

锦屏二级水电站避沙运行方式风险分析及管控措施研究

张海川, 杨武, 李家银, 廖伟

(雅砻江流域水电开发有限公司, 四川 成都 610051)

摘要:在库区水流泥沙含量较高时,锦屏二级水电站需采取避沙运行方式,以降低泥沙对机组运行的不利影响。但避沙运行期间的特殊工况也将对电站的安全稳定运行提出严峻考验,故针对锦屏二级水电站的避沙运行方式进行了风险分析,最后提出的对应管控措施可有效应对电站避沙运行过程中可能产生的各种风险。

关键词:锦屏二级水电站;避沙运行;风险分析;管控措施

中图分类号:TK227

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2023)02-0132-03

Research on Risk Analysis and Control Measures of Sediment Avoidance Operation Mode of Jinping- II Hydropower Station

ZHANG Haichuan, YANG Wu, LI Jiayin, LIAO Wei

(Yalong River Hydropower Development Company Ltd., Chengdu Sichuan 610051)

Abstract: When the sediment content in the reservoir area is high, Jinping- II Hydropower Station needs to adopt the sediment avoidance operation mode to reduce the adverse impact of sediment on the operation of units. The special conditions during the sediment avoidance operation will also become a severe test for the safety and stability of operation, therefore, a risk analysis is carried out for the sediment avoidance operation mode of Jinping- II Hydropower station, and the corresponding control measures proposed at the end can effectively deal with various risks that may arise during the sediment avoidance operation.

Key words: Jinping- II Hydropower Station; sediment avoidance operation; risk analysis; control measures

0 前言

锦屏二级水电站位于四川省凉山彝族自治州木里、盐源、冕宁三县交界处的雅砻江大河湾干流河段上,上接锦屏一级水电站,利用上下游天然落差,通过截弯取直、开挖引水隧洞,获得利于发电的 310 m 高水头。同时,为缩短引水隧洞长度,降低建设投资,锦屏二级水电站进水口和闸坝采用了分离布置的方案^[1],总体上可以满足取水防沙机组安全运行,但该方案不利于通过闸坝泄洪减少泥沙进入引水洞。

当各种原因导致库区水流含沙量增加,并威胁电站机电设备运行安全时,锦屏二级水电站将进入避沙运行方式,以降低引水含沙率^[2]。锦屏二级水电站在避沙运行期间,存在出力受到限制、水库可调库容压力大、机组尾水水位过高等问题。故对锦屏二级水电站避沙运行方式下风险隐患进

行排查梳理,为电站的安全运行提供依据。同时针对排查出的风险点,提出安全风险管控措施,优化机组及其辅助设备运行工况,提高锦屏二级水电站避沙运行期间的安全性和稳定性。

1 避沙运行方式简介

考虑不同流量对河床的冲刷效果及发电取水高度与取水所含泥沙量的对应关系,同时结合经济效益最大化考量,锦屏二级水电站的避沙运行方式如下:

- (1)当锦屏二级入库流量 $\geq 3\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ 时,库水位不低于 1 645 m 运行;当入库流量 $< 3\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ 时,库水位不低于 1 643 m 运行。
- (2)优化锦屏一级水库调度,通过加强预报、提前预泄等措施控制下泄流量,尽量减少锦屏一级水库出库流量。
- (3)当锦屏二级水库入库流量大于 $5\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ 时,锦屏二级电站适当限制出力,可视电网状况,开机台数原则上不超过 6 台(3、4 号引水洞各

收稿日期:2022-08-04

开1台机,1、2号引水洞各开2台机)。(4)入库流量达到或大于2a一遇标准洪水($5\ 390\ \text{m}^3/\text{s}$)时,锦屏二级拦河闸坝五孔闸门全开敞泄冲沙。

2 风险分析

2.1 工况分析

根据避沙运行要求,不同入库流量将采取对应的措施,以降低引水泥沙含量。但同时,避沙运行下的特殊工况,也将为电站安全稳定运行遗留安全隐患。在此对可能产生运行风险的工况进行梳理说明。

(1)高库水位工况。当锦屏二级水库入库流量较大(入库流量 $\geq 3\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$)时,根据锦屏二级水电站避沙运行原则,需将水库控制在较高水位(库水位不低于 $1\ 645\ \text{m}$),届时锦屏二级水电站将在高库水位工况下运行。

(2)高尾水位工况。库水位较高时,水库的调节裕量有限。为防止漫坝等严重事故,锦屏二级水库出库流量将与入库流量同向调节,以维持库区水位稳定。出库流量增加将引起尾水位增高,届时锦屏二级水电站将在高尾水位工况下运行。

(3)大负荷工况。当入库流量大且库水位较高时,基于经济效益考量,此时发电调度可能要求尽可能多的机组进入满发状态;同时,防洪调度也需要更多的机组运行,通过过机流量减轻闸坝下泄流量压力。故在避沙运行方式下,锦屏二级水电站可能处于大负荷工况。

2.2 高库水位工况风险分析

锦屏二级水电站水库日调节库容仅 $496\ \text{万}\ \text{m}^3$,水位对流量变化极其敏感。考虑库区中推移质主要集中于河床底部,避沙运行方式将尽可能维持高库水位运行,造成库区水位可上升裕量低。此时若遇上游电站开闸泄洪、本站机组跳闸、安控切机等突发情况,出入库流量平衡破坏,水库水位会迅速上涨,甚至存在漫坝风险。

2.3 高尾水位工况风险分析

(1)大轴补气装置运行风险。锦屏二级水电站尾水管补气方式采用大轴中心补气管自然补气。在高尾水位运行时,大轴补气头内水压升高,尾水泥沙含量高可能造成大轴补气装置上端磨损加剧,漏水量增加^[3]。同时,若泥沙造成大轴补气集水槽排水管堵塞,排水不及时,水将沿着大轴流向发电机内部,造成转子绝缘降低。

(2)顶盖排水系统运行风险。高尾水工况下,顶盖排水泵扬程升高,效率降低。顶盖水位因尾水升高而上升的同时,效率持续降低的顶盖排水泵无法有效抽走顶盖积水,进而导致水淹水导。

(3)供水系统运行风险。

①全厂公用供水总管取水取自尾水事故闸门后,其总管压力随尾水位上升而升高,进而造成公用供水管路、生活给水系统管路、空调冷却系统管路以及主变空载水泵供水系统管路法兰处连接密封渗水。

②机组技术供水采用尾水管单元供水。避沙运行时闸坝泄洪导致尾水位升高,此时尾水所含泥沙量也将增加,进而造成机组技术供水系统滤水器或公用供水滤水器堵塞。

2.4 大负荷工况风险分析

(1)AGC运行风险。锦屏二级水电站满负荷运行工况可能与因泄洪导致的高尾水位工况叠加,此时机组等效水头降低,效能下降。若造成全站有功减少 $30\ \text{MW}$ 以上,全站有功实发将不能满足AGC有功分配值。同时,考虑AGC可调容量不满足调度下发值时全站AGC退出风险,常规的单机机组AGC手控调整方式将不可用,亟需运行人员采用其他有效手段调整全站负荷至计划范围内。

(2)励磁系统运行风险。根据调度要求,全站保持大负荷运行时, $500\ \text{kV}$ 系统电压应维持偏上限运行。此时各发电机视在功率接近上限值,励磁电流增大,励磁系统中的励磁变、整流桥、滑环及碳刷温度升高,可能造成励磁碳刷、励磁变等部位温度高而报警甚至保护动作跳闸。

3 风险管控措施

3.1 高库水位工况风险管控措施

(1)加强泄洪预警信息传递。在接到集控中心避沙运行通知后,计算锦屏二级下泄流量及增量。下泄增量超过 $500\ \text{m}^3/\text{s}$ 或下泄流量超过 $5\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ 时,根据预警要求提前准确发布预警信息,以便及时调整闸门将库水位控制在 $1\ 646\ \text{m}$ 以内,为紧急情况下的水位控制预留足够裕量。

(2)紧急情况下水位协同控制。若遇送出通道受阻等突发情况导致水库水位快速上涨,采取调整泄洪闸门增大下泄流量的同时应向集控中心申请进行如下协同控制:

①申请调度调整锦屏一级电站泄洪闸门减小下泄流量。

②申请调度调整锦屏一、二级电站负荷,减小锦屏一级电站过机流量的同时增加锦屏二级电站过机流量。

3.2 高尾水位工况风险管控措施

(1)加大大轴补气装置润滑水流量,稀释尾水泥沙,缓解密封磨损。在避沙运行的高尾水工况下应加大大轴补气装置润滑水流量,稀释泥沙以减轻各部件间磨损。若已发生水沿着大轴流向发电机内部,造成转子绝缘降低的情况,则立即申请倒换机组或停机。

(2)多台顶盖泵同时启动或更换高扬程泵。高尾水位时,顶盖排水扬程升高,顶盖排水泵效率降低。若顶盖水位过高,应按下列步骤处理:

①现场检查顶盖泵排水管路是否存在漏水问题,若发现漏水问题应停运相应顶盖排水泵,立即手动启动备用顶盖泵进行抽水,并联系检修人员检查处理。

②若管路没有漏水情况,则手动启动备用顶盖泵进行抽水。

③若主备用及辅助顶盖泵全部启动后,顶盖水位仍过高且有上涨趋势,则增加临时泵进行抽水。

若采取上述措施,顶盖排水能力仍不足,应通过机组改造重新选型合适的高扬程顶盖排水泵,以满足高尾水位工况下的顶盖排水要求。

(3)加强供水管路检查清理。公用供水系统、生活水系统、消防水系统、空调冷却系统以及主变空载水泵供水系统管路与尾水管相连,高尾水工况下应加强上述管路巡检,发现问题后处置方法如下:

①若发现水压异常、堵塞或漏水情况,立即通知检修人员进行疏通、堵漏。

②若单台厂内或厂外渗漏排水泵润滑管路堵塞,立即通知检修人员进行清理。

③若润滑水总管堵塞,且集水井水位已经高于启泵定值,可通过手动合渗漏泵 10 kV 开关的方式进行无润滑水启泵抽水。

④技术供水滤水器发生堵塞时,由运行人员操作手动排污,或通知检修人员进行滤筒清洗。

3.3 大负荷工况风险管控措施

(1)利用水流特性手动调整负荷。对于 AGC 运行风险分析中的机组效能降低问题,首先应通过调整泄洪闸门抬高库水位、降低尾水位,以减小机组水头损失,增加机组实发有功出力。

调整泄洪闸门后,考虑锦屏二级水电站“一洞双机”的引水形式具有引水隧洞长、水头高和水冲击力大的特点^[4],申请调度退出全站 AGC,并充分利用引水隧洞和调压井水流特性^[5],对有功率缺额的机组进行手动负荷调整,以满足总负荷要求。手动负荷调整方法如下:

①对于同一水力单元的两台满发机组,首先降低其中一台机组有功设定值。

②当调压井水位即将到达波谷,立即重新将该机组有功设定为满发(600 MW)。波谷的水位比减负荷之前的水位低,导致相同有功设定值下导叶实际开度更大。至调压井水位平稳时,同一水力单元第一台机组实际有功较调整前增加,有功缺额消除。

③当调压井水位处于波谷时,可同时手动降低同一水力单元的第二台机组有功设定值,直至机组 LCU 检测到新的有功下发值与实发值偏差大于 6 MW,使机组重新进行有功调节。同理,随着调压井水位逐渐稳定,第二台机组实际有功较调整前增加,有功缺额消除。

④对于其余水力单元,重复上述步骤,直至全厂有功缺额消除。

(2)加强励磁系统温度监视,根据不同情况采取措施。

针对避沙运行期间的大负荷工况,每班加强对集电环、励磁功率柜、励磁变等设备的巡检,检查有无碳刷打火及设备温度过高现象。监盘人员同时密切关注励磁电流、定子电流在定值范围内。发现问题按如下流程处置:

①当发电机励磁滑环室温度较高时,打开滑环室进入门进行通风,或增加临时散热风机。

②当发现碳刷出现打火现象,则进行碳刷质量复核、接触面打磨、刷握弹簧更换,以及集电环同心度复核、摆度调整。

③若发现励磁变的其中一相温度显示明显跳变,另两相温度显示正常,且外部温度测量显示正常,应立即申请生产部退出相应保护装置“温度过

(下转第 139 页)

$$\textcircled{4} \text{ 计算 } g_{(11)} = \frac{x_{(11)} - \mu}{\delta} = 2.38$$

$$g_{(1)} = \frac{\mu - x_{(1)}}{\delta} = -1.11$$

格鲁布斯临界值见表 1, 格鲁布斯临界值 $g_0(11, 0.01) = 2.48$, 且 $g_{(1)} < g_{(11)} < g_0(11, 0.01)$, 可知此组数据无需剔除, 可以为后期工效分析提供数据支撑。

5 结 语

与传统工效测定方法相比, 基于视频录像技术的工效测定方法通过视频录制、提取、分析基础数据, 并结合现场观测对测定数据进行补充、校验, 能够提高观测效率、保证观测数据的稳定性与连续性, 并且能够有效降低测定成本。通过对测定结果进行粗大误差分析, 采取此类方法能够满足精度要求, 可以为后期工效分析提供有效的数据支撑。因此, 基于视频录像技术的工效测定及

(上接第 134 页)

高起跳动闸”压板, 通知检修人员对温度保护装置进行检查。

④若监控和现场励磁变温度显示均不断上升, 持续恶化而未达到温度跳闸值, 应立即申请集控停机处理。

⑤若励磁变本体存在冒烟着火和严重焦臭味等明显的故障现象, 且相应保护装置未动作, 应立即停运故障设备, 同时汇报集控中心, 并做好隔离及前期处置措施。

⑥若励磁变温度过高保护动作跳闸, 则做好厂用电方式调整, 同时汇报集控中心, 并按照调度指令做好故障设备隔离措施。

4 结 语

对锦屏二级水电站避沙运行工况进行了详细的风险分析, 并提出了针对性管控措施。提出的风险管控措施为运行人员的事故处置提供具体参考, 以此为基础开展事故预想及应急演练, 保障了

数据分析方法具有良好的实际效果, 可以更好地在行业工效测定工作中进行推广使用。

参考文献:

- [1] 郭琦, 夏晓云, 安慧. 水电工程造价管理[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [2] 田志超, 曾露. 水电工程定额测定工程的思考[J]. 水利科技与经济, 2014, 20(12): 112-115.
- [3] 王武义, 徐定杰, 陈健翼. 误差原理与数据处理[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社. 2001.
- [4] 周富臣, 孙玉莲. 总体标准差 δ 的五种估计及估计精密密度[J]. 计量技术, 2006, 12: 60-64.
- [5] 刘伟, 王贵军, 杨志娟. 基于数据真伪检测的企业定额编制方法[J]. 建筑经济, 2008(12): 342-344.

作者简介:

刘 勇(1991-), 男, 四川成都人, 工程师, 硕士, 从事水利水电工程造价方面工作;

翟士旭(1992-), 男, 四川成都人, 工程师, 硕士, 从事水利水电工程造价方面工作。

(责任编辑: 吴永红)

电站避沙运行期间的安全稳定运行。

参考文献:

- [1] 练继建, 菅佳乐, 徐奎, 等. 锦屏二级非常规洪水冲沙减淤优化调控研究[J]. 水力发电学报, 2018, 37(12): 44-53.
- [2] 彭睿, 聂锐华, 张洋, 等. 锦屏二级水电站进水口引水防沙模型试验研究[J]. 水力发电, 2013, 39(4): 90-94.
- [3] 李鹏, 黄维华, 韩宏斌. 小浪底水电厂发电机顶部出水原因及应对措施[J]. 人民黄河, 2021, 43(S1): 241-242.
- [4] 蒲瑜, 王刚, 窦海妮. 长隧洞“一洞双机”电站水力波动负荷稳定控制[J]. 人民长江, 2015, 46(1): 50-53.
- [5] 华红. 含沙水中锦屏二级水电站水轮机内部流动及性能预测研究[D]. 西华大学, 2013.

作者简介:

张海川(1993-), 男, 四川巴中人, 硕士研究生, 从事水电站运行管理工作;

杨 武(1991-), 男, 重庆人, 本科, 从事水电站运行管理工作;

李家银(1988-), 男, 湖北武汉人, 本科, 从事水电站运行管理工作;

廖 伟(1993-), 男, 四川巴中人, 本科, 从事水电站运行管理工作。

(责任编辑: 吴永红)

大渡河流域两座大型水电工程实现同步截流

2023 年 3 月 30 日, 大渡河流域枕头坝二级水电站、沙坪一级水电站建设迎来重要节点, 成功实现围堰同步截流。同一流域两座大型梯级水电工程同步截流, 在国内并不多见。这极大缩短了控制水流的时长, 有效降低了截流过程中对流域内干流电站发电的影响, 为我国水电工程开发作出了有益探索。枕头坝二级水电站、沙坪一级水电站项目位于乐山市金口河区境内, 是我省“十四五”重点建设项目。两座电站总投资约 95 亿元, 水库总库容 0.308 亿立方米, 总装机容量 660 兆瓦, 以发电为主, 兼顾下游生态用水需求。两座电站同步截流, 标志着两个项目工程建设转入到二期大坝及厂房主体工程施工阶段, 为 2025 年同步实现首台机组投产发电、2026 年实现机组全部投产创造了条件。(来源: 四川日报)