

# 引水斜井上弯段混凝土衬砌施工技术

商城

中国水利水电第十二工程局有限公司第一工程公司, 浙江 湖州 313300

**[摘要]** 引水斜井上弯段是平洞与斜井的衔接段, 空间结构特殊, 混凝土衬砌施工难度大, 又因工期紧、施工强度高给施工组织和管理协调带来了很大的难度。针对上述问题, 利用直线段起点防护钢平台做底架, 满堂脚手架支撑、人工立模, 采用分序、分期浇筑、尽量减少第二期混凝土浇筑量的方式施工, 可为类似工程施工提供借鉴。

**[关键词]** 引水斜井; 上弯段; 衬砌; 施工技术

DOI: 10.33142/hst.v5i4.6588

中图分类号: TV732.5

文献标识码: A

## Construction Technology of Concrete Lining in Upper Bend Section of Diversion Inclined Shaft

SHANG Cheng

The First Engineering Company of Sinohydro Engineering Bureau 4 Co., Ltd., Huzhou, Zhejiang, 313300, China

**Abstract:** The upper bend section of diversion inclined shaft is the connection section between flat tunnel and inclined shaft, with special space structure and difficult construction of concrete lining. Moreover, due to tight construction period and high construction intensity, construction organization and management coordination are very difficult. In view of the above problems, steel platform with starting point of straight section is used as chassis, full scaffolding support and manual formwork are used to construct by sequential and staged pouring, and the second stage concrete pouring quantity is minimized, which can provide reference for similar projects.

**Keywords:** inclined diversion shaft; upper bend; lining; construction technology

### 1 工程概况

长龙山抽水蓄能电站共布置 3 条引水斜井, 斜井倾角  $58^\circ$ , 开挖断面直径 7.0m。上平洞断面经技术超挖为底宽 7m, 高 7m 的城门洞形断面, 上斜井上弯段上弯段转角  $52.3^\circ$ , 转弯半径 30m, 开挖断面为高度 7.0m, 底宽为 5.8m 的马蹄形, 衬砌后断面为直径 6.0m 的圆形, 上斜井上弯段弧长 27.38m。

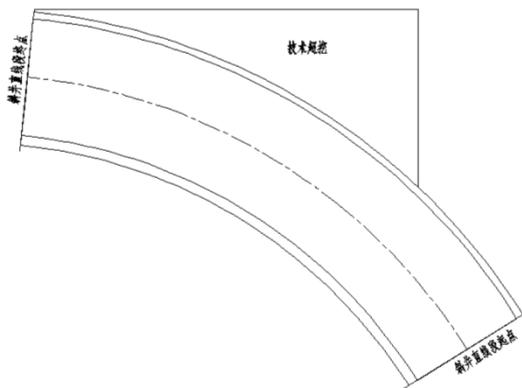


图 1 引水斜井上弯段立面图

### 2 施工难点

上弯段混凝土施工悬空高度达, 其安全风险较大;

上弯段混凝土浇筑过程中受力复杂, 对模板支撑、拉条及承重平台要求较高;

受节点工期影响, 上弯段混凝土与斜井直线段固结灌浆需同时施工, 工期紧, 施工组织难度大;

### 3 施工方案

经过对“滑模台车作为上弯段混凝土衬砌施工承重平台”、“在斜井段铺设型钢作为上弯段混凝土衬砌施工承重平台”两种方案比选, 在确保安全生产的前提下, 采用上斜井上弯段利用直线段起点防护钢平台做底架, 满堂脚手架支撑、人工立模, 采用分序、分期浇筑。结合工期要求, 应尽量减少二期混凝土浇筑量的方式组织施工。

引水斜井上弯段共分 5 仓浇筑, 其中①、②、③为一期浇筑④、⑤块为二期浇筑。上弯段分仓以尽量减少二期混凝土浇筑量, 同时兼顾可行性、施工便利性、施工质量为原则, 具体分仓方式如下。

①号块轴线长度为 12.134m, 包含 2.18m 上斜井直线段上三角块与斜井直线段相接的  $19^\circ$  弯段 (轴线长度约 9.95m), 包括轴线范围内所有衬砌混凝土 (全断面) 及部分超挖回填。①号块浇筑前预埋钢板。

②号块与上平洞相交, 轴线长度约 7.33m, ②号块主要浇筑边顶拱  $240^\circ$  范围及部分超挖回填, 两侧浇筑至开挖及岩面。②号块浇筑前预埋钢板。

③号块为上弯段技术超挖回填, 利用①②号块预埋的钢板架立型钢支撑安装底模, 浇筑超挖部位。

④号块待斜井固结灌浆施工完成后提升系统及钢平台拆除后进行, ④号块浇筑①②号块中间部位结构混凝土,

轴线长度约 10.1m。

⑤号块进行③号块范围内的 120° 底拱。

表 1 引水斜井上弯段混凝土分块参数表

编号	每块长度 (m)	方式	备注
①	12.134	全断面	钢管脚手架支撑
②	7.33	顶拱及边墙	钢管脚手架支撑
③	10.1	回填	型钢顶撑
④	10.1	全断面	钢管脚手架支撑
⑤	7.33	底拱	

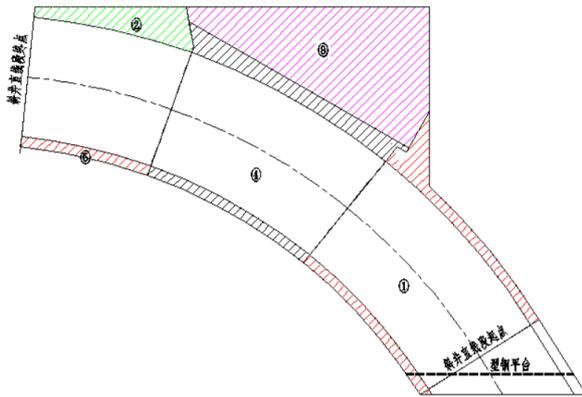


图 2 引水斜井上弯段混凝土分块图

#### 4 施工方法

引水斜井上弯段衬砌混凝土施工待斜井滑模台车拆除完毕后进行，工艺流程见详图。

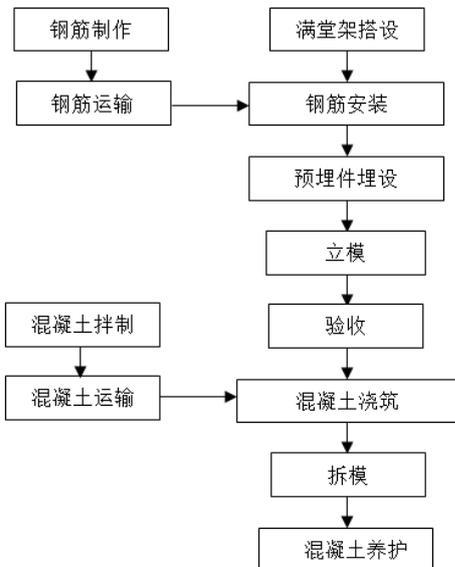


图 3 引水斜井上弯段混凝土分块图

##### 4.1 型钢平台施工

在直线段起点布置型钢平台，作为上弯段混凝土施工支撑承重平台兼顾斜井井盖。

钢平台由 I28b 主梁、I16 次梁及 16mm 厚钢板组成，主梁下设置 I28b 垫梁，垫梁同在直线段起点及混凝土浇筑即将完成时预埋的钢板焊接。

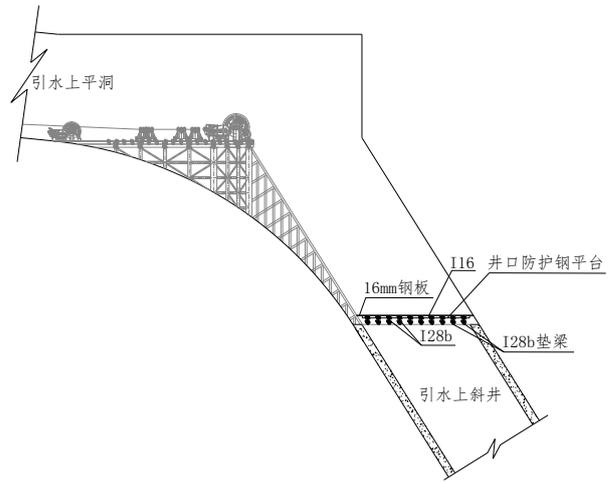


图 4 型钢平台布置示意图

斜井滑模拆除结束时将钢板按设计位置布置妥当，采用全站仪测量放样出最上游的主梁及轴线方向，其余主梁位置及次梁两端位置可用短钢筋或钢尺配合定位，再在主梁左右岸节点布置 15cm 高 I28b 垫梁，同钢板焊接。

利用卷扬机、滑轮及葫芦将主梁吊装至作业面，人工配合就位，焊工初步将主梁和钢板点焊固定，依次完成所有主梁就位，然后将主梁同垫梁焊接，焊缝按高度 8mm，双边焊接 10cm 控制。

主梁施工完成后组织次梁的施工，方法相同，最后满铺 16mm 厚钢板，钢板周边尺寸形体以不影响上弯段混凝土结构面为准，并留有焊接操作口，后期的进入孔、灌浆管路、卷扬机和绞车钢丝绳孔再另行热切割，型钢平台周边缝隙用废旧皮带填塞保证不落物。

##### 4.2 满堂架架设

满堂支撑架主要为混凝土施工时模板提供支撑，满堂架纵距×横距×步距=0.7m×0.7m×1.2m，采用脚手架钢管搭设。施工排架按 1.4m×1.4m×1.8m 控制。

##### 4.3 钢筋制安

①号块先绑扎下半拱钢筋，安装下半拱模板，再搭设施工排架，施工上半拱钢筋、模板，最后加密排架，紧固支撑。底拱钢筋直接施工，边顶拱钢筋施工利用搭设的满堂脚手架进行钢筋绑扎。

一期（边顶拱）钢筋施工，分布筋从封头模板露头。

##### 4.4 预埋件制安

预埋件施工包括固结灌浆管路、回填灌浆管路、止水带、机电接地等。各类预埋件在混凝土浇筑开仓前按设计位置预埋。预埋件均进行可靠固定及保护。防止混凝土浇筑过程中移位，承受荷载的预埋件和有特殊要求的埋件，在浇筑完的混凝土达到 28 天龄期后，方可承受荷载。整

个施工期间尤其是相应部位混凝土振捣施工时,积极采取防护措施,防止预埋件发生损坏和变形。

①、②号块施工时预埋钢板,锚筋与钢板之间 90°焊接,采用穿孔焊,锚筋穿入孔中焊接。

#### 4.5 模板施工

引水斜井上弯段采用定制弧型钢模板,封头部位采用木模板。③号块回填混凝土底模用 3015 标准钢模板拼接。

模板采用  $\phi 12$  拉筋和  $\phi 48$  钢管的围圈固定,模板与围圈之间通过节安螺栓和蝴蝶扣连接固定。③号块回填混凝土使用 I 28b 型钢支撑, A12 拉筋拉牢。

为保证模板稳定性,底拱模板施工时在模板上方设置钢管支撑辅助拉条进行模板固定;②号块顶拱模板施工时采用搭设满堂架辅助拉筋进行围圈固定。

堵头模板采用 2cm 厚的木板或胶合板作为面板,背方采用  $\phi 12$  拉筋和钢管固定。拉筋间排距 0.75m,焊在边墙锚杆上,焊好后,调节拉筋螺帽,使堵头模板达到准确位置。

#### 4.6 混凝土施工

混凝土从模板两侧交替均匀下料,两侧高差不超过 50cm。混凝土层布料均匀,避免用振捣器平仓。仓内混凝土安排专人边浇边平仓,不得堆积。浇筑过程中如果岩石面层有渗透现象,设置引水管将水流引出仓面方可浇筑,并及时处理混凝土面泌水。

在混凝土浇筑前进行试验,设计出自密实混凝土配合比。必要时,收仓前最后一车混凝土使用自密实混凝土进行浇筑,保证混凝土的密实程度。

回填混凝土施工时注意控制下料速度,并时刻观察钢梁和模板的钢结构变形情况,一旦发现异常,停止下料,待混凝土接近初凝后再安排下料。

##### (1) 底部混凝土浇筑

底拱混凝土施工时,在模板开设振捣窗口用来平仓及振捣混凝土,振捣采用附着式振捣器,插入式振捣器辅助平仓,振捣器的插入深度伸入已浇筑层以下 5cm,振捣时间以控制不再显著下沉,并开始泛浆为准。模板同边和止水带附近的混凝土振捣应特别认真仔细,振捣头不得触及止水结构,以免损坏止水结构。

##### (2) 边墙混凝土浇筑

边墙混凝土浇筑是从一端至另外一端进行分层下料,再从左右两边墙均匀下料进行边墙混凝土浇筑,逐层铺料直至分缝高程。

边墙混凝土施工时,采用从低到高分层进行,分层高度约 30~50cm,左右对称下料,混凝土浇筑速度控制在 0.5m/h。振捣作业路线保持一致,并顺序依次进行,以防漏振、振捣棒要快插慢拔。混凝土浇筑要保持连续性,在下层混凝土初凝之前应覆盖上一层混凝土,浇筑混凝土允许间隙时间按试验确定,若超过允许间歇时间,且混凝土不能重塑时则按施工缝处理。

##### (3) 顶拱混凝土浇筑

顶拱部位混凝土采用混凝土泵管接管下料,下料口距离混凝土面高差不大于 1.5m。混凝土由附着式振捣器振捣。浇筑时安排专人对堆积混凝土进行振捣平仓,不得堆积。

为使混凝土尽量密实同时防止混凝土泵压力直接作用于模板,顶拱超挖最高处设置排气管。根据混凝土浇筑情况,调整顶拱混凝土泵管位置,混凝土泵管与钢筋网固定。使用附着式振捣器进行振捣,根据浇筑情况,当浇筑即将完成时改用高流态混凝土,待排气管混凝土均匀排出,输泵压力开始明显上升时停止浇筑,开始封仓。

#### 4.7 养护与拆模板

混凝土采用喷洒、涂刷养护剂养护。

上弯段混凝土除③号块支撑钢梁及底模在衬砌结构线以外,可不拆模外,其他部位模板在混凝土浇筑三天后(强度达到设计强度 50%)即可进行模板拆除,模板拆除后立即清理干净,涂脱模剂以利于下次使用。

#### 4.8 脚手架拆除

模板支撑架在该段混凝土浇筑完成三天后与模板拆除同步进行,根据模板拆除进度在上而下进行拆除。

#### 4.9 型钢平台拆除

根据本工程环境因素及施工特点,型钢平台拆除施工以型钢钢板解小、卷扬机牵引散件为原则。

拆除时,首先使用气割设备将型钢平台各部位进行解体,型钢平台拆除材料主要由人工配合简易载货小车搬运,临时卷扬机辅助。单件切割料不宜太大,应控制在 60Kg 以内。

#### 4.10 接触部位缺陷修补

主梁割除前,用电镐凿除混凝土,深度按 5cm 控制,再使用气割割除主梁,随后用角磨机、吹风管清理混凝土基面。基面涂刷一道弹性环氧底胶,采用环氧砂浆刮涂凹坑,表面处理平整。

#### 5 灌浆施工提升钢丝绳避绳措施

因斜井直线段固结灌浆所用提升设备布置于斜井上弯段钢平台、上平洞直线段,提升所用钢丝绳需通过模板支撑架下部对灌浆台车、小车进行牵引,可能对模板支撑架搭设、使用造成影响,必须采取相应的避绳措施。

灌浆运输车牵引卷扬机滚筒长度为 1.6m,钢丝绳提升过程中摆动可能会摩擦脚手架立杆,在进行脚手架搭设时根据钢丝绳实际位置进行避让,同时钢丝绳摆动范围内采用活动立杆搭设,若避绳效果不理想可取消摆动范围内立杆,采用斜杆加固。

脚手架在提升设备放置位置进行搭设时采取门式钢架进行支撑,让出提升设备的空间位置,脚手架立杆支撑在门架上部。

在绞车钢丝绳运行范围内进行脚手架搭设时采用门式钢架作为支撑,避让出实际钢丝绳摆动范围,脚手架立杆支撑在门式钢架上部。

绞车钢丝绳通过竖向导向滑车至斜井上弯段钢平台段进行脚手架搭设时根据钢丝绳位置避让搭设即可,脚手架搭设完成后在钢丝绳上方设置竹跳板或废旧木模板进行保护。

## 6 结束语

引水斜井上弯段利用直线段起点防护钢平台做底架,满堂脚手架支撑、人工立模,采用分序、分期浇筑。使混凝土衬砌任务得到了优质、高效的完成,证明了本技术的合理性和先进性,可为类似工程提供一定的技术参考。

### [参考文献]

[1]邢国红. 蒲石河抽水蓄能电站引水斜井上弯段混凝土施工[J]. 工程建设与设计,2015(10):139-141.

[2]谢沛波. 引水隧洞上平、上弯及斜井段砼衬砌施工技术[J]. 科技与企业,2016(3):145.

[3]邓吉明,许立利,王军. 大直径引水隧洞上、下弯段混凝土衬砌钢排架模板施工技术[J]. 水利水电施工,2015(6):346-350.

[4]章成,廖湘辉,黄志花,万刚,刘欢. 三峡地下电站上弯段混凝土衬砌施工方案研究[J]. 水利发电,2010,36(1):57-59.

作者简介: 商城(1995.3-)男,毕业院校:浙江工业大学;所学专业:土木工程;就单位:中国水利水电第十二工程局有限公司海南分公司;职务:技术质检科业务主办;职称:助理工程师。