

抽水蓄能电站洪水调节探索

李国昌

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 本文探讨了抽水蓄能电站洪水调节的原理、方法、挑战及解决方案。通过分析洪水组成、泄洪方式及洪水调节成果,揭示了抽水蓄能电站洪水调节的复杂性。面对发电流量与洪水叠加、防洪库容设置及水库调度方式等挑战,提出了优化水库调度策略、加强洪水监测预警及完善防洪设施等对策。这些措施有助于提高抽水蓄能电站的防洪能力,确保电站安全稳定运行。

关键词: 抽水蓄能电站; 洪水调节; 主要挑战; 解决方案

引言

抽水蓄能电站作为电力系统中重要的调节设施,其洪水调节能力对于保障电网安全至关重要。本文旨在深入探讨抽水蓄能电站洪水调节的原理与方法,分析当前面临的挑战,并提出相应的解决方案。通过提高电站的防洪能力,为电力系统的稳定运行提供有力保障。

1 抽水蓄能电站洪水调节原理

抽水蓄能电站的洪水调节原理是一个综合了水力学、水文学和电力系统运行知识的复杂过程。其核心在于通过精确控制水闸的开合,实现对水库水位的动态调整,进而控制水库的下泄流量,以适应不同洪水状况下的需求。在洪水期间,当上游来水流量超过下游河道的承载能力时,如果不进行适当的调节,可能导致下游地区遭受洪水灾害。抽水蓄能电站的洪水调节功能就在于此,通过控制水闸的开度,可以有效地减少水库的下泄流量,从而降低下游河道的防洪压力。具体来说,当预测到即将发生洪水时,电站会提前调整水闸的开度,减少水库的流出,使水库水位上升,以存储更多的洪水。这样,在洪水高峰期,水库就可以通过逐渐开启水闸,将存储的洪水缓慢释放到下游,避免下游河道在短时间内承受过大的流量压力。抽水蓄能电站的洪水调节还需要考虑上水库的发电流量对下水库调洪的影响。在正常情况下,上水库的水位会随着发电流量的变化而波动。但在洪水期间,为了保障下水库的防洪安全,电站需要调整发电计划,减少或暂停发电,以减少上水库的流出,从而为下水库的洪水调节提供更多的空间。抽水蓄能电站的洪水调节还需要考虑水库的库容特性和水工建筑物的结构安全。在调节过程中,需要确保水库的库容得到充分利用,同时避免水工建筑物因水位过高或流量过大而受损^[1]。

2 抽水蓄能电站洪水调节

2.1 洪水组成

洪水组成是抽水蓄能电站洪水调节中的关键要素,它指的是洪水过程中不同流量和历时所构成的复杂水流现象。这种组成直接决定了电站对洪水的调控效果以及下游区域的防洪安全。具体而言,洪水组成可细分为峰前洪水、洪峰流量和峰后洪水三个主要阶段。(1)峰前洪水是洪水过程的起始阶段,通常伴随着流量逐渐增大的趋势,历时相对较长。在这一阶段,电站需要提前评估洪水的发展趋势,并适时调整水闸开度,以增大水库的蓄洪能力,为应对即将到来的洪峰流量做好准备。(2)洪峰流量是洪水过程中的高潮部分,它代表了洪水过程中的最大流量值。在洪峰流量出现时,电站必须严格控制水闸开度,确保下泄流量不超过下游河道的安全泄量,以维护下游河道的防洪安全。电站还需通过合理调度,尽量减小洪峰流量的削峰效果,以保障下游区域的防洪安全。(3)峰后洪水则是洪峰流量之后的阶段,流量逐渐减小,历时相对较短。在这一阶段,电站需要根据下游河道的退水需求和水库的回蓄能力,适时调整水闸开度,以延长退水时间,为水库的回蓄提供更多的时间和空间。洪水组成不仅受到降雨强度、降雨历时等气象因素的影响,还与流域的地形地貌、植被覆盖等自然条件密切相关。

2.2 泄洪方式

抽水蓄能电站的泄洪方式主要包括水闸泄洪、溢洪道泄洪以及结合两者的综合泄洪方式。水闸泄洪是通过控制水闸的开度来调节水库的下泄流量,这种方式具有调节灵活、操作简便的优点,适用于洪水流量变化较大、需要精细控制的情况。溢洪道泄洪则是利用自然地形或人工构筑的溢洪道,在洪水超过水库正常蓄水位时自动溢流,这种方式适用于洪水流量大、需要快速泄洪的情况。在实际应用中,抽水蓄能电站通常会根据洪水预报、水库水位、下游河道状况等因素,选择适合的泄

洪方式或组合使用多种泄洪方式。例如,在洪水初期,可以通过水闸泄洪来精细控制下泄流量,避免下游河道承受过大压力;而在洪水高峰期,可以开启溢洪道进行快速泄洪,以减轻水库的防洪压力。随着技术的不断进步,一些新型的泄洪方式也在抽水蓄能电站中得到了应用,如底孔泄洪、表孔泄洪等。这些新型泄洪方式具有结构紧凑、调节灵活、效率高优点,为抽水蓄能电站的洪水调节提供了更多的选择^[2]。

2.3 洪水调节成果及分析

抽水蓄能电站的洪水调节工作不仅涉及技术操作层面,更重要的是对调节成果的评估和分析。洪水调节成果主要体现在以下几个方面:首先,通过精确的水闸控制和合理的泄洪方式,电站成功地将水库水位控制在安全范围内,避免了洪水对电站自身结构的损害。其次,下泄流量的控制有效减轻了下游河道的防洪压力,保障了下游地区的安全。洪水调节过程中电站的运行状态、水工建筑物的安全性等也得到了全面监测和评估。在分析洪水调节成果时,需要综合考虑多个因素。首先,要对比洪水发生前后的水位、流量等数据,分析电站洪水调节措施的效果。其次,要评估电站的防洪能力是否达到了预期目标,以及是否存在改进空间。最后,还需要对洪水调节过程中出现的问题和不足进行深入分析,找出原因并提出改进措施。

3 抽水蓄能电站洪水调节的主要挑战

3.1 发电流量与洪水过程的叠加

抽水蓄能电站的机组在正常运行时会产生一定的发电流量,这部分流量会直接进入下水库,成为下水库入库洪水的一部分。在洪水期间,当天然洪水与发电流量叠加时,下水库的入库流量将显著增大,对洪水调节工作提出了更高的要求。首先,发电流量与洪水过程的叠加会导致下水库的入库流量波动更加剧烈。在洪水期间,天然洪水的流量本身就不稳定,再加上发电流量的稳定流入,使得下水库的入库流量变化更加复杂。这种波动剧烈的流量变化不仅增加了洪水调节的难度,也增加了下游河道防洪的压力。其次,发电流量与洪水过程的叠加还可能影响洪水调节的效果。在洪水调节过程中,电站需要通过控制水闸开度来调节下泄流量,以适应下游河道的防洪需求。然而,当发电流量与洪水过程叠加时,下水库的出库流量不仅受到水闸开度的影响,还受到发电流量的影响。这可能导致电站无法准确控制下泄流量,从而影响洪水调节的效果^[3]。

3.2 防洪库容的设置

首先,对下游河道的防洪能力和防护对象的重要性

进行精确评估是设置防洪库容的基础。这要求电站对下游河道的洪水特征、地形地貌、河道治理状况等进行深入的了解和分析,还得结合防护对象的性质、规模和重要性等因素,科学合理地确定防洪库容的大小。这样的评估不仅能够确保下游河道的防洪安全,还能为电站的洪水调节提供可靠的依据。其次,防洪库容的设置需要平衡电站的运行效益和经济效益。防洪库容的增大会增加电站的投资成本,包括水库的建设、维护和管理等方面的费用。在设置防洪库容时,需要充分考虑电站的经济实力和投资能力,确保防洪库容的设置既能够满足防洪需求,又不会给电站带来过大的经济压力。最后,防洪库容的设置还需要考虑洪水的不确定性和多变性。洪水具有复杂多变的特点,其发生时间、流量大小、历时等因素都难以准确预测。在设置防洪库容时,需要充分考虑洪水的这些特点,采取适当的措施来应对洪水的不确定性。例如,可以设置一定的防洪库容裕量,以应对可能出现的洪水超标准情况;加强洪水监测和预警系统的建设,提高电站对洪水变化的响应能力。

3.3 水库调度方式的复杂性

抽水蓄能电站的水库调度方式在洪水调节过程中显得尤为复杂,其复杂性主要体现在需要综合考虑多个因素,并在这些因素间找到最佳的平衡点。(1)发电流量是抽水蓄能电站水库调度中不可忽视的因素。在洪水期间,发电流量与洪水过程的叠加会对下水库的入库流量产生显著影响,进而影响水库的调度决策。电站需要精细控制发电流量,确保在保障防洪安全的同时,尽量不损失发电效益。(2)洪水过程的复杂性和多变性也给水库调度带来了巨大挑战。洪水过程包括峰前洪水、洪峰流量和峰后洪水等多个阶段,每个阶段都有其独特的特性和要求。电站需要根据洪水预报信息,提前制定调度计划,并在洪水过程中根据实际情况灵活调整。(3)起调水位的确定,起调水位的选择直接影响到水库的蓄洪能力和发电效益。在洪水期间,电站需要根据洪水预报和下游防洪需求,合理确定起调水位,以确保水库在防洪和发电之间取得最佳平衡。

4 抽水蓄能电站洪水调节的解决方案

4.1 优化水库调度策略

首先,优化水库调度策略需要深入了解抽水蓄能电站的运行特点。抽水蓄能电站的特殊性在于其既能发电又能抽水储能,这种双重功能使得其在水库调度上需要同时考虑发电和防洪的需求。在制定调度策略时,必须全面考虑电站的发电计划、洪水预报信息以及下游河道的防洪需求等因素。其次,洪水调节原理是优化水库调

度策略的重要依据。洪水调节的本质是通过控制水库的下泄流量,达到减轻下游防洪压力、确保电站安全运行的目的。在制定调度策略时,必须遵循洪水调节的基本原理,确保下泄流量的合理控制。在具体优化过程中,可以采取多种技术手段和方法。例如,利用现代水文预报技术,提前预测洪水发生的时间、流量和历时等信息,为水库调度提供科学依据。结合电站的实际情况和防洪需求,制定灵活的调度方案,确保在洪水过程中能够迅速响应并做出合理调整。最后,优化水库调度策略还需要考虑电站的长期运行效益。在制定调度策略时,要充分考虑电站的发电计划、设备状况以及市场需求等因素,确保调度策略不仅能够短期内应对洪水挑战,还能够为电站的长期稳定运行提供有力支持^[4]。

4.2 加强洪水监测与预警

第一,建立全面的洪水监测网络是加强洪水监测与预警的基础。通过在水库上下游、河道沿线以及重要防洪区域设置水位、流量、降雨等监测站点,实时收集洪水数据,形成全面、准确的洪水监测网络。这些监测数据可以为洪水预报提供可靠的基础信息,提高预报的准确性。第二,利用现代水文模型进行洪水预报是提高预报准确性的重要手段。通过构建高精度、高分辨率的水文模型,结合实时监测数据,对洪水发生的时间、流量、历时等要素进行准确预测。还可以利用人工智能、大数据等先进技术对洪水预报模型进行优化和改进,进一步提高预报的精度和效率。第三,加强洪水预警系统的建设也是提高洪水调节效果的重要保障。预警系统可以根据洪水预报结果,及时发布预警信息,提醒相关部门和人员做好防洪准备。预警信息的及时传递和准确发布,对于指导水库调度、保障下游防洪安全具有重要意义。第四,还需要加强洪水监测与预警系统的维护和管理。定期对监测站点进行检查和维护,确保设备正常运行;对预报模型进行更新和优化,以适应不同洪水情况的需求;加强人员培训和技术交流,提高洪水监测与预警系统的整体运行水平。

4.3 完善防洪设施建设

首先,防洪设施的完善需要针对电站的实际情况进

行。电站应根据其地理位置、洪水特性以及下游防洪需求等因素,科学规划防洪设施的建设。例如,在洪水易发区域加强堤防建设,提高堤防的抗洪能力;在重要河段设置拦河坝,以调节洪水流量;在关键位置设置排涝设施,确保洪水能够及时排出。其次,防洪设施的建设应注重技术创新和质量控制。采用先进的建筑材料和施工工艺,提高防洪设施的耐久性和稳定性。加强施工过程中的质量监管和验收工作,确保防洪设施的质量符合相关标准和要求。除了建设新的防洪设施外,对已有防洪设施的维护也同样重要。电站应定期对防洪设施进行检查和维修,及时发现并处理设施存在的问题。对于老旧、破损的设施要及时进行更新改造,确保防洪设施的可靠性和有效性。最后,完善防洪设施建设还需要加强与其他部门的协作和配合。电站应与水利、气象等相关部门建立紧密的合作关系,共同开展洪水监测、预报和预警工作。通过信息共享和协同作战,提高防洪工作的整体效能^[5]。

结语

抽水蓄能电站洪水调节是电站安全运行的关键环节。通过优化水库调度策略、加强洪水监测预警及完善防洪设施建设,可以显著提高电站的防洪能力。以后,随着技术的进步和管理的完善,抽水蓄能电站将在电力系统中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]李大成,朱天生,吴迪,等.基于滑动叠加组合的抽水蓄能电站洪水调节计算模型及应用[J].中国农村水利水电,2024(1):244-250,256.
- [2]宗万波,赵良英.泛谈混合式抽水蓄能电站[J].红水河,2023,42(5):93-97.
- [3]肖鹏飞,赵志高,杨桀彬,等.抽水蓄能电站尾水管水柱分离数值模拟[J].水电与抽水蓄能,2023,9(4):51-55.
- [4]赵江艳,周清平,李思宇,等.抽水蓄能电站洪水调节探索[J].红水河,2022,41(2):15-20.
- [5]王娜.抽水蓄能电站的洪水调节计算[J].东北水利水电,2020,38(2):10-11.