

# 采矿 工程师 手册

## *Mining Engineer's Handbook*



于润沧 主编



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

# 采矿工程师手册

## (下)

于润沧 主编

北京  
冶金工业出版社  
2009

## 内 容 提 要

本书分为上、下两册,共计 18 章,是一部全面介绍现代金属矿山开采工艺技术的工具书,它以矿山开采流程为线索,阐述了矿山开采的法律法规,矿产资源储量评价,相关的水文地质和矿山岩石力学应用,露天矿的开拓运输和开采工艺设计及优化,地下矿的开拓和提升运输,空场、充填和崩落三大类采矿方法及多种变形方案,同时专篇论述了深海采矿的崛起与发展,以深井开采、溶浸采矿和数字化矿山等为代表的现代采矿工艺技术,突出了矿山安全、环保和清洁生产等以人为本要求,强调了资源及项目的经济性和评价方法,并从国际矿业的视角汇集近年矿业并购的概况、合同采矿的管理等。全书贯穿了资源-经济-环境协调可持续发展的理念、企业的社会责任,并力求向读者简要展示全球矿业的前沿科学技术和 管理,以及未来的发展趋势。

本书可供从事矿产资源开发的科技人员、管理人员,高等院校相关专业师生查阅,也可供政府部门在制定相关规划和政策时参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

采矿工程师手册(下册)/于润沧主编. —北京:冶金工业出版社,2009.3

ISBN 978-7-5024-4845-5

I. 采… II. 于… III. 矿山开采—手册 IV. TD8-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 024926 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 程志宏 刘 源 美术设计 李 心 版式设计 张 青

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4845-5

北京盛通印刷股份有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2009 年 3 月第 1 版,2009 年 3 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 42.5 印张; 1138 千字; 667 页; 1-3000 册

199.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

## 《采矿工程师手册》编撰人员

**主 编** 于润沧

(以下按姓氏笔画排序)

**副主编** 刘育明 唐 建 郭 然 彭怀生 熊小放

**撰稿人** 于长顺 教授级高级工程师

于润沧 中国工程院院士、教授级高级工程师

王树勋 教授级高级工程师

史本琳 高级工程师

刘育明 教授级高级工程师

安建英 教授级高级工程师

朱瑞军 高级工程师

张 敬 高级工程师

李云武 教授级高级工程师

束国才 教授级高级工程师

施士虎 高级工程师

唐 建 教授级高级工程师

徐京苑 教授级高级工程师

郭旭东 高级工程师

郭 然 教授级高级工程师

高明权 高级工程师

彭怀生 教授级高级工程师

谢志勤 教授级高级工程师

熊小放 教授级高级工程师

特邀撰稿人 王明和 教授级高级工程师  
庄世勇 高级工程师  
严铁雄 教授级高级工程师  
李开文 教授级高级工程师  
李占民 教授级高级工程师  
李裕伟 研究员  
肖卫国 高级工程师  
邹来昌 高级工程师  
陈业立 高级工程师  
宫永军 教授级高级工程师  
胡汉华 教授  
唐绍辉 教授级高级工程师  
曾鹏毅 工程师  
童阳春 教授级高级工程师  
魏顺仪 教授级高级工程师



## 前 言

曾几何时,有人将矿业比喻为夕阳工业,诸多高等学府的采矿系鉴于生源日趋紧缺而纷纷“更名换姓”。然而,矿业是人类步入文明社会的奠基石,是国民经济发展乃至高新技术产业的重要物质基础。在实现工业化、建设小康社会的进程中,无论从保障原材料可持续供应的角度,还是从节能减排的角度,矿业的地位都更加突出。进入21世纪以来,中国、印度等若干发展中国家的工业化高潮,极大地刺激了金属市场需求和矿业投资的猛增,国际间跨国矿业集团的兼并、重组浪潮风起云涌,一时间,矿业界呈现出一派欣欣向荣的景象。近十多年年来,尽管矿石品位趋于降低、开采难度不断增加、环保要求日益严格,但在计算机技术、信息技术、现代化大型设备、岩石力学研究成果和经济全球化等的推动下,采矿技术获得了突飞猛进的发展,出现了日出矿13.7万t的地下矿山,采深达1000m的露天矿山和采深达4500m的深井开采矿山,年产阴极铜30万t的溶浸采矿矿山,数百千米的长距离矿浆管道输送工程,催生了生态矿业工程(如无废开采矿山)和远程遥控、自动化采矿的采区(最大单日生产能力达到2.8万t),采矿办公室化(在地表办公室遥控井下采矿作业)的理想已进入实现的婴幼儿期。在这些堪称“世界之最”的工程里,积淀了大量有代表性的采矿工程师的创造性成果,同时也赋予采矿工程师更崇高的历史使命:进一步推动矿业的加速发展。这种形势必将 对高校采矿学科的教学和发展产生重要影响,同时也要求采矿工程师不但应具备广博的知识和高超的技术水平,而且还必须具有国际视野,以适应经济全球化和我国在平等互利前提下实施全球矿产资源战略的要求,这些正是编写这部手册的历史背景。

本书以有限的篇幅为采矿工程师,特别是年轻的采矿工程师提供了在自己的实际工作中拓宽知识,更新思维,促进创新的参考资料,为此在书中既介绍了目前实用的专业技术知识,也介绍了采矿科技前沿的发展成果。基于技术的进步,书中有些提法可能会有别于过去的设计规范和手册,供读者参考。本书分为上、下两册,共计18章,涵盖国家现行有关矿业的法律、法规,矿产资源,矿山岩石力学,露天开采,地下开采的矿床开拓、空场采矿法、充填采矿法、崩落采矿法,深井开采的特殊技术,溶浸采矿,矿山清洁生产及生态与环境保护,矿山安全,矿山项目评价,数字化矿山,深海采矿,矿业企业并购及合同(承包)采矿以及若干常用的相关参考资料。如果本书能促使采矿工程师更加热爱采矿专业,能更加激发起其敬业的精神,手册的编撰者便感到非常欣慰了。

本书由中国工程院院士于润沧担任主编,中国有色工程设计研究总院的著

名教授级高级工程师彭怀生、郭然、熊小放、刘育明、唐建担任副主编,30多位专家、学者参加了本书的编写,参加撰稿的人员有:第1章,熊小放、史本琳;第2章,熊小放、徐京苑、郭旭东;第3章,郭然、唐绍辉;第4章,唐建、王树勋、于长顺、宫永军、庄世勇、曾鹏毅、陈业立、魏顺仪;第5章,刘育明、安建英;第6章,施士虎、张敬;第7章,郭然、于润沧;第8章,于润沧、童阳春;第9章,李云武、朱瑞军、肖卫国;第10章,刘育明、高明权;第11章,郭然、胡汉华;第12章,于润沧、李开文、邹来昌;第13章,彭怀生、高明权、朱瑞军;第14章,彭怀生、束国才、朱瑞军;第15章,谢志勤;第16章,于润沧;第17章,王明和、李裕伟、严铁雄;第18章,唐建、李占民。本书由于润沧、唐建统稿及终审定稿。由于水平所限,书中不妥之处望同行不吝赐教。

本书在编撰过程中参阅了大量的国内外文献资料,在此谨向有关文献作者表示衷心的感谢。阙世喆、高士田、顾秀华、本杰明、朱维根、宋连臣、刘国栋、夏长念等同行也为本书提供了珍贵的资料,在此一并向他们致以谢忱。

编 者  
2008年5月





4.7	露天矿排土工程及排土场 .....	311
4.8	露天矿边坡工程 .....	320
4.9	信息技术在露天开采中的应用 .....	325
4.10	砂矿开采 .....	338
4.11	露天转地下开采 .....	343
4.12	露天矿实例 .....	352
<b>5</b>	<b>地下矿开拓系统及井巷工程 .....</b>	<b>363</b>
5.1	工业场地设施及选址 .....	363
5.2	开拓系统的类型及其评价 .....	366
5.3	井巷工程及硐室工程 .....	397
5.4	井巷工程支护 .....	456
<b>6</b>	<b>矿井提升及运输系统 .....</b>	<b>486</b>
6.1	竖井提升 .....	486
6.2	斜井提升 .....	502
6.3	带式输送机运输 .....	520
6.4	机车运输 .....	549
6.5	无轨运输 .....	571
6.6	矿山粗破碎装置 .....	576
<b>7</b>	<b>地下采矿方法选择 .....</b>	<b>588</b>
7.1	采矿方法分类 .....	588
7.2	地下采矿方法选择 .....	590
7.3	矿山生产规模的确定 .....	599
7.4	井下采矿主要设备的选择 .....	601
<b>8</b>	<b>空场采矿法 .....</b>	<b>618</b>
8.1	概述 .....	618
8.2	全面采矿法 .....	618
8.3	房柱采矿法 .....	626
8.4	薄和极薄矿脉留矿采矿法 .....	641
(下 册)		
<b>9</b>	<b>充填采矿法 .....</b>	<b>1</b>
9.1	概述 .....	1
9.2	充填采矿法适用条件及分类 .....	4
9.3	上向分层充填采矿法 .....	11
9.4	进路充填法 .....	21

9.5	壁式充填采矿法 .....	30
9.6	削壁充填采矿法 .....	32
9.7	分段充填法 .....	34
9.8	空场嗣后充填法 .....	39
9.9	充填工艺技术及充填系统 .....	55
<b>10</b>	<b>崩落采矿法 .....</b>	<b>125</b>
10.1	概述 .....	125
10.2	无底柱分段崩落法 .....	126
10.3	有底柱分段崩落法 .....	151
10.4	阶段强制崩落法 .....	159
10.5	自然崩落法 .....	166
<b>11</b>	<b>深井开采的特殊技术 .....</b>	<b>236</b>
11.1	概述 .....	236
11.2	岩爆的监测、预防和控制 .....	237
11.3	深井开采降温技术 .....	260
<b>12</b>	<b>溶浸采矿 .....</b>	<b>282</b>
12.1	概述 .....	282
12.2	溶浸采矿的地面堆浸技术及矿山实例 .....	288
12.3	硬岩矿床的原地浸出 .....	314
<b>13</b>	<b>矿山清洁生产及生态与环境保护 .....</b>	<b>343</b>
13.1	矿山清洁生产 .....	343
13.2	矿井通风 .....	353
13.3	废气、粉尘、噪声控制 .....	382
13.4	矿山排水和水的再利用 .....	404
13.5	矿山土地复垦 .....	415
13.6	固体废料资源化 .....	425
<b>14</b>	<b>矿山安全 .....</b>	<b>428</b>
14.1	危害安全生产的因素 .....	428
14.2	事故调查分析 .....	433
14.3	灾变防治措施 .....	444
14.4	矿山安全组织机构及人员配备 .....	448
14.5	国外矿山安全事故人员伤亡情况 .....	448
<b>15</b>	<b>矿山项目评价 .....</b>	<b>461</b>
15.1	矿山项目可行性研究 .....	461

15.2	费用估算 .....	473
15.3	投资分析 .....	486
15.4	项目经营模式 .....	497
<b>16</b>	<b>数字化矿山 .....</b>	<b>503</b>
16.1	数字化矿山的概念及其特征 .....	503
16.2	数字化矿山理论基础和基本框架 .....	504
16.3	数字化矿山的关键技术 .....	507
16.4	国外矿山数字化建设发展概况 .....	508
<b>17</b>	<b>深海采矿 .....</b>	<b>519</b>
17.1	引言 .....	519
17.2	深海矿产资源 .....	520
17.3	资源勘查 .....	541
17.4	开采技术发展概况 .....	554
17.5	多金属结核开采 .....	559
17.6	钴结壳矿床开采 .....	607
17.7	块状多金属硫化物矿床开采 .....	612
17.8	深海采矿对海洋环境的影响 .....	618
<b>18</b>	<b>矿业并购和合同采矿 .....</b>	<b>626</b>
18.1	国际矿业重组和并购活动 .....	626
18.2	合同采矿 .....	629
18.3	采矿合同主要条款摘录 .....	642
18.4	采矿合同分项价格组成 .....	645
18.5	国外采矿合同定价方式 .....	648
<b>附录</b>	<b>单位的换算 .....</b>	<b>654</b>
附录 1	国际单位 - 导出单位 - 非国际单位换算 .....	654
附录 2	矿物粒度直径换算 .....	658
附录 3	坡度换算对照 .....	659
附录 4	货币名称中文对照 .....	659

# 9 充填采矿法

9.1 概述	1	9.7.3 赞比亚谦比西铜矿分段 充填法	36
9.2 充填采矿法适用条件及分类	4	9.7.4 苏联克里沃罗格矿区 分段充填采矿法	38
9.2.1 充填采矿法适用范围	4	9.8 空场嗣后充填法	39
9.2.2 充填采矿法分类	4	9.8.1 工艺技术特点	39
9.2.3 不同充填采矿法对充填体 强度的要求	5	9.8.2 分段空场嗣后充填 采矿法	40
9.2.4 不同充填法的主要指标	7	9.8.3 VCR 法和 大直径深孔空场 嗣后充填采矿法	42
9.3 上向分层充填采矿法	11	9.8.4 矿山实例	43
9.3.1 工艺技术特点	11	9.9 充填工艺技术及充填系统	55
9.3.2 实例	14	9.9.1 充填材料	55
9.4 进路充填法	21	9.9.2 充填料浆浓度及配比	65
9.4.1 工艺技术特点	21	9.9.3 充填体力学性质	67
9.4.2 上向进路充填法及实例	21	9.9.4 充填料浆流体力学特性	70
9.4.3 下向进路充填法及实例	25	9.9.5 高浓度和膏体充填料浆 的流变特性	74
9.5 壁式充填采矿法	30	9.9.6 充填系统	79
9.5.1 工艺技术特点	30	9.9.7 国内矿山充填系统实例	96
9.5.2 湘潭锰矿壁式充填法	31	9.9.8 国外矿山充填系统实例	111
9.6 削壁充填采矿法	32	9.9.9 充填体强度设计	121
9.6.1 工艺技术特点	32	9.9.10 充填采矿工艺技术 发展趋势	123
9.6.2 桃江锰矿削壁充填法	32	参考文献	123
9.6.3 金厂沟梁金矿削壁 充填法	33		
9.7 分段充填法	34		
9.7.1 工艺技术特点	34		
9.7.2 大冶丰山铜矿分段 充填法	35		

## 9.1 概 述

充填采矿法是一种比较古老的采矿方法。充填是指用适当的材料,如废石、碎石、河沙、炉渣或尾砂等,把地下采矿形成的空间进行回填的作业过程。充填的作用除用来防止由采矿引起的岩层大幅度移动、地表沉陷外,在充分回收矿产资源特别是高价和高品位矿石、保护生态和环境以及矿业可持续发展方面日益显示出其重要的作用,对深井开采和极复杂矿床开采也具有重要意义。因此,充填法的比重呈不断增长趋势。

在 20 世纪 30 年代之前,充填采矿法还只是采用干式充填。1933 年加拿大诺兰达公司的 Home 矿利用粒状炉渣和脱泥尾矿再加入磁黄铁矿混合形成充填材料,磁黄铁矿的氧化作用把



尾砂和炉渣胶结在一起,可以在其中掘进巷道而无须支护,这一尝试揭开了胶结充填的序幕。加拿大柯明柯公司 Sullivan 矿利用地表砾石、掘进废石、重介质尾矿和硫化物尾矿组成胶结充填料成为另一种尝试。前苏联库茨巴斯煤田利用低标号混凝土充填以提高回采率和窒息内因火灾,是又一种尝试。但是这些尝试由于在使用过程中遇到了种种问题,都未能推广应用。直到 1957 年,分级尾砂加硅酸盐水泥的胶结充填在加拿大鹰桥公司哈迪矿应用成功,才使胶结充填技术达到了生产实用阶段。在此之后,充填采矿法获得了非常迅速的发展。

胶结充填技术对金属矿山地下开采产生了巨大的影响,使不少复杂的技术难题从此找到了解决的途径。过去极厚大矿体的矿柱回采,一般都用大量崩落法,损失率、贫化率皆在 40% 以上。采用胶结充填技术,可以使贫化率和损失率降低到 5% ~ 7% 以内,从而最大限度地回收高价和高品位矿石,同时显著提高出矿品位,带来显著的经济效益。采用胶结充填技术,可以大幅度地降低岩层的移动,使水体下、建筑物下采矿和优先开采深部或下盘富矿得以实现,做到“采富保贫”。采用胶结充填技术,可以在一定程度上控制地压,对深井开采缓减岩爆威胁具有重要意义。此外,胶结充填技术与大型无轨设备相结合,使古老的充填采矿法面貌焕然一新,开始进入高效率采矿方法的行列。某些采用分层充填法的先进矿山,劳动生产率已达到 50 t/工班,盘区生产能力达到 800 ~ 1000 t/d。

纵观胶结充填技术在充填法中应用的历史,基本上沿着经济因素、料浆参数因素和环境因素这三条主线发展的。从经济因素看,胶结充填技术虽然能给矿山带来诸多利益,但也存在不少问题,主要是投资增加,生产环节复杂,生产成本提高,在充填料浆浓度低的情况下,井下环境污染严重。因此,只有当胶结充填带来的经济效益足以平衡这些问题造成的影响时,才有可能得到推广应用。所以,降低成本便成为充填技术发展的永恒主题。

至于料浆参数因素,料浆浓度对于胶结充填具有头等重要的意义,高浓度不仅是提高充填体强度的有效途径,而且也是降低水泥单耗,节约充填费用的最佳措施,一举两得。遗憾的是当胶结充填技术应用了十多年后,人们才开始认识到这一点。所谓高浓度有特定的物理含义,即随着料浆浓度的提高,其流变特性逐渐发生变化,从图 9-1  $i-v$  关系曲线可知,当浓度低于某一临界值时,曲线为上凹曲线;当浓度达到此临界值时, $i-v$  关系基本呈线性关系;如继续提高料浆浓度,

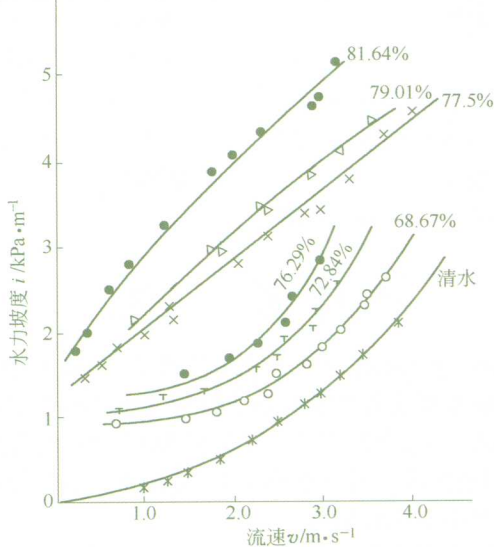


图 9-1 水平直管  $i-v$  曲线



$i-v$  曲线成为下凹曲线。此临界值称为临界流态浓度,高于临界流态值的浓度才能称为高浓度。此时,料浆流态特性已发生变化,呈似均质状态,基本不产生离析,可在很低的流速下正常输送,但摩擦阻力增长很快。不同物料具有不同的临界流态浓度,须通过试验确定。从低浓度的分级尾砂水力充填到高浓度充填,是胶结充填技术发展的第一次飞跃。充填料在采场内不脱水,是充填法一种更高的技术追求,标志着胶结充填技术发展的第二次飞跃。膏体充填和高水速凝充填都可以实现充填过程不脱水,膏体充填在国外已进入快速发展阶段,在国内也开始应用于生产;高水速凝充填由于成本和充填体后期强度问题尚处于试验阶段。

由于环保要求日益严格,矿山产出的大量废石和尾矿除综合利用外,如能最大限度地用于充填,对减少占地、减少对生态和环境的影响、构建生态采矿工程具有重要意义,这就是环境因素。膏体充填可以采用全尾砂,与利用分级尾砂的水力充填比较,不仅有利于剩余尾砂的堆坝,而且膏体充填技术还催生了尾砂的干式、半干式储存以及和废石一起处理,这种技术正在逐步得到广泛应用。

在实际生产中,胶结充填和非胶结充填总是根据具体情况配合使用。在两步骤回采方案中,第二步回采除底部结构外,充填只是起支撑岩层的作用,则不需要添加胶凝剂,只有当采用膏体充填时,需要添加少量水泥以防止液化。开采低品位矿床时,可以通过经济比较,确定是否采用保留少量永久矿柱采用非胶结充填。对于某些矿床,倾斜进路非胶结充填连续回采也是可供选择的方案。

非胶结充填的充填料主要是利用分级尾砂,分级界限为  $20 \sim 37 \mu\text{m}$ ,多数采用后者,达到至少  $10 \text{ cm/h}$  的渗透率,也有少数实例采用河沙、风沙、棒磨砂作为充填料,加水泥后便成为胶结充填料。非胶结充填料的输送为遵循两相流理论的水力输送,输送流速必须大于临界流速。

中国充填工艺技术的发展,经历了废石干式充填、碎石混凝土胶结充填、分级尾砂水力充填和胶结充填、高浓度棒磨砂或分级尾砂胶结充填、全尾砂膏体胶结充填(包括各种固化剂代替水泥做胶凝剂)的发展过程。

在 20 世纪 50 年代初期,废石干式充填采矿法曾经是中国主要的采矿方法之一,1955 年在有色金属矿床地下开采中占 38.2%,在黑色金属矿床地下开采中达到了 54.8%。但随着回采技术的发展,废石干式充填因其效率低、生产能力小和劳动强度大,已满足不了生产要求。因而,自 1956 年开始,国内干式充填法所占比重逐年下降,到 1963 年在有色矿山担负的产量仅占 0.7%,处于被淘汰的地位。

1960 年湘潭锰矿开始采用碎石水力充填,防止矿坑内因火灾;凡口铅锌矿从 1964 年开始采用压汽缸风力输送混凝土,充填体水泥单耗为  $240 \text{ kg/m}^3$ ;金川龙首镍矿亦于 1965 年开始应用戈壁集料作为充填集料的胶结充填工艺,并采用电耙接力输送,其充填体水泥单耗量为  $200 \text{ kg/m}^3$ 。这种粗骨料胶结充填工艺输送复杂,充填能力不高,因而一直未获得大规模推广使用。在 20 世纪 70~80 年代,几乎完全被细砂胶结充填取代。

1965 年,锡矿山南矿为了控制大面积地压活动,首次采用了尾砂水力充填工艺充填采空区。1973 年焦家金矿开始采用立式砂仓分级尾砂胶结充填料浆水力输送工艺的上向分层充填法,随后铜绿山铜矿、招远金矿、新城金矿和凡口铅锌矿等矿山也都应用了类似的充填工艺,到 20 世纪 80 年代以后已有数十座矿山广泛推广采用了立式砂仓分级尾砂胶结充填工艺技术。

1975 年,金川镍矿与北京有色冶金设计研究总院、长沙矿山研究院合作开发了戈壁集料棒磨砂高浓度胶结充填技术,使我国在高浓度充填方面居于国际前列。后来安庆铜矿等矿山在此

基础上又发展了高浓度分级尾砂胶结充填。

20世纪90年代初,金川镍矿、凡口铅锌矿、招远金矿等矿山开始了全尾砂充填的试验研究工作。1991年,金川镍矿率先引进了全尾砂膏体充填技术,进行了膏体充填的工业试验,并建成了相应的充填系统。1992年在铜绿山铜铁矿建成了我国第二套膏体充填系统。2006年云南会泽铅锌矿利用引进的深锥浓密机制备膏体充填料的系统建成投产。在此期间,几种取代水泥做胶凝材料的固化剂专利技术研究成功,并在大红山铜矿等生产中得到应用。

## 9.2 充填采矿法适用条件及分类

### 9.2.1 充填采矿法适用范围

充填采矿法适用的范围包括:

- (1) 矿石和围岩破碎、稳固性较差、品位较高的富矿体;
- (2) 稀有、贵重金属矿床;
- (3) 矿体形态变化较大,很不规则,分枝复合现象严重,含夹石多的矿床;
- (4) 地表有建筑物、铁路、公路、水体、农田、果园、村庄等需要保护,不允许陷落;
- (5) 露天地下联合开采,露天开采需要安全保证;
- (6) 有发热、自燃、火灾、放射性等危害的矿床;
- (7) 地压较大、赋存深度较深的矿体;
- (8) 矿体垂深很大,需在垂直方向上分数个区段同时开采的矿床;
- (9) 因某种原因,需从下而上回采的矿床。

总的来说,充填采矿法的适应条件很广,但它的种类很多,选择哪种充填法取决于矿体的稳固性和矿体产状。

### 9.2.2 充填采矿法分类

充填采矿法分类一般根据矿岩稳固性、矿体几何形态及空间赋存特点,按照采场构成要素、采场布置形式、回采作业顺序、采矿工艺等特点进行划分。主要可分为分层充填法、进路充填法、壁式充填法、削壁充填法、分段充填法、嗣后充填法。充填采矿法的分类及适用条件如表9-1所示。

表9-1 充填采矿法分类及适用条件表

充填采矿法分类		矿岩稳固性	赋存条件
分层充填法	上向分层充填法	矿体稳固,围岩不稳固	倾斜、急倾斜,中厚、厚矿体
	上向分层点柱充填法	矿体中等稳固,围岩不稳固	倾斜、急倾斜,中厚、厚矿体
进路充填法	上向进路充填法	矿体不稳固到中等稳固,围岩不稳固、稳固	倾斜、急倾斜,薄到极厚矿体
	下向进路充填法	矿体极不稳固,围岩不稳固到稳固	倾斜、急倾斜,薄到极厚矿体



续表 9-1

充填采矿法分类		矿岩稳固性	赋存条件
壁式充填法		矿体极不稳固到不稳固,围岩不稳固到稳固	缓倾斜、薄矿体
削壁充填法		矿体不稳固到稳固,围岩不稳固到稳固	缓倾斜到急倾斜,极薄矿体
分段充填法		矿体不稳固到中等稳固,围岩不稳固到稳固	倾斜、急倾斜,中厚、厚矿体
嗣后充填法	分段空场嗣后充填法	矿体中等稳固、稳固,围岩中等稳固、稳固	倾斜、急倾斜,中厚到极厚矿体
	VCR法	矿体稳固,围岩稳固	急倾斜,中厚到极厚矿体
	大直径深孔空场嗣后充填法	矿体稳固,围岩稳固	急倾斜,中厚到极厚矿体

充填采矿法各方案和矿岩稳定性的关系如图 9-2 所示。

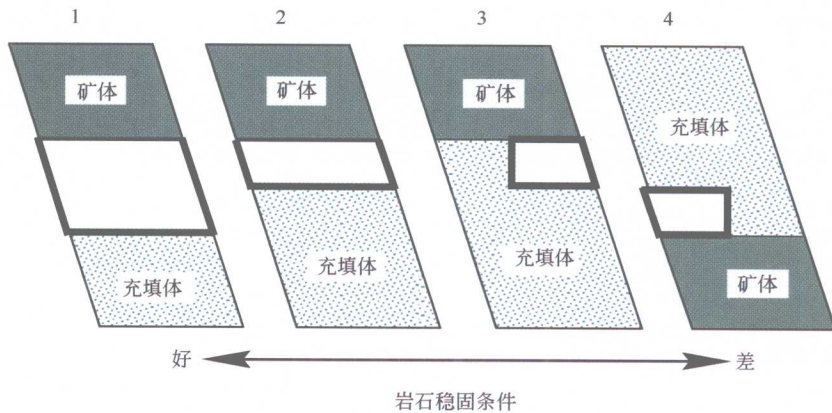


图 9-2 充填采矿法各方案和矿岩稳定性关系图

1—分段或阶段空场嗣后充填法、分段充填法；2—上向分层充填法；  
3—上向分层进路式充填法；4—下向分层进路式胶结充填法

### 9.2.3 不同充填采矿法对充填体强度的要求

采用充填采矿法开采,对充填体强度的要求取决于矿体的赋存条件、岩石物理力学性质和采矿工艺特点,与采场布置形式、回采顺序、暴露面积、暴露时间等有密切的关系。不同充填采矿法的充填体在回采过程中所起的作用不同,对其强度要求自然也不一样。总结国内矿山充填采矿法的实际指标和国外充填采矿法矿山的经验,不同充填采矿法对充填体强度的要求可参考表 9-2,国外部分矿山充填体强度见表 9-3。

表 9-2 不同充填采矿法充填体强度选取表

充填采矿法	充填体作用	充填体强度/MPa
沿走向上向分层充填法,点柱充填法	(1) 保证自行设备正常行走; (2) 采场底部强度要求较高,为人工底柱或人工顶板	充填体表层(垫层):1~2; 其他:0~0.5; 人工底柱:4~5
上向进路充填法	(1) 自行设备能正常行走; (2) 相邻进路回采时充填体不垮落; (3) 第1~2分层强度要高	充填体表层:1~2; 其他:0.5~1; 第1,2分层:4~5
下向进路充填法	(1) 保证在人工假顶下作业安全; (2) 相邻进路回采时充填体不垮落	假顶:4~5; 其他:1~2
壁式充填法	相邻进路回采时充填体不垮落	0~0.6
分段充填法	(1) 保证充填体有较大的自然安息角; (2) 个别作假巷时不垮落	0~1 或 2~4
间柱需用阶段充填法回采的充填体	(1) 充填体允许暴露面积大于 1500~2000 m <sup>2</sup> ; (2) 充填体在回采结束之前能自立	一般:1~2; 高阶段:1~4

表 9-3 国外部分矿山充填体强度

矿山名称	采矿方法	水泥含量或灰砂比	充填体平均强度/MPa
Mount Isa 矿 1100 号矿体(澳大利亚)	分段与阶段空场嗣后充填	含水泥 6%~8%	2.3(块石胶结); 1.1(水砂胶结)
Kidd Creek(加拿大)	分段空场嗣后充填	含水泥 6%,岩石充填	1
Kristinberg A 矿体 (厚度 < 5 m)(瑞典)	上向分层充填	1:20 分级尾砂胶结充填 最后 1 m 为 1:10~1:12	
Garpenberg(瑞典)	下向进路充填	进路最下部留 0.3 m 矿石 然后 1.8 m 为 1:4 分级尾 砂胶结 再上 2.4 m 为 1:10 分级 尾砂胶结	3
Broken Hill(澳大利亚)	下向充填法假顶厚 1 m; 上向分层充填电耙运矿 垫层	1:10 分级尾砂胶结充填	
Strathcona(加拿大)	矿房:点柱充填法; 间柱:VCR 法	1:30 分级尾砂胶结充填	0.35~0.4
Levack West(加拿大)	矿房:上向水平分层充填; 间柱:VCR 法	1:30 分级尾砂胶结充填	
	分段充填法	水泥添加量 60~83 kg/m <sup>3</sup>	2~3
	矿房:分段充填法; 间柱:空场嗣后充填或分 段充填法	含水泥 5% 的尾砂胶结 充填	1~4