

浅谈高拱坝导流底孔下闸及封堵施工

赵 胜 利

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 610000)

摘 要:导流底孔下闸与封堵施工,是高拱坝施工的最后一道关卡,其难度系数大,安全风险高,只有通过合理的组织,精心的策划,把各种影响因素考虑充分,制定出完善的措施及应急预案,且现场执行到位,才能有效地化解各种风险,保证其施工任务顺利完成。

关键词:高拱坝;导流底孔;下闸;封堵;风险;应急预案

中图分类号:TV642.4;TV551.1+3;TV663 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)01-0068-04

1 概 述

目前,我国水电建设正处于高峰期,高拱坝工程越来越多已建的小湾、溪洛渡、锦屏等一大批的 300 m 级高坝,以及为加快藏区水电开发在建的叶巴滩水电站 200 m 级高拱坝等。高拱坝结构比较复杂,大多为混凝土双曲拱坝,其坝身布置多层孔口用于防洪度汛,一般在坝身布置有导流底孔、放空底孔、泄洪深孔及溢流表孔等,其中导流底孔在坝体施工后期将进行封堵,并经受封堵期间钢闸门止水时效安全考验,它关系着大坝能否最终蓄水到设计水位高程,保证其发电效益最大化。

2 导流底孔封堵闸门下闸

2.1 下闸的准备

- (1)根据合同文件、设计图纸及现场实际情况等依据编写下闸方案,报监理单位批准后方可实施。
- (2)根据监理批复的下闸施工方案,对参与下闸施工的人员进行技术及安全交底,使下闸工作做到有序、安全地进行。
- (3)下闸所需材料、工具、安全防护用品等事先准备好,并提前放置于施工现场做到随用随取。
- (4)闸门下闸前,清理、维护好到启闭机平台的通道、照明以及施工用电等临建设施,尤其是对下闸施工电源全面进行检查,保证下闸时电源的可靠性。
- (5)对卷扬式启闭机进行全面的检查、维护。在下闸前的 2 d 左右,将启闭机进行上电,启动启

- 闭机将闸门在 1~2 m 的范围内进行升降试验,确认启闭机、闸门等均处于良好的工作状态。
- 2.2 下闸的措施
 - (1)根据业主、监理下达的书面通知(时间及顺序)进行下闸施工。
 - (2)在进口封堵闸门下闸之前,将出口弧形工作闸门开启 1 小时左右,对进口封堵(检修)闸门槽底部进行冲洗。
 - (3)启动卷扬式启闭机将封堵(检修)闸门下放到底。下闸时注意观察启闭机的行程显示及钢丝绳的受力情况。行程开度显示闸门到底且钢丝绳松了后才能认为闸门已下闸到位。
 - (4)将出口导流底孔工作闸门开启,排空流道里面的积水。
 - (5)在弧形工作闸门处观察导流底孔上游来水情况。如果发现上游来水量仍然较大以至人员无法进入流道检查,施工人员可在弧形工作闸门上采用强光电筒对进口闸门的漏水情况进行初步观察。根据漏水部位分析是否需将进口封堵(检修)闸门提起重新进行下闸。
 - (6)若在出口弧形工作闸门处未发现流水或存在不影响人员进入流道检查的流水,此时安排人员从流道进到进口封堵(检修)闸门下游面进行检查。主要对封堵(检修)闸门充水阀、橡胶水封、二期混凝土等部位进行检查,看有无漏水等异常情况,并对检查发现的异常情况进行记录,经相关人员分析后再决定是否采取处置措施。
 - (7)由于导流底孔出口一般比流道高,会造成流道内积水,因此,检查要准备浮箱或潜水泵等设

收稿日期:2018-12-09

备。

3 导流底孔封堵施工

3.1 封堵混凝土施工

导流底孔下闸结束后,开始进行封堵施工,封堵段一般长约 50~55 m,分三段进行。

3.1.1 临建布置

(1)风、水、电及冷却系统沿用大坝施工时所布置的施工设备,管线等设施沿坝后桥铺装至具体部位。

(2)到达导流底孔出口牛腿顶部平台的交通,原则上利用坝后永久桥或施工期搭设的临时栈桥,从牛腿顶部下至流道底板的交通需要搭设转梯,以便人员上下通行,各个导流底孔之间需要搭设栈桥以便人员或设备转移。

(3)高拱坝大多布置了多层孔口泄流,各层孔口牛腿部位上下重叠,导致缆机不能吊运材料或设备直接进入导流底孔流道底板,需要布置一些平台或栈桥进行辅助。

① 缆机下料平台。在坝后靠近导流底孔的区域,选择缆机能够直接下料的地方,布置混凝土集料斗,集料斗下方安置混凝土泵。由于坝后能利用的只有坝后永久桥或临时栈桥,宽度一般 2~3m,因此,需要对该部位进行加宽、加固处理,且尽量将受力变化大的结构或设备放置在永久桥上。

② 混凝土入仓泵。导流底孔封堵混凝土施工一般采用混凝土泵入仓,混凝土泵的安放位置大多放在底孔出口,由于牛腿等结构遮挡,缆机直接吊运设备到点比较困难,因此,需要采取其它手段将混凝土泵安放就位。

3.1.2 混凝土施工

(1)在施工上游第一段第一层混凝土之前,先在离上游闸门 1~1.5 m 处设置一道临时挡水坎,高 0.5 m 左右,并埋设两根 DN219 排水钢管排水(单根钢管安装 2 个承压 2.5 MPa 阀门),钢管理设分上下高程错开一定高度设置,排水钢管引出堵头末端(尾部段预留 1 m×1 m 的凹槽),并对前面设置的引漏水盲沟及排水钢管分层高压灌浆预埋管路,待堵头段间接缝灌浆完成 7 天后,进行高压灌浆封堵回填埋设的排水钢管,钢管出露末端采取浇筑混凝土封闭以防锈蚀。

(2)浇筑前,对老混凝土面进行凿毛,混凝土

凿毛采用分段分仓凿毛,凿毛时采用风镐,搭设移动脚手架。底层混凝土浇筑前,先进行底板插筋施工,底板混凝土内钢筋密集,插筋采取地质钻钻孔。

(3)止水片安装位置,上游段两道,分别距两端端头 50 cm,下游各段只设一道,分别距各段下游端头 50 cm。前期在进行流道混凝土浇筑时,提前预埋,采用 36 槽钢对止水进行防护,封堵浇筑前,割除保护止水的槽钢,清除垃圾,并对止水进行回复,在拐角处的止水要重新进行焊接,以满足设计要求。

(4)堵头模板主要采用普通组合钢模板,周边用木板补齐,钢模外侧用 $\phi 48$ 钢管作为围檩支撑固定。

(5)考虑到混凝土浇筑能力及温控要求,分层高度按不超过 3.0 m 进行控制。

(6)备仓过程中提前将冷却水管埋设好,一般采用 HPED 管(外径 32 mm),间距 1 m×1 m 或 1 m×1.5 m(水平×垂直),架立筋采用 $\phi 32$ 或 $\phi 25$ 钢筋。

(7)混凝土选用坍落度为 12~18 cm 的泵送混凝土,缆机吊运至坝后桥集料斗,再接力泵送入仓。

(8)上游段第一层混凝土浇筑前,在临时挡水坎顶部和侧边采用 P3015 钢模(立模)、 $\phi 48$ 架管内支撑的形式形成底部集水空间,用于排除门槽等渗出的水。上游段顶层浇筑时,在通气孔下游设施工缝分前后两次浇筑,使龙抬头部位与止水所在区域能够填满密实,浇筑这一部位前,提前预埋两套进浆管及排气管,泵管距闸门之间必须留有足够的距离,因闸门在水下约在 100 m 水推压达 1 MPa,混凝土泵出口压力在要浇满空隙时可达 10 MPa 以上,且不好掌握恰到好处的浇筑量,所以,需认真仔细对待。计算闸门与仓号高度和混凝土泵出口压力间的关系,务必要防止泵送压力过大推动闸门。泵送未浇满的空隙部位,进行灌砂浆进行补填,灌浆管路在龙抬头空隙部位浇筑前预埋,保证此部位的质量。

(9)混凝土通水冷却一般分三期进行,混凝土最高温度不超过 34 °C,一期冷却的目标温度为 23~24 °C,中期冷却的目标温度为 17 °C,二期冷却的目标温度为 12 °C。通水水温、流量及降温速

率等按设计要求进行。

3.2 灌浆施工

导流底孔封堵涉及的灌浆有回填灌浆、接触灌浆和接缝灌浆。回填灌浆部位为堵头顶部与导流底孔顶板之间的缝面,采用预埋管灌浆方式,混凝土浇筑完成 7 d 后即可进行。接触灌浆部位为堵头与原导流底孔两侧边墙和顶板之间的接触面(一般不含底板),为保证接触灌浆质量,设置重复灌浆系统,采用真空注浆工艺进行接触灌浆。接缝灌浆部位为各堵头段之间的施工缝面,接缝灌浆区内的键槽设置、灌浆管道、出浆盒及止水片埋设等均应按施工图纸进行。接触及接缝灌浆在进行灌浆之前,封堵混凝土龄期需达 90 d,温度冷却至 12 ℃ 目标温度,且缝面张开度不应小于 0.5 mm。

4 风险分析及应急预案

导流底孔在下闸及封堵施工过程中,极易发生漏水、机械故障或其它安全风险,事前就需要制定完善的应急预案,并成立相应的应急救援组织机构,以防不测。

4.1 一般安全风险及应急预案

4.1.1 电源故障

(1) 在下闸前组织相关人员对高压线路、变压器、低压线路及相关电气设备进行全面检查及维护。

(2) 启闭机下放闸门时,无关的用电设备尽量暂停使用,防止因其故障引起线路停电。

(3) 下闸时安排人员在低压配盘、变压器等部位值班,如出现电源故障后立即查清原因并及时排除故障。

4.1.2 启闭机故障

(1) 下闸前提前对启闭机的各项设备进行清理、检查、维护,并加注润滑油脂。

(2) 启闭机带电后,重点观察盘柜仪表电压、电流、开度及荷载等的显示情况,看有无报警信号出现。

(3) 启闭机及闸门具备试动作的条件后,启动启闭机将闸门在 1~2 m 范围进行提升及下放,观察启闭机各项工作情况是否正常。

(4) 下闸时由技术人员、电气人员、机械人员及启闭机厂家人员组成保障小组,对下闸过程中启闭机可能出现的故障进行及时处置。

4.1.3 人员意外落水

由于施工过程中水上作业频繁,极易出现施工人员意外落水的情况,主要采取以下应对措施:

(1) 下闸前对启闭机平台的栏杆进行检查及修复,栏杆的设置应符合相关规范要求。

(2) 启闭机平台及船上作业人员在施工过程中均应穿戴救生衣,作业时要正确配挂安全带及安全绳。

(3) 准备救护用的救生圈、安全绳等救援器材,并在船上安排救生员。

(4) 当出现人员意外落水的情况,要及时抛投救生圈,救生员要及时下水救援。

(5) 对于救援上来的人员要根据情况及时采用相关救护措施,如保暖、人工呼吸等,并及时送医院。

4.2 闸门堵漏应急措施

在导流底孔下闸及封堵施工过程中,封堵闸门四周漏水是最重大的安全风险,必须重点对其进行研究。封堵闸门四周漏水主要表现为充水阀漏水、水封漏水、门槽二期混凝土缺陷漏水以及门槽卡阻漏水等。

4.2.1 充水阀漏水

充水阀漏水主要是由于未关闭严密导致,若重新关闭充水阀后仍存在影响后续施工的漏水,则需要进行堵漏。

(1) 在门后阀出水处焊接外闷堵头堵水。外闷堵头上焊接排水管,排水管上安装能够抵挡上游水头压力的阀门,用于焊接时的排水。外闷堵头自身也应能够抵挡上游水头压力,与充水阀出水处四周焊接,最后在外闷堵头上布置几个加强筋板与门页面板焊接。

(2) 若充水阀漏水量较大,则采用砂石骨料进行堵漏。将拌和系统准备好的混合骨料(宜采用,煤碴:中石:小石=5:2:3)运至缆机吊运平台,缆机用料罐将混合骨料运至闸门上方水域,相关人员在船上指挥缆机将料罐对准闸门充水阀位置,然后打开料罐将骨料放下。堵漏后要及时对充水阀漏水情况进行评估,如需要可再次投放混合骨料进行堵漏,直至漏水量变小。

4.2.2 水封漏水

水封漏水分为顶水封漏水、侧水封漏水和底水封漏水。

(1)顶水封和底水封漏水,主要先采用棉絮棒(棒内包裹钢筋)绳子定点投放,靠漏点水流吸入堵塞,另采用混合骨料的方式进行堵漏,方法与上述一致。

② 侧水封漏水,视漏水情况可在闸门下游面进行堵漏。根据漏水位置的高度搭设脚手架,然后采用棉絮、木楔子等进行堵漏施工。

4.2.3 门槽二期混凝土缺陷漏水

若出现门槽二期混凝土缺陷漏水,一般不建议在漏水处直接钻孔处理,以免漏水情况加剧而增大处理难度。可在漏水部位采用钢板上贴橡胶止水、对应漏水部位钻孔并焊灌浆钢管(需带阀门)压封止水,采用聚氨酯纯压灌浆堵漏。压封利用导流底孔侧壁实施可调节加压内撑来实现,灌浆压力以能正常压入浆液为准。

4.2.4 门槽卡阻漏水

由于门槽在过流前进行了试槽,中部卡阻的可能性不大,漏水一般发生在门槽底部,若下闸前对门槽底部进行的冲洗不足,有可能存在异物卡阻,造成底部存在间隙。根据漏水量对门体底部存在的间隙进行初步判断选择。

(1) 门槽内有异物如钢筋、型钢卡阻且被门叶压在底角,漏水量已致不能浇筑的情况时,采用大水泵强排,人员在采取保护措施下从流道进入门后漏点,将物件用细钢绳或粗铁丝捆绑,另一端与汽车轮胎捆牢后,按程序再进行重新下起闭闸门一次,利用水流带走异物,此办法简捷有效,但注意人员流道内的施工安全。

(2) 抛投骨料还是包裹钢筋的棉絮条或包裹钢管的棉絮条进行堵漏。在船上采用麻绳将棉絮条沿闸墩从水面下放至闸门底部。下放之前在麻绳上根据水面至门槽底部的距离做上标记。棉絮条下放时在要尽量对准底坎位置。下放麻绳到达标记处时即不再下放,并检查棉絮条是否落到门

槽底板上,否则,就将棉絮条向下游牵引,让水流将绵絮条引入间隙处,达到堵漏的目的。一般要抛投几根棉絮条,且棉絮条长度小于孔口宽度。上游堵漏时在出口工作闸门处观察堵漏效果,若达到目的,就停止抛投棉絮条改抛混合骨料。

4.3 设置临时堵头

不论何种堵漏方式,堵漏效果可能会随着时间的延长而减弱导致重新出现大量漏水,会对堵头施工造成严重的安全隐患。因此,在采用棉絮条及骨料堵漏的基础上,建议在上游端头增设 6 m 宽的临时堵头,同时也可防止因上游水位升高引起封堵门异常而给施工带来的安全隐患(临时堵头通常作为备用方案)。临时堵头在下游混凝土泵未就位前,可通过导流底孔通气孔挂溜筒的方式从大坝仓号内通过通气孔临时进料下溜入导流底孔内。临时堵头在高度上可分两仓浇筑,第一仓浇筑前仍然需要先浇筑临时挡水坎,形成集水井,埋设排水管等。第二仓浇筑时在通气孔的上游侧最高处增加埋设一根排气管和灌浆管,以保证该部位能浇筑密实。

5 结 语

综上所述,导流底孔下闸与封堵施工,是高拱坝施工最后一道关卡,其成功与否主要取决于闸门是否能够顺利下闸,以及下闸后闸门四周的渗漏情况。闸门能否顺利下闸关键在于门槽施工质量,以及下闸前的准备工作,有条件的做潜水下摸清,而闸门四周的渗漏情况处理,关键在于对不同部位渗漏采用的堵漏处理方案,因此,在下闸前必须对各种可能出现的情况,分别制定出针对性的处理方案,才能有序、高效地进行施工。

作者简介:
赵胜利(1968-),男,浙江台州人,高级工程师,从事水利水电工程施工管理。

(责任编辑:卓政昌)

=====

四部委:开展长江经济带小水电清理整改工作

近日,水利部、国家发改委、生态部、国家能源局发布《关于开展长江经济带小水电清理整改工作的意见》,严控新建商业开发的小水电项目。总体目标:限期退出涉及自然保护区核心区或缓冲区、严重破坏生态环境的违规水电站,全面整改审批手续不全、影响生态环境的水电站,完善建管制度和监管体系,有效解决长江经济带小水电生态环境突出问题,促进小水电科学有序可持续发展。2020 年底前完成清理整改。

(水利部办公厅 2018 年 12 月 20 日)