

• 高等学校教学用书 •

矿柱回采与空区处理

GAODENG XUEXIAO JIAOXUE YONGSHU



冶金工业出版社

351

内 容 提 要

本书讨论了缓倾斜薄矿体和缓倾斜厚矿体矿柱的回采,空场条件下大量崩落回采矿柱、矿房留矿石回采矿柱和保安矿柱的回采,还讨论了由采空区引起的岩体和地表移动的一般规律,各种不同类型采空区特征及其处理方法、工艺和效果。

本书可供高等学校采矿专业学生阅读,也可供从事矿山生产、设计、科研的采矿工作者参考。

高等学校教学用书

矿柱回采与空区处理

中南工业大学 周崇仁 等编

冶金工业出版社出版

(北京朝阳门大街新闻书店10号)

新华书店总店科技发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张11 3/8 字数299千字
1989年11月第一版 1989年11月第一次印刷

印数00,001~1,990册

ISBN 7-5024-0377-9

TD·65(课) 定价2.70元

作 者 的 话

本书编写经历数年，1984年初步定稿，1986年最后修改定稿。在编写过程中，得到国内有色、冶金、化工、建材等78个矿山和长沙矿山研究院、江西冶金研究所、马鞍山矿山研究院、鞍山黑色矿山设计研究院等单位的采矿工作者大力支持，提供了极为宝贵的技术资料。初稿完成后，湘西金矿、东川矿务局、红透山铜矿等单位的同志对有关部分提出了很好的意见，在此向以上单位和采矿界同行们深表感谢。书中所讨论的内容主要是工程应用技术，引用矿山的生产实践资料较多，但随着时间的推移，技术不断进步，加之编者水平有限，因此书中难免有不足和错误之处，热诚希望读者批评指正。本书由周崇仁主编，黄存绍、曾耀参加编写工作。

结 论

采矿工业是提供原料的工业，是发展工业的基础。

建国以来，我国采矿工业在设计、建设、生产等方面积累了丰富的经验，采矿技术不断进步，产量有较快的增长。1985年，非煤矿石年产量达5亿吨。

近期统计，有色金属、黄金、核工业原料等类矿石产量地下开采占有较大比重，分别为70%、85%、57.4%。化工原料矿石地下开采比重也较大。由于矿石价值的差异，各类矿床地下开采的采矿方法应用比重是不同的。表1、表2、表3和表4为有色金属、铁矿、钽矿、黄金、化工和建筑材料的采矿方法应用比重。

金属矿床的赋存条件是多种多样的，特别是有色和稀有金属矿床的矿体形态复杂，所使用的采矿方法种类很多。近20年来，有色金属矿山干式充填法应用比重大幅度减少，崩落法、水（尾）砂充填及胶结充填应用比重增加，空场法、留矿法仍保持有较大的比重；由于钽矿床开采要求较低的矿石损失率和贫化率以及防护需要，干式充填法的应用比重较大；化工原料矿山应用空场法、留矿法有较大的比重。

应用空场、留矿、充填等采矿方法开采矿床，一般需要留下各种型式的矿柱。按矿柱在矿块中的空间位置和作用分有顶底柱、房间矿柱及房内矿柱，有位于充填体中的矿柱（点柱），有位于采空区中的矿柱。按外形分有连续的和不连续的矿柱、有圆形的和方形的矿柱。根据矿床采矿技术条件及所用采矿方法，这些矿柱矿量约占矿块矿量的10~20%至40~60%。

此外，为保护地表和地下重要工程，矿床开采过程中，留有部分矿体作保安矿柱；有为保护露天矿边坡稳定的三角矿柱等。

根据1983年对我国31个有色金属矿山调查地下开采矿山，存留的矿柱矿量达到3100万吨；保安矿柱虽然只少数矿山有，但存

我国有色金属矿床地下采矿方法应用比重 (%) 表 1

采矿方法	1955年	1959年	1961年	1971年	1978年	1980年	1982年	1983年
1. 空场法	3.0	17.55	21.7	29.4	17.3	15.2	15.2	13
其中：全面法	—	6.05	6.5	3.3	1.6	2.7	2.5	—
房柱法	0.8	3.2	5.6	4.1	2.7	1.6	2.1	—
分段法	2.2	3.3	5.9	16.2	13	10.9	10.6	—
阶段矿房法	—	5.00	3.7	5.8	—	—	—	—
2. 留矿法	43.4	43.4	49.0	49.0	38.4	38.4	33.9	24
其中：浅眼留矿法	—	—	—	—	—	33.4	29.4	—
中深孔留矿法	—	—	—	—	—	5	4.5	—
3. 充填法	42.3	21.8	7.1	4.5	11.2	9.5	10.1	12
其中：干式充填法	35.2	16.6	2.3	1.2	1.4	1.3	1.2	—
方框支柱充填法	7.1	5.2	4.8	0.5	—	0.4	0.5	—
尾砂充填法	—	—	—	—	—	4.7	5.1	—
胶结充填法	—	—	—	2.9	9.8	3.1	3.3	—
4. 崩落法	—	11.43	14.3	26	33.1	34.2	35.5	47
其中：楔式崩落法	—	8.2	—	0.5	0.5	0.6	0.6	—
分层崩落法	—	6.94	1.8	1.5	1.7	1.0	0.3	—
分段崩落法	—	1.29	6.9	15.5	30.9	25.4	25.5	—
其中无底柱分段崩落法	—	—	—	0.01	3.6	4.2	5.2	—
阶段崩落法	—	—	5.6	8.5	—	7.2	9.1	4
5. 其他	11.3	5.82	7.9	—	—	2.7	5.3	—
其中：V.C.R法	—	—	—	—	—	—	0.1	—

我国铁矿床地下采矿方法应用比重 (%) 表 2

采 矿 方 法	1953年	1955年	1957年	1970年	1979年
空场法				15.00	10.1
其中：全面法、房柱法	2.4	0.89	—		3.6
分段法	—	5.76	2.9		6.5
留矿法	6.61	6.3	6.8	23.00	8.8
其中：浅眼留矿法					6.4
中深孔留矿法					2.4
干式充填法	58.61	54.8	55.00	1.8	0.5

续表 2

采 矿 方 法	1953年	1955年	1957年	1970年	1979年
崩落法				58.0	80.2
其中：长壁式崩落法	31.37	32.45	34.86		7.2
分层崩落法			1.34		
有底柱分段崩落法					7.2
无底柱分段崩落法					65.4
阶段崩落法					0.4
其他				2.2	

我国铀矿床地下采矿方法应用比重 (%) 表 3

采矿方法	1966年	1976年	1978年	1979年	1980年	1981年	1982年
水平分层充填法	58				55.4	58	55.4
倾斜分层充填法	—	58.5	54.1	57.3	5.2	4.1	3.2
留矿法	12	10.2	8.2	9.2	4.9	4.5	5.9
全面法	—	7.1	11.8	9.3			
房柱法	—	—	—	—	11	11	9.2
竖式采矿法	29.3	16.4	15.4	15.6	15.5	11.7	15.9

我国黄金、化工、建材等地下采矿方法应用比重 (%) 表 4

采矿方法	黄 金	化 工	建 材
空场采矿法	21.31		20
其中：全面法	16.05	1.0	
房柱法	5.26	23.1	
底柱漏斗采矿法		4.4	
分段法		11.2	
其他		2.9	
留矿法	49.19	16.9	4
其中：浅眼留矿法	27.25		
深孔留矿法	9.0		
全面留矿法	6.04		
其他	7.2		

续表 4

采矿方法	共 金	化 工	建 材
充填法	29.2	0.8	33.8
其中：壁式充填法			7.06
尾砂充填法			19
透顶充填法			7.8
崩落采矿法		39.7	36.2
其中：壁式崩落法		3.6	
分層崩落法			10
有底柱崩落法		11	
无底柱崩落法		21	18
阶段强制崩落法			7
阶段自然崩落法			1.2
其他			6
统计时间	1984年	1980年	1981年

留矿量却有1450万吨。实践表明：加强矿柱回采，对提高矿产资源利用，延长矿山服务年限，缩短井下作业线，协调采掘顺序，改善井下管理条件，及时处理空区，维护井下作业安全等都具有非常积极的作用。

矿柱回采方法主要取决于矿柱的采矿技术条件。主要影响因素有：矿柱的大小和形状，矿柱的稳定程度和周围状况，矿石的品位和价值，矿体倾角及围岩稳固程度和地表条件，原有采矿方法结构等。

根据矿柱的采矿技术条件及回采工艺特点，矿柱回采方法可分为以下几类：矿房空场条件下回采矿柱；矿房非空场条件下用崩落法回采矿柱；矿房充填条件下用充填法回采矿柱；矿房胶结充填条件下用空场、留矿法回采矿柱；矿房暂留矿石条件下回采矿柱；保安矿柱的回采。

围岩和矿石稳固，地表允许陷落，矿石价值中等以下的矿床一般多应用空场法回采。采空区不进行充填和支护，矿柱一般在空场条件进行回采。多数情况下矿石的损失与贫化较大，因为，

回采缓倾斜中厚以下矿块矿柱时，顶板失去支撑而容易崩落，受安全因素和矿石在工作面运搬等作业条件限制而只能部分回采，矿柱的回采率不高。空场条件下大量崩落法回采急倾斜中厚以上矿体矿柱时，因覆盖岩的崩落，或者回采矿柱与空区处理同时进行，放矿往往是在松散岩石覆盖条件下进行，因而矿石的损失率与贫化率增加，但围岩坚硬稳固而不易崩落，可减少矿石的损失与贫化。

围岩不够稳固，地表允许陷落，矿房充填条件下的这类矿柱多应用崩落法回采。当矿石价值较高，一般用分层崩落法回采。因此种方法回采的矿石损失率和贫化率低，能安全地进行回采作业。分段崩落法回采矿柱有较高的生产能力与较高的回采强度，但回采过程的矿石损失与贫化较高。

矿石价值较高，以及地表需要保护，如开采河床和构筑物等下面的保安矿柱，矿石和围岩稳固或不稳固的这类矿柱常用充填法回采。它有一定的回采率。

矿房应用胶结充填法回采时，充填体强度能承受两帮围岩及上部充填体压力，这种情况下矿柱可应用空场法、留矿法回采。一般采后一次充填。

暂留矿石条件下回采矿柱，是指留矿法回采时，最终放矿以前进行矿柱回采。当矿柱应用大量崩落回采，如果它的上部为松散覆岩所盖，其放矿则与阶段崩落法相似，矿石的损失率与贫化率较大。

我国一些矿山已有多年的开采历史，各类矿床应用了多种方法回采矿柱，积累了丰富的经验。缓倾斜、倾斜中厚以下矿体开采中，贵州汞矿、秦岭金矿；新冶铜矿、荆襄刘冲磷矿等应用人工岩柱代原设矿柱回采矿房内矿柱、用浅眼或中深孔抽采部分矿柱等方法回采全面法、房柱法的矿块矿柱，有效地提高了矿床回采率。贵州汞矿万山矿区的回采率高达95%。

厚矿体开采中，铜官山铜矿、狮子山铜矿、辉铜山铜矿、赤马山铜矿、寿王坟铜矿、大青山钨矿、东川铜矿等十多个大中型

矿山应用大量崩落法回采了大量矿柱，为协调矿床采矿顺序，完成采矿计划，促进安全等具有积极作用，获得了丰富的经验。如为提高矿柱回采速度，从一次崩落一个矿块矿柱至二~三个阶段的数个矿块矿柱的同时大崩落；为降低矿柱回采的损失与贫化，应用分期大量崩落矿柱；为协调矿房与矿柱回采周期，采取矿柱与矿房同期回采；复杂地质的岩体移动区段大量崩落矿柱；暂留矿石条件下大量崩落矿柱；大量崩落矿柱同时进行空区处理等。

50年代，杨家杖子矿在矿房用废石充填条件下，应用了分层崩落法及分段崩落法回采矿柱；铜官山铜矿应用有底柱分段崩落法回采充填法矿块间柱及顶底柱，有效地提高了矿柱的回采率和回采强度。

70年代以来，充填法在我国矿床地下开采中有了一定发展。有色、稀有以及矿石价值高的金属及非金属矿床开采应用了上向及下向尾（水）砂充填和胶结充填回采工艺，并在矿柱回采中得到应用。从提高资源回收率，改善地表环境保护和空区处理等方面收到良好效果。凡口铅锌矿、红透山铜矿应用尾砂充填回采间柱及顶底柱；柏坊铜矿在采矿技术条件复杂、岩层压力大的条件下应用胶结充填法回采矿柱；为保护地表，锡矿山锡矿、湘西金矿应用胶结充填回采矿柱、尾砂充填回采矿房的两步骤方式开采河床保安矿柱及工业广场下部保安矿柱；为保护露天采矿场，铜山铜矿应用胶结充填回采矿柱，尾砂充填矿房的方式回采下部矿床；金川镍矿为保证矿山生产能力及露天矿生产安全，应用下向分层胶结充填开采露天与地下开采交界区的三角矿柱等均比较成功。

矿房胶结充填条件下，矿柱回采条件改善，当充填体整体强度能承受两帮岩体及上部充填体压力，从而发展了在矿房充填条件下应用留矿法、空场法回采矿柱。在我国，凡口铅锌矿、西林铅锌矿等应用了留矿法、分段法回采间柱。前者并成功地应用V.C.R法回采间柱。

矿柱不及时回采，空区不进行处理，受地压及岩体移动影

响,增加了矿柱回采难度,有的甚至无法回采而损失,这种情况在国内铜、铅锌、钨、金、铁等金属矿床开采均有发生。矿量损失从几万吨至几十万吨,有个别比此更大。一般情况下,矿柱的采矿技术条件较差,它的回采强度较低,回采过程中的矿石损失率与贫化率也比较高。为提高矿床回采率,根据矿柱采矿技术条件,研究、寻求合理的矿柱回采方法及回采工艺,提高矿柱回采强度,降低回采过程的损失率与贫化率,对有色金属及其他类型矿床开采具有积极意义。保安矿柱的回采,是某些有色金属矿山值得研究的课题。

众所周知,应用空场法、留矿法等开采矿床,矿体回采后形成有空区,根据矿体埋藏条件、开采规模及范围、矿柱回采状况等的不同,空区的技术状况也各异。空区一旦形成,岩体原始应力的自然平衡状态受到破坏而重新分布,有的部位应力增大,当空区不断扩大,两帮岩体和矿柱所受应力超过它的临界变形值,将产生围岩(或矿柱)的破坏与移动;如空区顶板下沉、崩落,矿柱破坏倒塌;严重的产生大范围岩体移动,威胁地下开采作业和地表安全。因此,妥善处理好采空区,对解决矿山压力及岩体移动控制,维护矿山企业安全生产具有积极作用。

近20多年以来,我国一些金属及非金属矿山在空区处理方面进行了大量工作,与此同时,并开展了由采空区引起的岩体及地表移动观测和岩体力学方面的研究工作,对维护矿床开采安全及地表环境保护,提高资源回收率等取得了积极效果。例如:铜官山铜矿等应用大量崩落围岩处理空区;狮子山、辉铜山等矿应用暂留矿石作垫层隔离空区;荆襄刘冲磷矿、新冶铜矿、泗顶铅锌矿、贵州汞矿等应用永久矿柱,永久隔离矿柱或构筑人工岩柱的方法维护房柱法、全面法采空区,使之在较长时间不崩落以保证开采安全。车江、麻阳、牟定、大姚等铜矿应用尾砂或全尾砂充填处理空区;中南地区多数急倾斜钨锡薄矿脉群、水口山铅锌矿、金岭铁矿等应用废石或碎石水力充填空区;狮子山、寿王坟等铜矿开展的空区监测;锡矿山铋矿、大冶山钨矿、因民铜矿等

开展的岩层移动观测等，对今后进行矿柱回采和空区处理，都有积极的意义。

我国一些矿山有较长的开采历史，随采矿工作的继续发展，新的空区继续增加，有的矿床开采空区规模达数百万立方米，独立空区从数万立方米至数十万立方米。受技术因素及经济因素影响，我国某些金属及非金属矿山的采矿作业与空区处理未能协调发展，空区处理仍是薄弱环节。根据1983年对40个有色金属矿山调查，尚未处理的空区占已采空区总量的44%；从60年代至八十年代，因采空区而引起大范围岩体移动的安全事故，在有色、冶金、化工、建材等矿山均有发生，严重的造成了人员伤亡，井下工艺系统及地面设施破坏，一些矿山尚未处理的空区仍然对生产安全具有很大的潜在威胁。因此，根据矿床采矿技术条件及空区技术状况，总结空区处理经验，开展采空岩体稳定性研究和岩体移动观测，应特别重视研究由于大面积开采空间对四周围岩（矿体）引起的从应力变化到变形、破坏、冒落、塌陷以及地表岩体移动诸过程的特征和规律，维护矿山生产安全，是矿山企业及采矿工作者的重要任务。

目 录

绪 论.....	Ⅱ
1 倾斜、缓倾斜中厚以下矿体所留矿柱的回采.....	1
1.1 概述.....	1
1.2 全面法回采所留矿柱的回采.....	3
1.3 房柱法回采所留矿柱的回采.....	9
1.4 单分层短壁式崩落法回采边界矿柱.....	19
2 大量崩落法回采矿柱.....	22
2.1 概述.....	22
2.2 大量崩落回采矿柱.....	34
3 矿房充填条件下用崩落法回采矿柱.....	87
3.1 分层崩落法回采矿柱.....	87
3.2 分段崩落法回采矿柱.....	103
4 充填采矿法回采矿柱.....	126
4.1 概述.....	126
4.2 上向干式充填法回采矿柱.....	128
4.3 尾(水)砂充填法回采矿柱.....	133
4.4 上向胶结充填法回采矿柱.....	146
4.5 充填法回采缓倾斜矿体保安矿柱.....	151
4.6 下向充填法回采矿柱.....	175
4.7 铀矿床矿柱回采.....	186
5 矿房充填用留矿法、空场法回采矿柱.....	194
5.1 概述.....	194
5.2 留矿法回采矿柱.....	195
5.3 空场法回采矿柱.....	201
6 矿房暂留矿石的矿柱回采.....	217
6.1 概述.....	217

6.2 顶底柱回采·····	218
6.3 间柱回采·····	221
6.4 阶段崩落回采矿柱·····	223
7 采空区处理·····	228
7.1 空区处理方法·····	228
7.2 地下开采空区引起的岩体和地表移动·····	229
7.3 缓倾斜中厚以下矿床开采空区及其处理·····	236
7.4 急倾斜薄矿脉群开采空区及其处理·····	270
7.5 倾斜、急倾斜等厚矿体开采空区及其处理·····	293
7.6 围岩崩落形成的空气流速度·····	332
7.7 防止岩体移动对地表危害·····	335
主要参考文献·····	347

1 倾斜、缓倾斜中厚以下矿体 所留矿柱的回采

1.1 概 述

倾斜、缓倾斜中厚以下矿体，根据采矿技术条件，采用全面法、房柱法等空场采矿法开采时，一般所留矿柱矿量达到矿块矿量的5~20%至30%，当矿石价值不高时，有的可达40~50%。我国部分矿山使用全面法和房柱法所留矿柱规格、形状及其回采程度列入表1-1中。

这些矿柱是否回采，以及如何回采，主要取决于：

- (1) 矿石及顶板围岩强度和稳固性；
- (2) 地表是否需要保护；
- (3) 矿石价值的高低；
- (4) 矿体倾角和厚度。

用全面法回采所留矿柱，一般是不准备回采的，回采过程应尽量利用矿体中的无矿段、夹层、或低品位矿石留作矿柱，用以减少矿石损失。矿柱在采空区的分布也不规则，大多数是留圆形的不连续的矿柱。

用房柱法回采所留的矿柱，与全面法的矿柱是不同的：矿柱在采空区的分布是有规则的，矿柱中的矿量也比较大，矿柱种类也比较多，既有不连续的、圆形、方形和长方形矿柱，又有连续的矿壁（长条形矿柱）。有矿房之间，用以控制矿房顶板跨度的间柱，又有维护平巷的顶柱和底柱。

全面法和房柱法所留矿柱，在回采矿柱时的矿石运搬和顶板管理是一困难问题，由于倾角和矿体厚度较小，采用重力放矿的

我国部分缓倾斜矿床开采及矿柱概况

表 1-1

矿山	矿区	矿体厚度 (米)	矿体 倾角 (度)	采矿方法	矿柱形式和规格	矿柱 比例 (%)	矿柱回采情况
烂泥坪铜矿	黑矿尖子	2~8	0~30	中深孔房柱法	房间矿柱3×3米	25	
	黄衣坡	0.3~3 平均1.59	10~20	浅眼房柱法	房间留2×3米不连续规则矿柱	20	
湘西金矿	沃溪	平均4.5	20~38	房柱法	不留顶柱, 底柱斜长5~7米, 房间留3×4米不连续规则矿柱	8~10	间柱不回收, 底柱与下阶段矿块同时回采
新晃汞矿	酒店矿	1~2至 3~4	15~25	房柱法		17~20	后退式回采, 人工岩柱逐步取代矿石矿柱
				全面法	φ3米不规则矿柱, 顶底柱各宽3米	8~12	
铜仁汞矿	—	几米至 10多米	缓倾斜	全面法	φ4~5米不规则矿柱	6~8	
秦岭金矿	洞盆 9号脉	0.74	20~25	全面法	底柱宽0.5米, 顶柱宽2米, 矿块中留2×3~3×3米不规则矿柱及人工岩柱		后退式回采, 回采率40~50%
彭县铜矿	—	平均2.8	26~60	留矿全面法	顶、底柱斜宽4~5米, 间柱6.5~8.5米, 矿块中留φ3~4米规则矿柱	12	后退式回采, 间柱回采50%, 底柱回采50%
牟定铜矿	郝家河	7	17~23	分段空场法	顶、底柱各宽5米, 盘区间留5米宽的连续矿柱	顶、底柱17 间柱14	空场下回采部 分间柱, 尾砂充 填矿房后再回采 部分间柱及阶段 矿柱

续表 1-1

矿山	矿区	矿体厚度 (米)	矿体 倾角 (度)	采矿方法	矿柱形式和规格	矿柱 比例 (%)	矿柱回采情况
贵州汞矿	万山	0.5~30	7~10	空场法	矿块间柱宽3米, 矿块中留不规则矿 柱	5~6	间柱及不规则 矿柱部分回采
松树脚锡矿	193—6 号、193 —7号 矿体	0.4~3	25~40	全面法	顶底柱宽2~3 米, 间柱宽6~8 米, 矿块中留不规 则圆形、方形矿柱、 规格2~3米	13	由上而下, 由 里向外后退回采
荆襄磷矿	刘冲矿 1号矿 体	3.8~4.2	35~50	房柱法、 房柱留矿 法		18~20	间柱及底柱部 分回采

底板采准, 在经济上往往是不合理的。

由于采矿方法适用条件不同, 所留矿柱在形态、数量和空间位置上都有区别, 所以回采矿柱方法也不同, 分别论述如下:

1.2 全面法回采所留矿柱的回采

全面法回采留下的矿柱是为了支撑顶板, 所留矿柱大多数为形状不正规的圆形或方形, 矿柱直径一般为3~5米。矿柱间距随矿柱尺寸、矿体厚度和顶板岩层稳固性而定, 一般为5~10米。随着回采工作面的推进, 根据矿柱中的矿石价值, 地表是否需要保护, 以及顶板岩层和矿柱上受采动影响所承受的压力状态对留下矿柱可能有下列三种处理情况:

1.2.1 留下矿柱不进行回采

留下矿柱不进行回采, 在下列条件下采用:

(1) 地面需要保护、矿石价值低、用人工支架取代矿柱, 在经济上不合理。这种情况, 在化工和建材等矿山比较普遍。

(2) 所留矿柱, 都是利用了无矿段、夹层或品位低的矿石, 矿柱中矿量少, 回采矿柱没有经济价值。

(3) 采空区已发生了顶板冒落, 矿柱受压破坏, 没有良好的矿石运搬条件, 回采矿柱特别困难。

1.2.2 抽采部分矿柱

为提高矿床回采率, 对全面法所留矿柱进行部分回采时, 常用后退方式回采一部分矿柱, 也就是抽采, 抽采部分矿柱有两种方式:

(1) 所留矿柱相间回采, 采一个留一个。

(2) 对大矿柱, 采一半, 留一半。

抽采的原则是: 回采顶板很稳固区段的矿柱, 留下顶板条件不够好的矿柱; 回采矿柱中矿石品位高的, 留下品位低的。

为了保证矿柱回采的安全, 应在回采区段进行地压观测, 研究下列问题。

(1) 顶板允许暴露的最大的安全面积, 也就是矿柱的最大安全间距;

(2) 矿柱的最小安全尺寸;

(3) 崩落一个矿柱的一部分时, 要研究凿岩爆破工艺, 防止爆破削弱矿柱强度;

(4) 矿柱回采以后的顶板及空区状况, 对以后相邻矿块及矿柱的影响程度;

(5) 矿柱回采以后的空区处理问题。

为了多抽采一些矿柱, 采用人工支架取代矿柱, 人工支架可以用木垛, 石块砌筑和混凝土柱。我国贵州汞矿万山矿区, 抽采部分矿柱的情况如图1-1所示, 该矿使用了人工支架: 矿体厚度小于3米时, 用石块砌筑“人工岩柱”, 厚度大于3米时, 用混凝土构筑“人工岩柱”。由于及时回采矿柱, 矿石回采率达到了95%。

松树脚锡矿采用了木垛代替矿柱, 边架木垛, 边回采矿柱, 这种方法只有矿石价值高, 坑木来源充分才能采用。

当用人工支架取代矿柱, 特别是用混凝土构筑“人工岩柱”时, 应重视接顶质量。