管型座二期混凝土施工工艺分析

范 林 文

（中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，四川 成都　610000）

摘　要：管型座为灯泡贯流式水轮机的主要部件，其二期混凝土施工场地狭窄，预埋件、支撑件多，分层多，钢筋密集，浇筑过程中的变形控制要求高，腹部不易振捣密实，管型座混凝土浇筑时，采用分层浇筑。分层浇筑后的层间结合部位和一、二期混凝土以及二期混凝土与管型座接触部位易渗水。因此，浇筑全过程都需监视管型座变形和位移情况。若有异常，要及时采取相应的补救措施。老挝南欧江一级水电站管型座二期混凝土浇筑完成后，经复测，其变形量符合设计和规范要求，混凝土浇筑完成后，采用捷特 JTG300 全断面出浆、可重复式接触灌浆管进行接触和接缝灌浆。机组发电后，未出现任何渗水，且机组振动小。其经验总结对以后类似的二期混凝土浇筑有一定的借鉴作用。

关键词：管型座；二期混凝土；分层高度；监测；对称；均匀下料；灌浆

中图分类号：TV52 ；TV331；U215.14　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1001-2184(2020)03-0101-03

Analysis on the Construction Technology of the Second Stage Concrete of the Stay Cone

FAN Linwen

(Chengdu Engineering Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610000)

Abstract: The stay cone is the main component of bulb turbine, which the second stage concrete construction site is narrow with many embedded parts and supporting parts, many layers and dense reinforcement. The deformation control requirements during the casting process are high, and the abdomen is not easy to vibrate and compact. When casting the stay cone concrete, it is casted in layers. After layered casting, the joint between layers, the first and second stage concrete and the contact part between the second stage concrete and the stay cone are easy to seep water. Therefore, the deformation and displacement of the stay cone should be monitored during the whole casting process. In case of any abnormality, corresponding remedial measures shall be taken in time. After the completion of the second stage concrete casting of the stay cone of the Nam Ou 1 Hydropower Station in Laos, through retesting, its deformation meets the design and specification requirements. After the completion of the concrete casting, the JTG300 jet full section slurry outlet and the repeatable contact grouting pipe are used for contact and joint grouting. After the operation of power generation, there is no water seepage and the generator unit vibration is small. The summary of the experience can be used for reference for similar second stage concrete casting in the future.

Key words: stay cone; the second stage concrete; layer height; monitory; symmetry; even casting; grouting

1　概　述

老挝南欧江一级水电站工程以发电为主，工程等别为Ⅱ等大(2)型工程，主要建筑物(挡水、泄洪和引水发电建筑物）级别为 2 级，次要建筑物级别为 3 级，临时建筑物级别为 4 级。电站装机容量 4×45 MW，正常蓄水位 307 m，相应库容 0.89×10^8 m^3，死水位 305 m。

机组选用灯泡贯流式机组，管型座为灯泡贯流式水轮机的主要部件，是水轮机、发电机的基础，其二期混凝土施工场地狭窄，预埋件、支撑件多，分层多，钢筋密集，浇筑过程中的变形控制要求高，腹部不易振捣密实，分层浇筑后的层间结合部位和一、二期混凝土以及二期混凝土与管型座接触部位易渗水。

收稿日期：2020-04-03

2　施工规划

2.1　管型座二期混凝土浇筑技术要求[1]

(1)管型座二期混凝土浇筑时整个管型座会产生巨大的浮力和冲击力，故要求对管型座的腹部、左右两侧进行加固，并与地锚焊接牢固。

(2)管型座二期混凝土浇筑前检查里衬及模板加固情况，防止浇筑变形。

(3)管型座二期混凝土浇筑过程中,密切监测管型座变形情况,如一侧数据有异常,则从另一侧浇筑,变形值达到 1 mm 时,停止浇筑。

(4)管型座二期混凝土浇筑时,管型座周边受力应均匀,应对称均匀卸料,且必须与管型座有一定距离,防止混凝土冲击管型座。

(5)管型座二期混凝土浇筑时,采取分层浇筑方式,分层层高应考虑以下几个方面:①混凝土的入仓方式和强度;②混凝土的初凝时间;③管型座的变形要求及支撑、加固情况;④是否有利于层间接合面的处理和混凝土振捣;⑤整个管型座二期混凝土浇筑整体工期要求等。

(6)管型座浇筑时,浇筑上升速度控制在 0.3 m/h 之内,浇筑层高大于 1.5 m 时,高于 1.5 m 的部分应放慢浇筑速度,必要时做适当的停顿,每层浇筑完后养生 3 d。

2.2 分层规划

结合厂家提供的《管型座混凝土浇筑顺序图》及现场的实际情况,将管型座二期混凝土分 8 层进行浇筑,分层编号为①~⑧,各层层高及高程范围为:

①层:层高为 2.554 m,高程范围为 EL.264.5 m~267.05 m;

②层:层高为 4.446 m,高程范围为 EL.267.05 m~271.50 m;

③层:层高为 2.5 m,高程范围为 EL.271.50 m~274 m;

④层:层高为 2.5 m,高程范围为 EL.274 m~276.50 m;

⑤层:层高为 2.5 m,高程范围为 EL.276.50 m~279.00 m;

⑥层:层高为 2.5 m,高程范围为 EL.279.00 m~281.50 m;

⑦层:层高为 2.5 m,高程范围为 EL.281.50 m~284.00 m;

⑧层:层高为 2.9 m,高程范围为 EL.284.00 m~286.90 m。

第②层因钢筋密集,正好位于管型座的腹部,分仓浇筑结合面无法处理,容易形成渗漏通道,故采取一次浇筑。浇筑过程中,1.5 m 以下部分浇筑强度控制在 0.3 cm/h 以内,超过 1.5 m 的部分,采用间隔供料方式控制浇筑强度,铺完一层料等强 1 h 左右,在下层料初凝前,浇筑面铺料完成。

2.3 入仓规划

管型座二期混凝土浇筑采用泵机结合溜管、溜槽、溜桶综合入仓。运输方式如下:

(1)坝顶段混凝土水平运输。在安装间上游坝段布置一台 HBT60 泵机,利用泵机将混凝土泵送至厂房进口挡水墙顶部 315.2 m 溜管接料口,确保坝顶段混凝土的水平运输。

(2)垂直运输。管型座二期混凝土受料口设置在进口挡水墙 315.2 m 高程上,EL315.2~294 m 段采用溜管进行垂直运输,溜管沿进口胸墙下游面挂设,采用 φ25 螺纹钢拉筋将溜管固定于进口胸墙上。EL294~EL286.9 m 通过溜槽将溜管与浇筑仓号连通,溜槽搭设范围需覆盖整个浇筑仓号上部。为保证混凝土均匀铺料,每个仓号浇筑时,在四个角上各布置一个溜桶,通过溜桶给各受料点均匀受料[2]。

3 主要施工方案

3.1 施工工艺流程

施工工艺流程:施工准备→测量放样→仓面清理→钢筋安装→止水安装→预埋灌浆管安装→模板安装→仓号验收→混凝土浇筑→养护→下层混凝土浇筑。

3.2 测量放样

在每仓施工前,由测量人员放出结构线,浇筑分层层高线,并进行现场交点。

3.3 施工缝面处理

混凝土施工缝面采用高压冲毛机冲毛,冲毛压力 250~350 kgf/cm^2,局部位置采用人工凿毛处理。

3.4 模板安装

模板主要采用木模板和组合小钢模,加固采用 φ12 拉杆与已浇筑混凝土预埋拉杆焊接牢固。

3.5 钢筋制作安装

管型座一般为两层钢筋,钢筋制作时应详细计算,并配置下料表,分类堆放、保存,并挂标示,有条件的可绘制三维图进行下料,防止钢筋保护层过大或过小,按钢筋安装的先后顺序进行编号[3],钢筋安装采用桥机配合人工吊运入仓,由下至上,由里至外,在浇筑管型座下部混凝土时,上部钢筋可先不进行安装。

3.6 止水安装

根据设计图纸要求,管型座周边设置有 100

×50 mm 的膨胀橡胶止水条。膨胀橡胶止水条施工需由有经验的施工人员操作。安装时，将包裹在遇水膨胀止水条外面的隔离纸撕掉，把止水条直接安设在施工缝混凝土表面上，每隔 80～120 cm 处加设一根水泥钉，将止水条与混凝土钉牢，以免错位。止水条需要接头时，将要搭接的两根止水条端头 6 cm 范围内分别用刀切成斜面或压扁 1/2，上下重叠搭接，用手压，使其与混凝土表面紧密接触，再在搭接中部用水泥钉钉在混凝土上或水平错接 6 cm 以上，错接部位两根止水条间不能有空隙，并用水泥钉分别将错接部位钉在混凝土上。膨胀橡胶止水条安设完毕经验收合格后，揭去止水条表面隔离纸，方可进行下一工序混凝土浇筑。止水周围的混凝土施工时，应防止止水移位、损坏、撕裂或扭曲。

3.7　灌浆管安装

本工程采用捷特 JTG300 全断面出浆、可重复式接触灌浆管[4]，其安装过程应注意以下几个方面：

(1)每根灌浆管长度一般为 30～40 m(如果太长，灌浆口处的灌浆压力增高)，在其两端头分别插入专用接头和导管，一端头作为灌浆孔，而另一端头作为排气孔。

(2)当基层面为混凝土时：安装前，基层表面无杂物和积水，基层表面应保持平整并清理干净。采用专用的固定夹和钢钉将灌浆管牢固地钉在混凝土基层面上，并与表面贴紧牢靠，固定间距 25 cm 左右。

(3)当基层表面为金属面(钢管)时：安装前，将金属表面清理干净、无杂物和油渍等。用金属固定夹，将其点焊或用金属胶水粘在金属基层的表面上，间距为 20～25 cm 左右，然后将灌浆管放入固定夹内并固定牢靠。薄铁板做成，长为 8～9 cm，做成半弧形，其弧形的直径略小于灌浆管的直径。

(4)两根灌浆管搭接时，搭接部位的长度≥10 cm(不含导管)；两根灌浆管搭接处的间距为 5 cm。

(5)将导管按要求引到设计位置，固定方法与灌浆管相同，并用胶带保护导管的两端头以防堵塞。

(6)灌浆管一定要与基层面或金属面紧密贴实。加强灌浆管和导管的保护工作，尤其是在浇混凝土过程中，注意保护灌浆管和导管，如有损坏发生应及时修补或更换，以确保灌浆系统的完整性，以便后续灌浆施工顺利进行。

3.8　混凝土浇筑

从下游至上游通仓薄层水平浇筑，两侧对称下料，下料不得冲击管型座及其支撑件，两侧高差不宜超过 30 cm，铺料厚度不能超过 50 cm，浇筑速度控制在 30 cm/h 以内，两侧分层对称振捣，严禁漏振、欠振和过振，不能触及预埋件、支撑、管型座等，管型座腹部不易振捣的部位，采用人工慢慢送料。手持木棍绑软轴振捣棒伸进去振捣，内部用小木锤敲击，对管型座底部混凝土振捣后，在接触管型座侧壁待混凝土初凝前，紧贴管壁堆高 20～30 cm，形成一个反坡面，以免出现尖角，以保证上层混凝土能接触良好。混凝土浇筑分层严格按照分层分块图控制，每个浇筑层施工完成后，养护 3 d 后开始下个浇筑层施工。

3.9　施工监测

二期混凝土浇筑，安排专人全过程跟踪监测。对管型座法兰面垂直度、中心位移及高程进行变形监测[5]，观测点布置在管型座周圈的垂直面 X、Y 正负方向、45°象限共 8 个点上，用全站仪、千分表进行监测，全站仪监测每隔 2 h 观测一次，千分表指派专人现场看护，若发现管型座测量值有≥0.1 mm 的变化，则暂停浇筑或在变形相对另一侧进行下料浇筑。每层浇筑完成后，及时复测管型座变形位移情况。

3.10　接触灌浆

(1)混凝土浇筑前，为保证管型座外壳与混凝土接触部位及一、二期混凝土接合部位结合紧密，不产生渗漏，决定在上述两个接合部位布置捷特 JTG300 接触灌浆管(螺旋体形内芯型，规格：外径 Ø38 mm/内径 Ø22 mm)，其间距为 3～5 m。

(2)捷特 JTG300 接触灌浆管的主要特点：①带有单向开关功能，防堵塞性好，浆液不倒流；②全断面出浆，均匀流畅；③可多次重复灌浆；④安装简便、与基层安装紧密，由于灌浆管为螺旋形具有一定的柔韧度，容易与基层面或金属面紧密贴实。

(3)接触灌浆。

灌浆压力：灌浆压力为 0.3～1 MPa，管型座与混凝土接触灌浆时，灌浆最大压力应不大于 0.4 MPa。

灌浆时间：灌浆部位的混凝土强度必须达到 28d 的混凝土强度或混凝土充分收缩后进行。灌

(下转第 110 页)

站坝体坝基从 2010 年至今实测渗流渗压监测成果分析可知：心墙消减水头作用显著，防渗效果良好；河谷防渗墙与两岸防渗帷幕后最高渗压水位与库水位相差 90 m 以上，水位折减效果明显，坝基防渗体系防渗效果较好；两岸绕坝渗流水位变幅很小，多数测孔长期处于干孔状态，绕坝渗流现象不明显；大坝最大渗流量为 19.1 L/s，多年平均渗流量 9.44 L/s，远低于设计值，且呈逐年减少趋势。总体而言，由心墙、防渗墙、帷幕组成的坝体坝基防渗体系防渗效果良好。

参考文献：

[1] 郑守仁. 我国水库大坝安全问题探讨[J]. 人民长江，2012，43(21)：1－5.

[2] 汝乃华，牛运光. 土石坝的事故统计和分析[J]. 大坝与安全，2001(01)：31－37.

[3] 李宗坤，韩瑞芳，刘文立. 土石坝渗透破坏模糊风险分析[J]. 大坝与安全，2007(01)：17－20.

[4] 郑子祥，张秀丽. 土石坝事故与预防[J]. 大坝与安全，2019(03)：1－6.

[5] 李永江. 土石坝安全监测技术及安全监控理论研究进展[J]. 水利水电科技进展，2006(05)：73－77.

[6] 王海凌，达 娃，王海霞. 基于 Ansys 热分析模块的大坝渗流分析—以西藏满拉水利枢纽为例[J]. 西北水电，2015(01)：77－80.

[7] 江超，刘岩松，范磊然，孙欢乐. 转角楼水库大坝渗流监测资料分析[J]. 大坝与安全，2018(01)：43－48.

[8] 包腾飞，吴中如. 新安江大坝扬压力观测资料分析[J]. 水电自动化与大坝监测，2003(03)：63－67.

[9] 吴中如.水工建筑物安全监控理论及其应用[M].北京：高等教育出版社.2003.

[10] 杨杰，胡德秀，吴中如. 大坝安全监控模型因子相关性及不确定性研究[J]. 水利学报，2004(12)：99－105.

作者简介：

王继刚(1989-)，男，湖北麻城人，工程师，从事水电工程安全监测方面工作；

向银霞(1995-)，女，四川石棉人，从事水电工程安全监测方面工作.

(责任编辑：吴永红、卓政昌)

(上接第 103 页)

浆材料：灌浆材料选用 P.O42.5 普通硅酸盐水泥。灌浆设备：使用高速双桶搅拌机拌制浆液，用 3SNS－A 型灌浆泵灌浆，在灌浆泵和管口均设压力表控制灌浆压力。

灌浆程序：①在钢衬的外围混凝土温度满足施工图纸规定数值，接触灌浆之前，先在灌浆孔旁设置安装变位观测装置，便于灌浆作业过程中进行监测与控制；②接触灌浆浆液水灰比可采用 2、1、0.6(或 0.5)三个比级。一般开始可灌注水灰比为 2 的浆液，待排气管出浆后，浆液水灰比可改为 1；③正常灌浆：由一端导管开始灌浆，待另一端导管排完管内的空气且出浆液后，将其封堵住，此时，浆液会从灌浆管内全断面出浆并注入缝隙内，用锤击的方式检查直到灌浆密实。灌浆结束标准：当排气管排浆达到或接近最大浓度浆液，且管口压力或缝面增开度达到设计规定值，当注入率不大于 0.4 L/min，持续 20 min 可结束灌浆。灌浆结束后，对管口进行闭浆(不少于 8 h)。灌浆结束后，及时对灌浆管进行冲洗；④重复灌浆：停止灌浆后，立即用清水或压缩空气清理残留的浆液，以备 7 d 后压水试验不合格进行下次灌浆；⑤灌浆结束后，会同监理人用锤击法或双孔联通试验方法进行灌浆质量检查，直到其脱空范围和程度满足施工图纸的要求。

4　结　语

老挝南欧江一级水电站管型座二期混凝土浇筑完成后，经复测，其变形量符合设计和规范要求，混凝土浇筑完成后，采用捷特 JTG300 全断面出浆、可重复式接触灌浆管[5]进行接触和接缝灌浆。机组发电后，未出现任何渗水，且机组振动小。通过对老挝南欧江一级水电站管型座二期混凝土浇筑的一些经验总结，对以后类似的机组管型座二期混凝土浇筑，以及混流式机组蜗壳、尾水管等二期混凝土浇筑都有一定的借鉴作用。

参考文献：

[1] 周庆大，叶志强.管型座、框架及盖板安装说明书[M].浙江富春江水电设备有限公司，2017.11.28：1－21.

[2] 陈绍忠.管型座二期混凝土浇筑及质量控制[J].水利水电技术，1999.(7)：38－39.

[3] 徐 升.灯泡贯流式机组管形座二期混凝土施工技术—以苍溪航电枢纽工程为例[J].技术与市场，2012，19(12)：49－52.

[4] 混凝土工程捷特全断面、可重复式接触灌浆管产品说明书[P].上海捷特防水技术有限公司，产品已获国家专利保护：专利号：ZL200420114598.9，地址：上海市漕溪北路 88 号圣爱广场 2103 室；E－mail：Webmaster@sh－joint.com，网址：www.sh－join.com.

[5] 王　贤.长洲水利枢纽厂房机组段二期混凝土施工[J].水利水电施工，2010，123(6)：16－19.

作者简介：

范林文(1972-)，男，四川南部人，高级工程师，从事水电站工程建设监理工作.

(责任编辑：吴永红、卓政昌)