

隧道篇

隧道开挖作业指导书

1 目的

明确隧道开挖作业的工艺流程、操作要点和相应的工艺标准，指导、规范隧道开挖施工，尽可能地减少超挖，保证隧道的开挖作业安全、保证开挖质量。

2 编制依据

- (1)《客运专线铁路隧道工程施工指南》(TZ214-2005)
- (2)《客运专线铁路隧道工程施工质量验收标准》铁建设[2005]160号
- (3)《新建铁路福厦线施工图设计文件》

3 适用范围

适用于新建铁路福厦线双线隧道正洞及其辅助坑道的开挖施工。

4 隧道开挖施工

4.1 方案设计

要求本线隧道按新奥法原理组织施工，并要根据不同围岩级别及周边环境选择相应工法，应根据监控量测结果，适时施作二次衬砌。

黄土隧道施工严格按照“严控水、强支护、短进尺、勤量测”的原则组织施工，应特别注意地表冲沟、陷穴对隧道的影响，要加强调查和处理。

石质隧道破碎带按照“先支护、后开挖、短进尺、弱爆破、快封闭、勤量测”的原则进行组织施工。

隧道开挖前，首先完成洞口截水沟、洞口土方及边仰坡防护施工。洞口土方采用挖掘机配合装载机自上而下分层施工，大型自卸汽车运输，并及时做好坡面防护，开挖一段（台阶）防护一段（台阶）。洞口明洞采用明挖法施工，开挖至明暗分界线后，先施做护拱混凝土，然后施做暗洞超前大管棚，随后立即做好明洞衬砌，随后进入暗洞施工，待明洞混凝土达到设计规定的强度后及时进行明洞洞顶回填。暗洞开挖根据围岩情况Ⅴ级地段采用CRD法或双侧壁导坑法施工，Ⅳ级采用CD法或弧形导坑预留核心土法施工，每循环进尺控制在1m以内，Ⅱ、Ⅲ级及横洞Ⅳ、Ⅴ级围岩采用台阶法施工，每循环进尺控制在2.5m以内。

黄土隧道开挖采用人工配合挖掘机进行，出碴采用装载机配合大型或中型自卸汽车无轨运输。石质隧道采用钻爆法开挖，出碴采用装载机配合大型或中型自卸汽车无轨运输。

施工通风采用管道压入式通风。

在施工过程中应不断总结经验，优化工艺。加强超前地质预测、预报，加强围岩监控量测管理。根据量测结果，及时调整预留变形量及支护参数，适时施作二次衬砌，确保隧道安全。开挖方法的改变，要严格按程序申请设计变更。

4.2 中隔壁法（CD 法）

CD 法是在软弱围岩大跨度隧道中，先开挖隧道的一侧，并施作中隔壁，然后再开挖另一侧的施工方法，主要应用于双线隧道Ⅳ级围岩深埋硬质岩地段以及老黄土隧道（Ⅳ级围岩）地段。

4.2.1 CD 法施工工艺

CD法施工工艺流程见图1。

4.2.2 CD 法施工工序说明

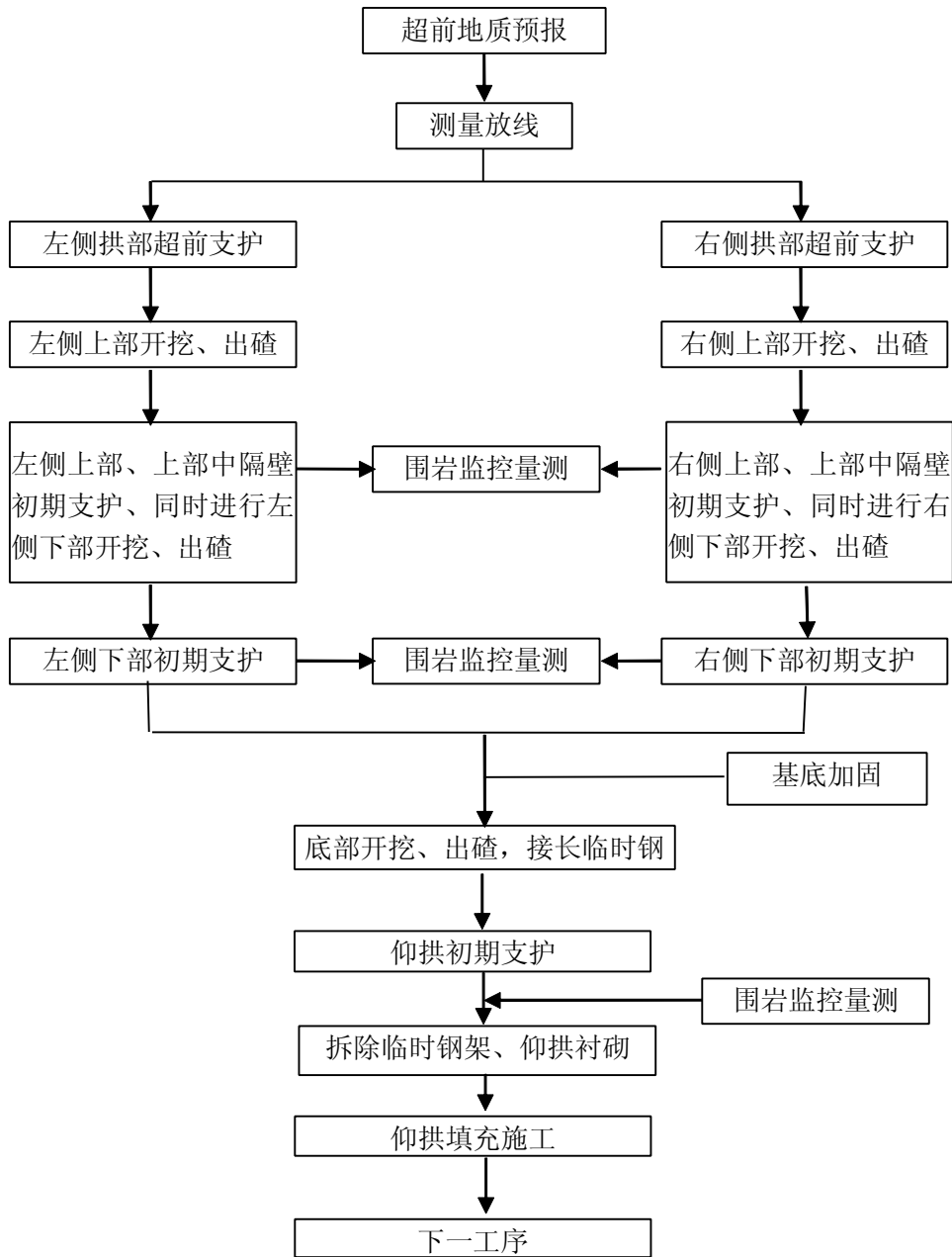
CD法施工工序见图2。

(一)、(1)利用上一循环架立的钢架施作隧道侧壁 $\Phi 50$ 超前钢花管及导坑侧壁 $\Phi 22$ 水平锚杆超前支护。(2)人力配合机械开挖①部，高约为6.0m，宽约为7.5m。(3)施作①部导坑周边的初期支护和临时支护，即初喷4cm厚混凝土，架立型钢钢架和I18临时钢架，并设锁脚锚杆（管），安装径向锚杆及铺设钢筋网片，复喷混凝土至设计厚度。

(二)、(1)在滞后于①部一段距离后，挖掘机开挖②部，人工整修表面。(2)导坑周边部分初喷4cm厚混凝土。(3)接长型钢钢架和I18临时钢架，并设锁脚锚杆（管）。(4)钻设径向锚杆并铺设钢筋网片，复喷混凝土至设计厚度。

(三)、在滞后于②部一段距离后，挖掘机开挖③部，人工整修表面，施作导坑周边初期支护，步骤及工序同①。

图 1 CD 法施工工艺流程图



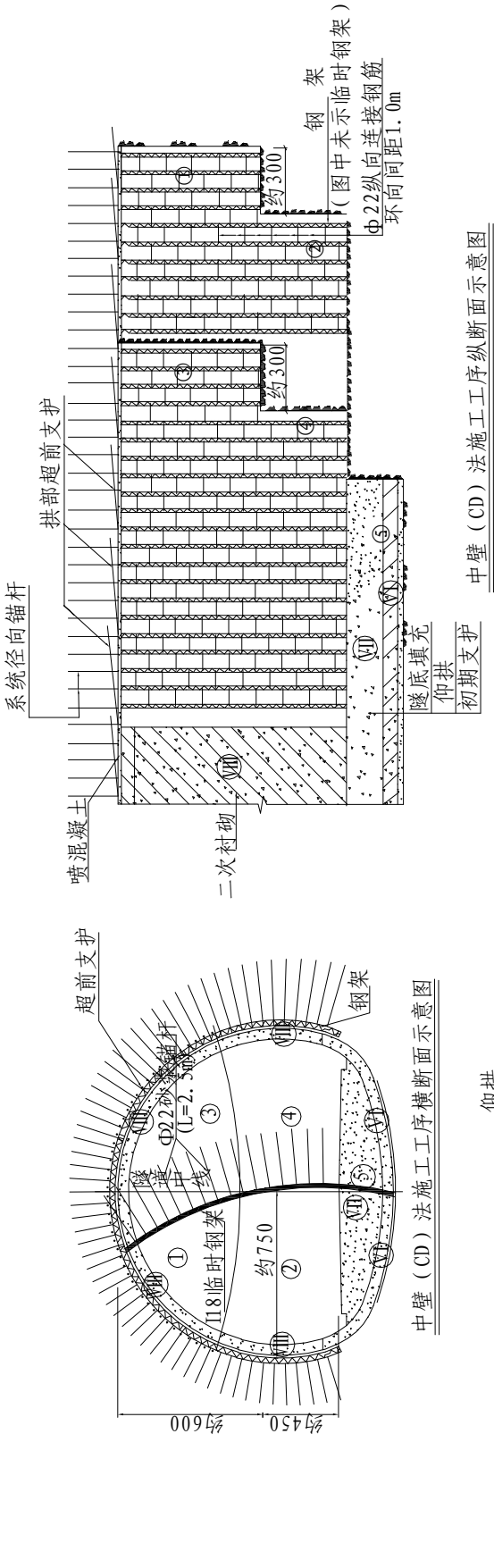
(四)、在滞后于③部一段距离后，挖掘机开挖④部，人工整修表面，施作导坑周边初期支护，步骤及工序同②。

(五)、(1)在滞后于④部一段距离后，挖掘机开挖⑤部。(2)接长I18临时钢架至隧底，底部垫槽钢。

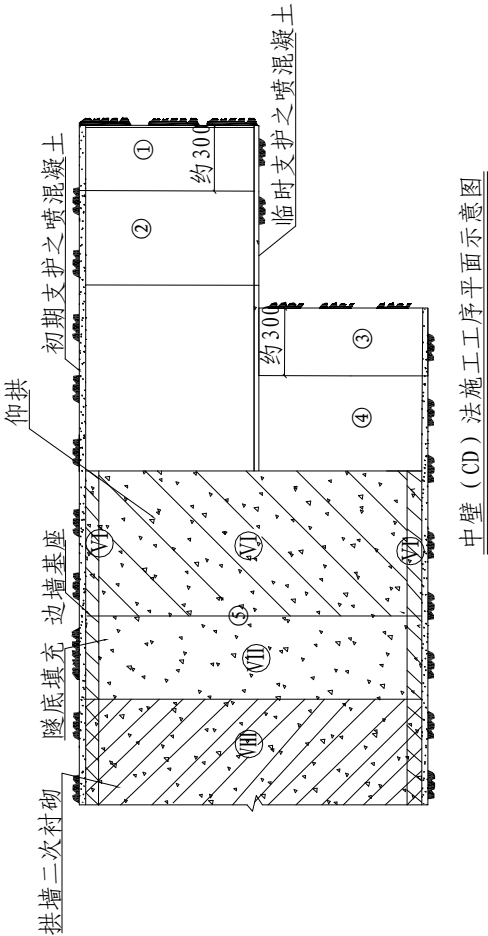
(六)、(1)根据监控量测结果分析，待初期支护收敛后，拆除I18临时钢架。(2)利用仰拱栈桥灌筑 Ⅵ 部边墙基础与仰拱。

(七)、利用仰拱栈桥灌筑仰拱填充 Ⅶ 部至设计高度。

图2 CD法施工工序图



说明：本图尺寸除钢筋尺寸以mm计外，余均以cm计。



(八)、利用衬砌模板台车一次性灌注Ⅶ部衬砌（拱墙衬砌一次施作）。

4.2.3 CD 法施工控制要点

(1)上导坑①、③部的开挖循环进尺控制为1榀钢架间距（0.75~0.8m），下导坑②、④部的开挖可依据地质情况适当加大。

(2)导坑开挖孔径及台阶高度可根据施工机具、人员等安排进行适当调整。

(3)钢架之间纵向连接钢筋应及时施作并连接牢固。

4.3 交叉中隔壁法（CRD 法）

CRD 法是在软弱围岩大跨度隧道中，先开挖隧道一侧的一或二部分，施作部分中隔壁和横隔板，再开挖隧道另一侧的一或二部分，完成横隔板施工的施工方法，主要应用于Ⅳ级围岩深埋软质岩、浅埋、偏压地段以及Ⅴ级围岩深埋地段的施工。

4.3.1 CRD 法施工工艺流程

CRD 法施工工艺流程见图 3。

4.3.2 CRD 法施工工序说明

CRD法施工工序见图4。

(一)、(1)利用上一循环架立的钢架施作隧道侧壁Φ50小导管及导坑侧壁Φ22水平锚杆超前支护。(2)机械开挖①部，人工配合整修。(3)必要时喷5cm厚混凝土封闭掌子面。(4)施作①部导坑周边的初期支护和临时支护，即初喷4cm厚混凝土，架立型钢钢架和I18临时钢架，并设锁脚锚杆（管），安设I18横撑。(5)安装径向锚杆后复喷混凝土至设计厚度。

(二)、在滞后于①部一段距离后，机械开挖②部，人工配合整修，必要时喷5cm厚混凝土封闭掌子面，导坑周边部分初喷4cm厚混凝土，接长型钢钢架和I18临时钢架，安装锁脚锚杆（管），安设I18横撑，钻设径向锚杆后复喷混凝土至设计厚度。

(三)、在滞后于②部一段距离后，机械开挖③部，人工配合整修，并施作导坑周边的初期支护，步骤及工序同①。

(四)、在滞后于③部一段距离后，机械开挖④部，人工配合整修，并施

作导坑周边的初期支护，步骤及工序同②。

- (五)、(1)在滞后于④部一段距离后，机械开挖⑤部，人工配合整修。(2)隧底周边部分初喷4cm厚混凝土。(3)接长 I 18临时钢架，复喷混凝土至设计厚度。(4)拆除下部横撑，安设型钢钢架仰拱单元，使之封闭成环。

图 3 CRD 法施工工艺流程图

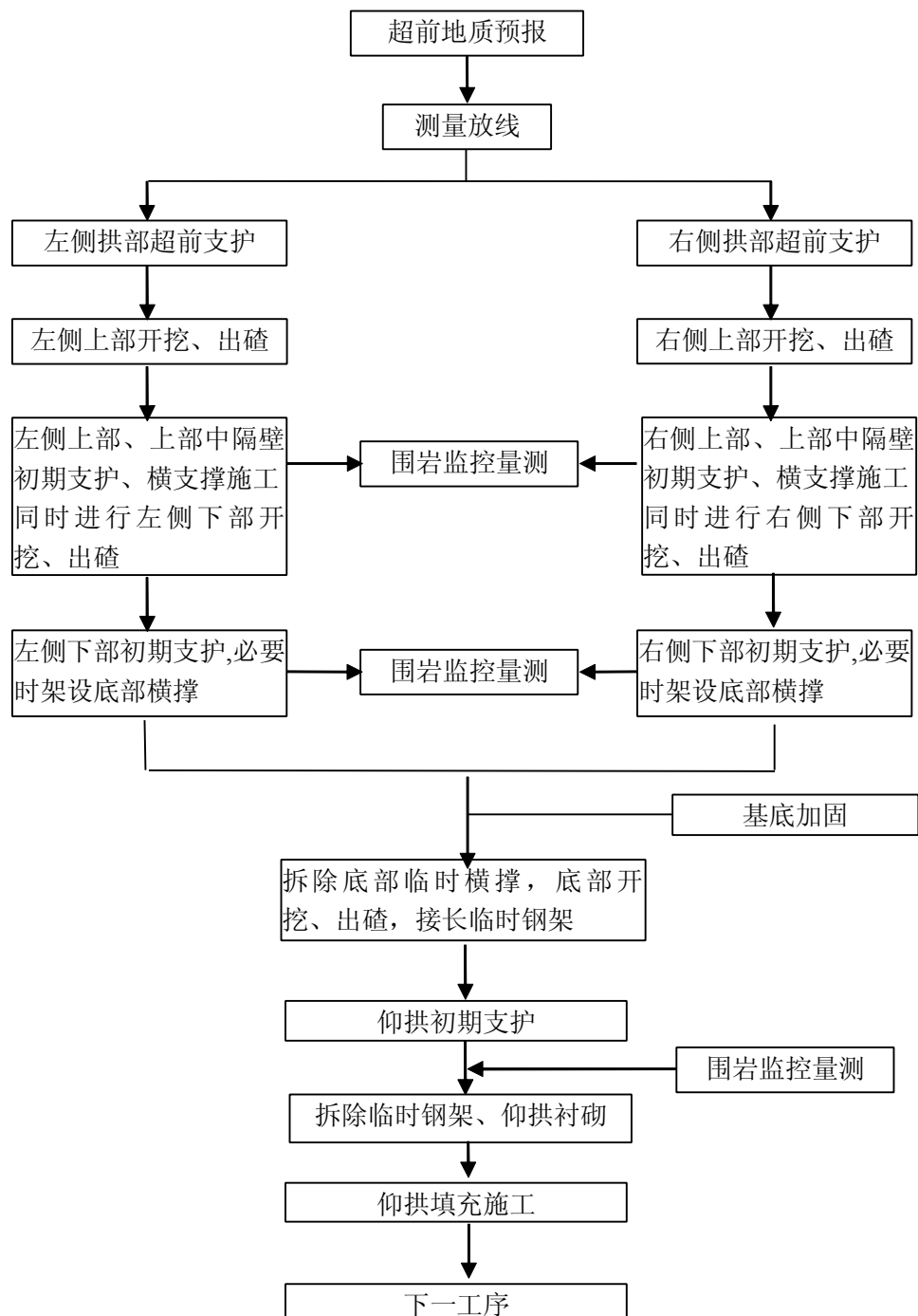
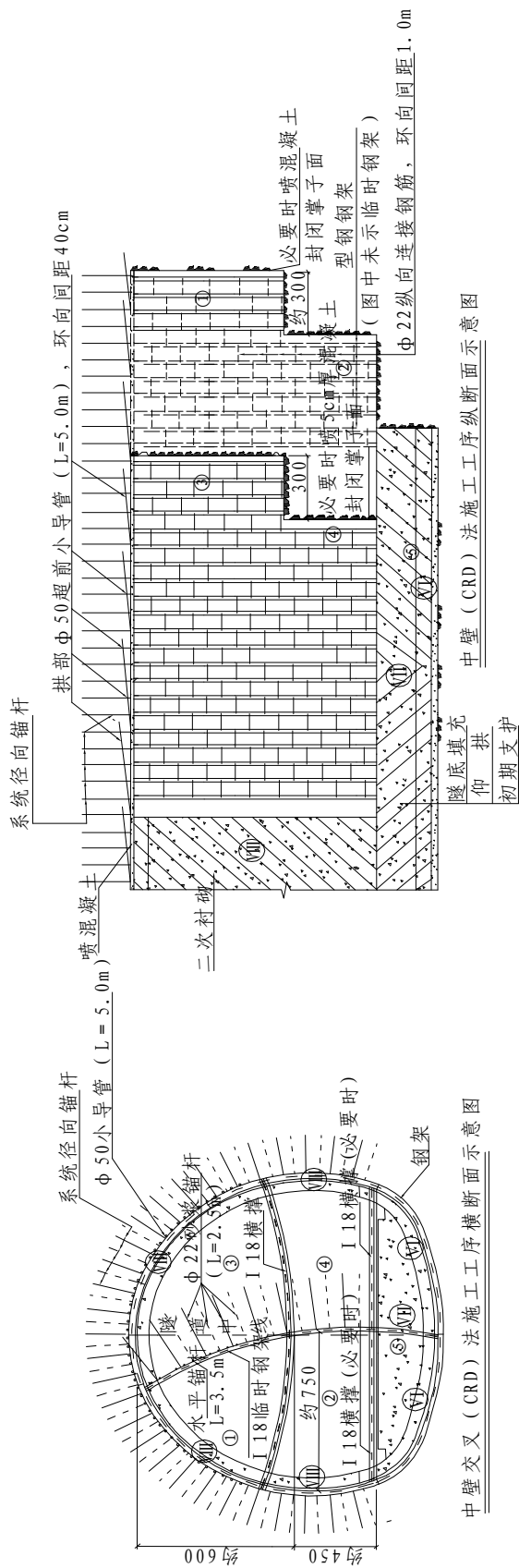
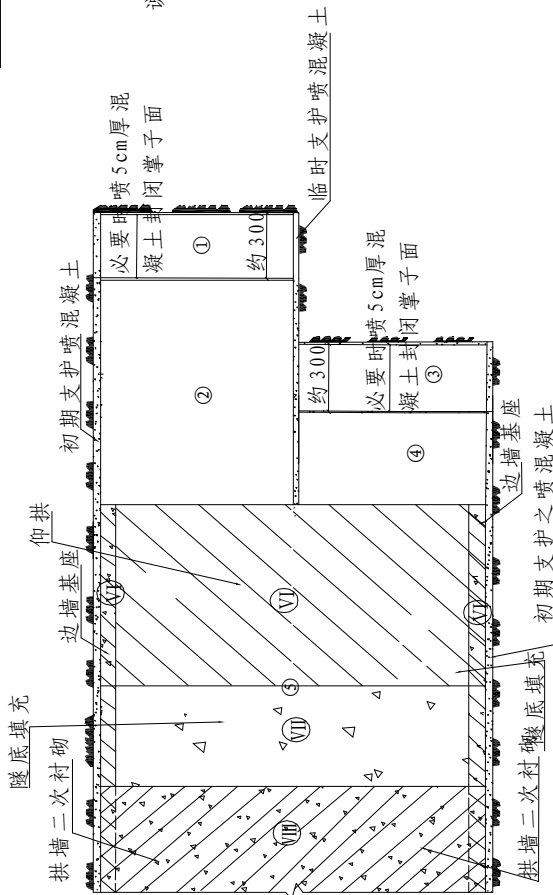


图4 CRD法施工工序图



中壁交叉 (CRD) 法施工工序横断面示意图



中壁交叉 (CRD) 法施工工序纵断面示意图

说明：本图尺寸除钢筋尺寸按设计外，余均按图计。

(六)、(1)根据监控量测结果分析，待初期支护收敛后，拆除I18临时钢架及上部临时横撑。(2)利用仰拱栈桥灌注 Ⅶ 部边墙基础与仰拱混凝土。

(七)、灌注仰拱填充 Ⅶ 部至设计高度。

(八)、利用衬砌模板台车一次性灌注 Ⅷ 部衬砌（拱墙衬砌一次施作）。

4.3.3 CRD 法施工控制要点

(1) 为确保施工安全，上导坑①、③部的开挖循环进尺控制为 1 榀钢架间距（0.6~0.75m），下部②、④部的开挖可依据地质情况适当加大，⑤部仰拱一次开挖长度依据监控量测结果、地质情况综合确定，一般不宜大于 6m。

(2)中间支护系统的拆除

中间支护系统的拆除时间应考虑其对后续工序的影响，通过围岩监控量测进行确定。当围岩变形达到设计允许的范围之内，并在严格考证拆除的安全性之后，方可拆除。同时要注意后续作业的及时跟进。

如围岩稳定条件满足设计要求，临时支撑可在仰拱混凝土浇筑前一次性拆除，一次拆除长度依据仰拱浇筑长度确定（一般为4~6m）。

中隔壁混凝土拆除时，要防止对初期支护系统形成大的振动和扰动。可采用风镐由上至下逐榀拆除钢支撑之间的喷射混凝土，以及临时支护与初期支护连接部位附着在钢架上的喷射混凝土，临时钢构件采用气焊烧断。

4.4 双侧壁导坑法

先开挖隧道两侧的导坑，并进行初期支护，再分部开挖剩余部分的方法。该方法主要应用于V级围岩浅埋、偏压及洞口地段。

4.4.1 双侧壁导坑法施工工艺

施工工艺流程见图5。

4.4.2 双侧壁导坑法施工工序

施工工序见图6。

(一)、(1)利用上一循环架立的钢架施作隧道侧壁Φ50小导管及导坑侧壁Φ22水平锚杆超前支护。(2)机械开挖①部，人工配合整修。(3)必要时喷5cm厚混凝土封闭掌子面。(4)施作①部导坑周边的初期支护和临时支护，即初

图 5 双侧壁导坑施工工艺流程图

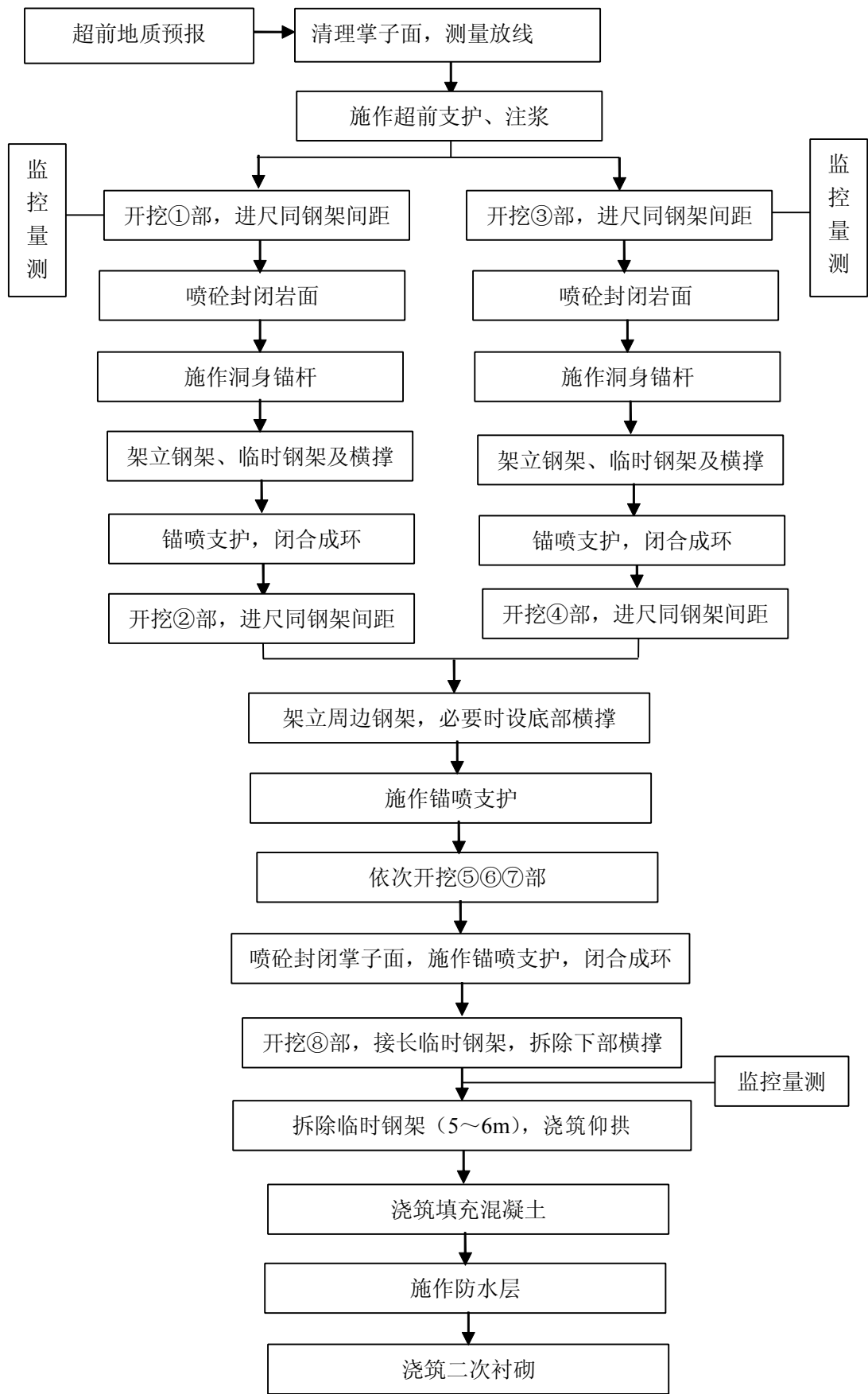
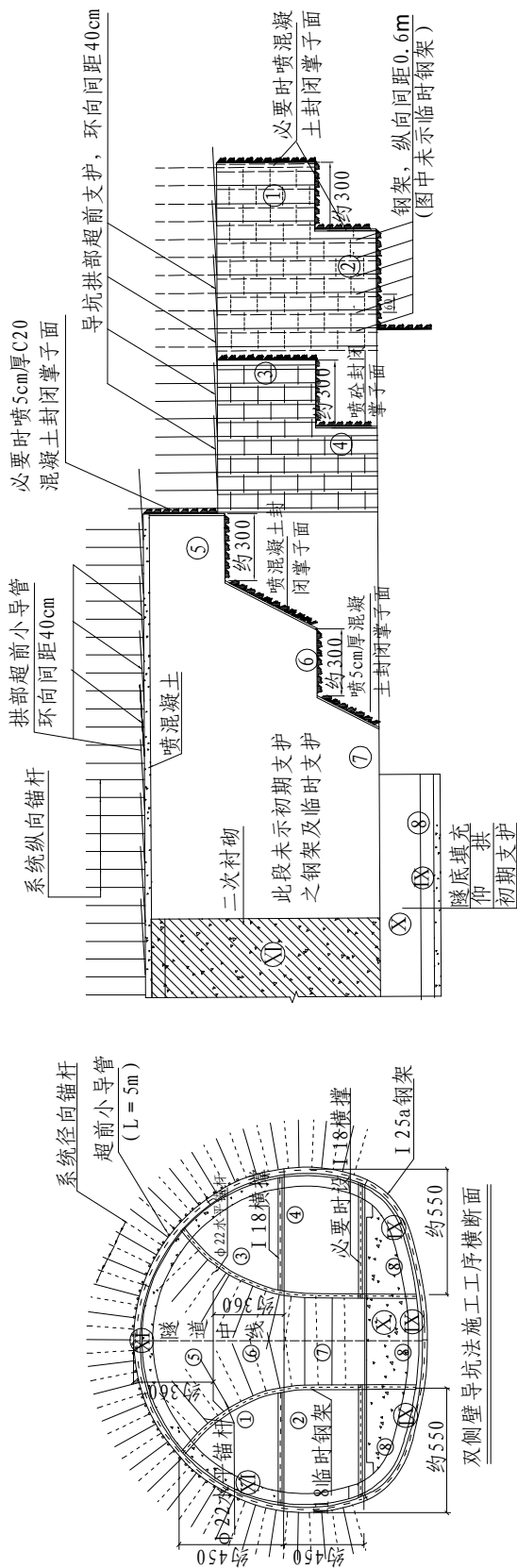
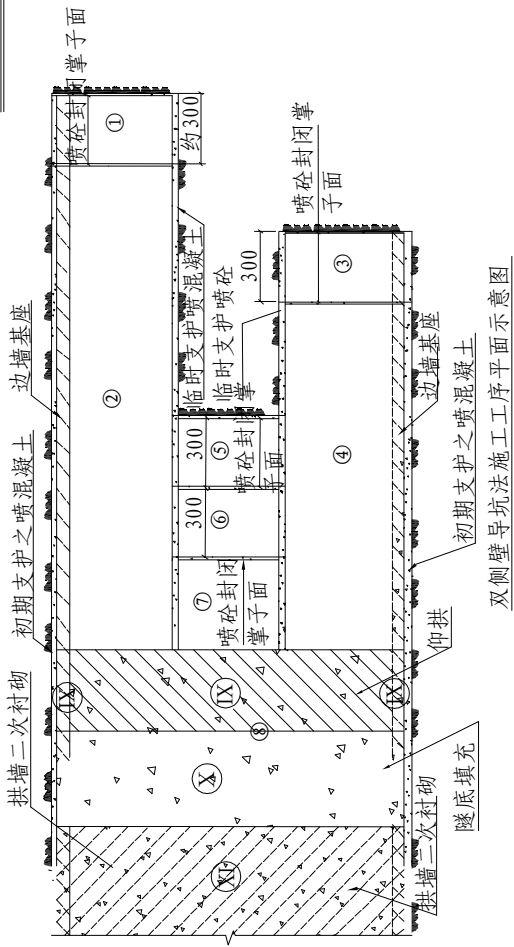


图6 双侧壁导坑法施工工序图



双侧壁导坑法施工工序纵断面示意图



说明：本图尺寸除钢筋尺寸以mm计外，余均以cm计。

喷4cm厚混凝土，架立型钢钢架和I18临时钢架，并设锁脚锚杆（管），安设I18横撑。(5)安装径向锚杆后复喷混凝土至设计厚度。

(二)、(1)在滞后于①部一段距离后，机械开挖②部，人工配合整修。(2)必要时喷5cm厚混凝土封闭掌子面。(3)导坑周边部分初喷4cm厚混凝土。(4)接长型钢钢架和I18临时钢架，安装锁脚锚杆（管），根据实际地质情况，必要时安设I18横撑。(5)钻设径向锚杆后复喷混凝土至设计厚度。

(三)、在滞后于②部一段距离后，机械开挖③部，人工配合整修，并施作导坑周边的初期支护，步骤及工序同①。

(四)、在滞后于③部一段距离后，机械开挖④部，人工配合整修，并施作导坑周边的初期支护，步骤及工序同②。

(五)、(1)利用上一循环架立的钢架施作隧道侧壁 $\Phi 50$ 小导管超前支护。(2)机械开挖⑤部，人工配合整修。(3)喷5cm厚混凝土封闭掌子面。(4)导坑周边初喷4cm厚混凝土，架立拱部型钢钢架，安装径向锚杆后复喷混凝土至设计厚度。

(六)、(1)在滞后于⑤部一段距离后，机械开挖⑥部，人工配合整修。(2)喷5cm厚混凝土封闭掌子面。

(七)、(1)在滞后于⑥部一段距离后，机械开挖⑦部，人工配合整修。(2)喷5cm厚混凝土封闭掌子面。

(八)、(1)在滞后于⑦部一段距离后，机械开挖⑧部，人工配合整修。(2)隧底周边部分初喷4cm厚混凝土。(3)接长I18临时钢架，复喷混凝土至设计厚度。(4)拆除下部横撑，安设型钢钢架仰拱单元，使之封闭成环。

(九)、(1)根据监控量测结果分析，待初期支护收敛后，拆除I18临时钢架及上部临时横撑。(2)利用仰拱栈桥灌注Ⅹ部边墙基础与仰拱混凝土。

(十)、灌注仰拱填充Ⅹ部至设计高度。

(十一)、利用衬砌模板台车一次性灌注Ⅹ部衬砌（拱墙衬砌一次施作）。

4.5 弧形导坑预留核心土法

先开挖上部导坑成环形，并进行初期支护，再分部开挖剩余部分的施工方法。主要应用于IV级围岩、岩质较好地段的施工。

4.5.1 岩石隧道弧形导坑预留核心土法

工艺流程见图7，施工工序见图8。

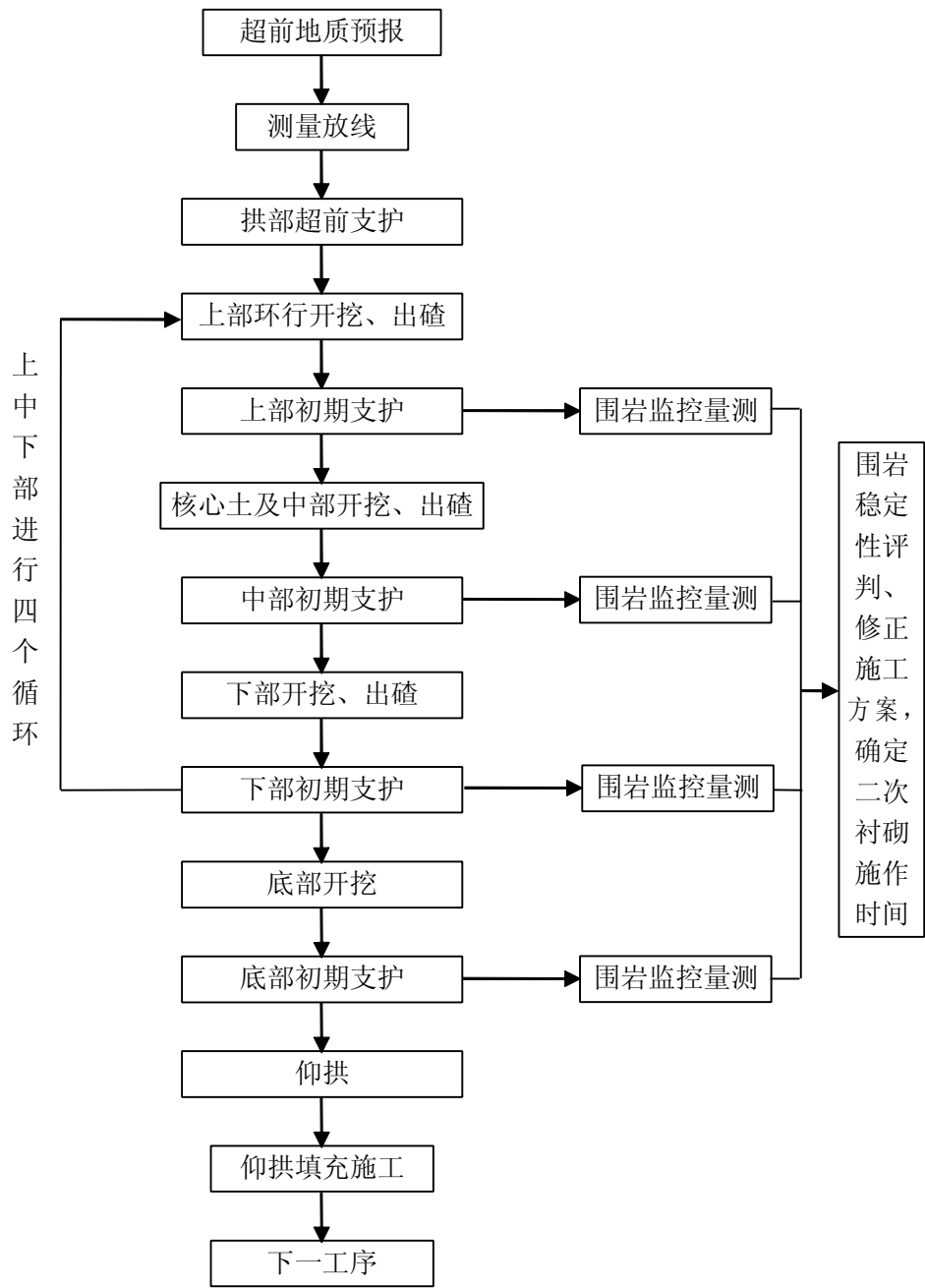
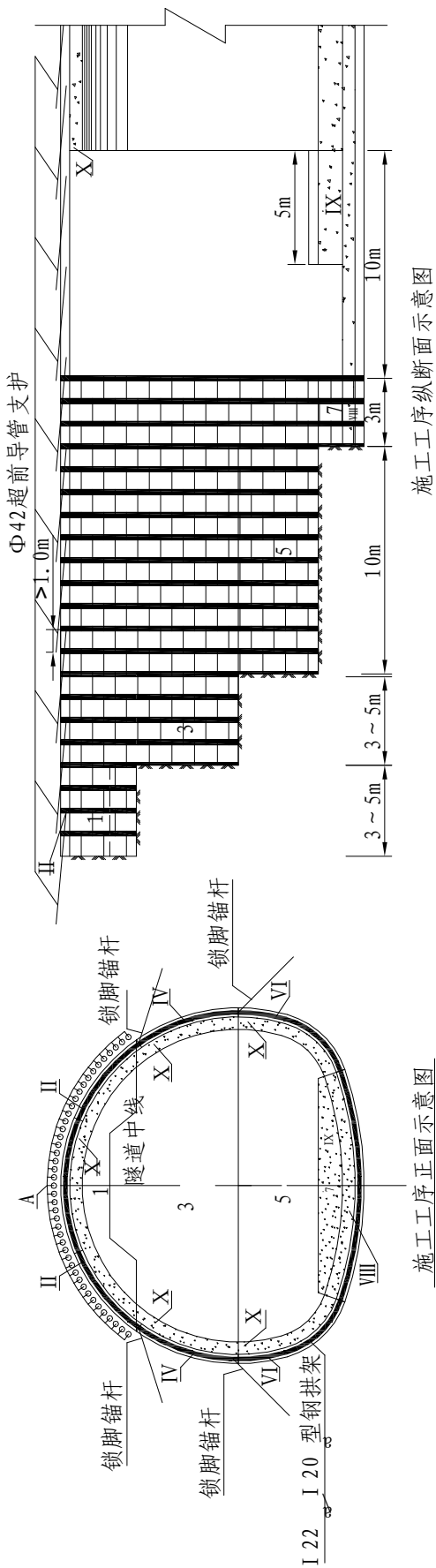


图7 岩石隧道弧形导坑预留核心土施工工艺流程图

图8 岩石隧道弧形导坑预留核心土法施工工序图



说明:

- 1、本图为弧形导坑预留核心土台阶法。
- 2、具体施工顺序如下：
- A--拱部小导管超前支护
- 1--上部环形导坑开挖
- II--上部环形导坑初期支护
- 3--核心土及中部台阶开挖
- IV--中部台阶初期支护
- 5--下部台阶开挖
- VI--下部台阶初期支护
- 7--底部开挖
- VIII--底部仰拱支护及衬砌
- IX--仰拱填充
- X--边拱二次衬砌
- 3、必要时增设临时仰拱；黄土隧道以核心土为基础设立2根临时钢架竖撑以支撑拱顶，核心土根据围岩量测结果适当滞后开挖。

岩石隧道弧形导坑预留核心土施工工序说明：

弧形导坑预留核心土法，将开挖断面分为上、中、下及底部四个部分逐级掘进施工。上部宜超前中部3~5m，中部超前下部3~5m，下部超前底部10m左右。为方便机械作业，上部开挖高度控制在4.5m左右，中部台阶高度也控制在4.5m左右，下部台阶控制在3.5m左右。

(1) 开挖前拱部施作 $\Phi 42$ 或 $\Phi 50$ 超前小导管对拟开挖岩体进行注浆预加固，待浆液达到一定强度后，采用小型挖掘机开挖，预留一定厚度由人工持风镐修边到位。

(2) 每一台阶开挖完成后，及时喷射4cm厚微纤维混凝土对围岩进行封闭，设立型钢钢架及锁脚锚杆，施作系统锚杆，最后铺设钢筋网，分层复喷微纤维混凝土到设计厚度，必要时各台阶设临时仰拱加强支护，完成一个开挖循环。

4.5.2 黄土隧道弧形导坑预留核心土法

工艺流程见图9，施工工序见图10。

弧形导坑预留核心土施工工序说明：

(一)、(1)利用上一循环架立的钢架施作隧道侧壁 $\Phi 50$ 小导管。(2)机械开挖①部，人工配合整修。(3)施作①部初期支护和临时支护，即初喷4cm厚混凝土，架立钢架和I 18临时竖撑。(4)钻设径向锚杆后复喷混凝土至设计厚度。

(二)、(1)机械开挖②部，人工配合整修。(2)初喷4cm厚混凝土。(3)接长型钢钢架，并设锁脚锚杆。(3)钻设径向锚杆后复喷混凝土至设计厚度。

(三)、(1)在滞后于②部一段距离后，机械开挖③部，人工配合整修。(2)初喷4cm厚混凝土。(3)接长型钢钢架，钢架基础垫设槽钢并设锁脚锚杆。(4)钻设径向锚杆后复喷混凝土至设计厚度。

(四)、开挖④部，并施作导坑周边的初期支护，步骤及工序同②。

(五)、(1)在滞后于④部一段距离后，机械开挖⑤部，人工配合整修。步骤及工序同③。

(六)、(1)根据监控量测结果分析，待初期支护收敛后，逐步拆除I18临时竖撑。(2)开挖⑥部。

(七)、在滞后于⑥部一段距离后，机械开挖⑦部，人工配合整修。

(八)、开挖隧底剩余部分⑧部。

(九)、利用仰拱栈桥灌筑 Ⅹ 部边墙基础与仰拱及 X 隧底填充混凝土（仰拱与填充应分次施作。

(十)、利用衬砌模板台车一次性灌注 Ⅺ 部衬砌（拱墙衬砌一次施作）。

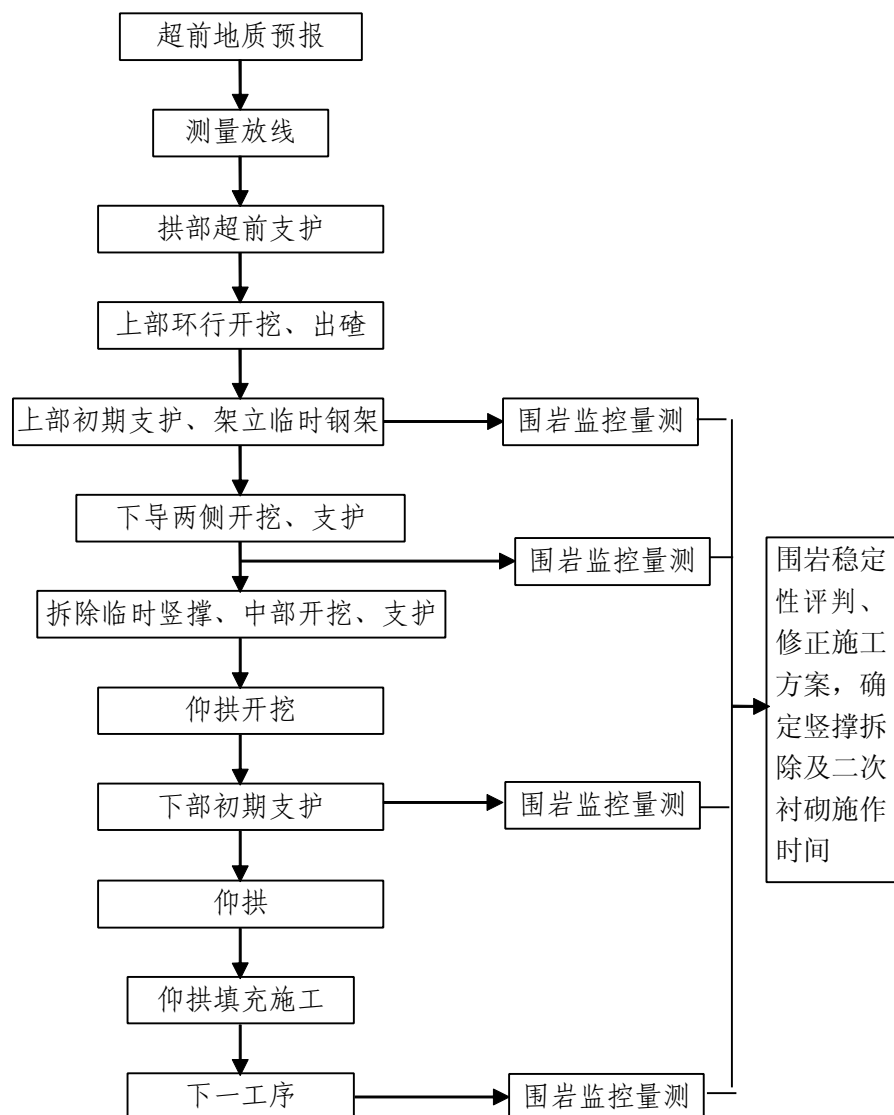
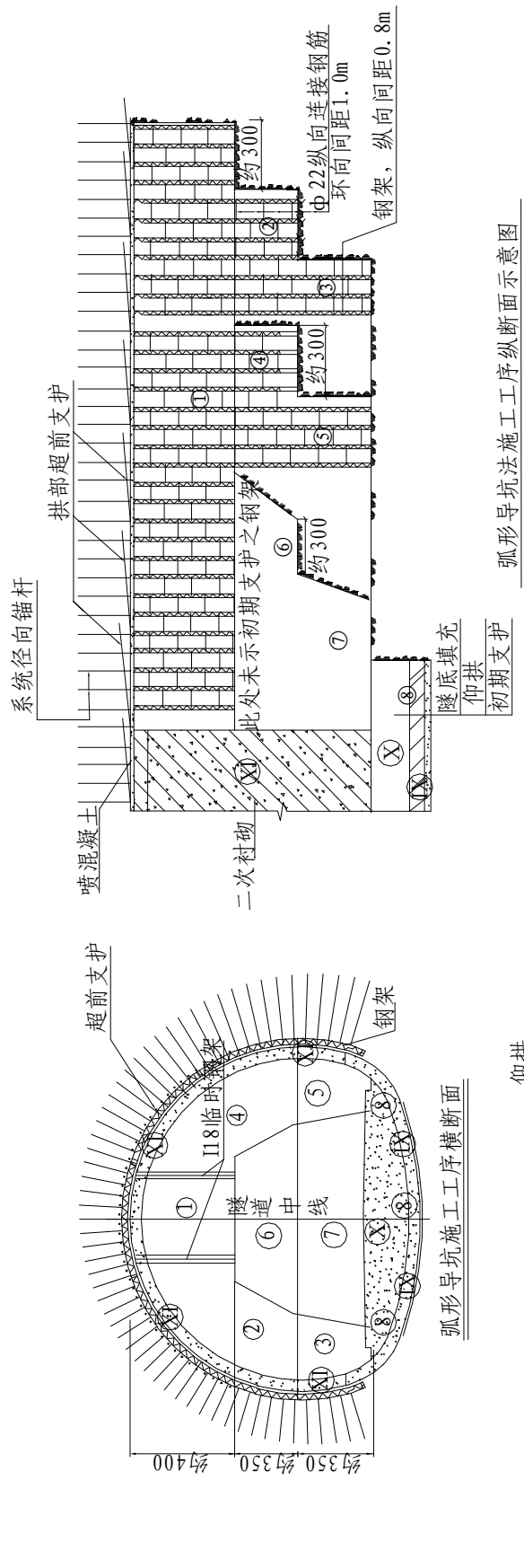
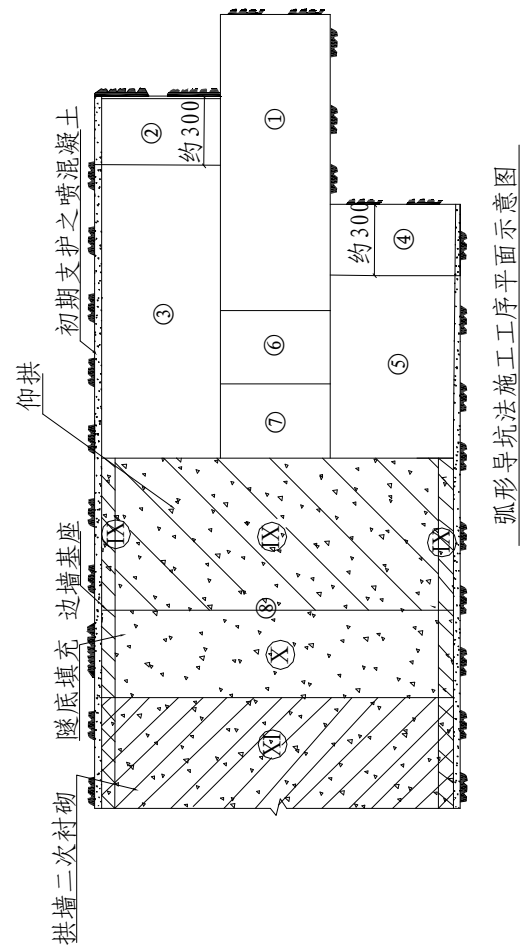


图9 黄土隧道弧形导坑预留核心土施工工艺流程

图10 黄土隧道弧形导坑法施工工序图



说明: 本图尺寸除钢筋尺寸以mm计外, 余均以cm计。



4.6 正台阶法

先开挖上半断面,待开挖至一定长度后同时开挖下半断面,上下半断面同时并进的施工方法。主要应用于正洞Ⅱ、Ⅲ级围岩及横洞Ⅳ、Ⅴ级围岩的施工。

施工工艺流程见图 11,施工工序见图 12。

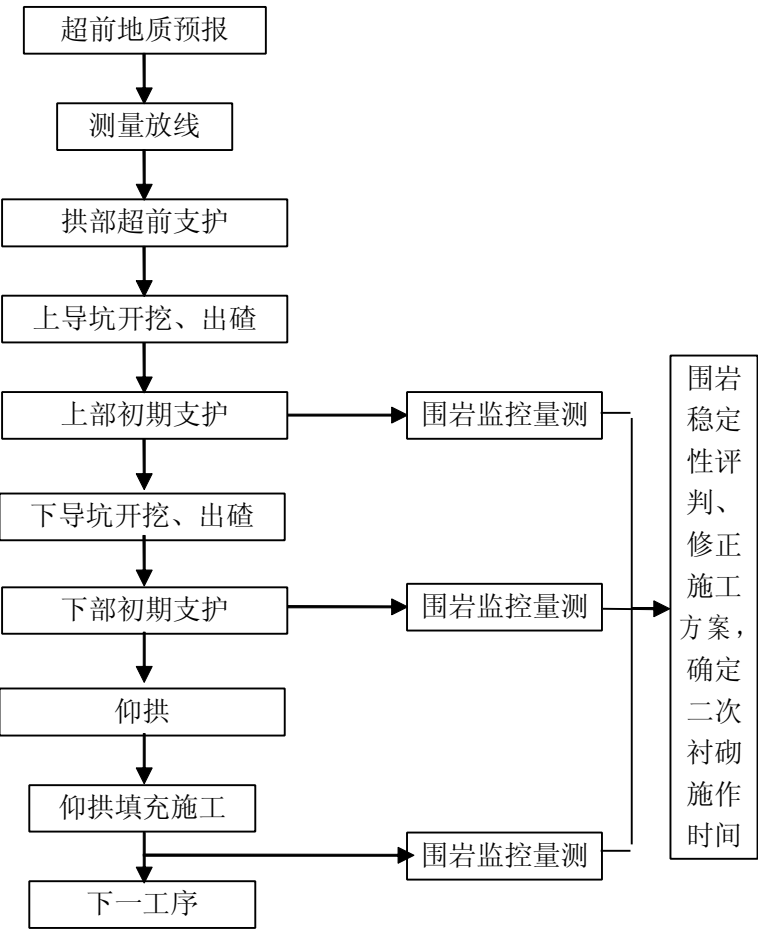
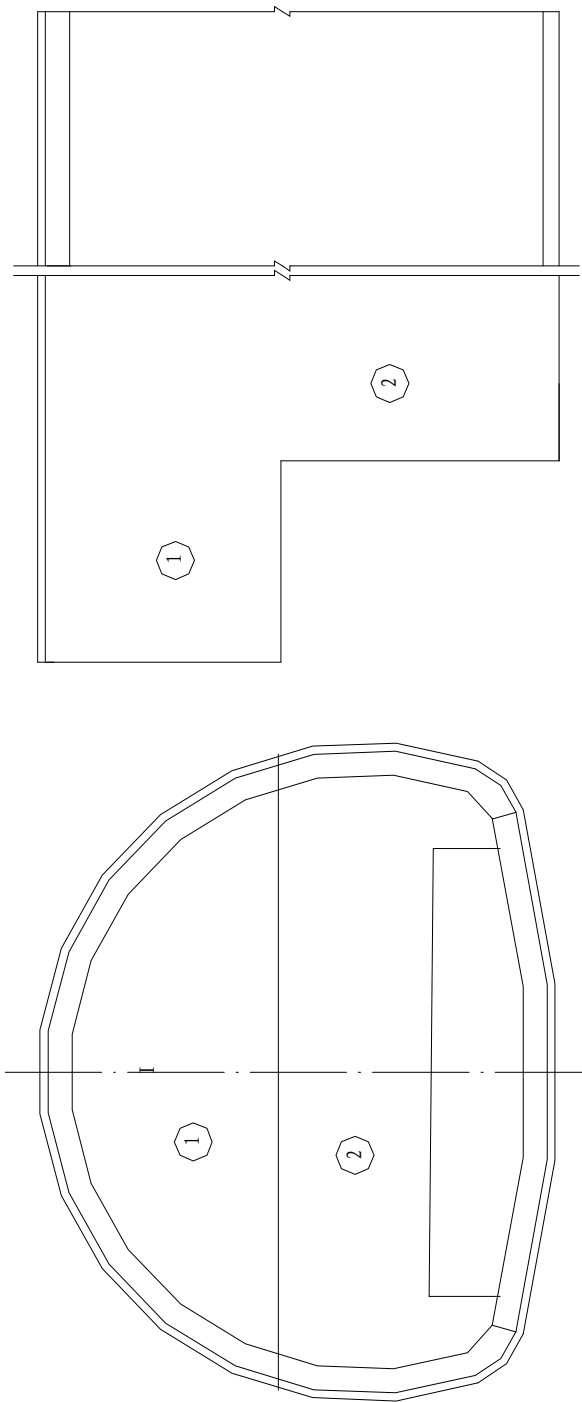


图 11 台阶法施工工艺流程

图12 正台阶开挖法施工工序图



纵断面示意图

横断面示意图

台阶法施工工序说明:

第 1 部: 开挖①部后及时进行上台阶喷、锚、网系统支护, 架设钢架并复喷砼至设计厚度, 形成较稳定的承载拱。

第 2 部: 在滞后①部 3~6m 后开挖②部, 并进行下导初期支护。

第 3、4 部: 及时施作仰拱砼、填充混凝土, 及早封闭成环。

第 5 部: 根据围岩量测结果, 适时施作二次衬砌。

4.7 全断面开挖法

采用全断面一次开挖成形的施工方法。主要应用于客运专线双线隧道 I、II 级围岩和斜井 II、III 级围岩的施工。循环进尺宜控制在 3~4.0m。

5 CD、CRD 等施工方法的相互转换

隧道开挖方法的合理转换, 是隧道开挖作业安全的一个重要因素, 在接近开挖方法变换里程时, 应提前计划, 确定合理的临时支撑参数。转换时应不减弱设计支撑参数。

CD 法与 CRD 法转换: CD 法一般应用于黄土隧道 IV 级围岩地段, CRD 法一般应用于黄土隧道 V 级围岩地段, 采用 CRD 法施工的开挖断面较 CD 法施工断面大, CRD 法施工时设置临时横撑。由 CD 法转入 CRD 法施工时, 中部增设临时横撑, 同时 CRD 法临时竖撑应较 CD 法对应竖撑长些, 以使临时钢架拱脚置于同一水平面上, 便于拱脚的稳定。由 CRD 法转入 CD 法施工时, 取消临时横撑, 根据围岩量测结果尽早拆除 CRD 法施工时所设横撑, 以免影响 CD 法施工进度。

CRD 法与双侧壁导坑施工转换: CRD 法转为双侧壁导坑施工时, 应提前调整 CRD 法临时横撑安装高度, 使其与双侧壁导坑上部横撑位于同一高度上, 从而利于后续双侧壁导坑上部的开挖作业。由双侧壁导坑转为 CRD 法施工时, 待施工至设计里程后, 继续向前按双侧壁导坑施工, 同时将中部竖向临时支撑逐渐靠拢, 直到过渡至 CRD 法。根据监控量测结果, 尽早拆除双侧壁导坑施工的竖横向支撑, 以免影响开挖进度。

6 综合超前地质预测预报

本线隧道地质情况复杂，存在黄土地质、部分隧道洞身位于地下水线以下、岩石隧道破碎带等不良地质，需结合施工地质工作予以查明。为此，要求针对本线大断面隧道与辅助坑道设置的具体情况，开展综合超前地质预测预报，成立专业的超前地质预报室，由总工程师负责，配置物探、水文、地质、试验专业工程师并配备先进的预测、预报设备和仪器，并将综合超前地质预测预报纳入施工工序。尤其是岩石隧道存在破碎带时，必须提前做好超前地质预报工作，确保隧道安全通过。

针对隧道具体的工程特点，采用地貌、地质调查与地质推理相结合的方法，进行定性预测。具体采取的措施有：对开挖全过程进行综合预测、预报，方法有地质素描法(常规地质法)、超前探孔近距离预报、超前导洞预报、LDS—1A 陆地声纳仪预报、地质雷达中短期预报、TSP 长期预测预报、红外线探水及前兆法预报等。

施工中应该将几种预报手段综合运用，取长补短，相互补充和印证。综合监测结果，及时提出对不良地质的处理措施，以降低施工风险，确保工程质量和运营安全。

超前地质预报若发现前方地质情况与设计不符时要及时通知设计单位到现场核实，以便及时采取有效的设计变更方案。

①常规地质法

常规地质法适用于为近期开挖、支护提供预报（设平导时视超前正洞的长度）。开挖面围岩级别、岩性、围岩风化变质情况、节理裂隙、产状、地下水等情况进行观察和测定后，绘制地质素描图，通过开挖后利用罗盘仪、地质锤、放大镜、皮尺等简单工具对开挖洞内围岩地质特征变化分析来推测开挖面前方的地质情况，据以指导施工。

②超前水平钻孔

采用超前水平钻机钻进过程中钻速和钻碴的变化对开挖面前方较短距离内的地质情况进行判断，为提高其预报的准确度，与地质素描配套使用。通过超前钻探取芯测定含水率为主要手段确定下一步施工方案。

对富水隧道应及时探明地下水的储量及分布，探水的方法主要采用钻探法。

③LDS—1A 陆地声纳仪

LDS—1A 陆地声纳仪具有轻便、操作智能化、工作时间短、操作简单、震源用锤击、工作人员少等优点，预报时在掌子面上布置水平和铅垂方向各一条测线，标出测点位置，然后一人在激震点上用 8~12 磅锤敲击岩面，另一人用手按住检波器，用黄油耦合剂使它贴在岩面的测点位置上施测，检波器接受的震动信号记录在仪器中。各测点施测完毕后，进行内业数据处理分析和判断资料，施测时间在 30~50min 之间。通过打印出来的时间剖面图及显示图可作地质判断及计算不良地质体的空间位置。

④地质雷达

为提高地质预报的准确性，除采用常规地质法和陆地声纳以进行地质预报外，同时利用地质雷达进行地质超前预报，其探测范围在 40m 范围内，是一种非破坏型的探测技术，具有抗电磁干扰能力强，分辨率高，可现场直接提供实时剖面记录图，图象清晰直观。

地质雷达主要应用于探测隐伏断层、破碎带，探测地下岩溶、洞穴，探测地层划分。

7 爆破施工

石质隧道的爆破作业，应采用光面爆破或预裂爆破。爆破作业应根据工程地质条件、开挖断面、开挖方法、循环进尺和爆炸材料进行钻爆设计。钻爆设计应根据爆破效果不断优化爆破参数。

钻爆设计的内容包括炮眼（掏槽眼、辅助眼、周边眼）的布置、深度、斜率和数目，爆破器材、装药量和装药结构，起爆方法和爆破顺序，钻眼机具和钻眼要求等。钻爆设计应包括炮眼布置图、周边眼装药结构图、钻爆参数表、主要经济指标和必要的说明。

爆破参数应通过试验确定。当无试验条件时，可参照表1、表2选用。

表1 光面爆破参数

岩石类别	周边眼间距 E (cm)	周边眼抵抗线 W (cm)	相对距离 E/W	装药集中度q (kg/m)
极硬岩	50~60	55~75	0.8~0.85	0.25~0.30
硬岩	40~50	50~60	0.8~0.85	0.15~0.25
软质岩	35~45	45~60	0.75~0.8	0.07~0.12

表2 预裂爆破参数

岩石类别	周边眼间距 E (cm)	至内排崩落眼间距 (cm)	装药集中度q (kg/m)
极硬岩	40~50	40	0.3~0.4
硬岩	40~50	40	0.2~0.25
软质岩	35~40	35	0.07~0.12

注：1. 表中所列参数适用于炮眼深度1.0~4.0m, 炮眼直径40~50mm, 药卷直径20~25mm。

2 当断面较小或围岩软弱、破碎或对曲线、折线开挖成形要求较高时, 周边眼间距E应取较小值。

3 周边眼抵抗线W值在一般情况下均应大于周边眼间距E值。软岩在取较小E值时, W值应适当增大。

4 E/W: 软岩取小值, 硬岩及断面小时取大值。

5 表列装药集中度q为2号岩石硝铵炸药, 选用其它类型炸药时, 应修正。

周边眼应沿隧道开挖轮廓线布置, 保证开挖断面符合设计要求, 硬岩开眼位置在轮廓线上, 软岩可向内偏5~10cm。底板和仰拱底面采用预留光爆层爆破, II级围岩段的中心水沟应与隧底光爆层同时爆破成形。辅助眼交错均匀布置在周边眼和掏槽眼之间, 力求爆破出的石块块度适合装碴需要。周边炮眼与辅助炮眼的眼底应在同一垂直面上, 掏槽炮眼加深10~20cm。当开挖面凹凸较大时, 应按实际情况调整炮眼深度, 使周边眼和辅助眼眼底在同一垂直面上。

炸药可选用岩石硝铵炸药和乳化炸药。

8 劳力、机械设备的配置

人员、机械设备应结合隧道开挖方法、工期要求进行合理配置。配套的生产能力应为均衡施工能力的1.2~1.5倍。

隧道单口施工，根据开挖方法配置 1 台大型挖掘机或 2 台小型挖掘机平行作业，另备 1 台装载机进行装碴施工，大型自卸汽车不宜少于 4 辆， $20\text{m}^3/\text{min}$ 空压机一般不应少于 3 台（黄土隧道不宜少于 2 台）。

根据客运专线大断面的特点，每工班开挖作业人员不宜少于 20 人。

9 质量要求

9.1 验收规范

《客运专线铁路隧道工程施工质量验收暂行标准》

9.2 分项验收标准

9.2.1 主控项目

●隧道开挖断面的中线和高程必须符合设计要求。

检验数量：施工单位每一开挖循环检查一次；监理单位按施工单位检查数量的 10% 平行检验。

检验方法：采用仪器测量。

●隧道开挖应严格控制欠挖。当围岩完整、石质坚硬时，岩石个别突出部分（每 1m^2 不大于 0.1m^2 ）侵入衬砌应小于 5cm。拱脚和墙脚以上 1 m 内断面严禁欠挖。

检验数量：施工单位、监理单位每一开挖循环检查一次。

检验方法：施工单位采用自动断面仪测量等仪器测量周边轮廓断面，绘断面图与设计断面核对；监理单位见证测量，现场核对开挖断面。

●洞身开挖中，应在每一次开挖后及时观察、描述开挖面地层的层理、节理、裂隙结构状况、岩体的软硬程度、出水量大小等，核对设计地质情况，判断围岩稳定性。

检验数量：施工、监理单位每一开挖循环检查一次。

检验方法：施工单位进行工程地质观察和描述；监理单位见证检查。

●光面爆破或预裂爆破钻眼前，应根据钻爆设计图准确标出炮眼位置，钻孔时应按钻爆设计要求严格控制炮眼的间距、深度和角度。掏槽眼的眼口间距和深度允许偏差为 5cm。周边眼的间距允许偏差为 5cm，外插角应符合钻爆设计要求，眼底不应超出开挖轮廓线 15cm。

检验数量：施工单位每一开挖循环检查全部掏槽眼和10个周边眼；监理单位按施工单位检查数量的20%见证检查。

检查方法：测量。

●隧底开挖轮廓和底部高程应符合设计要求。隧底范围石质坚硬时，岩石个别突出部分（每 1m^2 不大于 0.1m^2 ）侵入衬砌应小于 5cm 。

检验数量：施工单位、监理单位每一开挖循环检查一次。

检验方法：施工单位用仪器测量底部高程，绘断面图与设计断面核对；监理单位见证测量，核对开挖断面。

●隧底开挖后应及时核对隧底地质情况。当需要进行加固处理时，应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位每处检查一次。

检验方法：施工单位进行地质描述；监理单位见证检查。

9.2.2 一般项目

●光面爆破或预裂爆破的炮眼痕迹保存率，硬岩不应小于80%，中硬岩不应小于60%，并在开挖轮廓面上均匀分布。

检验数量：施工单位每一开挖循环检查一次。

检验方法：对照钻爆设计资料，观察、计数检验炮眼痕迹保存率。

●水沟开挖位置、基底高程应符合设计要求，靠边墙的水沟应与边墙基础同时开挖、一次成型。

检验数量：施工单位每一开挖循环检查一次。

检验方法：观察、仪器测量。

10 安全、质量控制措施

(1) 加强对技术及施工人员的培训，提高全体参建人员的安全、质量意识。

(2) 岩石隧道坚持“弱爆破、短进尺、强支护、早封闭、勤量测”的原则，黄土隧道施工严格按照“先探测、管超前、非爆破、严控水、短进尺、强支护、勤量测、早衬砌”的原则组织施工。

(3) 严格按照设计文件规定的开挖方法进行施工，否则应按照变更程序

申请改变施工方案。

(4)在隧道开挖前，对隧道地表中线附近范围进行勘察，对地表冲沟、深井、滑塌、陷穴、地表附着物等不良地质情况进行统计，并按里程桩号逐一登记、拍照，尤其是隧道下穿高速公路等大型构筑物地段，施工中应加强监控量测工作，严格按设计方案施工，确保隧道安全、顺利通过。

(5)每循环进行测量放样，严格控制超欠挖。定期对测量控制点进行检查、复核，避免由于隧底下沉、上鼓、不均匀变形及人工或机械碰撞等原因对控制点的损害。

(6)边墙、仰拱或底板等的地基承载力必须满足设计要求。软弱地基处理方法和施工质量应符合设计要求。隧底开挖前应进行施工工艺设计。

(7)开挖后应按设计要求的量测项目及频率进行围岩量测，及时反馈量测信息。

(8)隧道开挖中，应在每次开挖后及时观察、描述围岩裂隙结构状况、岩体软硬程度、出水量大小，核对设计情况，判断围岩的稳定性。

(9)土质隧道在开挖过程中，尽量减少挖掘机对隧道边沿的开挖，应采用人工风镐对隧道周边进行修整，减少对围岩的扰动，避免侧壁或拱顶掉块现象。拱脚、墙角应预留30cm人工开挖，严禁超挖。土质隧道拱墙脚严禁被水浸泡。开挖完毕后，应尽早对围岩进行支护封闭，减少围岩暴露的时间。

(10)制定安全施工应急预案，日常做好应急物资储备。

(11)洞口工程施工，宜避开雨季和严寒季节。

(12)洞口施工前，应先检查边、仰坡以上山坡稳定情况，清除悬石，处理危石，施工期间实施不间断监测和防护。

(13)黄土隧道施工应做好洞顶、洞门及洞口防排水系统。洞门及洞内排水沟应进行铺砌，砂浆抹面，防止地表水及施工用水下渗，影响结构安全。

地层含水量大时，上台阶掌子面附近宜开挖横向水沟，将水引至隧道中部纵向排水沟排出洞外，以免浸泡拱脚。必要时应配合井点降水等措施将地下水位降至隧道二次衬砌底部以下，确保施工顺利进行。

(14)隧道明洞段施工时，边仰坡应分层分段开挖，并按设计及时做好防护。临时边仰坡应进行适当放坡。

(15)明洞段因地基加固等施工的振动可能造成边坡失稳时，应预先在边坡上设置观测桩进行监测，并派专人检查边坡的稳定情况。发现边坡有开裂、变形现象时，应立即对边坡体进行加固处理，确保安全后方可继续进行施工。

(16)爆破作业时，所有人员应撤离至不受有害气体、振动及飞石伤害的安全地点。安全地点至爆破工作面的距离，在独头坑道内不应小于 200m，当采用全断面开挖时，应根据爆破方法与装药量计算确定安全距离。

当相对开挖工作面相距 40m 时，两端施工应加强联系，统一指挥。当两开挖工作面相距 10~15m 时，应从一端开挖贯通。

设置放炮前的安全检查员，及时检查现场的安全情况，以确定是否可以起爆，爆破后经专职安全员检查，排除瞎炮等安全隐患后，其他人员方可进入施工现场。

11 其他注意事项

(1)暗洞分部开挖时，在满足设计规范及安全质量要求的前提下，应尽量采用适合机械化作业的施工工艺，分部尺寸划分合理，各分部尽量平行作业，从而达到快速施工的目的。

(2)弃碴时要由专人指挥、堆放整齐、边坡平整，弃碴场需设置挡墙。施工过程中杜绝随意倾倒弃碴和弃土。施工完毕后，对弃碴场及时平整，并做好绿化、防护，避免水土流失。

(3)隧道在整个施工过程中，作业环境应符合下列职业健康及安全标准：

A. 空气中氧气含量，按体积计不得小于 20%；

B. 粉尘永许浓度，每立方空气中含有 10%以上的游离二氧化硅的粉尘不得大于 2mg，每立方空气中含有 10%以下的游离二氧化硅的矿物性粉尘不得大于 4mg；

C. 有害气体最高允许浓度：

a 一氧化碳的最高允许浓度为 30mg/m³，在特殊情况下，施工人员必

须进入工作面时，浓度可为 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ，但工作时间不得大于 30min ；

b 二氧化碳按体积计不得大于 0.5% ；

c 氮氧化物（换算成 NO_2 ）为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以下；

C 隧道内气温不得高于 28°C ；

D 隧道内噪声不得大于 90Db 。

(4) 施工独头掘进长度超过 150m 时，应采取机械通风，确保洞内每人供应 $3\text{ m}^3/\text{min}$ 的新鲜空气。

(4) 便道及施工现场要注意洒水防尘，减少对周围环境的破坏。

(5) 隧道施工作业地段必须保证足够的照明。不安全因素较大的地段应加大照度。在主要交通道路、洞内抽水机站应设置安全照明，漏电地段照明应采用防水灯头和灯罩。

喷射混凝土施工作业指导书

1 目的

明确隧道喷射混凝土施工作业的工艺流程、操作要点和相应的工艺标准，指导、规范隧道喷射混凝土施工作业。

2 编制依据

- (1)《客运专线铁路隧道工程施工指南》(TZ214-2005)
- (2)《客运专线铁路隧道工程施工质量验收标准》铁建设[2005]160号
- (3)《新建铁路福厦线施工图设计文件》

3 适用范围

适用于新建铁路福厦线双线隧道及其辅助坑道的湿喷混凝土施工。

4 工艺流程及技术要求

4.1 喷射混凝土设计

隧道初期支护喷射混凝土设计厚度10~35cm，设计强度等级为C25或C20。喷射混凝土配合比的设计应满足：强度符合设计要求、不发生管路堵塞、能向上喷射至设计厚度的要求。

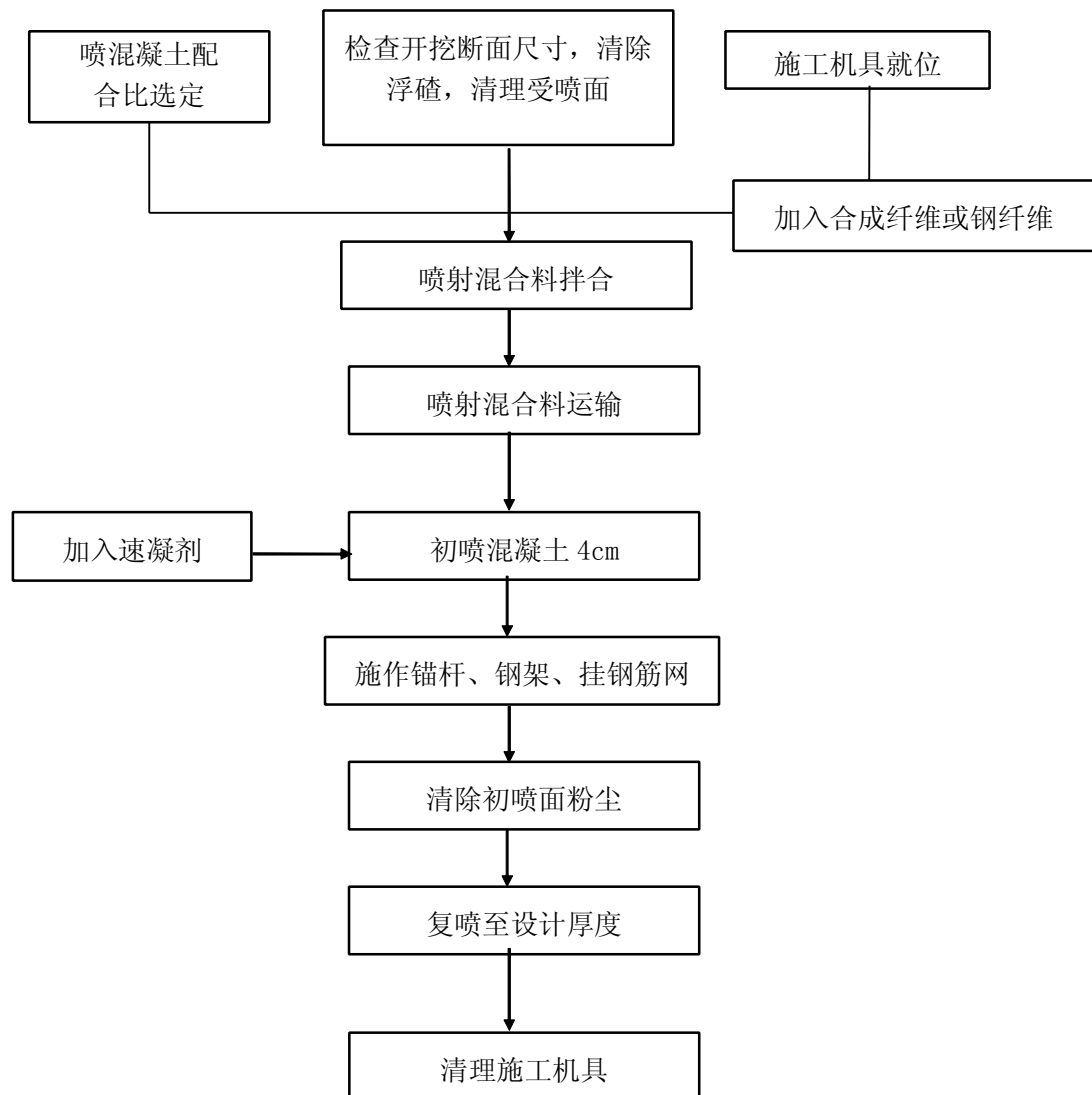
4.2 喷射混凝土施工

隧道初期支护喷射混凝土采用湿喷工艺。喷射混凝土在洞外拌和站集中拌和，由混凝土搅拌运输车运至洞内，采用湿喷机喷射作业。在隧道开挖完成后，先喷射4cm厚混凝土封闭岩面，然后打设锚杆、架立钢架、挂钢筋网，对初喷岩面进行清理后复喷至设计厚度。施工工艺见图1。

4.2.1 喷射前准备

(1)喷射前应对受喷岩面进行处理。一般岩面可用高压水冲洗受喷岩面的浮尘、岩屑，当岩面遇水容易潮解、泥化时，宜采用高压风吹净岩面。若为泥、砂质岩面时应挂设细钢筋网（网格宜不大于20×20mm、线径宜小于3mm），用环向钢筋和锚钉或钢架固定，使其密贴受喷面，以提高喷射混凝土的附着力。喷射混凝土前，宜先喷一层水泥砂浆，待终凝后再喷射混凝土。

图 1 喷射混凝土施工工艺框图



(2)设置控制喷射混凝土厚度的标志，一般采用埋设钢筋头做标志，亦可在喷射时插入长度比设计厚度大 5cm 的铁丝，每 1~2m 设一根，作为施工控制用。

(3)检查机具设备和风、水、电等管线路，湿喷机就位，并试运转。

①选用的空压机应满足喷射机工作风压和耗风量的要求；压风进入喷射机前必须进行油水分离；

②输料管应能承受 0.8MPa 以上的压力，并应有良好的耐磨性能；

③保证作业区内具有良好通风和照明条件。

④喷射作业的环境温度不得低于 5℃。

(4)若遇受喷面有涌水、渗水或潮湿的岩面，喷射前应按不同情况进行处理。

①大股涌水宜采用注浆堵水后再喷射混凝土。

②小股水或裂隙渗漏水宜采用岩面注浆或导管引排后再喷射混凝土。

③大面积潮湿的岩面宜采用粘结性强的混凝土，如添加外加剂、掺合料以改善混凝土的性能。

4.2.2 混凝土搅拌、运输

湿喷砼搅拌采取全自动计量强制式搅拌机，施工配料应严格按配合比进行操作，速凝剂在喷射机喂料时加入。

钢纤维混凝土的搅拌工艺应确保钢纤维在拌合物中分散均匀，不产生结团，宜优先采用将钢纤维、水泥、粗细骨料先干拌后加水湿拌的方法，且干拌时间不得少于 1.5min，或采用先投放水泥、粗细骨料和水，在拌合过程中分散加入钢纤维的方法。搅拌时间应通过现场搅拌试验确定，并应较普通混凝土规定的搅拌时间延长 1~2min，采用先干拌后加水的搅拌方式时，干拌时间不宜小于 1.5min，搅拌时间不宜小于 3min。

掺有合成纤维混凝土的搅拌时间宜为 4~5min。搅拌完成后随机取样，如纤维已均匀分散成单丝，则混凝土可投入使用，若仍有成束纤维，则至少延长搅拌时间 30s 才可使用。

运输采用砼运输罐车，随运随拌。喷射砼时，多台运输车应交替运料，以满足湿喷砼的供应。在运输过程中，要防止混凝土离析、水泥浆流失、坍落度变化以及产生初凝等现象。

4.2.3 喷射作业

(1)喷射操作程序应为：打开速凝剂辅助风→缓慢打开主风阀→启动速凝剂计量泵、主电机、振动器→向料斗加混凝土。

(2)喷射混凝土作业应采用分段、分片、分层依次进行，喷射顺序应自下而上，分段长度不宜大于6m。喷射时先将低洼处大致喷平，再自下而上顺序分层、往复喷射。

①喷射混凝土分段施工时，上次喷混凝土应预留斜面，斜面宽度为

200~300mm，斜面上需用压力水冲洗润湿后再行喷射混凝土。

②分片喷射要自下而上进行并先喷钢架与壁面间混凝土，再喷两钢架之间混凝土。边墙喷混凝土应从墙脚开始向上喷射，使回弹不致裹入最后喷层。

③分层喷射时，后一层喷射应在前一层混凝土终凝后进行，若终凝1h后再进行喷射时，应先用风水清洗喷层表面。一次喷混凝土的厚度以喷混凝土不滑落不坠落为度，既不能因厚度太大而影响喷混凝土的粘结力和凝聚力，也不能太薄而增加回弹量。边墙一次喷射混凝土厚度控制在7~10cm，拱部控制在5~6cm，并保持喷层厚度均匀。顶部喷射混凝土时，为避免产生坠落现象，两次间隔时间宜为2~4h。

(3)喷射速度要适当，以利于混凝土的压实。风压过大，喷射速度增大回弹增加；风压过小，喷射速度过小，压实力小，影响喷混凝土强度。因此在开机后要注意观察风压，起始风压达到0.5MPa后，才能开始操作，并据喷嘴出料情况调整风压。一般工作风压：边墙0.3~0.5MPa，拱部0.4~0.65MPa。黄土隧道喷射混凝土时喷射机的压力一般不宜大于0.2MPa。

(4)喷射时使喷嘴与受喷面间保持适当距离，喷射角度尽可能接近90°，以使获得最大压实和最小回弹。喷嘴与受喷面间距宜为1.5~2.0m；喷嘴应连续、缓慢作横向环行移动，一圈压半圈，喷射手所画的环形圈，横向40~60cm，高15~20cm；若受喷面被钢架、钢筋网覆盖时，可将喷嘴稍加偏斜，但不宜小于70°。如果喷嘴与受喷面的角度大小，会形成混凝土物料在受喷面上的滚动，产生出凹凸不平的波形喷面，增加回弹量，影响喷混凝土的质量。

4.2.4 养护

喷射混凝土终凝2小时后，应进行养护。石质隧道采用喷雾养护，黄土隧道采用养护液养护。养护时间不小于14d。当气温低于+5℃时，不得洒水养护。

4.3 施工控制要点

(1)喷射混凝土原材料先检验合格后才能使用，速凝剂应妥善保管，防

止受潮变质。严格控制拌合物的水灰比，经常检查速凝剂注入环的工作状况。喷射混凝土的坍落度宜控制在8~13cm，过大混凝土会流淌，过小容易出现堵管现象。喷射过程中应及时检查混凝土的回弹率和实际配合比。喷射混凝土的回弹率：侧壁不应大于15%，拱部不应大于25%。

(2)喷射混凝土拌合物的停放时间不得大于30min。

(3)必须在隧道开挖后及时进行施作。喷射混凝土严禁选用具有潜在碱性骨料。喷射混凝土厚度应预埋厚度控制标志，严格控制喷射层的厚度。

(4)喷射前应仔细检查喷射面，如有松动土块应及时处理。喷射机应布置在安全地带，并尽量靠近喷射部位，便于掌机人员与喷射手联系，随时调整工作风压。

(5)喷射完成后应检查喷射混凝土与岩面粘结情况，可用锤敲击检查。同时测量其平整度和断面，并将此断面与开挖断面对比，确认喷射层厚度是否满足设计和规范要求。当有空鼓、脱壳时，应及时凿除，冲洗干净进行重喷，或采用压浆法充填。

(6)在喷射侧壁下部时，需将上半断面喷射时的回弹物清理干净，防止将回弹物卷入下部喷层中形成“蜂窝”而降低支护强度。

(7)经常检查喷射机出料弯头、输料管和管路接头，发现问题及时处理。管路堵塞时，必须先关闭主机，然后才能进行处理。

(8)喷射完成后应先关主机，再依次关闭计量泵、震动棒和风阀，然后用清水将机内、输送管路内残留物清除干净。

(9)喷射混凝土冬期施工时，洞口喷射混凝土的作业场合应有防冻保暖措施；作业区的气温和混合料进入喷射机的温度均不应低于5℃；在结冰的层面上不得进行喷射混凝土作业；混凝土强度未达到6MPa前，不得受冻。

5 材料要求

5.1 水泥

喷射混凝土应优先采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，强度等级不小于32.5MPa。根据工点特点，必要时可采用特种水泥。

5.2 粗、细骨料

粗骨料应采用坚硬耐久的碎石或卵石（斗石），或两者混和物，严禁选用具有潜在碱活性骨料。当使用碱性速凝剂时，不得使用含有活性二氧化硅的石料。喷射混凝土中的石子最大粒径不宜大于 15mm，骨料级配宜采用连续级配。按重量计含泥量不应大于 1%，泥块含量不应大于 0.25%。

细骨料应采用坚硬、耐久的中砂或粗砂，细度模数应大于 2.5，含水率宜控制在 5%~7%。砂中小于 0.075mm 的颗粒不应大于 20%。含泥量不应大于 3%，泥块含量不应大于 1%。

5.3 外加剂

应对混凝土的强度及围岩的粘结力基本无影响；对混凝土和钢材无腐蚀作用；对混凝土的凝结时间影响不大（除速凝剂和缓凝剂外）；吸湿性差，易于保存；不污染环境，对人体无害。

5.4 速凝剂

喷射混凝土宜采用液体速凝剂。在使用速凝剂前，应做水泥的相容性试验及水泥净浆凝结效果试验，严格控制掺量，并要求初凝时间不应大于 5min，终凝不应大于 10min。

5.5 水

水质应符合工程用水的有关标准，水中不应含有影响水泥正常凝结与硬化的有害杂质。一般应采用饮用水。

5.6 钢纤维

钢纤维内不得含有明显的锈蚀、油脂及其他妨碍钢纤维与水泥粘结的杂质，其中因加工不良造成的粘连片、铁屑及杂质不应超过钢纤维重量的 1%。钢纤维长度应为 20~35mm，并不得大于输料软管以及喷嘴内径的 0.7 倍。

5.7 合成纤维

喷射混凝土中的合成纤维宜采用聚丙烯纤维，材质应满足设计要求。

6 机具配置及劳力安排

为实现隧道安全、快速施工的目的，应结合隧道开挖进度，进行施工机具及劳动力的合理配置。配套的生产能力应为均衡施工能力的 1.2~1.5

倍。

湿喷机的选择应符合下列要求：

- ①机动性强，维修方便，易操作，对集料的级配和坍落度要求范围广；
- ②密封性能良好，输料连续均匀；
- ③生产率大于 $5 \text{ m}^3/\text{h}$ ，允许最大粒径为 15mm ；
- ④输料距离水平方向不小于 30m 、垂直方向不小于 20m ；
- ⑤喷射混凝土时粉尘含量不大于 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 。

每班喷射手应至少配置两人以上，进行轮换及辅助施工，掌握喷头，检查喷砼质量。

7 质量要求

7.1 质量验收规范

《客运专线铁路隧道工程施工技术指南》(TZ214-2005)

《客运专线铁路隧道工程质量验收暂行标准》(铁建设[2005]160 号)

7.2 分项验收标准

7.2.1 主控项目

● 喷射混凝土掺加外加剂后，其性能必须满足设计要求。在使用速凝剂前，应做与水泥的相容性试验及水泥浆凝结效果试验，初凝不大于 5min ，终凝不大于 10min ；采用其他类型的外加剂或几种外加剂复合使用时，也应做相应的性能试验和使用效果试验。

检验数量：同一生产厂家、同一批号、同一品种、同一生产日期且连续进场的外加剂，每 5t 为一批，不足 5t 应按一批计。每批抽检一次。

检验方法：采用现场取样试验。

● 喷射钢纤维混凝土中的钢纤维应满足下列规定：

- ①钢纤维的品种、规格、性能应符合设计要求。
- ②钢纤维抗拉强度不得小于 600MPa 。
- ③钢纤维应能承受一次弯折 90° 不断裂。
- ④钢纤维长度和直径允许偏差应为设计尺寸的 $\pm 10\%$ 。
- ⑤钢纤维不得明显的锈蚀、油渍和其他妨碍钢纤维与水泥粘结的杂质，

也不得混有妨碍水泥硬化的化学成分。

检验数量：同一生产厂家、同一批号、同一品种、同一出厂日期且连续进场的钢纤维，每 5t 为一批，不足 5t 应按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 20% 见证取样检测，并至少一次。

检验方法：施工单位检查产品合格证、出厂检验报告，在每批中分别随机抽取 10 根进行抗拉强度、弯折性能试验和用精度不低于 0.02mm 的卡尺测量长度、直径；监理单位检查全部产品合格证、出场检验报告、试验报告，并按规定比例的见证取样检测。

● 喷射合成纤维混凝土中的微纤维应满足下列规定：

- ① 合成纤维的品种、规格、性能应符合设计要求。
- ② 合成纤维抗拉强度不宜小于 280MPa。
- ③ 合成纤维长度和直径允许偏差应为设计尺寸的 $\pm 10\%$ 。
- ④ 合成纤维不得有妨碍钢纤维与水泥粘结的杂质，也不得混有妨碍水泥硬化的化学成分。

检验数量：同一生产厂家、同一批号、同一品种、同一出厂日期且连续进场的微纤维，每 5t 为一批，不足 5t 应按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位检测次数为施工单位抽检次数的 20%，并至少一次。

检验方法：施工单位检查产品合格证、出厂检验报告，在每批中分别随机抽取 10 根进行抗拉强度和用精度不低于 0.02mm 的卡尺测量长度、直径；监理单位检查全部产品合格证、出场检验报告、试验报告，并按规定比例的见证取样检测。

● 喷射混凝土的配合比设计应根据原材料性能、混凝土的技术条件和设计要求通过试验选定，并应符合下列规定：

- ① 胶骨比宜为 1:4~1:5。
- ② 水胶比宜为 0.40~0.50。
- ③ 砂率宜为 50%~60%。
- ④ 胶凝材料用量不宜小于 400kg/m³。
- ⑤ 钢（合成）纤维的掺量应符合设计要求。

检验数量：施工单位对同强度等级、同性能喷射混凝土进行一次混凝土配合比设计，施工过程中，如水泥、外加剂等主要原材料的品种和规格发生变化，应重新进行配合比设计；监理单位全部检查。

检验方法：施工单位进行配合比选定试验；监理单位检查配合比选定单。

● 喷射混凝土的早期（1d）强度必须符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位每一喷射循环检查一次。

检验方法：施工单位采用贯入法或拔出法检测；监理单位见证检测。

● 喷射混凝土的强度必须符合设计要求。用于检查喷射混凝土强度的试件，应采用大板切割法制取；当不具备切割条件时也可采用边长 150mm 的立方体无底试模，在其内喷射混凝土制作试件，试件成型的喷射方向应与边墙相同，喷射混凝土标准养护试件的试验龄期为 28d。当对强度有怀疑时，可在混凝土喷射地点采用钻芯取样法随机抽取制作试件做抗压试验。

检验数量：施工单位每一作业循环检验一次，每个循环至少在拱部和边墙各留置一组检验试件；监理单位按施工单位检查次数的 20% 见证取样检测或按施工单位检查次数的 10% 平行检验。

检验方法：施工单位进行混凝土强度试验。监理单位检查混凝土强度试验报告并进行见证取样检测或平行检验。

● 喷射混凝土的厚度和表面平整度应符合下列要求：

- ① 平均厚度大于设计厚度。
- ② 检查点数的 80% 及以上大于设计厚度。
- ③ 最小厚度不小于设计厚度 $2/3$ 。
- ④ 表面平整度的允许偏差为 100mm。

检验数量：每一作业循环检查一个断面，每个断面应从拱顶起，每隔 2 m 布设一个检查点检查喷射混凝土的厚度。监理单位见证检查或按施工单位检查断面的 20% 抽查。

检验方法：施工单位、监理单位检查控制喷层厚度的标志、凿孔或无损检测测量厚度，用自动断面仪或摄影仪等仪器测量断面轮廓检查表面平

整度。

● 喷射混凝土终凝 2h 后，应按施工技术方案及时采取有效措施进行养护，养护时间不少于 14d。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

● 喷射混凝土冬期施工时，作业区的气温和混合料进入喷射机的温度均不应低于 5° C。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：测温。

● 喷射混凝土原材料每盘称量的允许偏差应符合表 1 的规定。

表 1 原材料每盘称量的允许偏差

序号	材料名称	允许偏差
1	水泥	±2%
2	粗、细骨料	±3%
3	水、外加剂	±2%
4	钢（合成）纤维	±2%

检验数量：施工单位、监理单位每工作班抽查不少于一次。

检验方法：复称。

● 喷射混凝土表面应密实、平整，无裂缝、脱落、漏喷、露筋、空鼓和渗漏水，锚杆头钢筋无外露。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、敲击。

7.2.2 一般项目

● 喷射混凝土拌合物的坍落度应符合设计配合比要求。

检验数量：每工作班不少于一次。

检验方法：坍落度试验。

● 喷射混凝土拌制前，应测定砂、石含水率，并根据测试结果和理论

配合比调整材料用量，提出施工配合比。

检验数量：每工作班不应少于一次。雨天或含水率有显著变化时，应增加含水率检测次数。

检验方法：砂、石含水率测试。

8 湿喷砼质量保证措施

(1)按照施工工艺施工，严格执行操作规程。

(2)请湿喷机厂家进行现场培训、指导，按照湿喷机操作方法进行严格执行。

(3)对于原材料进货，由试验部门进行进场前试验，不合格材料一律不得进场。

(4)制定质量保证体系，抓好每一环节、每一步骤的监控，并责任到人，狠抓落实。

(5)每次喷射作业前，做好人员、机具、物资、技术、测量、试验、运输等准备工作。

(6)施工技术人员对喷射作业环节进行认真检查（内容包括：喷层厚度、喷层与受喷面粘结情况、喷射作业中各种参数），严格把关。

9 安全保证措施

(1)喷射混凝土时，所有操作工人必须带安全帽，防尘口罩，防尘工作服，雨靴，橡胶手套。

(2)喷射手，控制好风压、喷射距离，避免回弹骨料伤人。

(3)电线包皮应完好，开关应装在固定闸刀盒内。

(4)安全员应随时观察地质变化，发现有松动滑块现象，应立即撤离工作面。

(5)喷浆结束后，应清洗喷射机及管路，避免堵管炸裂伤人。

锚杆施工作业指导书

1 目的

明确隧道锚杆施工作业的工艺流程、操作要点和相应的工艺标准，规范隧道锚杆施工作业。

2 编制依据

- (1)《客运专线铁路隧道工程施工指南》(TZ214-2005)
- (2)《客运专线铁路隧道工程施工质量验收标准》铁建设[2005]160号
- (3)《新建铁路福厦线施工图设计文件》

3 适用范围

适用于新建铁路福厦线隧道 $\Phi 22$ 砂浆锚杆、 $\Phi 22$ 药包锚杆和中空注浆锚杆的施工。

4 锚杆设计

依据设计文件，本线隧道边墙采用 $\Phi 22$ 砂浆锚杆、拱部采用 $\Phi 22$ 药包锚杆（黄土隧道）和中空注浆锚杆（岩石隧道），锚杆均设置垫板。锚杆呈梅花型布置，长度及间距依据围岩级别进行确定。

5 锚杆施工工艺

砂浆锚杆施工工艺流程见图1，药包锚杆施工工艺流程见图2，中空注浆锚杆施工工艺流程见图3。

5.1 锚杆施工前的准备

- (1)检查锚杆类型，规格，质量及其性能是否与设计相符。
- (2)根据锚杆类型，规格及围岩情况准备钻孔机具。

5.2 锚杆钻孔

石质隧道锚杆采用风动凿岩机成孔，黄土隧道采用ZM-12T型煤电钻钻成孔。煤电钻施工既可解决土质隧道遇水软化围岩的问题，又可解决在土质隧道施工中采用常规的冲击钻不易排碴、成孔困难的难题，可以提高在黄土隧道的成孔速度和安全性。

锚杆钻孔利用开挖台阶搭设简易台架施钻，按照设计间距布孔；钻孔方向尽可能垂直结构面或初喷砼表面；锚杆孔比杆径大15mm，深度误差不

得大于±50mm；成孔后采用高压风清孔。

图 1 砂浆锚杆施工工艺流程图

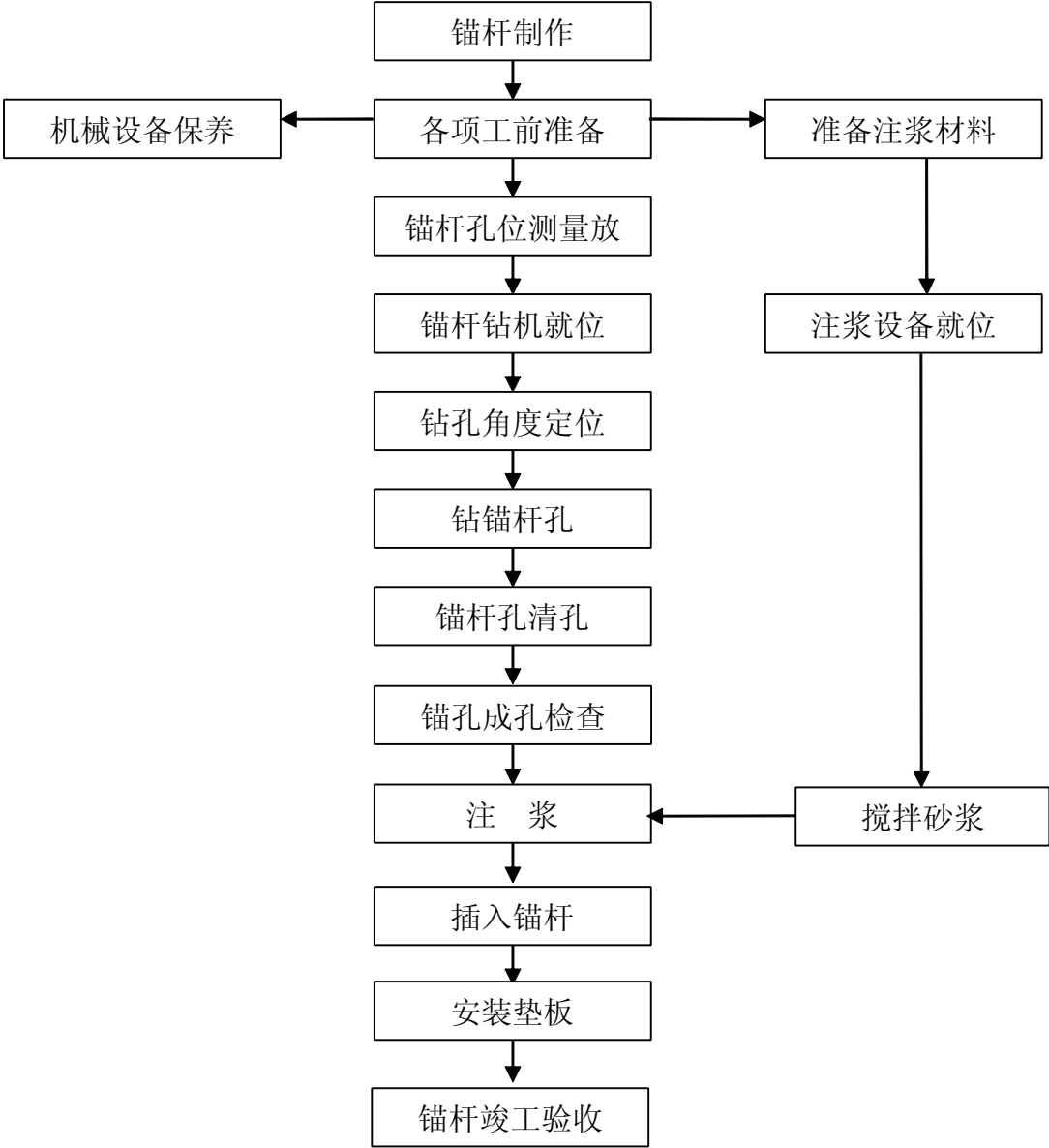


图 2 药包锚杆施工工艺框图

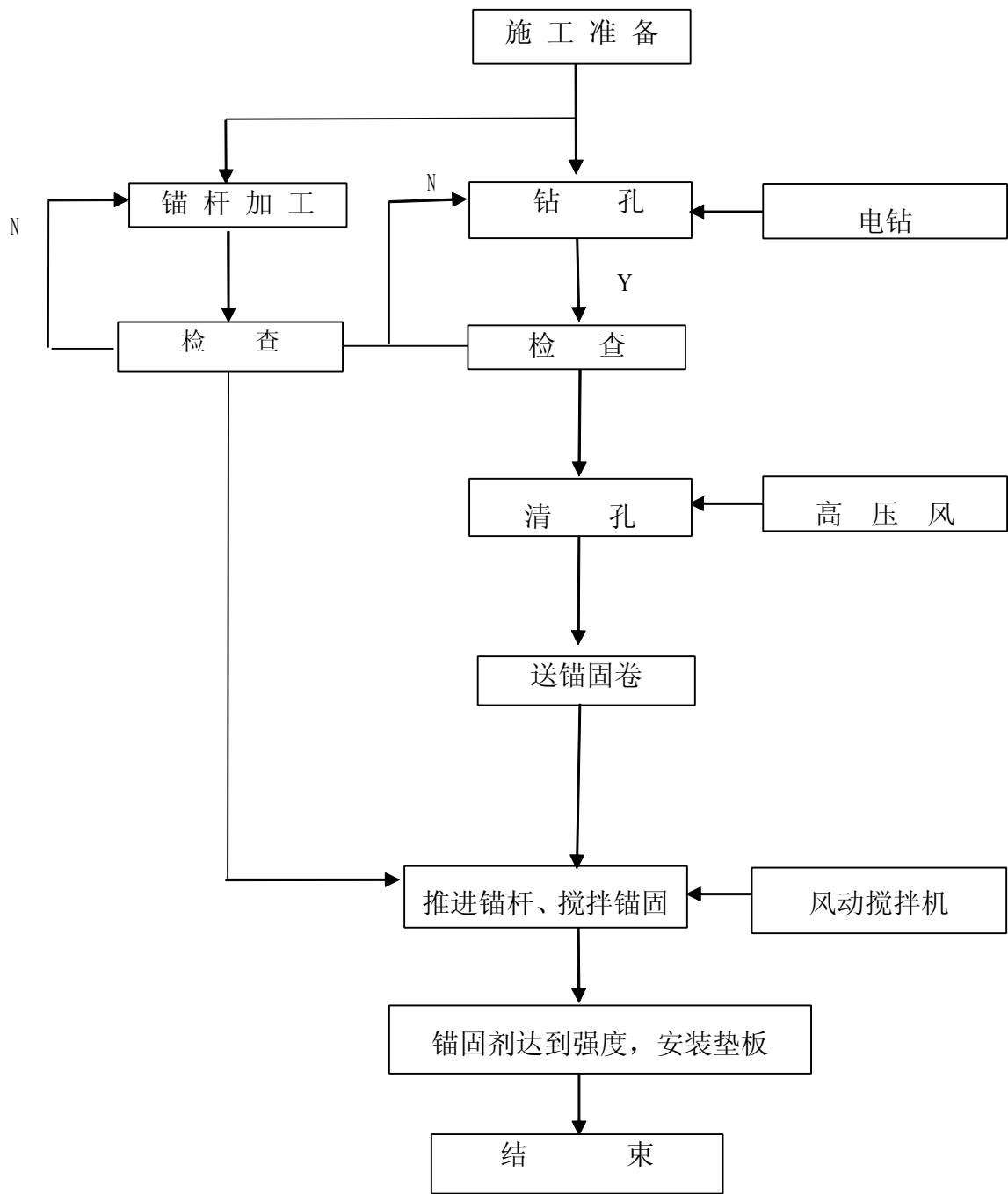
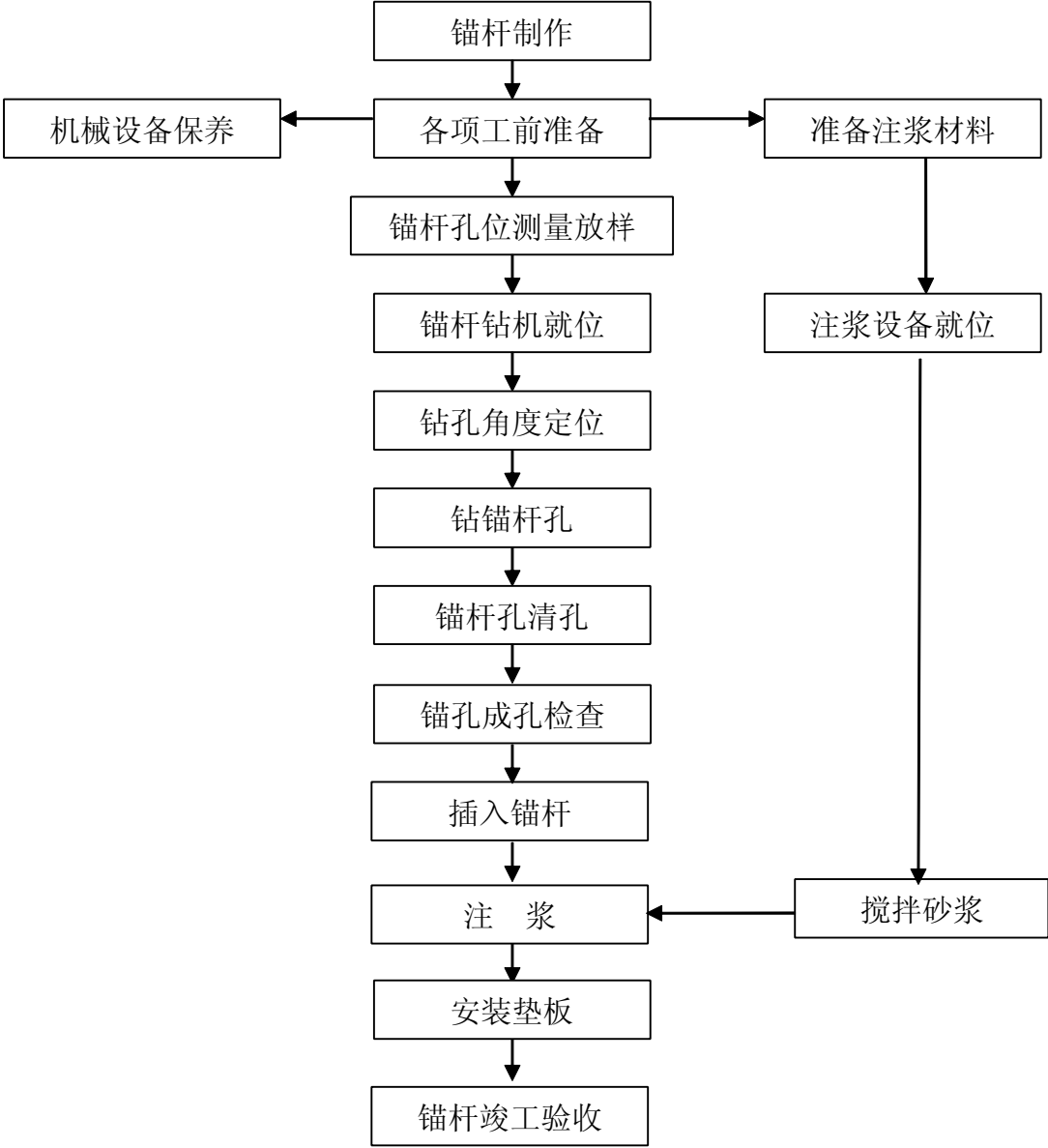


图 3 中空注浆锚杆施工工艺流程图



5.3 砂浆锚杆注浆及安装

锚杆注浆安装前须先做好材料、机具、脚手平台和场地准备工作，注浆材料使用硅酸盐或普通硅酸盐 32.5 水泥，粒径小于 2.5mm 的砂子，并须过筛，胶骨比 1:0.5~1:1，水灰比 0.38~0.45，砂浆标号不小于 M20。

砂浆锚杆作业程序是：先注浆，后放锚杆，具体操作是：先将水注入牛角泵内，并倒入少量砂浆，初压水和稀浆湿润管路，然后再将已调好的砂浆倒入泵内。将注浆管插至锚杆眼底，将泵盖压紧密封，一切就绪后，慢慢打开阀门开始注浆。在气压推动下，将砂浆不断压入眼底，注浆管跟着缓缓退出眼孔，并始终保持注浆管口埋在砂浆内，以免浆中出现空洞，将注浆管全部抽出后，立即把锚杆插入眼孔，然后用木楔堵塞眼口，防止砂浆流失。

锚杆孔中必须注满砂浆，发现不满须拔出锚杆重新注浆。注浆管不准对人放置，以防止高压喷出物射击伤人。

砂浆应随用随拌，在初凝前全部用完，使用掺速凝剂砂浆时，一次拌制砂浆数量不应多于 3 个孔，以免时间过长，使砂浆在泵、管中凝结。

锚注完成后，应及时清洗，整理注浆用具，除掉砂浆凝聚物，为下次使用创造好条件。

5.4 药包锚杆安装

所谓药包锚杆就是利用早期凝结速度快，承载强度大为特征的水泥砂浆制成的锚固剂将锚杆固定在锚固位置的一种支护方法。锚固剂应符合以下几项要求：初凝时间应大于 3 分钟，终凝时间应小于 10 分钟；必须具有足够的小时抗压强度，一般在半小时到一小时的抗压强度应在 0.2MPa 以上；硬化后体积不缩小，且有微膨胀性。

药卷包在浸水前上端扎 3~5 个小孔（孔径 1mm），浸水 1~1.5 分钟小孔不冒泡即浸水结束，这时即可将浸好水的药卷包装入孔眼。药包装入采用比较坚硬顺直木棍或相似的物体送至眼底。药卷包装入后，将锚杆用 TJ-9 型风动搅拌机（电钻改装也可）带动锚杆快速旋转，边旋转边徐徐推进，锚头在旋转与推进中强烈搅拌浸水后的水泥包，使水泥浆获得良好的和易性，

连续搅拌水泥卷的时间宜为 30~60s。水泥浆如沿孔壁下滑，孔口用纸堵塞。

5.5 中空注浆锚杆安装

(1)安装前，应检查锚杆体钻头的水孔是否畅通，若有异物堵塞，应及时清理。

(2)锚杆体装入设计深度后，应用水和空气洗孔，直至孔口反水或返气。

(3)注浆材料宜采用纯水泥浆或1:1水泥砂浆，水灰比宜为0.4~0.5。采用水泥砂浆时砂子粒径不应大于1.0mm。

(4)注浆料应由杆体中孔灌入，上仰孔应设置止浆塞和排气孔。

6 劳动力安排

每工班劳力安排：空压机操作员1人，钢筋工2人，钻孔10人，注浆操作5人，电工1人。

7 机具配备

型材切割机1台、注浆泵1台、煤电钻（或风枪）12台（备用 2台），空压机1台。

8 质量要求

8.1 质量验收规范

《客运专线铁路隧道工程施工技术指南》

《客运专线铁路隧道工程质量验收暂行标准》

8.2 分项验收标准

8.2.1 主控项目

● 钢筋进场时，必须对其质量指标进行全面检查并按批抽取试件做屈服强度、抗拉强度、伸长率和冷弯试验，其质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》（GB13013）、《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（GB1499）和《低碳钢热轧圆盘条》（GB/T701）等的规定和设计要求。

检验数量：以同牌号、同炉罐号、同规格、同交货状态的钢筋，每60t为一批，不足60t按一批计。每批抽检一次。

检验方法：检查每批质量证明文件，并按批进行抽样做屈服强度、抗拉强度和伸长率冷弯试验。

● 半成品、成品锚杆的类型、规格、性能等应符合设计要求和国家现行有关技术标准的规定。

检查数量：按进场的每批次随机抽样 3% 进行检验。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告并进行试验。

● 锚杆安装的数量应符合设计要求。

检验数量：全部检查。

检验方法：施工现场计数检查。

● 砂浆的强度等级、配合比应符合设计要求。

检查数量：每一作业段检查一次。

检验方法：进行配合比设计，做砂浆强度试验。

● 锚杆孔内灌注砂浆应饱满密实。

检验数量：全部检查。

检验方法：查施工记录，观察或采用超声波锚杆检查仪检查。

● 锚杆安装允许偏差应符合下列规定：

① 锚杆孔的孔径应符合设计要求。

② 锚杆孔的深度应大于锚杆长度的 10cm。

③ 锚杆孔距允许偏差为 $\pm 15\text{cm}$ 。

④ 锚杆插入长度不得小于设计长度的 95%。

检验数量：全部检查。

检验方法：现场丈量。

8.2.2 一般项目

● 锚杆孔的方向应符合设计要求，锚杆垫板应与基面密贴。

检验数量：全部检查。

检验方法：观察。

● 锚杆应平直、无损伤，表面无裂纹、油污、颗粒状或片状锈蚀。

检验数量：全部检查。

检验方法：观察。

9 安全规程

(1)施工期间，应对支护的工作状态进行定期和不定期检查。在不良地质地段，应由专人每班检查。

(2)暂停施工时，应将支护直抵开挖面。

(3)锚杆简易台架应安置应稳妥。

(4)作业中如发生风、水、输料管路堵塞或爆裂时，必须依次停止风、水、料的输送。

(5)对锚杆支护体系的监控量测中发现支护体系变形、开裂等险情时，应采取补救措施。当险情危急时，应将人员撤出危险区。

(6)若已锚地段有较大变形或锚杆失效，立即在该地段增设加强锚杆，长度不小于原锚杆长度的 1.5 倍。

钢筋网施工作业指导书

1 目的

明确隧道钢筋网施工作业的工艺流程，操作要点和相应的工艺标准，规范隧道钢筋网施工作业。

2 编制依据

- (1)《客运专线铁路隧道工程施工指南》(TZ214-2005)
- (2)《客运专线铁路隧道工程施工质量验收标准》铁建设[2005]160号
- (3)《新建铁路福厦线施工图设计文件》

3 适用范围

适用于新建铁路福厦线隧道初期支护钢筋网施工。

4 工艺流程及技术要求

4.1 钢筋网设计

隧道初期支护钢筋网采用 $\Phi 8$ 钢筋，网格尺寸为 $20\text{cm} \times 20\text{cm} \sim 25\text{cm} \times 25\text{cm}$ ，全断面布设。

4.2 钢筋网施工

(1) 钢筋网片加工

钢筋网片采用Ⅰ级 $\Phi 8$ 钢筋焊制，在钢筋加工场内集中加工。先用钢筋调直机把钢筋调直，再截成钢筋条，钢筋网片尺寸根据拱架间距和网片之间搭接长度综合考虑确定。

钢筋焊接前要先将钢筋表面的油渍、漆污、水泥浆和用锤敲击能剥落的浮皮、铁锈等均清除干净；加工完毕后的钢筋网片应平整，钢筋表面无削弱钢筋截面的伤痕。

(2) 成品的存放

制作成型的钢筋网片必须轻抬轻放，避免摔地产生变形。钢筋网片成品应远离加工场地，堆放在指定的成品堆放场地上。存放和运输过程中要避免潮湿的环境，防止锈蚀、污染和变形。

(3) 挂网

按图纸标定的位置挂设加工好的钢筋网片，钢筋片随初喷面的起伏铺

设，绑扎固定于先期施工的系统锚杆之上，再把钢筋片焊接成网，网片搭接长度为 1~2 个网格。

4.3 施工控制要点

(1) 钢筋网格尺寸应符合设计要求。

(2) 铺设钢筋网按照以下要求执行：

① 钢筋网在初喷混凝土 4cm 以后铺挂，且保护层厚度不得小于 2cm。

② 砂层地段应先加铺钢筋网，沿环向压紧后再喷射混凝土。

③ 钢筋网应随初喷面的起伏铺设，与受喷面的间隙一般不大于 3cm，与锚杆（锚杆安装 3d 后）或其它固定装置连接牢固。

④ 开始喷射时，应减小喷头至受喷面的距离，并调整喷射角度，钢筋网保护层厚度不得小于 4cm。

⑤ 喷射中如有脱落的石块或混凝土块被钢筋网卡住时，应及时清除后再喷射混凝土。

5 劳动力组织

焊工 4 人，钢筋工 12 人，钢筋调直机操作员 1 人。

6 机具配备

电焊机 4 台、钢筋调直机 1 台、钢筋切割钳 1 台。

7 质量要求

7.1 质量验收规范

《客运专线铁路隧道工程施工技术指南》

《客运专线铁路隧道工程质量验收暂行标准》

7.2 分项验收标准

(1) 主控项目

● 钢筋进场时，必须对其质量指标进行全面检查并按批抽取试件做屈服强度、抗拉强度、伸长率和冷弯试验，其质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》（GB13013）、《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（GB1499）和《低碳钢热轧圆盘条》（GB/T701）等的规定和设计要求。

检验数量：以同牌号、同炉罐号、同规格、同交货状态的钢筋，每 60t

为一批，不足 60t 按一批计。每批抽检一次。

检验方法：检查每批质量证明文件，并按批进行抽样做屈服强度、抗拉强度和伸长率冷弯试验。

- 钢筋网所使用的钢筋的品种、规格等应符合设计要求。

检验数量：全部检查。

检验方法：观察、钢尺检查。

- 钢筋网的制作应符合设计要求。

检验数量：全部检查。

检验方法：观察、尺量。

- 钢筋网的安装位置应符合设计要求，并与锚杆或其他固定装置联结牢固。钢筋网的混凝土保护层厚度不得小于 3cm。

检验数量：每循环检查 5 处。

检验方法：观察，凿孔检查或仪器探测。

- 钢筋网应在岩面喷射一层混凝土后再铺挂，底层喷射混凝土的厚度不得小于 4cm。采用双层钢筋网时，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被混凝土覆盖及混凝土终凝后铺设。

检验数量：每循环检验一次。

检验方法：观察，检查施工记录。

(2) 一般项目

- 钢筋网的网格间距应符合设计要求，网格尺寸允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

检验数量：每循环检验一次，随机抽样 5 片。

检验方法：尺量。

- 钢筋网搭接长度应为 1 ~ 2 个网孔，允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。

检验数量：每循环检验一次，随机抽样 5 片。

检验方法：尺量。

- 钢筋应冷拉调直后使用，钢筋表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状锈蚀。

检验数量全部检验。

检验方法：观察。

8 安全规程

(1)施工人员应经培训合格后上岗。焊工应持有特种工人作业证。

(2)焊工必须穿戴防护衣具。施工时焊工应站在木垫或其它绝缘垫上。

(3)焊机必须接地，以保证操作人员安全，对于焊接导线及焊钳接导线处，都应有可靠的绝缘接地。

(4)大量焊接时，焊接变压器不得超负荷，变压器升温不得超过 60℃，为此，要特别注意遵守焊机暂载率规定，以免过分发热而损坏。

(5)钢筋的调直、切断所使用的机械设备必须指定专人操作。

(6)钢筋网的安装，作业人员之间应协调动作。

钢架施工作业指导书

1 目的

明确隧道钢架施工作业工艺流程、操作要点和相应的工艺标准，规范隧道钢架施工作业，充分发挥钢架在初期支护中的作用。

2 编制依据

- (1)《客运专线铁路隧道工程施工指南》(TZ214-2005)
- (2)《客运专线铁路隧道工程施工质量验收标准》铁建设[2005]160号
- (3)《新建铁路福厦线施工图设计文件》

3 适用范围

适用于新建铁路福厦线隧道加强支护格栅钢架及型钢钢架的施工。

4 工艺流程及技术要求

隧道钢架支护分为型钢钢架和格栅钢架两种，型钢钢架主要由工字钢弯制而成，格栅钢架主要由四根 $\Phi 22$ 或 $\Phi 25$ 主筋和其它钢筋制成。III级围岩采用格栅钢架，IV级、V级围岩采用型钢拱架。本线隧道设计为全断面支护。

隧道各部开挖完成初喷砼后，分单元及时安装钢架，采用与定位锚杆、径向锚杆以及双侧锁脚锚管固定，纵向采用 $\Phi 22$ 钢筋连接，钢架之间铺挂钢筋网，然后复喷混凝土到设计厚度。钢架施工工艺流程图见图1。

4.1 钢架加工

(1)型钢钢架加工：

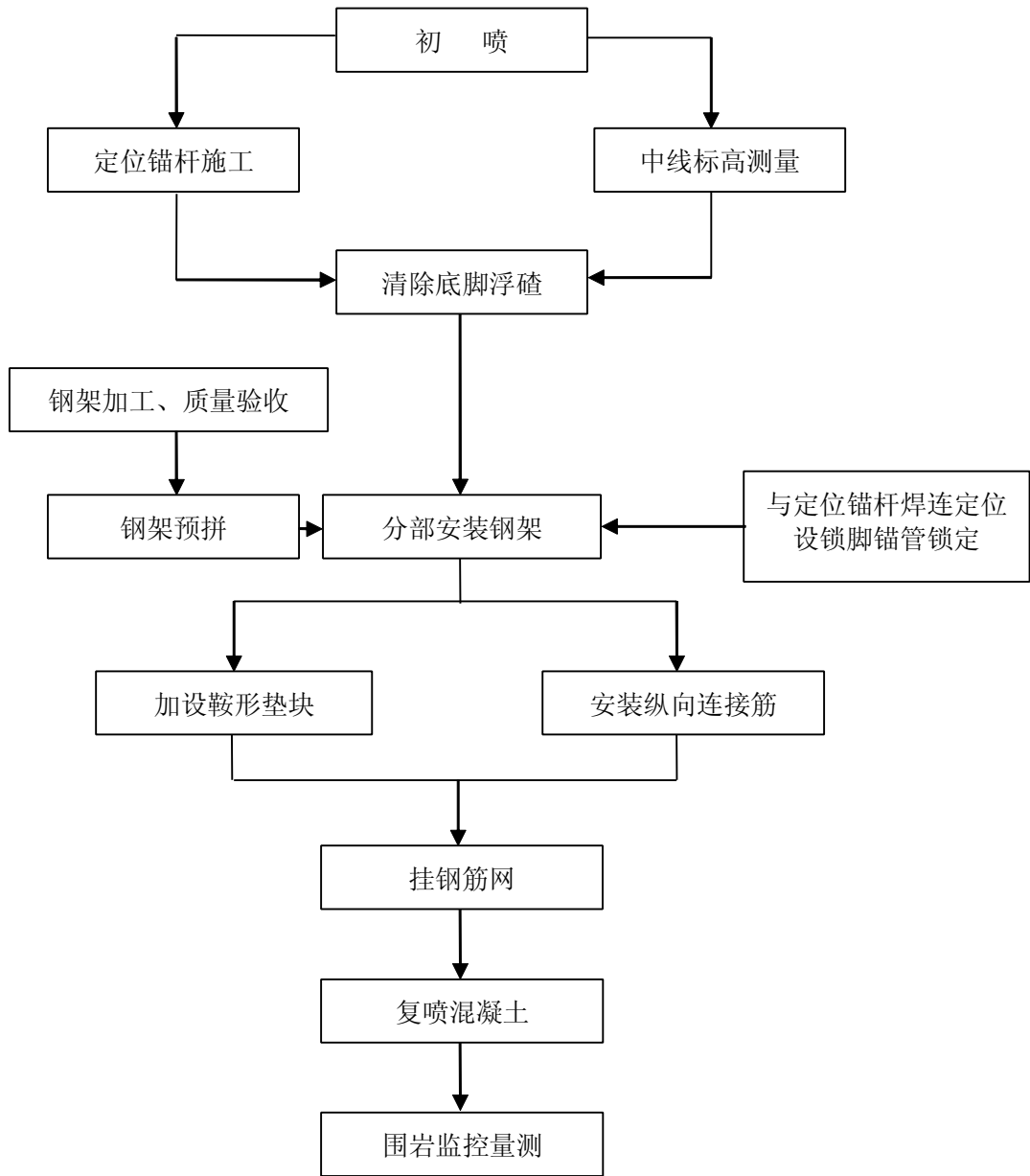
加工场地用砼硬化，精确抹平，按设计放出加工大样。钢架弯制结合隧道开挖方法采用型钢弯制机按照隧道断面曲率分节进行弯制，弯制完成后，先在加工场地上进行试拼。各节钢架拼装，要求尺寸准确，弧形圆顺，要求沿隧道周边轮廓误差不大于3cm；型钢钢架平放时，平面翘曲小于2cm。

(2)格栅钢架加工

格栅钢架在现场设计的工装台上加工。工作台为 $\delta = 20\text{mm}$ 的钢板制成，其上根据不同断面的钢架主筋轮廓放样成钢筋弯曲模型。钢架的焊接在胎模内焊接，控制变形。

按设计加工好各单元格栅钢架后，组织试拼，检查钢架尺寸及轮廓是否合格。

图 1 型钢钢架施工工艺流程图



加工允许误差：沿隧道周边轮廓误差不大于3cm，平面翘曲应小于2cm，接头连接要求同类之间可以互换。

格栅钢架各单元必须明确标准类型和单元号，并分单元堆放于地面干燥的防雨蓬内。

4.2 钢架安装

钢架安装在掌子面开挖初喷完成后立即进行。

根据测设的位置，各节钢架在掌子面以螺栓连接，连接板应密贴。为保证各节钢架在全环封闭之前置于稳固的地基上，安装前应清除各节钢架底脚下的虚碴及杂物。同时每侧安设 2 根锁脚锚管将其锁定，底部开挖完成后，底部初期支护及时跟进，将钢架全环封闭。V 级围岩需在拱部钢架基脚处设槽钢以增加基底承载力，

为保证钢架位置安设准确，隧道开挖时在钢架的各连接处预留连接板凹槽。初喷砼时，在凹槽处打入木楔，为架设钢架留出连接板（和槽钢）位置。钢架按设计位置安设，在安设过程中当钢架和初喷层之间有较大间隙应每隔 2m 用砼预制块楔紧，钢架背后用喷砼填充密实。钢架纵向连接采用钢管（钢筋），环向间距 1m。

钢架落底接长在单边交错进行，每次单边接长钢架 1~2 排。在软弱地层可同时落底接长和仰拱相连并及时喷射砼。接长钢架和上部钢架通过垫板用螺栓牢固准确连接。

架立钢架后应尽快进行喷砼作业，以使钢架与喷砼共同受力。喷射砼分层进行，先从拱脚或墙角处由下向上喷射，防止上层喷射料虚掩拱脚（墙角）不密实，造成强度不够，拱脚（墙角）失稳。

(1)黄土隧道防止钢架下沉的措施

拱部开挖安装型钢拱架后，由于黄土隧道围岩的自稳性较差以及各部开挖拉开了一定距离，钢架短时间内不能全断面闭合，有可能会出现拱顶钢架下沉，导致围岩失稳或侵入衬砌界限，因此在施工过程中需加强对钢架安装以后的监控量测，必要时采取有效措施进行加固，以防止拱顶钢架下沉。具体措施如下：

①加强对钢架的锁脚固定措施

由于采用分部开挖方法，拱部钢架安装后，钢架暂时不能全断面封闭成环，同时土质隧道拱部钢架无法座落在坚实的基岩上，因此，拱部钢架必须采取锁脚措施，将钢架两底脚牢固锁定，以防止钢架下沉或两底脚回收，钢架锁脚采用两根 $L=4.0\text{m}$ 的 $\Phi 42$ 锁脚锚管锁定，锚管采用钢花管，压

注水泥浆液进行锚固，如地质较差时，采用加长锁脚锚管长度和再增设一根锁脚锚管以加强钢架的稳定。

②加设钢架基础连接纵梁，扩大开挖底脚，防止钢架悬空

为防止钢架下沉，视地质情况，必要时在拱部钢架底脚增设连接纵梁，纵梁采用32槽钢，与钢架底脚采用焊接连接，以增加钢架底脚的承力面积。

③及时喷射混凝土进行覆盖

钢架安装完成后，及时进行喷射微纤维混凝土，喷射时分层、分段进行，钢架应全部被喷射混凝土覆盖，保护层厚度不得小于40mm。

④防止施工过程中的碰撞和损坏

机械开挖时，为防止挖掘机等大型机械对已支护好钢架进行碰撞和冲击，造成钢架损坏，因此，开挖时，要委派专人对开挖作业进行指挥，严格限制机械作业界限，以防止碰撞钢架。

4.3 施工要点

(1)钢架应按设计位置安设，钢架之间必须用钢筋纵向连接，并要保证焊接质量。拱架安设过程中当钢架与围岩之间有空隙时，沿钢架外缘每隔2m应用混凝土预制块楔紧。

(2)钢拱架的拱脚采用纵向托梁和锁脚锚管等措施加强支承。

(3)钢架应尽可能多地与锚杆露头及钢筋网焊接，以增强其联合支护的效应。

(4)喷射混凝土时，要将钢架与岩面之间的间隙喷射饱和达到密实。

(5)喷射混凝土应分层次分段喷射完成，初喷混凝土应尽早进行“早喷锚”，复喷混凝土应在量测指导下进行，即“勤量测”的基本原则，以保证喷射混凝土的复喷适时有效。

(6)型钢钢架应采用冷弯成型，钢架加工的焊接不得有假焊，焊缝表面不得有裂纹、焊瘤等缺陷。

(7)每榀钢架加工完成后应放在水泥地面上试拼，周边拼装允许误差为±3cm，平面翘曲应小于2cm。

(8)钢架应在初喷混凝土后及时架设，各节钢架间以螺栓连接，连接板

必须密贴。

(9)钢架安装前应清除底脚下的虚碴及杂物,钢架底脚应置于牢固的基础上。

5 劳动力组织

焊工3人,钢筋工2人,杂工8人,施工人员要保持相对稳定,可根据现场情况及时调整。

6 施工机具

型钢弯制机1台、气焊1把、BX1-500电焊机2台。

7 质量要求

7.1 质量验收参照规范

《客运专线铁路隧道工程施工技术指南》

《客运专线铁路隧道工程质量验收暂行标准》

7.2 分项验收标准

7.2.1 主控项目

●制作钢架所用型钢进场检验必须按批抽取试件作力学性能(屈服强度、抗拉强度和伸长率)工艺性能(冷弯)试验,其质量必须符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB700)、《热轧普通工字钢》(YB(T) 56)等的规定和设计要求。

检验数量:以同牌号、同炉罐号、同规格、同交货状态的型钢,每60t为一批,不足60t应按一计。每批抽检一次。

检验方法:检查每批质量证明文件并进行相关性能试验。

●制作钢架的钢材品种和规格必须符合设计要求。

检验数量:全部检查。

检验方法:观察,钢尺检查。

●型钢钢架的弯制应符合设计要求。钢架的结构尺寸应符合设计要求。

检验数量:全部检查。

检验方法:观察、尺量。

●钢架安装不得侵入二次衬砌断面,底部不得有虚碴,相邻钢架及各

节钢架间的连接应符合设计要求。钢架的混凝土保护层厚度不得小于 4cm。表面覆盖层厚度不得小于 3cm。

检验数量：每榀检查。

检验方法：观察、测量。

● 沿钢架外缘每隔 2m 应用钢楔或混凝土预制块与初喷层顶紧，钢架与初喷层间的间隙应采用喷射混凝土喷填密实。

检验数量：全部检查。

检验方法：观察。

7.2.2 一般项目

● 钢筋、型钢等原材料应平直、无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状锈蚀。

检验数量：全部检查。

检验方法：观察。

● 钢架制作应符合下列规定：

①采用型钢弯制钢架时，分节长度应根据设计尺寸及所采用的开挖方法确定，各节长度不应大于 4m，腹板上钻孔的位置应符合设计要求。

②钢架节点焊接长度应大于 4cm，且对称焊接。

③钢架周边拼装允许偏差为 $\pm 3\text{cm}$ ，平面翘曲应小于 2cm。

检验数量：每榀钢架检查一次。

检验方法：观察、尺量。

● 钢架安装允许偏差的检验应符合下表的规定：

钢架安装允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	间距	$\pm 100\text{ mm}$
2	横向	$\pm 50\text{ mm}$
3	高程	$\pm 50\text{ mm}$
4	垂直度	$\pm 2^\circ$
5	保护层和表面覆盖层厚度	-5 mm

检验数量：每榀钢架检查一次。

检验方法：测量、尺量。

8 安全规程

(1)施工期间，应对支护的工作状态进行定期和不定期检查。在不良地质地段，应由专人每班检查。当发现支护变形或损坏时，应立即修整加固，当险情危急时，应将人员撤出危险区。。

(2)构件支撑的立柱不得置于虚碴和活动石块上。在软弱围岩地段，立柱底面应加设垫板或垫梁。

(4)钢架的安装作业时，作业人员之间应协调动作，在本排钢架未安装完毕，并与相邻的钢架和锚杆连接稳妥之前，不得擅自取消临时支撑。

管棚施工作业指导书

1 目的

明确隧道管棚施工作业的工艺流程、操作要点和相应的工艺标准，规范隧道管棚施工作业。

2 编制依据

- (1)《客运专线铁路隧道工程施工指南》(TZ214-2005)
- (2)《客运专线铁路隧道工程施工质量验收标准》铁建设[2005]160号
- (3)《新建铁路福厦线施工图设计文件》

3 适用范围

适用于新建铁路福厦线隧道 $\Phi 89$ 、 $\Phi 108$ 等规格大管棚施工作业。

4 工艺流程及技术要求

4.1 大管棚设计

本线在隧道进出口明暗交界处设计超前大管棚。

设计参数：

- ①导管规格：外径89mm、108mm等，壁厚满足设计要求；
- ②管距：环向间距40cm；
- ③倾角：外插角 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 为宜，可根据实际情况作调整；
- ④注浆材料：M20水泥浆或水泥砂浆；
- ⑤设置范围：拱部 $120^{\circ} \sim 135^{\circ}$ 范围；
- ⑥长度：10~40m。

4.2 大管棚施工

施工工艺流程见图1。

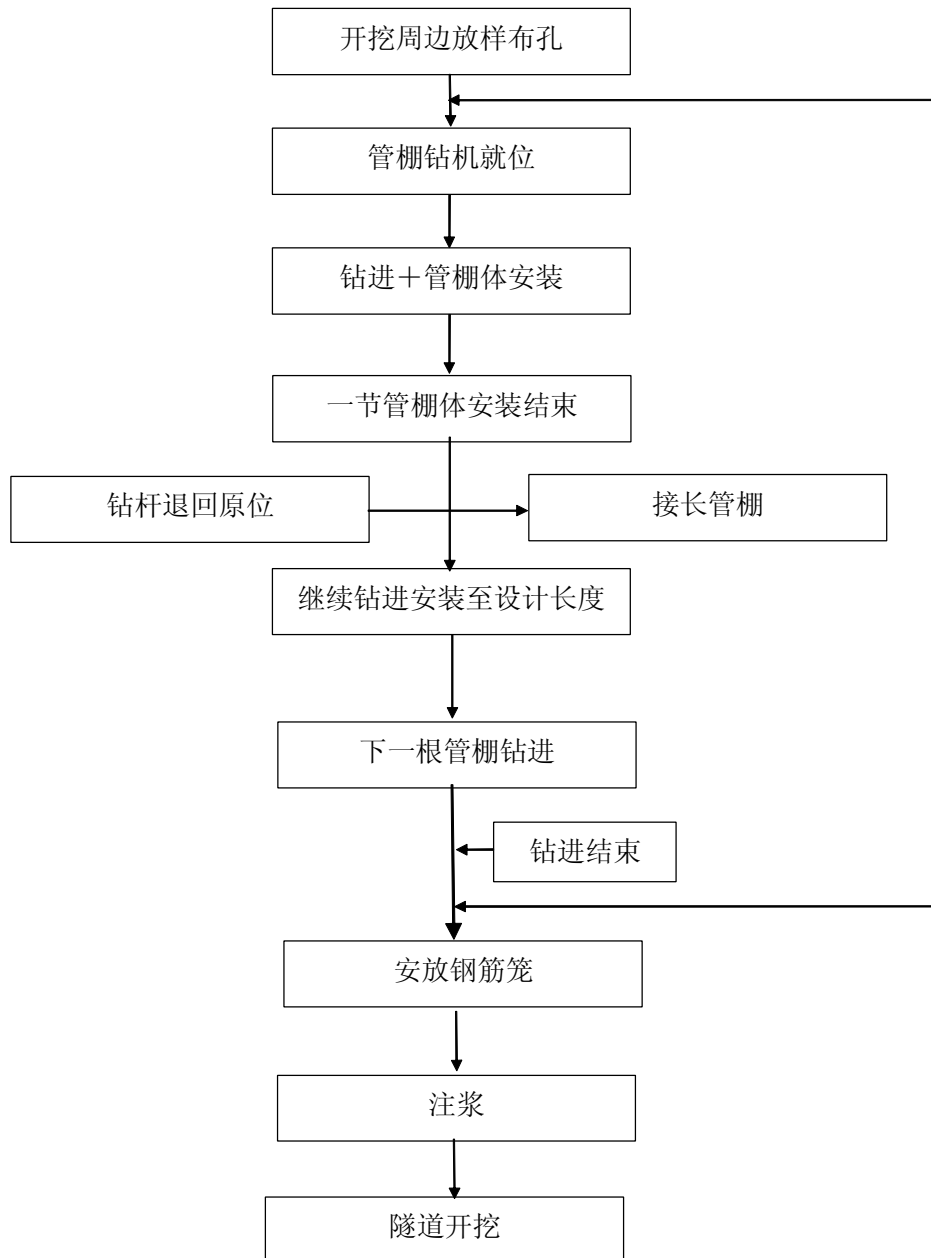
4.2.1 施作护拱

(1)混凝土护拱作为长管棚的导向墙，在开挖廓线以外拱部 $120^{\circ} \sim 135^{\circ}$ 范围内施作，断面尺寸为 $1.0 \times 1.0\text{m}$ ，护拱内埋设钢筋支撑，钢筋与管棚孔口管连接成整体。导向墙环向长度可根据具体工点实际情况确定，要保证其基础稳定性。

(2)孔口管作为管棚的导向管，它安设的平面位置、倾角、外插角的准

精度直接影响管棚的质量。用经纬仪以坐标法在工字钢架上定出其平面位置；用水准尺配合坡度板设定孔口管的倾角；用前后差距法设定孔口管的外插角。孔口管应牢固焊接在工字钢上，防止浇筑混凝土时产生位移。

图 1 超前大管棚施工工艺流程图



4.2.2 搭钻孔平台安装钻机

(1) 钻机平台用钢管脚手架搭设，搭设平台应一次性搭好，钻孔由1~2台钻机由高孔位向低孔位进行。

(2) 平台要支撑于稳固的地基上，脚手架连接要牢固、稳定，防止在施

钻时钻机产生不均匀下沉、摆动、位移而影响钻孔质量。

(3)钻机定位：钻机要求与已设定好的孔口管方向平行，必须精确核定钻机位置。用经纬仪、挂线、钻杆导向相结合的方法，反复调整，确保钻机钻杆轴线与孔口管轴线相吻合。

4.2.3 钻孔

(1)为了便于安装钢管，钻头直径采用 $\Phi 108\text{mm}$ 或 127mm 。

(2)岩质较好的可以一次成孔。钻进时产生坍孔、卡钻时，需补注浆后再钻进。

(3)钻机开钻时，应低速低压，待成孔 10m 后可根据地质情况逐渐调整钻速及风压。

(4)钻进过程中经常用测斜仪测定其位置，并根据钻机钻进的状态判断成孔质量，及时处理钻进过程中出现的事故。

(5)钻进过程中确保动力器、扶正器、合金钻头按同心圆钻进。

(6)认真作好钻进过程的原始记录，及时对孔口岩屑进行地质判断、描述，作为洞身开挖时的地质预测预报参考资料，从而指导洞身开挖。

4.2.4 清孔验孔

(1)用地质岩芯钻杆配合钻头进行反复扫孔，清除浮渣，确保孔径、孔深符合要求，防止堵孔。

(2)用高压风从孔底向孔口清理钻渣。

(3)用经纬仪、测斜仪等检测孔深、倾角、外插角。

4.2.5 安装管棚钢管

(1)钢管在专用的管床上加工好丝扣，导管四周钻设孔径 $10\sim 16\text{mm}$ 注浆孔(靠孔口 2.5m 处的棚管不钻孔)，孔间距 $15\sim 20\text{cm}$ ，呈梅花型布置。管头焊成圆锥形，便于入孔。

(2)棚管顶进采用装载机和管棚机钻进相结合的工艺，即先钻大于棚管直径的引导孔($\Phi 108\text{ mm}$ 或 $\Phi 127\text{ mm}$)，然后用装载机在人工配合下顶进钢管。

(3)接长钢管应满足受力要求，相邻钢管的接头应前后错开。同一横断

面内的接头数不大于50%，相邻钢管接头至少错开1m。

4.2.6 注浆

(1)安装好有孔钢花管、放入钢筋笼后即对孔内注浆，浆液由 ZJ-400 高速制浆机拌制。

(2)注浆材料：注浆材料为 M20 水泥浆或水泥砂浆。

(3)采用注浆机将砂浆注入管棚钢管内，初压 0.5~1.0MPa，终压 2MPa，持压 15min 后停止注浆。

注浆量应满足设计要求，一般为钻孔圆柱体的 1.5 倍；若注浆量超限，未达到压力要求，应调整浆液浓度继续注浆，确保钻孔周围岩体与钢管周围孔隙充填饱满。

注浆时先灌注“单”号孔，再灌注“双”号孔。

4.3 施工控制要点

(1)钻孔前，精确测定孔的平面位置、倾角、外插角，并对每个孔进行编号。

(2)钻孔外插角 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 以为宜，工点应根据实际情况作调整。钻孔仰角的确定应视钻孔深度及钻杆强度而定，一般控制在 $1^{\circ} \sim 1.5^{\circ}$ 。施工中应严格控制钻机下沉量及左右偏移量。

(3)严格控制钻孔平面位置，管棚不得侵入隧道开挖线内，相邻的钢管不得相撞和立交。

(4)经常量测孔的斜度，发现误差超限及时纠正，至终孔仍超限者应封孔，原位重钻。

(5)掌握好开钻与正常钻进的压力和速度，防止断杆。

5 劳动力组织

钻机操作工 3~6 人，管棚加工 2 人，钢管顶进 8 人，注浆 6 人。

6 机具配备

结合正常施工需要，管棚施工机械设备配置如下：

管棚钻机 1~2 台、电动空压机 1 台、注浆机 1 台、ZJ-400 高速制浆机

1 台、混凝土拌合站一座、混凝土振动棒 2 个、钢模板、木模板、J3G-400A 型型材切割机 1 台、型钢弯制机 1 台、BX1-400 型交流弧焊机 2 台、砼搅拌运输车（3.5m³）1 辆、ZLC50C 装载机 1 辆。

7 质量要求

7.1 质量验收规范

《客运专线铁路隧道工程施工技术指南》

《客运专线铁路隧道工程质量验收暂行标准》

7.2 分项验收标准

7.2.1 主控项目

●管棚所用钢管进场必须按批抽取试件作力学性能（屈服强度、抗拉强度和伸长率）和工艺性能（冷弯）试验，其质量必须符合国家有关规定及设计要求。

检验数量：以同牌号、同炉罐号、同规格、同交货状态的钢管，每 60t 为一批，不足 60t 按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 20%进行见证取样检测或按施工单位抽检次数的 10%进行平行检验，至少一次。

检验方法：施工单位检查每批质量证明文件并进行相关性能试验；监理单位检查全部质量证明文件和试验报告，并进行见证取样检测或平行试验。

●管棚所用钢管的品种和规格必须符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察，钢尺检查。

●管棚搭接长度应符合设计要求。

检查数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：尺量。

●注浆浆液的配合比应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位进行配合比选定试验；监理单位检查配合比选定

单，并进行见证试验。

- 注浆压力应符合设计要求，注浆浆液应充满钢管及其周围的空隙。

检验数量：施工单位全部检查；监理单位按施工单位检查数量的 20% 见证检查。

检验方法：施工单位查施工记录的注浆量和注浆压力，观察；监理单位见证检查。

7.2.2 一般项目

- 管棚钻孔的允许偏差应符合下表的规定：

管棚钻孔允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	方向角	1°
2	孔口距	±50mm
3	孔 深	±50mm

检验数量：施工单位全部检查

检验方法：仪器测量、尺量

8 注意事项

大管棚必须在洞身开挖前完成。洞口开挖时应预留管棚施工台阶，搭设管棚施工工作室，钻机脚手架平台应支撑在稳固的地基上。在软弱围岩地段，立柱底应加设垫板或垫梁。

在施作大管棚预支护的过程中应设置必要的监测项目，根据监测反馈信息及时采取相应的措施以保证施工安全和施工质量。

超前小导管施工作业指导书

1 目的

明确超前小导管施工作业的工艺流程，工艺标准，规范小导管作业施工，减少施工过程中的不安全因素。

2 编制依据

- (1)《客运专线铁路隧道工程施工指南》(TZ214-2005)
- (2)《客运专线铁路隧道工程施工质量验收标准》铁建设[2005]160 号
- (3)《新建铁路福厦线施工图设计文件》

3 适用范围

适用于新建铁路福厦线隧道超前小导管的施工。

4 工艺流程及技术要求

4.1 超前小导管设计

超前小导管配合型钢钢架使用，应用于隧道Ⅳ、Ⅴ级围岩拱部超前注浆预支护，其纵向搭接长度不小于 1m。

超前小导管设计参数：

- ①超前导管规格：符合设计要求；
- ②小导管环向间距 40cm；
- ③倾角：外插角 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ ，可根据实际情况调整；
- ④注浆材料：M20 水泥浆或水泥砂浆；
- ⑤设置范围：拱部 135° 范围。

4.2 超前小导管施工

施工工艺流程见图 1。

4.2.1 制作钢花管

小导管前端做成尖锥形，尾部焊接 $\Phi 8\text{mm}$ 钢筋加劲箍，管壁上每隔 10~20cm 梅花型钻眼，眼孔直径为 6~8mm，尾部长度不小于 30cm 作为不钻孔的止浆段。小导管构造见图 2。

图1 超前小导管施工工艺流程图

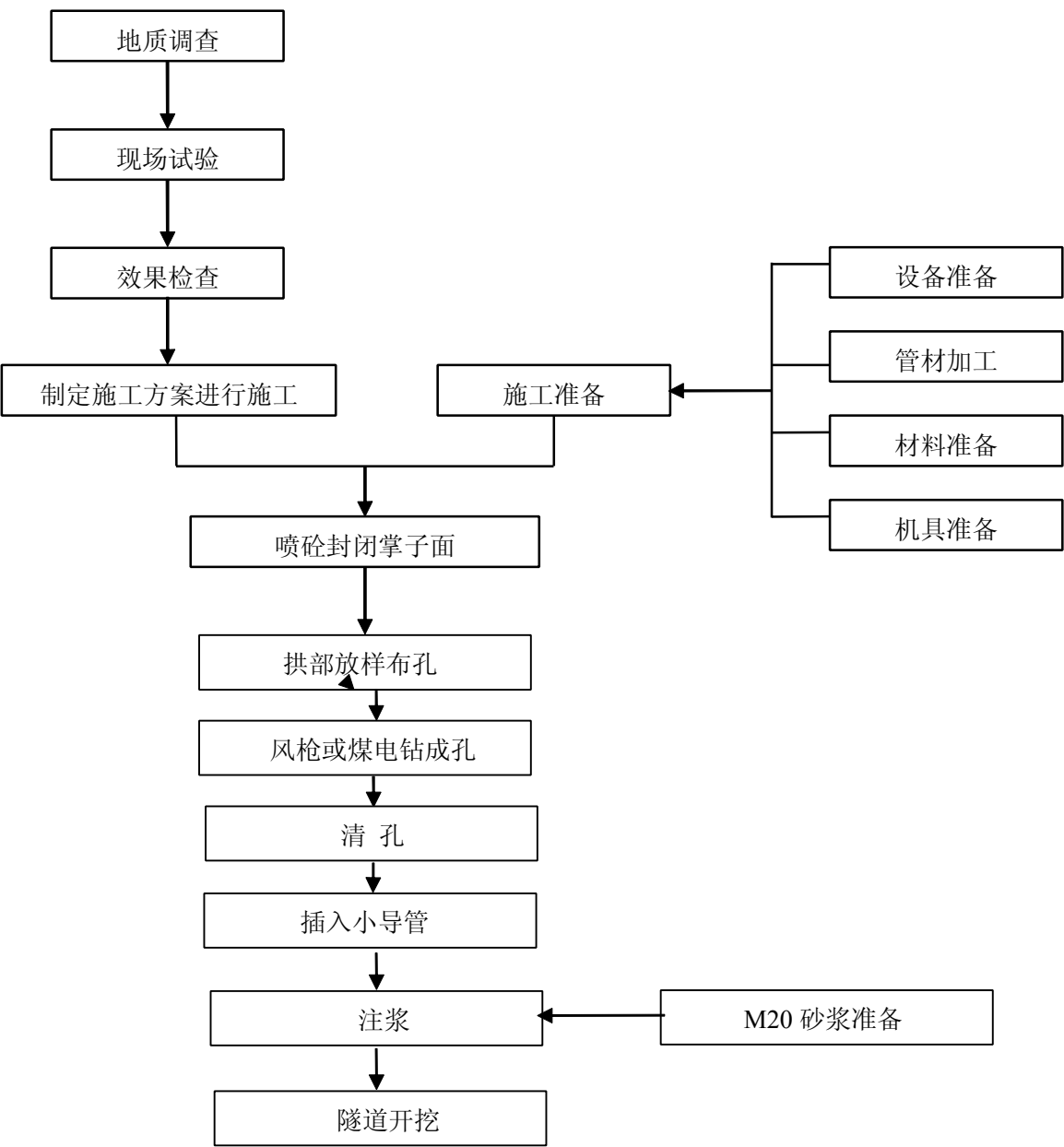
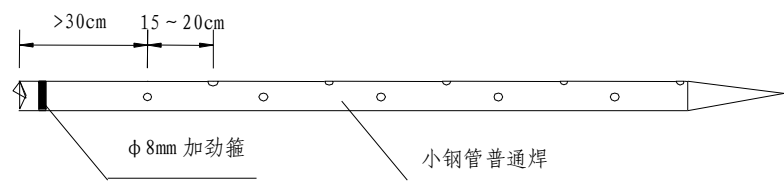


图 2 注浆小导管结构图



4.2.2 小导管安装

(1)测量放样，在设计孔位上做好标记，用凿岩机或煤电钻钻孔，孔径较设计导管管径大 20 mm 以上。

(2)成孔后，将小导管按设计要求插入孔中，或用凿岩机直接将小导管从型钢钢架上部、中部打入，外露20cm支撑于开挖面后方的钢架上，与钢架共同组成预支护体系。

4.2.3 注浆

采用 KBY-50/70 注浆泵压注水泥浆或水泥砂浆。注浆前先喷射混凝土 5~10cm 厚封闭掌子面，形成止浆盘。

注浆前先冲洗管内沉积物，由下至上顺序进行。单孔注浆压力达到设计要求值，持续注浆 10min 且进浆速度为开始进浆速度的 1/4 或进浆量达到设计进浆量的 80%及以上时注浆方可结束。

注浆施工中认真填写注浆记录，随时分析和改进作业，并注意观察施工支护工作面的状态。注浆参数应根据注浆试验结果及现场情况调整。

注浆参数可参照以下数据进行选择：

注浆压力：一般为 0.5~1.0Mpa

浆液初凝时间：1~2min

水泥：P.032.5 普通硅酸盐水泥

砂：中细砂

4.2.4 注浆异常现象处理

(1)串浆时及时堵塞串浆孔。

(2)泵压突然升高时，可能发生堵管，应停机检查。

(3)进浆量很大，压力长时间不升高，应重新调整砂浓度及配合比，缩短胶凝时间。

5 劳力、机具设备的配置

超前小导管每环设计数量为 46 根，每工班钻孔及注浆施工人员不宜少于 10 人，施工中应根据现场情况及时调整。

结合客运专线大断面隧道的特点，每工班施工机具配置如下：KBY-50/70注

浆泵1台、煤电钻（或风动凿岩机）不少于10台、气焊机1台、BX1-500电焊机1台。

6 质量要求

6.1 质量验收规范

《客运专线铁路隧道工程施工技术指南》

《客运专线铁路隧道工程质量验收暂行标准》

6.2 分项验收标准

6.2.1 主控项目

●超前小导管所用钢管进场必须按批抽取试件作力学性能（屈服强度、抗拉强度和伸长率）和工艺性能（冷弯）试验，其质量必须符合国家有关规定及设计要求。

检验数量：以同牌号、同炉罐号、同规格、同交货状态的钢管，每60t为一批，不足60t按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的20%进行见证取样检测或按施工单位抽检次数的10%进行平行检验，至少一次。

检验方法：施工单位检查每批质量证明文件并进行相关性能试验；监理单位检查全部质量证明文件和试验报告，并进行见证取样检测或平行试验。

●超前小导管所用的钢管的品种和规格必须符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部建成。

检查方法：观察、尺量。

●超前小导管与支撑结构的连接应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部建成。

检查方法：观察。

●超前小导管的纵向搭接长度应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部建成。

检查方法：观察。

●注浆浆液的配合比应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位进行配合比选定试验；监理单位检查配合比选定单，并进行见证试验。

●超前小导管注浆压力应符合设计要求，注浆浆液应充满钢管及其周围的空隙。

检验数量：施工单位全部检查；监理单位按施工单位检查数量的 20% 见证检查。

检验方法：施工单位查施工记录的注浆量和注浆压力，观察；监理单位见证检查。

6.2.2 一般项目

超前小导管施工允许偏差应符合表 1 的规定。

表 1 超前小导管施工允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	方向角	2°
2	孔口距	±50mm
3	孔深	+50, 0mm

检查数量：施工单位每环抽查 3 根

检查方法：仪器测量、尺量

7 安全、质量注意事项

施工期间，尤其在注浆时，应对支护的工作状态进行检查。当发现支护变形或损坏时，应立即停止注浆，采取措施。

注浆结束 4 小时后，方可进行掌子面的开挖。

相邻两排小导管搭接长度应符合设计要求，且不小于 1 米。

钢管要与拱架焊接牢固，注浆后注浆孔要堵塞密实。

衬砌施工作业指导书

1 目的

明确隧道衬砌施工作业的工艺流程、操作要点和相应的工艺标准，指导、规范隧道衬砌施工作业。

2 编制依据

- (1)《客运专线铁路隧道工程施工指南》(TZ214-2005)
- (2)《客运专线铁路隧道工程施工质量验收标准》铁建设[2005]160号
- (3)《新建铁路福厦线施工图设计文件》

3 适用范围

适用于新建铁路福厦线隧道二次衬砌的施工作业，包括衬砌模板、钢筋、混凝土、仰拱及仰拱填充作业。

4 施工工艺及技术要求

隧道衬砌要遵循“仰拱超前、墙拱整体衬砌”的原则，初期支护完成后，为有效地控制其变形，仰拱尽量紧跟开挖面施工，仰拱填充采用栈桥平台以解决洞内运输问题，并进行全幅一次性施工。仰拱施作完成后，利用多功能作业平台人工铺设防水板，绑扎钢筋后，采用液压整体式衬砌台车进行二次衬砌，采用拱墙一次性整体灌注施工。混凝土在洞外采用拌和站集中拌和，混凝土搅拌运输车运至洞内，混凝土输送泵泵送入模。

衬砌施工工艺流程见图1。

4.1 衬砌模板

模板衬砌台车必须按照隧道内净空尺寸进行设计与制造，钢结构及钢模必须具有足够的强度、刚度和稳定性。衬砌台车经施工单位会同监理单位验收合格后方可投入使用。模板台车长度宜为9~12m，工点设计应根据沉降缝、预留洞室和预埋管线位置综合确定。模板台车侧壁作业窗宜分层布置，层高不宜大于1.5m，每层宜设置4~5个窗口，其净空不宜小于45cm×45cm。拱顶部位应预留2~4个注浆孔。

模板安装必须稳固牢靠，接缝严密，不得漏浆。模板台车的走行轨Ⅰ、Ⅱ级围岩段，宜设在底板垫层（10cm厚的C25钢筋混凝土）面上，Ⅲ~Ⅳ

级围岩段，宜铺设在填充混凝土面上。

模板表面要光滑，与混凝土的接触面必须清理干净并涂刷隔离剂。

模板的安装允许偏差和检验方法见表 1。

图 1 衬砌施工工艺流程图

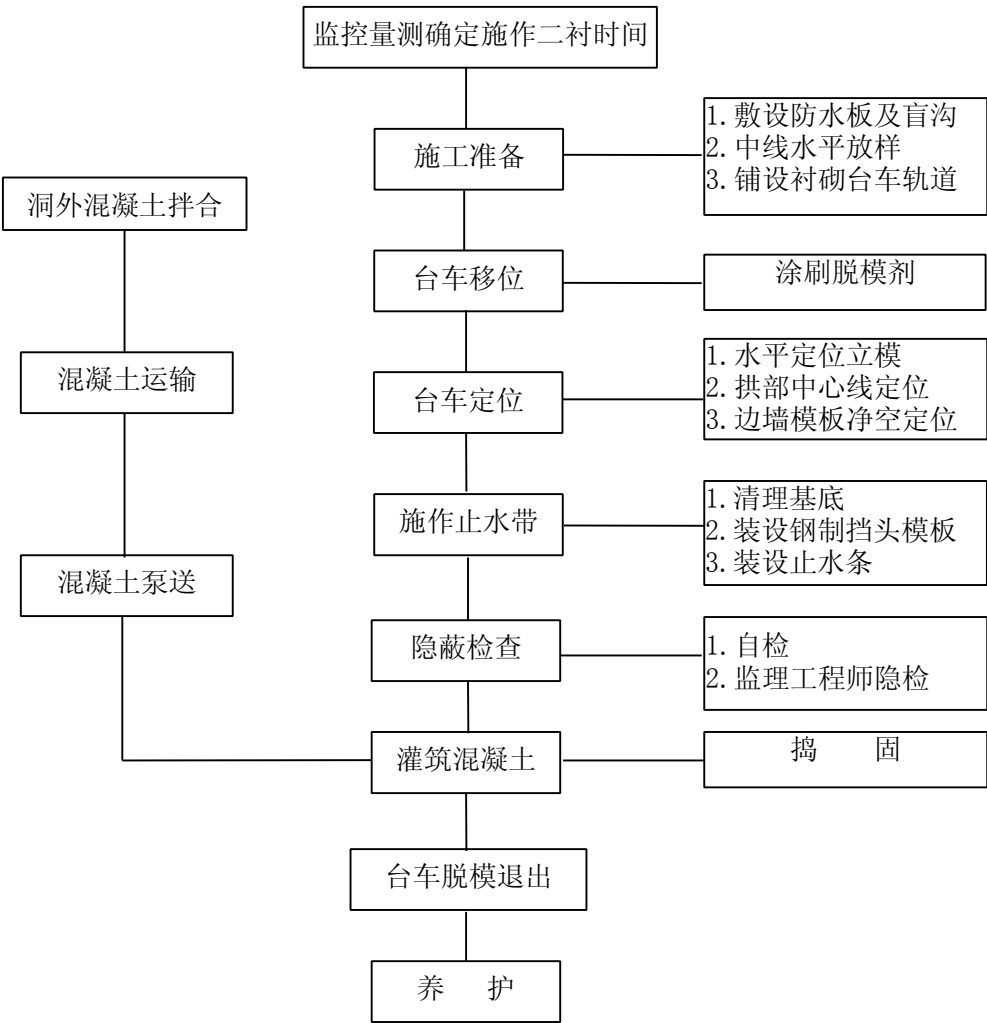


表 1 模板安装允许偏差和检验方法

序号	项 目	允许偏差（mm）	检验方法
1	边墙角	±15	尺量
2	起拱线	±10	尺量
3	拱顶	+10、0	水准测量
4	模板表面平整度	5	2m 靠尺和塞尺
5	相邻浇筑段表面高低差	±10	尺量

4.2 衬砌钢筋

钢筋加工弯制前应调直，并将表面油渍、水泥浆和浮皮铁锈等均应清除干净；加工后的钢筋表面不应有削弱钢筋截面的伤痕；利用冷拉方法矫直伸长率：Ⅰ级钢筋不得超过2%，Ⅱ级钢筋不得超过1%。

(1)钢筋的加工应符合设计要求，其允许偏差和检验方法符合表2规定。

表2 钢筋加工允许偏差和检验方法

序号	名称	允许偏差 (mm)	检验方法
1	受力钢筋顺长度方向的全长	±10	尺量
2	弯起钢筋的弯折位置	20	
3	箍筋内净尺寸	±3	

检验数量：施工单位按钢筋编号各抽检10%，并各不少于3件。

(2)钢筋安装及保护层厚度允许偏差和检验方法应符合表3规定。

表3 钢筋安装及保护层厚度允许偏差 (mm) 和检验方法

序号	名称	允许偏差	检验方法
1	双排钢筋，上排钢筋与下排钢筋间距	±5	尺量两端、中间各1处
2	同一排中受力钢筋水平间距	±20	
3	分布钢筋间距	±20	尺量连续3处
4	箍筋间距	±20	
5	钢筋保护层厚度	+10、-5	尺量两端、中间各2处

检验数量：施工单位全部检查。

(3)钢筋接头应设置在承受应力较小处，并应分散布置。配制在“同一截面”内受力钢筋接头的截面面积，占受力钢筋总截面面积的百分率，应符合设计要求。当设计未提出要求时，应符合下列规定：

①焊（连）接接头在受弯构件的受拉区不得大于50%，轴心受拉构件不得大于25%；

②在构件的受拉区，绑扎接头不得大于25%，在受压区不得大于50%；

③钢筋接头应避开钢筋的弯曲处，距离弯曲点的距离不得小于钢筋直径

的 10 倍。

④在同一根钢筋上应少设接头。“同一截面”内，同一根钢筋上不得超过一个接头。

(4)采用电弧焊焊接，单面搭接焊，其搭接长度不得小于 10 d，双面搭接焊，其搭接长度不得小于 5 d，焊缝宽度不小于 0.8d 且不小于 10 mm，焊缝高度不小于 0.3d 且不小于 4 mm。

4.3 二次衬砌

4.3.1 施工方法

拱墙二次衬砌采用全断面整体钢模衬砌台车、混凝土搅拌运输车运输、泵送砼灌注，振捣器捣固，挡头模采用钢模或木模。混凝土浇筑要左右对称进行，防止钢模台车偏移。

砼生产采用自动计量拌合站拌合，砼拌合站设置应满足冬季施工要求。

4.3.2 施工程序

(1) 二次衬砌施作应符合以下要求：

①深埋隧道二次衬砌施作一般情况下应在围岩和初期支护变形基本稳定后进行，变形基本稳定应符合：隧道周边变形速率明显下降并趋于缓和；或水平收敛（拱脚附近 7d 平均值）小于 0.2mm/d，拱顶下沉速度小于 0.15mm/d；或施作二次衬砌前的累积位移值，已达到极限相对位移值的 80% 以上；或初期支护表面裂隙（观察）不再继续发展。

②围岩及初期支护变形过大或变形不收敛，又难以及时补强时，可提前施作二次衬砌，以改善施工阶段结构的受力状态，此时二次衬砌应予以加强。

(2) 测量工程师和隧道工程师共同进行中线、高程测量放样。

(3) 根据中线和标高铺设衬砌台车轨道，要求使用标准枕木和鱼尾板；轨距与台车轮距一致，左右轨面高差 $<10\text{mm}$ 。起动电动机使衬砌台车就位。涂刷脱模剂。

(4) 起动衬砌台车液压系统，根据测量资料使钢模定位，保证钢模衬砌台车中线与隧道中线一致，拱墙模板成型后固定，测量复核无误。

(5) 清理基底杂物、积水和浮碴；装设钢制或木制挡头模板，按设计要求装设橡胶止水带，并自检防水系统设置情况。

(6) 自检合格后报请监理工程师隐蔽检查，经监理工程师签证同意后灌注砼。

4.3.3 注意事项

(1) 衬砌不得侵入隧道建筑限界，衬砌施工放样时将设计的轮廓线扩大5cm。

(2) 混凝土灌注前及灌注过程中，应对模板、支架、钢筋骨架、预埋件等进行检查，发现问题应及时处理，并做好记录。

(3) 混凝土振捣时不应破坏防水层。

(4) 衬砌施工缝端头必须进行凿毛处理，用高压水冲洗干净。

(5) 按设计要求预留沟、槽、管、线及预埋件，并同时施作附属洞室砼衬砌。

(6) 砼衬砌灌注自下而上，先墙后拱，对称浇筑。在施工过程中，如发生停电应立即启动备用电源，确保砼浇筑作业连续进行。

(7) 混凝土振捣时，不得碰撞模板、钢筋和预埋件。

(8) 泵送砼结束时，应对管道进行清洗，但不得将洗管残浆灌入到已浇筑好的砼上。

(7) 钢筋混凝土二次衬砌地段，必须用与二次衬砌混凝土相同配合比的细石混凝土或砂浆制作垫块，确保钢筋保护层的厚度，主筋保护层尺寸不小于30mm、迎水面主筋保护层不小于50mm。

4.4 泵送混凝土施工工艺

4.4.1 原材料选择及其控制

(1) 水泥的使用及保管

① 水泥进场必须有出厂合格证，并经检验合格后方可使用。

② 水泥进库后要注意保管，防止受潮。。

③ 各种不同品种、标号的水泥应分别堆放，堆放时要考虑到先进先用的顺序，以免储存时期过长而失效。

④水泥出厂超过三个月有效期，或发现水泥有受潮结块现象时，均应经过鉴定后按情况使用。

(2)粗骨料

粗骨料粒径应控制在 $0.3 \sim 0.4D$ (D 为管径) 范围之内， $D=100\text{mm}$ 时最大粒径不能超过 25mm ； $D=125\text{mm}$ 时，最大粒径不能超过 30mm ； $D=150\text{mm}$ 时，最大粒径不能超过 40mm ，且应采用连续级配，针片状颗粒含量不宜大于 10% 。

(3)细骨料

细骨料宜采用中砂，通过 0.315mm 筛孔的砂不应少于 15% 。

(4)外加剂及掺合料的作用

①泵送剂：改善砼的和易性及抹光性，增加抗渗性，减少泌水，防止离析。

②粉煤灰：提高砼和易性，增加抗渗性，减少泌水及离析，防止砼开裂，可节约水泥，利于泵送。

4.4.2 配合比设计

(1)泵送混凝土配合比，除必须满足混凝土设计强度和耐久性的要求外，尚应使混凝土满足可泵性要求。混凝土的可泵性，可用压力泌水试验结合施工经验进行控制。一般 10s 的相对压力泌水率 S_{10} 不宜超过 50% 。

(2)泵送混凝土的水胶比宜为 $0.38 \sim 0.50$ 。水胶比过小，和易性差，流动阻力大，容易引发堵塞；水胶比过大，容易产生离析，影响泵送性能。

(3)泵送混凝土的砂率宜为 $38\% \sim 45\%$ 。砂率过大，砼流动性差，泵送性能差，砂率过小，容易影响砼粘聚性、保水性，容易脱水，造成堵塞。

(4)采用高效减水剂时，泵送混凝土的坍落度宜控制在 $150 \sim 180\text{mm}$ 范围之内。

(5)泵送混凝土的最小水泥用量（含掺合料）不宜小于 $300\text{kg}/\text{m}^3$ ，水泥用量过小，影响管壁润滑膜的形成及质量。

4.4.3 砼搅拌

(1)混凝土各种原材料的质量应符合配合比设计要求，并应根据原材料情况的变化及时调整配合比。一般情况下每班抽测 2 次，雨天应随时抽测。

严格按照经批准的施工配合比准确称量混凝土原材料，其最大允许偏差应符合下列规定（按重量计）：胶凝材料（水泥、矿物掺合料）为 $\pm 1\%$ ；外加剂 $\pm 1\%$ ，粗细骨料为 $\pm 2\%$ ，拌合用水为 $\pm 1\%$ 。

(2)混凝土原材料计量后，宜先向搅拌机投放细骨料、水泥和矿物掺和料，搅拌均匀后加水并将其搅拌成砂浆，再向搅拌机投入粗骨料，充分搅拌后再投入外加剂，并搅拌均匀。

(3)水泥、砂、石储备要满足砼不间断施工需要。

(4)泵送混凝土搅拌的最短时间，不应小于 3.0min。

(5)每种配合比的泵送混凝土全部拌制完毕后，应将混凝土搅拌装置清洗干净，并排尽积水。

4.4.4 砼运输

(1)砼在运输中应保持其匀质性，做到不分层、不离析、不漏浆。运到灌注点时，要满足坍落度的要求。

(2)混凝土宜在搅拌后 60min 内泵送完毕，且在 1/2 初凝时间内入泵，并在初凝前浇筑完毕。

(3)混凝土搅拌运输车装料前，必须将拌筒内积水倒净。当运至现场的混凝土发生离析现象时，应在浇筑前对混凝土进行二次搅拌，但不得再次加水。

(4)混凝土搅拌运输车在运输途中，拌筒应保持 2~4r/min 的慢速转动。当搅拌运输车到达浇筑现场时，应高速旋转 20~30s 后再将混凝土拌和物喂入泵车受料斗。

(5)混凝土搅拌运输车给混凝土泵喂料时，应符合下列要求：

①喂料前，中、高速旋转拌筒，使混凝土拌合均匀，若大石子夹着水泥浆先流出，说明发生沉淀，应立即停止出料，再顺转搅拌 2~3min，方可出料。

②喂料时，反转卸料应配合泵送均匀进行，且应使混凝土保持在集料斗内高度标志线以上。

③中断喂料作业时，应使拌筒低速搅拌混凝土。

(6)严禁将质量不符合泵送要求的混凝土入泵。

(7)混凝土搅拌运输车喂料完毕后，应及时清洗拌筒并排尽积水。

4.4.5 砼浇筑及捣固

砼自模板窗口灌入，应由下向上，对称分层，倾落自由高度不超过2.0m。在砼浇筑过程中，观察模板、支架、钢筋、预埋件和预留孔洞的情况，当发现有变形、移位时，应及时采取加固措施。施工中如发现泵送砼坍落度不足时，不得擅自加水，应当在技术人员的指导下用追加减水剂的方法解决。

混凝土浇筑应连续进行。当因故间歇时，其间歇时间应小于前层混凝土的初凝时间或能重塑的时间。当超过允许间歇时间时，按接缝处理，衬砌砼接缝处必须进行凿毛处理。纵、环向施工缝按照设计要求设置中埋式橡胶止水带。

混凝土浇筑分层厚度（指捣实后厚度）宜为振捣器作用部分长度的1.25倍，但最大摊铺厚度不宜大于600mm。在新浇筑完成的下层混凝土上再浇筑新混凝土时，应在下层混凝土初凝或能重塑前浇筑完成上层混凝土。

浇筑混凝土时，应填写混凝土施工记录。

采用插入式振动棒捣固，应符合下列规定：

(1)每一振点的捣固延续时间宜为20~30s，以混凝土不再沉落、不出现气泡、表面呈现浮浆为度，防止过振、漏振。

(2)采用插入式振动器振捣混凝土时，振捣器的移动间距不大于振捣器作用半径的1.5倍，且插入下层混凝土内的深度宜为50~100mm，与侧模应保持50~100mm的距离，并避免碰撞钢筋、模板、预埋件等。

当振捣完毕后，应竖向缓慢拔出，不得在浇筑仓内平拖。泵送下料口应及时移动，不得用插入式振动棒平拖驱赶下料口处堆积的拌和物将其推向远处。

(5)对于有预留洞、预埋件和钢筋太密的部位，应预先制订技术措施，确保顺利布料和振捣密实。在浇筑混凝土时，应经常观察，当发现混凝土有不密实等现象，应立即采取措施予以纠正。

4.4.6 拆模及养护

(1)二次衬砌拆模时间应符合下列规定：

①在初期支护变形稳定后施工的，二次衬砌混凝土强度应达到 8.0MPa 以上。

②初期支护未稳定，二次衬砌提前施作时混凝土强度应达到设计强度的 100%以上。

③特殊情况下，应根据试验及监控量测结果确定拆模时间。

(2) 混凝土浇筑完毕后的 12 小时以内开始对混凝土进行养护，混凝土养护的最低期限应符合表 4 的要求，且养护不得中断。混凝土养护期间，混凝土内部温度与表面温度之差、表面温度与环境温度之差不宜大于 20℃，养护用水温度与混凝土表面温度之差不得大于 15℃。浇水次数应能保持混凝土处于湿润状态。当环境气温低于 5℃时不应浇水。

表 4 混凝土养护的最低期限

混凝土类型	水胶比	洞内平均气温 _l (°C)	养护期限 (d)
胶凝材料中掺有矿物掺和料	≥0.45	5≤T<10	28
		10≤T<20	21
		T≥20	14
	<0.45	5≤T<10	21
		10≤T<20	14
		T≥20	10
胶凝材料中掺有矿物掺和料	≥0.45	5≤T<10	21
		10≤T<20	14
		T≥20	10
	<0.45	5≤T<10	14
		10≤T<20	10
		T≥20	7

4.4.7 泵送砼操作规程及其注意事项

(1)混凝土泵的操作人员必须经过专门培训合格后，方可上岗操作。

(2)混凝土泵与输送管连通后，应按所用混凝土泵使用说明书的规定进行

全面检查，符合要求后方可开机进行空运转。

(3)混凝土泵启动后，应先泵送适量水以湿润混凝土泵的料斗、活塞及输送管的内壁等直接与混凝土接触部位。

(4)经泵送水检查，确认混凝土泵和输送管中无异物后，应采用下列方法之一润滑混凝土泵和输送管内壁。

①泵送水泥浆；

②泵送与施工混凝土相同配合比但粗骨料减少 50%的混凝土通过管道。

(5)开始泵送时，混凝土泵应处于慢速、匀速并随时可反泵的状态。泵送速度应先慢后快，逐步加速。同时，应观察混凝土泵的压力和各系统的工作情况，待各系统运转顺利后，方可以正常速度进行泵送。

(6)泵送混凝土时，如输送管内吸入了空气，应立即反泵吸出混凝土至料斗中重新搅拌，排出空气后再泵送。

(7)泵送混凝土时，料斗内应保持足够的混凝土。

(8)当混凝土泵出现压力升高且不稳定、油温升高、输送管明显振动等现象而泵送困难时，不得强行泵送，并应立即查明原因，采取措施排除。可先用木槌敲击输送管弯管、锥形管等部位，并进行慢带泵送或反泵，防止堵塞。

(9)当输送管被堵塞时，应采取下列方法排除：

①重复进行反泵和正泵，逐步吸出混凝土至料斗中，重新搅拌后泵送。

②用木槌敲击等方法，查明堵塞部位，将混凝土击松后，重复进行反泵和正泵，排除堵塞。

③当上述两种方法无效时，应在混凝土卸压后，拆除堵塞部位的输送管，排出混凝土堵塞物后，方可接管。重新泵送前，应先排除管内空气后，方可拧紧接头。

(10)泵送混凝土有计划中断时，应预先确定中断浇筑的部位，且中断时间不宜超过 1h。

(11)管道清洗

①洗管前先进行反吸，以降低管内压力。

②洗管时，料管出口方向前方严禁站人。

③预先准备好排浆沟、管，不得将洗管残浆灌入已浇筑好的砼上。

(12)排除堵塞，重新泵送或清洗混凝土泵时，布料设备的出口应朝安全方向，以防堵塞物或废浆高速飞出伤人。

(13)管道安装原则

管线宜直、转弯宜缓，以减少压力损失；接头严密，防止漏水漏浆，避免下斜，防止泵孔空管，灌注点应先远后近，并符合下列要求：

①管道合理固定，不影响交通运输，不影响已绑扎好的钢筋，不影响模板振动。

②管道、弯头、配件存有备品，可随时更换。

(14)如遇混凝土泵运转不正常或混凝土供应脱节，可放慢泵送速度，或每隔 4~5min 使泵正、反转两个冲程，防止管路中混凝土阻塞。同时开动料斗中搅拌器，搅拌 3~4 转，防止混凝土离析。

(15)严禁向混凝土料斗内加水。

4.4.8 泵送砼的质量通病及防治措施

泵送砼的质量通病及防治措施见表 5。

4.4.9 二次衬砌质量检验

● 混凝土结构外形尺寸允许偏差和检验方法应符合表 6 的规定。

检验数量：施工单位每一浇筑段检查一个断面。

● 混凝土结构表面应密实平整、颜色均匀，不得有露筋、蜂窝、孔洞、疏松、麻面和缺棱掉角等缺陷。

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：观察。

表 5 泵送砼质量通病及防治措施

质量通病	原因分析	防治措施
蜂窝麻面	1. 模板漏浆; 2. 布料不均; 3. 高落差下料; 4. 气泡; 5. 局部积水和砼浆堆积。	1. 模板拼缝应严密。 2. 挡头板在浇筑砼前应浇水湿透, 钢模拼缝处贴胶带纸密缝。 3. 加强组织, 充分利用窗口, 均匀布料。 4. 死角区人工二次倒运, 严禁用振动棒摊平。
胀模	泵砼坍落度大, 速度快, 模板刚度不够, 支撑不牢, 突出鼓肚, 甚至变形爆开。	1. 应进行分层分部浇筑。 2. 输送管道严禁靠近支撑, 冲击倒坍。 3. 侧压力计算, 确保安全。
预留孔洞坍陷变形	1. 泵送砼坍落度大。 2. 掺粉煤灰等砼早期强度低。 3. 模板刚度不够, 变形。	1. 合理控制拆模时间。 2. 根据试验强度拆模。
裂缝	1. 泵送砼坍落度大, 水泥、水用量大, 容易产生收缩裂缝, 特别环向接头。 2. 砼温度裂缝。	1. 控制砼入模温度和水分蒸发速度。加强养护, 洒水。 2. 砼内部与外界温差控制在 20℃ 以内。
砼接触不良	1. 模板漏浆, 造成烂脖子。 2. 管道堵塞时间太长, 造成砼冷接头。 3. 未插连接筋。 4. 跑模错台。	1. 接合处模板加强支撑, 确保牢固。 2. 夹吹塑纸或海绵条。
砼质量波动	1. 现场配合比控制不好。 2. 表面未清理干净。 3. 泵送开始或结束时, 压力砂浆积存在砼中影响强度。	1. 加强砼各环节管理。 2. 坍落度波动小于 2cm。 3. 禁止随意加水。 4. 清除残存物。

表 6 二次衬砌结构外形尺寸允许偏差和检验方法

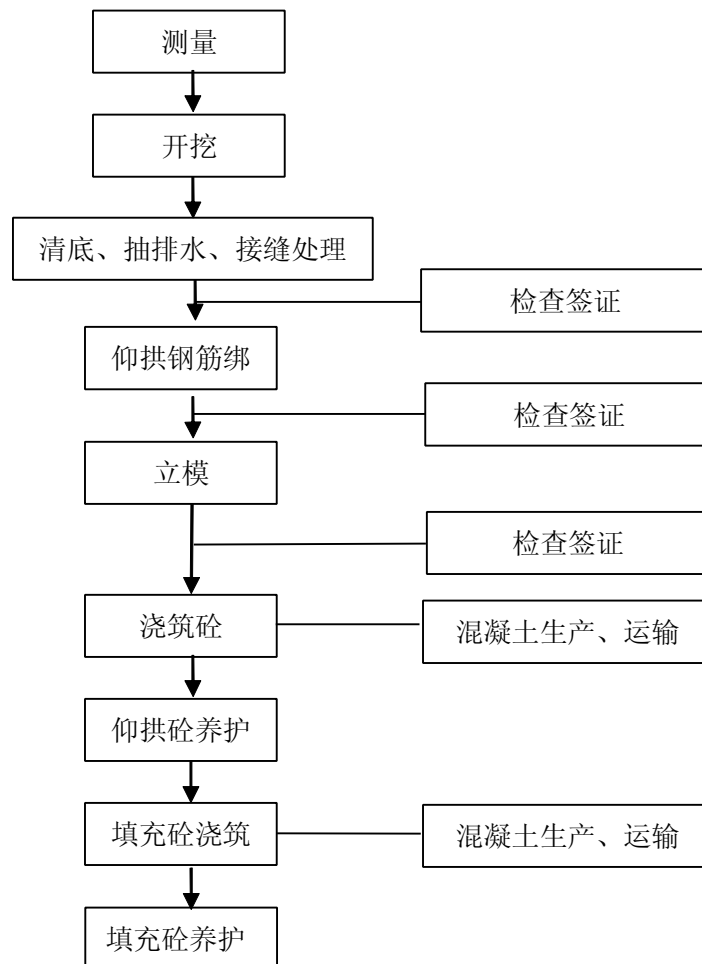
序号	项 目	允许偏差 (mm)	检验方法
1	边墙平面位置	±10	尺量
2	拱部高程	+30, 0	水准测量
3	边墙、拱部表面平整度	15	2m 靠尺检查或自动断面仪测量

4.5 仰拱、仰拱填充施工工艺

施工前于隧道边墙每隔 5 米施放测量控制点, 作为仰拱开挖及混凝土施工控制点。为不影响机械车辆通行, 仰拱、仰拱填充利用栈桥平台进行混

凝土施工。混凝土在洞外采用拌和站集中拌和，混凝土搅拌运输车运至洞内进行浇筑。施工工艺流程见图 2。

图 2 仰拱、仰拱填充施工工艺流程图



4.5.1 仰拱、仰拱填充施工注意事项

(1)仰拱应及时施作，与开挖面的距离不宜超过衬砌浇筑段长度的 3 倍。黄土隧道与开挖面的距离不得超过 30m，同时仰拱一次开挖长度不宜超过 6m。

(2)施工前必须清除隧底虚碴、淤泥和杂物，超挖部分应采用同级混凝土回填。

(3)仰拱砼应整体浇注一次成型，填充砼应在仰拱砼终凝后浇注，填充砼强度达到 5Mpa 后允许行人通过，达到设计强度的 100%后允许车辆通行。

(4)仰拱、仰拱填充施工前须将上循环混凝土仰拱接头凿毛处理，并按设

计要求设置止水带。

(5)根据设计要求，施工缝处钢筋应断开，并要注意与拱墙衬砌施工缝处于同一坚直面上。

4.5.2 仰拱、仰拱填充质量检验

● 仰拱顶面高程和曲率应符合设计要求，高程允许偏差为 $\pm 15\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位每一浇筑段检查一个断面。

检验方法：水准测量，自动断面仪测量。

● 混凝土结构表面应密实平整、颜色均匀，不得有露筋、蜂窝、孔洞、疏松、麻面和缺棱掉角等缺陷。

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：观察。

● 仰拱混凝土厚度和表面高程应符合设计要求。

检验数量：施工单位每一浇筑段检查一个断面；监理单位见证检查。

检验方法：水准测量，无损检测。

● 仰拱填充表面坡度应符合设计要求，坡面应平顺、排水畅通、不积水。

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：观察。

5 劳力、机械设备配置

劳力、机械设备的配置应结合工期要求、工点具体特点进行合理的配置。结合正常施工需要，1台衬砌台车施工时，主要设备配置如下：

混凝土运输车不少于2辆（实际施工中应按运距及搅拌机生产能力确定）、60型输送泵2台（1台备用）、备用发电机1台、混凝土拌合站一座、全液压整体钢模衬砌台车1台，装载机1台。

二次衬砌施工每工班钢筋作业人员不宜少于10人，模板安装、混凝土运输及浇筑作业人员不宜少于15人。

6 注意事项

二次衬砌施工前应仔细核对预埋件类型、数量以及安装里程和安装方

法，并对不同专业类型预埋件出现相互矛盾的现象及时请设计院澄清，确保预埋件不遗漏、安装质量符合设计要求，从而为后续工程施工创造良好条件。

隧道防排水施工作业指导书

1 目的

明确隧道防排水作业工艺流程、操作要点和相应的工艺标准，指导、规范隧道防排水作业施工，减少和杜绝隧道结构渗漏水的发生，满足隧道防排水设计和规范要求。

2 编制依据

- (1)《客运专线铁路隧道工程施工指南》(TZ214-2005)
- (2)《客运专线铁路隧道工程施工质量验收标准》铁建设[2005]160号
- (3)《新建铁路福厦线施工图设计文件》

3 适用范围

适用于新建铁路福厦线隧道二次衬砌防排水作业，包括防水板、纵环向排水盲管及止水带和止水条的安装作业等。

4 工艺流程及技术要求

4.1 防排水设计

隧道防排水采用“防、截、排、堵相结合，因地制宜，综合治理”的原则，达到防水可靠，经济合理，不留后患的目的。

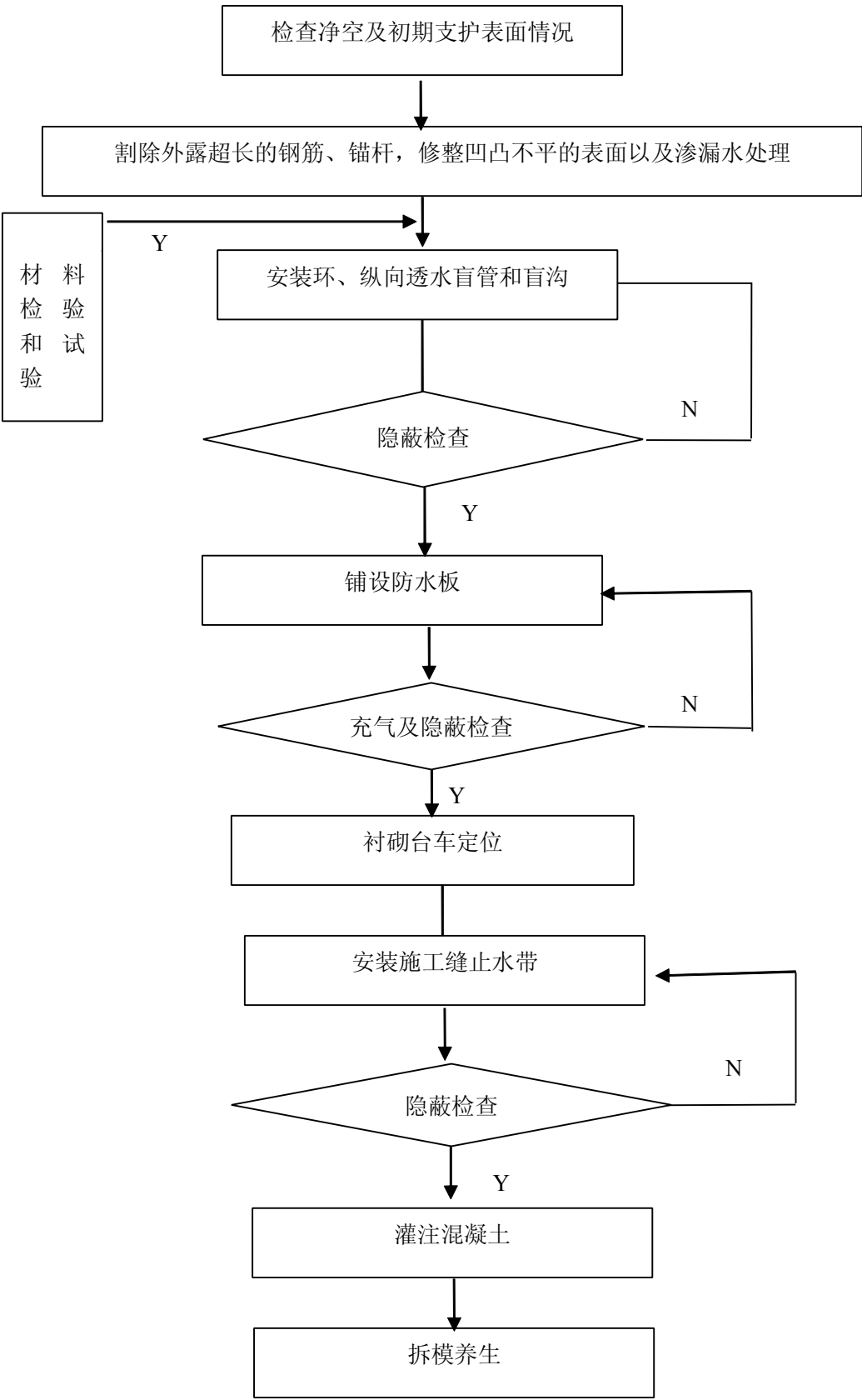
隧道防水等级必须达到国家标准《地下工程防水技术规范》(GB50108)规定的一级防水等级标准，衬砌结构不允许渗水，表面无湿渍。

隧道结构防水一般由喷射混凝土、全封闭柔性卷材防水层和二次衬砌结构自防水等组成。本线隧道二次衬砌混凝土采用防水混凝土，其抗渗等级不低于P8；拱墙设置PVC塑料防水板加土工布，明洞外贴PVC防水卷材；施工缝设置止水条或中埋式止水带，并涂刷混凝土界面剂；二次衬砌混凝土施工后，拱部进行充填注浆。

拱墙每8~10m设1环 $\phi 50\sim 80$ 环向透水盲沟，两侧边墙外侧泄水孔标高处设纵向贯通的直径 $\phi 80\sim 100$ “HDPE打孔波纹管”透水管盲沟各1道，该盲沟通过三通接头与环向盲沟及边墙泄水孔连通。

结构防排水施工工艺流程见图1。

图 1 隧道结构防排水施工工艺流程图



4.2 排水盲管施工

排水盲管施工工艺流程：

钻孔定位 → 安装锚栓 → 捆绑盲管 → 盲管纵向环向连接。

4.2.1 环向排水盲管施作方法

隧道拱墙设直径 50~80mm 软式透水管环向盲管，环向盲管每隔 8~10m 设置，并每隔 5~10m 在水沟外侧留泄水孔，并采用三通接盲管与纵向盲管相连。

4.2.2 纵向排水盲管施作方法

纵向排水盲管沿纵向布设于左、右墙角水沟底上方，为两条直径为 80~100mm 的软式透水管盲沟。

纵向排水盲管按设计规定划线，以使盲管位置准确合理，盲管安设的坡度与线路坡度一致。

排水管采用钻孔定位，定位孔间距在 30cm~50cm。将膨胀锚栓打入定位孔或将锚固剂将钢筋头预埋在定位孔中，固定钉安在盲管的两端。用无纺布包住盲管，用扎丝捆好，用卡子卡住盲管，然后固定在膨胀螺栓上。

采用三通与环向透水管、连接盲管相连。

4.2.3 边墙泄水管施作方法

模板架立后开始施作边墙泄水管，在模板对应于泄水管的位置开于泄水管直径相同的孔。泄水管一端安在模板的预留孔上，另一端安在纵向排水管上，泄水管与纵向排水管用三通连接时必须有固定措施。

4.2.4 排水盲管施工控制要点

①纵向贯通排水盲沟安装应按设计规定划线，以使盲管位置准确合理，划线时注意盲管尽可能走基面的低凹处和有出水点的地方。

②盲管与支护的间距不得大于 5cm，盲管与支护脱开的最大长度不得大于 110cm。

③集中出水点沿水源方向钻孔，然后将单根集中引水盲管插入其中，并用速凝砂浆将周围封堵，以使地下水从管中集中引出。

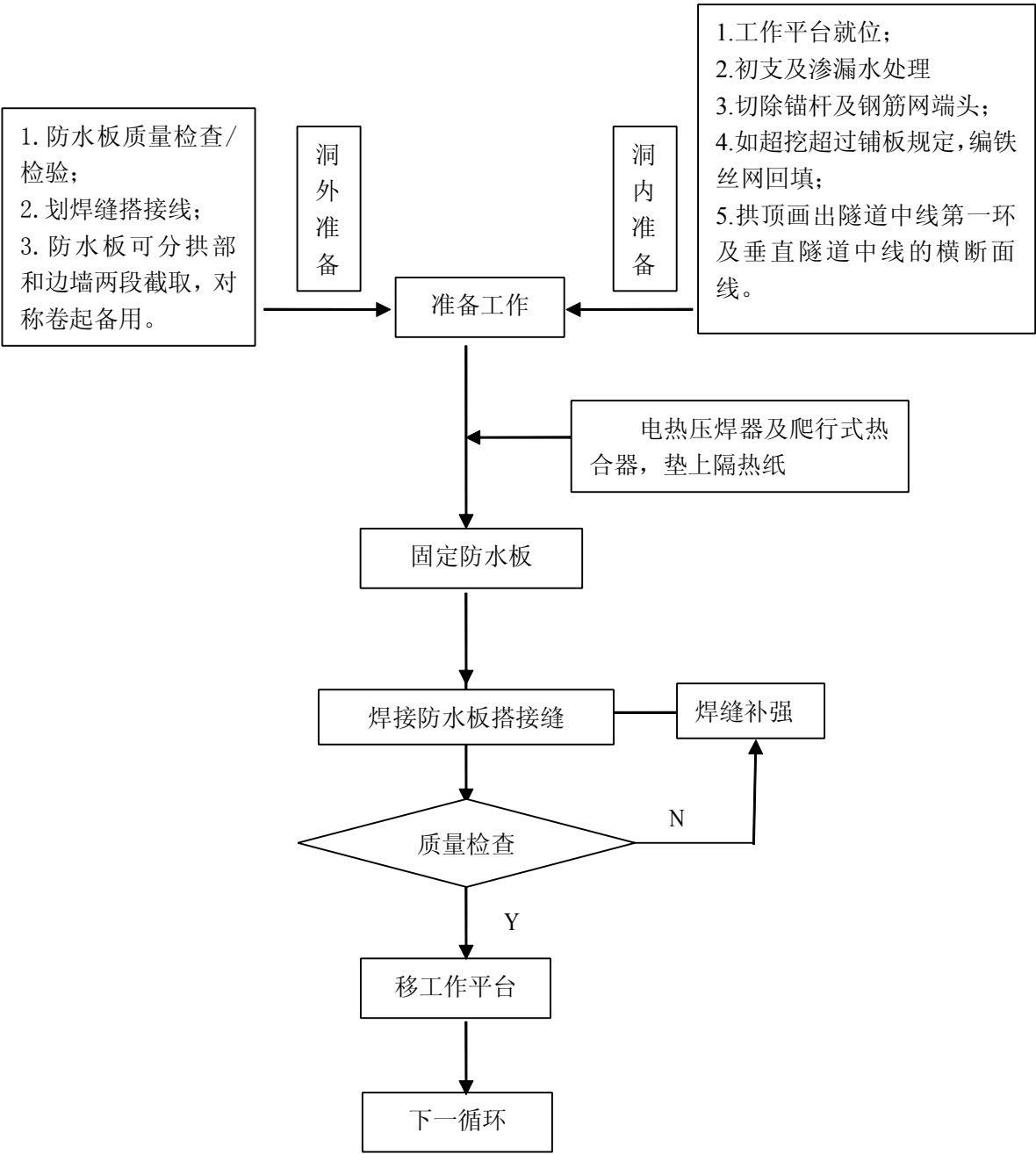
④盲管上接头用无纺布的渗水材料包裹，防止混凝土或杂物进入堵塞

管道。

4.3 防水板施工

防水板施工采用无钉铺设工艺，其施工工艺流程见图 2。

图 2 隧道防水板施工工艺流程图



4.3.1 施工准备

(1)洞外准备：检验防水板质量，用铅笔划焊接线及拱顶分中线，按每循环设计长度截取，对称卷起备用。

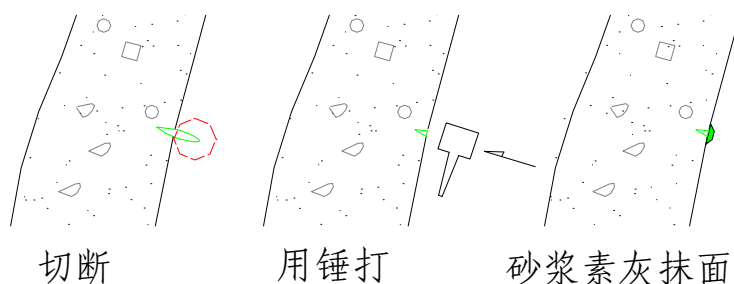
(2)洞内准备：铺设台架行走轨道；施工时采用两个作业台架，一个用于基面处理，一个用于挂防水板，基面处理超前防水板两个循环。

(3)断面量测：测量断面，对隧道净空进行量测检查，对个别欠挖部位进行处理，以满足净空要求；同时准确测放拱顶分中线。

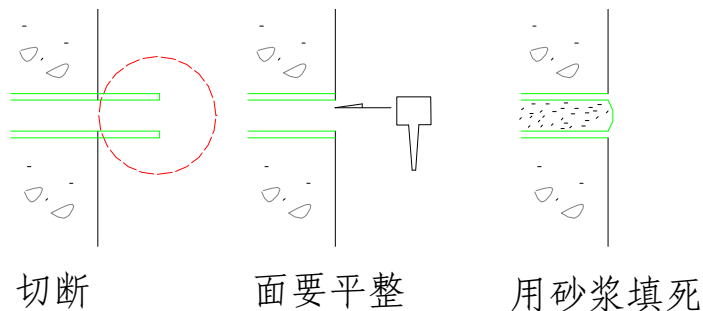
(4)基面处理：

①局部漏水采用注浆堵水或埋设排水管直接排水到边。

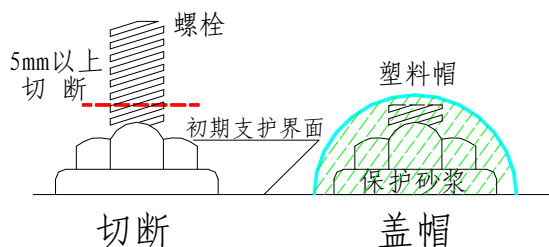
②钢筋网等凸出部分，先切断后用锤铆平抹砂浆素灰（如下图）。



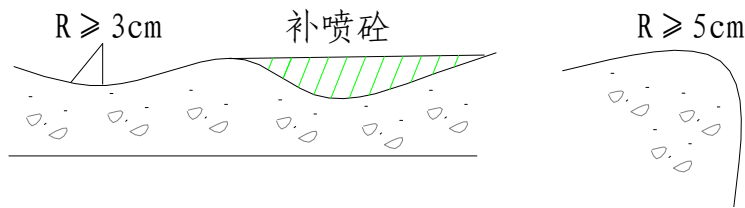
有凸出的管道时，用砂浆抹平（如下图）。



锚杆有凸出部位时，螺头顶预留 5mm 切断后，用塑料帽处理（如下图）。



③初期支护应无空鼓、裂缝、松酥，表面应平顺，凹凸量不得超过 $\pm 5\text{cm}$ （如下图）。



4.3.2 铺设防水板

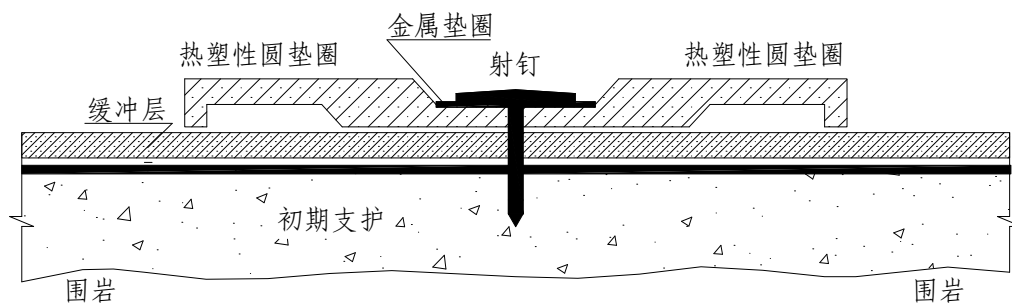
防水板超前二次衬砌 10~20m 施工，用自动爬行热焊机进行焊接，铺设采用专用台车进行。

(1)铺设前进行精确放样，弹出标准线进行试铺后确定防水板一环的尺寸，尽量减少接头。

(2)复合式防水板铺设采用洞外大幅预制，洞内整卷起吊，无钉铺设工艺。从拱顶向两侧铺设，防水板铺设要有一定松弛量。在喷砼表面采用 ZIC-16 电锤 $\Phi 8$ 钻头钻眼，塑料膨胀螺栓固定，锚固点边墙环向间距 90cm，纵向 100cm；拱部环向间距 60cm，纵向 100cm。沿隧道纵向在锚固点上绑扎铁丝，防水板用背带与铁丝绑紧。

(3)分离式防水板铺设采用从下向上的顺序铺设，松紧应适度并留有余量（实铺长度与弧长的比值为 10:8），检查时要保证防水板全部面积均能抵到围岩。

(4)分离式防水板铺挂前，用带热塑性圆垫圈 of 射钉将缓冲层平整顺直地固定在基层上（见下图），缓冲层搭接宽度 50mm，可用热风焊枪点焊，每幅防水板布置适当排数垫圈，每排垫圈距防水板边缘 40cm 左右，垫圈间距：侧壁 80cm，2~3 个垫圈/ m^2 ，顶部 40cm，3~4 个垫圈/ m^2 。



暗钉圈固定缓冲层示意

(5)两幅防水板的搭接宽度不应小于 100mm。

(6)环向铺设时，下部防水板应压住上部防水板。

(7)防水板之间的搭接缝应采用双焊缝、调温、调速热楔式功能的自动爬行式热合机热熔焊接，细部处理或修补采用手持焊枪，单条焊缝的有效焊接宽度不应小于 10mm，焊接严密，不得焊焦焊穿。

(8)防水板纵向搭接与环向搭接处，除按正常施工外，应再覆盖一层同类材料的防水板材，用热焊焊接。

(9)三层以上塑料防水板的搭接形式必须是“T”型接头。

(10)分段铺设的卷材的边缘部位预留至少 60cm 的搭接余量并且对预留部分边缘部位进行有效的保护。

(11)绑扎或焊接钢筋时，采取措施应避免对卷材造成破坏。

(12)混凝土振捣时，振捣棒不得接触防水板，以防防水板受到损伤。

(13)防水板的搭接缝焊接质量检查应按充气法检查，将 5 号注射针与压力表相接，用打气筒进行充气，当压力表达达到 0.25MPa 时停止充气，保持 15min，压力下降在 10%以内，说明焊缝合格；如压力下降过快，说明有未焊好处。用肥皂水涂在焊缝上，有气泡的地方重新补焊，直到不漏气为止。

(14)施工要点控制

①防水板表面平顺，无褶皱、无气泡、无破损等现象。

②当基面轮廓凸凹不平时，要预留足够的松散系数，使其留有余地，并在断面变化处增加悬挂点，保证缓冲面与混凝土表面密贴。

③防水板搭接用热焊器进行焊接，接缝为双焊缝，焊接温度应控制在 200~270℃ 为宜，并保持适当的温度即控制在 0.1~0.15m/min 范围内。太快焊缝不牢固，太慢焊缝易焊穿、烤焦。

④焊缝若有漏焊、假焊应予补焊；若有烤焦、焊穿处以及外露的固定点，必须用塑料片焊接覆盖。

⑤焊接钢筋时在其周围用石棉水泥板进行遮挡，以免溅出火花烧坏防水层；灌注二衬砼时输送泵管不得直接对着防水板，避免混凝土冲击防水板引起防水板被带滑脱，防水板下滑。

⑥所有防水材料必须采用合格厂家生产的定型产品，所有产品必须有

出厂合格证和质量检验证明。

⑦详细记录各种防水材料的安放部位，做到可追溯性。

⑧防水材料在使用前应做好相应的试验、检验工作，委托有相应资质的机构对防水材料进行检测。

⑨施工过程中发现的问题及时与生产厂家或供应商联系，以求尽快解决，不合格的材料坚决不用于本工程。

4.4 止水带及止水条施工

二次衬砌的变形缝、施工缝是隧道施工的薄弱环节，也是隧道工程防水的重点，在施工中要高度重视。

4.4.1 止水带施工

止水带施工工艺流程：

挡头模板钻钢筋孔→穿钢筋卡→放置止水带→下一环节止水带定位→灌注混凝土→拆挡头板→下一环止水带定位

施作方法：沿衬砌轴线每隔不大于 0.5m 钻一 $\Phi 12$ 的钢筋孔。将制成的钢筋卡，由待灌混凝土侧向另一侧穿过挡头模板，内侧卡进止水带一半，另一半止水带平靠在挡头板上。待混凝土凝固后拆除挡头板，将止水带拉直，然后弯钢筋卡紧止水带。

施工控制要点：

①检查待处理的施工缝附近 1m 范围内围岩表面不得有明显的渗漏水，如有则采取必要的挡堵(防水板隔离)和引排措施。

②按断面环向长度截取止水带，使每个施工缝用一整条止水带，尽量不采取搭接，除材料长度原因外只允许有左右两侧边基上部两个接头，接头搭接长度不小于 30cm，且要将搭接位置设置在大跨以下或起拱线以下边墙位置。

③止水带对称安装，伸入模内和外露部分宽度必须相等，沿环向每 0.5m 设二根 $\Phi 6$ mm 短钢筋夹住，以保证止水带在整个施工过程中位置的正确。止水带处砼表面质量应达到宽度均匀、缝身竖直，环向贯通，填塞密实，外表光洁。

④浇注混凝土时，注意在止水带附近振捣密实，但不得碰止水带，防止

止水带走位。止水带施工中泡沫塑料对止水带进行定位，避免其在混凝土浇筑中发生移位。

4.4.2 止水条施工

止水条施工工艺流程：

制作专用端头模板→浇筑先浇衬砌段时形成预留槽 → 浇筑下一段衬砌混凝土前安装止水条。

施作方法：水平施工缝先浇筑混凝土在初凝后、终凝前根据止水条的规格在混凝土端面中间压磨出一条平直、光滑槽。环向或竖向施工缝采用在端头模板中间固定木条或金属构件等，混凝土浇筑后形成凹槽。槽的深度为止水条厚度的一半，宽度为止水条宽度。清洗后，在灌注下循环混凝土之前，将止水条粘贴在槽中。

施工控制要点：

①二衬混凝土初凝后，拆除端头模板，将凹槽压平、抹光，凹槽的宽度略大于止水条的宽度。

②止水条安放前，先已浇筑混凝土端部充分凿毛、清洗干净。

③止水条在衬砌台车移动前 4h 左右安装，安装前最好先在凹槽内涂抹一层氯丁胶粘剂，止水条顺凹槽拉紧嵌入，确保止水条与槽底密贴，并用水泥钉固定牢固，同时在端部混凝土面上涂抹一层界面剂。

④止水条若有搭接，则可将止水条切成对口三角形，用氯丁胶水粘结。接口处不得有空隙。

⑤在二衬混凝土浇筑前，先在水平施工缝基面铺设 25~30mm 与浇筑混凝土同标号的水泥砂浆，经均匀、充分振捣后使基面与新浇筑混凝土有 25~30mm 水泥砂浆，新老混凝土结合牢固。

5 劳动组织

防水板施工一般需要 4~6 个人一组，施工人员经培训合格后上岗，并保持相对稳定，可根据施工现场情况及时调整：止水条、止水带以及排水盲管作业根据现场情况具体组织。

6 机具设备

见机具设备配备表。

机具设备配置表

序号	机具	规格型号	数量	用途	备注
1	简易吊装设备	自制	1	吊装防水板	
2	射钉枪或铁锤	可调节火力	4	打入钢钉	
3	简易台架	自制	2	基面处理 铺设防水板	
4	自动爬行热盒器		3	焊接防水板	
5	热风枪		4	焊接防水板	
6	冲击电钻		4	钻定孔位	

7 质量要求

7.1 质量验收参照规范

- (1)《铁路隧道设计规范》(TB10003-2005)
- (2)《客运专线铁路隧道工程施工技术指南》(TZ214-2005)
- (3)《客运专线铁路隧道工程施工质量验收暂行标准》(铁建设[2005]160号)

7.2 防水工程的质量要求

- (1)衬砌不渗水，结构表面无湿渍；
- (2)混凝土抗压强度和抗渗压力符合设计要求；
- (3)防水层连接紧密，无渗水现象，立面拐角的防水毯无空鼓和皱褶；
- (4)材料甩头预留长度不小于规定长度，其收边和保护达到了设计要求；
- (5)防水层的破损处已按要求修补达标；
- (6)防水层与其它防水材料的连接符合设计要求；

7.3 分项验收标准

7.3.1 防水板防水

- ① 主控项目
- ② 防水板、土工复合材料的材质、性能、规格必须符合设计要求。检验数量：按进场批次检验

检验方法：检查产品合格证

- 防水板必须按设计要求进行焊接，焊接应牢固，不得有漏焊。检查数量：检查焊缝数量的 5%，并不得小于 3 条焊缝。

检查方法：采用双焊缝间充气检查。

- 防水板铺设范围及铺挂方式应符合要求。铺设时防水板应留有一定的余量，挂吊点设置的数量应合理。

检查数量：全部检验。

检查方法：查隐蔽工程验收记录、观察。

②一般项目：

- 铺挂防水板的基面应坚实、平整、圆顺，无翻水现象；阴阳角处应作成圆弧形。

检查数量：全部检查。

检查方法：查隐蔽工程验收记录、观察。

- 防水板焊缝无漏焊、假焊、焊焦、焊穿等现象。

检查数量：全部检查。

检查方法：查隐蔽工程验收记录、观察。

- 防水板的铺设应与基层固定牢固，不得有绷紧和破损现象。

检查数量：全部检查。

检查方法：查隐蔽工程验收记录、观察。

- 防水板的搭接宽度不应小于 10cm，允许偏差为-10mm，寒风宽度单条焊缝的有效焊接宽度不小于 1cm。

检查数量：检查焊缝数量的 5%，并不得小于 3 条焊缝。

检查方法：观察和尺量检查。

7.3.2 施工缝、变形缝防水

① 主控项目：

- 施工缝、变形缝所用止水条、止水条等材料的品种、规格、性能等应符合设计要求
- 检查数量：品种、规格全部检查，性能按批取样试验检测。

- 检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告并进行有关性能试验。
- 施工缝防水施工应符合下列规定：

a. 后浇筑混凝土应在先浇筑的混凝土终凝后方可进行。浇筑前应对原有混凝土表面进行清洗，清除浮浆保持湿润并铺厚度为 30~50mm 的 1:1 水泥砂浆。

b. 遇水膨胀止水条安装前应检查是否受潮膨胀。

c. 止水条确保位置准确、固定牢靠。

检查数量：全部检查。检查方法：观察。

- 变形缝的防水施工应符合下列规定：

a. 止水带接头连接符合设计要求，接缝平整、牢固，不得有裂口和脱胶现象。

b. 中埋式止水带应和变形缝中心线重合，止水带不得穿孔。

c. 混凝土浇筑前应校正止水带位置，保持其位置准确、平直。

检查数量：全部检查。检查方法：观察。

● 施工缝、变形缝等细部构造做法应符合设计要求，表面不得有渗漏。

检查数量：全部检查。检查方法：观察和尺量。

②一般项目：

● 施工缝、变形缝填塞前，缝内应清扫干净，保持干燥不得有杂物和积水

检查数量：全部检查。检查方法：观察。

● 施工缝、变形缝的外观应达到缝宽均匀、缝身竖直、环向贯通、填塞密实、外表光洁。

检查数量：全部检查。检查方法：观察。

7.3.3 盲管

①主控项目：

- 盲管材料质量符合设计要求。

检验数量：按进场批次检验。

检查方法：进行试验。

- 反滤层的砂、石粒径和含泥量应符合设计要求。

检验数量：按进场批次检验。

检查方法：进行试验。

- 盲管的布置符合设计要求。

● 衬砌背后设置的排水盲管、隧道设置的中心排水沟应根据坑道的渗水情况，配合衬砌一次施工，施工中应防止混凝土或压浆浸入盲管或暗沟内堵塞水路。

检查数量：全部检查。

检查方法：观察。

- 盲管（沟）的综合排水效果应符合设计要求。

检查数量：全检

检查方法：观察

② 一般项目：

- 盲管的构造符合设计要求。

检查数量：全检

检查方法：观察

- 盲管的坡度应符合设计要求。

检查数量：全检

检查方法：观察

8 施工注意事项

(1)防水作业人员必须经过培训上岗，技术人员应加强现场指导，严把质量关。

(2)对设计采用的注浆防水等措施，严格按照设计和有关技术规定执行。

(3)施工缝垂直设置，不留斜缝，确保止水条形成全封闭的防水圈。

(4)防水砼拌和前，应加强对原材料的检验，合格的材料方能用于施工。在浇注过程中应加强振捣，确保砼的密实性。

(5)洞口段施工时，应注意隧道中心水沟和边墙侧沟与洞外排水设施的顺

接，确保排水畅通。

围岩监控量测施工作业指导书

1 目的

现场监控量测是隧道施工管理的重要组成部分，它不仅能指导施工，预报险情，确保安全，而且通过现场监测获得围岩动态的信息（数据），为修正和确定初期支护参数，混凝土衬砌支护时间提供信息依据，为完善隧道工程设计与指导施工提供可靠的足够的数据。

2 编制依据

- (1)《客运专线铁路隧道工程施工指南》(TZ214-2005)
- (2)《新建铁路福厦线施工图设计文件》

3 适用范围

适用于新建铁路福厦线双线隧道围岩监控量测。

4 量测项目

隧道监控量测的项目应根据工程特点、规模大小和设计要求综合选定。量测项目可分为必测项目和选测项目两大类。选测项目应根据工程规模、地质条件、隧道埋深、开挖方法及其他要求，有选择地进行。监控量测工作必须紧跟开挖、支护作业。按设计要求布设测点，并根据具体情况及时调整或增加量测的内容。

根据本线隧道的特点，必测项目包括：(1)洞内、外观察；(2)二次衬砌前净空变化；(3)拱顶下沉；(4)地表下沉（浅埋隧道必测， $H_0 \leq 2b$ 时）；(5)二次衬砌后净空变化；(6)沉降缝两侧底板不均匀沉降；(7)洞口段与路基过渡段不均匀沉降观测。选测项目应包括：(1)地表下沉（ $H_0 \geq 2b$ 时）；(2)隧底隆起。

5 量测方法和要求

根据设计文件、结合客运专线施工指南，制定本线隧道围岩量测方案。

拱顶下沉、收敛量测起始读数宜在 3~6h 内完成，其他量测应在每次开挖后 12h 内取得起始读数，最迟不得大于 24h，且在下一循环开挖前必须完成。测点应牢固可靠、易于识别，并注意保护，严禁爆破损坏。

基底处理完毕经检测符合各项指标后，在仰拱回填顶面横断面上设 3

个测点，纵向每 10m 设一排，采用精密水准仪进行沉降观测。观测周期及观测时间根据现场实际情况确定。观测计划及观测方案应征得监理批准，观测结果异常时应立即报设计单位拿出处理意见，情况紧急时，应果断采取措施，确保施工安全。

隧道浅埋地段地表下沉的量测宜与洞内净空变化和拱顶下沉量测在同一横断面内。当地表有建筑物时，应在建筑物周围增设地表下沉观测点。

测试中按各项量测操作规程安装好仪器仪表，每测点一般测读三次，取算术平均值作为观测值；每次测试都要认真做好原始数据记录，并记录开挖里程、支护施工情况以及环境温度等，保持原始记录的准确性。

各项量测作业均应持续到变形基本稳定后 2~3 周后结束。对于膨胀性和挤压性围岩，位移长期没有减缓趋势时，应适当延长量测时间。

具体方法和要求见表 1。

6 测点布置

洞顶地表下沉量测断面布置见图 1。

洞内周边收敛量测布置见图 2。

拱部下沉、底部上拱、填充面下沉量测布置见图 3。根据开挖方法不同，拱顶下沉和底部上鼓点应采用不同的布置方式，图 3 中 1、2 点的布置为采用 CD、CRD 法施工时左侧导坑开挖后的测点布置方式，3、4 点为右侧分部开挖后的测点布置方式，中部点代表中隔壁拆除后的布点方式。采用其它开挖方法时，测点应根据施工情况进行合理布置，并能反映围岩、支护稳定状态，以指导施工。

净空变化，拱顶下沉和地表下沉（浅埋地段）等监控必测项目，应设置在同一断面。

表 1 量测项目及 requirements

项目名称	方法、要求及工具	观测点布置	测试时间			
			1~15 天	15 天~1 个月	1~3 个月	3 个月以上
应测项目	地质及支护状态观察	岩性、结构面产状及支护裂缝观察和描述、地质罗盘。	全长度开挖及初期支护进行中。			
	洞内周边水平收敛位移量测	采用隧道周边位移计（或全站仪非接触观测法）量测。开挖后按图安设收敛杆件并进行编号，收敛杆件埋入土体深度不小于 40cm。	隧道周边共设三条监测基线，沿纵向每 10~30 米设一组，如图所示，测点布置位置尽可能与地面观测点相一致。			
	拱顶下沉及底部上鼓、仰拱填充面高程量测	各测点设固定桩，其设置应在开挖或第一次喷射混凝土完成后迅速完成，采用水平仪、水准尺抄平测量。尽可能和地面相应位置点同时进行。填充面固定桩在填充混凝土完成后设置。	拱顶和隧底各设一测点，沿纵向每 10~30 米设一组，如图所示，测点布置位置尽可能与地面观测点相一致。填充面每 30 米设一组。			
			1~2 次/天	1 次/2 天	1~2 次/周	1~3 次/月

表 1 量测项目及要求表

续前表

项目名称	方法、要求及工具	观测点布置	测试时间			
			1~15 天	15 天~1 个月	1~3 个月	3 个月以上
洞口及浅埋段、下穿高速公路段、洞顶地表沉降量测	采用精密水准仪，混凝土桩及水准基点要求按“铁路测量技术规则”办理，桩底应埋设于冻结线以下 30~50cm。沉降抄平应按以下几个阶段进行：(1)进洞前应将所有纵、横断面方向桩全部抄平一次。(2)开挖至量测断面 20m、10m、5m 时、(3)开挖至量测断面时、(4)开挖超过量测断面 5m、10m、20m 时、(5)至衬砌前每天测量一次。当出现沉降值突然变大时，应酌情增加量测次数，进行监视。(6)衬砌后，应根据沉降情况继续量测一段时间。	纵向沿隧道中线每 10~20 米左右设一个混凝土桩，横向按图所示布点安设混凝土桩。横断面位置依据衬砌类型并结合实际地形选择在横向地形成变化较小和不受仰坡开挖影响的部位。并在洞顶山体变形范围以外设两个水准点，供洞顶测点抄平使用。	1 次/天			
沉降缝两侧底板不均匀沉降，洞口段与路基过渡段不均匀沉降观测。	三等水准测量	洞内沉降缝每侧布设四个以上观测点，洞口布点视过渡段的情况而定，根据沉降曲线确定道床施作时间。	1 次/15 天			
应测项目						

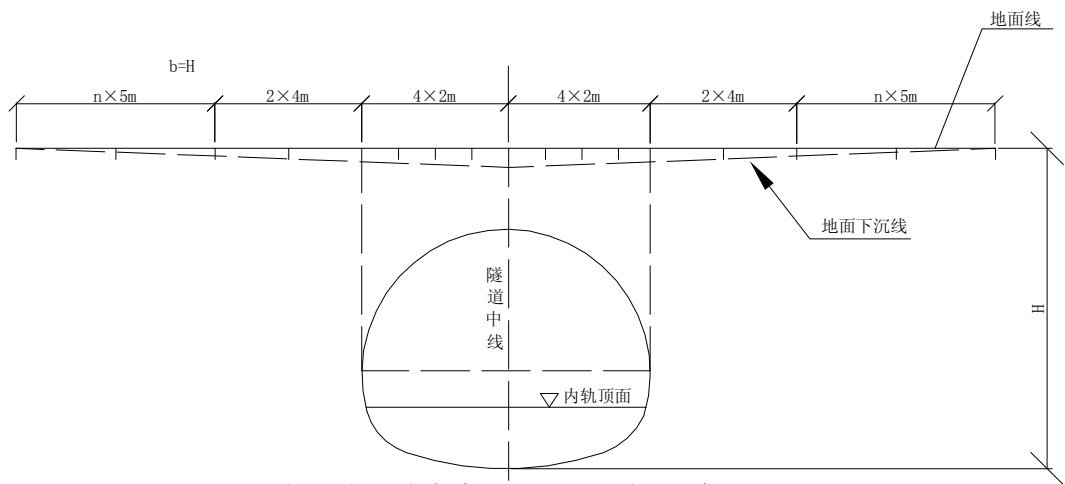


图1 洞顶地表下沉量测断面布置图

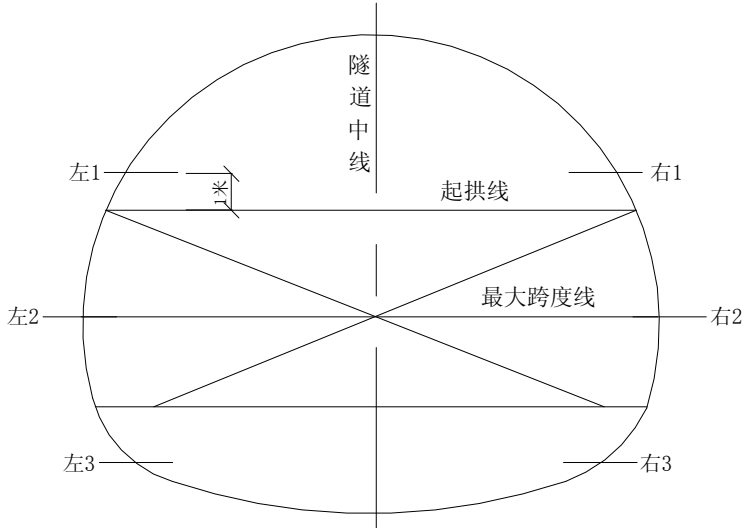


图2-1 洞内周边收敛量测布置图

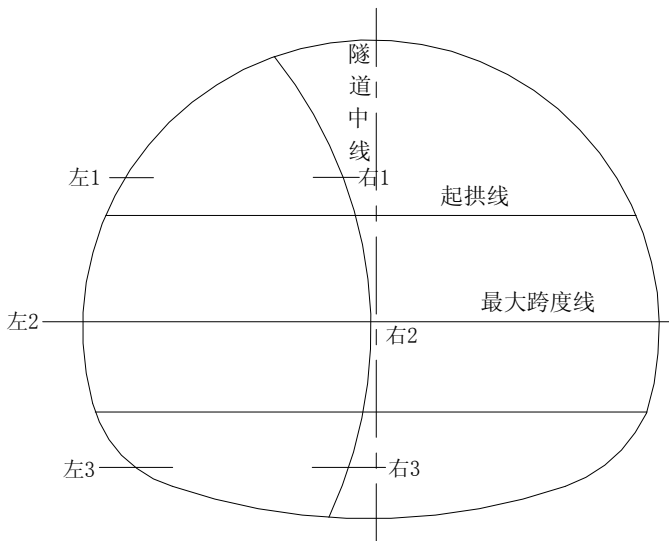


图2-2 CD、CRD法开挖洞内周边收敛量测布置图

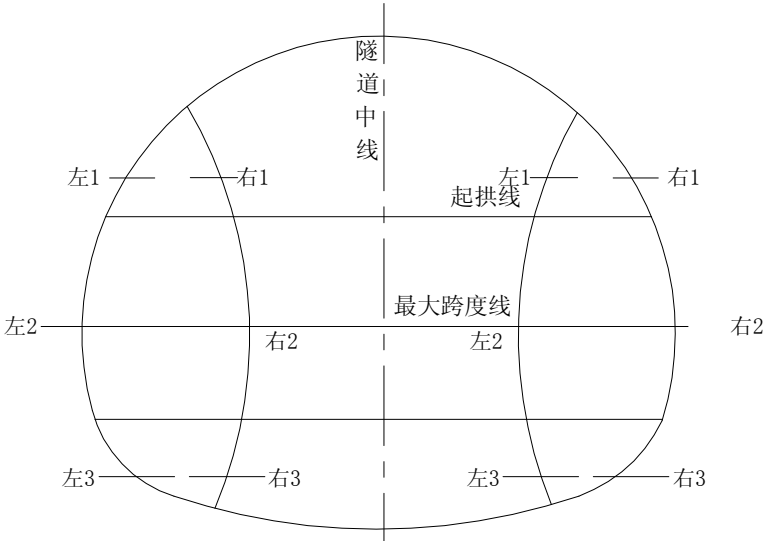


图2-3 双侧壁导坑开挖洞内周边收敛量测布置图

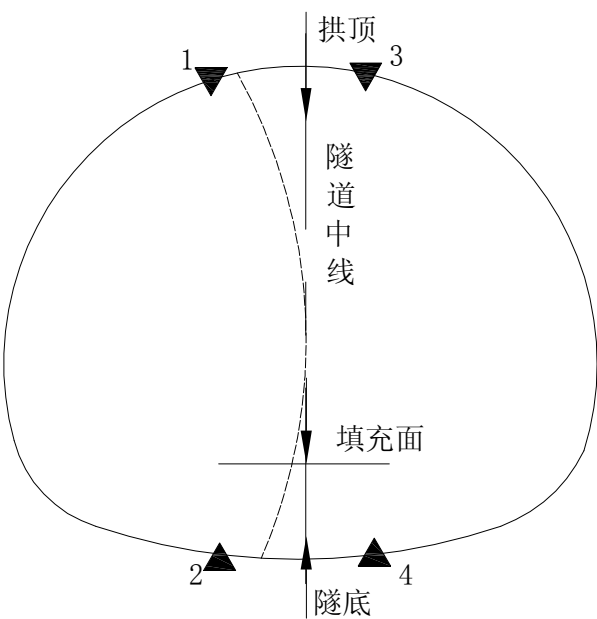


图3 拱部下沉、底部上鼓、填充面下沉量测布置图

7 监测资料整理、数据分析及反馈

现场量测所取得的原始数据，不可避免的会具有一定的离散性，其中包含着测量误差。因此，应对所测数据进行一定的数学处理。数学处理的目的是：将同一量测断面的各种量测数据进行分析对比、相互印证，以确定量测数据的可靠性；探求围岩变形或支护系统的受力随时间变化的规律，判定围岩和初期支护系统稳定状态。

在取得监测数据后，及时由专业监测人员整理分析监测数据。结合围岩、支护受力及变形情况，进行分析判断，将实测值与允许值进行比较，及时绘制各种变形或应力~时间关系曲线，预测变形发展趋向及围岩和隧道结构的安全状况，并将结果反馈给设计、监理，从而实现动态设计、动态施工。

目前，回归分析是量测数据数学处理的主要方法，通过对量测数据回归分析预测最终位移值和各阶段的位移速率。具体方法如下：

(1) 将量测记录及时输入计算机系统，根据记录绘制纵横断面地表下沉曲线和洞内各测点的位移 u -时间 t 的关系曲线，见图 4。

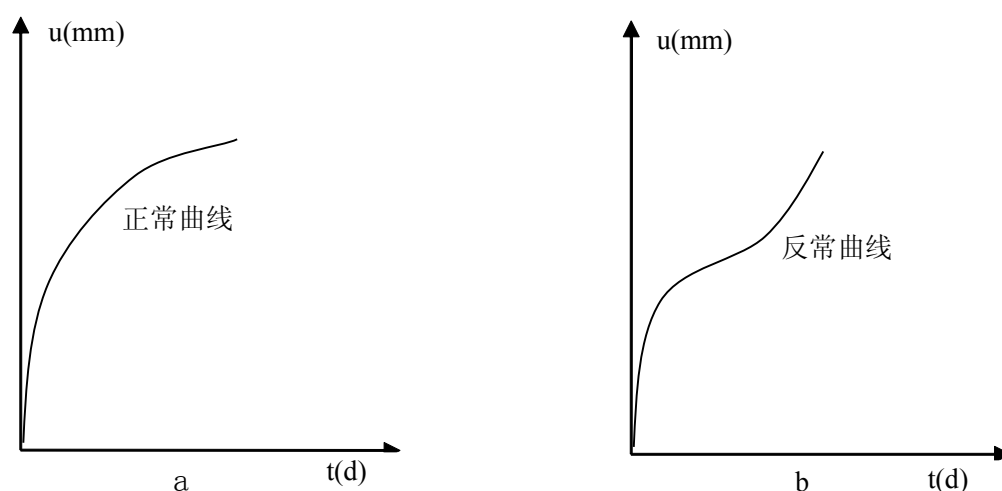


图 4 位移 u -时间 t 的关系曲线图

(2) 若位移-时间关系曲线如上图中 b 所示出现反常，表明围岩和支护已呈不稳定状态，加强支护，必要时暂停开挖并进行施工处理。

(3) 当位移-时间关系曲线如上图中 a 所示趋于平缓时，进行数据处理或回归分析，从而推算最终位移值和掌握位移变化规律。

(4) 各测试项目的位移速率明显收敛，围岩基本稳定后，进行二次衬砌的施作。

8 监控量测管理

围岩稳定性的综合判别，应根据量测结果按以下方法进行。

(1) 按变形管理等级指导施工，见表 2。

表 2 变形管理等级

管理等级	管理位移	施工状态
III	$U < U_0/3$	可正常施工
II	$U_0/3 \leq U \leq 2U_0/3$	应加强支护
I	$U > 2U_0/3$	停工，采取特殊措施后方可施工
注：U 为实测位移值； U_0 为最大允许位移值。		

(2) 根据位移变化速度判别

净空变化速度持续大于 5.0mm/d 时，围岩处于急剧变形状态，应加强初期支护。

水平收敛（拱脚附近）速度小于 0.2mm/d，拱顶下沉速度小于 0.15mm/d，围岩基本达到稳定。

在浅埋地段以及膨胀性和挤压性围岩等情况下，应采用监控量测分析判别。

(3) 根据位移时态曲线的形态来判别

当围岩位移速率不断下降时（ $du^2/d^2t < 0$ ），围岩趋于稳定状态；

当围岩位移速率保持不变时（ $du^2/d^2t = 0$ ），围岩不稳定，应加强支护；

当围岩位移速率不断上升时（ $du^2/d^2t > 0$ ），围岩进入危险状态，必须立即停止掘进，加强支护。

围岩稳定性判别是一项很复杂的也是非常重要的工作，必须结合具体工程情况采用上述几种判别准则进行综合评判。

9 监控量测质量保证措施

(1) 将监测管理及监测实施计划纳入施工生产计划中，作为一个重要的

施工工序来抓，并保证监测有确定的时间和空间。各施工单位应由工程技术管理中心组成专门监测小组，具体负责各项监测工作。

(2)制定切实可行的监测实施方案和相应的测点埋设保护措施，并将其纳入工程的施工进度控制计划。

(3)施工监测紧密结合施工步骤，监控每一施工步骤对周围环境、围岩、支护结构、变形的影响，据此优化施工方案。

(4)积极配合监理、设计单位做好对监测工作的检查、监督和指导，及时向监理、设计单位报告情况和问题，并提供有关切实可靠的数据记录，工程完成后，根据监测资料整理出标段的监测分析总报告纳入竣工资料中。

(5)量测项目人员要相对固定，保证数据资料的连续性。量测仪器专人使用、专业机构保养、专业机构检校。量测设备、元器件等在使用前均经过检校，合格后方可使用。

(6)测试完毕后检查仪器、仪表，做好养护、保管工作，及时进行资料整理及信息反馈。

斜井进正洞挑顶施工作业指导书

1 目的

结合客运专线大断面隧道的特点，介绍了两种由斜井安全转入正洞的施工方法，旨在指导今后类似隧道的挑顶施工作业，或作为今后施工的参考。

2 编制依据

- (1)《客运专线铁路隧道工程施工指南》(TZ214-2005)
- (2)《客运专线铁路隧道工程施工质量验收标准》铁建设[2005]160号
- (3)《新建铁路福厦线施工图设计文件》

3 适用范围

适用于新建铁路福厦线双线隧道Ⅳ、Ⅴ级围岩地段斜井进正洞挑顶施工作业。

4 施工方案

4.1 方案一

斜井施工至与正洞交界后，以圆曲线形式转体进入正洞，同时上坡开挖至正洞拱顶高程，并继续沿相同方向掘进一定距离；形成作业空间后，转向相反方向施工，扩挖临时支护达到正洞标准断面。斜井进入正洞平面关系见图1，斜井进入正洞立面关系见图2，施工程序详见表1。

4.1.1 施工步骤

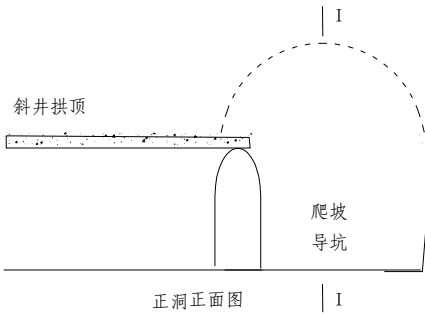
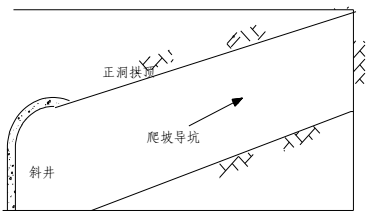
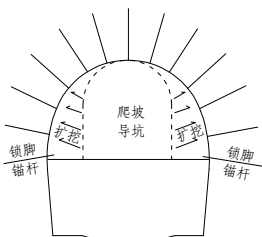
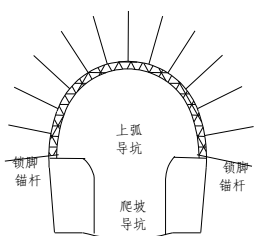
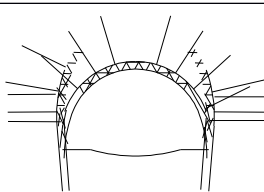
(1)根据斜井与正洞相交角度，以间距1.0m间距安装异型钢架，完成由垂直于斜井中线到平行于正洞中线的过渡（如图1）。

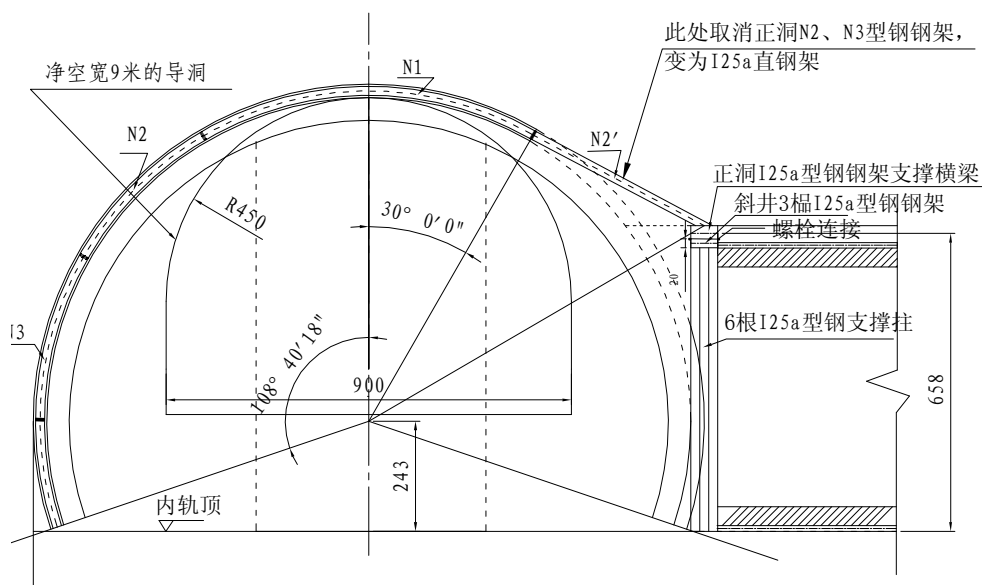
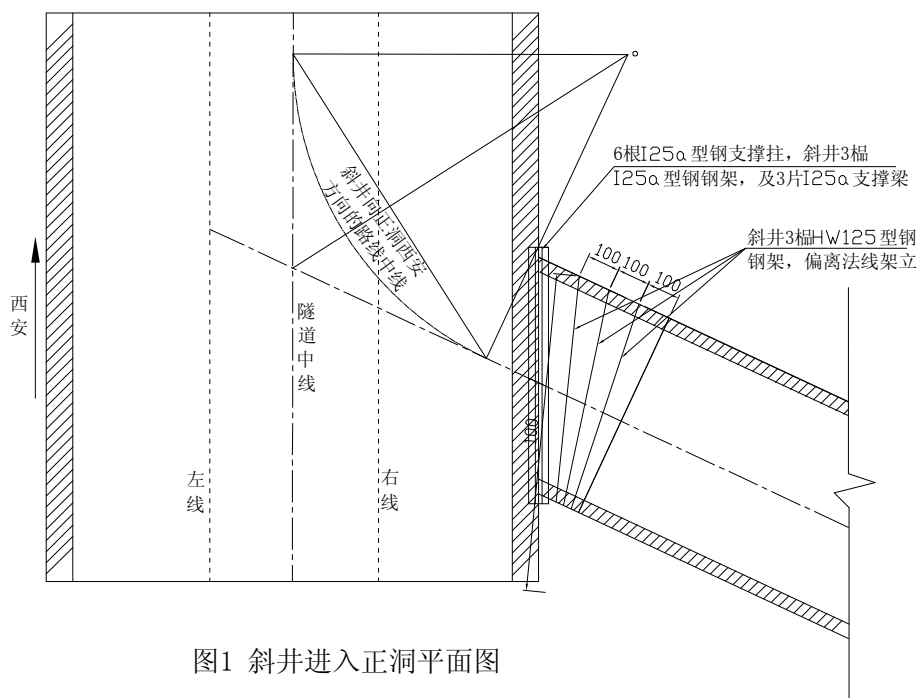
(2)斜井与正洞交叉口段以0.6m间距架立I25a异型钢架，保证相交地段三维受力状态围岩的稳定。在此型钢架架上焊接I25a型钢横梁，并在横梁两端螺栓连接I25a型钢立柱，为正洞钢架提供落脚平台，见图3所示。以后在此处安装正洞钢架时，用I25a型钢斜梁代替正洞的N2钢架，用I25a型钢立柱代替正洞的N2、N3钢架，见图2所示。仰拱钢架连接在斜井仰拱的预埋I25a型钢上。

(3)斜井进入正洞内的导洞施工

①导洞设计净宽9m，详细结构尺寸见图4。支护参数为：HW125型钢

表 1 斜井与正洞相交处施工程序表

施工顺序	示意图	说明
1		<p>1、斜井掘进至正洞开挖轮廓线后，在交叉口处施作加强支护及斜交口处支撑架。按确定的曲线半径测设中线。</p> <p>2、向西安方向开挖一处爬坡导坑。</p> <p>3、爬坡导坑断面视土质情况可进行调整。</p> <p>4、交汇段斜井及时施做二次衬砌。</p>
2	 <p>I-I (爬坡导坑纵断面)图</p>	<p>1、按导洞断面，斜向上挑顶开挖至正洞拱顶。</p> <p>2、开挖爬坡道，直至爬坡道拱顶标高达正洞拱顶标高。</p> <p>3、爬坡导坑支护参数按照IV级围岩错车道支护参数。</p>
3		<p>1、开挖到导洞顶和正洞顶位于同一高程后，继续向该方向（西安方向）按IV级围岩开挖方法、支护参数施工上部弧形导坑，施工 10 米后，喷射砼封闭掌子面。</p>
4		<p>1、然后调头按正洞IV级围岩施工方案开挖上部弧形导坑，开挖过程中仅对有影响的导洞钢架进行拆除，每开挖 0.6m，架一榀钢架，相应完善其他支护。</p> <p>2、施工中可根据需要开挖一段距离后，暂停该方向（郑州方向）开挖，并喷射砼封闭掌子面，再回头按正常工序进行正洞西安方向的开挖及初期支护。</p>
5		<p>按照弧型导坑预留核心土法进行正洞施工。</p>



钢架, 间距 1 榀/m, $\Phi 22$ 锚杆, 长度 3.0m, 间距 1.0×1.0 m, 梅花型布置; $\Phi 6$ 钢筋网, 网格间距 0.2×0.2 m; 喷射 C20 砼, 厚度 18cm。支护施工中要严格按施工指南操作, 保证锁脚锚杆和纵向连接筋的施工质量。

②爬坡道的坡度设计,应根据土质情况及机械施工需要进行调整,以加快爬坡导坑施工进度,减少不安全因素为原则。

③完成爬坡后,按照线路设计坡度向西安方向按Ⅳ级围岩开挖方法、

支护参数继续进行弧行导坑掘进，施工 10 米后，喷砼封闭西安方向掌子面，反向向郑州方向开挖正洞，每循环先开挖上部，立上部钢架后，再拆除导洞钢架。

④反向开挖支护

反向开挖按正洞Ⅳ级围岩上部弧形导坑的高度进行，先开挖顶部，再开挖两侧，开挖时仅对有影响的导洞钢架进行拆除，按正洞设计要求间距进行钢架施工，相应完善其他支护。开挖分部见图 5。

⑤正洞落底后要及时进行正洞仰拱施工，以便初期支护与仰拱尽早成环，确保施工安全。

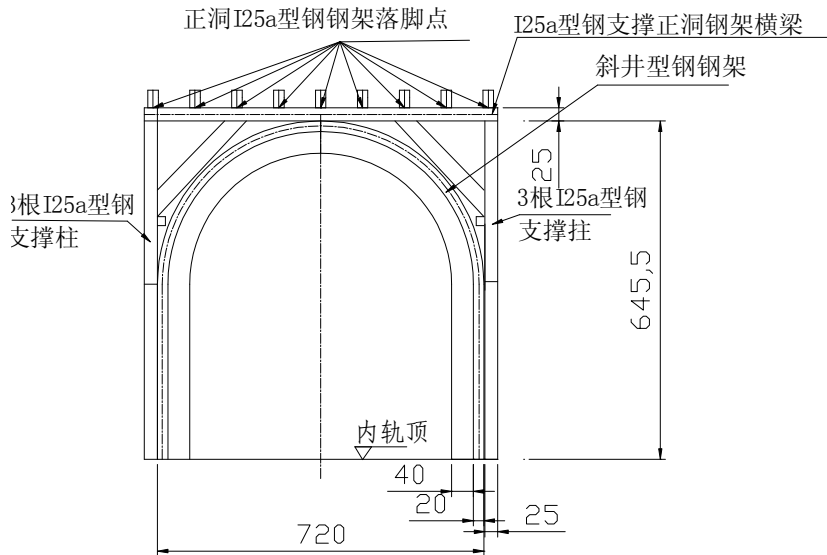


图3 交叉口正洞侧面图

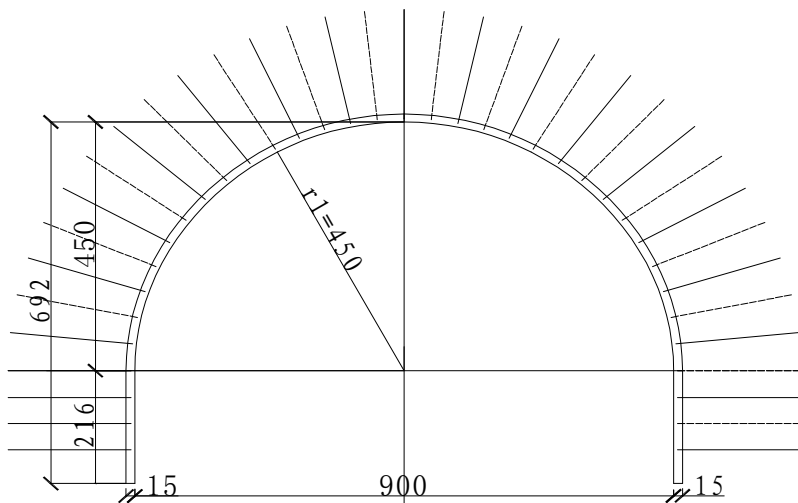


图4 导洞结构图

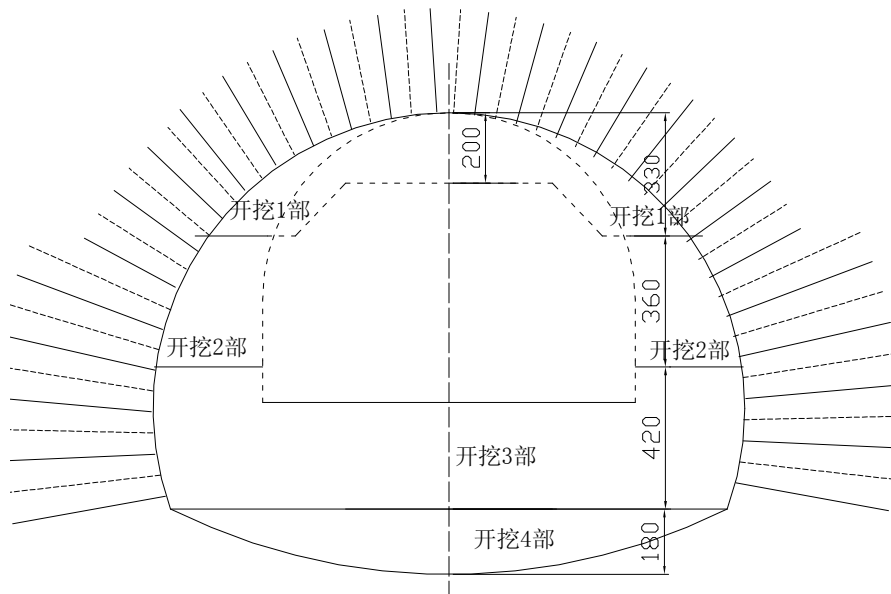


图5 进入正洞开挖断面图

4.1.2 需说明的问题

此文仅针IV级围岩地段斜井进正洞方案进行了介绍，相应的中导洞支护参数和正洞开挖方法均参照了IV级围岩隧道的施工设计。当斜井与正洞处于V级围岩地段时，中导洞开挖及正洞扩挖时应采取与之相适应的施工方法，相应的支护参数应予以加强，从而确保施工安全。

4.2 施工方案二

在斜井接近与正洞相交里程时，逐渐抬高斜井拱顶高程，接长钢架长度。于正洞与斜井相交里程起，采用小导坑进入正洞洞身开挖，于正洞中线处达到正洞拱顶高程，施工中应预留变形沉落量和临时支护厚度。然后再逐步扩挖至正洞标准断面。

4.2.1 施工步骤

(1)根据斜井与正洞设计相交角度及拱顶高差，确定斜井扩挖起始里程HK0+L1，其拱顶抬高坡度控制在30%左右，同时并对该段斜井初期支护应进行加强，确保下步正洞跨越横洞提供支护保障。进入正洞范围后其开挖及初期支护需比正洞拱部相应设计标高加大，以预留临时支护厚度。见图6所示。

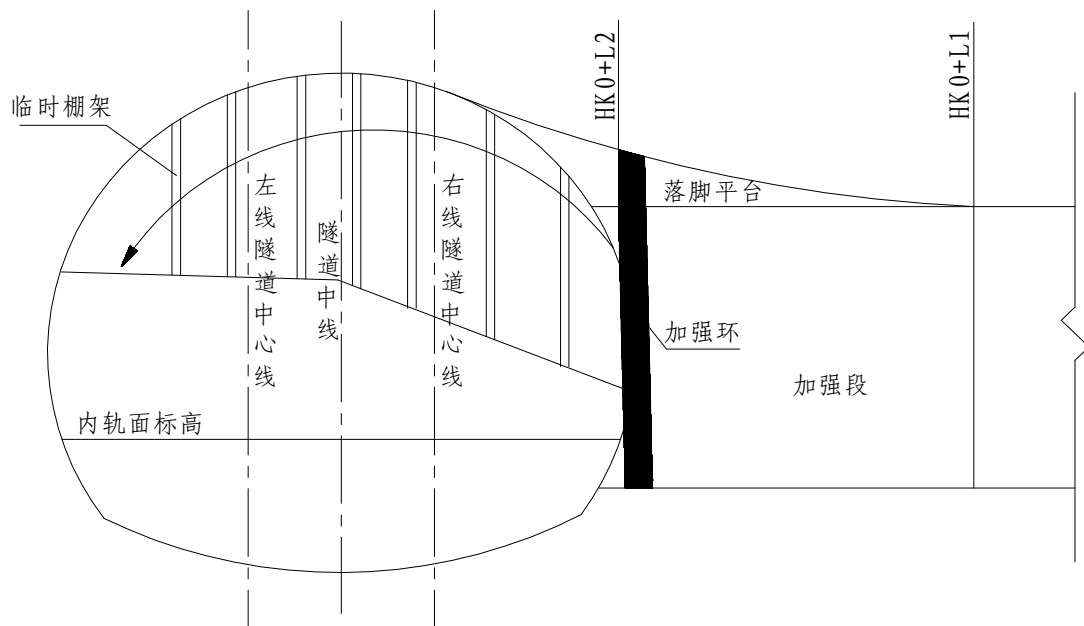


图6 正洞与横洞连接处断面图

(2)考虑横洞到正洞上导拱架落脚位置的牢固性,横洞拱架必须提供一个牢固的落脚平台。在正洞右侧边墙与横洞交界里程HK0+L2处时,沿正洞方向设置拱顶纵向托梁,托梁采用 I25a 型钢,牢固焊接于横洞钢架拱顶,托梁与横洞钢架间空隙设置 I 25 竖向立柱,立柱与正洞拱架位置相对应,牢固焊接并喷射 C25 砼回填密实。见图 7 所示。

(3)横洞施工至正洞右侧边墙即 L2 时,采用人工开挖掏小洞 (2m×2m) 的施工方法,棚架临时支护及时跟进;与正洞走向垂直上坡到拱顶中线位置后,再逐步扩大施工断面,直至正洞的标准断面。

4.2.2 施工要点

正洞与横洞相交地段处于复杂的三维受力状态,为保证正洞安全挑顶施工的完成,正洞初期支护必须座落于一个牢固的落脚平台,同时应加强该段正洞初期支护的锁脚锚杆施工,防止拱架下沉。

(1)斜井变断面段施工,应加强初期支护,设计参数应比正常断面相应提高。

(2)交叉处加强环设置

由于正洞开挖断面较大，为确保扩顶段正洞施工安全，在横洞与正洞交接处设置一加强环，加强环由 3 榀 I 25a 型钢钢架组成，钢架间采用 $\phi 22$ 钢筋连接，喷 35cm 厚混凝土覆盖钢架。并应及早施作斜井二次衬砌。

(3)设置托梁，为正洞拱架提供落脚平台

在正洞与横洞拱顶交界里程处，沿正洞方向设置拱顶纵向托梁，托梁采用 I 25a 型钢，牢固焊接于横洞钢架拱顶，托梁与横洞钢架间空隙设置 I 25a 型钢竖向立柱，立柱应与正洞拱架位置相对应，牢固焊接并喷射 C25 砼回填密实。

(4)加密设置正洞初期支护锁脚锚杆，每榀钢架单侧不少于 4 根锁脚锚杆，锚杆长 4.0m，注水泥砂浆，锁脚锚杆与钢架牢固焊接，防止拱架下沉。

(5)正洞扩顶开挖，顶部支撑 I 18 临时棚架，棚架间距依据围岩稳定状态采用 0.6~1.0m，棚架间采用 $\phi 22$ 钢筋焊接为整体，挂设钢筋网后复喷 C25 混凝土 20~25cm，形成临时支护体系，管棚结构尺寸见图 8。

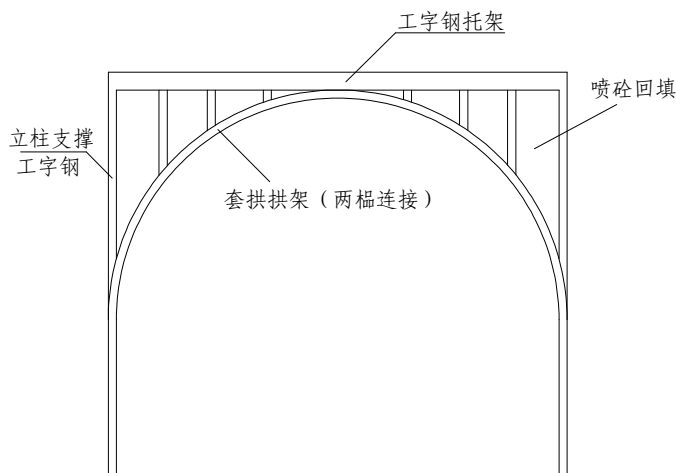


图7 托梁与拱架示意图

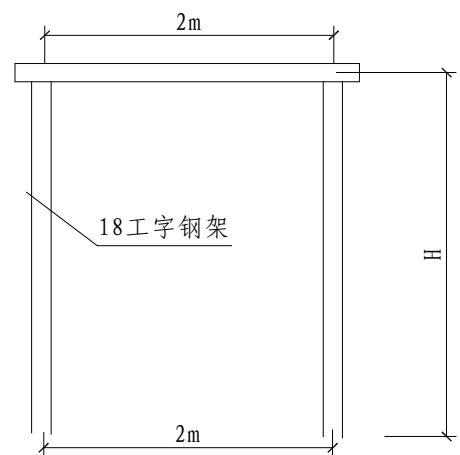


图8 工字钢棚架结构图

5 劳力、机具设备配置

开挖作业人员 20 人；钢架、钢筋网及锚杆施工 10 人；喷射混凝土作业 14 人。

主要施工机具配置：小型挖掘机 2 台（或大型挖掘机 1 台），装载机 1 台，湿喷机 2 台，压入式通风机（视斜井长度设置），钢架弯制机 1 台等。

6 施工注意事项

(1)施工中必须加强围岩量测，根据量测结果及时反馈支护信息，确保支护措施安全合理。

(2)交叉口段斜井衬砌应及早施作，挡头板沿正洞线路方向安设。

(3)斜井与正洞掌子面施工时，应设专人值班，随时观察围岩及支护状态的稳定性。

(4)制定挑顶施工的安全应急预案，做好应急材料、物资的储备。

隧道内预埋接触网槽型滑道及综合接地施工作业指导书

1 目的

明确隧道预埋滑槽产品规格、施工方法、施工工艺、操作要点和相应的标准要求。指导、规范隧道滑槽设计、施工、验收，满足设计及规范要求。

明确隧道综合接地施工方法、施工工艺、操作要点和相应的标准要求。

2 编制依据

(1) 铁道部工程管理中心《关于印发“客运专线隧道内接触网基础接口技术方案协调会会议纪要”的通知》（工管[2006]28号）。

(2) 新建铁路福厦线隧道内预留接触网槽型滑道招标的技术规格书及采购合同的技术及商务要求。

(3) 铁道第一、第二、第四勘察设计院的施工设计文件和图纸。

(4) TB/T2073-2003《电气化铁道接触网零部件技术条件》

(5) TB/T2074-2003《电气化铁道接触网零部件试验方法》

(6) TB/T2075-2002《电气化铁道接触网零部件》

(7) TB10421-2003《铁路电力牵引供电施工质量验收标准》

3 滑槽施工工艺流程及技术要求

3.1 施工工序

(1) 台车加工：依据设计要求的位置，在模板台车上开螺栓定位孔。

(2) 按照隧道弧度现场制作一个工作台，长约3米，宽约1米。

(3) 将两根槽道放置在工作台上，根据设计要求调整槽道间距离，用钢筋或型钢焊接牢固。

(4) 槽道粗定位：绑扎第二层网片钢筋时，按照设计位置，测量出槽道位置，并将事先焊接好的成组槽道就位；在槽道后部锚钉处，垂直槽道方向，间隔绑扎几根短筋，长约30cm；将其挂在钢筋网上。

(5) 槽道精确定位：台车移动就位到指定位置，顶升模板到位，利用T型螺栓穿过钢模板上预留长孔，找到并调整槽道位置，锁紧螺栓，使槽道紧贴模板，进行精确定位；

(6)二次衬砌浇注;

(7)衬砌脱模: T 型螺栓螺母松开后, 旋转 90° 取出螺栓, 收回模板脱模。

3.2 T 型螺栓与模板连接

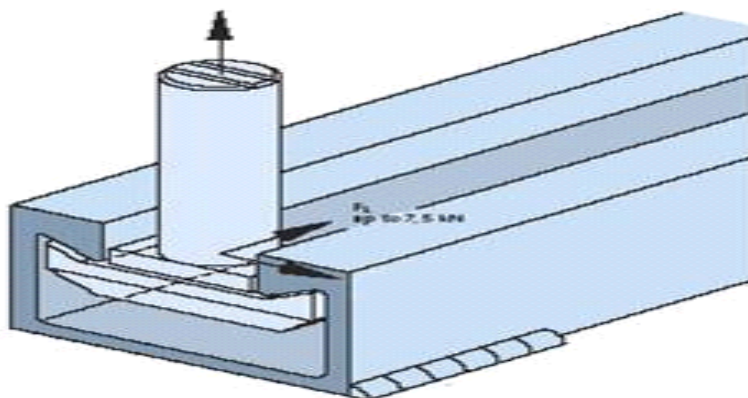
(1) 在台车模板上开安装孔, 单根槽道固定点为两处(槽道两端部各一处)。开孔原则: 应结合槽道预留台车模板布置图进行优化, 减少模板开孔数量; 针对一组平行双槽道, 建议一根槽道上开 A 型孔标准尺寸为: $150\text{mm} \times 42\text{mm}$, 另一根槽道上开 B 型孔标准尺寸为: $22\text{mm} \times 42\text{mm}$; 针对单根槽道, 建议槽道上开 A 型孔标准尺寸为: $150\text{mm} \times 42\text{mm}$;

(2) 提前将槽道固定点位置的填充泡沫扣除; 台车移动就位后, 油缸顶升拱顶, 拱腰模板, 与网片钢筋上固定的槽道接近贴住后, 通过 A 型安装孔调整槽道位置, 进行模板上精确定位;

(3) 将 T 型螺栓放入槽道, 水平旋转 90° , 可参考 T 型螺栓安装外部检查标准(即后部压痕垂直于槽道方向), 扭紧螺母。针对 A 型孔需要采用可靠的封堵, 确保局部不会出现漏浆, 脱模后造成外观缺陷。

3.3 技术要求

(1)滑槽产品技术规格



(2) 产品制造单位和预埋件施工单位应积极推广使用新技术、新工艺、新设备、新材料满足客运专线建设的质量、工期目标。

(3) 交接验收标准包括产品本身的检验验收和预埋件施工安装的验收。

(4)施工单位应根据产品的技术条件和设计单位的设计文件（包括图纸）制定相应的施工组织设计、施工技术管理制度、施工操作细则或作业指导书、施工技术安全措施和施工质量控制措施等。

(5)施工中，施工单位应按有关工程质量管理办法，严格施工质量自查，隐蔽工程应会同工程监理进行随工检验。

(6)除应按本试行标准执行外，尚应符合国家和铁道行业现行的有关强制性标准的规定。

3.4 施工验收

(1) 埋入件的规格型号符合设计要求

检验数量：施工单位全部检查，监理单位抽检数量不小于 30%。

(2)埋入件的锚固抗拔力符合设计要求。

检验数量：施工单位全部检查，监理单位抽检数量不小于 30%。

(3)纵向跨距符合设计要求，允许偏差为 $\pm 500\text{mm}$ ；横向允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位全部检查，监理单位抽检数量不小于 30%。

(4)槽型滑道嵌入混凝土的位置符合设计要求，允许偏差为不大于 5mm 。

检验数量：施工单位全部检查，监理单位抽检数量不小于 30%。

(5)槽型滑道在混凝土的位置符合设计要求，单独槽道的倾斜允许偏差为不大于 3mm 。

检验数量：施工单位全部检查，监理单位抽检数量不小于 30%。

(6)同一悬挂点的两组槽型滑道位置符合设计要求，两者在顺线路方向的间距允许偏差为 $\pm 4\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位全部检查，监理单位抽检数量不小于 30%。

(7) 接触悬挂用槽型滑道垂直线路的位置符合设计要求，与无偏斜理论定位中心线的允许偏差为不大于 $\pm 16\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位全部检查，监理单位抽检数量不小于 30%。

(8) 附加导线用槽型滑道垂直线路的位置符合设计要求，与无偏斜理论定位中心线的允许偏差为不大于 $\pm 5\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位全部检查，监理单位抽检数量不小于 30%。

(9) 上、下行两组吊柱用槽型滑道在顺线路方向的距离符合设计要求，允许偏差不大于 $\pm 100\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位全部检查，监理单位抽检数量不小于 30%。

(10) 上、下行附加导线用槽型滑道在垂直线路方向的距离符合设计要求，允许偏差不大于 $\pm 100\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位全部检查，监理单位抽检数量不小于 30%。

4 综合接地

隧道内接触网滑槽及 AF 线预留处的衬砌内预埋环向接地钢筋，采用 $\Phi 16\text{mm}$ 圆钢，为隧道顶部接触网提供悬挂接地。为保证接地电阻的要求，在隧道内每个专用洞室底板下方做钢筋网作为接地体，接地钢筋网与纵向贯通地线要求可靠连接。

接触网滑槽安装到位之后，沿滑槽牢固焊接 $\Phi 16\text{mm}$ 圆钢，分别在左右段电缆槽内出露，露出长度不小于 110mm ，以便于焊接作业。每组滑槽之间采用纵向 $\Phi 16\text{mm}$ 钢筋连接。

AF 线预留采用环向 $\Phi 16\text{mm}$ 钢筋牢固焊接，分别在左右侧电缆槽内出露。

接地母排每两组滑槽间距分左右埋设 $\Phi 50\text{HDPE}$ 管，相应一侧的预埋管设置应距左右半环接地钢筋 10m 左右。

所有环向接地钢筋与贯通地线应可靠连接。

所有连接均采用焊接方式，焊接长度不小于 90mm 、厚度不小于 4mm 。

贯通地线的接地电阻值应不大于 1Ω 。

5 劳力、机具配置

接触网槽型滑道、综合接地安装一般需劳力 $3\sim 5$ 人。施工主要机具电焊机 1 台，钢筋切割机 1 台。

6 注意事项

(1) 施工前仔细阅读设计图纸，了解设计意图和设计要求，必要时邀请设计单位进行技术交底。

(2) 应注意二次衬砌施工缝、沉降缝对预埋滑道槽的影响，施工前应仔

细审核图纸，提前做好计划。

(3) 滑道槽安装时，除固定位置的填充泡沫扣除外，其余段泡沫要注意保护，以免混凝土浇筑时进入滑道槽内。