

某小型水库抗雨能力研究分析

Research and Analysis on Anti-rain Capacity of a Small Reservoir

汪彭生¹ 邵欣² 范智强¹ 刘丽¹ 刘云峰¹

Pengsheng Wang¹ Xin Shao² Zhiqiang Fan¹ Li Liu¹ Yunfeng Liu¹

1. 雅砻江流域水电开发有限公司 中国·四川 成都 610051

2. 成都理工大学工程技术学院 中国·四川 乐山 614007

1. Yalong River Hydropower Development Company Ltd., Chengdu, Sichuan, 610051, China

2. The Engineering & Technical College of Chengdu University of Technology, Leshan, Sichuan, 614007, China

摘要: 对已经建成的水库来说,在保证工程质量的前提下,它的抗雨能力主要取决于当时的水库水位。当前,中国辽宁省小型水库的防洪现状是病险水库较多,河流堤防防洪标准普遍偏低,再加上排涝设施老化失修,很大程度上降低了防洪减灾的能力。为了改变辽宁省的防洪现状,提高防洪效益和洪水资源利用率,论文通过对某小(I)型水库的现状进行抗雨能力分析,并根据当时的雨情、水情和天气预报,迅速判定水库未来的安全程度,在汛期根据气象预报或实测的降雨量,就可以判断出水库的抗雨能力是否足够,为调度机构及水库管理单位提供决策依据,以及及时采取措施确保水库和下游安全度汛,并为后续水库除险加固立项提供依据。

Abstract: For the completed reservoir, on the premise of guaranteeing the quality of the project, its ability to resist rain mainly depends on the reservoir water level at that time. At present, the flood control status of small reservoirs in Liaoning Province, China is that there are many dangerous reservoirs, the flood control standard of river embankments is generally low, and the aging and out-of-repair of drainage facilities greatly reduce the flood control and disaster reduction capacity. In order to change the current situation of flood control in Liaoning Province and improve the efficiency of flood control and utilization rate of flood resources, this paper analyses the current situation of a small (I) type reservoir and quickly determines the future safety level of the reservoir according to the rainfall, water and weather forecast at that time. During the flood season, according to meteorological forecast or actual measured rainfall, it can be judged whether the capacity of the reservoir is adequate or not. Provide decision-making basis for dispatching agency and reservoir management unit, take timely measures to ensure safe flood season for reservoir and downstream, and provide basis for subsequent reservoir risk removal and reinforcement.

关键词: 抗雨能力分析; 除险加固; 水库调度

Keywords: anti-rain capacity analysis; risk removal and reinforcement; reservoir operation

DOI: 10.12346/edwch.v1i1.6932

1 引言

辽宁省位于中国东北,介于东经 118° 50' ~125° 46'; 北纬 38° 43' ~43° 29', 地貌受燕山期以来的构造运动控制,整个地势大体自北向南,自东、西向中部倾斜。总面积 14.57 万 km²,其中平原占 35%,山地占 43%,丘陵占 22%。

降雨由于天气系统、水汽来源、地形等因素的影响,降雨量在年内的分配不均十分显著,6—9 月降雨量约占全年

总降雨量 75%,汛期雨量又多集中在几次大暴雨中。我省的洪水均为暴雨所形成,大暴雨和特大暴雨持续时间,一般为 1~2 天,最短为数小时到数十小时,最长达 3 天左右,洪水出现期和暴雨集中期一致。3 日洪量多决定于 24 小时雨量,5~7 天洪量多决定于 3 日雨量。

省内小型水库多达数百座,从防洪现状来看,河流堤防防洪标准普遍偏低,病险水库较多,再加上排涝设施老化失

【作者简介】汪彭生(1989-),男,中国安徽安庆人,硕士,高级工程师,从事水电工程项目管理等相关研究。

修,严重地降低了防洪减灾的能力。

为改变辽宁省的防洪现状,提高防洪效益、提高洪水资源利用率,论文以辽宁省某小(I)型水库现状分析为例,进行抗雨能力分析。

2 抗雨能力分析理论基础

水库的抗雨能力,是指在某一蓄水位下,能够安全防御多大洪水不出险。如果水库水位很低,空库容很大,说明这时的抗雨能力强^[1,2],能拦蓄较多洪水;否则,若连续降雨,水库水位已蓄的较高,留存库容已经不多时,水库的抗雨能力就较低,因而危险性也就增大。所以对已成水库来说,在保证工程质量的前提下,它的抗雨能力主要取决于当时的水库水位^[3,4]。

在水库运用的过程中,由于坝顶高程和溢洪道顶高程以及库容曲线和泄洪曲线等都是已知的,故可预先对水库不同水位算出可能拦蓄的水量,或换算为允许最大降雨量,应用时可根据当时的雨情、水情和天气预报,迅速判定水库未来的安全程度,以便水库管理单位和有关部门心中有数,及时采取措施,确保水库和下游安全度汛。

水库抗雨能力图表的计算方法随洪水预报的产流、汇流计算方法不同而不同,又随调洪计算方法而不同。中、小型水库在溢洪道上常常不设闸门,并常用简化三角形法做调洪演算,产流计算则常用洪水径流系数法。本次计算就采用这种条件为线索来叙述水库抗雨能力^[5,7]。一般可按照水库不溢洪和溢洪两种工况计算抗雨能力。

降雨强度说明如下:

小雨:雨点清晰可见,没漂浮现象;下地不四溅;洼地积水很慢;屋上雨声微弱,屋檐只有滴水;12小时内降水量小于5mm或24小时内降水量小于10mm的降雨过程。

中雨:雨落如线,雨滴不易分辨;落硬地四溅;洼地积水较快;屋顶有沙沙雨声;12小时内降水量5~15mm或24小时内降水量10~25mm的降雨过程。

大雨:雨降如倾盆,模糊成片;洼地积水极快;屋顶有哗哗雨声;12小时内降水量15~30mm或24小时内降水量25~50mm的降雨过程。

暴雨:凡24小时内降水量超过50mm的降雨过程统称为暴雨。根据暴雨的强度可分为暴雨、大暴雨、特大暴雨三种。暴雨:12小时内降水量30~70mm或24小时内降水量50~100mm的降雨过程。大暴雨:12小时内降水量70~140mm或24小时内降水量100~250mm的降雨过程。特大暴雨:12小时内降水量大于140mm或24小时内降水量大于250mm的降雨过程。

3 抗雨能力分析计算

3.1 抗雨能力计算理论

①水库不溢洪情况下(即水库水位不超过溢洪道顶时)的抗雨能力计算。

假定不同的现时水位 Z_0 ,由库容曲线查得相应库容 V_0 ,可以蓄洪的库容 V_1 等于溢洪道堰顶高程的相应库容减去现时库容 V_0 ,则流域平均允许最大降雨量为:

$$\lambda_1 = \frac{10V_1}{\alpha F}$$

式中: V_1 ——现时水位到溢洪道顶之间还可以蓄洪的库容,104 m³;

α ——洪水径流系数,根据前期降雨量情况确定,为了简化,这里按前期大雨、中雨、小雨或无雨几种情况,分别采用不同的径流系数;

F ——水库集水面积,km²;

10——单位换算系数。

②水库溢洪时库水位不得超过允许最高洪水位的抗雨能力计算。

如果水库的起始水位低于溢洪道顶,则该时水库可以防御的洪水量包括三部分:

第一,现时水位到溢洪道顶的蓄洪库容 V_1 ;

第二,溢洪道顶高程到允许最高洪水位的滞洪库容 $V_{\text{滞}}$;

第三,洪水过程线内由溢洪道下泄的水量 $V_{\text{泄}}$ 。

三部分相加,即为水库可以防御的洪水量 V 。

3.2 水库抗雨能力

可通过计算水库抗雨能力曲线是指水库水位 Z_0 和允许最大降雨量 X 的关系曲线。并在汛期,根据气象预报或实测的降雨量,就可以判断出水库的抗雨能力是否足够,以便及时采取措施。

①如预报或实测的降雨量比当时库水位所查出的 X_1 小,亦即在 $Z \sim X$ 曲线的左边时,说明水库抗雨能力足够,不会溢流;

②若预报或实测的降雨量大于所查出的 X_1 ,但小于 (X_1+X_2) ,即落在两条曲线之间,说明水库水位要超过溢洪道顶高程,即将要溢洪,虽不致超过允许最高水位,但须加强水库本身及下游防汛工作;

③若预报或实测的降雨量大于 (X_1+X_2) ,即在 $Z \sim (X_1+X_2)$ 曲线的右边,则说明库水位将超过允许最高洪水位,严重威胁大坝安全,必须立即采取有效措施(如提前放水腾空库容、炸开非常溢洪道等),以确保大坝安全。

4 某小型水库抗雨能力分析

本次分析的是某个小型水库在库水位为正常蓄水位时允许的最大降雨量,通过计算水库允许最大降雨量,对不同降雨量条件下可能进入警戒状态进行说明,一目了然便于水库管理部门和上级领导准确快速掌握水库抗雨能力情况,把握全局、科学合理、第一时间作出决策,确保人民群众生命财产安全。

笔者以某小型水库为例,选取前期降雨量(7月18日—7月20日)降雨量之和为30.8mm,经过分析,发现在前

期大雨的情况下,某水库在后续经历降雨量超过 400 毫米时将处于警戒状态,抗雨能力较差,应该尽快加固,相关分析结果可为后续水库除险加固立项提供依据。

5 防汛决策支持系统构成

在防汛决策支持系统的构成标准中,要考虑水库能否抵御暴雨洪水的能力。对于计算区域而言,要计算水库所能拦截的蓄水量,将最大允许降雨量设定为“X”。就可以通过“X”的不同轴线距离,了解设计洪水水位以及汛限水位。与以往相比,防汛决策支持系统需要注意以下几项影响因素:

①材料。与抗洪能力是否密切相关,分析流域降水以及地区土壤饱和度,了解其抗洪能力。此外,对于流域的前期降水量以及土壤饱和度,要了解抗雨能力。例如,产流量多且土壤相对饱和,水库能够容纳的降雨量较小。

②剩余防洪库容与抗洪能力具有密切关联。若水库水位偏低,且防洪库容偏大,水库可容纳的降雨量较多。而反之,水库水位的偏高就会使水库自身的防洪能力偏小。泄洪道的泄洪能力与抗雨最终的效果有密切关联,设定已知条件。了解已知条件未变时,拥有较大气候能力的出库水量较多。

③降雨时程分配与抗雨因素关联。在特定时间内降雨时,改变原有的产流过程,对于短时间、高强度的强降雨,有可能会产生均匀性以及不均匀径流。因此,不同的降雨过程会使水库入水的过程有明显差异,产生间接影响,并进一步改变抗洪能力。

为了便于理解防汛决策支持系统的特点,要设置水库的起始水位以及最大的承载量。以溢洪道顶以上、不超过溢洪道顶设置两大原则。编制水库抗雨能力查算公式,以最终影响“P”“A”作为参数。在水位不超过洪道抗雨能力计算下,设置平衡方程式。如 W 为“防”、V 为“溢”、 V_1 为“起”、 V_2 为“拦”。公式 $W=V-V_1=V_2$, $R=10W$ 防 F。通过公式,就可以了解彼此之间的空余扩容。并按照该扩容量,确定径流深。径流深不同的 pH 值确定最大允许降雨量“P”值。采取水下平衡方程式计算,分析泄洪道一次洪水水量。例如,以洪水大小变量进行固定值计算,按照流程推导公式,可以设置以下环节:

第一,以三角形 a、b、c 作为水库的入流过程模拟均衡系数。设置泄洪道水位上涨点,在四边形 A、B、C、D 的面积均衡总量设置中,要考虑库容以及水位计算的最高允许范围。了解各水位之间的库容差异。

第二,结合降雨径流相关图,设置 P+PA 值,按照不同的 PA 值计算最大降雨量。

第三,在此基础上制作水库抗雨计算表,并绘制抗雨基本能力分析图。

第四,在实例验证以及分析上,以 24H 短时暴雨为案例进行分析。了解洪水历史、调洪洪量以及最大流量组成的简化三角形,以 W 值、Q 值为参考量最大流量范围。

采用文中所述抗雨能力计算方法,计算 2020 年汛期几次强降雨中各水库设计洪水水位以下和汛限水位以下的抗雨能力,经检验可知:汛前水位以下抗雨能力较小的水库出现超过水库汛限水位以下抗雨能力的强降雨时,通过抗雨能力计算大多发生了溢洪,这基本符合预测结果;此外,还可以采用方法 2:洪水调节计算,若以汛前水位作为水库起始水位时,利用简化三角形洪水过程线参与调洪的洪量 W 调,即通过溢洪道下泄的水量与水库滞留在水库中的水量。水库抵御的最大降雨量利用洪水调节计算, $P=R=W$ 调 / (0.1F)。设计洪水水位以下的抗雨能力计算结果误差均在规定的许可误差范围 20 mm 以内,合格率达到 100%。深入分析发现,采用 5 年一遇泄洪历时重现期和水库设计 / 校核洪水泄洪历时两种不同重现期,这是导致两种方法计算结果不同的主要原因。

6 结语

论文以某小型水库为例,在前期为大雨的情况下,根据当地县市水情、雨情和天气预报及水库当前的水位情况,对即将进入警戒状态的水库提前做好防范。通过对水库的抗雨能力分析可知作为范例的某小型水库在抗雨能力不足。

分析成果可为相关调度机构在上下游水库梯级调度时提供参考,确保流域的安全度汛。也为该水库后续实施除险加固立项提供了依据。通过建设防汛决策支持系统,提出考虑水库泄洪情况且适合小型水库特点的抗雨能力计算方法。水库抗雨能力计算成果是水库与乡镇管理人员、水库主管部门和防汛决策的重要依据,应结合水库实施水位掌握现状抵御洪水和暴雨能力,进一步提升水库预报准确性和预警工作效率,在水库防汛调度时掌握主动权,及时采取有效的措施最大程度地降低洪水灾害影响。在防汛工作中建立的小型水库抗雨能力计算成果得到了应用和检验,解决了小型水库抗雨能力实时动态掌握的难题,为采取有效的应对措施和防汛决策提供了强有力的支撑。

参考文献

- [1] 刘祥军,侯召成.水库防洪调度研究发展趋势[J].水利发展研究,2005(4):12-14.
- [2] 王立彬,燕乔,毕明亮.提高小型病险水库防洪能力的措施研究[J].湖北水力发电,2009(6):26-28+34.
- [3] 孙桂华.洪水风险分析制图实用手册[M].北京:水利电力出版社,1992.
- [4] 辽宁省大连市水利局.加强中小型水库管理确保兴利除害[J].东北水利水电,1992(2):77-79.
- [5] 朱桂英.小水库除险加固工作[J].河北农业科技,1989(1):12-13.
- [6] 唐继业,单丽,江秋兰.辽宁省无资料地区设计暴雨洪水计算方法的研究[J].水土保持科技情报,2003(2):38-43.
- [7] 李小牛.论病险水库的除险加固[J].山西水利,2007(2):119-120.