

防洪调度图在山东省大中型水库调度中的应用

张晓明, 郭广军, 方肖晨

(山东省海河淮河小清河流域水利管理服务中心, 山东 济南 250100)

【摘要】结合近年来省内大中型水库汛期实际调度过程,选取了有代表性的3座水库共8场强降雨过程与水库实际调度情况进行重点分析。分析水库防洪调度图的科学性、实用性及存在的问题与不足,为进一步优化调度图的编制和使用提出了建议。

【关键词】山东省;山丘水库;汛期调度;防洪调度图

【中图分类号】TV697

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2024)-12-0017-04

Application of Flood Control Dispatching Map in Large and Medium-sized Reservoir Dispatching in Shandong

ZHANG Xiaoming, GUO Guangjun, FANG Xiaochen

(Haihe River, Huaihe River and Xiaoqinghe River Basin Water Conservancy Management and Service Center of Shandong Province, Jinan, Shandong 250100, China)

Abstract: Combined with the actual operation process of large and medium-sized reservoirs in flood season in recent years, a total of 8 heavy rainfall processes of 3 representative reservoirs and the actual operation situation of reservoirs were selected for analysis. This paper analyzes the scientific feature and practicability of reservoir flood control dispatching diagram, existing problems and shortcomings, and puts forward suggestions for further optimizing the preparation and use of the dispatching diagram.

Key words: Shandong Province; Hill reservoir; Flood season operation; Flood control dispatching map

水库调度是水库运行管理最重要的工作,也是水库防汛与管理工作的重点任务。防洪调度图是水库防洪调度的重要辅助工具。在山东省半个多世纪的水库调度实践中发挥了重要作用,目前仍是基层水利管理人员进行水库调度的主要参考工具。本次调研课题结合近年来山东省内大中型水库汛期实际调度过程,选取了有代表性的3座水库共8场强降雨过程与水库实际调度情况进行重点分析。分析各水库实际调度过程与批复的汛期调度计划和防洪调度图之间存在的差异,前期影响降雨对水库入库洪水的影响等问题,在此基础上提出防洪调度图的修改完善建议和后汛期遭遇强降雨水库调度的建议。

1 山丘水库汛期调度概况

山东省的山丘水库具有流域面积较小,河道

比降大、源短流急,洪水暴涨暴落等特点。同时,由于山东省属暖温带季风气候区,降雨量年际年内分配极不均匀,往往集中于汛期1~2场暴雨,随着水资源的日益紧缺,防洪与兴利矛盾更加突出,对水库的防洪调度提出了更高的要求。

从1978年开始,山东省逐步建立了一套切合山东省实际的洪水调度方案的编制、审批和执行业务。水库汛期防洪调度的原则是在确保工程安全的前提下,统筹处理好保工程安全、保下游安全、保蓄水兴利三者的利益,并尽量减轻库区淹没损失,充分发挥水库兴利除害的作用。由于山东省暴雨主要集中在7、8月份的1~2场暴雨中,水库蓄水也主要靠汛期降雨。根据气候特点和水库的工程特点,目前山东省水库调度仍然是

收稿日期:2024-05-06

作者简介:张晓明(1988—),男,工程师

将汛期划分为3个阶段,汛前、汛中、汛后对水位进行分级控制。

2 水库防洪调度图

防洪调度图以库水位(雨前蓄水位和允许壅高洪水位)为纵坐标,24 h 净雨量(或 24 h 径流深,中型水库一般采用净雨量、大型水库一般采用径流深,与水库设计时采用的洪水计算方法有关)为横坐标。纵坐标从死水位起至防浪墙顶(无防浪墙的至坝顶)止,横坐标从 0 起至所需的 24 h 净雨量(或 24 h 径流深)止。按不同的泄洪方式计算绘制调度区边界线(即抗洪能力线),各调度区边界线将调度图划分为不泄水区、可限制泄洪区、自由泄洪和超标准运用区。

为了实时调度查图方便,防洪调度图的右边应标绘各级特征水位及防浪墙顶、坝顶、溢洪道堰顶高程等指示线,在调度图下方应绘出降雨径流关系($P+Pa \sim R_{24}$ 或 $P+Pa \sim Y_{24}$)曲线,以便将流域平均降雨量转换为 24 h 净雨量(或 24 h 径流深)后查用调度图,如图 1 所示。

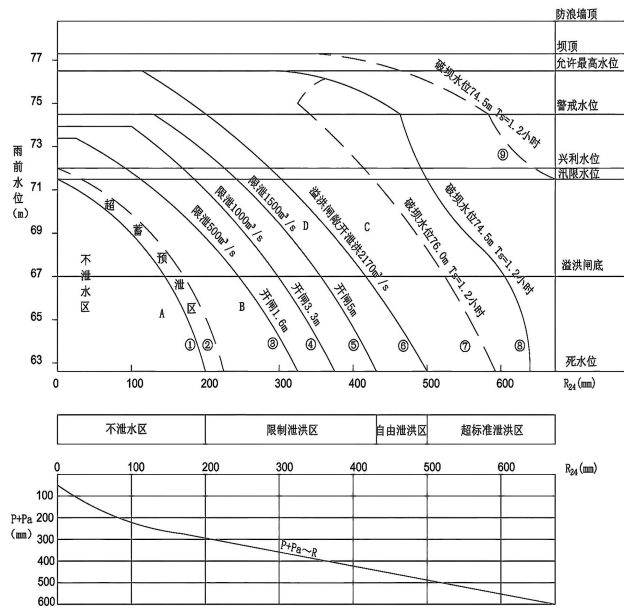


图 1 某水库防洪调度图

降雨开始后,根据实际的雨前水位和降雨量,由 $P+Pa \sim R_{24}$ 或 $P+Pa \sim Y_{24}$ 曲线将面雨量转换为 R_{24} 或 Y_{24} ,即可应用调度图,迅速判定其所属的调度区,选定最优泄洪方式,预估最高库水位和最大泄洪流量。将泄洪过程与下游区间洪水组合演进,还可预报下游河道的洪峰流量。按自由泄洪区边界线还可查得相应雨前水位的水库现

有抗洪能力,根据实际降雨量和雨前库水位,查防洪调度图即可迅速选定合理泄洪方式,并预估出不同泄洪方式下水库将出现的最高水位和最大泄流量,为临汛调度指挥和防洪抢险决策,争取了提前准备的时间。

3 调度图的应用

3.1 淄博市萌山水库

萌山水库的汛中限制水位是 83.00 m。2022 年是萌山水库降雨较充沛的一年,共发生较大降雨 4 次,选取其中 3 次进行分析:

1)7 月 5 日-6 日降雨调度过程。7 月 5 日-6 日萌山水库流域降雨 95 mm,入库洪峰 $88.9 \text{ m}^3/\text{s}$,最大下泄流量 $30 \text{ m}^3/\text{s}$,雨前水位 82.46 m,雨后水位 82.33 m,最高水位 82.70 m。若按调度图查算,水库最大泄洪流量应在 $180 \text{ m}^3/\text{s}$ 左右,水库最高水位约 83.1 m。根据实际调度过程可知,水库的最大下泄流量仅仅 $30 \text{ m}^3/\text{s}$,最高水位也未超过汛中限制水位。调度图与实际情况差别较大,分析原因:一是降雨时程比较均匀,雨型不恶劣;二是水库刚进入主汛期,前期降雨较少,土壤前期影响降雨量偏低。

2)7 月 11 日-12 日降雨调度过程。7 月 11 日-12 日萌山水库流域降雨 115 mm,入库洪峰 $307.8 \text{ m}^3/\text{s}$,最大下泄流量 $120 \text{ m}^3/\text{s}$,雨前水位 82.43 m,雨后水位 82.48 m,最高水位 82.96 m。若按调度图查算,水库最大泄洪流量应在 $220 \text{ m}^3/\text{s}$ 左右,水库最高水位约 83.15 m。根据实际调度过程可知,水库的最大下泄流量仅仅 $120 \text{ m}^3/\text{s}$,最高水位也未超过汛中限制水位,已经接近汛限水位 83.00 m。调度图预测与实际情况有差别,分析原因:一是降雨时程比较均匀,雨型不恶劣;二是水库在降雨初期就进行小流量预泄,为后期调洪赢得了主动。

3)10 月 1 日-3 日降雨调度过程。10 月 1 日-3 日萌山水库流域降雨 202 mm,入库洪峰 $286 \text{ m}^3/\text{s}$,最大下泄流量 $60 \text{ m}^3/\text{s}$,雨前水位 82.68 m,雨后水位 82.72 m,最高水位 83.25 m。若按调度图查算,水库最大泄洪流量应在 $450 \text{ m}^3/\text{s}$ 左右,水库最高水位约 83.78 m。根据实际调度过程可知,水库的最大下泄流量仅仅 $60 \text{ m}^3/\text{s}$,最高水位 83.25 m,仅仅超过汛限水位 25 cm。调度图预测

与实际情况有差别,分析原因可能是降雨时程比较均匀,雨型不恶劣。

综上,经对萌山水库3场次较强降雨的调度过程进行分析,综合考虑雨型、水库预泄、前期影响降雨量等因素外,可以得出以下结论:历次水库调度过程的实际最大下泄流量和水库最高库水位均较防洪调度图查算值偏低很多,说明萌山水库的加固设计选用雨型过于恶劣,导致调度图偏于保守。

3.2 沂水县沙沟水库

1)2018年8月19日降雨调度过程。8月19日,沙沟水库流域降雨188 mm,入库洪峰418 m³/s,8月19日10:06起闸调洪,闸门全开(3孔)开高0.08 m泄洪流量9.0 m³/s,14:00开高提至0.80 m,泄洪流量78.0 m³/s;20:30开高提至1.10 m,泄洪流量132 m³/s,最大泄洪流量150 m³/s(8月20日2:00),8月20日2:00达到最高水位232.15 m。

若按调度图查算,水库最大泄洪流量应在240 m³/s左右,水库最高水位约233.00 m。根据实际调度过程可知,水库的最大下泄流量仅150 m³/s,最高水位232.15 m。本次调度图与实际情况有差别,分析原因是水库进行了小流量预泄。

2)2019年8月10日降雨调度过程。8月10日,水库流域降雨348 mm,入库洪峰880 m³/s。8月11日5:24起闸调洪,闸门全开(3孔)开高0.70 m泄洪流量54.0 m³/s,6:30开高提至0.90 m,泄洪流量84.0 m³/s;9:00开高提至1.10 m,泄洪流量121 m³/s;16:24开高提至1.55 m,泄洪流量204 m³/s,最大泄洪流量204 m³/s(8月11日16:24),最高水位为8月11日16:24时的234.45 m。

若按调度图查算,水库最大泄洪流量应在860 m³/s左右,水库最高水位约236.30 m。根据上述实际调度过程可知,水库的最大下泄流量仅204 m³/s,最高水位234.45 m。本次调度图与实际情况有差别,分析原因可能是水库的防洪调度图采用的雨型比较恶劣,与实际发生的雨型相差较大。

3.3 莱芜区雪野水库

1)2019年遭遇台风“利奇马”洪水调度情况。2019年8月10日11时至13日10时,雪野水库流域平均降水278.2 mm。雨前水位230.50 m,库容12 511万m³;11日12:00,形成最大洪峰流量

793.3 m³/s,此时水库泄洪217 m³/s(尚未达汛限水位);12日1:32,水库水位达到汛限水位232.74 m;12日19时,水位233.17 m,库容16 027万m³,超汛限水位0.43 m,水库达最大泄量250 m³/s;13日17:24,水库水位回落至汛限水位。至14日22:00,本次调洪过程基本结束。本次降雨泄洪闸共调出水量5 916.06万m³,72 h总来水量为7 107.62万m³。

若按调度图查算,水库最大泄洪流量应在700 m³/s左右,水库最高水位约234.20 m。根据上述实际调度过程可知,水库的最大下泄流量仅250 m³/s,最高水位233.17 m。本次调度图与实际情况有差别,分析原因可能是降雨时程比较均匀,雨型不恶劣,且水库在未达汛限水位的情况下提前开闸预泄,争取了主动。

2)2021年9月19日洪水调度情况。2021年9月19日0时至20日6时,雪野水库流域平均降水179 mm。雨前水位232.36 m,库容14 905万m³;20日0:40形成最大洪峰流量1 056 m³/s;20日6:00,水位233.62 m,库容16 681万m³,超汛限水位0.88 m,为水库历史最高水位;21日5:30,水库水位回落至汛限水位。22日8:00水位232.42 m,库容14 988万m³,本次降雨调洪总量4 333.4万m³,72 h总来水量为4 238.26万m³。水库自19日18:00开始小流量泄洪20 m³/s,20:40分加大到60 m³/s,至20日2:00逐步加大到300 m³/s,至21日6:00减小至200 m³/s,7:00减少至100 m³/s。

若按调度图查算,水库最大泄洪流量应在600 m³/s左右,水库最高水位约233.56 m。根据上述实际调度过程可知,水库的最大下泄流量仅300 m³/s,最高水位233.62 m。本次调度图与实际情况有差别,水库实际下泄流量远低于按照水库调度图查算的泄量,最高水位基本一致。分析原因主要是水库的降雨—径流关系曲线与实际差别较大,实际降雨时程不如调度图的雨型恶劣。

3)2022年7月12日洪水调度情况。2022年7月11日19时—12日15时,雪野水库流域普降大暴雨,平均降雨196 mm,单点最大雨量为娘娘庙站258.6 mm。其中,12日8时至14时,6 h流域平均降雨171.2 mm,降水等级为特大暴雨。7月12日8时,水位231.31 m,库容13 626万m³;

14:42, 水库水位达到汛限水位 232.74 m; 15:00, 形成最大洪峰流量 $2\,101\text{ m}^3/\text{s}$; 18:00, 水库水位 233.32 m, 库容 16 361 万 m^3 , 超汛限水位 0.58 m; 7 月 13 日 10:30, 水库水位回落至汛限水位 232.74 m。

水库至 12 日 10:00 开闸泄洪 $50\text{ m}^3/\text{s}$, 11:15 分加大至 $100\text{ m}^3/\text{s}$, 而后逐步加大, 至 16:40 加大至 $550\text{ m}^3/\text{s}$, 17:00 至 19:30 达到最大泄量 $600\text{ m}^3/\text{s}$, 随后逐渐减小, 13 日 16:30 减少至 $150\text{ m}^3/\text{s}$, 一致持续到 17 日。

若按调度图查算, 水库最大泄洪流量应在 $480\text{ m}^3/\text{s}$ 左右, 水库最高水位约 233.32 m。根据上述实际调度过程可知, 水库的最大下泄流量 $600\text{ m}^3/\text{s}$, 最高水位 233.35 m。本次调度图与实际情况有差别, 水库实际下泄流量高于按照水库调度图查算的泄量, 最高水位基本一致。分析原因可能是本次 7 月 12 日降雨雨型更加恶劣。

4 建 议

水库防洪调度图是以工程设计指标为控制条件, 根据降雨径流关系, 结合水库水位—泄量关系形成的一种简单便捷的水库调度的参考工具。根据近年来调度图在实际应用中的表现、存在的问题, 为更好地指导山东省水库调度, 提出以下建议:

1) 任何一座水库任意一次流域降雨过程、降雨量与水库实际来水过程、来水量都是不同的。对于用暴雨资料推求设计洪水的中型水库而言, 水库的 $P+Pa\sim R$ 关系曲线一般是根据“山东省大中型水库防洪安全复核办法”中山东省不同分区而选用的经验值, 该经验值是本区域有限统计数据的经验化应用, 不可能完全代表每座水库的具体情况。故每座水库都应该积累自己的长系列资料统计系列, 以便制定自己的 $P+Pa\sim R$ 关系曲线。

2) 实例表明, 同样大小的一场降雨, 入库洪峰和入库洪量却存在着巨大的差别。建议每座水库根据长期观测资料, 分析计算水库流域特定日期的 Pa 值。由于汛期强降雨一般发生在 7 月、8 月, 为更好分析计算 7 月、8 月特定一天的 Pa 值, 往往需要从汛前的 4 月、5 月就要开始记录每天

的降雨情况, 用经验公式来计算特定日期的 Pa 值, 每个水库应该结合自身的长期工程监测和资料积累, 找到适合自身水库的 Pa 值的分析计算方法。

3) 对有闸控制的水库, 由控制泄洪转为自由敞泄时严格把控。每次降雨的实际雨型与调度图的计算雨型不可能完全一致, 上游蓄滞水工程的蓄满程度又是变数, 故在查图初选泄洪方式后, 根据实际来水量或实测单位线推算的洪水量校正并调整泄洪方式。特别是水库由保下游安全转变为保大坝安全的转折点上更需要精准把控、科学施策。对于大部分水库而言, 溢洪闸敞泄的流量往往远大于控制泄洪的流量, 一旦溢洪闸敞泄可能对下游的部分目标带来毁灭性冲击。因此, 转折点的把握上需水库调度部门和技术人员要根据落地雨实际情况及后续降雨的预测和水库洪水的入库过程来综合判断, 合理决策, 以保证水库防洪效益的最大化。其次, 通过调研发现, 调度图在进行水库设计时为了安全起见, 大都取的偏于保守, 采用的雨型同近年来实际发生雨型相对比, 远偏于恶劣。

4) 大型水库的设计洪水一般采用实测流量法, 为与水库设计保持一致性, 现行防洪调度图采用了 24 h 径流深的概念, 在没有入库站的前提下, 水库调度仍然是根据流域降雨情况来制定调度方案。为便于实际应用, 建议将来无论大、中型水库都将 24 h 净雨作为调度图的横坐标, 大型水库径流深和净雨的关系可以作为中间过程。

5) 根据萌山等水库实际调度经验, 水库科学预泄是争取调度主动, 减少下泄洪峰的有效途径, 有条件的水库应进行积极尝试。

5 结 语

本此调研结合山东省部分大中型水库近年来水库调度的工作实际, 分析了山东省现在使用的防洪调度图在实际应用中存在的问题, 并提出了下一步改进完善的方向, 以期将来对防洪调度图进一步完善提升。

(责任编辑 崔春梅)