

金属矿山  
充填采矿法  
设计参考资料

冶金工业出版社

## 内 容 提 要

本《资料》的主要内容包括充填采矿法的适用条件,充填材料的选择、制备与输送,充填采矿法回采工艺,排泥设施及有关技术经济指标。

本《资料》共分七章:

- 第一章 充填采矿法概述;
- 第二章 充填材料;
- 第三章 充填材料的制备和设施;
- 第四章 充填材料的输送;
- 第五章 充填管道和充填井巷;
- 第六章 采矿方法;
- 第七章 排泥及辅助设施。

另有五个附录:

- 附录一、充填采矿法主要技术经济参考指标;
- 附录二、充填材料物理性质试验方法;
- 附录三、充填材料制备设施常用设备;
- 附录四、砂泵;
- 附录五、常用管道梁及管道连接件。

### 金属矿山充填采矿法设计参考资料

《金属矿山充填采矿法设计参考资料》 编写组

(内部发行)

\*

冶金工业出版社出版  
新华书店北京发行所发行  
冶金工业出版社印刷厂印刷

\*

787×1092 1/16 印张 23 1/4 字数 554 千字

1978年12月第一版 1978年12月第一次印刷

印数 00,001~5,500 册

统一书号: 15062·3373 定价(科三) 1.85元

# 目 录

<b>第一章 充填采矿法概述</b> .....	1
<b>第一节 充填采矿法在国内外使用简况</b> .....	1
一、充填采矿法在国内冶金矿山使用简况 .....	1
二、充填采矿法在国外使用简况 .....	1
<b>第二节 充填体的作用</b> .....	3
<b>第三节 对贫化率、损失率与生产能力的分析</b> .....	6
一、对贫化率、损失率的分析 .....	6
二、对生产能力的分析 .....	7
<b>第四节 充填采矿法的适用条件</b> .....	7
<b>第五节 充填采矿法与其他采矿方法的技术经济比较</b> .....	8
<b>第二章 充填材料</b> .....	10
<b>第一节 常用充填材料</b> .....	10
一、常用的充填材料及其来源 .....	10
二、对充填材料的一般要求 .....	11
三、充填材料的选择 .....	12
<b>第二节 尾砂和细砂（河砂、风砂）</b> .....	12
一、尾砂和细砂的适用条件 .....	12
二、对尾砂化学性质的要求 .....	12
三、对尾砂物理性质的要求 .....	13
<b>第三节 山砂及戈壁积料</b> .....	14
一、山砂 .....	14
二、戈壁积料 .....	17
<b>第四节 胶结充填料</b> .....	19
一、水泥 .....	19
二、充填用混凝土 .....	21
三、尾砂（细砂）胶结充填材料 .....	23
<b>第三章 充填材料的制备和设施</b> .....	26
<b>第一节 充填系统和充填材料量的确定</b> .....	26
一、充填系统 .....	26
二、矿山日平均充填量 $Q_0$ .....	26
三、充填材料日平均供应量 $Q_1$ .....	27
四、矿山废渣的利用和充填材料的平衡 .....	27
<b>第二节 碎石充填料的破碎与筛分</b> .....	27
一、碎石充填料的破碎 .....	28
二、碎石充填料的筛分 .....	31
三、给料设备 .....	33
四、破碎筛分厂实例 .....	35

第三节 水砂充填的砂仓和注砂室 .....	40
一、砂仓容积的确定 .....	40
二、砂仓的结构 .....	40
三、注砂室 .....	44
四、砂仓注砂室实例 .....	47
第四节 尾砂分级用的水力旋流器 .....	49
一、尾砂分级脱泥用的水力旋流器配置特点 .....	49
二、水力旋流器的结构和影响因素 .....	49
三、水力旋流器的选择和计算 .....	50
四、水力旋流器尾砂分级实例 .....	52
第五节 尾砂水力充填料的制备和设施 .....	58
一、充填尾砂的贮存 .....	58
二、尾砂仓的形式 .....	58
三、制浆设施 .....	59
四、尾砂水力充填设施实例 .....	60
第六节 充填用混凝土的制备 .....	64
一、充填用混凝土制备设施的特点 .....	64
二、制备设施的主要类型 .....	65
三、料仓和计量设施 .....	66
四、间歇式搅拌站实例 .....	67
五、连续式搅拌站实例 .....	68
六、半分离法制备系统实例 .....	72
第七节 尾砂胶结充填料的制备 .....	73
一、尾砂胶结充填料制备系统的主要类型 .....	73
二、尾砂胶结充填料制备设施实例 .....	73
<b>第四章 充填材料的输送 .....</b>	<b>81</b>
第一节 水力输送系统及基本参数 .....	81
一、水力输送系统 .....	81
二、水力输送基本参数 .....	83
第二节 水力输送充填料的计算 .....	91
一、圆管有压流的水力输送计算 .....	93
二、有压水力输送设计计算举例 .....	115
三、明槽(管)无压水力运输 .....	128
第三节 水泥的风力输送 .....	134
一、压送式风力输送系统的主要设备 .....	134
二、压送式风力输送水泥的计算方法 .....	144
三、散装水泥车 .....	149
第四节 混凝土输送 .....	150
一、混凝土的输送性能 .....	150
二、混凝土的重力自流输送 .....	150
三、用压气罐(浇注机)输送混凝土 .....	151
四、混凝土泵 .....	154

五、用电耙输送混凝土 .....	155
六、其他输送方式 .....	155
第五节 管道水力输送的电子计算机程序 .....	156
<b>第五章 充填管道和充填井巷 .....</b>	<b>163</b>
第一节 充填管道 .....	163
一、充填管道的类型 .....	163
二、充填管道的磨损与腐蚀 .....	164
三、延长充填管道使用寿命的措施 .....	166
第二节 常用的充填管道和管件 .....	167
一、国内充填矿山管道使用简况 .....	167
二、常用的充填管道 .....	170
三、常用的充填管件 .....	173
第三节 溜槽与电耙道 .....	178
一、溜槽 .....	178
二、电耙道 .....	179
第四节 井巷及采场中充填管道的安装 .....	181
一、竖井与钻孔充填主干管的安装 .....	181
二、斜井与平巷中充填管路的安装组合 .....	192
三、采场天井及充填工作面的管道敷设 .....	198
四、充填管道敷设量的确定 .....	199
第五节 有关充填管道安装固定的计算 .....	200
一、管托梁的选择计算 .....	200
二、充填管在斜井及平巷中安装固定的计算 .....	205
<b>第六章 采矿方法 .....</b>	<b>206</b>
第一节 几种常用的充填采矿法 .....	206
一、上向水平分层充填法 .....	206
二、倾斜分层充填采矿法 .....	211
三、下向充填采矿法 .....	214
四、长壁式充填采矿法 .....	215
五、事后一次充填采矿法 .....	218
六、采场生产能力及贫化损失 .....	219
第二节 用充填法处理采空区 .....	223
第三节 充填法采准回采工艺 .....	224
一、上向水平分层充填法 .....	224
二、下向充填采矿法 .....	238
三、长壁式充填采矿法 .....	241
第四节 充填采矿法回采方案 .....	242
一、连续回采方案 .....	242
二、矿房矿柱回采方案 .....	247
三、矿房矿柱回采方案实例 .....	253
<b>第七章 排泥及辅助设施 .....</b>	<b>264</b>

第一节 矿山沉淀系统 .....	264
一、沉淀系统 .....	264
二、沉淀物的物理机械性能 .....	266
三、沉淀池(水仓)的计算 .....	269
第二节 矿山的清仓排泥 .....	270
一、清仓排泥的形式 .....	270
二、压气罐清仓排泥 .....	271
三、水抽子清仓排泥 .....	274
四、压气罐清仓配合密闭泥仓高压水排泥系统 .....	279
五、压气罐清仓配合“U”型管高压水排泥 .....	288
六、冶金矿山排泥设计部分参考图纸 .....	294
第三节 辅助设施 .....	294
一、供水及供水设施 .....	294
二、充填系统的通讯联络及照明 .....	299
附录一 充填采矿法主要技术经济参考指标 .....	302
一、部分充填法矿山采场生产能力指标(附表1—1) .....	302
二、各种充填系统的充填能力指标(附表1—2) .....	305
三、各种充填法贫化率、损失率指标(附表1—3) .....	306
四、充填成本与原矿成本(附表1—4) .....	307
五、充填系统的总投资(附表1—5) .....	309
六、充填法矿山劳动生产率指标(附表1—6) .....	311
七、凿岩效率、运搬效率、采掘比等指标(附表1—7) .....	312
八、充填法回采主要材料消耗(附表1—8) .....	313
九、充填系统的劳动组织(附表1—9, 1—10, 1—11, 1—12, 1—13) .....	314
十、窄轨专用线建设投资参考指标(附表1—14) .....	315
十一、窄轨电机车牵引线路综合投资指标(附表1—15) .....	315
十二、窄轨电机车运输成本(附表1—16) .....	316
十三、窄轨蒸汽机车运输成本(附表1—17) .....	316
十四、公路综合投资指标(附表1—18) .....	317
十五、解放牌3.5吨自卸汽车运输成本(附表1—19) .....	317
十六、10吨、12.5吨、25吨自卸汽车运输成本(附表1—20) .....	317
十七、露天矿山综合基建投资指标(附表1—21) .....	317
十八、黑色露天矿实际与设计基建投资(附表1—22) .....	318
十九、粘土露天矿基建投资(附表1—23) .....	318
二十、部分充填法矿山采石场实际投资(附表1—24) .....	318
二十一、露天矿单位矿石成本参考指标(附表1—25) .....	318
二十二、粘土矿采矿及剥岩(土)成本实际指标(附表1—26) .....	319
二十三、露天矿矿石成本构成(附表1—27) .....	319
二十四、剥离工程单价参考指标(附表1—28) .....	319
二十五、中小型露天矿主要技术经济指标(附表1—29) .....	321
二十六、井巷、硐室等综合单价参考指标(附表1—30) .....	321
附录二 充填材料物理性质试验方法 .....	323

一、尾砂(细砂)筛析实验	323
二、水析实验	324
三、尾砂(细砂)比重的测定	325
四、尾砂(细砂)松散容重的测定	326
五、尾砂(细砂)含水率的测定	327
六、尾砂(细砂)渗透系数的测定	327
七、尾砂(细砂)压缩沉降率的测定	330
八、尾砂(细砂)湿陷性的测定	331
九、山砂颗粒级配的实验	332
十、山砂比重的测定	333
十一、山砂容重的测定	333
十二、山砂含水率的测定	334
十三、用以轧制山砂的岩石的抗压强度测定	335
十四、山砂中粘土杂质含量的测定	336
十五、山砂中有机物含量的测定	336
十六、混凝土试块抗压强度的测定	337
十七、常用筛孔孔径及网目对照表	339
<b>附录三 充填料制备设施常用设备</b>	<b>341</b>
一、颚式破碎机(附表3—1)	341
二、旋回破碎机(附表3—2)	342
三、弹簧圆锥破碎机(附表3—3)	342
四、反击式破碎机(附表3—4)	342
五、筛分设备(附表3—5)	343
六、水力旋流器(附表3—6)	344
七、板式给料机(附表3—7)	345
八、电振给料机(附表3—8, 3—9)	346
九、圆盘给料机(附表3—10)	346
十、摆式给料机(附表3—11)	347
十一、电磁流量计(附表3—12)	347
十二、涡轮流量变送器(附表3—13)	347
十三、胶带输送机(附表3—14, 3—15, 3—16)	348
十四、螺旋输送机(附表3—17)	349
十五、斗式提升机(附表3—18)	349
十六、矿浆搅拌槽(附表3—19)	349
十七、环链式手拉葫芦(附表3—20)	350
十八、局扇(附表3—21)	350
<b>附录四 砂泵</b>	<b>351</b>
一、PS型砂泵(附表4—1)	351
二、PH型灰渣泵(附表4—2)	352
三、PNJ型衬胶砂泵(附表4—3)	353
四、PSJ型衬胶砂泵(附表4—4)	354
五、PN型泥浆泵(附表4—5)	355

六、玛尔斯泵 (附表4—6, 4—7, 4—8) .....	356
附录五 常用管道梁及管道连接件.....	361
一、常用热轧等边角钢 (附表5—1) .....	361
二、常用热轧不等边角钢 (附表5—2) .....	361
三、常用热轧普通槽钢 (附表5—3) .....	362
四、常用热轧普通工字钢 (附表5—4) .....	362
五、常用六角头螺栓 (附表5—5) .....	363
六、常用六角螺母 (附表5—6) .....	363
七、常用垫圈 (附表5—7) .....	363
八、常用热轧钢筋 (附表5—8) .....	364



# 第一章 充填采矿法概述

## 第一节 充填采矿法在国内外使用简况

### 一、充填采矿法在国内冶金矿山使用简况

解放初期,我国只有少数几个冶金矿山采用干式充填采矿法,水砂、胶结充填采矿法还没有采用过。大跃进期间,各种高效率的采矿方法在冶金矿山大力推广,有些原来采用干式充填采矿法的矿山,改用了其他采矿方法,故充填采矿法比重急剧下降。1964年凡口铅锌矿开始进行胶结充填采矿法的试验。1965年锡矿山南矿由于采空区面积过大,连续发生了两次大规模地表沉陷的地压活动,开始了尾砂充填采空区的试验,随即大量采用了尾砂充填采空区这一方法,对控制地压活动,减少地表围岩移动起到了显著效果。同年××矿进行了胶结充填采矿法的试验,于1966年下半年在富矿区全部采用此种采矿法。1966年湘潭锰矿第一期扩建区设计,采用了水砂充填壁式采矿法,于1969年投产,一直沿用至今,对防止坑内内因火灾取得了较好的效果。1967年投产的长沙坪铅锌矿采用了干式充填采矿法,并在1967~1970年采用了下向水平分层充填法成功地回采了矿岩均很破碎的V号矿体。1967年东乡铜矿开始作充填采矿法试验,曾采用过下向充填法回采部分矿体。在此以后,托里铬矿、柏坊铜矿、红透山铜矿、凤凰山铜矿、铜录山铜矿等相继采用了充填采矿法。到目前为止,全国约有二十几个冶金矿山采用或部分采用了充填采矿法。参见表1-1。

目前正在设计或建设中的部分冶金矿山也有不少采用充填采矿法的。参见表1-2。

从目前国内使用充填采矿法矿山的生产实践看,还存在着工艺复杂、生产能力低、劳动生产率低、成本高等不利条件,限制了充填采矿法的发展。但有些矿山由于要求保护地表河流、村镇、农田等,有些矿山矿石品位高,矿体形态变化复杂,要求贫化率、损失率低,需要采用充填采矿法。今后随着矿山机械工业的发展,目前限制充填采矿法发展的一些不利因素将不断得到改善,如采场内采用高效率的凿岩设备及铲运卸联合机械等,可以大大提高采场生产能力与劳动生产率。另外充填料的制备与输送将能做到自动控制,则充填这一道工序可大为简化,有利于解决采充不平衡状况。这样充填采矿法将改变目前的落后面貌而成为一种贫化率低,损失率低,效率较高的采矿方法,对开采条件复杂,矿石品位高的矿山,是有很大发展前途的。

### 二、充填采矿法在国外使用简况

自第二次世界大战以后,世界各国加强了开发地下资源,矿山开采深度与生产规模日益增加,矿石品种的开采范围也日益扩大,遇到了各种复杂的开采技术条件,为常用的深孔大量崩矿的采矿方法所不能解决,转而对充填采矿法进行了研究改革,以适应日益复杂的开采技术条件,故充填采矿法在国外有了较大的发展。目前使用充填采矿法最多的国家是加拿大与澳大利亚。美国、瑞典、西德、日本等国也有广泛的应用。苏联金属矿山采用充填采矿法的较少,但近年来不少矿山由于进行深部开采、残柱回采、露天地下同时开采以及优先开采富矿等原因,充填采矿法比重也有明显增长。此外扎伊尔、赞比亚、南非\*、

\* 南非(阿扎尼亚)(在白人种族主义者统治下)

墨西哥、秘鲁、意大利、西班牙、芬兰、东德等国也都有采用充填采矿法回采有色和稀有金属矿床的。

采用充填采矿法部分矿山简况表

表 1—1

矿山名称	采矿方法	选用充填采矿法原因
凡口铅锌矿	胶结充填回采矿房，水砂充填回采矿柱	矿石品位高，要求限制围岩移动防止溶洞水灌入坑内
龙首矿	水平分层胶结充填法回采矿房，浅孔留矿事后一次胶结充填采矿柱	矿石品位高，要求贫化率、损失率尽可能低
湘潭锰矿	水砂充填壁式采矿法	防止内因火灾
黄沙坪铅锌矿	砌筑混凝土隔墙的水平分层干式充填采矿法	矿石品位高，矿体形态复杂
黄沙坪V号矿体	下向水平分层胶结充填法	矿岩均很破碎
东乡铜矿	部分矿体采用下向水平分层充填采矿法	限制围岩移动，保护矿体上部的钨矿及地表农田
托里铬矿	竖分条水平分层胶结充填采矿法	要求贫化率、损失率尽可能低
柏坊铜矿	水平分层胶结充填法	矿石品位高，矿体形态复杂
红透山铜矿	天井深孔崩矿法采矿房事后一次胶结充填，水平分层胶结充填法回采矿柱	矿房用胶结充填是为了控制地压活动及便于矿柱回采
凤凰山铜矿	水平分层尾砂充填采矿法	为保护地表河流农田，防止地表水侵入坑内
铜录山铜矿	砌混凝土隔墙的水平分层水砂充填采矿法	限制地表围岩移动，保护地表湖泊，防止地表水侵入坑内
车江铜矿	水力尾砂充填采空区	限制地表围岩移动，保护河流
丰山洞铜矿	矿房用胶结充填，矿柱用尾砂充填	保护地表河流
湘西钨矿	削壁充填法	保护地表河流、建筑物，减少贫化率
云锡马拉格矿	方框充填法	限制围岩移动，保护上部矿体
麻阳铜矿	壁式尾砂充填采矿法	保护地表农田，矿石品位较高
招远金矿	水平分层尾砂充填采矿法	由于老硐多，采用充填法易于处理残采问题
青上铜矿	砌隔墙的水平分层充填采矿法	上盘围岩不稳固，地表不允许崩落，少占农田

设计采用充填采矿法部分矿山简况表

表 1—2

矿山名称	采用充填采矿法的原因
大姚铜矿	矿石品位高，保护地表河流
牟定铜矿	矿石品位高，地表有尾矿池需要保护
焦家金矿	保护地表高产农田
老宝滩铜矿	矿岩破碎适宜用充填采矿法
滁县铜矿	保护地表果园
白银厂一号露天转坑内	矿石品位高，要求贫化率、损失率小
桐柏铜矿	矿体形态复杂，减少贫化与损失
××二矿区	矿石品位高，要求贫化率、损失率小
新桥铜硫矿	为保护上部露天开采的安全

充填采矿法在技术上也有一个发展过程。以加拿大为例，在五十年代开始用水砂充填，在采用了尾砂作充填料后，对中厚以下矿体采用连续工作面，不留间柱一次回采完整个矿体，取得了良好的经济效果。对厚大矿体则需划分为矿房与矿柱。先用水砂充填回采矿房，回采矿柱则多用方框支柱充填法或下向水平分层充填法。为了减少贫化损失，在矿房回采时需构筑木板隔墙与铺设地板，故劳动强度大，劳动生产率低，限制了充填采矿法

的发展。六十年代初，加拿大进行了水泥加尾砂作为胶结充填料的大量试验研究工作，促使了水泥尾砂胶结充填采矿法的迅速发展。到六十年代后期加拿大采用了高效率的柴油设备，以及实现了充填料制备与输送的全部机械化与自动控制，使充填采矿法的效率大为提高。据估计，充填采矿法的劳动生产率与高效率的空场法，崩落法等采矿方法已相差不多了。参见表1—3。

各种采矿方法矿山全员劳动生产率统计表

表 1—3

采 矿 方 法	1970年世界各国矿山指标 (估计的) (吨/人班)	1971年美国矿山指标 (美国矿务局资料) (吨/人班)
空场法类		
房柱法	10~150	10~150
小中段空场法	达25~30	15~30
支柱法类		
水平分层充填法	达15~20	达10
方框支柱充填法	5~10	—
崩落法类		
阶段崩落法	10~50	10~50
小中段崩落法	达50	达25

目前加拿大用胶结充填采矿法回采厚大矿体的通用方案为：垂直走向布置矿房与矿柱，矿房宽度根据矿体与围岩的物理力学性质确定，一般在采场内采用金属网杆柱护顶，在安全回采条件下尽可能大些。矿房长度即为矿体厚度，矿柱宽度一般取5~8米。矿房用水平分层充填法回采，充填料用1:20~1:40的水泥尾砂浆。水泥尾砂浆的制备与输送系统从水力旋流器将尾砂分级开始到制成合格的水泥尾砂浆输送到充填工作面，只需一个人在中央控制室操作。在充填面上敷设一层1:5~1:10的水泥尾砂浆作为垫板，以便于轮胎式自行设备行走及减少矿石的损失与贫化。矿柱回采则分别情况采用上向水平分层充填法或下向水平分层充填法。近年来有些矿山为了解决持续高产及进一步提高劳动生产率，采用了留有永久小矿柱的水平分层充填采矿法，把整个矿体作为一个连续的回采工作面，在采场内留规则的小方矿柱以支撑顶底盘围岩。由于采场规模大，可使用大型轮胎式柴油设备进行凿岩、杆柱护顶及装运矿石等工作，在整个回采过程中由于没有矿柱回采这一环节，故矿山能持续高产一直到矿体采完为止。

## 第二节 充填体的作用

根据目前国内采用充填采矿法各矿山的生产实践，充填体的作用大致可归纳为下述几个方面：

1. 被充填体包裹的天然矿柱，由于其受力状态由原来的单轴受力改变为三轴应力状态，增加了矿柱的承载能力起到保护矿柱的作用。
2. 采空区充填后能减少围岩移动及地表下沉量。
3. 在回采过程中，充填体对支撑矿体上下盘围岩起到一定作用，减少围岩片冒现象，从而减小了贫化损失。
4. 如湘潭锰矿的情况，采用了充填采矿法，防止了矿体直接顶板炭质页岩的崩落，杜绝了内因火灾的产生条件。

5. 在两侧均为胶结充填体或筑有人工隔墙的充填体的条件下回采矿柱，可以避免充填料混入，减少贫化损失。

6. 对人工混凝土壁柱支撑矿山地压的作用问题，应根据矿山具体条件，具体研究。现对充填体所起的作用分述于下：

### 1. 保护矿柱的作用

锡矿山锑矿南矿过去一直采用房柱法开采，采空区内留有约30%矿量的天然矿柱。在采空区面积不太大时，矿柱起到了支撑顶盘围岩的作用，随着开采时间的延长，采空区面积的增大，地压活动加剧，矿柱开始被破坏，导致了地表大冒落事故。经用尾砂充填处理采空区后，获得了控制地压活动的良好效果。其中矿柱由于被充填体所包裹，改变了原来的单轴受力状态为三轴应力状态，大大加强了矿柱的承载能力，根据实验室试验，三轴应力抗压强度 $\sigma_c$ 可用下述经验公式表示：

$$\sigma_c = \sigma_0 + K\sigma_a$$

式中  $\sigma_0$ ——单轴抗压强度；

$\sigma_a$ ——侧向应力；

$K$ ——系数。

从上述公式可见，岩石的三轴应力抗压强度随侧向应力的增加而增大，从锡矿山的生产实践中证实了这一规律。

### 2. 减少围岩移动与地表下沉量

根据煤矿的经验，对中等倾斜以下的不厚的煤层，采用各种采矿方法与空场处理方法所造成的最终最大地表下沉率大致如表1—4所示。

各种方法处理采空区地表最终最大下沉率

表 1—4

采矿方法与空场处理方法	最终最大下沉率
全部崩落法	0.6~0.8
外来材料条带干式充填	0.55~0.7
外来材料全部干式充填	0.4~0.5
压气或皮带投掷机干式充填	0.3~0.4
水砂充填	0.06~0.12~0.25
加压水砂充填	0.05~0.08
低标号混凝土胶结充填	0.05
条带开采水砂充填（回采50~60%）	0.02

表中所列数据系指在开采面积足够大的条件下，采区中部地表的下沉率（与矿体厚度之比值）。

锡矿山南矿于1965年发生两次地表大冒落事故，地表下沉量最大值分别为1.1与1.7米，而西部采空区面积虽已达120000米<sup>2</sup>，由于采用了充填法处理了采空区，迄今未发生地表冒落事故，其地表下沉值最大仅0.08米。证实了充填体对限制围岩移动与地表下沉起到了一定的作用。

湘西钨矿矿体为缓倾斜极薄矿脉，采矿方法一直采用削壁充填法。到目前为止，开采面积已达309000米<sup>2</sup>，由于充填体的作用，保护了地表建筑物和河流，限制了地表移动与沉陷。

铜官山老庙基矿在露天开采下面采用留框架式矿柱及干式充填矿房的方法，保证了露天开采的安全。

由于金属矿山目前尚缺乏系统地观测地表与围岩移动规律的资料，故还不可能对充填体所起的作用作定量的分析。

### 3. 减少采场上下盘围岩片冒现象

在采用水平分层充填法时，采场上下盘围岩的暴露面积与暴露的时间均由于充填的作用有所减小，故对防止其片冒起到良好的效果，从而能减少贫化与损失。如柏坊铜矿采用了垂直走向布置矿房矿柱的水平分层胶结充填采矿法，在回采每一分层时，针对矿岩的稳固条件，分别采用三种不同的落矿方式：当矿岩较稳固时，采用全分层上向打眼一次落矿，分层高1.2~1.5米，最大采空高控制在3.3~3.5米；当矿岩稳固性较差时，则在打眼后先充填后放炮，采空高可控制在2.7~3米左右；若矿岩较破碎时，则在采场出完矿后即行充填，然后用水平落矿方式回采，采空高可控制在2.5米左右，这样就有效地防止了采场的片冒现象，保证了采场的安全生产，降低了贫化损失。

### 4. 防止内因火灾

湘潭锰矿矿体的直接顶板为叶片状黑色页岩，崩落后在有水与空气的条件下，经过30~45天即发生自燃。自采用水砂充填壁式采矿法后，由于随着回采工作面的推进，随即用水砂充填采空区，防止了直接顶板的崩落，杜绝了发生内因火灾的条件。

国内高硫矿床采用充填采矿法以防止内因火灾的还没有实例。国外则有这方面的成功实例。

### 5. 回采矿柱时避免充填料的混入

在两侧均为胶结充填体或砌筑隔墙的充填体的条件下回采矿柱，可以避免充填料的混入，从而减小贫化损失。如凡口铅锌矿用水水平分层充填法回采了两侧均为水泥尾砂胶结充填体的矿柱，虽然水泥尾砂充填体的强度不大，但在回采过程中，充填体并无倒塌现象。另外该矿还用浅孔留矿法回采了一侧为混凝土充填体的矿柱，在大量放矿后，亦未发生混凝土充填体片冒现象。

青上铜矿采用了砌筑1.5米厚的混凝土隔墙的尾砂及干砂水平分层充填采矿法，在两侧均为混凝土隔墙的条件下回采矿柱，防止了尾砂或干砂的混入，获得较好的贫损指标。

### 6. 充填体对支撑矿山地压的作用

柏坊铜矿目前在四中段回采，第一步骤回采矿房已全部结束，绝大部分矿柱正在回采中，包括矿房与矿柱在内的连续顶板暴露面积已达1100米<sup>2</sup>以上，在回采过程中尚未发现采场有不安全现象。此外，在三中段也没有发现坑道有变形的情况，这就证实了充填体对支撑矿山压力起到了一定的作用，托里铬矿的采矿方法基本上与柏坊铜矿相似，目前第一中段的下面一个付中段矿体已基本采完，上面一个付中段矿体也回采了一部分，还没有发现什么地压活动。从柏坊铜矿与托里铬矿的生产实践，证实了小型矿体采用胶结充填采矿法对控制地压是有效的。

凡口铅锌矿、铜录山铜矿和黄沙坪铅锌矿的大型矿体均采用垂直走向布置矿房与矿柱，先用上向水平分层充填法回采矿房。目前还没有大量回采矿柱，故对充填体支撑矿山压力的作用尚难分析。

### 第三节 对贫化率、损失率与生产能力的分析

#### 一、对贫化率、损失率的分析

一般认为，充填采矿法的特点之一是贫化率低、回收率高，国内生产实践证明采用崩落法（不包括分层崩落法与壁式陷落法）的矿山，其贫损指标大致在15~20%以上。用空场法或留矿法需要划分矿房矿柱分二步骤回采的矿山（除单独的小型矿体外）包括矿房与矿柱在内的贫损指标也接近于崩落法，而采用充填采矿法的矿山，只要回采方案选择适当，其贫损指标是可以达到5~10%以下的。充填采矿法能多回收地下资源，减少废石混入量，这对整个国民经济是具有重大意义的。尤其是对贵重、稀有金属及富矿体来说，更为重要。现针对各种矿体的赋存条件，充填采矿法与其他采矿方法在贫损指标的比较分析如下：

##### （一）极薄矿脉

在矿脉薄于采幅时，采用其他采矿方法不可避免地要增大贫化率，而采用削壁充填法时，分别处理矿脉与围岩，大大减少了贫化率，如湘西钨矿用削壁充填采矿法回采缓倾斜极薄矿脉，其采下矿石贫化率为50~80%，而出矿贫化率只有10~20%。

##### （二）缓倾斜薄矿脉

缓倾斜薄矿脉若矿石围岩较稳固，可以采用全面法；若矿石围岩不稳固则可采用壁式陷落法。这两种采矿方法的贫化率指标一般为5~10%，损失率指标一般为5~15%。与充填采矿法相比较，贫损指标相差不大。例如湘潭锰矿系缓倾斜薄矿脉，过去采用壁式陷落法，后改用壁式水砂充填采矿法。两种采矿方法的贫化率分别为7.2%及7.19%，损失率分别为5.95%及6.16%。基本上是相同的。

##### （三）急倾斜薄矿脉

冶金矿山用充填法开采急倾斜薄矿脉的实例很少。二机部所属矿山用水平分层充填法回采急倾斜薄到中厚矿体的比重占80~90%。从生产实践证明，唯一影响采用留矿法的因素是由于矿体形态变化复杂，采用留矿法时贫化损失大。若矿体形态较规则，则采用留矿法的贫损指标就比较好。几个矿山生产实践也说明了在地质条件合适时，采用留矿法与充填法的贫损指标基本上是相近的。

##### （四）零星小型矿体

当矿体形态变化不大、围岩较稳固的情况下，采用留矿法或空场法回采零星小型矿体，其贫化率与损失率指标是比较好的。例如华铜铜矿在回采矿房时（浅孔留矿法），贫化率为6~8%；损失率为5~8%。回采矿柱时（大量崩矿法）贫化率为8~12%；损失率为10~20%。包括矿房矿柱在内的总的贫化率约为7~10%；损失率约为7~14%。这与采用充填采矿法的指标相差是不大的。但当矿体形态变化复杂时，采用留矿法或空场法回采就不可避免地增大贫化损失。这时采用水平分层充填法回采，对采场找边探矿，探清每一分层矿体的边界，以及发现分枝矿体等，就显示出充填采矿法的优越性了。

当矿石围岩稳固程度较差时，采用充填采矿法回采小型矿体，国内已有生产实践证实了其贫损指标是优越的。例如柏坊铜矿及托里铬矿均采用胶结充填法，包括矿房矿柱在内的总的贫化率分别为11.16%及4%；总的损失率分别为1.96%及8.8%。

##### （五）矿石围岩均十分破碎的矿体

如黄沙坪铅锌矿的V号矿体，矿岩均十分破碎，该矿在选择采矿方法时，曾比较了方框支柱充填法，下向水平分层充填法及分层崩落法，结果采用了下向水平分层充填法，成功地回采了V号矿体，其贫化率为3%，损失率为2%。又如云锡马拉格矿采用方框支柱充填法回采松软矿体，其贫化率一般为5~8%；损失率一般为3~8%。分层崩落法在国内已很少使用，其贫损指标一般讲与充填法接近。

#### (六) 厚大矿体

对厚大矿体的回采，一般均划分为矿房矿柱分二步骤回采，回采矿房的贫损指标，国内几个采用充填采矿法的矿山都很低。如凡口铅锌矿回采矿房时贫化率为11.9%；损失率为5.1%。××矿回采矿房时贫化率与损失率均为5~8%。铜录山铜矿回采矿房时贫化率为5~6%；损失率为2~4%。第二步回采矿柱(包括顶底柱)的贫损指标，由于目前国内矿山还没有大量回采矿柱，故缺乏实际资料。根据国外矿山的实践，厚大矿体采用充填采矿法回采，只要回采方案选择适当，其贫损指标是可以达到5~10%以下的。这与采用空场法、留矿法或崩落法相比，充填采矿法还是显得优越的。

根据以上分析，采用充填采矿法在贫损指标方面能显示出其优越性的条件是：

1. 矿体形态变化复杂的矿体，采用充填采矿法能获得良好的贫损指标。
2. 用削壁充填法回采极薄矿脉时能避免大量废石混入原矿中去。
3. 在矿石围岩不太稳固时，由于充填体对矿体上下盘围岩能起到一定的支撑作用，减少采场两帮围岩的片冒，其贫损指标要比采用空场法、留矿法等为优越。
4. 对厚大矿体若回采方案选择适当(主要是第二步骤的回采方法)，充填采矿法的贫损指标将比空场法、留矿法或崩落法等为优越。

#### 二、对生产能力的分析

矿山的生产能力，一般可按同时回采的矿块数与矿块的生产能力计算确定。根据矿体的分布情况和采用的采矿方法，可能布置的矿块数与同时回采矿块数之间的比例称为矿块利用系数。国内各矿山的实践，矿块利用系数多在 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ 之间。采用充填采矿法的矿山也差不多，如黄沙坪铅锌矿的矿块利用系数为 $\frac{1}{3}$ ；湘潭锰矿为 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ ；凤凰山铜矿为 $\frac{1}{2}$ 左右。

采用充填采矿法国内各矿山的矿块生产能力详见附录一附表1-1，从表中可见矿块生产能力在十几吨/日到420吨/日。采矿强度则在0.075~0.42吨/米<sup>2</sup>·日之间，一般为0.1~0.2吨/米<sup>2</sup>·日。采用高效率采矿方法时，采矿强度一般在0.3~0.6吨/米<sup>2</sup>·日左右，最高可达1吨/米<sup>2</sup>·日。据此，同一矿山若采用高效率采矿方法，其矿山生产能力比采用充填采矿法要高出1~2倍。故在选择采矿方法时，应根据矿山具体情况，按可能应用的采矿方法，分别确定其生产能力参与到技术经济比较中去，才能正确地反映出矿山的经济效果。

### 第四节 充填采矿法的适用条件

从广义上讲，凡是將充填料回填到各种采空区内的所有采矿方法，都可称为充填采矿法。这样充填采矿法的适用条件就十分广泛。极薄矿脉可用削壁充填法。薄及中厚一直到极厚矿体不论其倾角如何都可采用充填法或用空场法、留矿法等回采再充填采空区的方法。当矿岩不稳固时，可用下向分层充填法、方框支柱充填法等。几乎充填采矿法的适用条件不受矿体赋存条件及矿石围岩的物理力学性质的限制。但是充填采矿法在目前条件下还存在着一定的缺点，如工艺复杂、劳动生产率低、矿山生产能力低、成本高等，故在选

用充填采矿法时,应根据矿山具体条件,进行技术经济比较后予以确定。

### 一、采用充填采矿法比较有利的条件

1. 浅部矿体上面地表需要保护时,采用充填采矿法比较有利但还不能绝对保证围岩与地表不移动与下沉,只有在开采小型矿体时,才有可能实现。对厚大矿体包括水平面积很大的薄及中厚矿体在内,需要留有足够的天然矿柱,并用充填料回填采空区才能保证围岩与地表不移动与下沉。若地表需要保护,但不严格要求围岩不移动,地表不沉陷,如矿体上部有果园森林等需要保护,采用充填采矿法或事后充填采空区是可以达到目的的。

2. 矿石围岩都很破碎的矿山,可以选用下向水平分层充填法、方框支柱充填法或分层崩落法。从目前国内情况看,采用分层崩落法效果比采用下向水平分层充填法差些。

3. 要求贫化损失指标尽可能低,而对矿山生产规模可适当调整时,一般讲采用充填法比其他采矿方法较为有利,参看本章第三节。

4. 矿体形态很不规则,矿体厚度、倾角变化大,分枝复合现象严重时,采用充填采矿法较为有利,尤其是开采富矿、贵金属与稀有金属矿时。

5. 为了杜绝内因火灾,一般讲采用充填采矿法较为有利,但也有例外情况。在选用充填采矿法时,应与采用其他采矿方法加上有效的灭火措施予以技术经济比较后确定。例如湘潭锰矿,过去采用壁式陷落法加上黄泥灌浆灭火措施。与目前采用的水砂充填壁式采矿法相比,工作面作业条件相差很大。采用崩落法时,工作面含尘量大,温度高,另外还有酸性水的问题。

### 二、用充填法处理采空区

处理采空区一般有崩落法与充填法两种。在地表允许塌陷,且矿体上面岩层易于崩落时,可采用崩落法处理采空区,否则以采用充填法处理采空区为宜。

采用空场法的矿山,采空区面积随着回采工作进展不断扩大,若不及时处理,将产生矿山地压活动,造成围岩移动、地表沉陷以及地压增加影响生产作业面的正常安全生产。锡矿山南矿即属于这种情况。该矿在采用了尾砂充填采空区后,地压活动得到了有效的控制。国内采用充填法处理采空区的矿山还有车江铜矿、通化铜矿、古里铜矿等。

## 第五节 充填采矿法与其他采矿方法的技术经济比较

由于充填采矿法贫化损失小所带来的经济效果分析如下:

某矿山采用水砂胶结充填法与分段法的技术经济比较见表1—5。

由表1—5可见,某矿山采用充填采矿法时,由于贫化损失较采用分段法时为小,反映在经济效果方面的优点是:

1. 多回收地下资源,其中精矿中含铅金属量8.5万吨,含锌金属量22万吨。
2. 企业总盈利多1.6亿元。

若两种采矿方法的贫损指标差距更大些,则充填采矿法显示出的经济优越性将更大。

由于生产能力的差别,对经济效果的分析如下:

仍以上面所举某矿山为例,采用充填法与分段法相比较,在采用分段法时若矿山规模确定为2000吨/日,而采用充填法时,虽然矿块利用系数较分段法略大,但矿块生产能力要比分段法低一倍,故矿山规模只能达到1000吨/日或1500吨/日。在上面所列的比较项目基础上参与矿山规模加以比较如表1—6。



某矿技术经济比较表

表 1-5

比 较 项 目	充 填 法	分 段 法	差 额
地质储量 (万吨)	2000	2000	
地质品位 Pb (%)	5.5	5.5	
Zn (%)	12	12	
损失率 (%)	5	15	-10
贫化率 (%)	10	15	-5
出矿品位 Pb (%)	4.95	4.675	+0.275
Zn (%)	10.8	10.2	+0.6
选矿回收率 Pb (%)	77	77	
Zn (%)	92	92	
矿石总回收量 (万吨)	2111	2000	+111
金属总回收量 Pb (万吨)	80.5	72	+8.5
Zn (万吨)	210	188	+22
原矿成本 (元/吨)	31.8	24.7	+7.1
其中: 采 矿 (元/吨)	16.7	10.0	
原矿运输费 (元/吨)	0.3	0.3	
选矿费用 (元/吨)	9.5	9.5	
企业管理费 (元/吨)	1.6	1.6	
精矿销售费 (元/吨)	3.7	3.3	
精矿含金属价格 Pb (元/吨)	1510	1510	
Zn (元/吨)	917	917	
企业总产值 Pb (亿元)	12.2	10.9	
Zn (亿元)	19.3	17.2	
合 计 (亿元)	31.5	28.1	+3.4
企业总生产费用 (亿元)	6.7	4.9	+1.8
企业总盈利 (亿元)	24.8	23.2	+1.6

考虑到矿山规模时的经济比较表

表 1-6

比 较 项 目	充 填 法	分 段 法
矿山规模 (吨/日)	1000	1500
矿山服务年限 (年)	64	42.6
每年回收金属量 Pb (万吨)	1.3	1.9
Zn (万吨)	3.3	4.9
每年产值 (亿元)	0.5	0.75
每年企业盈利 (亿元)	0.39	0.58
前30.3年总回收金属量 Pb (万吨)	38.1	49.2
Zn (万吨)	99.4	128.3
前30.3年企业总盈利 (亿元)	11.7	15.2

从上表可见,在采用分段法时,整个矿山服务年限30.3年内可回收精矿含铅72万吨,精矿含锌188万吨。而在同一时期内采用充填采矿法时只能回收铅38.1或49.2万吨,锌99.4或128.3万吨,同样企业总盈利分段法也较多。故采用分段法虽然从总的资源利用上看比采用充填法差,但在近期内为国家多拿金属,为国家多创造财富这一方面比充填法为优越。在这种情况下,就应当考虑到当前国家对金属的需要与地质资源的充分利用之间的矛盾,找出矛盾的主要方面予以适当解决。