

高等 学校 教学 用书

# 充填理论基础

7.2

冶金工业出版社

高等学校教学用书

**充填理论基础**

东北工学院 刘可任 主编

\*

冶金工业出版社 出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所 发行

冶金工业出版社印刷厂 印刷

\*

850×1168 1/32 印张 8 3/4 字数 231 千字

1982年10月第一版 1982年10月第一次印刷

印数00,001~3,000册

统一书号: 15062·3914 定价1.10元

## 前 言

为加强金属矿床开采专业学生的专业理论基础，培养学生的科学研究的能力，根据冶金工业部一九七八年高等学校金属矿床开采专业教学计划的要求，设置了选修课——“充填理论基础”。

“充填理论基础”课的任务是使学生能掌握充填工艺的基本理论知识，具有分析计算和实验的能力等。

本书主要阐述充填料水力输送的理论与计算，充填料的性质，充填体的强度，以及有关参数的测定实验。

本书是由几个院校的教师合编的。第一章——广东矿冶学院孙新知；第二章和第三章——中南矿冶学院彭续承；第四章和第五章——山东冶金工业学院马恩荣；第六章——东北工学院刘可任。全书由刘可任主编，由东北工学院孙凯年审查、修改和定稿。

本书在编写过程中，曾得到北京钢铁学院、北京有色冶金设计院、北京矿冶研究院等十几个单位的有关同志的审查，并提出许多宝贵意见，在此表示诚恳的感谢。

由于编者思想和业务水平有限，书中难免有错误和不当之处，希读者提出批评和指正。

编 者

1978年10月

# 目 录

<b>第一章 充填材料及制浆</b> .....	1
第一节 充填材料的概述 .....	1
第二节 充填料的物理性质 .....	4
第三节 充填料的化学性质 .....	9
第四节 充填料浆的制备 .....	27
<b>第二章 充填料的水力运输</b> .....	35
第一节 概述 .....	35
第二节 水力输送的理论基础 .....	35
第三节 有压两相流的水力计算 .....	105
第四节 砂浆自流输送的水力计算 .....	120
第五节 流体输送存在的问题及改进方向 .....	128
<b>第三章 结构流的管道输送</b> .....	130
第一节 概述 .....	130
第二节 管道输送结构流的阻力特征 .....	132
第三节 圆管中结构流的流体阻力 .....	135
<b>第四章 充填体的力学性质</b> .....	145
第一节 充填体的含水与透水 .....	145
第二节 充填体的沉降 .....	165
第三节 充填体的强度 .....	181
<b>第五章 充填体的对外载荷</b> .....	198
第一节 半无限松散体的塑性平衡 .....	198
第二节 松散体内的拱 .....	203
第三节 充填体的对外侧向压力 .....	208
第四节 充填采场间柱的外载荷 .....	212
<b>第六章 实验室测试工作</b> .....	216
第一节 充填料的粒级组成 .....	216
第二节 充填料渗透系数的测定 .....	223
第三节 压缩实验 .....	232
第四节 充填料抗剪强度实验 .....	241
第五节 圆管两相流临界速度的演示和测定 .....	257
第六节 管道水力输送阻力损失的测定 .....	262
第七节 砂浆浓度和流量的测定 .....	264
<b>参考文献</b> .....	274

# 第一章 充填材料及制浆

## 第一节 充填材料的概述

矿山充填是用各种砂、石以及其他物料将采过的空间填满，借以达到支撑围岩，防止或限制围岩大面积移动和地表沉陷；在分层采矿时，充填体可作为继续上采的工作地板或人工假顶。矿山充填的最终目的是为了最大限度地采出矿石，保证安全生产并获得最佳经济效果。在采出矿石后，充入采场或空区的砂、石等物料，统称为充填材料。

充填材料是进行矿山充填的基本材料，其数量和质量对充填材料的输送、充填体的形成以及矿山的生产、安全和经济效果的影响极大。

按照运送充填材料到采场或空区所用动力不同，可分为：人力充填，即人工将充填料运至充填地点或在采空区砌筑矿石充填带；自溜充填，即利用充填料本身的自重沿垂直或倾斜管、槽或巷道将充填料溜送至待充填地点；机械充填，即利用专用投掷机将物料抛到采空区；风力充填，即利用压缩空气为动力沿管道或借助风力充填机将充填料运送并充入采场；水力充填，是利用水为动力沿管或槽将充填料充入采场或空区。前四种方法运送并充入采场的充填材料，都是松散的干料，故又统称为干料充填法，所用充填材料称为干充填料。后一种方法，水力充填是用水作为输送介质，材料充入采场后必须脱水才能形成比较坚实的充填体，因此这类材料均为湿料，又叫水砂充填料。近年来，国内外冶金矿山广泛采用了在水砂充填料中加添水泥等胶结物质的胶结充填料，以提高充填体的强度。这类胶结充填料虽然由于配比和浓度不同，但在用管道输送时，仍以粘稠状的流体形式出现，故可视为一种高浓度的流体，按输送动力分类，可纳入水力充填这一类。

按照充填材料中是否含有胶结物质以及形成充填体的特征，可分为胶结充填料与非胶结充填料两大类。干充填料与水砂充填料均属非胶结充填材料。掺有胶结物料的属于胶结充填材料。充填材料因所用骨料粒度不同，又可分为细骨料胶结充填料（多用尾砂，也叫尾砂胶结充填料）和粗骨料胶结充填料（多用块石加砂子，也叫混凝土料）。

按照材料性质和制备工艺以及输送、充填方法的不同，习惯上把充填材料分为干充填料、水砂充填料和胶结充填料。

一般多用山砂与碎石或井巷掘进废石作为干充填料。由于块度级配要求不严，充入采场后空隙率很大，干料充填所形成的充填体不密实，沉降量很大。干充填料的来源与要求等已在《金属矿床地下开采》教材中介绍，本书不再叙述。

水砂充填料是以水为输送介质沿管道输送的。用于水力充填的“砂”是一个含意很广泛的术语，它泛指不同来源的各种充填材料，如山砂、碎石、河砂、油母页岩渣等。近年来在国内外金属矿山中已广泛使用选矿厂尾砂作为水砂充填材料。山砂、碎石等属于粗颗粒充填料，在我国多用于煤矿的水砂充填，如鹤岗、辽源、阜新、新汶、抚顺等矿区；在冶金矿山中，凡口、铜录山以及湘潭锰矿也采用这类充填材料。尾砂属于细粒充填料，我国凤凰山、东乡、车江、红透山，黄砂坪、凡口以及锡矿山等矿都成功地使用选厂尾砂作为充填材料。粗、细颗粒充填料的划分是一个相对的概念。从水力输送角度来看，粗、细颗粒在管道中运动及悬浮条件也是不相同的。为保证输送和防止堵管，管道水力输送的最大粒径不应超过输送管径的三分之一。充填体中粒径小于1毫米的细砂才呈现毛细现象或具有毛细力，这对充填体的自然沉降有很大作用；但是，过多的细粒或细泥又影响充填体的透水性能。渗透系数过小，充填体呈现塑性。对于粗粒水砂充填料，把粒径小于1毫米的细粒称为“泥”，要求其含量不超过10~15%，以保持良好的渗透性能；而对于尾砂，小于20微米的细粒才称为细泥。目前对尾砂中细泥含量标准并无统一规定，通常须经实验确

定其含量多少,以保证一定渗透速度为准。一般认为,用于充填的尾砂具有大于100毫米/小时的渗透速度就可以保证正常生产和较好的充填体质量。在充填材料中细粒成分超过上述界限时,则应进行脱泥处理,以保证其脱水性能。所以,从输送和形成充填体的状态来看,水砂充填料的粒径过大或过小都不适宜;同时,充填料应是不带尖锐棱角和遇水不溶解的物料,以减少管道磨损和保证管道畅通;材料中应无自燃发火和不含可能污染的物质,以保证矿井安全生产和工人健康。与干充填料相比较,水砂充填料的粒级组成要求较严,其所形成的充填体也比较密实,沉降率较小。

胶结充填料的骨料来源与种类和水砂充填料相同,其区别是在这些材料中增添了胶结材料。在国内,目前主要是用硅酸盐水泥作为胶结材料;某些矿山也曾研究试用过水泥的代用品。由胶结充填料形成的充填体比较密实。由于配比不同,特别是随着胶结料的增加,充填体的强度也随之增大,高标号的胶结充填料体和建筑用混凝土相似,可以承受很大的压力和剪切力。用管道输送的胶结充填料应具有很好的流动性,长距离输送时,一般不用粗骨料。因此,尾砂胶结充填料在国外应用的比较广泛。

充填法中除部分方案外,采空区均需要用充填料填满。据统计,水砂充填材料的开采、加工费用占充填总成本的20~40%,个别矿山则高达50%,如抚顺矿区就占充填总成本的22~35%。据国外报导,非胶结充填料的充填费用不能超过总的采矿生产成本的10%,通常占5%左右;但是,当采用水泥含量高的胶结充填料时,矿山充填费用很可能接近总采矿生产成本的50%,因为水泥费用几乎占充填成本的一半。有些矿山水泥的运输费也很高。所以,寻求数量充足、经济合用的充填材料及水泥的代用品是有重大意义的。

关于粗粒水砂充填料的应用,我国积累了丰富的经验,已有许多专著。近年来在国内外冶金矿山广泛研究和使用的选矿厂尾砂作为水力充填料。尾砂在材料性质、水力输送和形成充填体的力学性质方面与粗粒充填料有很大的不同。本书将侧重研究细粒充

填料的各有关问题。

## 第二节 充填料的物理性质

充填材料的物理性质对两相流的结构和水力学的性能以及对充填体的力学性质有很大影响，所以在研究水力输送理论和充填体之前，应当首先研究材料的物理性质。

### 一、充填材料的比重与密度

固体颗粒充填材料在密实状态下单位体积所具有的重量，称为该材料的比重，以 $\gamma_k$ 表示，其工程单位为公斤/米<sup>3</sup>或吨/米<sup>3</sup>。砂子的比重一般为2.5~2.8吨/米<sup>3</sup>。

固体颗粒充填材料在密实状态下单位体积所具有的质量，称为该材料的密度，以 $\rho_k$ 表示，其工程单位为公斤·秒<sup>2</sup>/米<sup>4</sup>。

物体的质量与重量有着密切的联系。当 $g$ 为重力加速度时，固体颗粒充填材料的比重与密度有如下关系：

$$\gamma_k = \rho_k g \quad \text{或} \quad \rho_k = \gamma_k / g \quad (1-1)$$

### 二、充填材料的容重

一般充填材料均处于松散状态的自然堆积，通常用容重来度量，即处于松散状态或自然堆积充填材料的单位体积（包括颗粒实体和孔隙）所具有的重量，称为该材料的容重，以 $\gamma_s$ 表示，其工程单位为公斤/米<sup>3</sup>或吨/米<sup>3</sup>。充填材料的容重变化幅度比较大，它主要取决于物料的粒级组成和堆积状态中的孔隙率。

### 三、充填材料的孔隙比与孔隙率

充填材料中孔隙体积与充填材料固体颗粒纯体积之比，称为该材料的孔隙比，以 $\varepsilon$ 表示。而充填材料的孔隙率是指在堆放的松散充填材料总体积中孔隙体积所占的百分率，以 $\omega_k$ （%）表示。

孔隙比 $\varepsilon$ 与孔隙率 $\omega_k$ 之间有如下关系：

$$\varepsilon = \omega_k + \omega_k \varepsilon = \frac{\omega_k}{1 - \omega_k} \quad (1-2)$$

充填材料的比重、容重和孔隙率，对水力输送、充填质量和



充填能力都有直接的影响。应当指出, 充填料的容重和孔隙率是随着充填料的压缩程度不同而发生变化。自然堆积的充填料, 其容重最小, 孔隙率最大; 充入采空区形成充填体后, 随着水的排出和时间的延长, 并在自重作用下, 充填体逐渐沉缩, 孔隙率则相应减小, 而容重增大; 当充填料受到地压作用或在崩矿和运矿机械往复行走等外力的作用下, 充填体受到进一步的压缩, 孔隙率进一步减小, 容重进一步增大。

比重 $\gamma_k$ 、容重 $\gamma_s$ 和孔隙率 $\omega_k$ 之间有如下关系:

$$\gamma_s = \gamma_k (1 - \omega_k) \text{ 则 } \omega_k = \frac{\gamma_k - \gamma_s}{\gamma_k} \times 100\% \quad (1-3)$$

国内各矿常用充填材料的比重、容重和孔隙率列于表 1-1 及 1-2 中。

#### 四、充填材料的粒径和粒级组成

充填材料的粒度大小与组成和颗粒形状的不同, 对两相流的流动状态和充填体的密实程度都有很大影响。新采掘出来的石块大小不等, 其棱角总是比较尖锐, 而且形状也是各式各样, 有块状、柱状、条状、棱形体, 也有薄片状等等。虽然由于再次破碎加工或随着运输以及转倒次数的增加, 尖锐棱角会被逐渐磨损, 块度也会变小, 但其形状总不可能一致, 更不可能都变为球形体。这对两相流运动特性是有影响的。

其次, 输送及转倒使充填材料再度破碎, 改变了粒级组成, 从而影响充填料的渗透性能。据加拿大资料报导, 某一深部开采的矿山, 由于输送距离大, 使充填料颗粒粉碎而形成许多细泥。在地面测定时, 其渗透速度为 190 毫米/小时; 而到深部采场后, 渗透速度则降至 48 毫米/小时。可见运送转倒对充填料再度破碎的程度是很大的, 这就是要求充填料的固体颗粒应具有一定坚固性的原因。

再次, 粒度大小对充填体的密实程度影响很大。根据实验资料, 用砂子作水力充填材料, 其充填体的压缩率为 3~7%, 用洗煤厂的废渣、炉渣和矸石混合料则为 10%, 而粒度为 50~70 毫米

表 1-1

尾砂充填料的物理性质指标

物理性指标	矿 山 名 称										备 注
	凡 口	锡 矿 山	车 江	铜 官 山	铜 山	凤 凰 山	滇 中 一 分 矿	黄 砂 坪			
比 重 (吨/米 <sup>3</sup> )	2.25	2.5		3.27	3.28	3.1	2.56	2.86			带括号者为沉砂的指标, 其余为全尾砂的
容 重 (吨/米 <sup>3</sup> )	1.8	1.54	1.63	1.95	1.50	1.78	1.48	1.68			
孔 隙 率 (%)		38.4		43.6		43	42				
渗 透 系 数 (厘米/小时)		5.4	0.7~1.2	3.64	8.5	(+37微米) 13	(6)	(+37微米) 14			
自然安息角 (度)								55~60			

表 1-2

水砂充填料的物理性质指标

物理性指标	矿 山 名 称										备 注	
	新 汶 河 砂	阜 新 山 砂	鹤 岗 山 砂	铜 录 山 水 淬 炉 渣	抚 顺 页 岩 废 渣	抚 顺 河 砂	阜 新 山 砂	辽 源 山 砂	扎 赉 诺 尔 风 化 山 砂	凡 口 碎 石		凡 口 卵 石
比 重 (吨/米 <sup>3</sup> )	2.56	2.25	2.24	3.3	1.7	2.455	2.54	2.55	2.47	2.78	2.5	2.44
容 重 (吨/米 <sup>3</sup> )	1.57	1.73	1.64	1.6	1.103	1.62	1.5	1.5	1.52	1.46	1.52	1.44
孔 隙 率 (%)	40	20~40	34	52	34.9	35.5	42	38	42.1			42
沉 降 速 度 (米/秒)	0.094		0.5		0.2			0.455				
渗 透 系 数 (毫米/小时)	1400~2600			100					4			
含 泥 率 (%)	1~2	9.46	16.68		6.14		13.1			0.05	0.05	19.6
安 息 角 (度)	35				39	39.5			34.5			30.7

的碎石则高达20~30%。可见细粒充填料体的密实度最大。前已述及，细泥过多时又影响渗透速度。一般认为，在采场脱水时被带走的细粒若超过1~3%时，该类物料不宜作为水力充填材料。

对于块状充填材料，如碎石，可用块石的三个互相垂直尺寸的平均值作为度量标准。必须指出，这只能作为块度大小的平均值概念。若是长片状材料，只控制三个尺寸的平均值就不够了。所以，管道输送时需要控制块料的最大长轴的尺寸不得超过管径的三分之一，就是这个道理。

综上所述，为了保证水力输送、充填体的密实度及其透水性能等要求，对充填料合理的粒级组成应进行研究。目前常按透水性和压缩性的要求来选定合理的粒级组成。按选定的粒级组成选择破碎和筛分方法以及相应的设施。

在确定充填料粒级组成的同时，要确定出充填料颗粒的粒径（直径）。粒径是表示颗粒大小的一个量度。工程上常用国际惯用的筛析法确定颗粒体的粒径。对于大于1~1.5毫米的颗粒，一般用振筛法，即用不同筛孔的标准筛来分离各级颗粒。对于小于1~1.5毫米的细粒则采用筛洗法，即将试料装入筛内，放在水中筛洗，直至水中无砂为止，然后烘干并称量筛上试样，筛下细料可用更细的筛子继续筛洗分离。对于粒径小于0.053毫米(270目)的极细颗粒，可用水析法分离各粒级。水析法是根据不同比重和粒度的物料在水中有不同沉降速度的原理，利用专门设计的水析器进行分级。筛分与水析法的测试工作详见第六章。

充填料的粒级组成，是指充填料中各粒径范围颗粒的相对含量，各级含量用占总重量的百分数表示。粒级组成可用列表法(表1-3)或粒级组成曲线(图1-1)表示之。

粒级组成曲线通常都画在半对数坐标纸上，横坐标表示充填料颗粒的粒径，纵坐标表示充填料颗粒在该粒径以下各级所占总重量的百分数。粒级组成曲线能比较直观地表示出粒径相对大小和颗粒的均匀程度。坡度较陡的线段表示粒径比较均匀。

在工作中，也常用粒级组成的某种特征值来表达其组成情

粒级组成表

表 1-3

试样 编 号	取 样 地 点	取 样 地 点 高 程 (米)	按重量计的粒级组成 (%)												
			粒 径 (毫米)												
			>200	200~60	60~10	10~2	2~1	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	0.1~0.05	0.05~0.025	0.025~0.01	0.01~0.005	<0.005
001	某矿	+85	3	5	7	7	9	10	12	13	9	8	6	6	5

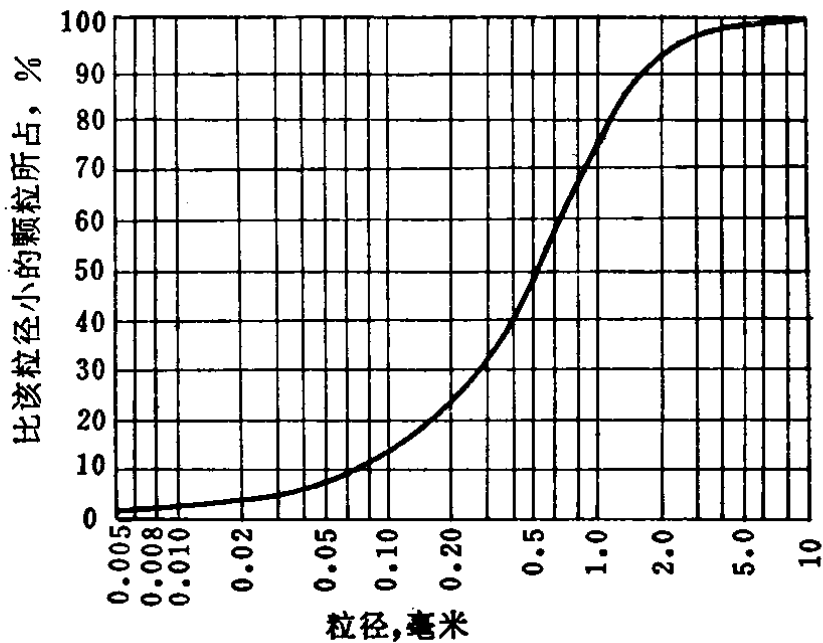


图 1-1 粒级组成曲线

况，常用的特征值有：

(1) 加权平均粒径。其求法是，把一个试样按粒径大小筛分成若干粒级，并定出每一粒级上下极限粒径 $d_{max}$ 和 $d_{min}$ 以及这一粒级在总试样中所占重量百分比 $G_i$ ；然后，先求出每一粒级的算术平均粒径 $d_p$ ， $d_p = \frac{d_{max} + d_{min}}{2}$ ；再用加权平均的方法求出整个试样的加权平均粒径 $d_j$ 。如令试样划分的粒级数目为 $n$ ，则试样的加权平均粒径 $d_j$ 可用下式求之：

$$d_j = \frac{\sum_{i=1}^n d_p \cdot G_i}{100} \quad (1-4)$$

由公式可见，同一试样由于划分粒级的方式和数目不同，求得的加权平均粒径的数值也不一定完全相同。应指出，无论是中值粒径或是加权平均粒径，都是相对的数值。

(2) 粒级组成不均匀系数 ( $\alpha$ )。若以  $d_p$  代表平均粒径，而  $d_{90}$ 、 $d_{60}$  和  $d_{10}$  分别代表相当于粒级组成曲线上颗粒百分含量占 90%、60% 和 10% 处的粒径时，则以  $\alpha = \frac{d_{90}}{d_{10}}$  或  $\alpha = \frac{d_{60}}{d_{10}}$  来反映颗粒组成的不均匀情况。当  $\alpha$  值越大时，表示充填料中大小颗粒相差悬殊，粒级组成很不均匀。 $\alpha$  值永远大于 1。

总之，充填材料的粒级组成影响着充填体的渗透性和压缩沉降率，而且是水力输送计算和设备选择的重要原始资料，也是选择破碎筛分方法和确定加工工艺流程的重要依据。

我国各矿山所用充填材料的粒级组成列入表 (1-4) 及 (1-5) 中：

关于充填材料的其他物理性质，如沉降速度、渗透系数等，因与水力输送和充填体性质紧密相关，故将在以下有关章节予以论述。

### 第三节 充填料的化学性质

研究充填材料的化学性质，主要是研究充填料本身以及掺入料的矿物、化学成分对充填工作和充填体的影响和作用。水力充填料中含氧化钙、氧化镁、氧化铝多的石灰石、方解石、白云石等，对充填后的胶结、凝聚和承压能力都是有利的。如果含二氧化硅高，则会降低充填料的胶结性，但它的沉降速度快，渗透性好。表 1-6 列举了国内采用水力充填矿山所用充填材料的化学成分。

从表 1-6 中可见，铜山尾砂充填料中含  $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{S}$  等胶结性成分高达 40% 以上。经分级脱泥，充填到采

国内矿山尾砂充填

矿山名称	充 填 料		粒 级			
	全尾砂	粒 径	0.4	0.4~0.3	0.3~0.2	0.2~0.1
锡 矿 山		级 配	10.8	10.24	13.41	15.4
		粒 径	0.3	0.3~0.15	0.15~ 0.105	0.105~ 0.074
		一级脱泥	23.35	22.25	8.00	16.00
		二级脱泥	22.5	15.00	20.5	7.5
		尾砂坝干尾砂	54.62	17.42	12.07	3.46
车江铜矿		粒 径	0.074	0.05	0.037	-0.037
		全尾砂	23.7	16.0	11.3	49.00
		脱泥尾砂	10.9	56.5	16.4	16.2
		尾砂坝干尾砂	79.55	14.22	2.31	3.92
东乡铜矿		粒 径	0.5	0.3	0.217	0.15
		一级脱泥	0.15	1.08	3.82	11.37
凡口铅锌矿		粒 径	0.2	0.13	0.077	0.05
		脱泥尾砂	4.28	30.41	24.2	16.92
黄沙坪矿		粒 径	0.2	0.147	0.074	0.043
		脱泥尾砂	4.77	12.89	32.79	43.15
铜录山铜矿		粒 径	0.053	0.038	0.027	0.017
		脱泥尾砂	77.6	14.9	3.6	1.7
凤凰山矿		粒 径	0.053	0.038	0.027	0.019
		脱泥尾砂	92.16	6.29	0.99	0.16
招远金矿		粒 径	0.180	0.150	0.125	0.090
		脱泥尾砂	41.0	13.5	8.0	17.5

料的粒级组成表

表 1-4

组		成		粒径 (毫米) 含量 (%)		
0.1~0.074	0.074~0.037	0.037~0.02	-0.02			
4.07	10	5.2	30.22			
0.074~0.037	0.037~0.02	0.02~0.01	-0.01			
11.85	10.5	8.05				
21.17	9.31	4.02				
3.6	2.68	5.25	0.9			
0.121	0.104	0.077	0.05	0.04	0.03	-0.03
12.21	3.72	14.43	20.73	10.14	9.79	8.52
0.037	0.02	0.01	-0.01			
9.36	12.26	1.48	1.27			
-0.043						
6.2						
0.01						
0.6						
-0.019						
0.40						
0.075	0.063	0.053	0.044	-0.044		
4.3	4.8	2.0	1.0	8.0		

国内矿山水砂充填料与其粒级组成及充填管径表

表 1-5

矿山名称	充填材料	粒 径 (毫米)										充填管径 (毫米)
		筛 析 后 粒 级 组 成 (%)					成 成 (%)					
新汶煤矿	河 砂	>5 1.8	5~2.5 5.7	2.5~1.2 16.9	1.2~0.6 35.5	0.6~0.3 20	0.3~0.15 18.4	<0.15 1.1				152
鹤岗煤矿	山 砂	>75 1.95	75~50 0.47	50~25 0.75	25~13 5.25	13~3 41.4	3~1 33.5	1~0 16.60				178
辽源煤矿	山 砂	60~40 28.5	40~25 15.2	25~10 6	10~0 50.3							178
阜新煤矿	山 砂	>3 44.3	3~1.2 14.5	1.2~1 14	1~0.5 6.3	<0.5 19.9						178
扎赉诺尔	风化山砂	>1.3 <10	>0.05 66.5									152
抚顺煤矿	废页岩	>60 2~7	60~50 1.67	50~40 5.03	40~30 6.67	30~20 11.73	20~10 28.59	10~5 16	5~3 11.59	3~1 7.85	<1 7.66	178
凡口铅锌矿	碎 石	>40 16.3	20 45.3	10 31.41	5 5.77	<5 1.22						178
凡口铅锌矿	卵 石	40 23.4	20 66.0	10 9.61	5 0.88	<5 0.11						178
铜录山铜铁矿	水淬炉渣	>10 3.1	10~5 15.45	5~0.99 57.57	0.99~0.066 23.54	<0.066 0.32						152~102
湘潭锰矿	碎 石	50~40 0.5	40~20 7.4	20~10 16.6	10~3 26.9	3~1 29	1~0 19.6					152



空区，充填后立即便可在充填体上行走。充填八小时后，在充填体上就可以凿岩和出矿，并曾在一个采场的充填体上架设木垛支撑顶板。这说明该类尾砂充填后有一定的承载能力。而锡矿山的尾砂中含SiO<sub>2</sub>高达88.04%，有利于胶结的成分仅含8%左右。该矿原采用两段分级后的脱泥尾砂充填采空区，采用溢流脱水。

国内各矿山水力充填料的化学成分表

表 1-6

矿山名称	主要脉石矿物	化 学 成 分 (%)						
		SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	其 他
锡矿山	石 英	85.4~ 88.04	0.83~ 1.13	7.01~ 7.71	2.88~ 3.45	0.75~ 1.22	0.44~ 0.58	Sb 0.22~ 0.31 Cu 0.001 Pb 0.002~ 0.006
车江铜矿	石英、长石、 方解石	77.24	全铁 0.7		9.45		3.88	
黄沙坪矿	石英、方解石、 萤石、绢云母、 绿泥石等	43.15		4.14	15.81	4.12	4.27	
铜录山	大理岩、砂卡岩	56.2	全铁 11.4	1.133			0.01	
铜录山	炉渣充填料	42.15	全铁 26.37	2.217	14.12		0.76	
东乡铜矿	页岩、砂岩	71.9	全铁 6.07		Ca 0.99	Mg 0.048	1.26	
凡口矿		31.72	3.65	0.5	34.23	0.28	1.87	
滇中铜矿	长石、石英、 砂岩	77.43	全铁 1.23	4.55	6.43	0.42	0.10	
凤凰山矿			全铁 50.88	6.28	9.65	1.79	0.491	
红透山矿		88.64	1.21	4.89	Ca 1.79	Mg 0.13	0.31	
铜山铜矿		37.45	15.99	1.71	17.89	2.43	2.7	