

桥梁支座智能灌浆系统的设计及应用研究

陈胜吉, 袁亚军, 蒋少波

(湖南联智桥隧技术有限公司, 湖南 长沙 410205)

摘要: 针对铁路桥梁支座灌浆计量不准、设备简陋和施工不规范、质量不可控的现状, 设计了一套专用于铁路桥梁支座制浆、灌浆的智能设备, 并对其在现场支座灌浆中的应用进行了举例说明。

关键词: 智能灌浆; 铁路桥梁; 支座

1 前言

高速铁路桥梁支座灌浆用于各种预制梁架设时支座底板与墩台支承垫石之间。其要求灌浆后早强(2 h抗压强度达到 20 MPa 以上)、表面平整(要求浆液自流平整)、微膨胀、零泌水。目前中国国内对此项灌浆设备的研究尚未引起重视, 存在下列相关的问题。

设备简陋: 一般的高速铁路支座灌浆采用的搅拌设备都比较简单, 往往是现场采用一个手电钻连接一根自制的搅拌杆进行搅拌, 而搅拌桶往往也是在现场随意找一个体积合适的桶来代替, 由于设备的简陋, 在搅拌工艺上缺乏控制, 质量难以保证。

计量不准: 人工现场搅拌, 在支座灌浆料以及水的计量上随意性比较大, 且支座灌浆料的水胶比较小, 一般为 0.14~0.18, 用水量小导致搅拌阻力较大, 在制浆量要求大的情况下人工操作比较困难, 为便于搅拌往往随意加水导致实际的水胶比偏大影响浆液质量, 产生离析、泌水, 导致强度不足或凝固时间超出等问题。

施工不规范、质量不可控: 整个支座制浆灌浆过程全由人工操作, 过程很难控制, 因而质量控制就更为困难, 在施工完成后往往很难对制浆质量进行追溯。

随着中国高速铁路建设对质量问题的高度重视, 对施工过程的不断规范, 现阶段落后的支座灌浆施工工艺及设备已经远不能满足需求, 因此开发一款高速铁路支座自动灌浆设备可填补这方面的空白, 对于规范施工工艺、提高施工质量, 都大有裨益。

2 铁路桥梁支座智能灌浆系统原理与特点

2.1 铁路桥梁支座智能灌浆系统的原理

铁路桥梁支座智能灌浆系统分为制浆与灌浆两部分, 其主要控制部件为可编程逻辑控制器, 通过在搅拌桶底部设置的 3 个均匀分布的测重传感器将投料与搅拌用水的重量通过信号转换输送至可编程逻辑控制器实时分析水胶比并进行校核, 对不合格浆液自动完成水的添加和提示人工投料重量, 全过程一键完成加水、制浆、灌浆施工[考虑到每次制浆量不多, 自动上料增加整机的重量而不便于移动, 采用人工整包投料, 一般每包料重量(20±0.05) kg, 可以直接按此重量计量而不需要称量]。

2.2 铁路桥梁支座智能灌浆系统的特点

(1) 相比于以往人工随意将材料混合搅拌, 智能灌浆系统实现了现场对桥梁支座灌浆材料(水, 专用灌浆料)的精确计量, 水胶比准确, 能保证浆液性能真正达到相应技术规程要求。

(2) 相比于以往对搅拌完全没有技术要求的现状, 智能灌浆系统根据材料配比对搅拌线速度与角速度进行了适应性设计, 提高了搅拌效率的同时保证了浆液质量的稳定性。

(3) 从计量到搅拌到灌浆, 全部由系统自动控制, 自动化程度高, 友好的操作界面与简洁的操作按钮, 便于现场知识层次较低的人使用; 便捷轻巧的设计, 便于现场复杂环境下的移动。

3 铁路桥梁支座智能灌浆系统的组成及技术指标

3.1 系统组成

铁路桥梁支座灌浆系统由高速搅拌桶、称重系统、控制箱、人机交互界面、电磁阀门、底架等几大部分组成。该系统由可编程逻辑控制器 PLC 作为控制中心,由触摸屏、按钮作为人机交互装置。通过按钮与触摸操控实现准确称量支座灌浆用水、用料与高速定时搅拌完成制浆。其结构组成如图 1 所示。

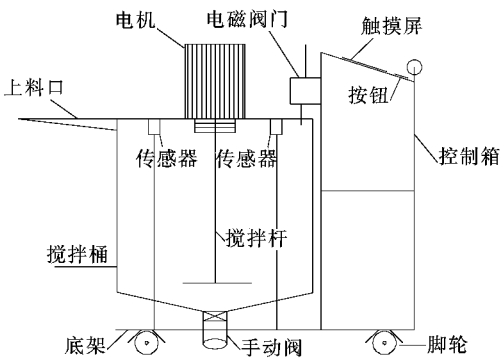


图 1 智能灌浆系统结构图

(1) 控制箱。包含可编程逻辑控制器 PLC,配电系统、直流电源、信号转换器等主要部件,用于整个系统的运转程控。

(2) 称重系统。由沿搅拌桶周均匀布置的 3 个称重传感器和信号转换器组成,用于称取搅拌用水、支座灌浆料的重量。

(3) 搅拌桶。由桶体、搅拌杆、高速电机、连轴器、支撑架组成,整个搅拌桶通过支撑架上的称重传感器支撑以做称重之用。

(4) 电磁阀门。由 PLC 控制自动开启与关闭实现自动加水功能,由手动按钮控制实现手动加水功能。

(5) 人机交互界面。由触摸屏与按钮组成,通过触摸设置制浆参数、水胶比较核;通过按钮实现中间过程启停、加水、加料等控制。

3.2 技术指标

智能灌浆系统的各项技术指标如表 1 所示。

4 铁路桥梁支座智能灌浆系统的关键技术

4.1 浆液搅拌

4.1.1 支座灌浆料的特性

铁路支座灌浆材料是专用材料,其性能区别于普通的水泥灌浆材料,支座灌浆料水胶比小,一般为 0.14~0.18,材料中砂的含量较高,且含有快干早强的组分,10~15 min 将完全失去流动性,2 h 要求强度达到 20 MPa 及以上。

表 1 铁路桥梁支座灌浆系统技术指标

电源规格	额定功率/kW	称量精度/%	可用水胶比	最大搅拌量/kg	设计容积/L	设计尺寸(长×宽×高)/mm×mm×mm
AC380V/50 Hz	1.5	±1.0	0.14~0.18	100	55	1 250×600×1 300

制浆用水量小,导致搅拌阻力增大,需要搅拌设备增加扭矩;材料含砂量大,在搅拌时容易在底部沉淀结块,一方面导致搅拌阻力增加,搅拌不均匀,同时浆液搅拌完成后不能通过底部阀门开口自流出;材料中的快干成分,遇水即快速反应,温度过高会快速凝结,而温度过低则不能在 2 h 内完成终凝并达到 20 MPa 及以上的强度。

4.1.2 设备的适应性改进

(1) 增加搅拌扭矩

原设计电机功率 3 kW,转速 1 420 r/min,叶轮设计直径 195 mm,可快速实现搅拌均匀,但由于搅拌速度过快,浆液发热量严重,水化反应过于迅速,在制浆持续 3~5 min 后浆液发生闪凝现象,导致下一步灌浆

的工序无法进行。通过将电机功率减少至 1.5 kW,增加减速机,减速比为 30 : 1,搅拌叶轮尺寸增加到 480 mm(搅拌桶尺寸为 500 mm),并将切割式叶片设计改为杆件式设计,使得搅拌杆横向可以尽可能贴近搅拌桶的内壁,减少材料贴边无法搅拌到位的问题,并将搅拌桶底锥度做大,加大其向下流出的自重力便于浆液流出,同时将搅拌杆设计成三角锥形深入桶底锥形区域实现该部分材料的均匀搅拌。通过以上改进,电机功率减少 1 倍,减速比设计为 30 : 1,实际扭矩增加 15 倍,克服了砂沉淀导致抗扭力矩不足的问题,同时低转速也解决了浆液飞溅与发热的问题。

(2) 水温的控制

搅拌用水的水温过高,容易发生浆液闪凝的现象,

即使不闪凝,浆液的可操作时间大大缩短,而冬季由于水温过低,浆液在 2 h 内完成终凝并达到 20 MPa 的强度很难,为保证施工的顺利开展,在养护用水的控制上专门设计了水温控制箱,水温控制箱内设置有铂电阻温度传感器,与加热器、控制系统可编程逻辑控制器连接,自动控制冬季水温加热至 18~22 ℃ 的区间最利于浆液操作时间的控制,而夏季施工水温一般均不低于 15 ℃,并避免使用晒热的自来水,可保证浆液制浆后可操作时间 3~5 min 完成灌浆。

4.2 水胶比控制

(1) 在触摸屏参数设置界面,输入设计水胶比,如 0.18,再输入此次拟用料的重量,如 80 kg,系统自动得出此次需定量加水量:14.4 kg。

(2) 按下按钮定量加水,系统称量去皮,电磁阀自动打开往搅拌桶内加水直至到设定的重量 14.4 kg,此时称量在 14.4 kg 附近,可能存在少许差别,暂时不做处理。

(3) 按下按钮启动搅拌机,搅拌机开始搅拌,按下定量加料按钮,人工往搅拌桶内投料,开始可较快投料,最后一包要一边观察桶内搅拌情况一边缓慢投料直至投完料并基本搅拌均匀。

(4) 按下搅拌机停止按钮,设备静置,此时可准确称量投入的支座灌浆料重量,并能在触摸屏上看到实时的水胶比,此时水胶比显示为 0.18 ± 0.01 的范围内,则按下定时搅拌的按钮,定时搅拌 30 s 完成制浆过程。

(5) 如水胶比超出 0.18 ± 0.01 的范围,则在触摸屏上点击水胶比校核按钮,显示需要增加用水或用料,如需增加用水,点击定量加水按钮,自动加水到设定值,水胶比显示为 0.18 ± 0.01 的范围后按下定时搅拌按钮,定时搅拌 15 s 完成制浆过程;如需要加料,按下定量加料按钮,人工往搅拌桶内加料至水胶比显示为 0.18 ± 0.01 的范围后启动定时搅拌按钮,定时搅拌 15 s 完成制浆过程。

水胶比控制流程图如图 2 所示。

5 现场应用案例

5.1 工程概况

丰城东制梁项目位于江西丰城市小港镇,丰城东制梁场承担了 DK29+520.405~DK63+032.360 段共 6 座桥梁及昌九预留的双线箱梁的预制施工,箱梁架设大里程方向 278 孔,小里程方向 610 孔,共计 888

孔。箱梁的架设工序为:运输至架梁处—架梁场安装到位—调整标高—灌注支座浆液—浆液成型且强度达到 20 MPa—落梁至支座上。客运专线的箱梁安装标高要求精确到 ± 10 mm,需要在精确定位后通过灌注支座垫石以保证桥梁标高符合设计要求。

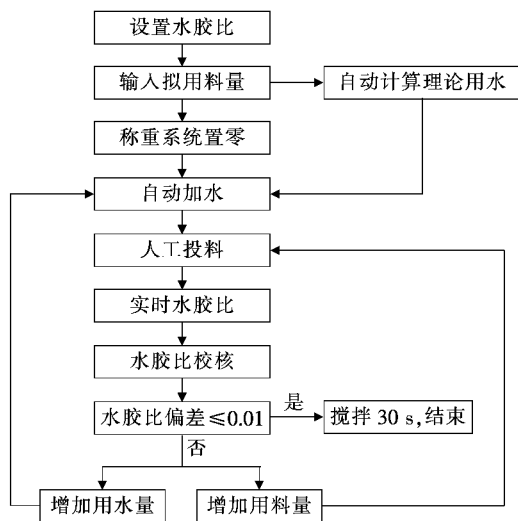


图 2 水胶比控制流程图

5.2 施工过程

在采用铁路支座智能灌浆系统以前,需要人工以手电钻连接搅拌杆用塑料桶搅拌浆液,每次搅拌一包 20 kg,用水量根据现场需要保证流动度,对现场施工水胶比没有严格限制,浆液成型后泌水率大,质量难以控制。采用该灌浆系统后,每次投料 4 包共计 80 kg,水胶比 0.17,每次用水量 13.6 kg 由系统自动称量准确加水,一次搅拌灌注 1 个支座垫石,每孔制浆灌注 4 次即可完成施工,冬季室温为 6~10 ℃ 的条件下试件 2 h 强度达到 25.4 MPa。通过试用该系统,保证了制浆质量,水胶比、泌水率得到严格控制,试件早强强度保证率为 100%。

6 结论

(1) 通过程控技术与传感器称重系统的应用,实现了投料、用水的准确计量,并通过可编程逻辑控制器 PLC 的计算、校核、反馈及自动补偿加水等实现了水胶比的精确控制,保证了浆液的性能满足规范要求。

(2) 通过专门针对支座灌浆料这种特殊材料设计的搅拌结构及搅拌桶,在减少电机功率即减少能耗的条件下实现扭矩的增加、转速的降低、搅拌的充分。

(3) 铁路桥梁支座灌浆系统的应用,改变了传统

变高截面钢箱梁顶推技术研究

马琼锋, 刘海庆

(中交第二航务工程局有限公司第六工程分公司, 湖北 武汉 430014)

摘要:介绍了一种针对变高截面钢箱梁顶推施工的新技术。鉴于采用传统施工方法出现的施工难题,该文结合实际工程项目,从新型顶推施工工艺出发,对多自由度顶推系统及其配套装备、自适应控制技术以及智能化监控系统的研发理念与创新特点进行阐述,并通过有限元仿真对实际顶推施工承载能力与变形进行了验证。通过对新技术的应用,武汉东风大道L7联变高截面钢箱梁成功完成顶推施工。

关键词:小竖曲率半径;变高截面;箱梁;顶推

桥梁顶推技术由于装配(预制)作业占地少,可实现工厂化作业,可适应水域、峡谷以及城市桥梁施工,对外界环境适应性强等优点,在桥梁施工中得到越来越多的应用。然而传统顶推施工一般适用于等截面箱梁,对于截面高度变化较大的变高截面箱梁的顶推一直存在重大技术难题,该文结合某工程项目,介绍变高截面钢箱梁顶推新技术。

1 工程概况

依托武汉市东风大道变截面钢箱梁顶推工程,该工程钢箱梁跨度为89 m,箱梁最大高度3.8 m,最小高度2.6 m,高差1.2 m;箱梁底面为 $R=750$ m弧形面,且钢箱梁底面具有双向2%横坡。该段钢箱梁跨越旧桥,旧桥限重20 t,施工时不能在旧桥上搭设辅助支架,施工区地处交通要塞,每天来往车辆众多,施工要尽量减小对交通的影响。

2 传统施工工艺面临的困难

目前,在国内外城市钢箱梁桥施工中,一般采用散拼方式,具体包括汽车吊安装法、满堂支架法。但由于该工程有旧桥承载力限制及交通压力的影响等因素。采用以上传统施工方法,存在的主要问题如下:

(1) 支架结构布置密集,占用空间大,影响交通通行。

(2) 支架结构重量大,直接作用于原旧桥面上,旧桥承载力不够。

(3) 钢箱梁分段安装时,受原桥空间限制,钢箱梁运输和吊装困难。

由于以上施工方法在此工程中的局限性,采用受外界施工环境影响小的顶推施工工艺。传统顶推一般针对等截面箱梁,对于该工程底面为 $R=750$ m的曲率半径变高截面钢箱梁,面临如下问题:

铁路支座灌浆设备、工艺落后的现状,实现了制浆灌浆效率提升、质量提高的目标。

参考文献:

- [1] TB/T 3043—2005 预制后张法预应力混凝土铁路桥简支T梁技术条件[S].
- [2] TB/T 1853—2006 铁路桥梁支座[S].
- [3] JC/T 986—2005 水泥基灌浆材料[S].
- [4] 于永广.客运专线支座灌浆料冬季施工控制措施[J].低温

建筑技术,2009(4).

- [5] 王朝江.哈大客专TJ-3标段桥梁支座低温灌浆料及施工技术研究[D].西南交通大学硕士学位论文,2014.
- [6] 张静,郭娟.橡胶改性水泥砂浆性能研究[J].中外公路,2016(1).
- [7] 童申家,高远东,王乾.板底脱空压浆材料长期性能试验研究[J].中外公路,2017(2).
- [8] 杨倡珍,张平,赵锋军.水泥混凝土桥梁环氧覆盖层铺装设计方法的研究[J].中外公路,2017(1).

收稿日期:2019-06-04(修改稿)

作者简介:马琼锋,男,大学本科,高级工程师.E-mail:1619230568@qq.com