

# 浅谈美姑河流域水电站径流预测方法

段志勇, 黄波

(四川美姑河水电开发有限责任公司, 四川成都 611130)

**摘要:**对美姑河流域的地理地貌、水文气候特征、径流预测需求等进行了分析,提出了一套完整、有效、简便的综合径流预测方法。该预测方法为美姑河流域梯级水电站的生产计划、水库调度、防洪度汛提供了可靠的水情预报作为决策基础,对中小型流域水电站的径流预测和水情测报系统规划具有一定的借鉴意义。

**关键词:**美姑河;流域;径流;水情;预测

**中图分类号:**TV7;TV12

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2018)02-0068-03

## 1 流域概况

美姑河为金沙江下游左岸的一级支流,干流全长170 km,集水面积3 183 km<sup>2</sup>。美姑河流域地处大凉山腹心地带,地理位置介于北纬27°50′~28°41′,东经102°54′~103°26′之间。美姑河属典型的山区河流,河床强烈下切;上中游属高原丘陵山区,山原坦荡,残山圆浑,大部分河谷开阔,呈“U”形或梯形,河道比降为7‰~10‰;下游河流穿行于高山峡谷间、水流切割剧烈,河谷异常深窄,呈“V”形,平均比降高达24‰。流域内由于砍伐严重、陡坡开荒,致使水土流失较为严重。

美姑河干流按一库五级规划方案进行开发,自上而下分别为牛牛坝(龙头水库)、瓦洛、瓦吉吉、柳洪和坪头,目前已建成下游柳洪和坪头两座水电站。柳洪水电站坝址集水面积为2 215 km<sup>2</sup>,水库为日调节,装机容量180 MW。坪头水电站位于柳洪水电站下游,坝址集水面积2 468 km<sup>2</sup>,水库无调节能力,装机容量为180 MW。柳洪和坪头水电站均为单一发电工程,无防洪、航运、灌溉等综合利用要求,汛期因水库有排沙运行要求而完全无调节能力。

## 2 所实施的径流预测项目

柳洪、坪头水电站均为单一发电工程,实施径流预测的目的是预测电站的来水发电能力和防洪度汛。由于电力系统规模的日益扩大和电网结构的日益复杂,电力调度机构对水电站发电能力预测的精确性要求越来越高,且因柳洪、坪头水电站仅具备日调节能力,为典型的径流式水电站,故对

其发电能力的精确预测要求就是对美姑河径流的精确预测。按预测期长短划分,径流预测分为年度径流预测、月(周)径流预测、日径流预测、实时径流预测。

(1)年度径流预测:预测径流量的年度数值和月度分布,用于制定水电站的年度发电计划和设备检修计划。

(2)月(周)径流预测:预测次月(周)的径流量,用于制定水电站的月度发电计划,确定水电站设备检修窗口时间(可以开工和应该完工的时间)。

(3)日径流预测:预测次日的径流量,主要用于电力调度机构制定并网水电站的日负荷曲线计划和水电站防洪度汛准备。

(4)实时径流预测:测量当前的实际径流量并预测未来几小时的径流量,主要用于水电站发电负荷的实时调整和水电站防洪度汛的调度操作。

作为径流式水电站,对于日径流预测和实时径流预测的精确性要求非常高。因此,日径流预测和实时径流预测是径流预测的重点和难点。

## 3 四种径流预测方法

(1)年度径流预测。

年度径流量的年度数值和月度分布预测主要是从历史统计资料、气候类型和中央气象台年度天气预报等三方面进行综合预测。

根据对美姑河位于柳洪水电站坝址上游的拉马水文站的水文资料进行统计显示:柳洪水电站多年平均流量为42.8 m<sup>3</sup>/s,径流的年际变化不

收稿日期:2018-01-10

大,最丰水年的平均流量为  $58.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ,最枯水年的平均流量为  $33.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ,分别为多年平均流量的1.36倍和0.79倍;径流的年内分布与降雨年内分布相对应,丰水期(6~10月)多年平均流量为  $78.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ,占年径流的77.1%,枯水期(11月~翌年5月)多年平均流量为  $16.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ,占年径流的22.9%,最枯的2月份仅占年径流的1.68%。

美姑河流域属川西高原气候,与云南省同属于西南季风气候区,具有“冬寒、春干、夏凉、秋润”的山区性气候特点,立体气候明显。美姑河流域的降水同时受西南季风和影响我国东部的副热带高压控制:冬春两季,副热带高压和来自印度洋的西南暖湿气流减弱并退出大陆,美姑河流域几无降水,径流主要靠地下水补给;夏秋两季,副热带高压扩大并控制我国东部的地区,此时,美姑河流域处于西南暖湿气流控制下,降水丰沛,径流大;特别是6月下旬至7月上旬和9月上中旬两个时间段,副热带高压北沿正处于长江干流,美姑河流域则处于副热带高压西沿、西南暖湿气流和副热带高压交汇处,往往连续降雨,产生连续大洪水。7月中下旬和8月,美姑河流域易处于副热带高压内,高温少雨,往往一、两周无降雨。美姑河所处气候类型规律性强,与径流统计资料相符合,年度径流量预测可以以多年平均径流量为基准。

中央气象台年度天气预报是中国最权威气象机构根据全球大气环流,特别是亚洲-太平洋-印度洋大气系统运行规律并结合厄尔尼诺现象、拉尼娜现象等因素及历史统计规律对我国全国范围的天气预报,其重点是降水预报。我们根据中央气象台年度天气预报对美姑河所属区域的预报(如偏丰、或偏枯)在多年平均径流量的基准上进行丰枯修正,作出年度径流量预测。

## (2)月(周)径流预测。

月(周)径流量的预测主要是以年度径流预测的月度径流数值为基准,结合当年以往月份的实际径流情况和中央气象台未来3~10d的天气预报情况进行综合确定。

年度径流预测实际上是根据历史统计规律、气候规律和宏观天气系统年度预报综合预测的年内各月的径流数值,故其月度径流预测理应以年度径流预测月度数值为基准。

当年以往月份的实际径流情况能反映流域当年径流量的丰枯情况以及流域土壤的整体含水情况(即地下水储备情况),根据美姑河流域多年的统计经验:每年4、5月份的降水径流情况能够很好地反映当年的径流丰枯情况,4、5月份降水越多,则汛期越长、年径流越偏丰,反之,则汛期越短、越偏枯;每年9、10月份的降水分布情况能够很好地预示枯水期前期的径流量,9、10月份降水分布越均匀,则土壤含水量在汛末越高,地下水越丰富,枯水期前期径流越丰沛稳定;反之,如果9、10月份降水分布不均或主要由一、两场大雨构成,则枯水期的前期径流可能快速消退。

我们主要利用中央气象台未来3~10d的天气预报中对宏观天气系统中的气象变化过程和区域降雨过程的分析和预报来预测美姑河流域主要降水过程的时间和强度,特别是能够较准确地预示美姑河的汛初(6月下旬、7月上旬)和汛末(9月中上旬)的两次强降雨的开始时间。根据当年以往月份的实际径流情况和中央气象台未来3~10d的天气预报,对年度预测的月度径流基准进行具体的调整,能够得到高准确度的月度径流量预测值。

根据当前降水和径流情况,结合中央气象台未来3~10d的天气预报,也能够得出准确度较高的周径流预测。

## (3)日径流预测。

日径流量预测准确度要求高,我们主要根据当前降雨径流情况和中央气象台未来3d的天气预报进行预测。

当前的降雨径流情况为次日的径流提供了一个基础值,如果上游无降雨,则次日径流会在当前径流的基础上逐渐减少;如果上游日内有降雨,则次日径流将会在当前的径流基础上增加,具体增加的径流量和时间可以根据历史统计得出的典型“降雨量-径流过程”系列曲线进行叠加计算。

中央气象台未来3~10d的天气预报将全国降水量预报细分为24h、48h、72h预报,主要是进行区域天气变化过程和降水过程的分析和预报,对局部的小范围强对流降雨天气不能覆盖预报。美姑河流域的降水主要是区域性的天气变化过程引起的降水,很少发生局部的强对流降雨,所以,利用中央气象台的3d天气预报能够较准确

地预测美姑河流域的次日降雨,进而根据典型“降雨量-径流过程”系列曲线对次日径流预测值在前述计算基础上再次进行叠加计算。由于美姑河流域面积小,在利用中央气象台的天气预报时,需要特别注意降雨的实际时间与预报时间的偏差,实际的降雨日期可能发生在预报日期的相邻日期,所以,在利用中央气象台的天气预报进行预测时,要同时利用中央气象台提供的实时降水图和实时天气分析图,以减少预测的时间偏差,提高次日径流预测的准确度。

#### (4) 实时径流预测。

由于柳洪水电站和坪头水电站均为径流式水电站,汛期水库更是因有排沙运行要求而完全无调节能力,所以,在日常的水库发电调度中需要高准确度的实时径流预测,特别是降雨丰沛的汛期。实时径流预测,一是根据水电站各相关实时参数计算当前的实际径流量及其变化趋势;二是根据流域最近数小时的降雨量数据和上游水位站自动流量数据预测水电站未来数小时的入库径流量。

当前径流量可根据“入库流量 = 发电流量 + 泄洪流量 + 蓄水流量”进行计算。发电流量根据水轮发电机组的“流量-水头-出力”运行特性曲线计算得出、泄洪流量根据闸门的“水位-开度-流量”曲线计算得出,蓄水流量根据水库的“水位-库容”曲线和时间计算得出。为提高计算效率、消除每次计算的人工偏差,在美姑河流域柳洪和坪头水电站的实时流量计算中,我们利用相关曲线公式或将相关曲线拟合成公式制作成了一个标准化的 EXCEL 表格进行自动计算,值班人员只需输入出力(功率)、水位、开度和时间,表格

(上接第55页)

(5) 制砂工艺:不使用棒磨机生产,利用立轴冲击式制砂机生产,筛分环节筛除部分粒径为 2.5~5 mm 的粗砂颗粒以调节砂子的细度模数;以 1 台 RP109 制砂机和 1 台 B9100 制砂机为主进行生产,产量和质量满足规范要求。

## 6 结语

由破碎试验得知:正长岩的平均强度为 140 MPa,略高于普通花岗岩,破碎曲线与花岗岩接近,处理能力基本接近花岗岩及厂家标准破碎量的中值。因进料的级配问题,破碎效果略有差异。

便能自动计算出当前的实际流量,然后与前一个时间点的流量进行比较,即可得到精确的当前径流量和流量变化趋势。

未来数小时的入库径流量预测首先根据上游水位站自动测量的流量数据,按照历史统计的水位站与水库之间的“流量-传递时间”曲线,预测水电站未来某一时间的入库流量,然后根据流域最近数小时的降雨量数据,按照“降雨量-径流过程”系列曲线预测上游水位站的径流量变化和上游水位站至电站水库区间流量的变化,以综合预测未来数小时的水电站入库径流趋势。

## 4 结语

美姑河流域采用的这套综合径流预测方法是在多年的实践中不断总结完善出来的,并在实践中不断得到检验。美姑河流域实施的这套综合径流预测方法预测效果好,系统成本低(只需要一套普通水情测报系统),但其对实施预测工作的人员素质要求较高,预测人员需要掌握天气原理、地理水循环、水力学、统计归纳、数学模型等综合知识并需要较长的时间积累经验。

美姑河流域采用的这套综合径流预测方法对中小型流域的径流预测具有借鉴参考意义,特别是同气候、地貌类型的中小型流域。

### 参考文献:

- [1] 李益民,段佳美. 水库调度[M]. 北京:中国电力出版社, 2004.

### 作者简介:

段志勇(1983-),男,湖南资兴人,工程师,从事梯级水电站集控中心运行调度工作;

黄波(1985-),男,山东济宁人,高级工程师,从事水电站经营管理工作。  
(责任编辑:李燕辉)

与厂家的硬岩破碎曲线相对比,岩石破碎效果及制砂率表现为粗碎及中碎环节略好,细碎及制砂环节略低。

### 作者简介:

韩朝强(1982-),男,河南偃师人,项目总工程师,高级工程师,从事水利水电工程砂石拌和工程施工技术与管理工

作;雷涛(1994-),男,安徽安庆人,助理工程师,从事水利水电工程砂石拌和工程施工技术与管理工

作;江坤友(1993-),男,四川成都人,助理工程师,从事水利水电工程砂石拌和工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)