



126824

高等学校教学用书

煤炭工业机械

第二卷 运输机械和提升机械

苏联 布·勒·达维道夫著



煤炭工业出版社



高等学校教学用书

煤炭工业机械

第二卷 运输机械和提升机械

斯大林獎金获得者

苏联工学博士布·勒·达維道夫教授著

北京矿业学院矿山运输教研组译

煤炭工业出版社

內 容 提 要

本書是根据苏联專家布·勒·达維道夫教授在北京矿业学院講授“矿山运输提升机械”課程的講稿翻譯的。內容分兩大部分：运输机械和提升机械。矿山运输机械部分，首先論述运输设备的計算基础，以后研究了無軌运输机械(运输机和扒矿设备)、水力和風力运输、矿体开采的水力机械化、充填机械、裝煤和裝岩机械、矿井鉄路的構造和有軌运输机械(如矿車、翻車器等)。矿井提升机械部分，講解了提升机械的構造，制动器和絞筒的計算和設計等。可供矿山机械制造專業师生及矿山机械設計人員閱讀。

本書运输机械部分由周士瑜、周家琪同志翻譯，周家琪、胡孟昭同志校；提升机械部分由胡孟昭、卞沛新同志合譯。

МАШИНЫ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Ч. Г. МАШИНЫ ТРАНСПОРТА И ПОДЪЕМА

苏联 Б. Л. ДАВЫДОВ 著

597

煤炭工業机械

第二卷 运输机械和提升机械

北京矿业学院矿山运输教研組譯

*

煤炭工業出版社出版(地址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可証出字第084号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

开本 78.7×109.2 公分 1/32 * 印張 14 1/4 * 插頁 2 * 字數 272,000

1957 年 9 月北京第 1 版

1957 年 9 月北京第 1 次印刷

統一書号：15035·360 印数：0,001—1,500 册 定价：(10)2.00 元

目 录

第一篇 矿山运输机械

第1講	緒言·····	417
第2講	連續動作式运输机械理論的一般概念(生产率, 阻力系数和牵引系数、效率)·····	420
第3講	撓性牵引机构繞行滾筒和鏈輪时之运动阻力·····	435
第4講	鏈板运输机·····	444
第5講	皮帶运输机·····	483
第6講	皮帶运输机的計算·····	502
第7講	扒矿設備运输·····	518
第8講	采矿工作的水力机械化·····	533
第9講	采空地点的風力充填法·····	549
第10講	采空地点的机械充填法·····	558
第11講	装車工作的机械化·····	571
第12講	矿井軌道·····	603
第13講	矿車·····	613
第14講	矿山軌道运输的特殊机械設備·····	622
第15講	鋼絲繩运输·····	646
第16講	鋼絲繩运输用絞車·····	658
第17講	機車运输·····	669
第18講	电机車运输的計算·····	681

第二篇 矿井提升机械

第1講	矿井提升机的構造	695
第2講	矿井提升机械的制动器	702
第3講	角度移动式閘瓦制动器之計算与設計	717
第4講	閘瓦平行移动式制动器的計算	727
第5講	圓柱形絞筒外壳的計算	730
第6講	圓柱形絞筒輻条的計算	748

第一篇 矿山运输机械

第1講 緒 言

在有用矿物采掘过程的同时，必然有井下和地面上的連續不断的运输过程。煤从工作面采下来以后，首先就必须沿工作面运至运输平巷，然后再沿平巷、上下山、井筒和地面运输路线运输，直到装入火车为止。同时还要把废石从井下运出，送至矸石场。所以，运输作业在整个采煤过程中具有很大的意义。

在伟大的十月革命前很多年的时期内，在俄国的矿井大部分运输作业都是以繁重的人力劳动为基础的。沿工作面是由拉筐工人运煤，工人拖着装煤的拉筐沿巷道爬行，然后将煤从拉筐装入矿车，矿车由马拉着沿铁轨移动，只有在从竖井将煤运至地面时才利用机械的提升设备，并且，在大多数的情况下，这种提升设备也是非常简陋的、生产率很低的蒸气机，与现代巨大的提升设备毫无共同之处。在地面上的运煤过程，又是以马匹牵引和矿工的繁重的体力劳动为基础的。

由于1917年革命以后煤炭工业机械化发展的结果，苏联整个煤炭工业的面貌，其中也包括运输作业，发生了根本的变化。现在，在工作面是利用链板运输机运煤，下一步，在平巷和石门的运输则是利用电机车牵引或者皮带运输机。在地面上主要也是利用皮带运输机将煤一直运到和装入煤仓内，从煤仓再将煤装到火车上。

苏联共产党的政策，一直是要在全部国民经济范围内最广泛地推广机械化，其中也包括具有特别繁重工作的煤炭工业在内。还在1931年时约·维·斯大林同志就说过：“必须立即使最繁重

的劳动过程机械化，并且大力开展这一工作……。这只是說：劳动过程的机械化对我们是一种新的和决定的力量，沒有它就不能保持我们的發展速度，也不能維持新的生产規模”。（“斯大林全集”1956年人民出版社版第13卷第51頁）后来在1939年苏联共产党（布）第十八次代表大会通过了关于煤炭工業綜合机械化的決議，也就是关于从个别过程的机械化过渡到技术上和組織上彼此連系的采煤过程整个系統的机械化。根据苏联共产党（布）第十八次代表大会的決議可知，推广循环工作圖表——矿工具有高度劳动生产率的基础——应该是完成綜合机械化的基础。

在1952年苏联共产党第十九次代表大会“关于苏联發展国民經济的指示”中也曾对發展煤炭工業的机械化給予極大的注意。在1956年苏联共产党第二十次代表大会“关于1956—1960年苏联發展国民經济第六个五年計劃的指示”中又指出：“煤炭工業——为了实行采煤的全盤机械化，应在采矿場广泛地采用頂板管理和傳送帶移动的机械化，在开采緩傾斜和傾斜煤層时保証进一步發展裝煤工作的机械化，首先应在頓涅茨、庫茲涅茨克和卡拉崗达煤矿区完成这一工作。在准备巷道的掘进时要完成裝煤和裝岩石工作的机械化。……”。（“苏联共产党第二十次代表大会文件彙編”1956年人民出版社版第1205頁）

苏联目前正根据共产党最高机关的这些指示，在进一步改善全部采煤过程的机械化方面进行巨大的工作，其中当然也包括運輸作業。同时，在这一方面也已經取得了很大的成就。

苏联煤炭工業技术装备增長的速度可以用下列的情况來說明：从1940至1951年內，尽管是处于困难的战争年代里，当时最大的頓巴斯的煤矿企業全部遭到德国侵略者的破坏，但在这一时期內井下鏈板運輸机的数量还是增加了8倍，裝岩机在数量上增加了69倍。

毫無疑問，中华人民共和国的煤炭工業，在考虑自己国家的

特点的条件下，也一定要走苏联煤炭工业机械化发展的道路。

在苏联，目前除了在采煤过程机械化方面做了很多工作，对于生产过程和运输操作的自动化方面也进行着大量的工作。很多科学研究所、设计院，同时还有很多高等学校的专业教研组正在这个问题上进行工作，而且在这方面已经获得非常重大的成果，在很多情况下都可以利用动作可靠的自动装置来代替运输机械司机的操作。

在“矿山运输提升机械”这门课程中，我们将要研究现代煤炭工业中所应用的各种运输机械和提升机械之构造及其计算方法。但是我们并不仅仅局限于讲授那些把煤从工作面运上地面的机械；我们还要研究充填机械，扒矿设备，贮煤场所用的机械（这种机械在所有现代的矿山上都有），将煤和岩石装入矿车用的机械，各种类型的矿用绞车及电机车等。

本课程按照下列的次序讲授：首先讲授运输设备的计算基础，在这一讲中我们导出主要的公式，这些公式在以后计算具体机器时就要加以运用。这一部分是本课程中非常重要的理论部分，大家应该特别注意。以后我们就按照下列的次序来研究各种类型的机器。

1. 无轨运输机械，即不利用铁轨的运煤机械。属于这类机械的有在煤矿中应用的所有类型的运输机和扒矿设备。

2. 水力和风力运输，还有矿体开采的水力机械化。

3. 充填机械。

4. 装煤和装岩机械。

5. 矿井铁路的构造和有轨运输机械，即沿轨道运煤的机械。属于这类设备的有矿车和各种专用设备：如翻车器、高度补偿器和推车器等。

6. 钢丝绳运输机械——各种类型的绞车。

7. 机车运输机械。这里我们主要是讲一下在现代矿井中所广

泛应用的电机車的構造与計算。

第2講 連續動作式运输机械理論的 一般概念(生产率、阻力系数 和牽引系数、效率)

將散碎的或成塊的貨物沿着与水平成任一角度的方向連續運輸的机械就叫做連續動作式运输机械。皮帶运输机就是一个例子，当皮帶不断地运动时，置于皮帶上的材料就作連續的移动。

在煤炭工業中应用着各种不同类型的連續動作式运输机械，如帶型、鏈板型和板型运输机，这几种运输机是沿水平和水平呈不大角度($18-20^\circ$)的方向向上或向下运送散碎的材料(一般都是煤)用的。此外，还有为了沿垂直或与水平成很大角度的方向运煤用的杓斗提升机，使裝着煤和岩石的矿車沿鐵路連續不断地移动的無極繩运输絞車等。关于这些类型的机械我們以后要詳細講授。

尽管这些机械的类型不同，構造上各有其特点，但是它們的理論却有很多共同之处。

現在講一下决定連續動作式运输机械生产率的方法。

設一运输机(为了說明方便，設为皮帶型)运送散碎的材料，运输机皮帶移动的速度为 v 。

运输机(圖 2-1)本身有兩個滾筒 1 和 2，用一根皮帶將滾筒圍繞起来，其中一个滾筒是由电动机通过減速器来帶動的。当滾筒按箭头方向轉动时，由于摩擦力的关系，皮帶和置于其上的散碎材料一起移动(关于皮帶运输机的構造在第 5 講中还要詳細講授)。

用 q 表示在运输机上一米長度內所有材料的重量。在一秒鐘內皮帶的上股按照箭头的方向移动距离 v ，就是說，过一秒鐘以

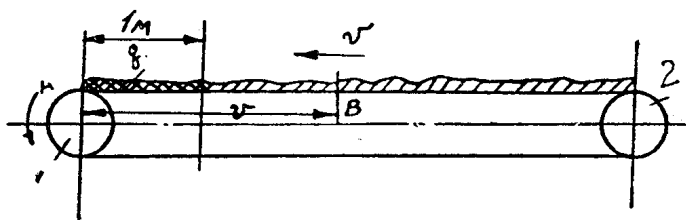


圖 2-1

后点B就移至点A处。这时，在点A和B之間的全部材料都由运输机上掉下来，这部分材料的重量为 $q \cdot v$ 公斤。所以运输机每秒鐘的生产率等于：

$$Q_{сек} = q \cdot v \text{ 公斤/秒.}$$

小时生产率应为每秒生产率 of 3600 倍，其值等于：

$$Q = 3600q \cdot v \text{ 公斤/时} = 3.6q \cdot v \text{ 吨/时} \quad (1)$$

公式中 q 的單位为公斤/米， v 的單位为米/秒。

公式(1)是所有連續动作式运输机械的普遍公式。可以看出，运输机的生产率不决定于运输机的长度。

大家都知道，鏈板运输机工作时，材料是在鉄槽內移动的。在这种情况下

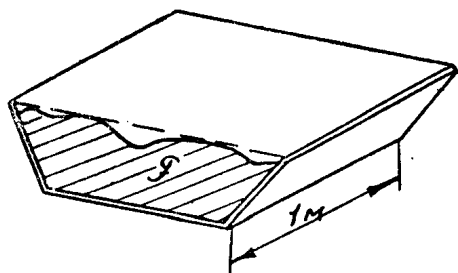


圖 2-2

下單位長度內的載荷 q 决定于鉄槽(圖2-2)的断面积。

若以 F (米²) 来表示鉄槽的断面面积，即被薄壁和上面的虛綫所限定的圖形的面积，則 q 之值为：

$$q = F \cdot 1 \cdot \psi \cdot \gamma = F \psi \gamma \text{ 吨/米。} \quad (2)$$

式中 γ ——貨物的散集重量(吨/米³)。

ψ ——鉄槽断面的裝滿系数。此值小于1, 因为对于塊狀貨物來說, 鉄槽断面是不能全部利用的。

前面我們假定 q 之單位为 公斤/米, 所以公式(2)可写成:

$$q = 1000 F \cdot \gamma \cdot \psi \text{ 公斤/米。}$$

构斗提升机的生产率也是按照同样的方法来确定的。

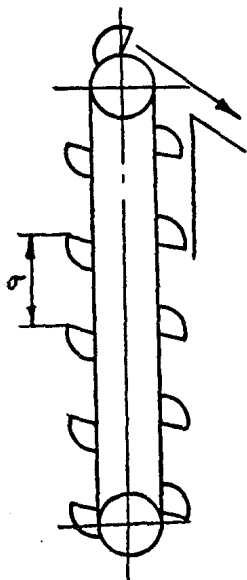


圖 2-3

在构斗提升机(圖 2-3)上也有兩個滾筒, 在其上繞着一條無極的皮帶, 但这时皮帶垂直地移动(或与水平成很大角度)。在皮帶上固定有許多构斗, 它將材料由下面鏟起, 向上移动并向箭头的方向倒出。

在确定构斗提升机的生产率时, 因为已知在一秒鐘內皮帶移动的距离为 v (米), 故在这一段時間內进行卸載的构斗的数目为:

$$n = \frac{v}{a},$$

式中 a ——构斗的間距(米)。

若裝滿系数为 ψ , 散集重量为 γ 和每个构斗的容量为 i_a (公升)时, 則倒出的材料的重量等于:

$$Q_{cex} = n i_a \psi \gamma = \frac{v}{a} i_a \psi \gamma = \frac{i_a}{a} \psi \cdot \gamma \cdot v.$$

(如果式中 i_a 用公升的單位代入, 而 γ 用吨/米 代入, 則結果所得單位为 公斤/秒)。

与前面导出的公式 $Q_{cex} = q \cdot v$ 比較, 則得到 q 的数值应等于:

$$q = \frac{i_a}{a} \cdot \psi \gamma. \quad (3)$$

而杓斗提升机的小时生产率则为:

$$Q = 3.6 \frac{i_a}{a} \cdot \psi \gamma v \text{ 吨/时.}$$

用相似的方法同样可以确定一輛接一輛的矿車連續地运输貨物时之生产率(参看圖 2-4):

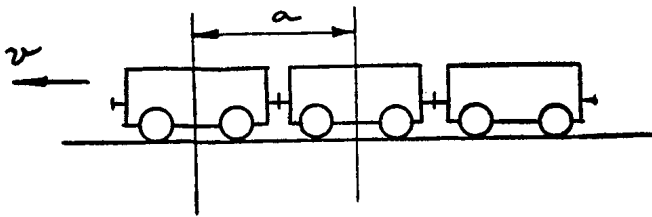


圖 2-4

按照与公式(3)相似的方法, 在这里应该取:

$$q = \frac{i_a}{a} \gamma \cdot \psi = \frac{G}{a}, \quad (4)$$

式中 $G = i_a \gamma \cdot \psi$

G ——矿車內煤的重量(公斤)。

代入公式(1), 則得:

$$Q = 3.6 \frac{G}{a} \cdot v \text{ 吨/时.}$$

又

$$\frac{a}{v} = t,$$

式中 t ——矿車走过距离 a 所需的时间, 此值也就等于两个相邻矿車之間的时间間隔; 最后得到:

$$Q = 3.6 \frac{G}{t} \text{ 吨/时.} \quad (5)$$

現在講一下关于确定連續动作式运输设备的阻力系数和功率的問題。

在一个把貨物 Q (吨/时) 升起至高度 H (米) 的运输设备上，不管这个升高是像杓斗提升机一样沿垂直方向进行的，还是像傾斜的运输机一样順着与水平成一角度的方向进行的，其單位时间內的有用功均等于：

$$A = Q \cdot H \text{ 吨} \cdot \text{米/时} = \frac{1000 \cdot QH}{3600} = \frac{Q \cdot H}{3.6} \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒}.$$

又有用功率等于：

$$N = \frac{A}{102} = \frac{Q \cdot H}{3.6 \times 102} = \frac{Q \cdot H}{367} \text{ 瓩}.$$

沿水平运输时： $H=0$ ，所以 $N=0$ 。

当然，这时消耗在提升貨物上的功率是等于零。

但是，在貨物移动时，除提升貨物所消耗之功率外还有耗費在克服貨物与支持設備之間的摩擦所須之功率。例如从靜力可知，当重量为 P 的物体沿斜面移动(圖 2-5)时，物体重量的分力可由下式决定之

$$P_2 = P \cos \beta,$$

$$P_1 = P \sin \beta.$$

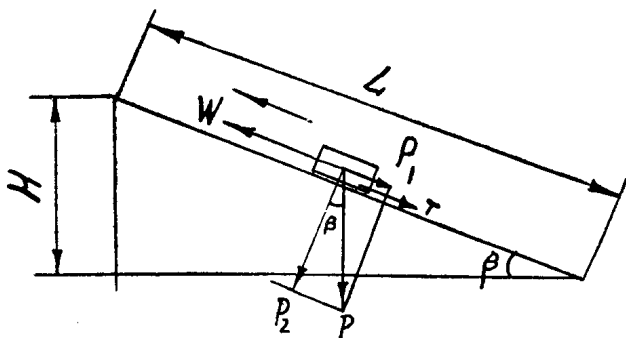


圖 2-5

力 P_2 是物体加在斜面上的正压力。若想沿箭头方向移动物体，則必須克服分力 P_1 及物体与平面間的摩擦力 T 。摩擦力之

值等于:

$$T = P_2 \cdot f = P f \cos \beta,$$

式中 f ——摩擦系数。

所以移动物体 P 所需之力 W 等于:

$$W = P \sin \beta + P f \cos \beta = P(\sin \beta + f \cos \beta).$$

上面我們所講的是單个物体移动时的阻力。如果貨物是均匀分佈在長度 L 上(例如: 在鏈板运输机上就是这种情况), 那么就得到:

$$P = qL,$$

式中 L ——运输机長度(米)。

这时, 移动阻力將等于:

$$W = qL(\sin \beta + f \cos \beta).$$

所需的功率等于:

$$N = \frac{W \cdot v}{102} = \frac{qLv \sin \beta}{102} + \frac{qLv f \cos \beta}{102},$$

这里可以进行如下的代換:

$$L \sin \beta = H,$$

但从公式(1)知:

$$qv = \frac{Q}{3.6},$$

將此值代入上式, 則得到:

$$N = \frac{Q \cdot H}{3.6 \times 102} + \frac{QL f \cos \beta}{3.6 \times 102} = \frac{QH}{367} + \frac{QL f \cos \beta}{367}.$$

公式中第一項就是前面所求出的消耗在沿垂直方向移动貨物的功率, 第二項則为根据移动的貨物与斜面之間的摩擦所求出的附加功率。

我們上面所講的是一种最簡單的情况, 在这种情况下, 貨物是沿傾斜平面移动, 这时第二部分的功率仅决定于摩擦系数 f 。

但是我們时常能見到一些比較复杂的情况：即貨物移动时所發生的不是簡單的滑动摩擦。例如：如果貨物置于帶輪的車上并沿該斜面移动时，則摩擦系数就必須用更复杂的系数来代替，此系数决定于輪子的直徑和其他一系列的因索。所以在一般情况下，我們用阻力系数 ω 来代替摩擦系数 f 。对于上面所講的那种个别的情况來說， $\omega = f$ ；而在其他情況下，則阻力系数 ω 可能另有他值。

总的來說，所謂阻力系数就是沿水平方向移动貨物所需之力与它的重量之比。

这时，确定功率的公式可写成如下形狀：

$$N = \frac{QH}{367} + \frac{QL\omega \cos \beta}{367}.$$

在运输机上角度 β 一般均不超过 20° ，考虑到

$$\cos 20^\circ = 0.94.$$

也就是說，其值与 1 相差很少，一般可用 1 来代替，这时所發生的差誤是位于計算精确度范围之內的，这样，就可得到：

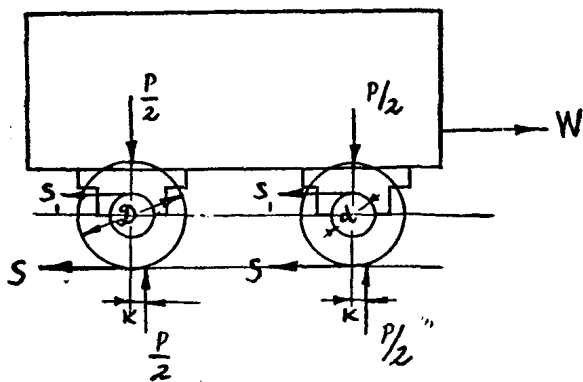


圖 2-6

$$N = \frac{QH}{367} + \frac{QL_v}{367} \text{ 瓩.}$$

下面我們講一下当矿車沿鋼軌移动(圖2-6)时,如何求它的阻力系数 ω 。

由于基础(鉄軌)具有彈性之緣故,使其反作用力不通过輪子的旋轉中心,而向着运动方向那一边移动一个数量 K , K 就是滚动摩擦系数。

力 S_1 是軸頸与軸承瓦之間的摩擦力,其值等于:

$$S_1 = \frac{P}{2} \mu,$$

式中 μ ——軸頸与軸承瓦之間的滑动摩擦系数。

从对于車輪軸心的力矩方程式中可以求得力 S :

$$S \frac{D}{2} - \frac{P}{2} K - S_1 \frac{d}{2} = 0,$$

由此得出:

$$S = \frac{P \cdot K + S_1 d}{D} = \frac{P \cdot K + \frac{P}{2} \mu \cdot d}{D}.$$

矿車的总移动阻力等于:

$$W = 2S = p \frac{2 \cdot K + \mu d}{D},$$

所以,阻力系数等于:

$$\omega = \frac{W}{P} = \frac{2 \cdot K + \mu d}{D}. \quad (6)$$

上面我們对貨物本身移动时所發生的阻力作了研究,但是除了这些阻力以外,运输机本身的某些机件在移动时也要發生阻力。例如:鏈板运输机上用以沿机身推动煤的刮板鏈子就是本身也要被移动的。但是使用移动的刮板鏈子乃是运输机順利进行工作的必要条件,因此在計算运输机所消耗的功率时,务必將此項因鏈子的移动而附加的阻力計算在內。

現在我們來研究鏈板運輸机上股(即重股)和下股鏈子的移动阻力。

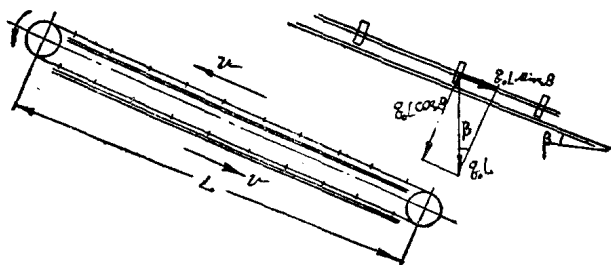


圖 2-7

圖 2-7 所示為鏈板運輸機的示意圖，其刮板鏈子是在運輸機的鐵槽內移動。右方是一股鏈子的重量在兩個方向上的分解圖。為了簡化起見，我們把整股鏈子的重量集中在一點上，這樣其計算結果仍然不變。這整股鏈子的重量等於：

$$G = q_0 L,$$

式中 q_0 ——每一米長的刮板鏈子的重量(公斤/米)，

L ——運輸機長度(米)。

若設上股鏈子以箭頭所示方向向上移動，則其移動阻力將為：

$$W_1 = q_0 L (\sin \beta + \omega_1 \cos \beta),$$

式中 ω_1 ——鏈子的移動阻力係數。

與此同時，下股鏈子向下移動，其移動阻力為：

$$W_2 = q_0 L (-\sin \beta + \omega_1 \cos \beta).$$

上式 $\sin \beta$ 前面的符號是負的，亦即分力 $q_0 L \sin \beta$ 的方向與運動方向相同，所以使移動阻力減少；至於分力 $q_0 L \omega_1 \cos \beta$ ，則在以上兩種場合下都是與鏈子運動方向相反的。

兩項阻力相加即得：

$$W_u = W_1 + W_2 = 2q_0 L \omega_1 \cos \beta.$$