

轴流转桨式机组混凝土蜗壳调整为钢衬蜗壳后的结构与施工优化

龙 波

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

摘要:老挝南欧江三级水电站水轮发电机为轴流转桨式机组,其水轮机蜗壳为混凝土结构。在工程建设过程中,考虑到施工进度、混凝土蜗壳的水力损失、泥沙磨损对混凝土蜗壳的破坏等综合因素,将混凝土蜗壳优化为钢衬蜗壳。钢衬蜗壳可有效防止含砂水流长期冲刷对混凝土造成的破坏,提高蜗壳结构的耐久性,减少后期维修费用,提高机组的有效利用时效,对轴流转桨式机组混凝土蜗壳调整为钢衬蜗壳后的结构与施工优化进行了阐述。

关键词:轴流转桨式机组;蜗壳钢衬;结构与施工优化;南欧江三级水电站

中图分类号:TV7;TV734;TV51

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2020)04-0078-04

Structural and Construction Optimization of Concrete Spiral Case of Kaplan Type Generator Unit Being Adjusted to Steel Lined Spiral Case

LONG Bo

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

Abstract: The hydro generator of Nam Ou 3 Hydropower Station in Laos is a Kaplan type unit, and its spiral case is of concrete structure. In the process of engineering construction, considering the construction progress, hydraulic loss of concrete spiral case and the damage of concrete spiral case caused by sediment abrasion, the concrete spiral case is optimized to steel lined spiral case. Steel lined spiral case can effectively prevent the damage of concrete caused by long-term scouring of sand laden flow, improve the durability of spiral case structure, reduce the maintenance cost in the later stage, and improve the utilization efficiency of the unit. The structural and construction optimization of the concrete spiral case of Kaplan type unit being adjusted to steel lined spiral case are described.

Key words: Kaplan type generator unit; steel lined spiral case; structural and construction optimization; Nam Ou 3 Hydropower Station

1 概 述

南欧江三级水电站(NamOu 3 HPP)位于老挝南欧江中游河段琅勃拉邦省境内,为南欧江 7 级开发方案中的第三级,地理坐标为东经 102°40′02″,北纬 20°49′15″。坝址距下游孟威新县城琅多(Nong Khiaw)河道约 33 km。坝址多年平均流量为 436 m³/s。水库正常蓄水位高程 360 m,相应库容 1.81×10⁸ m³,年发电量 8.26 亿 kW·h。枢纽采用混凝土闸坝、坝后河床式厂房布置方案,最大坝高 59.5 m。

主厂房布置 3 台轴流转桨式机组,总装机容量为 210 MW,转轮名义直径 6 100 mm,蜗壳结

构为混凝土。根据类似工程经验,混凝土蜗壳受长期水流摩擦及气蚀影响可能会造成混凝土蜗壳表面损坏,甚至产生渗漏破坏,进而增加后期运行和维护成本。实施阶段,施工单位提出了将混凝土蜗壳调整为蜗壳钢衬方案。采用钢衬蜗壳后,可有效防止水流长期冲刷混凝土造成的破坏,避免蜗壳结构产生渗漏破坏,提高蜗壳结构的耐久性,减少后期维修费用,提高机组的有效利用时效,而且钢衬蜗壳能更好地控制流道线形,减小水流沿程损失,提高其利用效率^[1]。经论证后,最终将南欧江三级电站水轮发电机组混凝土蜗壳调整为全钢衬蜗壳,笔者对其结构与施工优化进行了介绍。

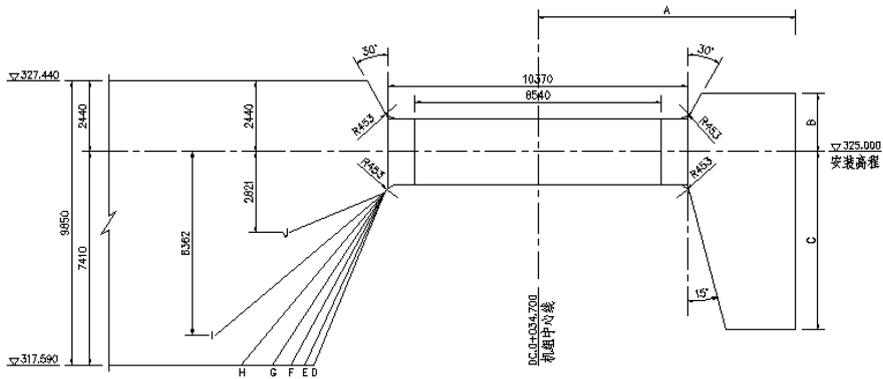
收稿日期:2020-05-19

2 蜗壳的结构和型式

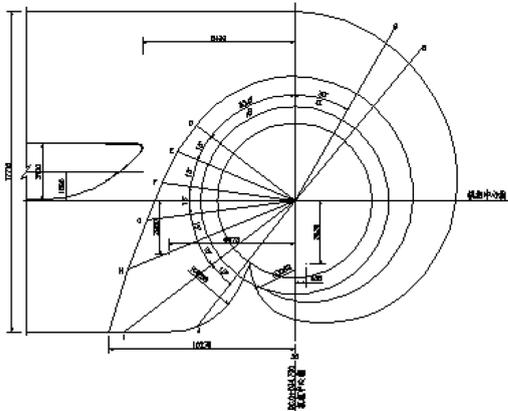
根据该工程的水头和功率得知,工作在 $H < 40$ m 的低水头的混凝土蜗壳采用多边形下伸 T 型断面,断面最大高差为 9 850 mm, $\delta = 30^\circ$, $\gamma =$

15° 。混凝土蜗壳分多层浇筑,分层厚度及浇筑方法需结合蜗壳外围钢筋混凝土的承载力考虑,目的是使混凝土所承担的内水压力部分转移、主要由钢衬承担^[2]。混凝土蜗壳典型断面见图 1。

蜗壳单线立面



蜗壳单向平面



混凝土蜗壳典型断面

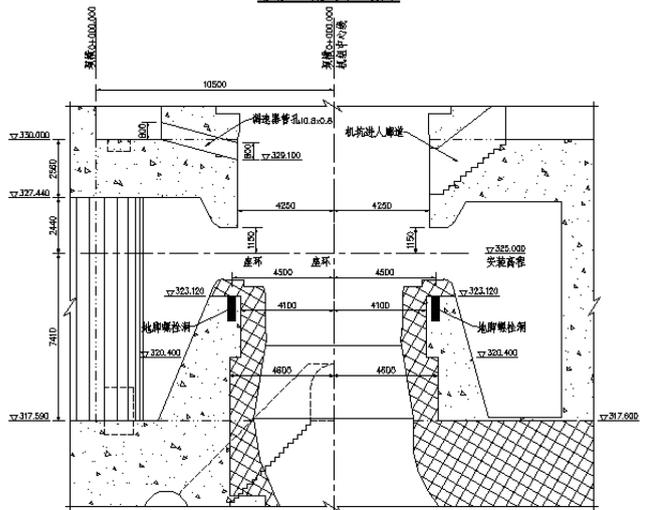


图 1 混凝土蜗壳典型断面示意图

3 蜗壳混凝土结构的设计优化

3.1 蜗壳混凝土结构设计

按照设计图纸,混凝土蜗壳的设计采用多边形下伸 T 型断面结构形式,在座环的碟形边缘设置上、下金属衬板,上、下金属衬板为焊接方式,混凝土蜗壳与上、下金属衬板包边相接^[3],蜗壳进口断面和其余断面的结构尺寸由大变小成蜗型渐变。该混凝土蜗壳结构设计的缺点是需多层分块混凝土浇筑施工,对浇筑工艺要求极高。

3.2 蜗壳钢衬结构的优化设计

将混凝土蜗壳优化为钢衬蜗壳后,原设计的

锥管、转轮室及座环加固、基础布置、二期混凝土结构形式将改变,蜗壳钢衬无法按照混凝土蜗壳的结构形式进行混凝土浇筑,需先进行锥管安装,然后浇筑锥管周边的混凝土,再施工座环支墩。只有将转轮室及座环安装完成后才能进行蜗壳钢衬的安装,蜗壳安装完成后方能进行蜗壳二期混凝土的浇筑。据此,施工单位提出了结构优化建议:调整锥管一、二期混凝土的结构形式,单独设置座环支墩,钢衬结构设计优化的方案为:肘管二期混凝土高程为 316.4 m,先安装锥管,锥管安装

完成后设置斜拉筋加固锥管,然后从高程 316.4 m 开始,沿锥管浇筑一圈混凝土至高程 319.5 m,形成座环支墩基础;从高程 319.5 m 开始浇筑座环支墩至高程 323.12 m,座环支墩沿圆周均布,在廊道处连通。蜗壳支墩采用钢支墩,从高程 316.4 m 布置。座环支墩安装完成后进行转轮室、座环的安装,然后进行蜗壳全断面安装,蜗壳安装完成后,进行蜗壳二期混凝土浇筑。

最终,设计院采纳了施工单位的意见,对蜗壳混凝土结构进行了优化,优化后的定型断面见图 2。

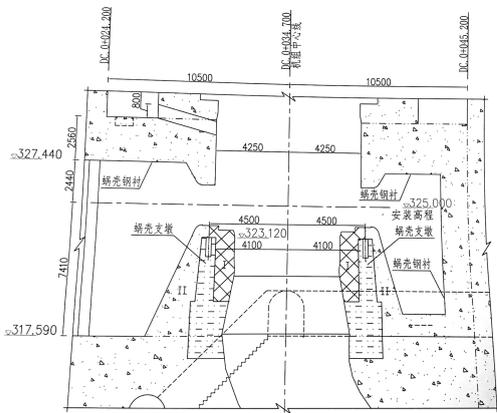


图 2 优化后的蜗壳断面示意图

4 钢衬混凝土结构的施工优化

以上结构设计优化后满足了实际施工需求。在实际施工过程中,从高程 316.4 m 开始做蜗壳钢支墩,蜗壳大头至小头为一个上坡结构,蜗壳钢支墩逐渐加高,其钢支墩高度为 1.2~7.457 m。为降低施工难度,结合蜗壳混凝土结构,在施工座环支墩混凝土过程中结合钢支墩考虑,将蜗壳底部混凝土浇筑成台阶状,将蜗壳钢支墩高度控制在 3 m 以下;同时,因钢衬蜗壳与座环连接,而座环安装精度较高,如果在蜗壳二期混凝土浇筑过程中蜗壳发生位移或变形,将会直接影响到座环的安装精度^[3],故在施工过程对蜗壳二期混凝土浇筑方案进行了优化,具体如下:将蜗壳底部混凝土分成台阶与座环支墩混凝土一起浇筑,蜗壳底部分为 4 个台阶,其高程分别为 316.4 m、318.1 m、319.5 m、320.5 m,从而使座环支墩高度变为

1.2~2.63 m。蜗壳支墩高度降低后,增加了蜗壳钢衬的整体稳定性^[4],座环支墩及蜗壳支墩的具体情况见图 3。

因钢衬蜗壳为异型结构,导致蜗壳二期混凝土浇筑无法保证蜗壳结构的对称性。为保证座环的安装进度,蜗壳二期混凝土浇筑分为 I 区和 II 区两部分: I 区为座环支墩至锥管、转轮室之间的部分区域,该部分先进行分层浇筑,分层浇筑时采用两台泵机对称下料, I 区混凝土浇筑完成后,将锥管、转轮室全部固定,座环亦相应固定。

蜗壳安装完成后,再分层进行蜗壳周边 II 区混凝土的浇筑。因 I 区混凝土已浇筑,座环亦基本固定, II 区浇筑时对座环基本不产生影响^[5]。

座环支墩安装完成后进行转轮室、座环的安装,然后进行蜗壳全断面安装。蜗壳安装完成后,进行蜗壳二期混凝土浇筑。

5 蜗壳钢衬混凝土结构与施工优化取得的效果

5.1 蜗壳结构优化的进度保证

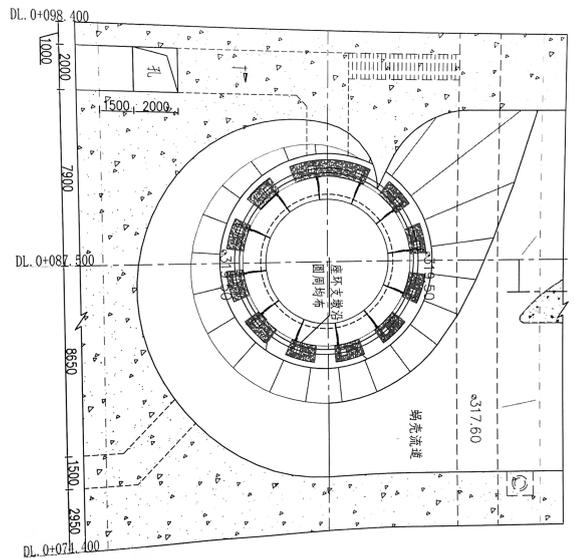


图 3 座环支墩及蜗壳支墩示意图

蜗壳钢衬混凝土结构优化后设置了独立支墩,两个支墩之间留出的空隙可作为转轮室周边二期混凝土钢筋绑扎的通道,从而满足了土建混凝土浇筑的需求,在关键工序上降低了施工难度,加快了施工进度。

5.2 蜗壳结构优化的质量保证

根据设计图纸及规范要求,座环水平允许偏

差为0.05 mm/m。座环安装时,其水平误差最大值为0~0.16 mm,平均偏差值为0.145 5 mm。蜗壳二期混凝土浇筑完成后,座环水平运行偏差未发生变化,即蜗壳二期混凝土先浇筑转轮室周边混凝土固定座环效果明显,达到了防止座环变形的目的。

5.3 蜗壳结构优化的技术保证

蜗壳混凝土结构优化后,整个蜗壳流道的水力阻力和损失减少,提高了机组运行的效率,钢衬蜗壳的承压强度更高,产生的气蚀降低,对蜗壳的破坏程度降低。

6 结语

无论是设计方案或施工方案,其最终目的都是要满足现场实施的要求。因此,在满足结构要求、施工质量和施工安全的前提下,采用钢衬蜗壳结构与施工优化,相对于混凝土蜗壳具有很好的

防水流刚性冲击的优点。该优化设计既为施工提供了方便、后期安装中取得了很好的成效,同时经济效益明显,提高了施工质量、有效地节约了机组安装的工期,为后续类似项目施工提供了宝贵的经验。

参考文献:

- [1] 吴凡.大型水轮机金属蜗壳生产工艺探讨[J].机电技术,2013,36(1):100-101.
- [2] 张启灵,伍鹤皋.水电站垫层蜗壳结构研究和应用的现状和发展[J].水利学报:2012,43(7),43~45.
- [3] 秦亮.大型水电站厂房蜗壳结构形式研究[D].天津:天津大学建筑工程学院,2006.
- [4] 水工混凝土施工规范,SL677-2014[S].
- [5] 混凝土结构工程施工质量验收规范,GB 50204-2015[S].

作者简介:

龙波(1971-),男,重庆秀山人,高级工程师,一级建造师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

西藏知不拉多金属矿露天采剥工程举行开工仪式

2020年8月18日上午,西藏知不拉多金属矿露天采剥工程在矿区海拔5360米的北露天平台举行了开工仪式。西藏巨龙铜业有限公司和水电十局的有关领导、项目部全体成员参加了开工仪式。至此,西藏知不拉多金属矿项目正式启动,水电十局高举中国电建矿业大旗,在经历西藏知不拉铜多金属矿、驱龙铜矿项目历练后,再次站上世界屋脊。

西藏巨龙铜业有限公司代表在致辞中介绍了项目的基本情况,希望中国水电十局从第一道工序开始,精心组织、精心管理、精心施工,努力将知不拉多金属矿露天采剥工程项目建设成精品工程项目。水电十局的有关领导致辞,要求项目部认真履行公司“十二字”管理方针,实现项目的完美履约,一是要落实好组织保障,加强人材机资源配置,确保工程项目顺利推进;二是要科学管理、精心施工,确保顺利实现各项管理目标;三是继续发扬“知不拉”精神,向相关方提交满意的答卷,要主动接受相关方的监督,服从业主方的管理,规范施工,争创精品,以期形成同紫金集团的长期友好合作,为打造中国电建矿业品牌贡献力量。西藏知不拉多金属矿露天采剥工程建设地点位于西藏自治区拉萨市墨竹工卡县,合同工期为2020年8月15日至2021年12月31日,工程内容包括穿孔凿岩、铲装、运输、推通、采矿场及选矿堆场的场地清理、文明施工等。知不拉矿区分为南、北两个露天采坑,两个露天采坑内剩余采剥总量为3591.22万立方米,本次合同采剥总量预计为1305万立方米,计划日采矿量6000吨/天。项目部表示将继续发扬“缺氧不缺精神、海拔高境界更高”的精神,严格管理,科学组织,加快进度,按时、按质、按量完成各项任务,为项目完美履约,实现公司矿业发展做出更大的贡献。

缅甸莱比塘采矿项目提前3个月完成新工作平台开辟

2020年8月15日,水电十局缅甸莱比塘采矿项目现场传出捷报,项目顺利完成矿坑底部采掘工作平台从海平面负90米下降到负105米标高,比原计划提前了3个月。在矿区疫情防控形势依然严峻的情况下,这一消息极大地鼓舞了项目全体员工的士气,为下半年完成年度既定矿石生产目标奠定了坚实的基础。新冠疫情爆发以来,项目部积极响应业主和集团公司的防疫政策要求,在矿区实行“大封闭、小隔离”疫情防控措施,从4月10日起对全体在岗中缅员工进行集中居住管理,杜绝外部疫情输入风险。由于封闭式集中居住营地有限,项目缅籍雇员上岗率不到正常生产时的三分之二,加上设备配件因疫情影响采购和物流周期长,导致设备完好率降低,项目的生产效率仅有正常生产时的三分之二,给完成项目年初制定的采剥生产目标带来了极大的压力,如不能按期完成将影响到莱比塘铜矿下一年的阴极铜产量。

为确保完成莱比塘铜矿2020年度矿石开采任务,项目业主要求采剥生产“以保矿为主”,加大了对矿坑中下部矿石区域的开采力度。为配合业主完成疫情期间加大矿石生产的目标,项目部在保持与地方政府沟通协调、扎实做好疫情防控工作的同时,科学规划,精心组织,加强施工过程的动态管理,集中有限的优势设备资源进行施工作业。经过4个月的不懈努力,项目部最终提前部署完成了向下一个工作平台延深掘进的工作,有力保障了进度目标的提前实现。

(中水十局 供稿)