

## 径流预报集合模型的研究与应用

余 龙

华电四川发电有限公司宝珠寺水力发电厂, 四川 广元 628000

**[摘要]** 水电资源作为重要的清洁能源支撑, 面对严峻的能源态势, 水电基层管理单位精准预测水资源量及有效利用水资源势在必行。随着数字化电厂赋能, 水作为重要的原材料, 只有科学、快速、精准的水情预报, 才能为数字化电厂提供智慧调度的决策依据, 为防洪度汛和发电保供双重发力。目前水调中心水情预报方法较分散, 常以主观经验为主、多种模型辅助判断, 没有明确地适用于宝珠寺径流预报的模型和特定的方法。多种模型预测结论相差较大, 预测依据导向结论间时差较长, 且经验化预测不便于成果的固化和传承。本软件模型, 着力于结合历史径流资料, 优化多种可适用模型, 提炼多种算法, 开发出一套适用于宝珠寺径流预报的软件, 实时进行径流预报, 为电力市场提供可靠决策依据, 为宝珠寺提质增效贡献水调力量。

**[关键词]** 水情预报; 集合模型; 优化调度; 优化策略

DOI: 10.33142/hst.v8i5.16508

中图分类号: P338.2

文献标识码: A

## Research and Application of Runoff Forecast Ensemble Model

YU Long

Baozhusi Hydropower Plant of Huadian Sichuan Power Generation Co., Ltd., Guangyuan, Sichuan, 628000, China

**Abstract:** As an important support for clean energy, hydropower resources face a severe energy situation. It is imperative for grassroots hydropower management units to accurately predict the amount of water resources and effectively utilize them. With the empowerment of digital power plants, water is an important raw material. Only scientific, fast, and accurate water situation forecasting can provide decision-making basis for intelligent scheduling of digital power plants, and contribute to both flood control and power generation. At present, the water level forecasting methods of the Water Resources Control Center are relatively scattered, often relying on subjective experience and multiple models to assist in judgment. There is no clear model or specific method applicable to the runoff forecasting of Baozhusi. The prediction conclusions of multiple models vary greatly, and the time difference between the guiding conclusions of prediction is long. Moreover, empirical prediction is not conducive to the solidification and inheritance of results. This software model focuses on combining historical runoff data, optimizing multiple applicable models, extracting multiple algorithms, and developing a set of software suitable for runoff forecasting in Baozhusi. Real time runoff forecasting provides reliable decision-making basis for the electricity market and contributes to the improvement and efficiency of water regulation in Baozhusi.

**Keywords:** water situation forecast; ensemble model; optimization scheduling; optimization strategy

### 1 设定径流预报集合模型目标

为提高预报准确率<sup>[1,2]</sup>, 缩短预报时间, 创新课题小组设定的目标是编制一款适用于宝珠寺径流预报的软件, 本软件模型预计可实现自主取数、自主分析、预测出图、调度出图四项功能, 同时要符合运行稳定、预报准确、出图迅速的三大标准。为了课题达成目标, 课题组制定“六步走”行动方案, 通过, 捕捉近似、预报拟合、偏差纠正、模型优化、预报出图、调度出图, 逐步破解, 最后达成能快速为我厂预报调度<sup>[3]</sup>提供及时性的决策性依据的终极目标。

### 2 径流预报集合模型实施步骤

#### 2.1 捕捉近似

整理历史降雨径流资料并存入数据库, 结合当前流域径流情况, 捕捉历史相似年的数值系列及次近似数据系列, 从而找出历史上与当期径流系列相近的系列数值。

#### 2.2 预报拟合

通过捕捉到的近似系列, 分析前几个月流量与当期流

量关系以及前几个月的降雨情况与当期降雨情况, 并设置阶梯式降雨径流系数, 进行预报拟合, 通过系列化预报拟合, 确定较优预报方式。

#### 2.3 偏差纠正

前期拟合预报过程中平均预报精度比较可观, 但不排除特殊年份, 特别较枯或较丰时期, 预测难度会加大, 预测精度偏差较大, 因此需要重点分析, 确定关键要素, 在后期模型优化中作出调整。

#### 2.4 模型优化

通过偏差分析找出前期土壤含水量、径流退水规律、当前径流流量级别, 预测<sup>[4]</sup>降雨级别及分布等预报关键因素, 模型优化过程逐步调整关键性因素对应的参数比重, 逐步提升预报精度, 使预报精度达到预期目标。

#### 2.5 预报出图

结合优化后的预报模型, 通过程序化设置编制预报软件, 内定好随变式参数, 输入预测期降雨预测量, 一键点

击,自动给出预报图(如图1所示),达成快速出图的目的,同时可在预报成果图上一键自动标注径流预报值。

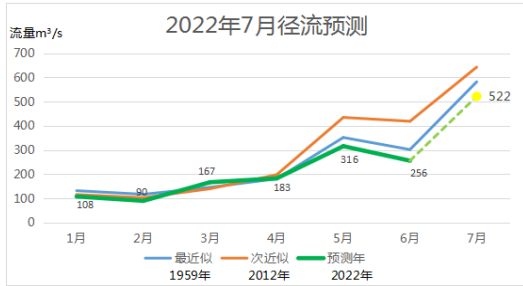


图1 预测出图

## 2.6 调度出图

通过设定预测期的调度边界条件,限定加大出力区、降低出力区、防洪调度区及旬初旬末水位等,结合优化后的预报模型预测出的径流值,一键可生成预测期的水库调度图(如图2所示),为调度决策提供参考性依据。



图2 调度出图

## 3 径流预报集合模型操作演示

### 3.1 进入软件

在电脑界面,打开“径流预报集合模型”文件,可见“径流预报集合模型预测预报平台”,平台设置有六个按钮,可实现各项功能。(如图3所示)

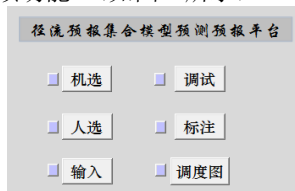


图3 软件模型平台界面

### 3.2 基本参数输入

在数据包中,已经保存有历史数据,新增数据通过“输入”按钮获取,点击“输入”按钮,会出现以下UserForm3窗口。(如图4所示)

图4 UserForm3 窗口

### 3.3 按钮及输入框说明

(1) UserForm3 窗口上有 4 个输入框。

“碧口上游”输入框中:可输入碧口上游预测月降雨量数值,单位为 mm;

“碧宝区间”输入框中:可输入碧宝区间预测月降雨量数值,单位为 mm;

“多年”输入框中:可输入宝珠寺库区预测月降雨量数值,单位为 mm;

“碧口调蓄量”输入框中:可输入碧口水库预测月可能异于常规的调蓄流量数值,单位为  $\text{m}^3/\text{s}$ 。

(2) UserForm3 窗口上有 2 个命令按钮。

“预测”按钮:点击预测按钮,可进行径流预测,预测结果保存在数据包中;

“取消”按钮:点击取消按钮,UserForm3 窗口自动关闭,不进行其他相关操作。

### 3.4 运行调试

点击“调试”按钮,会出现以下 UserForm4 窗口。有起始结尾年份月份对应的输入框,可输入调试需求年月,点击窗口上的“确定”按钮,可以对时段内的历史数据进行预报拟合,预报结果保存在数据包中。当调整参数后,可再次进行调试,多次调试,直到达成理想效果。(如图5所示)

图5 UserForm4 窗口

### 3.5 预测模式

本软件中有三种模式的预测按钮,分别是“机选”“自选”“输入”。

(1)“机选”按钮。点击“机选”按钮,会出现以下 UserForm2 窗口。窗口上有两个命令按钮,分别是“选取 1948 至今数据”和“选取 1997 至今数据”。(如图6所示)

图6 UserForm2 窗口

其中,

点击“选取 1948 至今数据”，可自动获取 1948 年以来 75 年数据，并进行当月预测，预测结果保存至数据包，并以图形的形式展示在主屏上；

点击“选取 1997 至今数据”，可自动获取 1997 年以来 26 年数据，并进行当月预测，预测结果保存至数据包，并以图形的形式展示在主屏上。

(2)“人选”按钮。点击“人选”按钮，会出现以下 UserForm1 窗口。窗口上有 2 个输入框，3 个命令按钮，可通过自主输入相关年份，点击“确定”按钮，进行相关性预报。(如图 7 所示)

图 7 UserForm1 窗口

其中，

“首选年份”输入框中：可自主输入 1948 至 2022 的一个年份；

“次选年份”输入框中：可自主输入 1948 至 2022 的一个年份；

“查看后台”按钮：点击按钮，可进入有效数据页面，直观感受数据差异，并从中挑选出里想念年份，记录并输入到输入框中；

“确定”按钮：点击按钮，可针对首选年份和次选年份，进行当月预测，预测结果保存至数据包，并以图形的形式展示在主屏上；

“取消”按钮：点击按钮，UserForm1 窗口自动关闭，不进行其他相关操作。

(3)“输入”按钮。点击“输入”按钮，会出现以下 UserForm3 窗口。窗口上有 4 个输入框，2 个命令按钮，可通过自主输入相关数值，点击“预测”按钮，进行相关性预报。(如图 8 所示)

图 8 UserForm3 窗口

其中，

“碧口上游”输入框中：可输入碧口上游预测月降雨量数值，单位为 mm；

“碧宝区间”输入框中：可输入碧宝区间预测月降雨量数值，单位为 mm；

“多年”输入框中：可输入宝珠寺库区预测月降雨量数值，单位为 mm；

“碧口调蓄量”输入框中：可输入碧口水库预测月可能异于常规的调蓄流量数值，单位为  $\text{m}^3/\text{s}$ ；

“预测”按钮：点击预测按钮，可进行径流预测，预测结果保存在数据包中，并以图形的形式展示在主屏上；

“取消”按钮：点击取消按钮，UserForm3 窗口自动关闭，不进行其他相关操作。

### 3.6 图形输出

在对应功能操作下，可展示预测结果及调度结果。

(1)在上述三种预测模式下，均可进行预测结果的存档和展示，图形展示结果如下图。(如图 9 所示)

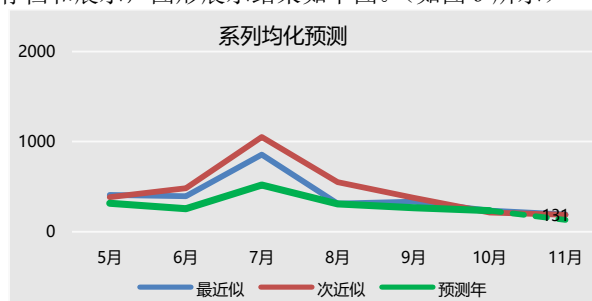


图 9 预测图示

(2)在设置边界条件后可展示调度成果，调度展示结果如下图。(如图 10 所示)

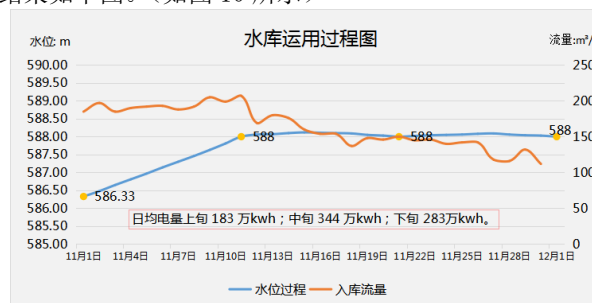


图 10 调度图示

## 4 径流预报集合模型效果评估

### 4.1 目标检查

通过对径流预报集合模型的实操检验，可以实现自主取数、自主分析、预测出图、调度出图，且符合三大检验标准。通过功效检验，预测精度从最初的 68.4% 提高到 82.3%，预测精度大幅提升。模型能快速识别关键数据，快速整合优化，能快速形成决策并进行图表展示。通过对软件模型的日常化运用，操作方便，运行顺畅，结构优化，视觉效果较好，可投入实际使用。

### 4.2 效益检查

质量方面，径流预报集合模型<sup>[5]</sup>的使用极大地提升了预报效率，能快速为防洪度汛和经济运行提供决策性依据。

管理方面,径流预报集合模型的使用,极大程度整合了适宜于宝珠寺径流预报的方式方法,方便使用,也便于预报成果的固化和传承,提高水调中心整体预报水平和调度水平。效益方面,该模型应用于宝珠寺径流预报,预报拟合过程中预报精度从 68.4%提高到 82.3%,通过精准预测提前谋划,截止 2022 年 11 月 10 日宝珠寺电厂有序蓄满,提高运行水头 1.92 米,降低耗水率 0.08 立方米每千瓦时,增发电量 175 万千瓦时,创收 80 万元。

## 5 结语

为了使大家能快速掌握该模型的操作,编制了径流预报软件模型使用说明书,阐述了模型使用方法、原理等。按照版权保护要求,编写了软件著作权说明,提交全部程序代码,目前已经荣获国家软件著作权登记授权。通过模型可从大数据系列中一键识别近似年数据,可一键整合优化参数自动适配预测模型并给出预测结果,可根据预测结果及预设限制条件一键制作调度图,整体程序汇入模块化软件,方便使用和传承。创新点起源于工作,而后应用于工作,改进工

作、提高效率、发挥效益,周而复始源源不断,希望创新团队未来创造更多的作品,为企业贡献更多的团队力量。

## 【参考文献】

- [1]李力.复杂水力联系下梯级水库短期联合优化调度研究[D].武汉:华中科技大学,2023.
- [2]李燕,杨栋丹.神经网络算法在传统水文模型洪水预报中的应用[J].河南水利与南水北调,2024(8):78.
- [3]陈潇.三峡水电站短期精细化水量计算方法与调度建模研究[D].武汉:华中科技大学,2022.
- [4]赵泽谦,黄强,明波等.基于多模型随机组合的水文集合预报方法研究[J].水力发电学报,2021(2):23.
- [5]刘松楠.基于 WRF-Hydro 的季节水文动力预测研究[D].南京:南京信息工程大学,2023.

作者简介:余龙,男,1989.05,毕业院校:三峡大学水利与环境学院,所学专业:水文与水资源工程,当前就职单位:华电四川发电有限公司宝珠寺水力发电厂,职务:水务班副班长,职称级别:工程师。