

水力落煤和水力运输 设计指导

北京煤矿设计院編譯

U224.87
B532

煤炭工业出版社

927

水力落煤和水力運輸設計指導

北京煤礦設計院編譯

*

煤炭工业出版社出版(社址: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

煤炭工业出版社印刷厂排印, 新华书店发行

*

開本787×1092公厘 $\frac{1}{32}$ 印張1 $\frac{8}{16}$ 插頁4 字數23,000

1958年9月北京第1版 1958年9月北京第1次印刷

統一書号: 15035-638 印数: 00,001—10,000册 定价: 0.22元

出版說明

水力采煤是煤矿一項重大技术革命，是煤炭工业技术革命的主要方向，也是一項新的技术，研究这个問題的国内外文献都还出版得很少。为了配合煤炭工业技术革命和大跃进的迫切要求，我們將大力出版一批水力采煤的書籍。本書是北京煤矿設計院根据苏联資料編譯的。

水力落煤和水力运输（包括水力提升）是水力采煤两个主要工序。本書两篇文章，分別闡述了这两个問題的若干基本理論，特別着重在計算，書中还介紹了一些計算公式和图表，提供了若干有关設計的参考数据，可供設計参考，也可供研究水力采煤理論参考。

目 录

出版說明

水力落煤設計指导	3
----------------	---

引 言	3
-----------	---

一、水流运动及其与工作面物質的相互作用	3
---------------------------	---

二、求水枪生产能力的方 法	9
---------------------	---

三、高压水管壁厚的計算	13
-------------------	----

四、水管的計算和水泵房工况的确定	15
------------------------	----

五、快速接头	26
--------------	----

水力运输管路的計算	26
-----------------	----

一、一般水力运输和水力提升的計算	26
------------------------	----

二、沿溜槽的水力运输計算	32
--------------------	----

三、在地下和地面敷設煤浆管的特点	34
------------------------	----

附 录

PFM-1 型水枪技术特征	36
---------------------	----

PFM-1-M 型水枪技术特征	36
-----------------------	----

PAH-2 型远距离操縱水枪的技术特征	37
---------------------------	----

水力落煤設計指導

引 言

水力采煤的原理是利用水流的动能使煤体脫落，并形成便于运输的煤水混合物。

在这里水流是工作部分，与其他机械的工作部分大不相同。例如，水流在工艺过程中把工作面落煤、冲煤和工作面运输連結成单一工序，用水流可以进行远距离落煤，工作面不支架，人不到工作面里边去。同时水流也有一个最大的缺点，它与机械破煤方法不同，水枪耗能量不决定于工作面的煤是否破落。

如果我们想有效地利用水流的优点，就要特别注意正确地掌握水流在运动过程中呈现出的规律性和它对煤体的作用。

这本指导的主要目的是給設計水力采煤指出一个基本方向，在这里主要是根据现有的对水流的知識，水流在水力采煤矿井中实际的应用以及水枪工作、鋪設水管、管理水泵房等經驗談起的。

这本指导是由H.Φ卡波柯編写的。

一、水流运动及其与工作面物質的相互作用

用水枪使水流形成射流并控制它。

使水流形成射流的水枪主要部分是噴嘴。

实验室的試驗和水力采煤矿井的水枪工作經驗証明，

采用渐缩式的水流出口不带圆柱部分的圆锥形喷嘴是合理的。

在喷嘴锥形顶端构成喷嘴面的角度，水压在30大气压以下采用 $10^{\circ}-12^{\circ}$ ；在30大气压以上采用 $12^{\circ}-14^{\circ}$ 。

在水力采煤矿井中采用下列直径的喷嘴比较适合：

15、17、19、22、25、27公厘。

现在为水力采煤矿井和采区所生产的水枪都配备这样直径的喷嘴。

水枪喷嘴的耗水量按下边的基本公式求出：

$$Q = \mu W \sqrt{2gH}$$

式中 μ ——流量系数，0.95；

W ——喷嘴的出口面积，公厘²；

g ——重力加速度，公尺/秒²；

H ——喷嘴的工作压力，公尺（水柱）；

Q ——喷嘴的耗水量，公尺³/秒。

喷嘴耗水量可以根据图1查出。

例1：已知工作压头是400公尺水柱（40大气压），求喷嘴的耗水量。

解：在标线“П”上找到和直径22公厘相应的点，并通过该点引平行于准线“AB”的线。通过在H轴上的并等于400公尺水柱的点，我们引条平行于Q轴的线到与所做之线相交为止。从相交的点往Q轴作垂线，交点就指出所求耗水量。在此种情况下是118公尺³/小时。

例2：已知耗水量为90公尺³/小时，压力为50个大气压，求所需的喷嘴直径。

从Q轴为90公尺³/小时，H轴为500公尺水柱的对应点做垂线，于是我们可以找到两线的交点。

通过交点，我们引平行于准线“AB”的线到与标线“Ⅱ”相交为止。和标线“Ⅱ”相交的点指出所求直径。在该例中 d_m 为18公厘。

水流分低压、中压和高压水流。

实际上水力采煤矿井基本上都用中压和高压水流。

在这样压力之下的射流构造的示意图如图2所示。

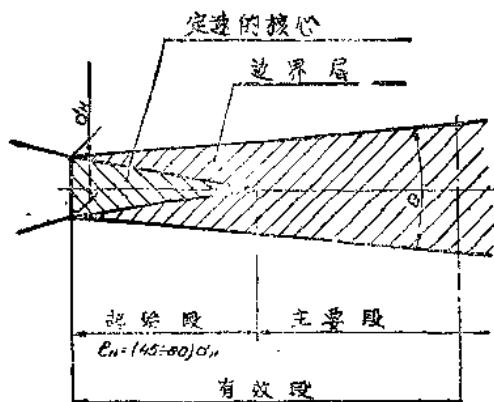


图2

水力落煤是用靠近喷嘴的起始段和中间的主要段开始部分的水流段进行。在靠近喷嘴的起始段内沿着水流轴线方向的动力压头是不变的，在中间的主要段内离开喷嘴后沿着水流轴线的压头急剧下降，因此水流落煤的生产能力也随之降低。

靠近噴嘴的起始段长度 $l_n = (45 \sim 80)d_n$ 。

在这段范围内水力落煤的生产能力能够满足生产要求的水流长度叫做水流的有效长度。

在現有的水力采煤矿井工作面上做的水流实验工作，确定了以下的水流有效长度：

噴 嘴 直 径	d_n	15—17	19—22	25—27
有 效 长 度	l_{eff}	6—8	8—10	10—12

水流的有效长度是确定回采和掘进工作面因素的主要参数之一。

从水枪位置到工作面最远的距离不能超过上边指出的水流有效长度。

水流的扩散角度(参看图 2)从 $30'$ 到 $1^\circ 30'$ ，决定于所用噴嘴的質量。

水流的扩散角度增加到 $14—19^\circ$ 时，靠近噴嘴的起始段的长度减小为噴嘴直径的 $4 \sim 6$ 倍。

射流中間主要段內軸綫上的速度可以根据公式算出：

$$V_m = V_0 \frac{51d_n}{14l} \text{ 公尺/秒}$$

对淹没水流：

$$V_m = \frac{6V_0d_n}{l}$$

式中 l ——水流从噴嘴到所求速度的断面的长度。

用以下的因素确定水流破煤或其他固体的效率：

- (1) 水流的压头;
- (2) 水流的質量, 即水流的紧密性和射程;
- (3) 噴嘴距工作面的距离;
- (4) 被破物質的硬度。

我們要分別研究这些因素的影响。

1. 水流的压头

水流压头对用水流破煤进行有很大影响。試驗室的試驗和矿井的生产实践証明, 破煤的数量与压头的二次方到三次方成正比。

破煤由实体破碎及在“水楔”作用下分裂和脫落过程組成。

“水楔”对具有大裂縫的煤的作用比破碎作用还大, 在这种情况下, 水力落煤的生产能力是很高的。

对实体煤來說, 破碎阶段起主要作用, 它将导致整个过程能量消耗的增加及水力落煤生产能力显著降低。

2. 水流的質量

密度和射程对落煤的生产能力有很大影响。在噴嘴前水流有渦流及噴嘴的質量不好会大大地降低射程, 并导致生产能力的損失。

水力落煤生产率和水流質量間关系很复杂。

因此, 要指出以后設計水力落煤應該采用上述水流的有效长度, 同时并指出水枪和噴嘴應該滿足制造上的技术条件。

3. 噴嘴到工作面的距离

噴嘴到工作面距离加大, 生产率将随着显著下降。

实际做计算时，采用生产能力恒定的水流有效段，并且在这段长度内水流生产能力是工作面推进过程中所要求的生产能力。

4. 煤体的硬度

硬度对水枪生产能力的影响以及确定上边所研究的因素的影响，在下面求水枪生产能力的方法一节中再叙述。

二、求水枪生产能力的方法

1. 求有效压头

所谓有效压头就是水力落煤的生产特征，并且要求求出使水流能量全部消耗在落煤和工作面运输上的压头值。

有效压头的大小同样根据煤的硬度确定，并可按下式求出。公式是以整理的观测材料做基础得到的。

$$H_{\text{эф}} = 50f$$

式中 $H_{\text{эф}}$ ——有效压头，公斤/公分²；

f ——煤的普氏硬度系数。

硬度系数 f 是根据苏联科学院煤炭研究所的方法确定（打碎法）的。

煤的硬度决定于煤的碳化程度。

从表 1 可以看出这种关系来。

表 1

煤的牌号	Д	Г	ВК	К	HC	Т	ПА	А	А ₁
硬 度	1.2	0.7	0.5—0.55	0.3	0.4	0.7	1.5	1.6	
	1.8	1.1	0.8	0.5	1.0	1.1	2.5	3	2.7

2. 求水力落煤单位耗能量

单位耗能量决定于工作压力的大小、煤的硬度及裂隙程度，并按下式求出：

$$E = \alpha \left(\frac{H_{\text{эф}}}{H} \right)$$

式中 E ——破煤过程单位耗能量，瓩·小时/吨；

$H_{\text{эф}}$ ——有效压头，公斤/公分²(大气压)；

H ——工作压头，公斤/公分²(大气压)；

α ——煤体裂隙系数。

公式在 $H \leq 1.3 H_{\text{эф}}$ 时准确。

以下系数值是用观测法求得的(取整值)。

裂隙很大的煤 $\alpha = 5$ 瓩·小时/吨；

中等裂隙的煤 $\alpha = 10$ 瓩·小时/吨；

实体煤 $\alpha = 15$ 瓩·小时/吨。

应该指出 α 的值只间接地表示破煤的实际能量消耗，并且是采煤过程中水流有效长度范围内的平均值。

因此所列举的 α 数值，不可以用于任意确定的喷嘴到工作面的距离，也不可用水流的有效长度外落煤上。

3. 求水枪的生产能力

水枪每小时的生产能力可以按下边简单公式求出：

$$q = \beta \frac{Q \cdot H}{30 \cdot 7 E}$$

式中 q ——水枪的生产能力，吨/小时；

Q ——水枪的耗水量，公尺³/小时；

H ——水枪的工作压头，公斤/公分²(大气压)；

E ——水力落煤单位耗能量，瓦-小时/吨；

β ——工作面形式系数。

准备工作 $\beta=1$ 。

在进行回采工作时，水枪生产能力照例是增加的（和掘进工作面的生产能力比较），因为回采工作面的煤体有较多的自由面，使地压较迅速的起作用。

水枪生产能力的增加可用加大系数“ β ”的办法实现。根据测定材料，在煤层厚度为1.5—5公尺时，对回采工作面可取为1.8。

实践证明，水枪的生产能力决定于煤层厚度，但现在还没有足够的材料来确定在这些情况下精确的系数。

为了作大致计算，可以采用以下系数值：

煤层厚 0.5—1公尺， $\beta=1$ ；

煤层厚 1.5—5公尺， $\beta=1.8$ ；

煤层厚 >5公尺， $\beta=2—2.2$ 。

在很多情况下（缺少相适应的水泵，水枪与水泵房之间布置得不合理及其他），水枪工作压头不可能提高到有效压头的大小，因而在生产过程中，水枪的生产能力不够。

在这种情况下之下，应该设计综合的落煤方法：水力机械方法，水力爆破方法，用水流落煤的螺旋鑽方法，预先用炸药松动后用水流落煤法等。

目前用炸药先松动煤层，然后用水力落煤的方法掌握的较好。

其余的落煤方法正在验证阶段。

为求出松动一吨煤的炸药消耗量，可以用表2。

表2

煤 的 硬 度		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
每 松 动 一 吨 煤 的 炸 藥 消 耗 量 (克)	水流压头在60大气压以下	—	100	150	200	250	300	350	400
	水流压头在75大气压以下	—	—	—	100	150	200	250	300
	水流压头在100大气压以下	—	—	—	—	—	100	150	200
	水流压头在125大气压以下	—	—	—	—	—	—	—	100
	水流压头在150大气压以下	—	—	—	—	—	—	—	—

例：在回采工作面内进行工作。已知水枪的耗水量为100公尺³/时，压头为50 大气压，煤的硬度系数=1.5，中等裂隙，求水枪的生产能力。

解：1. $H_{\text{水枪}} = 50F = 50 \times 1.5 = 75$ 大气压；

$$2. E = a \left(\frac{H_{\text{水枪}}}{H} \right)^2 = 10 \left(\frac{75}{50} \right)^2 = 22.5 \text{ 瓦} \cdot \text{小时/吨}；$$

$$3. q = \beta \frac{QH}{36.7E} = 1.8 \cdot \frac{100 \times 50}{36.7 \times 22.5} = 11 \text{ 吨/时}$$

这对回采工作来说是不足的。

4. 在工作压头和有效压头相等时，水枪的生产能力相当：

$$q = \beta \frac{QH}{36.7E} = 1.8 \frac{100 \times 50}{36.7 \times 10} \approx 25 \text{ 吨/时}$$

为了达到这个生产能力，采用炸藥预先松动。

炸藥量按表2取，当水流压头低于60大气压，煤硬度

$f=1.5$ 时，炸藥量为150克/吨。

三、高压水管壁厚的計算

水力采煤矿井高压水管鋪設的方法是用土盖（挖沟、用推土机盖土）、吊挂或直接鋪設到巷道的底板上。在斜巷中（傾斜度大于 45° ）敷設管路时，要在管下安装管卡子，把管子固定在巷道壁的平行木上或专用的梁上。如果巷道的傾斜度超过 45° ，則每隔6~12公尺就要把管子吊在支柱上。

确定管壁厚度时，要考虑管子的內压力和外来負荷（盖土的压力、車輛通过时的負荷、偏心压力）。

无论是吊挂或直接敷設在巷道底板上的水管，其厚度一定要保証在水管工作时有一定的强度。其厚度可用下面公式求得：

$$\delta = \frac{P_p \cdot d_y}{11140 R_s} \text{ 公厘}$$

式中 P_p ——工作压头，公斤/公分²；

d_y ——公称內径，公厘；

R_s ——許用应力，公斤/公厘²；

Π ——水管質量 and 断面尺寸变动系数，0.9，6~45号鋼的 $\Pi=0.85$ 。

选择水力采煤矿井水管的公称內径时应按下列的范围：

$d_y=76, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350,$
 $400, 450, 500, 600, 700$ 公厘。

許用应力 R_s 采用等于管子材料极限强度（破坏的瞬时抵抗）的35%。

在水力采煤矿井中，工作压力超过10大气压时，应该采用一般所用的ГОСТ 301-50无缝鋼管或ГОСТ 3101-46油瓦斯管。

现将常用的几种鋼的机械特性列入表3。

表3

鋼 号	破坏的瞬时抵抗	相对伸长量(%)		备 註
		短 管	长 管	
2~10	32	20	24	
4~20	40	17	20	
5~35	52	14	17	
6~45	60	12	14	

在水力采煤矿井中，可以采用沒規定化学成分和机械特性的鋼管，該管材料的許用应力 R_s 采用10公斤/公厘²。确定用土盖的水管壁厚时，要考虑到外表負荷。应估計到运轉和建筑負荷有可能增加，根据建筑规范应采用一个系数，如果是水管用土盖，此系数等于1.15—2。

此时用土盖的水管壁厚确定如下：

$$B_n = (1.15 - 1.2) B$$

若工作压头大于30大气压，在訂購和驗收水管时，一定要做水压試驗。

$$P_n = \frac{200BR_s}{\bar{A}_n}$$

式中 $\bar{A}_n$ ——管子内径，公厘（其他見上边）。

例：已知工作压头为50大气压，求公称内径为200公厘的高压水管壁厚（水管設在地表面上，用推土机盖土，管材是20号鋼）。

解：1. 把50大气压代入，求出管壁厚

$$B = \frac{P_n \bar{A}_n}{0.140 R_s} = \frac{50 \times 200}{0.9 \times 140 R_s}$$

式中 $R_s = 0.35 \times B_p = 0.35 \times 40 = 14$ 公斤/公厘

B_p 从表3中查出。

此时：

$$B = \frac{50 \times 200}{0.9 \times 140 \times 14} = 5.6 \text{ 公厘}$$

2. 求管壁厚度时要考虑复土所造成的負荷。

$$B_s = 1.15 \times B = 1.15 \times 5.6 = 6.5 \text{ 公厘}$$

采用ГОСТ301-50水管，外径219公厘，壁厚7公厘，20号鋼材。

3. 水管的水压試驗压头：

$$R_s = 40 \times 35\% = 14$$

$$P_n = \frac{200 B R_s}{\bar{A}_n} = \frac{200 \times 7 \times 14}{200} = 98 \text{ 大气压。}$$

四、水管的計算和水泵房工况的確定

根据实际情况，水力采煤矿井現在和将来应采用有压力水管的尽头綫路系統，所以采用下边导出的方法計算水

管时，則不能用在环接管上。通常，当我们設計水管时，对水力机械的位置、数量和耗水量應該明确。

因此，我們主要的任务在于选择直径适当的水管，計算水泵房的工况和确定每个水力机械的耗水量（水枪、掘进机等等）。

水泵房和水管應該保証水枪在复杂的条件之下，发出額定的压头（从水力学观点来要求）。

考虑上述問題时，最好采用下边的方法。現在我們拿一个实际例子算一算看。現有三台水枪同时开动，压头为50大气压，耗水量为100公尺³/时，噴嘴直径是19公厘。

1)在考虑高压水管整个系統时，應該指出水力机械和水泵房位置的地势高度，水力机械大約的水量，各段的长度。

2)找出水力机械大致的耗水量。

3)按几个同时开动的水枪的耗水量来选择水管直径，并代入适当的水阻系数。

做这个計算时可参考表4。

在表4中归纳了水阻系数，根据提供的耗水量可找到水管直径。

例：如果耗水量为350公尺³/时，就可采用公称直径为250公厘的管子。

在这个例子中，如果采用直径較小的管子，就会导致压头損失急剧加大。

在我們举的这个例子中(图3)，按照表4，2~1段，4~3段和其他各段采用125公厘直径的管子，水阻系数等