

基于方差检验法的长距离输水管线运行状态评价

李凤滨

(辽宁省大伙房水库输水工程建设局, 辽宁 沈阳 110166)

【摘要】 为了能够及时发现长距离输水管线泄漏等的异常状况,需要对其压力流量的监测数据进行处理分析。本文提出运用方差检验法来判断压力流量等监测数据平稳状况,结合压力流量的平稳状况来判断管线是否运行正常。结果表明:运用方差检验法可以准确判断压力或流量的监测数据是否平稳;结合压力、流量的方差检验结果可以准确判断管线是否运行正常。此方法运用简单,有助于及时发现威胁管线安全的因素。

【关键词】 长距离输水管线; 泄漏; 方差检验法

中图分类号: TV672+.2

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2017)03-0044-05

Evaluation on long-distance water conveyance pipeline running status on the basis of variance test method

LI Fengbin

(Liaoning Dahuofang Water Conveyance Project Construction Bureau, Shenyang 110166, China)

Abstract: The monitoring data of pressure flow capacity should be processed and analyzed in order to discover the abnormalities of long-distance water pipeline. In the paper, it is proposed that the variance test method can be applied for judging the stable condition of pressure flow capacity and other monitoring data. The stable condition of pressure flow capacity can be combined for judging whether the pipelines are operated normally or not. Results show that the variance test method can be applied for accurately judging whether the monitoring data of the pressure or flow capability is stable or not. Pressure and flow capacity variance test results are combined for accurately judging whether the pipelines are operated normally or not. The method is applied simply, which is beneficial for discovering factors threatening pipeline safety timely.

Key words: long-distance water conveyance pipeline; leakage; variance test method

1 引言

辽宁省大伙房水库输水(二期)工程管线长度约154.4km,承担辽宁中部多个大城市的供水任务,供水保证率95%,具有输水距离长、供水量大、供水目标多的特点。该工程在重要节点上布设了流量计、压力传感器,自动化系统采集数据及时传输到控制中心。自

动化系统采集的水力参数在工程中具有重大意义:监视全线压力稳定、流量平衡;辅助调整各城市的供水量,确保及时充足供水;监视全线,及时发现爆管、泄漏等威胁到全线安全稳定运行的情况。但由于流量计、压力传感器等用于监视的传感器只设置在关键节点上,导致两个相邻的传感器距离较远,它们之间的管线较长,当该管线中某个位置出现威胁工程安全的情况

(如:泄漏)时并不容易被发现。管线发生泄漏是管线运行中的异常情况,针对该情况已有许多学者对此进行研究,例如:输油管道上光纤检漏法^[1]、负压波法^[2]等。其中光纤检漏法灵敏度越高对成本要求越高,负压波法对泄漏量要求较大。本文将从理论上分析在出现不同的运行状态时,压力、流量等水力参数表现出的特征状态,对其进行归纳分析得到一套理论方法,该方法能够从压力、流量等水力参数变化的角度评判长距离输水管线的运行状态。

本文将利用方差检验法,综合分析压力、流量等水力参数的数据状态,从而评判长距离输水管线的运行状态。

2 长距离输水监测数据的分析理论

水力参数的数据分析结论,可分为正常运行和异常运行两大类。若监测数据没有一个好的分析方法,除非是非常明显的异常(如:阀门开度突然变大),否则不容易被发现,尤其对于一些缓慢的变化并不容易分辨判别,如:发生微量泄漏。

本文是以统计学的方差检验法为基础,评判压力变化过程,若是出现异常,再对流量进行方差检验,若还是异常,说明此时段内该段管线运行状态异常,并且根据出现异常的时间长短来判别异常原因。

2.1 方差检验法运用于监测数据分析

当管线运行平稳时,管线中水的流动接近层流,因此监测到的压力、流量等水力参数应是平稳的,且变化不大^[3-5],之所以变化是由于电气设备采集导致,这是不可避免的,并且这对判断是否实时采集是有利的,但它们的方差应该是在某一范围内,否则将导致数据发散不平稳,本文利用这一方差范围展开理论分析,即认为若是数据的方差超出该范围则说明管线运行状态异常。例如管线的出口压力,在同一运行状态下,监测数据的方差是小于 σ_0 的,若不是这种情况,说明该输水管道出现异常。方差检验法就是对该出口压力的方差进行检验。统计学中的方差检验是先假设数据总体的

分布形态或数据总体的参数特征,然后利用样本提供的信息判断假设是否合理,若合理则接受原假设,不合理则拒绝原假设,从而对所研究的数据总体做出推断。在本文中方差检验结果合理表示数据平稳正常,不合理表示数据异常。方差检验法适合于判断压力、流量等水力参数的变化是否异常。

2.2 长距离输水管道运行状态特征的分析

对水力参数的监测数据分析判断结果有两种:数据平稳正常和数据异常。数据平稳正常时,该段是正常运行的。当数据出现异常时,分几种情况:①该段管线有调流;②该段管线的水力参数受其他段管线调流的影响;③有人在未经总部允许的情况下将阀门打开或关闭,并且没有记录在案,这属于误操作情况;④管线泄漏;⑤自动化系统采集过程出错。对于第①、②查看调度日志便可知道,但对③、④、⑤,则需要仔细分辨鉴定。这几种异常情况有不同的特征可以将它们分辨:①、②、③只发生在阀门打开或关闭的过程中,持续时间短,当操作结束后,水力参数将会进入正常平稳状态;④对应管线泄漏一般要持续一段时间,并不随调流操作结束而结束,将会一直持续出现数据异常,直到进入维修状态,因此若是④,表征比较明显,方差检验结果异常将持续很久,并且压力、流量等水力参数将同时出现数据异常;⑤对应自动化系统采集出错,突然有一个很大的值或很小的值,这时,可以去掉最大值和最小值重新进行方差检验,若还是结果是异常,则观察同一时间段其他水力参数的方差检验(例如:出口压力的方差检验结果为异常,则对同一时段的进口压力或流量进行方差检验),若结果正常,则说明自动化系统采集出错,下一个时间段的数据会回归正常。综上分析,③、④两种情况对管线运行是有威胁的,当出现③时应及时处理;当压力、流量等水力参数同时出现数据异常,并且持续出现时,则该段管线需要注意,很可能存在泄漏。

3 工程实例

以大伙房水库输水(二期)工程中的一支线为例,

该支线入口处调流阀安装有压力传感器、流量计,压力传感器可观测调流阀前后压力变化,以高程表示,流量计可监视通过调流阀的流量。调流阀连接一段较长的管线后接入水厂。本文以调流阀的进口高程、出口高程和流量监测数据进行评判该段管线(支线)的运行状态。

3.1 实例1:正常运行状态的判断

以调流阀出口高程在2014年6月1日的监测数据为例进行评判。该日的出口高程数据如图1所示,自动化系统所采集,间隔15min取一次,一天有96个数据,以30个数据作为一组样本,可得三组独立的样本。以第一组样本为例,运用一个正态总体的方差检验法进行检验,令 $\sigma_0 = 0.035$ 。

假设 $H_0: \sigma^2 \leq 0.035^2$ 。

$H_1: \sigma^2 > 0.035^2$ (或) $\sigma^2 \geq 0.035^2$ 。

根据标准差公式进行计算:

$$S(\sigma) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

式中 \bar{x} —— x 的算术平均数;

S ——样本标准差;

σ ——总体标准差;

n ——样本数。

得 $S=0.33$ 。给出统计量:

$$\chi^2 = \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2} \quad (2)$$

代入式(1), $n-1=29$, 可得 $\chi^2 = 26.85$ 。

采用单边检验,样本容量为30,置信水平为95%,由统计量的临界值表查得 $\chi_{0.05}^2(29) = 42.56$ 。满足 $\chi^2 \leq \chi_{0.05}^2(29)$, 不能拒绝原假设,故判定该时段内数据平稳无异常。调流阀的出口高程在2014年6月1日的数据分析列于表1中。该表说明2014年6月1日调流阀出口压力无异常波动,该段管线运行正常。查工程日志,2014年6月1日无任何异常记录,证实该段管线无异常情况。

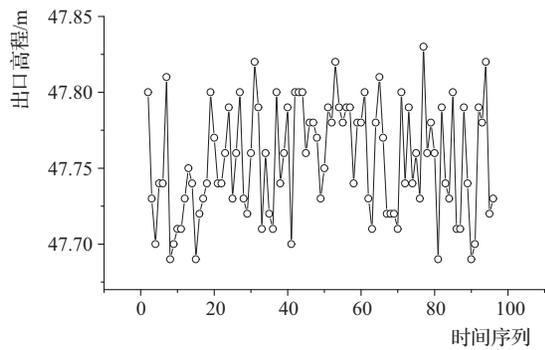


图1 2014年6月1日调流阀出口高程过程曲线

表1 2014年6月1日调流阀出口高程的方差检验结果

	分 组	S	χ^2	判断过程	判断结果
出口高程	第一组样本总体(1~30)	0.034	26.85	$\chi^2 \leq \chi_{0.05}^2(29)$	接受
	第二组样本总体(31~60)	0.032	24.73	$\chi^2 \leq \chi_{0.05}^2(29)$	接受
	第三组样本总体(61~90)	0.038	34.79	$\chi^2 \leq \chi_{0.05}^2(29)$	接受

3.2 实例2:受其他段管线调流影响的情况分析

以2014年6月28日出口高程、进口高程、流量监测数据为例,如图2、图3、图4所示。按照实例1的方法进行方差检验,分析出口高程、进口高程数据时 $\sigma_0 = 0.035$,分析流量数据时 $\sigma_0 = 0.005$ 。结果列于表2中。

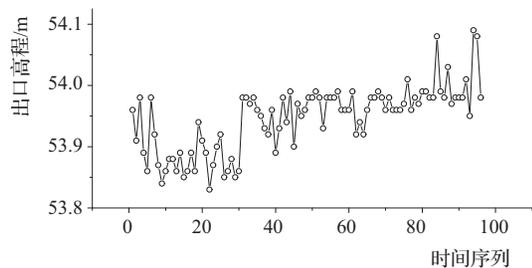


图2 2014年6月28日出口高程

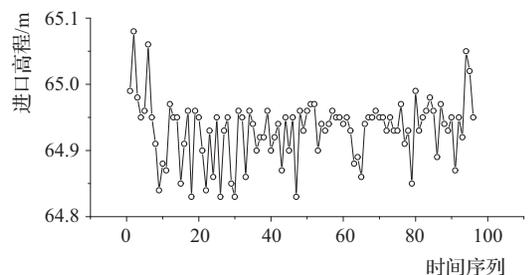


图3 2014年6月28日进口高程

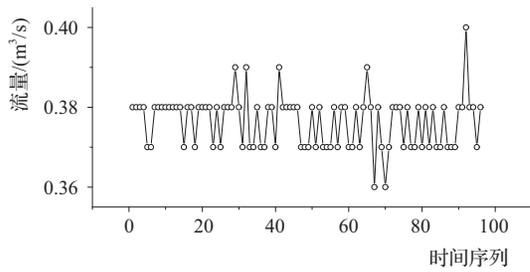


图4 2014年6月28日流量

表2 2014年6月28日调流阀水力参数的方差检验结果

	样本总体编号	S	χ^2	判断过程	判断结果
出口高程	第一组(1~30)	0.039	36.14	$\chi^2 \leq \chi_{0.05}^2(29)$	接受
	第二组(31~60)	0.026	16.57	$\chi^2 \leq \chi_{0.05}^2(29)$	接受
	第三组(61~90)	0.029	20.56	$\chi^2 \leq \chi_{0.05}^2(29)$	接受
进口高程	第一组(1~30)	0.065	100.03	$\chi^2 \geq \chi_{0.05}^2(29)$	拒绝
	第二组(31~60)	0.034	27.32	$\chi^2 \leq \chi_{0.05}^2(29)$	接受
	第三组(61~90)	0.033	26.08	$\chi^2 \leq \chi_{0.05}^2(29)$	接受
流量	第一组(1~30)	0.005	24.67	$\chi^2 \leq \chi_{0.05}^2(29)$	接受
	第二组(31~60)	0.006	45.47	$\chi^2 \geq \chi_{0.05}^2(29)$	拒绝
	第三组(61~90)	0.007	53.47	$\chi^2 \geq \chi_{0.05}^2(29)$	拒绝

表2中,进口高程第一组数据出现异常。将其最大值去掉,补充邻近数据点,形成新一组样本总体,重新检验仍然拒绝原假设,但出口高程、流量监测数据在该时段的方差检验结果正常,说明是自动化系统采集引起的,下一时段将会恢复正常。流量数据第二、第三组数据出现检验结果异常,但进口高程、出口高程无异常,判断为其他段管线调流引起的。经过日志查询,这两个时段稳压塔在充水,全线压力有波动,说明此方法判断正确。

3.3 实例3:管道异常判断

以2014年8月13日调流阀进口高程、出口高程和流量的数据为例,这些数据变化如图5、图6、图7所示,按照实例1所用方法进行方差检验,在分析出口高程、进口高程数据时 $\sigma_0 = 0.035$,在分析流量数据时 $\sigma_0 = 0.005$ 。检验过程列于表3中。

从表3可看出进口高程、出口高程、流量在2014年8月13日多次出现异常,并且 χ^2 的比 $\chi_{0.05}^2(29)$ 大得多,异常次数多且连续,当天可能是管道出现问题。对

根据第二天的数据进行评判也同样多次异常,都显示管道出现问题,可能为泄漏。经查工程日志,结果为该时段内水厂前管道确实发生泄漏,符合判定结果。

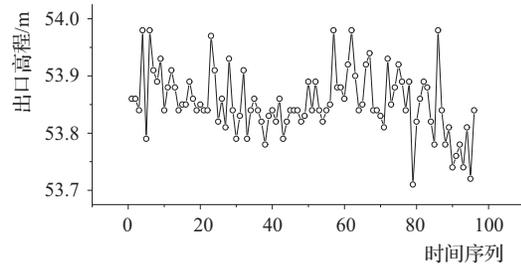


图5 2014年8月13日出口高程

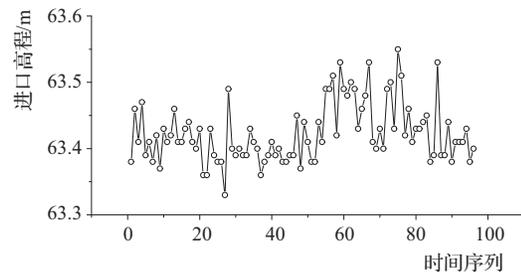


图6 2014年8月13日进口高程

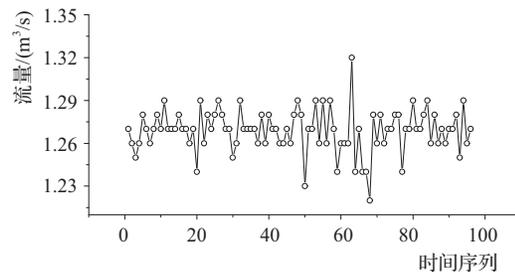


图7 2014年8月13日流量

表3 2014年8月13日调流阀水力参数的方差检验结果

	样本总体编号	S	χ^2	判断过程	判断结果
出口高程	第一组(1~30)	0.050	60.36	$\chi^2 \geq \chi_{0.05}^2(29)$	拒绝
	第二组(31~60)	0.039	35.87	$\chi^2 \leq \chi_{0.05}^2(29)$	接受
	第三组(61~90)	0.064	95.50	$\chi^2 \geq \chi_{0.05}^2(29)$	拒绝
进口高程	第一组(1~30)	0.035	29	$\chi^2 \leq \chi_{0.05}^2(29)$	接受
	第二组(31~60)	0.045	46.91	$\chi^2 \geq \chi_{0.05}^2(29)$	拒绝
	第三组(61~90)	0.049	55.79	$\chi^2 \geq \chi_{0.05}^2(29)$	拒绝
流量	第一组(1~30)	0.012	160	$\chi^2 \geq \chi_{0.05}^2(29)$	拒绝
	第二组(31~60)	0.014	231	$\chi^2 \geq \chi_{0.05}^2(29)$	拒绝
	第三组(61~90)	0.018	417	$\chi^2 \geq \chi_{0.05}^2(29)$	拒绝

4 讨论

a. 在对同一管线同一水力参数不同时段进行方差检验法分析时,合理的 σ_0 是可以通用的。例如:调流阀出口高程的数据,进行方差检验时可通用同一 σ_0 ,这意味着调流阀的开度发生变化时,调流阀出口高程的均值发生变化,用于方差检验的 σ_0 还是同一值,对工况适应性好。

b. 用方差检验法有助于发现泄漏的起始时间。当发现泄漏时,将邻近时间段的数据用该方法去追溯,可判断出发生的开始时间。

c. 当某一组数据进行方差检验出现结果异常时,可观察其他数据组的检验情况。以出口高程为例,当某一组样本出现方差检验结果异常时,观察进口高程和流量数据,当它们为正常时,可保留为该系系统自动化采集异常;当进口高程和流量的检验结果为异常时,就要注意判断是否调流操作,并且要注意观察下一个时间段的检验情况。

综上所述:①方差检验法可以准确判断某一水力参数的是否正常平稳;②结合进口高程、出口高程和流量监测数据的方差检验结果可以准确判断该段管线的

(上接第54页)更节能。

3.3 经济性

搅拌机改造后,减少搅拌机上料工序,据经验,搅拌作业一次,其上料工序(已装料斗的提升和空料斗的下降)平均耗时20s。项目混凝土总量40780m³,出料容量为0.75m³,搅拌混凝土总次数为40780/0.75=54374次,可节约时间(54374次×20s)/3600s=302h。项目部人员工资及日常管理成本100000元/月,按月有效工作日26d,日工作8h计算,进而减少管理成本100000/26/8×302=145192元。

拆除提升电机7.5KW,节约时间302h,可节约用电量2265度,每度电费0.80元,可节约电费1812元。

拆除搅拌机上料装置后,可以减少上料装置的维修和保养成本,如:钢丝绳、极限位置行程开关、摇杆、撞板、滚轮、齿轮减速箱、电机等。据经验,年维护成本约1500元,工期2年,共计3000元。

运行状态。

5 结论

为了及时发现长距离输水管线泄漏异常状况,本文提出基于方差检验法来分析水力参数的监测数据是否平稳,综合各水力参数的数据平稳状况去评判该段管线是否正常运行,这有助于及时发现不利于工程运行因素,及时解决工程隐患。此方法是对监测数据的提炼分析,与其他方法相比,对泄漏量要求不大,运用简单更贴合工程实际。◆

参考文献

- [1] 潘坤.应用于石油管道安全检测的分布式光纤传感系统基础研究[D].成都:电子科技大学,2011.
- [2] 王长建,叶伟文,肖超波,等.负压波在管道泄漏检测与定位中的应用[J].管道技术与设备,2009(6):27-28.
- [3] 李凤滨.长距离输水管道渗漏监测数据处理研究[J].水利建设与管理,2015(12).
- [4] 范建强.VAG调流阀的设计选型[J].水利建设与管理,2015,35(9):28-30.
- [5] 杨宇.长距离有压输水系统防水锤设计探析[J].水利建设与管理,2015,35(9):35-37.

共计可节约成本150004元。

4 改造技术的成熟程度、适用范围和安全性

搅拌机改造技术浅显易懂,有一定施工经验的施工人员即能实施,普及性广,成熟程度高。

搅拌机改造成本低,设备可靠性有效提高,适用于所有的混凝土施工项目。

改造技术仅需搅拌机拆除工艺、浆砌石施工工艺、土石方开挖技术,均为一般项目,不涉及到危险性项目,安全性高。

5 改造应用情况及存在的问题

目前混凝土搅拌机改造技术已在多个施工单位普及,但目前仅应用于混凝土量相对较大的项目,混凝土量较小或工期短的项目未普及或普及率不高。建议搅拌机生产厂家在设备生产时能够提供无上料装置和有上料装置两料搅拌机,以减少施工单位拆卸工作量及购买成本。◆