

# 无线遥控气动型调度单轨吊车的研制与应用

元玉浩, 张洪安

(兖州煤业股份有限公司 东滩煤矿, 山东 邹城 273512)

**[摘要]** 介绍了无线遥控气动型调度单轨吊车的组成、结构和原理; 对总体设计要求、牵引速度、牵引力与关键结构进行了计算与分析设计, 在实际应用中取得了良好的效果。

**[关键词]** 无线遥控; 气动型; 调度单轨吊车

**[中图分类号]** TD527 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1006-6225 (2013) 04-0055-03

## Development of Wireless Remote-control Pneumatic Monorail Crane and Its Application

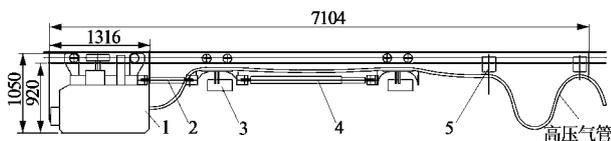
长期以来, 迎头受作业空间、生产工艺的限制, 采煤工作面端头、综掘工作面一般靠人力完成短距离的物料搬运作业, 急需一种机械设备代替人力完成上述工作。单轨吊体积小, 作业灵活, 受底板和作业空间限制较小, 可自动完成物料的装载, 是一种较为理想的辅助运输作业设备。

目前国内多用柴油动力、蓄电池动力驱动单轨吊机车, 气动型调度单轨吊车是我国矿用单轨吊应用领域的空白。国外生产的气动型调度单轨吊车均价格昂贵, 以德国 SCHADF 公司生产的 9kW 气动型调度单轨吊车为例, 单台售价与国产隔爆蓄电池单轨吊车价格相当, 且目前所有的气动型调度单轨吊车都采用气动线控模式, 人员必须靠近机车操作, 并随机车移动, 操作较为不便。

为此, 研制开发了无线遥控气动型调度单轨吊。即在现有气动型调度单轨吊车的基础上, 增加了无线遥控功能, 消除了线控操作的束缚, 操作更加灵活。同时设计了新型加紧机构和制动机构, 机车结构紧凑, 满足了狭窄作业空间的使用要求。

### 1 无线遥控气动型调度单轨吊车组成及控制系统

无线遥控气动型调度单轨吊车结构如图 1 所示, 主要有机车、机车连杆、起吊装置、起吊连杆、托管装置五部分组成。



1—机车; 2—机车连杆; 3—起吊装置; 4—起吊连杆; 5—托管装置

图 1 DQD5 气动型调度单轨吊车结构示意图

(1) 机车是主体部分, 由驱动装置、加紧机构、制动机构、气动控制单元、无线遥控控制单元、蓄电池等组成, 为吊车提供驱动力和起吊装置所需的气源。

(2) 机车连杆和起吊栏杆用于连接机车与起吊装置。起吊连杆的尺寸可以调节, 以适应不同的负载。

(3) 起吊装置有承载导向轮组和气动葫芦两部分组成。承载导向轮组起着承载和导向作用, 保证气动葫芦和起吊物随机车在轨道上灵活运行; 气动葫芦为配套产品, 承载能力 2t。

(4) 托管装置由高压胶管和托管滑架组成, 作用是减少拖拽管路阻力与磨损, 保持管路整洁。

气动控制系统由主控制气路和先导控制气路两部分组成, 控制原理如图 2 所示。主控制气路主要有角座阀、气动马达和消音器组成; 先导控制气路主要有二位三通机控换向阀、二位三通电磁换向阀、三位五通电磁换向阀以及提闸气缸等控制元件组成。

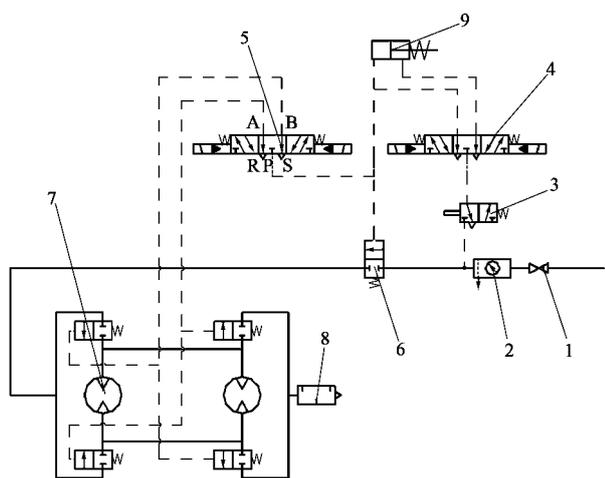
本单轨吊控制系统充分考虑了系统的安全性, 主要采用的安全措施如下:

(1) 二位三通电磁换向阀用于切断先导控制气路。当电气控制系统检测不到遥控器控制信号时, 切断二位三通电磁换向阀的控制电源, 先导回路被切断。

(2) 二位三通机控换向阀在单轨吊车超速时, 切断先导控制气路进行保护。

(3) 角座阀作为马达驱动控制和换向的控制元件, 保证不产生误动作。

电气控制系统主要有遥控接收器、遥控发射机和电源箱三部分组成。遥控接收器、遥控发射



1—截止阀；2—气源处理组件；3—二位三通机控制换向阀；  
4—二位三通电磁换向阀；5—三位五通电磁换向阀；6—角座阀；  
7—气动马达；8—消音器；9—提闸气缸

图 2 气动型单轨吊车气动控制原理

机是在禹鼎 F24-12 型遥控器基础上开发的矿用型遥控器。遥控接收器接收到遥控发射机的指令后，通过内部的继电器节点控制气动先导回路的电磁换向阀动作，实现控制功能。无线遥控系统具有如下特点：

- (1) 12 功能按键（两段式按键）+ 蘑菇头急停+启动钥匙，总停按键采用自锁定式红色“蘑菇头”按钮，增强了安全性。
- (2) 控制点数达 25 个，能够完成启停、行走、升降等全部控制功能。
- (3) 带有电池电压警示装置，电压不足时能自行切断电路。
- (4) 安全旋转钥匙开关，防止未授权者使用。
- (5) 尼龙加织的强化塑胶外壳，防止摔落及强力碰撞造成的损坏。
- (6) 备用 1~6 号键可由电脑设定为普通、互锁、捺跳、开关等功能。

## 2 驱动及主要结构设计

根据气动型调度单轨吊车的特点结合综采掘工作面端头、迎头的使用条件，总体设计要求如下：

- (1) 车体最大宽度不超过 600mm，最大高度不超过 1100mm。
- (2) 采用无线遥控控制方式。
- (3) 驱动功率不小于 4kW，牵引力大于 5kN。
- (4) 牵引速度为 0.8~1.1m/s，满足伴随操作需要。
- (5) 有效工作范围为 150m。
- (6) 采用可调节间距的自动吊装组件，单件

起吊额定起重能力为 2t。

(7) 采用机械制动装置。

### 2.1 动力验算

根据总体设计要求，牵引力  $F=5\text{kN}$ ；牵引速度  $V=0.6\sim 1.1\text{m/s}$ （人正常行走速度  $1.1\sim 1.2\text{m/s}$ ）。

综合考虑价格和性能，同时兼顾外形尺寸控制要求，选择 V8 型叶片式气动马达，配减速比为 60:1 的斜齿减速机。马达-减速机输出额定功率为 1.9kW，额定扭矩为  $427\text{N}\cdot\text{m}$ ，额定转速为 42rpm。

设计驱动轮直径  $\phi=310\text{mm}$ <sup>[1]</sup>；额定速度  $v=n\pi\phi=42\times\pi\times 0.31\approx 40.9\text{m/min}\approx 0.68\text{m/s}$ ； $n$  为驱动轮每分钟转数，r/min。

$$F_i = 2 \cdot \frac{T}{r} = 2 \times \frac{427}{0.155} \approx 5509.7\text{N} > 5\text{kN}$$

式中， $F_i$  为理论牵引力，N； $T$  为扭矩， $\text{N}\cdot\text{m}$ ，马达-减速机输出额定扭矩为  $427\text{N}\cdot\text{m}$ ； $r$  为单轨吊驱动轮半径，mm， $r=\phi/2=155\text{mm}$ 。

根据以上验算，额定转速和牵引力均满足要求。

由于机车实际牵引力的大小与夹紧机构的夹紧力与驱动力的摩擦系数有关，则：

$$F = 4P\mu \leq F_i$$
<sup>[2]</sup>

式中， $F$  为机车实际牵引力，N； $F_i$  为理论牵引力，N； $P$  为驱动轮施给轨道的压力，N； $\mu$  为聚氨酯驱动轮与轨道的摩擦系数，一般取 0.3~0.45。

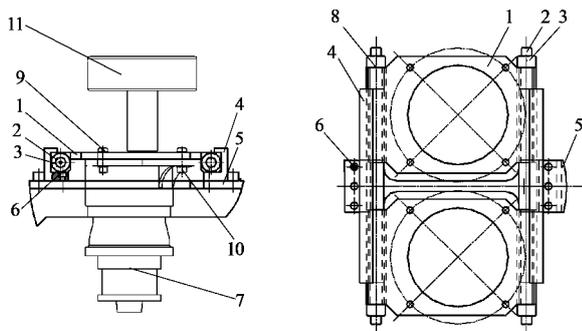
夹紧机构的夹紧力选择和调节要合理，过小的夹紧力会使实际牵引力大大小于理论牵引力；过大的夹紧力不会使实际牵引力大于理论牵引力，但会加速聚氨酯驱动轮的磨损。

### 2.2 夹紧机构的结构设计

为了适应使用要求，采用了滑板、导轨、双螺杆的夹紧结构。使用蝶形弹簧进行调整，其具体结构如图 3 所示。其特点是机构紧凑，操作简单，夹紧力均衡。同时，在机车转弯过程中，滑板可随驱动装置适度摆动，减少减速机输出轴的径向受力。

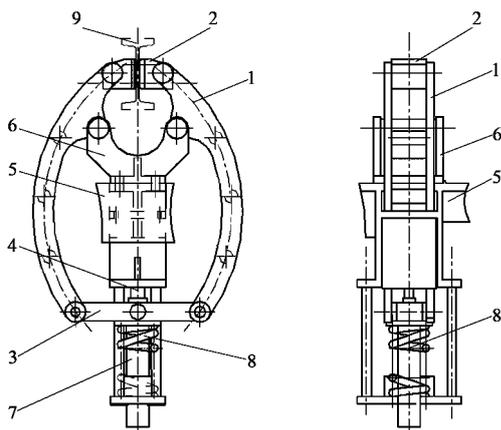
### 2.3 制动机构结构设计

根据最大宽度小于 600mm 要求，在设计过程中没有采用传统的直接夹紧的制动结构，而是通过连杆间接制动。气缸和弹簧采用垂直布置形式，可有效节省空间。同时，连杆具有增加力臂的作用，减小了直接制动力，提闸气缸采用了超薄气缸，可进一步增加结构紧凑性，具体结构如图 4 所示。



1—滑动法兰；2—双头丝杆；3—螺母1；4—导轨；  
5—架体；6—螺钉；7—驱动部；8—蝶形垫圈；  
9—螺栓；10—螺母2；11—驱动轮

图3 夹紧机构结构



1—制动臂；2—闸体；3—连杆；4—气动缸；5—架体；  
6—支座；7—导套；8—制动弹簧；9—轨道

图4 制动机构结构

### 3 实际使用情况

自2010年4月开始，无线遥控气动型调度单轨吊车在兖州煤业股份有限公司东滩煤矿43<sub>下</sub>06运输巷、43<sub>下</sub>03轨道巷综掘工作面进行实际应用。

在工作面掘进过程中，使用无线遥控气动型调度单轨吊车可完成距离迎头50~100m范围内的物料运输和除尘风机的推移作业。

应用无线遥控气动型调度单轨吊车后，有效减少了运输作业中的工人数量，降低了工人的劳动强度，提高了运输效率。以综掘迎头为例，每班只需2人即可完成所有短途物料运输，节约3~5名工人。由于单轨吊轨道受巷道底板、布置设备的影响小，机车可将物料直接送达工作面迎头用料点，无需再进行人工转运。以上优点在架棚巷道的短途物料运输作业中效果更为显著。

### [参考文献]

[1] 马腾, 崔林. 蓄电池单轨吊的设计及计算 [J]. 煤炭科学技术, 1991, 19 (8): 13-16.  
[2] 叶安英, 马英. 蓄电池单轨吊车驱动系统的设计 [J]. 机械传动, 2008 (2): 95-96.  
[3] 褚言军. 煤矿井下单轨吊制动系统的设计及性能研究 [D]. 青岛: 山东科技大学, 2011. [责任编辑: 徐亚军]

(上接28页)

(2) 根据本次探测情况，网络并行电法探测视电阻率值在30Ω·m以上的区域，岩层基本无水，视电阻率值低于25Ω·m的区域，岩层基本含水，而视电阻率值介于25~30Ω·m的区域，岩层是否含水不能很好地确定，若含水，基本为少量含水或局部含水。由于网络并行电法探查出的低阻区是相对低阻区，随着探测不断地开展，对应不同的探测条件，视电阻率定性评价的临界值还需要进一步研究确定。

(3) 由于网络并行电法应用于井下具有全空间效应，以及数据采集过程存在的电极耦合、电气设备接地等干扰影响，造成探测结果与实际情况局部出现差异，因此，对于旁侧效应等非目标异常体校正，需要在今后探测中进一步研究，从而进一步提高探测精度。

### [参考文献]

[1] 刘盛东, 吴荣新, 胡根水, 等. 网络分布式并行电法勘探系统 [M]. 成都: 四川出版集团, 2006.  
[2] 张平松, 刘盛东. 地球物理勘探教程 [M]. 淮南: 安徽理工大学出版社, 2007.  
[3] 刘盛东, 吴荣新, 张平松, 等. 三维并行电法勘探技术与矿井水害探查 [J]. 煤炭学报, 2009, 34 (7): 927-932.  
[4] 刘向红, 张平松, 等. 三维直流电阻率法在水源井探测中的应用研究 [J]. 中国地质, 2012, 39 (5): 1421-1426.  
[5] 张平松, 刘盛东, 吴荣新. 采煤面覆岩变形与破坏立体电法动态测试 [J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28 (9): 1870-1875.  
[6] 吴小平, 汪彤彤. 电阻率三维反演方法研究进展 [J]. 地球物理学进展, 2002, 17 (1): 156-162.  
[7] 吴小平, 汪彤彤. 电阻率三维反演稳定性和可靠性研究 [J]. 煤田地质与勘探, 2002, 30 (1): 57-60.  
[8] 赵存莉, 胡德文, 曹贤胜. 三维直流电阻率法芦岭煤矿底板探水中的应用研究 [J]. 河北北方学院学报 (自然科学版), 2012, 28 (6): 22-27.  
[9] 张平松, 刘盛东, 曹煜. 坑道掘进立体电法超前预报技术研究 [J]. 中国煤炭地质, 2009, 21 (2): 50-53.  
[10] 李成森. 电阻率成像技术在煤矿防治水方面的应用研究 [D]. 青岛: 山东科技大学, 2010. [责任编辑: 张玉军]