

无量河水电站冬季运行方式的探索和实践

刘均明¹, 李永强²

(四川能投电力开发有限公司, 四川 成都 611130)

摘要:无量河电站位于高海拔、冬季长且气温低的地区,为了解决冬季不能正常发电的问题,对各系统冬季运行方式作了多年的探索,实践表明:在冬季,采用移出压力前池进水口拦污栅并保持溢流道畅通,封堵发电机定子冷却排风道风口,取出渗漏集水排水泵前止回阀阀板的运行方式,成功解决了高严寒条件下电站停运的问题。该运行方式能够确保高海拔、高严寒电站冬季正常发电,可供高海拔、高严寒水电站冬季运行的电站借鉴,特别是对孤网运行的农村保供电有十分重要的意义。

关键词:无量河水电站;高寒高海拔;冬季;运行方式

中图分类号:[TM622]; S961.4; TK267

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2022)05-0109-04

Study on Winter Operation Mode of Litang Wulianghe Hydropower Station

LIU Junming¹, LI Yongqiang²

(Sichuan Nengtou Power Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan 611130)

Abstract: Litang Wulianghe Hydropower Station is located in the area with high altitude, long winter and low temperature. In order to solve the problem of abnormal power generation in winter, the winter operation mode of each system has been studied for many years. The research shows that in winter, the operation mode of removing the trash rack at the inlet of the pressure forebay, keeping the overflow channel of the diversion channel unblocked, blocking the outlet of the cooling exhaust duct of the generator stator, and taking out the valve plate of the check valve in front of the leakage water collection and drainage pump can successfully solve the problem of power station shutdown under high and severe cold conditions. This operation mode can ensure the normal power generation of high altitude and severe cold hydropower stations in winter, and has a certain reference value for the winter operation of high altitude and severe cold hydropower stations, especially for the rural power supply of isolated network operation.

Key words: Wulianghe Hydropower Station; High altitude and severe cold; Winter; Operation mode

1 概述

无量河水电站位于四川省甘孜藏族自治州理塘县濯桑乡,厂房海拔高度 3 650 m,年平均气温 3.0 °C,极端最高气温 25.6 °C,最低气温 -30.6 °C,从 11 月至次年 4 月初日平均气温均处在 0 °C 以下,属典型的高海拔、氧气稀薄、长冬季严寒地区电站。主要建筑由首部取水枢纽、引水明渠(长 3 404.26 m)、压力前池、压力管道和厂区构成,设计引用流量 31.5 m³/s,设计水头 21 m,装机 2 × 2 500 kW,设计年发电量 3 435.65 万 kWh,设计年利用小时数 6 871 h。引水明渠为浆砌块石渠

道,压力前池机组进水口处设有拦污栅和闸门,压力前池离机组进水口 60 m 处设有溢流道。厂房由水轮机层、发电机层和中控室三层构成。发电机定子采用风冷,定子机坑与风道连接,热风通过风道直接排到厂房外;上导轴承、推力轴承、下导轴承设有冷却供水系统,水导轴承空气自然冷却;渗漏积水并设有两台深井排水泵,渗漏水直接排到厂房外的尾水处,深井泵前设有止回阀,防止夏天河床水位抬高时水倒流进厂房。电站 2010 年 8 月正式投产发电,作为四川省甘孜州理塘县的骨干电源,对该县少数民族的生产、生活用电起主要作用,对维护藏区的稳定具有重要意义。

收稿日期:2022-03-31

电站投产发电以来前几年的冬季(11月到次年的4月初),拦污栅处不断结冰,导致水流不能流入水轮机,冰层不断向渠道延伸、不断增厚,从结成冰盖到整个渠道冻结,冰若继续不断膨胀会将渠道薄弱处涨垮,且要待4月昼夜气温均在 5°C 以上才能修复;供水冷却系统、上导轴承、下导轴承油冷却器的管路、阀门出现结冰爆裂而无法正常运行;厂房内集水井止回阀后管路因结冰而堵塞,使集水井内的水无法正常抽排。除冰恢复后,运行很短时间又出现同样的问题。将厂房门窗关严、在发电机层和水轮机层均布置加热器、用电加热器烘烤管路和阀门,厂房内的温度仍然在 0°C 以下,使管路和阀门仍然结冰而冻裂。电站长期处于停产或半停产状态,严重影响当地的生产生活用电。

2 改变冬季运行方式

由于高海拔、高严寒地区进入冬季后环境温度很低,气温均在 0°C 以下,尤其是每年1月下旬到2月中旬这段时间,气温均在 -20°C 以下,极端气温低于 -30°C 。这种气温环境下,除冰慢于结冰,收不到除冰的效果。由于气温太低,需要大量电加热器才能把厂房内温度升到 0°C 以上,由于厂用变压器容量的限制,电加热器的数量有限,靠电加热器达不到厂房内温度的要求。运行人员通过多年的探索,在借鉴陈容^[1]、梁慧芬^[2]的《中小型水电站安全运行管理经验》和罗永全^[3]的《中小型水电站运行管理提高经济效益经验》的基础上,总结出无量河电站冬季运行方式,改变了冬季设备设施无法正常运行的状况,使取水口、引水渠道、机组设备等在严寒的冬季依然能够安全可靠运行,使理塘县少数民族在严寒的冬季也能用上可靠的电能。

2.1 机组进水口拦污栅的运行方式

为了减少进水口拦污栅栅条对水的阻力,分别将栅条的间距从 20 mm 变成 30 mm ,从 30 mm 变成 50 mm ,从 50 mm 变成 80 mm ,从 80 mm 变成 100 mm ,试验效果均不理想,拦污栅、压力前池和渠道仍然会全部结冰。最后将拦污栅拆出,使水从进水口畅通地进入水机,流动的水因为没在拦污栅处结冰,水在压力前池和渠道表面形成

的冰盖下面流动,保持流动的水不结冰的状态。根据多年的观测,进入冬季,无量河最大流量约为 $10\text{ m}^3/\text{s}$,接近设计引用流量的三分之一,故将拦污栅上提 2.5 m 锁定在压力前池平台上,保持水流的畅通。待次年气温稳定在 0°C 以上后解除锁定又将拦污栅放置到正常位置,进行正常的拦污。无量河上游在冬季由于杂草、树林干枯,各种施工基本停止,河水比较干净,冬季取消机组进水口处的拦污栅。经过几年的运行实践,证明机组进水口处的拦污栅在夏秋季节安上冬春季拆除的运行方式是可行的。

2.2 定子运行方式的改变

无量河电站定子的冷却方式是定子机坑内的热空气通过风道排出到厂房外,而冷空气从水机室、下机架进入定子机坑的空冷方式进行冷却,这种冷却方式经过多年的运行证明是可行的,即在寒冷季节利用发电机运行中产生的热量,把水轮发电机组本身作为一个巨型加热器,用来加热厂房内的冷空气。具体操作是用绝热材料制作挡风板,用棉花等保温材料将两台发电机排风口封闭严实而不向外散热,确保发电机运行自身产生的热量加热定子机坑、水机层及发电机层,提高厂房内的温度。定子通风道封堵示意图如图1。

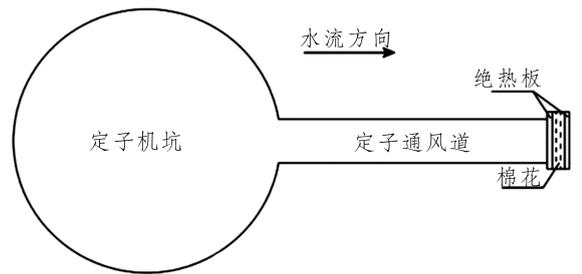


图1 定子通风道封堵示意图

这种运行方式可以使厂房水机层、发电机层内的温度保持在 $3^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$,确保了厂房内的管路、阀门等设备不致结冰而冻裂,机组可以安全可靠运行。同时,取消了厂房水机层和发电机层内的电加热器,节约了厂用电量。待环境温度持续保持在 5°C 以上后,将挡风板和保温材料撤出,恢复正常的空气冷却方式。

2.3 渗漏排水系统冬季运行方式

电站所有渗漏水均流到渗漏集水井内由深井

泵排到厂房外。汛期为了防止尾水水位抬高使水倒灌到集水井,在深井泵前面的管道上装上止回阀,止回阀内装有阀板,阀板顺着排水的方向打开,逆着排水的方向关闭,渗漏积水井的水位升到设定的高度时,水泵自动抽水,水位降到设定的高度时,自动停止。在冬季气温十分低时,水泵停止工作,管内的积水与阀板同时结冰,导致不能正常排水。由于冬季河床水位本身极低,不会出现水倒灌的情况,故将止回阀阀板取出。阀板取出后,水泵停止运行,管道内的积水立即自动流回积水井内,管内无水,也就无冰可结,使水泵能够顺利进行抽水工作。待气温持续到 5℃ 以上后,将止回阀的阀板重新回装到位。

2.4 停电时的运行方式

前些年,由于地理位置、地理条件的限制,处于孤网运行的供电网络十分脆弱,在寒冷的冬季,因冰雪灾害经常引发解网跳闸事故。在这种情况下,无量河电站又不能停机,必须保持发电机处于运行状态,才能使机组不间断地为厂房加热,保证引水道的水不断地流动,达到对设备设施加热保温的目的。

2.5 压力前池溢流口的运行

在持续低温环境下,引水明渠和压力前池表面必然结冰并形成冰盖,水在冰盖下流动。在脆弱的电网特别是孤网运行的电站,机组跳闸甩负荷的事故时有发生。机组甩负荷后,压力前池内的水能否顺利溢出至关重要,若不能顺利溢出就可能涨垮渠道。无量河电站投产运行的前几年,渠道每年至少有一处被涨垮。原因是压力前池的溢流口结出很厚的冰,机组甩负荷时水不能从溢流道正常排出,设计为无压引水变成了有压引水,渠道薄弱处被挤压垮塌。在参考吴建良^[4]《高严

寒高海拔地区水电站引水渠道设计经验》基础上,采取了强有力措施将压力前池溢流道口的冰除去,确保溢流口水流畅通。同时,电站运行值班人员通过监控视频观察引水渠道的来水及结冰变化情况,通过调整机组负荷,将溢流道口扎下来的冰块从溢流口冲走,确保溢流口溢水畅通。经过几年的实践证明,这种方法行之有效。

2.6 机组检修的安排

根据上游的来水情况,参考陈造奎^[5]《水力机组检修安排思路》,该电站冬季必须有一台机组发电,以满足理塘县少数民族居民生活用电和自身防冻保温的需求。由于每年十月下旬来水量只能一台机满发,另一台机组就要作为冬季运行机组进行检修,而且必须在十一月上旬完成检修任务。若需大修的机组则安排在次年 5 月到 6 月间进行。待拟作为冬季运行机组完成检修并启动运行后,另一台机组停机,关闭其对应前池的进水闸门,利用蜗壳排水阀将蜗壳和压力管道的积水排空,同时,利用电站低压空压机的压缩空气,将停运机组上导、下导冷却器及管路和阀门的积水排空,防止结冰。不仅如此,还需将厂房内和大坝的柴油发电机冷却水放空,需要启动时再加冷却水。

3 取得的效果

通过对无量河电站冬季运行维护的探索和实践,形成高海拔、高严寒水电站机组冬季运行的独特方式,且方法简单,效果良好。在长达 5 个月之久的高海拔冬季期间,无量河电站成功实现了每天 24 小时不间断发电目标,几年未发生因冰冻灾害而导致停机的现象。投产发电 10 年来,每年从 11 月初到次年 4 月初,冬季电站发电时间及发电量见表 1。

表 1 冬季电站发电时间及发电量

年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
发电天数 /d	13	25	68	99	128	151	151	151	152	152
发电量 /万 kWh	27	64	157	218	316	548	562	536	579	572

4 结 语

无量河电站地处高海拔、高寒地区,冬季气温低且持续时间长,如何解决引水道冻结对发电的影响,对厂房内的设备设施(特别是供水系统和排

水系统的设备设施)防冻保温,在电网跳闸机组甩负荷情况下,如何保持压力前池的水能正常溢流成了重要的研究课题。经过几年的探索和实践,改变了原有的运行方式,成功地解决了这些问题。

同时,不断加强运营管理和对职工的教育培训,设备设施的安全可靠性不断提高。近几年电站实现了按上游来水持续不间断发电,最大限度提高了机组利用小时数,保障了当地居民冬季生产、生活用电,缓解了当地电网供电的紧张局面,为促进高原藏区经济发展和社会稳定发挥了重要的作用。

参考文献:

- [1] 陈容. 浅谈小型水电站大坝安全运行管理存在问题及解决对策[J]. 大坝与安全, 2018, (1): 16-19.
- [2] 梁慧芬. 临夏县农村小水电站运行管理中存在的问题及对策[J]. 农业科技与信息, 2018, (18): 90-92.

(上接第 100 页)

(3)相比传统的联接螺栓刚强度校核计算,采用整体结构有限元计算能对螺栓在各种工况下的受力情况有更为细致地掌握,不仅可为为此类结构关键联接部件的刚度计算分析提供解决方案,同时还可为进一步优化设计提供支持。

参考文献:

- [1] 王明,肖良瑜. 1000 MW 级水轮机顶盖与蜗壳座环的联合受力分析[J]. 大电机技术, 2011, (1): 58-60.
- [2] 刘晶石,钟苏,庞立军. 某电站水轮机顶盖结构改进方案有限元分析[J]. 大电机技术, 2013, (3): 40-42.
- [3] 孙立宾,曾明富,常喜兵. 水泵水轮机顶盖/座环联接件应力幅分析[J]. 东方电气评论, 2011, 25(2): 27-30.
- [4] 潘月辉,刘计娟. 水泵水轮机蜗壳座环和顶盖有限元分析研究[J]. 西北水电, 2012, (1): 102-105.

(上接第 108 页)

6 结 语

BIM 技术的推广和发展,为实现建立模拟水利工程的有限元模型提供了无限可能,同时也强化了数值模拟分析在工程建设以及安全评估时的重要影响。通过三维稳定性有限元计算分析得知,坝基是此次项目工程渗漏最主要集中位置,左右岸岸坡是次要位置。为了防止断层中填料的渗透损失,有必要在三条断层的暴露下游铺设过滤材料。研究发现,假如断层及河床溶蚀带的帷幕受损,也会影响到总渗流,对促进断层和溶蚀带的稳定性和安全性有不利影响。所以,应该在帷幕施工时,对幕墙的施工质量进行严格管控。

参考文献:

- [3] 罗永全. 对中小型水电站运行管理提高经济效益方法的探讨[J]. 工程建设与设计, 2018, (13): 132-134.
- [4] 吴建良. 严寒严寒高海拔地区水电站引水渠道设计[J]. 西北水电, 2016, (1): 33-36.
- [5] 陈造奎. 水力机组安装与检修[M]. 郑州:华北水利水电学院出版社, 1986: 169-189.

作者简介:

刘均明(1970-),男,四川成都人,高级工程师,一级建造师,主要从事水电投资、建设、运营管理工作;

李永强(1979-),男,四川成都人,高级工程师,一级建造师,主要从事水电站建设、运维管理工作。

(责任编辑:卓政昌)

- [5] 肖良瑜,李永恒. 考虑预紧力的顶盖与座环联合受力研究[J]. 东方电气评论, 2011, 25(98): 31-33.
- [6] 贾伟,李建伟,刘晶石,等. 某轴流式水轮机顶盖有限元分析及结构优化设计[J]. 电力学报, 2014, 29(4): 349-352.
- [7] 陈柳,于纪幸,罗永要,等. 先居抽水蓄能电站顶盖座环联接螺栓的受力特性初步分析研究[J]. 水力机械技术, 2018, (2): 2-6.
- [8] 郑发平. 甲米一级混流式水轮机顶盖强度及刚度计算研究[J]. 西昌学院学报(自然科学版), 2011, 25(3): 36-38.

作者简介:

谭 啸(1986-),男,湖北宜昌人,工程师,硕士,主要从事电力生产、工程管理方面工作;

朱 毅(1986-),男,湖北宜昌人,高级工程师,硕士,主要从事水电水利工程机电设计、工程数字化、BIM 技术的研发和应用方面的工作。

(责任编辑:卓政昌)

- [1] 邓韶辉,王晓玲,敖雪菲,等. 大坝基岩帷幕灌浆液灌浆的三维数值模拟[J]. 水利学报, 2016, (2): 165-172+179.
- [2] 钱朝阳. 某水库土石坝防渗墙及帷幕灌浆质量评价探讨[J]. 工程与建设, 2015, (4): 555-558.
- [3] 占文婷. 土石坝的渗流特性分析及数值模拟[J]. 工程建设与设计, 2018, (21): 121-123.
- [4] 娄一青,王林素,苏怀智. 碾压混凝土坝层面渗流变异特性研究[J]. 水利规划与设计, 2011, (6): 56-58+62.
- [5] 王晓玲,刘长欣,李瑞金,等. 大坝基岩单裂隙灌浆流固耦合模拟研究[J]. 天津大学学报, 2017, (10): 1037-1046.
- [6] 罗平平,朱岳明,赵咏梅,等. 岩体灌浆的数值模拟[J]. 岩土工程学报, 2005, (8): 918-921.

作者简介:

徐建忠(1979-),男,浙江杭州人,本科,高级工程师,主要从事土木工程施工。

(责任编辑:卓政昌)