

65331

# 送漿礦廠選送

有色冶金設計總院

一九五九年九月 出版

PDG

## 前 言

对于选矿厂，特别是大型重力选矿厂，矿浆输送的经济问题是生产和设计的关键。但有关选矿厂矿浆输送问题的研究，目前国内尚无完整的资料，为了满足选矿厂生产和设计的要求我院根据幾年来的设计经验，以及有关厂矿的实际生产资料彙总成此册以便作为设计的依据。

本书内容较详细的阐述了，选矿厂在压力矿浆输送作业中选择砂泵的方法和有关流体输送理论上的试验，书中也同样叙述了，选矿厂当矿浆在自流运输的条件下溜槽和自流管的水力计算。本书的目的，是通过理论的探讨和实践的证明，根据生产的要求来确定各种砂泵最理想的工作状态以及根据已知条件，来决定各种溜槽和自流管的流量，流速，断面，坡度等因素。

此外书中根据几年来施工和生产的经验，并附录了矿浆管路的安装说明，以及生产厂矿水力运输的实例，作为参考。

本书是在五八年大跃进的基础上，在院党委的领导下，设计人员破除迷信解放思想于五九年五一前夕，编写出来的。它总结了我院五年來重力选矿厂有关水力运输的设计经验，完成这项工作，对今后的设计，具有重大意义。由于经验不足时间匆促，书中内容尚难满足读者的需要，希各界使用同志，及时给予指正，以便再版时补充修改。

· 有色冶金设计总院

1959年

# 选矿厂的矿浆运输

## 目 次

前 言	0
第一章 压力管路的矿浆运输	1
第一节 概 述	1
第二节 压力管路的水力计算及砂泵选择	1—10
(1) 主要附号说明	1—2
(2) 计算的基础资料	2
(3) 矿液在压力管路中的临界流速及最经济流态	2
(4) 临界管径和临界流速的计算公式	2—5
(5) 计算扬量和总扬程	5—6
(6) 管路损失和离心泵性能的基本关系	6—7
(7) 砂泵选择	7
(8) 求电动机功率	7—8
(9) 砂泵计算实例	8—10
第二章 流槽和自流管的矿浆运输	11—17
第一节 概 述	11—13
第二节 流槽和自流管的水力计算	13—14
(1) 流量计算	13
(2) 临界流速和临界液流深度的计算	13—14
(3) 水力坡度计算	14
第三节 流槽和自流管较简水力计算法	15—17
(1) 流槽和自流管的计算公式	15—16
(2) 流槽计算实例	17
(3) 自流管计算实例	17
第三章 管道的安装说明	18—19
第一节 管道安装的基本要求	18
第二节 管道安装说明	18—19
附 录	19
附件 1 录自雷本的流槽坡度表	19—23
附表 2 平桂望高西湾精选厂流槽及自流管坡度的设计资料	24—29

附表 3	新冠錫矿粗选厂木流槽使用情况表	29
附表 4	新冠选厂自流管和溜槽计算表	30
附表 5	新冠选厂砂泵计算表	31—32
附表 6	矿液比重表	33—34
附表 7	随水流量和管径而不同的流速和单位水头损失表	35—46
附表 8	SP型砂泵图表	47—50
附表 9	6Π—7型砂泵图表	50—51
附表 10	1Π型砂泵图表	51—52
附表 11	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Π, 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Π, 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Π型砂泵图表	53—54
附表 12	2Π, 4Π型砂泵图表	55—56
附表 13	8Π型砂泵图表	57—58
附表 14	ΠHB—2, ΠHB—3型立式砂泵图表	59—60
附表 15	立式砂泵性能表	61

## 第一章 压力管路的矿浆运输

### 第一节 概 述

选矿厂用的砂泵，都为离心泵，常用的有中心吸入式，侧进式及立式三种。它们输送矿液的最大浓度为65~75%，被输送的矿液中之最大固体粒度应小于工作叶轮口尺寸的三分之一。

立式砂泵的特点是占地面积小（不要砂泵池），灵活性大，当流量在一定范围内时，进入多少矿液则扬出多少矿液。但按生产均衡观点来看不如其他型式的砂泵，并且由于它的效率不高，且停车时不能放砂，增加开车困难，所以在工业生产的选矿厂中采用的砂泵仍以中心吸入式和侧进式为主。

如果要求砂泵工作转速大于产品样本上所写明的最大转速时，则需予先取得制造厂力的同意。

浮选过程中的泡沫产品希望尽量不用砂泵扬送到下一浮选工序。对于重选之粗精矿，次精矿等物料，为了避免在砂泵中的再粉碎作用和减少损失起见也应考虑尽量少用砂泵扬送。

若扬送矿液中的固体粒度很小（小于200网目），并且浓度也不大（例如小于8%）则可採用一般为污水泵，但在砂泵能满足扬程要求时仍以採用砂泵为佳

### 第二节 砂泵的选择和计算

(1) 主要符号说明：

Q——干矿量（吨/24小时）

w——水量（吨/24小时）

K——矿液浓度（%）

P——固液比（ $\frac{T}{K} \times 100$ ）

r——干矿真比重（吨/米<sup>3</sup>）

rn——矿液比重（吨/米<sup>3</sup>）

V——计算矿液体积（米<sup>3</sup>/时或米<sup>3</sup>/分，米<sup>3</sup>/秒，升/秒）

V'——矿液体积（米<sup>3</sup>/时或米<sup>3</sup>/分，米<sup>3</sup>/秒，升/秒）

U——矿液流速（米/秒）

U<sub>kp</sub>——矿液临界速度（米/秒）

D——選用管徑（毫米）

$D_{KP}$ ——臨界管徑（毫米）

$d_{CP}$ ——礦液中固體顆粒的平均粒徑（毫米）

$d_{0.95}$ ——粒度篩分曲線上按累計重量有95%的粒度大小（毫米）

H——總揚程（即 $H_r$ 和 $H_w$ 之和，以米計）

$H_r$ ——靜高差（或稱幾何高差，以米計）

$H_w$ ——管路損失壓頭（米）

L<sub>cl</sub>——管路總長度（包括了管件折合的長度，以米計）

N——電機功率（千瓦）

### （2）計算的基礎資料：

- 1、管綫的幾何圖形——在施工图前的設計階段只能大概估計。
- 2、需揚送之干礦量Q及干礦比重 $\gamma$ 。
- 3、需揚送之水量W（或已知礦液濃度也可）。
- 4、粒度篩分資料或平均粒徑 $d_{CP}$ 。
- 5、欲選砂泵之性能曲綫或性能表（見砂泵製造廠家產品樣本）。

### （3）礦液在壓力管路中的臨界流速及最經濟流態：

所謂礦液臨界流速是保證管路中液流之全部固體粒子皆處於懸浮狀態的最低流速。若礦液在管路內之實際流速小於其臨界流速時，則粒度較大的礦粒將砂泵沉澱於管底以致使管路堵塞，對於吸入式之砂泵，固體顆粒將吸不上來，而沉積於砂泵池底。

試驗資料證明：對於大管徑輸泥管，當其輸送粒度小於0.074m/m的物料時，管道運用期間的單位電能消耗和維持檢修費用在管底有薄層礦泥沉積時比管底無礦沉積時要低。壓力輸送管路中的實際 $m$ 值是不斷變化着的，管底有薄層礦粒沉積時，能自動調節水流斷面而使礦液大部分時間處在臨界流速下運動；當管底無礦粒沉積時，水力輸送是在流速大於臨界流速的情形下進行的，由此，在管徑和輸送物料之性質不變的情況下，管底有礦粒沉積所需臨界流速值相形減低，故單位壓頭損失 $[H_w = f(U_{KP}^2)]$ 也就降低了。此外礦液對管底部的磨損率也因有薄層礦粒存在而大大減低。據上述理論與試驗資料，認為對大規格的輸泥管其管徑應採用比臨界流速時的管徑加大10%~12%，較為經濟。

選礦廠內利用壓力管路輸送的礦液，其固體顆粒的平均粒度大多不超過2公厘。壓力管路的礦液流速，一般在1.0—2.5米/秒的範圍以內。

### （4）臨界管徑和臨界流速的計算公式

影響臨界流速的因素很多，很難找到一個適合於各種礦石性質、濃度、粒度……等的經驗公式。但就書本所載和專家建議的某些公式來看仍然有一定的參考價值。近年來在實際應用中採用較普遍的有以下公式：

- 1、 $d_{CP} \leq 0.07$ 毫米。

$$V = 0.157 D_{kp}^2 \beta_1 (1 + 3.43 \sqrt[4]{P \cdot D_{kp}^{2.75}}) \text{米}^3/\text{秒}$$

2、 $0.07 < d_{cp} \leq 0.15$ 毫米

$$V = 0.2 D_{kp}^2 \beta_1 (1 + 2.48 \sqrt[3]{P} \sqrt[4]{D_{kp}}) \text{米}^3/\text{秒}$$

3、 $0.15 < d_{cp} \leq 0.4$ 毫米

$$V = 0.67 D_{kp}^2 \beta_1 \left( 0.35 + 1.36 \sqrt[3]{P \cdot D_{kp}^2} \right) \text{米}^3/\text{秒}$$

4、 $0.4 < d_{cp} \leq 1.5$ 毫米

$$V = 0.67 D_{kp}^2 \beta_1 \left( 0.35 + 1.36 \sqrt[3]{P \cdot D_{kp}^2} \right) \sqrt{\frac{d_{cp}}{0.4}} \text{米}^3/\text{秒}$$

5、 $d_{cp} > 1.5$ 毫米

$$V = 1.28 D_{kp}^2 \beta_2 \left( 0.35 + 1.36 \sqrt[3]{P \cdot D_{kp}^2} \right) \sqrt{\frac{d_{cp}}{1.5}} \text{米}^3/\text{秒}$$

上列公式是先代入法，确定 $D_{kp}$ ，然后由公式

$$U_{kp} = \frac{4V}{\pi D_{kp}^2} \text{求得 } U_{kp}。$$

式中： $\beta_1, \beta_2$ ——矿石比重校正系数，是对 $r > 2.7$ 的情形而言的。

$$\text{当 } d_{cp} \leq 1.5 \text{ 毫米} \quad \text{则 } \beta_1 = \frac{r-1}{1.7}$$

$$d_{cp} > 1.5 \text{ 毫米} \quad \beta_2 = \sqrt{\frac{r-1}{1.7}}$$

如 $r \leq 2.7$ 则公式中不乘校正系数。

$V$ ——矿液流量，以米<sup>3</sup>/秒计。

$$P = \frac{T}{K} \times 100 \text{——固液比，比重量计。}$$

$$\text{如浓度 } K = 50\% \text{ 之矿液，固液比 } P = \frac{50}{50} \times 100 = 100$$

$d_{cp}$ ——平均粒度（毫米）。

$d_{cp}$ 值的求法：如果已知某物料的粒度范围，比

$$\text{如为 } 0.3 \sim 0.9 \text{ 毫米 则 } d_{cp} = \frac{0.3 + 0.9}{2} = 0.6 \text{ 毫米。}$$

但这是一种极不准确而又常用的计算法。

当我们有物料粒度组成的机械分析资料时，则可采用加权平均法求得。例如：根据

机械分析資料，得知某物料的粒度組成如图 1 所示：

由曲線的橫坐標（對數標度）表示粒級的顆粒尺寸，縱坐標（線性標度）表示小于所列尺寸的粒級的百分含量。我們可將粒級組成曲線分為 10 分，每分佔組成的 10%，在表 1 內寫出與 5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95% 相適應的各粒級的標稱尺寸，再根據下列公式，則可求得平均粒度：

$$d_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \frac{d_i}{10}}{10} = \frac{6.796}{10} = 0.68 \text{ 公厘}$$

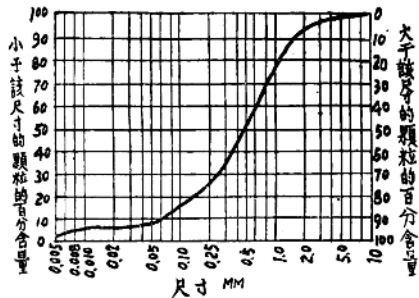


图 1 物料粒度組成曲線圖

表 1

各粒級號碼	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma P_i^3$
在粒級組成曲線上的百分率	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	
每 10% 分成一組的標稱尺寸	0.006	0.10	0.20	0.32	0.43	0.58	0.76	1.00	1.40	2.00	6.796

臨界管徑和臨界流速計算实例：

已知  $V = 70 \text{ 米}^3/\text{小时} = 0.194 \text{ 米}^3/\text{秒}$ ， $d_{cp} = 0.5 \text{ 毫米}$ ，

$P = 25\%$ ， $r = 2.9$

用以上公式 4， $V = 0.67 D_{kp}^3 \beta_1 \left( 0.35 + 1.36 \sqrt[3]{\frac{P D_{kp}^3}{\rho}} \right) \sqrt{\frac{d_{cp}}{0.4}}$

假定  $D_{kp} = 130 \text{ 毫米}$ ， $\beta_1 = \frac{2.9 - 1}{1.7} = 1.12$

故  $V = 0.67 (0.13)^3 \times 1.12 (0.35 + 1.36 \sqrt[3]{\frac{25 (0.13)^3}{\rho}})$

$\sqrt{\frac{0.5}{0.4}} = 0.0193 \text{ 米}^3/\text{秒} \approx 0.0194 \text{ 米}^3/\text{秒}$ 。可見假定的管徑是適合的。

$U_{kp} = \frac{4V}{\pi D_{kp}^2} = \frac{4 \times 0.0194}{3.14 \times (0.13)^2} = 1.46 \text{ 米/秒}$ 。此流速與由表 1 查得者相符

對於小管徑 ( $D < 200 \text{ m/m}$ ) 之壓力管，為了簡化臨界流速的計算，根據國內 外部分廠礦之實際經驗和專家建議以及近年來在設計中所常採用的數據，特作出下表，以供設計者參考和使用。



压力管内矿液临界流速 $U_{kp}$  (米/秒)

表2

矿液浓度 %	矿石平均粒徑 (毫米)				
	$\leq 0.074$	0.074—0.15	0.15—0.4	0.4—1.5	1.5—3.0
1—20	1.0	1.0—1.2	1.2—1.4	1.4—1.6	1.6—2.2
20—40	1.0—1.2	1.2—1.4	1.4—1.6	1.6—2.1	2.1—2.3
40—60	1.2—1.4	1.4—1.6	1.6—1.8	1.8—2.2	2.2—2.5
60—70	1.6	1.6—1.8	1.8—2.0	2.0—2.5	

本表是对固体比重 $\gamma \leq 2.7$ 而言的, 当 $\gamma > 2.7$ 时, 则从表中查得之

$U_{kp}$ 值需再乘上修正系数 $\beta_1$ 或 $\beta_2$  ( $\beta_1$ 和 $\beta_2$ 值和上述相同)。

### (5) 求揚量和总揚程

A. 从选矿厂的矿量和水量平衡图可以知道 $Q$ 及 $W$

$$\text{矿液体积 } V_1 = \frac{Q}{\gamma} + W \text{米}^3/24 \text{小时}$$

$$\text{如不知 } W \text{ 而已知浓度 } K\% \text{ 则 } V' = \frac{Q}{\gamma} + \frac{Q(1-K)}{K} \text{米}^3/24 \text{小时}$$

$$\text{计算矿液体积, } V = h_1 \cdot V'$$

$h_1$ ——矿液量波动系数。视选矿厂设备之处理能力及生产波动的大小而定, 該值的范围通常为 $1.1 \sim 1.2$ , 视具体情况取不同的数值。对于立式砂泵可取 $1.2$ ; 对于干设备处理定额比较可靠者可取较小的数值。

### B. 总揚程 $H = H_r + H_w$

式中:  $H_r$ ——砂泵排出管的最高點和砂泵池液面之间的几何高差(米)。

$H_w$ ——管路损失压头(米)。

影响 $H_w$ 值的因素很多, 目前国内外出版物上所載之计算方法, 都不太一致, 而以下列公式比较简便和实用。

$$1) H_w = \lambda \cdot K \cdot \frac{L_d}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$\lambda$ ——管内阻力系数(可由經驗公式求出或查表3)

$K$ ——矿液损失比清水损失增大系数(可查表4)

$L_d$ ——包括弯头等折合直管长度的总管长(米)

不同管徑  $\lambda$  值表

表3

管徑 $\lambda$ 值	200	150	125	100	75	63
	0.0225	0.0233	0.0240	0.0250	0.0267	0.0279
管徑 $\lambda$ 值	50	38	25	19	12.5	
	0.0300	0.0332	0.0400	0.0464	0.0600	

矿液损失比清水损失的增大校正系数K值表

表4

浓度 %	固液比	K 值
7.7	1 : 12	1.2
9	1 : 10	1.3
11	1 : 8	1.4
16.6	1 : 5	1.5
25	1 : 3	1.6

2)  $H_w = K \cdot L_d \cdot i$

式中:  $i$ ——单位管长的清水损头(以米計, 查附表7)

$L_d$ ——包括弯头等折合直管长度的总管长(米)

上列两个公式在设计中以公式2)较方便。

弯头、三通, 阀门轉化为相当的直管长度表(单位: 米)

表5

管 徑	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"
弯 头	3.3	4	5	6.5	8.5	11	15
普通弯管	1.5	2	2.5	3.5	4.5	5.5	7.5
全开阀门	0.5	0.7	0.8	1.1	1.4	1.8	2.5
三 通	4.5	5.5	6.5	8	10	12	15
逆 止 閥	4	5.5	6.5	8	10	12.5	16

(6) 管路损失和离心泵性能的基本关系

在一定的管路上, 当管内矿液性质不变和液流速度一定时, 管路损失  $H_w$  值是一个常数。但当流速改变时, 即在管徑一定的情况下改变流量时, 则  $H_w$  值也相应地随之改变。这种改变情况, 可用反映在  $H-Q$  坐标上的管路损失曲线来表示(2图工线)。

一般在压力管路上都装有调节阀, 当关小或开大调节阀时, 就是使  $H_w$  值增大或减小(图上的工线即变成II线或III的形式)。

如將裝在該管路上的离心泵的性能曲线  $H \sim Q$  也繪在同一图上, 則可找到泵在某些工作条件下的工作点。如管路损失是工线, 則此时的工作点即为工线与  $H \sim Q$  线之交点  $N$ , 此时的揚量为  $Q_N$  (效率和功率为  $m$ ,

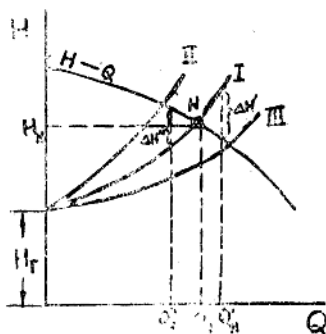


图 2

$N_n$ , 图中未表示出来)。该泵只能在 $N$ 点工作, 如不在此点工作, 比如流量变为 $Q'n$ 时, 则泵所能产生的扬程较管路通过 $Q'n$ 时所必需的扬程小 $\Delta H'$ , 管中液流量将被迫减小, 一直到泵所能产生的扬程等于管路需要的扬程为止。又比如流量变为 $Q''n$ , 则泵产生的扬程较管路通过 $Q''n$ 时所必需的扬程大 $\Delta H''$ 值, 此多余压头又必将迫使管内流量增大, 一直到管中的液流速度得到平稳为止, 即泵的工作又回到了 $N$ 点。这就是管路损失和离心泵性能的基本关系。

### (7) 选择砂泵

根据生产要求的扬量和总扬程, 从砂泵样本中选择合适的砂泵。当扬量和扬程完全合适时, 则可以改变砂泵叶轮转速和排出管直径进行调节。随砂泵叶轮转速的改变, 可导出以下比例定律:

砂泵的扬量与其转速成正比

$$V_1 = V_2 \frac{n_1}{n_2} \text{ 米}^3/\text{时 (或米}^3/\text{分、米}^3/\text{秒, ……)}$$

砂泵产生的全扬程与其转速平方成正比

$$H_1 = H_2 \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2 \text{ 公尺。}$$

砂泵的功率与其转速立方成正比。

$$N_1 = N_2 \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^3$$

选择砂泵时, 如果所选砂泵之效率性能曲线上最高点所对应的扬程和扬量, 恰好等于我们所需要的扬程和扬量, 这是最理想的。但实际上这种情况很少遇到。

根据生产所要求的流量, 可在砂泵性能曲线上找到一个工作点, 而该点所对应的扬程 (或称性能扬程) 往往不可能恰好等于生产所要求的总扬程。如果低了, 则可用提高砂泵叶轮的转速或适当地加大砂泵排出管径的办法来解决 (但加大管径后管内液流的实际流速仍不得小于临界流速) 此法以前法较常用; 如果高了 (超过总扬程的20%), 则可降低砂泵叶轮的转速, 以达到所需要的扬程。但应该注意, 当砂泵叶轮转速降低时, 扬量也相应地随之减小, 所以, 在计算时必须校对叶轮转速降低后的扬量是否符合生产要求, 如果小了, 则需适当地提高转速 (即少降低一些)。

根据生产所要求的总扬程, 同样可在砂泵性能曲线上找到一个工作点, 而此点所对应的扬量, 如果小了, 可以提高砂泵叶轮的转速; 如果大了, 可以用改小管径或关小调节阀的办法来解决。

在现场, 为使生产均衡, 常常把砂泵排出管上的调节阀关闭某一角度以使砂泵工作扬量等于生产过程中流入泵池之矿液量。为了保持这种均衡, 就需要经常调节阀门。当阀门关闭某一角度时, 砂泵之性能扬程虽然会有增高, 但因扬量的减小其功率数仍然会随之下降。

$$(8) \text{ 求电动机功率——} N = f \cdot \frac{V \cdot \gamma \cdot \eta_n}{102 \eta_1 \cdot \eta_2} \text{ 瓩。}$$

$\eta_1$ ——砂泵效率，从性能曲线（应换算成扬送矿浆之砂泵效率）或性能表中查得。

$\eta_2$ ——传动机构效率，对皮带轮传动者可取0.95，如属直接传动者为1。

$f$ ——功率裕量系数，其中考虑到管路内矿砂沉积而使起动力矩加大的影响。一般 $f=1.1\sim 1.3$ ，砂泵规格愈大，则所取系数愈小。 $f$ 值可参照下表决定：

功率裕量系数 $f$ 值表

泵的能力米 <sup>3</sup> /小时	15~25	25~50	50~80	80~180	180~250
所需功率裕量	50%	30%	20%	10%	10%
$f$ 值	1.5	1.5	1.2	1.15	1.1

一般砂泵样本上所绘之砂泵性能曲线，均为扬送清水时测得的，故称“砂泵清水性能曲线图”，其横座标上所标之流量（扬量）为清水量，因此，当我们查用该图时，必须首先将矿液量换算成相当的清水量后，方可查用。

同型式同规格和在同样条件下工作之砂泵，当其扬送清水和扬送不同浓度之矿液时，可用以下近似公式来换算其扬量：

$$V = \frac{V_2}{nr} \text{ 或 } V_2 = nrV$$

式中： $V$ ——输送矿液时砂泵的扬量（米<sup>3</sup>/秒）

$V_2$ ——输送清水时砂泵的扬量（米<sup>3</sup>/秒）

$n$ ——矿液比重（吨/米<sup>3</sup>）

#### （9）砂泵计算实例

已知 $Q=4140$ 吨/24小时  $r=2.9$

$W=9640$ 吨/24小时  $r_n=1.24$

$K=30\%$   $d_{cD}=0.5$ 毫米

$Hr=1.76$ 米 直管长=52.7米

90°弯头6个、三通1个、闸阀1个。

计算

$$1) \text{ 扬量: } V = 1.1 \left( \frac{4140}{2.9} + 9640 \right) = 12160 \text{ 米}^3/24 \text{ 小时}$$

生产要求分二处扬送，根据扬量查砂泵样本，每处需2台6砂泵，故每台泵扬量：

$$V = 12160/4 = 3040 \text{ 米}^3/24 \text{ 小时} = 127 \text{ 米}^3/\text{时}$$

$$= 35 \text{ 立升/秒}$$

$$= 0.035 \text{ 米}^3/\text{秒}$$

#### 2) 选用排尿管：

A. 简便算法：根据 $K$ 和 $d_{cD}$ 查表2选 $U_{kD} = 1.8$ 米/秒

~~FD91-25C<sub>2</sub>~~

FD928-35C<sub>2</sub>

OK

$$\text{則 } D_{KP} = \sqrt{\frac{V}{\frac{\pi}{4} U_{KP}}} = \sqrt{\frac{0.035}{0.785 \times 1.8}} = 0.157 \text{ 米}$$

故選用Φ150毫米之排出管。

$$\text{實際流速 } U = \frac{0.035}{\frac{\pi}{4} (0.15)^2} = 1.98 \text{ 米/秒。 (亦可查附表 7)}$$

$$\text{B. 公式 } V = 0.67 D_{kp}^2 \beta_1 (0.35 + 1.36 \sqrt[3]{p \cdot D_{kp}^2}) \sqrt{\frac{d_{cp}}{0.4}} \text{ 米}^3/\text{秒。}$$

假定  $D_{kp} = 150$  毫米，根據濃度算得：

$$p = 43 \quad \beta_1 = \frac{2.9 - 1}{1.7} = 1.12。$$

$$\text{代公式 } V = 0.67 (0.15)^2 \times 1.12 (0.35 + 1.36 \sqrt[3]{43 \times (0.15)^2}) \sqrt{\frac{0.5}{0.4}} =$$

$$0.032 \text{ 米}^3/\text{秒} = 0.035 \text{ 米}^3/\text{秒。}$$

故選用Φ150毫米之排出管。

$$\text{實際流速 } U = \frac{4 \times 0.035}{\pi (0.15)^2} = 1.98 \text{ 米/秒}$$

$$3) \text{ 揚程: } H = H_r + H_w \quad \text{已知 } H_r = 1.76 \text{ 米。}$$

直管長 = 52.7 米

$$\left. \begin{array}{l} \text{彎頭 6 個 折合直管 66 米} \\ \text{三通 1 個 折合直管 12 米} \\ \text{閘門 1 個 折合直管 1.8 米} \end{array} \right\} \text{ (查表 5)}$$

$$\text{總管長 } L_d = 52.7 + 66 + 12 + 1.8 = 132.5 \text{ 米。}$$

求  $H_w$ ：

$$H_w = K \cdot L_d \cdot i \quad \text{由表 4 查得 } K = 1.6$$

$$\text{由附表 7 查得 } i = 0.0373$$

$$H_w = 1.6 \times 132.5 \times 0.0373 = 7.9 \text{ 米。}$$

$$\text{故總揚程 } H = 17.6 + 7.9 = 25.5 \text{ 米。}$$

4) 確定砂泵：

由砂泵樣本知道 6 Sp 型砂泵之清水性能，查得效率最高時：

$$n_1 = 1035 \text{ 轉/分, } V_1 = 60 \text{ 升/秒, } H_1 = 29 \text{ 米。}$$

$$\text{但生產要求揚量相當於清水量 } V^2 = V_1 n = 35 \times 1.24 = 43.5 \text{ 升/秒。}$$

且揚程的要求又小於 29 米，因此，可以降低砂泵輪葉轉速

$$n_2 = \sqrt{\frac{H_2}{H_1} n_1^2} = \sqrt{\frac{25.5}{29} (1035)^2} = 970 \text{ 轉/分}$$

校對揚量： $V_2 = \frac{n_2}{n_1} V_1 = \frac{970}{1035} \times 60 = 56.3 \text{ 升/秒 (清水揚量)}$ 。

∵ 56.3 > 43.5

∴ 砂泵在 970 轉/分左右可保證生產。

5) 選用電動機： $N = 1.1 \times \frac{V \cdot \Pi \cdot \gamma_n}{102 \eta_1 \eta_2}$  瓩

對於皮帶傳動， $\eta_1$  取 0.95。

根據 6 Sp 性能， $\eta_2$  取 0.42。

$$N = 1.1 \times \frac{5.63}{1.24} \times 25.5 \times 1.24}{102 \times 0.9 \times 0.42} = 38.8 \text{ 瓩}$$

故選用電機 AO83-6 型， $N = 40$  瓩， $n = 980$  轉/分。

6) 選用皮帶架：

A. 根據電機樣本建議，選用

MK-8-2 型三角皮帶輪，節徑  $D = 315$  毫米。

Γ 型皮帶 5 根。

∴ 速比  $i = \frac{980}{970} \cong 1$  等速

∴ 砂泵工作輪直徑  $d = D = 315$  毫米。

B. 計算皮帶長度：

假定二輪中心  $C' = 790$  毫米 (根據電機和砂泵的外形尺寸及配置而定)

則皮帶長度  $L' = 2C + 1.57(D+d) + \frac{(D+d)^2}{4C}$

$$= 2 \times 790 + 1.57(315 + 315) + \frac{(315 - 315)^2}{4 \times 790} = 2970 \text{ 毫米}$$

依此長度選用最接近處標準皮帶，然後校正中心距。

7) 根據以上計算結果，選用：

6 Sp 型砂泵	4 台
AO83-6 型電機	4 台
MK-8-2 型三角帶輪	8 個
Γ 型皮帶	2 根

## 第二章 流槽和自流管的矿漿运输

### 第一节 概 述

A. 在选矿厂里，用自流輸送矿液的流槽和自流管正被广泛地采用着。在选择厂址及配置設備时，流槽和自流管的坡度問題是不容忽視的。因考慮到为了节省常年的动力費用要使全厂的主要矿流保証重力輸送。如果坡度太小，会使矿液达不到自流的目的，使生产发生困難；坡度过大，又会增大有关各设备的配置高差，提高厂房的建造价，并使返回矿液之輸送增加动力消耗。因此，正确地选择流槽和自流管的坡度是很重要的。

B. 流槽，通常用木头、鋼筋混凝土、鋼板、鑄鉄等不同材料做成。其优点是不用任何动力，构造简单；但是材料容易被侵蚀和磨損，因此，流槽常常带有襯板或鋪面。但对于輸送細粒級（0.074公厘）物料用的流槽一般不需襯板。襯板或鋪面所用的材料，一般有鑄鉄、鋼板、混凝土、木头、或者玻璃、橡膠等，我国厂矿常用者为前四种。在实际使用上，以玻璃襯板壽命为最长，因为它的表面光滑，摩擦系数小。目前苏联煤矿企业已經大量采用，有色金属工业和化学工业部門的选矿厂里也开始采用玻璃來代替金屬。根据技术資料的报导，使用玻璃襯板的优缺点是：

- 1) 耐磨，使用壽命長。
- 2) 表面光滑，摩擦系数小，可以减小流槽坡度。
- 3) 如果使用地区附近有玻璃产地的話，其技术經濟指标較金屬低。
- 4) 对于大顆粒物料不宜承受正面冲击。
- 5) 易破碎，按裝和搬运不太方便。
- 6) 制造要求比一般民用玻璃为高。

玻璃襯板虽有显著的優點，但缺點也不少，故目前在我国各厂矿並未广泛地采用。

自流管一般用的材料有鋼管、鑄鉄管、石棉水泥管、木板管、混凝土管和鋼筋混凝土管等。但选矿厂內所用的主要是鋼管和鑄鉄管。

B. 关于流槽断面的选择：具有相同断面面积、糙度及同一槽底坡度的流槽断面而能流經最大流量者，或此流槽断面在一定流量 $Q$ 及底坡 $i$ 时具有最小液流断面面积者，便称为最有效的液流断面（或称合理断面）。当制造最有效的液流断面之流槽时，其所用之工料是最省的。根据水力学上明渠中的流量公式  $v = \omega C \sqrt{Ri}$ ，並以系数 $C$ 作为水力半徑 $R$ 及糙度 $n$ 的函数 $C = f(R, n)$ 时，可以看出：在液流断面 $\omega$ 、水力坡度 $i$ 及糙度 $n$ 三值不变时，最大的流量即在最大的水力半徑 $R_{max}$ 之值时发生。但因 $R = \omega/x$ ，所以在潤周最小 $X_{min}$ 时，便有最大的水力半徑。因此，最有效的水力断面，就是在断面面积不变

具有最小潤周值的断面。

根据以上理論，当我们来决定流槽断面形状时，此形状的潤周值应该是最小的。从幾何学上可知，面积相等而周界最小的形状就是圆所以对流槽以半圆为最有效的液流断面。但是实际上如要制造半圆形的流槽，在施工方面有一定困难，有时反而增加工料。

一般流槽断面可分矩形、半圆形、鴨蛋形、或圆形等。用木头做的流槽断面大部为矩形：为了增大水力半徑R值，常在流槽底部的兩側安置上三角形的木条。木流槽因其成本低、构造简单、制作方便，所以它在选矿厂里的运用比較广泛。木流槽的断面尺寸取决于液流断面 $b \times h$ 和擋水高度 $s$ ，合理的液流断面是当其寬高比 $m = 2$ 时，即流槽底寬为液流深度的兩倍。

表 7

m值	1	2	3	4	5	6
R值	0.333	0.354	0.346	0.333	0.319	0.293

上表是在液流断面一定的情况下，随 $m$ 值的变化而得出相应的R值。从表中可以看出，只有在寬高比值 $m = 2$ 时其水力半徑为最大則流量为最大， $m = 2$ 时为最有效断面。一般取擋水高度和液流深度的值相等，故流槽断面尺寸可为 $2h \times 2h$ （见图3）。

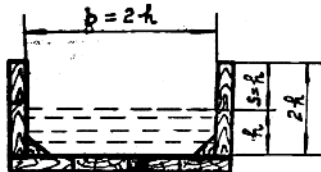


图 3a

自流管可看作是流槽的特例，其断面为圆形。但其滿管时的断面并非最合理的液流断面。由水力学我們知道，对于圆管是在下述水深时其流速和流量为最大：

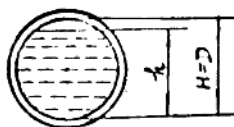


图 3c

$U_{max}$ 是在 $h \approx 0.81D$ 时；

$V_{max}$ 是在 $h \approx 0.95D$ 时。

这一特點可解釋如下：在接近管中全部充水深度时，若再提高水面，則水流面积增加較少，而潤周則相反地增加極多，因此反使水力半徑减小，所以流速及流量也隨之而减小。

Γ. 流槽和自流管中之矿砂的运动情况，一般可分为以下三种：

- 1) 在較大速度时的运动。
- 2) 在臨界速度时的运动。
- 3) 在較小速度时的运动。

在第一种情况时，矿流中的全部固体粒子均处于懸浮状态。

在第二种情况时，矿砂处于將沉未沉的状态，这时的矿流速度，叫做臨界流速。



如果繼續降低流速，則礦液運動將處於第三種情況，這時，礦砂逐漸地下降到底部沉積起來。

在流槽的截面上，上下層的液流速度各不相同，距槽底越高則速度越大，管子是以沿礦流方向之軸中心綫處的速度為最大。由於液流速度不同，使礦液產生橫軸式渦流，該渦流與前進之液流相互作用以致攪動礦液，保證了礦砂的懸移。有時由於生產的不均衡，運轉量處於變量狀態，下層礦砂由於上述的渦流可能會昇到上部來，但當渦流的上昇力減小，粗顆粒礦砂由於自身重量脫離渦流區域而下沉，在它下沉時又有可能會被后起的渦流再次的帶動起來，這樣浮沉交替的運動就保證了礦砂的正常輸送。

## 第二節 流槽和自流管的水力計算

(1) 流槽計算：按照流程圖（主要是礦漿流程圖）上所示設計之礦漿量乘以由於考慮生產不均衡的波動率 $b$ 。

式中 $V$ —計算時秒流量米<sup>3</sup>/秒。

$V'$ —設計時秒流量米<sup>3</sup>/秒。

$k$ —波動率，一般取1.1~1.5。

(2) 臨界流速和臨界液流深度的計算：臨界流速之範圍一般在1~2.2米/秒左右，但影響臨界流速的因素很多，有時由於沒有根據具體情況進行分析研究，光憑主觀的所謂經驗，來草率地決定斷面大小或坡度，因而不能保證自流礦液實際所需之流速，這樣，往往試車時就大礙釘子，無法正常生產。因此就有考慮礦液的臨界流速的必要。蘇聯專家推薦的以下計算公式ВНИИГ計算法，可供我們設計時參考：

當 $d_{cp} \leq 0.07m/m$ 時  $V = 0.2m^{1.2} k_p \beta_1 (1 + 3.43 \sqrt{V/P \cdot h_{kp}})^{0.2}$  米<sup>3</sup>/秒。

$0.07 < d_{cp} \leq 0.15m/m$   $V = 0.3m^{1.2} k_p \beta_1 (1 + 3.3 \sqrt{V/P \cdot h_{kp}})^{0.2}$  米<sup>3</sup>/秒。

$0.15 < d_{cp} \leq 0.4m/m$   $V = m^{1.2} k_p \beta_1 (0.35 + 2.15 \sqrt{V/P \cdot h_{kp}})^{0.2}$  米<sup>3</sup>/秒。

$0.4 < d_{cp} \leq 1.5m/m$   $V = m^{1.2} k_p \beta_1 (0.35 + 2.15 \sqrt{V/P \cdot h_{kp}})^{0.2} \cdot \sqrt{\frac{d_{cp}}{0.4}}$  米<sup>3</sup>/秒。

$d_{cp} > 1.5m/m$   $V = 1.9m^{1.2} k_p \beta_2 (0.35 + 2.15 \sqrt{V/P \cdot h_{kp}})^{0.2} \cdot \sqrt{\frac{d_{cp}}{1.5}}$  米<sup>3</sup>/秒。

式中： $m$ —流槽的寬高比。 $h_{kp}$ —臨界液流深度（米）。

$P = \frac{T}{\mu} \times 100$ —固液比，以重量計。

$d_{cp}$ —礦液中固體顆粒的平均粒徑（毫米）。

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \frac{r_n - 1}{1.7} \\ \beta_2 &= \sqrt{\frac{r_n - 1}{1.7}} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{礦石比重} \\ \text{校正系數。} \end{array}$$

上列公式為對 $r > 2.7$ 的情形而言，如果 $r \leq 2.7$ ，則式中的 $\beta$ 值可取1。