

客运专线铁路技术管理手册

铁路隧道钻爆法 施工技术要点手册

铁道部工程管理中心



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

客运专线铁路技术管理手册

铁路隧道钻爆法施工技术要点手册

铁道部工程管理中心

中 国 铁 道 出 版 社

2010年·北 京

客运专线铁路技术管理手册
铁路隧道钻爆法施工技术要点手册
铁道部工程管理中心

*

中国铁道出版社出版发行
(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

出版社网址:<http://www.tdpress.com>

中国铁道出版社印刷厂印

开本:850 mm × 1 168 mm 1/32 印张:2.625 字数:61千字

2010年6月第1版 2010年6月第1次印刷

书号:15113·3205 定价:15.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

发行部电话:路(021)73170,市(010)51873172

关于发布《客运专线铁路预制 转道板(枕)场建设技术指导手册》 等 16 项客运专线铁路技术手册的通知

工管技〔2009〕77 号

为满足客运专线铁路建设需要,加强客运专线标准化技术管理,使相关工程技术人员快速掌握其施工技术,铁道部工程管理中心组织编写了《客运专线铁路预制轨道板(枕)场建设技术指导手册》、《客运专线铁路扣件系统安装技术手册》、《客运专线铁路地基处理技术手册》、《客运专线路基填筑施工技术要点手册》、《客运专线铁路路基防排水施工技术手册》、《客运专线铁路变形观测评估技术手册》、《客运专线铁路路基质量检测技术要点手册》、《客运专线铁路后张法预应力混凝土简支箱梁预制施工技术要点手册》、《节段预制拼装移动支架造桥机施工技术要点手册》、《活性粉末混凝土构件施工要点手册》、《铁路隧道钻爆法施工及机械配置要点手册》、《隧道典型事故预防、处理及工程实例》、《铁路隧道施工通风技术与标准化管理指导手册》、《客运专线铁路工程质量安全监控要点手册》、《铁路建设项目部管物资指导手册》、《客运专线铁路建设征地拆迁工作手册》(另发单行本),现予发布,以供建设、施工等单位在铁路工程建设中参考使用。

各单位在使用过程中,应结合工程实践,认真总结经验,积累资料。如发现需要修改和补充之处,请将建议或意见及时反馈铁道部工程管理中心。

以上客运专线铁路技术管理手册由中国铁道出版社出版发行。

铁道部工程管理中心
二〇〇九年七月十三日

前 言

根据 2008 年调整的《中长期铁路网规划》,到 2012 年,将有 1.3 万公里客运专线及城际铁路投入运营。在建和规划修建的铁路隧道总长度将超过 1 万公里。工程建设的安全和质量关系到人民生命财产安全和社会和谐稳定。高标准、高质量、安全地建设好铁路隧道,对我国隧道修建技术的发展,又好又快推进大规模铁路建设具有十分重要的意义。

钻爆法作为一项基本的隧道施工技术,经过广大工程技术人员多年的理论研究和大量的工程实践,其技术已经成熟。目前的关键是正确掌握和使用此项技术。为方便隧道钻爆法施工现场的技术管理,快速掌握主要施工技术要点,2007 年 2 月,铁道部工程管理中心、中国中铁隧道集团有限公司共同编制了《铁路隧道施工作业要点手册》。在此基础上,工程管理中心再次组织修改、补充和完善并增加了机械配置的内容,形成了《铁路隧道钻爆法施工技术要点手册》。该手册简明扼要地介绍了钻爆法的施工方法、主要施工工序、工艺、机械配置和作业要点,突出安全施工。

本手册共分十部分,即:超前地质预报、超前支护、洞

口、开挖、初期支护、防排水、二次衬砌、监控量测、施工风水电、职业健康与环境保护。

本手册可供施工管理、工程技术人员和现场作业人员参考使用。在使用中如发现需要修改和补充完善之处请及时将意见反馈至铁道部工程管理中心技术部(北京市复兴路10号,邮编100844,电话47897,传真41013,电子邮箱xgz47897@sina.com)。

编制单位及人员:铁道部工程管理中心张梅、肖广智、韩贺庚、黄鸿健、张民庆。中铁隧道集团有限公司高存成、方俊波、齐传生、陈文义、于翠荔、王小平、陈振林、韩忠存、方维鹏、吴鸣冈。

目 次

1	超前地质预报	1
1.1	预报内容	1
1.2	预报方法	1
1.3	地质复杂程度分级	2
1.4	预报工序流程	3
1.5	预报要点	4
1.6	设备配置	5
2	超前支护	6
2.1	超前锚杆	6
2.2	超前小导管	6
2.3	长 管 棚	8
2.4	机械配置	9
3	洞 口	10
3.1	工序流程	10
3.2	施工要点	11
3.3	机械配置	11
4	开 挖	12
4.1	开挖方法	12
4.2	机械配置	21
5	初期支护	22
5.1	喷射混凝土	22
5.2	锚 杆	23

5.3	钢架	24
5.4	钢筋网	26
5.5	机械配置	26
6	防排水	27
6.1	洞口及地表防排水、降水	27
6.2	结构防排水	28
6.3	施工机械配置	29
7	二次衬砌	30
7.1	施工工艺	30
7.2	机械配置	31
8	监控量测	33
8.1	工序流程	33
8.2	监测要点	33
8.3	监控量测项目及仪器	36
9	施工风水电	38
9.1	施工通风	38
9.2	供风	38
9.3	供水	39
9.4	供电	39
9.5	通讯	40
10	职业健康与环境保护	41
10.1	职业健康	41
10.2	环境保护	41
	参考文献	43
	附录 A 铁路隧道无轨运输施工主要设备建议配置表	
	(单作业面)	44

附录 B	铁路隧道有轨运输施工主要设备建议配置表 (单作业面)	46
附录 C	钻爆法施工要点	48
附录 D	帷幕注浆施工要点	53
附录 E	掌子面超前预加固施工要点	58
附录 F	各工序现场施工照片	60

1 超前地质预报

受目前勘察手段及判释水平等因素的限制，在勘察设计阶段尚不能完全准确地探明隧道的具体地质情况，因此在施工过程中进行超前地质预测预报是制定施工技术方案、确保施工安全必不可少的手段。超前地质预报应进行专项设计，并纳入正常施工工序（特别是对岩溶、断层、富水裂隙、软弱破碎围岩等风险较大的隧道，进行超前地质预报尤为重要）。

1.1 预报内容

主要对地层岩性、地质构造、不良地质、地下水等进行预测预报，重点是岩溶、暗河、断层、节理密集带、破碎松散地层、高地应力、煤层、放射性、有害气体等。

1.2 预报方法

预报方法应根据工程地质与水文地质复杂程度合理选择。

1 超前地质预报方法按预报原理可分为地质调查法、超前钻探法、物探法和超前导坑法。

1) 地质调查法，包括隧道地表补充地质调查和隧道内地质素描等。

2) 超前钻探法，包括在洞内长、短距离超前钻探、加深炮孔探测及孔内摄影。

3) 物探法，包括地震波反射法、声波反射法、电磁波反射法、高分辨直流电法等。

4) 超前导坑法，包括在隧道正洞内或正洞外设置超前导坑。

2 超前地质预报按预报长度可分为长距离预报（大于100 m）、

中长距离预报 (30 ~ 100 m) 和短距离预报 (30 m 及以下)。

3 超前地质预报按采用预报手段的种类或方法可分为单一方法地质预报和综合超前地质预报。

1.3 地质复杂程度分级

地质复杂程度分级见表 1.3。

表 1.3 地质复杂程度分级

复杂程度 类型		很复杂	复杂	较复杂	简单
地质复杂程度 (含物探异常)	岩溶发育程度	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	弱发育, 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
	涌水涌泥程度	特大型突水 (> 10 万 m^3/h), 大型突水 ($1\,000 \sim 1$ 万 m^3/h), 并伴随突泥, 高水压 (> 0.8 MPa)	大型涌突水 (涌水量 $1\,000 \sim 1$ 万 m^3/h), 突泥, 水压 $0.3 \sim 0.8$ MPa	中型涌水 (涌水量 $100 \sim 1\,000$ m^3/h), 涌泥, 水压 < 0.3 MPa	小型涌水 (< 100 m^3/h), 涌突水可能性极小
	断层稳定程度	自稳能力差、富水, 极可能引起大型失稳坍塌	软弱, 中~弱富水, 可能引起中型坍塌	弱富水, 可能引起小型坍塌	无水, 掉块
	地应力影响程度	极高应力 ($R_c/\sigma_{\max} < 4$), 硬质岩时有岩爆发生; 软质岩岩芯常有饼化现象, 位移极为显著	高应力 ($R_c/\sigma_{\max} = 4 \sim 7$), 硬质岩可能出现岩爆、掉块现象; 软质岩岩芯时有饼化现象, 位移显著	——	——
	瓦斯影响程度	按《铁路瓦斯隧道技术规范》(TB 10120—2002) 执行			

续表 1.3

复杂程度 类型	很复杂	复杂	较复杂	简单
地质因素对 施工影响 程度	危及施工安全, 可能造成重大安全 事故	存在安全隐患	可能存在安全 问题	局部可能 存在安全 问题
诱发环境问题的 程度	可能造成重大环 境灾害	施工、防治不 当,可能诱发一般 环境问题	特殊情况下可 能出现一般环境 问题	按“规 范”执行

注: R_c 为岩石单轴饱和抗压强度 (MPa); $\sigma_{\max}$ 为最大地应力值 (MPa)。

1.4 预报工序流程

超前地质预报工序流程见图 1.4。

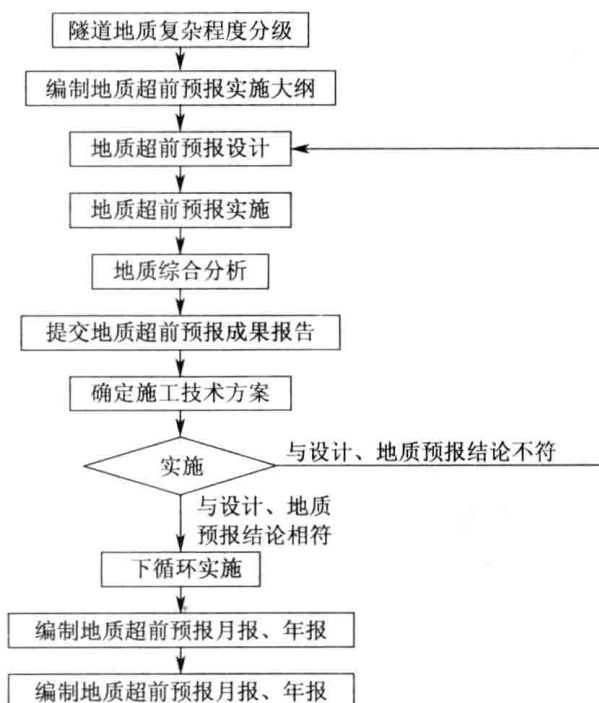


图 1.4 超前地质预报工序流程图

1.5 预 报 要 点

1 研究区域工程地质及水文地质资料,必要时进行地表补充调查和勘探,对隧址区地质情况做到比较全面和准确的认识,分析主要工程地质及水文地质问题、主要地质水文灾害隐患对隧道的影响范围,制定预报预案。

2 根据地质复杂程度分级(见表1.3),对不同地段进行地质水文预报分级,不同类型和级别的地段采取不同的预报方法。

3 断层预报。探明断层的性质、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,采用超前钻探法准确预报,辅以地质调查法、物探法。

4 岩溶预报。探明岩溶在隧道内的分布位置、规模、充填物及岩溶水的情况。岩溶预报以地质调查法为基础,以超前钻探法及“加深炮孔”探测为主,结合多种物探手段进行综合超前地质预报,并开展隧道周边隐伏岩溶探测。

5 煤层瓦斯预报。探明煤层分布位置、厚度、倾角,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。预报以地质调查法为基础,以超前钻探法为主。

6 突(涌)水、突泥预报。探明可能发生突(涌)水、突泥(石)地段的位置(规模)、边界、充填物、水量、水压等。预报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。

7 洞内超前钻探。一般地段采用冲击钻,复杂地段采用回转取芯钻。富水岩溶发育区根据隧道断面大小,布置3~5孔探孔,揭示岩溶时,适当增加;断层、节理密集带或其他破碎富水地层一般布置1孔超前探孔。钻孔长度宜为30~50 m,两次搭接长度为5~8 m。富水地段,特别是斜井、隧道反坡施工地段进行超前钻探时必须采取防突措施。超前钻探应作好钻孔位置、

孔深、钻进压力、钻进速度、冲洗液颜色、涌砂、空洞、振动、卡钻位置、突进里程、冲击器声音的变化等记录，特别是测量水量、水压。

8 “加深炮孔”探测（开挖轮廓线外 2 ~ 3 m）。可用于各种地质条件下隧道的地质超前探测，尤其适用于岩溶发育区。“加深炮孔”孔数、孔位、外插角根据开挖轮廓线和地质复杂程度及预留安全岩盘厚度确定。

1.6 设备配置

1 地质复杂隧道施工前，根据围岩工程地质、水文地质等条件选取合理的超前地质预报设备。

2 复杂岩溶隧道、大规模富水断层破碎带的隧道、高瓦斯隧道采用超前地质钻探、物探等设备进行综合预报，超前地质钻探宜选用钻进速度 ≥ 15 m/h 的快速钻机。

3 物探法地质预报常用设备选择表 1.6。

表 1.6 物探法地质预报设备选择表

序号	预报方法	设备	预报范围
1	弹性波反射法	地震波反射法 探测仪	在软弱破碎地层或岩溶发育区可 预报 100 m
			在完整硬质岩地层可预报 100 ~ 180 m
		智能声波探测仪	在软弱破碎地层或岩溶发育区可 预报 20 ~ 50 m
			在完整硬质岩地层可预报 50 ~ 70 m
		陆地声纳仪	在软弱破碎地层或岩溶发育区可 预报 20 ~ 50 m
			在完整硬质岩地层可预报 50 ~ 70 m
2	电磁波反射法	地质雷达	预报距离宜在 30 m 以内
3	高分辨直流电法	高分辨直流电法仪	有效预报距离不宜超过 80 m

2 超前支护

超前支护是针对软弱、破碎、浅埋等地质条件采取的隧道辅助工法，目的是确保隧道施工不塌方、少沉陷。超前支护通常有超前锚杆、超前小导管、长管棚、水平旋喷、掌子面超前加固等。施工前根据围岩条件、施工方法、工程所处环境等情况，选择一种或几种方法综合使用。

2.1 超前锚杆

超前锚杆是在隧道开挖前，沿隧道拱部开挖轮廓线按一定外插角度安设直径 20 ~ 25 mm、长度 3 ~ 5 m 的钢筋，进行围岩加固的超前支护方式。

超前锚杆支护一般用于Ⅲ ~ Ⅳ级围岩、较软弱围岩、破碎围岩、拱部不稳定的地层，不易成孔时可采用自进式锚杆。施工要点如下：

1 超前锚杆支护参数根据地质条件、隧道断面大小及支护结构形式选用。

2 超前锚杆沿隧道拱部周边布设，环向间距不大于 40 cm，外插角控制在 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。

3 钻至设计孔深后，用吹管将碎渣吹出清孔，防止孔位坍塌。

4 注入水泥砂浆，安设加工好的带定位装置的锚杆。

2.2 超前小导管

超前小导管是在隧道开挖前，沿隧道拱部开挖轮廓线按一定外插角度安设直径 32 ~ 60 mm、长度 2.5 ~ 6 m 的钢管，与钢架联合使用并连成一体，必要时利用小导管注浆对围岩超前加固的

支护方式。

超前小导管支护一般用于Ⅳ~Ⅵ级围岩、软弱破碎围岩或断层及其影响带、浅埋和洞口等地段。

2.2.1 施工工序流程图

小导管超前支护工序流程见图 2.2.1。

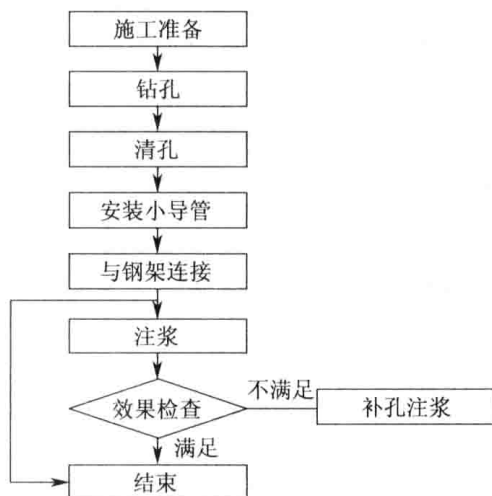


图 2.2.1 小导管超前支护工序流程图

2.2.2 施工要点

1 超前小导管支护参数根据地质条件、隧道断面大小、支护结构形式选用。

2 超前小导管沿隧道拱部周边布设，环向间距不大于 40 cm，外插角控制在 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ，采用风钻或凿岩台车成孔，或直接打入。

3 钻至设计孔深后，用吹管清孔将碎渣吹出。

4 安设加工好的钢管或注浆钢花管，注浆时管口周围缝隙用塑胶泥封堵，并用棉纱堵塞。

5 钢管露出工作面不宜大于 15 cm。

6 注浆一般采用水泥单液浆或水泥砂浆，注浆压力控制在

0.8 MPa 以内。

2.3 长 管 棚

长管棚是在隧道开挖前,沿隧道开挖轮廓线外纵向近水平方向设置直径大于70 mm、长度大于10 m的钢管,并将钢管内采用砂浆充填密实,必要时通过长管棚注浆预加固隧道前方拱部土体,以减少开挖时土体沉降、坍塌的超前支护方式。

一般适用于V~VI级围岩、浅埋偏压、极破碎岩体,如洞口堆积体、洞身坍方体、砂土质地层、下穿建(构)筑物、强膨胀性地层、断层破碎带等地段。

2.3.1 施工工序流程图

洞口大管棚超前支护工序流程见图 2.3.1。

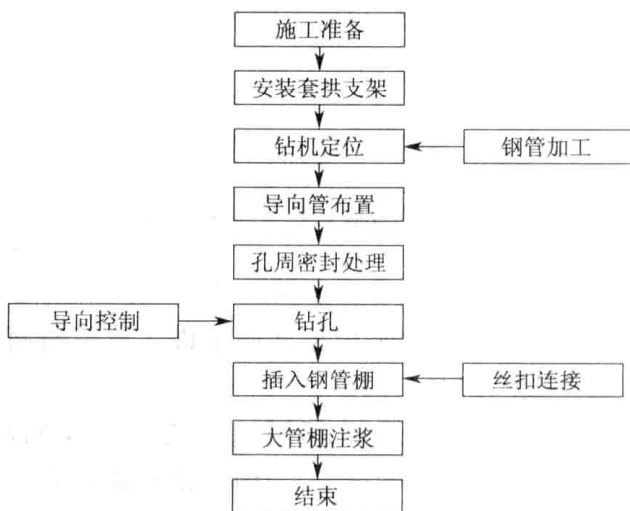


图 2.3.1 洞口大管棚超前支护工序流程图

2.3.2 施工要点

1 长管棚一般为 10 ~ 50 m, 钢管以丝扣(套管)连接而成, 管棚纵向搭接长度不小于 1.5 m。

2 管棚钢管直径一般为 70 ~ 180 cm, 根据需要可选用更大