

# 土木建筑国家级工法汇编

(2005~2006年度)

下册

住房和城乡建设部工程质量安全监管司  
中国建筑业协会

主编

中国建筑工业出版社

# 土木建筑国家级工法汇编

## (2005~2006 年度)

下 册

住房和城乡建设部工程质量安全监管司 主 编  
中国建筑业协会



中国建筑工业出版社

# 目 录

## 下 册

|                                                    |      |
|----------------------------------------------------|------|
| 上置式针梁钢模混凝土衬砌施工工法 YJGF271—2006 .....                | 2611 |
| 抓取法混凝土防渗墙（地下连续墙）成槽施工工法 YJGF272—2006 .....          | 2624 |
| 接头管（板）法混凝土防渗墙（地下连续墙）墙段连接施工工法<br>YJGF273—2006 ..... | 2629 |
| 半圆形预应力混凝土渠槽离心—振动成型工法 YJGF274—2006 .....            | 2634 |
| 混凝土防渗墙（地连墙）“上抓下钻法”槽孔建造工法 YJGF275—2006 .....        | 2646 |
| 混凝土防渗墙槽孔爆破辅助成槽工法 YJGF276—2006 .....                | 2653 |
| 新老混凝土结合面新增人工键槽施工工法 YJGF277—2006 .....              | 2661 |
| 混凝土面板堆石坝坝体填筑工法 YJGF278—2006 .....                  | 2666 |
| 单戛立堵截流施工工法 YJGF279—2006 .....                      | 2675 |
| 碾压式沥青混凝土防渗心墙施工工法 YJGF280—2006 .....                | 2683 |
| 大坝接缝灌浆采用球面键槽的施工工法 YJGF281—2006 .....               | 2696 |
| 钢筋混凝土箱形暗渠全断面钢模台车衬砌施工工法 YJGF282—2006 .....          | 2703 |
| 地铁盖挖逆作基础综合施工工法 YJGF283—2006 .....                  | 2708 |
| 掏挖法地连墙施工工法 YJGF284—2006 .....                      | 2716 |
| 地下室结构梁兼深基坑水平支撑梁逆作施工工法 YJGF285—2006 .....           | 2724 |
| 基坑内塔吊基础逆作法施工工法 YJGF286—2006 .....                  | 2735 |
| 40m 直径雨水调蓄池半逆作法施工工法 YJGF287—2006 .....             | 2748 |
| 泳池聚氯乙烯（PVC）膜片施工工法 YJGF288—2006 .....               | 2756 |
| “逆作法”吊顶施工工法 YJGF289—2006 .....                     | 2769 |
| 全液压静力桩机沉管式自动压扩器压扩桩施工工法 YJGF290—2006 .....          | 2774 |
| 薄壁筒桩软基处理施工工法 YJGF291—2006 .....                    | 2781 |
| 自钻式锚杆在砂卵石地层深基坑施工工法 YJGF292—2006 .....              | 2789 |
| 桩锚基坑支护施工工法 YJGF293—2006 .....                      | 2798 |
| 硬塑性黏土层海中深水桩基成孔施工工法 YJGF294—2006 .....              | 2806 |
| 临海复杂地质条件旋喷桩止水帷幕工法 YJGF295—2006 .....               | 2818 |
| 城市深孔爆破施工工法 YJGF296—2006 .....                      | 2827 |
| 钻孔咬合桩施工工法 YJGF297—2006 .....                       | 2835 |
| 长螺旋钻机成孔压灌混凝土后插钢筋笼施工工法 YJGF298—2006 .....           | 2849 |
| 地下连续墙液压铣槽机施工工法 YJGF299—2006 .....                  | 2858 |

# 喀斯特地质嵌岩泥浆护壁冲孔灌注桩基础施工工法

|                                                       |      |
|-------------------------------------------------------|------|
| YJGF300—2006 .....                                    | 2865 |
| 水冲法（内冲内排）辅助静压桩沉桩施工工法 YJGF301—2006 .....               | 2878 |
| 高压旋喷桩辅以高强土工格室软基处理施工工法 YJGF302—2006 .....              | 2884 |
| HDPE 膜防渗施工工法 YJGF303—2006 .....                       | 2893 |
| 房屋建筑工程防火风管施工工法 YJGF304—2006 .....                     | 2902 |
| 玻镁复合风管施工工法 YJGF305—2006 .....                         | 2910 |
| 管道沟槽式卡箍连接施工工法 YJGF306—2006 .....                      | 2922 |
| 共板法兰金属板风管自控加工安装工法 YJGF307—2006 .....                  | 2940 |
| 城市燃气管道不停输封堵施工工法 YJGF308—2006 .....                    | 2951 |
| 非开挖燃气旧管道改造—PE 管内插法施工工法 YJGF309—2006 .....             | 2959 |
| 制药车间洁净系统管道安装工法 YJGF310—2006 .....                     | 2967 |
| 箱形结构（BOX）柱加工制作工法 YJGF311—2006 .....                   | 2979 |
| 现浇钢筋混凝土输水管水压试验工法 YJGF312—2006 .....                   | 2988 |
| 大直径单层焊接球面网壳经线定位分条安装施工工法<br>YJGF313—2006 .....         | 2993 |
| 大型球形储罐 γ 源三源组合全景曝光技术施工工法 YJGF314—2006 .....           | 3002 |
| 立轴多喷嘴冲击式水轮机配水环管安装工法 YJGF315—2006 .....                | 3014 |
| 30 万 m <sup>3</sup> POC 型煤气柜制作安装工法 YJGF316—2006 ..... | 3021 |
| 无衬砌气垫式调压室施工工法 YJGF317—2006 .....                      | 3030 |
| 液压、润滑管道气液混合冲洗工法 YJGF318—2006 .....                    | 3044 |
| 微小防护区安全射线（M-RT）检测工法 YJGF319—2006 .....                | 3048 |
| 双金属复合管焊接工法 YJGF320—2006 .....                         | 3057 |
| 加热炉炉管焊缝无损检测工法 YJGF321—2006 .....                      | 3062 |
| 大型球罐半自动 CO <sub>2</sub> 气体保护焊焊接工法 YJGF322—2006 .....  | 3070 |
| 大型储罐倒装自动焊焊接施工工法 YJGF323—2006 .....                    | 3084 |
| Q460 高强钢厚板焊接工法 YJGF324—2006 .....                     | 3090 |
| 国产厚钢板 CO <sub>2</sub> 气体保护焊施工工法 YJGF325—2006 .....    | 3098 |
| 液压顶升吊装系统大型设备施工工法 YJGF326—2006 .....                   | 3106 |
| 大型立式活塞迷宫密封压缩机安装工法 YJGF327—2006 .....                  | 3119 |
| 大中型船闸人字门安装工法 YJGF328—2006 .....                       | 3128 |
| 火电厂超高直径烟囱钛钢内筒气顶倒装施工工法 YJGF329—2006 .....              | 3138 |
| 平桥塔架、升降机、泵车在冷却塔施工中的组合应用施工工法<br>YJGF330—2006 .....     | 3156 |
| 超高输电塔组立施工工法 YJGF331—2006 .....                        | 3164 |
| 大型水内冷机组定子下线及试验工法 YJGF332—2006 .....                   | 3172 |
| 大型通用桥式起重机安装施工工法 YJGF333—2006 .....                    | 3187 |
| 塔式起重机空中组合拆除施工工法 YJGF334—2006 .....                    | 3193 |
| 井字形钢架正倒混合吊装法安装超高钢桅杆工法 YJGF335—2006 .....              | 3208 |

|                                                     |      |
|-----------------------------------------------------|------|
| CTS2 型轨枕式电动转辙机安装及调试工法 YJGF336—2006 .....            | 3216 |
| 建筑电气暗配电箱（盒）一次到位施工工法 YJGF337—2006 .....              | 3223 |
| 双曲线冷却塔塔机软附着施工工法 YJGF338—2006 .....                  | 3230 |
| 薄壁不锈钢管卡压式连接施工工法 YJGF339—2006 .....                  | 3234 |
| 计算机区域联锁施工调试工法 YJGF340—2006 .....                    | 3244 |
| 橡胶轮胎成套设备安装工法 YJGF341—2006 .....                     | 3254 |
| 大型转炉线外组装、整体安装工法 YJGF342—2006 .....                  | 3267 |
| 干熄焦本体砌筑工法 YJGF343—2006 .....                        | 3276 |
| 热风炉炉壳不开口内衬施工工法 YJGF344—2006 .....                   | 3284 |
| 矿物绝缘电缆施工工法 YJGF345—2006 .....                       | 3294 |
| CCPP 余热锅炉受热面模块安装施工工法 YJGF346—2006 .....             | 3300 |
| 艾萨炉及喷枪导轨制安工法 YJGF347—2006 .....                     | 3308 |
| 立井井筒机电安装工法 YJGF348—2006 .....                       | 3322 |
| <b>2005~2006 年度国家一级工法（升级版）</b>                      |      |
| 胶粉聚苯颗粒贴砌聚苯板面砖饰面外墙外保温施工工法                            |      |
| YJGF41—2000（2005-2006 年度升级版） .....                  | 3335 |
| 高层建筑钢筋混凝土与舒乐板复合外墙一次成型施工工法                           |      |
| YJGF39—98（2005-2006 年度升级版） .....                    | 3357 |
| 大跨度球面网架结构施工工法 YJGF21—96（2005-2006 年度升级版） .....      | 3364 |
| 蛋形消化池施工工法 YJGF14—96（2005-2006 年度升级版） .....          | 3374 |
| 圆形预应力混凝土池壁无缝施工工法 YJGF37—2002（2005-2006 年度升级版） ..... | 3385 |
| 液压整体提升大模工法 YJGF15—96（2005-2006 年度升级版） .....         | 3390 |
| 高层建筑施工“滑一浇一”工法 YJGF21—91（2005-2006 年度升级版） .....     | 3398 |
| 立井机械化快速施工工法 YJGF21—2000（2005-2006 年度升级版） .....      | 3406 |
| 大跨度隧道全断面开挖施工工法 YJGF15—92（2005-2006 年度升级版） .....     | 3421 |
| 隧道与地铁浅埋暗挖工法 YJGF09—91（2005-2006 年度升级版） .....        | 3430 |
| 汽车试验场水泥混凝土路面施工工法 YJGF13—98（2005-2006 年度升级版） .....   | 3445 |
| 大跨度悬索桥施工系列工法 YJGF15—98（2005-2006 年度升级版） .....       | 3453 |
| 下承式钢管拱肋公路跨铁路桥双向转体施工工法                               |      |
| YJGF26—96（2005-2006 年度升级版） .....                    | 3502 |
| 地下建（构）筑物逆作法施工工法 YJGF02—96（2005-2006 年度升级版） .....    | 3510 |
| 射水地下成墙施工工法 YJGF06—92（2005-2006 年度升级版） .....         | 3517 |
| 强夯置换施工工法 YJGF06—91（2005-2006 年度升级版） .....           | 3524 |
| 大直径超深入岩钻孔扩底灌注桩施工工法                                  |      |
| YJGF03—98（2005-2006 年度升级版） .....                    | 3532 |
| 长输管道半自动下向焊接流水作业工法                                   |      |
| YJGF35—96（2005-2006 年度升级工法） .....                   | 3542 |
| 水下铺设大口径管道施工工法 YJGF09—98（2005-2006 年度升级版） .....      | 3549 |
| 光缆施工接续工法 YJGF67—92（2005-2006 年度升级版） .....           | 3555 |

## 附录

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| 2005~2006 年度国家一级工法名单 .....       | 3564 |
| 2005~2006 年度国家二级工法名单 .....       | 3570 |
| 2005~2006 年度国家一级工法名单 (升级版) ..... | 3579 |

# 上置式针梁钢模混凝土衬砌施工工法

YJGF271—2006

中国水利水电第十四工程局

王仕虎 陈炳兴 邱东明

## 1. 前言

在水利水电工程中,水工隧洞占地下工程建筑大部分,其结构上不仅要考虑围岩压力,而且要考虑内水压力,要求表面光滑平整,糙率低,一般采用混凝土衬砌。20世纪90年代以前,隧洞混凝土衬砌常采用拱架(钢、木)配合小模板(钢模、木模)进行衬砌,对于地质条件差的地段,常采用开挖一段,浇筑一段的方法。这样不仅施工质量得不到保证,而且施工进度缓慢。自新奥法的概念深入我国的地下工程技术界后,初期支护不仅解决了围岩稳定问题,而且是作为永久支护的一部分,就混凝土衬砌安排在隧洞开挖支护结束后进行。

从广东省广州抽水蓄能电站(下称广蓄电站)到目前正在施工的广东惠州抽水蓄能电站(下称惠蓄电站),中国水利水电第十四工程局(下称水电十四局)不断进行科技创新,通过对以往传统针梁模板成功经验的基础上进一步改进创新,从最初的小断面、水平隧洞施工发展到今天的上置式、大直径、有坡度(最大可达8%)针梁钢模,施工工艺日趋成熟。在惠蓄电站输水平洞中利用上置式针梁钢模进行混凝土衬砌取得了成功,新型上置式针梁钢模配合底拱翻转模板人工抹面进行全断面混凝土衬砌施工工艺的成功应用,使隧洞混凝土衬砌表面平顺、光洁,能实现混凝土作业的高效、优质、安全、并达到节省人工、材料及减轻劳动强度的目的,在国内水电水利工程施工中尚属首例。

## 2. 工法特点

### 2.1 节约时间、加快进度

针梁钢模是隧洞混凝土衬砌机械施工的一种重要设备,上置式针梁钢模配合底拱翻转模板人工抹面进行全断面混凝土衬砌施工工艺一次成形浇筑混凝土,取消了水平施工缝。在2小时内可以完成钢模的定位和校正工作,节约了立模和处理施工缝的时间,改善了混凝土外观的整体成形质量。同时,针梁钢模上有配套的风、水、电、混凝土振捣设备,缩短了浇筑混凝土的准备过程。因此,大大加快了隧洞衬砌施工速度,月浇筑进度可达16块(144m),月浇筑强度可达3600m<sup>3</sup>。

### 2.2 节省材料和劳动力、降低成本

针梁钢模与过去传统的人工立模相比,省掉了大量劳动力,降低了工人的劳动强度。钢模的行走、定位、振捣都配有相应的设备,对混凝土浇筑各工序的人员都大为减少,比传统采用拱架立模的方法节省劳动力30%。再者,劳动强度和施工环境的改善,有利于施工人员的安全和健康。其次,针梁钢模为整体运动,模板损耗率低,周转次数多,节约了大量的钢材、木材,有利用环保要求,具有明显的社会效益。

### 2.3 隧洞成形质量好

针梁钢模的模板接缝经特殊处理,防止了模板接缝间的漏浆,混凝土成形后,外观平滑,无漏浆,混凝土密实性好。另外由于钢模刚性好,稳定性高,保证了混凝土设计体型和施工安全。消除了模板移动变形等不良现象和施工安全隐患。

上置式针梁钢模采用针梁上置,解决传统针梁钢模(针梁下置,底拱模板呈封闭状)浇筑混凝土

时底部气泡孔难以根除的问题，避免由于混凝土中存在的气孔在高速水流条件下产生气蚀破坏，确保混凝土的内在与外观质量。

### 3. 适用范围

适用于水利水电地下工程纵坡小于 12% 的圆形输水平洞混凝土衬砌施工。

### 4. 工艺原理

针梁钢模是靠针梁和模板组之间的相对运动来实现模板的位移。固定针梁，模板便可在针梁上沿隧洞纵轴线方向前后移动；固定模板，针梁便可在模板中沿隧洞纵向前后穿行。当进行隧洞混凝土衬砌时，利用针梁及其前后支腿形成一简支梁，承载模板组和混凝土施工荷载，因针梁处于圆形断面模板组的中间，模板可以合成一封闭的圆筒状，进而满足进行全断面衬砌需要，具有良好整体抗应变能力。针梁的主要作用是通过挂架和行走装置，完成与模板间的相对运动以及针梁钢模整体行走。

为解决传统针梁钢模浇筑混凝土时底部气泡孔难以根除的问题，上置式针梁钢模采用针梁上置，下部留出较大的施工空间；底拱 3m 范围采用翻转模板，在混凝土初凝前翻起翻转模板，人工辅助抹面，极大地方便了施工操作。

### 5. 施工工艺流程及操作要点

#### 5.1 施工工艺流程

隧洞针梁钢模施工工艺流程见图 5.1。

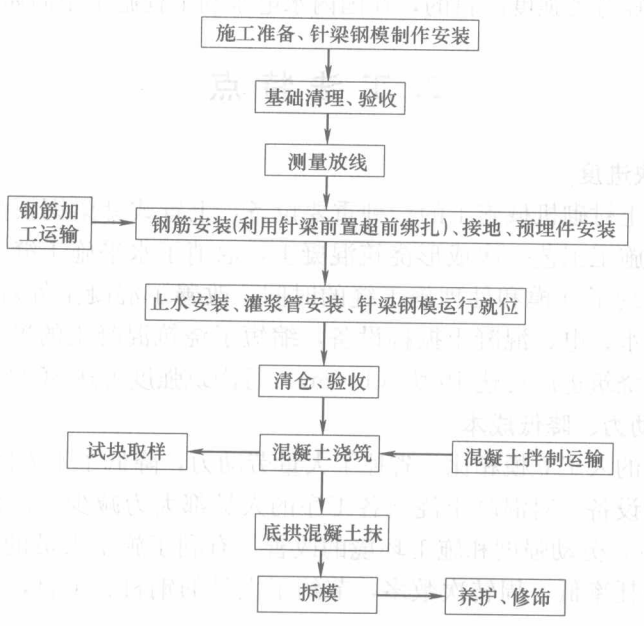


图 5.1 针梁钢模施工工艺流程图

#### 5.2 操作要点

##### 5.2.1 施工程序安排

基岩面验收→针梁支座预留段钢筋安装（钢筋利用上块混凝土施工时针梁前置已绑扎）、灌浆管、止水、接地安装→针梁钢模就位、校模→堵头模板封堵、验收→混凝土浇筑→脱模。其中基岩面验收、

顶拱钢筋安装两道工序超前，不占用直线时间，所以每循环各道工序时间如下：

- ① 预留段绑扎钢筋、灌浆管、接地安装：3h；
- ② 针梁钢模就位、校模、堵头封堵：9h；
- ③ 混凝土浇筑和脱模：36h。

浇筑一块混凝土共需 48h（2d）时间，每月可浇筑混凝土 15 块，即 135m。充分显示了针梁钢模配套设备的优越性。

5.2.2 针梁钢模安装及运行

1. 针梁钢模的构造

针梁钢模主要有模板组、针梁、支腿装置、挂架和行走装置、液压系统等五个部分组成，参见图 5.2.2-1~图 5.2.2-3。

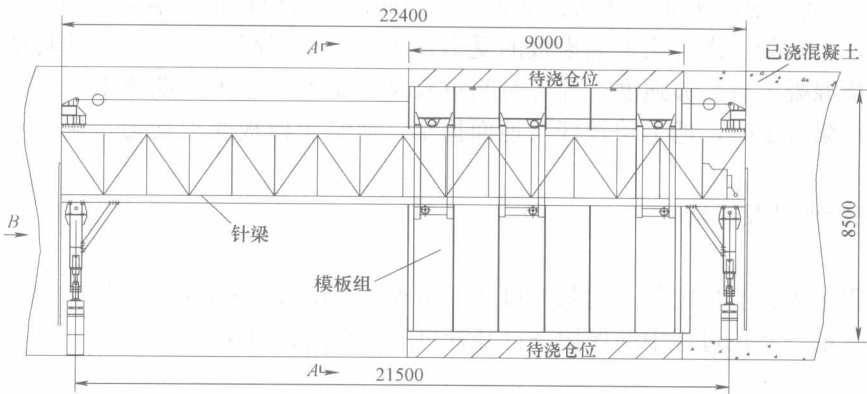


图 5.2.2-1 针梁钢模结构布置图（单位：mm）

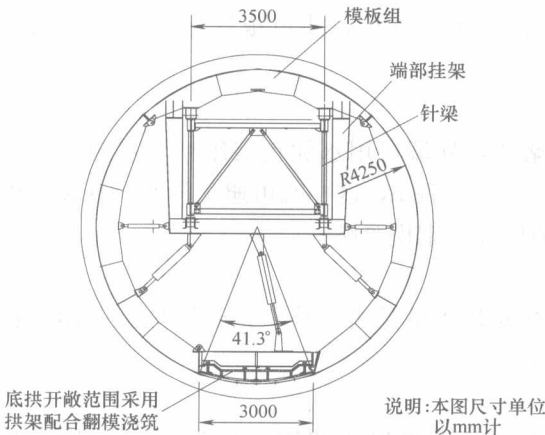


图 5.2.2-2 A—A 剖面图

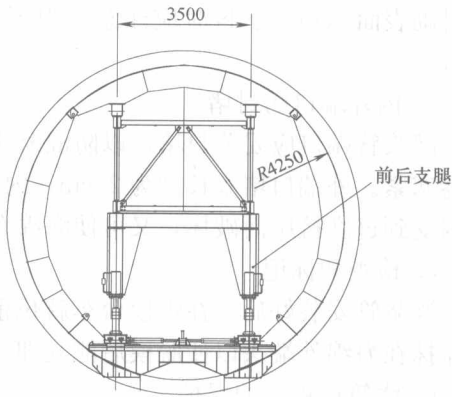


图 5.2.2-3 B 向立面图

针梁钢模的牵引方式采用电动葫芦牵引，配置液压操作台 1 个，油箱容积 300L，支腿液压缸四个，横向移动采用丝杆装置。模板组分边模和顶模三大块，边模为 2114.3°，顶模为 90°，底拱 41.3°为开敞范围，边模与顶模为铰接连接，在模板组底拱 103°及顶拱 155°处分别对称开两排 450mm×600mm 窗口，可供进料、进人以及检查之用。每排 3 个，共计 12 个窗口。

2. 针梁钢模操作原理

针梁钢模在完成一个仓位的衬砌后，将继续转移到下一个待浇仓位施工，是一个相同工序的不断循环过程，其工作循环程序如下：针梁运行→放置支腿→脱模→下降针梁→模板运行→立模→模板定位→浇筑混凝土→收回支腿→针梁运行（下一循环）。

立模:模板就位后,扳动丝杆装置使模板对中,然后升支腿、侧模油缸,到位后,将手动撑杆上紧;

脱模:拆去手动螺旋撑杆及上、下撑杆,先收底模油缸,然后再收侧模油缸,最后降下支腿油缸完成脱模;

移动:模板和针梁之间的相对运动使用电动链条葫芦进行,模板就位后针梁上部两端的电动链条葫芦应与模板拉紧,以保证模板不自由移动。

### 3. 注意事项

1) 立模前,必须检查隧洞开挖轮廓,不允许出现欠挖。

2) 针梁移动前,检查支腿是否回到位,支架上的辅助支撑、针梁中间支撑是否已松开,挂架上的行走轮是否在轨道中部。

3) 在浇筑好的底拱混凝土面上移动针梁时,针梁的荷载由模板传至混凝土面,模板受力沿针梁移动方向逐渐增加,于混凝土浇筑块末端模板的受力最大,由于混凝土未达到设计龄期强度,易把端头混凝土压裂,若待混凝土有足够强度,等待时间过长又满足不了施工工期要求。所以在模板端头加两根手动撑杆,在针梁行走时,把手动丝杆与地面撑牢,使整个模板受力均匀,从而避免端头混凝土被模板压裂。

### 5.2.3 灌浆管埋设及封堵

#### 1. 施工程序

灌浆管施工程序为:测量定位→切割下料(采用 $\phi 50$ 黑铁管)→外端口封堵→绑扎定位→内端口封堵→检查→油漆标记→浇筑过程中的保护→打开管口→灌浆前管口保护。

#### 2. 位置与角度

按设计图纸中的位置及角度参数严格确定灌浆管安放位置、角度。

#### 3. 下料长度

下料长度根据设计位置 and 实际超挖情况确定,要求灌浆管的外端口抵到岩面,内端口距设计混凝土衬砌表面 3cm。下料时应注意:根据所测量的尺寸,长短搭配进行,使单根灌浆管原材料的余料最短。

#### 4. 内外端口的封堵

灌浆管端口应妥善封堵,以防混凝土流进管内引起堵塞,外端口用水泥包装纸堵塞,内端口用海绵卷塞紧。外端口堵塞长度为 20cm,内端口海绵堵塞长度为 6~7cm,这样既可避免灌浆管在模板就位时因受到过度挤压而破坏,又可使海绵有充分的伸缩余地保证与钢模紧贴。

#### 5. 检查和标记

灌浆管安装好后,在钢模台车就位前,逐一认真检查安装质量是否合格,是否漏埋。并用红色油漆涂抹在海绵外端头以便脱模后能立即找到灌浆管口位置。

#### 6. 浇筑过程中的保护

浇筑过程中,为避免灌浆管移位、破坏,严禁仓内作业人员踩踏灌浆管。在人可入仓的情况下,应检查浇筑过程中灌浆管是否移位或出现其他不良情况,并及时采取措施进行纠偏复位和保护。

#### 7. 找出灌浆管

脱模移模后,及时找到并打开灌浆管口,出露的管口严禁投入杂物,尤其是钢筋头和铁件。底拱部分已找出的管口必须进行保护以防杂物掉进孔内将灌浆管堵死。

### 5.2.4 混凝土衬砌主要工艺说明

#### 1. 基础清理

先检查基础面是否有欠挖,对于局部欠挖用风镐处理,大面积欠挖则采用钻孔爆破处理。欠挖处理完毕后,用高压水枪或高压风枪冲洗岩面,保持岩面清洁湿润、无松散石渣、灰尘及杂质。

#### 2. 止水条、接地扁钢安装

止水条安装是一件细致的工作,首先在先浇筑块端堵头模板(1/2 衬砌厚度处)钉一圈与止水条尺寸大小相适的木条,拆除堵头模后及时取出木条形成键槽,然后将已浇筑端堵头表面清理干净,沿键槽用小钢钉将橡胶止水条固定在已浇筑混凝土端堵头上,钢钉间距为 0.5m,参见图 5.2.4-1。

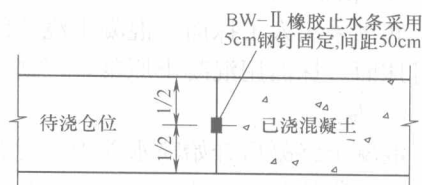


图 5.2.4-1 止水条安装示意图

接地镀锌扁钢布置于隧洞底板以上 1.3m (高压隧洞 1.5m) 的混凝土衬砌内。镀锌扁钢每隔 10m 与结构钢筋用电焊连接,在混凝土分块处穿出堵头模板,镀锌扁钢焊接时,其搭接长为扁钢宽度的 2 倍,扁钢与钢管外壁焊接时,焊接长度不小于 10cm。

### 3. 钢筋安装

各浇筑块由现场技术人员按图纸要求开出钢筋下料单,在钢筋加工厂加工制作。为防止钢筋运输和施工过程中出现混乱,每一型号的钢筋必须作好记号并挂牌明示,受力钢筋连接采用焊接连接,分布钢筋采用绑扎搭接,绑扎和焊接的搭接长度按施工技术规范要求执行,运至现场的钢筋必须按编号分开堆放,并在其下部垫上枕木,并用彩条布进行遮盖,防止钢筋变形和污染。

隧洞钢筋分底拱和边顶两部分进行安装,边顶钢筋安装利用上块混凝土施工时针梁前置超前安装,边顶拱钢筋安装完成后,再进行针梁前支腿处底拱预留钢筋安装。为使钢筋安装到设计位置,施工中设立架立筋作为钢筋的支撑架。架立筋由深入岩石的锚筋和锚筋上焊接的水平纵向钢筋组成,架立筋采用  $\phi 20$  钢筋,每仓采用 10 排锚筋。架立筋安装好后即可进行受力钢筋和分布钢筋的安装,钢筋保护层利用  $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 30\text{mm}$  的混凝土预制块进行控制。

### 4. 混凝土拌制、运输、入仓、浇筑

混凝土按监理工程师批准的混凝土配合比进行拌制,并在浇筑现场进行混凝土试块取样,用  $6\text{m}^3$  搅拌机水平运输至工作面,混凝土在运输过程中不得发生分离、泌水及过多降低坍落度等现象。当气温为  $20 \sim 30^\circ\text{C}$  时,运输时间不应超过 45min,气温  $10 \sim 20^\circ\text{C}$  时,不应超过 60min,  $5 \sim 10^\circ\text{C}$  时,不应超过 90min。

混凝土入仓采用泵送入仓,入仓坍落度按 12cm 控制,出机口坍落度根据天气情况和运距的变化及时调整。入仓由低向高分次序进行,见图 5.2.4-2。要求将混凝土导管铺设在针梁上进行腰线以下部位混凝土输送,底拱敞开范围采用从针梁上吊溜筒至仓面入仓,或接混凝土导管至仓面退管法入仓,如下图①-1~3;腰线以下模板封闭范围采用从针梁上搭溜槽至模板窗口②、③入仓;腰线以上部分改用退管法④-1~2 接溜槽入仓,要求每块混凝土下料点不少于两个。浇筑过程中保证两侧对称下料,高差不大于 50cm,以确保钢模的稳定。

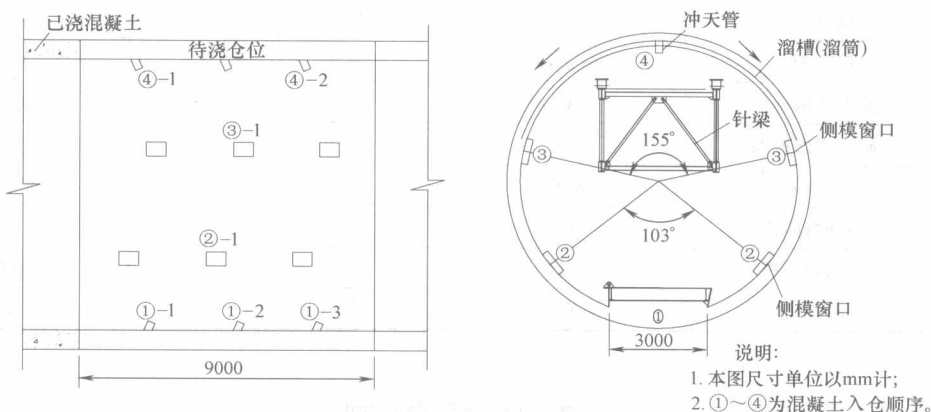


图 5.2.4-2 混凝土入仓次序图

针梁钢模上装有 36 个附着式振捣器,浇筑顶拱时主要靠附着式振捣器振捣,边拱浇筑根据仓面大小由人工进入仓内采用插入式振捣器振捣或在窗口采用插入式振捣器振捣。

5. 抹面、压光

底拱采用人工抹面，混凝土浇筑结束后，应充分掌握抹面时机，混凝土刚开始初凝且在终凝之前及时抹面。抹面用混凝土原浆，严禁人工拌砂浆抹面。抹面过程中严禁外来水流入仓面内。

6. 养护

混凝土终凝后开始喷水养护，使其保持湿润状态，底拱混凝土可采用麻布覆盖。养护时间不少于 28d，在高温季节，可采用表面流水养护混凝土，这样有利于表面散热。

5.3 工艺改进

因底拱均为圆弧形，在实际浇筑过程中，混凝土初凝前自身由于底部开敞部位的存在而难以自稳，混凝土顺着洞身圆弧形下滑堆积在底部，致使开敞部位刮模施工和抹面难度增大，振捣和抹面时机不容易掌握，遇堆积量过大时，需停仓待凝来处理，影响了浇筑速度和混凝土施工质量。

根据上述情况，对上置式针梁钢模进行局部改进，在开敞部位设置加工弧形钢模，模板的尺寸大小以方便人工拆卸为宜，采用定型钢管拱架做模板背楞，拱架间距每隔 75cm 一榀。浇筑时将底部翻模安装好，进行浇筑，待混凝土浇筑至腰线部位时（具体时间根据混凝土初凝情况确定），将底模翻起，利用混凝土原浆进行底拱开敞部位抹面，这样大大加快了混凝土浇筑速度和保证混凝土内在和外观质量。

5.4 劳动力组织

劳动力组织情况见表 5.4。

劳动力组织情况表

表 5.4

| 工种 | 管理人员 | 技术员 | 安全员 | 质检员 | 模板工 | 混凝土工 | 钢筋工 | 电焊工 | 电工 | 驾驶员 | 测量工 | 杂工 | 合计 |
|----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|-----|-----|----|----|
| 人数 | 2    | 1   | 1   | 1   | 5   | 9    | 7   | 3   | 2  | 3   | 2   | 2  | 40 |

6. 材料与设备

本工法无需要特别的材料，采用的机具设备见表 6。

主要机具设备表

表 6

| 序 号 | 设备名称     | 型号及规格           | 单 位 | 数 量 | 用 途         |
|-----|----------|-----------------|-----|-----|-------------|
| 1   | 拌合站      | HZS50           | 座   | 1   | 用于拌制混凝土     |
| 2   | 混凝土拖泵    | HBT60A          | 台   | 1   | 输送混凝土入仓     |
| 3   | 混凝土搅拌运输车 | 6m <sup>3</sup> | 辆   | 3   | 水平运输混凝土     |
| 4   | 载重汽车     | 10t             | 辆   | 1   | 长货箱用于运输钢筋   |
| 5   | 针梁钢模     | 9m 长,φ8.5       | 套   | 1   | 混凝土衬砌       |
| 6   | 插入式振捣器   | φ50             | 台   | 6   | 振捣混凝土       |
| 7   | 附着式振捣器   |                 | 台   | 36  | 安装于钢板上振捣混凝土 |
| 8   | 污水泵      | 80WG            | 台   | 3   | 抽排施工废水      |
| 9   | 钢筋弯曲机    | GW40-1          | 台   | 1   | 钢筋加工        |
| 10  | 钢筋切断机    | GQ50-1          | 台   | 1   | 钢筋加工        |
| 11  | 电焊机      | AX5-500         | 台   | 6   | 钢筋加工        |

7. 质量控制

7.1 工程质量控制标准

隧洞衬砌混凝土施工质量执行《水电水利基本建设工程单元工程质量等级评定标准》（第 1 部分：

土建工程),混凝土单元工程的质量标准由基础面或混凝土施工缝、模板、钢筋、混凝土浇筑工序及混凝土外观等的质量标准组成。

1. 基础面或施工缝检查项目和质量标准按表 7.1-1 执行。

基础面或施工缝检查项目和质量标准

表 7.1-1

| 项 次  | 检 查 项 目   |         | 质 量 标 准           |
|------|-----------|---------|-------------------|
| 主控项目 | 1. 基础岩面   | 建基面     | 无松动岩块             |
|      |           | 地表水和地下水 | 妥善引排或封堵           |
|      | 2. 软基面    | 建基面     | 预留保护层已挖除,地质符合设计要求 |
|      | 3. 混凝土施工缝 | 表面处理    | 无乳皮、成毛面、微露粗砂      |
| 一般项目 | 1. 基础岩面   | 岩面清洗    | 清洗干净、无积水、无积渣杂物    |
|      | 2. 软基面    | 垫层铺填    | 符合设计要求            |
|      |           | 基础面清理   | 无乱石、杂物,坑洞分层回填夯实   |
|      | 3. 混凝土施工缝 |         | 清洗洁净、无积水、无积渣杂物    |

2. 模板质量检查项目和质量标准按表 7.1-2 执行。

模板质量检查项目和质量标准

表 7.1-2

| 项 类    | 检 查 项 目        |                 | 质 量 标 准           |      |
|--------|----------------|-----------------|-------------------|------|
|        |                |                 | 外露表面              | 隐蔽表面 |
| 主控项目   | 1. 稳定性、刚度和强度   |                 | 符合模板设计要求          |      |
|        | 2. 结构物边线与设计边线  | 外模板             | 0、-10mm           | 15mm |
|        |                | 内模板             | +10mm、0           |      |
|        | 3. 结构物水平截面内部尺寸 |                 | ±20mm             |      |
|        | 4. 承重模板标高      |                 | +5mm<br>0         |      |
| 一般项目   | 1. 模板平整度       | 相邻两板面高差         | 2mm               | 5mm  |
|        |                | 局部不平(用 2m 直尺检查) | 5mm               | 10mm |
|        | 2. 模板缝隙        |                 | 2mm               | 2mm  |
|        | 3. 模板外观        |                 | 规格符合设计要求,表面光洁、无污物 |      |
|        | 4. 脱模剂         |                 | 质量符合标准要求,涂抹均匀     |      |
|        | 5. 预留孔洞        | 中心线位置           | 5mm               |      |
| 截面内部尺寸 |                | +10mm、0         |                   |      |

注:1. 外露表面、隐蔽内面系指相应的混凝土结构物表面最终所处的位置。

2. 高速水流区、流态复杂部位、机电设备安装部位的模板,除参照表中要求外,还必须符合有专项设计的要求。

3. 混凝土浇筑质量检查项目和质量标准按表 7.1-3 执行。

混凝土浇筑质量检查项目和质量标准

表 7.1-3

| 项 类  | 检 查 项 目                   | 质 量 标 准                           |                       |
|------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
|      |                           | 优 良                               | 合 格                   |
| 主控项目 | 1. 入仓混凝土料(含原材料、拌合物及硬化混凝土) | 无不合格料入仓                           | 少量不合格料入仓,经处理满足设计及规范要求 |
|      | 2. 平仓分层                   | 厚度不大于振捣棒长度的 90%,铺设均匀,分层清楚,无骨料集中现象 | 局部稍差                  |

续表

| 项 类  | 检 查 项 目             | 质 量 标 准                          |                                           |
|------|---------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|
|      |                     | 优 良                              | 合 格                                       |
| 主控项目 | 3. 混凝土振捣            | 垂直插入下层 5cm,有次序,间距、留振时间合理,无漏振、无超振 | 无架空、无超振                                   |
|      | 4. 铺料间歇时间           | 符合要求,无初凝现象                       | 上游迎水面 15m 以内无初凝现象,其他部位初凝累计面积不超过 1%,并经处理合格 |
|      | 5. 混凝土养护            | 混凝土表面保持湿润,连续养护时间符合设计要求           | 混凝土表面保持湿润,但局部短时间有时干时湿现象,连续养护时间基本满足设计要求    |
| 一般项目 | 1. 砂浆铺筑             | 厚度不大于 3cm,均匀平整,无漏铺               | 厚度不大于 3cm,局部稍差                            |
|      | 2. 积水和泌水            | 无外部流入,泌水排除及时                     | 无外部流入,有少量泌水,且排除不及时                        |
|      | 3. 插筋、管路等埋设件以及模板的保护 | 保护好,符合要求                         | 有少量位移,处理及时,符合设计要求                         |
|      | 4. 混凝土浇筑温度          | 满足设计要求                           | 80%以上的测点满足设计要求,且单点超温不大于 3℃                |
|      | 5. 混凝土表面保护          | 保护时间、保温材料质量符合设计要求,保护严密           | 保护时间与保温材料质量均符合设计要求,保护基本严密                 |

4. 钢筋质量检查项目和质量标准按表 7.1-4 执行。

钢筋质量检查项目和质量标准

表 7.1-4

| 项 类  | 检 查 项 目               |               | 质 量 标 准                                      |
|------|-----------------------|---------------|----------------------------------------------|
| 主控项目 | 1. 钢筋的材质、数量、规格尺寸、安装位置 |               | 符合产品质量标准和设计要求                                |
|      | 2. 焊接接头的力学性能          |               | 符合规范及设计要求                                    |
|      | 3. 焊接接头和焊缝外观          |               | 不允许有裂缝、脱焊点和漏焊点,表面平顺,没有明显的咬边、凹陷、气孔等,钢筋不得有明显烧伤 |
|      | 4. 套筒的材质及规格尺寸         |               | 符合质量标准 and 设计要求,外观无裂纹或其他肉眼可见缺陷,挤压以后的套筒不得有裂纹  |
|      | 5. 钢筋接头丝头             |               | 符合规范及设计要求,保护良好,外观无锈蚀和油污,牙形饱满光滑               |
|      | 6. 接头分布               |               | 满足规范及设计要求                                    |
|      | 7. 螺纹匹配               |               | 丝头螺纹与套筒螺纹满足连接要求,螺纹结合紧密,无明显松动,以及相应处理方法得当      |
|      | 8. 冷挤压连接接头挤压道数        |               | 符合形式检验确定的道数                                  |
| 一般项目 | 1. 闪光对焊               | 接头处的弯折角       | $\leq 4^\circ$                               |
|      |                       | 轴线偏移          | $\leq 0.1d$ 且 $\leq 2\text{mm}$              |
|      | 2. 搭接焊或帮条焊            | 帮条对焊接头中心的纵向偏移 | $0.5d$                                       |
|      |                       | 接头处钢筋轴线的曲折    | $\leq 4^\circ$                               |
|      |                       | 长度            | $-0.5d$                                      |
|      |                       | 高度            | $-0.05d$                                     |
|      |                       | 宽度            | $-0.1d$                                      |
|      |                       | 咬边深度          | $0.05d$ , 不大于 1                              |
|      |                       | 表面气孔和夹渣       | 在 $2d$ 长度上的数量                                |
|      |                       |               | 不大于 2 个                                      |
|      |                       | 气孔、夹渣的直径      |                                              |
|      |                       | 不大于 3mm       |                                              |

续表

| 项 类             | 检 查 项 目              |               | 质 量 标 准           |                                                            |
|-----------------|----------------------|---------------|-------------------|------------------------------------------------------------|
| 一般项目            | 3. 熔槽焊               | 焊缝余高          | ≤3mm              |                                                            |
|                 |                      | 接头处钢筋中心线的位移   | ≤0.1d             |                                                            |
|                 | 4. 窄间隙焊              | 横向咬边深度        | ≤0.5mm            |                                                            |
|                 |                      | 接头处钢筋中心线的位移   | ≤0.1d 且 ≤2mm      |                                                            |
|                 |                      | 接头弯折          | ≤4°               |                                                            |
|                 | 5. 机械连接              | 带肋钢筋套筒冷挤压连接接头 | 压痕处套筒外形尺寸         | 挤压后套筒长度应为原套筒长度的 1.10~1.15 倍,或压痕处套筒的外径波动范围为原套筒外径的 0.8~0.9 倍 |
|                 |                      |               | 接头弯折              | ≤4°                                                        |
|                 |                      | 直螺纹连接接头       | 外露丝扣              | 无 1 扣以上完整丝扣外露                                              |
|                 |                      | 锥螺纹连接接头       | 拧紧力矩值             | 应符合 DL/T 5169 的要求                                          |
|                 |                      |               | 接头丝扣              | 无 1 扣以上完整丝扣外露                                              |
|                 | 6. 绑扎                | 搭接长度          | 应符合 DL/T 5169 的要求 |                                                            |
|                 | 7. 钢筋长度方向的偏差         |               | ±1/2 净保护层厚        |                                                            |
|                 | 8. 同一排受力钢筋间距的局部偏差    | 柱及梁中          | ±0.5d             |                                                            |
|                 |                      | 板及墙中          | ±0.1 倍间距          |                                                            |
|                 | 9. 同一排中分布钢筋间距的局部偏差   |               | ±0.1 间距           |                                                            |
|                 | 10. 双排钢筋,其排与排间距的局部偏差 |               | ±0.1 间距           |                                                            |
| 11. 梁与柱中钢筋间距的偏差 |                      | 0.1 倍箍筋间距     |                   |                                                            |
| 12. 保护层厚度的局部偏差  |                      | ±1/4 净保护层厚    |                   |                                                            |

注: $d$ 为钢筋直径。

5. 混凝土外观质量检查项目和质量标准按表 7.1-5 执行。

混凝土外观质量检查项目和质量标准

表 7.1-5

| 项 次  | 项 目           | 质 量 标 准 |                                                          |
|------|---------------|---------|----------------------------------------------------------|
|      |               | 优 良     | 合 格                                                      |
| 主控项目 | 1. 形体尺寸及表面平整度 | 符合设计要求  | 局部稍超出规定,但累计面积不超过 0.5%,经处理符合设计要求                          |
|      | 2. 露筋         | 无       | 无主筋外露,箍、副筋个别微露,经处理符合设计要求                                 |
|      | 3. 深层及贯穿裂缝    | 无       | 经处理符合设计要求                                                |
| 一般项目 | 1. 麻面         | 无       | 少量麻面,但累计面积不超过 0.5%,经处理符合设计要求                             |
|      | 2. 蜂窝、空洞      | 无       | 轻微、少量、不连续,单个面积不超过 $0.1\text{m}^2$ ,深度不超过骨料最大粒径,经处理符合设计要求 |
|      | 3. 碰损、掉角      | 无       | 重要部位不允许,其他部位轻微少量,经处理符合设计要求                               |
|      | 4. 表面裂缝       | 无       | 有短小、不跨层的表面裂缝,经处理符合设计要求                                   |

## 7.2 质量保证措施

混凝土外观质量控制措施主要包括：保证混凝土表面平整度、垂直度和平顺；控制混凝土表面蜂窝、气泡、麻面、错台、挂帘的出现；防止表面裂缝的出现；保持表面混凝土颜色一致。

### 7.2.1 保证表面平整度、垂直度和平顺

保证混凝土表面平整度、垂直度和平顺，使用优质的模板和合理的施工工艺是关键，采用刚度满足混凝土衬砌要求的上置式针梁钢模施工，其模板表面平整、光滑、平顺。为延长模板使用寿命和方便脱模，应使用脱模剂。

### 7.2.2 控制表面蜂窝、麻面、气泡、错台及挂帘的出现

控制表面蜂窝、麻面、气泡，需严格按照混凝土配合比，其次采取合理的入仓方式，混凝土入仓后立即并充分振捣，不允许出现仓面混凝土堆集。

为减少混凝土表面错台、挂帘的出现，要求模板与模板之间及钢模台车搭接环与老混凝土之间加固紧密，保证模板结合处不留缝隙。

### 7.2.3 防止表面裂缝出现

#### 1. 混凝土的温度控制

合理的温控措施能有效防止混凝土表面裂缝的出现，采取的主要温控措施如下：

1) 选用水化热低的水泥，在满足施工图纸要求的混凝土强度、耐久性和和易性的前提下，改善混凝土骨料级配，加优质的粉煤灰和外加剂以适当减少单位水泥用量降低水化热，并对灰罐采用自来水（山涧溪水）喷淋及遮阳的措施；

2) 为了减少料仓内的太阳辐射热，在骨料仓和皮带机上设防晒棚，必要时可采用在骨料仓（砂仓除外）上洒水蒸发降温或用冷水预冷骨料。骨料仓内骨料的堆积不小于 6m，以避免浅仓、空仓以防止辐射热；

3) 混凝土拌合时，应适当延长拌合时间，并尽量缩短混凝土运输及等待卸料时间，混凝土运输总时间按上述第 5.2.3 节第 4 款控制，高温季节时，可对混凝土搅拌运输车采取用湿麻袋覆盖加顶棚的做法或对混凝土运输车外进行洒水降温，以防止混凝土搅拌运输车直接受太阳暴晒导致混凝土温度回升，降低混凝土运输过程中的温度回升率。

4) 在高温季节施工，混凝土浇筑尽量安排在早晚、夜间。在混凝土浇筑过程中，应至少每 4h 用温度计测量混凝土出机口温度、入仓温度和现场浇筑温度。

#### 2. 混凝土变形缝和施工缝的设置

混凝土变形缝和施工缝的设置是否合理，也是导致混凝土产生裂缝的另一个原因，合理的分层分块对防止混凝土温度裂缝具有重要作用，根据以往施工经验分块长度为 9m 时较为合适，遇结构断面变化处设置结构缝。

### 7.2.4 保持表面颜色一致

保持混凝土表面颜色一致，要求水泥、粉煤灰及外加剂品种尽量选用同一厂家的产品，脱模剂的选择也应尽量是同一类型。并保持模板表面清洁。此外，施工过程中对已浇筑好的永久外露采取有效的保护措施，避免污物对外观颜色的影响或其他硬物对外观的磨损、破坏。

### 7.2.5 其他注意事项

1. 泵送混凝土入仓坍落度不大于 12cm 并保证混凝土浇筑的延续性。

2. 保证钢模台车模板组表面平整，模板安装偏差应符合规范要求且加固牢靠，在模板就位前必须刷脱模剂；严禁在模板上随意开孔，如果开了孔，在浇筑前必须用封口胶将孔口封严，补缝必须用旧层板、木条，并贴封口胶，避免出现漏浆。

## 8. 安全措施

8.1 认真贯彻执行“安全第一、预防为主”的方针，根据国家有关规定、条例，结合施工单位实

际情况和工程的具体特点,组成专职安全员和班组兼职安全员以及工地安全用电负责人参加的安全生产管理网络,执行安全生产责任制,明确各级人员的职责,完善安全检查工作制度。

**8.2** 施工现场按符合防火、防风、防雷、防洪、防触电等安全施工要求进行布置,并完善布置各种安全标识。

**8.3** 进入洞内的所有人员必须正确佩戴安全帽、防尘(毒)口罩、反光衣服等防护用品,不得穿拖鞋、赤脚及短裤,进入施工区,高空及危险作业要系好安全带,洞内施工应有充足的照明。

**8.4** 施工前应给作业人员进行安全技术交底,对作业人员进行安全教育,增强其安全意识和自我保护能力。

**8.5** 按规范要求,在钢模台车和钢筋台车上搭设安全作业平台,用钢管搭设栏杆,搭设方便人员上下的楼梯,并加固牢靠。

**8.6** 电工作业人员经常检查电气线路,作业人员及时反映情况,相互沟通。

**8.7** 特种作业人员应进行现场用火安全教育,充分认识了解现场情况。

**8.8** 危险作业必须按要求进行个体安全防护,并进行安全教育,使作业人员具有正确使用安全防护用具的能力。

**8.9** 制定车辆专项管理制度,规范行车安全管理,对施工便道进行保养维护,对车辆进行定期检查、检修。

## 9. 环保措施

**9.1** 成立对应的施工环境卫生管理机构,在工程施工过程中严格遵守国家和地方政府下发的有关环境保护的法律、法规和规章,加强对施工燃油、工程材料、设备、废水、生产生活垃圾、弃渣的控制和治理,遵守有关防火及废弃物处理的规章制度,做好交通环境疏导,随时接受相关单位的监督检查。

**9.2** 生产废水含泥量高,污染物主要为悬浮物,直接排放对水源环境影响较大;因此,对于混凝土搅拌合仓面冲洗等产生的生产废水必须引入隧洞(或施工支洞)排水沟汇集到洞口污水处理池,经三级沉淀处理后排放,沉淀池定期清理,统一运至弃渣场。

**9.3** 废油的处理措施:停车场和全部维修车间全部用混凝土铺面,场地四周设置截油槽,集中并入集油池,定期清理集油池,集中焚烧;杜绝任何油污进入水獭排冲沟。加强对施工人员的管理,严格执行油类使用制度。

**9.4** 施工中优先选用先进的环保机械。采取设立隔声墙、隔声罩等消声措施降低施工噪声到允许值以下。

**9.5** 对施工场地道路进行硬化,并在晴天经常对施工通行便道进行洒水,防止尘土飞扬,污染周围环境。

## 10. 效益分析

### 10.1 经济效益

#### 1. 直接经济效益

传统隧洞混凝土衬砌施工中,采用拱架立模或顶、底模台车进行衬砌作业,顶拱和底拱分开浇筑,设有一水平施工缝。当利用目前国内水电工程中流行的顶、底模台车浇筑时,劳动力投入与针梁钢模相近,但仍存在水平施工缝,工序循环次数多;采用上置式针梁钢模配合底拱翻转模板人工抹面进行全断面混凝土衬砌施工工艺一次成形浇筑混凝土,取消了水平施工缝。在2h内可以完成钢模的定位和