

缓倾斜中厚矿体开采方法研究

修蕾¹, 乔木², 李志军², 刘新宇³

(1. 丹东东方测控技术有限公司, 辽宁 丹东 118002; 2. 沈阳一方正和工程技术咨询有限公司, 沈阳 110022; 3. 本钢矿业公司, 辽宁 本溪 117014)

摘 要: 缓倾斜中厚矿体的开采一直是国内外的采矿难题。在对国内外缓倾斜中厚矿体开采状况调查的基础上, 分别就目前主要应用的采矿方法作了详细总结, 并对各类采矿方法的发展趋势做了预测, 以期对类似条件矿体的开采提供借鉴。

关键词: 缓倾斜中厚矿体; 房柱法; 崩落法

中图分类号: TD **文献标识码:** A **文章编号:** 1671- 4172(2011)02-000-00

Research of mining method for gently inclined

medium-thick ore bodies

XIU Lei¹, QIAO Mu², LI Zhijun², LIU Xinyu³

(1. Dandong Dongfang Measurement & Control Co., LTD, Dandong 118002, Liaoning, China; 2. Shenyang Yifang Zhenghe Engineering Technical Advisory Co., LTD, Shenyang 110022, Liaoning, China; 3. Benxi Iron & Steel Company, Beijing 100083, China)

Abstract: The mining of gently inclined medium-thick ore bodies is a difficult problem at home and abroad. On the base of investigation on the mining condition of domestic and foreign gently inclined medium-thick ore bodies, the main mining methods at present were detailedly summarized. And the development trends of various mining methods were predicted, which can provide reference for ore body mining in the similar conditions.

Key words: gently inclined medium-thick ore bodies; room-and-pillar mining; caving mining

前言

自七十年代初以来, 随着无轨自行设备的推广以及锚杆支护和充填技术的不断发展, 国外缓倾斜中厚矿体(倾角 $15^{\circ} \sim 35^{\circ}$, 厚度 $4 \sim 10$ m)的地下采矿方法也取得了较大进展。但是由于缓倾斜中厚矿体固有的开采技术条件, 如: 倾角较小, 崩落矿石不能完全借助于自重放出; 在采场内出矿必须使用运搬设备, 因无顶板检护设备, 作业很不安全; 若开掘底盘出矿漏斗, 势必造成采切比大, 采矿成本提高。我国广大采矿工作者为寻找该类矿体的合理采矿方法, 做出了不懈的努力。目前, 缓倾斜中厚矿体一般采用房柱采矿法和有底部结构的分段空场采矿法, 少数矿山采用留矿全面采矿法、爆力运搬空场采矿法和分段崩落采矿法等。根据对我国 26 个缓倾斜中厚矿体生产矿山统计, 用房柱采矿法和分段空场采矿法回采的比重占 $2/3$ 左右, 是国内开采缓倾斜矿体的主要采矿方法。

1 房柱采矿法

对于缓倾斜中厚矿体，采用房柱采矿法回采，首先需要解决采场运搬问题，除此之外，还必须解决高大空场的顶板管理和作业安全问题。西方国家采用自行设备来解决这两大问题，回采盘区除配备铲运机外，还配备有大型的顶板安全检查车、撬毛车、锚杆安装车等自行设备。但在我国大面积推广使用大型无轨设备还不太现实。国内应用房柱采矿法回采缓倾斜中厚矿体主要有：浅孔喷锚或人工点柱房柱采矿法，浅孔房柱采矿法，中深孔房柱采矿法，浅孔预控顶中深孔房柱采矿法，下向分层回采房柱采矿法和中深孔超前切顶房柱采矿法等多种回采方案。从以上所列出的采矿方法名称可以看出，为保障人员和设备的安全，防止局部的复杂地质条件造成的安全威胁，扩大房柱采矿法的适用条件，采场护顶技术得到了发展，如锡矿山采用了锚杆护顶房柱采矿法，湘西金矿采用了切顶喷锚网预控顶房柱采矿法，牟定铜矿采用了中深孔超前切顶结合抛绳枪电耙出矿房柱采矿法。

表 1 应用房柱法开采的矿山技术经济指标

Table 1 Technical and economical targets of some mine which using Room-Pillar Mining Method

矿山及方法	采切比 (m/kt)	凿岩台 数/(t/台)	炸药消耗 量/(kg/t)	采矿工效 (t/工班)	采场生产能 力/(t/d)	矿房损 失率/%	矿房贫 化率/%
锡矿山锑矿浅孔房柱采矿法	12~16	60~70		0.42	50~70	5~10	5~10
王集磷矿普通中深孔房柱采矿法	8.7	107		0.42	202	22	7
良山铁矿浅孔预控顶中深孔房柱采矿法	9.2			0.32	250	15	7
牟定铜矿中深孔超前切顶房柱采矿法	16.8	78.2		0.41	232	4.7	8.3
铜官山铜矿下向分层回采房柱采矿法	7.0			0.36	150	8.73	5.0

2 底盘漏斗法

对矿石中等稳固、倾角 25°~45°、厚度 10~20 m 的中厚矿体，采用房柱法开采，在凿岩、矿石运搬，以及顶板管理方面会带来一系列问题。所以，对矿石价值不高，或品位不高的矿体，多采用底盘漏斗采矿法开采。该方法的特点是将矿体划分为盘区开采。盘区沿走向布置，长 30~60 m。每个盘区内布置 2~3 个矿房，矿房跨度 10~15 m，斜长一般 50~80 m。每个盘区布置一条连续隔离矿柱，矿柱宽 5~8 m。采场之间不再留矿柱。在底盘围岩内，于矿体倾斜方向开

掘带有普通漏斗的电耙道出矿结构，在凿岩上山内进行中深孔凿岩，采用分段微差爆破落矿。矿石靠自重经漏斗下放至电耙道，由电耙集中耙至溜井放出。采空区用尾砂进行充填。矿柱不予回收。回采顺序是沿倾斜由上而下后退式推进，盘区内几个矿房同步推进。采用 YGZ90 型凿岩机在凿岩上山钻凿扇形中深孔，使用铵松腊炸药、微差起爆方法，向切割槽爆破。崩下矿石通过开掘的漏斗自溜入电耙道内，再用 30~55 kW 的双卷筒电耙绞车，耙入集中溜井放出。底柱高度视底部结构而定，采用漏斗式底部结构时为 5~8 m，采用堑沟式时为 10~13 m。顶板管理多采用崩落上盘围岩的方法。

该法将底部出矿结构沿矿体下盘布置，在凿岩上山进行凿岩作业，出矿人员无须进入采场，回采比较安全，采场跨度与暴露空间可略为增大，采场顶板稳固性要求也可略为放宽。另外，由于采用中深孔凿岩，几个采场可同时作业，采场生产能力大，采矿工效高，采矿成本低。其主要的缺点是，采矿贫化失大。因而，该方法多用于倾角与厚度偏大的低品位、低价值的缓倾及倾斜中厚矿体。

相对国外，底盘漏斗采矿法在我国应用较多，尤其在铜矿和铁矿应用较为普遍。该法存在贫化损失高、采准工作量大、矿体形态适应性差等问题，其应用趋于减少。国内外部分应用底盘漏斗采矿法的矿山的主要技术经济指标见表 2。

表 2 采用底盘漏斗采矿法的几个矿山的主要技术经济指标

Table 2 Main technical and economical targets of some mines using Bottom Funnel Mining Method							
矿山名称	矿体倾角 /°	矿体厚度 /m	采场生产能力 /(t/d)	采矿工效 /(t/工班)	损失率 /%	贫化率 /%	采切比 /(m/kt)
牟定铜矿	10~20	5~11	140~180	15~17	18~30	18~22	34~42
大冶赤马山铜矿	40~70	10~45	180~240	15~20	15	10	18
河北后沟金矿	30	7~18	180	-	15	18	24
河北金河磷矿	20~30	6~12	140~180	10~11	19	25	33
良山铁矿	10~45	>10	200	-	20	20~30	20~25
赞比亚穆富拉铜矿	25~45	6~13	250	80	-	14	19

3 预切顶全面法

金岭铁矿铁山分矿矿体埋藏深度为 80~415 m，矿体厚度 0.5~20 m，平均厚度 7 m。矿床走向 NE55°~60°，倾角 20°~40°，呈似层状、透镜状产出。矿房结构参数。沿矿体走向布置矿房，矿房长度 14 m，宽度为矿体厚，垂直高度 60 m，分段高度 27 m，间柱 4 m 和 6 m 间隔布置，底部留有 6 m 的底柱，同时作为下一水平的顶柱。从脉外运输大巷向 6 m 矿柱内掘一条穿脉巷道，在穿脉巷

道两侧分别布置矿石溜井和人行天井，两井在出矿水平贯通。人行平巷间作下分段电耙硐室。由溜井上口沿矿岩上盘界线掘进通风切割上山到上部回风平巷。在上分段增设一条高溜井及人行联络平巷。切割工作。以切割回风上山为自由面，在上盘沿脉巷道内打斜上向孔进行切顶，切顶高度 2.5~3 m，要求做到顶板无残留矿石，尽量不破坏或少破坏顶板岩石的完整性。切顶工作完成后，从电耙硐室周围开始回采，呈扇形工作面展开，每次起底厚度 2~2.5 m，回采到中上部时，布置炮孔要尽量发挥爆力运搬作用，减小耙运距离。落矿后采用 2DJ-55 型电耙绞车，0.6 m³ 耙斗将矿石耙入溜井，通过溜井、振动放矿机矿石被投入 1.1 m³ 矿车，然后运至主井矿仓，进入矿石提升系统，提出地表。此系统生产能力达到 5 500 t/月。

该采矿方法对上盘围岩稳固的缓倾斜中厚矿体开采是适宜的，是一种较为经济且安全的采矿方法。与中深孔阶段矿房法相比具有采掘比小、贫化率低、损失小、矿房准备时间短等优点，对同类型矿山采矿方法的选择具有一定的参考价值。

4 沿脉分条式全面法

金矿峪金矿的规模开采始于解放后进行，至今已有近 50 年的开采历史。该矿矿体多为急倾斜、薄至中厚矿体，因此主要是使用浅孔留矿法和分段凿岩阶段矿房法，使用效果较好，多项指标居全国同类矿山的先进水平。近几年由于已探明的储量接近采完，剩下的多是难采矿体，其中缓倾斜中厚矿体占很大比重。缓倾斜中厚矿体多受断层控制，顶板不稳固，且由于周围多为采空区，矿体处于承压区之内，开采难度很大。矿方对该类矿体试采两个矿块，主要采用的是沿脉分条式全面法，分条高一般 6 m 左右，掘一条沿脉电耙巷，用边掘上山、边回采的方式，全面拉开采场，由下向上逆倾斜回采。由于顶板被断层破坏严重，零星的木垛支护显得软弱无力，回采至中期，则由于顶板大面积塌方而中断回采，丢失了大量矿石。自采矿使用了沿脉分条式全面法后取得了理想的效果。

5 机械化分层充填法

对于品位较高的矿床开采，为提高矿石回收率和控制岩移及顶板压力，越来越多的矿山采用分层充填采矿法，对品位较高、中厚以上的矿体多采用效率较高的机械化充填采矿法。据统计，有色矿山的充填法的比重由 1963 年的 0.7% 上升到 1990 年的 19.6 %，黄金矿山则高达 31%。近年来随着充填工艺的不断完善和采矿机械化的发展，充填法已跨入高效采矿的行列。以凡口铅锌矿盘区机械化尾

砂胶结充填法为例,该法采用底盘脉外斜坡道、高中段、高分段、脉外集中溜矿井,实现无轨采矿;采用盘区组合采场采矿、出矿和充填,盘区生产能力达400~500 t/d,采场生产能力比普通上向分层充填法提高一倍以上。而后又配套使用凿岩台车、锚杆台车、撬毛台车、装药车、锚索台车和铲运机等高效设备,使盘区工艺技术、装备和主要技术经济指标达到了世界先进水平。金川二矿1号矿体采用上向进路机械化胶结充填法,沿矿体走向100 m划分为两个盘区,进路断面为5 m×4 m,两步骤间隔回采,采用双机液压台车凿岩,电动铲运机出矿,辅助车安装锚杆和装药,实现无轨化采矿和细砂管道充填。盘区综合生产能力达1 039 t/d。焦家金矿宽进路分层盘区充填法,盘区内采场垂直矿体走向布置,采场宽7.5 m,分两步骤回采,4个采场同时作业,分别进行凿岩爆破、矿石装运、顶板支护和充填作业。采用法国的PLVTON-17型双机凿岩台车凿岩,使用芬兰的TORO-250BD型柴油铲运机装运矿石,用瑞典阿特拉斯公司的PT-50L型撬毛台车处理采场顶板松石,采用法国的PLVTON-17-1B型锚杆台车进行锚杆支护,其采矿生产能力和采矿工效显著提高。

5 无底柱分段崩落法

玉石洼铁矿170 m中段为接触交代矽卡岩型磁铁矿床,厚度10~25 m倾角 $0^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 。矿体及顶盘灰岩不稳固,底盘闪长岩比较稳固,在闪长岩与矿体之间有矽卡岩夹层(0~5 m),极不稳固。原设计采用有底柱崩落法底盘漏斗方案开采。实际生产中存在采准工程量大,施工困难、生产效率低和矿石损失贫化大等诸多问题。为此改用自放顶、设回收进路的无底柱分段崩落法变形方案。该方案与传统的无底柱分段崩落法相比,一是不设专用放顶工程,用第一分段进路回采时提供的空间诱导顶盘围岩冒落;二是在底盘围岩里设置回收进路,充分回收矿体底盘部位的矿石。用新方案开采厚度大于12~15 m的矿体,取得了良好的开采效果。

6 结论

对缓倾斜中厚矿体,房柱法仍是主要的开采方法。目前其开采主要有以下三个发展趋势,其一是针对不同矿体厚度和不同矿石品位,演变用不同的变型方案。对矿石品位较高的矿体,多采用两步骤开采的房柱法,矿房采空区和矿柱采空区分别采用胶结和非胶结尾砂充填,以减小矿石贫化损失;对矿体厚度较大,且赋存稳定,厚度变化不大的矿体,主要采用中深孔房柱法,以提高采场生产能力和

采矿效率；对矿体厚度、品位及形态变化很大的矿体，采用浅孔房柱法开采，有较好的灵活性。其二是努力进一步完善中深孔的凿岩爆破工艺，尽量避免出矿工人进入空场作业，减少生产安全隐患，其中关键是采用合理的采切布置和凿岩爆破工艺。其三是逐步使用凿岩、采场运搬和顶板管理自行设备。可以预计，我国房柱法将逐步地向后一趋势发展，但就我国目前矿山的生产现状，继续应用现有设备，努力完善采矿工艺仍是目前主要的工作。底盘漏斗采矿法，近年来配以连续采矿工艺，采矿效率得以进一步提高，但贫化损失较大这一突出问题仍未根本解决，其应用呈逐步减少趋势而充填法，包括机械化上向分层充填法、上向进路充填法、点柱上向分层充填法，由于其回采灵活，采矿贫化损失低，在高品位矿山得到广泛应用。近年来，随着充填工艺和充填料制备，输送技术等方面的不断完善，以及凿岩台车、铲运机、锚杆台车等无轨设备的应用，充填法已成为一种高效、高回收率的采矿方法，得到广泛的应用，其中上向进路充填法将是高品位缓倾斜中厚矿体的一种主体采矿方法。可以预计，随着矿山开采深度的不断加大、环保要求的日趋严格、开采技术的提高和回采设备的发展，以及充填工艺的改善和充填成本的降低，这一类采矿法在今后将得以更大的发展。

参考文献

- [1] 任凤玉,马运时. 无底柱分段崩落法开采缓倾斜中厚矿体在玉石洼矿的应用[J]. 化工矿山技术, 1995, 24(5):4-6.
- [2] 吕广忠, 柴建设. 金厂峪金矿缓倾斜中厚矿体采矿方法[J]. 河北理工学院学报, 2001, 23(2):1-3.
- [3] 宁革,马汉涛,张连新. 金岭铁矿铁山分矿金岭铁矿缓倾斜中厚矿体安全回采实践[J]. 有色金属, 2002, 54(3):3-6.
- [4] 尹升华,吴爱祥. 缓倾斜中厚矿体采矿方法现状及发展趋势[J]. 金属矿山, 2007(12):1-4.

作者简介：修蕾（1979- ），男，工程师，从事选矿研究、管理工作。