

碧口水电厂水情测报系统在防洪调度中的应用

肖卫国

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂, 甘肃 陇南 746412

[摘要]水库防洪调度关系到人们的生命财产安全, 随着社会科学技术的发展, 先进的技术也应用到了水库运行管理, 本论文聚焦水情测报系统在防洪调度中的应用研究, 在防洪调度中为数据支持、洪水预报、调度决策及信息共享等方面提供了有力保障, 具有数据采集及时准确等优势, 可进一步提高该系统在防洪调度中的应用效果, 未来其有望向更智能、自动化的方向发展, 为流域防洪安全提供更坚实的保障。

[关键词]白龙江流域; 防洪调度; 水情测报系统; 重要作用

DOI: 10.33142/aem.v7i7.17416

中图分类号: TV697.13

文献标识码: A

Application of Water Situation Monitoring and Reporting System in Flood Control Dispatch of Bikou Hydropower Plant

XIAO Weiguo

Bikou Hydropower Plant of Datang Gansu Power Generation Co., Ltd., Longnan, Gansu, 746412, China

Abstract: Reservoir flood control scheduling is related to people's life and property safety. With the development of social science and technology, advanced technology has also been applied to reservoir operation and management. This paper focuses on the application research of water situation monitoring and reporting system in flood control scheduling, providing strong guarantees for data support, flood forecasting, scheduling decision-making and information sharing in flood control scheduling. It has the advantages of timely and accurate data collection, which can further improve the application effect of the system in flood control scheduling. In the future, it is expected to develop towards a more intelligent and automated direction, and provide more solid guarantee for flood control safety in the basin.

Keywords: Bailongjiang river basin; flood control dispatch; water situation monitoring and reporting system; important role

引言

随着社会经济的不断发展, 防洪减灾工作的重要性日益凸显。水利工程作为防洪减灾的关键设施, 其调度的科学性和及时性直接关系到人民群众的生命财产安全。碧口水库作为重要的水利工程, 其水情测报系统是实现防洪调度的重要基础。碧口水库水情自动测报系统历经建设与改造, 不断完善, 在流域水情监测和管理中发挥着重要作用。在当前极端天气事件频发、防洪形势严峻的背景下, 深入研究该系统在防洪调度中的应用, 对于提高碧口水电厂的防洪调度能力、保障流域防洪安全具有重要的现实意义。

1 研究现状

国外在水情测报系统与防洪调度的结合方面起步较早, 相关技术和理论较为成熟。许多国家已经建立了完善的水情监测网络和先进的防洪调度模型, 注重系统的自动化和智能化水平, 在数据采集、传输、分析以及洪水预报等方面取得了显著成果。

国内对水情测报系统在防洪调度中的应用研究也在不断深入。众多学者和实践工作者围绕不同水利工程的水情测报系统展开研究, 探讨了系统在数据处理、洪水预报、调度决策等方面的应用, 提出了一系列具有针对性的方法和策略。

国内外研究虽然在水情测报系统和防洪调度方面取

得了一定成果, 但针对碧口水电厂特定水情测报系统在防洪调度中应用的研究相对较少。本研究将聚焦碧口水电厂, 深入分析其水情测报系统在防洪调度中的具体应用。

2 基本概况

2.1 白龙江流域概况

白龙江流域位于东经 102.5°~105.7°, 北纬 32°~34° 间, 干流发源于甘肃、青海交界的西倾山, 流经甘肃的迭部、舟曲、武都、文县及四川的青川、广元等县、市境地, 于四川广元汇入嘉陵江。流域总面积 31812 平方公里, 其中百分之八十五的面积在甘肃省境内, 白龙江的最大支流白水江在甘肃文县玉垒处汇入, 白龙江上、中、下游三个区, 其水文气象特性差异很大, 干流武都以下、支流文县以下直至碧口大坝这个范围作为本次研究区域, 称区间流域, 它介于白龙江的中、下游过渡带, 兼有两者水文气象特性。白龙江为降雨补给的山溪性河流, 洪水由暴雨形成, 年径流深从上游向下游逐渐增加, 但因主要暴雨区在下游, 所以洪水也集中发生在下游, 实测资料表明, 白龙江年水量的 74%集中在 5~10 月汛期, 2 月份平均流量最小, 9 月份平均流量最大, 7、8、9 三个月为主汛期。

2.2 碧口电厂水情测报系统概况

碧口水库水情自动测报系统于 1993 年建成规模为 1:

10 的系统, 2006 年对水情测报系统进行全面改造, 采用北斗卫星、手机短信、超短波混合通信组网方式, 自报为主的工作体制, 其中主要卫星测站增设手机短信冗余通道。随着下游麒麟寺电站和上游苗家坝电站的建成投入使用, 根据系统需求增加了部分测站, 构成总体规模 1:23 水情遥测系统, 实现了流域水情数据的自动采集、传输、接收与处理。系统中心站结合电厂水调自动化应用系统组建了水调局域网结构, 实现了水务计算、洪水预报调度、水务综合管理、水调信息上传等功能。水情测报系统通信方式采用超短波及卫星, 报讯方式采用定时自报和增量自报两种方式, 汛期采用 8 段制报讯, 当雨量达 1mm, 水位变化达到 2cm 时系统自动启动报讯。

洪水预报采用人工预报与自动预报相结合方式。自动预报采用 24h 滚动实时预报。碧口水库预报断面洪水预报方案采用新安江模型, 预报精度在 85% 以上。但由于降雨主要集中在下游, 预见期较短, 一般为 1~3h, 全流域降雨时预见期最长能达到 4~6h。

3 水情测报系统的重要性

水情测报系统是一种先进的水情信息实时收集处理系统, 也是一种现代化的、非工程性的防洪措施。它应用于通信、遥测和计算机技术, 完成江河、水库、流域内降雨量、水位、流量等参数的实时收集和处理, 以此实现防洪、供水、发电等优化调度、提高防洪能力和水资源利用水平。

碧口电厂水情自动测报系统建成前, 采用人工报讯, 由于报讯站点地处深山, 人烟稀少, 条件十分艰苦, 报务人员难以承受精神压力, 每年上汛安排下点报务人员, 成为企业很棘手的事。而且在人工报讯时, 站点少、测次稀, 受中间(如水文站)约束因素较多, 洪水预报也受手工作业和经验性预报模型的限制, 速度和精度都满足不了碧口水库防洪度汛的要求。1990 年, 在甘肃省电力局的大力支持下, 与南京水利水文研究所合作, 通过四年试验, 于 1994 年建成了全国第一个适合地形复杂地区水库防汛的, 以短波通讯为主, 短波、超短波混合体制式水情自动遥测系统, 从而为电厂水情自动遥测开辟了一条新途径。

水情测报系统建成运行以来, 遥测系统以其快捷、畅通率高、误码低的特点, 预报系统以其高精度的预报成果, 为碧口水电站防洪度汛和水库经济运行提供了科学保证, 也为保护上下游人民生命财产作出了巨大贡献。

4 水情测报系统在防洪调度中的应用

碧口电厂在建成水情测报系统以来, 通过系统雨水情的实时收集处理, 及时精确预报流域内发生的洪水, 为水库防洪以及保护上下游人民生命财产作出了巨大贡献。下面以碧口水情测报系统建成以来遭遇典型洪水进行实例论证。

实例 1: 1998 年 8 月 20 日, 白龙江流域降特大暴雨, 碧口水电站遭遇建厂以来最大暴雨洪水的袭击, 水情自动

测报系统经受住了至建成以来最严峻的考验。此次降雨为局地特大暴雨, 降雨分布十分集中, 主要降在离水库大坝最近的支流让水河和库区, 暴雨中心站降雨量达 257mm, 且集中在 16h 内, 降雨强度、降雨量均系历史罕见。这场暴雨形成的洪水, 来势凶猛, 预见期极短, 水库调度决策, 抢险措施实施的难度非常大, 因水情自动测报系统的良好运行, 给正确决策提供了保证, 雨期系统畅通率达 95% 以上, 数据采集传输准确率达到 100%。从洪水起涨既开始跟踪预报, 预见期很短, 但预报精度较高, 碧口水库“8.20”洪水预报成果。此次洪水入库流量猛增, 而干流和支流白水江入库控制站流量涨势十分缓慢, 认为本次汛情虽然迅猛, 但无后劲。有了可靠水情信息和正确判断, 才使得调度工作有条不紊的进行, 既给下游以充足的抢险准备时间, 又使洪峰安全顺利过坝。

洪峰刚过, 地方防汛部门通知, 上游二次洪峰将至的同时, 距大坝下游二十公里处传来有五名群众被洪水围困在江中沙丘上, 形势万分危急, 决策者需面临加大泄量腾库迎峰还是锐减泄量救人的重大抉择。经过对自动测报水情数据认真分析比较, 认为上游流量无明显上涨趋势, 断然决定减少泄流量, 营救被困人员, 直至被困人员全部脱险上岸。这次现代报讯工具的成功应用和正确的洪水调度, 受到上级主管部门和地方政府的肯定, 碧口水情自动测报系统因此被西北电力集团公司评为 98 年度防汛优质工程, 实践再次证明以水情自动测报系统在关键时刻是可以信赖的。

实例 2: 2010 年 8 月 13 日, 白龙江流域持续暴雨, 引发大面积洪灾, 继甘南舟曲泥石流灾害之后, 再次面临严峻考验。碧口水电厂勇做流域防汛抗洪中流砥柱, 严密部署, 科学调度, 充分发挥碧口与麒麟寺水库梯级拦洪错峰重要作用, 确保下游人民群众生命财产安全。

8 月 13 日凌晨, 甘肃境内白龙江干流遭遇今年入汛以来最大强降雨, 引发江河水势急速上涨, 洪水汹涌泛滥。8 月 13 日 5 时, 碧口水库最大入库洪峰达 2290m³/s, 碧口至下游麒麟寺区间 3 时平均降雨量达 65mm, 下游防汛压力加大, 面对暴雨洪峰, 水情测报系统再次发挥了它的功能, 准确掌握雨水情信息, 为防汛领导小组精准决策部署, 积极应对提供有力技术支撑。各级人员驻站防汛现场, 靠前指挥防汛工作, 准确监测气象降雨, 根据水情雨情信息, 充分发挥梯级调度优势, 发挥水库拦洪错峰作用, 协调下游各防汛单位做好防汛措施。在整个防洪调度过程中, 碧口水库为下游麒麟寺电站削峰 890m³/s, 错峰、滞峰达 6h 之久。科学合理调度, 确保了碧-麒两库防洪度汛安全, 极大减轻了下游地区防洪压力, 人民群众生命财产得到可靠保障, 都是得益于水情测报系统稳定可靠。

实例 3: 2013 年 8 月 6 日晚 22 时开始碧口地区突降大雨, 8 月 7 日凌晨 3 时雨强增大, 主要降雨时段集中在 4 时至 8 时, 降雨强度大, 持续时间长, 最大降雨强度

60mm/h, 碧口累计降雨量 232mm, 碧口至麒麟寺区间累计降雨量达 190mm。此次降雨主要集中在碧口至麒麟寺区间, 降雨强度大, 产生的洪水极为迅猛, 碧口至麒麟寺区间最大洪峰流量 $2400\text{m}^3/\text{s}$, 在麒麟寺水库下泄过程中, 联系协调防汛部门和下游中庙乡政府, 充分考虑碧口镇、下游乡镇洪水承受能力, 因此麒麟寺水库下泄流量的调整始终跟不上洪水的涨速, 碧口水库“8.7”洪水预报成果, 麒麟寺电站最大入库流量 $2860\text{m}^3/\text{s}$ (5 年一遇洪水标准), 通过水情测报系统的监测, 后期降雨减弱, 充分掌握雨水情信息, 为保证下游麒麟寺电站的安全泄量, 碧口水库在入库洪峰流量为 $1450\text{m}^3/\text{s}$ 的情况下, 一直将出库流量保持在 $470\text{m}^3/\text{s}$, 为下游地区和麒麟寺水库错峰、滞洪达 9h, 削峰 1000 多 m^3/s , 若碧口水库不错峰、削峰, 麒麟寺水库洪峰流量将达到 10 年一遇洪水标准 $3690\text{m}^3/\text{s}$ 。

因此, 在碧口地区“8.7”特大暴雨洪水调度中, 水情测报系统稳定运行提供了可靠的基础水情数据, 为碧口水库充分发挥了大中型水库的调洪错峰、滞洪、削峰作用, 承担起企业社会责任, 极大地减轻了下流地区受暴雨洪水造成的灾害和经济损失。

例 4: 2020 年 8 月 11 日~17 日白龙江流域普降大到暴雨、局地大暴雨, 流域碧口水电站最大累计降雨 386mm, 流域连续遭遇两次强降雨过程, 此次累计降水量突破建库以来最大值, 降雨主要集中在白水江、让水河、碧口地区, 两次降雨时间间隔短(仅 24h)、汇流速度快、持续时间

长, 受强降雨影响出现了两次洪峰过程。通过水情自动测报系统的实时监测, 给正确决策提供了保障, 从洪水起涨开始跟踪滚动预报, 达到了很好的预报效果, 碧口水库“8.17”洪水预报成果见图 1。

此次洪水出现双峰过程, 第二次洪峰起涨迅猛, 流量大, 退水过程缓。降水强度大、持续时间长、累积雨量大, 加之与前期强降水区域重叠, 土壤含水量饱和, 形成洪水较快。本次洪水是碧口水库建库以来遭遇的最大洪水, 入库洪峰流量 $5500\text{m}^3/\text{s}$ (8 月 17 日 23 时), 超 50 年一遇洪水($5260\text{m}^3/\text{s}$), 接近 100 年一遇洪水标准($5960\text{m}^3/\text{s}$), 成为历史第二大洪水, 是水文实测以来第一大洪水, 接近历史最大洪水(1871 年 $5810\text{m}^3/\text{s}$), 在此次洪水调度中, 及时掌握气象部门发布的预报预警信息, 根据白龙江、白水江干支流来水形势, 加强与上游电站的联络沟通, 掌握电站泄流情况, 并根据水情监测系统进行综合分析研判, 碧口水库为下游削减洪峰 1000 立方米/秒, 积极发挥了大型水库在防洪中的作用, 得到了水利部长江委员会表扬, 彰显了央企的社会责任。

例 5: 2024 年 7 月 23 日~24 日白龙江流域普降中到大雨、局地暴雨、大暴雨, 流域碧口水电站最大累计降雨 379mm 与“2020 年 8.17”降雨相当。碧口水电站通过水情自动测报系统的实时监测, 提供可靠的水雨情信息, 从洪水起涨开始跟踪滚动预报, 达到了很好的预报效果, 碧口水库“2024 年 7.24”洪水预报成果见图 2。

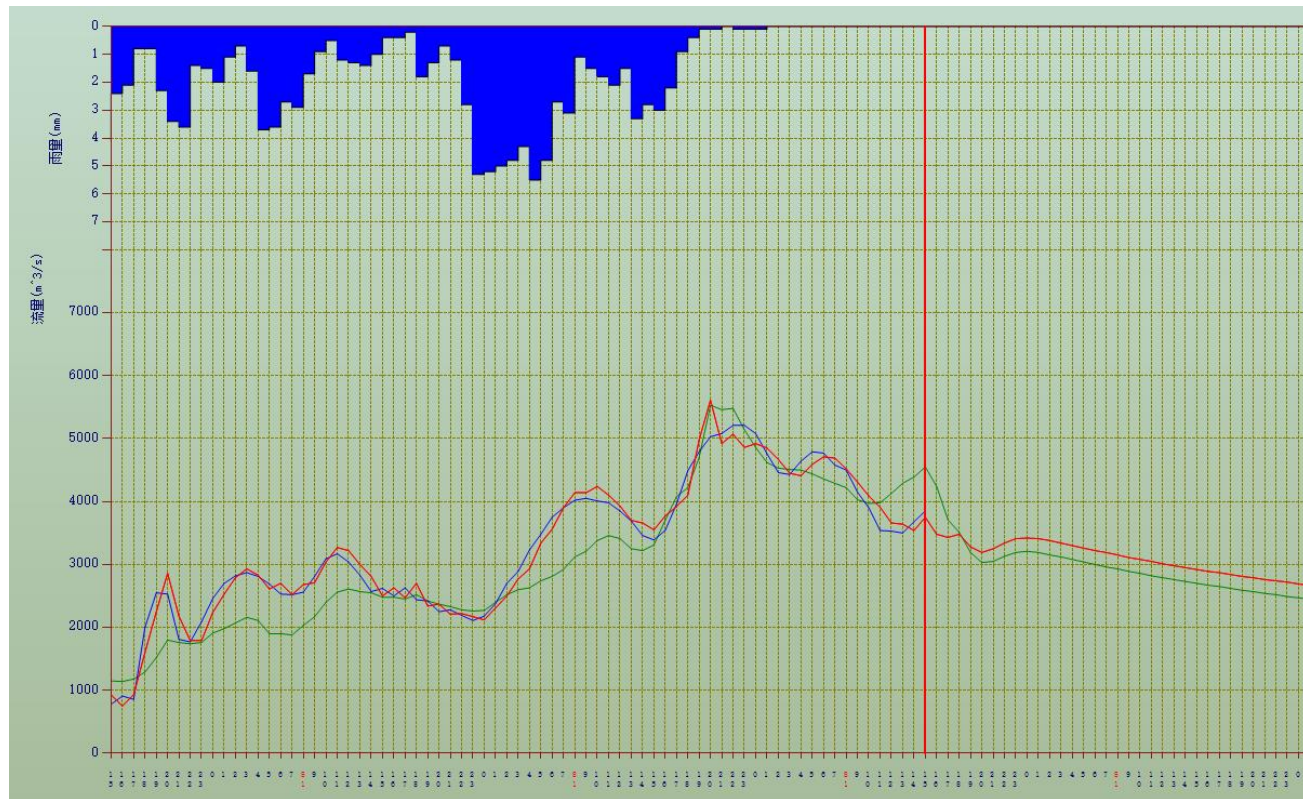


图 1 碧口水库 2020 年“8.17”洪水预报成果

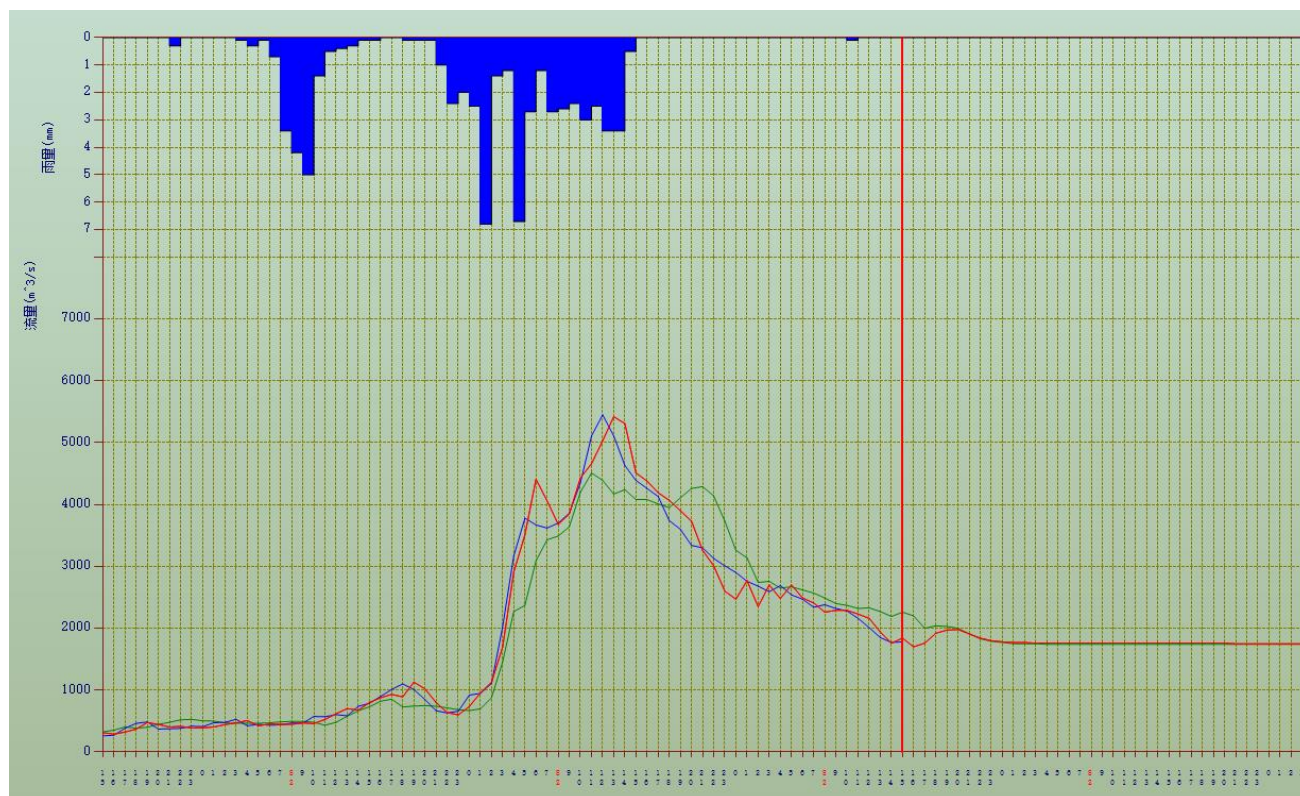


图2 碧口水库2024年“7.24”洪水预报成果

碧口水电厂密切关注流域降雨信息,水库提前腾库迎洪,根据水情测报系统实时监测流域降雨情况,精准掌握流域雨情及上游电站泄水情况,通过水情预报系统精准预报此次洪峰流量在 $5000\text{m}^3/\text{s}$ 左右,与此次最大洪峰流量 $5452\text{m}^3/\text{s}$ 对比,预报精度为92%,通过精准的预报,及时调整洪水调度方案,并根据雨情分析和洪水形势,充分考虑大坝承受能力以及下游碧口镇安全等因素,为减少下游洪水灾害损失,顶住压力持续按照 $3500\text{m}^3/\text{s}$ 控泄出库流量,成功将近碧口水库接近100年一遇洪水削减为10年一遇洪水,成功应对了本次暴雨洪水,充分体现了水情测报系统在防洪调度中的重要作用。

5 结语展望

5.1 结语

碧口水电厂水情测报系统经过不断发展和完善,系统具有数据采集及时准确、预报能力较强、调度决策高效、通信方式可靠等优势,但也存在系统兼容性有待提高、应急响应能力需加强、人员操作水平参差不齐等不足。通过采取提升系统兼容性、增强应急响应能力、加强人员培训、优化预报模型等优化建议,能够进一步提高系统在防洪调度中的应用效果。

该系统是白龙江流域地区功能完整的系统,并且覆盖

流域“两江八河”,链接至上游舟曲,覆盖范围之广,系统运行至今,一直在江河流域防洪中发挥重要的价值,该系统以其及时准确的雨水情信息和高精度洪水预报成果,既为防洪调度实施提供了科学的技术保障,更为保障人民生命财产做出巨大贡献。

5.2 展望

随着信息技术的不断发展,碧口水电厂水情测报系统有望向更加智能化、自动化的方向发展。未来可以进一步加强系统与人工智能、大数据等技术的融合,提高洪水预报的精度和调度决策的智能化水平。同时,应加强流域内各水利工程之间的协同联动,构建更加完善的防洪调度体系,共同应对洪水灾害,保障流域的防洪安全。

【参考文献】

- [1]李深源.水情自动测报系统在岩滩水电站水库调度中的应用[J].红水河,2011(6):5.
- [2]杨光,王晓欣.水情自动测报系统在水库调度中的应用[J].吉林水利,2005(4):3.

作者简介:肖卫国(1982.1—),男,毕业院校:河海大学,所学专业:水文与水资源工程专业,当前就职单位:大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂,职务:集控中心主任助理,职称级别:工程师。