第十篇

井下运输设计

第一章　井下运输设计原则

第一节　设计技术原则

井下运输设计，应对井下煤炭、矸石、材料、设备及人员等的运输作统筹安排。运输方式与设备的选型，应根据矿井设计生产能力、煤层赋存条件、瓦斯情况、采煤方法等因素确定。

采区运输：大、中型矿井的采区，要积极采用连续化运输，发展重载下运带式输送机。辅助运输要采用高效能、适应性能强、单机服务范围广的设备，减少环节逐步发展集装箱运输，要根据条件采用单轨吊车、卡轨车、胶套轮机车、齿轨机车、无轨胶轮车或其他运输设备，逐步实现全矿井辅助运输的机械化、连续化。

大巷运输：主要运输大巷的运输方式应根据运量、运距和技术经济效果优化确定。凡井型较大、采区生产集中、条件适合的矿井，可采用带式输送机，实现全矿井的连续运输。采用轨道运输的矿井，要发展底卸式或侧卸式矿车。要研制改造与底卸式矿车配套的双轨同步牵引电机车，大功率电机车和防爆柴油机车。

采区运输、大巷运输、矿井提升和地面储、装、运生产系统，要发展自动化集中控制，配备先进可靠的保护装置。

第二节　矿井运输方式和运输设备

一、必须考虑矿井开拓系统状况，并与运输系统统一规划，注意上下环节运输能力的配合，以及局部运输与总体运输的统一。

二、必须做到井上下两个运输环节设备能力基本一致，设计时应合理地选择生产不均匀系数和设备能力的备用系数；为缓和井上下两个运输环节的生产不均匀性或不连续性，要采取一些缓冲措施，应设置煤仓或储车线等；采区煤仓的容量，要保证回采工作面的正常连续生产，煤仓设计中要有防堵措施和处理堵仓的措施。井底煤仓的容量，应满足最大限度发挥提升、运输能力的需要。

三、运输系统尽量简化，注意尽量减少运输转载的次数，不要出现输送机——轨道——输送机——轨道的情况。

四、必须使设备的运输、安装和检修方便，运行安全可靠，工作条件舒适，并应考虑运输设备对通风、供电的要求是否合理，电压等级是否相符合等。

五、必须在决定主要运输的同时，统一考虑辅助运输是否合理经济。

国内部分矿井井下运输情况，见表 10－1－1。

表 10-1-1 国内部分矿井井下运输情况一览表

顺序	矿井名称	设计能力(Mt/a)	井田面积(km^2) 走向(km)×倾斜(km)	煤层倾角(°)	开拓方式	准备方式	初期采区至主井底距离(m)	大巷运煤方式	采区上(下)山运煤方式	辅助运输		备注
										大巷	采区	
1	大柳塔	3.6	$\frac{131.54}{14.4\times13.8}$	1～2	平峒	盘区条带	中央采区	带式输送机	带式输送机	无轨胶轮车	无轨胶轮车	
2	灵 新	2.4	$\frac{21.3}{8.5\times2.3}$	13～14	斜井	上山采区	中央采区	带式输送机	带式输送机	电机车	绞 车	
3	玉 华	1.5	$\frac{34.0}{7.0\sim10.5\times2.8\sim5.0}$	一般 3～5 个别 20	立井	上山采区	1500～2000	3t 底卸式矿车	带式输送机	电机车	齿轨车	
4	朱家河	0.9	$\frac{45.0}{8.0\sim9.5\times3.0\sim5.0}$	一般 3～7	斜井	上山采区	750～1450	3t 底卸式矿车	带式输送机	电机车	绞 车	
5	补连塔	0.3	$\frac{41.10}{6.0\times5.6\sim8.1}$	1～3	斜井		中央采区	带式输送机	带式输送机	无轨胶轮车	无轨胶轮车	
6	平十三	1.8	$\frac{45.0}{6.0\times2.3\sim5.0}$	11～38	立井	上山采区	东 3300 西 1200	3t 底卸式矿车	大倾角带式输送机	电机车	绞 车	
7	古 城	0.9	$\frac{28.0}{6.5\times2.3\sim5.7}$	10～29 一般 15	立井	下山采区	500	下山直接至上仓带式输送机	深槽高角度带式输送机	电机车牵引 1t 矿车	D=2.5m 绞车 1t 矿车	
8	冷 泉	0.6	$\frac{8.0}{10.0\times0.6\sim1.2}$	22～44	立井	上山采区	200	初期胶带输送机后期 1t 矿车	铸石槽箱刮板	电机车牵引 1t 矿车	D=2.0m 绞车 1t 矿车	
9	古汉山	1.2	$\frac{17.0}{10.0\times1.7}$	12～17 一般 15	立井	上山采区	650	3t 侧底卸式矿车	铸石槽箱刮板	电机车牵引 1t 矿车	D=1.6m 绞车 1t 矿车	
10	沙 曲	3.0	$\frac{135.0}{22.0\times4.5\sim8.0}$	4～10	综合	倾斜长壁	2500	带式输送机	无	齿轨车	齿轨车	
11	寺 河	4.00	西区 $\frac{23.5}{7.3\times6.7}$ 东区 $\frac{23.5}{7.3\times7.4}$	4～6	斜井	倾斜长壁	500	带式输送机	无	齿轨车	齿轨车	
12	象 山	1.2	$\frac{40}{15.4\times2.43}$	3～6	平一斜	上山采区	600	3t 底卸式矿车	带式输送机	电机车	单轨吊	
13	姚 桥	1.2～3.0	$\frac{56.7}{13.0\times4.35}$	6～10	立井		200	带式输送机	带式输送机	电机车	绞 车	

顺序	矿井名称	设计能力(Mt/a)	井田面积(km²) 走向(km)×倾斜(km)	煤层倾角(°)	开拓方式	准备方式	初期采区至主井底距离(m)	大巷运煤方式	采区上(下)山运煤方式	辅助运输		备注
										大巷	采区	
14	常村	4.0	83.7 17.0×5.4	3～6	立井	上下山	500～1300	带式输送机	带式输送机	电机车牵引3t矿车	上下山卡轨车 顺槽单轨吊	
15	四台沟	5.0	82.5 13.5×7.5	1～7	综合	倾斜条带	1500	带式输送机	带式输送机	电机车牵引1.5t矿车	绞车	
16	东曲	4.0	77.0 11.0×8.0	3～8	平峒	倾斜条带	1000	5t底卸式矿车	带式输送机	电机车牵引1.5t矿车	绞车	
17	团柏	0.6	36.0 9.5×3.8	3～8	斜井	上下山	1450	1t矿车	带式输送机	电机车	绞车	
18	兴隆庄	3.0	61.0 10.6×5.5	5～7	立井	上下山	800～1000	带式输送机	带式输送机	电机车	绞车	
19	济宁三号	5.0	110.0 10.0×10.0～13.0	5～9	立井	条带	400～890	带式输送机	无	无轨胶轮车	无轨胶轮车	
20	大雁三矿	3.0	28.25 8.68×3.87	15～20 最大28	立井	采区	684～2542	带式输送机	带式输送机	电机车	绞车 顺槽卡轨车	
21	红阳四井	0.75	30.0 7.5×4.0	东翼5～25 西翼30～50	立井	采区	1180	3t侧底式矿车	带式输送机	电机车牵引1t矿车	D=2.0m绞车 1t矿车	
22	谢桥	4.0	50.0 11.5×4.3	8～15	立井	石门上下山	1000	带式输送机	带式输送机	蓄电池机车牵引1t矿车	绞车 顺槽胶套轮	
23	张集	4.0	60.0 7.0×8.5	东翼3～5 西翼10	立井	条带	1000	带式输送机	带式输送机	齿轨卡轨车	齿轨卡轨车	
24	济宁二号	4.0	90.0 10.0×9.0	0～15 一般8	立井	上下山	500～1000	带式输送机	带式输送机	齿轨车	齿轨车	
25	祁南	1.8	62.5 10.5×3.0～8.5	东部7～15 北部20～30	立井	上下山	500	3t底卸式矿车	带式输送机	1t矿车	1t矿车	
26	潘二	2.1	35.0 12.0×(1.3～4.5)	北翼20～30 南翼10	立井	采区	1800	5t底卸式矿车	带式输送机	蓄电池机车牵引1.5t矿车	绞车	
27	凤凰山	4.0	32.0 7.8×4.2	＜10	斜井	盘区石门	1200	6t底卸式矿车	无	电机车	小绞车	

第二章　大巷煤炭运输设计

第一节　大巷煤炭运输方式

大巷煤炭运输方式目前有带式输送机运输、轨道运输和水力运输 3 种，见表 10－2－1。

表 10－2－1　大巷煤炭运输方式

运输方式	运输机械	技术特征
带式输送机	普　通	带宽(mm)：600 800 1000 1200 1400
	钢绳芯	带宽(mm)：800 1000 1200 1400 1600 1800 2000
	钢丝绳牵引	带宽(mm)：800 1000 1200
轨　道	架线式电机车	在 3‰左右坡度上运行，分单机和双机牵引
	蓄电池电机车	在 3‰左右坡度上运行，用于有爆炸危险环境
	低污染防爆内燃机车	用于环境有爆炸危险场所
	无　极　绳	可在坡度 14°及以下，起伏不平的巷道中运行
水　力	溜　槽	无　压
	管　道	自然压力
		动力加压

一、输送机运输

大型矿井，特别是设计高产高效矿井，为确保综采设备充分发挥效能，大巷运输在条件许可时应采用带式输送机作为主要运输设备。目前，重点发展 DX 型系列钢绳芯带式输送机，也可使用 GD 型系列钢丝绳牵引带式输送机。

DX 型系列按胶带宽度不同，分为 800mm、1000mm、1200mm、1400mm、1600mm、1800mm、2000mm 共 7 种规格，带宽 1400mm 以上的最高带速可达 5m/s。

GD 型系列胶带宽度有 800mm、1000mm、1200mm3 种规格（带宽系指两侧绳槽间距）。胶带速度为 1.6m/s、2.0m/s、2.5m/s、3.15m/s 四种，并在运煤同时还可以向两个方向运送上下班人员，运人速度低于 1.6m/s。

上述两种带式输送机相比较，后者存在一些较明显的缺点，即驱动部分结构庞大、复杂，用于井下，驱动硐室体积很大，工程费用很高；同样带宽，输送机能力比前者为低；在运行中输送带易发生脱槽掉带事故；牵引钢丝绳、托绳轮衬和输送带芯的钢条等寿命低，维修工作量较大等。因此，后者使用范围大大缩小，在生产系统布置中，如条件许可，也可使用后者，但需经方案比较。

普通型带式输送机一般很少在大巷中应用，因普通胶带的带强较低，单机长度只能达到 300～400m 左右。

大巷采用带式输送机运输煤炭时，还需考虑配备相应的辅助运输系统。

二、轨道运输

轨道运输是以有轨机车或固定绞车牵引矿车将煤炭从采区运输到井底卸载点的运输方式。

（一）轨距

井下窄轨运输，目前普遍采用 600mm、900mm 两种标准轨距。采用时要通过分析比较确定。

对于高瓦斯矿井，巷道断面大，井型在 3.0Mt/a 以上，列车通过次数较多的，应选用 900mm 标准轨距。

（二）矿车

大巷运煤系统的矿车类型分为 1、3、5t 三种，可按表 10－2－2 选取。当有运距和运量要求时，经技术经济论证，也可采用大于 5t 的矿车。

表 10－2－2　运煤矿车类型

矿井设计生产能力（Mt/a）	矿车类型	轨距（mm）
3.0及以上	5t底卸式 5t侧卸式	600、900
0.9～2.4	3t底卸式 3t侧卸式	600、900
0.6及以下	1t固定式	600

（三）牵引设备

牵引设备一般采用电机车，也可以采用柴油机车，小型矿井亦可采用无极绳绞车。

井下运输牵引机车，也可依据矿井设计生产能力、运量、运距、开采技术条件、巷道系统特征等因素，进行综合分析确定。当设计生产能力为 2.4Mt/a 及以上的矿井，煤炭运输采用底卸式或侧卸式矿车时，宜选用粘着质量大于 10t 的机车。

三、水力运输

煤矿采用水力运输以采用水沙充填采煤法的地区为最早。东北地区的抚顺、扎赉诺尔等矿区本世纪初期已经应用于工业生产。50 年代后期又逐步用于煤炭运输。水力运输又分无压和有压运输。

无压运输主要依靠各种不同的断面和衬质的溜槽或渠沟，利用起讫点的自然高差来实现。

有压运输均采用管道，并多数采用机械加压，少数情况下也可以利用煤浆的自然压力。井下采用水力运输时，辅助运输仍需采用其他运输方式。

另外根据矿井条件的变化，大巷运煤可采用多种混合运输方式，有的初期采用带式输送机运输，后期采用轨道运输；有的一翼采用带式输送机运输，另一翼采用轨道运输，以充分发挥带式输送机连续运输能力大和轨道运输机动灵活的优点，取得良好的技术经济效果。

第二节　大巷煤炭运输方式的选择

一、概述

选择矿井大巷煤炭运输方式和设备主要考虑以下因素：

(1)矿井的设计特征:井型、服务年限、开拓准备方式、采掘工作面集中程度、通风方式、巷道断面、巷道布置情况(分岔弯曲起伏)。

高产高效矿井,井型大,采掘工作面集中,为保证煤流的连续性,宜选用带式输送机运煤;当采用条带式布置倾斜长壁工作面时选择带式输送机较为有利;当采用盘区石门装煤,由于巷道分支多,采用矿车运输较为有利;若巷道有平面弯曲,矿车运输能适应变化方向的巷道网;带式输送机则能适应起伏不平的巷道布置。

当煤层埋藏较浅时,一般多为斜井开拓,斜井为带式输送机提煤时,从运输大巷至地面宜采用带式输送机连续运煤系统。

如果一个矿井的开拓准备系统一旦定下来,在很大程度上就决定了该矿井的运输方式,所以在确定开拓准备系统时,应该为矿井运输创造有利的条件。

(2)设计针对产品与运输的特殊要求:要提高块煤率时,选择带式输送机较为有利;要求多煤类,多品种分运时则选择矿车运输较为有利。

(3)要考虑带式输送机和矿车两种设备的自身特点。带式输送机具有连续运输生产能力大,操纵简单,容易实现自动化,装卸载附属设备少等特点,但需要增设辅助运输系统,投资较大;它适用于生产集中,运量较大的大中型矿井。带式输送机运输连续与采煤工艺相适应,增产潜力大,它将是机械化、自动化大型矿井运输的主要发展趋势。矿车运输能力大、机动性强;根据运量运距可随时调整机车的台数;对巷道弯曲、转折适应性强;接轨、展线方便;可与矿井辅助运输机车共用;运费比较低,系统投资少,维护比较简单。国内外得到广泛应用。它适用于井田面积较大,生产分散的矿井大巷运煤系统。采用矿车运输时,应根据运量大小,距离长短和安全要求确定牵引设备类型,低瓦斯矿井一般以架线式电机车为主。高瓦斯矿井可选用蓄电池机车或防爆低污染柴油机车,小型矿井亦可采用无极绳牵引。矿车的类型因井型而异。

(4)以上三点只是一般规律,不能机械照搬,只有通过综合技术和经济比较分析,选择投资省、管理方便、成本低、效益好的大巷运煤方式。

二、选择原则

主要运输大巷煤炭运输设备的选用,应首先考虑以下情况:

(1)大型矿井条件适宜,技术经济合理时,大巷煤炭运输应选用带式输送机;

(2)当斜井为带式输送机提煤时,从运输大巷至地面宜采用带式输送机连续运煤系统;

(3)大巷钢丝绳牵引带式输送机可兼作运人,但必须符合《煤矿安全规程》第三百七

十五条规定；

(4)大巷运煤系统采用轨道运输时，应根据运量、运距、坡度和环境要求，选择机车和矿车。

目前，大、中型矿井集中生产程度普遍提高，高产高效矿井相继产生，大巷运输的瞬时强度和连续运量有较大差别，在选择运输方式时要充分考虑这一情况。此外要考虑大力改善与提高运输效率及自动化程度，并应适当留有增产和进一步提高机械化程度的余地。

三、大巷煤炭运输方式的适用条件和优缺点

大巷煤炭运输常用设备的适用条件和优缺点可参看表 10－2－3。

表 10－2－3　大巷煤炭运输常用设备

运输方式	运输机械		适 用 条 件	优　缺　点
输送机	普通胶带		运输距离较短的中、小型矿井	运输连续，运量大。单台运距不能过长
	钢绳芯胶带		大中型矿井长距离运煤	长距离，大运量，运输连续。初期投资较高
轨道	机车	架线式	在 3‰～5‰的坡度上运行，环境无瓦斯爆炸危险，采取措施也可用于瓦斯矿井	可多品种多环节运输，能力大，可分期发展。不能在大坡道上运行
		蓄电池	在 3‰～5‰的坡度上运行，环境有瓦斯爆炸或煤与瓦斯突出危险	能多品种运输，能力较大，可分期发展。不能在大坡道上运行，效率较低
		柴油机	在 3%～5‰的坡度上运行，环境有瓦斯爆炸或煤与瓦斯突出危险	运输成本低，效率较高，环节少。能给井下空气带来一定污染，不能在大坡道上运行
	无极绳		中小型矿井，坡度 10°左右，个别不大于 14°	设备简单，煤炭和辅助运输可合用一套设备。运量小，劳动强度大
水力	溜　槽		运距不长，起止点应有高差	设备简单，无动力，运量大。受高差限制，有局限性
	管　道		多用于水采矿井，可与井下排水合并	水采水运机械单一。效率较低，煤的粒度应较小

(一)带式输送机运输方式

一般情况下，对于运输量大，连续性强，装载点集中，采区距离提升井筒较近的或主斜井为带式输送机提煤时，其大巷运输均应采用带式输送机运煤。

带式输送机运输有下列优点：

(1)运输能力大,连续性强,装载点集中;

(2)运输巷道可以稍有起伏,适应多作煤巷,少开岩巷的情况;

(3)装、卸载附属设备少,不需要调车场,操作简单,用人少;

(4)卸载均匀,可以减少卸载煤仓容量;

(5)大运量或长距离带式输送机可以多电动机传动,单机功率小。可以采用交流拖动,控制比较简单;

(6)由于每台电动机功率较小,在瓦斯矿井中,电动机防爆问题比较容易解决;

(7)生产安全性能好,据统计,事故概率仅是矿车运输的 6.40%;

(8)主、辅助运输互不干扰,可提高辅助运输的效率和速度;

(9)能保证综采工作面的连续工作,提高机时利用率,提高产量,降低成本。

带式输送机不适合泥水量多的或大块煤炭,一般最大粒度不应超过 300mm,否则可能损坏胶带或溜槽等。使用带式输送机运输煤炭时,还必须另设一套辅助运输设备,如轨道机车运输,以便运输人员、材料、设备和矸石等。

国内部分矿井大巷采用带式输送机运输情况,见表 10-2-4。

(二)电机车运输方式

大中型矿井大巷运输距离较长或巷道弯曲,装车点较多或需要分期发展的,宜采用电机车运输。小型矿井也可以用电机车运输或无极绳运输。

电机车运输有以下特点:

(1)运输能力大,机动性强,随着运距和运量变化,可以增减机车台数,改变运行路线,在运量小时,一翼机车台数不超过 2 台,可以采用单轨巷道;

(2)对巷道布置的适应性强,大巷弯曲、分叉均不受影响,接轨展线方便,但对坡度要求严格;

(3)不同煤种的运输以及全部辅助运输均可以统一解决;

(4)大巷断面可以充分利用,在高瓦斯矿井可以省去专用通风大巷或缩小通风大巷断面;

(5)占用设备数量多,人员多,维修量较大,运输效率低;

(6)运输故障多,安全性差,据统计事故概率达 0.00357,是带式输送机的 15.5 倍。

在瓦斯矿井中使用电机车运输时,必须符合《煤矿安全规程》第三百四十七条的要求:

(1)在低瓦斯矿井进风(全风压通风)的主要运输巷道内,可使用架线电机车,但巷道必须使用不燃性材料支护。

表 10-2-4 国内部分矿井大巷采用带式输送机运输情况一览表

顺序	矿井名称	设计能力 (Mt/a)	提升方式	输送机布置形式	机长 (m)	倾角 (°)	运量 (t/h)	带宽 (mm)	带速 (m/s)	功率 (kW)	胶带强度 (N/mm)	备注
1	大柳塔	3.6	带式输送机	中央大巷一个仓	4602	0～8	2200	1200	4.9	400×4	2000	平硐大巷一条胶带
2	灵新	2.4	带式输送机	单翼大巷一个仓	1950	0～12	1200	1200	3.4	400×2	2000	
3	补连塔	3.0	带式输送机		1820	2.5	2000	1200	4.0	280×3	2000	
4	沙曲	3.0	带式输送机	双翼两仓	北翼 4284 南翼 1 号 70 南翼 2 号 2302	−2°20′～14° 0 −2～14	2000 1600 1600	1200	2.5	185×4 45 250×4	2500 3500	
5	寺河	4.0	带式输送机	双翼两仓	7020 2800	−1.3～3	2000 1000	1200 1000	3.95 3.57	450×3 280×3		
6	常村	4.0	箕斗	双翼一个仓	北翼 800 南翼 1 号 500 南翼 2 号 500	0°～14°58′4″ 0.3°～14.29°	1660 1500 750	1200	3.35 3.35 3.15	315×3 132×3 250×2	2000 1000 1600	
7	四台沟	5.0	带式输送机	单翼两个仓	1500	0～7	1550	1400	2.5	315×2	1600	
8	兴隆庄	3.0	箕斗	双翼三个仓	1760 870 620 783	2°06′ 39′36″ 0° 6°54′	800 800 1200 1200	1000 1200	2.5	160×4 132×2 200 200×2	2450 980 980 2450	改扩建井
9	济宁三号	5.0	箕斗	三翼三个仓	东翼 1500 南翼 1910 北翼 540	平均−3.18 0～10 0～12	1500 2500 1500	1200 1400 1200	3.15 4 3.15	200 320 630	1000 4000 1600	
10	超化	0.9	箕斗	初期单翼一个仓	550	0～11.5	250	800	1.6	2×37		
11	大雁三矿	3.0	箕斗	双翼一个仓	北翼 684 西翼 2542	−10°04′04″ 1°20′6″	800	1200	2.0 3.15	160×2 315×3	1600 2500	
12	谢桥	4.0	箕斗	双翼两个仓	1455 1746	0	1340 900	1400 1200	2.5	250×2 250×2	1600	
13	张集	4.0	箕斗	单翼两个仓	东翼 900+720 西翼 1350	0～3	1900	1400 1000	3.15 2.5 2.5	315 185 200	1600	
14	济宁二号	4.0	箕斗	双翼一个仓	1600 1200	0～7	2000	1200	4.0	315×3 200×2	2500 1250	

(2)在高瓦斯矿井进风(全风压通风)的主要运输巷道内,应使用矿用防爆特殊型蓄电池机车或矿用防爆柴油机车。如果使用架线电机车,必须遵守以下规定:

①沿煤层或穿过煤层的巷道必须砌碹或锚喷支护;

②有瓦斯涌出的掘进巷道的回风流,不得进入有架线的巷道中;

③采用碳素滑板或其他能减小火花的集电器;

④架线电机车必须装设便携式甲烷检测报警仪。

(3)掘进的岩石巷道中,可使用矿用防爆特殊型蓄电池机车或矿用防爆柴油机车。

(4)瓦斯矿井的主要回风道和采区进、回风巷内,应使用矿用防爆特殊型蓄电池机车或矿用防爆柴油机车。

(5)煤(岩)与瓦斯突出矿井和瓦斯喷出区域中,如果在全风压通风的主要风巷内使用机车运输,必须使用矿用防爆特殊型蓄电池机车或矿用防爆柴油机车。

井下大巷电机车运输,在我国一直广泛使用直流架线机车和蓄电池机车。直流架线机车结构简单,工作可靠,维护方便,噪音低,无污染,可以在低瓦斯矿井的大巷中使用。对于高瓦斯矿井,在采取必要的措施后也可以在主要巷道内使用。但是,架线机车不能进入有煤(岩)与瓦斯(二氧化碳)突出和瓦斯喷出的巷道。这时就应使用矿用防爆特殊型蓄电池机车或矿用防爆柴油机车。

(三)柴油机车运输方式

矿用防爆特殊型蓄电池机车虽然能进入有爆炸危险的区域,并且可省去架线。大巷和采区可以使用同一型式机车。但其充放电时电能利用效率低,运行费用高,牵引能力和工作时间相对不足,需要经常充电。为了克服这种电机车的缺点,就提出了使用防爆柴油机车的问题。

柴油机车适用的范围是:

(1)低瓦斯、高瓦斯及有煤与瓦斯突出的矿井,有煤尘爆炸危险的矿井,总之,各种环境下均可以使用;

(2)运输坡度在 15‰以内;

(3)井下不宜采用架线式电机车的矿井;

(4)运输大巷沿煤层布置的矿井。

在地温异常的井下,一般不宜采用柴油机车。

柴油机车用于煤矿井下,首先要解决防爆和空气污染这两大问题。近年来,国外在研制柴油机防爆和废气净化技术方面发展较快,防爆低污染柴油机车有可能成为煤矿井下的主要牵引设备。我国研制煤矿井下特殊型柴油机车的工作已经起步。长沙重型机

器厂生产的 JX40KB 型 40 马力防爆低污染柴油机车 1988 年已开始小批量生产。

防爆低污染柴油机车和电机车比较，它不需沿轨道架线，没有杂散电流带来的各种危害，不需要配备整流设备或充电设备，不需要定时更换蓄电池等工作。

防爆低污染柴油机车具有以下一些特点：

(1)安全可靠 井下用防爆低污染柴油机车具有完善的防爆装置，在进、排气系统都设有防爆栅栏，有完善的冷却系统，保证使柴油机零件外露的表面温度小于 150℃，最终排气温度小于 70℃。

(2)废气较少 机内净化措施有：推迟喷油，定时和提高喷油速度、降低使用功率、减少转速等；机外净化措施有：对废气进行水洗和喷淋，并在废气未排入大气前进行稀释。这些措施有效地减少了废气中有害气体的浓度，达到了国家规定的要求。

(3)效率较高 柴油机车机动性好，运输效率高。柴油机车与电机车相比，运输效率一般提高 20%左右。

(4)初期投资低 柴油机车与电机车相比，可节省初期投资。

(5)牵引力大 柴油机车的牵引力较大，JX40KB 型粘着质量为 7t，但其牵引力大于 8t 蓄电池机车，速度大大高于蓄电池机车，见表 10－2－5。

表 10－2－5　机车牵引力比较表

类　别	型　　号	粘着质量 (t)	功率 (kW)	速度 (km/h)	轮缘牵引力 (kN)
架线	ZK7—6/550	7	2×24	11(小时制)	15.1(小时制)
	ZK10—6/550	10	2×24	11(小时制)	15.1(小时制)
蓄电池	XK5—6/90	5	2×7.5	7(小时制)	7.06(小时制)
	XK8—6/110A	8	2×11	6.2(小时制)	11.2(小时制)
内燃	JX40KB	7	26	4.25 6.3 12.7 19.3	15.68 12.20 6.115 3.989

(6)适用范围广 防爆低污染柴油机车属特殊防爆型，既可用于低瓦斯矿井，又可用于高瓦斯矿井及煤和瓦斯突出矿井。因此在大巷运输和回风巷运输就可以用同一型号机车。

柴油机车存在的问题：

(1)废气污染 柴油机车排出的废气中含有多种有害气体,主要是一氧化碳和氮氧化物,对井下作业人员的身体健康有一定的危害,其危害性大于煤尘。

(2)发热问题 柴油机车在工作时要释放出大量的热,使作业地点的温度升高,甚至可能使井下空气温度超过规定。

(3)噪声问题 柴油机在运转过程中所产生的噪声要比电动机大,形成噪声污染。

(4)结构较复杂、维修、保养技术要求较高。

国内部分矿井大巷采用机车运输情况,见表 10－2－6。

表 10－2－6　部分矿井大巷采用机车运输情况一览表

顺序	矿井名称	设计能力(Mt/a)	提升方式	运距(km)	机车类型/数量(辆)	矿车类型/数量(辆)		备注
						主运	辅运	
1	玉华	1.5	箕斗	1.5	10t 电机车/12	3t 侧底卸/130	1t/328	
2	朱家河	0.9	带式输送机	1.9	10t 电机车/6	3t 侧底卸/10	1t/210	
3	平十三	1.8	箕斗	东 3.3 西 1.2	14t 机车	3t 底卸	3t 固定	
4	告成	0.9	箕斗	0.8	10t 电机车/7	3t 底卸	1t 固定	
5	东曲	4.0	矿车	东 3.8 西 2.8	26t 电机车/14 10t 电机车/3	5t 底卸/432	1.5t 底卸/432	平硐
6	团柏	0.6	带式输送机	1.45	7t 电机车/5	1t 固定/460		主辅运输都为 1t 系列
7	红阳四井	0.75	箕斗	1.18	8t 蓄电池机车/10	3t 侧底卸/80	1t/270	
8	祁南	1.8	箕斗	北 1.0 西 0.5	14t 电机车/10	3t 底卸	1t 固定	
9	潘二	2.1	箕斗	西 7.0 南 2.8	12t 蓄电池机车/19	5t 底卸/144	1.5t/507	
10	凤凰山	4.0	带式输送机	3.2～2.2	14t 电机车/15	6t 底卸/180	2t/380	

(四)无极绳运输方式

小型矿井大巷也可以采用无极绳运输。无极绳运输的优点是:

(1)运输能力不受运输距离的影响,可适应较长的运输线路,可实现双向运输;

(2)煤炭和辅助运输可以合用同一运输系统,减少了运输设备;

(3)运输适应性强,能在巷道弯曲,坡度变化条件下运输,还可以在运输中途摘挂车,并可根据需要,延长或缩短运输距离;

(4)设备简单,价格低廉,安装不复杂,电控也简单;

(5)对轨道和道岔等铺设要求不高,一般使用 12kg/m ~ 15kg/m 钢轨即可;

(6)能适用于坡度在 14°以下的各种运输坡度,因此,有可能水平大巷和斜井联起来用一条无极绳运输,简化运输环节;

(7)无极绳绞车电动机功率较小,防爆设备容易解决,适合于高瓦斯或有瓦斯突出危险的矿井中使用;

(8)无极绳绞车安装位置比较灵活。如用平硐开拓或斜井倾角不大于 14°,无极绳绞车可以设在地面;

(9)为了减少摘挂车次数或增加运输能力,当坡度不大时,也可以采用每次挂两辆矿车的办法。

无极绳运输的缺点是:

(1)运行速度低,车与车之间必须保持一定距离,因此运量有限,只适合于中、小型矿井的井下运输;

(2)大巷运输中,如果运输距离较长,一部绞车满足不了要求,需要多部绞车接力,增加转载环节,增加摘、挂钩人员;

(3)需在运行中摘、挂钩,安全性差。工人劳动强度大,每处车场都需有固定的摘、挂人员,运输距离较长时,途中还需设专人紧钩,占用人员多;

(4)无极绳运输系统不能运送人员;

(5)钢丝绳和地滚等设施易磨损,维修工作量较大。

山西省阳泉矿务局过去大量使用无极绳运输,积累了丰富的经验,在煤炭运输中起到了重要的作用。但是,随着该局各矿生产能力扩大,矿井垂深增大,水平运距越来越长,大、重型设备运量增加,特别是人员运送等问题的出现,现在的阳泉矿务局,在井下运输中,大巷已不再使用无极绳,而是用电机车代替。无极绳只用于采区或顺槽作辅助运输之用。

四、各类运输方式的运输能力

由于井型、采区布置集中程度、采煤机械化程度不同,井田两翼产量会有变化,大巷运输必须满足最大运输能力要求。一般按开采计划选取运输能力大、距离远的装载点,并以计划产量再乘以运输不均衡系数以选择设备。

(一)带式输送机

目前,新型高强度带式输送机已普遍使用,其带强大大超过普通胶带,单机长度可超过 4kin 以上,带速由过去的 2m/s 增至 5m/s 以上,运输量提高 2 倍以上。

带式输送机运输能力按式(2－1)计算。

$$Q = KB^2 v\gamma \tag{2-1}$$

式中　Q——运输能力,t/h;

K——断面系数;

B——胶带宽度,m;

v——带速,m/s;

γ——煤的松散密度,t/m^3,一般取 0.85～1.0t/m^3。

目前使用的新型带式输送机有 DX 型及 GD 型两种,运输能力可供设计人员选用。DX 型系列钢绳芯带式输送机运输能力见表 10－2－7,GD 型钢绳牵引带式输送机运输能力见表 10－2－8。

表 10－2－7　DX 型系列带式输送机水平运输能力

带宽 B (mm)	侧堆积角 ρ_0	带速 v(m/s)				
		2.0	2.5	3.15	4.0	5.0
		输送能力(m^3/h)				
800	10°	388	485	612		
	15°	424	530	670		
	20°	470	588	740		
	25°	502	628	790		
	30°	550	688	865		
1000	10°	632	790	1000		
	15°	690	863	1085		
	20°	768	960	1210		
	25°	820	1025	1290		
	30°	888	1110	1400		
1200	10°	926	1168	1460	1852	
	15°	1006	1258	1580	2012	
	20°	1112	1390	1750	2224	
	25°	1190	1488	1875	2380	
	30°	1300	1625	2050	2600	

带　宽 B（mm）	侧堆积角 ρ_0	带速 v（m/s）				
		2.0	2.5	3.15	4.0	5.0
		输送能力（m^3/h）				
1400	10°	1276	1595	2010	2552	3190
	15°	1390	1738	2190	2780	3475
	20°	1540	1925	2420	3080	3850
	25°	1620	2025	2550	3240	4050
	30°	1800	2250	2830	3600	4500
1600	10°	1700	2125	2680	3400	4250
	15°	1856	2320	2920	3712	4640
	20°	2040	2550	3220	4080	5100
	25°	2180	2725	3440	4360	5450
	30°	2380	2975	3850	4760	5950
1800	10°	2180	2725	3440	4360	5450
	15°	2380	2975	3850	4760	5950
	20°	2630	3230	4150	5260	6460
	25°	2810	3513	4420	5620	7025
	30°	3070	3838	4840	6140	7675
2000	10°	2740	3425	4320	5480	6850
	15°	3000	3750	4720	6000	7500
	20°	3300	4125	5200	6600	8250
	25°	3580	4475	5640	7160	8950
	30°	3840	4800	6050	7680	9600

注：1. **表中数据按下列条件计算：**

a. **槽角** $\alpha = 30°$，**带面上物料为梯形截面；下底边** $L = (0.9B - 0.05)$ m；**上周边为圆弧形。**

b. **按** DK **型系列托辊尺寸，胶带按** $\delta = 22$ mm，**用作图法配合计算。**

2. **公式**（2－1）**运算时按本表初选参数，并反过来校核。**

表 10－2－8　GD 系列各种带宽运输能力

胶带速度(m/s)	胶带宽度 B(mm)		
	800	1000	1200
	运输能力 Q(t/h)		
1.6	285	450	650
2.0	360	560	810
2.5	450	700	1000
3.15	560	880	1280

采用 DX 型钢绳芯带式输送机运输时需单独设置辅助运输系统，采用 GD 型钢绳牵引带式输送机运输时可同时运送人员，每小时运送人数按式(2－2)计算。

$$\eta = \frac{3600v}{L} \tag{2-2}$$

式中　η——运人数，人/h；

v——运人带速，m/s；

L——带面上人与人间距，m，$L > 4$m。

根据人员间距不同，每小时运人量可参考表 10－2－9。

表 10－2－9　不同间距每小时运人数

L(m) / v(m/s)	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
1.25	1125	1000	900	810	750
1.60	1440	1280	1150	1045	960
1.80	1620	1440	1295	1175	1080

DX 型钢绳芯带式输送机机头机尾结构较简单，硐室工程量小，运行可靠，相同带宽，其运输能力较 GD 型系列高 50%。

(二)电机车运输

常用的井下大巷电机车运输有直流架线机车和蓄电池机车。架线机车常用的粘着质量有 7t、10t、14t 等。近年我国已有 20t 架线机车。为适应大型矿井生产的需要，架线机车已有 10t、14t 和 20t 双机车牵引产品。

电机车牵引列车的有效质量，需按列车起动、制动和电机发热等条件进行计算。为了简化计算，采矿专业一般按机车粘着质量的 5 倍估算。如果井型和运输距离已经确定，工作电机车台数可按公式(2－3)作近似计算，对于双机牵引则 N 需乘以 2。

$$N = \frac{1.5A_b}{2100P}(10L + \theta) \tag{2-3}$$

式中　N——工作电机车台数，台；

A_b——每班煤产量，t；

L——运输距离，km；

P——电机车粘着质量，t；

θ——装车及调车时间，min，一般 $\theta = 20 \sim 30$min。

检修及备用电机车台数取工作电机车台数 25%，但不少于 1 台。

由于井下通风的需要，运输大巷普遍采用双轨。随着井型变化，可以增减机车台数调节运输能力。除非运距小于 1km，班产量小于 350t，工作电机车不足 1 台，不能充分发挥机车效率，只能起调车作用，则应考虑改用其他运输方式，如采用无极绳运输。

大型矿井机车台数多，大巷运输距离长，为提高运输能力，可划分为较小的信号闭塞分区，组织好多机车追踪运行。为此要配备完善的自动闭塞信号装置。并应验算列车密度最大分区双线轨道的通过能力是否符合要求。各分区的最大通过能力决定于列车运行间隔最小时间，按公式(2－4)计算。

当采用二显示自动闭塞，列车追踪运行最小间隔时间为

$$T_s = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{60v_p} \tag{2-4}$$

式中　T_s——通过信号自动闭塞分区列车间隔最小时间，min；

v_p——列车通过闭塞分区的平均速度，m/s；

l_1——全列车长度，m；

l_2——列车制动允许最小距离，m，按《煤矿安全规程》第三百五十一条规定，运送物料时不得超过 40m；

l_3——列车最小间隔，m，按《煤矿安全规程》第三百五十一条规定，两列车在同一轨道同一方向行驶时，必须保持不少于 100m 的距离。

按矿井产量，大巷运输列车间隔时间为

$$T_g = \frac{1400P}{A_b} \tag{2-5}$$

式中　T_g——按班产量列车最小间隔时间，min；

A_b——班产量，t；

P——电机车粘着质量，t，双机牵引时应乘以 2。

大巷电机车运输应满足 $T_g > T_s$，否则就说明即使采用分区信号自动闭塞也不能完成运输任务。这时应采用其他运输方式。

〔举例〕

1. 计算原始资料

1）矿井年产煤 3.0Mt，即每班 5.0kt；

2）瓦斯等级：低瓦斯；

3）矿井两翼开采

东翼班产 3.5kt，大巷运距 1.2km；

西翼班产 1.5kt，大巷运距 1.4km；

4）工作制度：年工作 300d，每天两班出煤，每班运输 7h，装车及调车时间 $\theta = 20\text{min}$。

2. 设计计算

1）矿井生产能力属大型矿井。设计决定采用架线电机车牵引矿车运输。用 5t 底卸式矿车，每列车由两台 10t 机车双机牵引，有效牵引质量按机车粘着质量 5 倍估算，每列车有效牵引质量 100t，即由 20 辆 5t 底卸矿车组成列车

2）加权平均运距

$$L = \frac{A_1 L_1 + A_2 L_2}{A_1 + A_2} = \frac{3.5 \times 1.2 + 1.5 \times 1.4}{3.5 + 1.5} = 1.26\text{km}$$

3）运煤机车台数按公式

$$N = \frac{1.5 \times (3500 + 1500)}{2100 \times 10 \times 2}(10 \times 1.26 + 20) = 5.82 \text{ 台}$$

双机牵引时货运电机车台数　$2 \times 5.82 = 11.64 \approx 12$ 台

备用及检修机车台数为 $12 \times 25\% = 3$ 台，考虑到双机牵引，前后两台机车配套工作，因此取 4 台。

4）大巷列车间隔时间验算

按产量大的东翼进行验算

$$T_g = \frac{1400P}{A_b} = \frac{1400 \times 2 \times 10}{3500} = 8\text{min}$$

即东翼运输大巷列车运行间隔时间不大于 8min 就能完成规定的运输量。

机车长时运行速度如按 16km/h，列车平均运行速度为 $0.75 \times 16 = 12$km/h，经 8min 运行，两列车相互距离达 1.6km，，已超过东翼运距 1.2km，因此不需要再分区了。

如为单翼开采，列车追踪运行间隔时间不得小于按公式(2－5)计算的时间 T_g。此时要验算井底车场咽喉道岔，卸载方式，线路布置及调车时间的实际允许间隔。

(三)无极绳运输

无极绳运输普遍采用 600mm 轨距、1t 标准矿车。因摘挂钩要求，绳速较低，一般为 0.75～1.2m/s。运输能力主要决定于矿车间隔。矿车间隔因送车方式和摘挂钩所需时间而异。各种送车方式和摘挂钩方法允许的最小挂钩间隔时间见表 10－2－10。

表 10－2－10　挂钩最小间隔时间

挂钩与送车方式	最小间隔时间(s)
自动摘挂钩	20～22
自溜或机械方法供给矿车	25
人　推　车	45

通常以自溜或机械方法供给矿车，向钢丝绳上挂车的最小间隔时间取 $t = 25$s，其最大运输能力为

$$A = 3.6\frac{q}{t} = 3.6 \times \frac{1000}{25} = 144\text{t/h}$$

式中　A——无极绳运输能力，t/h；

q——矿车装载质量，kg；

t——挂钩最小间隔时间，s。

由于每小时最大运输能力仅 144t，只适合于中小型矿井。如为单翼井田，矿井产量全部集中由一条大巷运输，只能满足年产量 0.45Mt 的运输任务。如为双翼井田，两翼产量能够保持长期相对均衡，可以满足年产 0.60Mt 以下中小型矿井大巷运输要求。

为了提高无极绳运输能力，当坡度不大时，有的矿井采用双矿车串联挂车法，即每挂钩一次挂两辆矿车。使挂钩时间大为缩短。由于挂钩强度和对钢丝绳握紧力的关系，这种做法通常只适用于坡度较小的平巷，并应验算钢丝绳的安全系数和绞车牵引力是否满足要求。

第三节　大巷运输方案技术经济比较内容和实例

随着煤矿机械化水平的不断提高和生产集中化的发展，大中型矿井在进行设计和技术改造中的重要问题之一，是如何合理选择大巷运输方式，它直接关系到矿井建设和技术改造需要投入的资金及反映在生产后长时期内的经济效益问题。

目前在大、中型矿井设计中，对井下运输方式的选择主要有带式输送机和矿车两种运输方式，其技术功能上各具优缺点。对生产条件不同的矿井，究竟选用哪种运输方式较为合理，要从矿井实际出发，应结合该项目的地质条件、瓦斯等级、采区布置、技术装备、投资条件等因素，综合全面技术经济分析，权衡利弊，作出最终合理的选择。比较内容见表 10－2－11。

表 10－2－11　大巷运输方式方案比较内容

项　目	比　较　内　容
主要运输方式	运输设备及数量，运输能力，动力类型
辅助运输方式	运输设备及数量
工程量	大巷数量、断面、长度（初期、后期）采区装车站（初期、后期）、煤仓及井底车场
大巷工期	大巷工程工期
建设投资（万元）	大巷工程（包括铺轨）投资 设备投资与安装费
生产经营费（万元/a）	大巷运输费，巷道维护费
其　他	不同牌号煤的运输 通风阻力与通风费

实例 某矿井井下运输方案选择，设计有两个方案：

方案Ⅰ 采用钢绳芯带式输送机运输方式。

井巷工程、设备及安装工程基本建设投资为 5427.6 万元，年生产运营成本为 325.6 万元。

方案Ⅱ 采用矿车运输方式，即 14t 架线式电机车牵引 5t 底卸式矿车。

井巷工程、设备及安装工程基本建设投资为 5090.06 万元 年生产运营成本为 352.8

万元。

上述两个方案的比较，通过表 10－2－12 矿井井下运输方案技术经济比较表及表 10－2－13 矿井井下运输方案费用现值的比较表计算，可知第Ⅰ方案费用现值较Ⅱ方案小，故Ⅰ方案可取。

表 10－2－12　矿井井下运输方案技术经济比较表

方案比较内容 \ 各方案费用（万元）		方案Ⅰ	方案Ⅱ
一、基本投资	井巷工程		
	硐室、溜煤眼、巷道及铺轨	873.6	2991.66
	设备及安装		
	主要运输设备及安装	4554.0	2098.4
	基本投资合计	5427.6	5090.06
二、建设工期（a）		4	3
三、生产运营费	第一年	97.68	105.84
	第二年	260.48	282.24
	第三年至第十五年	325.60	352.80
四、现值（$i=10\%$）		6027.72	6249.75

鉴于上述两方案的计算，宜采用年费用比较法。按上表 $i=10$、$n=20$a，根据年费用 AC 计算表达式中 资金回收系数（A/P、i、n）为 0.1175，则井下运输两方案的年费用计算结果如下：

方案Ⅰ：　　年费用 = 6027.72 万元 × 0.1175 = 708.26 万元

方案Ⅱ：　　年费用 = 6249.75 万元 × 0.1175 = 734.35 万元

比较结果表明，方案Ⅰ低于方案Ⅱ，所以年费用较低的方案Ⅰ为可取方案。

表 10-2-13 井下运输方案费用现值比较表

万元

方案	年份 / 费用	合计	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	固定资产投资	5427.6	2258.40	1260.24	998.16	910.80																−100
	流动资金						23	10	10													−33
Ⅰ	经营费用						97.68	260.48	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	
	费用合计		2258.40	1260.24	998.16	910.80	120.68	270.48	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	325.60	192.60
	费用现值	6027.72	2052.89	1040.96	749.62	622.08	74.94	152.55	167.03	152.06	138.05	125.68	113.96	103.87	94.42	85.63	77.82	70.98	64.47	58.61	53.40	28.70
	固定资产投资	5090.06	2335.19	1826.18	928.69																	−60
	流动资金					21	10															−31
Ⅱ	经营费用					105.84	282.24	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80
	费用合计		2335.19	1826.18	928.69	126.84	292.24	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	352.80	261.80
	费用现值	6249.75	2122.69	1508.42	697.45	86.63	181.48	198.98	180.99	164.76	149.59	136.18	123.48	112.54	102.31	92.79	84.32	76.91	69.85	63.51	57.86	39.01

第三章　采区煤炭运输设计

第一节　煤炭运输方式的选择

一、设计技术原则

(一)设计大中型矿井时应遵循的原则

1. **采区上、下山煤炭运输方式应遵循的规定：**

(1)开采倾斜、急倾斜煤层时，采用大倾角带式输送机、上链式输送机、搪瓷溜槽、铸石溜槽或溜煤眼；

(2)开采缓倾斜煤层，普通带式输送机向上运煤的倾角不应大于 18°，**向下运煤的倾角不应大于** 16°。

2. **回采工作面及回采工作面顺槽的煤炭运输，应采用输送机，并应符合下列规定：**

(1)回采工作面输送机小时运输能力，应大于回采工作面采煤机设计采用的小时生产能力；

(2)回采工作面运输顺槽输送机小时运输能力，不应小于回采工作面输送机的小时运输能力；

(3)采区内只有一个回采工作面生产时，采区上、下山输送机小时运输能力，不应小于回采工作面顺槽输送机小时运输能力；当采区内有一个以上采煤工作面同时生产时，应根据条件计算上、下山输送机能力。当有条件时，应在回采工作面运输顺槽与上、下山

交汇处设置缓冲煤仓。

3. 采区输送机上、下山与运输大巷或石门之间的煤仓，应根据其位置的相互关系选择煤仓类型及容量，应符合下列规定：

(1)输送机上、下山与运输大巷或石门之间有一定高差，宜采用圆形直仓；输送机上、下山与运输大巷均布置在煤层中，应采用水平煤仓；

(2)斜煤仓倾角不应小于 60°；

(3)煤仓容量可为上、下山输送机 0.5h 的运量；

(4)煤仓应有防堵塞和处理堵塞的设施。

(二)当设计小型矿井时应遵循以下原则

回采工作面和回采工作面运输顺槽的运输设备，当采用机械采煤时，应选择与其采煤机械生产能力相适应的刮板输送机、转载机、可伸缩带式输送机等运输设备；当采用炮采或其他回采工艺时，应以工作面循环产量为依据，按 1.5 的运输不均衡系数和运输时间计算选择运输设备。每班净运输时间规定如下：

(1)采煤工作面 5h。

(2)顺槽采用输送机运输时，当只有一个采煤工作面生产时为 5h，两个工作面生产时为 5.5h。轨道运输时为 5.5h。

采区上、下山的煤炭运输设备，当回采工作面采用机械采煤时，宜采用带式输送机。当采用炮采或其他回采工艺时，应根据采区上下山的倾角、采区生产能力和工作面数量及分布情况选择运输设备，如带式输送机、铸石槽箱输送机、刮板输送机、搪瓷溜槽及提升绞车等，每班净运输时间采用 5～6h。作为辅助提升的采区上、下山提升绞车净运行时间采用 5.5～6.5h。

当采区上、下山采用溜槽或输送机时，应设置采区煤仓，其容量一般不小于 2 列车煤量或上、下山输送机 1h 的运量。

二、采区上、下山煤炭运输方式

采区上、下山煤炭运输方式见表 10－3－1。

表 10－3－1　采区上、下山煤炭运输方式表

运输方式			适用条件	优　点	缺　点
输送机	上链式刮板输送机		向下运输不大于 20°，向上运输一般不大于 15°，每台使用长度为 150～300m	耐磨、耐蚀、结构简单、维修方便、撒煤量少	电耗较大
	刮板输送机		上山倾角较小，生产能力不大	运输连续	出现断链事故影响生产
	带式输送机	强　力	生产能力大，上运 18°，下运 16°	运量大，铺设长度长连续运输安全可靠	铺设困难，投资高
		普　通	上山倾角较小的矿井	运输能力大，电耗少连续性好	铺设困难，制动能力差
		吊　挂	上山倾角 14°，下山倾角 17°以下	可适应巷道高低不平	运营费用高
		大倾角	上山倾角 17°以上	运量大，连续性好	投资高
矿车	绞　车		小型矿井工作面产量低，倾角在 6°～25°之间	矿车可以进采区	运输不连续，效率低
	无极绳		小型矿井工作面产量低，倾角不大	矿车可以进采区	运输不连续，效率低，钢丝绳损耗大
自溜	搪瓷溜槽铸石溜槽混凝土溜槽		上山倾角 30°～35°为宜，当煤层倾角接近 25°，采区上山布置在底板岩石中可适当增加上山坡度有可能采用自溜	设备简单，运输费用低，生产能力较大	对施工质量要求较严，粉尘大

第二节　采区掘进煤的处理

随着综掘机械的推广应用，采区掘进煤运输已成为井下运输的重要组成部分，它直接影响巷道掘进速度。根据掘进煤的运输方式不同可分为一般处理方式和混入回采煤流处理方式两种型式。

一、一般处理方式

这种方式一般用于中、小型矿井，采区掘进矸石相对较多的矿井或者采区采用矿车运煤的矿井。这种矿井大巷一般采用矿车运输煤，采区掘进煤也采用 1t 系列、1.5t 系列或与大巷运输同类型的矿车运输，在井巷工作面配有装煤(岩)机装车，掘进煤由工作面、顺槽、上下山或直接从顺槽或上下山运至水平运输大巷。

一般处理方式的优点是运输设备投资省、井巷工作面所需材料、设备可采用与煤炭同类型的容器运输，运输车辆单一，利于调配，溜眼及联络巷道工程量省。其缺点是掘进煤运输环节多、设备运量小、所需运输车辆多，且往往因空车不能及时供应而影响掘进速度。因此，一般处理方式多用于中、小型矿井或者大巷采用 1t 系列或 1.5t 系列矿车运煤的矿井。

二、混入回采煤流处理方式

这种方式一般用于大、中型矿井，尤其对开采厚及中厚煤层的大、中型矿井更为适宜。由于各矿井条件不同，掘进煤与回采煤流系统的混合方式也不同，一般可分为在采区混合和在井底混合两大类。其中在采区与回采煤流系统混合能及早地解决掘进煤的运输问题，条件允许时应优先采用。

掘进煤在采区与回采煤流混合的处理方式，根据采区煤层条件、巷道布置等方式不同，又分为如下几种方式：

第一种是矿车运输方式，即掘进煤利用矿车运输，在顺槽口翻入或自卸入采区溜煤眼、经溜煤眼溜至上、下山或大巷带式输送机上，有时也直接翻入或卸入采区煤仓内，实现与回采煤流的混合。这种方式由于矿车卸煤要求有一定的高差，因此多适应于近距离煤层群联合布置的采区或厚煤层开采的采区。采用连续采煤机掘巷的矿井，采用梭车运煤时，掘进煤可利用梭车卸入回采煤流系统。

第二种是普通可伸缩带式输送机运输方式。即将可伸缩带式输送机布置在掘进巷道的一侧，用于煤炭运输，输送机机头与上、下山带式输送机或大巷带式输送机搭接，直接将掘进煤混入回采煤流系统。掘进巷道的另一侧则铺设轨道，采用普通矿车、卡轨车、齿轮车或单轨吊运送掘进用材料、设备。这种方式一般适应于采用掘进机掘巷的综掘井巷工作面。

第三种是双向可伸缩带式输送机运输方式。双向可伸缩带式输送机是近几年新研制开发的运输设备，见表 10－3－2，它利用工带运送掘进煤炭，下带运送支护材料，同时

解决了长距离掘进煤炭及材料运输问题。该种输送机是在普通可伸缩输送机的基础上增加了底带上料装置和卸料装置，底带布置成 V 型时（如 SJ—600A 型、SJ—800A 型）可运送松散材料及直长材料，底带布置成平型时（如 SSGJ—800/2×40B 型）可运送拱型支架或直长材料，上料或卸料采用人工操作。一般将输送机布置在巷道一侧，另一侧仍需布置轨道，主要用于较重掘进设备的运输。上料部距机头一般约 30～50m，卸料部距机尾端约 15～20m。采用该种带式输送机使材料运输不因巷道底板起伏不平而增加掘进材料运输设备，使掘进材料的运送更加方便，因此应积极推广应用。

掘进煤在采区与回采煤流混合运输有以下优点：

（1）采用矿车运煤时，每个掘进头备有专用矿车、不因矿车供应影响掘进速度，矿车周转快、运输环节少、运输距离短。

（2）井下运输简单，大巷只拉矸石车，编组调度单一。

（3）井底车场运输系统简单，只有大吨位矿车或矸石车、线路布置简单，工程量省、调车时间短，通过能力大。

（4）掘进煤在采区处理后，运输系统简单，减少了运输环节，给快速掘进提供了条件。

（5）节省井底翻车机操作人员，取消了翻车机可降低煤尘，净化井下空气。

综掘配套设备见表 10－3－2、表 10－3－3。

除了掘进煤可混入回采煤流系统外，半煤岩巷掘进的煤和矸石，有条件时可汇入回采煤流系统。

表 10-3-2 掘进带式输送机

型号	适应条件	运输能力 (t/h)	运距 (m)	运速 (m/s)	胶带		贮装长度 (m)	电动机			机头部外形尺寸 长×宽×高 (mm)	重量 (kg)	厂家
					种类	带宽 (mm)		型号	功率 (kW)	电压 (V)			
SSGJ－800/2×40B	综掘面双向运输	200	1000	0.785 1.57		800×4 (3+1)	50 100		2×40	660	1297×1443	101000	徐州矿山设备制造二厂
SJ－800A	综掘面双向运输	400	600	2	SDSB －40	800×3 (3+1)	50 100		2×40	380/ 660	4000×1961×1443	55290	徐州矿山设备制造二厂
SJ－650A 型	综掘面双向运输	100	1000	1.63		650×5 (3+1.5)	50	DSB －40	40	660	3210×1776×1350	68000	徐州矿山设备制造二厂
SSJ650/40	综掘面运煤	100	1000	1.6		650	100	DS_2B	40	380/ 660	4142×1919×1460	59000	原平起重运输机厂
SSL800/2×40	综掘面运煤	400	800	2		800	50	DS_2	2×40	380/ 660	4230×1961×1443	45000	原平起重运输机厂

表 10-3-3 掘进带式转载机

型号	转载能力 (m^3/h)	机头可转角度 (°)	最小曲率半径 (m)	允许岩石最大块度 (mm)	胶带		电动滚筒				外形尺寸 长×宽×高 (mm)	适用范围	重量 (t)	生产厂家
					宽度 (mm)	速度 (m/s)	型号	直径 (mm)	功率 (kW)	电压 (V)				
JZP－100	100	±5	30	350×350	650	1.25	BYD	500	10	660/ 380	1870×1500×1650	断面 $6m^2$ 以上	5	哈尔滨煤机厂
ZP－1	120	±15	12	400×400	700	1.17		480	7.5	660/ 380	11500×1344×2080	断面 $8m^2$ 以上	2.5	浙江长尖煤机厂

第四章　井下辅助运输设计

第一节　辅助运输方式

一、概述

1. 辅助运输概念

井下辅助运输是指人员、设备、辅助材料和矸石的运输，相对于“主运输”即煤炭运输而言，称为辅助运输。

运输过程中，若所运输的设备、材料、矸石等货物，需由一种容器或车辆转装至另一种容器或车辆上运输，称为换装。例如：单轨吊与轨道运输设备的转运、普通矿车与卡轨车的转运等，均称为换装。运输过程中，若不需改变承载车辆或容器，只改变牵引设备，称为转载或倒运。例如：矿车由机车牵引改为由绞车牵引或由多台绞车接力牵引等，即称为转载或倒运。

2. 辅助运输的特点

(1)货物品种多样，有重型设备、长材料、松散物品、液体材料、危险品及人员等，使辅助运输车辆、容器的规格、性能不一。

(2)运输量小，工作量大。虽然辅助运输量占井下运输量的比例不大(有资料表明某些矿区占 10%左右)，但由于其货物品种多、运输环节多、使用地点多，使辅助运输的工作量大，占用人员多。

(3)货流不均衡。辅助运输难以维持一衡定运输量持续运输，而是具有间断性特点。如人员运输，多集中在交接班时间；回采工作面搬家则集中在回采面接替的一段时间内。

(4)运输线路复杂、分支多。由于煤层赋存条件不同,为满足开采需要,井下巷道尤其是采区巷道多具有起伏不一、坡度不一、环境差、分支多的特点。

(5)货物重量向重型化发展。随着采煤机械化程度的提高,重型设备(如液压支架)在井下应用越来越广,运输最大件所占比例加大,对辅助运输设备的性能、质量提出了新的要求。

(6)具有双向运输的特点,即设备、材料、人员等所运货物,既需向井下作业地点运输,又需由井下作业地点运往井底或地面。

3. 辅助运输方式的分类

按照动力源不同,辅助运输方式可分为牵引式和自行式两大类,如图 10-4-1。

牵引式是指牵引设备安装在某一固定地点,通过钢丝绳向设备车辆传递动力的方式。如绳牵引单轨吊、绳牵引卡轨车等,均由固定绞车牵引,即为牵引式。

自行式是指牵引设备直接安装在设备车辆上,通过齿轮或液压系统传递动力的方式。如防爆柴油机单轨吊、防爆柴油机齿轨车等,为燃动自行式辅助运输设备;防爆蓄电池单轨吊、防爆蓄电池无轨胶轮车、架线电机车等,虽然提供电力的方式不同,但均为电动自行式辅助运输设备。风动单轨吊等则为风动自行式辅助运输设备,也有采用复式能源驱动的自行式辅助运输设备。

按照运行轨道方式不同,辅助运输方式又可分为天轨式(包括齿轨)、地轨式(包括齿轨)和无轨式三大类。

二、辅助运输现状

1. 国内辅助运输现状

国内辅助运输设备的研究起步较晚,辅助运输方式较落后,一般大巷采用架线电机车或蓄电池机车牵引运输,采区内斜巷采用矿用绞车、调度绞车提运,煤层巷道采用无极绳绞车或调度小绞车运输,这与矿井重型、大功率、高产、高效综采设备的发展很不相称。

据有关资料介绍,目前国内有 72 个综采工作面年产逾百万吨,已较全面地开发和应用了大型现代化采掘运设备。采煤机的装机功率已达 1000kW 上下,重量达 40~50t;液压支架的单架工作阻力达 10000kN,重量达 12~20t,最大达 28t;工作面刮板输送机的整机重量已达 150~200t;综采工作面装备总重量达 2000t 以上。相反,辅助运输的落后面貌,已严重影响了现代化采掘设备效率的发挥,煤矿日产万吨煤辅助运输用工多,有的达到 1000 人左右,综采工作面搬家耗用时间长;掘进工作面辅助运输工作占用工时多;运输事故死亡率据有关资料介绍占总死亡率的 25%以上,而辅助运输作业是发生运输事故的主要环节。井下工作人员入井到达工作地点时间约需 1~1.5h。

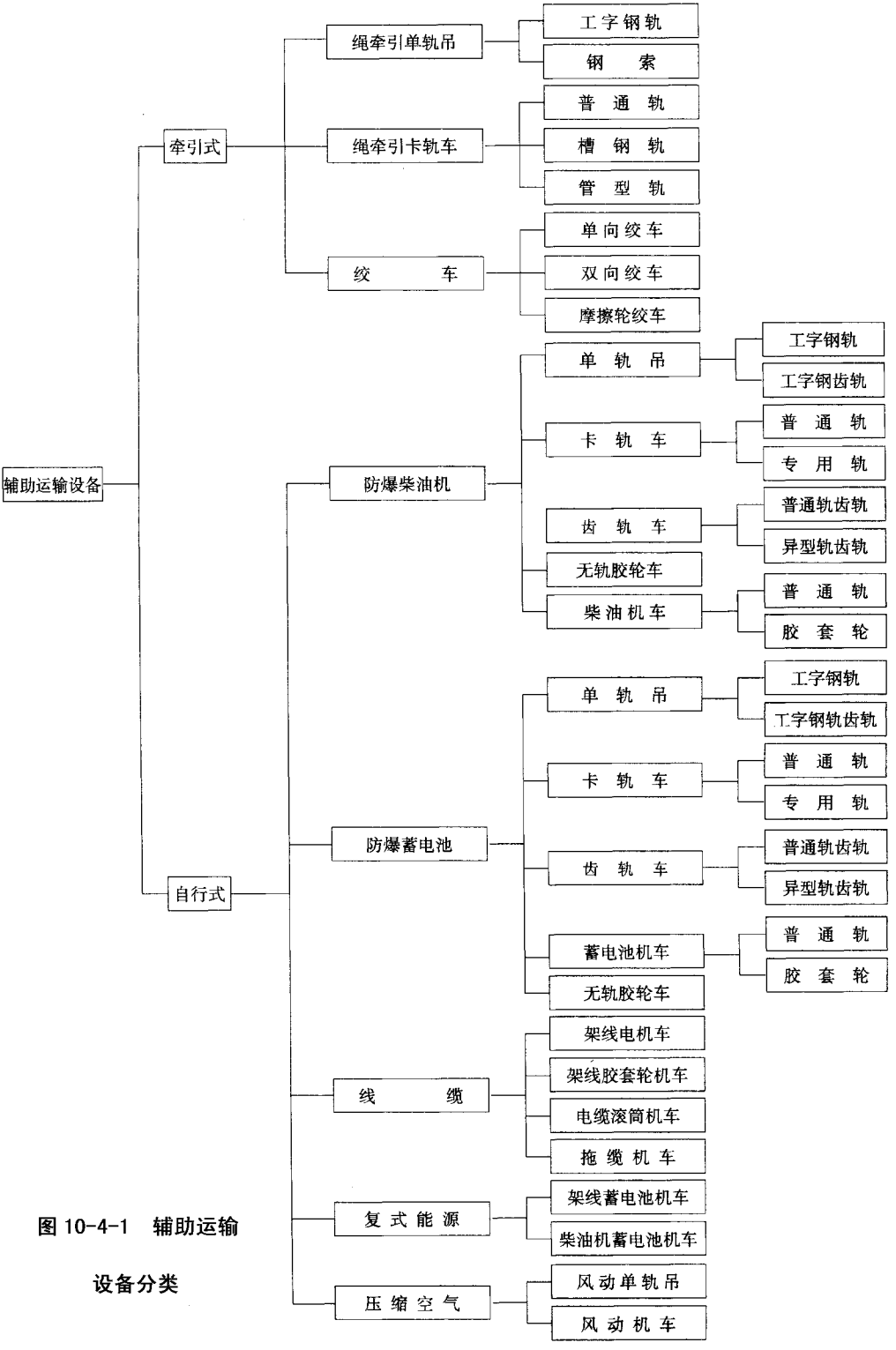


图 10-4-1　辅助运输设备分类

70 年代末 80 年代初，国内开始引进和研制新型辅助运输设备，并在部分矿井进行了应用，条件适宜的矿井使用效果较好，使用过程中主要的问题为：

(1)辅助运输设备正在研究、发展阶段，某些设备的能力、产品质量有待进一步提高。

(2)辅助运输设备的发动机等部件需引进，价格偏高。

(3)按照传统的辅助运输模式设计与施工的一些矿井，井下开拓运输系统复杂，大巷距离煤层远、巷道断面小、斜巷坡度大、运输环节多、转载次数多等，与新型辅助运输系统不适应，改用新型辅助运输设备后，使用效果不好。

(4)新建或扩建矿井，在进行井下生产系统设计时，侧重于煤炭运输系统，对辅助运输系统及所采用的新型运输设备了解不够，运输设备只能被动适应巷道条件，致使设备运行效果不好。

(5)对新型辅助运输设备的性能、特点不熟悉，使用过程中存在操作不当等问题。

目前国内外研制生产过的新型辅助运输设备有近十种，并在国内某些矿区使用或试用过，见表 10 – 4 – 1。

表 10 – 4 – 1　新型辅助运输设备种类及使用或试用地点

设备类型	设备名称	使用或试用地点
单轨吊	绳牵引单轨吊	晋城局古书院矿、平顶山局十二矿、新密局裴沟矿
	柴油机单轨吊	潞安局漳村矿、潞安局常村矿、汾西局水峪矿、兖州局南屯矿、开滦局唐山矿、开滦局荆各庄矿
	蓄电池单轨吊	平顶山局一矿、平顶山局七矿
卡轨车	绳牵引卡轨车	潞安局石圪节矿、潞安局常村矿、霍州局白龙矿、兖州局兴隆庄矿、兖州局南屯矿、邢台局东庞矿、峰峰局万年矿、大屯公司姚桥矿
	柴油机卡轨车	
齿轨卡轨车	柴油机齿轨卡轨车(可带胶套轮)	潞安局王庄矿、潞安局石圪节矿、晋城局凤凰山矿、兖州局鲍店矿、兖州局济宁二号井、平顶山局一矿
胶套轮机车	柴油机胶套轮机车	兖州局北宿矿
	蓄电池胶套轮机车	
无轨胶轮车	柴油机无轨胶轮车	神府公司大柳塔矿、鸡西局小恒山矿、兖州局济宁三号井、大同局云岗矿、潞安局漳村矿
	蓄电池无轨胶轮车	

2. 国外辅助运输现状

国外辅助运输设备的研究生产起步较早，早在 30 年代卡轨车就在德国出现。主要几个产煤国的辅助运输概况如下：

(1)德国 井下辅助运输系统解决的较好，研制和使用了统一标准的辅助运输设备和机具。早在 30 年代就生产出绳牵引卡轨车在井下使用。1954 年研制成绳牵引单轨吊，1963 年研制成柴油机单轨吊，1976 年研制成蓄电池单轨吊。德国材料运输系统的转载环节少，单台设备运输距离长。前联邦德国 1984 年拥有材料运输设备专用车约 4400 台，单轨吊 1695 台(其中柴油机牵引的 345 台)、卡轨车 247 台(其中柴油机牵引的 17 台)、无轨胶轮车 10 台。机车主要用于大巷，单轨吊和卡轨车主要用于采区，采区外使用的只占 7%。

前联邦德国 80% ~ 90%的井下材料由单轨吊和卡轨车运输，且单轨吊使用较多，原因是煤矿数目占前联邦德国煤矿总数 2/3 的鲁尔矿区，煤层底板不稳定，底鼓严重，在该区单轨吊占 95%，卡轨车仅占 5%，主要用于工作面搬家。下井材料一般采用捆扎或集装箱运输。

德国煤矿特别重视井下人员运输，人员运输的特点是充分利用运煤和运送材料的设备，采用混合的人员运输系统。运人设备中，轨道人车最多，人车速度从 8km/h 增加到 28km/h，最快达 40km/h。采用单车乘坐 12 ~ 24 人的列车可一次将 200 人运至工作地点。带式输送机运人也发展较快，1985 年双向运人带式输送机总长度约 130km，单机长度达 4km。

(2)英国 从 60 年代着手解决辅助运输机械化问题，辅助运输的特点是充分发挥井下已有辅助运输设备的潜力。大巷采用高速柴油机车，上山采用无极绳绞车、齿轨车或卡轨车，顺槽采用无极绳绞车或胶套轮机车。1982 ~ 1983 年绳牵引的辅助运输设备占 80%，机车占 7%。1985 年英国由于 33%的工作面至井口的距离超过 5km，因此开始重视发展高速运人车辆。英国带式输送机运人也发展较快。1979 年英国煤炭局规定禁止使用单轨吊运人。

(3)美国和澳大利亚 这两个国家是使用无轨胶轮车较多的国家。巷道多采用锚杆支护，支护材料相对较少。煤层多为近水平和缓斜煤层，底板条件一般较好，有的矿井基本实现了无轨化运输，有一系列的无轨运输定型产品。在长壁工作面采煤法推广后，又成功地开发出几种用于长壁工作面生产的无轨设备，例如支架铲车、支架回收车、支架运输车、采煤机运输车等，短时间内完成支架整体搬运和综采工作面设备安装。

(4)前苏联 辅助运输以有轨运输为主，大巷采用机车运输，斜巷用索道架空运输。井下辅助运输量约占煤炭运输量的 10%，但辅助运输的劳动量占井下总劳动量的 30%

～40%，因辅助运输迫使工作面的停工率达 17%。近十几年开始重视发展辅助运输，先后研制出绳牵引单轨吊和柴油机单轨吊。带式输送机运人及无轨运输也有一定发展，人员运输主要靠有轨运输。

(5)捷克：50 年代末开始解决辅助运输机械化问题。大部分矿井为中斜煤层，煤层倾角一般不大于 25°，矿井走向长度短，巷道系统复杂，交叉多、转弯多、底板底鼓严重，一般不宜采用地轨设备运输，因此，捷克井下辅助运输多采用柴油机单轨吊，目前该国约有 2000 台单轨吊在井下运行。

第二节　辅助运输方式选择

一、辅助运输的要求和规定

(一)一般要求

1. 辅助运输系统设计，应满足如下要求：减少辅助运输环节及多次倒运；减少辅助运输人员，提高运输效率。

2. 当矿井采用平硐或副井采用斜井、采区上下山沿煤层布置且倾角适宜时，宜从井筒至井底车场、大巷、采区上下山至回采工作面顺槽实行连续运输。

3. 当大巷、采区上下山沿煤层布置且倾角适宜时，从井底车场至大巷、采区上下山至回采工作面顺槽宜实行连续运输。

4. 采区上下山沿煤层布置且倾角适宜，采区上下山和回采工作面顺槽宜组成连续运输系统。

5. 辅助运输设备的选择应能满足辅助运输人员、物料、运距等的要求；应适应巷道倾角变化。

6. 煤巷及半煤岩巷的煤和矸石，有条件时可汇入回采煤流系统；岩巷掘进的矸石，有条件时，可在井下处理。

7. 辅助运输车辆的选择，应根据运输方式，运送的材料和设备的类型确定。应配备运输各种材料、设备的专用容器、集装箱及人车。

(二)《煤矿安全规程》的有关规定

第一百七十三条　在煤(岩)与瓦斯突出的矿井和瓦斯喷出区域中，进风的主要运输

巷道和回风巷道内使用矿用防爆特殊型蓄电池电机车或矿用防爆型柴油机车时，蓄电池电机车必须设置车载式甲烷断电仪或便携式甲烷检测报警仪，柴油机车必须设置便携式甲烷检测报警仪。当瓦斯浓度超过0.5%时，必须停止机车运行。

第三百四十七条 在瓦斯矿井中使用蓄电池及防爆柴油机车运输的规定：

(1)高瓦斯矿井进风(全风压通风)的主要运输巷道内，应使用矿用防爆特殊型蓄电池机车或矿用防爆柴油机车。

(2)掘进的岩石巷道中，可使用矿用防爆特殊型蓄电池机车或矿用防爆柴油机车。

(3)瓦斯矿井的主要回风巷和采区进、回风巷内，应使用矿用防爆特殊型蓄电池电机车或矿用防爆柴油机车。

(4)在煤(岩)与瓦斯突出矿井和瓦斯喷出区域中，如果在全风压通风的主要风巷内使用机车运输，必须使用矿用防爆特殊型蓄电池机车或矿用防爆柴油机车。

第三百五十条 采用矿用防爆型柴油动力装置时，应遵守下列规定：

(1)排气口的排气温度不得超过70℃及其表面温度不得超过150℃；

(2)排出的各种有害气体被巷道风流稀释后，其浓度必须符合本规程第一百条的规定；

(3)各部件不得用铝合金制造，使用的非金属材料应具有阻燃和抗静电性能。油箱及管路必须用不燃性材料制造。油箱的最大容量不得超过8h的用油量；

(4)燃油的闪点应高于70℃；

(5)必须配置适宜的灭火器。

第三百七十六条 单轨吊、卡轨车、齿轨车和胶套轮机车的运行坡度、运行速度和载荷重量不得超过设计规定的数值，胶套轮材料和钢轨的摩擦系数不得小于0.4。设备最突出部分与巷道之间以及对开列车最突出部分之间的间隙，必须符合本规程第二十二条和第二十三条的规定。

第三百七十七条 卡轨车、齿轨车和胶套轮机车运行的轨道，应采用不小于22kg/m的钢轨。轨道的铺设质量应符合本规程第三百五十三条的规定。

第三百七十八条 单轨吊、卡轨车、齿轨车和胶套轮机车的牵引机车和驱动绞车，应具有可靠的制动系统，其性能应满足以下要求：

(1)保险制动和停车制动的制动力应为额定牵引力的1.5～2倍；

(2)必须设有既可手动又能自动的保险闸。保险闸应具备以下性能：

①运行速度超过额定速度15%时能自动施闸；

②施闸的空动时间不大于0.7s；

⑧在最大载荷最大坡度上以最大设计速度向下运行时，制动距离应不超过相当于在这一速度下 6s 的行程；

④在最小载荷最大坡度上向上运行时，制动减速度不大于 $5m/s^2$。

(3)保险制动和停车制动装置，应设计成失效安全型。

第三百七十九条 在单轨吊车、卡轨车、齿轨车和胶套轮机车的牵引机车或头车上，必须装设车灯和喇叭，列车的尾部设有红灯。在钢丝绳牵引的单轨吊车和卡轨车的运输系统内，必须备有列车司机与牵引绞车司机联络用的信号和通信装置。

二、辅助运输方式选择

1. 架空式与落地式的选择

架空式运输方式主要指单轨吊车，落地式指有轨及无轨运输方式。架空式运输的最大优点是对巷道底板无特殊要求，在有底鼓现象或软底板巷道中，宜选择架空式辅助运输。落地式运输最大的优点是承载能力大，对巷道支架无特殊要求，运行安全可靠。因此，在需要重载运输的矿井中，只要底板条件允许，应先考虑采用落地式辅助运输方式。

2. 牵引方式与牵引动力的选择

牵引方式分为绞车牵引和机车牵引。牵引动力主要有电动、燃动及风动三类。

架线电机车为电动机牵引的运输方式，是大巷辅助运输的常用牵引方式，其缺点是不能直接入采区。防爆蓄电池机车营运费用较高，硐室及巷道工程量大，运距及牵引力要受蓄电池容量所限。

以防爆柴油机车为动力牵引的运输方式，在国外已使用较长时间，近年来在国内也已开始推广使用。实践证明，以柴油机为动力的运输方式具有机动灵活、经济、安全等优点。其缺点是有废气污染，对矿井通风有较高要求。有噪音，柴油在井下贮、运安全性差。

我国已于 1984 年 12 月研制成功第一台防爆低污染型柴油机，对在井下推广使用以柴油机为动力的国产辅助运输设备创造了条件。因此，只要矿井通风满足要求，采用柴油机为牵引动力的辅助运输设备，在技术上与经济上均是可行的。

绞车牵引的辅助运输方式突出的优点是牵引力大、爬坡能力强，无需克服机车的自身重量，能量利用率高。缺点是不能进入分支岔道，故不能满足多点直达运输的要求，常需转载，且运距受限，绳轮多、维修工作量大，初期投资高。因此，一般只用在采区上下山，对于巷道倾角较小，有条件实现多点直达运输的矿井则更不宜选用。

风动辅助运输设备国外已有使用，主要用在井巷工作面作为调度车使用，因风管软

管敷设距离有限，不宜作为长距离运行的辅助运输设备使用。

3. 运行方式的选择

运行方式分为有轨和无轨运行方式两类。煤矿井下运输多以有轨运输为主，其优点是车辆沿固定线路运行，可靠性高，易于驾驶，巷道断面较采用无轨设备小，但近年来无轨运输呈上升趋势，国内神华集团大柳塔等矿井、兖矿集团济宁三号矿井就较成功地使用了无轨运输设备。无轨运输车辆的车身一般为铰接，故可在起伏不平的巷道中自由行驶，且转弯半径小，机动灵活，运料容器采用插装式，可方便快速更换，其运输品种不限，可实现一机多用。但无轨车辆一般车体较宽，行驶中的安全间隙较有轨车辆大，必要时又要考虑错车、维修、加油、存放等硐室，故井巷工程量增大，投资增高。无轨运输对巷道底板路面也有一定要求。对于煤层埋藏较浅，倾角小，采用平硐或小角度斜井开拓的近水平煤层矿井，应优先采用无轨运输。对于煤层埋藏较深的立井开拓矿井，只要煤层赋存条件适宜，巷道围岩条件具备、路面处理简单，也可考虑采用无轨运输系统。

4. 有轨机车类型选择

钢丝绳牵引卡轨车对巷道起伏适应性强，爬坡能力强，能够以较高的速度，安全可靠的运载单重较大的设备，但灵活性差且运距受限，因此，较多地用于坡度大、运距短、弯道少的巷道中搬运整体重型设备，例如采区上下山运输。

柴油机卡轨车可以比较机动灵活地进出分支巷道，但其机身自重大，牵引力小，爬坡能力差，一般选在不超过 8°的斜巷中使用。

齿轨机车系统可适用巷道的起伏性较强。近些年有些生产厂家将齿轨轮、卡轨轮、胶套轮等车辆轮系合为一体，扩展了其运行的范围，因此对开采缓斜及近水平煤层，采用盘区布置的大型矿井，条件允许时应先考虑选用。

单轨吊的最大吊运单体重量取决于单轨强度、吊挂单轨的可靠程度及巷道坡度。机车运输过程的紧急制动对悬挂点的冲击力较大，对巷道支架、顶梁或锚杆支护的可靠性要求较高。因此单轨吊的最大单件载重量不宜超过 15t。

胶套轮机车是靠机车本身自重与胶轮的粘着力牵引和制动的，在上下坡时直接受机车自重的制约，再加上普通钢轨轨面较窄，胶轮比压有限，因此这种机车只适应于在 5°以下的斜巷中使用，特别适合于起伏坡度不大的近水平煤层巷道。但是，由于胶套磨损严重，尚难负担重型设备运输，目前也只有小功率的柴油机或蓄电池机车。

5. 轨道系统选择

国内外有轨辅助运输轨道系统品种较多，规格不一，主要有用于架空（单轨吊）运输的工字钢轨和用于地轨运输的槽钢轨、异型轨、普通轨及齿轨。其中工字钢轨、槽钢轨和

异型轨的横截面利于车辆的卡固作用。在地轨运输中，由于目前井下多采用普通轨道，轨道道岔也已形成较完整的系列，各类运输车辆轮系也均按普通轨设计，因此若局部地点采用槽钢轨或异型轨，轨道系统不统一，需增加换装环节。近些年来国内某些厂家已成功地生产了适应于普通轨的辅助运输车辆，在轨道两侧或中间加设护轨，以增加其运行的可靠性和安全性，这对统一井下轨道型式，减少换装环节有积极的作用，但缺点是增加了钢材消耗量和投资，也增加了铺轨难度。齿轨轨道是铺设在其他轨道中间的附加轨，主要用于提高机车的牵引力和制动力，作为齿轨轮牵引和制动的受力对象，对齿轨铺设质量和固定的可靠性要求较高。

因此，在进行矿井辅助运输轨道系统设计时，应统筹分析矿井辅助运输的各个环节，以减少换装次数为原则，结合所选用的辅助运输设备类型，合理选择。

三、辅助运输系统设计

矿井辅助运输系统设计是辅助运输选择是否合理的重要一环，在确定矿井开拓方式、大巷位置选择、巷道布置、支护形式时就应统筹考虑辅助运输系统的合理性。应综合矿井煤层赋存条件、地质构造、矿井装备方式、煤炭运输方式等因素，合理选择辅助运输系统。

矿井辅助运输系统设计主要考虑下列因素：

1. 煤层赋存条件

煤层赋存条件是确定矿井辅助运输方式的客观因素，一般开采近水平煤层或缓斜煤层的矿井，宜选用新型辅助运输设备。浅埋近水平或缓斜煤层矿井的开拓设计要为采用从地面至井下一条龙不换装不转载辅助运输创造条件。倾斜煤层及急斜煤层矿井，一般宜选择传统辅助运输设备或者在局部适宜地点选用新型辅助运输设备。中厚及厚煤层矿井，宜选择新型辅助运输设备 薄煤层矿井，一般不宜选择新型辅助运输设备。断层及熔岩陷落柱发育的矿井，若联络斜巷多、斜巷倾角大、岩巷工程量大，一般不宜采用新型辅助运输设备。

2. 巷道坡度与转弯半径

各类辅助运输设备所能适应的巷道坡度，除了与设备类型有关外，还与设备功率及动力传动方式有关。一般说来，设备在短距离内可爬行较大坡度，但设计一般不应选取设备铭牌中的极限爬坡角度。各类设备在发热、制动等条件允许的条件下，重载持续最大爬坡能力目前尚无可靠数据可循。

不同类型的辅助运输设备所适应的巷道参数可参考表 10－4－2 的有关数据选取。

选取巷道坡度时，小功率设备取下限，较大功率的设备取上限。在巷道施工设计阶段，还应与设备生产厂家一起，根据设备的承运量及最大件重量，最终核定巷道参数。

3. 辅助运输系统和主运输方式的关系

辅助运输方式选择应与井下大巷主运输方式统筹考虑，本着减少辅助运输转载、换装环节、缩短辅助运输时间、减少辅助运输设备总台数等原则选取。

(1)井下大巷主运输方式采用矿车运输时辅助运输方式选择

井下煤炭采用矿车运输时，一般设有水平运输大巷，牵引机车一般为架线电机车或蓄电池机车。井底车场、大巷辅助运输宜采用与主运输同类型的机车牵引，采区内可选用新型辅助运输设备，选择原则如下：

1)近水平煤层采区，巷道无底鼓现象时，可选择普通轨防爆柴油机或蓄电池胶套轮齿轨车或防爆柴油机卡轨车、无轨胶轮车，在采区口设材料车场，一般不设换装站；巷道有底鼓现象时，可选择柴油机或蓄电池单轨吊，在采区口设材料换装站。以防爆柴油机为动力时，还应在采区口设柴油机加油维修间，若各采区距井底较近，也可在井底设集中加油维修间。

表 10－4－2　不同辅助运输设备适应的巷道倾角与转弯半径

设备名称	设备铭牌中最大爬坡角度(°)	设计参考选用最大角度(°)	最小转弯半径(m)	
			水　平	垂　直
普通电机车	2～3	1	12～15	20
胶套轮机车	5～7	3～5	7～10	10～20
蓄电池单轨吊	18	12	4	7～10
柴油机单轨吊	18	12	4	8～10
绳牵引单轨吊	25～45	18～25	4～6	8～12
柴油机卡轨车	8～10	8(增粘)	4～6	10～20
无极绳摩擦牵引卡轨车	25	18	4～9	15
缠绕式绞车牵引卡轨车	45	25	4～9	15
柴油机齿轨卡轨车	18	8～12	8～10	15～20
无轨胶轮车	14	6～8	4～6	50

2)缓斜煤层采区,倾角小于 12°且大巷位于煤层中或距离煤层较近时选择原则同(1);倾角大于 12°或大巷距离煤层较远,无底鼓现象时,可选用无极绳摩擦方式牵引的普通轨卡轨车,在采区口设材料车场,不设换装站。有底鼓现象时,可采用绳牵引单轨吊,在采区口设材料换装站。绞车牵引的卡轨车或单轨吊还应设绞车房。

3)倾斜煤层采区,无底鼓现象时,可选用缠绕式绞车牵引的卡轨车,有底鼓现象时,可选用绳牵引单轨吊。在采区口设材料换装站及牵引绞车房。

(2)井下大巷主运输方式采用带式输送机运输时辅助运输方式选择

大巷采用带式输送机运煤时,带式输送机大巷一般沿煤层布置,辅助运输大巷有水平布置的,也有沿煤层布置的。

辅助运输大巷水平布置时,大巷辅助运输可选用柴油机胶套轮机车、柴油机齿轨机车、无轨胶轮车或架线电机车。采区辅助运输应尽量选择与大巷同类型的辅助运输设备,或选择不需在采区车场换装或换装次数少的辅助运输设备。

辅助运输大巷沿煤层布置时,运输系统的选择一般应遵循如下原则:

1)大巷起伏倾角小于 5°且巷道无底鼓现象时,大巷辅助运输可选用柴油机胶套轮机车或柴油机胶套轮齿轨车;底板较坚硬,巷道底板比压大于 0.1 ~ 0.25MPa 且巷道无淋水时,可选用无轨胶轮车。巷道有底鼓现象,可选用柴油机单轨吊。

2)大巷起伏倾角大于 5°小于 12°时,当巷道无底鼓现象,大巷辅助运输可选用柴油机齿轨车或普通轨柴油机卡轨车或齿轨卡轨车,当巷道有底鼓现象,可选用柴油机单轨吊或绳牵引单轨吊。

3)采区辅助运输一般应选择与大巷同类型的辅助运输设备及不换装或自带换装吊卸机具的设备。

4. 工作面装备水平及整体搬运设备的重量

辅助运输系统设计应与矿井总体装备水平相适应,一般以综合机械化采煤为主的矿井,宜选用新型辅助运输设备;以高档普采为主的矿井,视煤层条件,可选用新型辅助运输设备,也可选用传统辅助运输设备;以普采为主的中小型矿井一般应选用传统辅助运输设备。

辅助运输系统设计还应充分考虑液压支架整体搬运的可能性,以尽量缩短综采工作面的搬家时间为原则。普采、高档普采、综合机械化采煤工作面设备总质量应统计计算得出,作为选择辅助运输方式及辅助运输设备计算的依据,估算时一般可参考表 10 - 4 - 3 的数据选取。

表 10－4－3　回采工作面设备总质量

工作面类别	主要设备	设备总质量（t）	最大件质量（t）
普　　采	金属摩擦支柱，金属铰接顶梁，单滚筒采煤机，小型可弯刮板输送机	130～200	2.0
高档普采	单体液压支柱，金属铰接顶梁，单、双滚筒采煤机，中小型可弯刮板输送机	200～300	4.0
综　　采	液压支架，双滚筒采煤机，大型可弯刮板输送机	2000～5000	18.0

5. 辅助运输设备的自身因素

辅助运输设备自身因素是指设备的牵引能力、重载爬坡能力及设备列车的自身质量。一般设备功率越大，承运及爬坡能力就越大。

6. 轨道系统

进行辅助运输系统设计时，应尽量选择各类辅助运输设备通用的地轨轨道系统，地轨轨道系统主要有普通轨系统（在坡道增设护轨）、槽钢轨系统及异型轨系统。选择时以运行可靠、不换装或尽量减少换装次数为原则。

四、改扩建矿井辅助运输系统设计

改扩建矿井辅助运输系统设计的原则与新建矿井辅助运输系统设计的原则基本相同，设计时应结合老井的特点合理选择。改扩建矿井辅助运输系统的设计主要考虑如下因素：

（1）合理选择系统的重新构成和环节的衔接。

（2）应充分合理地利用已有设施，一般不因扩建区辅助运输系统的设置而刷大可利用的井筒、井底车场、主要运输大巷等。

（3）结合矿井现有生产区的井筒提升方式、大巷运输方式、巷道断面、巷道坡度等，合理选择扩建区的开拓系统、巷道断面、巷道坡度，使之与扩建区的辅助运输系统相适应。

（4）当生产区条件适宜，可与扩建区构成统一辅助运输系统时，应改造生产区，形成从生产区至扩建区的不换装辅助运输系统。

（5）当生产区条件不宜与扩建区构成统一辅助运输系统时，可在扩建区建立与生产

区类型不同的辅助运输系统。在系统衔接地点,设置必要的转载、换装设施。

(6)扩建区煤层赋存条件、地质条件不宜采用单轨吊、卡轨车、齿轨车、无轨胶轮车等新型辅助运输系统时,应采用架线电机车、绞车等辅助运输方式,并考虑与生产区辅助运输系统的配套。

五、辅助运输系统设计举例

以山西晋城矿务局潘庄矿井一号井为例。

1. 矿井概况

晋城矿务局潘庄矿井位于山西省晋城市沁水县,跨沁水县的端氏、嘉峰两镇。矿井设计生产能力为 6.00Mt/a,以沁河为界将井田东西向分为潘庄一号井和潘庄二号井,生产能力各为 3.00Mt/a,先建设一号井。

井田主要含煤地层为石炭系上统太原组及二叠系下统山西组,可采煤层有四层,即:山西组的 3 号煤层、太原组的 5 号、9 号和 15 号煤层。3 号煤为前期主要可采煤层,为中灰～低灰、低硫、高发热量之优质无烟煤。可采煤层特征见表 10－4－4。

表 10－4－4　可采煤层特征表

煤层编号	煤层厚度(m) 最小～最大 / 平均	煤层间距(m) 最小～最大 / 平均	可采程度	顶底板岩性	
				顶　板	底　板
3	5.04～7.16 / 6.11	3.57～27.06 / 13.18	全区可采	泥　岩 粉砂岩 砂质泥岩	粉砂岩 泥　岩
5	0.00～1.30 / 0.63	19.24～52.94 / 35.77	局部可采	粉砂岩 泥　岩 石灰岩	粉砂岩 泥　岩
9	0.32～1.90 / 1.00		局部可采	泥　岩 粉砂岩 砂质泥岩	泥　岩 粉砂岩
15	0.30～6.17 / 3.21	30.45～53.28 / 40.04	大部可采	泥　岩 含钙泥岩	泥　岩

井田内主要以宽缓的褶曲构造为主,断裂构造及熔岩陷落柱不发育,煤层倾角平缓,一般为 3°～7°,局部达 11°～15°。矿井为高瓦斯,3 号煤层瓦斯含量为 4.34～25.74 ml/g·f 矿井水文地质条件较简单。

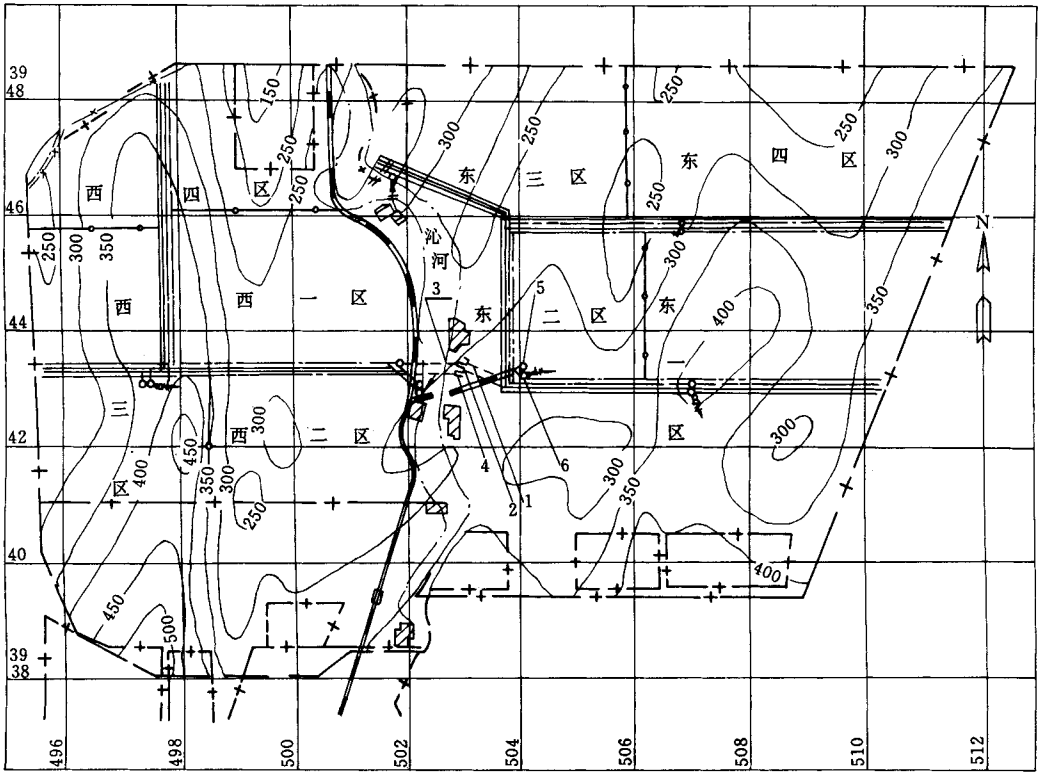


图 10－4－2　潘一井开拓图

1—潘一主斜井；2—潘一副斜井；3—潘二主斜井；

4—潘二副斜井；5—潘河进风立井；6—潘河回风立井

潘庄一号井移交时共装备 2 套国产综采设备，分层开采，工作面设计单产为 1.50Mt/a，采用 AM－500 型电牵引采煤机采煤，采用 ZZP4000/17/35 型自动铺联网液压支架支护。

2. 井田开拓

潘庄一号井采用斜井开拓方式。主斜井倾角 16°，斜长 1090.4m，净宽 4.9m；副斜井倾角 20°，斜长 896.5m，净宽 4.6m。井筒落底后，沿东西向布置 2 组大巷，沿南北向布置 1 组大巷，每组大巷共 4 条，其中 2 条进风 2 条回风。带式输送机大巷、回风大巷、进风大巷均布置在 3 号煤层中。＋270m 水平轨道大巷布置在 3 号煤层底板岩石中。矿井开拓及采区布置见图 10－4－2 及图 10－4－3。

3. 矿井运输系统

矿井煤炭采用带式输送机运输，由回采面顺槽 SSJ1200/2×250 型可伸缩带式输送机运输至大巷带式输送机上，运抵井底煤仓后，由主斜井钢绳芯强力带式输送机提至地

面。掘进煤由可伸缩带式输送机运输，在井下与回采煤流系统汇合。

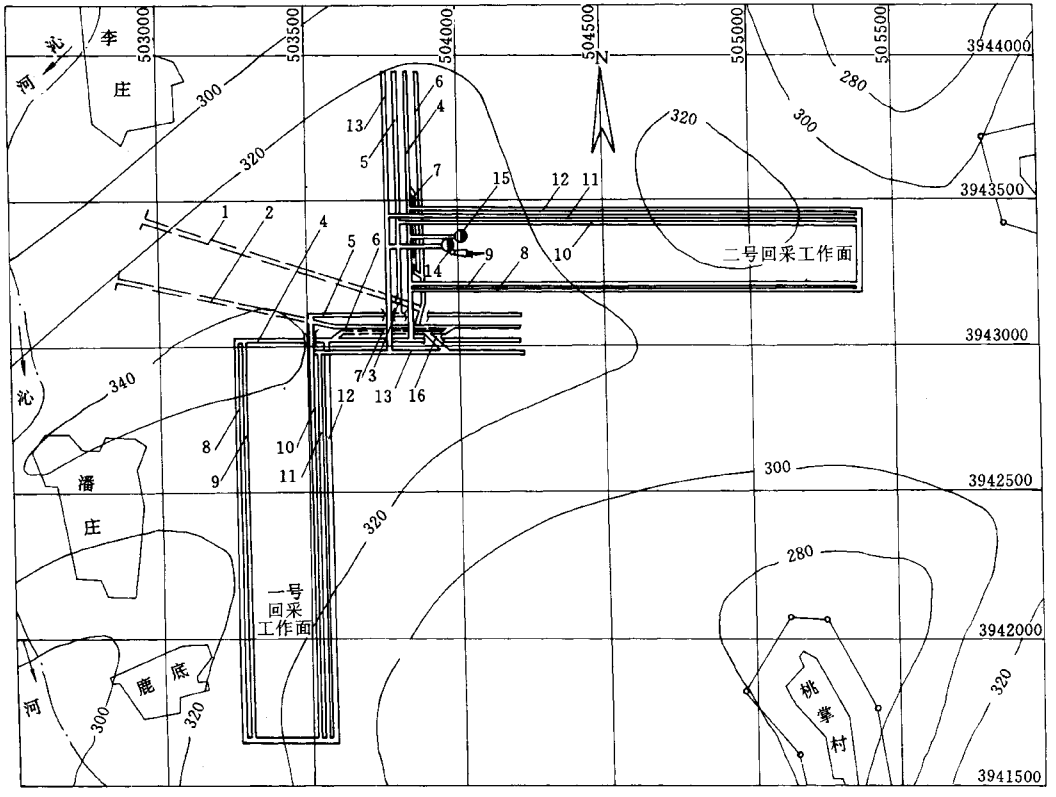


图 10－4－3　潘一井采区巷道布置图

1—潘一主斜井；2—潘一副斜井；3—井底煤仓；4—辅助运输(进风)大巷；
5—带式输送机(回风)大巷；6—＋270m 水平轨道大巷；7—辅助运输斜巷；8—进风顺槽；
9—辅助运输顺槽；10—带式输送机顺槽；11—回风顺槽；12—检修顺槽；
13—回风大巷；14—潘河回风立井；15—潘河进风立井；16 一齿轨车加油检修间

矿井辅助运输系统为：由副斜井将设备、材料下放至井底车场，由齿轨机车牵引经＋270m 水平轨道大巷、辅助运输斜巷、辅助运输大巷、辅助运输顺槽运至回采工作面。掘进面所需的材料、设备也由＋270m 水平轨道大巷、辅助运输斜巷、辅助运输大巷及联络巷运至各掘进工作面。矿井辅助运输系统见图 10－4－4，辅助运输线路参数见表 10－4－5 及表 10－4－6。

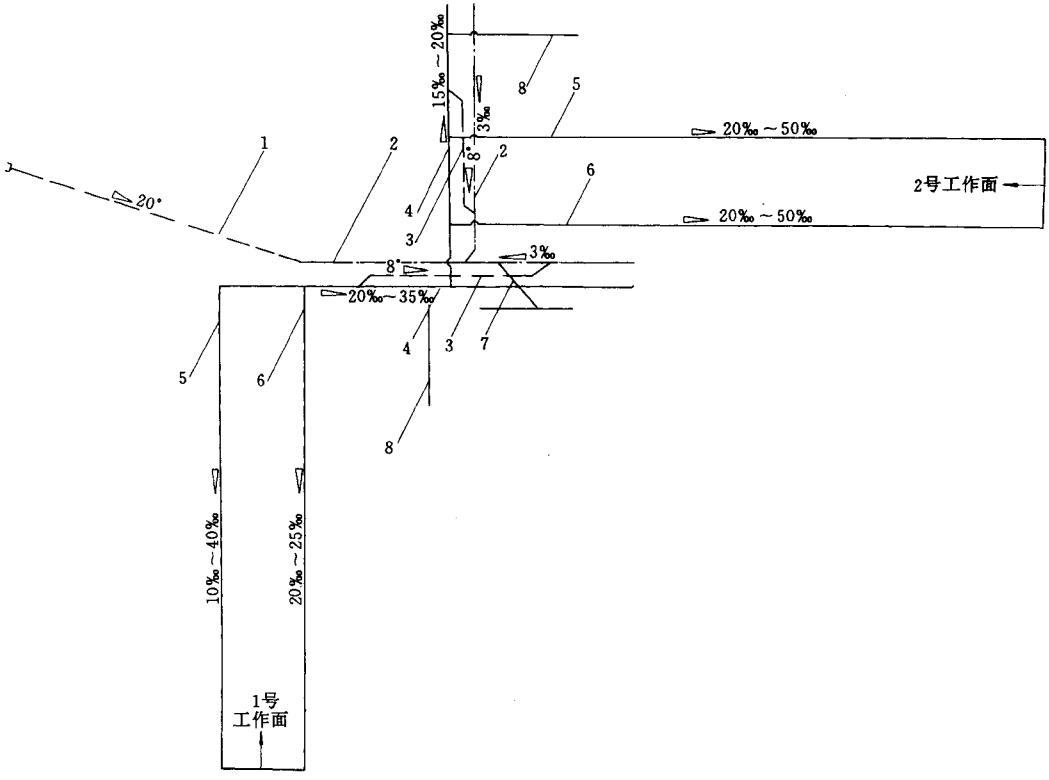


图 10－4－4　潘一井辅助运输系统图

1—潘一副斜井；2—＋270m 水平轨道大巷；3—辅助运输斜巷；4—辅助运输(进风)大巷；5—辅助运输顺槽；6—带式输送机检修顺槽；7—齿轨机车加油维修间；8—掘进头

表 10－4－5　一号工作面辅助运输巷道参数表

次序	井巷名称	长度(m)	坡　　度	净宽(mm)	净高(mm)	支护形式	铺轨
1	＋270m 水平轨道大巷	255	3‰	4800	3750	锚喷	双轨
2	辅助运输斜巷	450	8°	3500	3250	锚喷	单轨
3	辅助运输大巷	400	20‰～35‰	4800	3600	锚喷	双轨
4	辅助运输顺槽	1370	10‰～40‰	3990	2800	矿工钢	双轨
5	输送机检修顺槽	1370	20‰～25‰	3990	2800	矿工钢	单轨

表 10－4－6　二号工作面辅助运输巷道参数表

次序	井巷名称	长度（m）	坡　　度	净宽（mm）	净高（mm）	支护形式	铺轨
1	+270m 水平轨道大巷	180	3‰	4800	3750	锚喷	双轨
2	辅助运输斜巷	378	8°	3500	3250	锚喷	单轨
3	辅助运输大巷	340	15‰～20‰	4800	3600	锚喷	双轨
4	辅助运输顺槽	1360	20‰～50‰	3990	2800	矿工钢	双轨
5	输送机检修顺槽	1360	20‰～50‰	3990	2800	矿工钢	单轨

4. 潘庄一号井辅助运输系统设计步骤

(1)分析矿井煤层赋存条件。一号井煤层大部区域为近水平，埋深为 260m 左右。煤层厚度为 5.04～7.16m，平均为 6.11m，断层、陷落柱不发育，井下宜选用新型辅助运输设备。

(2)确定巷道参数。结合煤层赋存条件，合理确定矿井开拓系统，同时要结合新型辅助运输设备的性能，合理确定矿井辅助运输巷道的参数，使之满足辅助运输设备运行的要求。

(3)分析工作面搬家、掘进设备材料等辅助运输量。根据既定的原则，矿井装备两套国产综采设备，工作面液压支架单体重量约 15t，工作面设备总重量计算为 2352t。掘进面除了 +270m 水平轨道大巷及少量斜巷为岩石巷道外，其余均为煤层巷道，掘进煤采用带式输送机运输，煤层大巷一般采用锚喷支护，顺槽采用 12 号矿用工字钢梯形棚支护。辅助运输物料的类型主要是散料和长材，最重件为整体搬运的液压支架。

(4)辅助运输与主运输统筹考虑。矿井产量大，经比较主运输方式为带式输送机，不采用机车牵引矿车运煤方式，故辅助运输为一独立的系统。矿井煤层埋深约 260m，不宜采用由地面至井下的一条龙运输系统。

(5)合理选择辅助运输系统。可选择的新型辅助运输方式有无轨胶轮车、单轨吊、卡轨车、胶套轮齿轨卡轨车。

无轨胶轮车需在井下设较大的加油维修间和车库，所需巷道断面大，对路面有特殊要求，本矿井有泥岩底板及煤层底板，不适宜采用。

单轨吊对单轨悬挂方式要求较高，为满足悬挂要求，沿底板掘进的煤层巷道需全部采用型钢支护，散料运输也需有特殊的集装箱，不适合本矿井的实际条件。

卡轨车国内多为绳牵引式，柴油机牵引卡轨车国内尚无使用实例，其爬坡能力不如

齿轨车。绳牵引卡轨车无法进入分支岔道，巷道拐弯处消耗大量绳轮，在顺槽中使用时，需不断回缩尾轮，使用不便，本矿井不予采用。

齿轨车机动灵活，具有一定的爬坡能力，胶套轮齿轨卡轨车适应性强，可在水平轨道大巷、斜巷及煤层巷道中连续运行。在辅助运输斜巷铺设齿轨运行，在工作面顺槽利用胶套轮粘着牵引，可满足搬家及材料运输的要求。本矿井拟选用柴油机胶套轮齿轨卡轨车。

(6)合理选择轨道系统。轨道系统选择应考虑各种车辆运行的通行性，潘庄一号井选用普通轨轨道系统。

第五章　井下运输设备

第一节　轨道运输

一、轨道运输系统的作用及其优缺点

轨道运输一般指机车运输，它是国内外地下矿山的主要运输方式，常与耙矿设备、带式输送机或无轨运输设备组成有效的运输系统，在生产过程中运送矿石、废石、材料、设备和人员等。它是组织生产、决定矿山生产能力的主要因素之一。

轨道运输的优点是用途广 生产量大，(由机车数量而定) 运距不受限制，经济性好，调度灵活，能沿分叉线路分别运输多种矿石。其缺点是运送是间断性的，生产效率依赖于工作组织水平 适用的巷道坡度有局限性(一般为 3 ~ 5‰)，线路坡度过大时难以保证运输安全。

二、轨道

轨道由下部建筑(巷道底板)和上部建筑(道床、轨枕、钢轨及接轨配件等)组成。

1. 钢轨

钢轨有轻轨、重轨之分。地下矿山主要采用轻轨，但对于年运量在 200 万吨以上的矿山，主要运输线路也可采用重轨。

钢轨的型号是以每米长度的重量(kg/m)表示的。它的结构如图 10 - 5 - 1 所示。

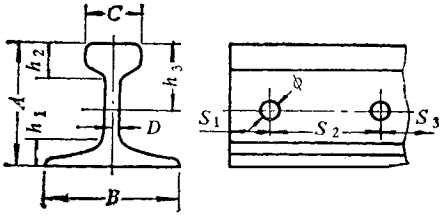


图 10－5－1　钢轨的结构示意图

冶金工业部 1986 年公布的五种低合金轻轨及目前继续采用的四种标准重轨的型号及其尺寸见表 10－5－1。

表 10－5－1　钢轨类型及主要尺寸

钢轨类型(kg/m)		理论重量(kg/m)	标准长度(m)	主要尺寸(mm)											标准代号
				A	B	C	D	h_1	h_2	h_3	ϕ	S_1	S_2	S_3	
低合金轻轨	9	8.94	4～10①	63.5	63.5	32.10	5.90	10.30	17.48	35.34	15.90	50.80	101.60		YB(T)23—86
	12	12.20		69.85	69.85	38.10	7.54	12.30	19.85	38.70	15.90	50.80	101.60		
	15	15.20		79.37	79.37	42.86	8.33	13.50	22.22	44.05	19.05	50.80	101.60		
	22	22.30		93.66	96.66	50.80	10.72	16.67	26.99	51.99	22.22	63.50	127.00		
	30	30.10		107.95	107.95	60.33	12.30	19.45	30.95	59.73	25.40	60.50	127.00		
重轨	33	33.286	12.5	120	110	60	12.5	21	35	67	29	66	160		YB350—63
	38	38.733	12.5、25	134	114	68	13	24	39	74.5	29	56	110	160	YB 183—63
	43	44.653	12.5、25	140	114	70	14.5	27	42	77.5	29	56	110	160	GB 182—63
	50	51.514	12.5、25	152	132	70	15.5	27	42	83.5	31	66	150	140	GB 181—63

①通常长度为 4～10m。定尺长度 9～12kg/m 为 8m，15～30kg/m 轻轨为 10m。

由于低合金钢轻轨新标准经冶金工业部批准实施，过去按老的轻轨标准设计的与轨型有关轨枕扣件、轨道附件及道岔等，已不能适应新建矿山的设计要求，今后应重新设计或选配与新轨型相适应的配套产品。但目前地下矿山使用的仍是冶金工业部 1963 年批准实施的轻轨轨型，为便于过渡，新老两种轻轨有关配套件同时列出。

1963 年冶金工业部批准实施的标准轻轨轨型及主要尺寸参数见表(10－5－2)。

钢轨型号的选择与运输量和矿车容积有关。一般可按表 10－5－3 选取。

正线轨道应尽量采用新轨，特殊情况下可铺设旧轨。支线允许采用旧轨，但旧轨总

磨耗量不应大于表 10－5－4 的规定。

表 10－5－2　矿用标准钢轨的型号及尺寸参数

钢轨型号 (kg/m)		断面尺寸(mm)				断面面积 (mm^2)	理论重量 (kg/m)	长度 L (m)
		轨高 *H*	轨底宽 *A*	轨顶宽 *B*	轨腰宽 *C*			
轻轨	8	65	54	25	7	1076	8.42	5～10
	11	80.5	66	32	7	1431	11.20	6～10
	16	91	76	37	7	1880	14.72	6～10
	18	99	80	40	10	2307	18.06	7～12
	24	107	92	51	10.9	3124	24.64	7～12

表 10－5－3　运输量与机车重量、矿车容积、轨距、轨型的一般关系

运输量 (万吨/年)	机车重量 (t)	矿车容积 (m^3)	轨距 (mm)	轨型 (kg/m)
<8	1.5	0.5～0.6	600	9,(8)
8～15	1.5～3	0.6～1.2	600	(8),(11),9,12
15～30	3～7	0.7～1.2	600	12,(11),15
30～60	7～10	1.2～2.0	600	15,(18),22
60～100	10～14	2.0～4.0	600,762	22,(18),30,(24)
100～200	14、10、20 双机车牵引	4.0～6.0	762,900	30,(24),33
>200	14、10、20 双机车牵引	>6.0	762,900	33,38

注 轨型一栏括号内数字为 1963 年公布的轻轨轨型。

表 10－5－4　旧轨总磨耗或侧面磨耗限度(mm)

轨型② (kg/m)	正线及到发线		其它线	
	总磨耗量①	侧面磨耗量	总磨耗量①	侧面磨耗量
15	3	3	5	4
18	4	4	6	5
24	4	4	7	6
>24	5	5	8	7

①总磨耗量 = 垂直磨耗量 + 侧面磨耗量之半；②轨型为 1963 年公布的轻轨轨型。

2.轨枕

轨枕有木质、钢筋混凝土和金属的三种。木轨枕的优点是：有弹性、加工容易、安装方便。缺点是：易腐烂、维修工作量大，但经防腐处理后可延长使用年限。

为了节省木材，矿山已经推广使用钢筋混凝土轨枕。根据计算，以钢筋混凝土轨枕代替木轨枕，每铺一公里单轨线路就可节约木材 $40m^3$ 以上。这种轨枕的优点是：强度大、稳定性好、使用寿命长、维修费用少、抗腐蚀性能好、取材和制造方便。缺点是：弹性差，应在轨底与轨枕之间安垫橡胶块。金属轨枕在地下矿山使用较少。

轨枕间距一般小于 0.8m，两根钢轨接头处应悬空，且轨枕间距应较一般间距小。木轨枕主要参数见表 10－5－5，钢筋混凝土轨枕主要参数见表 10－5－6。

表 10－5－5　木轨枕主要参数

轨型①（kg/m）	枕木厚（mm）	顶面宽（mm）	底面宽（mm）	长度（mm）		
				轨距 600	轨距 762	轨距 900
9，(8)	100	100	100	1100	1250	
12　15　22 (11)，(15)，(18)	120	100	170～190	1200	1350	1600
30，(24)	130	120	190	1200	1350	1700
33	140	150	200	1350	1500	1700
38	150	160～180	160～180	1350	1500～1600	1700
43	150	160～180	160～180	1350	1500～1600	1700

①括号内轨型为 1963 年公布的轻轨轨型。

表 10－5－6　钢筋混凝土轨枕主要参数

轨型①（kg/m）	枕木厚（mm）	顶面宽（mm）	底面宽（mm）	长度（mm）		
				轨距 600	轨距 762	轨距 900
11，15	130	120	140	1200		
18	130	160	180	1200		
18	150	180	200		350	
24	145	170	200			1700
28	145	170	200			1700

①为 1963 年公布的轻轨轨型和重轨轨型。

3.道床

道床材料必须坚硬，不潮解，不积水。最好的道床材料是碎石。碎石的粒度为 20～40mm。在水平及倾角小于 10°的巷道内，轨枕下面道床厚度不得小于 150mm；在倾角大于 10°的巷道内应在底板上挖轨枕沟，其深度约为轨枕的 2/3。轨枕下面的道床厚度不得小于 50mm。道床上部的宽度应超过轨枕 50～100mm。

4.轨距

轨距是指直线轨道上两条钢轨轨顶内侧垂直平面间的距离。我国地下矿山窄轨标准轨距为600、762和900mm。新设计的矿山,必须采用标准轨距。采用标准轨距对于矿车的统一,提高矿车制造质量以及巷道标准化都是必要的。地下窄轨标准轨距选择见表10－5－3。

三、弯道和道岔

1.弯道

(1)最小曲线半径

车辆在弯道上运行时,由于离心力的作用,使轮缘与轨道间的阻力增加,而离心力和弯道阻力的大小与车辆运行速度、曲线半径、车辆的轴距等因素有关。当转角小于或等于90°,两轴车辆的运行速度小于1.5m/s时,最小曲线半径不得小于轴距的7倍;运行速度大于1.5m/s时,最小曲线半径不得小于轴距的10倍;运行速度大于3.5m/s时,最小曲线半径不得小于轴距的15倍;当转角大于90°时,最小曲线半径均按大于轴距的10～15倍计算。

近年来,我国地下矿山开始采用大容量的有转向架的四轴车轴。采用这种车辆时,要求的最小曲线半径可参考几个矿山实例选取,见表10－5－7。

表10－5－7　有转向架的四轴车辆通过曲线半径实例

使用地点	矿车形式	固定轴距(mm)	转向架间距(mm)	曲线半径(m)
凤凰山铜矿	底卸式7m³	850	2400	30～35
凤凰山铜矿	梭式7m³	850	4800	16
落雪铜矿	固定式1cm³	850	4500	20偏小推荐25
镜铁山铁矿	底卸式6m³	800	2500	30
梅山铁矿	侧卸式6m³	800	2500	20

(2)轨距加宽

在弯道上运行的车辆,由于车轴固定在车架上,不可能与曲线取得一致的方向,容易发生轨头将车轮轮缘卡住现象。因此,必须在曲线处将轨距适当加宽。加宽轨距的方法是:外轨不动,只将内轨向曲线中心方向移动一个距离。轨距加宽值见表10－5－8。

表 10－5－8　轨距加宽值(mm)

轨道曲线半径(m)	轴距(mm)									
	400	500	600	800	1000	1100	1200	1300	1400	1600
4	10	10								
5	5	10	10	20						
8	5	5	10	15	25	30				
12	5	5	6	10	15	20	25	25	30	
15		5	5	10	15	15	20	20	25	30
20		5	5	10	10	15	15	15	20	25
25			5	5	10	10	10	15	15	20
30					10	10	10	10	15	15
40					5	10	10	10	10	15

(3)外轨超高

车辆在弯道上运行时,由于离心力作用,使车轮轮缘压向外轨,加剧了轮缘和钢轨的磨损,引起运行阻力增加,严重时还会发生翻车事故。为了消除上述影响,弯道外轨应超高(见表 10－5－9),使车辆在弯道上运行时,离心力与矿车重量的合力垂直于轨面。如图 10－5－2 所示。

表 10－5－9　外轨超高值(mm)

曲线半径(m)	轨距(mm)								
	600			762			900		
	速度(m/s)								
	1.5	2.0	2.5	1.5	2.0	2.5	1.5	2.0	2.5
4	35			45			50		
6	25	40		30	50		35		
8	20	30	50	25	40		25	45	
12	15	20	30	15	25	40	20	30	50
15	10	20	25	10	20	30	15	25	40
20	10	10	20	10	15	25	10	20	30
25	5	10	15	10	15	20	10	15	25
30	5	10	15	5	10	15	10	15	20
40		5	15	5	10	15	5	10	15

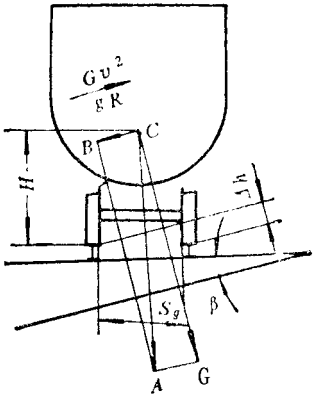


图 10－5－2　外轨超高计算图

外轨超高可按(5－1)式计算：

$$\Delta h = \frac{Sgv^2}{gR} \tag{5-1}$$

式中　Δh——外轨超高，mm；

Sg——轨距，mm；

v——车辆过曲线段时的速度，m/s；

R——曲线半径，m；

g——重力加速度，$g = 9.8\text{m/s}^2$。

外轨超高的方法是增加外轨下面道床的厚度。

(4)轨道间距及巷道加宽

如图 10－5－3 所示。当车辆在弯道上运行时，车箱中心线 $\overline{A}\ \overline{A_1}$ 两端点凸出于弯道中心线 $\overset{\frown}{KK_1}$ 之外，其偏移量为 Δ_1；车箱中心线中点 C 偏移于轨道中心线 $\overset{\frown}{KK_1}$ 内侧，其偏移量为 Δ_2。因此，线路中心线与巷道支柱之间的间距，应适当加宽。加宽值按(5－2，5－3)式计算。

$$\Delta_1 = \frac{L^2 - S_z^2}{R} \tag{5-2}$$

$$\Delta_2 = \frac{S_z^2}{8R} \tag{5-3}$$

式中　L——车箱长度，mm；

S_z——车辆或机车轴距，mm；

R——弯道半径，mm；

Δ_1、Δ_2——偏移量，mm。

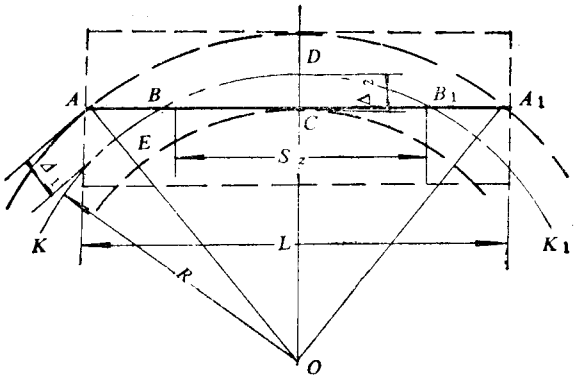


图 10－5－3　车辆在弯道上的运行轨迹

若为双轨线路，则两线路中心间距按(5－4)式计算值加宽

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = \frac{L^2}{8R} \tag{5-4}$$

式中　△——两线路中心间距，mm。

在一般情况下，两曲线段的线路中心距，可按两直线段线路中心距再加宽 300mm。

对曲线段巷道的净宽，通常对其外侧和内侧应分别加宽 200mm 和 100mm。加宽的范围除曲线段外，尚应包括与其相邻的一段直线巷道。

2.道岔

(1)单开道岔的基本组成部分

共组成如图 10－5－4 所示。图中 a 角是辙岔岔心角。用它的半角正切值的两倍表示道岔型号 M，即：

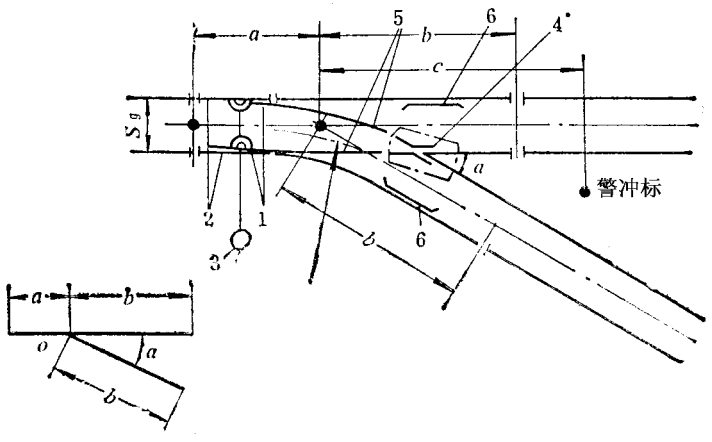


图 10－5－4　单开道岔示意图

1—尖轨；2—基本轨；3—转辙器；4—辙岔；5—过渡轨；6—护轮轨

$$M = 2\mathrm{tg}\frac{a}{2} \tag{5-5}$$

常用的道岔型号有 1/3、1/4 和 1/5 三种，通称 3 号、4 号、5 号道岔。道岔的选择见表 10－5－10。

表 10－5－10　道岔型号的选择表

机车重量（t）	机车车辆最小转弯半径（m）	平均运行速度（m/s）	轨距（mm）		
			600	762	900
			道岔型号		
<2.5	5	0.6～2.0	1/3	1/3	
3～4	5.7～7	1.2～2.3	1/4	1/4	
6.5～8.5	7～8	2.9～3.5	1/4	1/4	
10～12	10	3.0～3.5	1/4	1/4	1/4
14～16	10～15	3.5～3.9	1/5	1/5	1/5
16～20	10～15	3.5～3.9	1/5	1/5	1/5

(2)道岔的类型

常用的道岔有五种，如图 10－5－5 所示。道岔标号是用轨距、轨型、道岔型号及道岔半径等表示的。例如：624－1/4－12 右(左)开道岔，6 表示轨距为 600mm，24 指轨型为 24kg/m，1/4 是道岔型号，12 指道岔最小曲线半径为 12m，右是右开道岔(左是左开道岔)。道岔尺寸见表 10－5－11。

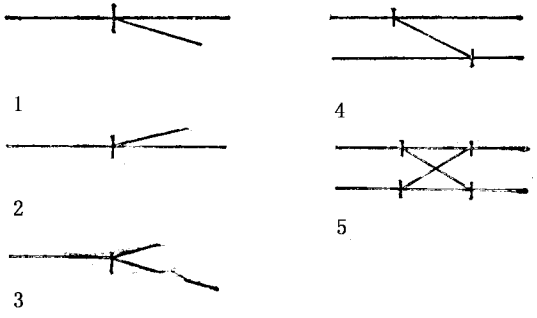


图 10－5－5　道岔的类型图

1—右开道岔；2—左开道岔；3—对称道岔；

4—渡线道岔；5—菱形道岔

表 10－5－11　道岔尺寸①

道岔型式	道岔标号	辙岔角 α	主要尺寸(mm)				0点至警冲标距离 c (mm)
			a	b	$a+b$	s②	
单开道岔	615－1/3－6 右(左)	18°55′30″	3063	2597	5060		
	61 5－1/4－12 右(左)	14°15′	3200	3390	6590		7200
	618－1/3－6 右(左)	18°55′30″	2302	2655	4957		
	618－1/4－11.5 右(左)	14°15′	2724	3005	6729		7200
	624－1/3－6 右(左)	18°55′30″	2293	2657	4950		
	624－1/4－12 右(左)	14°15′	2352	3298	6650		7200
对称道岔	615－1/3－12 对称	18°55′30″	1882	2618	4500		5400
	118－1/3－11.65 对称	18°55′30″	3195	2935	6130		5400
	624－1/4－12 对称	18°55′30″	1944	2496	4440		5400
渡线道岔	615－1/4－12 右(左)	14°15′	3200	4725	$2a+b$ 11125	1200	
	615－1/4－12 右(左)	14°15′	3200	4922	11322	1250	
	615－1/4－12 右(左)	14°15′	3200	5483	11883	1400	
	618－1/3－6 右(左)	18°55′30″	2302	3500	8104	1200	
	618－1/4－12 右(左)	14°15′	2722	5514	10958	1400	
	624－1/4－12 右(左)	14°15′	3352	5709	12413	1450	

①适应 1963 年冶金工业部轻轨标准；② s 系指渡线道岔中两线路中心距。

四、轨道铺设

轨道线路在空间的位置，是用平面图和纵断面图来表示的。平面图表示线路在平面上的位置、曲线半径及直线与曲线的连接；纵断面图表示线路的坡度。轨道线路在平面上应力求成直线，如不可能，应尽量采用较大的曲线半径。在纵断面上保持重车下坡和排水要求下，应力求平顺，以减少机车运行的困难。

根据巷道运输每班通过车次、运距和装卸条件决定采用单线或双线。车次往返次数多时可作列车运行图表进行分析，并作线路通过能力验算。当采用单线时，应考虑布置会让线。两会让线距离不小于 500m。沿脉放矿运输时宜用双线；距离大于 1.5km 并有 3 列以上机车运输时也宜用双线。

钢轨轨头之间用鱼尾板和螺栓联接，轨道铺设应牢固平滑，并且具有一定的弹性，以缓和车辆运行的冲击，延长轨道和车辆的使用寿命。

当使用架线式电机车运输时，一般在鱼尾板内侧镶有接触铜片或者用导线焊接上，

以减小钢轨接头处的电压降。当使用电机车牵引大容量矿车时，在钢轨接头处、弯道和道岔的钢轨下面，均应铺设铁垫板。也可采用焊接轨头，即把 4～5 节钢轨焊接成一组，每组间再用鱼尾板及螺栓连接起来。这种焊接钢轨一般用于服务年限长、运输能力大的主要运输巷道和井底车场。

在铺设弯道时，除满足轨距加宽和外轨超高外，还应注意，不要强使钢轨安置到铺设位置上，而应预先用弯轨器将钢轨弯成所需的曲线半径，然后再铺设。

五、矿车

1.矿车的类型及技术性能参数

矿车分为普通矿车、梭式矿车和电动自行矿车等。普通矿车按构造不同又分固定式、翻斗式、侧卸式、底卸式和底侧式五种。

(1)固定车箱式矿车(图 10－5－6)

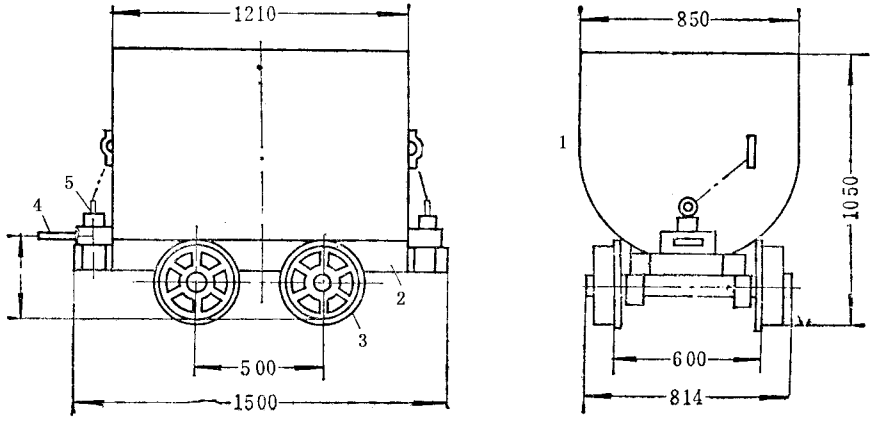


图 10－5－6　YGC 0.7(6)型固定车箱式矿车

1—车箱；2—车架；3—车轮；4—连接器；5—插销

这类矿车的车箱固定在车架上，卸载时必须将矿车推入翻车机，把整个矿车翻转才能卸出矿石。

(2)翻斗式矿车(10－5－7)

这类矿车车箱具有扇形底部，在车箱的端壁各铆有一个弧形钢环，使车箱支于车架上。由于钢坏的圆心低于装有货载的车箱重心，故打开车箱定位销后，稍加外力便可把车箱翻转卸载，卸载倾角达 40°。这类矿车能用人力或专设的卸载架向任意一侧翻转卸载。

(3)侧卸式矿车及其卸载曲轨(图 10－5－8)

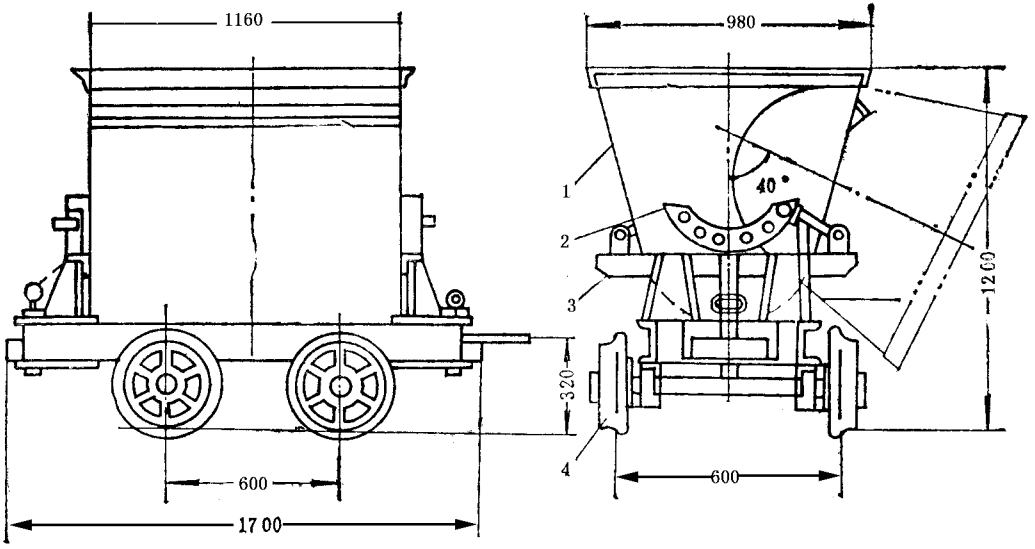


图 10－5－7　YFC0.7(6)型翻斗式矿式

1—车箱；2—钢环；3—车架；4—车轮

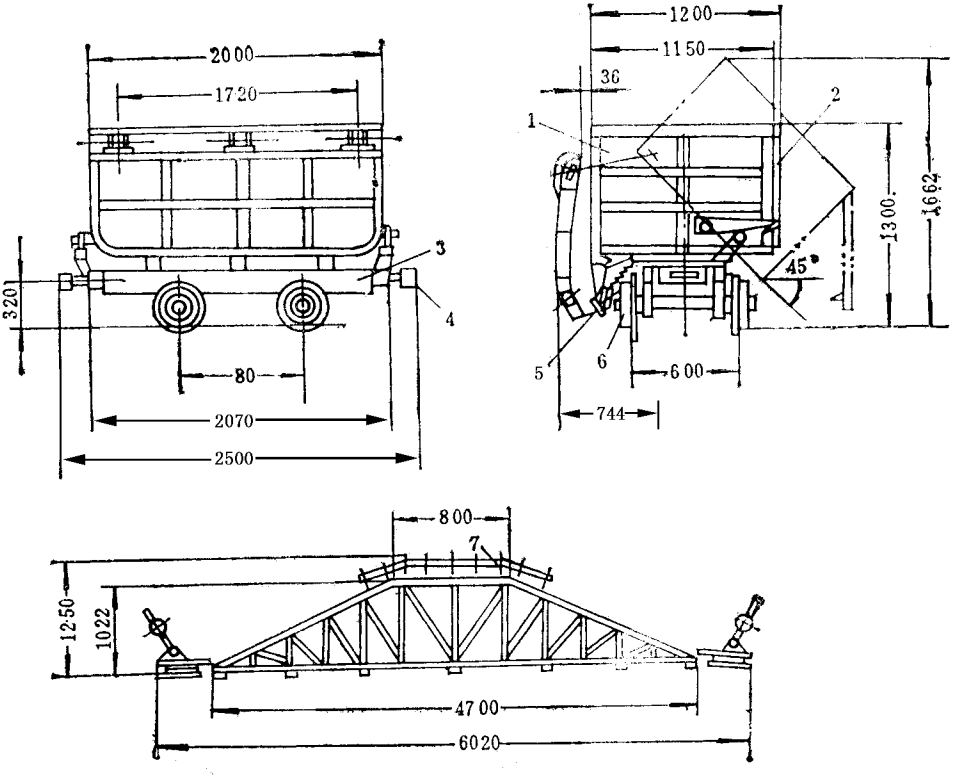


图 10－5－8　YCC1.6(6)侧卸式矿车及卸载曲轨

1—车箱；2—侧门；3—车架；4—缓冲器；5—卸载辊轮；6—车轮；7—卸载曲轨

矿车车箱的一侧用铰轴与车架相连，车箱的另一侧装有卸载辊轮。卸载时，辊轮沿曲轨过渡装置及卸载曲轨上坡段上升，使车箱倾斜，活动侧门被打开而卸载，卸载倾角达40°。当辊轮沿倾斜卸载曲轨的下坡段运行时，车箱复位并关闭侧门，当列车以低速通过卸载地点，整个车组便卸载完毕。

改变曲轨过渡装置的位置，也可以使侧卸式矿车的辊轮不上卸载曲轨而通过卸载地点，不产生卸载动作。

(4)底卸式矿车及其卸载情况(图 10－5－9)

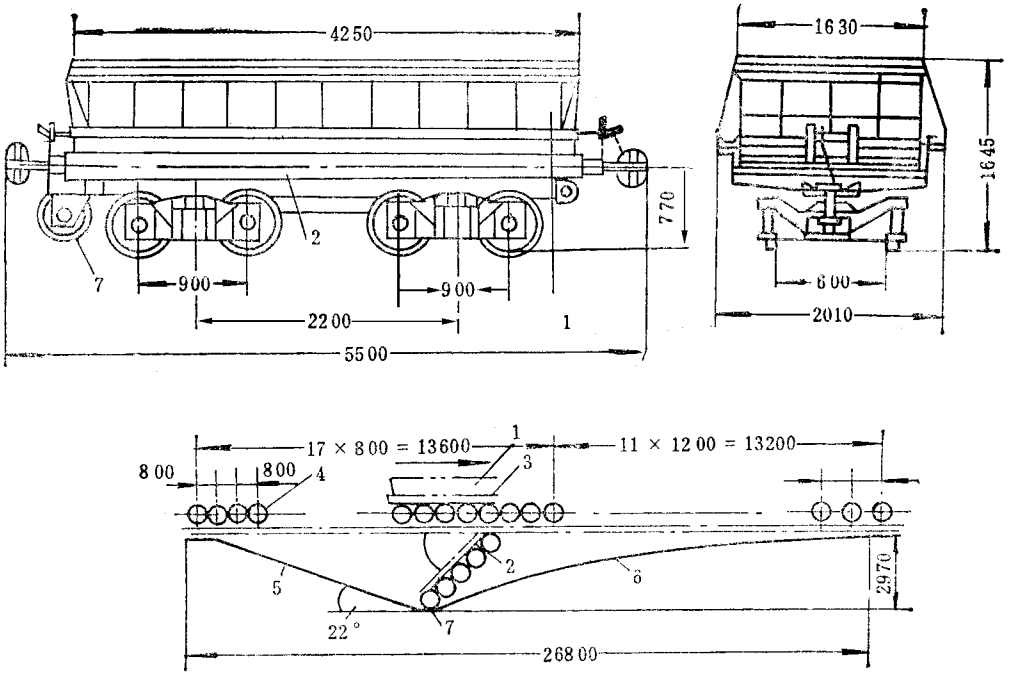


图 10－5－9　6m³ 底卸式矿车及其卸载情况

1—车箱；2—车底；3—翼板；4—托轮；

5—曲轨卸载段；6—曲轨复位段；7—卸载抡

车箱的两侧壁上焊有支承翼板，车底的一端与车箱端壁铰接，在车底的另一端装设一个卸载轮，为使车箱悬空，卸载曲轨上方的两边各安装一列托轮，支承车箱两侧的支承翼板。

当矿车进入卸载站时，因为矿仓上方不设轨道，车箱的支承翼板被托轮支撑，使车箱悬空，所以矿车底部失去支承而被矿石压开，车底连同转向架一起绕铰轴转动进行卸载。卸载过程中，车底另一端的卸载轮便在卸载曲轨上运行并保持底板的卸载角度，卸载以

后矿车继续运行，车底便被卸载曲轨抬起而复位。卸载曲轨是布置在轨道中心线上的。大厂矿务局铜坑锡矿使用这种矿车。

机车两侧也有翼板。当它进入卸载站时，便会失去轨道支持，而失去牵引力。当靠近机车的矿车处于曲轨卸载段时，由于矿石和车底重力的分力作用，曲轨对矿车产生反作用力，故能推动列车前进，当第一辆矿车开始处于曲轨复位段时，第二辆矿车早已进入曲轨卸载段，产生水平推力推动列车前进，使第一辆矿车爬上复位段。当最后一辆矿车沿曲轨复位段上爬时，虽无后继矿车推力，但电机车早已走上轨道而产生牵引力。

(5)梭式矿车(图 10－5－10)

它的车箱底部装有刮板输送机(或板式输送机)。用装岩机把矿岩装到输送机上，开动输送机将矿岩移动。待整个梭车装满后，便用机车把它拉到卸载地点，由车上的输送机将矿岩卸出。

近年来，为了适应巷道快速掘进运输的需要，对梭车的首尾部分作适当改变，制造了多种容积，结构形式基本类似的搭接式梭车。在国内部分矿山使用，取得了较好效果。

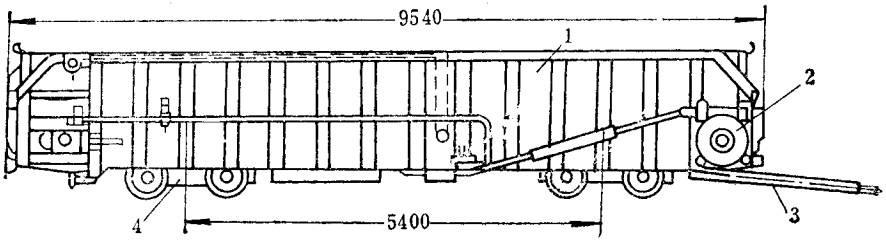


图 10－5－10　S8 型 8m³ 梭式矿车

1—车箱；2—输送机传动装置；3—伸缩牵引杆；4—转向架

(6)向－1 型电动自行式矿车(图 10－5－11)

这种矿车由独立的动力行走部分、带活门的车箱、导轮机构及辅助卸载曲轨组成。卸载时，靠矿车运行的惯性，导轮进入卸载曲轨，在卸载曲轨的作用下，迫使矿车车箱逐渐前倾，车门自动打开卸矿。此种矿车已在向山硫铁矿及其他化学、建材矿山使用。

地下常用矿车技术参数见表 10－5－12。

2.矿车的选择和矿井矿车数的计算

矿车的容积按运输量的大小来选择，见表 10－5－3。根据具体条件，应尽量选用较大容积的矿车。它与小容积矿车比较，具有减少矿车数量、减少维修量、车皮系数小、容积系数大并为矿山扩大产量留有余地等优点。

矿车型式的选择，主要考虑提升方式、运输量大小、矿岩的粘结性、矿物的贵重程度、

含水量多少及卸载要求等因素。

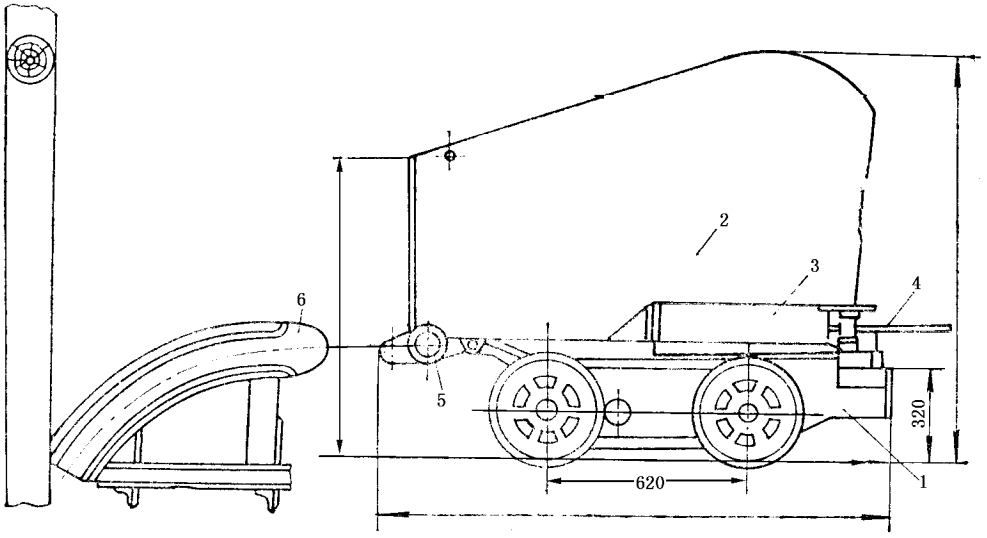


图 10－5－11　向－1 型电动自行式矿车

1—行走部分；2—车箱；3—卷线部分；4—操纵部分；5—导轮；6—卸载曲轨

表 10－5－12　地下矿车技术参数

类型	矿车型号	容积 (m^3)	最大载重量 (t)	轨距 (mm)	外形尺寸 (mm)			轴距 (mm)	车箱长 (mm)	卸载角度 (°)	自重 (t)	标准或设计制造单位
					长	宽	高					
固定式	YGC0.5 (6)	0.5	1.25	600	1200	850	1000	400	900		0.45	GB 2885.1—81
	YGC0.7 (6)	0.7	1.75	600	1500	850	1050	500	1200		0.50	同上
	YGC1.2(6)	1.2	3	600	1400	1050	1200	600	1500		0.72	同上
	YGC1.2(7)	1.2	3	762	1400	1050	1200	600	1500		0.72	同上
	YGC2(6)	2	5	600	3000	1200	1200	1000	2650		1.33	同上
	YGC2 (7)	2	5	762	3000	1200	1200	1000	2650		1.35	同上
	YGC4(7)	4	10	762	3700	1330	1300	3300		2.62		同上
	YGC4(9)	4	10	900	3700	1330	1300	3300		2.90		同上
	YGC10(7)	10	25	762	7200	1500	4500 (850)	6780		7.00		同上
	YGC10(9)	10	25	900	7200	1500	4500 (850)	6780		7.08		同上

类型	矿车型号	容积（m^3）	最大载重量（t）	轨距（mm）	外形尺寸（mm）			轴距（mm）	车箱长（mm）	卸载角度（°）	自重（t）	标准或设计制造单位
					长	宽	高					
翻斗式	YFC0.5(6)	0.5	1.25	600	1500	850	1050	500	1110	40	0.59	GB 2882—81
	YFC0.7(6)	0.7	1.75	600	1650	980	1200	600	1160	40	0.71	GB 2885.2—81
	YFC0.7(7)	0.7	1.75	762	1650	980	1200	600	1160	40	0.72	同上
侧卸式	YCC0.7(6)	0.7	1.75	600	1650	980	1050	600	1300	40	0.75	GB 2885.3—81
	YCC1.2(6)	1.2	3	600	1400	1050	1200	600	1600	40	1.00	同上
	YCC2(6)	2	5	600	3000	1250	1300	1000	2500	42	1.83	同上
	YCC2(7)	2	5	762	3000	1250	1300	1000	2500	42	1.88	同上
	YCC4(7)	4	10	762	3900	1400	1650	1300	3200	42	3.29	同上
	YCC4(9)	4	10	900	3900	1400	1650	1300	3200	42	3.30	同上
底卸式	YDC4(7)	4	10	762	3900	1600	1600	1300	3115	50	4.32	GB 2885.4—81
	YDC6(7)	6	15	762	5400	1750	1650	2500 (800)	4540	50	6.32	同上
	YDC6(9)	6	15	900	5400	1750	1650	2500 (800)	4540	50	6.38	同上
底侧卸式	DC－2－6	2		600	3240	1200	1310	1000			2.32	北京有色冶金设计研究总院
	4m^3	4		762	3500	1450	1700	1300			3.54	同上
	6m^3	6	15	900	3833	1900	1800	1300			5.75	长沙有色冶金设计研究院
其他非标准矿车	0.9m^3 电动自行	0.9	2	600	1615	1050	1225	620			0.60	北京矿冶研究总院
	1.4m^3 矿车	1.4	3.5	600	1900	1140	1350	600				同上
	YDC0.9(6)－1	0.9	1.3	600	1600	1000	1200		3742		0.73	麻阳铜矿
梭式矿车	S_4	4	10	600	6250	1280	1620	3000 (800)	搭接		6.00	吉林市矿山机械厂
	S_6	6	15	600	7014	1450	1640	3600 (800)	同上		8.00	同上
	S_8	8	20	600	9540	1570	1640	5400 (800)	同上		10.00	同上
	JS_6	6		600	7040	1450	1650	3800 (550)	单车		6.8	北京矿冶研究总院、吉林市矿山机械厂
	SD_4	4	6.4	600	5470	1212	1622	2350 (700)	搭接		6.4	沈阳有色冶金设备总厂、汝城钨矿、杨家杖子矿务局

除杂用车辆外，全矿的车型力求最少，以一种或两种为宜，以减少组车、调车和维修的困难。

当采用罐笼提升时，普遍采用固定车箱式矿车。它具有结构简单、坚固耐用，自重小等优点，但其卸载方式比较复杂，卸载硐室开拓工程量大。

中小矿山废石运输一般采用 $0.7m^3$ 以下的翻斗车。这种矿车能在废石场卸载线的任何地点卸载。如废石场是深谷，不需经常移动卸载点时，可考虑采用同一种矿车运输矿石和废石。当掘进运输量很大时，亦可选用梭式矿车运输废石。当矿石运输量不大，废石运输量也不大时，也可选用翻斗式矿车运输矿石和废石。

目前新设计的大、中型矿山，如果采用箕斗提升时，一般选用底卸式或侧卸式矿车运输矿石。底卸式矿车有卸载干净，效率高及使用可靠等优点；其缺点是车辆外形尺寸大、车皮系数大、卸载站结构复杂。它适用于矿石有粘结性、年产量较大的矿山。

侧卸式矿车也有卸载方便、效率高等优点。但其活动侧易漏粉矿，装卸时要求矿车有固定方向。不宜于在粉矿多、矿物贵重和含水量大的矿山使用。

矿井矿车数的计算常用定点分布法。当确定工作机车的台数后，在需要同时工作的各个阶段平面图上，按生产实际需要注明矿车分布情况；运行中的矿车车辆数、装车点、井底车场、材料库、井筒内、地表车场等处的车辆数相加，并乘以检修系数和备用系数，即得矿井所需的矿车总数 Z 为：

$$Z = \sum_{1}^{n} Z_i K_1 K_2 \tag{5-6}$$

式中　Z—— 矿车总数，辆；

n—— 全矿需用矿车地点的数目；

Z_i—— 各个地点用的矿车数，$i = 1, 2\cdots\cdots$ 辆；

K_1—— 矿车的检修系数，一般 $K_1 = 1.1$；

K_2—— 矿车的备用系数，$K_2 = 1.25 \sim 1.3$。

在人力装车和推车地点，应在编组处考虑一列矿车数。必须摘钩才能卸载的矿车，应在每个卸载地点增加一列矿车数。

废石车型式与矿石车型式不同时，应该单独考虑各自的车数。

材料车的数量，按矿井一昼夜消耗的材料所需用的车数确定，并适当考虑检修和备用的材料车数。

平板车的数量，根据矿山实际需要情况决定，若矿山机械设备多，平板车数量就多些；反之就可以少些，同时也适当考虑检修和备用的平板车数。平板车载重量的选择，按被运设备的重量考虑。

六、机车的类型、电机车的技术性能参数及其选择和计算

1.机车的类型及电机车技术性能参数

地下矿山使用的机车主要有电机车和内燃机车两种。电机车又分为直流和交流两种，以直流的应用最广。直流电机车又可分为架线式和蓄电池式两种。

架线式电机车的工作系统如图 10－5－12 所示。

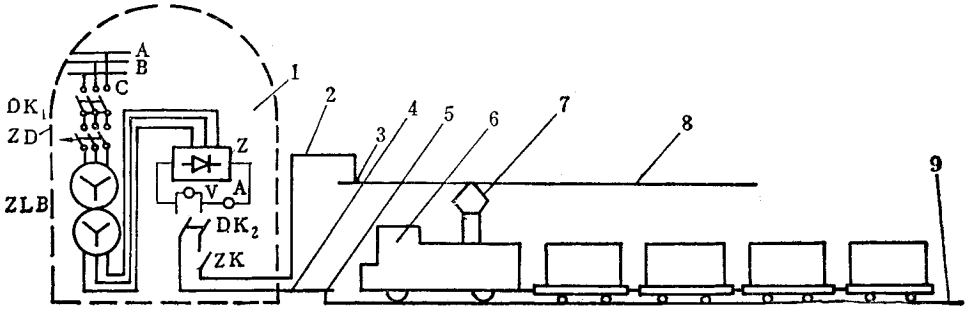


图 10－5－12　架线式电机车工作系统图

1—变电所；2—馈电电缆；3—馈电点；4—回电电缆；5—回电点；6—电机车；7—受电器；8—接触线；9—轨道；A、B、C—交流电源；DK_1—三极刀闸开关；ZD—三极自动空气断路器；ZLB—整流变压器；Z—硅整流元件；DK_2—两极刀闸开关；ZK—单极自动开关；V—电压表；A—电流表

架线式电机车结构简单、维护容易，用电效率高、运输费用低，是应用最广的一种机车，其缺点是：须有整流和架线设施，不够灵活；架线对巷道尺寸及人员通行有一定影响；受电器与架线之间容易产生火花，因此，有瓦斯危险的矿山，火花会引起瓦斯爆炸，不宜选用。

对于长距离、大运量的大，中型矿山，为了加快出矿速度，增加巷道的通过能力，可以实行双机牵引或双机重联牵引，能增加牵引力近一倍，可以缓解此类矿山地下运输的紧张状态。

蓄电池电机车，是用蓄电池组供给电能的。蓄电池充电一般在地下电机车车库进行。这种电机车的优点是：不须架线、使用灵活、无接触线火花引爆危险，用于产量小、巷道不太规则的运输系统和掘进巷道中集矿和调车工作，比架线式电机车更为方便。其缺点是：须设充电设备、初期投资较大、用电效率低、运输费用也较高。

除上述两种电机车外，还有架线蓄电池式和架线电缆式双能源电机车。前者既能从架线上取得电能工作，电可在不便架设架线的地区或有瓦斯危险的巷道用防爆蓄电池组

供电工作。后者装有电缆滚筒，电缆一端可与架线连接，电机车在不便架设架线地区行驶时，可由电缆供电，但运输距离不能太长。

内燃机车不须架线，投资低、调度灵活。它的最大缺点是废气污染空气。这就需要从主风道系统增大新鲜空气的供应量。这种机车目前在我国仅有个别矿山在通风良好的平硐、地表联合区段使用。

国产电机车的主要技术性能参数见表 10－5－13。

2. 电机车的选择及其计算

(1) 电机车的选择

选择电机车时应考虑运输量、装矿点的集中与分散情况、运距和车型的特殊要求等因素。电机车的吨位选择见表 10－5－3。若装矿点分散、溜井贮矿量小时，应选用多台小吨位电机车；若装矿点集中、贮矿量大、运距较长时，应选用较大吨位电机车。因阶段运输量和供矿条件不同，必要时可以选用两种型号机车。当采用双机牵引时应为两台同型机车；专为掘进阶段用时，应选小吨位机车；在运距长、运输量大的平巷选用人吨位机车的同时，还应考虑运送人员、材料和线路维修业务等的需要，配备小吨位机车。

(2) 原始资料

设计班产量、运输距离、线路平面图和纵断面图(若线路平面图及纵断面图比较简单)时，只要知道装载站位置、线路平均坡度和最大坡度即可，拟采用的电机车及矿车技术性能、每班运送人员、材料、设备等列车数。

1) 班产量 A'_s

A'_s(吨/班)是按平均班产量 A_b 乘以运输不均衡系数 c 来确定的，即：

$$A'_s = cA_b \tag{5-7}$$

运输不均衡系数 c 主要决定于矿井产量的不均衡或出矿量的不均衡，同时还与装车方式、供矿条件、采矿方法等有很大关系。对于厚矿体，有大量贮矿的溜井和矿仓，不均衡系数可取 1.2～1.25；有些采矿方法(如长壁法)班产量不大，溜井中没有贮矿量，班前、班中、班末的出矿量有很大差别，这种情况下的不均衡系数应取 1.3。

电机车的运输能力应大于或等于设计班产量，以保证按时完成运输任务。

2) 运输距离

当电机车运输同时服务于两个或更多装载站时，其运输距离按加权平均运输距离计算。加权平均运输距离 L 由(5－8)式求得：

$$L = \frac{A_1 L_1 + A_2 L_2 + \cdots\cdots A_n L_n}{A_1 + A_2 + \cdots\cdots A_n} \tag{5-8}$$

表 10－5－13 窄轨地下矿用电机车型号及主要技术性能参数[①]

技术特征		架线式电机车						蓄电池式电机车		
		ZK1.5－$\frac{6}{9}$7/100	ZK3－$\frac{6}{9}$7/250	ZK$\frac{7}{10}$－$\frac{6}{9}$7/250	ZK$\frac{7}{10}$－$\frac{6}{9}$7/550	ZK14－$\frac{7}{9}$/500	ZK20－$\frac{7}{9}$/550	XK2.5－$\frac{6}{9}$7/45－14	XK8－6/110－14	XK12－7.9/192 KBT
粘着重量(t)		1.5	3	7;10	7;10	14	20	2.5	8	12
轨距(mm)		600;762;900	600;762;900	600;762;5900	600;762;900	762;900	762;900	600;762;900	600	762;900
固定轴距(mm)		850	816	1100	1100	1700	2500	650	1100	1200
车轮直径(mm)		460	650	680	680	760	840	460	480	680
机械传动传动比 i		18.4	6.43	6.92	6.92	14.4	14.4	19.5	6.92	
车钩高度连接器距轨面高度(mm)		270;320	270;320	270;320;430	230;320;430	320;430	500	270;320	320;430	320;430
受电器工作高度(mm)		1600～2000	1700～2100	1800～2200	1800～2200	1800～2200	1800～2200			
制动方式		机械	机械	机械;电气	机械;电气	机械;电气;压气	机械;电气;压气	机械	机械	机电;电气
弯道最小曲线半径(m)		5	5;7	7	7	10	20	5	7	
轮缘牵引力(kN)	小时制	7.84/2.11	4.7	13.05	15.11	26.65	43.20	2.55	11.18	16.48
	长时制	0.736/0.392	1.51	3.24	4.33	9.61	12.75		2.84	
速度(km/h)	小时制	4.54/6.47	9.1	11	11	15.9	13.2	4.51	6.2	8.7
	长时制	6.6/12.5	12.0	16	16	17.7	19.7	6.1	10.5	
	最大			25	25	25	26	10	25	

技术特征			架线式电机车						蓄电池式电机车		
			$ZK1.5-\frac{6}{9}/100$	$ZK3-\frac{6}{9}/250$	$ZK\frac{7}{10}-\frac{6}{9}/250$	$ZK\frac{7}{10}-\frac{6}{9}/550$	$ZK14-\frac{7}{9}/500$	$ZK20-\frac{7}{9}/550$	$XK2.5-\frac{6}{9}-7/45-14$	XK8－6/110－14	XK12－7.9/192 KBT
牵引电动机	型号		ZQ－4－2	ZQ－12	ZQ－21	ZQ－24	ZQ－52	ZQ－82	ZQ－4B	ZQ－11B	
	额定电压(V)		100	250	250	550	550	550	48	110	192
	电流(A)	小时制	45	58	95	50.5	105	162	105	112	560
		长时制	18	25	34	19.6	50	75	42	44	
	功率(kW)	小时制	3.5	12.2	20.6	24	52	82	3.5	11	
		长时制	1.35	5.2	7.6	9.6	25.5	38	1.37	4.3	22
	台数		1	1	2	2	2	2	1	2	2
外形尺寸(mm)	长		2340	2750	4500	4500	4900	7400	2100	2100	4885
	宽		950;1100	950;1100	950;1250	1060;1360	1060;1360	1350	1600	920	1050
	高		1550	1550	1550	1550	1550	1700	1550	1550	1600
1987年参考价(万元)			1.22	1.44	2.40	3.10;4.00	7.40	19.5			

湘潭电机厂，常州工矿电机车厂生产

式中　L ——运输距离，m；

L_1、L_2……L_n——各出矿点至卸矿点的相应距离，m；

A_1、A_2……A_n——各出矿点相应的出矿量，吨/班。

3)线路坡度

井下电机车运输线路往往是变化的，为计算力便，常常根据纵断面图算出线路的平均坡度，作为线路坡度。线路平均坡度 i_p 由(5－9)式确定：

$$i_p = \frac{i_1 L_1 + i_2 L_2 + \cdots i_n L_n}{L_1 + L_2 + \cdots L_n} \tag{5-9}$$

式中　i_1、$i_2 \cdots i_n$——各段线路相应坡度，‰。设计时一般可以取线路平均坡度为 3～5‰；

L_1、$L_2 \cdots L_n$——各段线路的相应长度，m。

(3)电机车牵引的矿车数

1)按电机车的启动条件计算牵引重量

考虑到井下运输中最困难的情况，按电机车牵引重车组沿弯道上坡启动；同时为了保证电机车启动时车轮不滑动，电机车的牵引力(F)不应超过最大粘着力，即：$F < G_{jn}\psi$。这样求得电机车的牵引重量 Q_{zh}。计算公式为：

$$Q_{zh} = \frac{G_{jn}\psi}{\omega_{zh} + i_p + \omega_w + 0.11_a} - G_j \tag{5-10}$$

式中　G_{jn}——电机车的全部主动轮轴压在钢轨上的总重量，$G_{jn} = G_{jo}$，称为电机车的粘着重量，kg；

G_{jo}——一个主动轮轴加在轨道上的重量，kg；

ψ——电机车启动时的粘着系数，如下：

工作状况	启动时	撒砂启动时	运动时	制动时
ψ 值	0.20	0.25	0.15	0.13～0.17

G_j——电机车的重量，kg；

Q_{zh}——重车组的重量，即机车牵引重量，kg；

ω_{zh}——重车启动时的阻力系数，可按重车基本阻力系数选取，见表 10－5－14；

i_p——线路的平均坡度，一般可取 3‰；

ω_w——弯道阻力系数，用经验公式

$$\omega_w = \frac{K \times 35}{1000R}$$

计算，当重列车不在弯道上启动时，则 $\omega_w = 0$。

K ——考虑外轨超高的系数，当外轨超高时，$K = 1$，当外轨没有超高时，$K = 1.5$；

R ——曲线半径，m；

a ——列车的加速度，对于地下运输可取 $a = 0.03 \sim 0.05 m/s^2$。

表 10－5－14　矿车基本阻力系数①

矿车容积(m^3)	单个矿车		列车	
	重　车	空　车	重　车	空　车
0.5	0.007	0.009	0.009	0.011
0.7～1.0	0.006	0.008	0.008	0.010
1.2～1.5	0.005	0.007	0.007	0.009
2	0.0045	0.006	0.006	0.007
4	0.00.1	0.005	0.005	0.006
10	0.0035	0.004	0.004	0.005

① 矿车启动阻力系数为基本阻力系数的 1.5 倍。

2)按制动条件计算牵引重量

按《冶金矿山安全规程》规定，地下运输列车的制动距离为：运送人员时，不得超过 20m；运送物料时，不得超过 40m；14t 以上大型电机车或双机牵引运输，应根据运输条件予以确定，但不得超过 80m。按制动条件确定电机车的牵引重量时，必须根据这个规定并按最不利情况来计算。同时为了使电机车车轮不被闸瓦抱死，电机车的最大制动力 B 应小于或等于它的粘着力，即 $B < G_{jz}\psi$，按这一条件求得电机车的牵引重量 Q_{zh}，共计算公式为：

$$Q_{zh} \leqslant \frac{G_{jz}\psi}{0.11a_z + i_p - \omega'_{zh}} - G_j \tag{5-11}$$

式中　Q_{zh} ——电机车的牵引重量，kg；

G_{jz} ——机车的制动重量，kg。如果各轮轴都是制动闸瓦时，则机车的制动重量等于机车全部重量；

ω'_{zh} ——重列车的运行阻力系数，可按重车基本阻力系数选取，见表 10－5－14；

a_z ——制动时的减速度，m/s^2。可按下式计算：

$$a_z = \frac{U_{ch}^2}{2L_z}, \text{m/s}^2$$

U_{ch}——电机车的长时速度，m/s。见表 10－5－13；

L_z——制动距离，$L_z = 40\text{m}$；

G_j——电机车的重量，kg。

按上述两个条件分别计算牵引重量以后，应取两者中的小值来计算车组中的矿车数 Z_1：

$$Z_1 = \frac{Q_{zh}}{G + G_0} \tag{5-12}$$

式中　Z_1——矿车数，辆；

Q_{zh}——牵引重量中的较小值，kg；

G——矿车的有效装载重量，kg；

G_0——矿车的重量，kg。

3）按牵引电动机的温升条件对上述结果进行校验

校验的实质是 牵引电动机的等值电流 I_d 不应超过它的长时电流 I_{ch}，即 $I_d < I_{ch}$。如果能够保持这个条件，牵引电动机的温升就不会超过允许温升。

牵引电动机的长时电流可由表 10－5－13 查得。

电机车每往返一次牵引电动机的等值电流用均方根法计算。

首先计算电机车牵引重车组和空车组运行的牵引力 F_{zh}（N）、F_k（N）：

$$F_{zh} = [G_j + Z_1(G + G_0)](\omega'_{zh} - i_p) \tag{5-13}$$

$$F_k = (G_j + Z_1 G_o)(\omega'_k + i_p) \tag{5-14}$$

每台牵引电动机的牵引力 F'_{zh}（N）、F'_k（N）：

$$F'_{zh} = \frac{F_{zh}}{n} \tag{5-15}$$

$$F'_k = \frac{F_k}{n} \tag{5-16}$$

式中　ω'_k——空列车的运行阻力系数，可按空车基本阻力系数选取，见表 10－5－14；

n——电机车上的牵引电动机台数，台。

然后在牵引电动机的特性曲线（图 10－5－13）上，根据所计算的 F'_{zh}、F'_k 查出重列车和空列车运行时牵引电动机的电流 I_{zh}、I_k 及速度 v_{zh}、v_k。查出速度为 km/h，应化为 m/s。

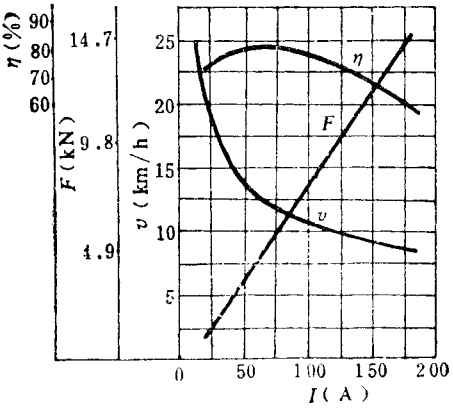


图 10－5－13　ZQ－21 型电动机特性曲线

电机车往返一次牵引电动机的等值电流为：

$$I_d = a\sqrt{\frac{I_{zh}^2 t_{zh} + I_k^2 t_k}{T_1 + t}} \tag{5-17}$$

式中　I_d——电机车往返一次牵引电动机的等值电流，A；

a——调车系数，即考虑调车时牵引电动机工作的系数，其大小与运距有关。运距小于 1000m 时取 1.4，运距为 1000～2000m 时取 1.25，运距大于 2000m 时取 1.15；

t——在井底车场和采区车场调车的时间，包括调车、装卸作业、让车和意外耽误的时间等。一般取 $t = 20 \sim 25\text{min}$，在计算时也可按各次耽误时间之和来考虑。

T_1——总的运行时间，即重列车和空列车运行时间之和，$T_1 = t_{zh} + t_k$。

$$t_{zh} = \frac{L_m}{60 \times 0.75 v_{zh}}, \text{min}$$

$$t_k = \frac{L_m}{60 \times 0.75 v_k}, \text{min}$$

L_m——电机车到最远的一个装车站的距离，m；

$0.75 v_{zh}$——重列车的平均速度，m/s；

$0.75 v_k$——空列车的平均速度，m/s。

若 $I_d < I_{ch}$ 则表明牵引电动机不会超过允许温升，也即电机车牵引的矿车数是恰当的。若 $I_d > I_{ch}$，则必须减少车组中的矿车数。

(4)电机车台数的计算

1)电机车往返一次的时间 T(min)：

$$T = T_1 + t \tag{5-18}$$

式中　T_1——总运行时间，min。T_1 值可用下式近似计算：

$$T_1 = \frac{2L}{60 \times 0.75 v_{zh}} \text{min}$$

L ——加权平均运输距离，m。

2)一台电机车每班可完成的往返次数 n_1(次)：

$$n_1 = \frac{60 t_b}{T} \tag{5-19}$$

式中　t_b——电机车每班工作小时数，取 6～6.5h。

3)完成每班出矿量需要的往返次数 m(次)：

$$m = \frac{cA_b}{Z_1 G} \tag{5-20}$$

式中　A_b——某阶段的班平均出矿量，t；

c——运输不均衡系数，$c = 1.2 \sim 1.3$；

G ——一辆矿车的有效装载重量，t；

Z_1——车组的矿车数，辆。

4)每班运输废石、人员、材料、设备等所需的往返次数 m_1 值可按各个矿山具体情况决定。

5)需要的电机车台数 N_1(台)：

$$N_1 = \frac{m + m_1}{n_1} \tag{5-21}$$

6)需要的电机车总台数 N(台)：

$$N = N_1 + N_2 \tag{5-22}$$

式中　N_2——备用电机车台数，工作电机车在4台以内时，备用1台，5台以上时，备用2台。如电机车通过竖井极不方便时，最好各主要生产阶段分别考虑备用机车。

七、井底车场

1.竖井井底车场的形式与选择

井底车场通常根据矿车运行系统分为环行式(图 10－5－14)、尽头式(图 10－5－15a)和折返式(图 10－5－15b)三种。根据井底车场内主要巷道与主要运输大巷相对位

置的不同，环形式井底车场又可分为平行式、斜交式和垂直式三种。

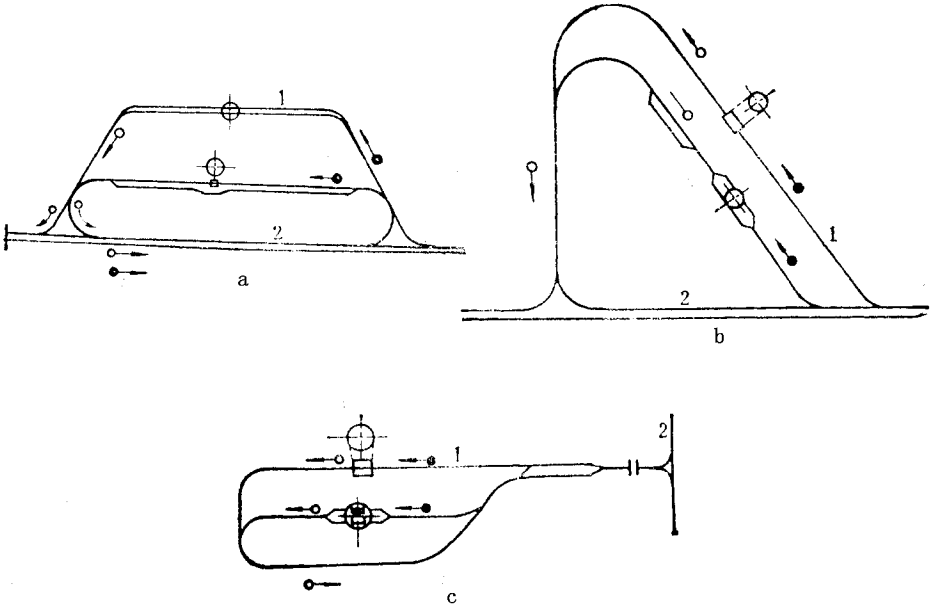


图 10－5－14　环行式井底车场

a—平行式；b—斜交式；c—垂直式

1—井底车场主要巷道；2—主要运输巷道

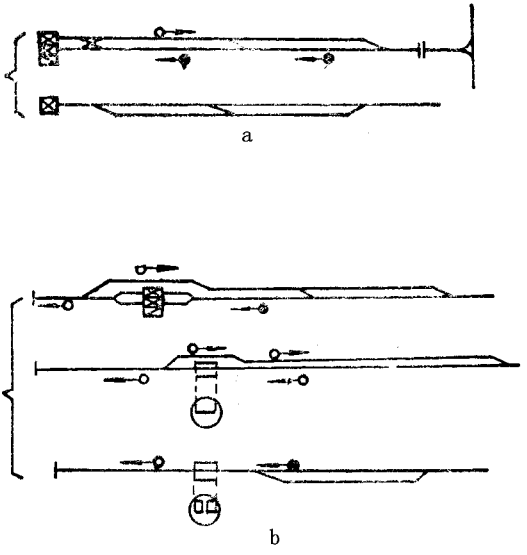


图 10－5－15　尽头式、折返式井底车场

a—尽头式；b—折返式

环行式井底车场的特点是在车场内空、重列车不在同一轨道上作相向运行。亦即井筒或翻车机的一侧进重车，另一侧出空车，而空车经由储车线和绕道不改变方向返回。环行式井底车场可以达到很大的通过能力。

尽头式井底车场的特点是在井筒一侧铺设轨道，因此进、出车，空、重车线和调车场均在井筒一侧。这种车场用于罐笼提升，当空车从罐笼拉出后，再推入重车。其通过能力小。

折返式井底车场特点是在井筒或翻车机的两侧均铺设轨道，一侧进重车，另一侧出空车，空车经过另铺的平行线路或原线路（改变矿车首尾方向）返回。当岩石稳固时，可在同一条巷道中铺设平行折返线路，否则另外开凿平行巷道。

在选择井底车场形式时，首先应保证满足矿井生产能力的需要，同时尽量使车场结构简单，工程量小，管理方便，操作安全可靠，易于施工与维护。一般可参考以下要点选择。

（1）对于大、中型矿井，一般都开凿主、副井筒。主井为箕斗井，副井为罐笼井。主、副井系统的线路布置均为环行式，构成双环式井底车场。

（2）采用箕斗提升矿石，用侧卸式矿车运输，当运输量较小时，常用折返式车场；当运输量较大时，为减少摘挂钩作业时间也可用环行式车场。当采用双机牵引的底卸式矿车时，多用折返式车场。尽头式车场常用于固定式矿车以机车调头推动车组直接卸载。

（3）当用罐笼井作主、副井提升时，一般采用环行式车场。如矿井生产能力较小，能直接在靠近竖井外侧铺设绕道时，可以考虑采用折返式车场。

（4）辅助提升用的罐笼井，如废石量不大或矿车进出罐笼的换车时间能满足提升量要求时，可以采用尽头式单面车场。

2. 斜井井底车场的形式与选择

斜井有轨提升的常见方式有矿车提升和箕斗提升两种。当斜井倾角大于 30°时用箕斗提升。矿车提升又有单钩、双钩、单车、串车之分。

斜井轨道与阶段平巷轨道的连接形式有用车道、吊桥和吊桥式甩车道三种，如图 10－5－16 所示。它们的使用条件及优缺点见表 10－5－15。

箕斗提升的下部装载系统与竖井装载系统相似。大、中型矿井的斜井用箕斗提升时，其车场形式可选择环行式或折返式。

中小型矿山的斜井以串车（矿车成串牵引）提升为主，串车提升的车场均为折返式。

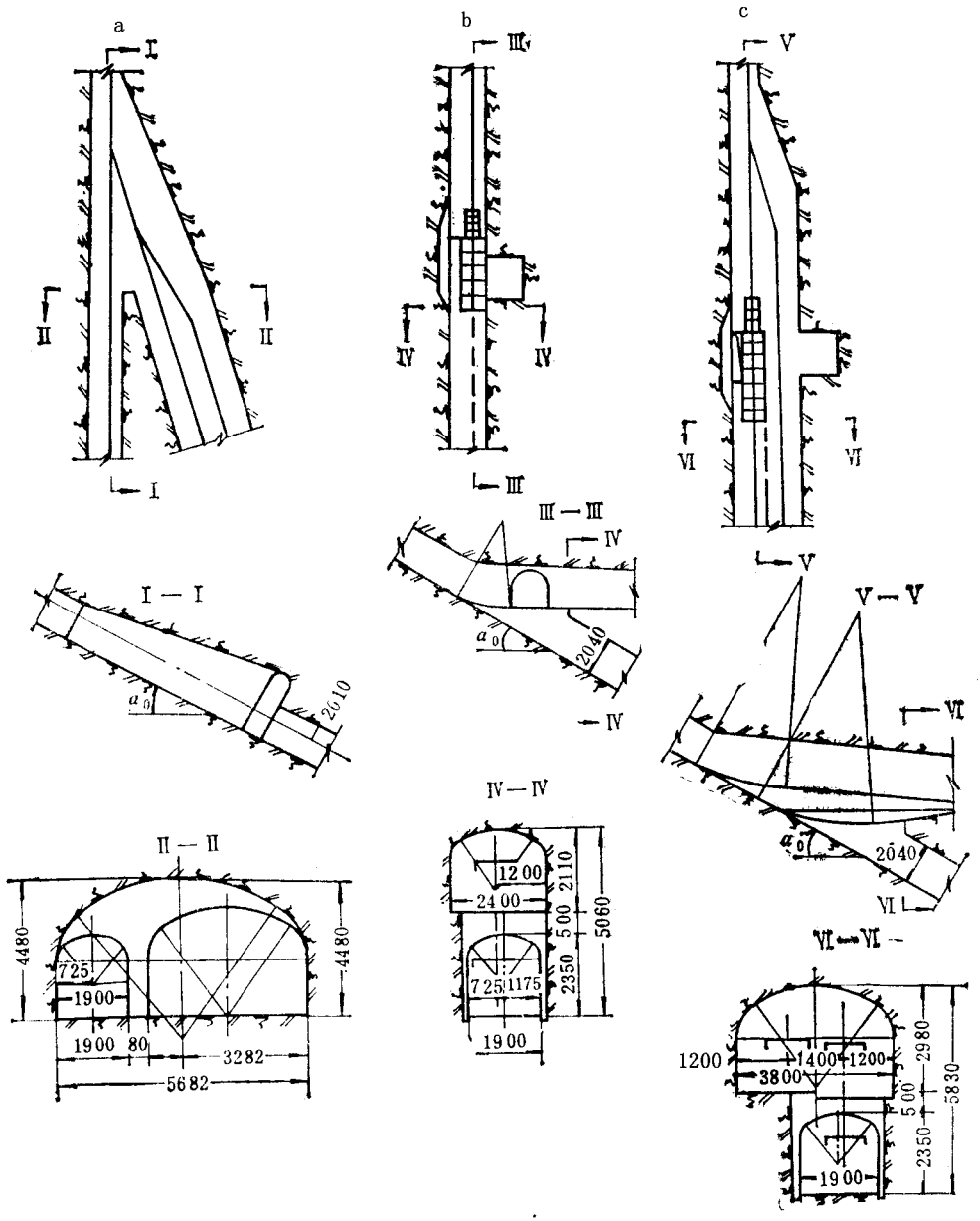


图 10－5－16　斜井与阶段连接形式

a—甩车道；b—斜井阶段吊桥；c—吊桥式甩车道

表 10－5－15　斜井与各阶段连接形式的比较

项　　目		斜井与各阶段连接形式		
		斜井甩车道	斜井阶段吊桥	吊桥式甩车道
应用条件	斜井坡度	< 30	> 20	> 20
	井 型	中小型	小型	中小型
特点	斜井与车场轨道连接的方法	道岔	吊桥	重车线用吊桥，空车线用道岔
	进出车方向	斜井侧帮	斜井顶板	重车由顶板进，空车由侧帮出
优缺点	开凿量	大	小	较小
	生产	矿车易掉道，在甩车道处磨损钢丝绳	矿车不易掉道，又不	同左
	施工	比较困难	简单	比较困难
	延伸	需采取特殊措施	上边生产，下边延伸，施工安全有保证	同左
	甩车时间	长	短	较短
	管理		启动吊桥	搬道岔启动吊桥
	上下材料	方便	大于 10m 长材料下井困难	较方便
	车场自溜	能	不能	能

八、无极绳运输

1.无极绳运输的应用及其特点

无极绳运输一般适用于中小型露天矿山和地下矿山。其具有设备结构简单、制造安装容易、操作和维护比较方便，以及施工快、投资省、成本低等特点。但由于矿车是在钢丝绳运动过程中向上挂的，所以无极绳钢丝绳运行的速度不能太快，一般为 0.75 ~ 1.0m/s，因此运量受到限制，同时需要辅助的人工劳动，工作安全性、可靠性较差，钢丝绳磨损也快。

无极绳运输有上绳式和下绳式两种。上绳式无极绳运输转弯导向设施比较复杂，其线路宜直线布置，使用较少；下绳式运输可沿地形敷设，其设施简单，故应用比较广泛。

无极绳运输虽能适应坡度起伏和弯曲线路，为了提高可靠性一般运输线路应力求平直，允许设有弯道，但应避免反向弯道。无极绳可用于多水平运输，一般为 2～3 个水平。线路坡度要根据联结器的许用拉力确定，下绳式线路坡度应不大于 15°，上绳式线路坡度应不大于 25°为宜，坡度差不宜大于 5°～10°。

无极绳运输根据供车方法和联结器型式，一般采用 0.5～1.2m^3 矿车为宜。

2.无极绳运输设备选择

无极绳运输牵引绞车的选择应计算无极绳运输系统中钢绳的静载荷不得超过选用的绞车最大静拉力和牵引最大静拉力之差，其卷筒直径不应小于 50 倍钢丝绳直径。尾轮直径应不小于 50 倍钢丝绳直径，导向轮直径应不小于 20 倍钢丝绳直径，托辊直径应不小于 8 倍钢丝绳直径。

无极绳绞车技术性能参数见表 10－5－16。无极绳运输系统中所用变向轮、尾轮车、拉紧重锤、下绳式联结器、压绳轮、导绳轮、立辊和托辊等的技术性能参数分别见表 10－5－17 至表 10－5－21 所示。

表 10－5－16　无极绳绞车主要技术性能参数①

型号	最大静张力（kN）	最大静张力（kN）	绳径（mm）	主动轮直径（mm）	绳速（m/s）	速比	电动机			外形尺寸 长×宽×高（mm）	重量（kg）
							型号	功率（kW）	电压（V）		
JW－500/33	11.76	9.8	13	500	0.8/1.2	32.73	BJO_2-62-6 BJO_2-62-4	13 17	38/660	1669×738×623	585
JW－950/48	24.5	19.6	18.5	950	0.75/1	48	IJB32－6 8	20 25	220/380	2060×1268×990	1477
JW_2－1200/60 （JW－1200/60）	34.3	29.4	21.5	1200	0.75/1	60	IJB41－6 8	32 40	220/380	2568×1448×1320	2286
JW－1600/80	58.8	49	28	1600	0.75/1	80	JO_292－6 8	55 75	380	3485×1720×1672	4655
JW－2100/100	117.6	94	34	2100	0.75/1	100	JR125－6 8	90 130	380	5585×3900×1640	16121

① 山西临汾煤矿机械厂提供。

表 10－5－17　变向轮技术性能参数

轮径（mm）	许用拉力（kN）	钢丝绳直径（mm）	外形尺寸（m）			重量（kg）	图号	资料来源
			长	宽	高			
φ400		17	890	480	200	73	28 采机 8	鞍山黑色冶金矿山设计研究院
φ500	27.46	21.5	500	500	208	300	档 01277	兰州有色冶金设计研究
φ600		32.5	φ800		704	233	T－KJ 82－32	沈阳铝镁设计研究院
φ800	29.42	25	φ800		360		6 备 3	鞍山黑色冶金矿山设计研究院

表 10－5－18　尾轮车技术性能参数

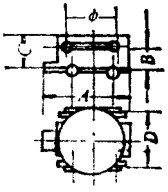
图　形	轮径(mm)	许用拉力(kN)	钢丝绳直径(mm)	轨距 D(mm)	重量(kg)	外形尺寸(mm) A	B	C	图号	使用地点	资料来源
	600	24.515	18.5	600	238	500	335		6备 42		鞍山黑色冶金矿山设计研究院
	1180	19.615	28	600	763	1980		650	档 0111		兰州有色冶金设计研究院
	1480		17	600	768	2320	468	650	6备 35		鞍山黑色冶金矿山设计研究院
	1500		30	000	855	2320	468	650	6备 53		同上
	1500		30	600	583	ϕ1573	302		T－KJ－82－3	山西孝义铝矿	沈阳铝镁设计研究院
	1800		25	762	985		481		1458	洛阳水泥厂	

表 10－5－19　拉紧重锤技术性能参数

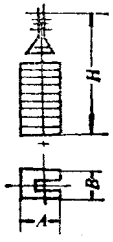
图　形	总重量(kg)	重锤每片重量(kg)	重锤片数(片)	外形尺寸(mm) A	B	H	图号	使用地点	资料来源
	1886.9	200	0	1000	1000		28 采机 11		鞍山黑色冶金矿山设计研究院
	1849.76	193.6	9	500	560	2255	6备 36		同上
	1764	188	9	ϕ1000	1986		档 0112		兰州有色冶金设计研究院
	4150	90	42	ϕ1000	1000		档 01280	银川调车系统	同上
	4173	32.5	120	ϕ800		1500	T－KJ－82－25		沈阳铝镁设计研究院

表 10－5－20　下绳式联结器技术性能参数

类型	许用拉力(kN)	适用坡度(°)	钢丝绳直径(mm)	质量(kg)	图号	使用地点	资料来源
自动		8	22～24	40.5	6备 253	西智石灰石矿	鞍山黑色冶金矿山设计研究院
自动		6°26′	18.5～21.5	20.6	6备 252	湖田石灰石矿	同上
手动	4.90.5		15.5～37	12.65	6备 58		同上
手动	9.810	＜20	＜21.5	10	档 01113－2		兰州有色冶金设计研究院
手动	9.810	＜20	＜28.5	10	档 01113－4		同上

表 10－5－21　导绳轮、压绳轮、立辊、托辊技术性能参数

名　称	直径(mm)	允许拉力(kN)	钢丝绳直径(mm)	外形尺寸(mm)			重量(kg)	图号	使用地点	资料来源
				长	宽	高				
压绳轮	500	39.225	15～18.5	360	320	560	66.5	档 0121		兰州有色冶金设计研究院
导绳轱	400		17	480	270	440	50.1	28 采机 6		鞍山黑色矿山设计研究院
导绳轮	600		17	635	600	652	62.85	6 备 1		同上
导绳轮	760	49.035	26	236	270	378	215	档 01279		兰州有色冶金设计研究院
压绳轮	150	13.730	16～21.5	840	140	210	41.8	档 0120		同上
压绳轮	153	13.730	16～21.5	840	140	265	47.4	档 0119		同上
立辊	$\phi150\times70$	294.2	21	820	300	1070	60	标备 8	瓦房子锰矿	鞍钢矿山公司设计研究院
立辊	$\phi160\times90$			800	160	132	50	矿备轮 61		长沙黑色冶金矿山设计研究院
立辊	$\phi160\times183$			830	160	216	52.4	焦大采机参 12		同上
立辊	200	353.040	31	850	400	1570	90	标备 4	瓦房子锰矿	鞍钢矿山公司设计研究院
立辊	294		32.5	600	400	440	103	T－KJ－82－81		沈阳铝镁设计研究院
托辊	120		32.5	848	200	195	62.1	T－KJ－82－56		同上

第二节　带式输送机运输

一、地下带式输送机运输的应用范围及选择原则

1.地下带式输送机运输的应用范围

带式输送机运输是一种连续运输方式，国内外已广泛地用于地下矿山从采场到地面选矿厂的运输系统中。它主要用来运输矿岩，也运输材料和人员。

这种运输方式生产能力大、安全可靠、操作简单、自动化程度高。随着钢绳芯运输胶带等高强度胶带的使用，带式输送机运输已具有长距离、大运量、高速度的特点，因而符合现代矿山设备高效率运输的要求。

带式输送机运输在地下矿的使用受到矿岩块度、运量、巷道倾角、弯道等的限制。通常只能运送经过粗碎的矿岩(块度小于 350mm)，且只适宜使用在运量较大、巷道倾角较小、没有弯道的情况下。

地下带式输送机运输按其使用场所和完成的运输任务可分为：

(1)采场带式输送机运输，它直接从采矿工作面接受和运输矿岩；

(2)集矿带式输送机运输，它从两台或多台带式输送机接受矿岩；

(3)干线带式输送机运输，它运输地下开采的全部矿岩，包括经平巷、斜井至地表的带式输送机运输。

在金属矿可使用移动式带式输送机从采场运出矿石。为将大块原矿进行破碎，美国已开始采用地下移动式破碎机。白松铜矿(White Pine)在采场附近设置破碎机，将大块矿石破碎至 150mm 以下，用长 18km 的带式输送机将矿石沿主要运输巷道和斜井运至选厂。为了直接运输大块而坚硬的原矿，苏联、美国和我国都曾研制原矿带式输送机，直接运输未经粗碎的块度达 1000mm 的矿岩。移动式原矿带式输送机可与振动放矿机配套使用，实现采场连续出矿。如苏联尤克斯波尔斯基(Юкспорский)矿采用图 10－5－17 所示的系统，形成了采场连续出矿 2500t/h 的能力。图 10－5－18 则给出了两种原矿带式输送机的结构原理。我国四川石棉矿作过小车式带式输送机运输的生产试验，运转年余。其特点是矿块在皮带上没有越过托滚的跳动，以致矿块尺寸甚至接近带宽也能运输。

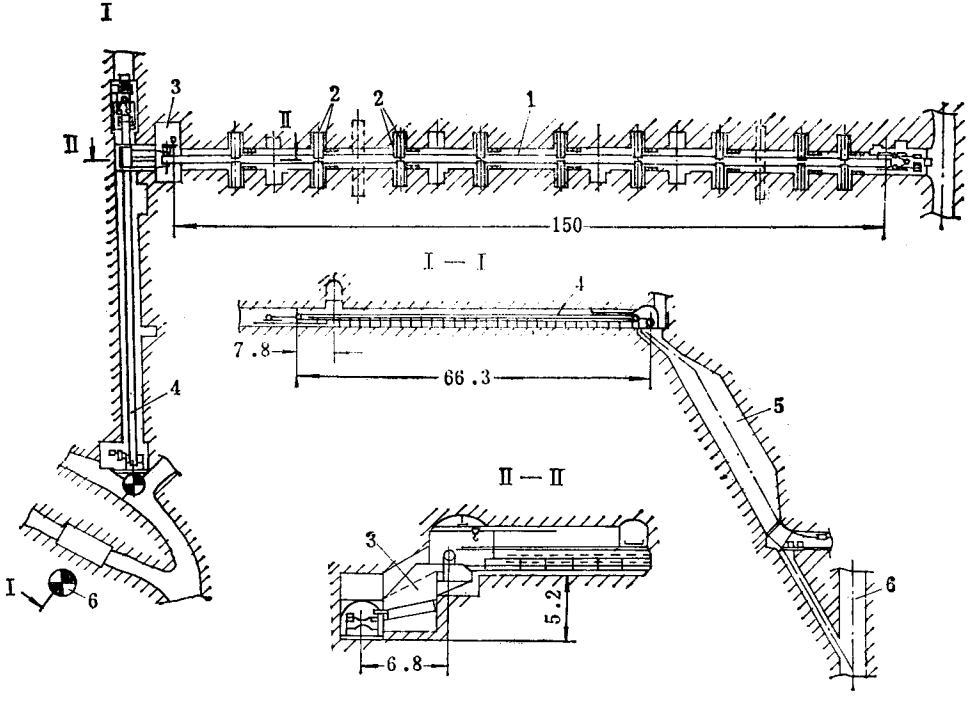


图 10－5－17　苏联尤克斯波尔斯基矿供采场连续出矿的移动式原矿带式输送机运输系统
1—穿脉巷道带式输送机；2—振动出矿机；3—转运机；
4—出矿平巷输送机；5—贮矿仓；6—矿石转载溜井

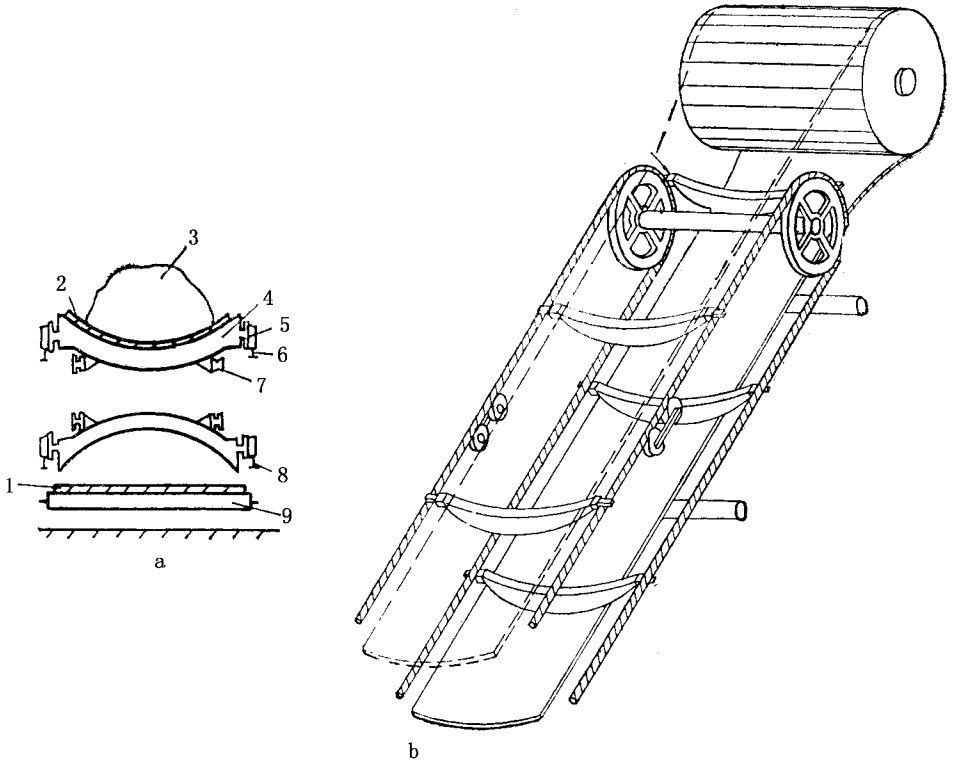


图 10－5－18　原矿带式输送机

a—小车式；b—撑条钢绳式

1—钢绳芯胶带(空载)；2—钢绳芯胶带(承载)；3—大块矿岩；4—凹型钢槽架；

5—滚轮；6—上行钢轨；7—环链；8—下行钢轨；9—下托辊

图 10－5－19 为煤矿采区使用带式输送机的典型情况。从采煤机 1 采下的煤经刮板输送机 2、转载机 6 卸到顺槽可伸缩带式输送机 7 上。这样的运输系统也可用在某些较软的层状矿体(如钾盐矿、石膏矿)的采区中。

地下带式输送机运输有运矿的、矿人两用的和运人的三种。

运矿的带式输送机运输根据不同的场所和任务采用不同的胶带宽度。采场带式输送机运输多采用 800～1200mm 的带宽，集矿带式输送机运输多采用 1000～1600mm 的带宽，而干线带式输送机运输则多采用 1000～2000mm 的带宽。带宽 1000mm 的输送机，运输能力可达 1000t/h。

通常的带式输送机运输只能在倾角 +18°～－16°的巷道中有效地输送矿岩。冶金矿山安全规程规定，采用带式输送机运输的斜巷，其倾角应小于 15°。当斜巷倾角更大时，则应采用专门的高倾角带式输送机，它采用点状或条状花纹胶带。近年，又研制了一种

新型高倾角带式输送机，它借助于覆盖胶带夹紧被运物料来实现 40° ~ 60°的大倾角输送。

地下带式输送机运输不宜用于运送坑木、设备和长尺寸材料。

运人的带式输送机应能反向驱动，并以低速运行，同时还必须保证人员上下胶带和乘坐胶带的安全性，运输线路照明良好，并在其全长装设紧急事故停带装置。此外，应当制订出有关胶带运送人员的安全措施和规程。

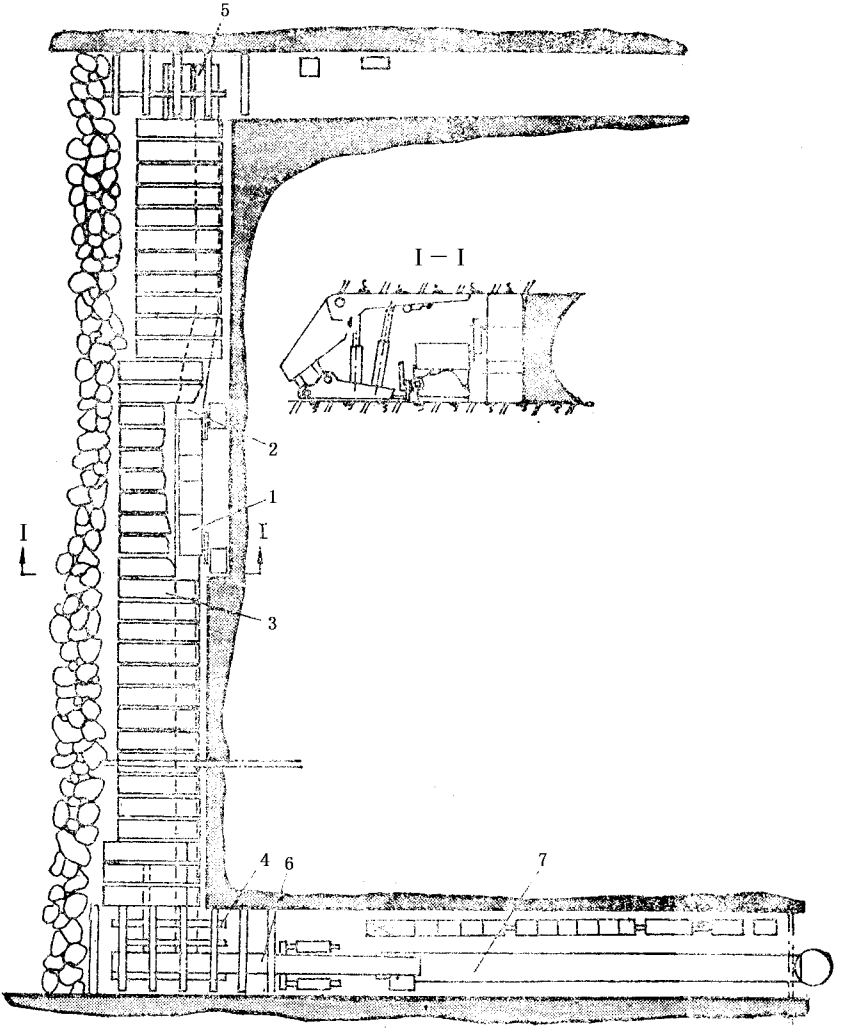


图 10－5－19　煤矿采区的带式输送机运输系统

1—采煤机；2—刮板输送机；3—采区液压支架；4—下端头液压支架；5—上端头液压支架；6—转载机；7—可伸缩带式输送机

绝对不能用运矿的带式输送机和正在运矿的矿人两用输送机运送人员。纲绳牵引带式输送机没有越过托滚的跳动现象,适于运送人员。

平巷和小倾角斜巷用的输送机没有逆止器,在大多数情况下也没有制动器。而斜巷用的带式输送机则有逆止器和制动器。

2.选择原则

地下带式输送机运输的选择是确定地下运输系统的一项重要内容。首先必须在矿山工程项目可行性研究阶段,就将带式输送机运输与其它运输方式进行方案比较,论证带式输送机运输系统所具有的综合优越性。

根据矿床赋存条件和开拓系统、采矿方法,在地下运输中较少采用从采场到地表选厂的单一带式输送机运输,而较多采用带式输送机运输与轨道运输、无轨运输等组成的联合运输系统。通常,这种联合运输系统能克服单一带式输送机在运送矿石、废石、人员、材料和设备时灵活性差等缺点。

带式输送机选型时,对其提出的主要技术要求是当出现短时最大矿岩流量时,胶带能全部容纳矿岩而不将其撒落,并在矿岩流量达最高峰时,驱动装置和胶带仍能正常运转。

带式输送机的输送量是指正常运行的胶带每分钟所能输送的矿岩量。它由胶带宽度、倾角等几何参数与胶带运行速度所确定。当带式输送机为半固定式安装时,建议将其输送量取得比产品说明书的规定值低10%。

具体的带式输送机的输送量是由驱动装置的功率、牵引能力以及胶带强度等参数确定的,并随输送机安装倾角不同而变化。

二、地下带式输送机的类型、技术性能参数与选择

1.地下带式输送机的类型

地下带式输送机可按许多方式进行分类,主要分类方式有下面四种。

按主要结构分,有普通带式输送机、钢绳芯带式输送机、钢绳牵引带式输送机和原矿带式输送机。

按固定方式分,有移动式带式输送机、半固定式带式输送机和固定式带式输送机。

按长度变化分,有固定长度带式输送机和可伸缩带式输送机。

按使用倾角分,有低倾角带式输送机和高倾角带式输送机。

普通带式输送机采用普通运输带作为承载机构和牵引机构。普通带有普通型、强力型、耐酸、耐碱、耐油、耐寒型。普通型由上下覆盖胶和挂胶帆布(棉帆布或化学纤维帆

布)经硫化结合成一整体。强力型由耐磨、抗拉强度较高的胶料与尼龙经硫化结合成一整体。耐酸、耐碱、耐油运输带的覆盖胶分别选用耐酸、耐碱、耐油的合成橡胶。耐寒运输带其覆盖胶采用耐寒性能良好的顺丁橡胶和天然橡胶,可在 -40℃温度下正常运转。普通带式输送机使用很广泛。

钢绳芯带式输送机(国产 DX 型)采用钢绳芯胶带。这种胶带与普通胶带的不同之处在于钢绳代替挂胶帆布作带芯,因而胶带抗拉强度高、伸长率小、容许滚筒直径小、使用寿命长。钢绳芯的状态及损伤可连续监测,能满足长距离、高速度、大运量输送的技术要求。

钢绳牵引带式输送机采用钢绳牵引,胶带仅作为承载机构。两条无极运行的钢绳绕过驱动轮和张紧轮,钢绳与胶带两侧的楔形耳槽接触。借助于磨擦力拖动胶带运行。这种胶带由中间胶片作间隔,内有金属支撑层,并以胶帆布包覆成一体。同时贴上下覆盖胶、边胶和耳胶而制成。这种带式输送机可用于较长距离运送矿岩和人员。但由于结构复杂、设备费用高、钢绳消耗量大,运转可靠性低等原因,其应用有逐渐减少的趋势。

移动带式输送机带有行走轮,因而便于移动,能大大减少安装工作量,并提高运输作业线的工艺灵活性和可靠性。可适应地下巷道工况变化。

可伸缩带式输送机的工作原理与普通带式输送机相同。单台运输距离可达 1000m,但它增设了胶带贮存收放装置,因而使输送机具有可伸缩的性能。这种输送机的机身结构有钢绳吊挂式、钢梁吊挂式和钢架落地式多种。

高倾角带式输送机,当采用点状或条状花纹胶带时,其物料输送倾角可较普通带式输送机的允许最大倾角高 10°以上。图 10 - 5 - 20 所示为高倾角带式输送机的输送工作原理示意图。它由起夹紧作用的覆盖带和承载带组成。夹紧被输送的矿岩,因而其倾角可达 40° ~ 60°。特制的高倾角带式输送机,甚至可以进行垂直运输矿岩。

2.技术性能参数与选择

各种类型带式输送机的主要技术性能参数有:带宽、带速、输送能力、电机功率、拉紧力、输送带最大张力等。

三、地下带式输送机运输系统

地下带式输送机运输系统包括采场带式输送机运输和干线带式输送机运输。

采场带式输送机运输系统是分布在采场范围内各个平巷和斜巷中的带式输送机和设施的总和。图 10 - 5 - 16 和图 10 - 5 - 18 分别给出了金属矿和非金属矿(煤矿、钾盐矿等)的采场带式输送机运输系统。

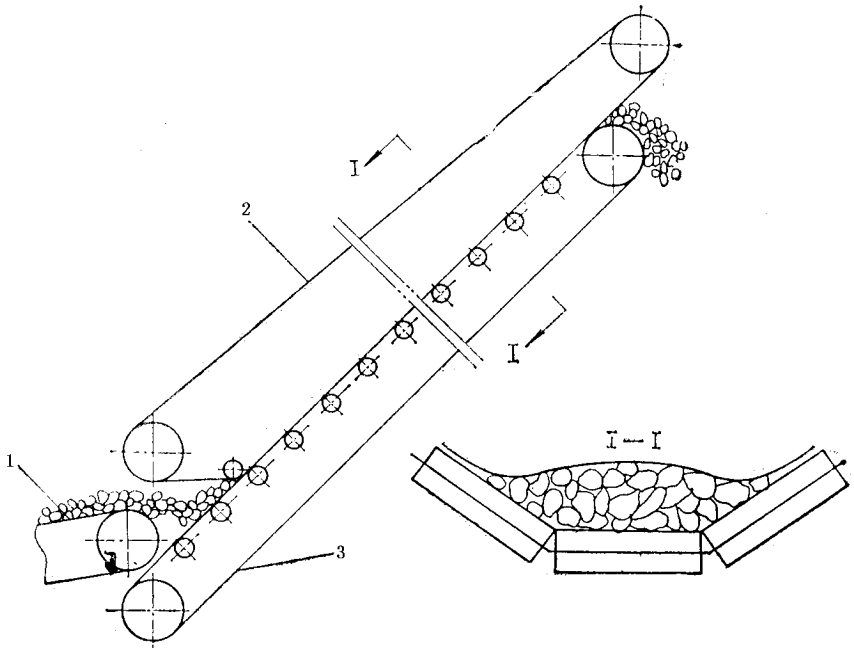


图 10－5－20　具有夹层胶带的高倾角带式输送机示意图

1—增速带；2—覆盖带；3—承载带

干线带式输送机运输系统是分布在主要运输平巷和主要运输斜巷的带式输送机运输设备、设施的总和。

根据采场运输和干线运输的生产方式，地下带式输送机运输有两种基本系统：单一带式输送机运输系统和联合运输系统。

单一带式输送机运输系统是指地下矿岩的输送全部采用带式输送机。即从采场到井底车场或矿井地面（当采用斜井开拓时）的矿岩运输实现了带式输送机化。如前面提到的美国白松铜矿的带式输送机运输系统。

联合运输系统是指矿岩的输送除采用带式输送机运输外，还采用其他运输方式，如机车运输、汽车运输、钢丝绳运输等配套。

不论是单一带式输送机运输还是联合运输系统，在系统设计时首要的问题是使系统中的带式输送机与其他运输设备或设施合理匹配，并经济而有效地运转。例如图 10－5－16 中，穿脉巷道带式输送机和出矿平巷带式输送机的技术生产率均为 2500t/h，配套的振动出矿机的技术生产率为 1000t/h，通常有 2～3 台出矿机同机运转，以保证带式输送机有效地工作。出矿巷道带式输送机向贮矿仓卸矿，矿仓容量为 5600t，约能容纳输送机两小时所输送的矿石，以保证带式输送机的连续工作。转载溜井向地下矿用自卸汽车装

载，因此溜井下端安设了装车的漏斗装置。

近年，斜井开拓采用带式输送机运输的使用范围有所扩大，运输设备也有了较大的发展。斜井带式输送机运输的合理性主要取决于矿山开拓条件，矿山生产规模和服务年限。矿床规模和矿山生产规模越大，服务年限越长，越能显示出斜井带式输送机运输的优越性。随着带式输送机的大型化，高倾角化和自动化，这一点将更为明显。决定带式输送机合理性的另一个重要因素是矿山开拓深度。尽管现有斜井带式运输系统的开拓深度已超过 1000m，但国外的研究和矿山实践表明，对于不同的开拓深度，是用斜井带式输送机运输系统比较合适还是竖井提升或汽车斜坡道开拓方式更为经济，需要进行具体方案比较。

在进行带式输送机运输的设计时，应事先作出地下运输系统图，图中标明相关的运行路线和衔接位置，各种货载（矿石、废石、材料、设备和人员）的运输方向和运输方式，也应作出矿井或采场的带式输送机运输系统图，图中应合理划出单独的计算区段。每个计算区段的货流量和货流方向不发生变化。

四、地下带式输送机运输设备的选择与配置

地下带式输送机运输设备的主体是带式输送机。各类带式输送机的基本组成部分为：胶带、头部（驱动装置、头部支架和传动滚筒）、尾部（尾部支架和尾部滚筒）、中间部（头部和尾部之间的中间支架和托辊组）、拉紧装置。

胶带有普通带、花纹带、钢绳牵引带和钢绳芯带等。胶带类型的选择主要考虑输送矿岩的性质、输送距离、输送机倾角等。在一般运量不大、运距较短情况下选用普通带，当倾角较大时可选用花纹带，在长距离、大运量的情况下，则选用钢绳芯带。如工作时明长，且运距不变、又有运人要求，则可考虑钢绳牵引。胶带宽度一般为 800 ~ 2400mm，最大可达 2800mm。

传动滚筒有光面、包胶和铸胶三种。光面滚筒只有在功率不大、环境湿度小的情况下才采用。传动滚筒直径主要随带宽和胶带种类不同而改变。

托辊分槽形和平形两种。输送矿岩时重载段采用槽形三托辊结构，槽角为 30°。空载段则多用平形托辊，也可能用防止胶带跑偏的二辊式槽形托辊，槽角一般为 15°。在受料处使用缓冲托辊。为防止胶带跑偏，每隔一定距离设置调心托辊，选用摩擦阻力系数小的托辊，对于长距离带式输送机运输的运转有效性和经济性意义很大。托辊直径随带宽增加而增大，托辊组的间距应保持胶带的合理垂度在受料处和凸弧段间的胶带垂度一般应小于两托辊组间胶带的垂度。

拉紧装置使胶带具有所需的拉紧力，以保证胶带与传动滚筒间产生足够的摩擦力，并使胶带在托辊组间的垂度不超过允许值。普通带式输送机和高倾角带式输送机采用螺旋式、车式和重锤式三种拉紧装置。螺旋式使用在机长小于 80m 的情况，按机长的 1%选取拉紧行程；车式则适用于输送长度和功率较大时。钢绳芯带式输送机采用绞车式(自动绞车式或固定绞车式)，重载车式和重锤式拉紧装置。钢绳牵引带式输送机除绞车拉紧装置外，还有钢绳拉紧装置，因此其拉紧装置包括胶带张紧车、钢绳张紧车、张紧绞车、导绳轮、重锤等部分。

带式输送机还有清扫器，卸料器、逆止器、制动器(闸瓦制动器和盘式制动器)等装置。

带式输送机还有一些附属设施：皮带秤、电磁分离器、金属探测器、头罩及导料槽、转运站等。此外还有用于胶带接头和修补的硫化器等。

为保证带式输送机的安全运转，应设置必需的安全保护装置。如紧急事故开关、胶带纵向撕裂保护装置、漏斗堵塞防护装置等。

五、地下带式输送机运输系统实例

实例 5－1　金川有色金属公司二矿区扩建工程的带式输送机运输系统

金川有色金属公司二矿区已建成一期工程具有 3000t/d 的设计生产能力。正在进行的工期扩建工程，1990 年完成后，设计生产能力可达 8000t/d。为开采 1250m 以下的 1 号矿体，设计了一个带式输送机运输系统。运输的矿石主要含镍、铜等金属。容重为 3t/m^3，松散系数为 1.6。

矿区采用竖井、斜井、斜坡道联合开拓方案，采用井下铲运机运搬，汽车运输，带式输送机运输，箕斗提升，轨道运输组成的联合运输系统。

图 10－5－21 为提升运输系统示意图。矿石提升运输为上部西主井箕斗提升与下部斜井带式输送机运输相结合的系统。各阶段运输则采用 25t 地下矿用自卸汽车。生产初期矿石经 1150m 中间运输阶段运到两个中心溜矿井卸载，放到设于 1000m 主运输阶段上的破碎站，经旋回破碎机破碎后贮存于 3000t 容量的矿仓中。从矿仓底部 939m 用两台振动放矿机将矿石装到 1 号带式输送机上，再经 2 号、3 号带式输送机转运到 1300m 阶段卸入容量为 1300t 的矿仓中，在 1250m 阶段矿仓底部再用振动放矿机装上 4 号带式输送机运至西主井箕斗装矿站。经过计量漏斗装入箕斗，垂直提升到井口 1755m 卸入两个贮矿仓并在 1672m 平硐内装入准轨 60t 气动自翻车，由铁路机车牵引车组运往选厂。

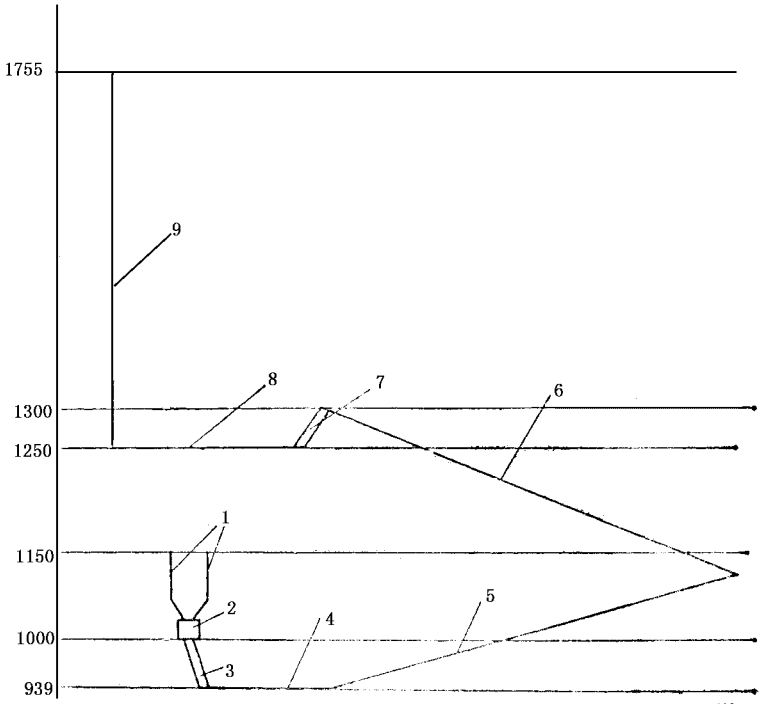


图 10－5－21　金川二矿区扩建工程提升运输系统示意图

1—中心溜矿井；2—破碎硐室；3—矿仓；4—1 号输送机；5—2 号输送机；6—3 号输送机；7—矿仓；8—4 号输送机；9—西主井

带式输送机运输系统由四条带式输送机及一些辅助设施组成。1 号及 4 号带式输送机分别布置在 939m 阶段和 1250m 阶段。运距各为 130m 和 280m，采用普通胶带，水平输送矿石。2 号及 3 号为主带式输送机，倾角 12°，运距分别为 850m 及 1040m，采用钢绳芯胶带。在 1 号带式输送机上还设有一台电子皮带秤。

根据运输矿石块度不大于 250mm，主输送机倾角为 12°，将带速选定为 2.5m/s。

1 号、2 号、3 号带式输送机运量选定为 1500t/h，并据此选定带宽为 1200mm。

带式输送机主要技术性能综合利用见表 10－5－22。设计的带式运输费用为 0.5 元/吨·千米。

表 10－5－22　带式输送机主要技术性能参数①

技术性能	单 位	1 号输送机	2 号输送机	3 号输送机	4 号输送机
运量	t/h	1500	1500	1500	2500
带宽	mm	1200	1.200	1.200	1400

技术性能	单 位	1 号输送机	2 号输送机	3 号输送机	4 号输送机
带速	m/s	2.5	2.5	2.5	2.5
倾角	(°)	0	12	12	0
运距	m	130	850	1040	280
提升高度	m	0	176.7	216.2	0
胶带形式		普通橡胶带	钢绳芯胶带	钢绳芯胶带	普通橡胶带
		6 + 1.5	G × 40008 + 8	ST5000g + 6	6 + 1.5
胶带规格		Z = 6			Z = 8
胶带重量	kg/m	22	55.92	61.68	30.10
装矿重量	kg/m	166.7	166.7	166.7	277.8
胶带最大张力	kN	25.59	470.53	584.17	56.36
胶带安全系数		15.4	10	10.1	10.9
滚筒轴功率	kW	43	918	1161	115
电动机功率	kW	75	700	900	220
数量		1	2	2	1

① 本实例由北京有色冶金设计研究总院提供。

实例 5 – 2　大厂矿务局铜坑锡矿带式输送机运输

大厂矿务局铜坑锡矿带式输送机运输作为联合运输系统中的一个环节，用来将设于 2 号竖井旁的中破碎车间的碎矿产品(块度在 100mm 以下，容重为 $2t/m^3$)运送至日处理量 4000t 选厂的筛分车间，带式输送机穿过一座大山。该系统于 1979 年建成试车，1983 年正式用于生产。从 1980 年至 1987 年上半年累计输送矿石 227.5 万吨。图 10 – 5 – 22 为带式输送机布置示意图。

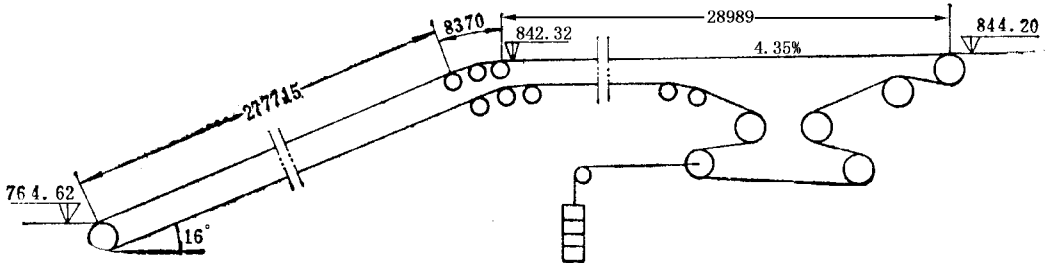


图 10 – 5 – 22　铜坑锡矿带式输送机布置示意图

带式输送机主要技术性能参数如下：

设计生产能力	470t/h
设计长度	715m
提升高度	80m
胶带运行速度	1.8m/s(设计值) 2.6m/s(实际值)
胶带型式	钢绳芯胶带
胶带宽度	800mm
电动机功率	225×2kW
型号	JS126－4
设计总重量(不包括胶带 27.5t)	65t

实例 5－3　邯邢冶金矿山管理局玉石洼铁矿的斜井带式输送机运输系统

玉石洼铁矿在我国地下金属矿山第一个采用了钢绳牵引带式输送机运输系统。该系统用 GDS－100 型钢绳牵引带式输送机，将 220m 阶段经过粗碎的矿石沿倾角为 15°的斜井输送到标高为 386m 的井口。输送机全长 795m，矿石运输距离约 760m(其中沿斜井运距约 700m)。

GDS－100 型带式输送机主要技术性能参数如下：

设计生产能力	265.7t/h(146.3 万吨/年)
设计长度	795.6m
胶带倾角	15°
提升高度	165m
胶带运行速度	16.4m/s
胶带型式	钢绳牵引胶带
胶带宽度	1000m
钢丝绳型号	6×19＋1 同向捻
直径	φ40.5mm
驱动轮直径	φ3500mm
电动机型号	$ZD_2$65/355－5B(直流)
功率	250×2kW
电压	330V
转速	320～1000r/min
设备总重量	276.8t

该系统于 1977 年 5 月交付使用，每年输送矿石 40 ~ 50 万吨，累计运输矿石约 500 万吨。每运输约 100 万吨矿石需更换胶带一次，胶带价值约 66 万元。每运输约 50 万吨矿石需更换牵引钢绳一次，钢绳价值约 3 万余元。

带式输送机运转初期，牵引钢绳脱槽现象严重。主要原因是当时矿石未经粗碎，块度太大，容易损坏胶带橡胶层，并砸断胶带内作为加强胶带层的钢条，使胶带在横断面内弯曲变形，导致钢绳脱槽。1979 年在 220m 水平矿石溜井处安装了 600 × 900 颚式破碎机，并在带式输送机上加装了 127 个托辊支架，脱槽现象已大为减少。

为延长胶带使用寿命，将胶带反面换成正面继续使用，并从废旧胶带中截取能用部分重新硫化接合使用。

为延长钢绳使用寿命，一是切实保证新换上的钢绳型号正确、符合要求；二是新绳必须认真除油。该矿采用水蒸汽除油法效果较好。

按原设计，带式输送机运输也用于运送设备、材料及人员。由于斜井巷道低矮，乘人不安全，矿方规定不准运送人员。

第三节　地下运输辅助设备

地下运输除了机阵、矿车、矿用汽车、带式输送机等主要运输设备及人车、材料车、油料车等服务运输和辅助作业车辆之外，还有一些运输辅助设备。这些设备主要有：

(1)放矿闸门、振动出矿机、板式给矿机：用于溜井放矿；

(2)翻车机：用于固定车箱式矿车卸矿；

(3)矿车清扫设备：用于清除矿车结底；

(4)推车机：用于推送矿车；

(5)高度补偿器：补偿矿车在自溜运行中的高度损失；

(6)阻车器：使自溜运行中的矿车停止；

(7)限速器：使自溜运行中的矿车减速；

(8)调度绞车：用于在不长的距离内移动矿车或列车；

(9)动态电子轨道衡：用于对以一定车速行进的列车进行不摘钩、不停车自动连续称量；

(10)给矿机：用于向带式输送机、破碎机、箕斗装矿计量漏斗均匀给矿；

(11)电子皮带秤:用于对带式输送机上的物料进行连续动态计量;

(12)电磁除铁器:清除连续输送过程矿石中的铁块;

(13)胶带硫化器:用于输送带接头的硫化接合。

本节将介绍以上与采矿工程直接有关的各项。由于地下矿山工作条件特殊,使用要求差异较大。因此目前众多运输辅助设备,只有部分有定型产品。其余部分,仍需根据具体使用要求,进行设计制造。

一、溜井放矿设备

溜井放矿主要有三种方式:闸门放矿、振动出矿机放矿以及板式给矿机放矿。

(一)放矿闸门

在三种放矿方式中,闸门放矿是当前用得较多的一种。它在主溜井、阶段溜井与采场溜井均普遍使用。

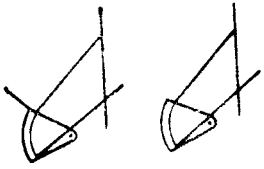
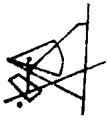
1.闸门的类型与适用条件

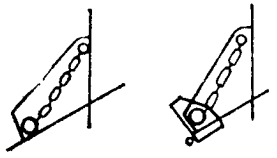
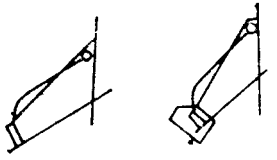
按动力分:有气动、手动、电动与液压传动。

按结构分:主要有正扇形闸门、反扇形闸门、链式闸门、指状闸门与组合闸门。

闸门的类型、优缺点与适用条件,见表 10-5-23。

表 10-5-23　闸门形式与适用条件

名称	简　图	优缺点	适用条件
气动正扇形闸门		结构简单,容易制造,重量轻,截断矿流准确可靠,硐室尺寸小 扇形门与固定溜槽刚性差,容易变形甚至导致气缸拉不动,扇形门与固定溜槽之间隙漏粉矿	主要用于矿石最大块度不大于 500mm 的采场溜井与阶段溜井,也可用于主溜井 扇形门前端加固定舌板的闸门,电机车便于通过。但在扇形门向上关闭时,可能有矿石抛出车箱外
气动反扇形组合		结构紧凑,刚性好,截流可靠,硐室尺寸小,这种闸门使用日益增多 结构较为复杂	适用于矿石最大块度 750mm 以下的采场溜井、阶段溜井与主溜井,能通过电机车、并可防止撒落粉矿

名称	简　图	优缺点	适用条件
气动链式闸门 气动链式组合闸门		结构简单，寿命长，耐冲击，维修方便，能较好地调节矿流 设备重量大，溜槽长，硐室尺寸大，链条、重锤之间易漏矿粉	适用于服务年限较长、大块较多的采场溜井、阶段溜井与主溜井，矿石最大块度可大于 750mm 含泥含水多，或电机车需要通过的，宜用组合闸门
气动指状闸门 气动指状组合闸门		结构简单，可以利用废旧钢轨 设备重量大，桐室尺寸大，指爪之间易漏矿粉，指爪有时被大块打断，有时被大块托起造成漏矿。这种闸门有被链式与反扇形闸门取代的趋势	适用于大块较多的采场溜井、阶段溜井与主溜井 含泥含水多，电机车需要通过的，宜用组台闸门

2.闸门的选择

(1)闸门放矿口有效截面尺寸主要根据矿石块度来确定。对未经破碎筛分的原矿石，一般可按(5－23)和(5－24)式确定。

$$A = (1.5 \sim 2.2)\,a,\text{mm} \tag{5-23}$$

$$B = (2.4 \sim 3)\,a,\text{mm} \tag{5-24}$$

式中 A ——溜井出口高度，mm；

S ——溜井出口宽度，mm；

a ——矿石最大块度，mm。

(2)闸门溜槽倾角与矿石自然安息角有关，一般应稍大于矿石的自然安息角，通常取 35°～40°。

(3)闸门溜槽宽度应与车箱长度相匹配。要使车箱两端不撒矿，同时又有较大的装满系数，溜槽宽度应较车箱长度小 400～800mm，若车箱较长，可移动矿车，分两次装满。

(4)一般采用气动闸门，小型矿山或放矿量不大的溜井，可采用手动闸门。

(5)含泥含水较多，容易撒落粉矿的，宜用带活溜槽的组合闸门。

(6)电机车需要通过的，选用带活溜槽的组合闸门，或带固定舌板的正扇形闸门。

冶金矿山放矿闸门的通用设计(试行)规定，共 14 种闸门用于采场漏斗、采场溜井、

阶段溜井与主溜井。这些闸门不宜用于矿石含泥较多、流动性差的溜井。

(二)振动出矿机

近年来不少矿山的溜矿井,使用了振动出矿机出矿,并且正在普遍推广中。目前振动出矿机用于采场溜井与阶段溜井的较普遍,也有用于主溜井出矿的。

振动出矿机的主要优点是:改善矿石的流动性,减少堵塞与结拱,出矿均匀,可控性好。振动出矿机与闸门比较,矿石不仅受到重力的作用,而且还受到振动波的作用。同时由于振动出矿机的台板埋入溜井底部,扩大了矿石通道的有效断面。

振动出矿机在使用中出现的故障有:振动电机损坏,台板振动强烈,焊缝开裂。

为了适应矿石流动性的变化,可以考虑加装调节闸门。为了能使电机车通过,减少漏矿撒矿现象,可加装气动的活动溜槽。装有气动活动溜槽的组合式振动出矿机见图 10-5-23。

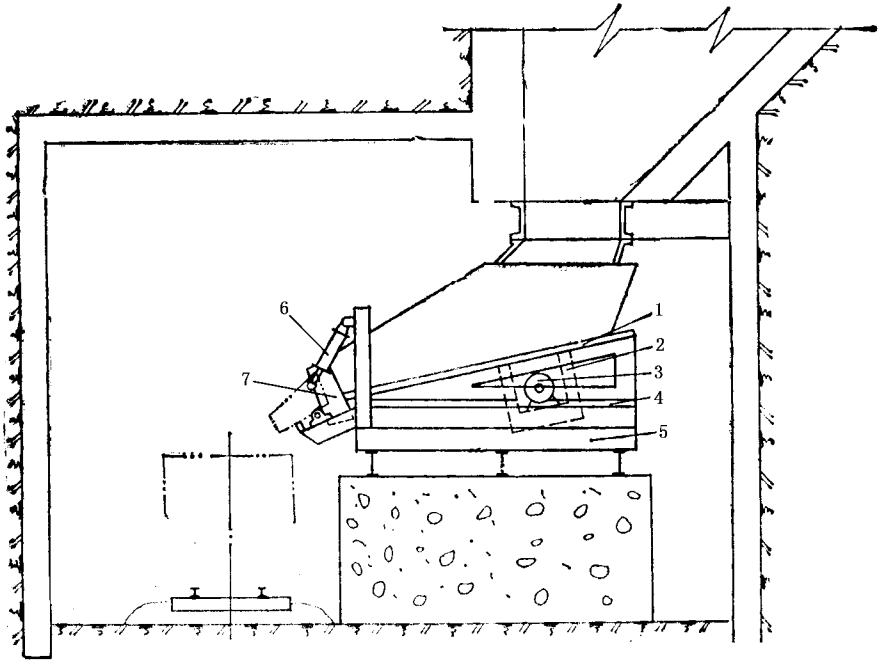


图 10-5-23　组合式振动出矿机示意图

1—振动台板;2—电动机支架;3—振动电动机;4—橡胶弹簧;

5—机架;6—气缸;7—活动溜槽

FZC 系列溜井振动出矿机(图 10-5-24)系颠振型惯性振动出矿机。它的特点是:以 ZDJ 型振动电机为振源。橡胶条为弹性元件兼密封件,采用偏心块对旋调节激振力。

FZC 系列振动出矿机的技术特性及其埋设参数见表 10－5－24。表中的技术生产能力，系指振动出矿机连续工作时的出矿能力。实际上装矿是间断的，因此实际能力比技术生产能力低得多。

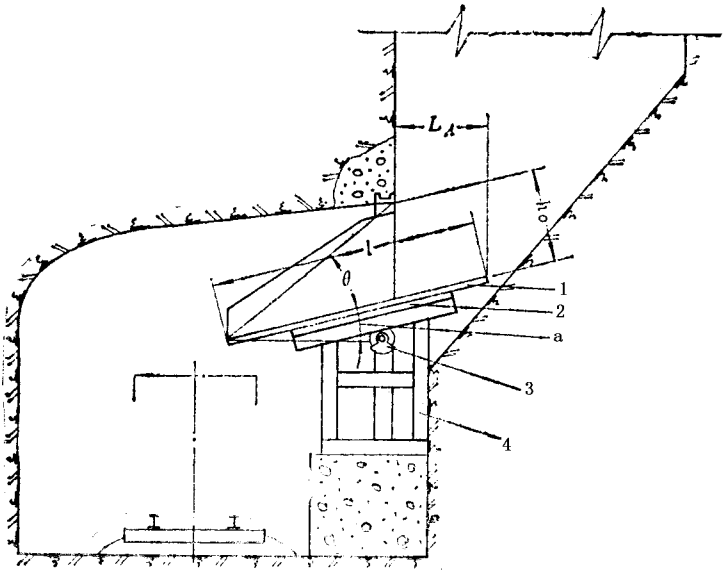


图 10－5－24　FZC 系列振动出矿机工作示意图

1—振动台面；2—橡胶弹簧；3—振动电动机；4—机架

表 10－5－24　FZC 系列溜井振动出矿机技术特性及埋设参数

型　号	技术特性								埋设参数			
	台面长度 l (m)	台面宽度 b (m)	台面倾角 α (°)	最大激振力 (kN)	额定功率 (kW)	工况系数 (K_h)	技术生产能力 (t/h)	重量 (kg)	埋设深度 L_A (m)	眉线高度 h_0 (m)	眉线角 (°)	参考价格 (元)
FZC－1.8/0.9－1.5	1.8	0.9	12	9.81	1.5	0.88	350～400	430	0.6	0.7	40	1690
FZC－2/1－3	2.0	1.0	14	19.62	3	1.43	850～1000	690	0.7	0.7	40	2503
FZC－2.3/1.2－3	2.3	1.2	14	19.62	3	1.04	630～760	960	0.8	0.8	40	3224
FZC－2.5/1.2－4	2.5	1.2	16	29.43	4	1.43	660～770	1030	0.8	0.9	41	3445
FZC 2.5/1.4－5.5	2.5	1.4	14	39.24	5.5	1.63	990～1180	1360	0.9	0.9	41	4615
FZC－3.1/1.2－5.5	3.1	1.2	14	39.24	5.5	1.54	910～1090	1515	1.1	1.1	40	5012
FZC 3.5/1.2－5.5	3.5	1.2	14	39.24	5.5	1.36	870～1050	1670	1.0	1.1	36	5363

型　　号	技术特性								埋设参数			
	台面长度 l (m)	台面宽度 b (m)	台面倾角 α (°)	最大激振力 (kN)	额定功率 (kW)	工况系数 (K_h)	技术生产能力 (t/h)	重量 (kg)	埋设深度 L_A (m)	眉线高度 h_0 (m)	眉线角 (°)	参考价格 (元)
FZC－3.5/1.4－7.5	3.5	1.4	14	49.05	7.5	1.46	1160～1380	2000	1.0	1.2	37	6084
FZC－5/1.4－10	5.0	1.4	18	73.58	10	1.53	1300～1550	2800	1.4	1.4	38	8177
FZC－3.5/1.2×2－5.5×2	3.5	1.2×2	14	39.2×2	5.5×2	1.36	1740～2100	3310	1.0	1.1	36	10673

注：1. 本表所列为主要机型，派生机型没有列出；

2. 资料来源：1987 年湖北横店冶金机修厂。

选用 FZC 系列振动出矿机的主要依据是矿岩块度、矿岩物理力学性质、溜井生产能力及矿车车箱长度等。可按(5－25～5－28)列各式确定振动出矿机型号。

眉线高度 h_o

$$h_o = ka \tag{5-25}$$

式中　k——通过系数，取 1.6～2.2；

a——矿石最大块度，mm；

h_o——眉线高度，mm。

埋设深度 L_A

$$L_A \approx h_o \tag{5-26}$$

眉线角 θ

$$\theta = \psi - (°) \tag{5-27}$$

式中　ψ——矿石自然安息角，(°)；

L_A——埋设深度，mm。

振动台面宽度 b 应较车厢长度小 400～800mm，若车箱较长，可移动矿车分两次装满。

FZC 系列振动出矿机的额定激振力 P 为

$$P = FpK_h \tag{5-28}$$

式中　F——振动台板面积，m^2；

p——单位槽台所需的激振力，取 $p = 0.7t/m^2$；

K_k——工况系数，对含泥量少、不易结拱的矿块，取 $K_k = 0.9 \sim 1.3$，也可大于 1.3；对于粘性大、易结拱的块矿、粉矿，可取 $K_k = 1.3 \sim 1.8$。

(三)板式给矿机

板式给矿机有重型、中型与轻型三种。选用时根据溜井(矿仓)中矿柱的压力和给矿块度来确定。溜井放矿常选用重型的。重型板式给矿机多用于向输送机、破碎机以及箕斗装矿计量漏斗给矿。板式给矿机用于溜井放矿装车的矿山实例有：

黄石石灰石矿，露天开采、溜井平硐开拓，矿石最大块度 1000mm。溜井放矿装车用 2400 × 12000mm 重型板式给矿机，电动机功率 40kW。

攀枝花钢铁公司兰尖山铁矿，露天开采，溜井平硐开拓，使用 2400 × 8000mm 重型板式给矿机，150t 电机车，100t 矿车。

在溜井放矿中，板式给矿机的宽度 b_1，根据矿石块度确定。

$$b_1 = 2a + 200 \tag{5-29}$$

式中　a——矿石的最大块度，mm；

b_1——板式给矿机的宽度，mm。

板式给矿机长度 l 与矿岩最大块度 a、矿石自然安息角及设备配置有关，一般可按(5－30)式选取。

$$l \approx 10a \quad \text{mm} \tag{5-30}$$

二、矿车卸矿设备

卸矿设备应根据矿车的型式进行选用。固定车箱式矿车采用电动、手动圆形翻车机(又称翻笼)或前倾式翻车架卸矿。翻斗式矿车一般采用人工卸矿，侧卸式与底侧卸式矿车采用相应的卸载曲轨卸矿。

1.前倾式翻车架

它的优点是结构简单、重量轻、安装方便，一般不需外加动力。缺点是卸矿时矿车必须摘钩，每次只能卸一辆矿车，故生产能力低。此外，卸矿过程中，冲击大，只适用于小型矿车。

翻车架可分为尽头式与通过式两种，通过式矿车可通过翻车架，但结构比较复杂，重量比较大。

2.电动圆形翻车机

电动圆形翻车机(图 10－5－25)是固定车箱式矿车普遍使用的卸矿设备。有单车的与双车的，摘钩的与不摘钩的。冶金矿山矿车圆形翻车技术性能参数见表 10－5－25。

3.矿车清扫设备

当前地下运输存在一个需要解决的问题是矿车结底，尤其是矿岩含泥多，粘性大的矿山问题更为突出。

矿山使用的矿车清扫措施主要有：人工清扫、气动锤冲击、压气吹扫、高压水冲洗、电渗法清扫、采用矿车不粘结技术以及使用振动清车器。上述各种措施，对于不同性质的矿岩，都有一定的效果，采用哪一种，须根据具体条件而定。

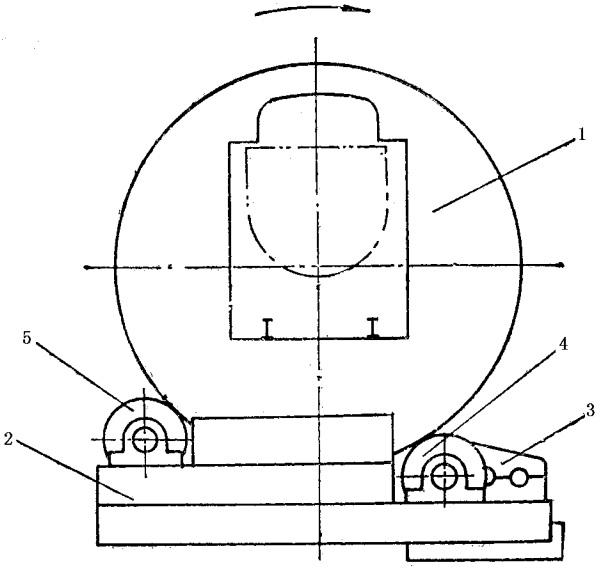


图 10－5－25　电动圆形翻车机示意图

1—机体；2—机座；3—减速器；4—传动轮；5—支持轮

表 10－5－25　圆形翻车技术性能参数

名　称	型号	适用矿车					电动机功率 (kW)	重量 (kg)
		型号	长 (mm)	宽 (mm)	高 (mm)	轨距 (mm)		
0.7m³ 单车摘钩翻车机	YFD0.7	YGC－0.7(6)	1500	850	1050	600	4.2	7950
0.7m³ 双车不摘钩翻车机	YFS0.7	YGC－0.7(6)	1500	850	1050	600	4.2×2	10750
1.2m³ 双车不摘钩翻车机	YFS1.2	YGC－1.2 (6)(7)	1900	1050	1200	600 762	6.3×2	14970
2m³ 双车不摘钩翻车机	YFS2	YGC－2 (6)(7)	3000	1200	1200	600 762	8.3×2	16100
4m³ 双车不摘钩翻车机	YFS4	YGC－4 (7)(9)	3700	1330	1550	762 900	17.5×2	36000
10m³ 单车不摘钩翻车机	YFD10	YGC－10 (7)(9)	7200	1500	1550	762 900	17.5×2	35510

注：1.定位装置有气动与液压两种。可任选一种；

2. 资料来源，北京有色冶金设计研究总院。

矿车不粘结技术，根据电化电渗效应的原理，使矿岩与车箱分离，达到卸矿干净的目的。这种矿车(图 10－5－26)与普通矿车的不同点是，车箱内壁加装若干组与车箱绝缘的带状电极。清扫时根据不同车型及矿岩性质，通以 20～250V 的直流电 3～8min(图 10

－5－27)即可卸矿。矿车不粘结技术在新建锡矿、老厂锡矿、前进铜矿与王家滩铁矿进行过工业性试验,效果较好,不损坏矿车,没有噪音,卸矿时可把结底矿岩一起卸出。但矿车价格约增加百分之十 技术上有些地方尚需进一步解决。

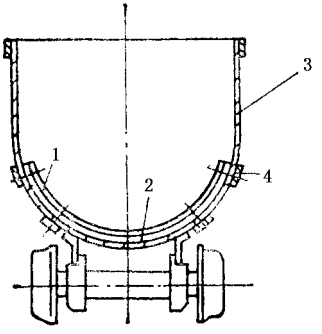


图 10－5－26　不粘接矿车示意图

1—带状电极 ;2—绝缘带 ;3—车箱 ;4—汇流母线

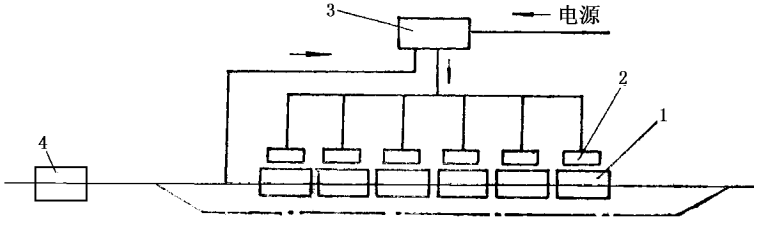


图 10－5－27　不粘接矿车清扫作业示意图

1—矿车 ;2—供电接触装置 ;3—直流供电装置 ;4—卸矿装置

电机振动清车器如图 10－5－28 所示。它的振源是振动电动机。这种清车器结构简单、操作方便。弓长岭铁矿应用的电动清车器的电动机功率 7.5kW,安装在卸矿口的工字梁上,清扫 $2m^3$ 侧卸式矿车,效果较好。

三、推车机、高度补偿器与阻车器

1.推车机

在轨道运输中,推车机用于短距离推送单个矿车或车组。

(1)推车机类型

按用途分为罐笼前换车推车机与车组推车机 ;

按结构分为钢丝绳式推车机、链式推车机、气动推车机、液压推车机与直线电机推车机。钢绳式推车机依钢绳布置形式,还可分为垂直式、水平式两种。

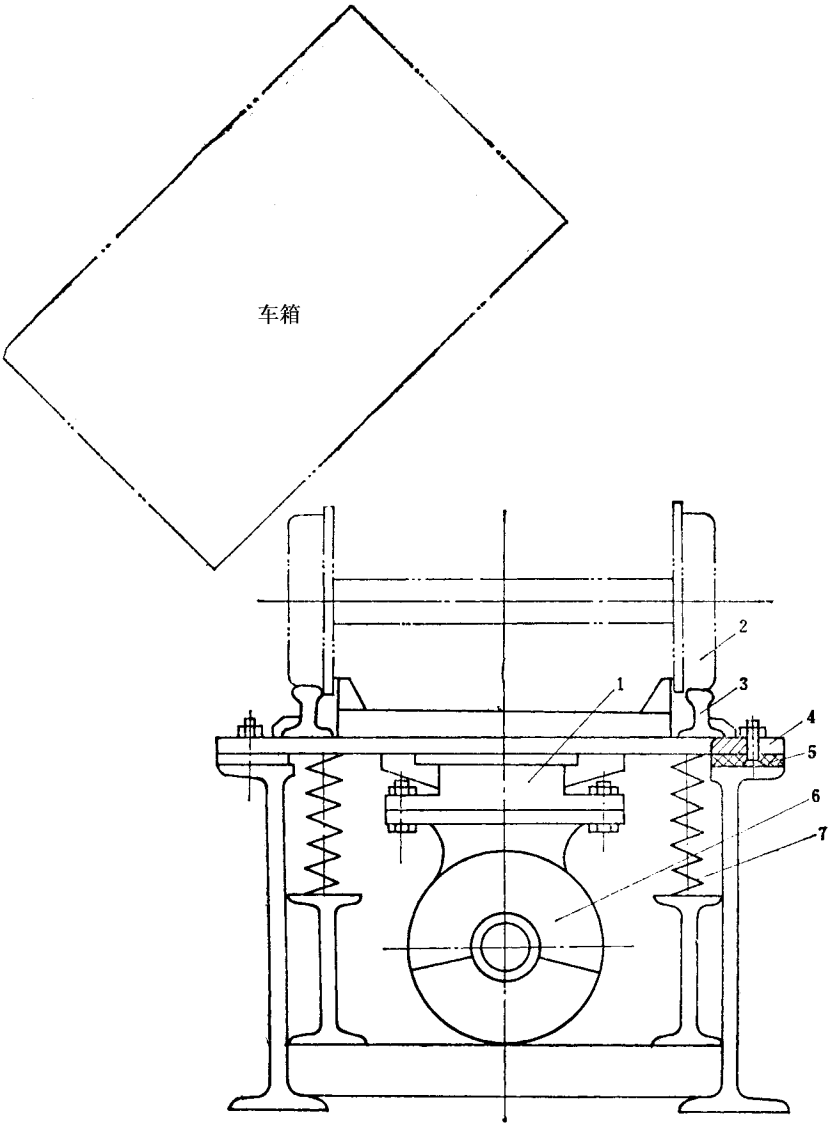


图 10－5－28　电动振动清车器示意图

1—电动机座；2—矿车车轮；3—钢轨；4—振动台面；5—橡胶缓冲面；6—振动电动机；7—弹簧

按动力分为电动、气动与液压推车机；

按推车机与矿车相对位置分为上方式推车机，推车机在矿车的上方；下方推车机，推车机在矿车的下方。

(2)推车机的应用特点

罐笼前换车推车机：速度较快，推力较小，一般推爪小车能上摇台，推爪作往复运动。

用于推送矿车进入罐笼，并把罐内矿车置换出来。

车组推车机 推力较大－速度较慢，推爪作循环或往复运动。用于推动摘钩或未经摘钩的车组，常用在翻车机前、装车站、地表车场或井底车场。

电动钢绳推车机的优点是结构简单，重量小，钢丝绳来源方便，可以有较长的行程，可在弯道上推车。缺点是钢丝绳容易损坏，拉紧行程较长。垂直式钢绳推车机（图 10－5－29）钢丝绳的寿命较长，易于与摇台配合，但地沟较深。水平式钢绳推车机不需地沟，但钢丝绳磨损较快。

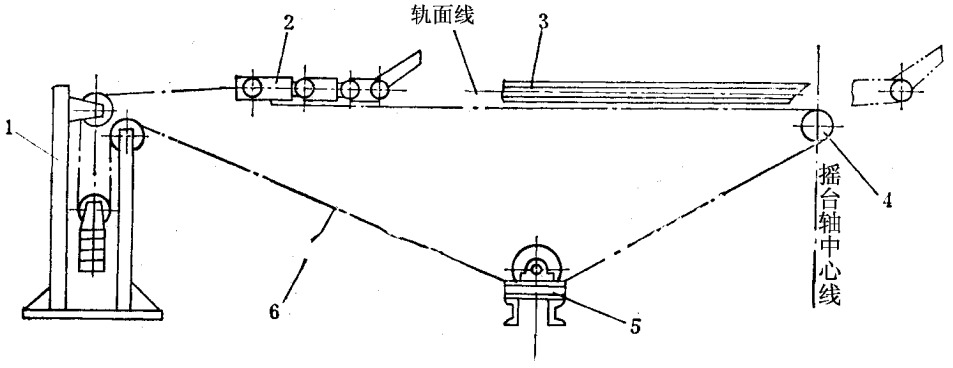


图 10－5－29　垂直式钢丝绳推车机示意图

1—垂直拉紧装置；2—推爪小车；3—导轨；

4—头部绳轮；5—驱动装置；6—牵引钢丝绳

链式推车机 如图 10－5－30 所示，这种推车机的优点是链条强度高、牵引力大、寿命长。缺点是设备较重、噪音较大。链条有四种：焊接圆环链、滚子链、板链和模锻链。模锻链和板链节距大，在传动过程中动载荷较大，仅用于低速传动，同时制作困难，现在应用较少。滚子链已有标准产品，多用于换车推车机。使用滚子链换车推车机的矿山，有开滦钱家营煤矿及湖北李家湾铜矿。焊接圆环链强度高、自重轻、能耐磨。这种链条也已有定型产品。使用圓环链换车推车机的矿山有盛林堡煤矿。

气动推车机 为气缸活塞式，它的优点是结构简单，自重轻，适于井下潮湿泥泞的环境，缺点是气缸长、加工精度要求较高，活塞密封圈较易磨损，产生漏气现象，耗气多，噪音大。使用气动推车机的矿山有：弓长岭铁矿、河北铜矿、丰山铜矿以及开滦吕家坨煤矿。罐笼前气动推车机见图 10－5－31。

上方式电动推车机 这种推车机的原理，是用两根导轨装在矿车的上方，一个电动自行小车沿着两条导轨移动，安装在自行小车上的推车机的推车杠杆，推着矿车车箱前进。它的优点是设备有较好的工作条件，便于维修，不影响轨道铺设。缺点是推力小，仅适用

于推动小矿车，矿车车箱易变形，特别是对井口下放长材料有影响，故采用较少。

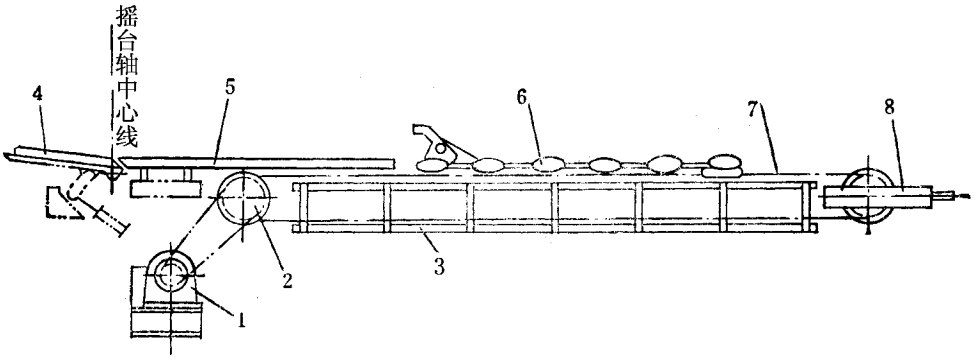


图 10－5－30　链式推车机示意图

1—驱动装置；2—首轮装置；3—托链架；

4—活动导轨；5—固定导轨；6—推爪小车；7—滚子链；8—螺旋拉紧装置

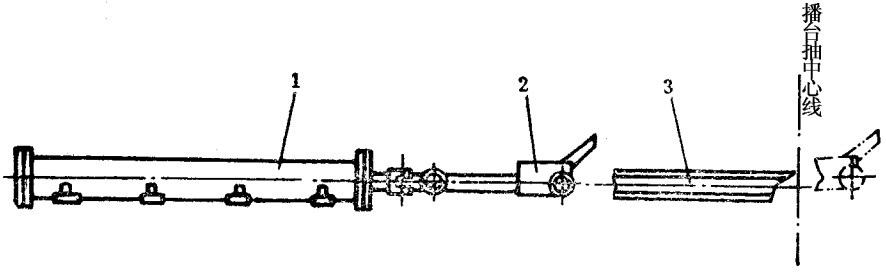


图 10－5－31　气动推车机示意图

1—气缸；2—推爪小车；3—导轨

直线电机推车机：直线电机推车机是一项新技术，已在铜川王石凹煤矿、王家河煤矿等多个矿山使用。它的基本原理是：直线电机（初级，即定子）安装在矿车运行轨道中间，通过空间行波磁场直接驱动次级板（次级，即转子）作直线运动。并通过安装在次级板上的推爪，推动矿车前进。这种推车机结构简单、重量轻、占地面积小。但现有产品不能用于装有摇台的井口，而且推力较小，电控较复杂，这种推车机尚处于推广试用阶段。

液压推车机：它的优点是体积小、推力大、工作平稳、噪音小。缺点是工作介质压力高，制造、维修技术要求高。

在金属与非金属矿山中，罐笼前换车推车机使用得较多，车组推车机使用得较少。换车推车机以钢丝绳的较多，气动的、链式的次之。液压的只个别矿山在应用。直线电机推车机还没有推广。煤矿采用钢丝绳推车机较多，近年来圆环链的应用在增加。部分设计研究院设计的推车机及其技术性能参数见表 10－5－26。

表 10－5－26 推车机技术性能参数

名称	用途	推车方式	矿车容积 (m^3)	轨距 (mm)	推力 (kN)	速度 (m/s)	行程 (m)	气缸直径 (mm)	电机功率 (kW)	重量 (kg)	图 号	资料来源
垂直式钢绳推车机	换车	推碰头	1.6×1	600	9.32	0.73	5.2		7.5	1243	TK0549	昆明有色冶金设计研究院
同上	换车	推碰头	1.2×1	600	9.81	0.6	8		7.5	991	TK0612	同上
同上	换车	推碰头	2×1	600	12.75	0.63	12		13	4211	TK0622	同上
同上	换车	推碰头	1.1×1	600	9.81	0.7	6.6		7.5	2000	TK965	同上
同上	换车	推碰头	1.2×1	600	9.81	0.7	5.6		7.5	895	TK773	同上
同上	换车	推碰头	1.2×1	600	9.81	0.7	8		7.5	1231	TK795	同上
水平式钢绳推车机	换车	推碰头	1.2×1	600	11.38	0.75	12.5		11	3522	13812	北京有色冶金设计研究总院
同上	换车	推碰头		600	4.76	1	18		5	2270	13488	同上
垂直式钢绳推车机	换车	推轴	0.7×1	600	8.34	0.65	4		6	719	13431	同上
水平式钢绳推车机	换车		1.2×1	762	18.64	0.9	18.5		22	4710	13931	同上
垂直式钢绳推车机	换车	推轴	0.7×1	762	8.09	0.66			11	1273	06281	南昌有色冶金设计研究院
同上	换车	推轴	0.7×1	600	6.87	0.8	15		7.5	2090	241－CJ－26	广东冶金设计院
水平式刑绳推车机	换车	推碰头	1.07×1	600	8.24	0.75	4		7.5	1308	FJT08	苏州非金属矿山设计研究院
同上	换车	推碰头	1.07×1	600	8.24	0.75	4		7.5	1356	FJT10	同上
同上	换车	推碰头	2×1	762	9.81	0.8	8		11	2271	通用 CJ796	长沙有色冶金设计研究院
垂直式钢绳推车机	换车	推碰头	0.7×1	600		0.79	6		5.5	1753	通用 CJ992	同上
链式推车机	换车	推碰头	1.2×2	600	8.82	1	6.5		18.5	3769	CBK100	同上
气动推车机	换车	推轴	0.7×2	762	9.76～14.6	0.65	7			1814	13720	北京有色冶金设计研究总院
同上	换车	推轴			7～10.4	0.75	4	ϕ150		750	13425	同上
同上	换车	推轴	0.7×1	600	7～10.4		4	ϕ150		359	13429	同上
垂直式钢绳推车机	换车	推碰头	0.7×2	600		0.53	8		5.5	2951	CBK131	长沙有色冶金设计研究院
同上	调车	推碰头	0.7×11	600		0.57	8		11	2886	CBK132	同上

2.高度补偿器

高度补偿器用于补偿矿车在自溜运行中所损失的高度，一般采用爬车机与垂直升降的气动顶车器两种。这两种形式，各有特点，爬车机生产能力较大，操作简单、顶车器结构简单、占地小。

爬车机的种类，按牵引形式分为链式和绳式两种。链条形式有模锻链、板链、滚子链与焊接圆环链四种。圆环链爬车机见图 10－5－32。

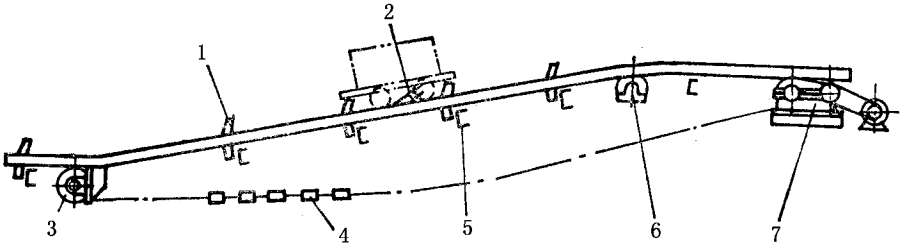


图 10－5－32　圆环链爬车机示意图

1—逆止器；2—爬车爪；3—尾轮装置；4—圆环链；

5—主横梁；6—导向轮装置；7—驱动装置

链式爬车机的优点是链条连续运转，效率高，链条强度高，寿命长。缺点是重量较大。

往复式钢丝绳爬车机的优点是结构简单、重量轻、钢丝绳来源方便。缺点是爬爪只能作往复运动、效率较低、钢丝绳较易磨损、电动机经常要正反转。

部分设计研究院设计的钢绳爬车机的技术性能参数见表 10－5－27。煤炭系统编制了 pH 系列圆环链爬车机通用设计。爬车机链速 0.333m/s，爬高 1～3.6m，适用于 1t 和 1.5t 的矿车。

表 10－5－27　钢丝绳爬车机技术性能参数

轨距(mm)	600	600	600	600
矿车容积(m^3)	1.07	0.7		1.07
电动机功率(kW)	4	5	2.2	2.8
爬速(m/s)	0.88	0.5	0.65	0.52
爬角(°)	15	10	15	12
补偿高差(m)	3.72		2.2	3
水平距离(m)	24.14	6.8	11.5	
重量(kg)	2188	1804	1036	2100
图 号	3K0351	13419	131266	
资料来源	昆明有色冶金设计研究院	北京有色冶金设计研究总院	同 左	苏州非金属矿山设计研究院

3.线路阻车器

阻车器是窄轨线路上的一种阻车设备,它能使运动着的矿车,停止在某一要求的位置上,如停止在翻车机、罐笼以及道岔的前面。冶金矿山安全规程规定,地表车场与井底车场进车侧,必须装设阻车器。因此它也是安全设备之一。

阻车器的形式:

按用途分:有单式阻车器、复式阻车器(又称限数阻车器)以及限速阻车器(又称制动器);

按阻车方式分:有阻矿车车轮的、阻矿车碰头的以及阻矿车轮轴的三种;

按动力分:有气动的、电动的、手动的、液压的以及机械联动的四种。

单式阻车器的作用,仅用于使矿车停止定位。气动单式阻车器的结构(阻车轮)见图10-5-33。复式阻车器除能使矿车停止定位外,还起分解车组的作用。使车组每次只向翻车机或罐笼供给一辆或两辆矿车。图10-5-34表示复式阻车器在自行启动坡度线路上的工作情况。位置Ⅰ:阻爪1关闭,阻爪2打开,阻住车组,位置Ⅱ:阻爪2关闭,阻住车组;阻爪1打开,放出第一辆车。位置Ⅲ与位置Ⅰ相同。

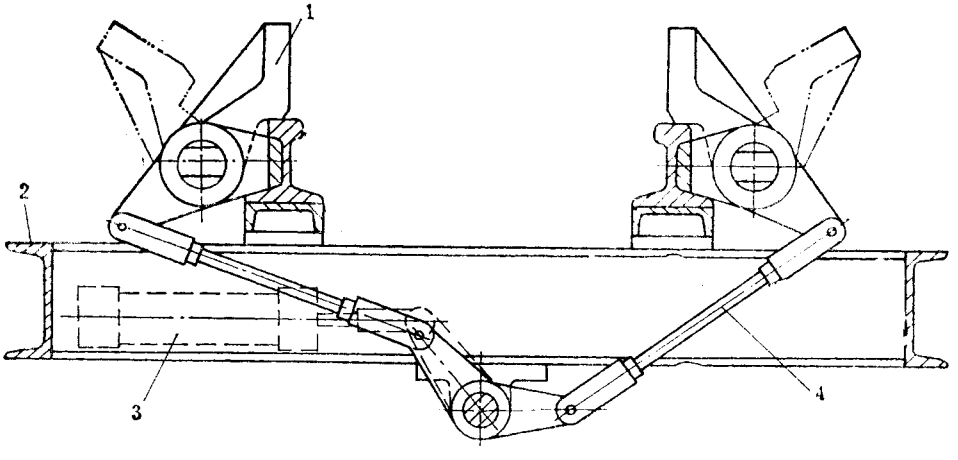


图10-5-33　气动单式阻车器

1—阻爪;2—机架;3—气缸;4—连杆

限速阻车器的作用,是降低矿车速度,并随即停止定位。其作用类似单式阻车器。但它可以容许矿车有较大的临近速度。图10-5-35为限速阻车器的一种,实质上它是由一个阻轮轴的气动单式阻车器与一个限速器组合而成。制动时,限速板落下,与车轮踏面相摩擦,矿车逐渐减速。同时阻爪抬起,阻挡轮轴,矿车被阻停止。当阻爪落下,限速板升起,便放出矿车。

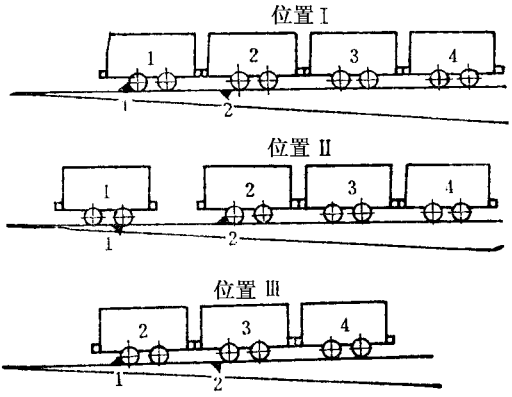


图 10－5－34　复式阻车器动作原理示意图

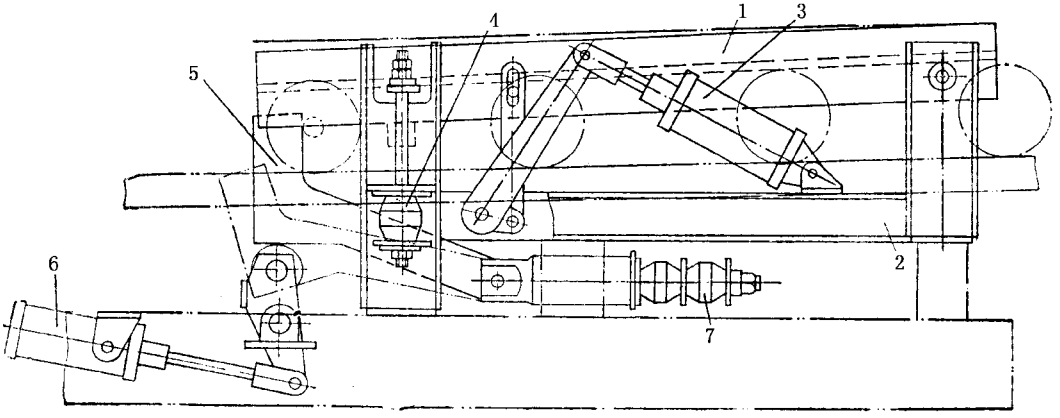


图 10－5－35　气动限速阻车器

1—限速板；2—限速器支架；3—气缸；4、7—橡胶弹簧；5—阻爪；6—气缸

阻矿车车轮形成的阻车器结构简单，阻车可靠，应用较多。阻矿车碰头形式的阻车器，矿车受力状态较好，但阻爪是否抬起较难觉察。阻轮轴形式的阻车器，阻爪起落不易观察，轮轴承受冲击易损坏。阻车器动力以气动较多，电动、电液推杆传动、手动、机械联动都有应用，液压传动少见。

部分设计研究院设计的阻车器的技术性能参数见表 10－5－28。

四、运输辅助设备的估价

表 10－5－29 列出部分非标准设备价格估算指标，以供参考。

表 10－5－28　线路阻车器技术性能参数

名称	轨距(mm)	矿车容积(m^3)	电机功率(kW)	气缸直径 ϕ(mm)	阻车方式	重量(kg)	图号	资料来源
电动单式阻车器	600	1.2,1.6	3		阻车轮	890	TK636	昆明有色冶金设计研究院
同上	600	1.6,2	3		同上	1080	TK625	同上
同上	600	1	2.2		同上	1100	TK691.5	同上
同上	600	1.2	2.2		同上	1571	TK781.5	同上
电动复式阻车器	600	1	1		同上	950	TK0331	同上
同上	600	1.6	2.5		同上	1265	TK591	同上
同上	600	1.2	2.2		同上	1316	TK771.5	同上
气动单式阻车器	600	1.2		100	同上	718	13819	北京有色冶金设计研究总院
气动复式阻车器	600	1.2		100	同上	1539	13818	同上
气动单式阻车器	600	1.1		100	同上	470	FJT01	苏州非金属矿山设计研究院
气动复式阻车器	600	1.1		100	同上	730	FJT03	同上
同上	600	0.5,0.7,1.2		100	同上	1081	通用 CJ990	长沙有色冶金设计研究院
同上	762	2		150	同上	2383	通用 CJ797	同上
同上	600	1.2		100	同上	2075	CBK101	同上
气动单式阻车器	600	1.2,0.75		100	同上	731	CBK102	同上

表 10－5－29　非标准设备价格指标

设备名称	1986 年参考价格(元/吨)	设备名称	1986 年参考价格(元/吨)
链式放矿闸门	3600～4800	气动推车机	4000～5800
指状放矿闸门	2800～3700	钢绳爬车机	4100～5000
扇形放矿闸门	3200～5500	链式爬车机	5800～6500
电动双车翻车机	3400～4100	手动阻车器	4400～6300

设备名称	1986 年参考价格(元/吨)	设备名称	1986 年参考价格(元/吨)
电动单车翻车机	3700 ~ 4500	气动阻车器	4700 ~ 6300
矿车翻车架	3150 ~ 3900	电动阻车器	3900 ~ 5100
电动钢绳推车机	4300 ~ 5000	振动出矿机	3950 ~ 5100

注：1. 表中以单台生产估计价格；

2. 单台设备重量大取小值；

3. 已有专门厂家生产的定型产品，不按上表价格；

4. 影响非标准设备价格的因素很多，上表仅供估价时参考。