

矿井轨道运输

87 ·  
TD524  
3  
3

# 矿 井 轨 道 运 输

李树森 编著

煤炭工业出版社

## 内 容 提 要

本书比较全面地讲述了矿井轨道运输设备的基本结构、理论基础和设计计算,简要介绍了某些设备和设施的运转和维护问题。

本书的主要内容是:把矿井运输系统作为概率系统,用概率论的方法讨论矿井运输系统的可靠性和通过能力;矿井(窄轨)轨道的各种连接计算,轨道铺设和维修的机具与设备;较深入地讨论矿车的主要结构参数和稳定性,介绍矿车的维修设备和斜井人车;较全面地讨论矿用电机车牵引的有关理论问题,介绍电机车牵引计算及矿用直流电机车可控硅脉冲调速原理;介绍钢丝绳运输、轨道运输站场设备、有轨辅助运输设备(架空单轨及单绳输送车和落地式卡轨车)。

本书可供矿井运输系统和轨道运输设备设计、研究和施工运行的技术人员使用,矿业院校师生亦可参考。

责任编辑:刘庆韶

## 矿 井 轨 道 运 输

李树森 编著

\*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北街16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张22  
字数 519千字 印数1—2,450  
1986年5月第1版 1986年5月第1次印刷  
书号15035·2738 定价5.20元



## 前 言

矿井运输是煤矿生产过程的重要组成部分。高效、安全而可靠的运输工作，对提高煤炭生产效率和改善矿井技术、经济指标影响甚大。矿井运输系统的复杂性和运输设备的恶劣工作条件，给提高运输工作的机械化程度和管理水平带来很大困难。

随着采掘作业的集中化和采区、煤层及工作面产量的增加，采区主要货流的运输工作已基本实现输送机化（包括刮板输送机和胶带输送机）。但是，电机车窄轨铁路运输仍然是煤矿井下干线水平巷道的主要运输方式。此外，对于主要货流运输实现了输送机化的采区巷道和集中巷道（水平巷道和倾斜巷道），繁重、复杂的辅助运输任务（如各种材料、设备及其零部件的运输和人员运送等）很难只依靠输送机完成。

矿井铁路运输的使用范围在井下虽有一些缩小，但是，包括窄轨铁路及架空单轨和单绳运输在内的矿井轨道运输，在矿井运输系统中仍占有极其重要的地位，而且对这种运输方式提出了更高的要求。

提高矿井运输工作效能的基本条件是建立合理、可靠的运输系统，使用先进的技术装备以及科学的管理工作。但是，目前许多矿井运输工作存在着运输系统不能适应加大矿井开采强度的需要，运输设备陈旧、维修质量低劣，管理工作不善，技术素质差等问题。因此，当前的迫切任务是要更新改造现有生产矿井的运输系统，加强运输设备的管理和维修工作，改善设备的技术状况，提高技术素质。对于矿井轨道运输而言，无论是生产矿井的技术改造，还是今后新矿井的建设，其方向应该是使用重型、高速电机车和大容量的自卸式矿车，并采用固定道床铺设重轨轨道以适应高速、大载重量列车行驶的需要。

矿井轨道运输在矿井运输工作中占极为重要的地位并在继续改进和发展，但至目前国内尚无较全面、系统地论述矿井轨道运输系统及其技术装备理论研究方面的专门书籍，因此，作者特编写本书，企望能对矿井轨道运输系统的研究和优化设计以及高效优质运输设备的研制和使用，对提高矿井运输系统的效率、可靠性和通过能力的研究及生产实践有所帮助。

对于开采强度大、生产集中的大、中型矿井，运输系统不仅要有合理的结构，还必需有与其相适应的分析计算方法，才能确保运输系统的功能和提高全矿井的生产技术和经济指标。矿井运输系统的现有计算方法是，不论矿井的技术条件如何，对同类运输环节采用相同的运输能力储备系数。这种计算方法既未考虑矿井货流形成的内在规律，也未考虑运输系统组成的结构特点。如果对于机械化程度很低的小型矿井尚未见其重大缺陷的话，那么对于开采强度很大、生产比较集中以及机械化程度很高的大、中型矿井，运输系统的现有计算方法的缺陷就会在矿井建设和生产过程中显现出来。本书把矿井运输系统看作是概率系统，用概率论的方法研究矿井货流的形成和变化规律，据以分析运输系统的可靠性和通过能力，为矿井运输系统的优化设计提供理论依据和计算方法。

发挥重型、高速电机车的优越性，必须有良好的轨道线路质量和矿车技术状况以及正常的列车运行状态。为此，本书以不同于通常的观点和方法深入研究了列车运行理论和电

机车的牵引计算方法，全面、深入地讨论了矿车结构参数和在各种条件下的稳定性问题。同时，较详细地介绍了矿用直流电机车的可控硅（晶体闸流管）脉冲调速装置。

矿车的技术状况和轨道线路质量的优劣与管理水平及维修质量密切相关。矿车和轨道维修的特点是工作量大、劳动强度高，因此，维修机械化是提高维修质量和经济效益的必由之途。本书介绍了一些较先进的矿车检修、轨道铺设及维护的机械化设备和机具。

目前国外已广泛使用架空单轨输送车和架空单绳输送车以及落地式卡轨车作为矿井辅助运输设备。本书对这些设备也有所论述和介绍。

由于水平所限，书中缺点和错误在所难免，敬希读者给予批评指正。

# 目 录

<b>第一章 矿井运输系统</b> .....	1
第一节 概述 .....	1
第二节 矿井货流及其特征 .....	10
第三节 矿井运输系统的可靠性 .....	13
一、矿井运输系统及其组成环节的可靠度 .....	14
二、矿井运输系统及其组成环节的维修度 .....	17
三、矿井运输系统及其组成环节的有效度 .....	17
四、矿井运输系统可靠性的一般指标 .....	18
五、为减少运输工作停工而采取的技术、组织措施的效果 .....	19
第四节 矿井运输系统的通过能力 .....	20
一、通过能力的计算 .....	20
二、工作面货流的数学描述 .....	22
三、胶带输送机的最佳通过能力 .....	27
四、输送机组煤仓的最佳容量 .....	29
五、无储备容量的轨道运输系统的最佳通过能力 .....	32
六、有储备容量的轨道运输系统的最佳储备容量 .....	33
<b>第二章 矿井轨道</b> .....	34
第一节 轨道的结构 .....	34
一、轨道的结构 .....	34
二、轨距和轨道的坡度 .....	38
第二节 弯曲轨道 .....	39
一、弯道的半径和轨距 .....	39
二、弯道外轨或内轨的抬高 .....	41
第三节 轨道的连接 .....	44
一、道岔 .....	44
二、线路的终点连接 .....	53
三、过渡线路(渡线) .....	62
第四节 轨道的铺设 .....	65
一、平巷直轨道的铺设 .....	65
二、平巷弯道的铺设 .....	66
三、倾斜巷道中轨道的铺设 .....	68
四、普通道岔的铺设 .....	69
五、轨道铺设和维修的机具和设备 .....	69
<b>第三章 矿用车辆</b> .....	78
第一节 概述 .....	78
一、矿用车辆的分类 .....	78
二、矿车的主要结构参数和运用参数 .....	78

第二节 矿车的主要类型 .....	79
一、固定车箱式矿车 .....	79
二、底卸式矿车 .....	80
三、分节式矿车 .....	86
第三节 矿车主要组成部分的结构和计算 .....	87
一、矿车主要几何尺寸的选择 .....	87
二、矿车的计算载荷 .....	90
三、车箱 .....	93
四、车架 .....	93
五、轮轴 .....	95
六、连接器 .....	97
第四节 运行车组连接器和缓冲器的结构参数 .....	102
一、车组在弯道上运行时连接器的偏角与弯道半径 .....	102
二、过渡曲线 .....	111
三、缓冲器的几何尺寸 .....	115
四、四轴车辆的内接 .....	121
五、车组在立面弯道上运行时连接器的偏角 .....	122
第五节 矿车的稳定性 .....	123
一、矿车出轨理论 .....	123
二、矿车的稳定性 .....	130
第六节 矿车运行阻力 .....	136
一、基本阻力 .....	136
二、附加运行阻力 .....	137
第七节 矿车维修设备 .....	139
第八节 矿车清扫设备 .....	143
第九节 斜井人车 .....	148
一、概述 .....	148
二、插爪式斜井人车 .....	153
三、抱轨式斜井人车 .....	157
四、斜井人车的试验 .....	164
<b>第四章 矿用电机车 .....</b>	<b>166</b>
<b>第一节 概述 .....</b>	<b>166</b>
<b>第二节 列车运行理论 .....</b>	<b>167</b>
一、电机车车轮的滚动 .....	167
二、电机车车轮的轮圈切向力 .....	171
三、电机车的电力传动方程式 .....	173
四、列车运行方程式 .....	175
五、换算到主动车轮轮圈上的电机车牵引电动机的牵引力 .....	177
六、主动车轮打滑条件下电机车的牵引力 .....	178
七、粘着力与电机车的牵引力 .....	180
八、粘着力与电机车的制动力 .....	180
九、矿用电机车的粘着系数及其测定原理 .....	181
<b>第三节 矿用电机车的机械结构 .....</b>	<b>185</b>

一、车架 .....	185
二、缓冲器 .....	186
三、轮对 .....	186
四、弹簧托架 .....	187
五、制动装置 .....	190
六、牵引传动装置 .....	192
七、撒砂装置 .....	193
八、速度计 .....	193
第四节 矿用电机车的电气设备 .....	194
一、牵引电动机 .....	194
二、矿用电机车可控硅脉冲调速装置 .....	198
三、牵引控制设备 .....	222
四、矿用电机车的电气控制原理 .....	223
五、矿用电机车主要电气设备的维修 .....	230
第五节 牵引蓄电池组 .....	231
一、酸性蓄电池 .....	231
二、碱性蓄电池 .....	237
三、蓄电池组的安全性能 .....	239
四、蓄电池的充电方法 .....	239
五、矿用电机车牵引蓄电池的技术特征 .....	240
第六节 矿用电机车牵引计算 .....	241
一、列车组成的计算 .....	241
二、所需电机车台数的计算 .....	251
三、蓄电池组数和充电台数的计算 .....	251
四、电机车运输的电能消耗 .....	252
五、电机车运输轨道的线路坡度 .....	254
第七节 牵引网路 .....	256
一、牵引网路的构成 .....	256
二、牵引网路的结构 .....	257
三、牵引网路的计算 .....	266
四、杂散电流 .....	274
第八节 牵引变流所容量的计算 .....	275
一、牵引变流所连续负荷的计算 .....	275
二、牵引变流所最大短时负荷的计算 .....	276
<b>第五章 钢丝绳运输</b> .....	<b>277</b>
第一节 钢丝绳运输的分类 .....	277
第二节 运输绞车 .....	279
第三节 无极绳运输计算 .....	283
一、运输能力 .....	283
二、牵引钢丝绳的张力 .....	286
三、钢丝绳的选择 .....	288
四、检查车组沿倾斜巷道下放的可能性 .....	289
五、倾斜巷道双绳运输绞车滚筒的圆周(牵引)力 .....	289



六、绞车电动机的功率 .....	290
第四节 无极绳运输计算 .....	294
一、运输能力 .....	294
二、牵引钢丝绳的张力 .....	294
三、牵引钢丝绳的选择计算 .....	296
四、绞车电动机功率及单位电耗 .....	296
<b>第六章 矿井轨道运输的站场设备</b> .....	<b>298</b>
第一节 概述 .....	298
一、矿井轨道运输的站场 .....	298
二、矿井轨道运输站场设备的分类 .....	301
第二节 调度绞车 .....	301
第三节 推车机 .....	306
一、推车机的主要结构型式 .....	306
二、推车机的计算 .....	313
第四节 防撒装置 .....	316
第五节 翻车机 .....	318
一、翻车机的分类 .....	318
二、翻车机的整体结构 .....	320
<b>第七章 矿井有轨辅助运输设备</b> .....	<b>324</b>
第一节 概述 .....	324
第二节 架空索道车 .....	325
第三节 架空单轨车 .....	327
第四节 架空单轨车主要组成部分的结构 .....	328
一、导轨 .....	328
二、牵引钢丝绳及其承托导向装置和张紧装置 .....	331
三、支承车 .....	333
四、牵引车 .....	334
五、制动车 .....	335
六、承载车 .....	337
第五节 落地卡轨车 .....	337
一、概述 .....	337
二、贝考里特卡轨车简介 .....	337
三、ДН15型卡轨车简介 .....	338

# 第一章 矿井运输系统

## 第一节 概 述

矿井运输是煤矿企业的主要生产过程之一，运输工作使用的机械设备不仅类型多，且在矿井机械设备的数量中占很大比重。从采掘工作面到井底车场，组成运输系统的环节多，运输工作组织复杂，占用的劳动力多。因而安全、有效的运输工作是煤矿生产正常进行的重要保证之一，对矿井生产的技术、经济指标具有重大影响。

井下工作面采出的煤炭和矸石必须通过井下巷道运往地面，煤炭进行分选加工，或直接装入外运工具运往用户，将矸石排弃或处理后加以利用。为了保证井下生产正常进行，井下使用的机电设备及其配件、从井下送往地面检修的机电设备、支护装备及其他材料（油料、乳化液及爆破材料等），当用充填法开采煤层时充填材料等的运输工作也是必不可少的。在一定的条件下，矿井运输工作还担负着运送人员的任务。

在一个矿井中常常是有若干个采掘工作面同时进行工作，因而运输线路的分支较多是矿井运输的特征之一。此外，矿井运输系统往往由若干水平的和倾斜的线路交替组成。当矿井同时有不止一个“水平”进行生产时，矿井运输系统就更为复杂了。

由技术、经济条件决定的井下巷道断面较小，因而运输工作在空间上受很大限制。

井下采掘工作面是经常移动的，因此，运输线路的长度也是经常变化的，尤其是在采区范围内这种情况更加明显。因而运输设备及运输工作组织应能充分适应上述特点。

运输工作的辅助作业不仅劳动强度大，且占用劳动力较多。因此，运输及其辅助工作的机械化和自动化，对于解放笨重体力劳动、提高劳动生产率、保证安全生产及降低产品成本增加经济收益具有重要意义。

强化采掘工作面的生产过程，只有在全矿井的运输工作能保证及时而不断地运出全部煤炭及矸石的条件下，围绕采掘工作所采取的技术及组织措施才能真正见效。即仅当有了完善的运输工作（技术装备、组织及管理）才能最充分地利用采掘装备的技术条件，为提高产量、提高劳动生产率和降低产品成本创造必要条件。

按动作原理，矿井运输设备可分两类。第一类是连续动作式运输设备：利用物料的重力作用的设备；输送机设备；水力及风力运输设备。输送机设备分为有挠性牵引构件的和无挠性牵引构件的。前者包括刮板输送机、带式输送机、链-带及绳-带式输送机等。簸动及振动输送机和螺旋输送机则属于后者。

第二类运输设备是间断动作式（或称为周期动作式）设备。其中有扒矿设备、各种无极绳运输、机车运输、架空单轨或单绳运输，以及各种轮式无轨运输设备。我们把钢丝绳运输、机车运输、架空单轨及单绳运输统称为轨道运输。

无极绳运输是介于上述两类运输设备之间的一种运输设备。因为无极绳运输是在连续的情况下工作，但在运输终点站必须有改变矿车行程的辅助作业，这一点显然与上述连续动作式运输设备的工作原理有所不同，但有相似之处。它的另一特点是钢丝绳牵引矿车沿

轨道运行。所以，我们把无极绳运输列入间断动作式运输设备类，并与其他运输方式合称为轨道运输。

轨道运输的主要优点是能充分适应运输距离的变化和巷道的弯曲，以及适用范围广。既能用于水平巷道，也能用于倾斜巷道，且倾斜角几乎不受限制。轨道运输的缺点是运输能力与运输距离有关。其他条件相同时，运输能力随运输距离的增加而降低；工作组织复杂，需要较多的辅助作业和辅助设备。

轨道运输曾是矿井运输的主要方式，从采煤工作面的下顺槽直至井底车场均使用不同方式的轨道运输。随着煤矿开采技术的发展和开采强度的加大，轨道运输的上述缺点在某些运输环节上就显得更加突出了。因而轨道运输几乎被完全排斥于采区之外。虽然如此，轨道运输仍未失去其在矿井运输中的重要地位。一则轨道运输(主要是机车运输)仍是矿井主要水平运输巷道的主要运输方式之一。二则，即便是在全部使用输送机运输的采区内，材料及设备的运输仍需使用轨道运输，掘进工作面的煤炭或矸石目前仍需要使用轨道运输。在主要倾斜巷道使用胶带输送机运输时，轨道下(上)山仍采用轨道运输作为运送设备、材料和人员用。

选用运输方式及相应的运输设备必需根据使用条件综合考虑，即在技术、经济分析的基础上作出选择。对于矿井运输，其主要货载为散碎物料。选择运输方式时具有决定性的主要因素有：1.所运物料的特性和性质(块度、湿度、破碎性、腐蚀性、粉尘形成、密度和对运输设备的磨损性等)；2.所需运输能力及今后的变化情况；3.运输方向和距离；4.设备在同一地点连续工作的时间，即设备所服务的运输区段的服务期限，在服务期限内运输距离是否变化，变化如何；5.相邻运输环节的运输方式、工作组织等对该运输环节的影响；6.运输巷道的平面图和纵剖面图及巷道围岩的稳定性。

选择主要货载的运输方式和设备时，必须同时考虑人员的运送和充填材料、支护材料、矸石、设备及其配件和其他材料的运输问题。

对技术因素的分析，可以初步确定几种可能用于该具体条件的运输方式。还必须用技术、经济比较的方法确定一种最合理的运输方式。

正确选择运输方式应该保证：1.充分的工作安全性，改善劳动条件；2.在提高劳动生产率的前提下最大限度地降低体力劳动的消耗；3.允许强化采掘过程，即应有足够的备用运输能力；4.工作条件变化时运输设备应有足够的工作可靠性；5.能与相邻运输环节协调工作。

当技术条件相同时，最后在经济对比的基础上作出选择，应保证减少基本投资，降低运营费用。

在选择运输方式和运输设备的类型时，既要考虑运输系统各环节之间的紧密连系，也必须考虑与运输系统相邻接的生产工艺过程之间的连系。只有这样才能为运输设备的连续工作、提高设备利用率和劳动生产率创造条件。

选择主要运输巷道的运输方式时，主要影响因素是主要巷道的基本特点，其中最重要的特点是：

1. 运输距离大 工作水平的主要巷道的长度可达数公里，具体长度决定于井田沿煤层走向方向的范围；主要上、下山的长度决定于井田范围(煤层倾斜方向)和阶段高度；
2. 货流量大 主要水平巷道的货流量为井田一翼的货流或全矿井的货流；主要倾斜巷

道的货流量决定于该斜巷所服务的采区数及各采区的货流量；

3. 所运货物的特性 除煤炭及矸石需分别运输外，在某种情况中不同牌号的煤也需分别运输；

4. 运送人员的必要性 当水平巷道的长途超过1.5km、倾斜巷道的垂高超过50m时必须利用运输设备运送人员。

从主要水平巷道的上述特点出发，对各种运输方式和设备的分析对比可以得出结论，即主要水平巷道的主要运输方式应该是胶带输送机运输和电机车运输。如果与采区一起，主要水平巷道也使用输送机运输，则可实现全矿井的输送机化。主要水平巷道使用胶带输送机时，必须解决矸石、材料及设备的运输问题，有时还要考虑运送人员的问题。若能解决好这些问题，实现矿井运输（主要货物）输送机化是发展方向之一。当然，主要水平巷道使用胶带输送机运输与电机车运输相比并非具有绝对的优越性。使用电机车运输，特别是使用大容量底卸式矿车和高速电机车运输，并有质量良好的轨道线路，从技术要求上来讲并不亚于胶带输送机运输。使用电机车运输时，完全可以实现装卸工作的机械化和自动化，而且容易解决矸石运输、煤炭分类运输，以及材料、设备和人员的运输问题。

如果对于某具体情况，使用胶带输送机和电机车在技术上具有同样的合理性，那么对两种运输方式进行经济比较就具有重要意义了。

建议按下述方法计算胶带输送机运输和电机车运输的费用指标。

胶带输送机运输的费用指标：

$$T_C = T_S + T_R + T_B + T_E + T_W + T_A + T_O + T_F, \quad (1-1)$$

式中  $T_S$ ——输送机传动部和拉紧部以及输送机中间机架的折旧费和安装、修理费，元/t；

$T_R$ ——托辊的折旧费及修理费，元/t；

$T_B$ ——胶带的折旧费及养护费，元/t；

$T_E$ ——电费，元/t；

$T_W$ ——工资，元/t；

$T_A$ ——辅助运输费，元/t；

$T_O$ ——井底车场巷道的掘进及维修费，元/t；

$T_F$ ——运输巷道的掘进及维修费，元/t；

上述各单项费用分别按以下各式计算。

$$T_S = \frac{ZE_C}{Q_v} \left( \frac{1+\varepsilon}{n} + r + \frac{M}{t} \right) \quad \text{元/t} \quad (1-2)$$

式中  $Z$ ——同时工作输送机的平均台数；

$E_C$ ——输送机（无托辊和胶带）的价格，其中包括运送到安装地点的运输费，元；

$Q_v$ ——运输设备的年运输量，t/a；

$\varepsilon \approx 0.1$ ——考虑设备的备用和修理的系数；

$n$ ——设备的使用年限，a；

$r \approx 0.15$ ——设备的年修理费和润滑费系数；

$M \approx 0.1$ ——设备的安装及拆卸费系数；

$t$ ——设备在一个地方工作的年限，a。

$$T_R = \frac{L_m}{Q_y} \left( \frac{E'_R}{l'_R} + \frac{E''_R}{l''_R} \right) \left( \frac{1+\varepsilon}{n_R} + r \right) \text{ 元/t} \quad (1-3)$$

式中  $L_m$ ——输送机组的平均长度, m;

$E'_R$ 和 $E''_R$ ——重股和空股一套托辊的价格, 元;

$l'_R$ 和 $l''_R$ ——重股和空股托辊的间距, m;

$n_R$ ——托辊的使用年限, a。

国内托辊使用期按优质条件必须达2万 h, 国外先进厂出产的托辊使用期已达3万~5万 h。

$$T_B = \frac{2L_m e_B}{Q_y} \left( \frac{1+\varepsilon}{n_B} + r \right) \text{ 元/t} \quad (1-4)$$

式中  $e_B$ ——胶带的单价, 元/m;

$n_B$ ——胶带的使用年限, a。

$$T_E = \frac{L e_E}{Q \eta_C} (c v + 15 \times 10^{-5} Q) \text{ 元/t} \quad (1-5)$$

式中  $e_E$ ——变电所母线上的单位电费, 元/kW·h;

$L$ ——平均运输距离, m;

$Q$ ——输送机的质量生产率, t/h;

$\eta_C$ ——从井下中央变电所到输送机传动滚筒轴的总效率;

$c$ ——与胶带宽度和托辊轴承型式有关的系数;

$v$ ——输送机胶带的运行速度, m/s。

胶带输送机的电费较电机车运输的电费一般约高2~3倍, 为了比较不同运输方式的费用, 我们可以采用相对值。所以, 为了简化计算, 我们在计算电费时仅计算输送机运输和电机车运输的电费之差。那么, 当取 $\eta_C = 0.6$ 时, (1-5)式可近似写成

$$T_E = 3.3 L e_E \left( \frac{c v}{Q} + 15 \times 10^{-5} \right) \text{ 元/t} \quad (1-6)$$

服务人员的工资如果不考虑两种方案中相同的费用组成部分的话, 按下式计算

$$T_{IV} = \frac{k_{ex} L_m e_{s.b.}}{Q_{s.h} H_{b.g}} \text{ 元/t} \quad (1-7)$$

式中  $k_{ex}$ ——各种形式的附加工资系数;

$e_{s.b.}$ ——电钳工的工资率, 元/班;

$Q_{s.h.}$ ——班运输生产率, t/班;

$H_{b.g.}$ ——每个电钳工每班看管输送机组的定额, m。

在胶带输送机运输和电机车运输这两种方案中都有辅助运输, 而且其费用大致与生产率成比例, 因此在方案比较中可不考虑。与运行车组、变流所和率引电网有关的费用在胶带输送机运输方案中属于附加费用, 考虑这些费用的合理方法是在电机车运输方案中的相应费用项目中用一系数计算, 而在胶带输送机方案中不予计入。

在胶带输送机运输方案中, 运输巷道和井底车场的掘进折算费用与维修费的总和, 小于电机车运输方案中的这些费用的总和。折算与维修费总和之差。

$$T_O + T_F = \frac{L_i A}{Q_y} \left( \frac{e_i}{t_i} + \frac{r_i}{\lambda} \right) \text{ 元/t} \quad (1-8)$$

式中  $L_i$ ——巷道的长度, m;  
 $A$ ——巷道净断面面积之差, 对每一具体情况根据设计标准确定,  $\text{m}^2$ ;  
 $e_i$ ——掘进 $1\text{m}^2$  (净断面) 巷道的总费用, 元;  
 $t_i$ ——巷道的使用期限, a;  
 $r_i$ —— $1\text{m}^2$  (净断面) 巷道的维修费, 元/a;  
 $\lambda$ ——考虑巷道存在方式的系数, 其长度不变时 $\lambda = 1$ , 均匀变化时 $\lambda = 2$ 。

架线电机车运输的费用指标

$$T_L = T_l + T_i + T_n + T_s + T_w + T_a + T_e, \text{ 元/t} \quad (1-9)$$

式中  $T_l$ ——全部电机车的折旧与修理费之差 (两个方案的该项费用之差, 以下均同), 元/t;  
 $T_i$ ——全部矿车的折旧与修理费之差, 元/t;  
 $T_n$ ——与架线电网有关费用, 元/t;  
 $T_s$ ——与牵引变流所有关的费用, 元/t;  
 $T_w$ ——工资, 元/t;  
 $T_a$ ——与井底车场巷道的掘进和维修有关费用, 元/t;  
 $T_e$ ——与井底车场的设备有关费用, 元/t。

由于是作方案比较, 我们可以不用费用的绝对值, 而只用所分析的方案中相应费用之差。那么, 在胶带输送机运输方案和电机车运输方案中与全部电机车 (电机车在前一方案中为辅助运输设备) 有关费用之差用以下各式求算。

$$T_l = \frac{Z_l E_l k_l}{Q_y} \left( \frac{1 + \varepsilon}{n} + r \right) \text{ 元/t} \quad (1-10)$$

式中  $Z_l$ ——同时工作的电机车平均台数;  
 $E_l$ ——一台电机车的总价值 (包括运输费) 元;  
 $k_l$ ——考虑在输送机运输方案和电机车运输方案中电机车的费用之差的系数。

全部矿车的折旧与修理费用之差 (两方案中该两项费用总和之差)

$$T_i = \frac{Q_{dan} H_i E_i k_i}{1000 Q_y n' G_i} (1 + r) \text{ 元/t} \quad (1-11)$$

式中  $Q_{dan}$ ——矿井的一昼夜产量, t;  
 $H_i$ ——昼夜1000[t]产量所需矿车总容量定额;  
 $G_i$ ——矿车的装载量, t;  
 $E_i$ ——一个矿车的总价值, 元;  
 $n'$ ——矿车的使用年限, a。

与架线电网和牵引变流所有关的费用在总费用中相差不很大, 故不予考虑。电费已经以费用差的形式在胶带输送机方案中考虑过了。工资按下式计算

$$T_w = k_{sz} \left\{ \frac{1}{Q_{si}} [Z_l (e_M + e'_M) + Z_k e_k + e_P] + \frac{H_i e_o k_o}{1000 G_i H_o} + \frac{k_T n_K L_K e_T}{H_T Q_{dan}} \right\} \text{ 元/t} \quad (1-12)$$

式中  $e_M$ 和 $e'_M$ ——电机车司机及其助手的工资率，元；  
 $Z_k$ 和 $e_k$ ——放煤工人数及工资率，元；  
 $e_p$ ——推车机、翻车机工的工资率，元；  
 $e_o$ 和 $e_T$ ——井底车场矿车检查工和牵引电网（包括轨道）检查工的工资率，元；  
 $k_o$ ——考虑在胶带输送机运输和电机车运输两方案中矿车检查工费用差的系数；  
 $H_o$ ——每人每班检查的矿车数定额，辆；  
 $k_T$ ——考虑两个方案中检修牵引电网的费用差的系数；  
 $n_K$ ——并行的架线数（单轨线路为1，双轨线路为2）；  
 $L_K$ ——架线的平均长度，m；  
 $H_T$ ——一组工人每昼夜检修架线和轨道线路的定额，m。

井底车场巷道的掘进和维修费用

$$T_a = \frac{L_a S_a}{Q_y} \left( \frac{e_a}{t_a} + r_a \right) k_a \quad \text{元/t} \quad (1-13)$$

式中  $L_a$ ——井底车场巷道的长度，m；  
 $S_a$ ——井底车场巷道的断面面积， $m^2$ ；  
 $e_a$ —— $1m^3$ （净）井底车场巷道的总费用，元；  
 $t_a$ ——井底车场的服务年限，a；  
 $r_a$ —— $1m^3$ 井底车场巷道每年的维修费，元；  
 $k_a$ ——考虑所对比的两方案中井底车场费用之差的系数。

与井底车场的设备有关的费用

$$T_{eq} = \frac{E_{eq}}{Q_y} \left( \frac{1+\varepsilon}{n} + r + \frac{M}{t} \right) \quad \text{元/t} \quad (1-14)$$

式中  $E_{eq}$ ——井底车场设备（推车机和翻车机）的总价值，元。

事实上(1-14)式中 $\varepsilon = 0$ 。而且该项费用很小，实际上并不反映于总费用之中。

在比较胶带输送机运输和电机车运输费用时，应该考虑到在计算中作出的某些简化：

1.许多费用计算的不是绝对数值，而是差数；2.某些数值不大的费用在计算中未列入。但是，这样进行比较计算在选择运输方式和设备时可以给出关于技术、经济比较方法的明确概念。

根据分析和实际材料可以得出一些结论。胶带输送机的使用范围随生产率的增加而扩大。因为当运输区段的生产率不大时，不能充分利用输送机的胶带。选择胶带宽度的根据是胶带的最大张力和物料的块度，而不是按给定生产率，更不是根据经济上的理由选择。胶带输送机运输费用中胶带的折旧费占很大比重。电机车运输的运营费的主要部分由矿车的维修费和折旧费组成。当生产率不大时矿车的数量也不大，所以电机车运输的运营费大大低于胶带输送机运输的运营费。此外，胶带输送机运输的劳动工作量随运输距离的增加而逐渐低于电机车运输的劳动工作量。因为输送机组可以由一人进行远距离控制，而在电机车运输中，工作电机车的台数及其服务人员的数目随运输距离的增加而增加。胶带输送机运输的运营费还与煤层埋藏特点有关，当煤层埋藏不稳定时运营费就要增加。因为在这种条件下使用的输送机的台数可能增加。但必须注意到，随着胶带输送机的结构更加完善、

胶带强度和寿命的增加使得单机长度的增加、可在水平面上弯曲的胶带输送机的研制，以及完善的控制设备等使得胶带输送机的使用范围不断扩大。但是，不论是作为主要水平巷道的主要运输方式，或作为胶带输送机运输的主要水平巷道的辅助运输，电机车运输或轨道运输不可能失去其本身的重要地位。这不仅在于其固有的优点，还在于某种情况中实现矿井的全面输送机化技术上有困难或经济上不合理。所以，必须不断地改进轨道运输，研制新型的轨道运输设备。

改进轨道运输使其更加完善的措施有二。一是关于机车运输方面的；另一措施是改善运输环节结合点的工作。其目的不外是提高各个环节的生产能力和可靠性，以及系统的合理性。

改善机车运输的主要方向是使用大容量矿车和重型机车，籍以增加列车的运行速度和有效装载量。根据矿井产量的不同选用装载量3~10t的矿车较合理。在矿车结构上应该充分利用矿车的外形尺寸，使用高强度、具有缓冲装置的自动连接器。

使用大容量矿车和运行速度高的重型机车要求提高轨道的质量，即要求使用重型矿用钢轨和保证轨道的铺设与维修质量，使用轨道铺设和维修的机械化工具和设备，例如轨道工程列车和线路清扫机等。

在运输环节的结合点处，连续动作式运输设备与间断动作式运输设备相互衔接，或是从一种连续（间断）动作式运输设备过渡到另一种连续（间断）动作式运输设备。在这些结合处应有足够的贮煤能力，即设置各种类型的煤仓或铺设足够的备用轨道线路。

为使装车站、换车站和井底车场的调车工作机械化，应该使用推车机和具有远程控制的调度绞车。虽然一些调车作业也可使用机车或矿车自溜运行，但这并不能降低劳动量。在一切半固定和固定式装车站，以及井底车场最好使用电动或电动液压推车机，在半固定式装车站可使用远程控制的单滚筒或双滚筒调度绞车或便于移动的轻型推车机。

矿井运输系统比较复杂，环节多。合理选择、设计运输系统，对经济效益有重大影响。选择矿井运输系统应考虑的主要矿井地质因素是：煤层的倾角、厚度及围岩的性质；矿井的瓦斯含量等；应考虑的矿井技术条件有井田的大小及其开拓方式，煤层的开采方法及开采顺序，工作水平数，采区数，工作面数和每个水平、采区及回采工作面的生产能力，以及其他因素。现将矿井运输系统举数例如下。

缓斜和倾斜煤层阶段开拓，下山开采的运输系统示于图1-1。上分段回采工作面的煤经分段运输平巷的输送机1，转载于采区输送机上山15的胶带输送机2，输送机2在装载站3将煤装入矿车，由电机车牵引矿车组，经阶段运输平巷的轨道4到主要下山的下部车场。在转载站5将煤转载于主要输送机下山10的胶带输送机，在主要下山的上部车场装载站6将煤装入矿车，由电机车牵引重车组经主要运输平巷11到井底车场。如果煤层底板稳定，分段运输平巷保持直线，分段平巷输送机应为可伸缩的胶带输送机，这时下分段的胶带输送机9将煤转载于采区上山的胶带输送机2。如果分段运输平巷是弯曲的，那么输送机应为刮板输送机（图1-1）或为可弯曲的胶带输送机。在前一情况中，下分段运输平巷的刮板输送机经小平巷进入装载站，如图1-1所示。上分段运输平巷中的辅助运输可使用悬吊式单轨运输设备7。采区利用轨道上山及绞车8进行辅助运输。主要下山除输送机下山外，另设两条主要下山，其一为主要辅助下山13，另一为主要输送人员下山14。在采区输送机上山15的一侧，另设辅助运输用轨道上山12。



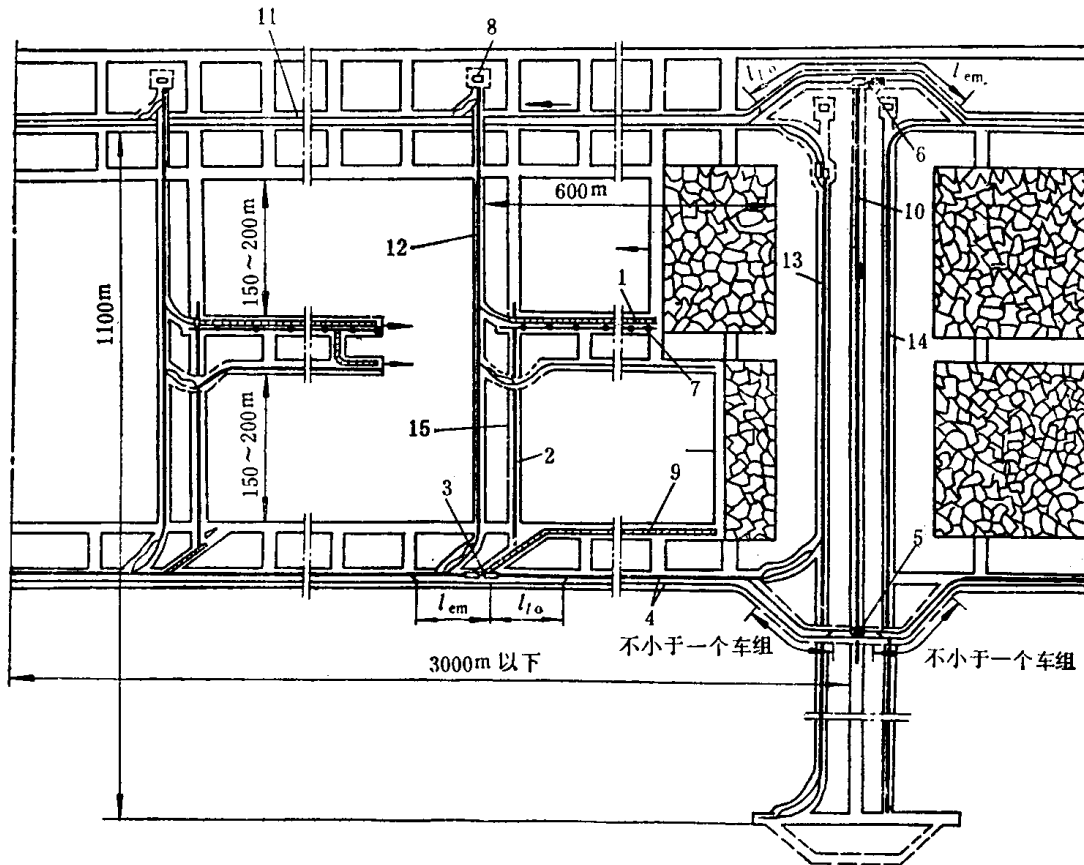


图 1-1 下山开采矿井运输系统

开采缓斜和倾斜中厚煤层的盘区上山矿井运输系统示于图 1-2。回采工作面下的盘区中间运输巷道（或盘区阶段运输巷道）9 中使用可伸缩胶带输送机 1。盘区上山 10 的输送机 4 集运回采和掘进工作面的煤。

主要水平运输巷道 11 为机车运输。盘区输送机上山与主要水平运输巷道的结合处设固定式装车站 5。

掘进工作面所出煤炭经刮板输送机 6 和胶带输送机 2 运输并转载于盘区上山胶带输送机。

盘区中间输送机运输巷道内的辅助运输可使用悬吊式单轨运输道 3，通风平巷使用蓄电池电机车轨道运输 7。

盘区辅助上山 12 和运人上山 13 用单绳运输设备运送材料、设备和人员。在盘区辅助上山的下部车场设置推车机 8。

如果在盘区内使用悬吊式单轨柴油机车牵引运输道（运输材料、设备和人员）作为辅助运输设备，不仅可使辅助运输设备单一化，且仅须两条轨道。这种辅助运输系统不仅可用于盘区开拓的采区，且可用于阶段开拓的采区，既可用于下山采区，也可用于上山采区。悬吊式单轨柴油机车的爬坡能力可达  $35^\circ$ 。

有些矿井同时开采二、三个或更多个煤层，这时矿井运输系统比较复杂。图 1-3 是同时开采三个煤层的矿井运输系统原理图，其中有两个近接煤层（№.2 和 №.3）。在煤炭运输系统中，采区范围内使用输送机运输，主要水平巷道使用电机车运输。使用连续开采方法同时开采三个煤层。主要运输水平设在 №.3 煤层（最下面的一层）。由于使用连续开采法，