

逐步回归法在渗流观测资料分析中的应用

杨国辉¹,周志维²,马秀峰²,喻蔚然²

(1.江西省大余县水库工程管理局,江西 大余 341500;2.江西省水利科学研究院;
江西省水工安全工程技术研究中心,江西 南昌 330029)

摘要:逐步回归法能较好处理初选因子之间多重共线性问题,有效解决随机变量之间相关关系,确定显著变量因子.本文基于逐步回归法,结合实测资料进行回归分析,分析结果表明:利用逐步回归方法建立的回归模型拟合效果较好,复相关系数高,能较好反映水库大坝不同部位渗流显著影响因子;回归模型可用于进行水位预测,为了解大坝渗流运行状态提供指导和帮助.

关键词:渗流;逐步回归法;复相关系数;显著性影响因子

中图分类号:P338 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2016)04-0235-04

1 背景

大坝渗流场的分布特征及变化规律主要受上下游水位差、降雨量及时效等因素影响,温度对测压管水位的影响微小,可以不予考虑.因此,影响测压管水位的因素归纳为水位分量 f_H ,降雨分量 R 及时效分量 θ .水位分量 H 包括当日库水位、前期库水位,降雨分量包括当时降雨量及前期降雨量,时效分量主要为筑坝土体结构的固结对渗流的影响,用数学式子表示为:

$$h = a + \sum_{i=1}^m b_i H_i + \sum_{i=1}^n c_i R_i + d\theta + e\theta^2 + f\theta^3 + g\ln(1 + \theta) \quad (1)$$

式中: h 为测压管水位; a, b_i, c_i, d, e, f, g 为回归系数; H_i 为 i 天前的水位; R_i 为 i 天前的日降雨量; θ 为时效.

由于前期库水位及前期降雨量与土体的结构特性有关,渗透性越小,滞后效应越明显,前期库水位及前期降雨量对测压管水位的影响越显著,从而导致影响因子越复杂.另外,降雨量及库水位之间也存在共性.采用多元回归分析法处理上述情况时计算量大、精度低等,也无法对变量因子的显著程度进行分析^[1].

为了建立“最优”回归模型,确定大坝显著影响因子,人们通常根据经验从所有影响因子中初步选出对因变量具有较明显的因子,从而建立一个影响因子相对较为稀疏的模型.另一方面,又希望包含所有显著因子,

以便更直观分析渗流受影响因子的影响程度.逐步回归法能够较好解决以上两个问题,其基本思想是按照自变量对因变量的影响显著程度,从大到小依次逐个引入回归方程当中,当先选入的因子由于后面的因子引入而失去重要性,就将它剔除.因此,逐步回归是有步骤的引入因子及剔除因子,每一步都要作统计检验,直到显著因子全包括在回归方程以内为止.

逐步回归法在水利工程监测资料分析中得到广泛应用.如傅蜀燕等^[1]利用逐步回归模型进行了大坝变形预测,验证了该模型的计算量少、精度高等特点;陈兰等^[2]利用逐步回归法较好的分析了边坡变化的变化规律和发展趋势.本文采用逐步回归法,结合某水库大坝测压管水位实测数据进行分析,为了解该水库渗流运行状态提供理论依据.

2 工程应用

2.1 工程概况

某水库正常蓄水位220.00 m,是一座以防洪为主,兼有供水、发电和灌溉等综合效益的大(2)型水库.主要建筑物包括:主坝、副坝、溢洪道、发电引水隧洞及坝后电站等.其中主坝为粘土心墙坝,后除险加固中增设混凝土心墙.大坝上游坡采用预制块混凝土护坡,坝顶为混凝土路面,下游坡采用草皮护坡.

为了解大坝渗流运行性态,选取典型断面0+144,埋设3个测压管,分别布置在坝顶及下游坡,详见图1.

收稿日期:2016-06-29

作者简介:杨国辉(1964-),男,大学本科,工程师.

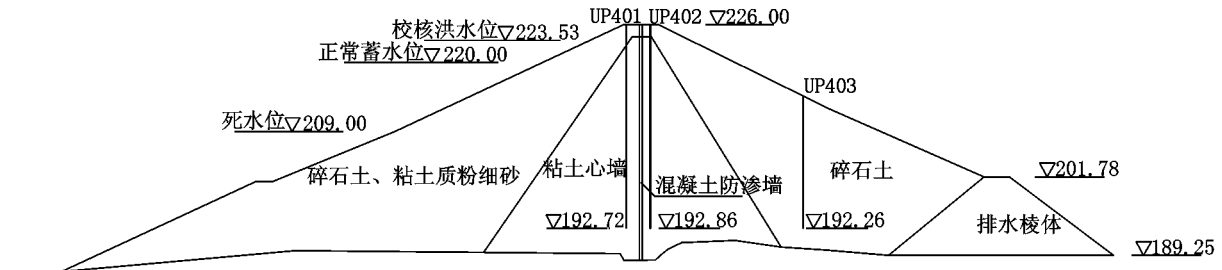


图1 某水库坝体测压管典型断面图

2.2 回归模型

根据式(1)可知,影响测压管水位的主要因素有水

位分量、降雨分量及时效分量,不同分量的选择一般根据实际情况而定^[3]。

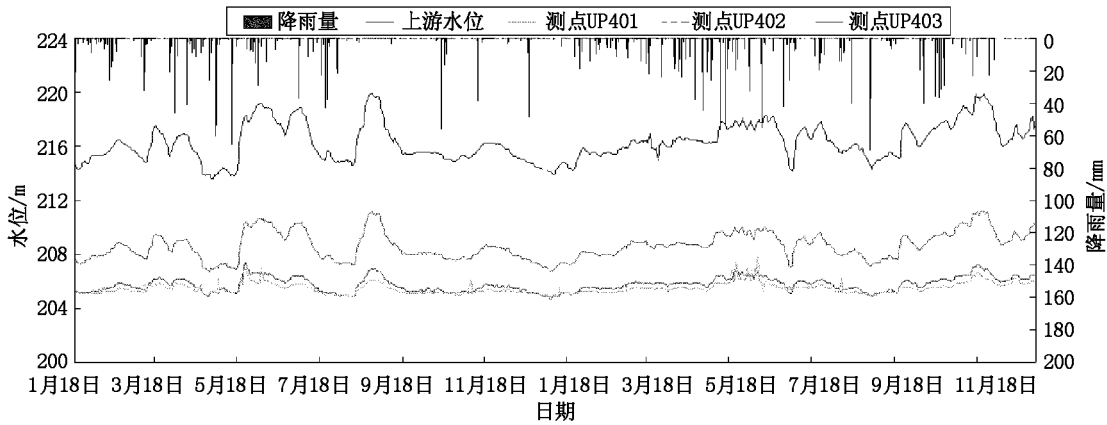


图2 水位变化过程线

2.2.1 水位分量

上、下游水位差是影响渗流场的最主要因素之一。在渗透过程中,土体克服颗粒之间的阻力,从上游渗透到测压管位置需要一定的时间,距上游越远,滞后时间越长。根据图2可知,各测压管水位的变化规律与库水位基本一致,滞后效应不明显,因此,选取当日及前5日的库水位作为水位分量。

2.2.2 降雨分量

对降雨因子进行如下分析:降雨对测压管水位的影响主要表现为降雨入渗作用,管水位变化异常升高,但很快又回落至原来水平。从图2可知,UP401及UP402测压管水位未见明显异常升高现象,而UP403测压管在强降雨后测压管有较明显突变现象,承后回落至原来水位,突变时刻与强降雨时刻基本一致,因此,选定当日及前3日的降雨量作为降雨分量。

2.2.3 时效分量

时效分量主要由于坝体的固结沉降作用导致土体的渗透性发生变化,具体表现为水库建设初期急剧变化,后期渐趋稳定^[4]。一般情况下,时效分析时须选取5年以上的长系列观测资料。本文由于观测系列短,且

经比较分析多个不同库水位下的管水位,测压管未见明显变化趋势,因此,回归计算时不考虑该分量作用。

2.3 成果分析

(1) 回归结果分析

表1 回归计算结果

测压管 编号	显著性影响因子及相应 标准化回归系数		复相关 系数	F 检查值
	当日库水位	前1日降雨		
UP401	0.967	/	0.967	9189
UP402	0.913	/	0.834	3169
UP403	0.779	0.193	0.626	624

回归结果见表1,各测压管水位的复相关系数差异较高,UP401及UP402显著性影响因子中只有当日库水位,且复相关系数较高,达到0.9以上,相关性强,表明该测压管主要受库水位影响,防渗墙效果不佳。而UP403显著性影响因子有当日库水位及前1日降雨,复相关系数只有0.63,表明该测点在降雨作用下,测压管水位存在异常升降现象。

(2) 显著性检验

回归方程的显著性检查主要是对因变量与所有的自变量之间是否显著的一种假设检验。采用 F 检查, 给定显著性水平 $\alpha = 0.05$, 本次回归计算的各测点 F 值均远大于 $F_{0.05}$ 的临界值, 回归方程是显著的。

(3) 回归方程确立

根据回归计算的结果, 确定该回归方程为:

$$h_{401} = 56.578 + 0.703 \times H \quad (2)$$

$$h_{402} = 131.505 + 0.343 \times H \quad (3)$$

$$h_{403} = 156.994 + 0.224 \times H_1 + 0.015 \times R_1 \quad (4)$$

图 3 ~ 图 4 拟合效果较好, 而图 5 由于受降雨作用的影响, 拟合效果相对较差。

(4) 预测分析

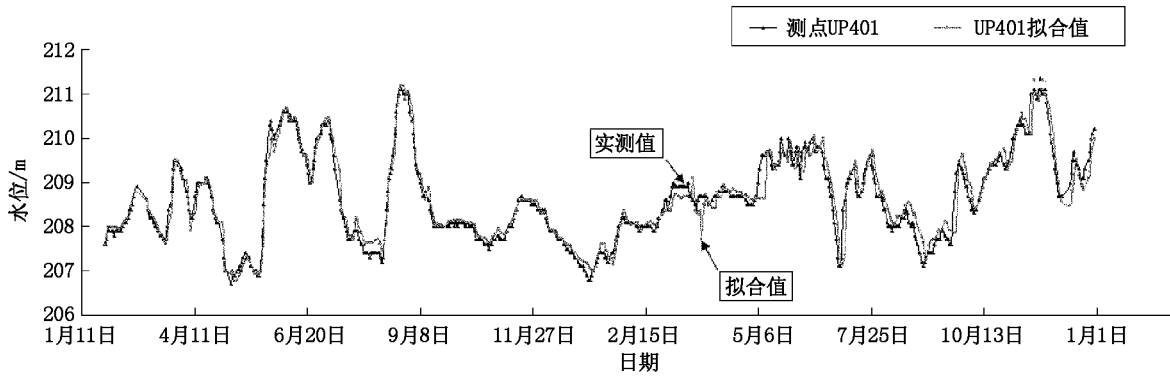


图 3 UP401 测压管实测水位与回归值过程线

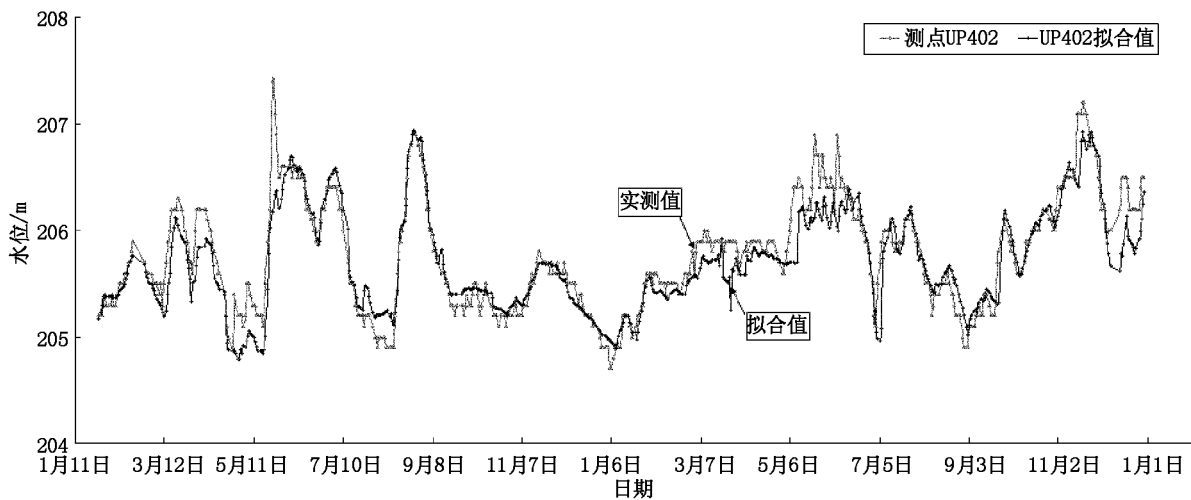


图 4 UP402 测压管实测水位与回归值过程线

表 2 不同特征水位下管水位预测值

特征水位/m	UP401		UP402		UP403	
	预测值	设计值	预测值	设计值	预测值	设计值
正常蓄水位 220.00	211.27	211.95	206.97	203.90	206.27	195.84
设计洪水位 222.59	212.72	214.76	207.85	206.94	206.85	199.11
校核洪水位 223.53	213.25	215.42	208.18	207.31	207.06	199.20

根据上述确定的回归模型, 选取不同特征水位, 如正常蓄水位、设计洪水位、校核洪水位等, 对各测压管水位进行预测, 结果见表 2。

在不同特征水位作用下, UP401 测压管水位预测值

与初设值较接近, 而 UP402 与 UP403 测压管水位则明显高于初设值, 表明混凝土防渗墙作用效果不明显, 且靠近下游的管水位明显高于排水棱体顶高程 201.78 m, 渗流压力偏高。

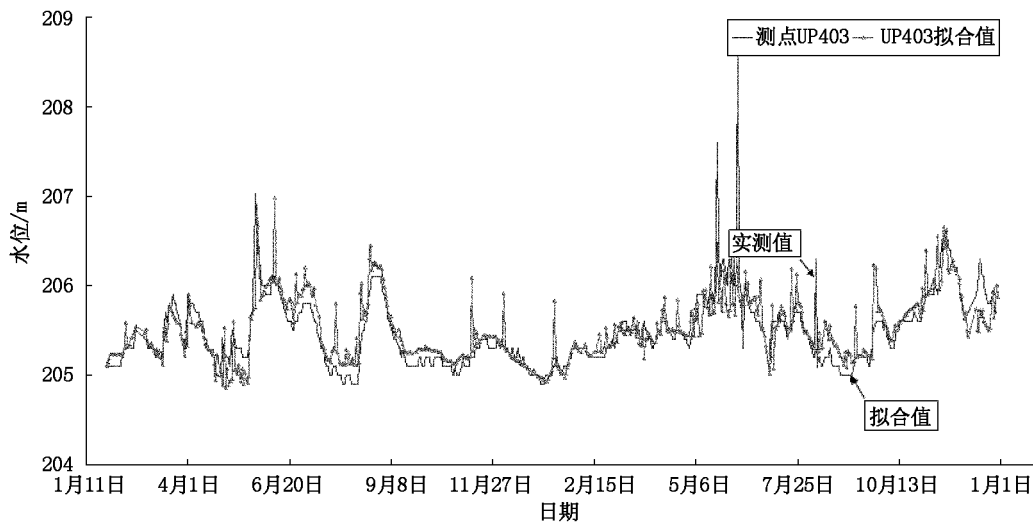


图5 UP403 测压管实测水位与回归值过程线

3 结论

(1) 采用逐步回归方法能更直观的了解测压管的影响因素。

(2) 通过回归计算分析可知,所有测压管水位的显著性因子中均含有当日库水位,表明测压管水位的滞后效应不明显,防渗墙的防渗效果不明显,而坝脚处测压管还包括前1日降雨影响因子,说明降雨对该测压管水位有一定影响。

(3) 根据预测值可知,在高水位下,心墙下游的测压管水位均偏高,逸出点可能在排水棱体上游坝坡处,不利于渗流运行稳定。建议加强渗流观测频次,日常巡

查中重点观查该断面的下游坡是否有集中渗漏、管涌、散浸等渗透破坏,以及浸漏量的变化,发现异常及时处理。

参考文献:

- [1] 陈兰,仲云飞等. 逐步回归算法在边坡安全监测中的运用[J]. 长江科学院院报,2013(30):21~25.
- [2] 傅蜀燕,欧正峰. 基于逐步回归的BP网络混合模型在大坝变形分析中的应用[J]. 人民珠江,2014(3):14.
- [3] 吴中如. 水工建筑物安全监控理论及其应用[M]. 南京:河海大学出版社,1990.
- [4] 黄润秋. 岩石高边坡的时效变形分析及其工程地质意义[J]. 工程地质学报(英文版),2000,8(2):148~153.

编辑:张绍付

Application of stepwise regression method in seepage analysis

YANG Guo Hui¹, ZHOU Zhiwei², MA Xiufeng², YU Weiran²

(1. Dayu Reservoir Engineering Management Bureau of Jiangxi Province, Dayu 341500, China; 2. Jiangxi Provincial Institute of Water Sciences, Jiangxi Engineering Technology Research Center on Hydraulic Structures, Nanchang 330029, China)

Abstract: The stepwise regression can apply to deal with the problem of multiple co-linearity between primary factors, and solve the correlation between random variables, and determining the significant variables. Based on the stepwise regression and combined analyzing measured data regression, the results showed that the fitting effect stepwise regression model is well, multiple correlation coefficient is large, reflecting the different significant influence factor and develop trend, predicting the water level with the regression model can provide guidance for the understanding of the status of the dam seepage.

Key words: Seepage; Stepwise regression method; Complex correlation coefficient; Significant influence factor

翻译:杨国辉