人 员：

征求意见稿

目 次

1 总则.....	- 1 -
2 术语和符号.....	- 2 -
2.1 术语.....	- 2 -
2.2 符号.....	- 4 -
3 基本规定.....	- 5 -
3.1 一般规定.....	- 5 -
3.2 地质复杂程度分级.....	- 5 -
3.3 超前地质预报分类.....	- 6 -
3.4 工作程序.....	- 6 -
3.5 预报方法.....	- 8 -
3.6 仪器设备要求.....	- 9 -
3.7 生产安全与配合.....	- 9 -
4 资料收集整理与地质调查.....	- 11 -
4.1 一般规定.....	- 11 -
4.2 资料收集.....	- 11 -
4.3 地质调查.....	- 11 -
4.4 资料分析.....	- 12 -
4.5 资料验证.....	- 12 -
5 超前地质预报方案设计.....	- 14 -
5.1 一般规定.....	- 14 -
5.2 超前地质预报内容.....	- 14 -
5.3 超前地质预报方法选择.....	- 15 -
5.4 超前地质预报方案设计.....	- 17 -
5.5 超前地质预报实施细则.....	- 18 -
6 地球物理探测法.....	- 20 -
6.1 一般规定.....	- 20 -
6.2 弹性波反射法.....	- 22 -
6.3 电磁波法.....	- 24 -
6.4 红外探测法.....	- 27 -
6.5 激发极化法.....	- 27 -
7 工程地质分析法.....	- 29 -
7.1 一般规定.....	- 29 -

7.2 技术要求.....	29 -
7.3 地质调绘与试验检测.....	30 -
7.4 资料整理分析.....	30 -
8 超前地质钻探与试验检测.....	31 -
8.1 一般规定.....	31 -
8.2 超前地质钻探要求.....	31 -
8.3 钻探记录.....	32 -
8.4 检测与试验.....	33 -
8.5 资料整理.....	33 -
9 超前导洞法.....	35 -
9.1 一般规定.....	35 -
9.2 技术要求.....	35 -
9.3 地质记录.....	36 -
9.4 资料整理分析.....	36 -
10 成果报告.....	37 -
10.1 一般规定.....	37 -
10.2 单次超前地质预报报告.....	37 -
10.3 总报告.....	38 -
10.4 专项报告.....	39 -
10.5 阶段性报告.....	39 -
附录 A 常见超前地质预报分类表.....	40 -
附录 B 地质复杂程度分级表.....	41 -
附录 C 隧道内地质灾害的前兆表现.....	42 -
附录 D 隧道地面补充地质调查表.....	43 -
附录 E 隧道地质资料验证表.....	44 -
附录 F 红外探测现场记录表.....	45 -
附录 G 掌子面地质素描图（上台阶、下台阶）.....	46 -
附录 H 洞身地质素描图（分左边墙、右边墙、洞顶、底板）.....	47 -
附录 K 钻孔柱状图.....	48 -

1 总则

1.0.1 为适应公路工程建设需要，规范公路隧道超前地质预报工作，提高公路隧道超前地质预报水平，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于公路工程各级新建、改扩建公路的隧道超前地质预报。

1.0.3 隧道超前地质预报应体现动态设计与信息化预报思想。

1.0.4 公路隧道超前地质预报应鼓励采用成熟的新技术、新设备和新方法。

1.0.5 公路隧道超前地质预报除应符合本技术规程外，尚应符合现行国家标准、行业标准的规定。

征求意见稿

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 隧道超前地质预报 tunnel geological prospecting

指在隧道开挖时对开挖工作面前方围岩的工程地质、水文地质、不良地质、特殊性岩土等的工程性质、位置、产状、规模等进行探测、分析和预报的活动。

2.1.2 工程地质分析法 geological analysis method

通过已掌握的隧道地质资料利用常规地质理论、地质作图和趋势分析等，推测开挖工作面前方可能揭示的地质情况的一种超前地质预报方法。

2.1.3 地质体投射法 projection method in geologic body

在地表准确鉴别不良地质体、岩层的性质、位置、规模及测定其产状的基础上，应用地质界面和地质体透射公式进行地质预报，是地质分析法的一种。

2.1.4 直接地质预报 direct method of geological prospecting

采用平行导洞、正洞导洞、超前地质钻探与导洞内地质调绘与试验相结合的方法直接获取掌子面前方部分地质信息。

2.1.5 间接地质预报 indirect method of geological prospecting

采用物探、地质调查、地质分析等手段，通过解译分析间接获取掌子面前方地质信息。

2.1.6 掌子面 tunnel face, heading

隧道开挖过程中不断向前推进的工作面。

2.1.7 地质复杂程度分级 complicity of geology

按照隧道工程地质条件、水文地质条件及潜在的地质灾害风险对隧道施工及环境的影响程度，对隧道所处地质条件复杂程度进行分级。

2.1.8 弹性波反射法 elastic wave reflection method

以人工激发的地震波在隧道岩体中的传播理论为基础, 根据不良地质体与围岩的波阻抗差异, 通过获取和分析弹性波的运动学(波传播时间和空间的关系)和动力学(波的振幅、频率、相位)特征, 推断隧道开挖面前方地质情况的一种物探方法。

2.1.9 地质雷达法 ground penetrating radar method

利用中低频地质雷达天线, 探测隧道掌子面前方 30m 范围内地质体的电磁波反射信号, 对隧道进行超前地质预报的一种物探方法。

2.1.10 瞬变电磁法 transient electromagnetic method

采用不接地回线向隧道前方发射电磁波, 通过测量隧道前方良导体产生的感应涡旋电流特征, 对隧道前方含水体、破碎带进行超前地质预报的一种物探方法。

2.1.11 激发极化法 induced polarization method

以隧道围岩导电性差异或激电效应差异为基础, 通过获取和分析隧道全空间电场或激电场的分布规律, 对隧道掌子面前方储水、导水分布和发育情况进行超前地质预报的一种物探方法。

2.1.12 红外探测法 infrared detection method

以隧道围岩与含水体的温度差异为基础, 通过获取和分析红外辐射能量变化特征, 对隧道围岩含水性情况进行超前地质预报的一种物探方法。

2.1.13 超前导洞法 leading hole method

利用导洞中揭示的地质资料, 推断隧道掌子面前方地质情况的一种直接超前地质预报方法。

2.1.14 信噪比 signal noise ratio

有效信号与噪音的比值。

2.1.15 纵波 dilatational wave

质点振动方向与波的传播方向一致的体波, 又称压缩波。

2.1.16 横波 transverse wave

质点振动方向与波的传播方向垂直的体波, 又称剪切波。

2.1.17 视速度 apparent velocity

沿测线方向观测到的波速。

2.1.18 视电阻率 apparent resistivity

在隧道围岩电阻率不均匀的情况下,用均匀介质的电阻率理论表达式计算得到的电阻率值。

2.2 符号

R_c ——岩石单轴饱和抗压强度

K_v ——岩体完整性系数

V_p ——纵波波速;

V_s ——横波波速;

ε ——介电常数

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 超前地质预报人员和设备应满足超前地质预报的相关要求：

1 从事超前地质预报的技术人员应有中级及以上技术职称，其中主要技术人员应具备高级及以上技术职称。

2 技术人员数量、技术专业应满足合同及相关规范、规程的规定和要求。主要技术专业应包含工程地质、水文地质、工程物探、原位检测与试验、土工试验、钻探工程等专业。

3 现场超前地质预报设备的数量、性能、类型、状态等应满足合同及相关规范、规程的规定和要求。

3.1.2 超前地质预报应探测、预报隧道掌子面附近一定范围内的各类地质异常情况，为选择支护设计参数和优化施工方案提供依据。

3.1.3 超前地质预报工作开始前应编制超前地质预报设计方案及实施细则。

3.1.4 隧道超前地质预报结果应与实际揭露的地质情况进行对比，必要时调整隧道区段的地质复杂程度分级、预报方法的要求。

3.1.5 进行隧道围岩分级时应按《公路工程地质勘察规范》和《公路隧道设计规范》的相关规定和要求进行检测与试验工作。

3.1.6 超前地质预报工作应进行信息化管理，收集、整理、交流和分析隧道施工过程中的各类信息和资料。

3.1.7 超前地质预报应按时提交成果报告，并对预报的重大地质问题提出预警和建议。

3.2 地质复杂程度分级

3.2.1 超前地质预报应根据具体隧道的地质条件进行隧道地质复杂程度的分级、分段，隧道地质复杂程度分级见附录 B。

3.2.2 隧道地质复杂程度分级应根据开挖过程中揭露的实际地质条件进行动态调整。

3.2.3 隧道超前地质预报应根据隧道地质复杂程度,针对不同类型的地质问题,选择不同的超前预报方法和手段。

3.3 超前地质预报分类

3.3.1 隧道超前地质预报可按预报内容、掌子面的距离、预报手段、预报精度、预报方法等进行分类,见附录 B。

3.3.2 隧道超前地质预报可按预报内容划分为常规预报、成灾预报和专门预报。

3.3.3 隧道超前地质预报可按掌子面的距离划分为短距离预报、中距离预报和长距离预报。

1 短距离预报:指预报范围距开挖掌子面的距离小于15m。

条文说明:按照国内常用的钻爆与TBM相结合的隧道施工方法,一个循环进尺约2~3m,二个循环是4~6m,三个循环是6~9m。预报三个循环的前方地质条件,即能满足安全施工要求。根据目前的探测技术,要预报掌子面前方15m范围内的地质条件并不困难,且检测与试验基本可与施工同步进行。对成灾预报而言,短距离预报相当于临灾预报或防灾处理阶段。

2 中距离预报:指预报范围距开挖掌子面的距离在15~50m之间。

条文说明:对于防灾预报来说,只有15m范围内的临灾预报是不够的,至少应有30m的距离,以提前准备安全措施。进行范围超过15m的中距离预报是隧洞施工所必须的。从目前已有的预报实践来看,用物探方法在开挖面上进行15~50m的超前探测已十分有效。

3 长距离预报:指预报范围距开挖掌子面的距离50~200m。

3.3.4 隧道超前地质预报可按预报手段划分为经验预报、仪器设备预报和综合预报。

3.3.5 隧道超前地质预报可按预报精度划分定量预报和定性预报。

3.4 工作程序

3.4.1 隧道超前地质预报实施前应收集勘察设计资料、现场踏勘,确定隧道地质复杂程度分级、地质问题分区。

3.4.2 隧道超前地质预报可按图 3.4.2 所示的工作程序进行。

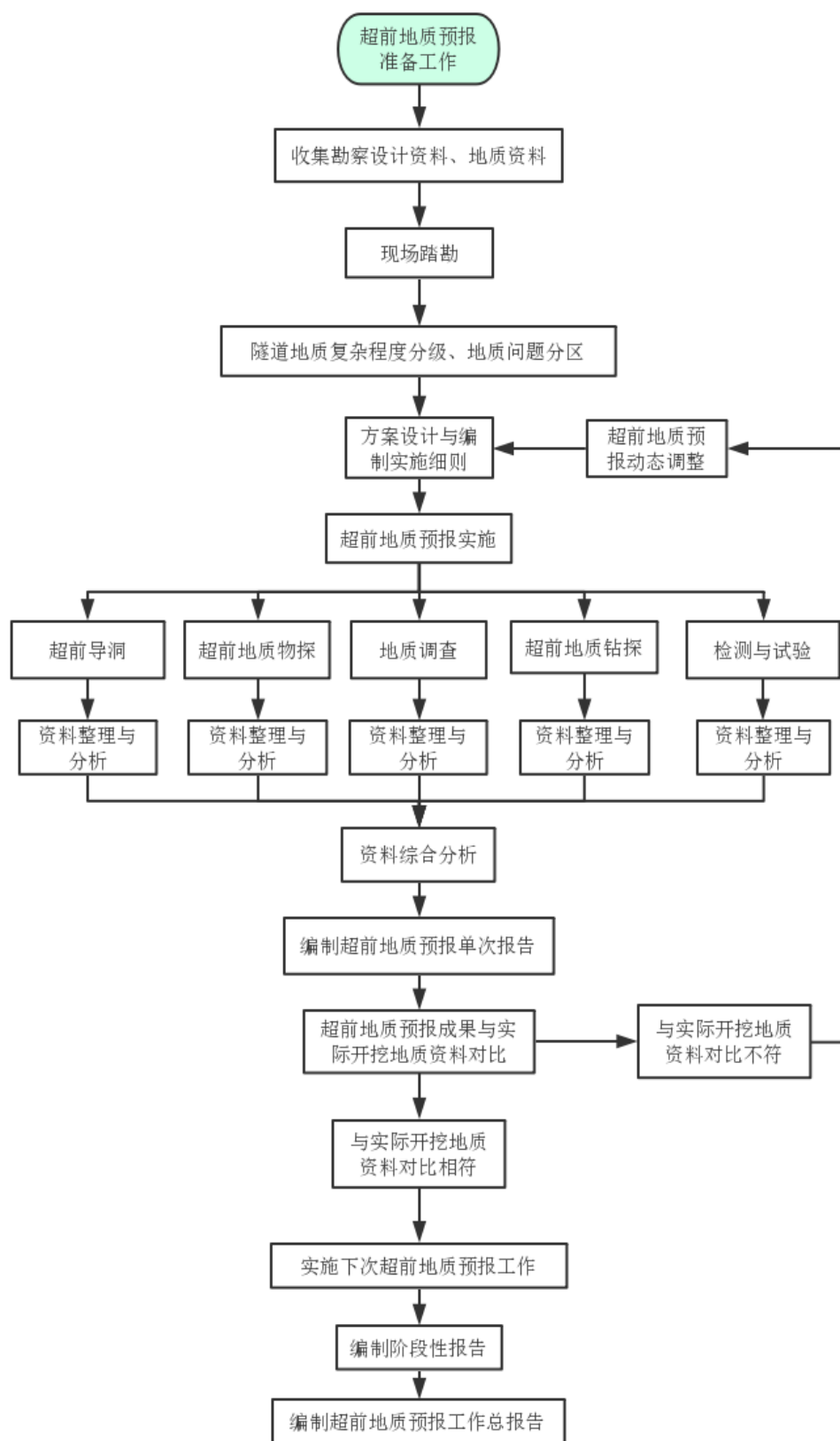


图3.4.2隧道超前地质预报工作程序框图

3.4.3 检测与试验应包括岩石的物理力学试验、气体和水的成分分析、放射性检测、地应力检测与试验、岩石波速测定，必要时应进行其他检测和试验。

3.4.4 综合分析应对各类勘察设计资料、物探资料、钻探资料、施工地质记录、检测等资料的进行分析，推测判定开挖工作面前方可能遇到的地质情况及可能发生的地质灾害的性质、分布位置、规模等。综合分析适用于各类隧道超前地质预报。

3.5 预报方法

3.5.1 超前地质预报常用的方法宜包括地质调查、物探法、超前地质钻探、超前导洞、检测与试验、工程地质分析法等。

3.5.2 隧道超前地质预报宜采用直接地质预报、间接地质预报 2 种方法相结合进行综合预报。

条文说明：直接地质预报可反映岩体的大概情况，直观，作用和效果好。直接地质预报与间接地质预报相比，成本高，施工工期长。

3.5.3 工程地质分析法地质调查应包括地面地质、洞内（包括隧道及导洞）地质调绘，地质调查适用于各类隧道超前地质预报。

3.5.4 物探方法可分为弹性波反射法、电磁波法、红外探测法、激发极化法等，各种物探方法的适用条件如下：

- 1 电磁波法适用于探测隐伏断层、破碎带，地下岩溶、洞穴，地层划分。
- 2 弹性波反射波法适用于探测隐伏断层、破碎带、地下洞穴，测定含水层分布。
- 3 红外探测法适用于探测局部地温异常现象，判断地下脉状流、脉状含水带、隐伏含水带等所在的位置。
- 4 激发极化法适用于对含水不良地质体进行探测。

3.5.5 超前地质钻探应包括地面钻探、洞内钻探 2 类，可依据钻探的岩芯、岩粉或钻进过程判定前方围岩的性质，超前地质钻探适用于各类隧道超前地质预报。

条文说明：洞内钻探分取芯钻探、无芯钻探 2 种，洞内超前地质钻探在隧道断面的若干个部位进行钻探，一般在隧道断面取三个点，中上部、左侧、右侧，将钻探出的围岩综合对比分析然后按每两米一个断面记录其围岩状况。超前钻探的深度不等，一般以 20 米为主。

水平钻孔在隧洞内安放水平钻机进行水平钻进，根据钻孔资料来推断隧洞前方的地质情况。钻孔数量、角度及钻孔深度可人为设计和控制。由钻进速度的变化、钻孔取芯鉴定、钻孔冲洗液颜色、气味、岩粉及遇到的其它情况来预报。此法可以直接反映岩体的情况，比较直观。

3.5.6 超前导洞按导洞与正洞的相互位置可分为平行导洞和正洞导洞。隧道设有平行导洞或为线间距较小的两座隧道时，应利用平行超前导洞、先行施工的隧道的地质资料进行正洞的超前地质预报。超前导洞法适用于各类隧道超前地质预报。

条文说明：平行导洞与正洞平行，断面小且和正洞之间有一定距离，通过对导洞开挖中遇到的构造、结构面或地下水等情况作地质记录与分析，进而对正洞地质条件进行预报。该法的优点是：预报成果比较直观、精度高、预报的距离长、便于施工人员安排施工计划和调整施工方案，还可以起到减压放水、改善通风条件和探明地质构造条件的作用，同时，还可用作排除地下水、断层注浆处理、扩建成第二隧道之用。正洞导洞布置在正洞中，是正洞的一部分，其作用与平行导洞相比，效果更好。超前导洞的缺陷为：一是成本太高，有时需要全洞进行平导开挖；二是施工工期较长。

3.6 仪器设备要求

3.6.1 测试仪器应定期检查、标定和保养，必须满足性能稳定、防潮、抗震和绝缘性良好的要求。

3.6.2 机械设备必须满足性能稳定、结构合理、构件牢固可靠的要求。

3.6.3 仪器设备的性能、精度和效率应能满足预报和工期的要求。

3.7 生产安全与配合

3.7.1 隧道超前地质预报人员应严格执行隧道施工安全规程，严格遵守物探、钻探相关安全技术操作规程。

3.7.2 超前地质预报现场采集数据需要使用炸药、雷管、放射源等危险品时，必须由持证的专业人员领用，必须由持证的专业人员操作，非专业人员严禁从事危险品作业。

3.7.3 超前地质预报实施单位在开工前应结合安全风险评估编制超前地质预报实施细则。

3.7.4 施工单位应积极组织或配合实施超前地质预报工作，并纳入施工组织设计，利用超前地质预报成果及时指导施工，减少施工的盲目性和安全风险。

3.7.5 监理单位应对隧道超前地质预报实施过程进行监理，负责检查预报单位现场专业技术人员和设备，监督数据采集过程及安全生产情况等。

征求意见稿

4 资料收集整理与地质调查

4.1 一般规定

4.1.1 地质资料收集和地质调查工作应在隧道超前地质预报方案设计前开始，并在隧道施工过程中持续进行。

4.1.2 地质调查应包括洞内地质调查和地面补充地质调查。

4.1.3 隧道超前地质预报实施过程中应对所收集地质资料进行验证，并根据验证结果调整隧道超前地质预报方案。

4.2 资料收集

4.2.1 隧道超前地质预报实施前应收集下列资料：

- 1 隧道工程地质详细勘察和施工图设计资料；
- 2 隧址区大比例尺区域地质资料、水文地质资料和其他地质研究资料；
- 3 隧道邻近地区类似工程地质条件的公路隧道、铁路隧道的施工地质资料、工程地质与水文地质记录；
- 4 隧道已开挖部分掌子面、洞身的施工地质记录、工程地质与水文地质记录等资料。

4.3 地质调查

4.3.1 隧道地面补充地质调查内容应在隧道工程地质详细勘察报告基础上，核实和补充下列内容：

- 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。
- 2 地层层序、成因、时代、厚度、胶结物，以及岩层产状、接触关系、节理裂隙等的发育情况，岩石风化程度和深度等。
- 3 断裂和褶皱位置、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。
- 4 水文地质条件包括补给排泄条件、地下水类型、水位及水深、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。必要时进行地表相关气象、水文观测，判断洞内涌水与地表径流、降雨的关系。
- 5 不良地质的性质、范围及其发生、发展和分布规律。

6 特殊岩土的类型、性质、分布范围及危害程度等。

7 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（胀缩岩土、含盐岩土等）等。

8 既有隧道的使用情况，地质病害、防治措施及效果。

4.3.2 洞内地质调查应包括洞身和掌子面地质调查，调查内容宜包括：

1 地层层序、成因、时代、厚度、岩土名称、胶结物、岩石风化破碎的程度和厚度等。

2 岩层产状、接触关系、节理、裂隙等的发育情况。

3 地下水补给排泄条件、地下水类型、含水地层岩性、富水构造、裂隙、地下水的压力、涌水量等。

4 特殊性岩土的类型、性质、分布范围及危害程度等。

5 岩土成分及其密实程度、含水情况、水理与化学性质等。

4.3.3 必要时应补充其他工程地质调查。

4.4 资料分析

4.4.1 应分析区域地质资料和工程地质资料，初步确定影响隧道施工的不良地质与特殊性岩土、可能存在的工程地质问题与地质风险。

4.4.2 应分析水文地质条件及其发育规律，初步确定隧道可能存在的地下水灾害问题。

4.4.3 应分析所收集的地质资料，初步确定隧道地质复杂程度，确定重点预报地段。

4.4.4 分析所收集的资料，对现有证据不充分、位置不明确的重要地质问题，应确定需要补充的地质资料内容。

4.5 资料验证

4.5.1 对区域地质资料、水文地质资料、工程地质详细勘察报告中有关影响隧道施工的地质条件应进行实地验证，验证的内容应包括：

1 隧道影响区域的地层岩性、分界位置及岩层产状。

2 不良地质和特殊性岩土的分布范围和深度。

3 隧道所穿越的断层、破碎带、大型褶皱核部的地表出露位置及影响宽度。

4 隧道的富水褶皱核部、富水裂隙带、岩溶漏斗、暗河进出口等位置。

4.5.2 应根据隧道洞内和掌子面开挖的地质资料对隧道超前地质预报中的工程地质和水文地质问题进行验证。

4.5.3 应根据超前导洞、超前地质钻探等地质资料对隧道超前地质预报中的工程地质和水文地质问题进行验证。

征求意见稿

5 超前地质预报方案设计

5.1 一般规定

5.1.1 隧道地质复杂程度分级、分段应根据开挖过程中的超前地质预报成果和实际地质条件进行动态调整。

条文说明：隧道超前地质预报设计前,应根据隧道的工程地质与水文地质条件、地质因素对隧道施工影响程度及诱发环境问题的程度等,分段对隧道进行地质复杂程度分级。隧道地质复杂程度可按本技术规程附录B分为复杂、较复杂、中等复杂和简单四级。

5.1.2 隧道超前地质预报工作除进行常规地质预报外,对特殊地质问题应开展专项地质预报。

条文说明：常规地质预报内容以地层岩性、地质构造为主,专项地质预报是针对某一特殊地质问题进行专门的地质预报,如断层、地下水、岩溶、煤层与瓦斯、有害气体、放射性、地应力、围岩分级等。

5.2 超前地质预报内容

5.2.1 超前地质预报应包括地层岩性预报、地质构造预报、不良地质预报、水文地质预报、其他预测预报等主要内容。

5.2.2 地层岩性预报工作应包括下列内容：

- 1 隧道掌子面前方岩土类别、岩石风化程度、岩石完整程度、软硬程度、接触关系等。
- 2 隧道掌子面前方岩脉的位置、宽度、接触关系、破碎、风化程度、软硬程度等。
- 3 隧道掌子面前方软弱夹层、破碎地层、煤层及特殊性岩土体。

5.2.3 地质构造预报工作应包括下列内容：

- 1 断层的位置、宽度、产状、性质、充填物的状态、含水情况。
- 2 断层破碎带的性质、产状、富水情况、在隧道中的分布位置、断层破碎带的规模、物质组成等,并分析其对隧道的危害程度。
- 3 节理密集带的富水情况、在隧道中的分布位置,并分析其对隧道的危害程度。

4 褶皱核部的性质、产状、富水情况、在隧道中的分布位置, 并分析其对隧道的危害程度。

5.2.4 不良地质预报工作应包括下列内容:

1 掌子面前方一定范围内有无突水、突泥、岩爆及有害气体等, 并查明其范围、规模、性质, 提出施工措施或建议。

2 掌子面前方一定范围内有无采空区、空洞、岩溶, 并查明其范围、规模、性质, 提出施工措施或建议。

5.2.5 水文地质预报工作应包括下列内容:

1 洞内突涌水量的大小及其变化规律, 并评价其对环境地质、水文地质的影响。

2 隧道涌水、突泥预报应探测可能发生涌水、突泥地段的位置、规模、物质组成、水量、水压等, 分析评价其对隧道的危害程度。

3 预测预报内容应包括岩溶管道水、富水断层、富水褶皱轴、富水地层中的裂隙水等发育情况等。

5.2.6 其他预测预报的主要预测预报内容应包括地应力、有害气体和液体、放射性、围岩分级等, 预报工作应包括下列内容:

1 煤层瓦斯预报应分析和探明煤层分布位置、煤层厚度, 测定瓦斯含量、瓦斯压力、涌出量、瓦斯放散初速度、煤的坚固性系数等, 判定煤的破坏类型, 分析判断煤的自然及煤尘爆炸性、煤与瓦斯突出危险性, 评价隧道瓦斯严重程度及对工程的影响, 提出技术措施建议等。

2 煤层瓦斯预报应以地质调查法为基础, 以超前钻探法为主, 结合多种物探手段进行综合超前地质预报。

3 对含天然气、瓦斯、放射性物质等特殊地层隧道及深埋隧道内的地温、地应力等地质问题应按国家现行有关标准进行监测与试验。

4 检测、预测隧洞内有害气体含量、成分及动态变化。

5 隧道高地应力地段应开展地应力探测预报工作。

5.3 超前地质预报方法选择

5.3.1 隧道超前地质预报应根据不同的地质复杂程度分级、预报距离及不同类型的地质问题, 选择不同的方法和手段。

5.3.2 超前地质预报宜根据预报距离选择预报方法:

5.3.3 长距离预报可采用地质调查法、弹性波反射法及 50m 以上的超前钻探等。

5.3.4 中距离预报可采用地质调查法、弹性波反射法、瞬变电磁法及 30m~50m 的超前钻探等。

5.3.5 短距离预报可采用地质调查法、弹性波反射法、电磁波法(地质雷达法)及小于 30m 的超前钻探等。

5.3.6 断层、破碎带预报可按下列方法进行:

1 采用工程地质分析法,通过必要的地表补充地质调查,进一步核实断层、破碎带的性质、产状、位置与规模等。

2 采用隧道内地质素描、地质作图及断层趋势分析等手段预报断层、破碎带的分布位置。

3 采用弹性波反射法、地质雷达法确定断层、破碎带在隧道内的位置和宽度。

4 采用瞬变电磁法、激发极化法、红外探测法探测断层、破碎带地下水的发育情况。

5 必要时采用超前钻探、超前导洞预报断层的确切位置和规模、破碎带的物质组成及地下水的发育情况等。

5.3.7 岩溶预报可按下列方法进行:

1 采用弹性波反射法进行长、中距离探测,以探明规模较大、可足以被探测的岩溶形态。

2 采用瞬变电磁法、激发极化法进行中距离探测,探明岩溶富水情况。

3 采用红外探测法进行短距离探测,定性分析岩溶富水情况。

4 采用地质雷达法进行短距离探测,探明岩溶位置、规模和形态。

5 对富水岩溶发育地段,应采用地质超前钻探,揭示岩溶后应适当加密钻孔。必要时采用超前钻探与地质雷达及其他物探手段配合进行精细探测,查明岩溶规模及发育特征。

5.3.8 煤层瓦斯预报可按下列方法进行:

1 采用工程地质分析法,通过洞内调查和地面补充地质调查,利用地层层序、地层厚度、标志层和岩层产状等,进一步核实煤层的位置与厚度。

2 采用弹性波反射法、瞬变电磁法、地质雷达法等探测煤层在隧道内的位置和厚度。

3 采用瓦斯检测仪探测瓦斯浓度。

4 采用超前地质钻探,确定各煤层准确位置,查明其赋存情况及瓦斯状况。

5.4 超前地质预报方案设计

5.4.1 隧道超前地质预报方案应在明确隧道地质复杂程度、超前地质预报内容的基础上进行分段、分类设计。必要时应对重点地段、重点预报内容进行专项超前预报方案设计。

5.4.2 对工程地质、水文地质复杂的长隧道和特长隧道,可能存在诱发重大地质灾害的隧道,地下水活跃、围岩软弱、含富水断层的隧道,高瓦斯、高地应力的隧道,可能发生突水、突泥的隧道,应进行专项隧道超前预报方案设计。

5.4.3 对岩溶、瓦斯、高地应力、富水断层等重大不良地质问题应进行专项超前预报方案设计。

5.4.4 隧道超前地质预报方案设计宜采用长距离与短距离相结合、洞内与洞外相结合、直接预报与间接预报相结合的原则,并对各种方法预报结果综合分析,相互验证,提高预报准确性。

5.4.5 预报方案设计应包括下列主要内容:

1 项目概况、任务依据、目的;

2 隧道工程地质及水文地质条件,着重说明不良地质与特殊性岩土、可能存在的主要工程地质问题及地质风险。地质复杂程度分级、分段。

3 超前地质预报的设计原则、预报方案、(分段)预报内容、方法选择及不同方法的组合关系、技术要求(同一种预报方法或不同预报方法间的重叠长度、超前钻孔的角度及长度等),需要时应编制气象、重要泉点和洞内主要出水点、暗河流量等观测计划和观测技术要求等。

4 仪器设备与人员

- 5 超前地质预报实施工艺要求(必要时提出)。
- 6 超前地质预报工作安全措施。
- 7 超前地质预报工作量、工期安排、占用工作面的时间。
- 8 其他需要说明的问题。

5.5 超前地质预报实施细则

5.5.1 根据合同、隧道勘察设计文件、相关的规范和规程、超前地质预报方案设计编制超前地质预报实施细则。

5.5.2 采用综合超前地质预报方法时,应将各预报手段所获得的资料进行综合分析判断,并编制地质综合分析成果报告,内容应包括工作概况、采用的各种预报手段及预报结果、相互印证情况、综合分析预报结论、施工措施建议及下步预报工作计划等。

5.5.3 施工过程中应将实际开挖的地质情况与预报结果进行对比分析,及时总结经验教训,指导和改进地质预报工作;超前地质预报方案应根据实际地质情况及时进行调整,并按有关程序经批准后执行。

5.5.4 超前地质预报工作应编制各预报方法的预测报告、地质综合分析报告、月报、季报、超前地质预报完工总报告。

5.5.5 公路隧道超前地质预报应编制超前地质报实施细则,并应包括下列内容:

- 1 编制依据。
- 2 工程概况。

3 地质概况,与地质预报相关的地形地貌、气象特征、地层岩性、地质构造、水文地质简述,着重说明不良地质与特殊性岩土、可能存在的主要工程地质问题及地质风险。

4 地质复杂程度分级、分段,确定预报对象。

5 实施超前地质预报的目的。

6 超前地质预报方案、分段预报内容及具体预报方法、技术要求、预报工作量,必要时编制气象、重要泉点和洞内主要出水点、暗河流量等观测计划和观测技术要求。

7 超前地质预报工艺流程及操作要点。

8 超前地质预报组织机构设置及投入的人力、设备资源。

9 质量要求。

10 安全措施。

11 成果资料编制的内容与要求。

12 工作制度, 包括与施工、监理、勘察设计、建设单位的联系制度, 地质预报成果报告提交的时限、信息传递方式等。

13 地质预报成果的验证及技术总结的要求。

14 其他需要说明的问题。

征求意见稿

6 地球物理探测法

6.1 一般规定

6.1.1 地球物理探测法在公路隧道超前地质预报中应用前提条件为：

- 1 工作面前方不良地质体与周围介质之间应具备物性差异,且满足探测方法最小分辨率要求。
- 2 应具备观测系统所需要的场地空间。
- 3 应满足探测信号激发和采集时的背景要求。当存在外界干扰时,不良地质体所产生的异常能够从干扰背景场中分离出来。

6.1.2 在复杂隧道地质条件下或存在多种干扰因素时,宜采用综合物探方法进行超前地质预报,多种物探结果相互验证,综合分析。

6.1.3 综合地球物理探测法隧道超前地质预报工作流程如图 6.1.3 所示。

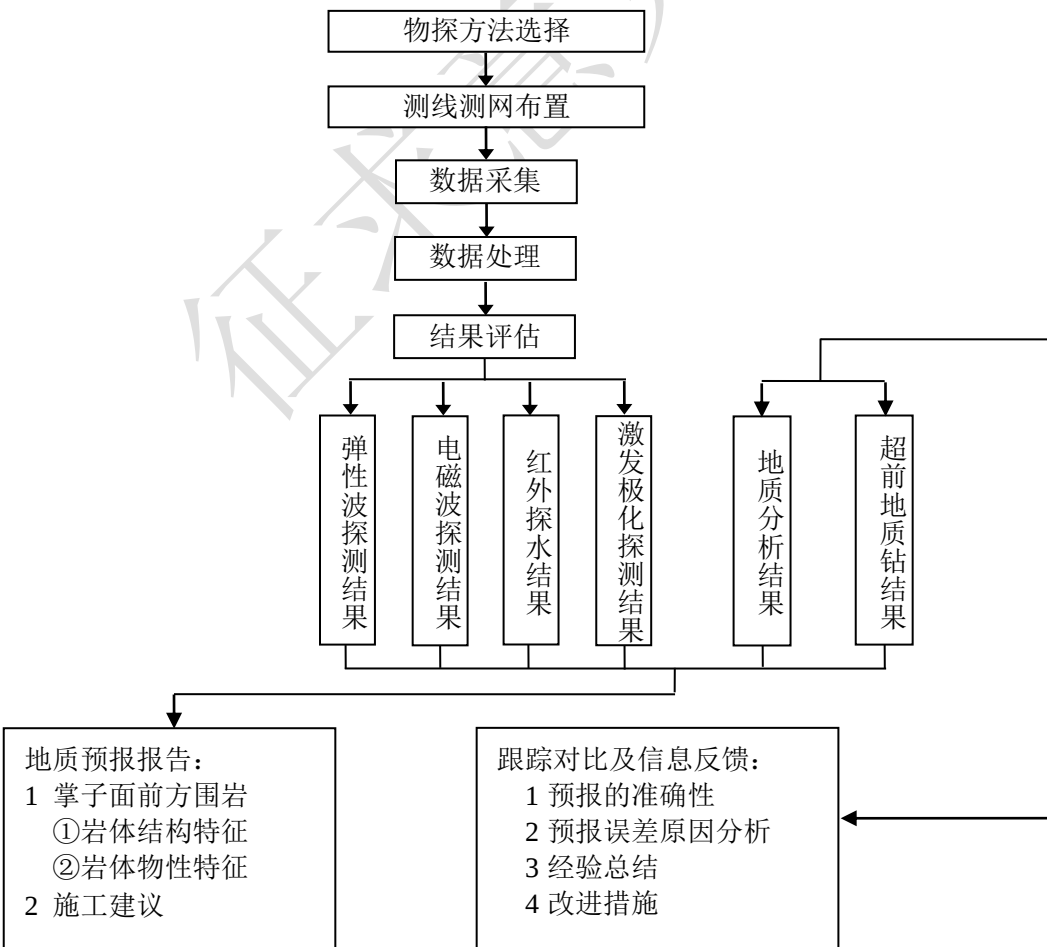


图6.1.3 综合物探法超前地质预报流程图

6.1.4 地球物理探测法工作应符合下列规定：

- 1 场地应满足探测信号的激发和采集的背景要求。
- 2 在测线端点、曲线的突变点、观测条件或仪器参数改变的情况下应进行重复观测，重复观测的平均相对误差应小于5%。
- 3 一个测区或测线的重复观测误差大于5%时，应重新测试。

6.1.5 物探记录应符合下列规定：

- 1 物探记录应包括：仪器检验记录、仪器检查记录、原始记录、资料检查和评价记录、成果校审记录。
- 2 原始记录包括：仪器班报（工程名称，测区、测线、测点和钻孔编号，工作单位和操作人员姓名，仪器名称和型号，仪器工作技术参数，观测系统主要参数）、爆炸班报、观测数据或记录、计算机记录、仪器观测过程中的异常情况记录、重复和检查观测记录等。
- 3 记录中的数据信号应目标信号清晰、背景相对单一、时窗位置适中。

6.1.6 数据处理、资料解释和图件应符合下列规定：

- 1 数据处理在原始资料真实有效的基础上，进行数据处理工作，如发现原始资料有问题或对论述解释结论不够充分时，应补充采集数据。
- 2 解释推断应充分结合物探工作范围内的地质、设计和施工资料，综合分析物探异常，获得物探成果与地质分析结论。
- 3 物探图件应包括以下内容：
 - 1) 工作布置图，包括物探测线布置图、物探数据采集点布置图等。
 - 2) 物探成果图，包括物探数据处理后的曲线图、剖面图、深度偏移图、三维成像图等。
 - 3) 物探成果地质解释图，应以物探成果为主要资料推断绘制的施工地质预报剖面图、平面图等。

6.1.7 公路隧道超前地质预报应编制隧道施工地质预报阶段性成果报告，报告应包括下列内容：

- 1 预报任务依据和要求。

- 2 隧道工程概况、地质和地球物理特征。
- 3 物探方法的选择原则及采取的技术措施。
- 4 测线布置和数据采集。
- 5 物探成果、图件资料整理、处理与解释。
- 6 物探工作质量评价。
- 7 结论和建议，包括建议实施超前地质钻探等内容。

6.1.8 物性推断的地质图件应结合地质资料综合分析后编制，图上应标出地质异常、地质界线、地质构造的位置和产状等，标明与隧道里程的关系。

6.1.9 超前地质预报物探方法主要包括电磁波法、弹性波反射法、红外探测法等。

6.2 弹性波反射法

6.2.1 弹性波反射法适用于地层界线、地质构造、裂隙与岩溶等不良地质体探测。

6.2.2 弹性波反射法实施应满足下列条件：

1 被探测地质体与周围介质间应存在较明显的波阻抗差异，具有被探测到的规模，被追踪地层应具有一定的规模，且应大于有效波波长的 $1/4$ 。

2 周围无强震源干扰信号。

3 断层应有明显的断距和宽度。

6.2.3 预报距离应符合下列要求：

1 在软弱破碎地层或岩溶发育区，预报距离宜为100m以内。

2 在完整的硬质岩地层，预报距离宜为100~200m。

3 在隧道曲线段，预报距离不宜太长。

6.2.4 连续预报时，前后两次预报区段重叠长度不宜少于10m。

6.2.5 仪器工作参数要求：

1 动态范围应不小于120dB、仪器的A/D模数转换不应小于16位、仪器噪音折合到输入端不应大于3微伏。

2 信号采集应不少于6个通道，对于多波探测，信号采集应不少于两个三分量数据接收通道。

3 记录长度应能够满足预报距离的要求。

4 采样间隔设置应在 $30\mu\text{s}\sim 250\mu\text{s}$ ，一般硬岩宜采用小采样间隔，软岩宜采用稍大的采样间隔。

5 接收装置应具有高灵敏度的响应特性，三分量接收装置应具有良好的指向性。

6 存储介质在隧道内外温差较大的条件下应具有防结露功能，防止数据的丢失。

7 采集时不宜使用滤波档，因特殊需要使用滤波档时，不应造成有效波记录的畸变，并应有对比记录。

6.2.6 现场数据采集应符合下列规定：

1 接收装置应与隧道围岩直接或者间接牢固接触，接触位置应与围岩完全凝固耦合。

2 采集弹性波记录时，应满足激发与接收同步进行的条件，接收延迟误差不应大于 3ms 。每次探测采集的有效地震波的道数不应小于弹性波反射法仪器设备要求的理论工作道数的75%，如有工作道不正常，则应重新进行数据采集。

3 数据采集时，应避免隧道内其他震源震动产生的地震波、声波干扰，并应采取相应的压制措施。

4 记录首波（即由震源产生的直达波）中纵波与横波的同相轴应具有清晰分离的特征，应依据记录上的同相轴判断纵波与横波的速度，干扰背景不应影响初至波时间的读取和波形的对比。

5 检查记录与原观测记录应具有波形的重复性和相似性。

6 应利用有效波弹性波进行预报，数据处理系统对各种干扰波应具有剔除的功能。

7 原始记录包括仪器检查记录、试验记录、质量检查记录、生产记录、班报等。

6.2.7 数据处理与资料解释应符合下列规定：

1 处理前应剔除不符合记录要求的地震道数据。

2 采用计算机对反射波特征明显、信噪比高、同相轴清晰的地震道数据记录进行相位追踪对比。

3 根据波视速度的差异，确定反射界面在隧道轴向前方的距离、位置、规模和反射界面与洞轴方向的夹角。

4 依据时间剖面图、瞬时振幅图结合地质资料进行分析,对比和追踪波组的相似性、波幅的衰减程度、振动的同相性和连续性等特征,推断反射波组对应的层位、地质体的接触关系、构造形态等。

6.3 电磁波法

6.3.1 超前地质预报电磁波法主要包括地质雷达法和瞬变电磁法。

6.3.2 电磁波法适用于岩溶探测、断层破碎带、软弱夹层和含水、含泥等不良地质体的探测。

6.3.3 电磁波法的应用条件应符合下列要求:

- 1 探测目标体与周边介质之间应存在明显介电常数差异。
- 2 探测目标体应具有足以被探测的规模。
- 3 测线上,岩体表面应相对平缓,无障碍。
- 4 测区附近应无较大的金属构件、焊接施工或无线电发射等较强的电磁波干扰。

6.3.4 电磁波法进行连续预报时,前后两次重叠长度不宜小于 5m。

6.3.5 电磁波法预报距离划分应符合下列规定:

- 1 在泥质和软弱破碎地层或岩溶发育区,每次预报距离宜为10m~20m。
- 2 在完整的硬质岩地层,每次预报距离宜为20m~30m。

6.3.6 地质雷达法数据采集应遵循下列原则:

- 1 地质雷达工作方法宜选用点测剖面法。
- 2 地质雷达天线频率宜选择25M~100M,当隧道地质情况复杂时,应选择两种频率及以上的天线,当多个频率天线均能满足探测距离要求时,应选择频率相对较高的天线。

3 测线布置宜在掌子面上采用两横两竖或一横三竖的布线方式,如图6.3.6所示。可根据现场情况适当调整测线布置,调整原则宜遵守符合下列原则:

- 1) 应尽可能靠近掌子面轴心位置。
- 2) 测线距离尽可能达到最长。

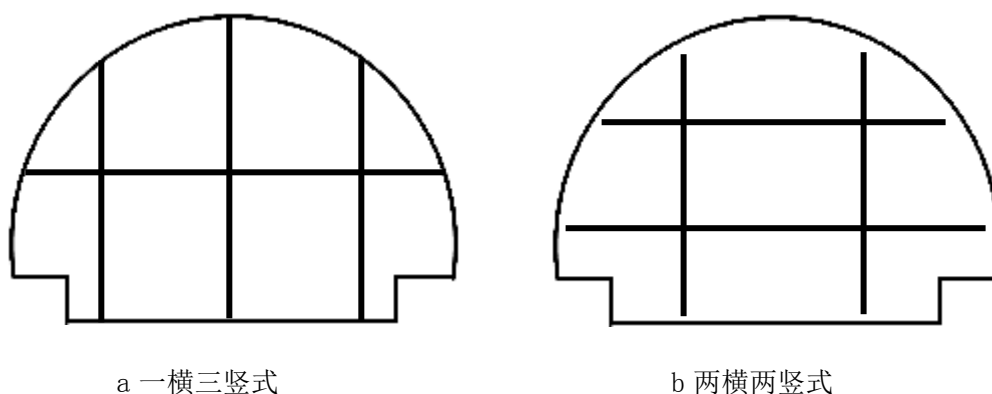


图6.3.6 雷达观测方式

- 4 采样长度和采样间隔等工作参数应根据现场采集效果及时调整。
- 5 数据采集可采用连续测量和点测，在掌子面上宜采用点测。
- 6 信号触发宜采用电触发。
- 7 现场采集时应清除或避开测线附近的金属物，当不能清除或避开时应在记录中注明，标出位置。
- 8 天线支撑器材应选用绝缘材料，操作人员应与天线保持相对固定的位置。
- 9 测试过程中，应保持工作天线的平面与探测面基本平行，发射与接收天线间距应保持一致。
- 10 现场记录应注明观测到的不良地质体与地下含水体的位置与规模等。
- 11 重点异常区应重复观测，重复性较差时应查明原因。
- 12 地质雷达检查记录与原始记录应具有重复性和一致性，异常位置应无明显变化。

6.3.7 地质雷达数据质量评价应符合下列要求：

- 1 地质雷达数据总体质量评价分为合格、不合格两种。当符合下列要求时为总体合格记录：
 - 1) 观测系统布置（测线，天线选择等）正确，采集方法正确。
 - 2) 记录信噪比高，雷达波信号清晰。
 - 3) 测线与雷达采集数据图像对应正确。
- 2 当有下列缺陷之一时，为总体不合格：
 - 1) 电磁波信号无法分辨。
 - 2) 信噪比低，干扰波严重影响到预报范围。
 - 3) 地质雷达采集数据图像坐标与测线坐标对应误差大于 20cm。

6.3.8 地质雷达数据处理方法应遵循下列原则：

- 1 可根据实际需要选取删除无用道、水平比例归一化、一维滤波、静校正移动、调整增益、二维滤波、一维巴特沃斯带通滤波等处理方法。
- 2 当反射信号弱、信噪比低时，不宜进行反褶积和偏移处理。
- 3 当干扰波出现在某一频段时，宜通过频率滤波进行处理。
- 4 当存在多次反射波时，宜采用反褶积进行处理。
- 5 当遇到倾斜层反射波界面时，宜采用偏移处理进行归位。

6.3.9 地质雷达资料解释应符合下列要求：

- 1 应通过班报现场复核、筛选干扰异常。
- 2 应先在原始图像上通过反射波波形、能量强度、反射波初始相位等特征判断识别和筛选异常，初步确定异常体情况。
- 3 结合隧道水文与工程地质情况、施工情况等因素，综合分析雷达剖面异常特征，做出最终解释成果。

6.3.10 瞬变电磁法适用于不具备布极条件的隧道超前地质预报环境，测线点经过处便于布置线框。

6.3.11 瞬变电磁法仪器主要技术指标应满足以下要求：

- 1 宜选用多通道、采样率与采样长度可调以及具有信号叠加功能的仪器。
- 2 发射电压12V~400V。
- 3 最大发射电流大于5A。
- 4 发射机基频频率：2.5Hz~225Hz内分档。
- 5 测试道数大于12道。
- 6 带宽：10Hz~7.5kHz。
- 7 时窗范围：0.05ms~160ms。
- 8 通道灵敏度：0.5 μ V。
- 9 动态范围大于140dB。
- 10 对工频干扰抑制大于60dB。

6.3.12 瞬变电磁法测网布置应考虑线框尺寸和布框要求，线距宜为线框边线长 L 的 1 倍~2 倍，点距可选择 L 、 $L/2$ 和 $L/4$ 。

6.3.13 瞬变电磁法现场工作应符合下列要求：

1 装置和参数选取应符合下列要求：

4) 重叠回线、中心回线装置适用于浅层探测。大定源回线装置适用于较深层的探测。偶极装置适用于探测陡倾断层等。

5) 中心回线、大定源回线、偶极装置的接收线框边长、发射和接收线框的间距宜根据试验选定。

2 资料检查和评价应符合单个测点的观测、重复观测或检查观测曲线的形态和幅值应一致，且各观测道的总均方相对误差 M 应不超过 10%。

6.3.14 瞬变电磁法数据处理、资料解释和图件应符合下列要求：

1 可对数据进行滤波数理。

2 应通过处理软件计算和绘制视电阻率断面图，也可绘制视纵向电导断面图作为补充解释资料。

3 解释应根据瞬变电磁的响应时间特征和测深曲线类型特征确定地电模型、划分异常。

4 可通过钻孔建立一个测区的视电阻率剖面的异常性质、深度、范围的对应关系，据此对该测区其他剖面进行解释。

5 应绘制相应的物探成果地质解释图。

6.4 红外探测法

6.4.1 红外探测法适用于定性判断岩体的含水性及其位置。

6.4.2 红外探测法预报距离：5m~20m。

6.4.3 红外探测法超前地质预报应连续进行。

6.4.4 红外探测野外工作数据以表格形式表示，其格式见附录 F。

6.5 激发极化法

6.5.1 激发极化法适用于钻爆法和 TBM 法施工的隧道超前地质预报环境，宜对含水不良地质体进行探测。

6.5.2 现场数据采集时应布设三个以上的供电电极，进行空间交会，区分各种影响，并压制不需要的信号，突出隧道前方地质异常体的信号。

6.5.3 现场数据采集应符合下列要求：

- 1 开机检测仪器是否正常。
- 2 供电、测量电极间距测量准确，误差应小于5cm。
- 3 供电、测量电极接地或与围岩接触良好。
- 4 电池电量充足。
- 5 数据重复测量误差应小于5%，否则应检查电极和仪器电源是否正常、工频干扰是否过大。
- 6 测量采集参数应包括视电阻率、视极化率、衰减度、激发比、半衰时等。
- 7 钻爆法测量时，供电电极和测量电极宜布置在隧道边墙或底板上，观测测线布置宜不少于2条。
- 8 TBM机载激发极化测量时，应在隧道边墙上布置供电电极，在掌子面上布置测量电极，并保证电极应均匀布设在隧道空间。

6.5.4 激发极化法有效预报距离不宜超过30m，连续探测时前后两次应重叠5m以上。

6.5.5 激发极化法数据处理、资料解释和图件应符合下列要求：

- 1 可对数据进行滤波数理。
 - 2 应通过处理软件计算和绘制视电阻率断面图。
 - 3 解释应根据视电阻率等值线特征和半衰时之差幅值变化特征确定地电模型、划分异常。
 - 4 可通过钻孔建立一个测区的视电阻率剖面的异常性质、尺寸、范围的对应关系，据此对该测区其他剖面进行解释。
- 应绘制相应的物探成果地质解释图。

7 工程地质分析法

7.1 一般规定

7.1.1 工程地质分析法适用于各种公路隧道的超前地质预报。

7.1.2 工程地质分析法应利用已有勘察资料、地质理论、地质作图和趋势分析等方法，推测判定掌子面前方可能遇到的地质情况及可能发生的地质灾害的性质、分布位置、规模等。

条文说明：在收集隧道已有勘察设计资料、隧道监控量测资料基础上，根据隧道揭露的地质情况，进行隧道内地质记录，通过地层层序对比、地层分界线及构造线地下和地表相关性分析、断层要素与隧道几何参数的相关性分析等，

7.1.3 工程地质分析应随隧道开挖同时进行，宜不超过 10m 进行一次。遇地层岩性变化、构造发育、岩溶发育等复杂、重点地段应加密进行。

条文说明：施工进洞地形地质条件复杂时，应开展洞口、洞门及仰坡岩土体的工程地质分析。

7.2 技术要求

7.2.1 工程地质分析法应综合整理、分析隧道施工过程中的试验检测、掌子面地质记录、洞身地质记录、地面地质调查信息、区域地质信息等资料，预测和判定掌子面一定范围内的地质条件。

7.2.2 掌子面地质记录应对掌子面所揭露的地层岩性、地质构造、不良地质与特殊性岩土等进行地质描述及地质素描，并形成图表。

条文说明：

掌子面包括立面及分台阶开挖的上台阶、下台阶。围岩状况包含围岩稳定性、清危、掉块、塌方等情况。

7.2.3 洞身地质记录应对隧道洞身所揭露的地层岩性、地质构造、不良地质与特殊性岩土等进行地质描述及地质素描，并形成图表。

条文说明：

隧道洞身包括左边墙、右边墙、洞顶、底板。

7.2.4 地面地质调查信息、区域地质信息应包括本规程第 4 章的内容。

7.3 地质调绘与试验检测

7.3.1 地面、掌子面、洞身等地质调绘工作与记录按第4章、第9章的规定执行。

7.3.2 试验检测工作与报告按第8章的规定执行。

7.4 资料整理分析

7.4.1 地质记录表应现场绘制草图，室内完成。

条文说明：

地质记录表必须现场根据实际情况记录，不得回忆编制或室内制作。原始记录、图表应当天整理完成。

7.4.2 地质记录表资料应及时反映在隧道工程地质平面图和纵断面图上，并应分段完善、汇总。

7.4.3 对勘察设计资料、隧道监控量测资料及地质记录进行综合分析，进行隧道施工围岩分级，提出预报结论及建议，并形成报告。

条文说明：

围岩施工分级参考现行《公路隧道设计细则》JTG/T D70 第6章规定。

7.4.4 工程地质分析报告应包括以下内容：

- 1 文字说明。
- 2 地质记录表。
- 3 隧道纵横断面图，比例为1:100~1:500。
- 4 相关影像资料。

8 超前地质钻探与试验检测

8.1 一般规定

8.1.1 超前地质钻探应在综合分析地表工程地质条件、洞内工程地质断面及物探预报资料的基础上，在临近前方复杂地段、危险地段时有针对性地开展工作的。

8.1.2 当前方存在断层破碎带、岩溶区、物探异常区等可能发生突水突泥、流砂等工程地质条件复杂地段，或存在煤层瓦斯发育区、高应力区等危险地段时应采用超前地质钻探方法进行超前地质预报。

8.1.3 超前地质钻探包括冲击钻进、回转取芯钻进及加深炮孔钻进。

8.1.4 钻孔的类型、数量、角度深度应根据现场实际地质情况选取或三者合理搭配采用，以提高钻进质量和钻探速度，减少占用开挖工作面的时间。

8.1.5 冲击钻进应通过冲击器的响声、钻速及其变化、岩粉、卡钻情况、钻杆震动情况、冲洗液的颜色、气味及地下水流量变化等粗略探明岩性、岩石强度、岩体完整程度、溶洞、暗河及地下水发育情况等。

8.1.6 对于煤层要求采取岩芯、破碎带物质成分、岩溶充填物的判定及需取样进行岩石强度试验时，应采用回转钻进方法钻探。

8.1.7 钻探操作人员应执行钻探操作规程，现场记录人员应对钻探过程情况进行详细记录。进行钻探时，应识别各种危险源，采取有效措施，确保人员及机械设备的施工安全。

8.2 超前地质钻探要求

8.2.1 超前地质预报钻探位置及数量应符合下列规定：

- 1 超前地质预报钻探孔数、孔位应根据开挖断面大小和地质复杂程度确定。
- 2 断层、节理密集带或其他破碎富水地层一个断面不少于2个钻孔，并根据构造可能的产状位置布置。
- 3 富水岩溶发育区应采用中短深度搭配钻进，每断面不少于5个钻孔，钻孔应均匀布置在上下中左右掌子面位置。
- 4 煤层瓦斯每断面不少于3个钻孔，分布在上左右掌子面位置。

8.2.2 钻孔终孔应满足下列要求:

1 钻孔深度应根据探测的目的确定。

2 钻探深度根据钻进情况可适时调整, 进行动态控制和管理, 以达到探测目的。断层、节理密集带超前钻孔应穿过构造区。富水岩溶发育区超前钻探应探测至隧道开挖轮廓线以外5m~8m。煤层瓦斯超前钻孔深度每个钻孔均应穿透煤层并进入顶(底)板不小于0.5m。

3 在需连续钻探时, 每循环可钻30m~50m, 必要时可加深。

4 连续预报时前后两循环钻孔应搭接5m~8m。

8.2.3 加深炮孔孔深应比原爆破孔(或循环进尺)深3m以上。

8.2.4 钻探孔径应根据探测的目的与要求确定。当需要取芯取样及孔内试验与检测时, 应根据国家及行业标准的规定, 满足钻探取芯、取样和孔内试验与检测的孔径要求, 孔径不应小于76mm。

8.2.5 超前钻探应符合下列规定:

1 钻进深度和岩土分层深度的量测精度, 不应低于 $\pm 5\text{cm}$ 。

2 当孔深超过30m时, 钻进的钻孔每30m应进行孔斜测量。倾角和方位的量测精度应分别为 $\pm 0.1^\circ$ 和 $\pm 3.0^\circ$ 。

3 煤层瓦斯超前钻孔应取完整的岩(煤)芯, 进入煤层后宜用干钻取样。钻进过程中应观察孔内排出的浆液、煤屑变化情况, 并做好记录。

4 在煤层瓦斯发育区钻探时应采取必要安全措施, 防止瓦斯中毒或爆炸起火。

5 在富水地段进行超前钻探时必须采取防突水措施, 突水风险较大的地区, 应有避灾场所及路线。当钻探中有涌水突泥迹象, 应立即停止钻孔作业并关闭孔口管。

6 钻进过程中应密切观测地下水流量变化。

8.2.6 钻探操作的具体方法, 应符合现有国家及行业关于钻探标准。

8.3 钻探记录

8.3.1 超前钻探过程中应在现场做好钻探记录, 记录应真实, 按钻进回次逐段记录。

8.3.2 钻探记录应包括钻孔位置、开孔时间、终孔时间、孔深、钻进压力、钻进速度随钻孔深度变化情况、钻杆跳动情况、冲洗液颜色和流量变化、涌砂、空洞、振动、卡钻位置、突进里程、冲击器声音的变化等。

8.3.3 超前钻探过程中应及时鉴定岩芯、岩粉，判定岩石名称，对于断层带、溶洞填充物、煤层、代表性岩土等应拍摄可辨识的照片备查，并选择代表性岩芯整理保存。

8.3.4 应详细记录地层岩性及特征、不良地质情况及相应深度。钻探成果应采用钻孔柱状图或分层记录。

1 地层岩性：记录岩土颜色、风化程度、岩性特征、岩石强度特征、岩体裂隙情况。

2 不良地质情况：空洞宽度、软弱层岩性特征、破碎岩体破碎程度及宽度、水量水压及水质、瓦斯状况等。

8.3.5 取芯钻孔岩芯应根据工程要求保存一定期限或长期保存，并拍摄各段岩芯照片纳入勘察成果资料。钻孔柱状图格式见附录 E。

8.4 检测与试验

8.4.1 当需要对隧道围岩进行分级时，应对采取的岩石样品进行抗压强度试验。

8.4.2 当需要检测水体对隧道的腐蚀性时，应取水样对水质进行分析。

8.4.3 当需要测试瓦斯等有害气体时，应收集气体样品进行气体成分和含量检测试验。

8.4.4 隧道内岩石、气体、土、水等检测与试验应按国家和公路行业的有关规定进行。

8.4.5 特殊检测包括地应力、放射性、地温等按国家和公路行业的有关规定进行取样和试验。

8.5 资料整理

8.5.1 超前钻探完成后应编制钻探及检测试验成果报告。

8.5.2 报告内容除应符合第 10 章规定，必须补充下列内容：

- 1 钻孔柱状图（格式见本技术规程附录K）。
- 2 已开展的岩石、气体、土样、地应力、放射性等检测与试验结果。
- 3 代表性岩芯照片。

征求意见稿

9 超前导洞法

9.1 一般规定

9.1.1 超前导洞法适用于各种地质条件,对煤层、断层、地层分界线等面状结构面可进行较为准确的预报,对岩溶等有预报不准(漏报)的可能。在岩溶发育可能性较大的地段可利用物探、钻探手段由导洞向正洞探测预报。

9.1.2 超前导洞法应根据超前导洞所揭示的地质情况,通过地质理论和作图法对公路隧道正洞地质条件进行综合分析预报。

9.1.3 超前导洞开挖过程中应做好导洞内施工超前地质预报工作,宜采用地质调绘、物探、地质超前钻探等方法,防止导洞施工引发地质灾害。

条文说明

平行超前导洞法是在隧道正洞一侧一定距离开挖一个平行的断面较小的导洞,以导洞开挖中遇到的构造、结构面或地下水等情况作地质记录与分析预报正洞地质条件的方法,当平行导洞与正洞隧道间距较小,隧址区地层受构造运动影响变化较小时,该方法预报准确性较高。平行导洞的作用很多,如增开工作面、增加出渣通道以利于加快施工进度、施工和运营期间通风、排水、防灾救援、疏散等,地质预报只是其中用途之一,因其费用极为昂贵,一般只有当设计有平行导洞或预测隧道可能产生重大地质灾害时才采用该预报方法。

正洞超前导洞法是在隧道正洞中某个部位开挖一个断面较小的导洞以探明地质情况的方法。该方法较平行导洞法更直接、准确。正洞导洞可作为隧道施工工法的一种,既开挖了隧道,又探明了地质情况。

9.2 技术要求

9.2.1 利用超前导洞进行隧道施工地质预报工作,应观测并记录以下内容:

- 1 施工所遇地质情况记录;
- 2 穿越地层分布及产状、岩性、构造分布及产状;
- 3 不良地质体带分布、特殊地层分布及产状;
- 4 涌水及塌方点分布;
- 5 必要的测试试验(岩石、体声波测试和岩石强度试验等);

6 超前平行导洞或超前平行隧道与施工隧道的平面关系。

9.3 地质记录

9.3.1 超前平行隧道或导洞施工过程中，应对边墙、拱顶和掌子面进行地质调查、描述并记录。

9.3.2 土质围岩应重点做好骨架颗粒的接触、排列分布、出水、坍塌等情况的描述。

9.3.3 岩质围岩应重点做好围岩锤击时的声音、回弹、碎裂、浸水反应情况描述及节理、裂隙等结构面的统计。

9.4 资料整理分析

9.4.1 根据超前导洞地质条件推测拟开挖隧道地质条件，得出地下水状态、软弱结构面分布、岩体完整性等结论，并结合岩石抗压强度对围岩开挖稳定性进行判定预报，预报内容应主要包括下列内容：

- 1 地层岩性、地质构造的分布位置、范围等。
- 2 岩溶的发育分布位置、规模、形态、充填情况及其展布情况。
- 3 在采及废弃矿巷与隧道的空间关系。
- 4 有害气体及放射性危害源分布层位。
- 5 涌泥、突水及高地应力现象出现的隧道里程段。
- 6 其他可以预报的内容。

9.4.2 超前导洞施工地质预报应编制下列预报资料：

- 1 导洞地质展视图，比例宜为1:100~1:500。
- 2 导洞预测正洞施工地质预报报告，包括导洞预报正洞平面简图，比例宜为1:100~1:500。
- 3 导洞竣工工程地质纵断面图，包括地层岩性、褶曲、断裂的分布与产状。破碎带及坍塌和变形地段的位置、性质及规模，地下水出露的位置、水质、水量，分段围岩等级等，横向比例宜为1:500~1:5000，纵向比例宜为1:200~1:5000。

10 成果报告

10.1 一般规定

10.1.1 超前地质预报工作应编制单次超前地质预报报告、超前地质预报总报告，必要时应编制月报、季报、年报等阶段性报告。

10.1.2 单次预测报告应在 24 小时以内提交，总报告在隧道施工完成后提交。

10.1.3 单次超前地质预报报告、超前地质预报总报告应由文字和图表组成。

10.1.4 原始数据、影像等资料应真实、完整、无涂改，位置标注应具体明确，并应具备可追溯性。

10.1.5 超前地质预报资料分析应准确完整、数据真实齐全，超前地质预报报告的签署应完备。

10.1.6 超前地质预报报告应满足归档存贮要求。

10.2 单次超前地质预报报告

10.2.1 每个超前地质预报回次外业工作结束后应编制单次超前地质预报报告。

10.2.2 单次超前地质预报报告的文字部分应包括下列内容：

- 1 工点工程概况。
- 2 预报说明，含预报时间、位置、方向、里程、地质条件、预报内容等。
- 3 工作方法、工作安排、预报距离、实施过程等。
- 4 超前地质预报工作布置平面图。
- 5 工作情况与完成的工作量。
- 6 预报结果、结论与建议

10.2.3 单次超前地质预报报告图表内容宜包括下列内容：

- 1 原始记录。
- 2 解译、分析及成果图。
- 3 地质平面图、断面图、素描，钻孔柱状图，平行导洞、导洞地质展示图。
- 4 检测与试验报告、统计表。
- 5 照片、影像资料等。

6 其他。

10.3 总报告

10.3.1 总报告应包括工程概况、工作情况、工程地质条件、地球物理特征、工作方法原理、技术与质量评价、解释推断、结论与建议、图表等内容。

10.3.2 隧道超前地质预报总报告应按下列要求编制：

- 1 工程概况。
- 2 地质概况,包括原有地质资料的概略情况及其结论,施工开挖过程中揭示的不良地质、特殊岩土及存在的主要工程地质问题。
- 3 设计预报方案和根据实际地质情况调整后的预报实施方案。
- 4 统计各预报方法实际工作量,并与超前地质预报设计工作量进行对比,分析增减的原因。
- 5 预报与施工验证对比情况,包括预报结果统计分析,对预报成果进行评价。
- 6 设计与施工地质资料对比情况,对勘察资料进行评价。
- 7 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、注意的事项等。
- 8 超前地质预报工作的经验与教训,采用新技术、新设备、新方法的情况及推广应用的建议。
- 9 结论与建议。
- 10 其他需要说明的问题。
- 11 图表。
 - 1) 超前地质预报工作量统计表。
 - 2) 工程地质平面图、工程地质纵断面图。
 - 3) 钻孔、平行导洞、导洞的地质图。
 - 4) 预报与施工地质对比图。

条文说明：根据合同及相关要求编制，主要预报与施工地质对比图包括分段围岩级别的对比、不良地质与特殊岩土发育部位与规模的对比及地质纵断面图常规项目(如地层岩性、褶曲、断裂的分布与产状,破碎带及坍塌和变形地段的位置、规模、地下水出露的位置、水质、水量等)。

12 附件

1) 回次报告、阶段性报告汇总。

2) 照片与影像资料。

10.4 专项报告

10.4.1 专项报告应包括工程概况、工程地质条件、地球物理特征、工作方法原理、完成工作情况与统计、超前钻探与平行导洞导洞、检测与试验、技术与质量评价、解释推断、结论与建议、图表等内容。

10.4.2 专项报告编制宜按 10.3.2 条的规定执行。

10.5 阶段性报告

10.5.1 阶段性报告按提交报告的节点宜分为月报、季报、年报。

条文说明：阶段性报告根据合同及相关要求编制和提交。

10.5.2 月报、季报、年报应包括工程概况、工程地质条件、地球物理特征、阶段性完成工作情况、工作方法与工作量统计、预报成果评价、结论与建议、图表等内容。

附录 A 常见超前地质预报分类表

分类依据	类型	作用
按预报的作用	常规预报	结合施工进度，收集地质资料，判断围岩类别，了解掌子面前方的工程地质条件，为正确选择施工方法或修改施工设计等提供依据。
	成灾预报	该预报重点针对隧洞内地质灾害进行预报，如大规模塌方、涌水、涌泥、涌石、岩爆、瓦斯等。成灾预报是对可能的灾害性地质条件进行预报，以指导隧洞施工中的防灾和减灾工作。
	专门预报	该预报主要针对隧洞内特殊地质问题进行预报，如膨胀岩、侵蚀性地下水、高地温、岩溶等。这些特殊地质条件，常常使施工陷入困境或破坏隧洞衬砌，如果处理不及时或处理失当，甚至可能酿成大的地质灾害。
按距掌子面的距离	短距离预报	小于 15m。测试可与施工同步进行，预报约三个循环的前方地质条件，基本满足安全施工要求。对成灾预报而言，短距离预报相当于临灾预报或防灾处理阶段。
	中距离预报	15~50m 之间。对于防灾预报来说，只有 15m 范围内的临灾预报是不够的。发现有可能成灾的地质条件，马上要准备处理，显然太紧张。比较理想至少应有 30m 的距离。因此，进行范围超过 15m 的中距离预报是隧洞施工所必须的。
	长距离预报	大于 50m。
按预报的手段	经验预报	在以往工程经验的基础上，凭现场施工所发现的异常现象或直接通过地质分析进行的预报。它对临灾预报有特殊意义，如凿孔过程中发现有岩粉异常喷出，可能遇到了瓦斯或有害气体。听到岩石劈裂声且随后出现岩块弹射现象可能是岩爆。凿孔异常喷水可能是大量涌水的先兆等等。
	采用仪器预报	通过仪器设备采集或测试得到相应的数据，根据数据处理结果进行的预报。预报目的不同，方法各异，所用仪器也是多种多样的。如地质分析法只需罗盘、地质锤、放大镜、稀盐酸和皮尺等。水平钻孔法需用大型水平钻机。物探方法需各种物探仪器等。
	综合预报	地质体是复杂的综合体，采用单一方法难以查明隧洞的全部地质条件，根据地质条件的差异和不同精度要求，选用若干种方法相互补充和印证，才能获得更好效果。
按预报的精度	定性预报	通过预报方法对前方地质体性质和可能存在的不良地质体类型进行判断，具体位置、规模等的精度可不作严格规定。
	定量预报	“定量”是对前方不良地质体具体位置、规模和影响范围等给出量的概念。当然对量的精度要求也是相对的，如短距离预报精度要求最高。中距离预报精度要求次之。长距离预报则以定性为主，强调战略上的指导作用。

附录 B 地质复杂程度分级表

影响因素	地质复杂程度分级			
	复杂	较复杂	中等复杂	简单
涌水	特大型涌突水(涌水量 $>10\,000\text{m}^3/\text{h}$)、大型涌突水(涌水量 $1000\text{m}^3/\text{h}\sim 10\,000\text{m}^3/\text{h}$)、突泥, 高水压	较大型涌突水(涌水量 $500\text{m}^3/\text{h}\sim 1000\text{m}^3/\text{h}$)、突泥	中型涌水(涌水量 $100\text{m}^3/\text{h}\sim 500\text{m}^3/\text{h}$)、涌泥	小型涌水(涌水量 $<100\text{m}^3/\text{h}$), 涌突水可能性极小
岩溶	强烈发育, 以大型暗河、廊道、较大规模溶洞、竖井和落水洞为主, 地下洞穴系统基本形成	中等发育, 沿断层、层面不整合面等有显著溶蚀, 中小型串珠状洞穴发育, 地下洞穴系统未形成, 有小型暗河或集中径流	发育, 沿裂隙、层面溶蚀扩大为岩溶化裂隙或小型洞穴, 裂隙连通性差, 少见集中径流, 常有裂隙水流	微弱发育, 以裂隙状岩溶或溶孔为主, 裂隙不连通, 裂隙透水性差
断层	大型断层破碎带、自稳能力差、富水, 可能引起大型失稳坍塌问题	中型断层带, 软弱, 中~弱富水, 可能引起中型坍塌	中小型断层, 弱富水, 可能引起小型坍塌	中小型断层, 无水, 掉块
地应力	极高应力($R_c/\sigma_{\max}<4$)开挖过程中硬质岩时有岩爆发生, 有岩块弹出; 软质岩岩芯常有饼化现象, 岩体有剥离, 位移极为显著	高应力($R_c/\sigma_{\max}=4\sim 7$), 开挖过程中硬质岩可能出现岩爆, 岩体有剥离和掉块现象; 软质岩岩芯时有饼化现象, 岩体位移显著		
瓦斯(有害气体)	瓦斯突出: 瓦斯压力 $P\geq 0.74\text{MPa}$, 瓦斯放散初速度 $\Delta P\geq 10$, 煤的坚固性系数 $f\leq 0.5$, 煤的破坏类型为III类及以上	高瓦斯: 全工区的瓦斯涌出量 $\geq 0.5\text{m}^3/\text{min}$	低瓦斯: 全工区的瓦斯涌出量 $<0.5\text{m}^3/\text{min}$	无

附录 C 隧道内地质灾害的前兆表现

地质灾害类型	前兆表现
大型溶洞水体 或暗河	1 裂隙、溶隙间出现较多的铁染锈或黏土。
	2 岩层明显湿化、软化，或出现淋水现象。
	3 小溶洞出现的频率增加，且多有水流、河沙或水流痕迹。
	4 钻孔中的涌水量剧增，且夹有泥沙或小砾石。
	5 有哗哗的流水声。
	6 钻孔中有凉风冒出。
断层破碎带	1 节理组数急剧增加。
	2 岩层牵引褶曲的出现。
	3 岩石强度的明显降低。
	4 压碎岩、碎裂岩、断层角砾岩等的出现。
	5 临近富水断层前断层下盘泥岩、页岩等隔水岩层明显湿化、软化，或出现淋水和其他涌突水现象。
人为坑洞积水	1 岩层明显湿化、软化，或出现淋水现象。
	2 岩层裂隙有涌水现象。
	3 开挖工作面空气变冷或发生雾气。
	4 有嘶嘶的水声。
	5 临近煤层老窑积水的前兆是岩层中出现暗红色水锈或渗水中挂红。
大规模塌方	1 拱顶岩石开裂，裂缝旁有岩粉喷出或洞内无故尘土飞扬。
	2 初支开裂掉块、支撑拱架变形或发生声响。
	3 拱顶岩石掉块或裂缝逐渐扩大。
	4 干燥围岩突然涌水等。
煤与瓦斯突出	1 开挖工作面地层压力增大，鼓壁，深部岩层或煤层的破裂声明显、响煤炮、掉渣、支护严重变形。
	2 瓦斯浓度突然增大或忽高忽低，工作面温度降低，闷人，有异味等。
	3 煤层结构变化明显，层理紊乱，由硬变软，厚度与倾角发生变化，煤由湿变干，光泽暗淡，煤层顶、底板出现断裂、波状起伏等。
	4 钻孔时有顶钻、夹钻、顶水、喷孔等动力现象。
	5 工作面发出瓦斯强涌出的嘶嘶声，同时带有粉尘。
	6 工作面有移动感。

附录 D 隧道地面补充地质调查表

位置	桩 号		坐 标	X:
	地理位置			Y:
地调点类型	☐ 地层分界点 ☐ 不良地质体		地层年代	
	☐ 地质构造点 ☐ 其他		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：

日期：

附录 F 红外探测现场记录表

表 F-1 开挖工作面红外探测数据记录表

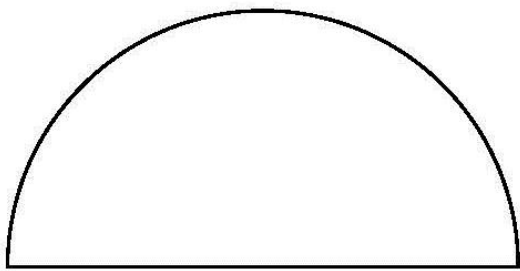
隧洞名称:		开挖工作面里程:					表格编号:	
场强		列 数					横 向 max 差	备 注
		1	2	3	4	5		
行 数	1							
	2							
	3							
	4							
纵 向 max 差								

表 F-2 沿隧洞走向探测数据记录表

隧洞名称:		开挖工作面里程:			表格编号:		
断面序号	断面里程	左边墙	左拱腰	拱顶	右拱腰	右边墙	备注
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							

填表: 审核: 日期: 年 月 日

附录 G 掌子面地质素描图（上台阶、下台阶）

序号	工程名称										
1	开挖面位置	左洞/右洞		K +		距洞口距离 (m)					
2	开挖尺寸	宽度 (m)		高度 (m)		面积 (m)		开挖方式		其它:	
3	掌子面状态(选择)	稳定		随时松弛、掉块		自稳困难, 要及时支护		要超前支护		其它:	
4	地层岩性										
5	风化程度 (选择)	未风化		微风化		中风化		强风化		全风化	
6	岩石坚硬程度	坚硬岩		较坚硬岩		较软岩		软岩		极软岩	
7	断层/褶皱										
8	破碎带										
9	节理 (裂隙)	密度 (条/m)									
10	节理 (裂隙)	张开度 (mm)									
11	节理 (裂隙)	状态 (选择)		紧闭		微张		张开		宽张	
12	节理 (裂隙) (选择)	充填或胶结		无充填		泥质		岩屑		铁、钙、硅质胶结	
13	围岩结构类型 (选择)	整体状或巨厚层状		带状或厚层状、块状		裂隙块状或中厚层状。镶嵌碎裂状。中、薄层状		裂隙块状。碎裂状		散体状	
14	围岩完整程度 (选择)	完整		较完整		较破碎		破碎		极破碎	
15	主要软弱结构面与洞轴线关系	结构面走向与洞轴线夹角: 结构面倾角:				组合					
16	地下水状态(选择)	无水	潮湿或点滴状出水	淋雨状或涌流状出水 (水压<0.1MPa或单位出水量<10L/(min.m))			淋雨状或涌流状出水 (水压>0.1MPa或单位出水量>10L/(min.m))				
17	特殊地层										
18	不良地质										
19	地应力状态	埋深 H= m		极高地应力			高地应力			其它:	
20	设计围岩级别 (选择)	I		II		III		IV		V	VI
地质素描图	 掌子面										

填表:

审核:

日期:

年 月 日

附录 H 洞身地质素描图（分左边墙、右边墙、洞顶、底板）

序号	工程名称													
1	洞身位置	左洞/右洞			K + ~ K +				距洞口距离 (m)					
2	开挖尺寸	宽度 (m)		高度 (m)		面积 (m)		开挖方式			其它:			
3	洞身状态 (选择)	稳定		随时松弛、掉块		自稳困难, 要及时支护		要超前支护		其它:				
4	地层岩性													
5	风化程度 (选择)	未风化			微风化		中风化		强风化		全风化			
6	岩石坚硬程度	坚硬岩			较坚硬岩		较软岩		软岩		极软岩			
7	断层/褶皱													
8	破碎带													
9	节理 (裂隙)	密度 (条/m)												
10	节理 (裂隙)	张开度 (mm)												
11	节理 (裂隙)	状态 (选择)		紧闭		微张		张开		宽张				
12	节理 (裂隙)	充填或胶结 (选择)		无充填		泥质		岩屑		铁、钙、硅质胶结				
13	结构类型 (选择)	整体状或巨厚层状		带状或厚层状、块状		裂隙块状或中厚层状。镶嵌碎裂状。中、薄层状		裂隙块状。碎裂状		散体状				
14	围岩完整程度	完整		较完整		较破碎		破碎		极破碎				
15	主要软弱结构面与洞轴线关系	结构面走向与洞轴线夹角 结构面倾角°					组合							
16	地下水状态 (选择)	无水		潮湿或点滴状出水		淋雨状或涌流状出水 (水压<0.1MPa 或单位出水量<10L/(min.m))			淋雨状或涌流状出水 (水压>0.1MPa 或单位出水量>10L/(min.m))					
17	特殊地层													
18	不良地质													
19	地应力状态	埋深 H= m		极高地应力			高地应力			其它:				
20	设计围岩级别 (选择)	I		II		III		IV		V		VI		
21	洞内 (已支护段) 外观察情况													

地质素描图

洞顶

底板

左边墙 右边墙

填表: _____ 审核: _____ 日期: _____ 年 月 日

附录 K 钻孔柱状图

隧道名称:				孔口里程:		立角:		开孔时间:		
钻孔编号:				孔口位置:		偏角:		终孔时间:		
地层年代	层底里程	层底深度(m)	分层厚度(m)	岩层剖面(1:)	地质描述	取样位置	出水位置	出水量(m ³ /h)	孔径(mm)	备注
征求意见稿										

钻探单位:

编录:

审核:

日期: