

浅析苏洼龙水电站引水洞斜井滑模施工技术管理

刘宝新

中国水利水电第三工程局有限公司 陕西 西安 710000

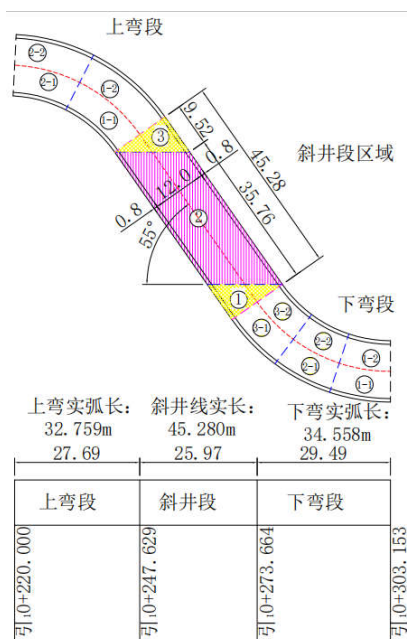
摘要：苏洼龙水电站引水洞斜井洞径大、斜长短，施工难度大，混凝土衬砌施工选用整体拼装液压顶升滑模施工，单洞由下弯段一次连续上升至至上弯段，混凝土外观成型效果好，降低施工作业安全风险，高效、节约完成施工任务，该方法值得在水利工程斜井混凝土衬砌施工中推广和借鉴。

关键词：水电站；滑模；施工技术管理

1 工程概况

苏洼龙水电站库区正常蓄水位2475m，库容6.38亿 m^3 ，多年平均径流量938 m^3/s ，电站额定水头84m，设置4台水轮发电机组，总装机1200MW，为一等大（1）型工程。枢纽建筑主要由沥青混凝土心墙堆石坝、泄洪放空洞（兼导流洞）、引水系统，以及地面厂房等构成。

引水系统设计于左岸，采取一管一机的供水形式，以四个引水隧洞并列式设计，由进水口、引水隧洞和建筑物等构成。1号~4号引水系统长为536.09m、579.82m、623.56m及667.28m。引水隧洞上平段、斜井段、下平段均采用圆形断面，钢筋混凝土衬砌段净洞径12.0m，衬砌厚度为0.8m，斜井段斜度55°；斜长45.28m，上接32.76m斜井上弯段，下接34.56m斜井下弯段。示意图1



苏洼龙水电站斜井纵剖示意图1

2 施工方案比选

引水洞斜井在混凝土衬砌施工前就常规倒模施工与整体拼装液压顶升滑模施工进行对比分析，主要考虑因素是成本、工期和安全、质量管理，包括设备、材料、人员等方面，其主要优势有如下几个方面：

衬砌钢筋的整体拼装液压顶升滑模安装的作业比较简单，施工通过交底工作可以快速实现安装目标，一方面提高了施工人员的可靠性，一方面节约了时间。

衬砌混凝土采用整体拼装液压顶升滑模施工的可靠性较高，整体封闭式操作平台牢固，有效避免高空坠落、物体打击等安全事故发生；另外机械化程度较高，降低了施工人员重复性拆/立模工作。

衬砌混凝土采用整体拼装液压顶升滑模施工只需组装一次，不需要搭设承重脚手架，既节约场地空间，又节约施工材料的使用。

衬砌混凝土采用整体拼装液压顶升滑模施工保证了施工的连续性，不仅体现在钢筋安装上，有效的减少了施工缝数量，提高了水工建筑物的整体质量，减少了后续灌浆任务。

综上所述，整体拼装液压顶升滑模的安装方法优于传统倒模安装方法，并已在该项目中得到了选定。

3 滑模设计与施工

滑模结构设计

引水隧洞斜井模筑衬砌采用了液压手动调平内爬式的桁架梁结构的液压滑升模块，整个滑模体结构均采用了钢结构。构件主体主要由钢结构模板、桁架梁结构框架、提升支架、辅助盘、支撑杆（俗称爬杆）、液压系统、支承桁架、桁架支承轮、导轨、砼表面处理系统等构成。下料平台和混凝土收面平台分别设计、独立工作、统一提升。

1）模板。模板是混凝土斜井壁成型的模具，采用生产厂家定制异形钢模板拼装成整体，单块模板高度1.2m，斜长1.5m。

2) 桁架框。桁架框就是滑模体的骨架, 主要作用是支撑、挂装模板, 以及形成模体平台, 桁架框上面铺设钢板(或木板)形成操作平台, 放置设备及人员走动。桁架框采用桁架式结构, 要求足够刚度、强度, 采用 $\angle 80 \times 80 \times 7$ 等边角钢作主要受力件, 考虑到斜井施工辅助受力件也采用 $\angle 80 \times 80 \times 7$ 角钢制作。对角线支撑采用 $\angle 75 \times 75 \times 6$ 角钢。平面整体铺设5cm厚木板。内侧设置高1.2m的防护栏杆。

3) 提升架。提升架用来安装千斤顶并提吊滑模体滑升, 选用“F”型(由于采用内爬式), 用20号槽钢作立柱, $\delta 15\text{mm}$ 和 $\delta 10\text{mm}$ 钢板焊制。

4) 支撑桁架。支撑桁架安装支撑桁架轮, 其连接桁架框形成整体防止滑模向下倾斜倾偏。采用 $\angle 80 \times 80 \times 7$ 等边角钢制作。

5) 辅助盘(抹面平台)。辅助盘为养护、修面、预埋件处理的工作平台。采用C25钢筋焊接而成, 上铺5cm竹板, 用C25钢筋悬挂在桁架梁上, 辅助盘距井帮200mm, 在模板下边缘2.0m处, 外侧采用密目网全封闭。

6) 支撑杆(爬杆)。支撑柱的下部埋于钢筋沉降井壁中, 上部段通过液压螺杆千斤顶的通心口, 接受整个滑模荷载, 将其送入沉降井壁, 保存于钢筋沉降井壁中。在选用QYD负一百系列液压滑动式模板螺杆千斤顶的同时, 选用 $\phi 48 \times 3.5\text{mm}$ 型钢作为支撑柱。

7) 液压装置。采用QYD-100型螺旋千斤顶, 按设计承载能力为十吨, 实际安全系数按2.0设计承载能力为5吨, 实际运行长度为28~33mm, 液压主机则采用HY负36S系列手动调平液压主机。高压油管: 主要采用 ϕ ; 支管则采用 $\phi 8\text{mm}$, 并通过直管接头和多通接头将同主机的千斤顶分组连接, 并组成液压控制系统。

8) 辅助系统。包括预埋件安装管理和喷水保养、模体检测、水位调节检测等装置。喷水保养是水泥施工的一种重要环节, 喷水管拟用 ϕ 管, 在辅助盘周边安装PE管上钻孔, 对水泥表层进行喷水保养。

水位观测主要采用水准管方法, 在模体表面设置透明胶管, 充水固定于模体表面进行水平度观测。

滑模安装及调试

1) 滑模的安装

滑动式模板安装施工的流程如下: 划线定位→桁架模板、操作台的安装→模具安装→支撑杆(俗称爬杆)安装→螺旋千斤顶安装→安装液压装置→检查调试。

A 划线定位。滑动式模板施工时, 先将建筑基础高温再热器和滑动式模板的尺寸通过测量线放样理论模筑衬砌中心上, 用线绘好模板理论衬砌式的外等值线, 滑模

模板将以此作为施工基础, 并确保建筑基础的水平高度不超过5mm。

B 桁架框、操作平台安装。其主要作用是支撑、挂装模板, 以及形成模体平台采用现场进行拼接, 采用20t吊车和手动葫芦进行吊装, 桁架框拼装完成后在上面铺设钢板(或木板)就形成操作平台, 放置设备及人员走动。

C 模板安装。使用了20t起重机的手动裂瓜和人工进行模具的安装就位和调节, 在吊载时应轻拿轻放, 防止碰撞, 以确保模具不致于摔坏或变形。在将模板定位、调整好, 使用螺钉进行模板间或及模板与中间桁架之间的连接。

D 支撑杆(俗称爬杆)安装。选择 $\phi 48 \times 3.5\text{mm}$ 钢管作支撑杆, 支撑杆的下端埋在混凝土井壁内, 上段穿过液压千斤顶的通心孔, 采用手动葫芦配合人工进行安装

E 安装千斤顶。支撑杆安装完成后再安装对应的支撑千斤顶。

F 提升架安装。采用20号槽钢作立柱, $\delta 15\text{mm}$ 和 $\delta 10\text{mm}$ 钢板焊制。采用20t吊车和手动葫芦配合人工进行安装。

G 支撑桁架安装。支撑桁架前行轮轨道与钢筋固定牢固, 后行轮轨道与已浇筑混凝土固定牢固, 然后进行支撑桁架支腿分节安装并与滑模桁架框固定, 最后安装主梁。

H 液压系统及电器的安装。液压系统和电气设备的配置, 将在液压和电气工程工程师们的帮助下完成。

2) 千斤顶进行试验编组

A 耐压: 加压120kg/cm², 5分钟不渗不漏;

B 空载爬升: 调整行程30mm;

C 负荷爬升: 记录加荷5吨, 支撑杆压痕和行程, 将行程相近的编为一组。

如施工使用的螺旋千斤顶, 应使用一部分, 并须定期保养, 并应使用如簧、上卡头、排油簧片、钢珠、密封圈火灾、上卡环、下卡头等。

3) 滑模调试

滑模组装检查合格后, 安装千斤顶、液压系统、插入爬杆并进行加固, 然后进行试滑升3~5个行程, 对提升系统、液压控制系统、盘面及模板变形情况进行全面检查, 发现问题及时解决。

(3) 混凝土浇筑

1) 混凝土运输

滑模施工所用混凝土由水平运输罐车运送到卸料平台。

2) 混凝土入仓

混凝土入仓采用振动缓冲溜管输送混凝土至斜井浇筑平台,然后经混凝土软管入仓。振动溜管采用 $\phi 219$ 无缝钢管,6m/节法兰盘连接,悬挂在 $\phi 18$ 钢丝绳上,底部安设一个缓冲器高(长)约150cm,整个缓冲溜管用钢丝绳固定在斜井上弯段平台的地锚上,下部浇筑平台接混凝土软管输送入仓。

滑模滑升要求对称均匀下料,滑模混凝土要求塌落度14~16cm,初凝时间8小时左右为宜。正常滑升每次间隔按2小时,控制滑升高度30cm,日滑升高度控制在3m左右。

3) 平仓、振捣

混凝土浇筑滑升正常施工按30cm/层进行,采用插入式 $\phi 70$ 软轴振捣器振捣,经常变换振捣方向,并避免直接振动爬杆及模板,振捣器插入深度不得超过下层混凝土内5cm,模板滑升时停止振捣。

(4) 模板滑升

在施工进行正常浇筑和滑升时,要尽可能保证连续浇筑,并设置人员观测和分析施工状况,并按照施工情况制定了适当的滑升速率和分层施工时间。

滑升过程中有专人检测螺旋千斤顶,看在爬竿上的压痕和受力状况是否正常,并检测滑动式模板中心线与操作盘的水平度。

混凝土初次浇注与砼初滑升,应严格地按下列六步完成:首先铺设五十mm水泥,然后按每分层300mm进行二层,当厚度超过650mm后,再开始滑升30~60mm,检验自动脱模的水泥砼是否符合要求;第四层砼同时滑升150mm;再进行第五层,滑升150~200mm;在第六层正常浇注后再滑200mm;如无异常现象,便能实现在正常浇注后的滑升。

模板初次滑升要缓慢进行,并在此过程中对提升系统、液压控制系统、盘面及模板变形情况进行全面检查,发现问题及时处理。

4 滑模施工中常出现的问题及应对举措

滑动式砼操作盘偏移、滑模盘平移、扭曲、砼表面裂缝、爬竿变形等,其形成的根本原因在于螺旋千斤顶运行方向不一致,压力不平衡,混凝土质量不均匀,纠偏过急等。因此在实施中把好质量关,出现问题及时处理。

(1) 不均匀下料措施

为防止不均匀下料。采用溜管输送混凝土至施工平台仓面,后经混凝土软管入仓。溜管采用 $\phi 219$ 无缝钢管,6m一节法兰盘连接,悬挂在 $\phi 18$ 钢丝绳上,底部安设一个缓冲器,整个溜管系统用钢丝绳固定在斜井上弯平台的地锚上,并用一台5t卷扬机辅助悬吊,混凝土经混

凝土软管输送入仓。

在溜管中部加工吊环,钢丝绳由吊环中部穿过,在吊环处用绳扣与钢丝绳锁紧,使整个溜管柔性悬挂在钢丝绳上。在溜管下部与串筒下部悬挂棕绳,在转移下料位置时人工拉动棕绳,定位在需要混凝土料的区域附近,人工将混凝土软管移动到下料的具体点下料,勤移动混凝土软管均匀布料,在转移下料位置时暂时停止下料。

(2) 防止发生偏差、(纠偏)措施

1) 测量控制

滑动式模板中线控制系统:为确保构件不出现偏离,预埋件定位更加精确,利用测量设备可以通视测量控制,同时又确保了其它部位的检测要求;滑模水位控制系统:一是使用千斤顶的同步器总成实现水位调节,二是使用检测仪表进行检测(或透明水管),实现水位检测。

2) 加强对液压系统的监控

各班级由专人对液压设备进行检测,是否存在泄漏情况,千斤顶运转是否同步,出现故障及时处理,液压设备决不允许带病工作。

3) 加强对操作平台荷载控制

时刻检查作业平台上存放的工作用具、物料,载重不得大于设计负荷,并注意放置尽量平稳,避免产生偏压;严格控制下料方向,以保证滑动式模具每四星期均匀下料,并避免滑动式模具因下料方向不均匀挤压而变形。

4) 利用轨道桁架支撑平衡

本电站引水洞斜井斜度 55° 采用轨道桁架充分承受顶底的横向受力控制顶底的偏移、平移、扭转。

5) 纠偏

A 利用千斤顶自身纠偏。在爬竿上设置限位块,间距20cm,每滑升20cm模体自动停滑,对模体进行一次检查。当模体发生偏差不大时,采用千斤顶自身纠偏。利用液压系统对某一个千斤顶进行调整或对某几个千斤顶进行调整(液压系统油管采用并联,可以对某一个千斤顶单独控制)。若a边(假设模体分为a、b、c、d边)发生偏差(下倾),先关闭b、c、d边千斤顶,用液压系统相对控制a边的全部螺旋千斤顶滑升1~2个行程,然后再开启全部螺旋千斤顶滑升1~2个行程,如此重复多次并逐步调节至设计要求。

使用螺旋千斤顶自身补偏救弊,并逐步补偏救弊,所有的补偏救弊操作不可过急,以防出现混凝土上拉断裂、死弯、滑动式模板变形、爬竿变形等。

B B利用手动葫芦纠偏。当模体的偏差很大时,先使整个模体滑空,然后使用安装在斜下沉井的锚索上的手动裂瓜进行矫正,在纠正后再次进行滑升。然后对于局

部变形较大的进行再设计。

鉴于滑空后校正对工期影响较大,对混凝土质量保证不利,所以在施工中应严格控制模体偏差情况,及时纠偏,防止积重难返,尽量避免滑空纠偏。

(3)爬竿的弯曲。当爬竿弯曲后可采用加焊钢筋直径的斜支撑,在弯曲严重处采用切割处理,再接上爬竿后再将与下部的爬竿相连,或再加入连接成"人"字形的支柱。

结语

苏洼龙水电站的单行条例,引水洞斜井衬砌滑动式砼的浇筑工作一般耗时十九天,日滑升距离一般为2.2米

左右,构件稳定性较高,外观品质优异,浇筑过程具有速度快、机械化水平好、节约费用,方便的实现模板灵活组合和较快拆散并能重复使用的特性,可以在工程斜井混凝土模筑衬砌浇筑工作中应用与推广。

参考文献

[1]王有明,柳富强.瀑布沟水电站引水隧洞斜井开挖施工[J].云南水力发电.2010,5.

[2]李志华.水电站建设中引水隧洞施工技术浅析[J].中国高新技术企业(中旬刊).2014,1

[3]李湘权,代立新.发电引水隧洞高地温洞段施工降温技术[J].水利水电技术.2011,2