

Design And Research on Dust Suppression System of Ballast Undercutting Cleaners

Yi Ding

China Shenhua Railway Mechanised Maintenance Branch, Tianjin, 300450, China

Abstract

ballast undercutting cleaners in the actual construction, Through the stone ballast transport to the vibrating screen after screening backfill. ballast undercutting cleaners in the excavation and backfill, will produce a lot of dust. It seriously affects the environment around railway and the health of workers. Therefore, reducing and suppressing dust has been taken seriously by railway bureau. According to the dust suppression system design experience, analysis and elaboration of the actual application of the dust suppression system in green constructions, and the key and difficult points in the system are mainly discussed, and some effective suggestions are put forward, it can provide some reference for the development of large railway maintenance machine and environmental protection.

Keywords

dust suppression system; efficiency; scheme; green construction; intelligent

全断面清筛机抑尘系统设计研究

丁毅

中国神华轨道机械化维护分公司, 中国 · 天津 300450

摘要

全断面清筛机在实际施工时, 通过挖掘铁轨下方的石砟, 运输至振动筛进行筛分后回填。清筛机在挖掘和回填时, 会产生大量的扬尘。严重影响铁路周边环境问题及作业人员的身体健康问题。为此, 减少、抑制扬尘已经得到了各铁路单位的高度重视。依据本次抑尘系统设计经验, 分析和阐述现阶段抑尘系统在绿色施工中的运用情况, 并且重点探讨了该系统中的重难点, 提出了一些有效的建议, 可为大型养路机械的发展和环境保护提供一定参考。

关键词

抑尘系统; 效率; 方案; 绿色施工; 智能化

1 引言

近几年来, 随着铁路养护机械的多样化、现场施工管理水平的提高, 以及对人员施工安全和健康的日益重视, 抑尘系统已作为标准配置广泛应用于新造大型机械(如全断面清筛机)中。这一趋势源于环保法规的强化和职业健康标准的提高, 旨在减少施工扬尘对环境和人体健康的危害。抑尘系统的核心设置原则是: 在扬尘源头设置多个喷嘴, 通过雾化水滴高效吸附煤尘粒子, 从而显著降低粉尘浓度。研究数据表明, 在铁路施工中采用抑尘系统后, 粉尘排放量可减少 70%-90%, 这不仅提升了施工安全性, 还降低了职业病风险^[1]。

2 抑尘系统的概述

抑尘系统是一种关键的环境控制设备, 通过雾化技术实现粉尘沉降, 广泛应用于铁路清筛等施工场景。其设计目

标是实时响应扬尘浓度变化, 确保施工过程的安全性和连续性。例如, 在隧道清筛机上, 系统会根据现场粉尘水平自动报警, 避免粉尘浓度超标造成人员健康风险或作业中断。这一系统的高效性已通过多国铁路工程验证, 抑尘系统可将粉尘浓度控制在 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

2.1 抑尘系统原理

喷雾降尘是由喷嘴喷出的雾滴与空气中的粉尘颗粒碰撞捕集和凝结沉降的结果, 包括惯性碰撞、截获、凝集和扩散。其中, 惯性碰撞是主导因素, 通过高速雾滴增加碰撞的概率。具体机制如下:

惯性碰撞: 利用高压喷嘴(喷水口较大)提升喷射速度及加大雾化程度来增加雾滴与空气中粉尘颗粒的有效碰撞。实验证明, 当雾滴直径控制在 10-50 微米时(接近粉尘粒度), 碰撞效率可达 85% 以上。

截获: 较大尘粒随气流运动时, 若距离水滴表面小于粉尘半径, 会被直接截获并沉降。这一过程在铁路清筛作业中尤为关键, 因为煤尘粒度多在 5-100 微米范围。

【作者简介】丁毅(1983—), 男, 回族, 中国北京人, 本科, 工程师, 从事铁道工程研究。

凝集：在高温气体环境中（如施工机械排气），尘粒作为凝结核，促进水雾凝结成更大颗粒，加速沉降。

扩散：通过减小雾粒直径（优化至粉尘粒度范围）和提高喷雾速度，增加空气湿度，可显著提升降尘率。雾粒直径多大合适，要取决于作业现场在相应位置产生的粉尘粒度分布情况^[2]。

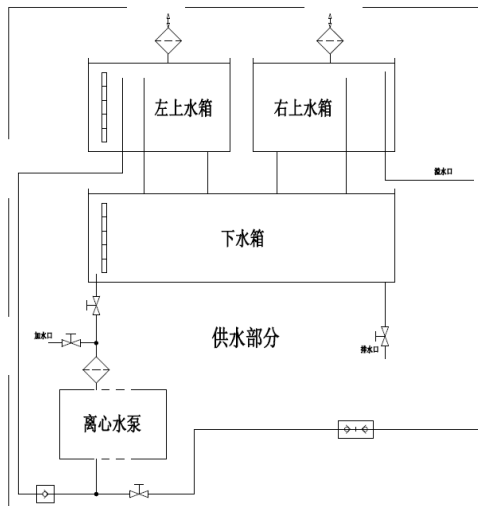
在全断面清筛机上安装抑尘系统，通过人为观察实时施工现场扬尘浓度。一旦扬尘浓度影响观察视线，及时开启抑尘系统，未避免扬尘大时无法及时降尘，一般抑尘系统的使用会贯穿整个施工过程的，避免了频繁开启及停止造成情况。

为最大化降尘，抑尘系统中应喷出颗粒比较小的精细雾滴，为此，要求相关人员控制水泵出水口的压力，调节压力至10bar-50bar（根据现场扬尘的程度判断），通过高压雾化喷嘴喷洒出符合要求的水雾。当水雾颗粒喷洒出来时，可快速结合扬尘粒子，致使扬尘微粒加重，坠落地面，这样可最大限度避免粉尘飘至空中对环境及施工人员身体健康造成威胁。

2.2 抑尘系统的构成

2.2.1 供水部分：

配有三个水箱、Y型过滤器、离心泵、单向阀、管路



附件及电气组件，快插接头。布置于配套物料车上，供水离心泵是一种立式离心泵，整个离心泵的功率为1.1kW，扬尘25m，水流量可达到150L/min。主要功能：给喷淋部分提供水源；给水箱加水时使用离心泵加快加水速度^[3]。

2.2.2 喷淋部分：

配有一个高压水泵，调压阀，安全阀，Y型过滤器，不锈钢球阀，喷嘴，管路附件。喷淋部分主要安装于全断面清筛机上，吸取供应的水，进行增压后输送到各个喷嘴，形成喷雾。高压水泵是个柱塞式水泵，整个水泵功率为4.5kW，水流量最大为50L/min，压力最大可达90bar。

2.2.3 电气部分：

电控设备包括接触器，保护继电器、开关等元器件组成。主要作用是跨车型给离心泵提供高压电源，及低压控制电源。是抑尘系统的控制保障。

2.2.4 报警装置

报警装置（传感器）包含低水位报警、水压检测。主要作用是警示和保护动作控制，一旦发生水箱水位过低或者高压泵入水口检测不到水源，自动停止水泵工作，防止缺水时，水泵空转损坏。

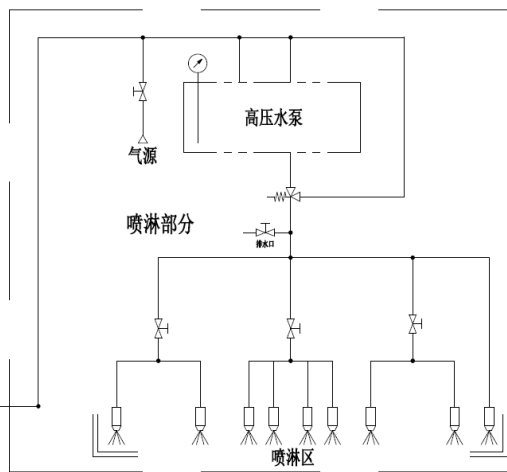


图1 抑尘系统原理图

3 喷雾降尘的发展现状

随着我国经济的快速发展，运输量需求也随之急剧增长，铁路运输在运输中占有非常重要的位置。为提高运输效率和运输能力，自1997年以来，我国铁路进行了六次大提速，为铁路运输提供了强大的运输支持。2008年，我国正式开通第一辆高铁——京津城际高铁，标志着我国进入高铁时代。近年来，随着我国高铁技术的进步与发展，高速铁路网四通八达，火车朝发夕至，缩短了旅客的旅途时间。随着铁路线路的增多，运营时间的增长，铁路道床受污染程度越来越严重，特别是在对石砟清筛施工挖掘道砟时，会产生大量的扬尘。严重影响铁路周边环境问题及作业人员的身体健

康问题。为此，减少、抑制扬尘已经得到铁路局的高度重视。为保障人们的生命财产安全，施工人员的健康，铁路线路需定期进行清筛作业，清洁道床。应用于铁路道床清筛的大型养路机械车辆很多，如全断面清筛机、桥梁隧道清筛机、边坡清筛机、侧切式清筛机等，其中抑尘系统是这些大型养路机械的重要部件之一^[4]。

虽然我国今年已经开始有在大型养路机械上加装抑尘系统的案例。但由于起步较晚，没有使用过的相关案例，现场使用效果未达最优，缺乏成熟案例和优化数据，现场效果未达最优，导致推广缓慢，所以在大型养路机械上还未大范围推广。因此，各铁路局已经意识到绿色施工和保护施工

环境的重要性,并投入时间、精力和资金重点研究抑尘系统绿色施工技术,实现绿色施工,以此改善大型养路机械施工过程中扬尘问题,保护施工人员身体健康。

4 抑尘系统在施工中的应用

基于前述抑尘系统原理(如雾滴碰撞和扩散机制)和构成(如供水、喷淋模块),其施工应用需聚焦实时扬尘管理。

4.1 扬尘控制

全断面清筛机施工现场的扬尘问题突出,在干燥天气下,粉尘浓度可升至 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 以上,没有任何抑尘措施,特别是在干燥的天气下施工,而工人们主要的防尘措施是口罩、防尘镜和面罩。极端情况下,扬尘可以大到让施工人员看不清施工情况。严重影响施工人员的身体健康和现场施工环境,影响施工安全。

因此,开发利用抑尘系统已经迫不及待,其能有效降低施工时的扬尘,降低周围环境被污染。首先,需要识别施工现场的重点扬尘区域,例如清筛机挖掘点、砟土传送带等,并优化喷嘴布局。

为此可采用分区域控制方式,有效控制产生扬尘的位置。

4.2 扬尘检测

目前在施工现场观测扬尘浓度,都是靠人工进行观测,由现场施工人员进行判别,效率低且不精准。当施工过程中扬尘浓度过大,就需要调整抑尘系统的系统压力,增大喷嘴的压力与流量;当施工过程中扬尘浓度较小,而抑尘系统压力较大时,喷嘴喷出的雾化效果也会影响施工人员观察现场施工情况,且会浪费水资源,与绿色施工理念不符。这就需要在扬尘浓度不同的区域设置扬尘监控仪器,可以针对不同区域的扬尘浓度大小,实现精准抑尘,节约水资源。

4.3 合理选择布置喷头

喷雾抑尘主要利用雾化的水滴的张力将空中的扬尘粘

住,之后利用重力控制扬尘。因此,要确保使用的喷嘴具有很强的雾化能力,才能最大限度的产生微小颗粒以控制大范围的扬尘。喷嘴主要由以下2种喷洒方式:定向高压一般是用于防止扬尘扩散;扇形和环向一般使用在扬尘的产生位置,在全断面清筛机上是挖掘区和回填区域^[1]。

按照不同密集程度布置喷头及设置不同的喷洒方式,对现场施工扬尘的控制也会产生不一样的效果。因此,需要相关人员依据施工现场的扬尘情况选择最合适的喷头和布置方式,以达到现场真正的抑尘、降尘效果。

5 结语

随着大型养路机械对施工环境和人员健康的重视,抑尘系统加装日益普及,越来越多的大型养路机械都开始加装抑尘系统。然而,实际调查显示施工现场会选择一直开启抑尘系统,即使现场的扬尘浓度低也不关闭,导致水箱容量告急。因此,需要积极开发智能化抑尘系统,只有这样才能最大限度节约水资源和成本,也能节约车上空间和成本,起到保护环境的作用,有助于后期市场推广的发展。未来,结合国家的清洁能源战略,抑尘技术可整合太阳能供电等创新,助力铁路绿色转型。

参考文献

- [1] 杨永平.QS-650K全断面道砟清筛车作业效率及质量提升研究[J].铁道工务,2025(5).
- [2] 孔雪平.QS-650型全断面道砟清筛机提速动力转向架的研制[J].铁道建筑,2009(12):4.
- [3] 杜刘林.RM80型全断面枕底道砟清筛机晃车故障分析与处理[J].铁路技术创新,2013(1):3.
- [4] 张萌.RM80型全断面道砟清筛机起道过程中的力学性能研究[M].机电工程学院:103,2015.
- [5] 郝文远.QS400型全断面道砟清筛机适应铁路单线隧道机械化清筛作业研究[J].中国科技博览,2016.