

# 大规模地下矿有轨运输系统网络结构优化

卢央泽

(长沙有色冶金设计研究院有限公司,湖南长沙410011)

**摘要:**为了在大规模地下矿实现无人驾驶运输系统,本文从运输系统网络结构、车场形式和行车组织安排等角度探讨了各网络运行的可靠程度及安全程度.通过详细编制列车运行图表,系统分析了各网络内部相互影响程度,行车组织具体措施,通过能力和储备能力,为类似矿山实现无人驾驶技术提供参考.

**关键词:**无人驾驶运输系统;运输系统网络结构;通过能力和储备能力;车场形式

**中图分类号:**TD524      **文献标志码:**A      **文章编号:**1672-9102(2014)04-0072-03

## On the optimization of rail transport network system for large-scale underground mines

LU Yangze

(Changsha Engineering and Research Institute Ltd. of Nonferrous Metallurgy, Changsha 410011, China)

**Abstract:** In order to get the unmanned transport systems for large-scale underground mines, the reliability and safety of operation of the network have been discussed from the perspective of network architecture of transportation systems, shaft station form and organizational arrangements of driving. According to the preparation of train operation diagram in detail, the degree of mutual influence within the networks, specific measures of driving organization, passage and reserve capacity have been analyzed systematically. The research can provide references for the unmanned transport in similar mines.

**Key words:** unmanned transport systems; network architecture of transportation systems; passage and reserve capacity; shaft station form

随着矿业发展,浅部易采资源日益枯竭,深部以及复杂条件的矿山开采逐渐成为采矿业发展的趋势之一.由于绝大多数井下运输设备都需要人工驾驶,工作条件及安全保障都受到较大制约.而无人驾驶电机车不仅能使运输自动化程度大大提高,运输能力得到更大发挥,也给矿山运输过程中杜绝人员伤亡事故提供了可靠保证.国外仅基律纳等5家矿山使用了该项技术,目前国内也开始逐渐应用<sup>[1,2]</sup>.国内某矿规模 $1\ 500 \times 10^4$  t/a,阶段生产服务时间10 a以上,结合30,40 t电机车双机牵引,

40,60 t电机车单机牵引列车在穿脉工程量、列车和矿车数量、司机人数、可比部分投资等方面的技术经济比较<sup>[3,4]</sup>,最终选择40 t电机车单机牵引方案.井下运输系统采用上、下盘环形与穿脉运输相结合的方式确保运输可靠性和稳定性,采用先按传统运输系统考虑,再分步实施无人驾驶技术的实施方案,同时讨论了不同车场形式下矿山初期投入列车数和后期总列车数,对不同时期的列车进行行车组织安排<sup>[5-8]</sup>,总结出合理的车场形式和行车组织,为该矿山实现无人驾驶奠定基础<sup>[9,10]</sup>.

# 1 车场形式和运输网络比较

通过立式车场、卧式车场及对应运输网络结构的比较和分析(表1和表2),可知,2种车场通过

能力均较大,且与井下破碎能力匹配,各有优缺点:立式车场道岔压力分散,工程量比卧式车场多33 070 m<sup>3</sup>,形成的运输网络相互独立,相互影响小,可形成分区运输系统;卧式车场道岔压力较集中,运输网络相互影响较大。

表1 立式车场和卧式车场技术经济比较

车场形式	同时卸载溜井数	双轨长度/m	双轨工程量/m <sup>3</sup>	单轨及车场长度/m	单轨及车场工程量/m <sup>3</sup>	工程量合计/m <sup>3</sup>
卧式车场	4	1 952	47 312	1 451	18 210	65 522
立式车场	4	1 621	39 293	4 725	59 299	98 592

表2 运输网络结构比较

时期		加权运距	左侧卸矿	右侧卸矿	道岔开闭	一循环	一循环	每班可	每班需	工作列	相互影响	受影响	运输网	相互影响
		重车/ 轻车/m	线长度 /个数 /(m/个)	线长度 /个数 /(m/个)	时间 左/右/min	平均等停 时间/min	总时间 /min	循环次数	循环列次	车数	区间个数	列车工作 列数	络数	的运输网 络数
卧式 车场	运输末期	2742/3143	460/2	460/2	3.2/3.2	9.7	45.76	7.86	65.59	9	3	9	4	4
	运输初期	1932/2110	460/2	460/2	3.2/3.2	9.7	36.66	9.81	65.59	7	3	7	4	4
立式 车场	运输末期	3177/2963	516/2	651/2	3.3/3.8	9.3/9.8	46.87	7.68	65.59	9	1	5	2	0
	运输初期	1992/2090	516/2	651/2	3.3/3.8	9.3/9.8	36.72	9.8	65.59	7	1	3	2	0

# 2 列车运行及组织分析

为了更详细分析立式车场和卧式车场运输网络的实际运行能力及行车组织灵活程度,编制了2种不同结构形式运输网络在运输末期的列车运行图表(图1~图3),列车运行情况见表3,2种不同的运输网络具不同特点。

表3 列车运行情况

车场形式	总运量 /(10 <sup>4</sup> t/a)	班循环列数 /列次	年运输 能力/(10 <sup>4</sup> t/a)	贮备能力 /%
卧式车场	1 500	74	2 029	35
立式车场	1 500	80	2 195	46

根据图1和图2,卧式车场运输网络主要特征:

- 1) A区1号列车重车(轻车)线4级区间与B区南部3~6号列车轻车线4级区间交叉,为2个相互影响的运输网络,相互影响列车数4列;
- 2) A区2号列车重车(轻车)线3级区间与B区南部3~6号列车轻车线3级区间交叉,为2个相互影响的运输网络,相互影响列车数4列;

3) B区南部7~9号列车重车线3级区间与B区南部3~6号列车和A区1号、2号列车轻车线3级区间交叉,为2个相互影响的运输网络,相互影响列车数9列,且每个循环后,B区南部重车线列车必须等待B区南部或A区轻车线列车,等待时间长;

4) A区2列车、B区7列车在车场均能顺利调度,合乎车场调度要求,即进入同一卸载线的前后2列车时间间隔至少为1个道岔开闭时间;

5) A区及B区北部列车为右侧卸矿,走1号或者3号卸载线,B区南部列车为左侧卸矿,走2号或者4号卸载线,A区列车为保持右侧卸矿,每次穿脉装矿前需掉头。

立式车场运输网络(图3)主要特征:

1) A区1号和2号列车及B区南部3~6号列车为1个相互独立的运输网络,B区北部7~9号列车为1个相互独立的运输网络,2个运输网络互不影响;

2) A区1号和2号列车轻车线5级区间与B区南部3~6号列车重车线3级区间交叉,为2个相互影响的运输网络,相互影响列车数4列;

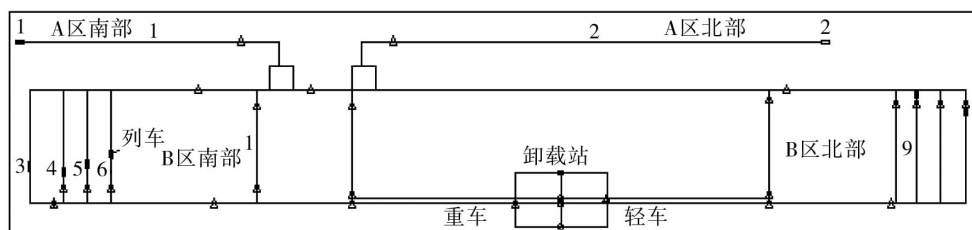


图1 卧式车场运输网络简图

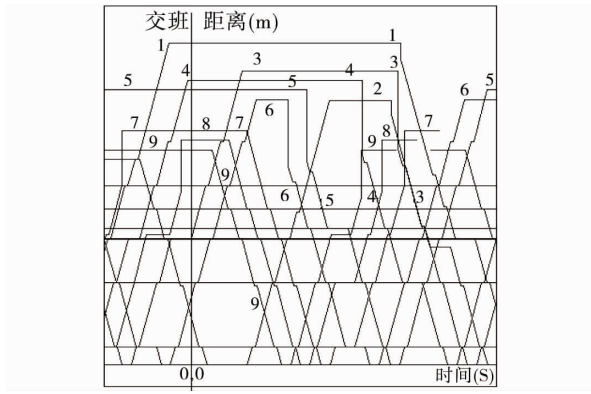


图2 卧式车场运输网络列车运行图表

3) A区1号和2号列车分别分布在A区南、北两侧,运行相对独立,且可以同时行使,行车组织方便简单;

4) A区2列车、B区7列车在车场均能顺利调度,合乎车场调度要求,即进入同一卸载线的前后2列车时间间隔至少为1个道岔开闭时间;

5) A区及B区北部列车为右侧卸矿,走1号或者3号卸载线,B区南部列车为左侧卸矿,走2号或者4号卸载线,A区列车为保持右侧卸矿,每次穿脉装矿前需掉头.

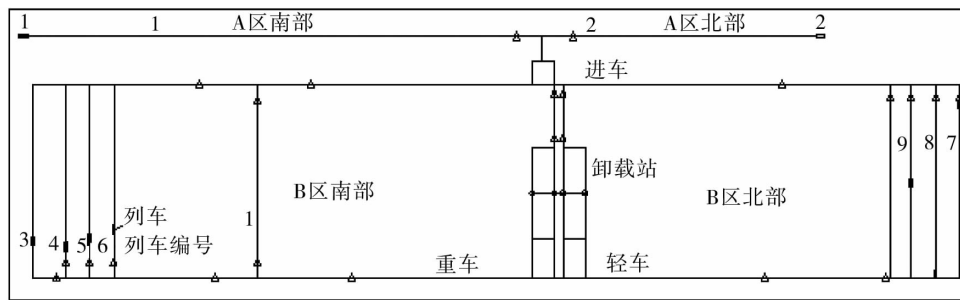


图3 立式车场运输网络简图

### 3 车场通过能力

立式车场和卧式车场都有4条独立卸载线,

其卸载情况及通过能力见表4,由表可知,车场计算通过能力很大,均大于要求的实际通过能力.

表4 卸载线卸载能力表

车场形式	1号卸载线		3号卸载线		2号卸载线		4号卸载线		计算卸 载能力 合计 /列次	实际卸 载能力 合计 /列次	要求卸 载能力 合计 /列次
	计算班 卸载能 力/列次	实际班 卸载能 力/列次	计算班 卸载能 力/列次	实际班 卸载能 力/列次	计算班 卸载能 力/列次	实际班 卸载能 力/列次	计算班 卸载能 力/列次	实际班 卸载能 力/列次			
卧式车场	64	21	64	20	64	17	64	16	256	74	72
立式车场	56	22	56	22	62	18	62	18	236	80	72

### 4 车场形式及运输网络确定

2类车场均适用于大规模地下矿井下运输,但立式车场比卧式车场运输网络结构简单,相互影响小,列车运行更顺畅,运输系统的可靠性、稳定性及运输能力更高,但卧式车场运输能力也能满足要求,且卧式车场工程量和投资少,设计推荐采用卧式车场及相对应的运输网络结构.

#### 参考文献:

[1] 张毅力,汪全辉,黄寿元. 地下矿无人驾驶电机车运输关键技术方案研究[J]. 金属矿山, 2013(5): 117-120.  
 [2] 郎立国. 电机车自动定位运行控制系统设计[D]. 大连:大连海事大学, 2006.  
 [3] 张晓娟. 变频调速在矿用蓄电池电机车上的应用研

究[D]. 淮南:安徽理工大学, 2006.  
 [4] 刘新辉. 直流架线式工矿电机车电气系统的设计与应用[D]. 西安:西安电子科技大学, 2006.  
 [5] 朱淑伦,王保伦. 井下运输的最优化问题[J]. 阜新矿业学院学报, 1982(2): 12-16.  
 [6] 关树杰. 井下电机车运输优化的探讨[J]. 广西大学学报(自然科学版), 1994(3): 25-28.  
 [7] 王国举,赵伏军,余学云,等. 唐洞煤矿-200 m井底车场修复技术[J]. 矿业工程研究, 2012, 27(4): 16-20.  
 [8] 郭东军,谢金容,陈志龙,等. 地下集装箱运输系统研究的深层动因及趋势[J]. 地下空间与工程学报, 2012(2): 22-25.  
 [9] 李俊杰,赵立厂,赵亮,等. 基于超高频射频技术的井下物资运输管理系统[J]. 工矿自动化, 2011(6): 32-36.  
 [10] 王龙生. 煤矿高效辅助运输成套系统研究与应用[J]. 煤炭科学技术, 2014(9): 52-56.