文章编号:1005－0523(2007)02－0092－04

基于数据处理的列车水箱水满判据研究

郭厚焜[1],官海兵[2],李 骏[1]

(1.华东交通大学 南昌 330013;2.江西交通职业技术学院 南昌 330013;)

摘要:本文就列车上水自动控制系统中的关键技术问题——列车水箱水满判据的确定,进行了研究.通过对列车水箱这一半密闭特殊容器在水满前后入水口压力变化规律的理论分析与实验研究,找出了列车水箱水满前后压力的变化规律,提出了基于压力信号的采集与处理的列车水箱水满的判断依据.

关 键 词:列车水箱;水压;数据处理;水满判据

中图分类号:TP39 **文献标识码**:A

0 引言

目前我国铁路上水站为列车上水一直还是采用人工上水的方式.即接入上水接头、打开上水阀、判断水箱水满以及拔出上水接头和关闭上水阀等作业都是由人工来完成.这样的现状不仅效率低下、劳动强度高,而且很不安全,还存在大量的水资源浪费现象.面临列车上水作业存在的种种弊端,尤其是铁路提速带来的挑战,使得列车上水的自动化控制系统成为近年来铁路亟待解决的问题之一.为更快更好地解决这一技术问题,加快铁路的现代化、自动化建设的进程.铁路各部门纷纷投入人力物力进行科技攻关.近年来也出现了不少这方面科研成果.但是由于列车是个流动设备,列车水箱的水位状态如何反馈到车站的上水控制设备这一关键技术一直无法突破.使得列车上水自动控制系统一直无法真正实现.为此,本课题组成员对列车水箱的结构和管路的布局以及铁路列车上水的相关政策和法规进行了充分的调研和分析,对水箱水满前后的压力变化进行了必要的理论研究和大量的实验研究,最终找到了列车水箱水满前后进水口压力变化的规律,使得列车上水自动化控制系统成为可能.

1 水箱的结构特点与水箱水满监测难点分析

1.1 水箱结构特点

(1)列车水箱一般位于列车车厢的两端的顶部的夹层之中,水箱除车厢两侧两根向下伸出的水管露在外面以外,水箱箱体和水管都被列车的壳体和夹层包围.水箱内部空间除通过入水和出水管与外界空气连通以外,为封闭结构(见图 1).

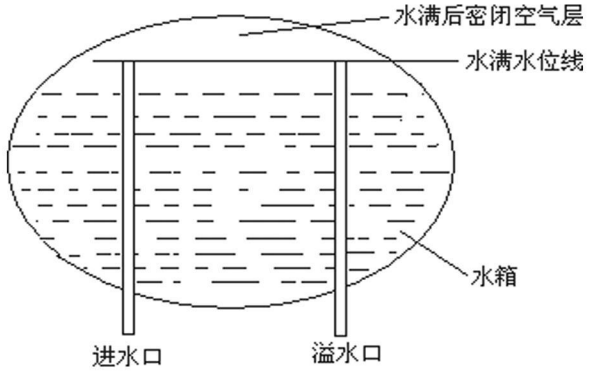


图 1 列车水箱结构示意图

(2)列车水箱的进水管与出水管直接进入水箱顶部(图 1).这一结构使得水箱在水位达到水满水位线之前,上水口的压力不会发生变化.水箱水满之后,水箱顶部未密闭空气.

1.2 水箱水满监测难点

收稿日期:2007－01－10

作者简介:郭厚焜(1965－),男,江西吉安人,教授.研究方向:机电一体化;状态监测及其自动控制;数据采集与处理.

中国知网 https://www.cnki.net

(1)由于列车水箱除上水管和出水管伸出列车顶部夹层之外，其余部分都被封闭在列车顶部的夹层中，浮球式、红外线以及超声波等现有的水位探测器都不能适用于列车水箱这一特殊容器的水位状态检测.除结构外，铁路运行规则也不允许上水站更改列车的水箱结构以及在列车上安装附加设备.

(2)由于列车水箱本身结构比较特殊，水箱水位达到水满水位线之前，水箱内水位所带来的压力变化无法反映到入水口的压力表中.进水口处的压力在水箱溢水口溢水之前一直保持不变.在水箱水满(水箱水位达到水满水位线并开始溢水)之后，由于进出口水流状态、压力的差别和水箱顶部密闭部分空间体积的变化，在上水口中反映出来的压力也会相应发生变化.但是，由于上水车站用水环境的干扰，用传统的压力变送器和传统的方法也无法完成这一特殊容器的水满判断任务.

1.3　压力信号分析：

水箱在水满之前，入水口的压力没有变化，但在水箱水满(水箱水位达到水满水位线)之后，出水口开始溢水，由于进水速度远大于出水的速度，因此出水口逐渐被封闭，密封空间的空气也被压缩.在这过程中，反映到上水管入口处的压力信号发生变化.找出此时的变化规律，便可判断水满与否.

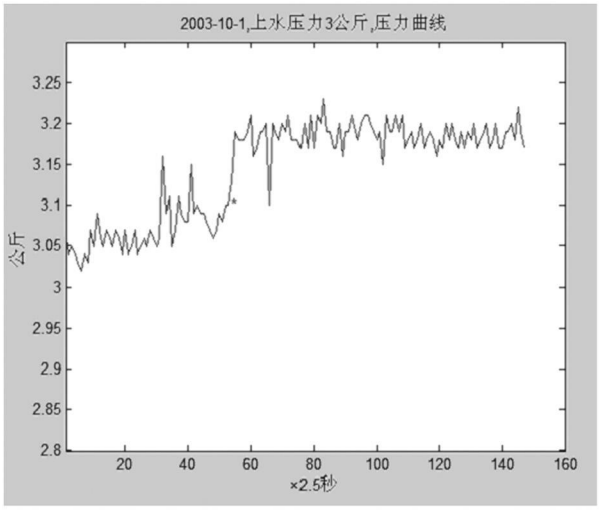
2　水压监测实验

2.1　实验的设计

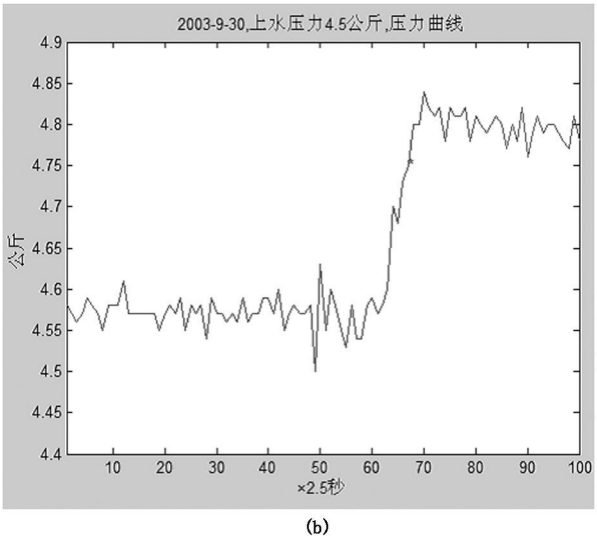
根据上文中对列车上水过程中水箱上水口压力变化的分析，水箱水满前，进水口压力基本无变化，水箱水满后，进水口的压力会发生变化.为了进一步找到列车水箱水满前后的压力变化的规律和变化量的大小，我们采用精度为 0.1%的 ZQ—Y0 型压力传感器在铁路客机站对 25g 型客车进行了上水过程压力检测实验.实验中在不同的时间段，分别选取在不同的上水压力的条件下，对列车上水过程中进水口水压的数据变化进了检测.数据采集的采样频率为 2.5 秒/次.图 2 所示的是上水压力分别为 0.3 MPa 和 0.45 MPa 的条件下得到的数据.

2.2　实验结果分析

从上述试验的数据所生成的压力曲线可知，①上水管入水口的水压在水满时有一明显的上升过程.②数据采集过程中，水压受到的干扰比较大，并且有明显的奇异值.③在不同的水压的条件下，水箱水满导致的压力变化的特征有所不同.④在实验中我们还发现，不同的时间段水压受到外界的干扰也有所不同.



(a)



(b)

图 2　列车水箱水满前后水压变化曲线

2.3　基于压力变化的水满判据的可行性分析：

从上述实验结果可以看出，列车上水过程中，上水口的压力在水箱水满时有一明显的变化，现有的监测技术足以测出列车上水过程中水箱水满到来的压力变化值.只要设定合适的判断阀值，就能够有效识别列车水箱水满的状态.同时实验结果也明确告诉我们，上水过程中来自外界的干扰比较大.因此，采取合理有效的抗干扰的方法和数据处理技术是实现有效判断的关键之一.由上述的实验和分析情况来看，我们完全可以通过检测列车上水过程中进水口压力的变化来判断水箱水满与否，即列车上水过程中，上水管入水口水压的变化可以作为水箱水满的判断依据.

中国知网　https://www.cnki.net

3 水箱水满判据的实现

3.1 数据的采集

采集设备:精度为 0.1%的 ZQ—Y0 型压力传感器;PCL818 数据采集卡;研华工业控制计算机.

数据采集参数:采样频率:2.5 秒/次.

3.2 数据的处理

(1)数字滤波—算术平均

设定一定的采样个数 n,对采样值 x_i 求算术平均值:$\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i,\ i=1,2,\cdots,n$ (1)

(2)计算剩余误差

$$v_i=x_i-\bar{x} \tag{2}$$

(3)计算样本方差和标准差

首先计算样本方差,然后根据 BESSEL(贝塞尔)公式求得样本方差和标准偏差如下.

$$\hat{\sigma}^2=\frac{1}{(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2 \tag{3}$$

$$\hat{\sigma}=\sqrt{\frac{1}{(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2} \tag{4}$$

设检测值的样本方差和标准偏差分别为 σ^2 和 $\hat{\sigma}$,则有:

$$\hat{\sigma}^2=\sigma^2;\ \hat{\sigma}=\sigma$$

(4)剔除奇异值

根据莱以特准则判断不可信赖值,提出采样数据中的奇异项.

如满足条件:$v_i>3\sigma$ 的对应数值,应予以剔除.

(5)每次剔除一个奇异值,再重复(2)—(4)

按(2)—(4)各步骤重新计算和判别奇异值,并计算有效检测数据的数目 n' 和新的平均值 $\bar{x}$、剩余误差 v'_i、方差 $\hat{\sigma}'^2$ 以及标准偏差 $\hat{\sigma}'$.它们分别为:

$$n'=n-B \qquad (B \text{ 为奇异值个数})$$

$$\bar{x}'=\frac{1}{n'}\sum_{i=1}^{n'}x_i,\ i=1,2,\cdots,n \tag{5}$$

$$v'_i=x_i-\bar{x}' \tag{6}$$

$$\sigma'^2=\hat{\sigma}'^2\frac{1}{(n'-1)}\sum_{i=1}^{n'}(x_i-\bar{x}')^2 \tag{7}$$

$$\hat{\sigma}=\hat{\sigma}'\sqrt{\frac{1}{(n'-1)}\sum_{i=1}^{n'}(x_i-\bar{x}')^2} \tag{8}$$

(6)判别线性累积误差和周期性系统误差

MaJILIKOB(马利科夫)准则指出:测量值个数即样本个数分别为偶数或奇数时,取

$$\Delta=\left(\sum_{i=1}^{\frac{n}{2}}v_i-\sum_{i=\frac{n}{2}+1}^{n}v_i\right) \tag{9}$$

$$\Delta=\left(\sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}}v_i-\sum_{i=\frac{n+3}{2}}^{n}v_i\right) \tag{10}$$

若 $\Delta\approx 0$,这系统不存在线性累积误差,否则存在线性累积误差.

Abbe—Helmert 准则认为:

若 $\left|\sum_{i=1}^{n-1}v_iv_{i+1}\right|<\sqrt{n-1}\,\hat{\sigma}^2$ (11)

则认为系统不存在周期性系统误差,否则存在周期性系统误差.

(7)基准数据和实时数据的确定

基准数据是判断水压变化的基准.因此,基准数据应该是在水箱未满而且处于稳定上水时的平均水压.实时水压数据是指上水过程中,实际测出的水压平均值.为使得基准数据和实时数据真实有效,在取得这两种数据时必须先要通过剔除异值,然后计算算术平均值.

3.3 判别方案的设计

(1)主要工作原理

①采集并计算出基准数据;②采集并计算出实时数据;③不断将实时数据与基准数据进行比较;④当实时数据大于基准数据的预先设定的阀值时,则认为水箱水满.

(2)关键技术

①起始点的寻找.为避免起始点就是奇异点.因此,一开始就必须先去寻找满足一阶差分预测的三个连续点,即满足:

$$|x_t-x_{t-1}-x_{t-1}+x_{t-2}|\leqslant W \tag{12}$$

这时所找到的三个点 x_t-x_{t-1}、x_{t-2}和就可以作为正确的起始点.

②正确设定采样区间.一个是基准数据的采样区间;另一个是实时数据的采样区间.由于我们不能拿单一的一个数据作为基准数据或实时采样的数据.因此我们必须确定一个采样的区间,即采集一定个数的数据并对他们进行必要的数据处理(如前所述)以保证数据的有效性.

③判断阀值的确定.阀值是判断的关键参数.其大小主要由上水站的供水水压、网管的设置以及列车的类型等因素决定.由于铁路管理部门对列车供水管网的水压有明确的标准,列车的分类也是十分清晰和有规律.通常可根据实验来确定判断阀值.

3.4 判别系统流程图

4 结束语

本课题组对列车水箱结构和列车上水过程的进行了分析和研究,形成了利用列车水箱上水管入口

中国知网 https://www.cnki.net

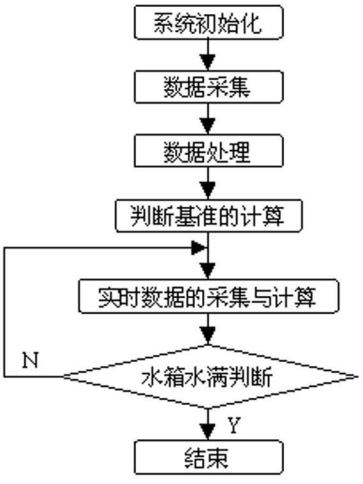


图 3　列车水箱水满判断系统控制图

处水压变化作为水箱水满判断依据的设想.通过对列车水箱水满前后压力数据变化的实验研究,找到了列车水箱水满前后的变化规律,为列车上水自动控制系统中水箱水满的判别提供了可靠的依据,解决了列车上水自动控制系统中多年来一直未得到解决的关键技术.使列车上水自动控制系统真正意义上的实现成为可能.

参考文献:

[1]铁道部运输局文件.铁路给水集中监控系统技术管理标准[S].运装设水[2000]172 号.

[2]卢文祥,杜润生.机械工程测试 * 信息 * 信号分析[M].武汉:华中理工大学出版社,1992

[3]吴石增,黄鸿.传感器与测控技术[M].北京:中国电力出版社,2003.

[4]曹玉平,阎祥安.液压传动与控制[M].天津:天津大学出版社,2003.

[5]熊诗波.液压测试技术[M].北京:机械工业出版社,1982.

[6]潘新民,王燕芳.微型计算机控制技术[M].北京:高等教育出版社,2001

Study on Criterion of Train Tank Based on Data Acquisition and Processing

GUO Hou-kun[1], GUAN Hai-bing[2], Li Jun[1]

(1. East China Jiaotong University, Nanchang 330013; 2. Jiangxi V&T College of Communication 330013; China)

Abstract: Based on the experimentation water supply for train, this article studied the key technique, the criterion for the tankful of train. We have found out the variational rule of the pressure in the process of water supply after lots of experimentations and analysis for the special container. A criterion for the train thankful has been put forward based on the variation of pressure.

Key words: train tank; criterion of tankful; water pressure; data acquisition

中国知网　https://www.cnki.net