

隧道大坡度斜井轨行式喷浆车的研究与应用

陈顺惠 柳东

中交二公局第三工程有限公司 宝坪 11 标 陕西 西安 710016

【摘要】目前隧道施工初期支护普遍采用锚喷支护方式。喷浆作为支护中的一项重要施工工序，尤其对于长大斜井有轨运输隧道，改变现有的传统技术，提升效率显得尤为重要。传统施工工艺采用人工给喷浆机上料方式，这种方式存在劳动强度大、效率低等诸多缺陷。研制改进的新型轨行式喷浆车能够做到将拌合机预拌好的喷浆料从储料车中采用皮带自动输送到喷浆机中。这种方式极大的提高了施工效率，又能够降低了粉尘的产生量，同时明显的减少了材料的浪费。

【关键词】自动上料；提升效率；轨行式；喷浆车

大坡度斜井隧道初支喷射混凝土一般采用人工转料，其存在工作人数多、效率低、人工转料过程中产生的粉尘大等问题。因此研究开发、设计一种设备能够在斜井施工中达到连续喷浆又能自动上料喷浆的功能。而轨行式喷浆车在有轨运输系统的支持下将喷射混凝土自动转入喷浆机中，成功的改变了喷浆料人工装填模式。隧道初期支护喷射混凝土施工达到了基本的机械化施工，提高了施工效率。

1 概况

陕西宝坪高速公路是国家高速公路网银昆线（G85）的组成部分，秦岭特长隧道第二区段采用有轨运输施工斜井，并通过斜井承担主洞 3.185km 施工任务。由于斜井设计坡度达到 40%，其出碴和运输材料均采用绞车提升矿车有轨运输方式。1 号通风斜井左线起讫桩号为 LJK0+985 ~ LJK1+853.694，全长 868.6m，坡度 -40.175%（ $\angle 21.8^\circ$ ）。右线起讫桩号为 LJK0+965 ~ LJK1+927.706，全长 962.706m，坡度 -36.153%（ $\angle 19.8^\circ$ ）。隧道主线位于直线段上，全长 3.185 公里。左、右斜井断面尺寸：净宽 9.3m，净高 6.9m，断面 65.5m²，Ⅲ级围岩，施工工艺采用钻爆法全断面施工，有轨矿车运输作业，PC-9U 型喷浆机进行初支作业。

2 具体方法及施工工艺

2.1 关键技术

关键技术：轨行式喷浆储料车与喷浆机的有效匹配

作者简介：陈顺惠（1983—），男，江苏徐州人，本科学历，研究生学位。2010 年毕业于中国矿业大学地下工程专业，工程师、国家注册安全工程师。现任中交二公局第三工程有限公司宝坪项目副经理兼安全总监。

组合，使其达到能够在有限的使用空间内同时实现以上两种功能。

2.2 技术路线

前期调研→初步设计→制作开发→现场调试→进行再优化→合格验收。

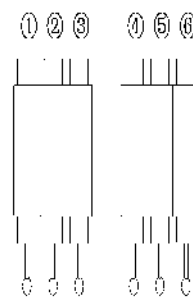
2.3 系统的总体结构

新型轨行式喷浆车自动上料系统由轨道行走喷浆料储存车、输送装置控制台、自动上料装置、喷浆装置、低压配电线路等部分组成。

2.4 主要部件的作用与用途

轨道行走喷浆料储存车：该系统由行走平板车由一台 2JK-3.5*1.7 双筒绞车 1 部牵引，储存车容量 10 方。

输送装置控制台：由三项档位控制器组成，电机通过输入电流，通过档位变换，实现了输送速度切换，分别为 0.5m/s、1m/s、1.5m/s。根据现场两台喷浆机喷浆速度及时进行调整。



自动上料装置：在喷浆料斗内底板安装自动刮板式传送设备，后接 400mm 宽皮带输送带，输送带直接位于喷浆机上方。在喷浆设备上方加防尘罩装置，减少粉尘向外飞扬。

传送装置和喷浆机固定架：根据现场工人作业空间，

对自动上料装置和喷浆设备进行了设计和优化。为有效固定喷浆和传输设备，固定架采用交叉三角形，材质选择14#工字钢。

2.5 技术参数

整机尺寸：长 8500mm，宽 1700mm，高 1900mm；

系统使用正常电压 380V；配漏电保护器。

喷浆能力 5 ~ 6m³/min；

2.6 喷浆料运输流程

设计在1号斜井左洞布设2条运输轨道，洞外安装2JK-3.5*1.7双滚筒绞车1部，功率630KW；在2号斜井中布设3条运输线，安装JK-2.5单筒绞车1部，功率315kW；2JK-3.5*1.7双筒绞车1部，功率630KW，分别运输人员上下和运输隧道内所用材料。轨行式喷浆车通过2JK-3.5*1.7双筒绞车牵引，在出渣停止需要喷浆时，采用斜井洞口龙门吊进行吊装更换，在洞口段使用传送带将料输入到轨道行走喷浆料储存车内，从斜井洞口运输材料至掌子面喷浆位置。

2.7 上料喷浆施工流程和材料选用注意事项

本设计安装了喷浆机自动上料装置，在皮带输送机主动辊上采用5.5KW电机进行驱动，在电动马达的进气口用于连接有进气源装置。实现上料-拌合-喷浆一体化连续作业。

(1) 运输车把混凝土物料通过底槽传送带运输直接倾倒入喷浆机储料斗内。按下皮带输送开关，固定在支架上的皮带输送机自动运行，将物料传送到上储料斗，关闭电机，皮带停止传输。在皮带保护箱引出380V电源，接到三通内继电器的线圈上，并将急停拉线开关串入该线路中；将继电器控制的一组常开触点串入皮带开关的操作线，另一组常开触点串入保护箱提供急停信号。皮带传输速度设置三个档位，便于根据现场施工情况控制喷浆速度。

(2) 接通喷浆机电路、进风进水通道，按喷浆要求工艺进行喷浆。

(3) 当喷浆机料斗内料低于筛网时，点动皮带传输自动上料装置，调整速度，进行供料。

(4) 当喷浆机筛网上大颗粒物料过多时，应及时清理。平时在开机前，应对整体设备附着喷浆料进行彻底清理，以免引起设备运行不顺畅。

(5) 选用的空压机应满足喷射机工作风压和耗风量的要求；压风进入喷射机前必须进行油水分离；输料管应能承受0.8MPa以上的压力，并应有良好的耐磨性能。

(6) 喷浆机生产率为6m³/h，允许骨料最大粒径为16mm；混凝土输料距离：水平方向不大于30m，垂直方向不大于20m。

(7) 喷射混凝土材料的进场必须进行检验，应符合国家现行的有关标准，涉及长距离运输，可能造成喷浆料在运输途中失水变性。在对外加剂和水分使用上应该严格进行控制并根据天气和原材料情况进行有效调节。材料运输过程中应篷布覆盖，以免水分流失和扬尘污染。

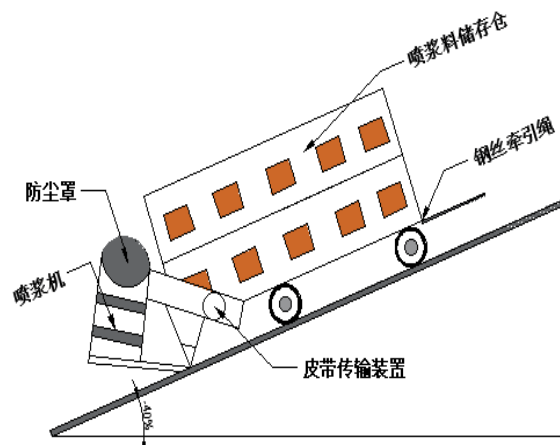


图2 现场实物模型



图1 轨行式喷浆车自动上料装置示意图

2.8 现场使用

采用天台山隧道一号通风斜井现场使用的方式进行应用实践；在洞口段使用传送带将料输入到轨道行走喷浆料储存车内，从斜井洞口运输材料至掌子面喷浆位置。对喷浆机进行设计改造，皮带传输装置能做到连续化作业，效率更高。

3 技术、经济、安全性综合效果及推广价值

3.1 高效率，低能耗

自动上料喷浆机在喷浆机供料方面，相比传统人工上料有质的提高。从而降低喷浆机空转率，提高喷浆机效率，能够解决大纵坡斜井初支喷射混凝土运输不及时、运输效率低、喷浆了质量差等问题。经现场两种方式对比数据分析，采用新型上料装置比采用人工上料喷浆的

效率提高了 35% 左右。

3.2 省工、省料

自动上料喷浆机特有皮带传输自动供料装置, 实际现场使用中仅需配备 2~3 名技术工人就能轻松自如操作机器, 较人工下料情况下需配备 8~10 个工人上料明显节省了人力浪费。三档可调节皮带传输速度的设计, 能够极好的保证喷浆料的有效供应, 减少了材料浪费和喷浆料供料不及时造成的断档。

3.3 安全方面

轨行式喷浆车能够保障材料运输及使用过程中的人员及机械安全, 避免了装载机运输设备在大坡度下行走存在的安全隐患。

3.4 降低污染

首先, 皮带传输料斗对准喷浆机上料斗下料, 可以避免人工掀锹上扬过程中产生的拌合料浪费以及粉尘污染。其次, 防尘罩的有效使用, 能够最大限度的减少粉尘外扬, 改善了现场作业环境。

3.5 操作简单, 操作面广

自动上料喷浆机操作开关按钮集成在一块面板上, 无需专业培训即可熟练操作。现场只需要一名责任心强工人根据供料情况及时进行调整, 观察设备能够正常运行即可。

4 该方案适用的环境和条件

普通掘进喷浆上料问题是一直困扰掘进施工的一个难题, 该项目的研究应用适用于大坡度斜井有轨运输系统初支喷浆施工, 成功的解决了大坡度斜井喷浆料运输困难, 有效地提高斜井初支施工效率, 保障施工安全。能有效地解决目前人工上料及喷浆机上料处的粉尘飞扬的不良现状, 降低了工人的劳动强度, 经济效益和社会效益明显。

【参考文献】

- [1] 张国和. 湿式喷浆机在铜矿峪矿井巷支护工程中应用 [A]. 第五届全国矿山采选技术进展报告会论文集 [C]. 2006.
- [2] 杨红杰, 黄贺. 喷浆机自动填料装置的设计及应用 [J]. 地质矿山, 2009.