

# 国外无储仓装运机

一机部矿山机械科技情报网采掘情报站编

第一机械工业部  
洛阳矿山机械研究所

一九七八年六月

# 前 言

根据一机部〔76〕矿技字一号文，矿山机械行业科技情报网 1976～1977 年协调计划，为配合国内大打矿山之仗的形势，编写国外无储仓装运机发展及使用情况的专题资料，供有关同志参考，由于资料收集不全，水平有限，如有错误和不当之处，请批评指正。

本资料由采掘情报站的北京钢铁学院、有色冶金设计院、洛阳矿山机械研究所、太原矿山机器厂、南宁冶金矿山机械厂、南昌通用机械厂、青海矿山机械厂等单位参加工作，由北京钢铁学院矿山机械教研室和南昌有色冶金设计院执笔写成。

工作过程中，承中国科学技术情报研究所、一机部技术情报所、冶全部情报标准研究所及许多兄弟单位的大力支持和协助，在此表示感谢！

国外无储仓装运机编写组

# 目 录

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第一章 采矿法由有轨向无轨的过渡.....   | (1)  |
| 一、概 述.....              | (1)  |
| 二、地下无轨设备的特点.....        | (3)  |
| 三、由有轨向无轨过渡需解决的问题.....   | (5)  |
| 四、设备选型及经济效果.....        | (11) |
| 第二章 国外无储仓装运机制造概况.....   | (14) |
| 一、美 国.....              | (14) |
| 二、西 德.....              | (18) |
| 三、法 国.....              | (19) |
| 四、芬 兰.....              | (20) |
| 五、日 本.....              | (22) |
| 六、苏 联.....              | (22) |
| 第三章 国外无储仓装运机的基本结构.....  | (25) |
| 一、工作机构.....             | (26) |
| 二、传动方式及其系统.....         | (37) |
| 三、中间铰接机构、转向机构、摆动机构..... | (49) |
| 四、柴油机及其废气净化.....        | (57) |
| 五、操作及制动系统.....          | (71) |
| 六、矿用轮胎的发展、使用及保护方法.....  | (78) |
| 第四章 无储仓装运机的发展前景.....    | (92) |

# 第一章 采矿法由有轨向无轨的过渡

## 一、概 述

地下采矿掘进机械化，已发展到广泛采用无储仓装运机和其他无轨采掘设备的阶段。

地下无轨采掘设备是从六十年代初期迅速发展起来的。在五十年代末期，采用装运机的地下矿山不到10个，到了1965年就增加到20多个，1967年则为30多个，到1969年为60多个，1971年发展到将近100个矿山，到1973年已发展到119个。英国《采矿杂志》1973年12月曾对西方各国182个坑内矿山，调查使用无轨设备的情况，归纳结果，其中119个矿山年产量为1.35亿吨，约占地下总开采量的23%，但其中约有75%是用无轨设备开采法采出的矿石。各地区产量的详细数字见表1—1。美国《工程与采矿杂志》1975年9月报导，除煤矿外，西方世界年产15万吨以上的地下矿山，在采矿和掘进中多已采用无轨采矿法和装运机。

表1—1 调查182个井下矿山的年产量

| 国家或地区   | 无 轨 采 矿 方 法 |         |      | 一 般 采 矿 法   |             | 无轨采矿占总        |
|---------|-------------|---------|------|-------------|-------------|---------------|
|         | 矿<br>山<br>数 | 产 量(万吨) |      | 矿<br>山<br>数 | 产 量<br>(万吨) | 产量的百分数<br>(%) |
|         |             | 总 计     | 无轨采矿 |             |             |               |
| 加 拿 大   | 42          | 3970    | 2730 | 11          | 400         | 62.5          |
| 美 国     | 14          | 2840    | 2480 | 3           | 230         | 80.0          |
| 南 美     | 7           | 1050    | 360  | 3           | 100         | 31.8          |
| 澳 大 利 亚 | 12          | 1840    | 1570 | 1           | 13          | 85.0          |
| 非 洲     | 13          | 3760    | 2600 | 30          | 5400        | 28.4          |
| 欧 洲     | 27          | 2760    | 2350 | 3           | 50          | 83.8          |
| 中东、远东   | 4           | 320     | 190  | 7           | 1320        | 11.9          |

注：182个矿山中有5个采用皮带运输机的钾盐矿

据报导瑞典矿井在1971年就完成了无轨运输的改革，从而使产量迅速增长，与一般运输方法相比，可使矿井投资回收时间缩短一半。

1973年11月瑞典来华技术座谈会的资料总结中曾谈到，地下装运方法的变革，必将影响到采矿方法的组织和设计，以及每班的产量。世界上许多国家正在迅速地由有轨采矿向

无轨采矿过渡，对分段崩落法的大型矿体可用无轨法，但对不规则的小型矿体亦可采用无轨运输，其主要优点在于机器、材料、人员在各个中段可以迅速转移。因此，如瑞典阿特拉斯（Atlas Copco）公司，一向以制造压气设备而驰名，也不得不步尘而起，生产以柴油为动力的装运机。

1976年5月《世界采矿》报导，日本黑矿床应用无轨采矿，使深泽矿月产矿石15000吨，采矿效率比其他矿山高一倍半。

日本黑矿床是一种含有铜、铅、锌、金、银的硫化矿物，该矿床所含矿物价值很高，但矿石和围岩都是软而易碎的泥质物料，这种不利的岩层条件，给采矿带来了许多困难。日本已发现许多黑矿床，都是用有轨方法开拓，过去认为这种矿床地层压力大，不能用无轨采矿法。同和矿业公司的深泽矿就是典型的黑矿床。经过对岩心的研究，结果表明这个矿床的岩石比其他矿床坚硬，坑道压力比其他黑矿山小，因此建矿时就采用了无轨方案以加快开拓速度。

深泽黑矿床位于本洲东北部花岗地区，储量约为500万吨，平均含铜百分之一，含铅百分之三，含硫百分之六，每吨矿石含金1克，含银150克。

这个矿床是由两条长为2.2公里的平行斜井开拓的，采用无轨设备同时施工开凿，当一条斜井出渣时，另一条斜井凿岩，爆破或支护。斜井宽4米，高2.8米，两条斜井中心距15米，每隔100米打一条长11米的横巷，把斜井接通。在开拓期间，横巷既用于通风，又做为装运机向卡车中装车的地点。开拓完毕后，把横巷堵塞以防漏风。矿山建成以后，这些横巷用于汽车会车躲避处。

斜井为用气腿凿岩机开凿，每炮进尺1.5米，崩下的岩石用装运机运到最近的横巷装入10吨卡车中。

两条斜井，一条走汽车运送人员、物料，一条装皮带运输机运送矿岩。

斜井与横巷总长为4565米，15个半月完成，总工作日399天，平均每天进尺11.7米，掘进工班效率为0.33米，整个开拓工作是两年内完成，矿井深约400米。

开拓工程完成后，于73年投入生产，月产矿石1万吨，75年4月达1万5千吨，73年中计划增产到月产2万吨。

由于矿石价值很高，为了作业安全和提高回采率，采用了铺设人工假顶的下向水平分层充填采矿法，使用气腿凿岩机和装运机等设备，采矿劳动生产率比其他黑矿山高一倍半，而事故发生率仅为日本其他矿山的1/45。

挪威的苏利帖尔马矿位于北极圈以北90公里，开采倾斜缓、变化大的薄层矿体，年产金属矿石45万吨，矿体薄，倾斜缓，山势陡峭，矿体厚度为0.5~10米，平均厚度为2米，倾角为0~50°，平均为30°，岩石条件差。

开始时用长壁采矿法，用液压支柱维护顶板，回采率高，经济效益比空场采矿法优越，缺点为不便于机械化，生产不平衡，不能开采厚度超过3.5米的矿体。目前采用房柱法，优点为生产集中，采场较少，可生产较多的矿石，适用于无轨设备，提高了设备利用率，降低了损失和贫化。

南斯拉夫的伊德里矿，地质条件很差，矿层经常断裂，矿体分散，形状大小很不一致。该

矿二百多年来，一直沿垂直走向的方向推进，开采时采空区用充填法处理，采场用上向采矿法采掘，矿石由人工搬运，工人劳动生产率为 3.03 吨，曾试用过较为先进的开采方法，但皆未成功。改用装运机代替人工后，工人的劳动生产率提高到 6.35 ~ 9.55 吨。

通过以上数例，可以看出由于生产规模大和机械化程度提高，成本在不断下降，为了实现坑内机械化以及提高设备的机动性，和提高劳动生产率，地下采矿正在由有轨向无轨过渡。

目前无轨采矿十分盛行，不但新建矿山大都采用无轨设备，而且许多使用有轨设备的老矿山也都在改造，以便应用无轨设备。随着地下采矿由有轨向无轨的过渡，因而使得具有溜井堵塞，地压控制困难，坑木消耗量大等等缺点的留矿法，中段采矿法，方框充填法等传统采矿方法，在向分段崩落法过渡；对阶段崩落法也进行了研究，以适应装运机等无轨设备的应用。如上可知，目前地下矿山使用无轨设备采矿，是提高生产效率的重要措施之一。

## 二、地下无轨设备的特点

### 1、无轨设备适用的采矿方法

无轨设备多用于空场法、房柱法、机械化充填法，分段空场法，分段崩落法等采矿方法中，在巷道掘进中也得到了应用。

英国《采矿杂志》于 1973 年 12 月曾对西方各国年产量大于 15 万吨的矿山调查使用无轨设备的情况，将各矿山使用的采矿方法进行分类列于表 1—2：

表 1—2 采 矿 方 法

| 采 矿 方 法 | 调查矿山数 | 占 总 数 的<br>百 分 比 | 采用无轨设<br>备的矿山数 | 占 总 数 的<br>百 分 比 |
|---------|-------|------------------|----------------|------------------|
| 空 场 法   | 54    | 35.4             | 50             | 37.1             |
| 分 段 法   | 12    |                  | 10             |                  |
| 房 柱 法   | 37    | 19.9             | 36             | 22.2             |
| 机械化充填法  | 33    | 17.7             | 38             | 23.5             |
| 分段崩落法   | 15    | 8.1              | 12             | 7.4              |
| 留 矿 法   | 15    | 8.1              | 7              | 4.3              |
| 其 他 方 法 | 20    | 10.8             | 9              | 5.5              |

由表 2 可以看出，采用无轨设备以空场采矿法（包括分段法）占比例最大，这是因为大多数空场法，矿石是靠重力下放，装运机多用做矿石的转载设备，以代替电耙和短距离的有轨车辆运输，所以装运机多为在固定的运距之间运输；对于房柱法和机械化充填法，运距多是变动的，随着主皮带机的变换距离，爆破区与放矿溜井的距离，或与所用的斜天



井的距离的变化而定。

一般认为,由于采用了无轨设备,采用机械化充填法和分段崩落法增长速度很快,但表2中采用无轨设备“占总数的百分比”栏中未反映出来,这是因为常常不只在一种方法中采用无轨设备生产。根据表2,在无轨采矿中所得到的资料,机械化充填法比原来增加了1%,分段崩落法几乎保持不变,这些数字说明了最近几年采矿方法发展的情况。又如,由于采用无轨设备开采,空场法和房柱法的百分比都增加了。

## 2、无轨设备使矿体开拓快、投产早

前面已提到日本黑矿床应用无轨采矿,深泽矿建矿时就用了无轨方案,大大的加快了开拓速度。采用带斜坡道的开拓系统,可以充分发挥无轨设备的作用。除了斜坡道掘进本身可以利用无轨设备,其他开拓巷道也可以利用无轨设备。

当斜坡道掘进到矿体后,既使竖井尚未投入使用,也可以利用无轨设备通过斜坡道运出矿岩,这样就加快了矿体的开拓工作,提前了矿山的投产时间。

## 3、无轨设备生产能力大、效率高

用电耙搬运时,效率一般为250~350吨/人·班,装运机效率一般为450~500吨/人·班,而且运距可在200米以上,所以采用无轨设备,可以大大提高矿石产量和生产效率。如:

(1) 日本三井公司的神岗矿,原为用电耙出矿,后改为用装运机出矿,不但提高了产量,使生产效率提高四倍(从5.0吨/人·班,提高到20.7吨/人·班),而且总成本比以前降低了约三分之一。到1975年,总效率进一步提高到30吨/人·班。

(2) 加拿大国际镍公司的兰瓦克(Levack)矿,在水平分层充填法采场中,使用无轨设备后,充填效率从22吨/人·班,提高到35吨/人·班;在下向分层充填法中,生产效率由15吨/人·班,提高到23吨/人·班。

(3) 瑞典LKAB公司的鲁萨瓦拉(Luossavaara)矿,将有轨运输系统改成无轨运输后,虽然产量未变,但每吨矿石的采矿成本降低了27%,每吨废石的开采费用降低了80%,工人减少了138人,生产效率由9吨/人·班,提高到19吨/人·班。

根据英国《采矿杂志》1973年1-2月对西方各国产量大于15万吨的矿山,调查使用无轨设备的情况,对几种常用的装运机,将其生产能力,有关数据等归纳列于表1-3,(由于运行速度,运距等参数不同,各设备相互之间不能进行对比)。

## 4、无轨设备机动灵活、应用范围广

无轨设备自带动力,机动性极大,可以快速自行至任何工作场地,无需铺轨、架线、接软管等,运输距离几乎无任何限制,可在上坡下坡等不利条件下工作;由于可以加大运输距离,可节省溜井和漏斗等的开凿、安装工作量,简化井下作业。

若与其他设备(如液压泵、液压马达、风动马达等)相配合,就可在无轨自行设备上实行能量转换,一机多能,增大使用范围。

无轨设备在完成掘进工作后,大多即可转入回采作业中使用,所以设备的利用率也较高。还可兼做道路平整、材料搬运、粉矿回收、边缘矿体回采等多种作业。

表 1—3 几种装运机的规格及生产能力

| 参 数 \ 型 号              | Wagner<br>ST—2 B | Wagner<br>ST—5 B | Eimco<br>912 B | Joy<br>TL 5 5 |
|------------------------|------------------|------------------|----------------|---------------|
| 铲斗容积 (码 <sup>3</sup> ) | 2                | 5                | 3.25           | 5.5           |
| 机身高度 (吋)               | 57               | 78               | 84             | 86            |
| 机身宽度 (吋)               | 61               | 84               | 60             | 93            |
| 平坡运距 (呎)               | 150              | 650              | 500            | 800           |
| 往返一次所需时间 (分)           | 2.2              | 4.1              | 3.25           | 4.5           |
| 每班往返循环次数 (次)           | 150              | 88               | 110            | 80            |
| 时间利用率                  | 70%              | 75%              | 75%            | 75%           |
| 每班运转时间 (分)             | 330              | 360              | 360            | 360           |
| 每班产量 (吨)               | 33               | 480              | 480            | 484           |
| 每年工作班数 (班)             | 500              | 500              | 500            | 500           |
| 年产量 (万吨)               | 16.5             | 24               | 20             | 24.2          |

### 5、无轨设备能分担提升任务，提高竖井提升效率

瑞典 LKAB 公司的基鲁纳瓦拉 (Käruwavaara) 矿，过去的人员、材料为通过有轨平巷—盲井—倾斜地下道等线路，几次转载才运到工作面。这种运输方法线路长，浪费时间和动力；采用无轨设备后，人员、材料通过斜坡道直达工作面，这样既降低了运输费用，又减少了运输时间，相应也增加了井下生产的有效工时。采用无轨设备运输系统后，井下生产率提高了 8~12%，降低生产成本 15% 左右。

### 6、无轨设备可以节省钢材

地下采矿使用无轨设备，就不再需铺设轨道，因而大大节省了钢材。瑞典 LKAB 公司鲁萨瓦拉矿将有轨设备改为无轨设备后，拆除轨道将近 1 万米，节省了大量钢材。

## 三、由有轨向无轨过渡需解决的问题

### 1、斜坡道的设计

地下采矿使用无轨设备以后，开拓方式要有相应改变，需开凿供车辆上下通行的斜坡道。斜坡道有两种，一种是中段间的辅助斜坡道，一种是连通地表的主干斜坡道。

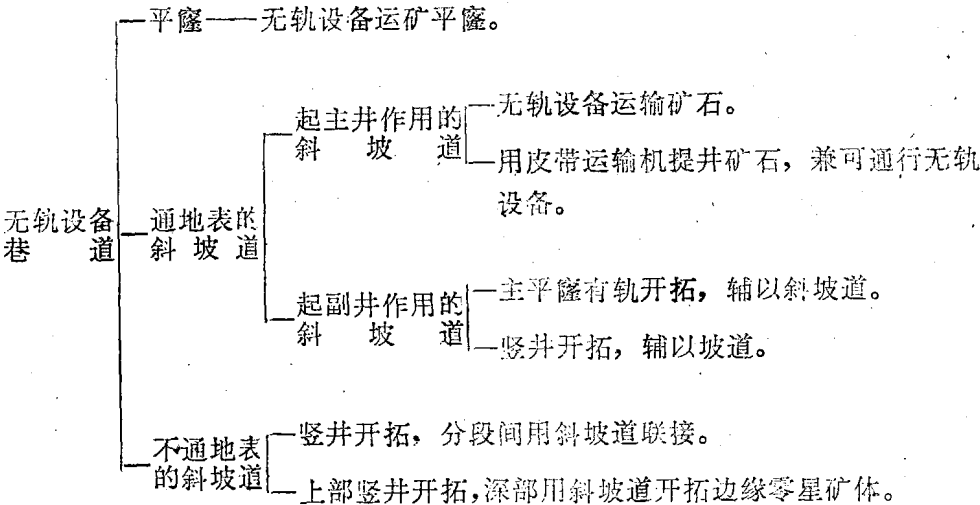
中间斜坡道，对无轨开采的矿山来说，几乎是必不可少的，不仅用作装运机的转移，还可用作凿岩、支护、检修和对无轨设备安装、加油以及通风的通道，也可将井下废石直



接运至地表。有了辅助斜坡道就可以充分发挥无轨设备的机动灵活性。

通地表的主干斜坡道，其开凿的必要性由具体情况来定。对其他提升井筒的矿山，主干斜坡道为供无轨设备出坑大修，并兼做通风和辅助运输之用，开凿必要性较小；对没有其他提升井筒的矿山，主干斜坡道用作运矿岩坑道，并兼做无轨设备出入，通风之用，其用途较大。

国外地下采用无轨设备，其开拓方式大致分类为：



斜坡道的断面，一般为  $3 \times 4 \text{ 米}^2 \sim 4 \times 5.5 \text{ 米}^2$ ，根据无轨设备大小和风量要求而定。坡度一般为  $1:10$ （主干斜坡道）以及  $1:6 \sim 1:9$ （辅助斜坡道），最小为  $4\%$ ，最大为  $20\%$ 。弯道处坡度略为减小，以便于车辆转弯。

装运机在斜坡道的运行坡度，大于一般回采工作面和放矿口的坡度。根据英国《采矿杂志》1975年12月对西方各国年产量大于15万吨的矿山调查使用无轨设备的情况归纳结果，几乎60%采用无轨设备的矿山，其最大坡度为  $10 \sim 20\%$ 。见表1~4。

表1—4 装运机的运行坡度

| 坡 度   | 0 ~ 4 % | 5 ~ 9 % | 10 ~ 20 % | 21 ~ 25 % | 26 ~ 30 % |
|-------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 矿 山 数 | 18      | 8       | 49        | 5         | 2         |

表中未考虑逆坡装载

瑞典基鲁纳（Kiruna）采矿运输公司出版了一本小册子书中对最大坡度时的运行进行了分析，从增加坡度可减少所需马力，维护费用，以及降低掘进费用等方面考虑，四轮驱动者限制在坡度为  $1:6$ ，二轮驱动者限制坡度为  $1:9$ 。

如果可能的话，在最大坡度为  $10 \sim 20\%$  范围内，适当减少坡度，对提高设备寿命和减少生产本是有利的。

目前斜坡道一般都设计成盘旋道形成，弯道有水平的也有螺旋形的，带螺旋形弯道的盘旋道与带水平弯道的盘旋道相比，其掘进工作量可以减少。

斜坡道的路面条件, 对于运输效率和轮胎磨损影响很大, 因此国外通常采用混凝土路面或柏油路面; 但如美国圣乔 (St. Joe) 公司的费来切 (Fletcher) 铝矿和汉纳 (Henna) 采矿公司的派洛特·诺布 (Pilot Knob) 铁矿, 其路面铺设均为经破碎后的尾矿, 用压路机压实, 道路状况良好。

## 2、废气净化和通风

地下采矿用无轨设备, 动力源为柴油机, 因此需解决废气净化问题, 并且必须增加通风量。

近几年来, 国外对柴油机排气净化问题做了许多工作, 目前正在得到解决。

为了消除地下无轨设备废气对人体健康的危害, 除采用净化装置外, 还必须加强通风, 通风的目的是将净化后仍然超过允许浓度的高温有害气体加以稀释和带走, 达到降温和除尘的效果。通风量一般为柴油机排气量的数十倍。国外地下采矿使用柴油机, 其每日单位出矿量所需风量约为  $1.4 \sim 2.7 \text{ 米}^3/\text{分} \cdot \text{吨} \cdot \text{日}$ 。

据加拿大安大略省矿产部矿山局规定所有柴油设备作业区每一制动马力需要的最小风量为  $2.1 \text{ 米}^3/\text{分}$ , 实际设计达到  $2.8 \text{ 米}^3/\text{分}$ 。

日本矿山对柴油设备的供风量规定每缸为  $4 \text{ 米}^3/\text{分}$ , 折合每马力约为  $3 \text{ 米}^3/\text{分}$ 。

法国洛林铁矿联合会于 1973 年 4 月赴北美参观团, 到艾姆科 (Eimco) 公司考察时, 曾讨论了有关 Eimco 920 大型装运机用的大型柴油机的供风量问题, 表 1—5 列出了美国矿业局规定的, 有柴油发动机的采区风量标准; 同时他们规定, 如果同一采区有几台机器运行, 则第二台的风量应加 75%, 以后增加一台, 风量应加 50%。

表 1—5 地下采矿用柴油机的风量标准

| 制 造 厂 家                 | 规 格                                                 | 功 率<br>(马力) | 消耗空气量<br>( $\text{米}^3/\text{分}$ ) | 通 风 量<br>( $\text{米}^3/\text{秒}$ ) |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|-------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 西德德依次 (Deutz) 公司        | F <sub>12</sub> L <sub>714</sub>                    | 270         | 21                                 | 14                                 |
| 美国通用汽车公司                | 12v71 { $\begin{matrix} N^s \\ N^{ss} \end{matrix}$ | 370         | 36                                 | 38                                 |
| 美国卡特皮勒 (Caterpillar) 公司 | 1693TA                                              | 400         | 30                                 | 23                                 |

矿山实际通风量, 除了保证矿井总通风量外, 更重量的是必需保证单台作业柴油机所需的稀释风量, 例如赞比亚木富利拉铜矿规定: 掘进断面为  $9.2 \text{ 米} \times 4.2 \text{ 米}$  的巷道, 工作面仅使用一台机械作业时, 需要风量为  $540 \text{ 米}^3/\text{分}$ , 风速为  $0.5 \text{ 米}/\text{秒}$ ; 在回采区域, 具有 4—5 条横巷和 2—3 台机械同时在一个水平作业时, 需要风量为  $1350 \text{ 米}^3/\text{分}$ , 风速为  $1.25 \text{ 米}/\text{秒}$ 。如何保证上述风量要求, 就必须有相应的合理安排和严格执行的通风管理制度。例如充分发挥设备效能, 减少使用设备数量, 按采掘计划的安排尽量使柴油机设备不过于集中, 又不过于分散, 以方便通风管理; 根据作业的变化, 及时启闭局扇、风门等通风设施, 以控制风量分配。

关于风量计算, 过去一般都按空气中各有害气体的相对含量之和来计算, 现今大都采用经验公式:  $0.05N$  ( $\text{米}^3/\text{分}$ )。

式中：N为发动机的额定功率（马力）按上式计算一个工作面所需的风量。

### 3、轮 胎

采用无轨设备时，轮胎的磨损是一个突出的问题。轮胎的磨损与路面质量有直接关系。由于各矿的道路质量、作业条件和操作技术等等不同，所以轮胎使用寿命差异很大。一般来说，轮胎的尺寸（即承载能力）越大，轮胎的初期寿命越长，因为设备类型越大，对路面的要求越严格，设备类型大，相应发动机的功率亦增大，也就减少了产生过载的情况。

轮胎磨损的主要原因有：

（1）路面条件不好。

（2）底板潮湿，水起着润滑剂的作用，使岩石容易割破轮胎面。

（3）轮子自转打滑。

（4）轮胎充气不适当。胎压不足，则轮胎变形加大，增加了滚动阻力，胎压过高，则接地面积过小，使附着力降低，容易引起空转和打滑，行驶时遇到障碍，产生跳动，轮胎亦易破裂。

（5）行驶时轮胎与边墙的间距不够。

（6）司机的操作技术。

（7）道路坡度对轮胎磨损影响亦很大，坡度大，重车上坡需较大的牵引力，轮胎磨损亦大，空车下坡则速度快，遇到障碍或拐弯需减速或制动也加大轮胎磨损。根据瑞典一资料说明，在路面条件相同，坡度为1:9和1:6时，对坡度大者，轮胎寿命降低很多，因而使轮胎费用增加约为40%。

（8）轮胎的结构形式也是影响轮胎磨损的一个因素。

为了减少轮胎的磨损，提高轮胎寿命，目前国外除了在轮胎的结构形式、合理的选择轮胎规格和加防护链等方面做了许多工作外，同时在设备行走的路面也做了大量的工作，以提高轮胎的寿命。这对降低成本，提高设备利用率，增加产量是一个非常重要的因素。

目前，国外在水平运输巷道中，比较普遍的是采用碎石路面。在充填法采场中则为30:1的水泥尾砂胶结料。加拿大国际镍公司所属矿山做了多种铺路材料试验，包括混凝土、冷混合沥青、掺细砂炉渣、掺尾矿的细砂、碎炉渣热混合沥青等；最后得出用短头圆锥破碎机，排矿口为16毫米粒度的岩石产品铺设路面最经济实用。一般采用碎石铺路后，用压路机压实。

苏联资料认为，当运距不大时，为提高车速而铺设高级路面是不恰当的。计算表明3.8米<sup>3</sup>的装运机行速为13公里/小时，劳动生产率为350吨/班，而行速为18公里/小时仅400吨/班。故对于装运巷道和辅助斜巷（截重10—15吨，行速12—15公里/小时）推荐用150毫米厚块度为16毫米的碎石路面。对于掘进巷道不要求搞人工路面，只希望有平坦碎石路面即可。

倾斜巷道，加拿大邓巴顿矿是采用腭式破碎机破碎小于75毫米的粒度作路基，上面铺设25毫米的碎石，效果较好。苏联也采用碎石路基，只在运行繁忙时，才要求一级路面，（见表1—6）。

表 1—6 路 面 等 级

| 路 面<br>种 类 | 车辆通过密度<br>(车/时) | 道 路 结 构             |                     |                 |
|------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------|
|            |                 | 路 基                 | 路 面                 | 沥青水泥粘合<br>路 面 层 |
| 一          | 10              | 20—27毫米碎石，<br>厚20cm | 10—20毫米碎石，<br>厚10cm | 3 cm            |
| 二          | 10—40           | 同上                  | 同上                  | 6 cm            |
| 三          | 80              | 同上                  | 同上                  | 10cm            |

混凝土路面只有运输量大或无法保持干燥路面的运输线上，为了提高车速，增加劳动生产率才铺设，这样可减少轮胎磨损。

国外经生产实践证明，沥青混凝土路面的重载行车速度可达18—25公里/小时，空载可达20—40公里/小时，在路面坏的情况下，重车行速不超过4—6公里/小时，空车不超过6—15公里/小时。当设备爬坡时，车速不超过6—8公里/小时，故只有在运距很长，提高车速来提高路面等级才是合适的。奥密特斯矿试验的混凝土路面，可使装运机轮胎寿命平均从900小时提高到1600小时。

苏联道路科学研究院卡萨赫斯分院对哲斯卡斯干矿推荐的井下主要运输巷道道路结构为：装运巷道和装矿进路的路面没有一定的规定，可以推荐用150毫米厚的碎石路面，碎石粒度16毫米；在装载点则铺混凝土路面。加拿大矿山要求装矿进路也要用混凝土，尤其是矿岩堆的底板则强调用钢筋或钢轨加强。

维修无轨运输巷道路面，必须设有专门的维修队。对碎石路面经常要机械推平压实。经验说明碎石路基构筑质量再好，一旦为水所饱和，则使用期限很快缩短。因此道路必须设置排水沟，来保证道路质量。

#### 4、维修与备品备件

地下无轨设备的维修保养工作，不但对提高设备的完好率和生产效率有重要意义，而且对环境保护也有重要意义，如果维护检修不力，对设备能力的发挥，以及噪音、高温、有害气体的产生都会有影响，极易造成严重恶果，所以对设备维修工作需要特别注意，一般应严格执行计划检修。这样不但控制废气污染，而且可以保证设备正常运行，发挥设备应有的效能。实践证明，无轨设备在井下使用的顺利与否，很大程度上取决于维修技术和质量的好坏。

法国洛林铁矿联合会1973年4月赴北美参观团，曾考察了国际镍公司安大略分部所属11个地下矿的无轨设备的维修问题。法国洛林铁矿参观团访问了斯托比(Stobie)矿和中央机修厂。

##### (1) 斯托比矿

采矿方法是分段崩落法。日产量为1万1千吨，每周工作40小时，每天工作两班。维修工作一部分在星期六，一部分在星期一。职工人数950人，其中井下375~425人，用ST—4和ST—8型装运机装矿和运矿，单程运距为30~150米。

该矿使用30台无轨设备,其中包括16台ST—4和5台ST—8型装运机,其余为凿岩台车和辅助车辆。维修人员分布在两个井下车库,主要的车库设在420水平,次要的车库在300水平。每天有18名维修工人,分两班工作,主车库是一个 $25 \times 10$ 米<sup>2</sup>,高6米的峒室,库里设有天车,但有4个3 T立式吊,其回转臂可以通及整个车库面积,库里无机床设备,近旁有一个小备件库。

该矿每班开始时,司机接车,检查燃料和润滑油油标,以及空气过滤器、制动器和转向器。

每周,将设备交给车库,按照固定的计划进行检查,按检查步骤进行,其检修计划如下:  
每周一次:折却车轮,检验和调整制动器和转向机构。

每两周一次:按照一套详细的程序检验发动机各个部件——进气门、排气门、净化器,在空载条件下检查发动机的转速。

每六周一次:将燃料和润滑油系统放油,检查并进行清洗。

每十八周一次:检查注油系统。

此外,各生产部门所需的排除故障作业,都尽可能在车库里进行。组件的修理则不在地下进行。

## (2) 中央机修厂

包括一个中心办公室和机修厂。中心办公室负责收取在每台机器上进行的各项检修作业的登记卡片,建立每台设备的档案。根据这套档案,在各个矿山开展定期维修作业,根据各矿山、中央机修厂和各仓库提供的资料,中心办公室按每台设备计算维修费用,然后将计算结果分送给各个矿山。

中央机修厂的任务是修理各矿山无轨设备的组件,修理项目要各矿自行提出,各矿则进行标准组件的更换。

中央机修厂有25名工人,分两班工作。工作岗位的布局经过仔细考虑,以减少工件的往返搬运。中央机修厂有四个车间:机械、柴油机、液压、电气。

中央机修厂有一个仓库,存放备件和修复后的组件。该厂负责修理的设备主要为装运机,共132台,其中ST—4型95台;ST—5型17台;ST—8型20台。

法国洛林铁矿参观团考察汉纳(Henna)采矿公司的派洛特·诺布(Pilot Knob)铁矿时,了解该矿对装运机的维修安排是:每三班一次定期小检,包括加油润滑和检查部件,由两名维修工进行,用1½小时;每十七个班进行一次预防性检修,需用1个班的时间。

又如加拿大加斯佩(Gaspe)矿的机修设施(该矿日产矿石7500吨,用房柱法开采)是在井下设有总面积1300米<sup>2</sup>的机修车间,配置有:①洗车室,②三个机修工段,③焊接间,④润滑油库,⑤工具间,⑥办公室。加油站距机修工段457米;为了在工作面作业地点进行设备检修,该矿配有移动式检修车,带有气焊、电焊、钳工工作台、吊车等。设备大修在地表中央机修厂进行,厂里尚设有轮胎翻新车间。井下机修车间由31名检修工、一个科长、一个机械师和一个计划员组成。

国外对装运机的检修计划,一般有如下几种;

- (1) 日检修计划,
- (2) 周检修计划,
- (3) 六周检修计划,
- (4) 十八周检修计划,
- (5) 年检修计划。

检修工作除大修外,全部都在地下检修硐室中进行,检修硐室中一般配有3~5 T 天车、空压机、各种机动和手动工具,底板铺上水泥,顶和墙经过粉刷,照明较好,硐室大小按矿山生产能力及设备大小和数量而定。

设备的完好率和利用率按矿山具体情况而有所不同,其中一个原因即为备品备件供应情况,如轮胎为易耗品,赞比亚的卢安矿山联合公司,任何时候都备有700个轮胎,同时还要订购同样数量的轮胎。有的矿山设备利用率仅为30%,往往就是由于备品备件供应不足所致。

#### (四) 设备选型及经济效果

装运机选型主要考虑的因素有:运输距离,生产能力,设备利用率,生产费用和设备备用数等。

##### 1 运输距离:

国外使用装运机的经济合理运距,一般都在250~2000米以下,(个别的达到3000米),在实际生产中,有的矿山最大运距达6000米,甚至有达12000米的。

英国《采矿杂志》1973年12月对西方各国矿山调查使用无轨设备的情况,其运输距离统计结果如下:

表1—7 装运机的运输距离

| 一般运距 (呎) | 最大运距 (呎) | 最佳运距 (呎) |
|----------|----------|----------|
| 50—2000  | 100—4000 | 60—1500  |

在合理运距内,应结合产量进行装运机选型;产量较大,运距较长则应选用大型或中型装运机;产量较大,运距较短也以中型或大型装运机为宜,只有产量小,运距也短才选用小型装运机。

##### 2 生产能力

装运机的生产能力是选型的重要根据,但它与作业条件(如爆堆大小、物料块度、比重、铲斗容积),道路状况(如路面性质、宽度、坡度、转弯情况、照明等),设备维护和操作水平等皆有关,因而差异有时甚大。一般皆以每小时的生产能力来表示,即按装运机每一循环所需的时间,进而算出每小时可完成多少循环,再乘以装运机每循环的装载量,装满系数一般取(0.8~0.9),即可得出每小时的生产能力。

装运机制造厂家,一般按装运机类型,根据运距、速度做出每小时运输量的曲线图。

装运机每小时生产能力，再乘以每班的有效工时，即为每班的生产能力。  
法国洛林铁矿联合会于1973年4月在美国圣乔（St. Joe）铅公司费来切 尔（Fletcher）铅矿，考察卡特皮勒（Caterpillar）装运机的生产能力，记录下了较为精确的数据，其设备利用率为83%，记录结果见表1—8。

表1—8 卡特皮勒装运机的生产能力

| 运 距  | 生 产 能 力 (吨/时) |          |
|------|---------------|----------|
|      | Cat—980型      | Cat—988型 |
| 75米  | 134           | 211      |
| 150米 | 113           | 177      |
| 300米 | 85            | 134      |
| 450米 | 69            | 108      |
| 600米 | 58            | 90       |

由上表可知，只要道路情况良好，可以高速行驶，对于大型装运机，也可用于较远距离运输。

### 3 设备利用率

$$\text{设备利用率} = \frac{\text{应工作小时} - \text{设备故障停工小时}}{\text{应工作小时}} \%$$

一般来说，设备运行的时间与设备维修和生产管理有很大关系。

英国《采矿杂志》1973年12月对西方各国矿山调查使用无轨设备的情况表明，设备利用率一般在55~95%，平均为73%。

各矿设备完好率差别甚大，这是因为设备制造质量、使用新旧程度、工作条件好坏、工作制度、维护保养质量、故障排除的技术力量以及备品备件的供应条件等不同，因而设备利用率亦不同。

### 4 生产费用

装运机选型时亦须从经济上分析决定，一般的规律是采用大型者比小型者经济。表1—9给出国际镍公司使用的三种型号装运机每吨矿石生产费用的比较。

表1—9 三种型号装运机的生产费用对比

| 生产费用           | ST—2A | ST—4A | ST—8 |
|----------------|-------|-------|------|
| 操作工工资 (美元)     | 0.30  | 0.13  | 0.09 |
| 材料消耗费 (美元)     | 0.02  | 0.01  | 0.01 |
| 修理工工资和材料费 (美元) | 0.60  | 0.35  | 0.21 |
| 总 计 (美元)       | 0.92  | 0.49  | 0.31 |
| 生产能力 (吨/小时)    | 25    | 60    | 85   |



大型装运机载重大，故功率利用率高，设备效率高，无效设备重量损失就小，所以在可能条件下，采用大型装运机是较合理的。

小型装运机虽是在小型巷道内使用，但与大型者比较，功率损失大，因小型装运机为了具有一定的插入力，其功率很大一部分就消耗在设备自重上。

中型设备行走速度较大（坡度可达 $3.2 \sim 3.6\%$ ），具有较大的灵活机动性。所以中型装运机（如ST—5）铲斗容积较大，而设备自重较轻，所以功率亦较小，故采用者比较广泛。对生产能力小的矿山，以采用小型装运机（如ST—2）比较适宜。

### 5 设备备用数

备用装运机目的有两个，一是替换在生产中临时出故障的设备，二是替换计划检修的设备。

装运机大修，都是送地面进行，例如赞比亚洛卡那矿规定设备运转6000小时后，送地表大修，估计大修时间为运行时间的10%，则大修所需备用系数为10%，又按前述各矿设备利用率为 $55 \sim 95\%$ ，所以备用系数为 $45 \sim 5\%$ 。装运机计划维修时间与运行时间比约为5:1，故计划维修所需备用系数为20%。三者相加，备用系数在60%以上。

美国艾姆柯（Eimco）公司建议设备总数在20台以下的，备用系数为20%，20~40台时为10%。

南非奥密斯（Oamites）铜矿，共有6台ST—5装运机，其中三台运矿，一台掘进，一台备用，一台大修，其备用系数为50%。

美国维伯伦铅矿一矿井有六台TL 55装运机，其中三台工作，三台备用，备用系数为100%。

综合上述，当装运机为两班制工作时，备用系数取50%，若为三班制工作时，备用系数取70~100%。

## 第二章 国外无储仓装运机制造概况

无储仓装运机是在有储仓装运机的基础上发展起来的，使铲斗和储矿仓合一，即铲斗既作装载，也兼作储矿仓，因此比有储仓装运机更为简单，行动也更加灵活。由于无储仓装运机具备机身矮而窄，行走速度高，对新老矿山都有较好的适应性，且可作多种用途，在200—500米的运距范围内，生产费用一般较其他装运方式低，生产能力也大。因而获得迅速发展。

随着装运机使用数量的增加，装运机生产也日趋广泛。其中以美国生产较早，生产数量最多，规格比较齐全，产品成熟，畅销国内外。其次是西德、法国、苏联，瑞典，芬兰、波兰、日本、澳大利亚、意大利等国也生产不同数量和型号的产品。主要生产国的主要生产厂的装运机型号及参数见附表。

下面就主要生产国及其产品特点，分别简单介绍。

### 一、美 国

美国是装运机的主要生产国，其产品型号占世界装运机型号总数的一半，现在使用中的装运机大部分是美国产品。1971年，美国由于采用无轨设备，使地下矿的矿石产量增加25%。因此国内获得迅速推广使用。此外，加拿大，法国、瑞典、澳大利亚及亚非某些国家的地下矿山使用美国的装运机也较普遍。

美国装运机主要生产厂对于装运机的研究和试制较早，在试制过程中，重视试验和改进，因此产品比较成熟，对外国输出技术。其主要生产厂家有：Wagner公司、Eimco公司、Caterpillar、Joy等。其中以Wagner和Eimco两家公司生产最多。Caterpillar公司原为生产露天装载机最大的一家公司，但其产品改装后，被广泛用于地下矿装载卡车。

#### 1、Wagner公司的生产概况

Wagner公司是目前世界上生产装运机的主要厂家之一，其产品销售世界各地，英国《采矿杂志》的数字表明，在119个使用装运机的地下矿中，该公司的产品占总数的49.3%，占设备总斗容积量的59.3%。

Wagner公司从1962年正式制成第一台装运机到现在，已生产两个系列，29个型号的产品，即MS系列和ST系列。MS系列专为煤矿使用而设计，共有六个型号，其斗容量为0.76—2.3米<sup>3</sup>，功率为79—196马力，最大爬坡能力可达60%，机器宽度为1.98—2.7米，高度为1.5—1.93米。可用于清通工作面，以及在工作面作顶板撬砸等工作。基本结