

# 铁路煤炭运输扬尘覆盖剂自动喷洒系统设计

刘立<sup>1</sup>, 董震<sup>1</sup>, 蔡觉先<sup>2,3,4</sup>, 董波<sup>2,3,4</sup>, 李颖泉<sup>2,3,4</sup>

- (1. 大同铁联实业有限责任公司, 山西 大同 037300;  
2. 兰州交通大学 环境与市政工程学院, 甘肃 兰州 730070;  
3. 甘肃省交通储运扬尘治理工程技术研究中心, 甘肃 兰州 730070;  
4. 甘肃省生态环保材料工程试验室, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 中国铁路煤炭运输以敞车车型为主, 在运输过程中对铁路沿线生态环境造成严重扬尘污染。为了解决铁路煤炭运输过程中的扬尘污染问题, 研发了新型环保扬尘覆盖剂及自动喷洒系统装置。自动喷洒系统可实现扬尘覆盖剂溶液自动配置; 溶液浓度、黏度、电导率、温度等数据在线监测; 喷洒量根据车速自动调节; 在车辆运行过程中实现喷洒作业, 不需停车等特点。自动喷洒系统适应各种 C 车型, 具有操作简便、运行稳定可靠、喷洒均匀, 自动识别牵引机车和混编列车等优点, 不影响机车车辆的安全和正常运行。自动喷洒系统人工使用量少, 自动化程度高, 抑尘作业成本比传统喷水降尘、遮盖篷布等方法低, 实现了新型抑尘技术在铁路煤炭运输抑尘领域的工业化推广应用。

**关键词:** 扬尘覆盖剂; 铁路煤炭运输; 自动喷洒系统; 喷洒量

中图分类号: TD714.4; F532

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2013)06-0097-03

## Design of dust covering agent automatic spraying system in coal railway transportation

LIU Li<sup>1</sup>, DONG Zhen<sup>1</sup>, CAI Juexian<sup>2,3,4</sup>, DONG Bo<sup>2,3,4</sup>, LI Yingquan<sup>2,3,4</sup>

- (1. Datong Tielian Industrial Co., Ltd., Datong 037300, China;  
2. School of Environmental & Municipal Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;  
3. Traffic Transportation Dust Controlling Engineering Technology Research Center in Gansu Province, Lanzhou 730070, China;  
4. Ecological Environmental Protection Material Engineering Lab in Gansu Province, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** The open train model is the main coal railway transportation, which brings serious dust pollution to railways. To solve this problem, a new type of environmental protection dust covering agent and its automatic spraying system were developed. The system can prepare dust covering agent automatically, meanwhile, online monitor the concentration, viscosity, conductivity, temperature data of covering agent. The spraying amount is regulated automatically according to the train speed. The spraying process can operate well while the train is running. The system applies to different kinds of C type train, it also can identify automatically traction locomotive and mixed train. The system has lots of advantages, such as simple operation, stable running, high automation, low cost and effective. This technology realizes its industrial application in coal railway transportation.

**Key words:** dust covering agent; coal railway transportation; automatic spraying system; spraying amount

收稿日期: 2013-11-01 责任编辑: 孙淑君

基金项目: 甘肃省科技支撑项目(0708GKCA010)

作者简介: 刘立(1964—)男, 四川内江人, 工程师, 从事铁路运输扬尘污染治理研究工作。通讯作者: 李颖泉。E-mail: 153845279@qq.com。

引用格式: 刘立, 董震, 蔡觉先, 等. 铁路煤炭运输扬尘覆盖剂自动喷洒系统设计[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(6): 97-99, 112.

## 0 引言

目前中国运煤列车车厢主要是散装敞开车厢,在列车会车、曲线段行驶、制动时,由于相对气流的作用,表层较细小的煤粉被扬动,煤粒散落在列车所经沿线,造成铁路沿线环境污染。另外在列车进出隧道时,产生活塞风,加之列车的震动颠簸,不仅使表层较细小的煤尘粒吹出车外,直径较大的煤粒也被吹离车体,散落在路基上、两线间、两侧沟盖板上,较细微小煤粉吸附在隧道洞壁、洞顶及接触网、绝缘子等设备上,造成严重污染。每当列车经过时散落于沿线的煤粉尘产生二次扬尘,对列车沿线的生态环境造成污染<sup>[1-3]</sup>。

为解决铁路煤炭运输过程中的扬尘污染问题,研发了新型环保扬尘覆盖剂及其自动喷洒系统装置。

新型环保扬尘覆盖剂选取几种在常温条件下可溶于水的可降解高分子材料作为基料和辅料,采用多次混合配比正交试验确定最佳配方,具有无毒、无害、不产生二次污染等特点。新型环保扬尘覆盖剂的主要作用机理是通过分子间吸附作用、化学键作用、弱边界层(WBL)作用、扩散作用、静电和机械作用力等使散堆粉料颗粒黏结在一起,形成厚度为10 mm以上,具有一定强度和韧性的固化层。固化层可有效抵御100 km/h以下风速,阻止气固两相流的形成,达到抑尘目的<sup>[4-6]</sup>。

喷洒设备能否适合煤炭铁路运输特点及安全要求是决定新型环保扬尘覆盖剂能否在铁路煤炭运输过程中推广应用的关键,因此对新型环保扬尘覆盖剂自动喷洒系统进行研究尤为必要。通过大量方案比选,研发了运煤列车防扬尘自动喷洒系统。自动喷洒系统可实现扬尘覆盖剂溶液自动配置;溶液浓度、黏度、电导率、温度等数据在线监测;喷洒量根据车速自动调节;在车辆运行过程中实现喷洒作业,不需停车等特点。自动喷洒系统能适应各种C车型,具有操作简便、运行稳定可靠、喷洒均匀,自动识别牵引机车和混编列车等优点,不影响机车车辆的安全和正常运行<sup>[7-8]</sup>。

## 1 系统组成

扬尘覆盖剂自动喷洒系统由扬尘覆盖剂溶液制备系统(包括溶液制备设备和贮存设备)、喷洒及清洗系统(包括喷洒泵、喷洒设备和清洗设备)和自

动控制系统组成。

### 1.1 溶液制备系统

扬尘覆盖剂溶液制备系统由预溶加料机、搅拌罐、储液罐、提升水泵及管路组成。扬尘覆盖剂为白色粉末状固体,按照1%的质量分数配制成水溶液即可用于喷洒作业。溶液制备时,首先将预溶搅拌机的流量计调至6~8 m<sup>3</sup>/h,螺旋减速电机变频调至30~50 Hz,投料量为100 kg/h,扬尘覆盖剂与水经过预溶搅拌机初步溶解后进入搅拌罐,开启搅拌电机,强力搅拌1 h,形成无悬浮颗粒、无沉淀的溶液后,经提升水泵将扬尘覆盖剂溶液送至储液罐备用<sup>[3]</sup>。扬尘覆盖剂溶液制备系统可实现扬尘覆盖剂溶液自动配置;溶液浓度、黏度、电导率、温度等数据在线监测,并通过计算机自控系统和网络实现数据存储和远程传输<sup>[9-10]</sup>。

### 1.2 喷洒、清洗系统

喷洒系统由储液罐、喷洒泵、喷洒装置、电磁阀及喷洒管路组成。喷射作业时开启电磁阀和喷洒泵,预制的扬尘覆盖剂溶液经喷洒泵提升至喷洒装置即可对运煤列车进行喷洒作业。

清洗系统由清洗罐、喷洒泵、喷洒装置、电磁阀、回流管路和过滤设备等组成。喷洒作业完成后,关闭储液罐电磁阀,开启清洗罐阀门、喷洒泵,清洗液经喷洒泵提升至喷洒装置,对喷洒装置及管路进行清洗,清洗后的残液经过滤设备及回流管路流回清洗罐。整个过程由自动控制系统完成。冬季清洗液用防冻液。

### 1.3 喷洒自动控制系统

扬尘覆盖剂喷洒系统自动控制装置由变频调速技术、计算机和智能控制技术组成,自动控制系统可实现喷洒压力、喷洒流量、电磁阀开闭、摆臂液压装置升降摆动、滚筒位置等参数的自动控制。根据喷洒泵、电磁阀、减速电机的工况要求自动调节,保持喷洒系统始终处于最佳运行状态,实现系统安全、可靠、稳定运行,达到节能降耗的目的。喷洒自动控制系统为多变量耦合系统。输入量有列车定位信号、喷洒量信号、喷洒压力信号、喷洒装置限位信号;输出量有压力设定、位置设定、流量设定、黏度设定等。列车行进速度及列车实时定位是自动控制系统的基础信号,通过监测列车运行速度和列车实时定位,自动控制电磁阀、喷洒泵及喷洒装置的启闭。并根据现场实际情况,灵活调整摆臂上下左右位置,采用PID控制喷洒压力的稳定性<sup>[11-12]</sup>。

## 2 系统工艺

扬尘覆盖剂与水经过预溶搅拌机初步溶解后进入搅拌罐,在搅拌罐内经搅拌形成均匀溶液后由提升泵送至贮液罐贮存备用。当列车通过时,光电检测系统开始识别牵引机车,牵引机车通过后,出信号给 PLC 控制减速机使布液管下降到适当高度(针对摆臂式喷洒装置),同时按给定频率启动喷洒泵进行喷洒作业。给定频率与列车通过车速对应信号,反馈信号给 PLC 控制变频器调节输出频率来调整喷泵流量达到预定喷洒标准。光电检测系统在列车钩档间发出信号给 PLC,控制变频器降低频率,步进电机或伺服电机通过传动连接装置旋转遮挡滚筒实现停喷和喷洒作业。列车完全通过时,装置自动切换到清洗喷头,清洗液回流至清洗罐<sup>[13-14]</sup>。扬尘覆盖剂自动喷洒系统如图 1 所示。

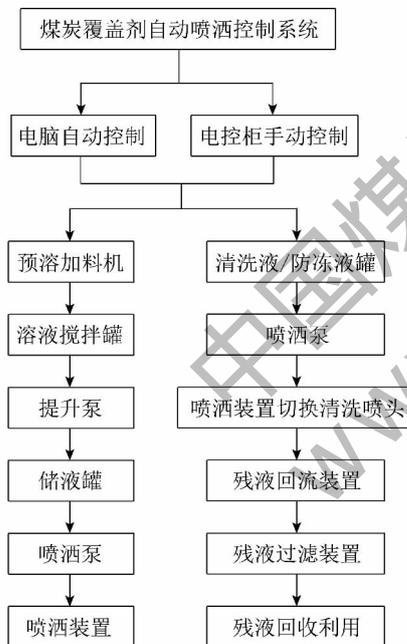


图 1 扬尘覆盖剂自动喷洒系统

## 3 扬尘覆盖剂喷洒量

扬尘覆盖剂喷洒量是指单位面积煤粉表面需要喷洒的扬尘覆盖剂溶液的数量,一般按照溶液体积计算<sup>[4]</sup>。当运煤列车运行速度  $v \leq 80$  km/h 时,扬尘覆盖剂喷洒量为  $1.8 \sim 2.0$  L/m<sup>2</sup>;当运煤列车运行速度在  $80$  km/h  $< v \leq 100$  km/h 时,扬尘覆盖剂喷洒量为  $2.0 \sim 2.2$  L/m<sup>2</sup>,主型敞车喷洒量见表 1。

表 1 主型敞车喷洒量 L/车

运煤列车车速/ (km·h <sup>-1</sup> )	车型		
	60 t 敞车	70 t 敞车	76 t 敞车
$v \leq 80$	66 ~ 73	68 ~ 76	57 ~ 63
$80 < v \leq 100$	73 ~ 80	76 ~ 83	63 ~ 70

注:①当煤炭粒度大于 35 mm 时可不喷洒扬尘覆盖剂;②遇风、雨天气时,扬尘覆盖剂喷洒量应取上限值;③其他车型喷洒量按车地板面积×单位面积喷洒量计算确定

## 4 应用效果

铁路煤炭运输扬尘覆盖剂自动喷洒系统可实现扬尘覆盖剂溶液自动配置;溶液浓度、黏度、电导率、温度等数据在线监测,并通过计算机自控系统和网络实现数据存储和远程传输;喷洒量根据车速自动调节;在车辆运行过程中实现抑尘喷洒作业,不需停车等特点。铁路煤炭运输扬尘覆盖剂自动喷洒系统适应各种 C 车型,具有操作简便、运行稳定可靠、喷洒均匀,自动识别牵引机车和混编列车等优点,不影响机车车辆的安全和正常运行。铁路煤炭运输扬尘覆盖剂自动喷洒系统人工使用量少,自动化程度高,抑尘作业成本比传统喷水降尘、遮盖篷布等方法低,抑尘效果比传统喷水降尘、遮盖篷布等方法好,实现了新型抑尘技术在铁路煤炭运输领域的工业化推广应用。铁路煤炭运输扬尘覆盖剂自动喷洒系统自 2010 年在大同铁联实业有限责任公司铁路煤炭运输作业推广应用以来,有效解决了铁路煤炭运输过程对铁路沿线的扬尘污染问题,减少了煤炭在运输过程的直接损失,为企业带来了巨大经济效益,为国家带来巨大社会效益。

铁路煤炭运输扬尘覆盖剂自动喷洒系统不仅适用于铁路煤炭运输扬尘污染防治,还可广泛应用于其它散装物料运输过程、削山造地等大型建筑工地、大型矿山及矿粉储放场的扬尘污染治理及区域化土地沙漠化治理等方面<sup>[15]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 孙三祥, 常青, 李杰, 等. 大秦线运煤列车煤扬尘防治技术研究[J]. 铁道学报, 2006, 28(2): 21-25.
- [2] 董波, 蔡觉先, 李颖泉. 煤炭运输专用抑尘剂的合成与应用[J]. 洁净煤技术, 2010, 16(6): 88-91.
- [3] 李颖泉. 煤炭资源型城市常温溶解性扬尘污染覆盖剂试验研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2010: 5-10.

(下转第 112 页)

率较低。③热风流与煨煤接触面积小。④干燥系统漏风较严重。⑤干燥器的保温效果不佳。

#### 4 提高热效率的方法

1) 煤流量为 100 t/h 时,测试风量 ( $28.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ ) 大于理论风量 ( $22.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ ) 而干燥效果没有达到设计要求,原因为干燥器本体的漏风影响了实际干燥效果,因此加强干燥器本体的密封可以提高热效率。

2) 在干燥温度和热风流量不变的情况下,减少每小时干燥煤量可以提高热效率。

3) 在干燥温度和热风流量不变的情况下,可以采取减小物料的粒度,增加振动床的过流面积。调节振动床的安装角度,增加褐煤干燥时间等方法提高热效率。

#### 5 结 语

通过现场测试,针对不同煤流量分别测得干燥系统进出口的温度、湿度、风量及测定干燥前后样煤的水分及发热量。采用了焓焓值计算的方法,得出干燥不同煤量所需的理论风量。通过对比理论风量与测试风量,分析研究干燥系统的热效率,找出干燥效果不佳的直接原因和干燥系统改进的方法,本干燥系统实际风量小于理论所需风量,是干燥效果不佳的直接原因。通过本文的计算,为振动床混流干燥系统的改进提供了理论支持。

参考文献:

[1] 杨鹏,周成军.神东矿区煨煤干燥提质工艺及成套技术

装备研究[J].陕西煤炭,2010(4):52-55.

[2] 蒋兆桂.褐煤提质技术研究进展与展望[J].煤炭加工与综合利用,2012(6):47-51.

[3] 曾在春.褐煤干燥提质技术浅谈[J].化工设计,2011,21(1):3-6.

[4] 赵卫东,刘建忠.褐煤等温脱水热重分析[J].中国机电工程学报,2009,29(14):74-79.

[5] 朱川,杨晓毓,邵徇.低阶煤干燥脱水技术的研究[J].洁净煤技术,2013,19(1):42-47.

[6] 吴占松.煤炭清洁有效利用技术[M].北京:化学工业出版社,2007:3-13.

[7] 屈进州,陶秀祥,刘金艳,等.褐煤提质技术研究进展[J].煤炭科学技术,2011,39(11):121-125.

[8] 郭芬,李德伟,任伟涛.新型滚筒式褐煤干燥系统的应用[J].洁净煤技术,2010,16(1):29-31.

[9] 朱书全.褐煤提质技术开发现状及分析[J].洁净煤技术,2011,17(1):1-4.

[10] 田忠坤.管式气流干燥器提质低阶煤理论与技术的研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2009.

[11] 张玉军.型煤干燥过程的研究[J].洁净煤技术,1999,5(2):29-30.

[12] 彭好义,周子民,彭庚,等.高强度型煤热对流干燥特性的试验研究[J].中南大学学报:自然科学版,2010,41(3):1197-1021.

[13] 吕舜,邱传耕.神东矿区金烽煤低温干燥脱水的研究[J].煤质技术,2008(4):4-6.

[14] 陈鹏,崔文权,许红英,等.低温干燥对神华金烽矿煤结构和自燃性的影响[J].煤炭科学技术,2009,37(10):118-121.

[15] 廉乐明,谭羽非.工程热力学[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.

(上接第 99 页)

[4] 蔡觉先,董波,李颖泉.煤炭铁路运输专用扬尘覆盖剂应用性试验研究[J].洁净煤技术,2010,16(6):70-73.

[5] 董波,蔡觉先,李颖泉.煤炭运输专用扬尘覆盖剂均匀腐蚀性能研究[J].洁净煤技术,2011,17(6):80-82.

[6] 蔡觉先,董波,李颖泉.新型扬尘剂在散堆储煤场应用性试验研究[J].洁净煤技术,2011,17(2):71-73.

[7] 董波,蔡觉先.扬尘抑制剂及其生产方法:中国,ZL200710017354.7[P].2007-05-19.

[8] 蔡觉先,董波.移动式扬尘覆盖剂自动喷洒装置:中国,ZL200710017354.7[P].2007-05-19.

[9] TB/T 3210.1—2009 铁路煤炭运输抑尘技术条件 第 1 部分:抑尘剂[S].

[10] TB/T 3210.2—2009 铁路煤炭运输抑尘技术条件 第 2 部分:喷洒装置及方法[S].

[11] 达峰.煤炭快速装车站抑尘剂喷洒装置自动控制系统的设计[J].中国煤炭,2010,36(10):66-68.

[12] 范剑明,吉仁塔布.运煤列车抑尘剂喷洒站的方案设计[J].铁道劳动安全卫生与环保,2010,37(5):275-277.

[13] 赵栋,马婕,张炜.基于 S7-200PLC 的变频自动喷淋抑尘剂系统[J].可编程控制器与工厂自动化,2011(5):108-111.

[14] 蔡觉先,董波.固定式扬尘覆盖剂自动喷洒装置:中国,ZL200710017354.7[P].2007-05-19.

[15] 董波,蔡觉先.扬尘覆盖剂及其生产方法:中国,ZL200710017355.1[P].2010-09-22.