

中厚矿体卸压开采 理论与实践

王文杰 著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

中厚矿体卸压开采 理论与实践

王文杰 著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2013

内 容 提 要

本书结合中厚矿体开采特点,分析了中厚矿体开采后的基本地压活动规律和分布特征,研究了中厚矿体采用崩落法卸压开采时的影响因素,阐述了卸压开采与矿体条件、采场结构参数、回采参数以及崩落矿岩性质间的相互影响关系,提出了卸压开采与各影响因素间的约束条件;分析了卸压开采与矿石回采指标间的关系,建立了崩落法卸压开采的参数优化模型,并分析了崩落法卸压开采适合中厚矿体的条件;根据卸压开采原理,分析了卸压程度与巷道支护参数间的协调关系;最后介绍了两个矿山中厚矿体的不同卸压开采方案。

本书可供从事金属矿山地下开采生产的工程技术人员以及难采金属矿体开采方法的研究人员参考,对高等院校矿业工程等相关专业的师生也有较好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

中厚矿体卸压开采理论与实践/王文杰著. —北京:
冶金工业出版社, 2013. 10

ISBN 978-7-5024-6413-4

I. ①中… II. ①王… III. ①中厚矿体采矿法
IV. ①TD853. 25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013) 第 245738 号

出 版 人 谭学余

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 yjcs@cnmip.com.cn

责任编辑 张耀辉 美术编辑 杨 帆 版式设计 孙跃红

责任校对 禹 蕊 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-6413-4

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京百善印刷厂印刷

2013 年 10 月第 1 版, 2013 年 10 月第 1 次印刷

148mm×210mm; 9.25 印张; 271 千字; 282 页

36.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

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(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)



· 前 言 ·

矿产资源是社会发展所需的基础材料，是工业化进程以及人类文明进步所需的原料。对矿产资源进行充分开发利用和提高资源回收率是矿产资源开发利用的基本原则。随着金属矿山开采深度的增加，以及矿产资源的日渐枯竭，对矿产资源进行安全高效的充分回收并降低回收成本是资源开发利用中应着力解决的重点问题。

我国地下开采的金属矿山中，中厚矿体所占比例较大，且随着采深增加，许多厚大矿体也分枝成中厚矿体，因此中厚矿体的比例将会进一步增大。随着开采深度的增加，地压对回采的影响也会逐渐增强，采准工程及采场受地压破坏的风险也会越来越大。增加中厚矿体开采中采准工程稳定性，保证生产安全是顺利开采的前提。

通过加强支护以及其他地压控制综合措施可以解决中厚矿体开采中地压对采准工程的破坏影响，但是所能取得的效果和付出的成本却往往不成比例。因此，如何采取更为有效的低成本措施来降低地压对开采的破坏影响是值得探索的。

卸压开采是运用应力转移原理，将回采区的高应力通过一定的卸压措施转移到四周，使区内应力降低，改善矿岩体的应力分布状态，控制由于多次采动影响而造成的应力增高带相互重叠的程度，从而实现顺利开采。根据卸压方式不同，其基本可以分为周边卸压、巷道卸压和开采卸压三种。由于周边卸压和巷道卸压都需要额外布置相应的卸压工程，增加开采成本，因此开采卸压是中厚矿体相对较理想的卸压方式，即可以通过开采卸压来降低地压对中厚矿体的影响，从而实现安全生产的目标。

本书结合中厚矿体开采特点，分析了中厚矿体开采后的基本

地压活动规律和分布特征,并重点分析了中厚矿体采用崩落法卸压开采时的影响因素,阐述了卸压开采与各影响因素间的约束关系。由于卸压开采与矿石回采指标间存在着矛盾关系,为了卸压需要多回采废石,从而增加了矿石贫化率,而过大的贫化率必然造成生产成本的增加。为此,本书分析了卸压与矿石回采指标间的影响关系,建立了崩落法卸压开采的参数优化模型,并分析了崩落法卸压开采适合中厚矿体的条件。

虽然卸压开采可以有效降低采场及主要巷道位置处的地压,但仍需要在卸压之后采取相应支护措施,通过卸压与支护相配合的综合措施来保证主要巷道的稳定性。本书根据卸压程度不同,分析了卸压与巷道支护间的协调关系。

本书最后介绍了赞比亚谦比西铜矿中厚倾斜矿体采用无底柱分段崩落法卸压开采的技术方案及参数,介绍了广西高峰矿深部中厚矿体采用充填法开采时的卸压措施和主要工程布置方案。

书中相关内容的研究工作获得了东北大学任凤玉教授的悉心指导,谨在此表示衷心的感谢!在与本书编写相关的工作中,马生徽、马雄忠、叶鹏、钱立、李贤参与了部分数值计算及分析工作,并对书稿进行了校对,在此对他们的付出表示感谢!

本书的撰写和出版得到了国家自然科学基金项目“中厚矿体崩落卸压机理及动态约束研究”(50804036)的资助;书中工程实例介绍得到了中国有色建设集团赞比亚谦比西铜矿和广西华锡集团高峰矿业公司的支持,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中不当之处,恳请广大读者批评指正!

作 者
2013年8月

· 目 录 ·

1 中厚矿体开采特点及现状	1
1.1 研究背景	1
1.2 倾斜中厚矿体开采现状	2
1.2.1 低分段落矿高分段出矿分段矿房法	2
1.2.2 低分段连续回采分段矿房法	3
1.2.3 爆力运矿高分段矿房法	3
1.2.4 喷锚网支护无底柱分段崩落法	4
1.2.5 预切顶中深孔房柱法	4
1.2.6 有底柱浅孔留矿法	5
1.2.7 分段矿房法	5
1.2.8 上向进路充填法	6
1.2.9 点柱水砂充填法	6
1.2.10 阶段分条充填法	7
1.3 卸压开采研究现状	7
1.3.1 卸压原理与方法	8
1.3.2 无底柱分段崩落法卸压开采研究和应用现状	11
参考文献	17
 2 金属矿地下开采地压控制方法	21
2.1 矿山地压研究的发展历程	21
2.2 地压控制技术发展现状	24
2.3 地压产生原因及基本特征	26
2.3.1 地压产生原因	26
2.3.2 采场地压的特点	26
2.4 影响矿山地压的基本因素	28
2.4.1 地质因素	28

2.4.2 生产因素	29
2.5 矿山地压研究方法	32
2.5.1 现场监测	32
2.5.2 实验室模拟	32
2.5.3 数值分析	34
2.6 地下矿山地压控制方法	35
2.6.1 深部开采生产管理	35
2.6.2 采空区充填处理	37
2.6.3 采场及巷道的维护	39
参考文献	42
3 研究方法及岩体力学参数估算	44
3.1 数值计算方法	44
3.1.1 FLAC ^{3D} 基本原理	45
3.1.2 FLAC ^{3D} 计算模型	49
3.1.3 基于ANSYS平台的FLAC ^{3D} 建模	53
3.2 计算岩体力学参数估算	54
3.2.1 强度指标估算	55
3.2.2 变形模量估算	60
3.3 工程岩体稳定性分级	61
3.3.1 岩体分级方法研究进展	61
3.3.2 主要岩体分级方法	62
参考文献	70
4 中厚矿体开采地压分布规律研究	75
4.1 数值计算模型建立	75
4.1.1 计算模型简化	75
4.1.2 数值计算方案及模型	77
4.2 数值计算参数选取	82
4.3 模型监测点布置	82
4.4 计算结果分析	84

4.4.1 空区跨度对地压分布规律影响分析	85
4.4.2 矿体倾角对地压分布规律影响分析	116
4.4.3 采场布置形式对地压分布规律影响分析	125
4.5 中厚矿体开采主要地压分布特征	137
5 卸压开采影响因素分析	139
5.1 影响卸压开采的因素分析	140
5.2 采场结构参数与卸压开采的关系	141
5.2.1 卸压角的确定	141
5.2.2 边孔角与卸压开采的关系	143
5.2.3 分段高度与卸压开采的关系	145
5.2.4 矿体产状与卸压开采的关系	147
5.3 中厚倾斜矿体无底柱分段崩落法卸压开采的 数学模型	149
6 崩落法卸压开采适用条件	152
6.1 卸压开采影响因素	152
6.2 卸压开采适用条件建立	153
6.2.1 卸压开采约束条件	153
6.2.2 卸压开采适用条件	153
6.3 卸压开采影响因素与技术经济指标间影响关系	156
7 卸压与支护间协调关系	161
7.1 锚杆支护的发展及应用现状	162
7.2 锚杆支护理论的发展现状	163
7.2.1 悬吊理论	163
7.2.2 组合梁理论	164
7.2.3 组合拱理论	165
7.2.4 最大水平应力理论	166
7.2.5 全长锚固中性点理论	167
7.2.6 松动圈理论	167

7.2.7 围岩强度强化理论	168
7.2.8 锚固力与围岩变形量关系理论	168
7.2.9 锚固平衡拱理论	169
7.3 锚杆支护理论的发展趋势	169
7.4 锚杆支护参数设计	171
7.4.1 锚杆支护设计原则	171
7.4.2 锚杆支护设计方法	172
7.5 卸压支护数值分析	178
7.5.1 数值计算方案	178
7.5.2 数值计算模型	179
7.5.3 计算参数选取	179
7.5.4 计算结果分析	181
7.6 卸压与锚杆支护间协调关系	216
参考文献	219
8 谦比西铜矿卸压开采研究	220
8.1 地质概况	220
8.2 岩体稳定性分级	221
8.2.1 岩体结构面调查	221
8.2.2 岩体稳定性分级	222
8.3 谦比西铜矿卸压开采方案研究	224
8.3.1 分段崩落法卸压开采的可行性分析	225
8.3.2 分段高度及边孔角的确定	228
8.4 谦比西铜矿卸压开采方案数值分析	230
8.4.1 卸压方案计算模型的建立	230
8.4.2 计算参数选取	231
8.4.3 模型测点的布置及监测	233
8.4.4 数值计算结果分析	234
8.4.5 进路位置的确定	239
8.5 卸压开采方案设计	239
8.6 谦比西铜矿锚杆支护方案优化	242

8.7 谦比西铜矿卸压开采方案的实施效果	244
8.7.1 巷道收敛监测	244
8.7.2 卸压开采方案的实施效果	245
9 高峰矿深部卸压开采技术研究	247
9.1 地质概况	247
9.2 高峰矿地应力环境分析	249
9.3 105 号矿体采空区分布情况	251
9.4 高峰矿岩体稳定性分级	253
9.5 高峰矿深部开采地压活动规律	254
9.5.1 计算模型的建立	254
9.5.2 岩体力学参数选取	256
9.5.3 屈服准则	257
9.5.4 边界条件	259
9.5.5 计算方案	261
9.5.6 采动地压分布特征	262
9.6 高峰矿卸压开采可行性	271
9.6.1 高峰矿开采基本现状	271
9.6.2 高峰矿充填开采后上下盘地压分布特征	273
9.7 高峰矿卸压开采基本思路	281

1 中厚矿体开采特点及现状

1.1 研究背景

新中国成立以来,我国金属矿采矿技术迅速发展,特别是近30年来,全面开展了各种现代化采矿工艺和技术的攻关研究,使我国金属矿采矿技术水平迅速提高,有力地促进了金属矿开采工业的发展^[1~3]。而在整个金属矿采矿工业中,地下开采的矿山数目远远大于露天开采的矿山数目,并且随着露天开采的不断延深,不适合采用露天开采方式继续开采的矿山也将由露天开采转为地下开采。可见,采用地下开采的矿山数目还将不断增多。

据统计,在我国金属矿床地下开采中,中厚倾斜矿体开采数目约占矿床开采总数的23%,而随着地下开采深度的增加,许多矿体都出现尖灭现象或分支复合现象,这将使中厚倾斜矿体的开采比例进一步增大。该类矿体的开采特点是崩落矿石的移动空间条件较差,因此对采准工程的可靠性要求比较严格。而随着地下矿山开采深度的不断增加,越来越多的地下矿山都面临着地压显现明显,对回采造成的危害越来越严重的问题,从巷道的破坏形式来看,都是在受压作用下发生的逐渐破坏。因此,对于矿岩比较松软破碎的中厚倾斜矿体,一旦采准工程遭到地压作用而发生破坏,其负担的矿量容易成为永久损失。

从资源占有量来看,到2003年,我国已查明的矿产资源总量约占世界的12%,属于世界上资源大国之一。但是我国人口众多,人均占有量只有世界人均占有量的52%,而经济需求量大的铜、铝、铅、锌、镍大宗矿产资源储量占世界比例只有3.9%、2.3%、12.6%、11.8%和4%。而随着我国经济的快速发展,对矿产资源的需求也在不断增加,原料短缺的形势日益严峻,对国外的原料依赖程度也越来越大。2004年,进口的铁矿石占消耗量的55%,铜为

70%^[4~6]。因此,为了满足国家经济建设对矿产资源日益增长的需求,必须加大难采矿体的研究与开发。

1.2 倾斜中厚矿体开采现状

倾斜中厚矿体,倾角 $30^{\circ} \sim 55^{\circ}$,矿体平均厚度 $4 \sim 15\text{m}$,是国内外公认的难采矿体,在金属和非金属矿山占有很大的比重。特殊的矿体产状,使此类矿体在开采过程中出现一系列技术问题,如采矿方法难以选择、采切工程量大、崩矿和矿石运搬困难、机械化程度和作业效率低、生产周期长等。国外的矿体价值、品位相对较高,多采用高成本的充填法开采。而我国大多数矿床价值、品位不高,多采用分段空场法、爆力运搬法、无底柱分段崩落法等,虽在一定程度上降低了采矿成本,但仍存在生产能力低、矿石损失率高、劳动强度大等问题。

1.2.1 低分段落矿高分段出矿分段矿房法

胡家峪铜矿南河沟7号矿体为沉积变质似层状铜矿床,含矿岩为硅化大理岩,比较稳固, $f=8 \sim 10$,倾角 $40^{\circ} \sim 55^{\circ}$,矿体平均厚度 $5 \sim 6\text{m}$,含铜品位 0.79% 。矿体上盘为大理岩,较稳固;下盘为黑色片岩,不稳固, $f=4 \sim 6$,在靠近矿体处有一较大的断层破碎带。矿山采用低分段落矿高分段出矿分段矿房法开采。

阶段高度为 50m ,分段高度为 $17 \sim 25\text{m}$ 。为了便于探矿和回采落矿,分段之间再掘进凿岩分段巷道,形成低分段落矿,高分段出矿。矿体沿走向划分为盘区,盘区长一般为 $60 \sim 150\text{m}$,盘区内形成完整的人行通风系统,每隔 $50 \sim 60\text{m}$ 划分一个矿块。在每个矿块中布置一个贯通上下阶段沿脉巷道的天井,由此掘进分段巷道。电耙道沿底盘脉内布置,漏斗间距 5.5m ,为单侧堑沟漏斗。回采前,选择矿体厚大部位开切割槽,切割槽的形状多采用“T”字形,可以保证切割质量。使用YGZ-90型凿岩机,用垂直扇形中深孔落矿。采用人工组合炮棍,用BQ-100型装药器装粉状铵油炸药。采用挤压爆破,以减少大块率,电耙出矿。

1.2.2 低分段连续回采分段矿房法

杨家杖子矿体由矽卡岩型和角页岩型辉钼矿构成,节理发育,部分地段不够稳固, $f=10$ 。矿体厚度8~10m,倾角 $30^{\circ}\sim 35^{\circ}$,上盘为矽卡岩及部分结晶灰岩,中等稳固, $f=12\sim 14$ 。下盘为黑色页岩,节理发育,破碎,不稳固, $f=5\sim 8$ 。矿山采用低分段连续回采分段矿房法开采。

阶段高度为35m,分段高度为12m。分段中留临时顶柱,一般斜长为5m左右。在分段凿岩巷道中钻凿垂直扇形中深孔或深孔,侧向挤压爆破,或采用前倾扇形中深孔或深孔,侧向自由爆破。为了减少矿石损失和有利于放矿,施工设计要求矿石放至电耙道后,用电耙运到溜井放出。为了回采顶柱,每隔一定距离将电耙道刷帮扩大成凿岩硐室,从硐室中向顶柱打深孔,借助爆力将矿石抛至堑沟中放出。顶柱的落矿步距为20m,控顶距为30~50m。

1.2.3 爆力运矿高分段矿房法

青城子铅锌矿棒子沟坑口289矿脉,赋存于混合变质粒岩与角闪片岩之间的压扭性破碎带中,呈脉状、似层状产出。矿石主要由方铅矿和闪锌矿组成, $f=8\sim 10$ 。下盘为黏土质沉积变质的混合质变粒岩,坚硬, $f=12\sim 14$,但局部地段三角节理比较发育,与矿脉接触处有一层0.5~1.7m厚的砂线石英云母片岩,节理发育,不稳固, $f=5\sim 6$ 。矿体的直接顶板为2~10m厚的石墨化白云石大理岩, $f=6\sim 8$,不稳固,易片落或冒落。老顶为角闪片岩,细粒晶结构,片状构造,绢云母化和硅酸盐化,较坚硬, $f=10\sim 12$,稳固性较好。矿体走向长1500m,沿倾斜延深240m;矿体倾角 $25^{\circ}\sim 55^{\circ}$,平均 40° ;矿体厚度1.5~18m,其中4~8m厚的中厚矿体占矿脉储量的46%。矿山主要采用爆力运矿高分段矿房法开采。

阶段高度为30m,分段高度为15m。沿走向将分段划分为长32m的回采单元,在其中布置2~3个凿岩天井。分段电耙道布置在底盘脉外,各分段有溜井及人行井与阶段运输巷道连通,端部有通风井与上阶段回风道相通。采用堑沟底部结构,漏斗间距5~6m,漏斗高

4m。切巷应靠下盘布置,以浅孔形成一个4m宽的小立槽,然后布置垂直扇形中深孔,沿走向布置堑沟。自凿岩天井打垂直矿体的扇形中深孔崩矿,借助爆破的抛掷力,将矿石沿矿体底板抛掷到底部堑沟漏斗中,下盘电耙道出矿。

1.2.4 喷锚网支护无底柱分段崩落法

东乡铜矿是热液交替充填型铜、硫、铁、钨多金属矿床,呈似层状产出,倾角为 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$,厚度为5~10m,含矿岩石主要是砂岩,矿石不稳固, $f=3 \sim 6$ 。顶板为石英砂岩,稳固性差, $f=3 \sim 6$,底板为粉砂岩,岩性松散,稳固性差, $f=3 \sim 6$ 。矿山采用喷锚网支护无底柱分段崩落法开采。

采场沿走向布置,长为50m,宽为矿体厚度,高30m,分段高度和进路间距均为6~8m,一般取7m。底盘分段沿脉巷道布置在底盘围岩里,从此沿脉巷道每隔7m布置分段穿脉回采进路,直接到矿体顶板岩岩接触面上,均用锚杆、钢筋网和喷射混凝土联合支护。用YG-40型凿岩机钻凿上向扇形中深孔落矿,采场用T2G装运机出矿。

1.2.5 预切顶中深孔房柱法

良山铁矿和牟定铜矿采用预切顶中深孔房柱法,采用脉内采准,浅孔超前切顶,扇形中深孔落矿,锚杆护顶,抛绳枪挂滑轮,采场电耙出矿。采场结构形式是矿块沿走向布置,并划分为盘区开采。盘区布置2~3组矿房和矿柱。盘区长60~100m,阶段斜长40~60m,阶段高度一般为15~30m。矿房宽8~20m,矿房间柱宽3~8m,顶底柱高各3~6m。回采从切割上山开始,先用浅孔在矿体上部进行切顶,切顶高度为2~3m。上部切顶可全面拉开、一次形成,也可超前下部回采、分段形成。切顶揭露后的顶板用楔缝式锚杆支护,锚杆网度 $(1 \sim 1.5) \text{ m} \times (1 \sim 2) \text{ m}$,锚杆长度1.6~2m。凿岩设备主要有YGZ-90、YGZ-80钻机。爆破采用2号岩石炸药,人工装填,部分矿山采用装药器装药,一般采用排间微差爆破,崩落矿石由电耙运搬。采用预切顶的方法,预先锚固顶板,安全性较好,同时,通过预切

顶, 便于适应矿体顶板形态的变化, 减小采矿贫化损失; 采用中深孔凿岩爆破, 采场生产能力大, 采矿工效高。其缺点是, 在矿石品位变化较大的情况下, 不便进行分采。

1.2.6 有底柱浅孔留矿法

哈图金矿 L27 脉在 934 中段, 走向控制长 424m, 平均厚 3.05m, 最厚处可达 11m, 平均品位 3.63g/t。矿山采用有底柱浅孔留矿法开采。

中段高度为 40m, 采场沿走向布置, 长为 40m。采场宽度等于矿体厚度, 两端设 6m 间柱, 底柱 5m, 顶柱 4m。设计中段运输巷道在矿体下盘沿脉掘进, 然后在中段运输巷道内向上掘进脉内切割天井, 并与上中段平巷或地表贯通, 天井内设人行梯, 沿天井垂直方向每隔 5m 向两侧掘进联络道, 采场两端联络道在高程上错开布置, 随着回采工作面的逐步提高, 各联络道与两边矿房依次贯通。在沿脉运输巷道中, 每隔 5m 靠近矿体下盘掘进漏斗颈 1.8m × 1.8m, 至拉底平巷, 相邻漏斗辟漏形成拉底巷道, 作为备采工作面, 拉底巷道高度为 2.5m。矿房回采自下而上分层进行, 浅孔凿岩, 打水平或上向孔, 自拉底平巷开始, 回采宽度为矿体厚度。

该采矿工艺简单, 便于管理, 采准工作量小, 回采成本低, 适应矿体边界的变化, 损失贫化小。

1.2.7 分段矿房法

法国苏蒙特铁矿赋存于稳固的页岩中, 产状规则, 厚度 3 ~ 6m, 倾角 30° ~ 50°。矿石属鲕状, 主要成分是碳酸铁, 焙烧后含铁 45% ~ 46%。矿山采用分段矿房法开采。

阶段高度 75m, 从地表至各中段及分段均掘进有坡度 20% 的斜坡道, 采区长 250m, 分段垂直距离 10 ~ 12m, 分段平巷宽 6m, 用凿岩台车和铲运机掘进, 矿房宽 9m, 矿柱宽 6m。回采矿房时, 先沿底盘拉底, 第一组炮孔深 5m, 用液压台车钻凿, 往上的几组炮孔用手持式凿岩机钻凿。全部拉底后, 自上部分段平巷用深孔凿岩台车向下钻凿平行的斜炮孔, 将顶部矿石爆下, 爆下矿石在下部分段平巷

运出。

1.2.8 上向进路充填法

瑞典 Kristinberg 矿体赋存于绢云母或绿泥石片岩、石英岩内。矿体的上盘为滑石绿泥石片岩。矿体由两条平行的矿带组成，走向长约 130m，倾角 $45^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，一般为 45° 。矿山采用上向进路充填法开采。

矿体沿走向布置，长 150m，当矿体厚度小于 5~6m，布置一条进路；当大于 5~6m 时，可布置两条或多条进路。进路宽 3~6m，高 4~5m。若为多条进路时，采用间隔回采，用辅助斜坡道采准。从斜坡道至采场掘分层联络道，在斜坡道的一端，布置脉外溜矿井，直径 2.0~2.5m。用双机液压凿岩台车打眼，眼深 2.7~3m，用装药车装药。用铲运机将矿石运至溜矿井，放到下阶段运输水平。出矿后，在作业面安装长为 2.3m 的锚杆。充填前在进路口架设滤水挡墙，进路内敷设直径为 90~100mm 塑料充填管。充填料充入进路内，直至接顶为止。水泥与砂子比例为 1:10。养护一周后，在相邻进路进行回采。若为双进路，下盘进路一次进行水砂充填，砂浆浓度为 60%。

1.2.9 点柱水砂充填法

印度摩沙巴尼铜矿厚度为 6~10m，个别达 20m，矿体倾角 45° 左右，顶板开采时需要支护。矿山采用留点柱的水砂充填采矿法开采。

沿走向每隔 13m 开凿矿石溜道，溜道位于矿体中或矿体下盘，倾角为 50° 。在采场中央沿下盘接触带开凿一辅助天井，并在采场两端紧靠上盘接触带开凿通风天井。运输水平上保留 8~10m 厚的矿柱，在底柱面上拉底并开始回采，采用浅孔凿岩，分两次爆破采场的顶部矿石，最大采高达到 4.7m。当矿石出完后，用分级尾砂充填，充填高度为 2.2m，留下 2.5m 的净空以便采矿作业。顶部局部破碎处采用锚杆支护，采场内留 4m×4m 的方柱，间距为 10m×20m，形成永久支护。

1.2.10 阶段分条充填法

联邦德国德赖斯拉矿，矿体倾角约 45° ，平均厚度 $5 \sim 6\text{m}$ ，为重晶石矿体。矿山采用阶段垂直分条胶结充填法开采。

阶段高度为 48.5m ，分段高度为 25m 。由于阶段充填巷道需保留作回风用，故留底柱，底柱高 3.5m 。采矿和充填沿走向推进，不留间柱。在分段巷道用采矿钻车钻上向扇形炮孔进行分段落矿。落矿后用铲运机在分段巷道端部出矿。落矿和出矿分别在不同分段水平同时进行。当各分段工作面沿走向推进一宽度 $5 \sim 6\text{m}$ 分条后，便形成了一个分条空间。用铲运机装运胶结充填料，从阶段充填巷道进行充填，胶结充填料的骨料为开拓采准的废石和选厂的尾砂。砂石由地面经砂石井到达井下，水泥浆在地面搅拌后经管道输送到井下与砂石混合。铲运机自井下混合站装载混合好的胶结充填料运至采空的分条上部卸载、充填。胶结充填体在短期内就能凝固得很好，可经受落矿时爆破矿石冲击，在出矿时也不会遭受破坏。

1.3 卸压开采研究现状

采场或巷道的稳定性除受自身岩体强度影响外，还受到围岩所承受的采场地压大小的影响。采场地压是原岩作用在采场顶板、矿柱、围岩上的压力与围岩因位移或冒落岩块作用在支护结构上压力的总称，是矿床地下开采中面临的一个复杂的问题。岩体开挖后，原岩应力的平衡状态被破坏，岩体中的应力重新分布，形成次生应力场。次生应力场在二次分布过程中会在开挖范围周围的一定区域内形成应力集中区域和应力降低区域，从而使巷道或采场周围的岩体发生变形、移动和破坏，影响到巷道或采场的稳定性，使采矿活动变得更为复杂和困难。因此，了解地压活动规律并控制地压活动是确保矿山持续安全生产的根本保证。

为了保证矿床地下开采中的正常回采和安全生产，必须采取有效的措施来减少或避免地压危害，或者积极利用地压进行开采^[7~9]。虽然影响采场地压活动的因素很多，但概括起来可分为两类，即自然因素和人为因素^[10]。