

DOI:10.3969/j.issn.1004-4701.2017.5.11

团结水库抗暴雨能力分析

谢水石

(江西省赣州市水文局,江西 赣州 341000)

摘要:本文旨在以团结水库为例提出一种分析水库抗暴雨能力的新方法,该方法产汇流计算采用新安江模型,并以反推入库资料率定模型参数,假定暴雨根据实测降雨数据进行设计.经验证,该方法可行,设计成果较可靠,可作为水库调度的参考依据.

关键词:团结水库;抗暴雨能力;新安江模型

中图分类号:TV 697 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2017)05-0360-06

1 水库概况

团结水库位于江西省宁都县梅江上游,控制流域面积412 km²,是一座以防洪、灌溉为主,兼顾发电、养殖等综合效益的大(2)型水库。正常蓄水位242.00 m(黄

海高程,下同),主汛期汛限水位241.00 m,后汛期汛限水位242.00 m,死水位235.60 m,防洪高水位244.06 m,设计洪水位244.29 m,校核洪水位245.53 m;总库容1.457亿 m³,兴利库容7 800万 m³,死库容4 280万 m³,水面面积11.25 km²,系湖泊型年调节水库,水位~库容及水位~泄流能力关系见表1及表2。

表1 团结水库水位~库容关系

| 序号 | 水位/m | 库容/万 m ³ | 序号 | 水位/m | 库容/万 m ³ | 序号 | 水位/m | 库容/万 m ³ |
|----|------|---------------------|----|------|---------------------|----|------|---------------------|
| 1 | 230 | 14 | 8 | 237 | 52 | 15 | 244 | 127 |
| 2 | 231 | 17 | 9 | 238 | 60 | 16 | 245 | 139 |
| 3 | 232 | 22 | 10 | 239 | 70 | 17 | 246 | 152 |
| 4 | 233 | 27 | 11 | 240 | 80 | 18 | 247 | 164 |
| 5 | 234 | 33 | 12 | 241 | 91 | 19 | 248 | 177 |
| 6 | 235 | 39 | 13 | 242 | 103 | 20 | 249 | 189 |
| 7 | 236 | 45 | 14 | 243 | 115 | | | |

表2 团结水库水位~泄流能力关系

| 序号 | 水位/m | 下泄能力/(m ³ /s) | 序号 | 水位/m | 下泄能力/(m ³ /s) | 序号 | 水位/m | 下泄能力/(m ³ /s) |
|----|------|--------------------------|----|------|--------------------------|----|------|--------------------------|
| 1 | 230 | 0 | 8 | 237 | 46 | 15 | 244 | 797 |
| 2 | 231 | 0 | 9 | 238 | 109 | 16 | 245 | 952 |
| 3 | 232 | 0 | 10 | 239 | 189 | 17 | 246 | 1115 |
| 4 | 233 | 0 | 11 | 240 | 299 | 18 | 247 | 1292 |
| 5 | 234 | 0 | 12 | 241 | 408 | 19 | 248 | 1479 |
| 6 | 235 | 6 | 13 | 242 | 526 | 20 | 249 | 1679 |
| 7 | 236 | 9 | 14 | 243 | 656 | | | |

(注:以上数据来源于江西省水利科学研究院开发的江西省水利工程基础信息查询系统,网址为: <http://10.36.5.22>,另据核实,该水库的非正常溢洪道已废止不用,故上表所列下泄能力不包括非正常溢洪道的下泄能力。)

收稿日期:2017-02-28

作者简介:谢水石(1985-),男,大学本科。

水库调节梅江洪水,削减坝址洪峰流量,减轻梅江下游洪水灾害,保护人口5万,农田2 900 hm²,分析团结水库的抗暴雨能力对水库下游防洪至关重要。根据宁都县水利局及赣州地区水利电力勘测设计队于1972年1月编制的《宁都县团结水库初步设计书》,坝址至下游大布村河道安全流量为300 m³/s。另根据江西省水利科学研究院及宁都县团结水库管理局于2014年8月编制的《江西省宁都县团结水库调度规程》,团结水库标准内洪水防洪调度规则为:

(1)当库水位低于汛限水位时,水库闭闸蓄水,按水库灌溉和发电等功能要求进行调度。

(2)当库水位上涨至汛限水位时,若入库流量小于或等于下游防洪安全泄量,水库按下泄流量开闸泄洪,库水位维持在汛限水位;若入库流量大于下游安全泄量,水库按下游安全泄量泄洪。

(3)当水库遭遇较大洪水时,在确保大坝防洪安全的前提下,尽量减小下游防护对象的洪涝灾害损失,库水位为汛限水位至244.06 m(防洪高水位)时,水库按下游安全泄量300 m³/s控制;库水位超过244.06 m时,为确保大坝安全,闸门全开,按溢洪道泄流能力全力泄洪。

(4)洪水消退时,入库流量显著下降,库水位逐渐回落。当库水位降至244.06 m至汛限水位时,应视流域内近期天气预报情况,水库按下游安全泄量300 m³/s控制下泄;当库水位降至汛限水位时,水库按入库流量控制泄洪,维持库水位在汛限水位。

2 分析方法

本文将分别分析流域前期饱和、半饱和两种情况下

的团结水库抗暴雨能力^[1],根据水库标准内洪水防洪调度规则,确定以下抗暴雨分析方法如下:

假定该水库水位达到主汛期汛限水位(241.00 m)前,按最大发电流量(16 m³/s)下泄;库水位达到241.00 m后,如果入库流量小于安全泄量(300 m³/s),则按同入库流量相等的流量下泄;入库流量超过300 m³/s后,则按300 m³/s下泄。分别计算各起调水位下不同量级的假定暴雨在水库坝前达到的最高水位,建立起对应各起调水位的“暴雨量~坝前最高水位”关系线,通过查线得到该起调水位下坝前最高水位达到防洪高水位(244.06m)时的暴雨量,该暴雨量便是该起调水位对应的抗暴雨能力。其中假定暴雨根据实测降雨资料进行设计,产汇流计算采用新安江模型,模型参数根据实测资料反推的入库流量数据进行率定。

3 确定起调水位

根据抗暴雨情况需要,起调水位选取死水位以及死水位至防洪高水位之间的整米数水位^[2],即:235.60 m、236.00 m、237.00 m、238.00 m、239.00 m、240.00 m、241.00 m、242.00 m、243.00 m;244.00 m因距离防洪高水位太近,无分析意义,故不选取。

4 假定暴雨设计

假定暴雨采用流域内近5年最大的一次降雨过程(2012年6月22日9时至25日9时)进行等比缩放,分别设计过程雨量为600、500、400、300、200、100 mm的72 h面雨量过程(时段长为1 h),详见表3及图1。

表3 假定暴雨设计成果表

| 时段 | mm | | | | | | |
|----|--------|--------|------|------|------|------|-----|
| | 实测降雨过程 | 设计降雨过程 | | | | | |
| | 299.4 | 600 | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |
| 1 | 10.9 | 21.8 | 18.2 | 14.6 | 10.9 | 7.3 | 3.6 |
| 2 | 5.0 | 10.0 | 8.4 | 6.7 | 5.0 | 3.3 | 1.7 |
| 3 | 2.9 | 5.8 | 4.8 | 3.9 | 2.9 | 1.9 | 1.0 |
| 4 | 4.1 | 8.2 | 6.8 | 5.5 | 4.1 | 2.7 | 1.4 |
| 5 | 1.1 | 2.2 | 1.8 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 0.4 |
| 6 | 5.2 | 10.4 | 8.7 | 6.9 | 5.2 | 3.5 | 1.7 |
| 7 | 10.5 | 21.0 | 17.5 | 14.0 | 10.5 | 7.0 | 3.5 |
| 8 | 14.7 | 29.5 | 24.5 | 19.6 | 14.7 | 9.8 | 4.9 |
| 9 | 17.8 | 35.7 | 29.7 | 23.8 | 17.8 | 11.9 | 5.9 |
| 10 | 6.2 | 12.4 | 10.4 | 8.3 | 6.2 | 4.1 | 2.1 |
| 11 | 9.8 | 19.6 | 16.4 | 13.1 | 9.8 | 6.5 | 3.3 |

续表 3

| 时段 | 实测降雨过程 | | 设计降雨过程 | | | | |
|----|--------|------|--------|------|------|------|-----|
| | 299.4 | 600 | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |
| 12 | 8.5 | 17.0 | 14.2 | 11.4 | 8.5 | 5.7 | 2.8 |
| 13 | 1.4 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 1.4 | 0.9 | 0.5 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 |
| 19 | 0.4 | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.1 |
| 20 | 0.5 | 1.0 | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| 21 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0 |
| 22 | 0.5 | 1.0 | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| 23 | 1.9 | 3.8 | 3.2 | 2.5 | 1.9 | 1.3 | 0.6 |
| 24 | 9.6 | 19.2 | 16.0 | 12.8 | 9.6 | 6.4 | 3.2 |
| 25 | 11.3 | 22.6 | 18.9 | 15.1 | 11.3 | 7.5 | 3.8 |
| 26 | 13.2 | 26.5 | 22.0 | 17.6 | 13.2 | 8.8 | 4.4 |
| 27 | 10.4 | 20.8 | 17.4 | 13.9 | 10.4 | 6.9 | 3.5 |
| 28 | 8.6 | 17.2 | 14.4 | 11.5 | 8.6 | 5.7 | 2.9 |
| 29 | 7.5 | 15.0 | 12.5 | 10.0 | 7.5 | 5.0 | 2.5 |
| 30 | 6.7 | 13.4 | 11.2 | 9.0 | 6.7 | 4.5 | 2.2 |
| 31 | 8.7 | 17.4 | 14.5 | 11.6 | 8.7 | 5.8 | 2.9 |
| 32 | 8.9 | 17.8 | 14.9 | 11.9 | 8.9 | 5.9 | 3.0 |
| 33 | 8.3 | 16.6 | 13.9 | 11.1 | 8.3 | 5.5 | 2.8 |
| 34 | 3.6 | 7.2 | 6.0 | 4.8 | 3.6 | 2.4 | 1.2 |
| 35 | 1.0 | 2.0 | 1.7 | 1.3 | 1 | 0.7 | 0.3 |
| 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 |
| 40 | 0.7 | 1.4 | 1.2 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 0.2 |
| 41 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0 |
| 42 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0 |
| 43 | 0.6 | 1.2 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.2 |
| 44 | 2.9 | 5.8 | 4.8 | 3.9 | 2.9 | 1.9 | 1.0 |
| 45 | 3.9 | 7.8 | 6.5 | 5.2 | 3.9 | 2.6 | 1.3 |
| 46 | 12.6 | 25.3 | 21.0 | 16.8 | 12.6 | 8.4 | 4.2 |
| 47 | 10.9 | 21.8 | 18.2 | 14.6 | 10.9 | 7.3 | 3.6 |
| 48 | 13.4 | 26.9 | 22.4 | 17.9 | 13.4 | 9.0 | 4.5 |
| 49 | 26.3 | 52.7 | 43.9 | 35.1 | 26.4 | 17.6 | 8.8 |
| 50 | 8.1 | 16.2 | 13.5 | 10.8 | 8.1 | 5.4 | 2.7 |
| 51 | 0.9 | 1.8 | 1.5 | 1.2 | 0.9 | 0.6 | 0.3 |
| 52 | 1.7 | 3.4 | 2.8 | 2.3 | 1.7 | 1.1 | 0.6 |
| 53 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 |
| 54 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0 |
| 55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 3 假定暴雨设计成果表

mm

| 时段 | 实测降雨过程 | | 设计降雨过程 | | | | |
|----|--------|------|--------|-----|-----|-----|-----|
| | 299.4 | 600 | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |
| 58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 0.4 | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.1 |
| 61 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 64 | 0.6 | 1.2 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.2 |
| 65 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| 66 | 1.2 | 2.4 | 2.0 | 1.6 | 1.2 | 0.8 | 0.4 |
| 67 | 1.1 | 2.2 | 1.8 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 0.4 |
| 68 | 0.8 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 0.8 | 0.5 | 0.3 |
| 69 | 0.4 | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.1 |
| 70 | 2.1 | 4.2 | 3.5 | 2.8 | 2.1 | 1.4 | 0.7 |
| 71 | 3.3 | 6.6 | 5.5 | 4.4 | 3.3 | 2.2 | 1.1 |
| 72 | 6.8 | 13.6 | 11.4 | 9.1 | 6.8 | 4.5 | 2.3 |

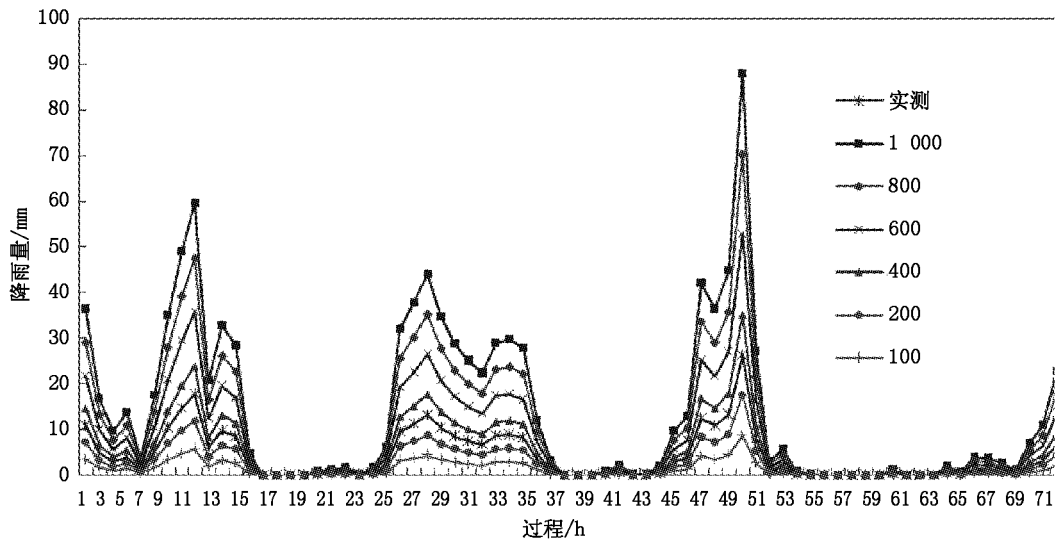


图 1 不同量级的假定暴雨时程分配图

5 产汇流计算方案构建

产汇流计算采用新安江模型,依托中国洪水预报系统进行模型参数的率定。考虑到时间久远,下垫面条件变化较大,资料系列选择最近 5 年(2012 ~ 2016 年)团结水库实测资料反推的入库流量数据,这 5 年的最大入库流量分别为:666、97、348、450、346 m³/s,由于本次产汇流计算均为中高水,故舍去 2013 年资料不用,采用 2012、2014、2015 年资料进行率定,2016 年资料进行检验。雨量资料采用吴村、美佳山、带源、小吟、漳灌、北陂

头及和平 7 个雨量(水位)站的雨量数据,如图 2。蒸发资料采用流域内汾坑水文站的实测资料。

表 4 模型参数表

| 参数名称 | 数值 | 参数名称 | 数值 | 参数名称 | 数值 |
|------------------|--------|------|--------|------|-------|
| WM | 95.334 | IM | 0.029 | CG | 0.970 |
| WUM _x | 0.118 | SM | 34.652 | CS | 0.959 |
| WLM _x | 0.725 | EX | 1.500 | LAG | 3 |
| K | 0.923 | KC | 0.564 | X | 0 |
| B | 0.497 | KI | 0.136 | KK | 1 |
| C | 0.184 | CI | 0.701 | MP | 0 |

参数率定结果见表4,方案确定性系数0.871,采用2016年资料进行检验,确定性系数为0.845,根据《水文情报预报规范》(GBT22482-2008),方案等级为乙级,可进行洪水预报作业,亦满足本文对产汇流计算方案的要求。

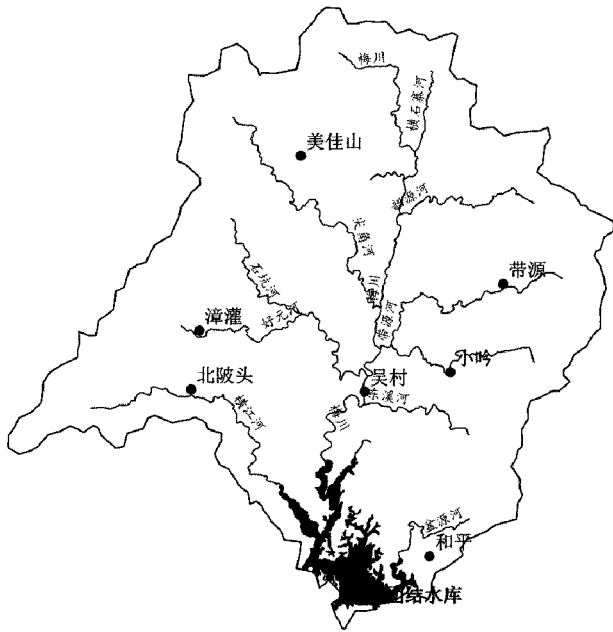


图2 团结水库以上流域站点分布图

6 抗暴雨能力分析

采用中国洪水预报系统率定出的WM为95.334 mm,由于该参数不敏感,为计算方便直接取100 mm。

本文分别分析流域前期饱和($W_0 = 100$ mm)、半饱和($W_0 = 50$ mm)状态下的团结水库抗暴雨能力,并分别绘制两种状态下的抗暴雨能力曲线,实际应用中可根据当前水位及土壤含水量内插求得当前抗暴雨能力。

下面以流域前期饱和状态下,起调水位为240.00 m的抗暴雨能力分析为例,详述其分析方法。

(1)采用率定好的模型参数计算正常状态下6场不同量级的暴雨所产生的入库流量过程。

(2)假设最初水库以最大流量发电($16 \text{ m}^3/\text{s}$),随着不断持续的降雨,入库流量开始增大,当入库流量增大至 $16 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,水库水位开始上涨,当水库涨至241.00 m时,由于入库流量尚未达到安全泄量,先以同入库流量同等的流量下泄,等入库流量达到安全泄量后,则以安全泄量下泄。按此方法分别计算6场不同量级的暴雨下的出库流量过程及水库水位变化过程,如图

3为过程雨量为500 mm的假定暴雨下所产生的入库流量、出库流量及库水位过程。

(3)通过库水位变化过程求得水库坝前可达到的最高水位,便可点绘出相应的“暴雨量~坝前最高水位”关系曲线,如图4为正常状态下起调水位为240.00 m的“暴雨量~坝前最高水位”关系曲线,通过该曲线,可查出坝前最高水位达到防洪高水位(244.06 m)时所需的72 h暴雨量为440 mm。

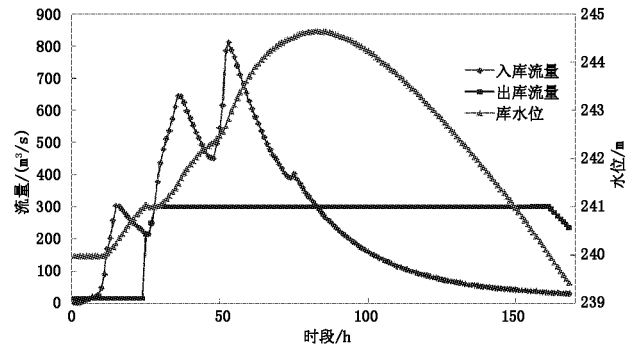


图3 过程雨量为500 mm的假定暴雨下所产生的入库流量、出库流量及库水位过程

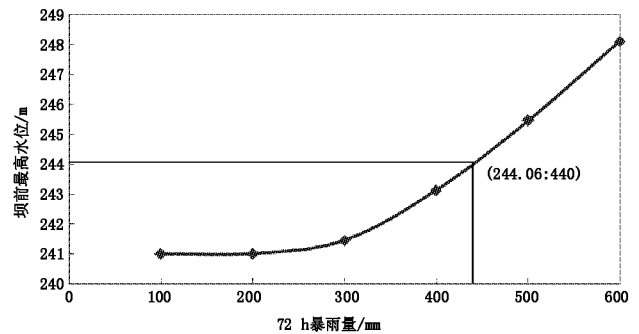


图4 “暴雨量~坝前最高水位”关系曲线

表5 团结水库抗暴雨能力分析成果表

| 起调水位/m | 抗暴雨能力/mm | |
|--------|----------|-----|
| | 饱和 | 半饱和 |
| 235.6 | 487 | 526 |
| 236.0 | 482 | 521 |
| 237.0 | 471 | 513 |
| 238.0 | 454 | 499 |
| 239.0 | 442 | 480 |
| 240.0 | 440 | 471 |
| 241.0 | 436 | 468 |
| 242.0 | 397 | 438 |
| 243.0 | 340 | 365 |

按照上述方法,可分别求得两种状态下各起调水位

对应的抗暴雨能力,成果见表5及图5。

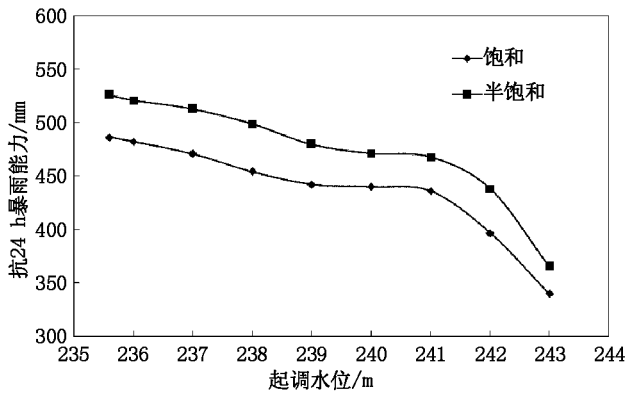


图5 团结水库抗暴雨能力分析成果图

7 结论

根据以上分析,可得出以下结论:

(1)该分析方法产汇流计算采用适用于湿润地区的新安江模型,模型参数根据实测资料反推的入库流量数据进行率定,确定性系数达0.871;假定暴雨采用实测降雨数据进行等比缩放。方法可行,成果较可靠。

(2)从分析成果可以看出,该水库起调水位在235.60~243.00 m范围内抵抗未来72 h暴雨能力为340.00~526.00 mm,抗暴雨能力较强,这主要是因为该水库为大型水库,集水面积较小,库容较大,纳雨能力较强。另外,本文以2012年6月22日9时至25日9时实测降雨过程等比缩放的方法进行假定暴雨过程设计,而在实际情况中,暴雨时空分布千变万化,很可能降雨过程刚刚开始强度就极大,形成一个非常尖瘦的入库流量过程,入库流量较泄流能力及安全泄量均大得多,这样的话,可能暴雨量远未达到本文所分析出的抗暴雨能力,坝前库水位就已超过校核洪水位。因此,本文所分析出来的成果只可作为水库调度的参考依据,实际应用中仍需根据降雨情况灵活运用,本文最大的宗旨在于提出一种新的水库抗暴雨能力分析方法,亦可根据本文所提出的方法编制实时抗暴雨能力计算软件,根据已经降下的暴雨及当前的库水位动态分析抵抗未来暴雨的能力。

参考文献:

- [1] 国洪琴. 基于不同预设条件的水库抗暴雨能力浅析[J]. 地下水, 2016, 38(2): 124~125.
- [2] 张立明. 浅析不同预设条件下的水库抗暴雨能力计算[J]. 内蒙古水利, 2016, (1): 18~19.

编辑:张绍付

Analysis and study on the anti - rainstorm capacity of Tuanjie reservoir

XIE Shuishi

(Ganzhou Municipal Hydrology Bureau of Jiangxi Province, Ganzhou 341000, China)

Abstract: Tuanjie reservoir is a large - scale reservoir in Ningdu county, which located on the upstream of Meijiang river, Meijiang River is the first tributary of Gong River and the secondary tributary of Ganjiang River. Tuanjie reservoir's drainage area is 412 square kilometers, this reservoir's major functions are flood control and irrigation. Analyzing the anti - rainstorm capacity of Tuanjie reservoir is especially necessary for flood control in its downstream area. This paper take Tuanjie reservoir as an example to put forward a new method for analyzing the anti - rainstorm capacity of a reservoir. In this method, Xin'anjiang model is applied for calculating runoff yield and conflux, backstepping reservoir data is used to optimize model parameters. The assumed rainstorm is designed according to the measured data of rainfall.

Key words: Tuanjie reservoir; The anti - rainstorm capacity; Xinanjiang model

翻译:谢水石