

超前地质勘探作业指导书

编制目的:

对超前地质勘探进行过程控制, 以保证超前地质勘探满足施工要求。

适用范围:

适用于本标段所有隧道超前地质勘探作业。

职责分工:

由工程部进行施工方法控制, 并根据试验结果对施工方案进行改进。

编制依据技术标准/质量标准:

《客运专线隧道工程施工技术指南》- TZ214-2005

《铁路工程物理勘探规程》- TB10013-2004

1 隧道施工期地质预测、预报的主要内容和方法

1.1 地质预测、预报的主要内容

- 1) 断层及断层影响带的位置、规模及其性质。
- 2) 软弱夹层的位置、规模及其性质。
- 3) 岩溶的位置、规模及其性质。
- 4) 工程地质灾害可能发生的位置和规模。。
- 5) 含水构造的位置、规模及其性质。

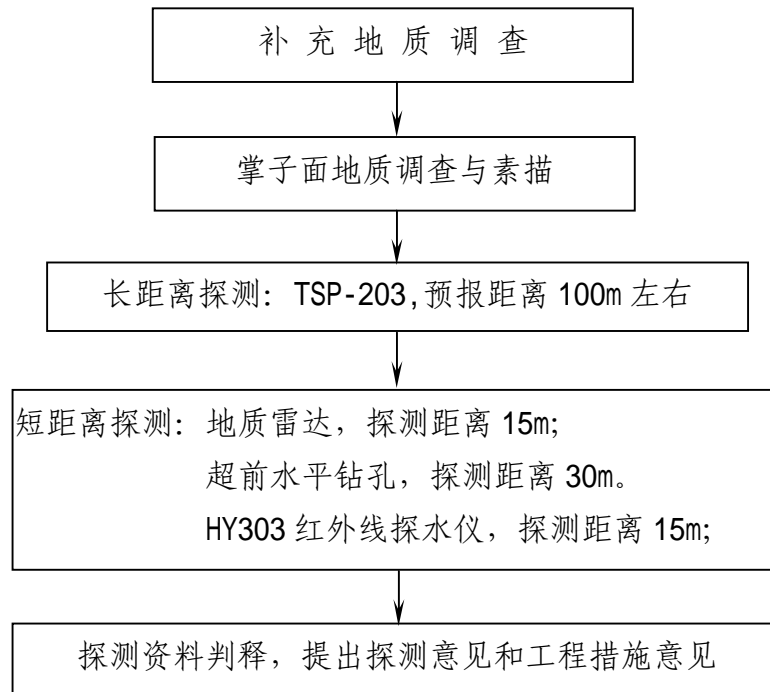
1.2 方法

加强超前地质预报, 采用 TSP203 地震波检测仪或地质雷达、红外线探水仪、地质素描、超前水平钻孔等综合勘探的方法进行探测, 超前地质预报是制定施工方案和工程措施的主要依据, 也是隧道施工的一道重要工序。本隧道施工中, 在重点地段, 上述各种预报手段并用, 一般地段以地质素描为主。实行动态监控, 信息化施工。加强对围岩监测, 进一步掌握围岩的特性, 为施工提供可靠的技术依据。

2 超前地质预报与补充地质调查工作流程

隧道综合超前地质预测预报的工作流程如下图。

综合超前地质预测预报工作流程图



实施方法：对于设计提供的不良地质地段，提前 50m 进行探测：TSP203 地震波探测仪每 100m 施作一次；HY303 红外线探水每掘进循环施作一次；超前水平钻孔（每断面布置五孔，其中一个孔钻取岩芯）30m 一个循环，每循环搭接长度 5m；地质素描每掘进循环进行一次；地质雷达每 30m 施作一次。

根据几种探测手段的探测结果进行综合分析，互相验证，提出预测预报意见和工程措施建议，及时反馈，以调整优化设计，进一步改进和完善施工工艺和方法，实施信息化动态施工管理。

补充地质调查是在设计提供的地质资料的基础上，实地调查核实：不同地层、岩性、岩层产状在隧道地表的出露及接触情况等。

3、TSP-203 地质预报系统

3.1 简介

TSP203 超前地质预报系统是利用地震波在不均匀地质体中产生的反射波特性来预报隧道掘进面前方及周围临近区域地质状况的。它是在掌子面后方边墙上一定范围内布置一排爆破点，依此进行微弱爆破，产生的地震波信号在隧道周围岩体内传播，当岩石强度发生变化，比如有断层或岩层变化时，会造成一部分信号返回，界面两侧岩石的强度差别越大，反射回来的信号也

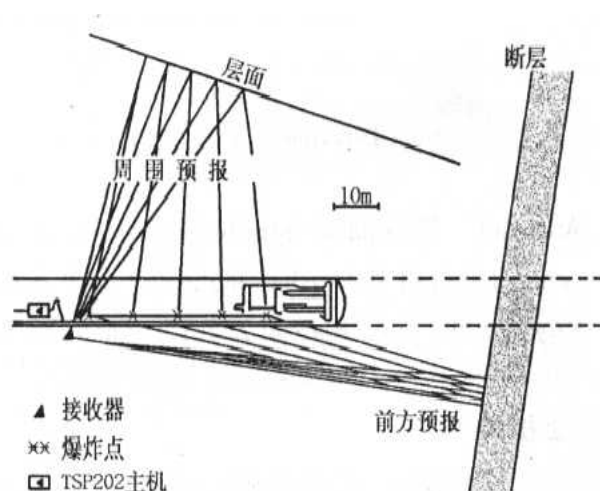
就越强。返回的信号被经过特殊设计的接收器接收转化成电信号并进行放大，根据信号返回的时间和方向，通过专用数据处理软件处理，可以得到岩体强度变化界面的方位。

TSP-203 是利用地震波进行长距离探测的一种方法。该系统具有地震波发射、接收、电脑自动分析成图等功能。

本隧道采用 TSP-203 探测，主要用于预报掌子面前方 100m 左右范围内的断层破碎带、富水带、不同岩层接触带等不良地质体的界面位置。

3.2 TSP-203 地震波检测仪探测原理

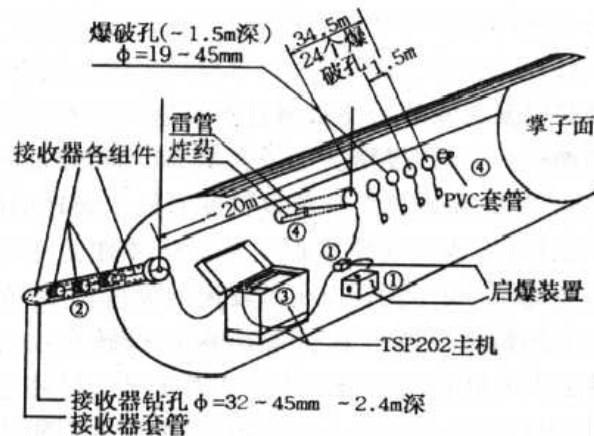
TSP-203 超前地质预报技术是利用地震波在不均匀地质体中产生的反射波特性来预报隧道工作面前方及周围临近区域的地质情况，即采用在隧道掘进面后方一定距离内的钻孔中进行微型爆破来发射声波信号，爆破引发的地震波在岩体中以球面的形式向四周传播，其中一部分地震波向隧道前方传播，经隧道前方的界面反射回来，反射信号经接收传感器转换成电信号并放大。从起爆到反射信号被接收的这段时间是与反射面的距离成比例的。通过反射时间与地震波传播速度的换算就可以将反射面的位置、与隧道轴线的夹角以及与隧道掘进面的距离确定下来，同时将隧道中存在的岩性变化带的位置方便地探测出来。TSP-203 地震波探测系统由数据采集系统和处理系统两部分组成。详见《隧道 TSP-203 地震波超前地质预报示意图》。



隧道 TSP-203 地震波超前地质预报示意图

3.3 洞内数据采集

TSP203 隧道地震超前地质预报分为洞内数据采集和室内计算机分析处理两大部分，洞内数据采集主要由接收器、数据记录设备以及起爆设备三大部分组成。接收器主要用来接收地震信号；数据记录设



TSP203 洞内数据采集部分示意图

备是将接收器接收到的信号放大、数模转换并进行测量过程控制、信号数据记录；起爆设备主要是用来引爆电雷管和炸药的。上述各部分的组合见上图示。洞内数据采集包括打接收器孔和爆破孔、埋置接收器管、连接接收器信号仪器及爆破信号等过程。

TSP203 超前地质预报系统洞内布置的接收器孔和爆破孔不是在掌子面上，而是在掌子面附近的边墙上，一般情况下，它是由一个接收器孔和 24 个爆破孔组成。接收器距掌子面约 55m，最后一个爆破孔距掌子面约 0.5m。爆破孔间距 1.5m，孔深 1.5m，孔径 19~45mm，孔口距隧道底约 1.0m，向掌子面方向倾斜约 10° ，向下倾斜 $10^\circ \sim 20^\circ$ ；接收器与第一个孔间距 20m，接收器孔深 2.4m，孔径 32~45mm，孔口距隧道底 1.0m，向洞口倾斜约 10° ，向下倾斜 $10^\circ \sim 20^\circ$ 。

为使接收器能与周围岩体很好地耦合以保证采集信号的质量，采集信号前至少 12h 时应将一个保护接收器的接收器套管插入孔内，并用含两种特殊成分的不收缩水泥砂浆使其与周围岩体很好地粘结在一起。每个爆破孔装药量 10 ~ 40g，根据围岩软硬和完整破碎程度以及距接收器位置的远近而不同。若地质情况特别复杂，有时需要在隧道另一边墙上也布置一个接收器和 24 个爆破孔，通过左右边墙所测资料的对比分析，取得较为准确的判断结果。

3.4 TSP-203 地震波探测仪数据处理与分析

过滤出岩性反射波：在 TSP-203 地震波探测系统的记录的各种波当中，从掌子面前方和隧道旁边反射过来的携带岩石性质的反射波通过滤波器能从其它反射波里分离出来。

分离 P 波和 S 波：把 X、Y 和 Z 方向上的记录转换成 P 波、SH 波和 SV 波。P 波为压缩波（纵波），S 波为剪切波（横波），其中 SV 波表示质点在垂直面内运动的横波，SH 波表示质点在水平面内运动的横波。

图形显示：地震数据处理完毕以后，在 2D 或 3D 窗口察看选择的反射面。

岩性反射波的分析：

TSP-203 地震数据处理的由测得的从震源直接到达传感器的纵波传波时间换算地震波的传播速度 V_p ，并运用图像处理 and 分割，提取 P 波和 S 波反射面。反射界面岩石的性质通过以下方法加以判断：

出现较高的反射振幅、较大的反射系数和较小的弹性阻抗，表示反射界面的岩石密度和波速较高；波形中央出现正的反射振幅，表示反射界面的岩石是坚硬的。如果是负的反射振幅，表示反射界面是软弱岩石。

S 波反射比 P 波反射更强表示反射界面富含水。 V_p/V_s 增大或突然增大表

明流体存在， V_p 下降则表明岩石裂隙或空隙度增大。

4 地质雷达探测法

地质雷达是基于电磁波在有耗介质中的传播性工作的。发射天线发出微波频段的电磁波后，遇到不均匀介质或介质常数有差异时会发生反射，反射信号由接收天线接收记录，经微机处理形成雷达剖面图。解译人员对雷达剖面图进行解译分析，提出掌子面前不良地质体的具体位置和规模。该法对 30m 范围内的不良地质体，尤其是含水地质体探测效果最好。

本隧道采用地质雷达主要在临近含水构造地段使用，近距离探测富水溶洞、暗河、含水断层等。

5 红外线探水法

采用 HY-303 型红外线探测器探测隧道隐伏含水构造，利用不同物体辐射场场强差异，对隧道前方的隐伏含水构造进行跟踪探测。即采用红外测温仪跟踪测量隧道开挖面的岩石温度，连续地获取岩石的温度信息，从温度异常点判断含水构造。

在各次测定完成后，立即将数据进行分析处理，按照工程平面图的比例绘制探成果图。采用图解法和电探三极装置解析法进行分析处理，算出含水构造的部位及出水面积，并最终求出含水构造至工作面的距离。根据数据处理，准确测定正常辐射场和区域背景场的 T-S 特征曲线，并以此作为超前探测隐伏含水构造体的判释标准。红外线探测器主要在 TSP-203 地震波探测仪和超前水平钻孔初步确定含水地段 30m 左右开始探测，以进一步确定含水体位置、规模。

6 水平超前钻孔

通过洞内外观察与地质描述、TSP-203 地震波探测仪、HY-303 型红外线探测仪探水等有关地质与水文资料分析，配合采用超前水平地质钻探加以验证。通过超前水平钻孔岩芯的分析，进一步探明掌子面前方的隧道围岩地质状况与水文地质的具体情况，根据探孔钻进的时间、速度、压力、成分以及卡钻力、钻芯和岩性构造性质及地下水情况，掌握隧道前方的地质条件与水文条件。

这是最直观、最可靠的超前探测手段。在本隧道不良地质体多的地段，实施 5 孔超前钻孔。探孔布置位置：隧道断面周边均匀布置 5 个。本隧道采用 ZYG-150 型全液压钻机，超前钻孔深 30m。主要用于在 TSP203 预测到的不良地质体前 50m 进行钻探，以准确探测掌子面前方不良地质体的位置、规模、性质及地下水水量和水压等。超前探孔施工时应注意前一循环钻孔与后一循环钻孔之间要搭接 5m。其具体的超前探孔布置详见“**隧道超前探孔布置示意图**”。

另外在钻爆破孔之前，利用加长的钻杆，在开挖断面的中部和周边施钻 5 个孔，均水平施钻。钻孔位置：中部 1 个，周边 4 个。孔深 5~8m。该孔既作为探测孔，又可作为爆破孔。该短孔探测法是在 TSP-203、地质雷达、红外线探

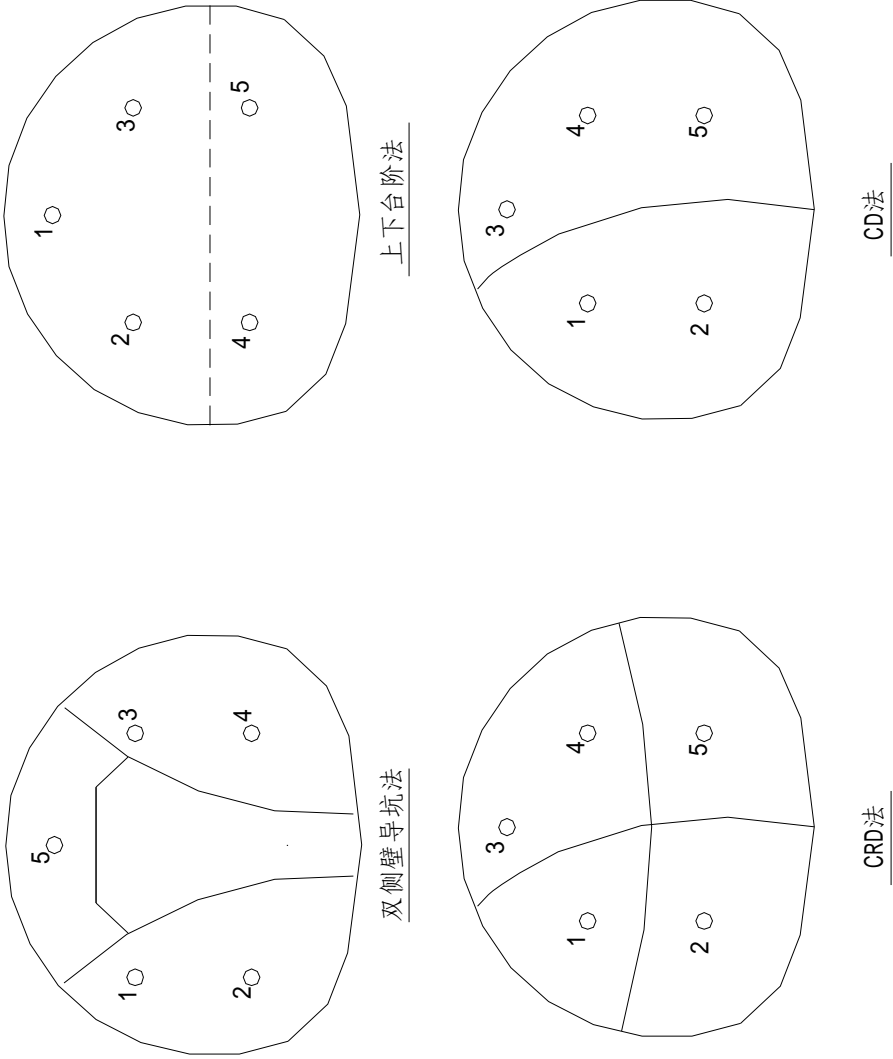
水仪等物探方法探测的情况下，了解掌子面前方围岩无明显的不良地质体的基础上采用的一种既保证施工安全，又加快施工进度的一种施工方法。

施工中，对于已出水的超前钻孔，要进行不间断的水流量、水压的监测，绘制水量、水压的变化曲线，为制定地下水处理方案提供依据

7 补充地质调查

在设计图纸提供的地质资料的基础上进行实地调查核实，以确定不同地层、岩性、岩层产状在隧道地表出露及接触情况，地表岩溶发育位置、规模

隧道超前探孔布置示意图



说明:

- 1、本图适用于隧道地质复杂及灰岩、岩溶、富水、岩层接触带及破碎带等地段进行探测。
- 2、V级围岩段采用双侧壁导坑法或CRD法施工，IV、III级围岩采用CD法或短台阶法施工。探测孔的布设要密切结合施工工序，先开挖部分则先钻设探测孔。每个断面5个探测孔，单个探测孔长度30m，搭接长度为5m，可根据揭示地质情况对钻孔长度作适当调整，但不应小于25米。钻孔过程中，遇涌水不能钻孔时，应拔出钻具，安设孔口止浆塞关闭闸阀。
- 3、探测孔的钻进要对出水点位置、流量、水压及出水状态等作详细记录。
- 4、一般情况下应待探测孔钻完进行全面综合分析，再确定处理方案。钻开挖炮眼如炮眼有较大涌水时及时向有关方面报告。

及其分布，构造在隧道地有的出露、分布、性质及产状。

观察掌子面状态、围岩变形、围岩风化变质情况、节理裂隙、断层分布和形态、地下水分布情况、高压富水段涌水的位置、水量和水压以及止水后的止水效果，同时对开挖工作面附近初期支护状况的观察和裂缝描述，作为

判断围岩的稳定性和支护参数的检验的重要依据，观察已作初期支护地段的喷射混凝土、锚杆、钢架的受力状况，同时观察已衬砌地段的隧道衬砌结构的开裂与渗漏水情况。根据洞内外观察与地质描述对出现的异常情况制定相应的处理措施。

8 掌子面地质素描

隧道爆破开挖后通过地质素描手段，及时查看掌子面地质状况，通过和设计资料对比，为隧道掘进提供地质情况预报（设平行导坑时先行提供的地质资料）。

掌子面地质素描应在隧道作业每一开挖循环后立即进行，根据掌子面暴露岩层的层理、节理、裂隙结构状况，岩体软硬程度，出水量大小判断开挖前方地质情况。

观察中应具体记录心下各项内容，并描绘掌子面地质素描图：

地质状况及其分布、性质和掌子面自稳性；

围岩的软硬、裂隙间距及方向等围岩状态；

断层的分布、走向、粘土化程度等

出水地点、涌水量及其状态；

软弱层的分布。

有必要时采用数码相机，拍摄掌子面图片。

根据掌子面地质素描及围岩监测情况，及时对评定的围岩级别进行支护合理情进行评价。

9 地质超前预报规章制度

9.1.地质勘察与超前预报规划

隧道全长采用TSP203和地质雷达超前预报的，由局项目部负责组织实施，专家预报组对预报结果负责；地质素描、红外探水、及超前地质钻孔等超前地质预报各工区自行购买设备组织实施并对其结果负责，局项目部统一监管。

9.2 地质勘察与超前预报组织机构建立

