

Research on the Economic Operation of Luoshuichong Hydropower Plant

Can Zeng

Wuling Electric Power Co., Ltd. Wannipo Hydropower Plant, Longsha, Hunan, 416800, China

Abstract

To accurately grasp the operation status of the power plant and provide strong support for the economic operation of the hydropower plant from an economic perspective, this paper focuses on the Luoshuidong Power Plant. First, based on the characteristics of the power plant's river basin and the operating conditions of its units, an analysis of the operation characteristics is carried out for the flood season and the non - flood season respectively. Then, starting from several key aspects such as reservoir water level control, power generation water consumption rate, and unit load distribution, the factors affecting the economic operation of the power plant are deeply analyzed. On this basis, a series of effective improvement measures are proposed to optimize the reservoir dispatching plan. Through scientific dispatching, the units are guided to achieve safe and economic operation, and the efficiency of water energy utilization is further optimized. Ultimately, the goal of improving the power generation efficiency of the power plant is achieved, laying a solid foundation for the sustainable development and economic benefit improvement of the power plant.

Keywords

Economic operation; reservoir water level; water consumption rate.

落水洞水电厂经济运行研究

曾灿

五凌电力有限公司碗米坡水电厂, 中国·湖南 龙山 416800

摘要

为精准把握电厂运行态势,从经济维度为水电厂经济运行提供有力支撑,本文聚焦落水洞电厂。首先,依据该电厂流域特征和机组运行工况,分别针对汛期与非汛期开展运行特征分析。接着,从库水位控制、发电耗水率、机组负荷分配等多个关键方面入手,深度剖析影响电厂经济运行的因素。在此基础上,提出一系列行之有效的改进措施,旨在优化水库调度方案。通过科学调度,指导机组实现安全且经济的运行,进一步优化水能利用效率。最终,达成提高电厂发电效益的目标,为电厂的可持续发展和经济效益提升奠定坚实基础。

关键词

经济运行; 库水位; 耗水率

1 引言

水电厂经济运行,是从电力系统安全、优质、经济发电的目标出发,在电力系统安全可靠供电的条件下,制定水电厂最优运行方式,以一定的水电能源获取水电厂最大发电量,开展水电厂优化调度工作,充分挖掘水库的潜力、提高水电厂水库运行管理水平,增加水电厂经济效益。

2 电厂概述

落水洞水电厂位于沅水一级支流酉水北源干流的中游,坝址位于湖南省龙山县白羊乡和湖北省来凤县绿水乡交界的龙咀河峡谷出口,距上游龙山县城 12 km、来凤县城

21km,距下游已建的湾塘电厂 15km。龙山县、来凤县境内均有国道 G209 线过境,另外龙山县境内有省道 S231、S305 线过境,来凤县境内有省道 S248 线过境,坝址区附近有乡村简易公路连接国道 209 线,交通较便利。

落水洞水电厂开发任务为发电,装有 2×17.5MW 轴流式水轮发电机组,装机总容量 35MW,设计多年平均发电量 1.1167 亿 kWh。水库库容 3019 万 m³,属中型水库,主要建筑物 III 级。枢纽建筑物主要包括溢流坝、左右岸挡水坝、电厂厂房等部分。两岸挡水坝为重力坝,坝顶高程 447.5m,最大坝高 36.5m;溢流坝位于左汊河床中部偏右岸,堰顶高程 429.0m,共设 5 孔 11×14m 弧形闸门,电厂厂房位于溢流坝左岸,为河床式电厂。

3 电厂流域水情特征

落水洞水电厂水库流域面积 2815km²,酉水主河道回

【作者简介】曾灿(1990-),男,中国湖南益阳人,本科,助理工程师,从事发电厂运行管理研究。

水长度 18.76km, 直流河道含老虎洞河 2km、东门河 4km、新峡河 6km、马拉河 3km。大坝设计洪水标准 50 年一遇, 校核洪水标准 500 年一遇。本电厂汛限制水位 441.0m, 正常蓄水位 443.0m, 设计洪水位 443.0m, 校核洪水位 445.54m, 设计洪峰流量 5520m³/s, 校核洪水标准为 500 年一遇 (P=0.2%), 校核洪峰流量 7840 m³/s, 相应坝上游校核洪水位 445.54m。本流域洪水由暴雨形成, 洪水陡涨陡落, 一般洪水历时 1~3 天。根据坝址上游来凤站 1957~2007 年共 51 年实测资料分析, 量级大的洪水主要发生在 6~8 月, 来凤站年最大流量超过 1500 m³/s 的较大洪水, 均发生在 6~8 月。6 月、7 月两月尤为频繁, 出现年最大洪峰机率为 70.6%。

4 电厂水位控制分析

4.1 水位控制分析

根据落水洞电厂近三年流域水情数据统计表分析, 在保大坝、库区安全的前提下, 按汛期 (4-9 月)、非汛期 (1 月-3 月、10 月-12 月) 进行库水位控制分析。

4.1.1 非汛期 (1 月-3 月、10 月-12 月)

从水情数据统计表进行分析, 近三年最大入库流量超过机组满负荷运行额定流量 219.6m³/s 次数较少, 同时由于受下游湾塘电厂顶托影响, 实际满负荷发电流量大于满负荷发电额定流量, 且由于平均入库小于满负荷运行额定流量 219.6m³/s, 故无集中降雨, 只需根据降雨后实际入库流量调整发电方式保持出入库平衡即可。此阶段最高控制水位按 442.5m 控制无弃水风险, 最低水位控制可按 441.5m 控制, 保持高水位运行。

4.1.2 汛期 (4 月-9 月)

汛期库水位按照政府防汛部门要求, 以电厂设计汛限水位控制, 由于库水位雍高影响比较大, 为确保上游来凤县、龙山县境内河道附近区域安全, 汛期通过实时收集、分析气象雨洪信息, 持续探索实践洪前深度腾库, 在保证大坝、库区安全的前提下, 发电效益以提高水量利用率为主, 避免无效弃水。具体方式如下:

(1) 当气象预报 72 小时内有超过 50mm 以上降雨过程时, 库水位消落至 438m 附近控制并保持, 经常性关注流域气象预报变化, 及时进行调整。不同基流情况下, 根据水情计算, 库水位在 441m (汛限水位) 以下, 河道基流在 170m³/s 以下, 72 小时内均可通过发电消落至 438m, 具体可根据基流变化对消落时间进行修正, 确保在强降雨发生前消落至安全水位。

(2) 洪水起涨阶段, 由于流域山溪特性明显, 产汇流较快, 为尽量减小峡谷口上游淤堵, 当入库流量在 1000m³/s 以下时, 坝前水位控制在 438.5m 以下为宜; 当入库流量超过 1000m³/s 小于 1500m³/s, 库水位向下控制到 437.5m 附近; 当入库流量超过 1500m³/s 小于 2000m³/s, 库水位向下控制到 437m 以下; 当入库流量大于 2000m³/s 且预计洪峰流量大

于 2400m³/s 时, 将弧门全开敞泄, 坝前水位预泄降低后自然雍高。

(3) 洪水退水阶段, 在气象预报后期天气明朗、一周内无新增降雨过程, 且库区无受水位抬升影响的项目施工, 入库流量不会造成峡谷上游自然雍高的情况下, 可短期适当拦蓄洪尾至 442.5m 附近, 提升水量利用率。

5 机组运行方式分析

5.1 机组负荷振动区分析

根据电厂往年实际运行情况, 机组在 12m 水头以下运行时, 洪水期间由于水质较差、弧门泄洪流量较大、尾水浪涌等因素导致机组运行工况非常差, 12m 水头以下时为确保安全机组全停。同时通过机组稳定性试验, 机组在 13m、15m、17m、21m 水头不同负荷下导轴承、机架、顶盖等部位振动摆度曲线进行分析。

(1) 机组在 21m 水头下: 上导摆度、水导摆度测点合格; 上机架水平振动、上机架垂直振动、下机架水平振动、定子机座水平振动、顶盖水平振动、顶盖垂直振动测点合格; 蜗壳进口水压脉动幅值范围为 3.15~21.51kPa, 其相对值范围为 1.50~10.23%; 尾水管进口水压脉动幅值范围为 3.01~6.18kPa, 其相对值范围为 1.43~2.94%。

根据试验结果曲线, 机组无强振动区, 但在 7.5MW 以下, 振动、摆度及压力脉动总体相对较大, 运行稳定性相对较差。

(2) 机组在 17m 水头下: 各摆度测点全负荷工况下均能满足标准要求; 各测点摆度在 3MW 工况时最大; 振动测点中上机架垂直振动在 3MW 及以下工况超标, 其他工况合格。其他各振动测点全负荷工况下均能满足标准要求; 各测点振动值均在 3MW 工况达到最大值; 各测点压力脉动值均在 4.55MW 至 4.72MW 工况以下较大。

根据试验结果曲线, 该水头下机组在 6MW 工况以下运行稳定性相对较差。

(3) 机组 15m 水头下: 各摆度测点全负荷工况下均能满足标准要求; 各测点摆度在 1.5MW 工况时最大; 振动测点中上机架垂直振动在 3MW 及以下工况超标, 顶盖水平振动在 1.5MW 工况下超标, 其他工况合格; 其他各振动测点全负荷工况下均能满足标准要求; 各测点振动值均在 3MW 工况达到最大值; 各测点压力脉动值均在 3MW 工况以下较大。

根据试验结果曲线, 该水头下机组在 4.5MW 工况以下运行稳定性相对较差。

(4) 机组 13m 水头下: 各摆度测点全负荷工况下均能满足标准要求; 各测点摆度在 6MW 工况时最大; 振动测点中顶盖水平振动在 6MW 及工况下超标, 其他工况合格。各测点振动值均在 6MW 工况达到最大值。

根据试验结果曲线, 该水头下 1 号机组在 6MW 工况以下运行稳定性相对较差, 2 号机组在 7MW 工况以下运行

稳定性相对较差。

(5) 根据以上结论汇总:

当水头 $H < 12\text{m}$ 时, 机组全停;

当 $12\text{m} \leq \text{水头} \leq 15\text{m}$ 时, 负荷在 $0\text{-}7\text{MW}$ 为振动区, 负荷 $\geq 7.5\text{MW}$ 机组运行相对稳定;

当 $15\text{m} < \text{水头} \leq 17\text{m}$ 时, 负荷在 $0\text{-}4.5\text{MW}$ 为振动区, 负荷 $\geq 5\text{MW}$ 机组运行相对稳定;

当 $17\text{m} < \text{水头} \leq 21\text{m}$ 时, 负荷在 $0\text{-}6\text{MW}$ 为振动区, 负荷 $\geq 6.5\text{MW}$ 机组运行相对稳定。

当水头 $> 21\text{m}$ 时, 负荷在 $0\text{-}7.5\text{MW}$ 为振动区, 负荷 $\geq 8\text{MW}$ 机组运行相对稳定。

5.2 机组耗水率分析

落水洞电厂机组额定水头为 18m , 以额定水头为界限进行分析: 当水头 $< 18\text{m}$ 时, 机组最优出力为 $13\text{-}14\text{MW}$; 当 $18\text{m} \leq \text{水头} < 20\text{m}$ 时, 机组最优出力为 $15\text{-}16\text{MW}$; 当水头 $\geq 20\text{m}$ 时, 机组最优出力为 17MW 以上。

根据耗水率, 当负荷小于单台机组额定负荷时, 单台机运行时的耗水率小于两台机组平均分配负荷同时运行时的耗水率; 当负荷大于单台机组额定负荷时, 两台机组平均分配负荷运行时的耗水率小于两台机组其他负荷组合方式运行时耗水率。

5.3 综合耗水率及机组振摆数据分析机组运行方式

自湖南电力调度机构要求小水电顶峰运行, 故非汛期以抬升水位、发挥水头效益为主。汛期以保大坝保安全为目标, 提高水量利用率为主。

电厂目前上网电价未施行分时电价, 按“以水定电、优先顶峰”的发电策略, 日发电方式按调度要求首先保障顶峰时段机组大方式运行要求, 其它时段可根据实际来水情况停机或小方式发电。高峰时段 ($11:00\text{-}12:00$ 、 $17:00\text{-}22:00$) 高负荷顶峰, 低谷时段 ($23:00\text{-}06:00$) 停机蓄水可减少辅助服务分摊费用, 平段 ($06:00\text{-}10:00$ 、 $13:00\text{-}17:00$) 小方式运行降低厂用电量减少厂用电费。

日水位控制方式: $(Q_{\text{谷入}} - Q_{\text{谷出}}) \times T_{\text{谷}} + (Q_{\text{平入}} - Q_{\text{平出}}) \times T_{\text{平}} + (Q_{\text{高入}} - Q_{\text{高出}}) \times T_{\text{高}} = \text{水位控制区间水量}$ 。

日耗水率控制: $(Q_{\text{谷出}} \times t_{\text{谷}} + Q_{\text{平出}} \times T_{\text{平}} + Q_{\text{高出}} \times T_{\text{高}}) / (P_{\text{高}} \times T_{\text{谷}} + P_{\text{高}} \times T_{\text{平}} + P_{\text{高}} \times T_{\text{高}}) \leq \text{电厂耗水量控制目标}$

6 电厂经济运行建议

落水洞电厂属于日调节电厂, 机组为轴流转桨式机组, 机组高效率区较为宽泛, 负荷率对发电耗水率的影响远小于水头对发电耗水率的影响, 所以在高水位保持合适的负荷长时间运行既能保障发电量, 又能降低下网电量, 为最优的发电方式。综合耗水率计算表、电厂年度耗水率目标、水位控制方式及机组振摆数据及机组运行总体思路得出以下建议:

6.1 非汛期经济运行建议

根据库水位控制方式分析, 上游水位最高按 442m -

442.5m 控制, 下游水位由于湾塘电厂顶托影响在 418.5m - 423.5m 区间, 根据水位计算毛水头在 19m - 24m 区间。同时受下游河道影响, 根据前三年机组实际运行情况, 机组开机后水头损失 0.2m - 1m , 计算得出机组最终运行水头在 $18\text{-}23.8\text{m}$ 区间, 取得以下结论:

(1) 当水头 $< 18\text{m}$ 时, 机组运行方式: 谷段、平段时段停机, 高峰时段出力 13MW - 14MW 。

(2) 当 $18\text{m} < \text{水头} < 19\text{m}$ 时, 机组运行方式: 谷段时段停机或者出力 8MW , 平段时段出力 8MW 或者维持出入库平衡, 高峰时段出力 15MW - 16MW 。

(3) 当 $19\text{m} < \text{水头} < 21\text{m}$ 时, 机组运行方式: 谷段时段停机或者出力 7MW , 平段时段出力 7MW 或者维持出入库平衡, 高峰时段出力 15MW - 16MW 。

(4) 当水头 $> 21\text{m}$ 时, 机组运行方式: 谷段时段停机或者出力 7MW , 平段时段出力 8MW 或者维持出入库平衡, 高峰时段出力 17.5MW ;

(5) 当负荷小于单台机组额定负荷时, 由单台机组运行方式最优, 不进行负荷分配;

(6) 当负荷大于单台机组额定负荷时, 两台机组平均分配负荷运行方式最优。

6.2 汛期经济运行建议:

根据防汛要求, 上游水位最高按 441m 控制, 根据来水情况, 在确保库区安全、大坝安全的前提下, 提高水量利用率为主。为避免无效弃水, 在河道流量上涨和洪水起涨阶段, 尽量通过发电消落库水位。在洪水退水期间, 在气象预报后期天气晴朗, 一周内无新增降雨过程, 且库区无受水位抬升影响的项目施工, 入库流量不会造成水位自然雍高影响库区安全的前提下, 可短期适当拦蓄洪尾至 442.5m 附近, 提升水量利用率, 增加发电效益, 发电方式参照非汛期经济运行建议。

7 结语

水电厂经济运行不但对提高企业的管理水平和技术实力, 增加发电效益, 确保电网安全稳定运行有着重要的现实意义, 还体现了充分利用清洁能源, 节能减排的企业社会责任, 落水洞电厂将继续按照“优化运行增效益, 多措并举保安全”的要求, 集思广益, 不断探索创新, 提升电厂经济运行水平, 力争用好每一方水, 发好每一度电, 发挥更大的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] 黄怡青, 罗立军. 新时期我国水电厂经济运行问题分析[J]. 机电信息, 2015(9): 163-164.
- [2] 谢文兵, 陈志勇. 水电厂经济运行浅析[J]. 科学时代, 2012(19).
- [3] 牟砺锋. 浅谈保证水电厂经济运行的有效途径[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2012(36).
- [4] 赵宇, 芮钧. 智能水电厂经济运行系统及其关键技术[J]. 水电与抽水蓄能, 2018, 4(2): 77-81, 67.
- [5] 陈大为, 宋科. 浅论加强水电厂经济运行的策略[J]. 房地产导刊, 2016(27): 140.