

螺钉) 并能承受 4 吨以上的拉力。

此外, 对电源、水源、洗井池、冷却水池等均按规定的准备好, 方可将钻机运到现场, 进行安装调试。

3) 钻机安装

钻机运至施工现场后, 按钻孔中心找正钻机位置, 保证钻机竖起后的旋转中心与钻孔中心相重合。锁紧卡轨器, 便可按照规定的程序进行安装。

4) 钻机调试

钻机安装调整好后, 应全面检查各部件安装是否准确, 然后才能开泵。开泵后应先观察主付泵压力表, 其空载压力为: 主泵 0.8~1.2 兆帕, 付泵 0.1~0.2 兆帕, 若压力超过应检查处理, 正常后方可启动液压马达和主液压缸, 一切无误后, 方可接上开孔钻杆及导孔钻头进行开孔钻进。

5) 开孔钻进

开孔一般为 5~8 米, 开孔完成后, 拆出扶正器、换下开孔钻杆, 接上正常钻进的钻具组合, 进入正常的导孔钻进。

6) 导孔钻进

一般情况下, 导孔钻进转速应高于开孔钻进钻速, 所以调节动力头出转速, 可用 II 档或 III 档。钻压控制, 一般情况下, 对于松软地层和过渡地层应采用低钻压, 对于硬岩和稳定地层采用高钻压。

7) $\varnothing 1.4\text{m}$ 扩孔钻进

导孔钻透后, 在下平段用卸扣器将导孔钻头和异型钻杆卸下, 接上 $\varnothing 1.4\text{m}$ 扩孔钻头。调节动力水龙头出轴钻速为额定值。拆去冲洗液软管, 用一三通将冷却水泵的水分出一部分供扩孔钻头, 以冷却钻头和消除烟尘。在扩孔钻头未全部进入钻孔时、为防止钻头剧烈晃动而损坏刀具, 应使用低钻压、低钻速, 待钻头全部进入后, 方可加压钻进。

8) $\varnothing 2.0\text{m}$ 扩孔钻进

在 $\varnothing 1.4\text{m}$ 扩到上水平后, 拆下 $\varnothing 1.4\text{m}$ 扩孔钻头, 换上 $\varnothing 2.0\text{m}$ 扩孔钻头。同 $\varnothing 1.4\text{m}$ 扩孔一样, 用小钻压开孔, 待钻头整个进入孔内后, 方可加压钻进。钻进到稳定器出露停钻, 将钻头卡在井口位置, 钻机拆离井口, 采用放小炮松动岩石, 用人工方法去掉上部岩石, 露出扩孔钻头, 以便将钻头提出井孔。

反井钻机导孔施工见图 6-12。

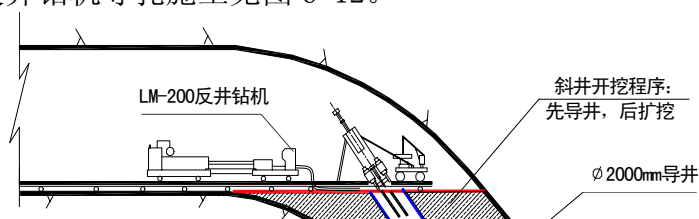


图 6-12 导孔施工方法示意图

(2) 斜井扩挖施工

斜井段扩挖采用 YT-28 气腿钻人工从上而下钻爆，设计岩石面采用光面爆破。由于斜井段岩石较差，以IV、V类围岩为主，施工分层一般为 2.0m。为了便于施工出碴，减少人工扒碴量，采用漏斗状分层施工。随斜井井体向下扩挖，在下侧井壁设置钢爬梯供施工人员上下，爬梯由 $\Phi 22$ 钢筋焊接而成，与井壁支护锚杆焊接固定。溜至斜井下部的爆破石碴，采用 3m^3 侧翻装载机装 15t 自卸汽车运至右岸下游河心坝弃碴场，平均运距 3.8km。斜井开挖方法见图 6-13。

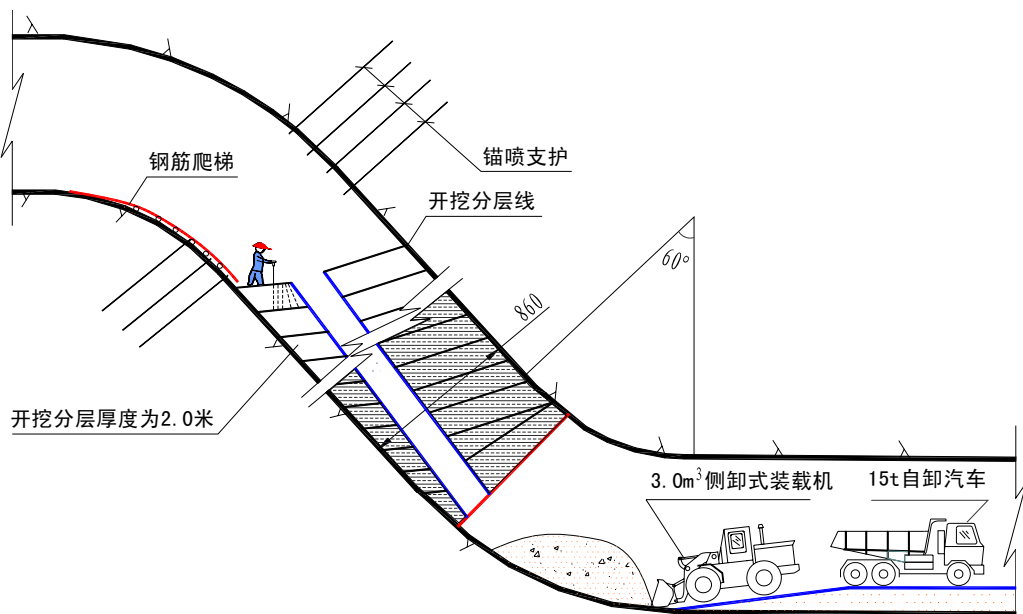


图 6-13 斜井开挖施工方法示意图

6.3.4 钻孔与爆破

一、发电洞平洞段上半洞开挖钻爆。

(1) 钻孔：发电洞平洞段上半洞开挖采用 H178 三臂钻钻孔，孔径 50mm。

(2) 爆破设计

发电洞平洞段上半洞开挖采用楔形掏槽方式，周边光面爆破。IV、V类围岩部位及向斜地质构造等特殊部位的爆破，采用“短进尺、弱爆破，周边孔加密布置，隔孔装药爆破”的方式，尽量降低单响药量，最大限度地降低爆破震动对围岩的不利影响。

炸药采用 2#岩石乳化炸药、雷管采用非电毫秒微差雷管。周边孔采用竹片或导爆索分节间隔装药，爆破孔采用柱状连续装药，堵塞采用砂和粘土的混合物。

光面爆破参数一般应通过试验确定，施工中可按照选定的参数，总结每次爆破效果，测量半孔率和轮廓的不平整度；采用声波测量仪器时，可测定围岩受爆破影响程度，不断调整光爆参数。初始施工根据经验公式选定各项参数。

根据招标文件技术条款“II、III类围岩循环进尺不应大于 3.5m，IV类围岩的循环进尺不应大于 2.2m，V类围岩的循环进尺不应大于 1.2m”的规定，本标对不同类型围岩的循环进尺选用如下：II、III类围岩循环进尺为 3.0m，IV类围岩的循环进尺为 2.0m，V类围岩的循环进尺为 1.0m。

以发电洞平洞段上半洞II、III类围岩爆破设计参数为例，说明爆破设计参数选用。

发电洞上半洞II、III类围岩爆破设计参数表

表 6-6

炮孔类型	炮孔直径	药卷直径	炮孔孔深	炮孔间距	抵抗线	装药量
光爆孔	50	Ø 25	3.3	45~50	1.8~2.4	110~160g/m
崩落孔	50	Ø 32	3.3	80~90	1.8~2.4	120~170g/m
掏槽孔	50	Ø 32	3.6	30~90	1.8~2.4	120~170g/m
备注	1.炸药采用 2#岩石乳化炸药； 2.周边孔采用 Ø 25mm 直径药卷，其余采用 Ø 32mm 直径药卷； 3.爆破参数在施工过程中根据现场试验进行优化调整。					

发电洞典型断面半径 R=4.8m，炮孔布置按 R=4.8m 断面进行设计，上半洞设计高度 7.8m，断面面积为 63.09 m²，共布置炮孔 110 个，平均 1.75 个孔/m²，

孔径为 $\Phi 50$ ，孔深为 3.0~3.6m。发电洞上半洞 II、III类围岩洞挖炮孔布置见图 6-14。

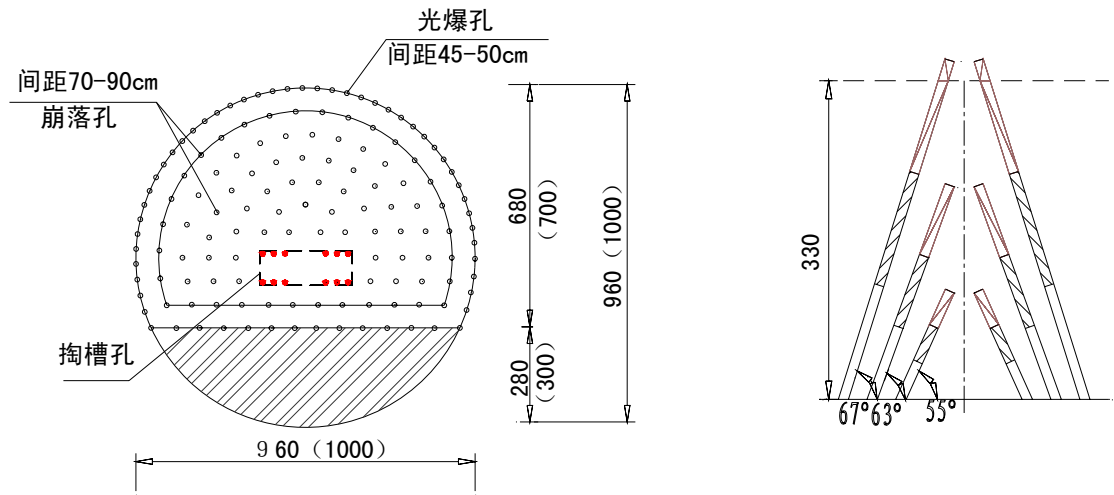


图 6-14 发电洞上半洞炮孔布置图

二、斜井段钻孔爆破

(1) 钻孔

导井开挖采用反井钻机施工，通过二次扩孔形成直径为 2.0m 的导井，斜井段扩挖采用 YT-28 手风钻钻孔进行扩挖。

(2) 爆破

斜井段扩挖周边采用光面爆破，斜井段半径为 4.3m，剩余扩挖断面面积为 54.92m²，共布置 5 圈炮孔，周边孔间距为 40~45cm，崩落孔间距为 70~90cm，共布置炮孔 137 个，平均 2.49 个孔/m²，孔径为 45，孔深为 2.3m，设计循环进尺为 2.0m。炸药采用 2#岩石乳化炸药、雷管采用非电毫秒微差雷管。周边孔采用竹片分节装药，爆破孔采用柱状连续装药，堵塞采用砂和粘土的混合物。斜井段扩挖爆破设计参数见表 6-7。斜井段扩挖炮孔布置图见图 6-15。

斜井段扩挖爆破设计参数表

表 6-7

炮孔类型	炮孔直径 (mm)	药卷直径 (mm)	炮孔孔深 (m)	炮孔间距 (cm)	抵抗线 (cm)	装药量
光爆孔	45	Φ 25	2.3	40~45		120~160g/m
崩落孔	45	Φ 32	2.3	70~90	55~60	120~170g/m
备注	1.炸药采用 2#岩石乳化炸药； 2.周边孔采用 Φ 25mm 直径药卷，其余采用 Φ 32mm 直径药卷； 3.爆破参数在施工过程中根据现场试验进行优化调整。					

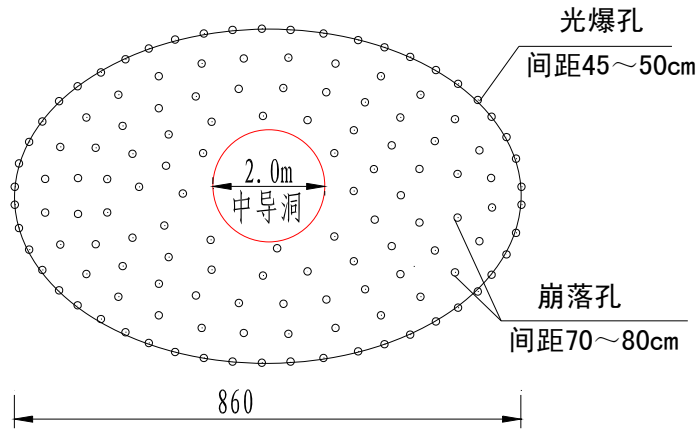


图 6-15 斜井段扩挖炮孔布置示意图

6.3.5 循环作业时间及循环进尺

发电洞上半洞开挖循环作业时间见表 6-8。

斜井扩挖循环作业时间见表 6-9。

发电洞上半洞洞挖循环进尺时间表

表 6-8

序号	工序名称	II、III类围岩		IV类围岩		V类围岩	
		工程量	作业时间 (min)	工程量	作业时间 (min)	工程量	作业时间 (min)
1	测量放线		30		30		30
2	钻孔	110孔	270	120孔	210	110孔	180
3	装药连线		30		30		30
4	人员退场		15		15		15
5	爆破通风散烟		45		45		45
6	清理围岩		40		40		40
7	出碴	165m ³	350	120m ³	300	60m ³	180
8	临时支护		30		360		600
9	其他		20		20		20
10	循环时间		830		1050		1140
11	循环进尺 (m)		3.0		2.0		1.0
12	月进尺 (m)		108		57		26

斜井扩挖循环进尺时间表

表 6-9

序号	项 目	工程量	作业时间 (min)
1	测量放线		30
2	钻孔	137 个孔	800
3	装药连线		60
4	人员退场		30
5	爆破通风散烟		40
6	清理围岩		30
7	出碴	110m ³	220
8	临时支护		300
9	其他		20
10	循环时间		1530
11	循环进尺 (m)	2. 0m	
12	月进尺 (m)	39m	

6.4 泄洪排砂洞龙抬头段洞挖方法

6.4.1 施工程序

泄洪排砂洞龙抬头段开挖分层见图 6-16。

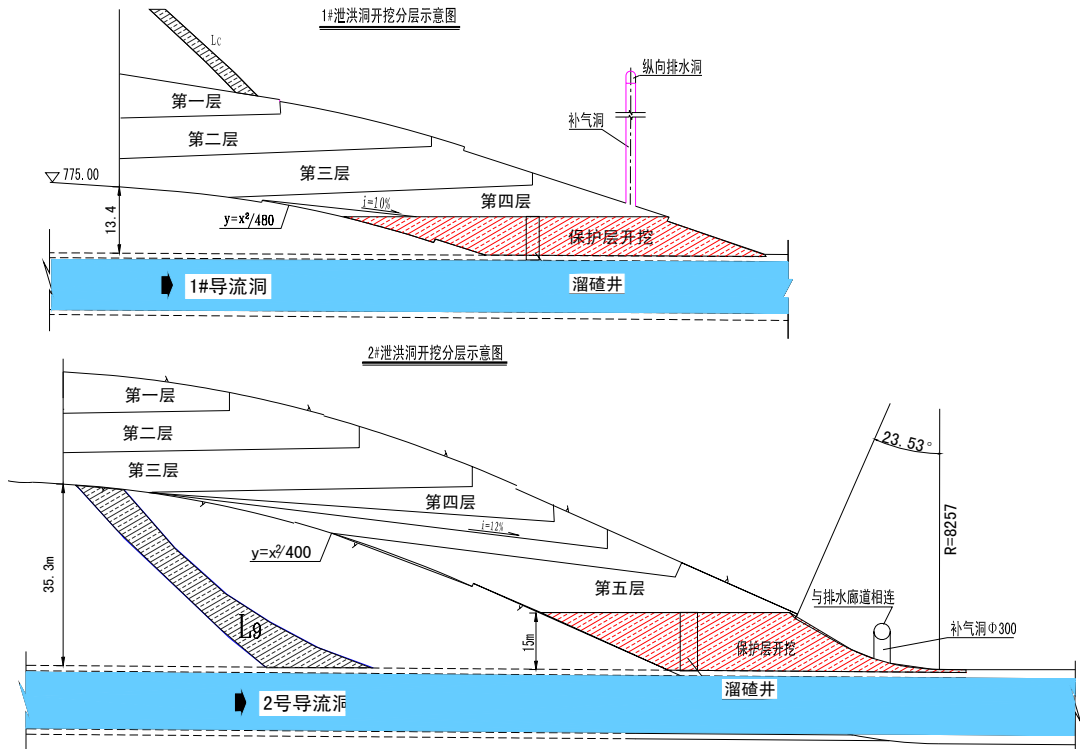


图 6-16 泄洪洞开挖分层图

泄洪排砂洞龙抬头段施工程序为：隧洞锁口施工→第一、二层开挖支护→第三层开挖支护→第四层开挖支护→第五层开挖支护→导流洞下闸封堵→保护层溜碴井开挖及渐变段砼拆除→保护层开挖。

6.4.2 开挖方案与工期安排

(1) 开挖方案

泄洪排砂洞龙抬头段进行开挖时，进水口土石方明挖已由其它承包商开挖至底板（仅预留 2.0m 保护层）。由于泄洪排砂洞开挖断面大，洞口开挖最大断面为 14×23.6m，进口隧洞顶部距引渠底板高差在 20m 左右。2#洞洞口有 L9 层间剪切破碎带穿过，给进洞施工造成很大的难度。

本标开挖施工拟定在 2#泄洪排砂洞进口顶拱部位进行固结灌浆，固结软弱岩石，再采用管棚法进洞施工，隧洞施工临时支护紧跟开挖工作掌子面进行。洞内开挖采用分层开挖施工，分层高度为 7.0~8.0m，开挖掌子面保持倾斜坡度，尽可能采用 CAT330（1.6m³）液压挖掘机挖装 15t 自卸汽车运输，以加快施工进度。为确保导流洞在汛期过流（有压流）状态下围岩的稳定，泄洪洞结合段预留 15m 厚的保护层，待导流洞下闸后进行开挖。开挖施工主要施工机械特性见表 6-10。

主要施工机械设备特性表

表 6-10

液压挖掘机		自卸汽车	
外形尺寸 (m)	11×3.34×3.29 (长×宽×高)	外形尺寸 (m)	7.19×2.5×3.13 (长×宽×高)
斗容量 (m ³)	1.6	车厢尺寸 (m)	4.3×2.29×0.97 (长×宽×高)
最大挖掘半径	11.03m	允许载重	15.3t
最大挖掘深度	7.49m	最高车速	90km/h
最大挖掘高度	10.14m	最小转弯半径	9.5m
爬坡能力	35°	爬坡能力	43.3%
功率	165 KW	额定功率	210kw
整机重量	33.7t	汽车自重	11.3t

(2) 工期安排

2003 年 4 月 1 日~2003 年 6 月 30 日，进行 1#和 2#泄洪洞非结合段开挖支

护。

2004年10月1日~2004年11月30日，进行1#泄洪洞保护层开挖及结合段混凝土拆除施工。

2004年12月1日~2005年1月1日，进行2#泄洪洞保护层开挖及结合段混凝土拆除施工。

6.4.3 开挖方法

一、泄洪排砂洞第 I、II 层开挖施工方法

泄洪排砂洞第 I、II 层开挖采用短台阶法施工，第一层领先于第二层 9~12m。钻孔采用 YT-28 气腿钻，孔径 $\Phi 45\text{mm}$ ，楔形掏槽方式，设计周边采用光面爆破，非电毫秒微差爆破网络起爆。为确保洞室的稳定，隧洞支护紧跟开挖掌子面，当第一层支护稳定后，第二层再开挖向前推进。

开挖出碴采用从进口明渠垫碴至第三层顶部，形成纵坡为 8% 的施工道路，施工出碴设备上至第二层开挖掌子面出碴。第一层爆破后，石碴留在 9~12m 宽的台阶上的石碴，采用人工手推车清理至下层掌子面，再采用 ZL50C (3.0m^3) 侧卸式装载机挖装 15t 自卸汽车运输。

泄洪洞 I、II 层开挖方法见图 6-17。

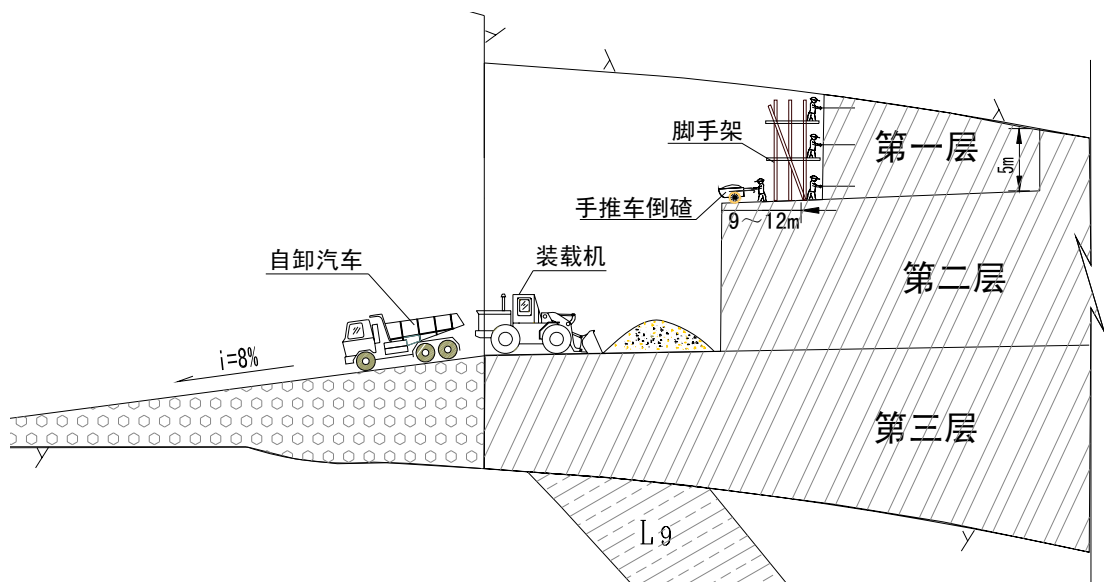


图 6-17 泄洪洞第 I、II 层开挖方法图

二、泄洪排砂洞第 III、IV、V 层开挖施工方法

泄洪排砂洞第 III、IV 层开挖采用 ROC742 液压钻钻孔梯段爆破施工，YT-28 气腿钻辅助钻孔，设计周边采用预裂爆破，非电毫秒微差爆破网络起爆。预裂孔

采用竹片分节间隔装药，爆破孔采用柱状连续装药，采用砂和粘土的混合物堵塞。

2#泄洪洞第V层开挖随着开挖掌子面下卧，在大面超过 12%的斜坡面后，轮胎式机械无法直接进入掌子面施工。此时在泄洪洞进口底板上设 2 台 10t 卷扬机，采用 10t 卷扬机牵引 5t 自卸汽车出入隧洞，另根据实施情况，可利用推土机进行牵引，自卸汽车直接在开挖掌子面上装碴运输至弃碴场。开挖掌子面采用 1 台 CAT330 (1.6m³) 挖装，5t 自卸汽车运输。

泄洪洞III、IV、V层开挖方法见图 6-18。

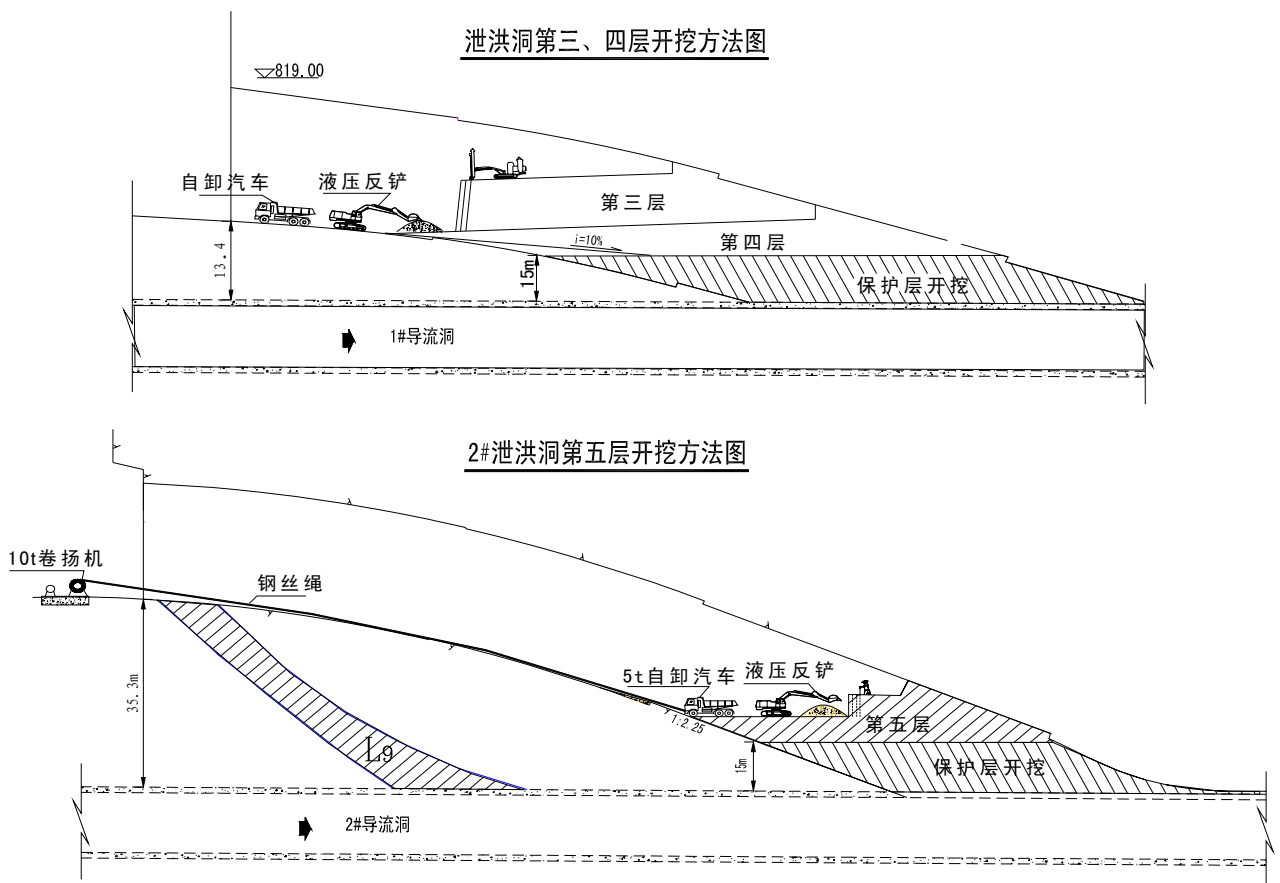


图 6-18 泄洪洞第III、IV、V层开挖方法图

三、保护层开挖及碴拆除

保护层开挖及结合段混凝土拆除安排在导流洞下闸后进行，具体施工方法参见《第八章 1#、2#泄洪排砂洞改造》相关内容。

6.4.4 钻孔与爆破

一、泄洪排砂洞第 I、II 层钻孔爆破

采用 YT28 手风钻钻孔；中部岩体采用楔形掏槽，周边采用光面爆破。炸药选用 2#岩石乳化炸药、雷管选用非电毫秒微差雷管。周边光爆孔采用竹片分节间隔装药，崩落孔采用柱状连续装药，堵塞采用砂和粘土的混合物。

第 I、II 层开挖爆破设计参数见表 6-11。

泄洪排砂洞第 I、II 层开挖爆破设计参数表

表

6-11

炮孔类型	炮孔直径 (mm)	药卷直径 (mm)	炮孔孔深 (m)	炮孔间距 (cm)	抵抗线 (m)	装药量
光爆孔	45	Ø 25	2.5~3.0	45~50	1.8~2.4	110~160g/m
崩落孔	45	Ø 32	2.5~3.0	80~90	1.8~2.4	120~170g/m
掏槽孔	45	Ø 32	3.0~3.5	40~60	1.8~2.4	120~170g/m
备注	1.炸药采用 2#岩石乳化炸药; 2.爆破参数在施工过程中根据现场试验进行调整优化。					

泄洪排砂洞炮孔布置见图 6-20。

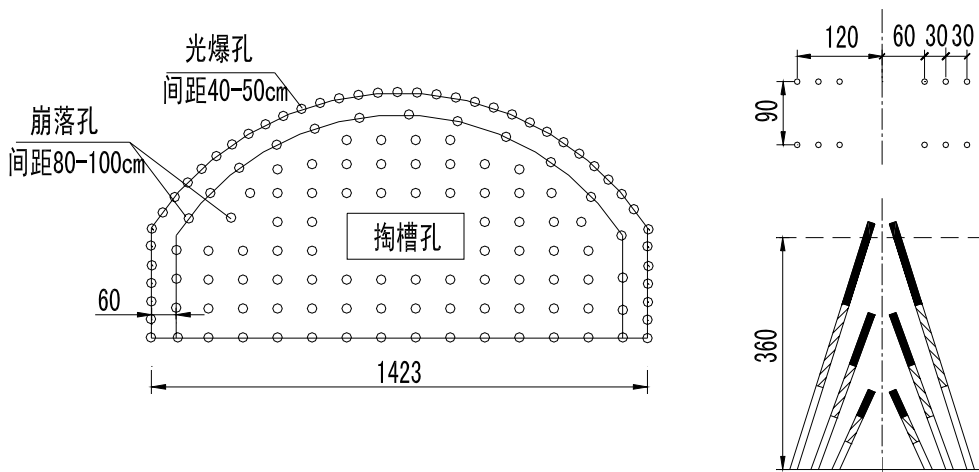


图 6-20 泄洪排砂洞第一层炮孔布置图

二、泄洪排砂洞III、IV、V层钻孔爆破

泄洪排砂洞第III、IV层开挖采用 ROC742 液压钻钻孔梯段爆破施工，YT-28 气腿钻辅助钻孔，孔径 $\Phi 50\text{mm}$ ，设计周边采用预裂爆破爆破，非电毫秒微差爆破网络起爆。

泄洪排砂洞III、IV、V层爆破设计参数见表 6-12。

泄洪洞III、IV、V层爆破设计参数表

表 6-12

炮孔类型	炮孔直径 (mm)	药卷直径 (mm)	炮孔孔深 (m)	炮孔间距 (cm)	抵抗线 (cm)	装药量
预裂孔	50	Ø 25	6.7	80~120		390g/m
爆破孔	100	Ø 32	6.7	180~220	150~200	0.8~1.4kg/m ³

泄洪排砂洞III、IV、V层开挖布孔见图 6-21。

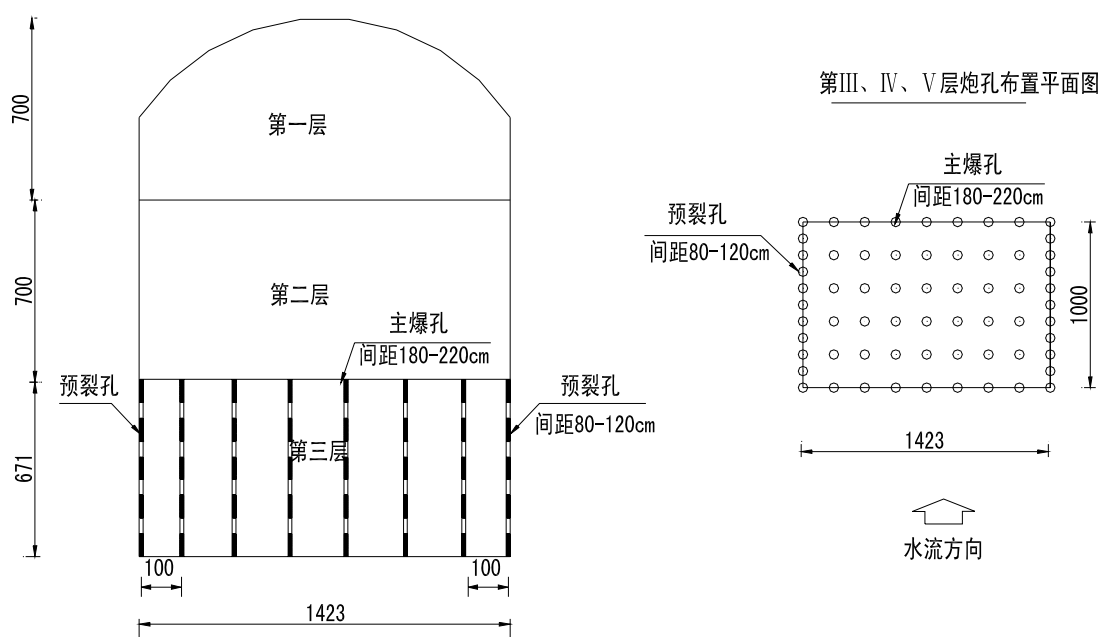


图 6-21 泄洪排砂洞III、IV、V层炮孔布置图

6.4.5 泄洪排砂洞作业时间

泄洪排砂洞 I、II层开挖作业循环时间见表 6-13。

泄洪排砂洞 I、II 层作业时间表

表

6-13

序号	工序名称	II、III类围岩		IV类围岩		V类围岩	
		工程量	作业时间 (min)	工程量	作业时间 (min)	工程量	作业时间 (min)
1	测量放线		30		30		30
2	钻孔	150孔	360	120孔	270	110孔	180
3	装药连线		30		30		30
4	人员退场		20		20		20
5	爆破通风散烟		30		30		30
6	清理围岩		20		40		40
7	出碴	210m ³	360	120m ³	300	60m ³	180
8	临时支护		60		360		540
9	其他		20		20		20
10	循环时间		930		1100		1070
11	循环进尺 (m)		3.0		2.0		1.0
12	月进尺 (m)		96		54		28

6.5 冲砂放空洞开挖

6.5.1 施工程序

冲砂放空洞开挖施工程序为：①进口桩号冲 0+000.00～冲 0+060.00 段开挖支护→②检修闸门井和出口桩号冲 0+581.16～冲 0+527.06 段开挖支护→③进口叠梁室浇筑→④由出口进行冲砂洞剩余洞段开挖支护→⑤出口工作室竖井开挖支护。

冲砂洞施工程序见图 6-22。

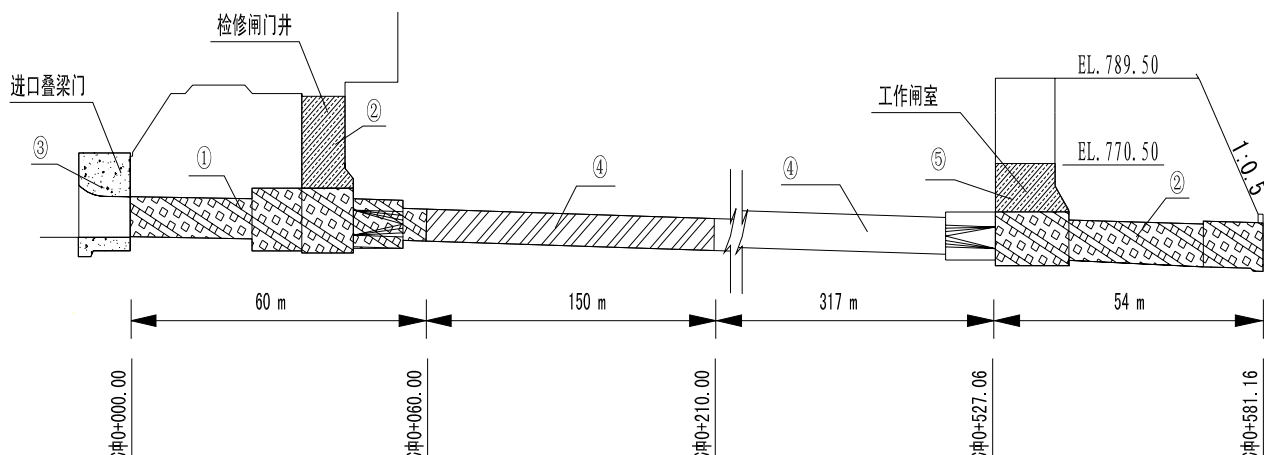


图 6-22 冲砂洞开挖程序图

6.5.2 开挖方案及工期安排

一、开挖方案

由于冲砂放空洞开挖典型断面为圆形，II、III类围岩段开挖断面直径为5.6m，断面小，采用大型机械施工洞内扩挖工程量大。因此冲砂放空洞开挖采用小型设备施工，钻爆设备选用H174二臂钻，出碴设备选用NKL-20扒碴机挖装，5t自卸汽车运输。各主要施工设备特性见表6-14。

主要施工设备特性表

表 6-14

H174 二臂钻		NKL-20 扒碴机	
外形尺寸 (m)	13.4×2.5×3.05 (长×宽×高)	外形尺寸(m)	9.128×1.87×2.609 (总长×总宽×总高)
最大掘进断面	12.4×8 (宽×高)	斗容量	0.12m ³
孔径 (mm)	Φ38~51~102	最大挖掘半径	4.544m
最大钻孔深度	4305mm	最大挖掘高度	4.728m
最大推进力	12.5 KN	最大挖掘深度	1.413m
电源电压	380~660 V	装载能力	150m ³
总功率	100 KW	额定功率	45kw
总重	24.2t	整机重量	13t

进口检修闸门井和出口工作闸室竖井开挖，为了加快开挖进度确保工程施工质量，采用先导井、后扩挖，用装载机在冲砂洞内出碴的施工方案。

为确保洞室内开挖施工安全，隧洞施工临时支护紧跟开挖工作掌子面进行。根据我局在紫平铺导流洞下标段工程中的施工经验，拟定II、III类围岩临时支护滞后于开挖掌子面15~20m，IV、V类围岩临时支护与开挖掌子面推进同步进行。竖井分层护壁混凝土完成后，再进行下部开挖。

二、工期安排

2002年10月15日~2002年11月30日，冲砂洞进口；

2002年12月1日~12月31日，进口检修闸门井开挖，工期1个月；

2003年4月1日~2003年5月15日，桩号冲0+60~冲0+210开挖支护，工期1.5个月；

2002年12月15日~2003年7月15日，冲砂洞桩号冲0+581~冲0+210开挖支护，工期7个月；

2003年7月15日~7月31日，进行工作闸室开挖，工期0.5个月。

冲砂放空洞开挖时间安排见图《引水系统施工总进度表》图号“ZPP-C II（投）-3-1”。根据施工进度安排，冲砂洞开挖进度指标为：

II、III类围岩开挖月进尺为80m/月；

IV类围岩开挖月进尺为40m/月；

V类围岩开挖月进尺为20m/月。

6.5.3 开挖方法

一、冲砂放空洞开挖施工方法

开挖采用全断面开挖，H174二臂钻钻孔，楔形掏槽方式、周边光面爆破、非电毫秒微差起爆网络爆破。出碴采用NKL-20（150m³/h）扒碴机挖装，5t自卸汽车运输。冲砂放空洞施工方法见图6-23。

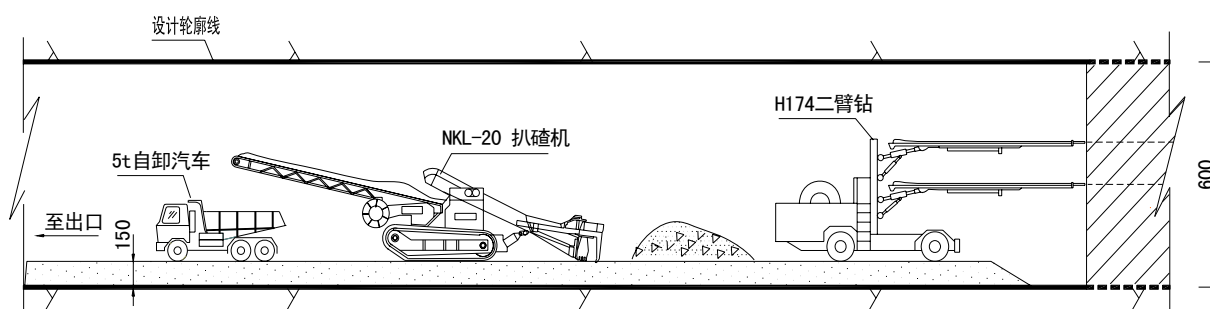


图6-23 冲砂放空洞开挖施工方法示意图

二、竖井开挖施工方法

(1) 导井开挖

开挖采用先导井、后扩挖的方式施工。导井施工采用“钻孔反爆法”，用KQJ-100B潜孔钻机进行导井造孔，采用人工自上而下吊线装药至底部，然后自下而上反向爆破，每次爆破长度1.0~1.5m。

导井开挖的钻孔事故的预防及处理：

① 坍孔

坍孔原因：由于开挖竖井地质条件差，钻孔钻进进尺太快，炮孔暴露时间过长可导致坍孔事故发生。

坍孔预防措施：在地质条件差洞段，控制小进尺钻孔钻进；缩短炮孔暴露

时间，每个炮孔成型后，立即组织人员进行装药堵塞。

坍孔处理：采用钻机的高风压将坍碴吹出孔外。

② 钻孔偏斜

偏斜原因：在有倾斜的软硬地层交界处，岩面倾斜处钻进，钻头受力不均；钻机底座未安置水平或产生不均沉陷、位移。钻杆弯曲，接头不正。

预防和处理：安转钻机时使底座水平，稳定。钻杆接头应逐个检查，及时调正，当钻杆弯曲时，要用千斤顶及时调直。在有倾斜的软、硬地层钻进时，控制进尺，低速钻进。

③ 钻杆折断

一旦发生折杆，钻机的负荷立即减轻，驱动机械的运转噪声减小，钻进速度接近于零，即使提钻后再钻进仍无效，则证明确系发生了折杆事故。

折断原因：钻进中选用的钻速不当，使钻杆所受的扭矩或弯曲等应力增大，因而折断；钻杆使用过久，连接处有损伤或接头磨损过甚；地质坚硬，进尺太快，使钻杆超负荷工作；空中出现异物，突然增加阻力而没有及时停钻。

预防和处理：不使用弯曲严重的钻杆，要求各节钻杆的连接和钻杆与钻头的连接丝扣完好；钻进过程中要经常检查钻具各部分的磨损情况和接头强度是否足够，不合要求的及时更换；在钻进中若遇异物，须处理后再钻进。

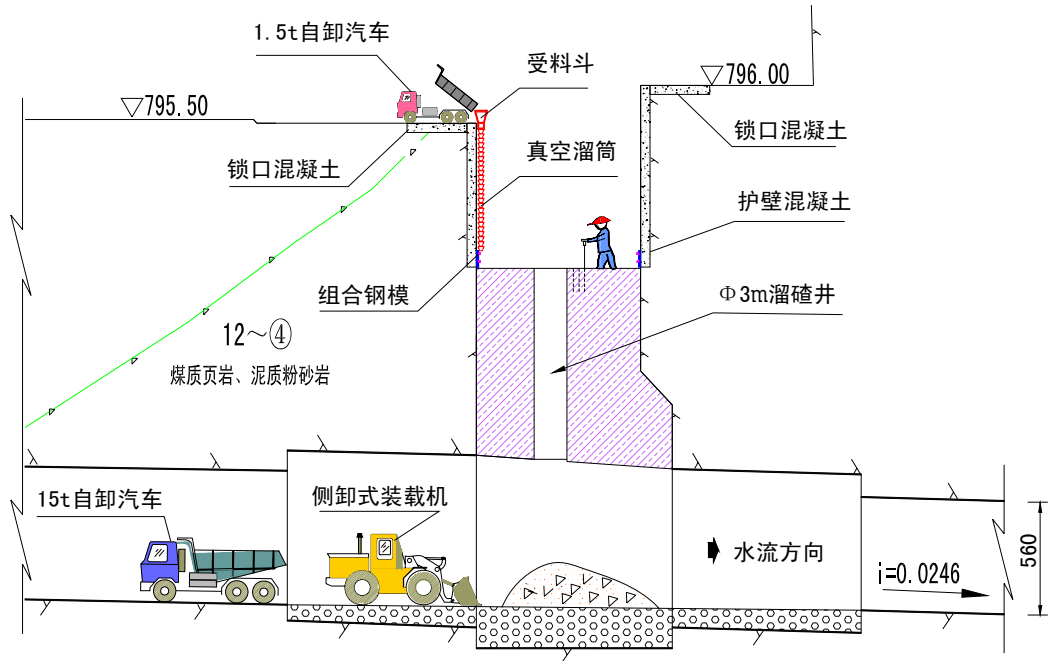
(2) 竖井扩挖

竖井段扩挖采用 YT-28 气腿钻人工自上而下钻爆，设计岩石面采用光面爆破，溜至斜井下部的爆破石碴，采用 3m^3 侧翻装载机装 15t 自卸汽车运输。随竖井井体向下扩挖，在井壁设置钢爬梯供施工人员上下，爬梯由 $\phi 22$ 钢筋焊接而成，与井壁支护锚杆焊接固定。

为确保竖井开挖的施工安全，井壁的支护随开挖掌子面下降同时施工，即每向下开挖一层（约 1~1.5m）立即进行系统锚杆和护壁混凝土施工。护壁混凝土厚度 30~50cm，采用普通组合钢模板，利用拉杆固定模板。混凝土生产采用布置在附近的 0.375m^3 移动式拌合机机拌制，1.5t 自卸汽车运输，溜筒入仓。

竖井开挖方法见图 6-24。

检修闸门井开挖方法图



工作闸室开挖方法

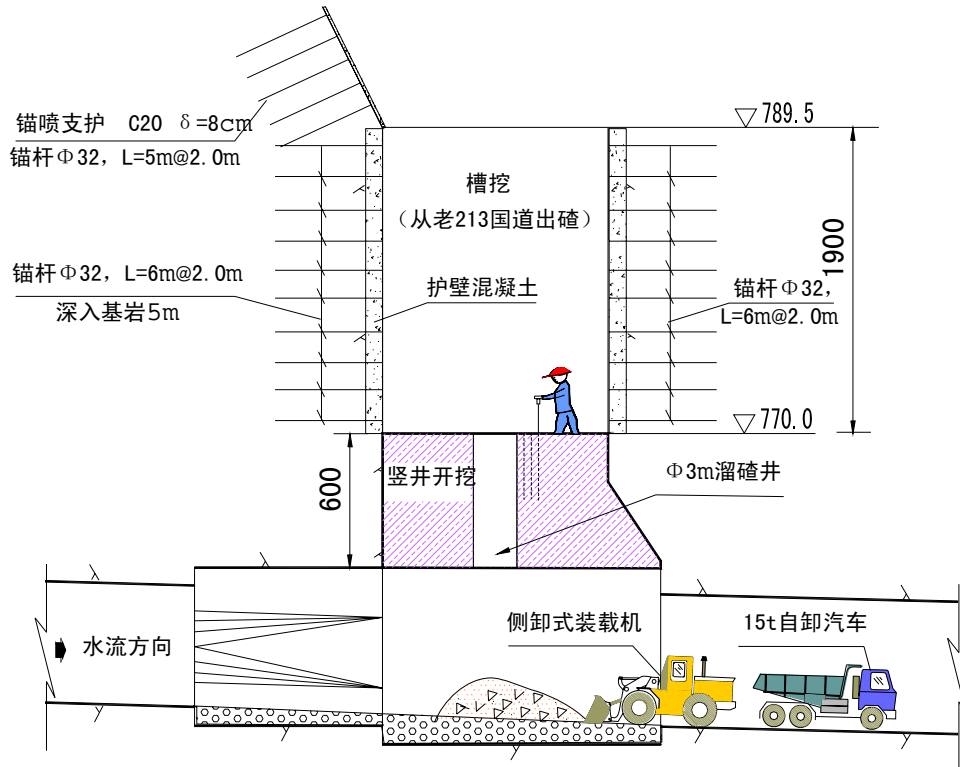


图 6-24 竖井开挖施工方法示意图

6.5.3 钻孔与爆破

一、冲砂防空洞

(1) 钻孔：冲砂防空洞开挖采用 H174 二臂钻钻孔，孔径 $\Phi 50\text{mm}$ 。

(2) 爆破设计

以冲砂防空洞 II、III 类围岩爆破设计参数为例，说明爆破设计参数选用。

冲砂防空洞 II、III 类围岩爆破设计参数表

表 6-15

炮孔类型	炮孔直径 (mm)	药卷直径 (mm)	炮孔孔深 (m)	炮孔间距 (cm)	抵抗线 (m)	装药量
光爆孔	50	$\Phi 25$	3.3	45~50	1.8~2.4	110~160g/m
崩落孔	50	$\Phi 32$	3.3	80~90	1.8~2.4	120~170g/m
掏槽孔	50	$\Phi 32$	3.6	30~90	1.8~2.4	120~170g/m
备注	1. 炸药采用 2# 岩石乳化炸药； 2. 周边孔采用 $\Phi 25\text{mm}$ 直径药卷，其余采用 $\Phi 32\text{mm}$ 直径药卷； 3. 爆破参数在施工过程中根据现场试验进行优化调整。					

冲砂防空洞开挖以断面半径 $R=2.8\text{m}$ ，炮孔布置按 $R=2.8\text{m}$ 断面进行设计，断面面积为 24.62 m^2 ，共布置炮孔 60 个，平均 $2.43\text{ 个孔}/\text{m}^2$ ，孔径为 $\Phi 50$ ，孔深为 $3.0\sim 3.6\text{m}$ 。冲砂防空洞 II、III 类围岩洞挖炮孔布置见图 6-25。

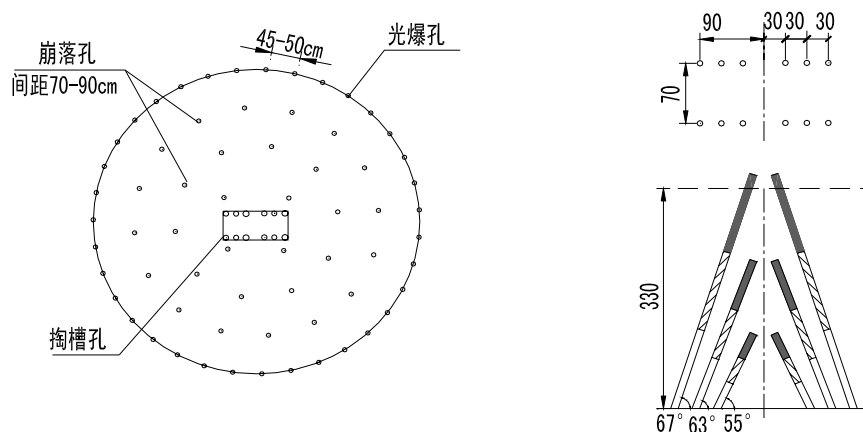


图 6-25 冲砂洞上半洞炮孔布置图

二、导井施工

导井钻孔采用 KQJ-100B 潜孔钻机进行导井造孔，孔径 $\Phi 80\text{mm}$ ，人工自上而下吊线装药至底部，间隔装药，然后自下而上反向爆破，每次爆破长度 1.0~1.5m。导井炮孔布置及装药结构见图 6-26。

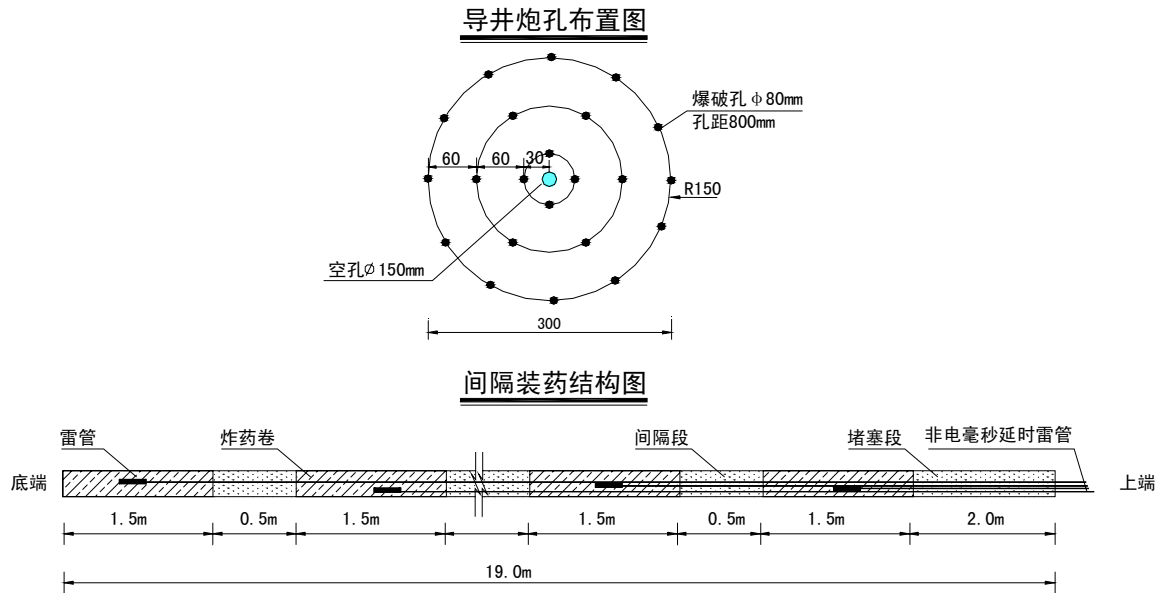


图 6-26 冲砂洞竖井炮孔布置图

6.5.4 循环作业时间及循环进尺

冲砂放空洞开挖循环作业时间见表 6-16。

冲砂放空洞开挖循环进尺时间表

表 6-16

序号	工序名称	II、III类围岩		IV类围岩		V类围岩	
		工程量	作业时间 (min)	工程量	作业时间 (min)	工程量	作业时间 (min)
1	测量放线		30		30		30
2	钻孔	64 孔	330	70 孔	240	56 孔	120
3	装药连线		40		40		40
4	人员退场		25		25		25
5	爆破散烟、瓦检		45		45		45
6	清理围岩		30		40		40
7	出碴	74m ³	100	50m ³	60	25m ³	30
8	临时支护		120		480		660
9	其他		30		30		30
10	循环时间		750		990		1020

11	循环进尺 (m)		3.0		2.0		1.0
12	月进尺 (m)		120		60		29

6.6 其他洞室开挖

6.6.1 排水廊道石方开挖

排水廊道采用全断面开挖。YT-28 气腿钻钻孔，周边光面爆破，非电毫秒雷管起爆网络爆破，爆破石碴采用人工手推胶轮车运输，洞内平均运距 80m，洞外洞外 3m³ 侧卸式装载机装 15t 自卸汽车运至右岸河心坝弃碴场，运距 3.5km。

排水洞开挖围岩以 II、III 类为主，故设计循环进尺 1.8m~2.0m，钻孔深 2.0m~2.3m，孔径 45mm；周边孔孔距 45~50cm，采用楔形掏槽方式。每天 1.3~1.5 个循环，计划月进尺 70m。

6.6.2 补气洞石方开挖

本标补气洞全长 96.84m，其中 1#泄洪洞长 54.33m，2#泄洪洞长 42.51m，洞身开挖断面为直径 $\Phi 360$ ，工程量为 1332m³。

补气洞开挖采用全断面开挖，YT27 手风钻钻孔，周边光面爆破。爆破石碴采用人工装碴斗，5t 卷扬机提升至排水廊道底板，1.0t 前卸式翻斗车运碴至出口，洞外采用 3.0m³ 侧翻式装载机装 15T 自卸汽车出碴。

6.7 隧洞临时支护工程

6.7.1 临时支护设计

根据不同隧洞及不同围岩类别，临时支护参数不同，临时支护设计详见表 6-17。

隧洞临时支护设计表

表 6-17

隧洞名称	支护形式	围岩类别			备注
		II、III类支护参数	IV类支护参数	V类支护参数	
泄洪排砂洞	锚杆	$\Phi 22$, L=4m, @3×3m; $\Phi 28$, L=6m,@ 3×3m; 范围: 顶拱+2/3 边墙	$\Phi 22$, L=4m, @2×2m; $\Phi 28$, L=8m,@ 2×2m; 范围: 顶拱+边墙	$\Phi 28$, L=6m,@ 0.8×0.8m; 范围: 顶拱 自钻式中空注浆锚杆, 参数同上。	锁口锚杆设计为: 两排 $\Phi 28$, L=10m,@1×1m
	喷砼	C25 砼, 15cm; 范围: 顶拱+2/3 边墙	C25 砼, 18cm 范围: 顶拱+边墙	C30 钢纤维砼, 20cm, 钢纤维掺量 60kg/m ³ , 范围边墙及顶拱	
	钢筋网		$\Phi 6.5$, L=4m, @15×15cm, 范围: 顶拱+2/3 边墙		

	钢支撑			格栅拱, @70cm, 范围: 边墙及顶拱	
	超前管棚			$\phi 42\text{mm}$, $\delta = 6\text{mm}$, $L=6\text{m}$, @25cm, 范围: 顶拱	单液注浆或双液注浆。
冲砂放空洞	锚杆	$\Phi 22$, $L=3\text{m}$, @2×2m; 范围: 顶拱 180°	$\Phi 22$, $L=4\text{m}$, @1.5×1.5m; 范围: 边顶拱 270°	$\Phi 25$, $L=5\text{m}$, @1×1m; 范围: 边顶拱 270°。自钻式中空注浆锚杆, 参数同上。	锁口锚杆设计为: 顶拱 180° 设两排 $\Phi 28$ 锚杆, $L=6\text{m}$, @1×1m
	喷砼	C25 砼, 4cm 范围: 顶拱 180°	C25 砼, 10cm; 范围: 边顶拱 270°	C30 钢纤维砼, 12cm, 钢纤维掺量 $60\text{kg}/\text{m}^3$, 范围: 边顶拱 270°	
	钢筋网		$\phi 6.5$, @15×15cm, 范围: 顶拱 180°		
	钢支撑			I 16@1m, 范围: 边顶拱 270°	
	超前管棚			$\phi 42$, $\delta = 5\text{mm}$, $L=5\text{m}$, @25cm, 范围: 顶拱 120	单液注浆或双液注浆。
引水发电洞	锚杆	$\Phi 22$, $L=3.5\text{m}$, @2×2m (II类)、@1.5×1.5 (III类) 范围: 顶拱 180°	$\Phi 22$, $L=5\text{m}$, @1.2×1.2m; 范围: 边顶拱 270°	$\Phi 25$, $L=5\text{m}$, @1×1m; 范围: 边顶拱 270° (系统锚杆)、锁脚锚杆(腰线两侧 45°)。超前锚杆: $\Phi 28$, $L=6\text{m}$, @25cm, 范围: 顶拱 150°, 自钻式锚杆, 参数同锁脚锚杆。	锁口锚杆设计为: 顶拱 180° 设两排 $\Phi 28$ 锚杆, $L=6\text{m}$, @1×1m (进口锁口)、 $L=10\text{m}$, @1×1m (出口锁口)
	喷砼	C25 砼, 5cm (II类); C25 砼, 8cm (III类); 范围: 顶拱 180°	C30 钢纤维砼 10cm, 钢纤维掺量 $60\text{kg}/\text{m}^3$, 范围: 边顶拱 270°	C30 钢纤维砼, 15cm, 钢纤维掺量 $60\text{kg}/\text{m}^3$, 范围: 边顶拱 270°	
	钢支撑			格栅拱@80cm, 范围: 边顶拱 270°	
	超前管棚			$\phi 42$, $\delta = 5\text{mm}$, $L=6\text{m}$, @25cm, 范围: 顶拱 150	单液注浆或双液注浆。

在施工中按照以下几点执行:

- (1) 调查隧洞工程地质和水文地质情况, 分析围岩的稳定条件和围岩分类;
 - (2) 在围岩分类的基础上, 用工程类比法设计临时支护类型及设计参数;
- 对临时支护进行受力分析和结构计算, 并提出施工要点、施工工序及施工注意事项;

(3) 支护施工过程中，一掌握好地质情况的多变和突变情况，二要在施工现场进行监控量测，及时根据信息反馈修改设计参数、变更临时支护施工工序等；

(4) 采用“新奥法”施工，及时总结经验，改进临时支护设计与施工。重视掌握岩体变形、坍塌的规律，并在适当的时间，采用合适的方法，把临时支护做好，确保施工人员和机械设备的安全。

6.7.2 隧洞洞口临时支护

隧洞洞口段岩石大多因长时间风化，岩石比较破碎，稳定性差，属于IV~V类围岩，开洞口洞前必须对洞脸进行锁口支护。锁口锚杆布置为：泄洪排砂洞洞口顶拱及边墙范围内沿洞轴线方向在开挖边线外布两排水平注浆锚杆： $\Phi 28$ ， $L=10m$ ， $@1\times 1m$ ，第一排（内侧）距开挖廊括线 80cm；冲砂放空洞及引水发电洞洞口拱顶 180° 范围沿洞轴线方向布两排水平注浆锚杆： $\Phi 28$ ， $L=6m$ （引水隧洞出口 $L=10m$ ）， $@1\times 1m$ ，第一排（内侧）距开挖廊括线 80cm。锁口锚杆采用 KQJ-100B 潜孔钻造孔，人工插入锚杆后 MZ30 锚杆注浆机注浆。

6.7.3 洞内临时支护

隧洞开挖施工采用新奥法，设计支护的施工必须及时快速。支护的机构型式与掌子面的关系：II、III类围岩，不超过 20m 距离；IV、V类围岩紧跟掌子面。

洞内临时支护主要包括锚杆、挂钢筋网、喷混凝土等常规支护形式以及IV、V类围岩及向斜段的轴部岩石较差部位采用钢支撑、超前锚杆、超前注浆管棚、回填固结灌浆等特殊支护形式。实际施工中，为适应地质条件和结构条件的变化，将各种支护方式合理组合进行联合支护。下面主要以IV、V类围岩段小管棚法施工、自钻式锚杆、钢支撑及喷钢纤维砼等为重点支护手段进行叙述。施工程序见图 6-27

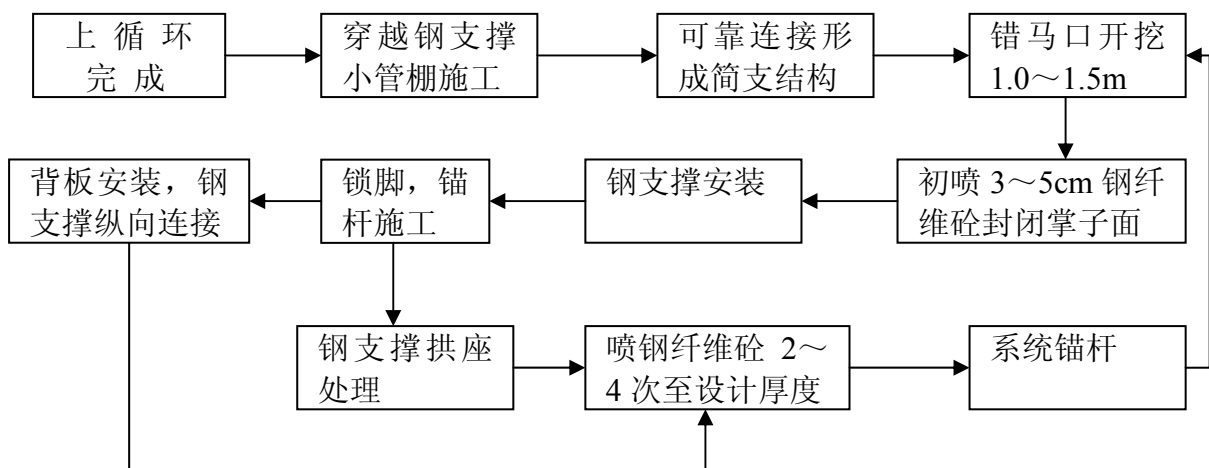


图 6-27 小管棚施工方法程序图

一、小管棚法施工

(1) 管棚的施工原理

在松散、破碎的V类围岩及L9、L10、L11层间剪切破碎带等部位，采用超前管棚注浆固结岩体，形成超前棚状受力结构，开挖短进尺过程，利用钢支撑和前方岩体形成简支结构，防止大面积掉块坍塌，主要解决临时稳定。后期管棚、钢支撑、系统锚杆、喷浆等手段形成联合受力拱形结构，达到支撑的目的。

(2) 小管棚支护参数设计

管棚设计参数为： $\phi 42\text{mm}$ 热轧钢管，壁厚 5~6mm、 $L=5\sim 6\text{m}$ ，其搭接长度为 2m。泄洪洞顶拱、冲砂洞顶拱 120° 范围、引水发电洞顶拱 150° 范围布置，管壁设 $\phi 10\text{mm}@20\text{cm}$ 梅花型布置的射浆孔。为防止孔口漏浆，钢管前端焊接 $\phi 6.5\text{mm}$ 的钢箍止浆环。管棚间距 25cm，外插角 15~18°。

(3) 小棚施工

管棚施工采用 H178 三臂钻造孔，人工插入管棚，多臂钻推进。为施工方便，通常将管棚插入端加工成尖锐的锥形。

(4) 注浆

注浆分单液注浆和双液注浆，地下水较少区域选用单液注浆，即水泥浆；对于富水区域选用水泥、玻璃双液注浆。注浆前，先喷钢纤维砼封闭岩面防止漏浆现象发生，然后按比例配制水泥浆或水玻璃，通过 J150×2 上下搅拌机配 100/100 泥浆泵注浆，注浆压力 0.5~1.0Mpa。超前小导管预注浆施工工艺见图 6-28

二、自钻式中空注浆锚杆施工

(1) 适用范围：主要用于需快速支护、可灌性较差、塌孔问题突出的V类围岩及L9、L10、L11层间剪切破碎带向斜段的轴部。

(2) 特点和优点：①安装方便；②注浆饱满，并可实现压力注浆，提高工程质量；③不需现场加工螺纹，就可方便地安设垫板、螺母；④可以方便地根据需要主动或被动地施加一定吨位的预应力，改良洞室的受力情况；⑤将传统的先灌浆后锚固工艺改为先锚固后注浆，注浆时压力可达数十公斤，不但可以充填满锚孔，而且在裂隙发育的地区，浆液还会在注浆压力的作用下渗透进裂缝，达到改良围岩结构的目的。

(3) 工艺流程：自钻式中空注浆锚杆施工工艺流程见图 6-29

(4) 施工：自钻式中空注浆锚杆设计参数为 $\Phi 25$ ， $L=5\text{m}$ ， $@1\times 1\text{m}$ 。①先采用

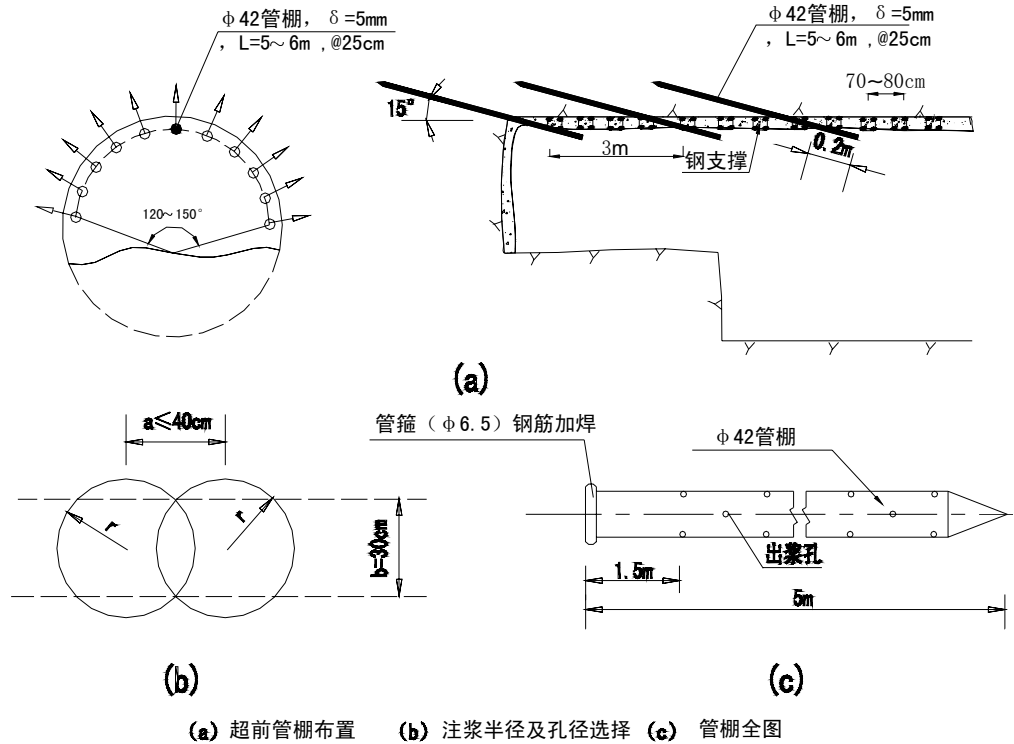


图 6-28 超前小导管预注浆加固围岩

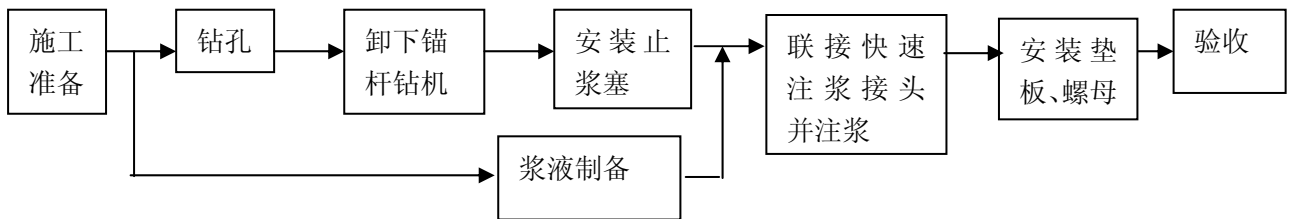


图 6-29 自钻式中空注浆锚杆施工工艺流程

YT-28 手风钻造孔；②卸下钻机，安装止浆塞，将其安装在锚孔内离孔口 25cm 处。特殊情况如注浆压力较大或围岩太破碎，可用锚固剂封孔；③通过快速注浆接头将锚杆尾端与 MZ30 锚杆注浆机联接；④开动 MZ30 锚杆注浆机，调节注浆压力至 0.5Mpa，开始注浆；⑤根据设计需要，安装垫板和螺母。

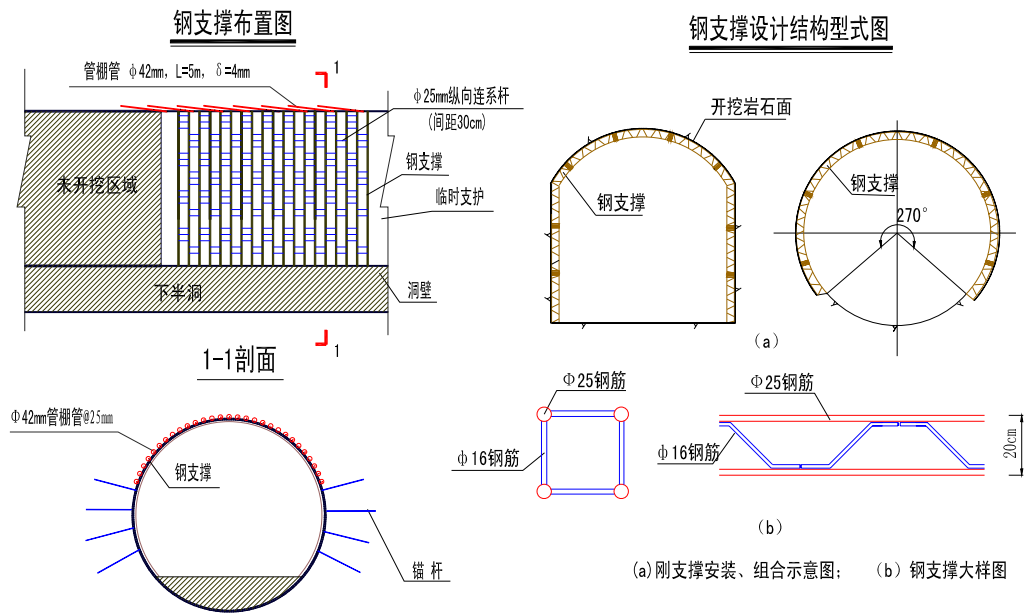
三、钢支撑

(1) 钢支撑适用范围

钢支撑主要用在地质条件较差的 V 类围岩及剪切破碎带向斜带轴部，由于该类围岩自稳能力差，早期围岩压力增长较快，需要提高初期支护的强度和刚度，采用钢支撑可承受开挖时引起的松动压力，抑制围岩大的变形，增强支护抗力。

(2) 钢支撑设计

钢支撑采用自制格栅拱，由于各隧洞富含瓦斯，故采用洞外制作，洞内螺栓连接，钢支撑的设计强度应保证能单独承受 2m~4m 高的松动岩柱体重量。根据我局在紫坪铺水利枢纽工程导流隧洞中施工经验，格栅拱断面设计为矩形，其中 4 根主筋采用 $\Phi 25$ 螺纹钢，中间联系钢筋及蛇形筋采用 $\Phi 16$ 光面钢筋。钢支撑纵向间距一般为 70~80cm，截面为 20×20cm 的正方形。钢支撑在钢筋厂分节加工制作，为运输安装施工方便，每节加工长度不超过 6m。钢支撑设计见图



6-30。

图 6-30 钢支撑设计图

(3) 钢支撑安装

按监理工程师的指示或在经超前勘探查明的岩石破碎软弱地段安装钢支撑，钢支撑应装设在衬砌设计断面以外，如因某种原因侵入到衬砌断面以内时，须经监理工程师批准。钢支撑安装后，应对破碎软弱地带的围岩稳定进行监测，

遇有危险情况，应及时增强钢支撑或采取其它加强措施，并报告监理工程师，经监理工程师检查认为不合格时，应根据监理工程师的指示进行调整、修补和置换。

钢支撑安装施工工艺见图 6-31。

(4) 钢支撑施工要点

① 安装前分批检查验收加工质量；

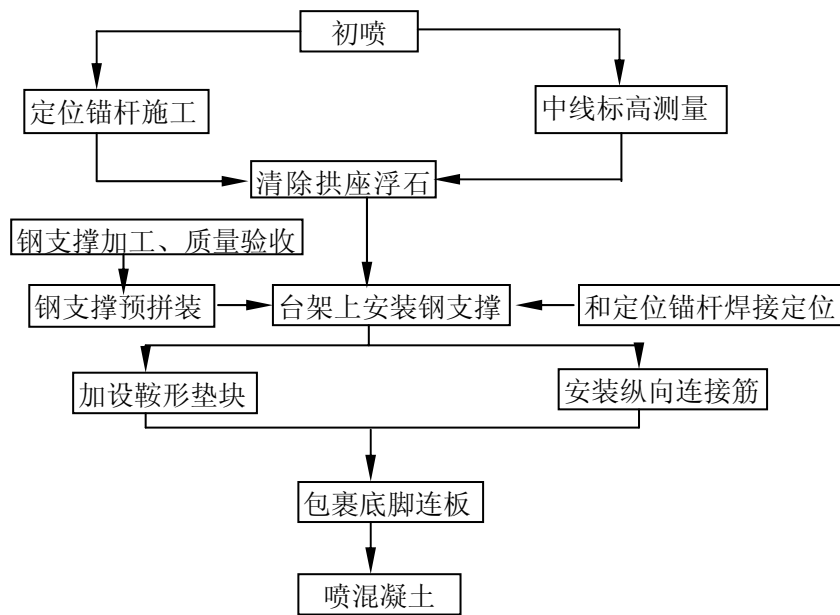


图 6-31 钢支撑安装施工工艺流程图

② 按设计焊接定位系筋及纵向连接，段间连接安设垫片拧紧螺栓，确保安装钢架质量；

③ 严格控制钢拱架的中线及标高尺寸；

④ 钢拱架与岩面间安设鞍形混凝土垫块，确保岩面与钢拱架密贴、牢靠、稳固；

⑤ 确保初喷质量，拱架在初喷 5cm 后架立。

四、喷钢纤维砼

在隧洞施工过程中，遇到不良地质段（如IV、V类围岩、断层破碎带等）时，为了达到快速支护，确保围岩稳定的目的，拟采用喷钢纤维砼进行支护。喷射厚度根据地质条件、围岩类别、洞径大小不同而不同，一般喷射厚度为 10~20cm。

(1) 钢纤维喷混凝土试验

① 试验目的

通过拌和工艺试验、现场喷射试验及最佳配合比优化试验，对钢纤维的选用、

性能、掺量及其钢纤维喷射混凝土的力学性能、配合比和施工工艺等做进一步的验证和分析，并从技术和经济方面提供综合评价，为现场施工和质量控制提供科学依据与理论指导。

② 试验任务

选择不同厂家生产的钢纤维和一套外加剂进行喷射混凝土试验，通过对材料特性的比较，选定钢纤维的品种和外加剂；

检验和优化施工工艺水平和喷射效果；

检验钢纤维喷射混凝土的强度及弯曲韧性等性能；

测试钢纤维喷射混凝土的回弹量；

确定钢纤维喷射混凝土的最佳配合比。

③ 试验项目

钢纤维喷混凝土配合比设计

拌和工艺试验和检验

现场喷混凝土试验及大板试件取样试验（主要检测其粘结强度和钢纤维在试板中的分布、含量、均匀性以及现场喷射时的回弹量）。

(2) 钢纤维混凝土喷射施工

① 原材料选择

根据我局施工经验，投标阶段的钢纤维原材料选择如下：

钢纤维：选用上海佳密克斯（比利时产，上海代理）ZP30/.50，即长度 30mm，直径 0.5mm 型钢纤维，掺量一般为 40~60kg/m³；

外加剂：选用上海麦斯特公司生产的系列外加剂。

② 拌和与运输：钢纤维混凝土在混凝土拌和站进行拌制，然后用搅拌运输车运输至工作面。拌和时各种配料加入顺序为：砂石料、钢纤维、水泥、水及外加剂，拌和 3~5 分钟，喷枪终凝后 2 小时进行喷水养护。喷枪工艺流程见图 6-32。

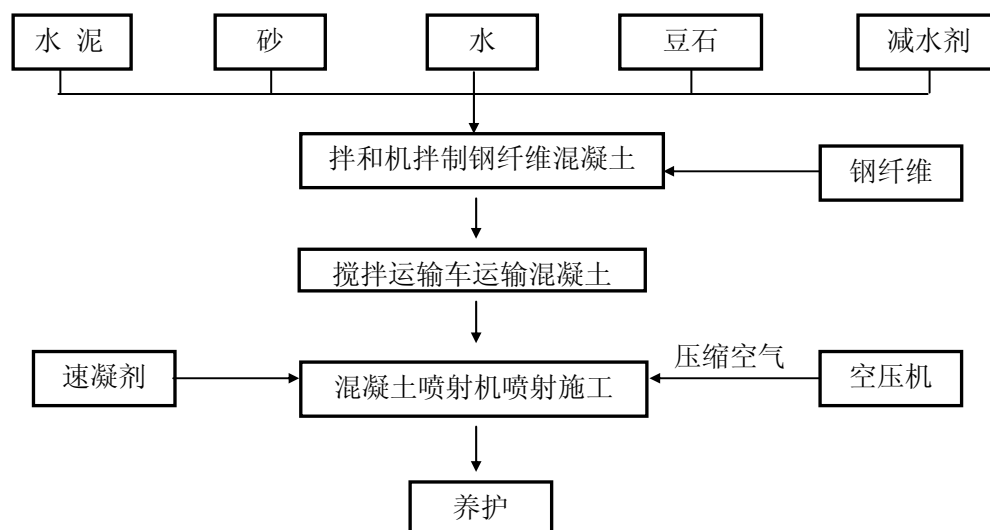


图 6-32 喷钢纤维砼工艺流程图

洞内采用 CJM1200 混凝土喷射机喷护，钢纤维在混凝土拌和过程中通过钢纤维播料机均匀添加，确保无结球成团现象。

为确保喷射作业安全、喷射钢纤维砼的粘结性好、喷砼质量性能好，钢纤维混凝土喷射前，用高压风将基岩表面的松动岩块、石粉和爆破泥清理干净；喷射时，于基岩表面喷洒适量的水，使其保持适当的湿度，以提高岩面的粘结力。

喷射过程中，为保证喷射钢纤维混凝土不坍落、不剥离，且具有适当的厚度，应反复喷射作业以达到规定的喷层厚度。

现场操作人员应最大限度控制混凝土回弹量、喷护厚度和均匀性。喷护面到喷嘴的距离一般控制在 0.8~1.5m，喷射风压控制在 0.3~0.5Mpa，混凝土回弹量较低，压实性最好。喷射距离与骨料粒径、颗粒级配和风压有关，现场根据喷护效果适度掌握。喷射角度以控制在 80°~90° 为宜。

(3) 喷钢纤维砼质量管理与劳动保护

① 质量管理

严把喷射材料的质量关，应注意保管好材料；

对喷射所需要材料的质量应检查，需通过试验来确定；

钢纤维的计量误差每次应在 2% 以下，在投料和搅拌过程中应使其均匀分布于砼中；

工程施工前原则上确定是否采用规定的配比，质量是否达到要求；

同时确定施工机械及设备性能；

工程结束后，根据需要进行喷钢纤维砼破坏试验。

② 劳动保护

在喷射钢纤维砼施工时，为了确保作业人员的安全卫生，对喷射回弹和粉尘应做适当的处理；特别是对作业人员面部要作好防护处理。钢纤维硬化后，喷面突出的钢纤维易伤害作业人员的身体，必须做好安全管理工作。

(4) 喷砼的养护

喷射混凝土的养护，应按 SDJ157-85 第 3.5.6 条的规定执行。喷射混凝土终凝 2h 后，应喷水养护；养护时间一般工程不得少于 7 昼夜，重要工程不得少于 14 昼夜；气温低于 +5℃ 时，不得喷水养护。当喷射混凝土周围的空气湿度达到或超过 85% 时，经监理工程师同意，可准予自然养护。

五、其它形式支护施工

(1) 锚杆

1) 普通砂浆锚杆：普通砂浆锚杆采用 $\Phi 22$ 、 $\Phi 25$ 、 $\Phi 28$ 三种螺纹钢筋，设计长度 3~6m。其中 L=3m、3.5m 采用 YT28 气腿钻造孔，人工插入锚杆后 MZ30 锚杆注浆机注浆；L=4~6m，采用 H518-50-8P 锚杆台车施工，由台车完成造孔、安装锚杆和注浆。注浆浆液采用 0.375m³ 强制式砼搅拌机拌制，1.5T 小型自卸汽车运输。

2) 药卷早强锚杆：药卷早强锚杆的施工，与普通水泥砂浆锚杆基本相同。即造孔→人工插入药卷→人工插入锚杆的施工过程，该方法具有早期强度高、承载快、安装较方便等优点，可弥补普通水泥砂浆锚杆早期强度低，承载慢的不足。尤其在软弱、破碎，自稳时间短的围岩顶拱部位中使用药卷早强锚杆更具有优越性。

药卷早强锚杆除应遵守普通砂浆锚杆的施工规定外，还应符合以下要求：

①药包使用前应检查，要求无结块、未受潮。药包的浸泡应在清水中进行，随泡随用，药包必须浸透。

②药包应缓慢推入孔底，不得中途爆裂，应配备专门的装药包工具。

③药包直径应较钻孔直径小 20mm 左右，药卷长度一般为 20~30cm。锚杆杆体插入时应注意旋转，使药包充分搅拌均匀。

3) 超前锚杆支护

超前锚杆是针对引水发电洞 V 类围岩中，由于地质条件差，沿开挖轮廓线，以稍大的外插角，向开挖面前方安装锚杆，形成对前方围岩的预锚固，在提前形成的围岩锚固圈的保护下进行开挖、出碴等作业。超前锚杆设计参数为： $\Phi 28$ ，L=6m，@25cm，顶拱 150° 范围。超前锚杆施工方法同普通砂浆锚杆，见图 6-33。

(2) 挂网筋网

用于冲砂放空洞和泄洪排砂洞中 IV 类围岩中，设计参数为 $\Phi 6.5$ mm 钢筋，@15×15cm。施工方法为：在钢筋加工厂加工将 $\Phi 6.5$ 光面钢筋拉伸后（该钢筋原材料为盘状），按施工需要切割下料，采用 5T 平板汽车运至施工现场，人工搭设脚手架操作平台，人工进行挂钢筋网施工。

(3) 喷 C25 素砼

主要用于 II、III、IV 类围岩，喷射厚度为 4~18cm，采用 PK961 型混凝土

湿喷机施工，各隧洞上下游进出口附近 500m 范围内各设一座 0.375m³ 强制式搅拌机进行

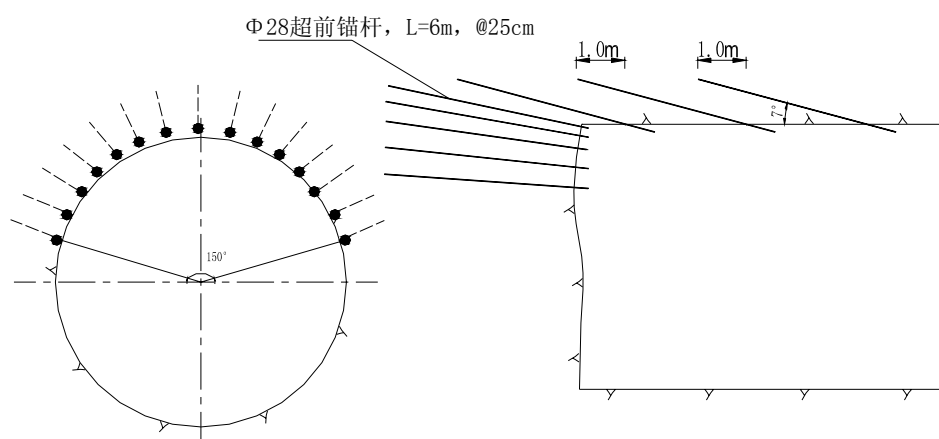


图 6-33 超前锚杆支护布置示意图

喷射料拌制，1.5T 小型自卸汽车运至施工现场，并搭设受料平台，由于 PK961 型混

凝土湿喷机受料斗容量较小，自卸汽车将喷射料卸入受料平台后，人工将喷射料铲入湿喷机。

喷射混凝土作业应分段分片依次进行，喷射顺序自下而上，一次喷射厚度按规定数据选用；分层喷射时，后一层应在前一层混凝土终凝前进行，若终凝 1h 后再行喷射，应先用风水清洗喷层面；喷射作业应紧跟开挖工作面，混凝土终凝至下循环放炮时间不应少于 3h。

6.8 特殊不良地质地段的施工方法

本标各隧洞在不同洞段和不同高程都遇见层间剪切破碎带，主要由 L9、L10、L11 三条。层间剪切破碎带由煤质页岩受构造挤压而形成，物质多为片状页岩角砾岩、断层泥等，结构松散、岩性软弱，属 V 类围岩，成洞条件极差。隧洞在穿越沙金坝向斜轴部时，由于岩层产状平缓，岩层走向与隧洞轴线小角度相交，裂隙发育，特别是遇见软弱层剪切破碎带时，出露宽度变化大，上盘汇集较丰富的地下水，岩石强度降低，围岩稳定条件较差。

在隧洞开挖时分析会遇到旧煤窑、地质探硐、采空区，将可能引起岩体局部失稳，隧洞底板局部塌陷、顶拱塌落，甚至产生冒顶等不良地质现象。这些煤洞和采空区往往又是瓦斯集聚区，瓦斯浓度很大，给施工带来一定难度。

针对以上施工过程中可能会遇到的问题，我局拟提出以下施工方案：

6.8.1 地质探硐、煤洞、旧煤窑采空区等空洞回填

在开挖过程中，遇到地质探硐、煤洞、旧煤窑采空区等空洞，应及时进行回填。旧煤窑年代久远，所造成周边围岩风化、塌陷、软化面的扩展，因其所形成的空间内大量蓄水，从而降低围岩的强度。根据我局在紫坪铺水利枢纽 2#导流洞中对 11#、16#地质探硐的施工经验，拟采取如下施工措施。

一、施工工序：超前排水→清洞→临时支护→砼回填→固结灌浆

二、施工方法：

(1) 超前排水：根据浸水点出水情况，采用 KQJ-100B 潜孔钻施工 $\phi 100$ 排水孔，并在孔口安装 PVC 塑料管，外接软胶管引至洞内排水沟，防止掌子面因地下水浸泡软化，降低围岩强度。

(2) 清洞：由于上述空洞洞径较小，一般在 3m 左右，无法使用施工机械，故洞内塌渣采用人工清挖。由于大多空洞岩石破碎，含瓦斯严重，在清挖过程中要加强通风和瓦斯检查。

(3) 临时支护： $\phi 25$ 锚杆， $L=3m$ ，YT28 手风钻造孔，间排距 60~80cm；木支撑：榫间距 50cm，采用杉木并用抓钉连接；管棚： $\phi 42$ 钢管（壁厚 5mm）， $L=5m$ ，@30~50cm，人工插入。我局在 2#导流洞 16#地质探硐回填采用以上方法，取得较理想效果。

(4) 回填：仅对隧洞设计开挖断面外的空洞进行回填，有的空洞部份在设计开挖线内，部份在设计开挖线外，因此回填方法不同。对于在开挖断面外的空洞部份，采用 C25 二级配回填，拌和楼拌料，6m³ 砼搅拌机运料，泵送入仓， $\phi 100$ 振动棒振捣至密实。对于在设计开挖线内的空洞部份，则人工码砌干砌石，待隧洞开挖后，干砌石自动脱落。C25 砼与干砌石间铺设油毡，以防止砼进入干砌石中。在砼浇筑前预埋 $\phi 42$ 灌浆管，便于后继灌浆。地质探硐、煤洞、采空区回填施工见图 6-34。

(5) 固结灌浆：采用 KQJ100B 型钻机风动冲击回转造孔，孔径不小于 $\phi 60mm$ ，双排布置，呈梅花型分布，排距为 0.5m，孔距 3m，一排斜孔，一排垂直孔。钻孔孔深斜孔为 9.0m，垂直孔为 7.5m。灌浆方式采用孔口阻塞、纯压方式灌注，材料用 Po42.5R 普通硅酸盐水泥，并加入 3~5% 的速凝剂。在压力达到设计值后，当注入率不大于 0.4L/min 时，继续灌注 10min，灌浆即可结束。

6.8.2 向斜轴部及层间剪切破碎带开挖

对于该类特殊地质带，裂隙发育、地下水丰富、结构松散、岩性软弱。主要遵照以下要点进行施工：①先排水；②短进尺；③弱爆破；④强支护；⑤快衬砌；⑥勤检

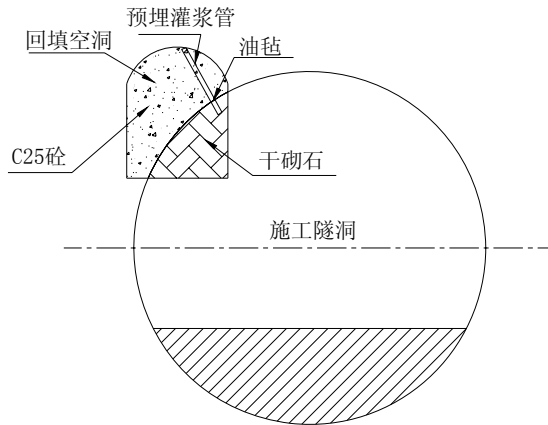


图 6-34 探洞、煤洞、采用空区回填示意图

查，勤量测。

一、施工排水

隧洞施工防排水选用以排为主，采取截、堵、排相结合的综合措施。雨季施工，在隧洞顶山坡上的地表水，应迅速排走，尽可能不使水沿向斜构造渗入洞身。在洞内沿洞轴线方向设排水沟，利用开挖坡度排水，在局部自流较困难处人工掏一 $1.5 \times 1.5 \times 1\text{m}$ 泵坑，并设潜水泵进行排水。对于开挖施工时发生浸水严重处，用 KQJ100B 潜孔钻机施工超前排水孔，并用软管接至排水沟，以防止洞内水漫流的现象。对于开挖至强含水层时，亦可考虑超前灌浆堵水措施。

二、隧洞开挖

对于较软弱的岩体直接采用 1.0m^3 液压挖掘机开挖，尽量不放炮或少放炮。若岩体较硬，可采用手风钻钻爆，短进尺，弱爆破，严格控制单响药量，减小爆破振动对围岩的影响。

三、支护方式

设计支护手段为：超前锚杆或超前注浆管棚、系统锚杆、喷钢纤维砼和钢支撑联合支护。对于类似紫坪铺 2# 导流洞 F3 断层段当以上支护仍不能满足施工要求时，考虑以下补充支护手段：

(1) 随机锚杆：针对地质条件破碎程度，除按设计施工系统锚杆外，可适

当增加随机锚杆，其施工方数和参数同该部位的系统锚杆，但在施工前应征得监理工程师的同意；

(2) 钢筋砼拱肋：根据紫坪铺 2#导流洞 F3 断层带的施工经验，当设计联合支护手段仍不能满足施工时，采用 C25 砼临时衬砌，并加入钢筋，使之成为钢筋砼拱肋，对围岩形成强支护。其施工工艺为：开挖→C30 钢纤维初喷→钢支撑及钢筋安装→浇 C25 早强砼→回填灌浆→自钻式中空注浆锚杆施工。由于钢筋砼拱肋厚度一般为 30~50cm，普通砼泵难以入仓，考虑普通钢模板立模后，PK961 湿喷机喷射入仓， $\phi 50$ 软轴振动棒振捣至密实。

(3) 大管棚施工：对于破碎带较长、地下水丰富地带，由于可灌性较差，普通 $\phi 42$ 管棚不易形成有效拱，对围岩起到支撑作用，可考虑强度更高，长度更长的大管棚强行通过。大管棚设计参数为： $\phi 140$ 热轧无缝钢管、壁厚 7mm，单根长度 12~15m，间距 30~50cm，为增强大管棚刚度，每根管棚内设 3 根 $\phi 25$ 钢筋骨架，纵向搭接长度 4m，外插角 $\alpha = 3 \sim 5^\circ$ 。采用阿特拉斯 A66 多功能岩土钻机配英格索兰 VHP600E 空压机造孔并插入管棚，注浆设备采用 J150×2 上、下搅拌机配 100/100 泥浆泵进行施工。

6.8.3 施工期塌方预防及塌方处理

一、塌方预防措施

(1) 预防隧洞施工坍塌，首先作好地质预报，选择相应的安全合理的施工方法和措施，准备必要的机械设备、材料及工具。

(2) 加强变形观测，随时掌握围岩变形数据，仔细观测每次爆破的围岩情况，并进行认真分析，如发现问题要及时采取措施，防患于未然。

(3) 精心组织、精心施工，循环进尺应控制在 1.0m，尽量缩短循环时间，施工工序，并尽快进行临时支护封闭岩面，以避免岩层过久地暴露，以至失稳坍塌。同时优化爆破设计，严格掌握炮孔数量、深度及装药量，尽量减少爆破对围岩的震动。

(4) 保证临时支护的施工质量，应经常检查，发现问题及时加固。

二、塌方处理步骤

(1) 深入现场观察研究，分析塌方原因，弄清塌方规模、类型及发展规律，核对塌方段的地质构造和地下水活动状况，尽快制定切实可行的塌方处理方案；

(2) 对一般性塌方，在塌顶暂时稳定之后，立即加固塌体四周围岩，及时

支护结构物，托住顶部，防止塌穴继续扩大；对于较大塌方或冒顶，还应妥善处理地表陷坑；

(3) 有地下水活动的塌方，应先治水，再治塌方；

(4) 认真制订塌方处理中的安全措施，认真组织塌方处理专业队伍，充分保证处理塌方的必须器材设备供应。

三、塌方处理方法

不同类型的塌方，选择不同的处理方案，有些塌方还需综合处理才能达到目的。根据紫坪铺水利枢纽导流洞施工处理塌方经验，对于一般的塌方，采用封闭暴露岩石→强支撑→固结灌浆→二次开挖支护→回填灌浆→自钻式中空锚杆施工的步骤进行处理：

(1) 封闭暴露岩石面：待塌方稳定后，对塌体面喷 C30 钢纤维砼 20 cm 进行封闭，对于局部边顶拱已形成较大空腔，为防止塌方的进一步恶化或延续，可先码砌砂袋进行堵塞，并进行 C25 砼回填后，再进行喷砼封闭。封闭时预埋灌浆管，以利于以后灌浆施工。

(2) 强支撑：对于顶拱部位采用 $\phi 48$ 钢管及 20×20 cm 方木（根据塌方严重程度可选用更大的钢管）进行强支撑，一方面防止顶拱部位塌方的再次发生，另一方面保证施工人员处理塌方体的安全。

(3) 固结灌浆：对塌方体进行固结灌浆，使塌方后松散体凝成具有一定强度的岩体；

(4) 二次开挖支护：由于灌浆后塌方体具有较强硬度，同时又不能进行爆破作业，故采用人工风镐和铁锹处理。塌方体开挖采取先边墙后顶拱，并保留中间岩柱的开挖顺序，每开挖进尺 1m 左右，立即初喷，再安装钢支撑钢筋后进行模喷 C25 早强砼施工。

(5) 回填灌浆：对浇筑好的钢筋砼拱肋以外的岩石进行回填灌浆，方法同固结浆浆。

(6) 自钻式中空注浆锚杆施工：为了使钢筋砼拱肋与回填灌浆后的围岩紧密结合，自钻式中空注浆锚杆。施工方法详见第 6.6.3 节中相关内容。

塌方段通过以上措施处理基本稳定后，根据具体情况拟采用大管棚法施工工艺通过该洞段，其施工方法前文已有叙述。施工过程中严格控制进尺，采用控制爆破，以保持围岩不受过分扰动和减少因爆破造成的局部应力集中，保证岩

面规整，为支护创造条件。同时利用管棚管对不良地质洞段进行固结灌浆，加固围岩和止水，使围岩达到稳定。塌方段处理见图 6-35。

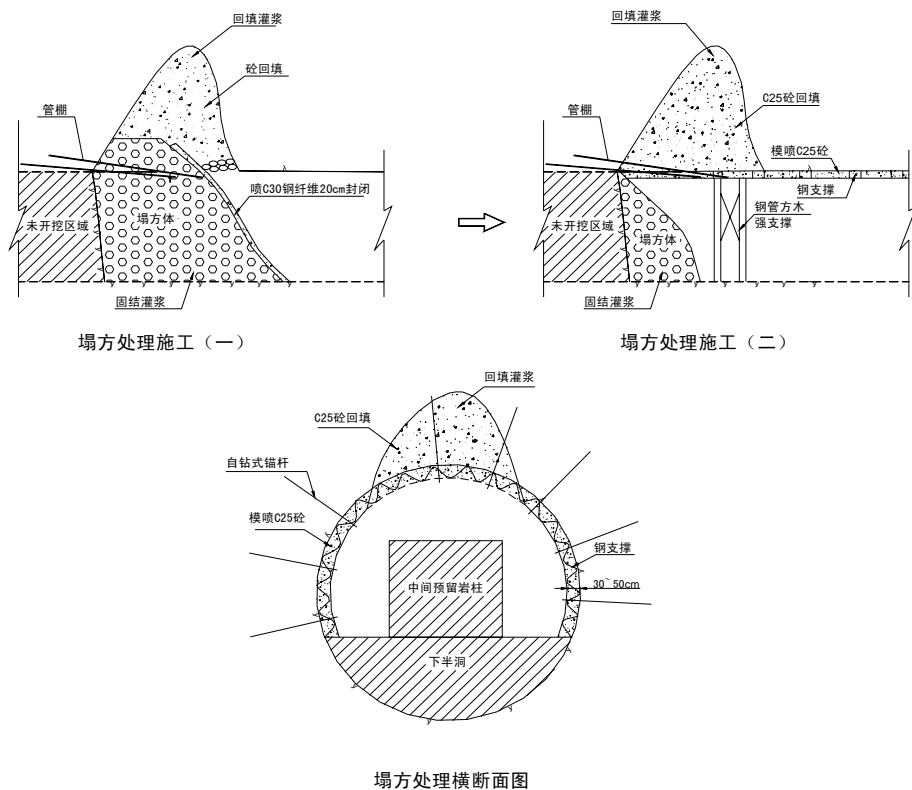


图 6-35 塌方段处理方法图

6.9 施工期瓦斯控制

6.9.1 地质概况

本标各洞室横穿整个沙金坝向斜，穿越 L9、L10、L11 剪切破碎带，主要由片状页岩、角砾岩、糜棱岩、断层泥及片状煤质页岩组成。岩性较弱，裂隙发育，遇水后强度迅速降低，成洞条件差且存在旧煤洞采空区和地质探洞，隧洞所经条形山脊地层均为 T33xj 页岩夹煤层页岩和纯煤层，存在着易燃易爆的有害气体 CH₄ 以及 CO₂，其安全问题显得尤其突出。

6.9.2 瓦斯的特性及爆炸条件

一、瓦斯的特性

瓦斯是易燃、易爆、无色、无味、无臭的 CH₄ 气体。CH₄ 浓度上升，O₂ 浓度相对下降。在标准状态下，因每立方米 CH₄ 重量仅为 0.716kg 比空气轻，常聚积在隧洞顶部和冒高的空洞中通风不良的地方。CH₄ 无助燃性，当空气中瓦斯含量达到 40%，就会使人窒息死亡。

二、瓦斯爆炸的条件

(1) 瓦斯浓度：一般情况下，当新鲜空气中瓦斯浓度在 5%-16%时有可能爆炸，9.5%时爆炸威力最大，但当可燃性气体、煤尘混入时爆炸下限将降低；

(2) 火源：正常压力下，明火，煤炭自燃，电气火花，赤热的金属表面，吸烟，撞击及摩擦产生的火花可引爆瓦斯；

(3) 氧气浓度：当空气中氧气浓度大于 12%时满足爆炸条件，正常工作状态下，氧气浓度远远在于该值，因此降低瓦斯浓度显得更加重要。

6.9.3 瓦斯控制指标

依据《煤矿安全规程》瓦斯浓度控制指标及结合水电企业施工机械大多不防爆的特点，特制定瓦斯浓度与施工的关系指标见表 6-18。

瓦斯浓度与施工的关系指标

表 6-18

序号	检测地点		执行标准(%)		超标所采取的措施
			CH ₄	CO ₂	
1	进风风流		<0.3	<0.5	立即查明原因,处理,上报
2	总回风风流		<0.3	<0.75	立即查明原因,处理,上报
3	工作面风流		<0.3	<1.5	停工,撤人,断电,加强通风,查明原因
4	工作面回风风流		<0.3	<1.5	停工,撤人,断电,加强通风,查明原因
5	工作面附近 20m 内风流	装药前	<0.3	<1.5	停工,撤人,断电,加强通风,查明原因
		放炮前	<0.1	<1.5	禁止放炮,断电,加强通风,查明原因
		放炮后	<0.3	<0.3	浓度降至<0.3%以下方可作业
6	电动机及开关附近 20m 内风流		<0.3	<1.5	断电,停机处理后 CH ₄ 降至 1.0% 以下及 CO ₂ 降至 1.5%以下方可作业,加强通风,查明原因。
7	工作面内体积大于 0.5m ³ 的空间,局部 CH ₄ 大于 2%,附近 20m 以内停止工作,撤人,断电,查明原因。				
8	所有因 CH ₄ 浓度超标而切断的电气设备都必须在 CH ₄ 浓度降到 0.3%以下方可送电,启动。				

6.9.4 瓦斯预防和控制

根据我局在导流洞下段标开挖过程中瓦斯控制的经验，拟定了以下预防和控制措施：

(1) 加强地质预报，分析岩石特性和瓦斯涌出情况

根据地质资料及现场出露岩石特性，预测煤层厚度和瓦斯涌出情况，分析掌握其变化规律，提前制定相应的安全技术措施，切实做到了预防为主。

(2) 采用严格的控制爆破技术

隧洞周边采用光面爆破，中部岩体采用斜眼掏槽毫秒微差爆破。循环微差总延时 $\leq 130\text{ms}$ 。其中层间剪切破碎带循环进尺为 1.0m，小范围进行微差松动爆破，严格控制超、欠挖，降低爆破震动对围岩的破坏，减少爆破裂隙的产生，达到减少瓦斯涌出量。

采用防瓦斯的爆破材料：炸药采用 RM-II 型煤矿许用乳化炸药；雷管采用煤矿许用毫秒电雷管（镍铬桥丝），其最高段延时为 130ms；导爆索采用安全导爆索。

(3) 加强通风防止瓦斯积聚

每条隧洞均采用轴流式通风机压入式供风，24 小时专人负责正常运行。一旦通风机停止运转，洞内就断电，撤人。回复正常后，待瓦检员检测瓦斯不超标的情况下方可进洞施工。平时施工过程中及时延伸风带，进风口距工作面不大于 20m，始终保持工作面有新鲜空气，以防形成局部的瓦斯聚集。

(4) 加强支护，尽快封闭暴露面

层间剪切破碎带段由于岩石破碎，裂隙发育，夹有大量的煤层放炮后掌子面周围围岩会释放出大量的瓦斯，会速迅采用湿式喷浆机喷砼封闭暴露面，并采用锚杆加强支护。

(5) 杜绝火源，防止瓦斯爆炸

① 严格门卫制度，加强洞口检察

为了防止一切火源火种带入洞内，洞口 20m 范围内设宣传栏，设警示标志。在洞口每班专派 2 名保安人员负责检察。进洞者不得携带打火器具，要求关掉手机、呼机等。凡进洞人员必须持“进洞许可证”或在门卫处登记。

② 洞内一律采用矿用安全型、防爆型电器设备。每班 2 名电工专门负责检查电器线路的完好。

③ 洞内不准进行电焊、气焊和使用喷灯接焊等。

为了确保钢支撑的安装不施焊，采用洞外预制成型，洞内组装，榫与榫之间的联系钢筋采用 8# 铅丝绑扎。虽然给施工带来逐多不便，但有效地杜绝了瓦斯爆炸的可能性。

④ 严格执行“一炮三检”制（装药前、放炮前、放炮后检查瓦斯）和“三人连锁放炮”制（放炮工、班组长、瓦检员连锁）。

⑤ 放炮后掌子面 20m 范围内瓦斯浓度达 0.3%时，不准用铁器处理危石和用钢纤维喷护，以免撞击产生火花，待瓦斯浓度降至 0.3%以下方可施工。洞内钻孔严禁打干钻。

6.9.5 专职瓦检员和斯检测设备

为了加强现场的具体检测，配备足够的专职瓦检员，三班不间断巡检，一旦遇到瓦斯聚集马上进行处理。其检测设备配置见表 6-19。

瓦斯浓度检测设备配置表

表 6-18

名 称	数 量	备 注
JWG-I 光学瓦斯监测仪	6 台	瓦检员随身携带
AZJ-91 型瓦斯检测报警仪	20 台	每个工作面悬挂 2 台
CH ₄ 标准检测气体	200 瓶	每月校正报警仪用
颗粒状 Ca(OH) ₂ 药品	20 瓶	用于 GQJ-1B 型仪器内装吸收 CO ₂
硅胶或 CaCl ₂ 药品	50 瓶	用于 GQJ-1B 型仪器内装吸收水份

6.9.6 加强瓦斯知识培训，严格检查制度

为了确保万无一失，组织各级施工人员进行预防瓦斯知识的培训。并要求专职瓦检员每班在每个工作面挂 2 台 AZJ 型瓦斯检测报警仪，每小时沿洞巡检 1 次。将检查结果记入瓦斯检查手册和洞口的记录牌上，并通知现场工作人员。一旦瓦斯超标时，瓦检员有权责令现场人员停工，并撤到洞外。

6.9.7 瓦斯超标采取的相应措施

(1) 高压风稀释：利用系统高压风稀释局部聚集的瓦斯或将高压风管对准瓦斯释放地方不断稀释，浓度降至上述规定为止；

(2) 加强通风；当进风口距工作面较远或风带出口方向没有垂直工作面时会在开挖面附近形成通风死角，聚集大量的瓦斯。只有延伸风带或校正风带出口方向，并加强通风才能稀释聚集瓦斯；

(3) 封闭暴露面：通常放炮后掌子面周围围岩中释放出大量的瓦斯采用高压风稀释和加强通风的同时，用 TK-961 型湿式喷浆机喷 C30 砼封闭暴露面。如果钻孔过程中有瓦斯涌出，应让其充分释放，并通风稀释达标后，再进行后续施

工；

(4) 钻孔排放：开挖过程中出现煤层时，在掌子面上超前钻孔，让瓦斯向外排放，并加强通风稀释。

6.10 施工期围岩变形监测

在地下洞井开挖过程中，应密切注意地质条件的变化，量测围岩的变形、记录地下水出露点位置和渗漏情况，评价施工程序，爆破参数、支护型式及参数的合理性，以指导施工和不断优化施工。施工期地下洞室每隔 30m 布设一个断面进行围岩收敛变形观测，软弱带部位适当加密。

6.10.1 收敛计的安装埋设

(1) 收敛观测断面的测线布置：根据地质条件、围岩应力大小，施工方法和支护型式，按一定间距(一般为 30 米)选择观测断面，每个断面设 5 个测点。

(2) 观测断面应尽可能靠近开挖掌子面，距离不宜大于 1 米。

(3) 基线的数量和方向根据围岩的变形条件和洞室的形状大小确定。

6.10.2 测桩的埋设

(1) 为了使测点能代表围岩表面，测点应牢固地埋设在围岩表面，其埋设深度不宜小于 20cm。

(2) 清除测点埋设处的松动岩石。

(3) 用钻孔工具垂直洞壁钻孔，将测桩固定在孔内，并在孔口设保护装置。

6.10.3 收敛观测

(1) 观测前应在室内进行收敛计标定；

(2) 观测前必须将测桩端头擦洗干净；

(3) 将收敛计两端分别固定在基线两端的测桩上，按预定的测距固定尺长，并保证钢尺不受扭；

(4) 调节拉动装置，使钢尺达到已选定的恒定张力，读记收敛值，然后放松钢尺张力；

(5) 重复第(4)条的程序两次，三次读数差不应大于收敛计的精度范围。取三次读数的平均值作为计算值；

(6) 观测的同时，测记收敛计的环境温度。

6.10.4 观测资料的整理

现场观测记录应在 24h 内及时进行校核、整理。按下列公式计算温度修正的实际收敛值。

$$U=ui + aL(ti-to)$$

式中：u--实际收敛值，(mm)；

u1--收敛读数值，(mm)；

a--收敛计系统温度线膨胀系数；

L--基线长，mm；

ti--收敛计观测时的环境温度，℃；

to--收敛计标定时环境温度，

6.11 施工期照明与排水

6.11.1 施工照明

洞内照明按照下述规定实施：

- (1) 洞内施工照明系统采用防爆电缆和防爆灯，配备防爆开关。
- (2) 作业地段采用 36v 安全电压，使用投光灯照明时采用 220V 电压；
- (3) 照明线与动力线分别安设，按照分层架设的原则，即高压在上，低压在下；干线在上，支线在下；动力线在上，照明线在下。
- (4) 照明线悬挂高度不少于 2m；
- (5) 用防水灯头，淋水地段加防水灯罩；
- (6) 在重要部位配备柴油发电机组作为事故照明备用电源，每班作业人员配备手电筒或矿灯等作为事故照明辅助电源。

6.11.2 施工排水

一、水文地质条件

山脊中地下水为多层裂隙性含水。中、细粒砂岩坚硬，裂隙发育，含有较多地下水。条形山脊在构造上为一完整向北东向倾伏的向斜，其倾伏角变化于 25~350 之间，属天然的聚水构造。

二、施工排水系统布置

(1) 洞外排水

隧洞洞口路基边沟应经常注意清除杂物，疏导畅通，使洞口路基排水不流向隧洞；

隧洞顶山坡上的地表水，应使其迅速排走，尽可能不使水沿向斜构造渗入洞身。隧洞处山坡岩石如节理发育，风化严重或有坑穴、溶洞、裂隙现象应对地表做防护性封闭，修建截水沟、排水沟使漫流顺势排至洞口远处。

(2) 工作面积水的排除。

工作面积水采取两种方式排除：

对向下开挖的工作面，在开挖掌子面适当位置设置集水坑，用潜水泵（流量 25m³/h，扬程 30m）抽排至相邻集水井或工作面以外，再由排水系统逐级排出洞外；

向上方向施工的洞段，利用开挖的排水沟将水自然引离工作面。设置一集水坑，集水坑尺寸 1.5×1.5×1m，集水坑设置一台 QS20×30-4 4kw 潜水泵（流量 25 m³/h，扬程 30m），岩体渗水及施工用水通过底板排水沟导入集水坑，再由水泵抽排至洞外。

6.12 施工机械设备

拟投入本标地下工程开挖的机械设备见表 6-15。

施工机械设备配备表

表 6-15

序号	规格、型号	单位	数量	备注
一	钻爆设备			
1	三臂钻 H178	台	2	
2	二臂钻 H174	台	1	
3	反井钻机 LM-200	台	1	
4	液压钻机 ROC742	台	2	
5	手风钻 YT-28	台	36	其中备用 8 台
二	挖装设备			
1	液压挖掘机 CAT330 1.6m ³	台	1	泄洪洞出碴
2	液压挖掘机 PC220 1.0m ³	台	3	洞内掌子面清理
3	扒碴机 NKL-20	台	2	冲砂洞出碴
4	侧卸式装载机 ZL50C 3.0m ³	台	3	
5	侧卸式装载机 WA380-3 3.0m ³	台	1	
6	卷扬机 10t	台	2	泄洪洞出碴

序号	规格、型号	单位	数量	备注
7	卷扬机 5t	台	2	补气洞出碴
8	自卸汽车 15t	辆	16	
9	自卸汽车 5t	辆	10	
10	推土机 TY220 220 马力	台	2	布置在碴场
三	通风、排水设备			
1	轴流式通风机 PF-120SW55	台	4	配消音器
2	轴流式通风机 PF-100SW37	台	7	配消音器
3	轴流式通风机 BKJ66-11	台	2	
4	潜水泵 QS20×30-4 4kw	台	16	备用 2 台
四	支护工程施工设备			
1	锚杆台车 H518-50-8P	台	2	上下游面各 1 台
2	锚杆钻机 MGJ-30	台	4	上下游面各 2 台
3	锚杆注浆机 MZ-30	台	4	
4	移动式砼拌和机 0.375m ³	台	2	
5	砼搅拌运输车 1.5t	辆	4	砼运输
6	喷浆台车 CJM1200	辆	2	
7	砼喷射机 PK961	台	4	
8	汽车吊 8t	辆	2	
9	载重汽车 5t	辆	2	
五	测量监测仪器			
1	全站仪 DTM-450	台	2	
2	经纬仪 J2	台	2	
3	光学瓦斯监测仪 JWG-I	套	4	
4	瓦斯监测报警器 AZJ-91	个	20	

6.13 施工质量、安全保证措施

6.13.1 施工质量控制

质量控制主要采用以下方面的措施：

- (1) 进行现场爆破试验，调整和优化爆破参数。确定在开挖区段内不同地

质条件下的各项爆破参数,为开挖爆破设计提供最佳设计依据,以提高爆破效果,保证开挖质量;调整爆破有关参数,不断优化爆破设计,改进施工方法和安全措施;通过试验不断收集、整理试验所得的各项数据资料,以最优的爆破参数指导后续爆破设计,提高爆破开挖的施工进度、经济指标和安全指数。

(2) 地下洞室的爆破应进行专门的钻孔爆破设计,其内容包括:掏槽方式;炮眼布置;装药量和装药结构以及炮孔堵塞方式;起爆方法和顺序;绘制爆破图。

(3) 为查清地下洞室中尚未开挖岩体的地质情况,在监理工程师指定或批准掌子面钻设勘探孔或勘探洞。根据钻探获得的地质资料,及时调整爆破参数,以保证开挖质量和确保安全。

(4) 按“新奥法”理论进行隧洞施工,观测和掌握围岩的变形发展情况,选择合理的支护时机和判断支护的实际效果,充分利用岩石自身的承载能力。

(5) 使用质量优良的测量设备,确保各施工控制点布控准确无误。钻孔孔位应依据测量定出的中线、腰线及开挖轮廓线确定;周边孔应在断面轮廓线上开孔,沿轮廓线的调整范围和掏槽孔的孔位偏差不应大于 5cm,其它炮孔孔位的偏差不得大于 10cm;炮孔的孔底应落在爆破图规定的平面上。

(6) 优化技术措施,提高作业人员的技能:严格按爆破设计进行钻孔、装药;孔深、孔斜控制在允许范围之内,炮孔经检查合格后,方可装药爆破。炮孔的装药、堵塞和引爆线路的联结,应由经考核合格的炮工负责,并严格按爆破图的规定进行。

(7) 光面爆破和预裂爆破效果应达到以下要求:残留炮孔痕迹应在开挖轮廓面上均匀分布;炮孔痕迹保存率:完整岩石在 80%以上,较完整和完整性差的岩石不少于 50%,较破碎和破碎岩石不小于 20%;相邻两孔间的岩面平整,孔壁不应有明显的爆震裂隙;相邻两茬炮之间的台阶或预裂爆破孔的最大外斜值,不应大于 10cm;

(8) 在开挖过程中,注意保护地下混凝土衬砌、灌浆和支护结构不受损坏。在已完成的衬砌、灌浆和支护结构附近进行爆破时,其爆破技术和爆破参数应进行专门的设计和试验,并应经监理工程师批准。

(9) 支护工程原材料选用:管棚、锚杆(锚筋桩、钢筋网)、进场水泥和速凝剂等的质量应符合施工图纸要求并有生产厂的质量证明书,使用前应通过试验检验各项技术指标;骨料的强度、粒径和细度模数、含水率均控制在设计允许范

围之内。

(10) 管棚施工过程中, 严格按照施工图纸进行测量放线, 确保管棚管的间距、倾角。注浆由有施工经验的工人操作, 保证注浆的质量。

6.13.2 施工安全措施

由于隧洞内施工条件较差, 工人常在噪音、振动、地下水、有害气体等较恶劣环境中从事繁重的体力劳动, 安全生产直接关系到人身安全和重要设备的安全, 且与工程质量密切相关, 在隧洞开挖施工全过程中必须把安全工作作为首要任务来抓, 正确处理好施工中安全、质量、进度间的关系, 全面贯彻“安全第一、预防为主”的方针。

(1) 加强职工安全意识教育, 建立以项目经理为安全生产小组组长的安全管理制度;

(2) 加强对瓦斯的预防工作, 重视瓦斯检测和预防工作, 每个施工工作面必须有专职瓦斯检测员对洞内瓦斯情况定时检测, 并加强洞内通风;

(2) 洞内作业安全管理: 在洞内作业, 尤其是地质不良地段, 要采取机动灵活的应对措施, 地质条件变化则作业方法相应变化。另外设立专职安全巡查员, 主要职责是: 禁止作业期间内闲杂人员或机械和车辆进入施工现场, 观察判断事故发生的可能性, 正确而安全有效地指导生产。隧洞施工现场内危险地段陡坡、深坑、危石等, 应有防护设施或危险警告标志;

(3) 洞内用电安全: 对施工人员进行安全用电知识教育, 定期检修电器设备; 对电器外壳要进行防护性接地、保护性接零或绝缘; 在潮湿洞内环境中, 施工临时照明设备及手提工具, 不得使用超过 36V 高电压作业。洞内、洞外变压器均要设置安全栅栏, 并应设置提醒标志;

(4) 防高空坠落伤人事故发生: 高空及吊装作业要严格按照操作规程标准化、正规化施工, 设置安全防护网; 所有进入隧洞内的人员, 必须按规定佩带安全帽, 高空作业施工人员必须佩带安全绳及安全带等劳动保护用品, 遵章守纪听从指挥; 加强安全保卫工作, 禁止闲杂人员进入隧洞施工现场;

(5) 通风、防尘和防有害气体安全措施: 做好洞内通风工作, 根据施工进度安排, 确定合理的通风方式, 确保洞内通风要求达到国家有关规定及招标文件要求。采用综合措施防止和降低粉尘危害, 即“湿式凿岩标准化, 机械通风正常化、喷雾洒水正规化、个人防护普遍化”。配备专门的尘毒检测设备, 洞内空气

质量未达到规定标准时，人员不得进入洞内施工；

(6) 爆破器材安全管理：对爆破器材在运输、使用、存储过程中，要严格执行有关火工品的安全管理规定，对炸药库、雷管库房，除按规定设于远离住宅区外，还应安排专人看守；

(7) 加强围岩变形监测，发现险情，及时处理：隧洞开挖前的地质调查工作很难提供很准确的地质资料，在隧洞施工过程中，应通过目测与量测相结合的手段来监视围岩和支护的稳定性。监测内容包括：围岩的岩质和分布、节理裂隙发育程度和方向，接触面填充物的性质、状态，涌水量和涌水压力，隧洞顶部、侧部的稳定状态等；对于开挖后已支护地段，监测内容应包括：锚杆是否被拉断、喷射混凝土层是否有裂隙、剥离和剪切破坏、钢架有无压屈变形等。监测过程中，特别注意围岩危险较大的破坏状态和可能引起塌方事故的破坏状态。当围岩变形无明显减缓，或喷混凝土层产生较大剪切破坏时，立即停止开挖施工，及时采取辅助施工方法加固围岩；

(8) 洞口段施工安全措施

洞口施工前，必须根据洞口附近的地形、工程地质、水文地质、环境条件等情况，预估可能发生的各种危险及对环境的影响，制定保障洞口段施工安全的技术措施。洞口段开挖之前一般应加设锚杆、钢筋网、护坡和喷射混凝土等进行加固。当有坍塌可能时，先安设长锚杆或管棚等预支护，在辅助施工设施防护下开挖，以确保隧洞洞口加固段施工安全。

(9) 斜井段施工安全措施

斜井段施工中由于工作面狭窄、垂直作业高差大且多为人力施工，使得施工安全问题变得相对突出。对安全问题应引起足够重视并采取有效的保障措施，保证竖井施工的顺利进行和高质量。

导井开挖面要比较平整，开钻前及扩挖放炮后，都必须认真处理好危石及松动岩块。尤其是反导井的掌子面，因其是向上钻孔，开口时钻头的冲击易使松动岩石掉落伤人。

全断面扩挖时，石碴除一部分能够顺着导井自然溜到地下输水平洞外，其余均必须由人工扒碴入导井。为了提高放碴的效率，扩挖时每个循环断面都特意预留成斜坡，但这给钻孔、装药、支护尤其是人工放碴等施工带来了较大的安全问题，必须特别重视。首先，工人施工时必须配带安全帽、安全绳、安全带；其次，

将安全绳牢固系到已注浆的锚杆上，长短适中，切忌过长。第三，放碴时由高向低，相邻工人相互间要保持一定的距离。另外，为防止人员、器物从导井坠落，在施工中采取在导井上设置井盖的防护措施，当工人在工作面上钻孔装药与支护时，将井盖扣在导井口并临时固定。

在爆破施工方面，应严格按有关爆破安全规程施工。对于反导井开挖时炮后散烟问题必须特别重视，因为洞内通风条件差，在实际施工中采用以下预防措施：①炮后要尽可能长一点时间后再进入工作面，一般不少于 60 分钟。②施工之前，将风管引到吊笼上，提升至掌子面附近通风 10~15 分钟。炮响后，即从导孔孔口向下放水。

(10) 钢支撑施工的安全技术措施

在钢支撑制作和搬运过程中，应将钢支撑构件绑扎牢固，以防止发生整体构件或连接铁件碰撞伤人、车辆倾覆、构件坠落等事故。

钢支撑的架设应由专人按规定的信号进行指挥，随时观察围岩动态或初喷混凝土层的变化情况，防止落石或坍塌引起伤人事故。

在架设钢支撑前，应采用垫板等将钢支撑的基础面垫平。架设时，应采用纵向连接杆件将相邻的钢支撑连接牢固，防止钢支撑倾覆或扭转及变位等质量事故。

对钢支撑应检查检查，如发现扭曲、压屈等现象或征兆时，必须及时采取加固措施。必要时，应使其他人员迅速撤离至安全地带，防止因坍塌而造成安全事故。

在进行钢支撑的顶部连接作业时，高空作业较多，故施工人员应佩戴安全带。当紧固钢支撑顶部连接螺栓、楔紧钢支撑时，作业人员应以正确的姿势站立在平稳、牢固的角手架上。防止发生工人坠落事故。

编写：张光辉

第七章 混凝土工程施工

7.1 施工特性

7.1.1 概述

紫坪铺水利枢纽工程，位于岷江上游映秀至都江堰市沙金坝河段。大坝为面板堆石坝，最大坝高 156m，正常蓄水位 877.0m，总库容 11.12 亿 m^3 ，为不完全年调节水库。是一项以灌溉和城市供水为主，兼有发电、防洪、环境保护、旅游等综合利用为目的的大型水利枢纽工程，是都江堰灌区的主要水源调节工程。

电站总装机 760MW，多年平均发电量 34.17 亿 $kw\cdot h$ 。右岸坝后地面厂房，装机 $4\times 190MW$ 。紧邻右坝端的水工建筑物依次是开敞式溢洪道、四条引水发电隧洞、一条冲砂隧洞和两条由导流隧洞改造而成的泄洪排砂隧洞（龙抬头）。

本标主要混凝土工程项目包括：

- 一、1#、2#泄洪排砂洞进水塔，洞身龙抬头段衬砌、出口挑流鼻坎改造；
- 二、冲砂放空洞进口、洞身、闸室及出口混凝土；
- 三、1#、2#、3#、4#引水隧洞洞身段衬砌；
- 四、引水隧洞排水廊道；
- 五、1#、2#泄洪洞及引水隧洞进水塔塔顶交通桥；
- 六、栏杆柱；
- 七、楼梯、平台和梁；
- 八、桥面人行道和电缆沟。

7.1.2 主要建筑物结构特征

1#泄洪洞进水塔底板高程 EL.780.00m，塔体尺寸为 $45.0\times 16.4\times 131m$ （长 \times 宽 \times 高）；龙抬头段进口底板高程 EL.777.428m，纵坡 32.33%，由非结合段的城门型断面渐变到与 1#导流洞结合后的马蹄形断面；出口挑流鼻坎底板高程 EL.744.50m，长 49.3m。

2#泄洪洞进水塔底板高程 EL.800.00m，塔体尺寸为 $39\times 15.4\times 113m$ （长 \times 宽 \times 高）；龙抬头段进口底板高程 EL.798.5m，纵坡 44.44%，由非结合段的城门型断面渐变到与 2#导流洞结合后的马蹄形断面；出口挑流鼻坎底板高程 745.156m，长 33.5m。

冲砂放空洞全长 630.16m，洞身段断面由方型（5.0×5.0m）→圆形（Ø4.4m）→城门型（5.0×6.5m），衬砌厚度为 0.6m~2.0m。进口叠梁门闸室底板高程 EL.770.00m，尺寸为 10.5×10×14m（长×宽×高），检修门竖井高 20.23m。出口包括工作门闸室和挑流鼻坎。工作门闸室尺寸为 14.8×25.5×25.4m（长×宽×高），挑流鼻坎出口底板高程 EL.754.52m，尺寸为 49.94×9m（长×宽）。

引水发电洞进口塔体底板高程 EL.800.00m，塔体尺寸为 28.46×90×91.4m（长×宽×高）；引水发电洞共 4 条，由上平段、斜井段、下平段组成，1#~4#引水洞分别长为 379.34m、378.157m、364.42m，334.297m。断面结构型式为圆形断面，直径为 8.0m，衬砌厚度为 0.8m~1.0m。各部位混凝土工程量详见表 7-1。

引水系统混凝土工程工程量表

表

7-1

序号	工程部位	单位	工程量	备注
1	1#泄洪排砂洞	m ³	103039	不含导流洞封堵量
	进水塔砼	m ³	68885	
	龙抬头洞身段砼衬砌	m ³	28900	
	挑流鼻坎改造	m ³	2407	
	1#交通桥	m ³	2847	
2	2#泄洪排砂洞	m ³	93160	不含导流洞封堵量
	进水塔砼	m ³	56687	
	龙抬头洞身段砼衬砌	m ³	32167	
	挑流鼻坎改造	m ³	1331	
	2#交通桥	m ³	2975	
3	冲砂放空洞	m ³	35793	
	进口及闸室砼	m ³	5501	
	检修竖井砼	m ³	3664	
	工作闸室砼	m ³	4912	
	挑流鼻坎砼	m ³	7766	
	洞身衬砌砼	m ³	10707	

	地质原因洞身超填	m ³	2000	
	出口段回填	m ³	1243	
4	进水塔及引水隧洞	m ³	209554	
	进水塔及进口基础砼	m ³	153475	
	进水口交通桥	m ³	567	
	1#、3#引水隧洞	m ³	24038	
	2#、4#引水隧洞		24414	
	地质原因超填砼	m ³	6000	
	排水廊道及排水沟	m ³	1060	
5	合 计	m ³	441546	不含导流洞封堵量

7.1.3 混凝土工程施工特点

根据本工程结构布置、施工条件及控制工期要求，混凝土工程主要有以下特点：

一、土石方开挖面多、量大，工期紧，强度高，与混凝土施工有一定干扰，施工中需要合理组织和安排。

二、砼工程量大，工作面多，结构高，投入的大型垂直吊运设备安拆较多，因此施工中各大型设备的安拆、机械的转移及运输道路显得尤其重要，应充分发挥其功能和效率，保证施工关键线路混凝土浇筑强度的需要。

三、1#、2#导流洞下闸后，1#、2#泄洪洞改造工期紧，施工项目多，质量要求高，龙抬头段混凝土施工与开挖，灌浆、出口挑流鼻坎施工等项目之间相互干扰大，合理安排施工程序及施工进度是保证本工程控制性工期实现的关键。

四、进水塔交通桥跨度大，安装难度大。

7.1.4 主要进度安排

一、混凝土施工进度编制原则

(1) 混凝土施工细化进度的编制，是以本标施工总进度混凝土施工时间为依据，体现各部位混凝土主要项目施工时段；

(2) 满足招标文件中控制性工期要求；

二、各部位混凝土施工进度安排

(1) 1#、2#泄洪排砂洞混凝土施工进度

1#、2#泄洪洞工程混凝土总量为 197699 m³，其中 1#、2#泄洪洞进口混凝土为 125572 m³，洞身段混凝土为 61067 m³，出口挑流鼻坎混凝土为 3738 m³，交通桥混凝土为 5822m³。混凝土浇筑施工时段为 2003 年 7 月 1 日~2005 年 4 月 30 日，总工期 22 个月，有效工期为 17 个月。进口塔体混凝土浇筑高峰强度为 15952 m³/月，出口挑流鼻坎混凝土浇筑高峰强度为 9133 m³/月，洞内非结合段混凝土衬砌月平均强度为 5007 m³/月。

(2) 冲砂放空洞混凝土施工进度

冲砂放空洞工程混凝土 35793 m³，混凝土施工时段为 2002 年 11 月 1 日~2004 年 3 月 31 日，总工期 15 个月，净工期为 11 个月。进口进水塔混凝土浇筑高峰强度为 4395 m³/月，发生在 2003 年 10 月。

(3) 引水洞进水口与引水洞混凝土施工进度

发电洞进水塔与发电洞工程混凝土 209554 m³，其中进水塔混凝土 154042 m³，发电洞混凝土 55512m³。施工时段为 2002 年 11 月 1 日~2004 年 12 月 31 日，总工期 26 个月。进水塔混凝土浇筑高峰强度为 9000 m³/月（发生在 2003 年 9、10 月），发电洞混凝土衬砌月进尺为 60m/月。

7.1.5 施工方案简介

一、1#、2#泄洪排砂洞

(1) 进水塔

采用普通散装钢模板，15t 自卸汽车运输，C7050（20t）固定塔机吊 3.0m³吊罐入仓，Φ100 型振捣器平仓振捣。

(2) 洞身段

边墙采用悬臂大模板，顶拱采用在边墙内预埋型钢固定定型排架配散装模板，底板采用滑模施工。6.0m³混凝土搅拌运输车运输，HB30 混凝土泵泵送入仓，Φ100 或 Φ50 型振捣器平仓振捣。

(3) 出口挑流鼻坎

采用散装钢模，15t 自卸汽车运输，搭架管 5t 卷扬机提升 1.0m³吊罐配合人工入仓，Φ100 或 Φ50 振捣器振捣。

二、冲砂排砂洞

(1) 进口及叠梁门闸室

采用散装钢模板，15t 自卸汽车运输，10/30t 圆筒门机吊 3.0 m³罐入仓，

局部配人工溜槽入仓， $\phi 100$ 或 $\phi 50$ 型振捣器平仓振捣。

(2) 检修门竖井

采用散装钢模板， 6.0m^3 混凝土搅拌运输车，HB30 混凝土泵送入仓， $\phi 50$ 振捣器振捣。

(3) 洞身段

采用 $\phi 4.4\text{m}$ 针梁钢模台车 ($L=10.5\text{m}$)， 6.0m^3 混凝土搅拌运输车，HB30 混凝土泵送入仓， $\phi 50$ 振捣器振捣。

(4) 工作门闸室

采用普通散装钢模板， 6.0m^3 混凝土搅拌运输车，HB30 混凝土泵送入仓， $\phi 50$ 或 $\phi 100$ 振捣器振捣。

(5) 挑流鼻坎

采用散装钢模，15t 自卸汽车运输，搭架管 5t 卷扬机提升 1.0m^3 吊罐配合人工入仓， $\phi 100$ 或 $\phi 50$ 振捣器振捣。

(6) 无压洞

方型断面或城门型边墙采用普通散装钢模板，城门型顶拱采用在边墙内预埋型钢固定定型排架， 6.0m^3 混凝土搅拌运输车，HB30 混凝土泵送入仓， $\phi 50$ 振捣器振捣。

三、引水发电洞

(1) 进水塔

采用普通散装钢模板，15t 自卸汽车运输，EL. 845m 以下采用 2 台 10/30t 圆筒门机吊 3.0m^3 罐入仓，EL. 845m 以上采用 2 台 C7022 (16t) 移动式塔机吊 1.5m^3 罐入仓， $\phi 100$ 或 $\phi 50$ 振捣器振捣。

(2) 洞身段

渐变段采用散装钢模板，配合定型模板，斜井段采用定型模板一次衬砌，平洞段采用针梁钢模台车一次衬砌， 6.0m^3 混凝土搅拌运输车，HB30 混凝土泵送入仓， $\phi 50$ 或 $\phi 100$ 振捣器振捣。

7.2 施工布置

7.2.1 布置原则

一、混凝土运输供料线充分利用业主提供的道路及前期开挖形成的施工道路，以方便施工，减少道路临建工程量。

二、施工机械的布置以增加机械设备的浇筑范围，提高设备的使用效率，保障混凝土的施工强度为布置原则。

三、施工布置应考虑尽量减少相关施工项目之间的干扰，做到布置合理、协调、有序。

7.2.2 施工道路布置

为满足混凝土浇筑施工需要，共布置了 1#路、1#-1 路、1#-2 路、3#路、3#-1 路、5#路、5#-1 路、6#路、7#路、8#-1 路等 10 条施工道路，路面宽度为 7.5~9.0m，最大纵坡 12%，路面结构为泥结石路面。施工道路布置及其功能见表 7-2。

主要施工道路特性表

表

7-2

序号	道路名称	长度 (m)	路宽 (m)	起止高程 (m)	最大总坡	路面结构	施工部位
1	1#路	950	7.5~9.0	EL.751~773	12%	泥结石路面	冲砂洞、引水洞混凝土运输
2	1#-1 路	50	7.5~8.0	EL.751~755	8%	泥结石路面	冲砂洞及出口混凝土运输 (自建)
3	1#-2 路	230	7.5~8.0	EL.751~735	7%	泥结石路面	引水洞及出口混凝土运输 (自建)
4	3#-1 路	30	7.5~9.0	EL.766~769	12%	泥结石路面	冲砂洞进口混凝土运输
5	5#路	1100	7.5~9.0	EL.783~796	10%	泥结石路面	引水洞、泄洪洞进口混凝土运输
6	5#-1 路	300	7.5~8.0	EL.770~796	10%	泥结石路面	3#、5#连接道路 (自建)
7	6#路	840	7.5~9.0	EL.800~845	5%	泥结石路面	泄洪洞进口混凝土运输 (自建)
8	7#路	2236	7.5~9.0	EL.801~885	10%	泥结石路面	泄洪洞、引水洞进口混凝土运输
9	8#-1 路	400	7.5~8.0	EL.751~735	8%	泥结石路面	引水洞下平段混凝土运输

7.2.3 混凝土供应

为满足混凝土施工强度及进度要求，本标在坝址上、下游分别设置拌和系统。上游采用 HL115-3F1500 (3×1.5m³) 拌和系统，设计生产能力 105 m³/h；下游采用 HZS90 拌和系统，设计生产能力 90m³/h。采用 15t 自卸汽车、6.0m³ 混

凝土搅拌运输车进行水平运输。另外，在施工区外，配置 2 台 0.375 m³ 强制式拌和机满足施工需要。

具体布置及工艺流程详见“第二章 施工总平面布置”。

7.2.4 风水电布置

一、风

在施工区域内，利用系统风就近接 Ø108mm 支管至工作面；在施工区域外配备 12 m³ 移动式空压机供风。

(1) 引水洞进口、冲砂放空洞进口施工，利用系统 1#集中式压气站（一台 L5.5-40/8 型固定式空压机和一台 4L-20/8 型固定式空压机）联合供风，最大供风量 60 m³/min，接 DN150 的无缝钢管作为供风主干管，各施工部位接 DN100、DN80 支管供风。

(2) 引水系统出口施工，利用 2#集中式压气站（两台 4L-20/8 型固定式空压机）供风，最大供风量 40m³/min，接 DN100 的无缝钢管作为供风主干管，各施工用风部位接 DN80 支管供风。

(3) 冲砂放空洞出口施工，利用 3#集中式压气站（两台 4L-20/8 型固定式空压机）供应，最大供风量 40m³/min，接 DN100 的无缝钢管作为供风主干管，各施工用风部位接 DN80 支管供风。

(4) 1#、2#泄洪洞施工用风，选用两台 ZV-12/7 型移动式空压机供应。

(5) 另再备两台 ZV-12/7 型移动式空压机作为压气站形成前施工用风和零散施工供风。

供风系统具体布置详见《第二章 施工总平面布置图》。

二、水

(1) 进口施工供水系统

设泵站从岷江取水，安装四台 125D25×6 型多级离心泵（Q=101m³/h，H=129m，N=55kw，其中备用一台），抽至上游 6#公路旁▽845m 高程处的 50m³ 水池，接 DN100 供水干管。并在该处设二级泵站，用三台单级单吸离心泵 IS125-100-400（Q=100m³/h，H=50m，N=30kw，其中备用一台），安装 DN100 输水管至▽885m 高程的 50m³ 水池，再由 DN80 供水管向各施工用水部位供水。

(2) 出口施工供水系统

在引水隧洞出口，设泵站从岷江取水，安装两台 IS125-100-400 型单级单吸离心泵（ $Q=100\text{m}^3/\text{h}$, $H=50\text{m}$, $N=30\text{kw}$,其中备用一台），抽至引水系统出口 $\nabla 770\text{m}$ 高程的 50m^3 水池，再由 DN100 供水主干管向各施工部位供水。

在冲砂放空洞出口下游，设泵站从岷江取水，安装两台 150S-50A 型单级双吸离心泵（ $Q=140\text{m}^3/\text{h}$, $H=39\text{m}$, $N=30\text{kw}$,其中备用一台），抽至引水系统出口下游 $\nabla 778\text{m}$ 高程的 50m^3 水池，再由 DN100 供水主干管向各施工部位供水。

三、电

利用系统电源线，就近接支电缆线至工作面，并在工作面设置配电盘。

7.3 施工方法

7.3.1 混凝土浇筑施工工艺

混凝土施工一般工艺流程见图 7-1。

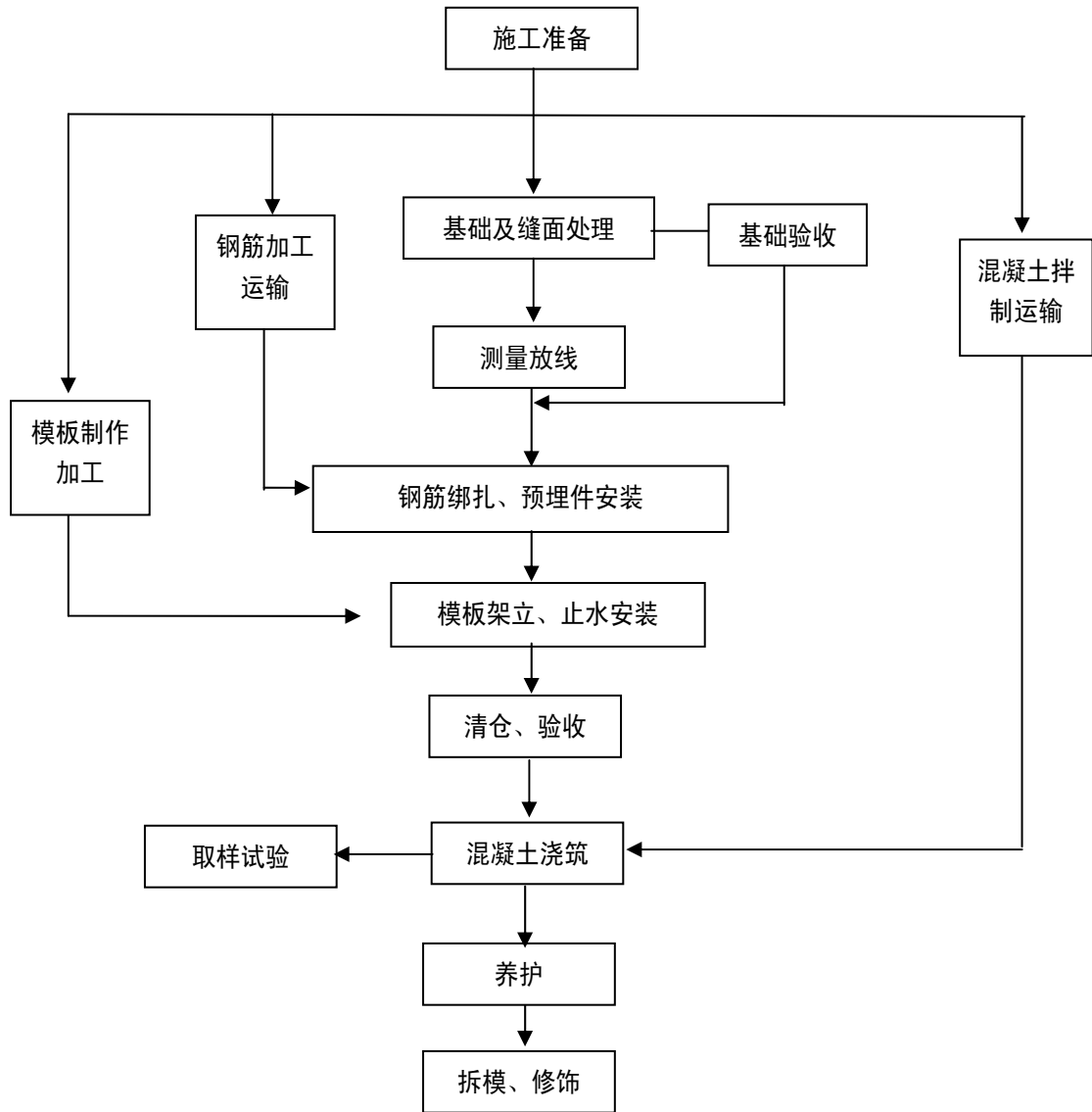


图 7-1 混凝土施工工艺流程图

一、仓面清理

混凝土浇筑前，先清除岩基上的杂物、泥土及松动岩石，并用压力水将基岩面或老混凝土表面冲洗干净。施工缝采用人工凿毛，清除缝面上所有浮浆，松散物料及污染体，用压力水冲洗干净，保持清洁、湿润。

二、测量放线

基面处理合格后，用全站仪、经纬仪、水准仪等进行测量放线检查规格，将建筑物体型的控制点线放在明显地方，并在方便度量的地方给出高程点，确定钢筋绑扎和立模边线，并作好标记，焊接架立筋。

三、钢筋焊接及止水、预埋件安装

由现场技术人员开出下料单，在钢筋加工厂制作，为了防止运输时造成混乱和便于架立，每一型号的钢筋必须捆绑牢固并挂牌明示，载重车运输到厂房内，桥机吊运至工作面，人工进行绑扎焊接，底板钢筋要预先搭设好钢筋架。

绑扎焊接钢筋前清除模板上杂物，先测量放出混凝土高程线及边线，每段施工先固定 2 个标准横向箍筋。焊接操作严格按施工规范进行，必须保证焊接长度，不得损伤钢筋，每一部位钢筋焊接完后须清除焊渣。

止水设施的型式、尺寸、埋设位置和材料的品种规格符合施工图纸的规定，止水及预埋件安装严格按设计图纸要求进行，负责预埋件安装的人员，必须和钢筋架立人员密切配合，一些管路需穿过密集钢筋区域时，采用穿插作业。严防乱割受力钢筋，埋件一定要牢固固定在可靠的部位，浇筑振捣时不会走样。

止水片安装是一件细微的工作，设置一些简易的托架、夹具将止水片固定在设计位置上，止水片凹槽一定要安放在缝面中间，且使其与模板结合严密。安装好的止水片须加以固定和保护，防止在浇筑过程中发生偏移、扭曲和结合面漏浆。

四、立模、校模

定型钢模、悬臂模板和各种特殊要求的模板均在模板加工厂制作，现场进行组装，利用圆筒门机或塔机配合就位，千斤顶微调至准确位置，拉杆固定（或对拉）。小钢模在现场架立，扣件连接， $\Phi 48$ 钢管纵、横向背牢，拉杆固定，仓内设对撑，随浇筑混凝土上升时拆除。组合钢模板的围圈须有足够的刚度和强度，以防止模板变形过大影响建筑物结构尺寸及外观质量。

五、清仓验收

清理仓号内的杂物、排除积水，将待浇面洒水湿润，同时提交有关验收资料进行仓位验收。混凝土浇筑前，检查脚手架、安全护栏等。

六、混凝土拌制

混凝土由本标段设置的拌和站按现场试验室提供并经监理工程师批准的程序和混凝土配料单进行统一拌制，并在出机口和浇筑现场进行混凝土取样试验；各种不同类型结构物的混凝土配合比通过试验选定，并根据建筑物的性质、浇筑部位、钢筋含量、混凝土运输、浇筑方法和气候条件等，选用不同的混凝土坍落度。

七、混凝土浇筑

浇筑仓号首先由作业班组进行初检，提供原始资料，由质安部门进行复检，最后请监理工程师进行终检。仓面验收合格后，方可进行混凝土浇筑，基岩面浇筑仓，在浇筑第一层混凝土前，将层面松散物及积水清除干净后均匀铺设一层2~3cm 水泥砂浆，砂浆标号比同部位混凝土标号高一级，并保证混凝土与基岩面结合良好。

仓号内注意薄层平铺，特别是边墙一定要对称下料，防止使模板整体变形；认真平仓，防止骨料分离；注意层间结合，加强振捣，确保连续浇筑，防止出现冷缝；浇筑过程中模板工和钢筋工要加强巡视维护，异常情况及时汇报，研究后及时处理。

八、混凝土养护

混凝土浇筑结束后 12h，洒水养护，使其保持湿润状态。养护时间一般为 14 天，在干燥、炎热的气候条件下，适当延长养护时间。

混凝土养护期时间

表 7-3

混凝土所用的水泥种类	养护时间(天)
硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥	14
火山灰质硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	21

九、拆模、修补

混凝土强度达到施工图纸要求及规范规定后，方可拆出模板。

拆模后若发现混凝土有缺陷，提出处理意见，征得监理工程师同意后才能进行修补。对不同的混凝土缺陷，按相应的监理工程师批准的方法进行处理，直至满足设计和规范要求。

7.3.2 引水、冲砂洞进口进水塔混凝土施工

一、施工机械布置

1#、2#圆筒门机前期布置在发电洞进水口底板 EL.796.00m，轨道中心线桩号电 0-032.960m，主要承担发电洞进水塔 EL.845.00m 以下及 EL.845.00m 以下回填混凝土垂直运输任务；2 台 C7050（20t）塔机后期布置在 EL.845.00m 混凝土回填平台，主要承担 EL.845.00m 以上混凝土的垂直运输。

进水口施工工作面场地狭窄，不便布置过多的大型混凝土施工机械，为满足

进水口施工进度及混凝土入仓强度要求，EL.845.00m 高程以下回填混凝土采用真空溜槽辅助入仓，仓面配备混凝土平仓机进行平仓，平仓机采用门机吊入仓号内。

真空溜槽控制的垂直高差不超过 60m，根据拌和站的生产能力及混凝土入仓强度并考虑一定的富余度后，真空溜槽的输送能力为 $40\text{m}^3/\text{h}$ ，混凝土在溜槽中的输送速度为 $4\sim 5\text{m}/\text{s}$ 。利用 7#公路作为供料平台，7#路路面高程 885.4m，

受料斗：混凝土采用 15t 自卸汽车运输，考虑受料斗应具备一定的储料能力、保证受料斗中始终有料而确定的料斗容积为 10m^3 ；

槽身段：根据真空溜槽输送混凝土的速度和强度并考虑时间利用系数，确定溜槽的半径 $R=15\text{cm}$ ，溜槽分节制作，每节长 4.6m，控制高差 3.0m；

支撑结构：受料斗采用钢结构制作，并用角钢加固；溜槽槽身采用型钢桁架支撑，桁架固定在锚筋上；锚筋采用 $\Phi 28$ 钢筋，深入基岩 2.0m，每条溜槽布置两排，间距 1.0m，排距 $0.6\sim 0.8\text{m}$ 。受料斗及溜槽结构型式见图 7-2。真空溜槽入仓方法见图 7-3。

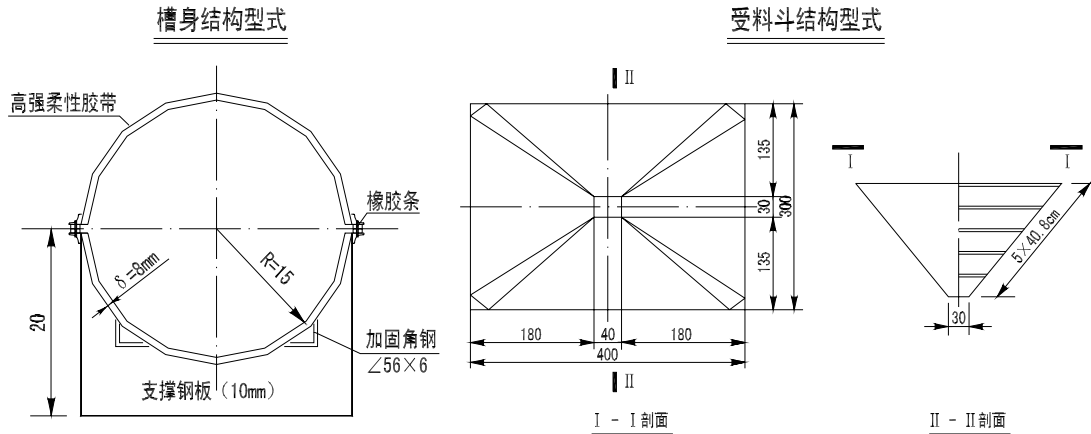


图 7-2 受料斗及溜槽结构型式示意图

二、浇筑分层、分块

根据招标文件和施工规范要求，为利于混凝土浇筑块的散热，基础和老混凝土约束部位浇筑分层高度为 $1.0\sim 2.0\text{m}$ ，基础约束区以外最大浇筑层高控制在 4.0m 以内，上、下层浇筑间歇时间为 $5\sim 7$ 天。底板及边墙混凝土均采用分块跳仓浇筑。

三、材料运输

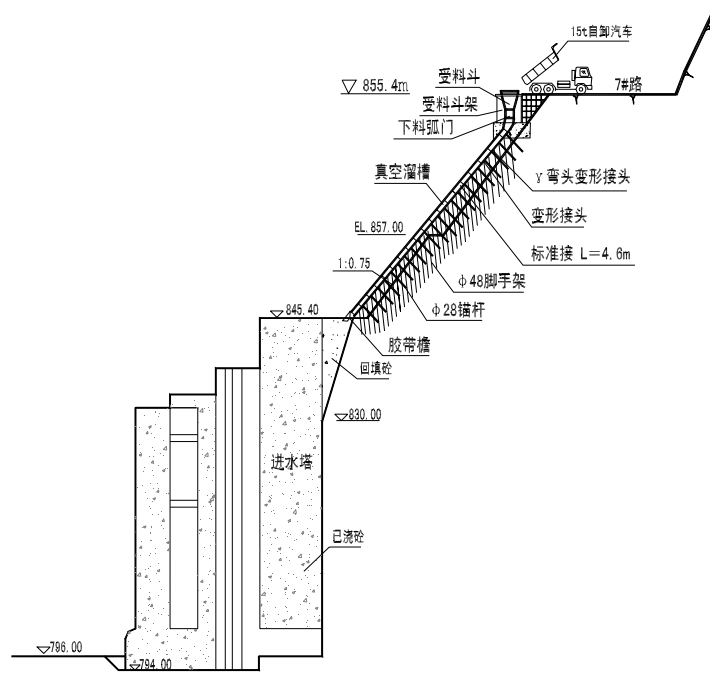


图 7-3 真空溜槽入仓方法示意图

模板、支撑及钢筋等采用 5t 或 15t 载重汽车运至工作面， 10/30t 圆筒门机或 C7022（16t）塔机吊运至工作面，人工配合进行安装。

四、混凝土水平运输

根据混凝土施工强度要求及浇筑机械设备入仓能力，混凝土采用 15t 自卸汽车及 6.0m³ 混凝土罐车进行运输。

五、混凝土垂直运输

发电洞进水塔 EL.845.00m 高程以下及 EL.830.00m 高程以下回填混凝土混凝土主要采用 10/30t 圆筒门机吊 3.0m³ 罐入仓；EL.830.00~845.00m 高程回填混凝土采用真空溜槽辅助入仓。进水塔 EL.845.00m 以上混凝土采用 C7022（16t）塔机吊 1.0 m³ 罐入仓，并配置 2 台 HB30 混凝土泵辅助混凝土浇筑。

六、平仓振捣

混凝土以振捣器平仓为主，局部辅以人工进行；混凝土振捣采用高频插入式 $\phi 100$ 棒式电动振捣器，对于模板周围、金结、埋件附近采用 $\phi 50$ 电动软轴插入式振捣器振捣，以防止模板、金结及埋件变位。

六、混凝土养护

混凝土浇筑完毕后 12~18h 内进行洒水养护，养护期时间按表 7-3 执行，在干燥、炎热气候条件下，延长养护时间至少 28 天以上；大体积混凝土的水平施

工缝则应养护到浇筑上层混凝土为止。

七、施工缝处理

施工缝包括工作缝和冷缝，处理方法为：使用压力水冲毛，局部辅以人工凿毛加工成毛面。缝面冲毛的压力为 $4\sim 6\text{kg}/\text{cm}^2$ ，冲毛时间在混凝土初凝后至终凝前进行，冲毛达到的标准为冲去乳皮和灰浆，直到混凝土表面积水由浑变清，露出粗砂粒或小石。缝面冲毛后，清洗干净，保持清洁、湿润，在浇筑上层混凝土前，将层面松动物及积水清除干净后均匀铺设一层 $2\sim 3\text{cm}$ 水泥砂浆，砂浆标号应比同部位混凝土标号高一级，以铺设砂浆后 30min 内被混凝土覆盖为限，确保新浇混凝土与老混凝土结合良好。门、塔机浇筑混凝土施工方法见图“ZPP-CII-7-2、7-3、7-4”。

7.3.3 1#、2#泄洪洞进水塔混凝土施工

一、施工机械布置

2台 C7050 (20t) 塔机前期分别布置在 1#、2#泄洪洞进口底板 EL.778.00m、EL.798.00m 高程，主要承担泄洪洞进水塔 EL.835.00m、EL.845.00m 以下混凝土垂直运输任务；2台 C7050 (20t) 塔机后期分别布置在 1#、2#泄洪洞进口 EL.835.00m、EL.845.00m 混凝土回填平台，主要承担 EL.835.00m、EL.845.00m 以上混凝土的垂直运输。

二、浇筑分层、分块

根据招标文件和施工规范要求，为利于混凝土浇筑块的散热，基础和老混凝土约束部位浇筑分层高度为 $1.0\sim 2.0\text{m}$ ，基础约束区以外最大浇筑层高控制在 4.0m 以内，上、下层浇筑间歇时间为 $5\sim 7$ 天。底板及边墙混凝土均采用分块跳仓浇筑。

三、材料运输

模板、支撑及钢筋等采用 5t 或 15t 载重汽车运至工作面，C7050 (20t) 塔机吊运至工作面，人工配合进行安装。

四、混凝土水平运输

根据混凝土施工强度要求及浇筑机械设备入仓能力，混凝土采用 15t 自卸汽车及 6.0m^3 混凝土罐车进行运输。

五、混凝土垂直运输

泄洪洞进水口混凝土浇筑采用 20t 塔机吊 3.0m³ 罐入仓；出口采用真空溜槽入仓，具体施工方法参见第八章。

六、平仓振捣

混凝土以振捣器平仓为主，局部辅以人工进行；混凝土振捣采用高频插入式 $\phi 100$ 棒式电动振捣器，对于模板周围、金结、埋件附近采用 $\phi 50$ 电动软轴插入式振捣器振捣，以防止模板、金结及埋件变位。

七、混凝土养护

混凝土浇筑完毕后 12~18h 内进行洒水养护，养护期时间按表 7-3 执行，在干燥、炎热气候条件下，延长养护时间至少 28 天以上；大体积混凝土的水平施工缝则应养护到浇筑上层混凝土为止。

八、施工缝处理

施工缝包括工作缝和冷缝，处理方法为：使用压力水冲毛，局部辅以人工凿毛加工成毛面。缝面冲毛的压力为 4~6kg/cm²，冲毛时间在混凝土初凝后至终凝前进行，冲毛达到的标准为冲去乳皮和灰浆，直到混凝土表面积水由浑变清，露出粗砂粒或小石。缝面冲毛后，清洗干净，保持清洁、湿润，在浇筑上层混凝土前，将层面松动物及积水清除干净后均匀铺设一层 2~3cm 水泥砂浆，砂浆标号应比同部位混凝土标号高一级，以铺设砂浆后 30min 内被混凝土覆盖为限，确保新浇混凝土与老混凝土结合良好。

7.3.4 引水隧洞混凝土施工

一、施工程序

(1) 1#、3#引水隧洞

1#、3#引水隧洞开挖完成后，立即进行下平段和斜井段砼衬砌，下平段和斜井段采用 2 台针梁式钢模台车衬砌完成后，再进行下平段压力管道安装和钢衬段砼回填；

(2) 2#、4#引水隧洞

2002 年 8 月 1 日提交工作面后，立即进行洞挖施工，洞挖完成后，进行斜井段压力管道安装，然后进行下平段压力管道安装，2003 年 12 月底，1#、3#引水隧洞下平段砼采用 2 台针梁式钢模台车衬砌完成后，将钢模台车拆装至 2#、4#引水隧洞上平段，进行上平段砼衬砌施工。

二、洞内施工设备布置

(1) 平洞段

1#、3#引水发电洞下平段水平长度各 166.324m，2#、4#引水发电洞上平段水平长度各 175m，典型断面开挖直径为 10.0m，衬砌后直径为 8.0m，混凝土衬砌厚度为 1.0m。根据施工总进度的安排，引水隧洞衬砌时段为 2003 年 11 月 1 日~2004 年 4 月 30 日，衬砌施工工期为 6 个月，隧洞平均衬砌月进尺为 120m/月。在 1#和 3#、2#和 4#引水隧洞共采用 2 套针梁式钢模台车进行衬砌施工（L=10.50m， $\Phi=8.0\text{m}$ ，G=95t）。采用 6.0m³ 混凝土罐车运输，每套台车配 2 台 HB30 泵泵送入仓，100 型或 HZ6X-50 型软轴振捣器振捣。

(2) 斜井段

1#、3#引水发电洞斜井段及下平洞段部分为混凝土衬砌段，典型断面开挖直径为 9.6m，衬砌后直径为 8.0m，混凝土衬砌厚度为 0.8m。2#、4#引水发电洞斜井段及下平段主要为钢衬段，回填混凝土厚度为 0.8m。钢衬段回填混凝土与压力钢管安装交叉进行，施工时段为 2003 年 3 月 16 日~2003 年 11 月 15 日。斜井段回填混凝土在上弯段布置 1 台 HB30 泵，泵送混凝土入仓；下平段回填混凝土在隧洞出口布置 1 台 HB60 泵，泵送混凝土入仓。

(3) 出口渐变段

出口钢衬外包混凝土和回填混凝土为三级配混凝土，主要采用履带吊吊 3.0m³ 罐入仓，履带吊同时负责压力管道的吊装。

三、引水发电洞衬砌施工

(1) 浇筑分层、分段

引水发电洞上平段混凝土衬砌施工主要采用针梁式钢模台车施工，在进口渐变段、上弯段、下弯段采用普通组合钢模板衬砌。针梁式钢模台车衬砌混凝土施工采用全断面、一次成形的浇筑方式。钢模台车衬砌分段长度为 10.0m，相邻浇筑段间采用止水片连接。洞内衬砌混凝土施工采用循环作业方式，混凝土衬砌作业循环时间见表 7-4。

发电洞混凝土衬砌作业循环时间表

表 7-4

序号	工作项目	作业时间 (h)	备注
1	浇筑仓面准备	6	1.衬砌类型：全断面；

2	钢筋架设	单计	2.浇筑段长度：10m； 3.模板型式：针梁钢模台车 2套； 4.工作面：2个； 5.机械配备： 6.0m ³ 混凝土搅拌车 8辆； HB30混凝土泵 4台； 6.单工作面月进尺：60m/月（每月按 21.5d 计算）； 7.月进尺：120m。
3	钢模台车就位	6	
5	安装堵头模板	8	
6	浇筑混凝土	24	
7	混凝土待凝	24	
8	模板拆除	6	
9	其它	12	
合计		86	

钢模台车衬砌一段混凝土直线工期为 5 天，每月安排 6 个循环，月进尺可达 60m/月。1#、3#引水发电洞钢模台车衬砌施工方向从电 0+093.552m 处向下游压力钢管段进行衬砌；2#、4#引水发电洞钢模台车衬砌施工方向从电 0+191.00m 处向上游进口段进行衬砌

引水发电洞上平洞段衬砌断面较大，钢筋架立困难。为了缩短钢筋架设时间，同时确保钢筋施工的质量，洞内钢筋绑扎和焊接通过钢筋台车架设。钢筋架设领先于混凝土浇筑 3~4 个浇筑段，以确保混凝土浇筑顺利进行。引水发电洞采用针梁式钢模台车衬砌混凝土施工方法见图 7-4

转弯段和上弯段处的渐变段均为圆形断面，采用 $\Phi 48\text{mm}$ 脚手架和木排架支撑定型钢模板分两次衬砌完成。衬砌的程序为先浇隧洞下部 1/4 圆弧段，再浇隧洞上部 3/4 圆弧段。浇筑分段长度为 9.0m，相邻浇筑段间采用止水片连接。组合钢模板衬砌混凝土一段直线工期为 7 天，每月安排 4 个循环，月进尺可达 36m/月。

引水发电洞采用普通组合钢模板衬砌混凝土施工方法见图 7-4。

(2) 浇筑方法

1) 台车就位

根据施工进度，钢模台车在 2003 年 5 月安装，所有部件采用汽车经 2#、4#引水

隧洞进口到达桩号 0+171 处，通过在顶拱上打的锚杆，使用 16t 汽车吊、电动葫芦辅助，组装完成。其安装顺序为底模→行走门架→顶、侧模。

钢模台车按使用说明书在厂家指导下进行安装和使用，组织专业班组按操作

规程

将台车就位，并固定牢固。安装偏差应符合 GB50204-92 的规定。

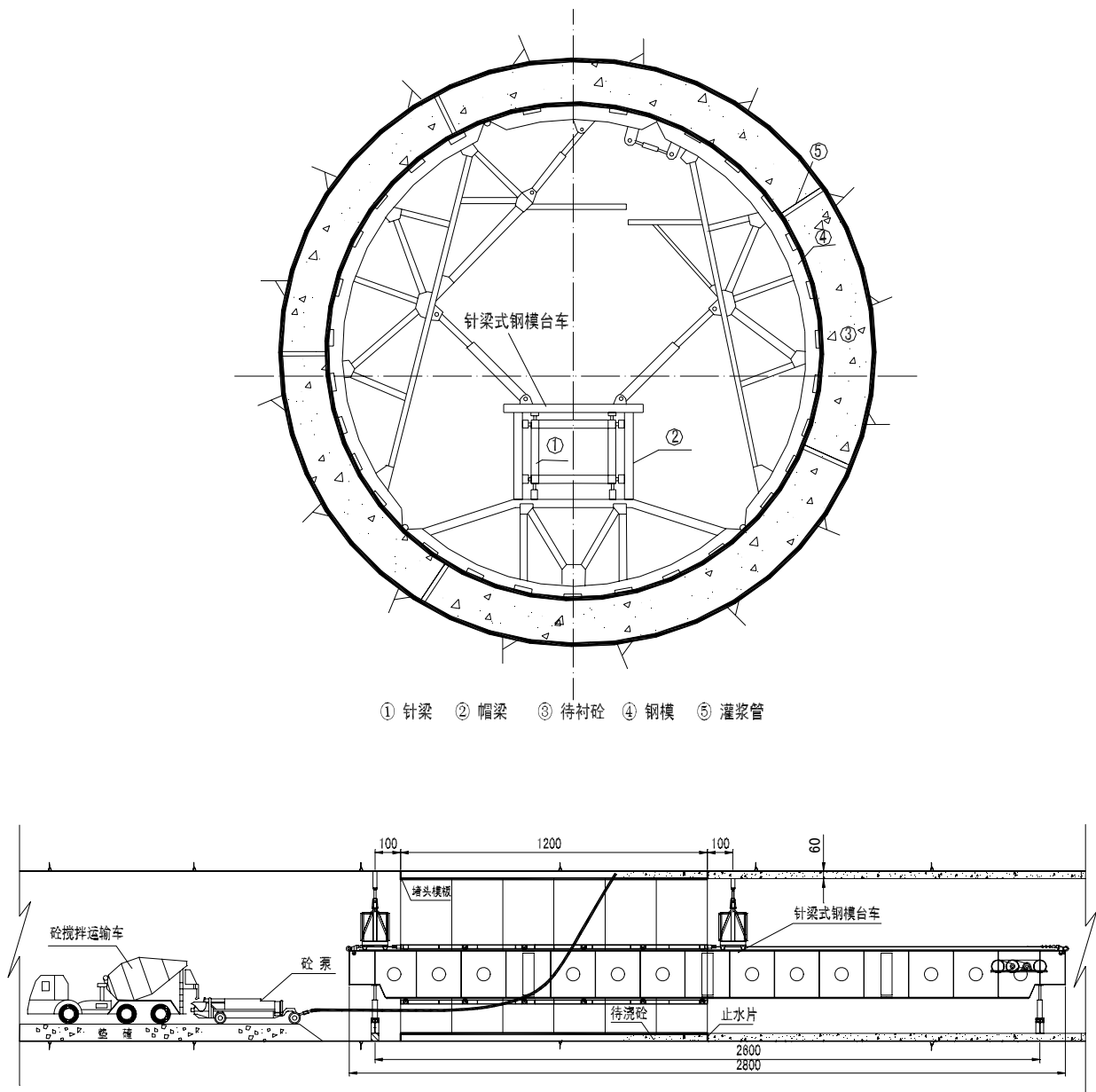


图 7-4 针梁式钢模台车衬砌混凝土施工方法图

模板在使用之前应清理干净，并涂刷符合监理工程师要求的脱模剂。

模板与已浇混凝土面的接触必须平整严密，以保证混凝土表面的平整度和混凝土的密实性，避免产生错台、挂帘等缺陷。

两端侧模模板安装：安装两端侧模模板是钢模台车施工方法的关键工序之一。为了使两端侧模模板安装牢靠，在钢模板周边设计一些安装两端侧模模板专

用的工件、卡具和支撑传力梁等。

2) 混凝土入仓

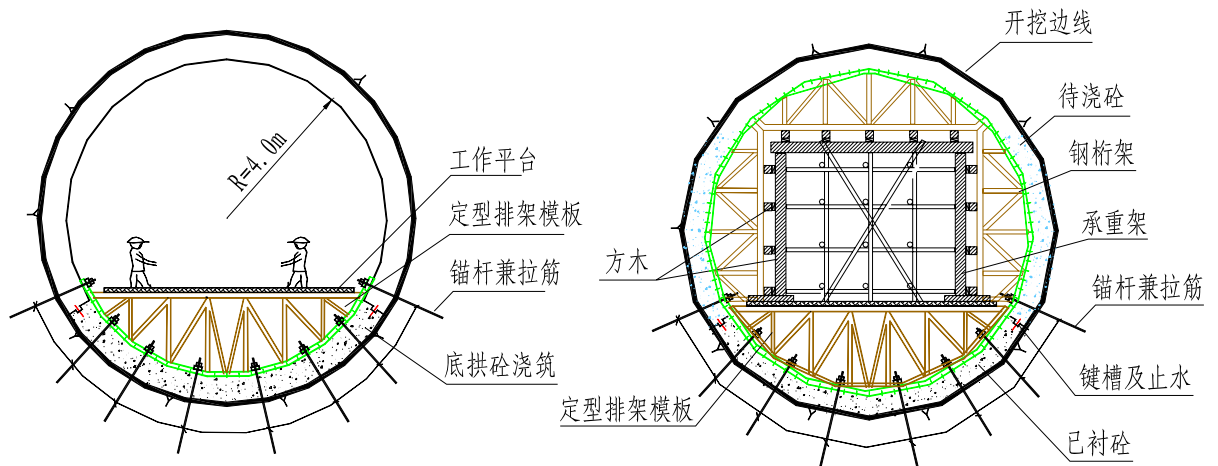


图 7-4 发电洞圆形断面分层浇筑示意图

仓号准备：混凝土浇筑前将开挖面大致清理平整，发现有尖角石块要及时处理，避免衬砌应力集中，进行钢筋及埋件安装。仓号准备完毕待监理工程师验收合格后，再进行混凝土浇筑。混凝土浇筑前应润湿基岩面和混凝土施工缝。

混凝土供料与运输：混凝土由上、下游混凝土拌和站供料，系统设计生产能力分别为 $105 \text{ m}^3/\text{h}$ 和 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ 。混凝土运输采用 6.0 m^3 混凝土搅拌车运输。

混凝土入仓：混凝土入仓采用 2 台 HB30 混凝土泵送入仓。混凝土入仓后采用振捣器辅以人工摊铺，铺料厚度不得大于振捣棒长度的 1.25 倍。引水洞两侧混凝土应均衡上升，两侧混凝土高差不大于 50cm。同一浇筑块，在浇筑时左右对称均匀连续进行，加强振捣，在斜面（约 3.3%）上浇筑混凝土从低处开始，浇筑面保持水平。

混凝土运输：

砼运输主要利用 5#路和 1#路，因洞身进口断面较小，尽量减小砼罐车的运输距离，采用砼泵送入仓。

3) 平仓振捣

混凝土振捣根据不同衬砌厚度和不同部位(侧拱、顶拱)选用 $\phi 100$ 、 $\phi 50$ 插入式振捣器振捣。振捣时均匀移动振捣器，移动间距不得大于振捣器影响半径，振捣上一层混凝土时应将振捣棒插入下一层混凝土 15cm，以免漏振和过振。为

使所浇筑混凝土内实外光，除软轴插入式振捣器振捣外，还在模板侧的一定位置布置一定数量的附着式平板振捣器进行振捣。

在对底拱部位浇筑时，采用混凝土泵从两侧受料口向底拱均匀的布料，同时加强混凝土振捣，控制浇筑速度。为使底拱部位浇筑混凝土充分排气，在底拱模板上预留 3 排 $\Phi=2\text{cm}$ 的排气孔，间距 70cm。

4) 泵送混凝土入仓的技术要求

严格控制混凝土骨料的最大粒径，防止混凝土在泵管内出现堵塞现象。

严格控制混凝土的坍落度，在混凝土拌和时加适量的泵送剂，减小混凝土在泵管内输送时的摩擦力，保证混凝土泵的入仓能力。

控制泵管出口距浇筑工作面的高度，防止高差过大混凝土产生骨料分离。

5) 封拱

拱顶沿中心线左右两侧对称、均匀地浇筑，以免混凝土对模板产生过高的偏压力，引起模板的变形，影响浇筑的正常进行。

当混凝土浇到超过隧洞顶拱后，在顶拱部位的下料口间距控制在 5m 以内，泵管出口用铁管埋在混凝土面以下适当的深度，以保证能填满。铁管做好标记以便随时可观察到铁管出口的埋置深度。浇筑设备由有经验的工人操作，以确保混凝土能被泵送压力压入岩面的所有凹凸面内，填满整个顶拱。

封拱时可采用封拱器将混凝土压入岩石的所有凹面内，填满整个顶拱，使混凝土与岩面紧密结合。其检验方法是，在每一浇筑段中，在实际开挖高程最高处埋设检查管，管口靠近并朝向岩面，当检查管有浆液流出时即可证明顶拱已填满混凝土。

7.3.5 冲砂放空洞混凝土施工

一、洞内施工机械布置

(1) 平洞段

冲砂放空洞平直段水平长度 413.075m，典型断面开挖直径为 6.0m，衬砌后直径为 4.4m，混凝土衬砌厚度为 0.8m。根据施工总进度的安排，冲砂放空洞衬砌时段为 2003 年 6 月 1 日~2003 年 12 月 31 日，衬砌施工工期为 7 个月，隧洞平均衬砌月进尺为 60m/月。采用 1 套针梁式钢模台车进行衬砌施工 ($L=10.50\text{m}$, $\Phi=4.4\text{m}$, $G=60\text{t}$)。采用 6.0m^3 混凝土罐车运输，2 台 HB30 泵泵送入仓，100 型

或 HZ6X-50 型软轴振捣器振捣。

(2) 转弯段

上游转弯段水平长度 28.85m，典型断面开挖直径为 5.6m，衬砌后直径为 4.4m，混凝土衬砌厚度为 0.6m。下游转弯段水平长度 18.65m，典型断面开挖直径为 6.0m，衬砌后直径为 4.4m，混凝土衬砌厚度为 0.8m。上游转弯段施工时段为 2003 年 7 月 16 日~2003 年 8 月 15 日，下弯段施工时段为 2003 年 11 月 1 日~2003 年 11 月 15 日，主要采用定型钢排架配散装钢模及部分木模板施工。在进口布置 1 台 HB30 泵，泵送混凝土入仓；下弯段回填混凝土在隧洞出口布置 1 台 HB30 泵，泵送混凝土入仓。

二、冲砂放空洞衬砌施工

(1) 浇筑分层、分段

冲砂放空洞混凝土衬砌施工主要采用针梁式钢模台车施工，在进口渐变段、上游转弯段、下游转弯段采用普通组合钢模板衬砌。针梁式钢模台车衬砌混凝土施工采用全断面、一次成形的浇筑方式。钢模台车衬砌分段长度为 10.0m，相邻浇筑段间采用止水片连接。洞内衬砌混凝土施工采用循环作业方式，混凝土衬砌作业循环时间见表 7-5。钢模台车衬砌一段混凝土直线工期为 5 天，每月安排 6 个循环，月进尺可达 60m/月。

发电洞混凝土衬砌作业循环时间表

表 7-5

序号	工作项目	作业时间 (h)	备注
1	浇筑仓面准备	6	1.衬砌类型：全断面； 2.浇筑段长度：10m； 3.模板型式：针梁钢模台车 1 套； 4.工作面：1 个； 5.机械配备： 6.0m ³ 混凝土搅拌车 4 辆； HB30 混凝土泵 2 台； 6.单工作面月进尺：60m/月（每月按 21.5d 计算）；
2	钢筋架设	单计	
3	钢模台车就位	6	
5	安装堵头模板	8	
6	浇筑混凝土	24	
7	混凝土待凝	24	
8	模板拆除	6	
9	其它	12	
合计		86	

转弯段和上弯段处的渐变段均为圆形断面，采用 $\Phi 48\text{mm}$ 脚手架和木排架支撑定型钢模板分两次衬砌完成。衬砌的程序为先浇隧洞下部 $1/4$ 圆弧段，再浇隧洞上部 $3/4$ 圆弧段。浇筑分段长度为 9.0m ，相邻浇筑段间采用止水片连接。组合钢模板衬砌混凝土一段直线工期为7天，每月安排4个循环，月进尺可达 $36\text{m}/\text{月}$ 。

(2) 浇筑方法

1) 台车就位

根据施工进度，钢模台车在2002年12月安装，所有部件采用汽车经冲砂洞进口到达上游 $0+060$ 处，通过在顶拱上打的锚杆，使用 8t 汽车吊、电动葫芦辅助，组装完成。其安装顺序为底模→行走门架→顶、侧模。

钢模台车按使用说明书在厂家指导下进行安装和使用，组织专业班组按操作规程将台车就位，并固定牢固。安装偏差应符合 GB50204-92 的规定。

模板在使用之前应清理干净，并涂刷符合监理工程师要求的脱模剂。

模板与已浇混凝土面的接触必须平整严密，以保证混凝土表面的平整度和混凝土的密实性，避免产生错台、挂帘等缺陷。

两端侧模模板安装：安装两端侧模模板是钢模台车施工方法的关键工序之一。为了使两端侧模模板安装牢靠，在钢模板周边设计一些安装两端侧模模板专用的工件、卡具和支撑传力梁等。

2) 混凝土入仓

仓号准备：混凝土浇筑前将开挖面大致清理平整，发现有尖角石块要及时处理，避免衬砌应力集中，进行钢筋及埋件安装。仓号准备完毕待监理工程师验收合格后，再进行混凝土浇筑。混凝土浇筑前应润湿基岩面和混凝土施工缝。

混凝土供料与运输：混凝土由上、下游混凝土拌和站供料，系统设计生产能力分别为 $105\text{ m}^3/\text{h}$ 和 $90\text{m}^3/\text{h}$ 。混凝土运输采用 6.0m^3 混凝土搅拌车运输。

混凝土入仓：混凝土入仓采用2台 HB30 混凝土泵泵送入仓。混凝土入仓后采用振捣器辅以人工摊铺，铺料厚度不得大于振捣棒长度的 1.25 倍。两侧混凝土应均衡上升，两侧混凝土高差不大于 50cm 。同一浇筑块，在浇筑时左右对称均匀连续进行，加强振捣，在斜面（约 3.3% ）上浇筑混凝土从低处开始，浇筑面保持水平。

混凝土运输线路:

上游混凝土拌和站→3#路→5#路→冲砂放空洞。

3) 平仓振捣

混凝土振捣根据不同衬砌厚度和不同部位(侧拱、顶拱)选用 $\Phi 100$ 、 $\Phi 50$ 插入式振捣器振捣。振捣时均匀移动振捣器,移动间距不得大于振捣器影响半径,振捣上一层混凝土时应将振捣棒插入下一层混凝土 15cm,以免漏振和过振。为使所浇筑混凝土内实外光,除软轴插入式振捣器振捣外,还在模板侧的一定位置布置一定数量的附着式平板振捣器进行振捣。

在对底拱部位浇筑时,采用混凝土泵从两侧受料口向底拱均匀的布料,同时加强混凝土振捣,控制浇筑速度。为使底拱部位浇筑混凝土充分排气,在底拱模板上预留 3 排 $\Phi=2\text{cm}$ 的排气孔,间距 70cm。

4) 泵送混凝土入仓的技术要求

严格控制混凝土骨料的最大粒径,防止混凝土在泵管内出现堵塞现象。

严格控制混凝土的坍落度,在混凝土拌和时加适量的泵送剂,减小混凝土在泵管内输送时的摩擦力,保证混凝土泵的入仓能力。

控制泵管出口距浇筑工作面的高度,防止高差过大混凝土产生骨料分离。

5) 封拱

拱顶沿中心线左右两侧对称、均匀地浇筑,以免混凝土对模板产生过高的偏压力,引起模板的变形,影响浇筑的正常进行。

当混凝土浇到超过隧洞顶拱后,在顶拱部位的下料口间距控制在 5m 以内,泵管出口用铁管埋在混凝土面以下适当的深度,以保证能填满。铁管做好标记以便随时可观察到铁管出口的埋置深度。浇筑设备由有经验的工人操作,以确保混凝土能被泵送压力压入岩面的所有凹凸面内,填满整个顶拱。

封拱时可采用封拱器将混凝土压入岩石的所有凹面内,填满整个顶拱,使混凝土与岩面紧密结合。其检验方法是,在每一浇筑段中,在实际开挖高程最高处埋设检查管,管口靠近并朝向岩面,当检查管有浆液流出时即可证明顶拱已填满混凝土。

7.3.6 1#、2#泄洪洞混凝土施工

一、施工机械布置

(1) 洞身段

1#泄洪洞洞身段水平长度 173.64m，典型开挖断面为 14.23~20.71m 城门洞，衬砌后典型断面为 7.83×14.31m 城门洞，混凝土衬砌厚度为 3.2m；2#泄洪洞洞身段水平长度 202.27m，典型开挖断面为 14.23~20.75m 城门洞，衬砌后典型断面为 7.83×14.35m 城门洞，混凝土衬砌厚度为 3.2m；1#、2#混凝土总量为 61067 m³。

泄洪洞砼施工包括非结合段和改造段，其中改造段施工参见“第八章”，非结合段砼浇筑完成后立即进行进口塔体及改造段的施工。隧洞非结合段衬砌时段为 2003 年 7 月 1 日~2003 年 10 月 31 日，衬砌施工有效工期为 4 个月，隧洞衬砌最大月强度为 10014m³/月。结合段改造混凝土施工时段为 2004 年 12 月 1 日~2005 年 3 月 31 日，衬砌施工有效工期为 4 个月，混凝土衬砌最大月强度为 8252m³/月。边墙采用大面模板，顶拱采用在边墙内预埋型钢固定定型木排架，并配置散装木板现场拼装，底板采用滑模施工。采用 6.0m³ 混凝土罐车运输，HB30 泵泵送入仓，HZ6X-50 型软轴振捣器振捣。衔接段二期混凝土浇筑前需将一期混凝土表面凿毛。

(2) 挑流鼻坎改造

挑流鼻坎改造施工参见“第八章”。

二、泄洪洞衬砌施工

(1) 浇筑分层、分段

进口渐变段、反弧段及斜坡段，采用 Φ48mm 脚手架和钢排架支撑定型钢模板分三次衬砌完成。衬砌的程序为先浇底板低标号混凝土，再浇底板面层及边墙高标号混凝土，顶拱跟进施工。浇筑分段长度为 9.0m，相邻浇筑段间采用止水片连接。组合钢模板衬砌混凝土一段直线工期为 7 天，每月安排 4 个循环，月进尺可达 36m/月。

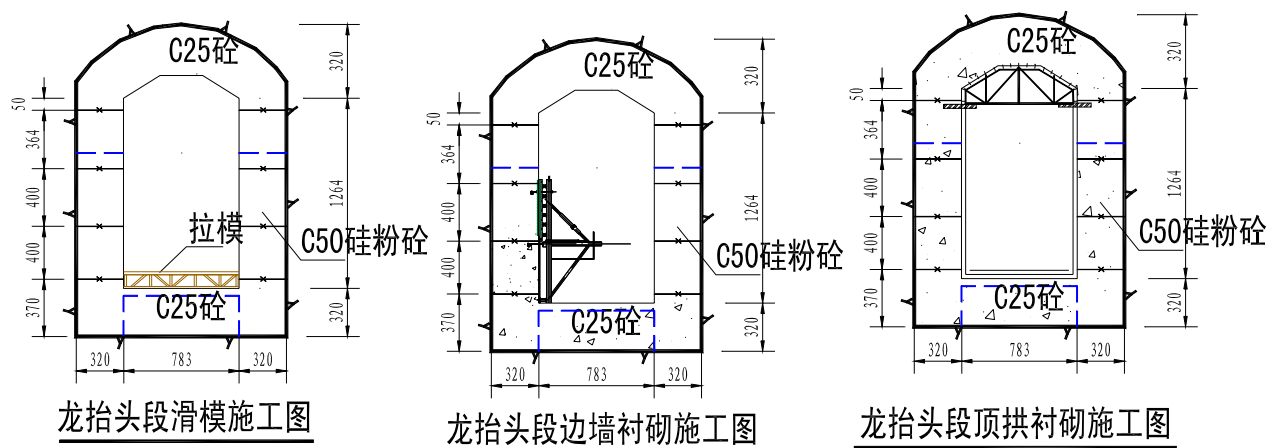


图 7-5 泄洪洞龙抬头段砼衬砌施工方法图

(2) 浇筑方法

模板施工：模板在使用之前应清理干净，并涂刷符合监理工程师要求的脱模剂。模板安装采用 8t 汽车吊，汽车吊不能控制的部位，预埋地锚，利用导链进行模板安装定位。

模板与已浇混凝土面的接触必须平整严密，以保证混凝土表面的平整度和混凝土的密实性，避免产生错台、挂帘等缺陷。

仓号准备：混凝土浇筑前将开挖面大致清理平整，发现有尖角石块要及时处理，避免衬砌应力集中。仓号准备完毕待监理工程师验收合格后，再进行混凝土浇筑。混凝土浇筑前应润湿基岩面和混凝土施工缝。

混凝土供料与运输：混凝土由上游混凝土拌和站供料，系统设计生产能力为 $60\text{m}^3/\text{h}$ 。混凝土运输采用 6.0m^3 混凝土搅拌车运输。

混凝土入仓：HB30 混凝土泵送入仓。混凝土入仓后采用振捣器辅以人工摊铺，铺料厚度不得大于振捣棒长度的 1.25 倍。引水洞两侧混凝土应均衡上升，两侧混凝土高差不大于 50cm。同一浇筑块，在浇筑时左右对称均匀连续进行，加强振捣，在斜面（约 3.3%）上浇筑混凝土从低处开始，浇筑面保持水平。

混凝土运输线路：渐变段、直线段、反弧段：上游混凝土拌和站→3#路→5#路→泄洪洞进口。

入仓振捣：混凝土振捣根据不同衬砌厚度和不同部位(侧拱、顶拱)选用 $\Phi 100$ 、 $\Phi 50$ 插入式振捣器振捣。振捣时均匀移动振捣器，移动间距不得大于振捣器影响半径，振捣上一层混凝土时应将振捣棒插入下一层混凝土 15cm，以免漏

振和过振。为使所浇筑混凝土内实外光，除软轴插入式振捣器振捣外，还在模板侧的一定位置布置一定数量的附着式平板振捣器进行振捣。

封拱：拱顶沿中心线左右两侧对称、均匀地浇筑，以免混凝土对模板产生过高的偏压力，引起模板的变形，影响浇筑的正常进行。当混凝土浇到超过隧洞顶拱后，泵管出口埋在混凝土面以下适当的深度，以保证能填满。泵管做好标记以便随时可观察到泵管出口的埋置深度。浇筑设备由有经验的工人操作，以确保混凝土能被泵送压力压入岩面的所有凹凸面内，填满整个顶拱。封拱时可采用封拱器将混凝土压入岩石的所有凹面内，填满整个顶拱，使混凝土与岩面紧密结合。其检验方法是，在每一浇筑段中，在实际开挖高程最高处埋设检查管，管口靠近并朝向岩面，当检查管有浆液流出时即可证明顶拱已填满混凝土。

（3）泄洪洞硅粉混凝土施工

根据施工总进度安排，泄洪洞硅粉混凝土施工时段为 2003 年 7 月 1 日～2003 年 10 月 15 日。为了满足招标文件技术条款规定的混凝土表面不平整度，我局拟采用滑模施工底部过水断面的硅粉混凝土。针对本标混凝土施工程序、进度安排以及硅粉混凝土施工工艺要求，为保证混凝土施工质量，施工时根据具体情况采取如下控制措施：

1) 混凝土添加硅粉的措施

为提高混凝土抗磨和抗冲蚀性能，配制混凝土中的硅粉严格按照招标文件技术条款规定进行材料选用和控制材料称量误差：

2) 拌和

硅粉混凝土采用下游混凝土拌和站拌制，将粗骨料、砂、水泥、硅粉及外加剂（投料顺序为：砂→小石→硅粉及外加剂→中石→水泥）按每批用量装入拌和罐中，干拌 1～2min，使混合料充分混匀，在慢慢加水拌和 5～6min 左右出料，拌和站至施工现场 3.0km，混凝土采用 3 台 6.0m³ 混凝土搅拌运输车运输至现场。

3) 浇筑

硅粉混凝土比较黏稠，出机后应尽量缩短运输中转时间，尽快达到仓面，尽快摊铺和振捣，运输时间和坍落度损失由现场实验确定。

在混凝土浇筑中，采用 HB30 泵泵送入仓，人工辅助，采用软轴插入式振捣器进行振捣，人工抹面 3～4 次并压光。

硅粉混凝土易产生早期塑性开裂，指派专人加强巡视，浇筑过程中发现混凝土面发白或混凝土表面水分蒸发速度大于 $0.5\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 时，应采取挡风装置，喷雾保护表面湿度，降低混凝土温度等措施，使其表面水分蒸发速度小于 $0.5\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

4) 养护

硅粉混凝土要确保早期潮湿养护，浇筑完毕后，应即在硅粉混凝土表面不断喷雾养护或覆盖湿透的草袋养护，使其表面始终处于饱和水潮湿状态 21 天以上，以削减混凝土水化热温升，确保混凝土最高温升在允许的范围之内。如遇干燥气候条件，应至少延长至 28 天。

5) 施工中注意事项

硅粉混凝土施工中易出现“假凝现象”，入仓后混凝土振捣不开，振动器插入混凝土中，其周边的混凝土原封不动，必须加强混凝土振捣使其密实；

混凝土的黏度较大，施工现场不能因为不易施工而向混凝土中加水，以免混凝土强度及其它性能降低；

混凝土罐车必须每 2h 清一次，以免混凝土附着在混凝土罐里，日后不易清除；

加强养护，以免出现干缩（可加混凝土养护剂及洒水养护或流水养护）。

7.3.7 门槽二期混凝土施工

门槽二期混凝土施工主要包括：泄洪洞弧形闸门门槽二期混凝土；泄洪洞工作门槽二期混凝土；发电洞拦污栅门槽、检修门槽及快速门槽二期混凝土；冲砂放空洞事故检修门竖井门槽二期混凝土。该部位二期混凝土工程量大、部位多、且浇筑高度大、入仓困难。

一、二期混凝土施工程序

(1) 泄洪洞进水口

弧门二期混凝土施工在二期混凝土施工完成、门槽安装完毕后进行；

(2) 泄洪洞进水塔

二期混凝土施工与一期混凝土施工平行作业、分段施工，根据进水塔高度分 $780.00\sim 810.00\text{m}$ （30m）、 $810.00\sim 840.00\text{m}$ （30m）、 $840.00\sim 870.00\text{m}$ （30m）、 $870.00\sim 886.00\text{m}$ （16m）四段进行施工。

(3) 发电洞进水塔

发电洞拦污栅门槽、检修门槽二期混凝土施工与一期混凝土施工平行作业、分段施工，根据进水塔高度分 800.00~830.00m(30m)、830.00~860.00m(30m)、860.00~886.00m(26m) 三段进行施工；快速门槽二期混凝土在一期混凝土施工完成、门槽安装完毕后采用滑模施工。

(4) 冲砂放空洞进口

冲砂放空洞进口叠梁门闸室、检修门竖井二期混凝土施工与一期混凝土施工平行作业，根据其高度分 769.365~799.365m(30m)、799.365~829.365m(30m)、829.365~859.365m(30m)、859.365~879.40m(20.305m) 四段进行施工。

二、二期混凝土施工方法

(1) 施工准备

埋件安装前一、二期混凝土结合面应全部凿毛。凿毛后用高压水冲洗，将二期混凝土键槽内的杂物及有油污的地方清理干净后，方可进行埋件安装。埋件安装检查合格后方可立模，立模检查合格后，方可进行浇筑混凝土作业。

埋件安装完成经检测验收合格后，当水道有其他作业人员和手动、机动车辆通行时，应在 48h 内开始浇筑二期混凝土，无上述情况时，可在 3d 内开始浇筑二期混凝土。

埋件验收合格后到开始浇筑二期混凝土前这段时间内，应有专人值班看守，防止发生意外损坏埋件安装质量事故。

如果发现埋件被撞击或损坏，必须经过重新校正和检测验收合格后，方可浇筑二期混凝土，而且必须在 24h 内进行。

(2) 模板

模板采用小块木模板，模板加工成 0.5~1.0m 长，厚 2.0~2.5cm，用 $\phi 16\text{mm}$ 螺栓固定，螺杆焊接在预埋插筋的根部。模板随混凝土的升高逐段安装，边立模边浇筑，一次立模高度 2.0~3.0m。

(3) 混凝土浇筑

采用 3.0m^3 混凝土罐车运输混凝土；

泄洪洞弧门二期混凝土采用混凝土泵车或吊罐入仓；

泄洪洞门槽二期混凝土 780.00~810.00m(30m)、810.00~840.00m(30m)

两段采用 5t 小型电动卷扬机提升 0.3m^3 罐；第三、四段 840.00~870.00m (30m)、870.00~886.00m (16m) 采用 20t 塔机吊 1.0m^3 罐入仓；

发电洞拦污栅门槽、检修门槽二期混凝土 800.00~830.00m (30m)、830.00~860.00m (30m) 两段采用 5t 小型电动卷扬机提升 0.3m^3 罐入仓；第三段 860.00~886.00m (26m) 采用 16t 塔机吊 1.0m^3 罐入仓；快速门槽二期混凝土采用滑模施工，16t 塔机吊 1.0m^3 罐入仓。

冲砂放空洞进口叠梁门闸室、检修门竖井二期混凝土施工与一期混凝土施工平行作业，根据其高度分 769.365~799.365m (30m)、799.365~829.365m (30m)、829.365~859.365m (30m)、859.365~879.40m (20.305m) 四段进行施工。

二期混凝土仓面尺寸小，卸料高度控制在 30~40cm，以保证卸料均匀，便于振捣。施工中控制二期混凝土浇筑上升速度在每班不超过 3.0m 之内。

门槽二期混凝土采用 $\phi 50$ 电动软轴插入式振捣器振捣，振捣时，严禁振捣器直击埋件、连接角钢、连接板、连接钢筋和模板等，要求振捣密实、表面平整，拆模后无“挂帘”、“错台”、“鼓肚”等缺陷。

二期混凝土浇筑完成 12h 后开始洒水养护，直到混凝土达到 28d 龄期限强度后，养护作业方可停止。

泄洪洞及发电洞进口塔体高度大，如果在二期混凝土浇筑完毕后进行二期混凝土施工，入仓和立模难度较大，且难于保证进水口目标工期，因此，采用分段隔离封闭，使上部一期混凝土和下部二期混凝土施工平行进行，又互不干扰，既减小了二期混凝土施工的难度，又使工期有较高的保证率。

封闭平台采用型钢 (I_{20a}) 作为承重支撑，方木 (40mm×50mm) 作水平联系支撑，其上铺设 25mm 厚木板，以防一期混凝土施工对其影响。

三、二期混凝土施工质量控制

门槽埋件二期混凝土标号不得低于设计图件中规定混凝土标号，且不应低于 C30；

浇筑混凝土应采用连续作业方式，层面间隔时间不应超过混凝土初凝时间，否则按施工缝处理；

必须采取有效措施防止跑模、漏浆。模板安装允许偏差按现行的《钢筋混凝土施工规范》执行；

拆模后由安装单位与监理单位共同对埋件安装质量验收项目进行复测，并作纪录，签字认可后备案；

拆模后由施工单位与监理单位共同对二期混凝土浇筑质量进行检查，如混凝土表面出现不平、蜂窝、麻面、狗洞和裂缝等现象，应在一定范围内采用开凿、打毛、冲洗等工序后，使用环氧砂浆填充补齐，直至修整抹平；

二期混凝土如有浇筑不实的地方，应在衬护板上钻孔进行压力灌浆，灌浆后其孔用钢板补焊并磨平；

必须割除门槽内所有露出混凝土表面的钢筋头。并凿除根部混凝土，用高一等级标号砂浆或混凝土补平。

7.3.7 排水廊道及补气洞混凝土浇筑施工

一、排水廊道混凝土施工

引水发电洞 1#、2#排水廊道总长 315.60m，其中 1#排水洞长 165.0m，2#排水洞长 150.60m，混凝土浇筑施工程序采用先底板，后在边顶拱施工，由于排水洞开挖断面尺寸较小（2.6×3.35m 城门洞），采用 15t 自卸汽车将混凝土运输至洞口，采用 HB30 泵泵送入仓，人工辅助， $\phi 50$ 插入式振捣器振捣密实。

二、补气洞混凝土施工

1#泄洪排砂洞补气洞为竖直圆洞型，直径为 $\text{Ø}300\text{cm}$ ，衬砌厚度 30cm，轴线位于桩号 1#泄 0+145.92m，顶部（高程 EL.820.11m）与纵向排水廊道连通，底部（高程 EL.765.78m）与 1#泄洪排砂洞轴线垂直贯通，垂直高度为 54.33m，混凝土量为 322.43m^3 。

2#泄洪排砂洞补气洞由平洞段和竖洞段组成，其断面均为圆型，直径为 $\text{Ø}300\text{cm}$ ，衬砌厚度 30cm。平洞段水平长度 38.27m，上游与 1#横向排水廊道相连，下游与补气洞竖洞段相连。竖洞段轴线桩号为 2#泄 0+185.77m，顶部（高程 EL.767.11m）接补气洞平洞段，底部（高程 EL.762.87m）与 2#泄洪排砂洞轴线垂直贯通，垂直高度为 4.24m。总长为 42.51m，混凝土量为 252.28m^3 。

补气洞竖洞段混凝土浇筑，采用定型排架配散装钢模板全断面一次衬砌，分层高度 3.0m，C20 二级配混凝土。利用导流洞出口顶部 213 国道作为混凝土外部运输通道，从 213 国道 EL.776 高程沿坡面搭设真空溜筒至导流洞出口底部存料斗，由洞内 6.0m^3 混凝土搅拌运输车将混凝土运输至工作面，采用 HB30 泵泵送入仓，人工辅助， $\phi 50$ 插入式振捣器振捣密实。另在龙抬头反弧段沿坡面搭

设人行踏步及简易爬梯，满足人员上下及材料运输要求。

补气洞平洞段混凝土浇筑，采用定型排架配散装钢模板全断面一次衬砌，分段长度 9.0m，C20 二级配混凝土。利用 6.0m³ 混凝土搅拌运输车将混凝土运输至 1#横向排水廊道出口，装 1.0 m³ 电动反斗车运输至工作面，采用 HB30 泵泵送入仓，人工辅助， ϕ 50 插入式振捣器振捣密实。

7.3.8 交通桥施工

发电洞和泄洪洞进口共有 4 座交通桥，作为进水口金属结构及启闭机安装施工联系通道，交通桥“工”型梁具体结构尺寸见表 7-6。

交通桥“工”型梁尺寸表

表

7-6

部 位	跨 径 (m)	主梁高 (H) (mm)	梁肋宽度 (b) (mm)	肋板高度 (h) (mm)	单元重 量 (t)	根数
发电洞进水口	40	2300	540	180	75	4 根
1#泄洪洞进口	30	2300	540	180	75	8 根
2#泄洪洞进水口	40	2300	540	180	45	4 根

一、基础、桥台混凝土施工

泄洪洞及发电洞交通桥采用混凝土重力式桥台，混凝土采用 15t 自卸汽车运输，真空溜槽配合人工入仓。

二、“工”型梁施工方案选择

(1) 方案一

整个交通桥全部采用现浇。根据施工总进度安排，引水洞进水口交通桥在混凝土浇筑到 EL.845.00m 后，进行满堂撑架子钢管搭设，交通桥混凝土浇筑与塔体混凝土同步进行施工，采用散装钢模板配临时木模板，15t 自卸汽车运输，4.0m³ 履带吊（或 16t 塔机）吊 1.0 m³ 罐， ϕ 50 型软轴振捣器平仓振捣。该方案一定程度增加了进水口施工强度和难度，对于本身进水塔混凝土工程量比较大的情况下，只能忙里偷闲，这对工期有一定的影响，由于紧靠塔体施工，在施工中会造成相互干扰。

(2) 方案二

为降低进水口混凝土施工强度，保证工期，进口交通桥“工”型梁均采用预制。引水洞及泄洪洞交通桥在桥身中部搭设井字架架设引桥配合导梁法施工。

三、“工”型梁施工方法

本标采用方案二进行施工。

(1) 引水洞进口交通桥引桥施工

在交通桥跨中 EL.859.00m 边坡部位架设井字架至 EL.881.50m，塔体及桥墩部位预埋型钢支座。钢桁架采用 I₂₅ 工字钢焊接，设计桁架高度 1.2m，长度 20m，共 8 榀，每榀钢桁架重 3.4t/榀，采用 16t 塔吊安装就位。

(2) 1#泄洪洞进口交通桥引桥施工

钢桁架采用 I₂₅ 工字钢焊接，设计桁架高度 1.2m，长度 30m，共 4 榀，每榀钢桁架重 5.1t/榀，采用 20t 塔吊安装就位。

(3) 2#泄洪洞进口交通桥引桥施工

在交通桥跨中 EL.845.00m 回填区及边坡部位架设井字架至 EL.882.00m，塔体及桥墩部位预埋钢桁架支座。钢桁架采用 I₂₅ 工字钢焊接，设计桁架高度 1.2m，长度 20m，共 8 榀，每榀钢桁架重 3.4t/榀，采用 20t 塔吊安装就位。

四、预应力工型梁制作

(1) 预应力工型梁的制作

引水洞进口交通桥工型梁单根重约 75t，泄洪洞进口交通桥工型梁单根重约 45t，选择在 7#公路 EL.886.00m 高程就近提前预制。

(2) 制作工艺

1. 模板

采用普通组合钢模板，外部用方木支撑。

2. 钢筋

①预应力混凝土钢筋应符合下列标准：《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（GB1499-91）、《预应力混凝土用钢丝》（WB/T5223-95）、《预应力混凝土用钢绞线》（WB/T5224-95）、《预应力混凝土用热处理钢筋》（WB4463-84）。

②工地冷拉的热扎钢筋（II、III、IV 级）应符合《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTJ023-85）的技术要求。

③绞线和钢丝应符合 GB5223-85，GB5224-95 和 GB4463-85 的规定。

④混凝土内部钢筋应控制在施工图规定尺寸范围内。

3. 混凝土浇筑、养护

预应力混凝土浇筑前应检查，模板稳固性及接缝严密，钢筋数量、形状、位置是否满足设计要求，另外，检查张拉埋件是否就位。当一切检查合格后，采用人工入仓， $\Phi 50$ 振动棒振捣密实。注意 28 天龄期内预制件的养护工作应配专人养护。

4. 后张法预制工艺

① 高强钢丝束的制备

钢丝调直：采用调直机调直，用绞棒牵引前进；

钢丝下料：下料长度为 $L=L_0+L_1$ ，其中 L_0 —构件砼预留孔道长度， L_1 —固定端和张拉端所需钢丝工作长度。

编表束：采用梳丝板使钢丝束排列整齐。然后套上螺旋衬圆，以防钢丝扭结。

② 孔道形成

在混凝土浇筑前，在设斗位置预先安放 $\Phi 77$ 、 $\delta=7$ 的波纹管，以便成孔。

③ 钢丝束

当混凝土强度达到设计强度的 70% 以上时，才可进行穿束张拉。穿束前用高压风吹法消孔。采用人工用一根 $\Phi 5$ 长钢丝引穿。

④ 锚垫板安装

采用在混凝土浇筑前预埋在设计位置。

⑤ 张拉

当穿束完毕后，紧固锚具、检查油泵、千斤顶是否就位并进行压力表检验，然后用 ZB4-500 油泵、YC-20Q 千斤顶进行单环张拉，再用 YCW-200 配 ZB4-500 油泵整体张拉。

⑤ 孔道注浆和封闭：采用压浆机注浆，注浆完毕后，将所有锚头用砼封闭，最后完成梁的预制工作。

⑦ 工艺流程见下图 7-6

五、“工”型梁架设安装

1. 1#泄洪洞进水塔交通桥安装

预应力梁在 7#路侧现场预制，预制混凝土达到 75% 强度后就可吊运。安装前，首先采用 4.0m^3 履带吊和 20t 塔机配合将单重 5.1t 的钢桁架引桥架设在桥

墩上，钢桁架引桥由工字钢拼装焊接成整体，然后采用 10t 卷扬机配合，将预制预应力梁横移到钢桁架引桥上，拖至两桥墩间，采用千斤顶卸下，预制梁下垫有几层枕木，枕木下为隔板，隔板下为钢管，采用卷扬机拖动，就可将预制梁侧移至安装部位上，最后用千斤顶将预制梁两端分别、轮流顶起，每顶起一次，枕木拆除一层，将预制梁安装就位。

2. 引水洞及 2#泄洪洞进水塔交通桥安装

预应力梁在 7#路侧现场预制，预制混凝土达到 75%强度后就可吊运。安装前，首先采用 4.0m³履带吊和 16t 塔机配合将单重 3.4t/榀的钢桁架引桥架设在塔体、桥墩及中部井字架承重结构上。然后采用 4.0m³履带吊、16t 塔机配合，将预应力梁横移到钢桁架引桥上，采用千斤顶卸下，预制梁下垫有几层枕木，枕木下为隔板，隔板下为钢管，采用 10t 卷扬机拖动，就可将预制梁侧移至安装部位上，最后用千斤顶将预制梁两端分别、轮流顶起，每顶起一次，枕木拆除一层，将预制梁安装就位。

六、桥面系统

桥面砼采用现浇，HB30 砼泵泵送入仓，人工手推车辅助施工。

7.3.9 钢衬外包混凝土浇筑

一、外包混凝土浇筑

(1) 浇筑分层、分段

引水隧洞压力钢管出口钢衬段的外包混凝土为 C25 钢筋混凝土，混凝土浇筑厚度为 0.8~2.74m。为确保外包混凝土浇筑的厚度和质量，外包混凝土分为两层施工，第一层浇筑管道中心线以下部分混凝土，第二层采用定型模板浇筑中心线以上部分混凝土。为满足混凝土的入仓能力，每段浇筑分段长度为 6.0m。

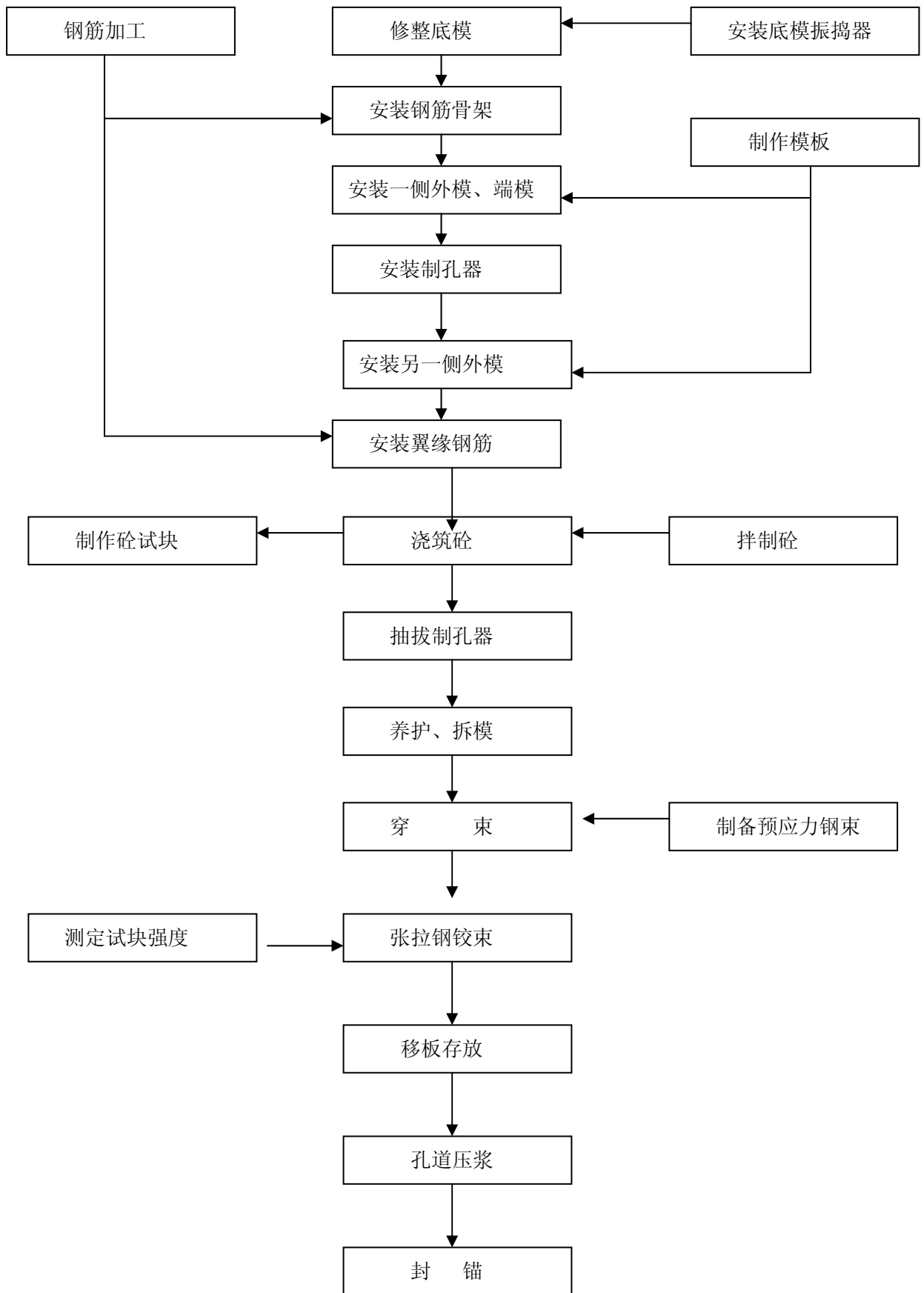


图 7-6 预应力工型梁工艺流程图

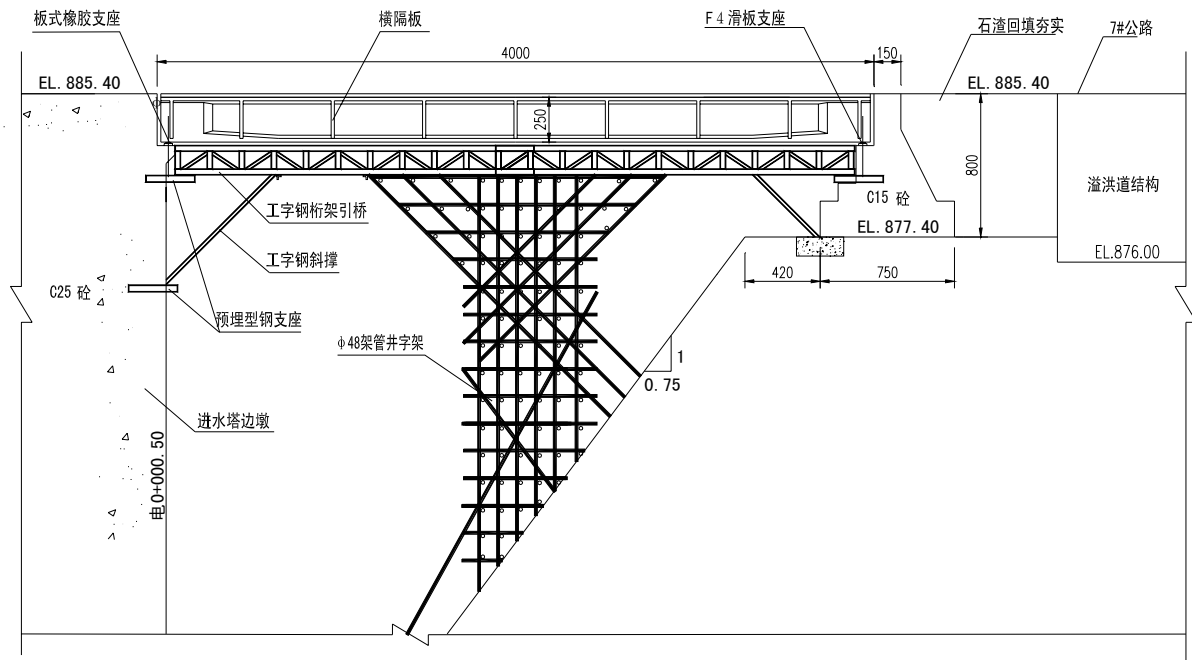


图 7-7 进水口交通桥施工示意图

(2) 浇筑方法

1) 模板和钢筋安装

顶拱异型模板在木材加工厂放样制做成型经拼装运至工作面，采用履带吊辅以人工安装就位。钢衬钢筋在钢筋加工厂按照施工图纸要求将钢筋加工好，5t 载重汽车运至现场，人工绑扎到位。为确保钢筋按照图纸要求施工，在现场工作面增设一个自制的模具，用以调整钢筋的弯曲规格，现场配备一些千斤顶以辅助调整钢筋的位置。为保证钢筋安装准确、混凝土保护层达到设计要求，采用全站仪定位。

2) 混凝土运输

混凝土运输采用 15t 自卸汽车运输，履带吊吊 3.0m³ 罐入仓。

3) 入仓振捣

混凝土振捣根据不同衬砌厚度和不同部位(侧拱、顶拱)选用 φ100、φ50 插入式振捣器振捣。振捣时均匀移动振捣器，移动间距不得大于振捣器影响半径，振捣上一层混凝土时应将振捣棒插入下一层混凝土 15cm，以免漏振和过振。在对底拱部位浇筑时，采用混凝土泵从两侧向底拱均匀的布料，同时加强混凝土振捣，控制浇筑速度。

7.3.10 钢衬周围回填混凝土

4 条引水发电洞钢衬段总长约 291m，每条隧洞钢衬段衬砌厚度为 80cm，钢

衬段衬砌混凝土总量为 5705m^3 。钢衬段周围回填混凝土施工根据钢管安装的进度合理进

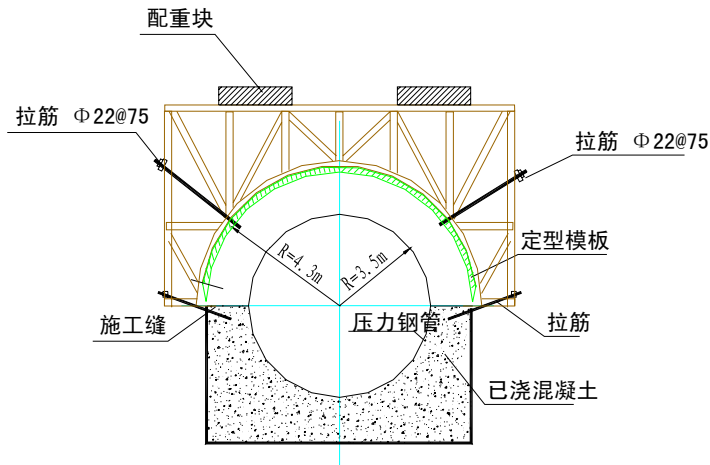


图 7-8 钢衬外包混凝土施工方法示意图

行组织安排，平行交叉作业施工。

一、浇筑分层、分段

为确保回填混凝土的施工质量，回填混凝土采用分段浇筑，当钢衬安装完 12m（3 节）的长度后，立即进行该段的仓号准备，进行全断面衬砌施工。

二、仓号准备

在钢管衬砌周围回填混凝土之前，清除钢衬外表上的浮锈及其它有害物质，在浇筑混凝土之前一直保持清洁。采用许可的钢托架或混凝土支撑锚固压力钢管管节，然后人工将钢筋按图纸要求绑扎好。两端采用堵头模板封堵密实，仅留进人孔，将混凝土泵管接到仓号内，然后用混凝土泵压入混凝土进行全断面回填浇筑。

三、混凝土运输

混凝土成品料采用 6.0m^3 搅拌运输车经副厂房运至引水洞出口部位，作为下平段混凝土泵送入仓的施工工作面。斜井段的混凝土运输采用 6.0m^3 搅拌运输车经 5#路运至引水洞的上弯段，作为斜井段混凝土泵送入仓的施工工作面

四、混凝土入仓振捣

混凝土成品料采用 HB30 混凝土泵入仓。浇筑混凝土时，采用软轴插入式振捣器振捣，特别注意钢管底部和加劲环周围部位的振捣，使混凝土达到可能的最大密实度。当混凝土浇到超过隧洞顶拱后，泵管出口埋在混凝土面以下适当的深

度，以保证能填满。泵管做好标记以便随时可看出出口的埋置深度。浇筑设备由有经验的工人操作，以确保混凝土能被泵送压力压入岩面的所有凹凸面内，填满整个顶拱。

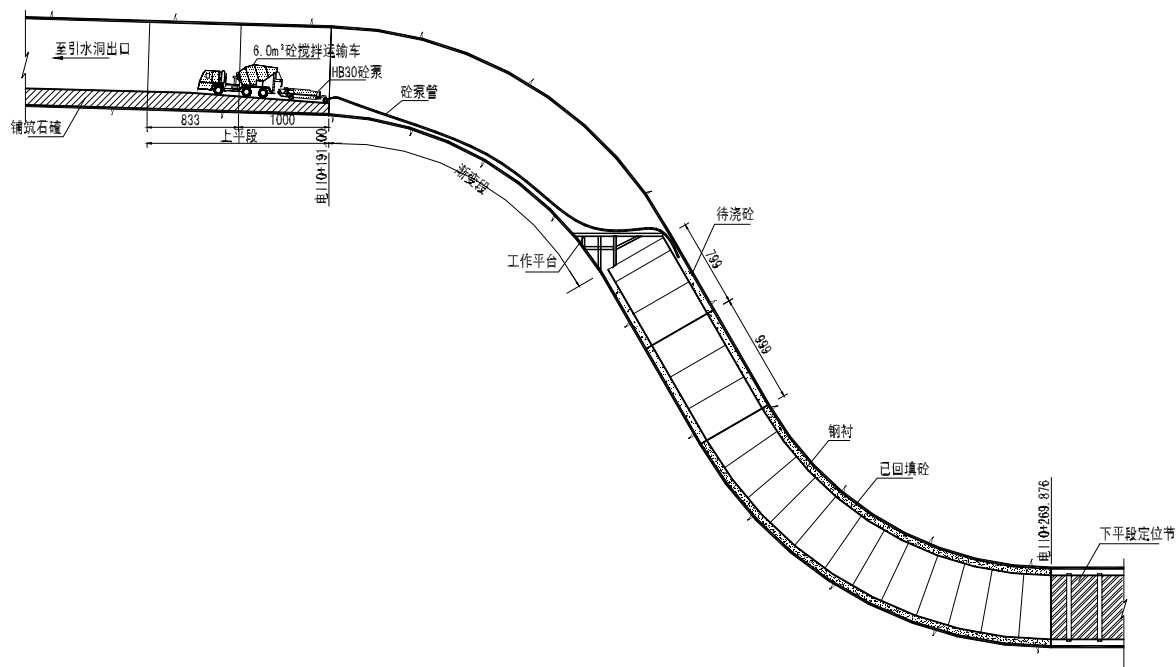


图 7-9 压力钢管斜井段混凝土施工方法示意图

7.3.11 混凝土养护

混凝土养护根据施工条件可采用洒水喷雾养护，早期潮湿养护不少于 21 天，炎热季节延长至 28 天，以防止混凝土早期塑性开裂。

7.3.12 施工缝面处理

对于光滑的基岩面，扎筋立模前应对其凿毛，对于软弱的或易风化的基岩，基础验收合格后尽快用混凝土或喷混凝土予以保护，以免在以后的立模扎筋等施工过程中被扰动或风化。

对于混凝土水平施工缝，在混凝土终凝前用高压水对新浇混凝土面进行冲毛处理，冲毛不合格的，按监理工程师要求进行凿毛处理；上一分层仓号混凝土入仓前须先铺一层 2~3cm 厚的水泥砂浆。对于混凝土垂直施工缝，按监理工程师要求凿毛。

7.4 混凝土原材料与配合比

7.4.1 混凝土原材料

一、水泥

水泥品种：我局将按照各建筑物部位施工图纸的要求，配置混凝土所需的水泥品种，选用水泥品质完全符合现行的国家标准及有关部颁标准的规定。水泥标号与混凝土设计标号相适应，对于低标号混凝土，当其标号与水泥标号不相适应时，在现场掺用适量的活性混合材料，经常受水流冲刷的输水洞混凝土以及有抗冻要求的混凝土，其水泥标号采用 525#。

发货：每批水泥出厂前，我局将对制造厂水泥的品质进行检查复验，每批水泥发货时均应附有出厂合格证和复检资料。

运输与贮存：水泥运输过程中应注意其品种和标号不得混杂，我局将采取有效措施防止水泥受潮。到货的水泥将按照不同品种、标号、出厂批号、袋装或散装等，分别贮放在专用的仓库或储罐中，防止因贮存不当引起水泥变质。袋装水泥的出厂日期不应超过 3 个月，散装水泥不应超过 6 个月，快硬水泥不应超过 1 个月，袋装水泥的堆放高度不得超过 15 袋，长期存放堆放高度不超过 7 袋。

二、拌和用水

本标混凝土拌和用水均在各拌和系统设置有高位水池，水源为喀什河河水，经沉淀处理用于混凝土拌和。拌和用水所含物质不应影响混凝土和易性和混凝土强度的增长，以及引起钢筋和混凝土的腐蚀，并进行砂浆强度试验，若不符合则采用相应措施，使各项指标符合规定水制成的砂浆的抗压强度，应大于饮用水制成的砂浆 28 天龄期的抗压强度的 90%。

水的 pH 值、不溶物、可溶物、氯化物、磷酸盐、硫化物的含量应符合表 7-2 的规定。

物质含量极限(单位: mg/L)

表 7-7

项目	预应力混凝土	钢筋混凝土	素混凝土
pH 值	>4	>4	>4
不溶物	<2000	<2000	<5000
可溶物	<2000	<5000	<10000
氯化物(以 Cl ⁻ 计)	<500	<1200	<3500
硫酸盐(以 SO ₄ ²⁻ 计)	<600	<2700	<2700

硫化物(以 S ²⁻ 计)	<100		
--------------------------	------	--	--

三、骨料

本工程砂石骨料由我局自行进行砂石料的加工生产,对加工生产的各环节及成品骨料,配备专职人员进行复核性检验。验收每批粗骨料时,至少连续作 4~5 组的质量及级配的测定,至少应有 4 组符合有关规定,并将测定结果报送监理工程师批准后,才用于施工。

混凝土拌和系统设置成品骨料仓,将不同粒径的骨料分别堆存,避免相互混杂和混入泥土;装卸时,严格控制卸料高度,粒径大于 40mm 的粗骨料的净自由落差不应大于 3m。

尽量减少转运次数与环节,并使粗骨料中没有异物侵入。严禁任何设备在骨料堆上作业,在开始混凝土浇筑生产前,储存足够数量的各组粗骨料,以备 7 天的连续混凝土生产用量。

四、粉煤灰及其它活性掺料

我局将按照施工图纸要求和监理工程师指示采购用于混凝土中的活性掺合料,粉煤灰至少达到 II 级灰,我局将拟采购的活性材料供应厂家、材料样品、质量证明书和产品使用说明书报送监理工程师。

掺和料的运输和储,应严禁与水泥等其它粉状材料混装,以避免交叉污染。无论是在大体积储藏库,还是在配料厂的料斗,作到水泥与粉煤灰不仅用叶墙分隔,也不共用一个出口。不同来源或品种的粉煤灰分开存放。在配料厂,粉煤灰进行单独称量,并采用与水泥相同的方法将其输入混凝土搅拌机内。

五、硅粉

我局在采购前将拟采购的供应厂家以及材料样品和质量证明书报送监理工程师。

严格按照施工图纸所示的部位和监理工程师指示掺加硅粉,硅粉的掺量应通过试验确定,并经监理工程师批准。采购的硅粉应符合《水工混凝土硅粉品质标准暂行规定》。每批硅粉运抵工地时,均应附有产品质量证明书。

硅粉运输与水泥的运输要求相同。硅粉的贮存条件与水泥相同,在工地的存放时间超过 6 个月或出现凝块的硅粉将不使用。

六、外加剂

在施工过程中为改善混凝土性能，提高混凝土的质量，合理降低水泥用量，须在混凝土中掺加适量的外加剂。我局承诺所选用外加剂的品质完全符合《水工混凝土外加剂技术标准》（DL/T5100-1999）的规定。任何外加剂（诸如加气剂、早强剂、减水剂、缓凝剂、速凝剂等）的使用及掺量通过试验确定。在使用前将对每一种混凝土外加剂的名称、来源、样品、提供鉴定外加剂品质的其它资料，以及掺量试验成果报告递交监理工程师，在获得其同意后才用于工程实施。外加剂在使用时与水混合搅拌均匀，配成一定浓度的溶液，各种成分的用量通过准确计量。含有大量固体的外加剂（如含石灰的减水剂），其溶液经 0.6mm 孔眼的筛子的过滤后，才使用。

不同品种外加剂将分别储存，在运输与储存中不得相互混装，以避免交叉污染。为确保外加剂的使用质量，在工地存放时间超过 6 个月或出现凝结后，就不再使用。

7.4.2 混凝土配合比

一、配合比试验

不同标号的混凝土根据施工图纸要求，在试验室通过试验确定其配合比。混凝土的水灰比以骨料在饱和面干状态下的混凝土单位用水量对单位胶凝材料用量的比值为准。单位用水量要计入外加剂溶液的重量，单位胶凝材料用量为每 m^3 混凝土中水泥与混合料重量的总重，水灰比根据不同结构部位对混凝土性能的要求，由试验确定，其最大值不超过《水工混凝土施工规范》（SDJ207-82）的有关规定。骨料级配及砂率的选用，在施工过程中根据骨料生产的平衡、混凝土和易性及最小单位用水量等要求，进行综合分析确定。

二、混凝土配合比的调整

一旦我局中标，将严格按照不同部位混凝土性能的要求作配合比试验，并通过拌制和施工反馈的信息不断优化和调整配合比，以期达到最佳。

7.5 模板的设计、制作与安装

进水塔、引渠、龙抬头和隧洞及压力钢管段结构较为复杂，构造多样，孔洞、梁柱和曲面较多。支撑模板工程量大，有些部位立模复杂、难度较大。根据各部位混凝土施工方法、进度要求及分层、分块和结构布置情况，拟采用连续上升可翻转式悬臂模板、定型墩头模板、液压滑升模板、定型组合钢模板、混凝土预制

模板、异形模板、普通钢木组合模板、井筒模板、针梁钢模台车、木模等多种模板型式。

各种模板的主要使用部位详见表 7-8。

模板使用情况表

表

7-8

序号	模板种类	使用部位	规格、型号	数量	备注
1	悬臂大模板	浇筑块与周围相邻块或距基础面高差超过 3m 的仓号（墩墙等）	2.0×3.0 和 3.0×3.0m	150 套	预计
2	墩头模板	发电洞进口闸墩墩头	R=1.0m	80 块	预计
3	液压滑升模板	用于发电洞进水塔检修、快速门槽、泄洪洞检修门槽二期混凝土施工		6 套	预计
4	井筒模板	发电洞进水塔检修、快速门槽一期混凝土施工		4 套	预计
5	定型组合钢摸	用于弧段和形状特殊的部位。主要使用部位在泄洪洞龙抬头、渐变段，发电洞、冲砂放空洞渐变段、转弯段，泄洪洞进水塔胸墙、墩头,发电洞进水塔胸墙、渐变段等部位。		3000m ²	以实际用量为准
6	散装钢模板	板梁柱等小型结构			
7	木模	进水塔拦污栅槽和工作门槽等小体积的二期混凝土的施工和不规则部位。			
8	混凝土预制模板	泄洪洞进水塔通气孔	Ø800mm,板厚 8cm,长 1.5m	180m(共计 120 块)	C25,一级配, (单块重 0.52t)
9	针梁钢模台车	冲砂放空洞	Ø4.4m,长 10.5m (重 80t)	1 套	
10	针梁钢模台车	引水发电洞	Ø8.0m,长 10.5m (重 100t)	2 套	

7.5.1 普通组合钢模板

普通钢模板用于板、梁、柱等小结构面部位，必要时临时木模板辅助。采用塔式脚手架或满堂脚手架支撑立模。塔式脚手架板、梁支模示意图 7-10

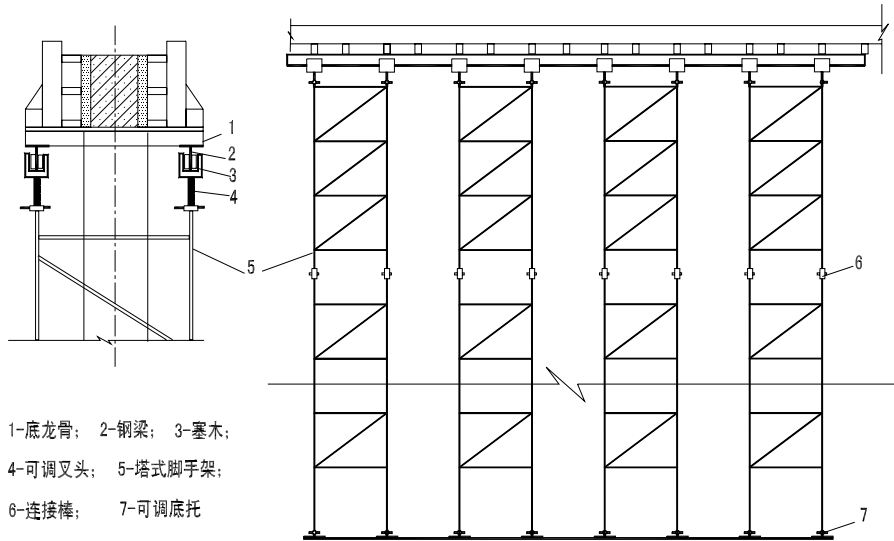


图 7-10 塔式脚手架板、梁支撑示意图

7.5.2 基础架模板

使用于下部大体积混凝土的浇筑块与周围相邻块或基础面高差不超过 2.0m 的仓号。基础架模板高 3m。基础架模板见图 7-11 示意。

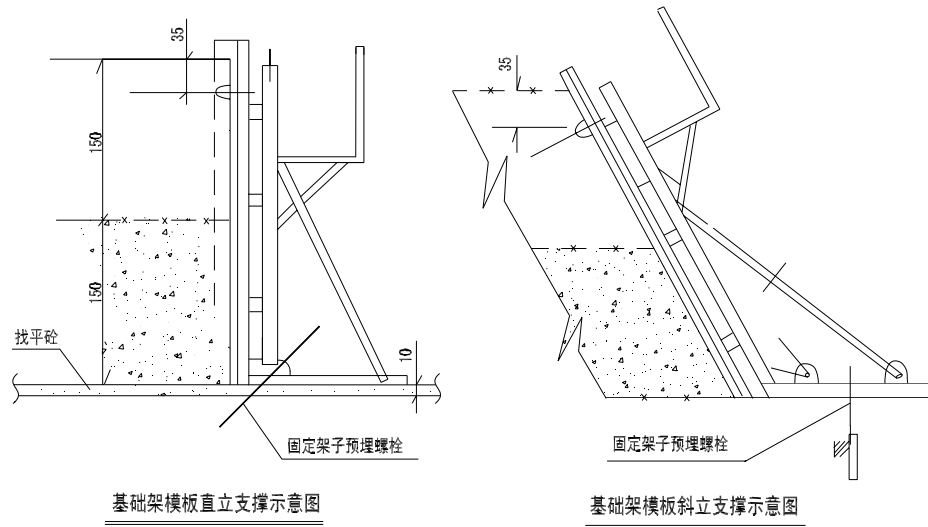


图 7-11 基础架模板支撑示意图

7.5.3 连续上升翻转式悬臂模板

模板规格为 $3 \times 3.2\text{m}$ ，主要用于进水口闸墩侧墙、泄洪洞进水塔体外墙等大直面部位，使用该部位混凝土吊车安拆。连续上升翻转式悬臂模板设计简图见图

7-12。

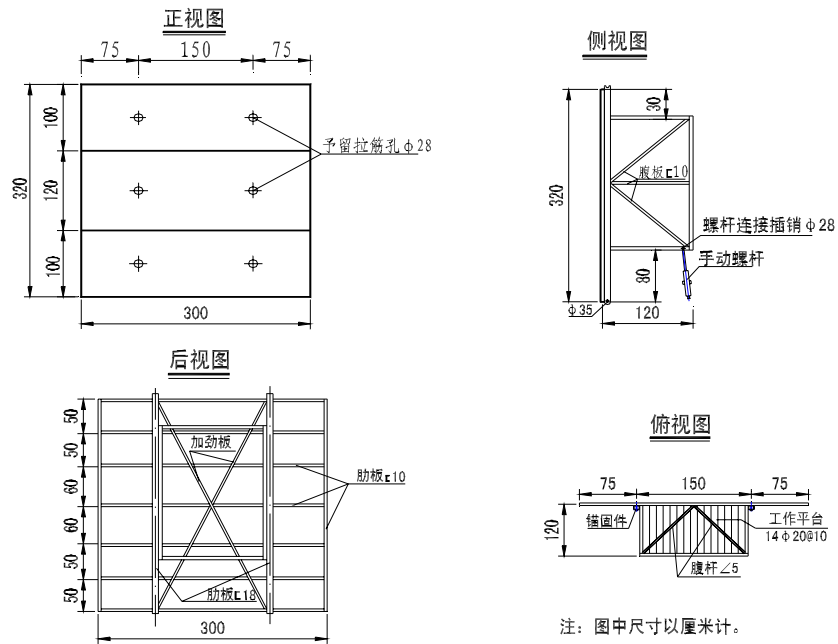


图 7-12 悬臂模板示意图

7.5.4 预制模板

主要用于泄洪洞通气孔直径较小的井、孔等部位。预制混凝土模板在本标混凝土预制厂预制，5t 载重汽车运至现场。预制混凝土模板安装前，新老混凝土接触面需用人工凿毛，以利结合。预制混凝土原形通气孔模板见示意图 7-13。

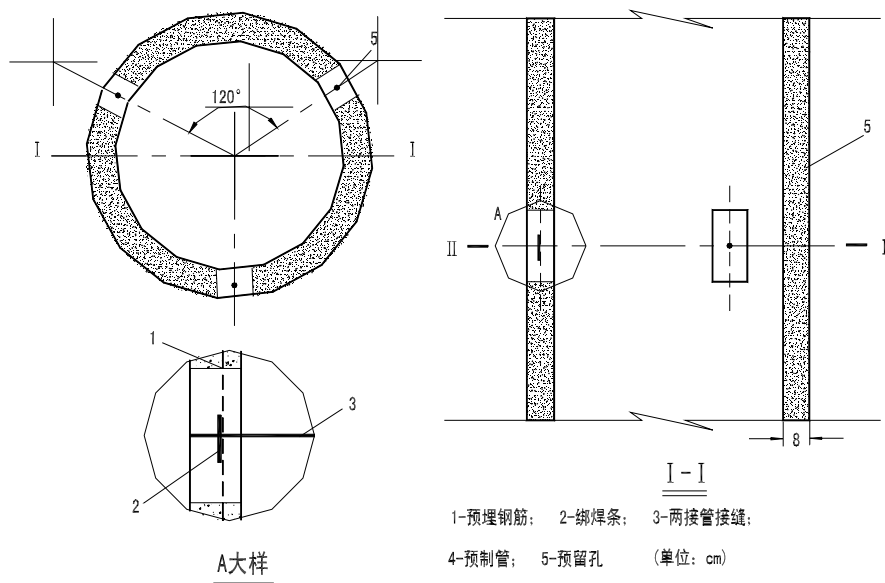


图 7-13 预制圆形混凝土通气孔模板示意图

7.5.5 脚手架支撑小模板

用于现浇的板梁柱、门洞、泄洪洞胸墙及龙抬头渐变段、引水发电洞胸墙、发电洞渐变段和转弯段、冲砂放空洞转弯段等部位的衬砌施工。

进水塔胸墙支撑体系及模板见图 7-14

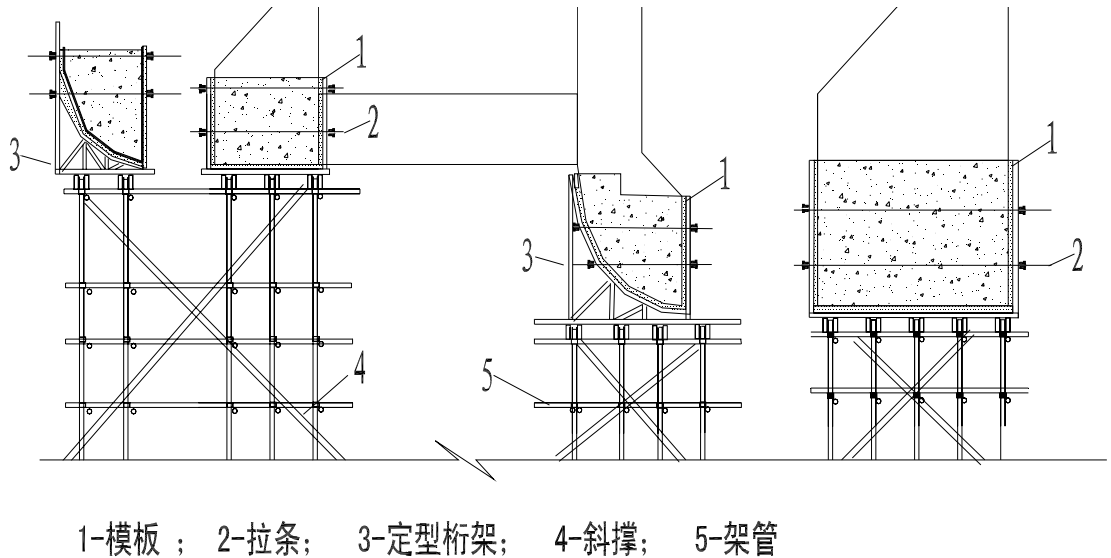


图 7-14 进水塔胸墙模板示意图

7.5.6 定型模板

用于曲面、弧段和形状特殊的部位。由排架、木板、白铁皮按设计曲线加工而成，主要用于泄洪洞龙抬头曲线段、胸墙、墩头圆弧等部位在综合加工厂加工，现场拼装。

主要使用部位在泄洪洞进水塔胸墙、墩头、后边墙、龙抬头顶拱、渐变段，发电洞进水塔胸墙、渐变段，冲砂放空洞渐变段等部位。

7.5.7 液压滑升模板

发电洞进水塔检修闸门、快速闸门二期混凝土采用压液滑升模板，当闸墩一期混凝土浇筑闸门顶后，在闸门槽顶部，横置 2 根槽钢，千斤顶倒置固定在槽钢上，通过爬杆，将操作平台平稳提升，把钢模板固定在平台的四个角上，采用螺栓调节准确位置。

7.5.8 井筒模板

用于发电洞进水口事故检修闸门井一期混凝土施工立模，采用整体框架结构，圆

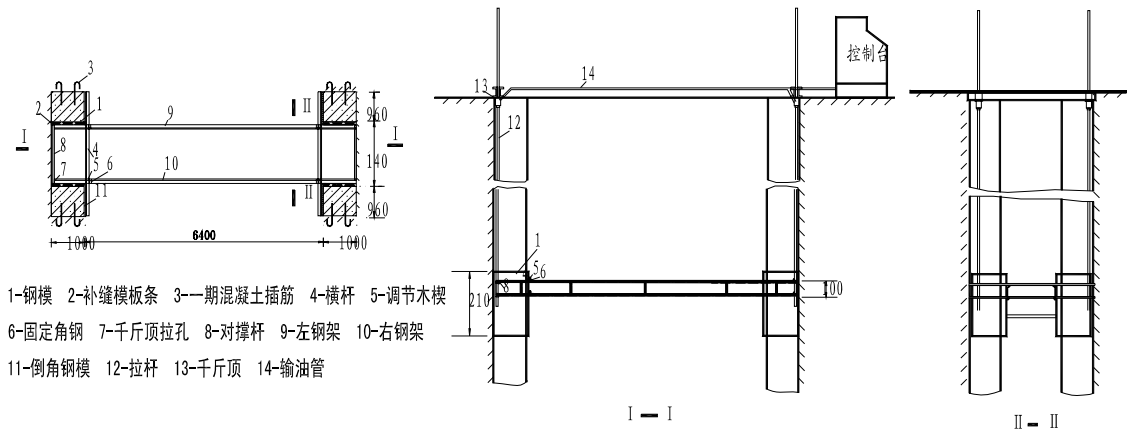


图 7-15 发电洞进水塔闸门槽二期滑模施工示意图

筒门机或 16t 建筑塔机提升并安装就位。井筒模板结构见图 7-16

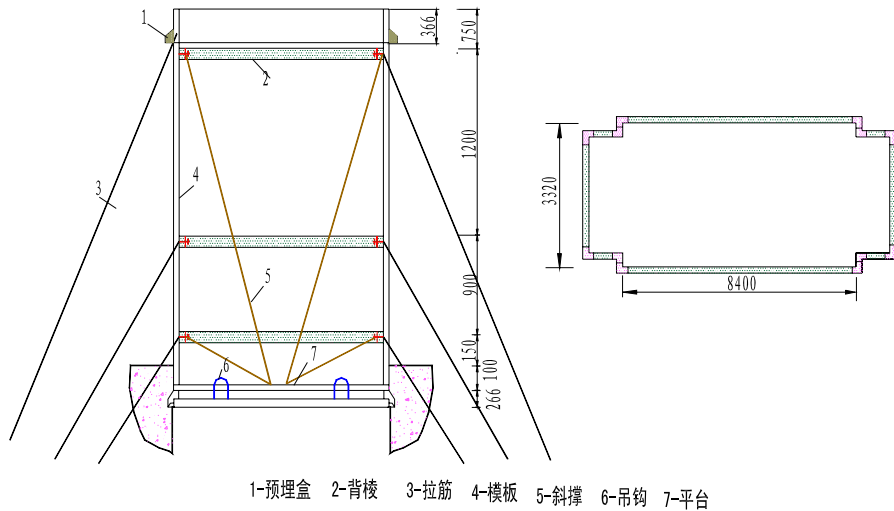


图 7-16 电洞进水塔快速闸门一期井筒模板施工示意图

7.5.9 钢模台车

发电引水隧洞衬砌后为内径 8.0m 的圆形断面尺寸，衬砌厚度 0.8~1.0m。采用针梁式钢模台车全断面衬砌。针梁式钢模台车由模板、行走门架、外部支撑及液压系统、电气系统组成。钢模台车全长 10.5m，分成 7 个节段组成，每段长 1.5m，相互之间以螺栓联接，总重约 95t。每段模板环向由 4 块模板组成。模板间采用铰接，以便于模板收缩。钢模台车伸展后直径为 9.0m。在底模内侧设有

台车行走轨道。最长件针梁 25m，最重件针梁 7t。

冲砂放空洞衬砌后为内径 4.4m 的圆形断面尺寸，衬砌厚度 0.6~2.0m。采用针梁式钢模台车全断面衬砌。针梁式钢模台车由模板、行走门架、外部支撑及液压系统、电气系统组成。钢模台车全长 10.5m，分成 7 个节段组成，每段长 1.5m，相互之间以螺栓联接，总重约 45t。每段模板环向由 4 块模板组成。模板间采用铰接，以便于模板收缩。钢模台车伸展后直径为 4.4m。在底模内侧设有台车行走轨道。最长件针梁 25m，最重件针梁 7t。

一、钢模台车的构造

全断面针梁式钢模台车主要由模板总成、导梁系统及前后支撑腿、前后支承、液压系统、电气系统等辅助构件组成。结构见图 7-17、-18。

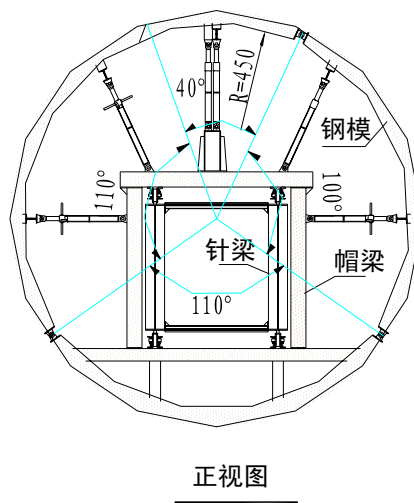


图 7-17 冲砂洞针梁钢模台车设计简图

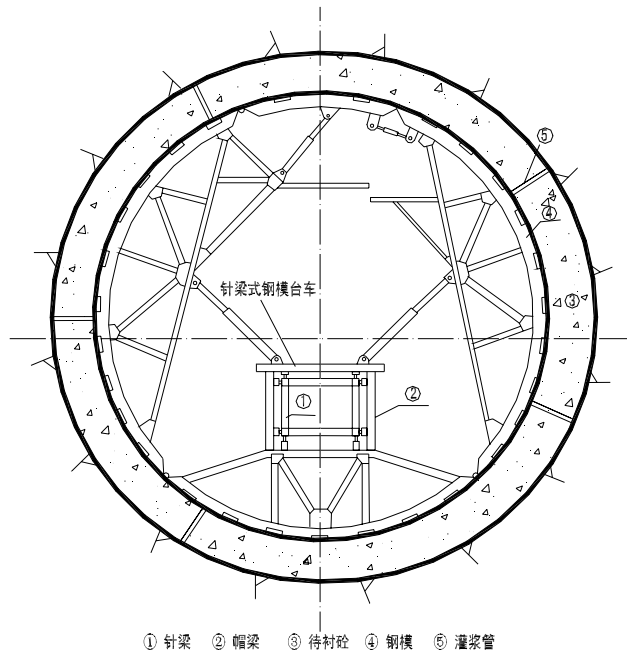


图 7-18 引水洞针梁钢模台车设计简图

(1) 模板总成

模板总成由顶模板、左边模板、右边模板、底模板、楔形模板、堵头模板、加长模板及窗口、外支撑、千斤顶等组成。圆筒形钢模板长 10.5m，分成 7 个节段，每段长 1.5m，相互间以螺栓连接，各节模板前后可以互换；顶模板、左右边模板、底模板之间以铰连接。顶模板与左边模板之间、左右边模板与底模板之间，可以在油缸作用下相对摆动，实现立、拆模；底模与帽梁之间以螺栓连接，针梁与底模之间及针梁与帽梁之间装有承重小车和梁侧小车，在液压马达驱动下，针梁能相对底模移动。

(2) 导梁

导梁由针梁、帽梁、液压马达、主动链轮组、从动链轮组、链条、承重小车、梁侧小车和千斤顶等组成。针梁和帽梁为桁架结构，针梁分成 5 节，每节长 5.0m，总长 25.0m，节与节以高强度螺栓连接；帽梁套在针梁上，通过承重小车和梁侧小车由液压马达驱动链条，拖动帽梁在针梁上滑行，针梁与帽梁间由千斤顶锁定。

(3) 前后支腿

针梁两端分别设有支腿，支腿由套筒（分内、外套筒），支腿油缸、滑靴、横移油缸等组成。支腿油缸安装在套筒内，套筒上装有滑枕，滑靴上装有滑道，横移油缸可使滑枕在滑道上左右滑动，从而实现横向调整。

(4) 前后支撑与前后撑杆

由于隧洞为全断面一次衬砌成型，在浇筑砼的过程中会产生很大的上浮力，因此必须设置前后支撑，以保证浇筑砼的过程中模板位置不会发生变化，从而保证衬砌砼达到设计要求。前后支撑都安装在帽梁上，分别支撑在开挖隧洞和已衬砌隧洞的顶部；同样，在水平方向帽梁与隧洞间设有前后撑杆，前后支撑和前后撑杆由丝杆锁顶，支撑上设有工作平台以满足施工要求。

（5）液压系统

液压系统由油泵电机组、执行元件及控制元件等组成，为方便操纵控制，台车操纵台分设3处，即模板操作台、前后腿操作台和后支腿操作台，分别控制模板的收拢、打开、升降、左右对位以及台车的行走。

台车行走为步履式，即支腿着地液压马达拖动模板向前移动，反之，则模板着地液压马达拖动针梁、支腿向前移动，反复循环，形成台车的向前移动。钢模台车每次行走10.0m。

（6）电气系统

由油泵电机及其控制回路和照明回路组成。

二、钢模台车的应用

根据施工进度，钢模台车在2002年12月或2003年5月安装，所有部件采用汽车从2#、4#引水隧洞、冲砂洞进口运输到上弯段，通过在顶拱上打的锚杆，使用8t、16t汽车吊、手动葫芦辅助，组装完成。

（1）钢模台车按使用说明书在厂家指导下进行安装和使用，组织专业班组按操作规程将台车就位，并固定牢固。安装偏差应符合GB50204-92的规定。

（2）模板在使用之前应清理干净，并涂刷符合监理人要求的脱模剂。

（3）模板与已浇筑面的接触必须平整严密，以保证砼表面的平整度和砼的密实性，避免产生错台、挂帘等缺陷。

（4）两端侧模模板安装 安装两端侧模模板是钢模台车施工方法的关键工序之一。为了使两端侧模模板安装牢靠，在钢模板周边设计一些安装两端侧模模板专用的工件、卡具和支撑传力梁等。

三、钢模台车作用程序

针梁式钢模台车作业程序：收支腿，针梁前移→打支腿，收缩钢模→移动钢模到下一施工段→立模，调试测量定位检查、仓号验收合格后→浇筑砼。

7.5.10 模板的制作与安装、拆除

一、模板的制作

- (1) 模板和支架材料优先选用钢材、钢筋混凝土或混凝土，尽量少用木材；
- (2) 模板材料的质量应符合本合同指明的现行国家标准或行业标准；
- (3) 木材的质量应达到III等以上的材质标准。腐朽、严重扭曲或脆性的木材严禁使用；
- (4) 钢模面板厚不小于 3mm，钢板面应尽可能光滑，不允许有凹坑、皱折后其它表面缺陷；
- (5) 模板的制作满足施工图纸要求的建筑物结构外形，其制作偏差不超过SDJ207-82 第 2.4.1 条的规定；
- (6) 异型模板、滑动式、移动式模板、永久性特种模板的允许偏差，按监理工程师批准的模板设计文件中的规定执行。

二、模板的拆除

(1) 模板拆除时间的确定

及时拆除模板，以提高模板的周转率，为后续工作创造条件。模板拆除时间依据其用途、结构性质及混凝土所具有的强度大小来确定；

拆模时限必须符合施工图纸的规定；

不承重侧模的拆除在混凝土达到其表面及棱角不因拆模而损伤时，方可拆除；

在墩、墙和柱部位在其强度不低于 3.5Kpa 时，方可拆除；

底模在混凝土达到表 7-9 的规定后方可拆除；

底模拆模标准

表 7-9

结构类型	结构跨度 (m)	按设计的混凝土强度标准值的百分率计 (%)
板	≤2	50
	>2, ≤8	75
梁、拱、壳	>8	100
	≤8	75
	>8	100
悬臂构件	≤2	75
	>2	100

(2) 拆模的注意事项

拆模按一定顺序进度，先拆除非承重部分，后拆除承重部分，重大复杂结构先确定拆模方案；

拆模时不能用力过猛，若发现有影响结构安全问题时，暂停拆除，经处理或采取有效措施后，方可继续拆除；

拆除跨度较大的梁、板下支柱时，先从跨中开始，对称向两段进行；

已拆除模板及支架的结构，待混凝土强度达到设计等级后，才能承受全部计算荷载。

(3) 钢模板的清理与存放要点

钢模板使用拆除后，清除残留灰浆和附着的混凝土，清除时严禁用铁锤敲击；清理整理好的钢模板应刷脱模剂，模板背面后边肋上的防锈漆脱落的应补刷；

模板配件使用后应清理检查和整修，不能修复的应挑出报废；

模板及配件设专人保管和维修，存放时均应按规格、种类分别堆放整齐，建立帐册，按制度发放和回收；

钢模板存放在敞棚下，如必须露天堆放或暂时不使用时，要涂刷防锈漆。

7.6 钢筋工程

7.6.1 钢筋分布

本标范围内主体工程钢筋总量 23154.85t（预埋插筋 1.21t），分部位钢筋工程量见表 7-10。

钢筋工程量表

表

7-10

部 位	单 位	钢筋制安	预埋插筋	合 计
冲砂放空洞	t	1992		1992
1#泄洪排砂洞	t	3073.6	0.39	3073.99
2#泄洪排砂洞	t	2835.74	0.28	2836.02
引水洞发电洞	t	15252.3	0.54	15252.84
合 计	t	23153.64	1.21	23154.85

7.6.2 钢筋材质

一、钢筋混凝土结构用的钢筋应符合热轧钢筋主要性能的要求。对进水塔结构为满足抗震要求，宜选用较高质量的Ⅱ、Ⅲ级钢筋，优先选用含碳量低的钢筋，不得使用余热处理钢筋。

二、每批钢筋均应附有产品质量证明书及出厂检验单，在使用前分批进行以下钢筋机械性能试验：

钢筋分批试验，以同一炉(批)号、同一截面尺寸的钢筋为一批，取样的重量不大于 60kg；

根据厂家提供的钢筋质量证明书，检查每批钢筋的外表质量，并测量每批钢筋的代表直径；

在每批钢筋中，选取经表面检查和尺寸测量合格的两根钢筋中各取一个拉力试件(含屈服点，抗拉强度和延伸率试验)和一个冷弯试验，如一组试验项目的一个试件不符合监理工程师规定数值时，则另取两倍数量的试件，对不合格的项目作第二次试验，如有一个试件不合格，则该批钢筋为不合格产品。

三、水工结构非预应力混凝土中，不得使用冷拉钢筋。

7.6.3 钢筋加工

钢筋在综合加工厂加工，采用 5t、10t 载重汽车运至施工现场。

二、钢筋的表面应洁净无损伤，油漆污染和铁锈等应在使用前清除干净，带有颗粒状或片状老锈的钢筋不得使用。

三、钢筋应平直，无局部弯折，钢筋的调直应遵守以下规定：

采用冷拉方法调直钢筋时，Ⅰ级钢筋的冷拉率不宜大于 4%；Ⅱ、Ⅲ级钢筋的冷拉率不宜大于 1%；冷拔低碳钢丝在调直机上调直后，其表面不得有明显擦伤，抗拉强度不得低于施工图纸的要求。

钢筋加工的尺寸应符合施工图纸的要求，加工后钢筋的允许偏差不得超过表 7-11 和表 7-12 的数值。

圆钢筋制成箍筋，其末端弯钩长度

表 7-11

箍筋直径	受力钢筋直径(mm)	
	5~10	<25
75		90

12	90	105
----	----	-----

加工后钢筋的允许偏差

表 7-12

顺序	偏差名称		允许偏差值(mm)
1	受力钢筋全长净尺寸的偏差		+10
2	箍筋各部分长度的偏差		±5
3	钢筋弯起点位置的偏差	闸房构件	±20
		大体积混凝土	±30
4	钢筋转角的偏差		3

7.6.4 钢筋安装

进水塔钢筋、泄洪洞、放空洞及发电洞钢筋安装主要采用现场人工直接绑扎安装。洞内钢筋利用自制钢筋台车采用人工安装。

钢筋的安装位置、间距、保护层及各部分钢筋大小、尺寸均按照施工图纸的规定进行，其允许偏差控制在《水工混凝土施工技术规范》(SDJ207-82)要求的范围内。为确保混凝土保护层的必要厚度，在钢筋和模板之间设置强度不小于结构设计强度的混凝土垫块，垫块中埋设铁丝与钢筋扎紧，互相错开，分散布置。各排钢筋之间用短钢筋支撑，以保证位置准确。在施工现场配备全站仪测量安装精度，设一台自制的钢筋弯曲模具以调整弯曲规格。

7.6.5 钢筋焊接

一、本标工程钢筋接头主要采用焊接接头，并满足有关规范规定以及施工图纸的要求。另外，对于洞内具有特殊要求的部位（如瓦斯）只允许采用绑扎连接，具体施工按相关规定执行。

现场竖向或斜向(1: 0.5 范围内)钢筋焊接：直径在 $\Phi 28\text{mm}$ 以下，主要采用搭接手工电弧焊；直径在 $\Phi 28\text{mm}$ 以上，主要采用接触电渣焊或绑条焊；

现场水平向钢筋焊接：直径在 $\Phi 28\text{mm}$ 以下，主要采用搭接手工电弧焊；直径在 28mm 以上，主要采用熔槽焊或水平窄间隙对焊机焊接或绑条焊。

二、根据我局在许多工程中的实践，经过经济技术分析比较，气压焊具有操作方便、焊接速度快、设备简单、质量稳定、成本较低等优点。本标钢筋焊接

在征得业主、监理、设计的同意情况下可考虑采用气压焊施工工艺。钢筋接头的气压焊和安装应遵守以下规定：

(1) 气压焊可用于钢筋在垂直、水平和倾斜位置的对接焊接，当两钢筋直径不同时，其两直径之差不得大于 7mm。

(2) 气压焊施焊前，钢筋端面应切平，钢筋边角毛刺及端面上铁锈、油污和氧化膜应清除干净，并经打磨露出金属光泽，不得有氧化现象。

(3) 安装焊接夹具和钢筋时，使两根钢筋的轴线在同一直线上，两根钢筋之间的局部缝隙不得大于 3mm。

(4) 气压焊接时，应根据钢筋直径和焊接设备等具体条件选用等压法，在两根钢筋缝隙密合和镦粗过程中，对钢筋施加的轴向压力，按钢筋横截面面积计算应为 30-40MPa。

7.7 止水、伸缩缝嵌缝材料和埋设件

7.7.1 止水、伸缩缝嵌缝材料

一、止水、缝嵌缝材料

止水型式采用铜片止水及橡胶止水；嵌缝材料采用沥青杉木板。具体分布部位及工程量见表 7-13。

止水及填缝材料分布部位工程量表

表

7-13

部 位	止水型式	规 格	单 位	数 量	备 注
泄洪洞	沥青杉木板	厚 20mm	m ²	1880	
	橡胶止水	651 型、宽 300mm	m	689	
	铜片止水	厚 1.5mm、宽 500mm	m	897	
发电洞	沥青杉木板	厚 20mm	m ²	2620	
	橡胶止水	651 型、宽 300mm	m	1890	
	铜片止水	厚 1.5mm、宽 500mm	m	1740	
放空洞	沥青杉木板	厚 20mm	m ²	427	
	橡胶止水	651 型、宽 300mm	m	176	
	铜片止水	厚 1.5mm、宽 500mm	m	358	

二、止水、伸缩缝嵌缝材料施工

(1) 伸缩缝止水安装

止水施工严格按照设计要求购买原材料，为使金属止水成型良好，在现场制作一套止水成型机，用于金属止水加工。止水加工采用分段成型，每段 1.5m，加工后的止水在安装前人工检查校正，确保无缺陷后方可用于安装，安装前在加工厂内焊接成 4.5~6m 的长段，运至现场拼装。金属止水接头采用气焊双面焊接，搭接长度为 2~3cm。朔胶止水采用热合焊接或强力胶水粘接，必要时加钢夹板，保证止水连接牢靠。止水安装时严格按照设计位置布置，并采取可靠的固定措施，确保在浇筑混凝土时不产生过大位移。所有止水均采取先安装后浇筑施工方法，安装好的止水应妥善保护，浇筑混凝土时要有专人负责监督，充分振捣止水周边混凝土，并防止位移。止水安装应做到以下几点要求：

1) 铜止水的衔接，根据其厚度分别采用折叠咬接、搭接或对缝焊接，搭接长度不小于 20mm，咬接、搭接后采用双面焊接，无法双面焊接的部位加长搭接长度。

2) 橡胶、塑料止水片的搭接长度不小于 10cm。同类材料的衔接接头均采用与母体相同的焊接材料，铜片与橡胶、塑料片接头采用铆接，其搭接长度不小于 10cm。

3) 伸缩缝止水片在浇筑仓号模板校正后安装，安装时用钢筋或角钢固定。

4) 严格保证止水铜片凹槽部位与伸缩缝位置一致，并骑缝布置。

5) 埋入混凝土止水的两翼部分与混凝土的结合要紧密，浇筑止水片附近的混凝土时应小心振捣。

6) 橡胶止水片在安装过程重应防止撕裂和变形。止水施工一旦出现质量问题，将产生难以处理的后果，施工人员必须要有清楚的认识。为此，如我局中标，我们将发挥我局以往水电站厂房施工的成功经验，选派具有厂房施工经验丰富的施工队伍进行施工。

(2) 填缝材料安装

填缝材料安装随浇筑面上升进行，施工方法为：浇筑仓内模板、钢筋等工序完成后进行。沥青砂板安装，为保证砂板安装位置准确，同时又不被损坏，可在相临已浇筑混凝土立缝上刷一道乳化沥青，将砂板粘贴于其上；砂板安装接缝应紧密，间隙太大时须补填平整。浇筑混凝土时，仓内应有专人负责看护填缝材料，防止其被损坏或因浮力向上位移，混凝土填入缝内，导致工作缝失效。

工作缝施工时往往很容易被忽视。造成成缝不好，难以达到设计的要求。工作缝施工的要点是：混凝土浇筑分缝面表面平整，偏差要小；填缝材料安装准确，固定措施得当；浇筑混凝土时注意保护。

7.7.2 埋设件

本标埋设件主要包括：排水管、灌浆管、冷却水管、电气和金属结构设备安装固定件及监理工程师指示埋设的其它埋设件。

埋设件具体施工方法详见其他章节。

7.8 混凝土温度控制

7.8.1 温控要求

原则上要求混凝土浇筑避开高温季节和低温季节，在高温季节施工时，平仓振捣后，混凝土最高浇筑温度不得超过 28℃，在日平均气温 5℃以下一般不浇筑混凝土。

对闸墩、闸底板、压力管道外包混凝土等大体积现浇混凝土，混凝土的浇筑温度和最高温升应满足施工图纸的规定。在施工中通过试验建立混凝土出机口温度与现场浇筑温度之间的关系，并采取有效措施减少混凝土运送过程中的温升。

7.8.2 温控措施

一、降低混凝土浇筑温度

运输混凝土工具应有隔热遮阳措施，缩短混凝土暴晒时间；

采用喷水雾等措施降低仓面的气温，并将混凝土浇筑尽量安排在早晚和夜间施工；

采用仓面混凝土彩涂聚乙烯隔热板。

二、降低混凝土的水化热温升

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，加优质的掺和料和外加剂以适当减少单位水泥用量。

三、控制浇筑层最大高度和最小间歇时间。

除监理工程师另有指示外，大体积混凝土的浇筑最大高度和最小间歇时间应遵守表 7-14 的规定。

混凝土浇筑层的最大高度和最小间歇时间

表 7-14

浇筑部位		浇筑层最大高度 (m)	最小间歇时间 (d)
1	大体积混凝土	1.5~2	3~6
	强约束区, 老混凝土 (28 天以上)	1	3
	弱约束区, 老混凝土 (28 天以上)	1.5~2	5
2	厚度不超过 5 米的墩、墙	3~4	4~9
3	压力管道周围混凝土	2~3	6~10
4	有闸门、拦污栅导轨的闸墩	1.5~2	4~7
5	支撑板、梁或排架的混凝土浇筑的柱或墙	2~3	5~7
6	所有其它混凝土	3~6	7~12

为利于混凝土浇筑块的散热, 基础和老混凝土约束部位浇筑层高一般为 1~2m, 上下层浇筑间歇时间为 5~7 天。在高温季节, 有条件部位可采用表面流水冷却的方法进行散热。

四、通水冷却降温

通水冷却降温主要适用于导流洞堵头封堵混凝土, 水源采用岷江河水。

(1) 初期冷却: 埋管应在混凝土浇筑开始后通水, 通水时间由计算确定, 一般为 10~15 天。混凝土温度与水温之差不超过 25℃, 冷却时混凝土日降温幅度不应超过 1℃, 对于 $\phi 25\text{mm}$ 水管, 管中流速为 0.6m/s, 水流方向应每天改变一次, 使浇筑块体均匀冷却。

(2) 后期冷却 (接缝灌浆阶段): 浇筑块体应达到监理工程师或施工图纸指定的灌缝温度和缝面允许张开度时, 才允许灌浆。为使混凝土尽快达到稳定温度以进行接缝灌浆, 根据现场温度测定确定是否进行后期通水冷却。

五、低温季节混凝土温控措施

在低温季节, 当气温低于设计控制温度时, 严禁浇筑混凝土。若必须浇筑, 则应采用保温措施并经监理工程师和设计单位同意方可施工。

冬季 0~5℃ 温度之间, 根据施工具体情况采用铺草袋或覆盖保温被保温, 进水口及尾水闸墩、吊物井井口等孔洞部位应予以表面保护; 负温情况下, 则视仓面大小设置保暖、供热设施, 保证仓面温度以及周边模板处于暖棚中。

六、温度监测

采用埋在混凝土中的电阻式温度计或热电藕测量混凝土温度并将每周的温度测量记录报送监理工程师，其内容包括混凝土浇筑温度和混凝土内部温度。

7.9 主要技术难点及其解决方案

7.9.1 进水口门槽二期混凝土施工

本标进水口 845.00m 高程以下混凝土总量 84000m³（二期混凝土工程量 2500m³），施工时段为 2002 年 12 月 1 日~2003 年 9 月 30 日，施工期仅 10 个月。

泄洪洞及发电洞进水塔高度大（106m、85.4m），二期回填混凝土结构尺寸小、埋件多、精确度要求高，如一期混凝土施工完成后进行二期混凝土回填，不但立模、浇筑入仓困难，增加较大的临建工程量，而且占用较长的混凝土施工直线工期。

为保证按工期要求完成发电洞及泄洪洞进水口混凝土施工，减小二期混凝土施工强度，为金属结构安装提交工作面，高度较大的泄洪洞及发电洞进水塔二期门槽混凝土