

# 锦屏二级水电站主变洞混凝土快速施工技术

向旭辉

(中国葛洲坝集团第二工程有限公司,四川成都 610091)

**摘要:**锦屏二级水电站主变洞受多次加强支护的影响,致使工期非常紧张。为保证发电目标的实现,通过合理化分层、调整施工程序、增加工作面、合理使用施工通道、调整施工工艺、增加临建布置等措施,解决了主变洞结构复杂、施工范围大、战线长、作业难度极大、上下交叉作业多、施工通道单一等问题,取得了较好的效果。

**关键词:**主变洞;混凝土;快速;施工;方法;锦屏二级水电站

**中图分类号:**TV52;TV554;TV544

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2015)增1-0017-03

## 1 工程概述

锦屏二级水电站主变洞全长 374.6 m,宽度为 19.8 m,顶拱高度按不同区域分为 21.5 m 和 34.5 m 两种,断面为圆拱直墙型。主变洞采用框架结构体系,顶层采用现浇混凝土叠合板梁拱肋吊顶结构,利用其上空腔作为主变洞通风层。主变洞对外交通布置在右端,通过主变进风洞与进厂交通洞联系,主变压器检修时通过主变运输洞与主厂房安装间联系。主变洞混凝土强度等级:廊道、主变层及主变油坑为 C25,各层板梁柱、楼梯、吊顶结构为 C30,事故油池、200 t 水池底板及边墙为 C30。

## 2 合理分层

根据主变洞梁、板、柱结构布置特点,并从施工快捷简便的角度出发,对主变洞混凝土施工重新进行分层,原则上分层高度平均为 3~4 m 为一层,以充分利用梁板边界作为分层依据,可间接加快施工效率。对主变洞各段实施合理化分层,施工中的分层比类似工程更加细化,更适合于快速施工:

(1)将梁归结为下一层进行施工,这样实施可方便梁的上一层结构立模,减少施工时间。

(2)部分段位施工时采用板梁柱共同浇筑,从而加快了施工进度。

(3)将 1#~8#段高程 1 334.3 m 底板划分为 2 仓(③层、④层)进行施工,这样实施,当厂右侧段位底板 1 仓施工时,可以通过底板的第 2 仓向其厂左侧其他段位人工搬运施工材料。为保证结

构稳定,在施工缝内设遇水膨胀止水条 BW(20 mm×30 mm)。

(4)将 1#、2#、5#、6#段高程 1 341.8 m 板下层(⑥层)、9#段高程 1 334.3 m 板及高程 1 342.8 m 板下层(③层及⑥层)、10#段高程 1 348.3 m 板及牛腿下层(⑨层及⑫层)、11# 及 12# 段高程 1 341.8 m 板下层(③层)细致分为 3 层,这样实施可使一仓混凝土的浇筑时间不占直线工期,进而提高施工速度。

(5)根据现场施工情况,将施工最为紧张的 3#、4#段重新进行分层,对高程 1 341.8 m 板上部的柱子调整为 1 仓进行施工,对吊顶以下柱子调整为 2 仓进行施工,平均高度为 6.25 m,这样实施比原方案可节约 2 层(4 仓)的施工时间,从而确保了工期。

(6)将吊车梁单独设置为一层,可更好地控制施工进度,并将其与牛腿的施工时间进行区分,可节约工期。

## 3 调整施工程序并增加施工工作面

为加快施工进度,在保证施工安全的前提下,采取 3 条施工主线、增加 8~10 个工作面,配 8~10 套组合钢模板及九夹板进行混凝土浇筑施工。施工时,3 条主线同时进行施工,具体的施工顺序如下:

第 1 条主线:从厂左 12#段开始依次对电抗器室段混凝土 12#、11#段、泵房油池段混凝土 10#段进行施工,每段错开 1~2 仓施工,高峰期 3 个工作面同时开展施工。

第 2 条主线:从机组段 1#段开始向厂右侧进

行施工,依次进行机组段 1#~4#段混凝土浇筑,每段间隔 3~5 d 开始施工,高峰期为 4 个工作面同时开展施工。

第 3 条主线:总体上从机组段 5#段开始向厂右侧施工,依次进行机组段 5#~8#及开关柜室段 9#段混凝土施工。

当 6#段高程 1 334.3 m 底板施工完毕,可独立进行 7#段、8#段和 9#段高程 1 334.3 m 以下混凝土的施工,并且各段均需待厂左侧一段的高程 1 334.3 m 底板施工完毕后才能进行该段廊道层的施工,否则廊道层一旦排架施工,其厂左侧均不能施工而影响工期。每段应间隔 1 仓开始施工,高峰期为 5 个工作面同时开展施工。

吊车梁混凝土采取现场浇筑。当吊车梁下部牛腿施工完毕并达到一定龄期后,开始施工吊车梁,先在 1 348.3 m 高程板上绑扎好钢筋,然后用葫芦将钢筋吊装就位,再立定型模板后浇筑。

施工中,现场实际情况为主变洞 4#段及 6#段施工工期更为紧张。为保证主变洞工期,需为顶拱预留足够的备仓及浇筑时间,进而满足进度计划要求,但如按照从下向上的顺序按部就班施工,则需浇筑完主变搬运道顶板高程 1 341.75 m 板梁并满足一定强度要求后,才能对 GIS 层底板高程 1 348.25 m 进行备仓,如此施工需时较长,甚至无法保证主变洞具备机电设备安装条件的节点。故经综合分析,考虑采取以下措施进而加快施工进度,为赶工工期增添一份保障,具体措施如下:

(1)对主变搬运道顶板高程 1 341.75 m 板梁预留后期浇筑,待 GIS 层底板高程 1 348.25 m 板梁拆模后再进行施工,如此至少可节约电缆道底板高程 1 341.75 m 备仓、浇筑及待强的时间;而为保证结构稳定,在浇筑与该层板梁衔接的柱梁的同时也应预留出该层板梁的钢筋,并对施工缝进行凿毛处理。

(2)根据主变洞 GIS 室 1 348.25 m 高程的荷载标准值,将原方案中浇筑高程 1 348.25 m 以上结构时下部排架并不拆除,调整为预留高程 1 341.75 m 板梁后浇,为此,将主变 4#段、6#段搬运道上部的高程 1 348.25 m 板加厚 5 cm 至 30 cm,对应的板钢筋直径加大一级,以便承受上部施工时的荷载。

(3)在搭设高程 1 348.25 m 以上排架时,由于

下部高程 1 341.75 m 以上的排架(高程 1 341.75 ~ 1 348 m)需拆除。为使顶部结构浇筑时均匀传力,更好地分解作用力,需在电缆道上方高程 1 348.25 m 的排架下部设置纵向方木,同时亦可起到保护底板的作用。

#### 4 合理使用施工通道

为加快主变洞混凝土施工速度,合理地布置混凝土施工通道,主变洞厂右部分及高程 1 345.3 m 以下的混凝土主要从进厂交通洞进入,泵机主要布置于主变进风洞与主变洞交叉处,泵管沿边墙或排架至施工部位,并在仓位附近布置仓面吊以方便模板钢筋等材料的安装;厂左部分高程 1 353.3 m 以下混凝土考虑从 GIL 出线洞进入,泵机主要布置于大楠公路出线洞洞口附近,泵管沿出线洞边墙至主变混凝土施工排架至施工部位,并在仓位附近布置仓面吊以方便模板钢筋等材料的安装;对于厂左部分高程 1 353.3 m 以上混凝土考虑从主变排风洞进入,泵机主要布置于主变排风洞与主变洞的交叉处,泵管沿施工排架至施工部位,并在仓位附近布置仓面吊以方便模板钢筋等材料的安装。施工通道增加后,给材料运输带来了极大方便,提高了施工效率,加快了施工进度。

根据主变洞结构布置,只能在 6#段及 10#段设置吊物孔,从而导致高程 1 348.25 m 以上的施工材料仅能通过此两处吊物孔及 GIL 出线洞运输。但施工中由于 6#段的吊物孔迟迟未形成,而 10#段在施工高程 1 348.25 m 上部结构时无法利用 GIL 出线洞向厂右侧输送材料,仅能依靠 10#段的吊物孔向上吊运材料,因此,对于 3#~5#段的材料运输必须通过主变搬运道将材料运至 10#段吊物孔下方后吊至高程 1 348.25 m 平台再转运至施工部位,这样“舍近取远”的材料运输方式增加了施工干扰、影响到工期,故经综合分析,考虑在主变洞 4#段高程 1 348.25 m 板上开一临时吊物孔以加快施工速度,为保证工期添一份保障。

#### 5 施工工艺的调整

(1)为加快施工进度,改善各地下洞室通风条件,对  $\varphi 18$  以上的钢筋焊接改为机械连接以提高钢筋的施工效率。为保证质量,机械连接应达到 I 级标准。

(2)在施工过程中,为加快施工进度,主变洞边墙模板的拉条插筋采用快速水泥锚固剂以减少

脚手架的搭设量,节约施工空间,提高材料的转运速度与混凝土的施工速度。

(3)主变洞为框架结构体系,顶层为现浇混凝土叠合板梁拱肋吊顶结构,根据其结构特点,浇筑时需搭设大量支撑进行施工。如支撑全部选用钢管进行搭设,不仅预留施工通道空间较小,人工搬运操作不便,而且需要大量的钢管扣件进行搭设,故针对各层的结构特点,对部分仓位采用型钢及钢管相结合的支撑形式进行施工,可加快搭设及材料转运的时间,节约施工空间及工期。如主变搬运道下部采用型钢制作的门洞支撑。

#### (4)拉结筋施工工艺。

根据设计图纸,框架结构的砌体填充墙与框架柱需采用 $2\phi 6 @ 50\text{ cm}$ 的拉结筋连接,且拉结筋埋入框架柱内的深度为 $20\text{ cm}$ ,伸入填充墙内的长度不小于 $100\text{ cm}$ 。如对其采用按常规预埋的施工方法进行施工,则拆模后框架柱内弯折的拉结筋并不能顺利取出、恢复到设计图纸要求的水平状态,同时亦将因取出拉结筋而对柱子外观造成一定的破坏,而且也无法保证预埋位置与后期砌筑的两层砖砌缝一致,故在填充墙砌体施工前,采用植筋法对拉结筋进行锚固施工,其施工方法为:弹线定位→钻孔→清孔→配浆(胶)→注浆(胶)→植筋→检查验收。

#### (5)柱模板。

为加快立模速度,保证施工质量,柱模板采用定型模板成型,木条作为四周水平围檩,钢管作为竖向围檩。

#### (6)板梁模板。

为加快立模速度,保证施工质量,板梁模板采用具有修饰作用的九夹板加工制作而成的模板,采用方木作为下部围檩,并在方木下部设置垂直

方木的型钢围檩,支撑系统则采用钢管排架。

#### (7)吊车梁模板。

吊车梁混凝土强度等级为C30,二期混凝土为CF30钢纤维混凝土。施工时,每段吊车梁全长浇筑,不分缝,上下游段长分别为10#段 $10.2\text{ m}$ 、1#段 $28.5\text{ m}$ 、2#~5#段每段 $31\text{ m}$ 、6#段 $29.3\text{ m}$ 。吊车梁施工时调仓浇筑,结构缝宽度为 $1\text{ cm}$ ,缝内填充 $1\text{ cm}$ 厚的闭孔泡沫板,板两侧涂刷一层沥青并严格按照设计图纸要求进行施工。吊车梁模板采用定型钢模板拼装。

#### (8)顶拱模板。

主变洞顶拱为混凝土叠合板梁拱肋吊顶结构,为加快施工速度,采用九夹板制作弧形模板进行拼装,然后利用方木桁架进行支撑固定,并利用钢筋弯制圆弧围檩与纵向钢管围檩组合加固模板。施工时,首先准确放样后将钢管圆弧围檩固定,每3根为一组,支撑一道主梁,再在其上部铺设方木桁架形成系统,最后在其上部依次安装梁底模板和侧面模板。

## 6 结 语

通过采取各项措施,使锦屏二级水电站主变洞混凝土能够在一年多的工期内顺利完成施工,从而合理有效地解决了水电站地下厂房中主变洞结构复杂、高度高、跨度大、战线长、入料难、工期短、施工通道受限的施工难题,使主变洞混凝土施工快速、有效、保质、保量、保安全的完成,创造了一套行之有效的快速施工工艺,可为以后地下式主变洞快速施工提供技术支持和有益的经验借鉴。

#### 作者简介:

向旭辉(1976-),男,湖北仙桃人,高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

## 马洪琪院士一行赴长河坝工地开展质量监督检查工作

根据国家对在大型水电站进行质量监督检查的要求,5月23日至27日,中国工程院院士马洪琪、国家水电工程质量监督总站彭士标、杨泽艳等14位专家对长河坝水电站进行了2015年第一次质量监督检查。领导和专家一行察看了长河坝汤坝、响水沟料场、大坝整体面貌、大坝基坑、进水口、厂房、主变室、引水发电进水口、泄洪洞进口工作面、3号泄洪放空洞洞身、砂石加工系统等施工工作面。随后,专家召开了参建各方座谈会,全面了解长河坝工作的质量总体情况,同时,专家们还查阅了设代日志、设代月报、质量安全月报、相关报告、会议纪要等基础资料,深入、细致地考察了设代处质量管理工作。在召开的质量监督检查总结大会上,专家们向各参建单位通报了整个长河坝工程总体质量检查情况,对设计院和设代处现场质量工作进行充分肯定的基础上提出了宝贵的意见,指出了不足之处。与会专家充分肯定了设计院工作,对设计院人员交接班提出了原则性的要求,对设计优化提出了指导性意见。马洪琪院士对长河坝大坝质量工作提出了指导性意见,认为长河坝大坝属300米级高坝,总体质量处于可控状态,现状工作有序;鉴于砾石土P5含量对大坝防渗性能影响较大,马院士建议将超径石调整为80毫米,以减少土料场中的P5含量,并对大坝反滤料、过渡料及堆石料与砾石土心墙料协调变形提出了建议,对高速泄洪洞室衬砌及固结灌浆提出了指导性意见。