

平行轨行车智能纠偏控制系统设计

杨旭¹, 周悦¹, 于广平², 汤伟³

(1. 沈阳建筑大学 信息与控制工程学院 辽宁 沈阳 110168;
2. 中国科学院沈阳自动化研究所 辽宁 沈阳 110016; 3. 海城市污水处理厂, 辽宁 海城 114200)

摘要: 针对平行轨行车在生产运行过程中常出现的偏轨现象, 分析了其偏移的原因, 提出了相应的纠偏方案及一套完整的自动纠偏系统, 对纠偏系统中的关键部件及结构形式进行了详细的探讨与分析。通过现场系统的调试与纠偏效果前后比较, 表明该系统实现了平行轨行车的自动纠偏功能, 提高了自动化水平。

关键词: 平行轨行车; 增量式 PID 算法; 智能纠偏系统

中图分类号: TH12 文献标志码: B 文章编号: 1671-5276(2012)01-0026-03

Design of Intelligent Rectification Control System for Parallel Rail Bridge Crane

YANG Xu¹, ZHOU Yue¹, YU Guang-ping², TANG Wei³

(1. Faculty of Information and Control Engineering Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China;
2. Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China;
3. Haicheng Sewage Treatment Plant, Haicheng 114200, China)

Abstract: According to the partial rail phenomenon of parallel rail bridge crane during production, this paper analyzes the cause of migration, puts forward a complete set of automatic migration system with the corresponding correction program and discusses and analyzes the key component and structure in the system. By comparing the debugging and rectification effect it is illustrated that the system achieves the automatic rectification function of Parallel rail bridge crane and the automation level.

Key words: parallel rail bridge crane; incremental PID; rectification control system

0 引言

行车、吊车、天车都是人们对起重机的一个笼统的叫法, 行车和现在所称的起重机基本一样。基本有两类: 一类为集中驱动, 即用一台电动机带动长传动轴驱动两边的主动车轮; 另一类为分别驱动, 即两边的主动车轮各用一台电动机驱动。中、小型桥式行车较多采用制动器、减速器和电动机组合成一体“三合一”驱动方式。行车在工厂、车间等大型制造业应用比较广泛, 行车可以通过其驱动装置带动某些设备运动完成规定作业。

平行轨行车在工作过程当中也存在着一些问题, 其中比较普遍的一点就是行车在较长的轨道上往复运动时会出现偏移现象, 即行车的一侧明显慢于或者快于另一侧, 或者行车运动时两端没有保持水平。这样行车在轨道上就无法保持与其垂直运动, 形成一定的角度, 造成啃轨, 严重时会出现掉轨。为了避免这种事故发生, 提高生产效率及生产过程的自动化水平, 因此必须设计出一套完整的行车自动纠偏系统。

1 偏移分析

针对辽宁省某城市污水处理厂中的平行轨行车运行

情况进行分析, 得到了其产生偏移的具体原因。图 1 为该水厂运行中的行车设备。

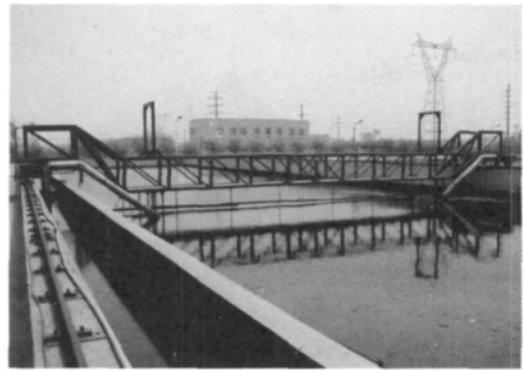


图 1 某污水处理厂平行轨行车

引起平行轨行车在运动过程中产生偏差位移的主要原因有:

1) 平行轨行车在运行过程中两端所受阻力不同, 这会导致两端的线速度不同, 使两侧形成速度偏差, 速度偏差积累会产生位移上的偏差。该行车两端均带有吸泥设备, 用来回收沉降水池中的污泥, 由于污水处理时的工艺流程, 会导致池子一侧的污泥浓度明显大于另外一侧, 这

基金项目: 国家 863 计划项目(2009AA04Z155) 资助; 国家自然科学基金重点项目(61034008) 资助

作者简介: 杨旭(1986—), 男, 辽宁海城人, 硕士研究生, 研究方向为过程控制。

便造成行车两侧在行驶过程中所受阻力不同。

2) 行车两端的滚轮在运动过程中存在打滑现象,会造成行车偏轨运行。由于该行车是在露天环境下工作的,在雨雪天气时,导轨上会有雨水或者冰,这会减小行车滚轮与导轨之间的摩擦力导致安装在行车两侧的主动轮出现打滑现象。

3) 平行轨行车至端点失去动力时会形成惯性运动的位移偏差。在平行导轨的两端分别安装有接近开关,开关检测到位信号以后,便会使行车停车数秒后向相反方向运动,由于行车在运动停止过程中存在惯性,并且其两端所受阻力不等,这样便会造成行车在停止反向运动过程中存在位移偏差。

基于上述分析,可以明确行车在运动过程中所形成的偏差包括两侧的速度偏差与位移偏差。针对这两种使行车发生偏移现象的原因,可以设计一个自动纠正偏差的控制系统。

2 纠偏控制系统设计

纠偏控制系统主要由速度检测装置、位置检测装置、工控机、驱动与变频装置组成。工作原理如图2所示:

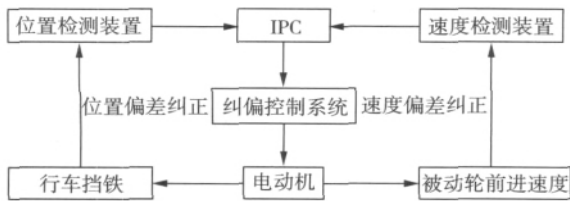


图2 纠偏系统工作原理

当行车在运行过程中产生速度或者位移偏差时,偏移量由速度与位置检测装置检测后,转化为电信号。工控机通过A/D转换卡读取该信号,然后由纠偏控制系统对信号进行运算与输出,输出值由板卡可转换为变频与驱动信号控制电动机,使其自动进行偏移量纠正,从而形成了两个闭环控制系统。

2.1 平行轨行车位置偏差纠正

平行轨行车在运行过程中的位置偏差主要是指行车在启动或者停止时,两侧的同一参考位置没在同一水平线上,形成偏差,即没有与轨道完全垂直。这样在行车两侧同速动作时便会始终保持这种位置上的偏差。

位置纠偏的主要方法是在平行轨道上加装两组接近开关,行车在导轨上往返运动时,运行到新加装的那组接近开关处时进行一次位置偏差纠正,到达导轨端点接近开关时即为到位,暂停数秒后再反方向运行,反方向运行时另外加装的一组接近开关时再进行微小的纠偏。

具体的调偏过程如下:当行车从某一侧的端点处开始运行后,行车的两侧会形成位置偏差。当经过第一组开关时,先到接近开关的一侧会停止动作,没有到位的一侧会继续前进,当行车的另外一侧接触到接近开关后,行车两侧均会停下,数秒然后继续前进。经过下一组接近开关的时候也是如此动作,这样通过新加装的两组接近开关使行

车在行驶过程中保持相对无位置偏差的状态,很好地解决了平行轨行车行驶至端点位置后形成位置偏差的问题。基本原理如图3所示。

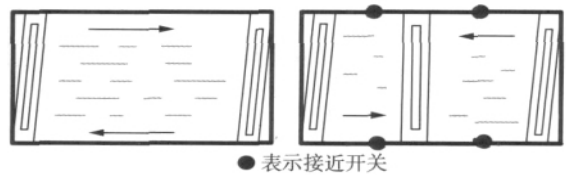


图3 平行轨行车位置纠偏原理图

2.2 平行轨行车速度偏差纠正

行车在运动过程当中也存在着速度上的偏差,这种速度偏差如若不进行实时调整,会导致行车偏轨运行,严重时会发生啃轨或者掉轨现象。

造成行车速度偏差的原因有很多:行车两侧与电动机相连的减速装置存在机械磨损,两侧的驱动轮直径存在偏差、外部信号扰动等因素都会使行车的两端驱动电动机在同频率运行情况下,速度不一致。速度偏差值就是行车从启动到停止所形成的位移偏差 ΔS 与该段运行时间 t 的比值,如式(1)所示:

$$\Delta v = \frac{\Delta S}{t} \quad (1)$$

解决速度偏差的具体方案就是把固定在从动轮上编码器的频率信号作为调速系统的反馈信号,并且把其中的一端的反馈信号作为设定值 V_{1sp} ,另外一侧的从动轮反馈信号作为比较值 V_2 ,两信号在控制器中进行比较运算,把比较端变频器的频率调节信号作为输出,形成一个闭环控制系统,因为行车行走的速度缓慢,所以要求输出部分的变化趋势不可太快,以平缓为好。系统采用PID控制调节方式,其中比例、积分与微分参数值的设定要使频率输出的变化率平缓。平行轨行车的速度调偏回路如图4所示:



图4 速度调偏控制回路

平行轨行车两侧均有一个主动轮和一个从动轮,从动轮通过安装改造已经加装编码器,通过地下铺设的电缆将编码器检测信号作为反馈值给控制器。

3 增量式PID控制算法

在速度纠偏控制器中采用增量式PID算法,平行轨行车的速度偏差是由于两侧电动机在运动过程中提供的动力不一致形成的,速度的偏移量是随着时间的增加而增加的,这样可以把纠偏环节看作积分环节。电动机和其他传动系统可近似看成惯性环节,这样便可以得到整个速度纠偏系统的方框图:

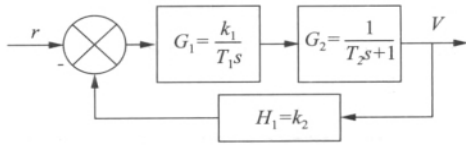


图5 速度纠偏方框图

整个系统的传递函数为:

$$G(s) = G_1 G_2 H_1 = \frac{k_1 k_2}{T_1 s (T_2 s + 1)} \quad (2)$$

式中: k_2 为传感器的放大倍数; k_1 为电动机、机械装置总的放大倍数; T_1, T_2 为时间常数。

机械误差、传动元件和控制元件惯性的影响是客观存在的。这种影响对系统有一定延迟作用,其传递函数可表示为 $e^{-\tau}$ 。考虑延迟作用的传递函数为:

$$G(s) = \frac{k_1 k_2}{T_1 s (T_2 s + 1)} e^{-\tau s} \quad (3)$$

采用增量式 PID 控制算法只需要之前的 3 个采样时刻的偏差,无需作累加,计算误差对控制量影响较小,表达式为:

$$\Delta u_i = u_i - u_{i-1} = k \left[e_i - e_{i-1} + \frac{T}{T_1} e_i + \frac{T_D}{T} (e_i - 2e_{i-1} + e_{i-2}) \right] \quad (4)$$

自动调速系统流程图如图 6 所示:

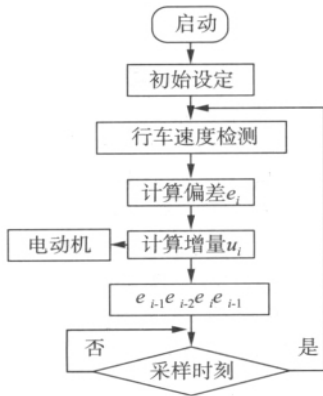


图6 自动调速系统流程图

4 纠偏效果验证

通过对平行轨行车位置自动纠偏系统与速度自动纠偏系统的设计与改造,可以很好的解决其在运行过程中所产生的偏移现象。图 7 为辽宁省某污水处理厂的平行轨行车设备采用自动纠偏系统前后的运行情况对比(图 7);

平行轨行车两侧均加装编码器,编码器通过实时反馈的频率信号可以反映出行车两侧的实际运行情况。在图 7 中,红色和蓝色折线分别代表平行轨行车两侧编码器实时变化的趋势。图(a)为纠偏前的效果图,图中红色、蓝色折线变化趋势无规律且跳动区间较大,证明行车两侧存在较大的速度偏差,两端的同步性不好(因是黑白图,需知详情请与作者联系)。这种情况下行车就容易偏轨运行,长期积累会发生啃轨或者掉轨。图(b)为纠偏以后的效果图,图中折线的变化区间明显减小,两端的同步性也

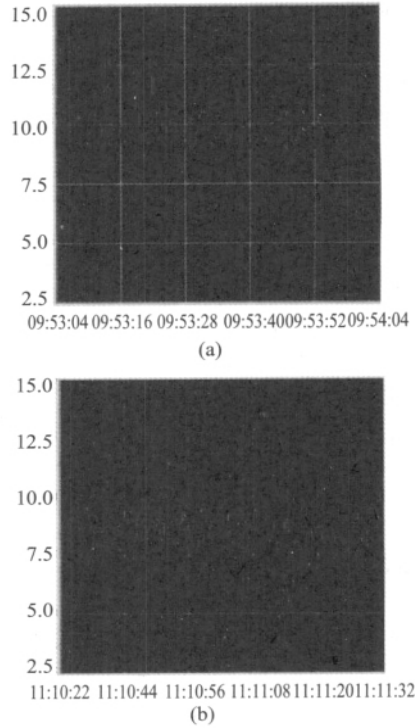


图7 平行轨行车调偏前后效果对比

明显有改进。通过平行轨行车调偏前后数据对比,基本上证明了本专利解决平行轨行车在运动中产生偏轨、啃轨现象的有效性。

5 结语

本文通过对平行轨行车在运行过程中产生偏移现象具体原因的分析,设计了一套可以自动纠偏的控制系统,该系统能够有效地解决行车在运动过程中的所产生的偏移问题,降低平行轨行车的故障率,提高了其工作中的安全性。

针对辽宁省某污水处理厂中污泥回流系统中的主要设备即平行轨行车进行了硬件设备的改造与软件程序的设计,并且调试成功,达到预期调偏效果。

参考文献:

- [1] 邹伯敏. 自动控制理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [2] Michael L. Skinner. Trends, Advances and Innovations in Filament Winding [J]. Reinforced Plastics 2006, 50(2): 28-33.
- [3] Takahashi K, Yamada T. Application of an immune feed-back mechanism to control systems [J]. JSME International Journal, Series C, 1998, 41(2): 184-191.
- [4] 刘金琨. 先进 PID 控制及其 MATLAB 仿真[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [5] 史耀耀, 袁焯, 徐文秀. 基于数字 PID 控制的智能纠偏系统设计 [J]. 机械制造, 2009, 47(539): 32-34.
- [6] 陶永华. 新型 PID 控制及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.

收稿日期: 2011-07-13