

高等学校教材

矿山运输提升

主编 于忠升 宋伟刚

东北工学院出版

759084

前 言

本书是根据冶金高等院校采矿专业四年制本科的教学计划和教学大纲编写的。编写过程中还兼顾了矿山机械专业三年制的教学要求，并根据近十年来矿山运输与提升设备的发展状况，以及对作为矿山生产的采矿工程师，在当前矿山生产高度机械化与自动化条件下的要求，对教材内容作了充实与调整。本书可作为采矿专业本科、矿山机械专业专科和采矿专业专科（选用部分内容）的教材，也可作为有关工程技术人员的参考。

全书包括矿山运输与提升两部分。矿山运输部分包括矿山运输设备的理论计算基础、汽车运输、带式输送机、矿山轨道运输、矿井轨道运输的站场设备、矿山轨道线路与井底车场线路和架空索道运输。提升部分包括提升容器和提升钢丝绳、缠绕式提升机及其与井筒的相对位置、提升设备的运动学与动力学、斜井提升、多绳摩擦提升和提升电动机的容量校核。全书侧重于论述矿山运输提升设备的基本理论、参数的计算与选择、选型设计与计算和总体布置，并附有部分例题供读者参考。

参加本书编写的有宋伟刚（绪论、第一、六章和第三、五章部分内容）、张纯宇（第二章）、李森林（第三章部分内容、第四章）、张玉琪（第五章部分内容）、于忠升（第七、八、九章）、于国安（第十、十一、十二章）、康晶（第十三章）。由东北工学院于忠升、宋伟刚任主编。

曾长期从事本课程教学工作的东北工学院吴品云老师为本书提供了一些宝贵的资料与建议，编者深表感谢。在本书编写过程中还得到了有关厂矿和设计部门的大力协助，在此一并致谢。

由于编者水平所限，如有错误与遗漏之处，望读者与同行不吝赐教。

编 者

1992年3月

绪 论

§ 1 矿山运输提升的地位和作用

矿山生产的全过程离不开矿山运输和提升工作。因此，运输和提升工作的好坏，直接关系到矿山生产能否正常进行。有人把运输线路比作矿山的动脉，把提升设备比作矿井的咽喉是恰当的。

下面我们通过一个全矿的提升运输系统来说明矿山提升运输在矿山企业中所占的地位以及它所包含的内容。

图 0-1 所示为一金属矿山运输提升系统。如图所示，矿石从矿体采下来后依自重运输落到集矿巷道，从这里由电耙 1 耙到溜井装入矿车 2，用电机车或人力推车将重矿车推到大溜井 4 的上口，通过翻车机 3 将矿车中的矿石翻卸到大溜井 5 内，再将矿石装入矿车由架线式电机车 6 拉至井底车场，矿车经翻车机 7 将矿石翻卸入箕斗矿仓，随之通过箕斗提升到地面卸到矿仓 9 内，经过给矿机 10 送入破碎机 11 内进行破碎，破碎后的矿石再经过带式输送机 12 转运到矿仓 13，从矿仓 13 将矿石装入矿斗沿架空索道 14 运到选矿厂进行选矿；废石通过罐笼提升 16 送到废石堆 15。

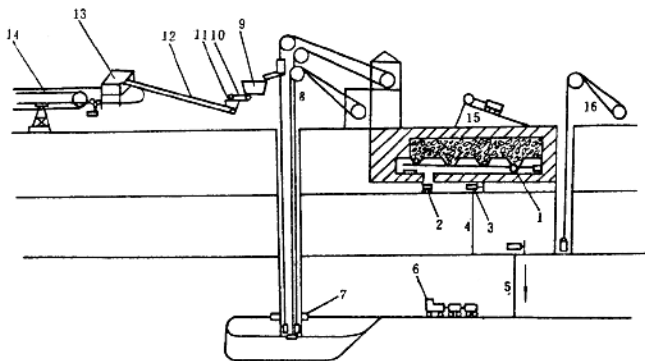


图 0-1 金属矿山运输提升系统

- 1—电耙 2—矿车 3, 7—翻车机 4, 5—大溜井 6—架线式电机车 8—提升机 9, 13—矿仓
10—给矿机 11—破碎机 12—带式输送机 14—架空索道 15—废石堆 16—罐笼提升

通过上面所述的系统可以看出，地下所蕴藏的宝贵资源，采下来后只有经过一系列的转载运输提升到地面，再经过选别后才能成为有益的物资，所以矿山提升运输工作是矿山企业开采有益矿物的主要工艺过程之一，可以说提升运输工作与采矿工作占有同样重要的地位。

矿山运输提升工作的任务是将采场采下的矿石，经井下巷道运到井底车场，然后沿井筒提升到地面，再从地面运往选矿厂或直接运往向外部运输的装车站；将掘出来的废石运输提升到地面，再从地面运往废石堆；此外，矿山运输提升工作还承担着运输器材设备到使用地点和运送人员上、下班的任务。

同样地，露天矿的运输也是露天矿生产中最重要工序之一，在露天开采过程中，矿山运输投资占矿山总投资的40%~60%，运输成本占矿石总成本的50%以上，运输所占的劳动量占总劳动量的50%以上，可见运输工作的重要性。

§2 矿山运输提升设备的工作特点

矿山运输提升工作是矿山企业的内部运输。但是，它和其它工业企业内部运输不同，具有许多特点。

一、矿山运输设备的工作特点

1. 井下运输设备在井下巷道中工作，矿井运输距离都比较大，通常为数公里，有时长达数十公里，受到井下巷道空间的限制，因而运输设备结构应紧凑，尺寸尽量小。

2. 井下运输的环节多。运输线路是在水平、倾斜以及垂直的巷道中，交错而连贯地布置着，同时还有装载、卸载等辅助设备，为了适应各种不同工作条件的需要，矿山运输设备的又一特点是类型多。

3. 井下运输和露天运输的流动性，随着工作面的推进，运输线路和设备要伸长或缩短，运输设备的工作地点也要随之改变，因此设备要易于移置。

4. 井下运输设备在井下工作，在周围的环境中所含的瓦斯量、水分、矿尘量都很大，而且在矿井中的能见度小，要求井下运输设备应具有耐腐蚀，耐粉尘、操作简单，安全可靠。

二、矿井提升设备的工作特点

1. 提升容器在一定距离内作高速往复运行，要求设备具有精确可靠的控制设备，各种保护监测装置，以达到设备安全可靠的运转。

2. 提升机尺寸大，设备容量大。目前国内单绳缠绕式提升机卷筒直径达6m，多绳摩擦式提升机摩擦轮直径达4m，提升机的质量达20~300t或更大，提升机功率达几千千瓦，国外的达10000kW以上。由于设备功率大，有的矿山提升设备的用电量达到整个矿山用电量的30%~40%，因此提升系统的合理选择以及设备的经济运转节约能源对降低投资，降低矿石的单位电耗具有重大意义。

近年来，矿山运输提升设备发展很快。底卸式矿车具有效率高，不易发生矿车结底的优点，今后将获得广泛的使用。在国外，井下卡车的应用日趋增多，井下卡车机动灵活运输能力大，只要能有效地解决废气净化问题，同时加强井下通风，这种运输方式是有前途的。多绳提升机已是竖井提升的发展方向之一。矿井提升机逐渐向体积小，重量轻，使用可靠和自动化方向发展。钢丝绳芯带式输送机 and 钢绳牵引带式输送机在国内外使用日益增多，这些设备生产能力大，单机的运距长，自动化程度高。

§ 3 矿山运输提升设备的种类

一、矿山运输设备的分类

随着生产技术的不断发展和矿山工作条件的要求, 矿山运输设备类型越来越多, 但归纳起来可按其动作方式分为两大类, 即连续动作式与周期动作式运输设备。

1. 连续动作式运输设备

连续动作式运输设备的特点是一经开动以后就保持一定的工作速度, 能连续不断地运输货载, 在设备的运行过程中无需操纵控制, 便可以保持一定的运输量。属于这类的设备有:

(1) 运输机

运输机有带牵引机构的和无牵引机构的两种。带牵引机构的输送机工作原理如图 0-2 所示。在 A 处不断地供给货载, 牵引机构 3 以速度 v 运行, 于 B 处卸载。常用的有: 链板运输机, 板式运输机, 带式输送机, 杓斗提升机等。无牵引机构的运输机目前有两种: 一种为振动式输送机, 它是将货载装在铁槽内, 利用铁槽的高频振动, 使货载在槽内移动; 另一种是螺旋输送机, 它是利用螺旋叶片的旋转, 推动槽内货载移动的。

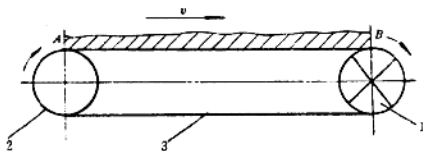


图 0-2 运输机工作原理图
1—主动轮 2—导向轮 3—牵引机构

(2) 无极绳和架空索道运输设备

这种运输方式是将货载装在单个矿车（或矿斗）中, 由连续运转的无极绳牵引, 在轨道（或索道）上运行。从一端向钢丝绳上挂矿车, 由另一端或中途摘下。图 0-3 所示为绳式无极绳运输的工作原理图。

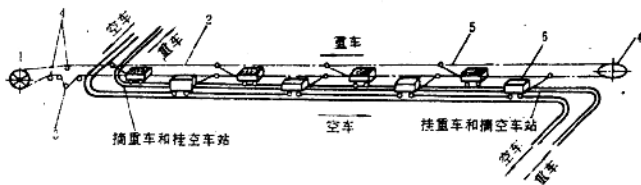


图 0-3 无极绳运输的工作系统图
1—主动绳轮 2—钢丝绳 3—拉紧装置 4—导向轮 5—连接装置 6—矿车

(3) 气力和水力运输设备

这种方式是利用压缩空气或水流在管道中运送货载。水力运输也可利用自然坡度在槽内运送, 它适用于水力采矿矿井中。

(4) 自重运输设备

自重运输设备是利用货载重力沿倾斜放置的导移体（如铺板、放矿口、铁管等）移动或沿底板向下滑动。

2. 周期动作式运输设备

周期动作式运输设备的特点是以一定的工作方式作周期性往返运行，把一定量的货载从一个地点运到另一个地点，运到另一个地点后，将空容器返回原处完成一个循环，在运转过程中设备需要经常操纵和控制运行方向与运行速度，周期动作式不能连续运送货载，一般是去时运送货载，回来是空程。原则上讲，矿井提升设备也属于周期动作式。

(1) 有极绳运输设备

用有极往复运行的钢丝绳，牵引着单个或一组矿车在轨道上运行。如图 0-4 所示。

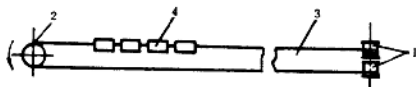


图 0-4 有极绳运输（主尾绳式）工作原理图

1—绞车 2—尾轮 3—钢丝绳 4—矿车

(2) 耙矿设备

耙矿设备是利用钢丝绳牵引耙斗运送货载。

(3) 机车运输

用机车牵引一组矿车在轨道上运行，完成从一地到另一地运送货载的任务。

(4) 无轨机动车辆

利用汽车，拖拉机牵引车斗，以及自行矿车等来运输货载的设备。

(5) 矿车自溜运输

矿车在具有一定坡度的轨道上，利用本身的重力分力进行运输。

除上述主要运输设备外，为了更好地完成运输环节间的运输辅助工作，如装车、调车以及卸车等工作，还需要一些辅助运输设备，最常用的有：翻车机，推车机，调度绞车，爬车机及阻车器等。

二、矿山提升设备的分类

根据提升设备的特点可将提升设备分类为：

按用途分：主井提升设备；副井提升设备。

按提升机类型分：缠绕式提升设备；摩擦式提升设备。

按拖动类型分：交流拖动提升设备；直流拖动提升设备。

1. 缠绕式提升机

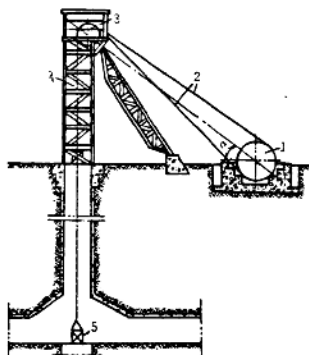


图 0-5 单绳缠绕式提升机工作原理图

- 1—提升机 2—提升钢丝绳
3—天轮 4—井架 5—提升容器

缠绕式提升机的工作原理是把钢丝绳的一端固定并缠绕在提升机卷筒上，另一端绕过井架天轮悬挂提升容器，这样，利用卷筒转动方向的不同，将钢丝绳缠上或放松，以完成提升或下放容器的工作。缠绕式提升机可分为单绳缠绕式和多绳缠绕式。如图 0-5、图 0-6 所示。

2. 多绳摩擦式提升机

多绳摩擦式提升机的工作原理是利用摩擦传递动力，它和带式输送机的传动原理相同，这类提升机的特点是体积小，重量轻，适于中等深度和比较深的矿井。多绳摩擦提升机还可分为塔式多绳摩擦提升机和落地式多绳摩擦提升机。如图 0-7 所示为塔式多绳摩擦提升机。

§ 4 露天矿山的运输设备

全世界铁矿石总产量的 90% 左右来源于露天铁矿，煤炭总产量的 80% 以上来源于露天煤矿。可见，露天矿的生产关系到整个工业原料的供应任务。露天矿的运输任务是将露天开采出的矿石运送到选矿厂、破碎站或贮矿场，同时把剥离的岩土（即废石）运送到排土场，并将生产过程中所需人员、设备和材料运送到工作地点。完成上述任务的运输网络便构成露天矿运输系统。大中型金属露天矿采用的运输方式主要包括：汽车运输，铁路运输，带式输送机运输和联合运输（汽车—铁路联合运

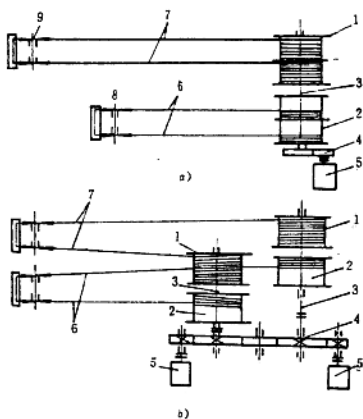


图 0-6 多绳缠绕式提升机示意图

- (a) 同轴式 (b) 平行轴式
1、2—卷筒 3—主轴 4—减速器 5—测速装置
6、7—钢丝绳 8、9—导向轮

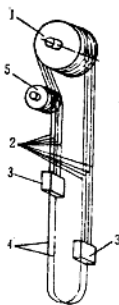


图 0-7 多绳摩擦提升系统示意图

- 1—摩擦轮 2—主轴
3—罐笼 4—尾轮
5—导向轮

输，汽车—带式输送机联合运输，汽车或铁路—斜坡箕斗联合运输)。

一、汽车运输

由于汽车运输具有运行灵活，消耗金属材料少(设备重量约为铁路运输的三分之一，钢材约为铁路运输的五分之一)，与铁路运输相比可使电铲效率提高40%左右，排土成本约为铁路排弃的20%~30%。在高山矿床、或窄小的深凹露天矿，以及对矿体开拓有特殊要求时，可解决铁路运输的布线困难，增大露天矿延深速度(较铁路运输快50%左右)，在深凹露天矿一般可比铁路运输减少剥岩量，多出矿，早出矿等优点。因此，汽车运输已在国内外露天矿中被广泛应用。

二、铁路运输

露天矿铁路运输，具有运输能力大，运费低的优点。尤其是一些矿体平面尺寸大，运距长和运量大的矿山，铁路运输是一种比较经济和有效的方式，我国一些大型露天矿采用准轨铁路运输的较多。

三、带式输送机

露天矿所采用的带式输送机多为钢绳芯带式输送机和钢丝绳牵引带式输送机，它具有能实现单机长距离化使运输系统简化，运输效率高，运输成本低，操作安全，使用方便，维修容易，节省人力和动力，减少噪音等优点。带式输送机运输它比汽车和铁路运输的爬坡能力大，因而可缩短运距，减小基建工程量和投资，并可缩短施工时间。带式输送机运输已成为大型露天矿广泛采用的主要开拓运输方式。

四、联合运输

目前世界各国发展最快的联合运输方式为汽车—带式输送机，又称为间断—连续运输，有的称之为“半连续运输”。采用这种半连续运输新工艺，既可发挥汽车运输的机动灵活、适应性强、短途运输经济、强化开采的长处，又可发挥带式输送机运输能力大、爬坡性能强、运行费用低的优势，两者联合可达到最佳的经济效益。采用这种运输方式，生产率可提高50%~100%，运输成本可降低15%~20%。

目 录

前 言

绪 论	(1)
-----	-----

§ 1 矿山运输提升的地位和作用	(1)
§ 2 矿山运输提升设备的工作特点	(2)
§ 3 矿山运输提升设备的种类	(3)
§ 4 露天矿山的运输设备	(5)

第一章 矿山运输设备的理论计算基础

§ 1 运输设计生产率与运输设备的运输能力	(1)
§ 2 运输设备运行阻力系数和阻力计算	(4)

第二章 汽车运输

§ 1 概述	(11)
§ 2 矿用自卸汽车的基本构造	(16)
§ 3 矿用自卸汽车的选型计算	(34)
§ 4 矿用自卸汽车的行驶力学	(37)
§ 5 汽车发动机功率与传动系参数的选择	(44)

第三章 带式输送机

§ 1 带式输送机的结构原理	(48)
§ 2 带式输送机的传动原理	(58)
§ 3 带式输送机的设计与计算	(61)
§ 4 带式输送机的优化设计	(72)

第四章 矿山轨道运输

§ 1 矿车的分类、基本特征和结构型式	(76)
§ 2 矿用机车类型和它的机械结构	(82)
§ 3 电机车牵引电动机及其控制	(84)
§ 4 列车运行理论	(87)
§ 5 电机车运输计算	(91)
§ 6 机车运输工作组织	(96)

第五章 矿井轨道运输的站场设备	(99)
§ 1 矿车卸载设备	(99)
§ 2 移动矿车或车组的设备	(104)
§ 3 控制矿车运行速度的设备	(112)
第六章 矿山轨道线路与井底车场线路	(114)
§ 1 矿山轨道线路	(114)
§ 2 井底车场的形式及选择原则	(125)
§ 3 井底车场线路的平面布置	(128)
§ 4 井底车场线路的坡度计算	(131)
§ 5 井底车场的通过能力	(137)
§ 6 斜井井底车场	(143)
§ 7 斜井甩车场设计	(145)
§ 8 斜井吊桥	(156)
第七章 提升容器和提升钢丝绳	(164)
§ 1 矿井提升设备	(164)
§ 2 提升容器	(164)
§ 3 提升钢丝绳	(181)
第八章 缠绕式提升机及其与井筒的相对位置	(185)
§ 1 概述	(185)
§ 2 提升机的结构原理	(186)
§ 3 矿井提升机的制动装置	(188)
§ 4 缠绕式提升机和天轮的尺寸选择与计算	(191)
§ 5 提升机布置设计	(195)
第九章 提升设备的运动学与动力学	(200)
§ 1 提升设备的运动学	(200)
§ 2 提升设备的动力学	(204)
第十章 斜井提升	(211)
§ 1 概述	(211)
§ 2 串车提升系统	(211)
§ 3 斜井提升运动学及动力学	(213)
§ 4 斜井提升系统的计算特点	(215)

第十一章 多绳摩擦提升	(219)
§ 1 概述	(219)
§ 2 多绳摩擦提升机	(220)
§ 3 摩擦传动原理及防滑计算	(225)
§ 4 多绳摩擦提升机的一些特殊问题	(228)
第十二章 提升电动机的容量校核	(231)
§ 1 概述	(231)
§ 2 电动机容量的选择计算	(232)
§ 3 提升设备的电耗和效率	(234)
第十三章 架空索道运输	(244)
§ 1 概述	(244)
§ 2 双线式循环索道的组成部分	(246)
§ 3 索道选线及支架配置	(250)
§ 4 双线式循环索道的选型计算	(256)
参考文献	(265)

第一章 矿山运输设备的理论计算基础

矿山运输设备尽管种类很多，但是在进行选择计算中却有其共性。这里首先介绍这些共性的理论计算基础。

我们可以按功能—结构特征把全部现有的和可能的连续动作式运输设备和周期性动作式运输设备进行一般系统化。进而将其分为以下四组主要元件：

承载元件——承载并同货载一起移动的承载机构或容器；

牵引机构——克服物料运输阻力用的动力元件；

导向机构——承载元件和牵引机构的导向元件，物料沿导向机构或相对于导向机构运输；

传动装置——保证被运输物料移动用的传动元件。

用一定的方式把这些元件进行组合，就能够编制任何一种实际运输机械设备的结构式。同时，能够编制包括在动力上有直接联系的全部元件（传动装置除外）的运输机械的基本结构式。对传动机构与结构式主要元件的组合法分析，证实了存在着两种类似的组合方法：配合法和组合法。配合法具有周期性动作式运输设备的特征，组合法具有连续动作式运输机械设备的特征。例如，传动机构与随物料一起移动的承载机构相配合，一般就产生机车运输一类的机械。承载机构和传动机构结合时，即承载机构或容器与一台（数台）传动装置作相对移动时，就产生了连续运输机械设备。例如，传动机构与牵引机构结合，就产生大量使用的机械——带式输送机，板式输送机，刮板输送机等。

作为上述的四组元件，承载元件和牵引机构是共性较多的元件。

§ 1 运输设计生产率与运输设备的运输能力

一、运输设计生产率

运输设计生产率是由矿山产量任务和它的工作制度所决定的单位时间的运输量，也就是在一定工作制度下根据产量任务要求在单位时间内应该运出的货载量。运输设计生产率是选择运输设备的原始依据，它由采矿设计提供。运输设计的平均小时生产率可由下式确定：

$$Q_p = \frac{A}{T} \quad (1-1)$$

式中 A ——日产量，t/d； T ——日运输工作时间，h，一般取 18~19.5h； Q_p ——平均小时生产率，t/h。

在选择运输设备时不能按平均小时生产率来选择，由于矿床赋存条件的变化，爆破前后及其效果的差异，因此在回采过程中每个瞬间的矿物产量都不可能是均匀一致的，因此在选择设备时必须考虑到能够适应最大可能的尖峰货载量，必须按小时最大货载量选择，故运输的设计生产率为：

$$Q_1 = KQ_0 = \frac{KA_1}{T} \quad (1-2)$$

其中: K ——运输不平衡系数, 一般取 1.2~1.25, 出矿量较大的运输阶段, 取 1.3。

二、运输设备的运输能力

运输设备的运输能力是运输设备在单位时间内所能运送的货载量。由于连续动作式与周期动作方式不同, 计算方法有所不同, 下面分别叙述。

1. 连续动作式运输设备的运输能力

对于连续动作式的输送机, 如果在重载段单位长度上货载质量为 q , 输送机的运行速度为 v 时, 其小时运输能力为:

$$Q = 3.6qv \quad (1-3)$$

式中: q ——单位长度上的货载质量, kg/m ; v ——输送机的运行速度, m/s ; Q ——输送机的运输能力, t/h 。

式 (1-3) 即为连续动作式运输设备的运输能力的基本计算公式。从式中可以看出, 运输能力的大小与输送距离无关, 它主要取决于运送货载的运行速度 v 和单位长度上的货载质量 q 。运行速度可根据不同运输设备和工作条件选取。货载量决定于运输设备的构造, 如链板输送机取决于铁槽断面的大小, 带式输送机决定于输送带的宽度, 无极绳运输取决于矿车容量和矿车间距等。

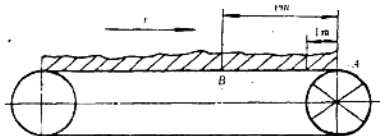


图 1-1 输送机运输能力的计算示意图

(1) 货载均匀分布在运输设备上

货载均匀分布在运输设备上的输送设备有: 带式输送机, 板式输送机, 链板输送机, 刮板输送机, 气力及水力运输设备等。它们的共同特点是物料均匀分布在运输设备上, 理论上都可以确定运输物料的理论截面积, 但是, 在实际运输过程中, 物料并不可能完全达到理论截面积, 因此在计算中应考虑其装满程度, 一般以装满系数 φ 来表示:

$$\varphi = \frac{F}{F_0} \quad (1-4)$$

式中 F_0 ——运输设备的理论截面积, m^2 ; F ——运输设备的实际物料截面积, m^2 ;
 φ ——装满系数。

因此

$$q = 1000F_0\varphi\gamma \quad (1-5)$$

从而, 运输能力为:

$$Q = 3600F_0v\varphi\gamma \quad (1-6)$$

式中: γ ——货载的松散密度 t/m^3

(2) 运输容器在运输线路上等间距运行

货载装在单个容器内, 而容器按一定规律运动并保持一定的间隔距离。这时货载量 q 可由

下式求出：

$$\eta = \frac{G}{a} \quad (1-7)$$

式中 G ——容器中的货载质量，kg；

a ——容器间隔距离，m。

则，小时运输能力为：

$$Q = 3.6 \frac{G}{a} v \quad (1-8)$$

属于这类的运输设备有：无极绳运输设备，架索索道以及钩斗提升机等。

2. 周期动作式运输设备的运输能力

如前所述，周期动作式运输设备的特点是按照一定的工作方式作周期性往返运行，把一定量的货载从一个地点运至另一个地点，然后将空容器返回原处完成一个循环。如果以 G 表示一个容器所装的货载质量， Z 表示一组容器数，往返一次的时间为 T ，则往返一次的运输量为：

$$Q_1 = ZG$$

式中： G ——每个容器的货载量，kg； Z ——一组容器的容器数； Q_1 ——往返一次的运输量，kg。

每小时的运输能力为：

$$\begin{aligned} Q &= \frac{ZG}{1000} \cdot \frac{3600}{T} = 3.6 \frac{ZG}{T} \\ &= 3.6 \frac{Q_1}{T} \end{aligned} \quad (1-9)$$

式中： T ——运输往返一次的时间，s。

式(1-9)为计算周期动作式运输设备运输能力的基本公式。

一次运输量 Q_1 决定于设备的构造。如把矿设备运输决定于耙斗的容积，有极绳运输和机车运输决定于车组中矿车数及矿车货载量。运输往返一次的时间包括运行时间和调整时间，调整时间对于某一特定的运输设备是一定的，而运行时间在运行速度一定的前提下，运输距离越长运行的时间也就越长。

从式(1-3)和式(1-9)两个基本式可以看出，连续动作式运输设备的运输能力与运输距离无关，而周期动作式运输设备的运输能力将随运输距离的增加而降低，为了满足生产率的要求必须增加每次运输量或列车组数、运行次数，欲提高运输能力也必须不断地改进运输工作组织以缩短辅助时间。

三、运输设计生产率与运输设备运输能力的关系

运输设计生产率是由矿山产量任务所要求的运输生产率，我们所选择的运输设备的生产率应该满足运输设计生产率的要求，即：我们所选择出的运输设备应该满足生产要求，从而，运输设备的运输能力应等于或稍大于运输生产率。即：

$$Q_1 \leq Q \quad (1-10)$$

为方便计算，通常采用 $Q_1 = Q$ 来计算求取所选定运输设备的技术参数。例如， F 、 v 、 G 、 Q 、

等。

§ 2 运输设备运行阻力系数和阻力计算

一、运输设备的运行阻力系数

对运输设备来说,运动机构和固定体往往不是简单的滑动或滚动,因此运输设备不可能用一个简单的摩擦系数来计算阻力。因为运输设备是由几个接触面所构成的一个组合件的复杂运动。产生摩擦的地方不仅在一处,阻力值与运动构件结构、尺寸及运动状态有关,为了使计算简化,用一个与摩擦系数类似的系数来计算摩擦阻力。这一系数称之为运行阻力系数,用 ω 表示,其定义可用下列关系式表示:

$$\omega = \frac{F}{P}$$

式中: F ——运输设备移动时产生的阻力;

P ——运输设备的计算重力。

阻力系数是指运输设备移动时产生的摩擦阻力和运输设备的计算重力之比。阻力系数的大小与工作条件、设备构造有关,它不是单纯滑动摩擦系数,也不是单纯滚动摩擦系数,而是一个综合的摩擦系数。

1. 带式输送机的托辊运行阻力系数

如图 1-3 所示是带式输送机一组托辊和它所支承的输送带和物料的情形。我们来计算它的阻力系数。在计算过程中略去输送带与托辊之间的滚动摩擦和输送带的刚度影响。

如图所示,当物料和输送带运行时,托辊也随之旋转,托辊和轴承的旋转产生轴承摩擦阻力 T ,为克服这一阻力在输送带上加有力 F 。根据力矩的平衡条件: $\sum M_0 = 0$, 则得:

$$F \cdot \frac{D}{2} = T \cdot \frac{d}{2}$$

由此得出:

$$F = Pf \frac{d}{D} \quad (1-11)$$

式中: P ——作用于一组托辊上的计算重力,它包括:物料,输送带和托辊旋转部分的重力;
 f ——托辊轴承摩擦系数; T ——轴承摩擦阻力; F ——克服摩擦阻力在输送带上所加的力;
 D ——托辊直径; d ——托辊轴直径。

根据阻力系数的概念得出:

$$\omega = \frac{Pf \frac{d}{D}}{P} = f \frac{d}{D} \quad (1-12)$$

从式 (1-12) 中可以看出:托辊阻力系数与结构尺寸 d 和 D 有关,减小托辊轴径时可以

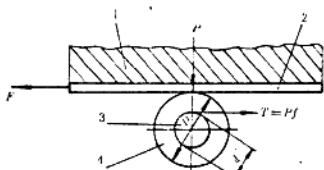


图 1-3 托辊阻力系数的计算示意图

1—物料 2—输送带 3—轴承 4—托辊

减小阻力系数, 增加托辊直径时亦可减小托辊阻力系数, 同时, 降低轴与轴承的摩擦系数也能降低阻力系数。

2. 矿车运行阻力系数

当矿车沿水平直线钢轨作等速运动时, 将产生下列阻力:

- (1) 轴颈与轴承之间的摩擦力;
- (2) 车轮沿钢轨运行所产生的滚动摩擦阻力;
- (3) 车轮凸缘与钢轨间的摩擦阻力。

矿车上的作用力如图 1-4 所示, 矿车的重力均匀分布在两根车轮轴上, 各为 $\frac{G_c}{2}g$, 其反作用力由于钢轨的弹性而向运动方向移动一个距离 k , 不通过车轮的旋转中心, 这个 k 值就是滚动摩擦系数。当作用在矿车上的牵引力为 F 时, 则其与外部阻力 $2S$ 相平衡, S 为一根轮轴车轮轮缘与钢轨产生的摩擦阻力。

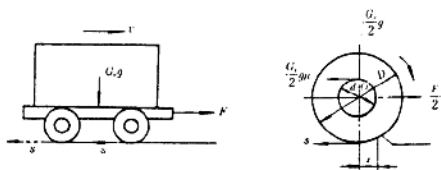


图 1-4 矿车的受力情况

(a) 矿车的受力状况 (b) 车轮的受力状况

$$F = 2S$$

现取一根轮轴作分离体进行分析, 依力矩平衡条件对车轮中心有:

$$\sum M_0 = 0$$

也就是:

$$S \frac{D}{2} = \frac{G_c g}{2} K + \frac{G_c g}{2} \mu \cdot \frac{d}{2}$$

$$S = \frac{G_c g (K + \frac{\mu}{2} d)}{D}$$

从而有:

$$F = 2S = \frac{G_c g (2K + \mu d)}{D} \quad (1-13)$$

式中: G_c —— 矿车总质量, kg;

g —— 重力加速度, m/s^2 ;

D —— 车轮直径, m;

d —— 轴颈直径, m;

K —— 滚动摩擦系数, m;

μ —— 轴颈与轴承间摩擦系数。

由于车轮凸缘与钢轨侧边之间的摩擦力尚不能用公式计算出来, 仅能从实验求得, 因此对式 (1-13) 乘以系数 C 进行校正, C 值的范围约为 1.5~1.7, 其大小与轨道铺设的质量和矿车运行方式有关。所以矿车运行总牵引力为:

$$F_0 = CF$$

$$F_0 = C \frac{G_c g (2K + \mu d)}{D}$$

根据阻力系数的概念：

$$\omega = c \frac{2k + \mu d}{D} \quad (1-14)$$

从式(1-14)中可以清楚看到矿车阻力系数与许多因素有关,不仅与车轮和钢轨的材料及轴承的润滑情况有关,而且与车轮的结构尺寸及钢轨的铺设质量有关。另外,实际上影响矿车阻力系数的因素是很多的,往往不能用这一个公式来概括,故在实际应用中是通过实验方法来测得。

同样地,托辊阻力系数也是如此,用实验方法测得。

二、阻力计算

前面我们已经介绍了阻力系数的确定方法,如果已知某设备的运行阻力系数,就可按阻力系数的定义计算运输设备的阻力。

1. 矿车的运行阻力

如图1-5所示,矿车沿倾角为 β 的坡道上运行,矿车的总质量为 G ,矿车运行阻力系数为 ω , F_0 为克服生产阻力所需的牵引力,其摩擦阻力为 $G_0\mu\cos\beta$,自重分力为 $G_0\sin\beta$,用 F 表示矿车运行时的阻力,则:

$$F_0 = F$$

$$F = G_0 g \cos\beta \cdot \omega + G_0 g \sin\beta \quad (1-15)$$

如果把式(1-15)写成一般形式,则为如下形式:

$$F = C \sum_{i=1}^n (\omega_i \cos\beta \pm \sin\beta) G_i g \quad (1-16)$$

式中: C ——阻力附加系数; n ——一组列车的矿车数。

这里要注意的是:自重分力正负号的取法,自重分力的方向与运行方向相同时帮助运动,故取“-”号,自重分力的方向与运行方向相反时,取“+”号,因为需要外力克服。

2. 带有挠性牵引机构的运输设备的阻力计算方法

挠性牵引机构也叫软牵引机构主要指输送带、链条及钢丝绳而言,在设备上构成一个封闭的环形,分直线段、曲线段和转向段,货载在直线段和曲线段上,改向段是指挠性牵引机构的重段向空段的转向。属于这类设备的有链板输送机,带式输送机,无极绳运输设备等。

(1) 直线段阻力

在分析各段阻力之前,首先必须了解设备各部分运动情况以及运输货载方式。如图1-6所示,AB段为有货载段称重段,CD段为无货载段称为空段,AD段、CB段都是改向段,其中AD段是主动轮的改向段,CB是从动轮的改向段。

直线段运动形式又可分为两种情况,一种是货载静止在承载机构上随之一起运动;另一种是货载被牵引机构拖动。两者摩擦方式不同摩擦系数也不同。

以带式输送机为例计算直线段阻力。

重段阻力

作用在一组托辊上的正压力 P :

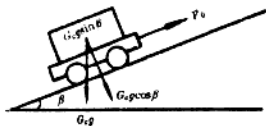


图1-5 矿车在坡道上的受力分析