

复杂及特殊条件下矿床开采 调研报告

中国有色金属工业采矿信息网

1995 年 10 月

编 者 的 话

复杂及特殊条件下矿床开采技术调研是中国有色金属工业采矿信息网(原中国有色金属工业总公司采矿情报网)于1991年12月在湖南岳阳市召开的常务理事工作会上确定的。该项调研共含有高温热水矿床开采、大水矿床开采、不稳固矿床开采、缓倾斜中厚矿体开采、露天转地下和地下转露天开采、溶浸采矿、海洋采矿和“三下”(河床、铁路、建筑物)开采8个开采技术专题。

这些专题的开采技术条件都比较复杂或者比较特殊,开采难度大,因此我们网开展这样的专题活动,深受所涉及的矿山企(事)业单位的欢迎。但是,由于近年来大部分有色矿山不景气,加上题目多,涉及的单位也多以及调研人员的变动,所以,8个专题至今只完成了露天转地下和地下转露天开采、不稳固矿床开采、大水矿床开采和深海锰结核开采(原定为海洋采矿)4个专题的调研工作。

对于我们网来说,在各理事单位工作非常繁重,经济形势非常困难的情况下,用3年的时间完成了4个专题的调研工作,是一件很不容易的事情,她凝聚了网内外许多同志的劳动和心血。

露天转地下开采专题由兰州有色冶金设计研究院戴克俭同志负责。参加调查和编写资料的有:宝山铅锌银矿的吴济鹏、陈友良、吴冠文编写了宝山铅锌银矿的资料;兰州有色冶金设计研究院的王兴茂编写了折腰山铜矿的资料;戴克俭编写了基德里克铜矿、皮哈萨尔米铜矿、奎斯塔铝矿、基律纳铁矿的资料;杨家杖子矿务局的刘长礼编写了松树卯钼矿的资料;北京有色冶金设计研究总院的周致勤编写了龙泉镍矿的资料;铜陵有色金属公司邓水清编写了铜官山铜矿的资料,章立编写了铜山铜矿的资料;长沙黑色冶金矿山设计研究院的徐基磐编写了凤凰山铁矿、冶山铁矿的资料;马鞍山钢铁设计研究院的周淑媛、张荣贵编写了滴渚铁矿、利国铁矿的资料;长沙有色冶金设计研究院的梁德辉编写了盖斯克铜矿的资料。所有资料由戴克俭汇总撰写了专题调研报告初稿,经王兴茂和梁德辉审阅。

地下转露天开采专题由兰州有色冶金设计研究院的戴克俭负责,并汇总撰写了专题调研报告。参加调查和编写资料的有:洛阳栾川钼业公司的高贵平、化一炼编写了铜官山铜矿和铜山铜矿的资料;戴克俭编写了火焰山铜矿的资料。

为上述专题提供参考资料的还有江西铜业公司的罗任贤,白银有色金属公司的吴孟之,长沙矿山研究院的焦承祖。

1994年9月,网在河南洛阳市组织了审稿会,最后根据代表们的意见修改定稿。

不稳固矿床开采专题由南昌有色冶金设计研究院的姚志善负责。参加具体工作的有南昌有色冶金设计研究院的王守崇、杨秀,马鞍山钢铁设计研究院的周淑媛,长春黄金设计研究院的韩桂春。周淑媛、韩桂春分别提供了金山店铁矿、邯邢玉石洼和西石门铁矿、鲁中小官庄铁矿、诸暨金矿、河东金矿的资料。王守崇和杨秀在广泛搜集和整理资料的基础上撰写了专题初稿。

网于1995年5月在湖南衡阳市召开了审稿会,最后根据审稿会的意见进行了补充修改定稿。

大水矿床开采专题由长沙矿山研究院负责,专题资料的汇总和撰写由王军、陈勤树完成。为该专题调研提供资料的有长沙黑色冶金矿山设计研究院的王安则、南昌有色冶金设计研究院的蒋义和马成刚、凡口铅锌矿的林绍标、鞍山黑色设计研究院的李玉山和宋来勋、水口山矿务局的曾绍权、酒顶铅锌矿的莫贤佑、核工业总公司711矿的周永安和莱芜铁矿的修德深。

深海锰结核开采专题由长沙矿山研究院的谢龙水负责,资料的搜集整理和报告的编写由其独立完成,该专题调研主要介绍了国外的情况。

上述专题的总负责原为长沙有色冶金设计研究院的梁德辉和长沙矿山研究院的徐树岚,后因人员变动,长沙有色冶金设计研究院没有再继续参加此项工作。

复杂及特殊条件下矿床开采技术调研报告的编辑工作由长沙矿山研究院左立标和《中国铝业》杂志编辑部郑泽朝完成,由金堆城铝业公司资助出版。

在几年的专题调研工作中,除了文中提到的单位和人员外,还得到了各级领导,各有关同志的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于有的专题未能前往现场调查或调查的矿山不多,资料不足,深度和广度不一,不足和错误之处在所难免。敬请广大读者批评指正。

由于时间仓促,在编辑校对中难免有错误和不妥之处,敬请作者、读者赐教。

编 者

1995年9月

目次

露天转地下 地下转露天开采技术部分

戴克俭(1)

1 前言	(1)
2 露天转地下开采	(2)
2.1 主要开采技术与经验	(2)
2.2 露天转地下开采设计生产中应注意的问题和建议	(20)
3 地下转露天开采	(21)
3.1 主要开采技术与经验	(21)
3.2 地下转露天开采设计生产中应注意的问题和建议	(27)

不稳固矿床开采技术部分

王守崇 杨 秀(29)

1 前言	(29)
2 不稳固矿床开采的采矿方法	(29)
2.1 崩落法	(29)
2.2 充填法	(40)
3 不稳固矿床开采的顶板及地压管理	(40)
3.1 壁式崩落法的顶板及地压管理	(40)
3.2 分层崩落法的假顶铺设 进路支护及放顶	(41)
3.3 分段崩落法覆盖层及生产巷道的维护	(41)
3.4 充填法的顶板管理与充填	(42)
4 不稳固矿床的采矿方法及采矿技术的发展	(43)
4.1 分段留矿崩落法	(44)
4.2 无底柱阶段自然崩落法	(45)
4.3 底盘漏斗分段房柱崩落法	(46)
4.4 下向分层进路胶结充填法的新进展	(48)
4.5 分段充填采矿法	(49)
4.6 锚索护顶上向水平分层充填法	(51)
4.7 高分段无底柱崩落法	(51)
4.8 三角矿柱的合理回采	(53)
4.9 崩落法的矿石覆盖层	(55)

大水矿床防治水技术部分

王 军 陈勤树(57)

1 大水矿床充水类型	(57)
1.1 以孔隙含水层充水为主的矿床	(57)
1.2 以岩溶含水层充水为主的矿床	(58)
2 开采大水矿床遇到的主要问题	(59)
2.1 基建投资大,时间长	(59)
2.2 生产成本高,工作条件差	(59)
2.3 矿产资源损失严重	(60)
2.4 突水淹井的威胁	(60)
2.5 地面塌陷	(60)
2.6 地下水资源枯竭	(62)
2.7 工程地质问题	(62)
3 大水矿床的水文地质研究方法	(62)
3.1 详细的工程地质及水文地质勘探	(63)
3.2 大型抽(放)水试验及连通试验	(64)
3.3 全面的动态观测网	(65)
3.4 其他水文地质研究方法	(66)
4 大水矿床防治水技术措施	(66)
4.1 开采布局及开采方法	(66)

4.2	矿区地面防水	(68)
4.3	井下防水及超前探水	(69)
4.4	矿床疏干	(70)
4.5	矿区注浆帷幕截流技术	(74)
4.6	排水系统	(80)
4.7	环境保护	(81)
5	我国大水矿山工程实例	(83)
5.1	水口山铅锌矿	(83)
5.2	凡口铅锌矿	(84)
5.3	新桥硫铁矿	(86)
5.4	姑山铁矿	(87)
5.5	城门山铜硫矿	(89)
5.6	莱芜铁矿区	(90)
5.7	程潮铁矿	(91)
5.8	泗顶铅锌矿	(92)
5.9	石录铜矿	(93)
5.10	金岭铁矿台口矿区	(94)
5.11	铜录山铜铁矿	(96)
5.12	黑旺铁矿	(97)
5.13	七一矿	(98)
6	前苏联的疏干技术及国外注浆技术进展	(98)
6.1	前苏联的疏干技术	(98)
6.2	国外注浆技术的进展	(101)
深海锰结核开采技术部分		谢龙水(106)
1	太平洋锰结核资源	(106)
2	C-C矿区	(106)
2.1	C-C矿区地质	(107)
2.2	锰结核特性与储量	(108)
2.3	矿区分布	(108)
3	当代深海采矿技术发展水平	(108)
4	深海锰结核开采技术	(109)
4.1	托斗式采矿法	(110)
4.2	CLB采矿法	(110)
4.3	海底遥控车采矿法	(110)
4.4	流体提升式采矿法	(111)
5	锰结核开采方法的技术评价	(114)
5.1	托斗式与CLB采矿法	(114)
5.2	流体提升式采矿法	(114)
5.3	海底遥控车采矿法	(115)
6	深海半工业试验与结果	(115)
6.1	试验概况	(115)
6.2	结果分析	(115)
7	后勤支援	(116)
7.1	通讯	(116)
7.2	气象预报	(116)
7.3	导航	(116)
8	海洋环境保护	(116)
9	几点认识	(117)

露天转地下 地下转露天开采技术部分

兰州有色冶金设计研究院 戴克俭

1 前言

一个矿床按露天与地下在时间和空间上联合开采方式的不同可分为露天与地下联合开采、露天转地下开采和地下转露天开采3种。

露天与地下联合开采是露天矿与地下矿开采作业在同一个矿床同时进行。这种联合开采方式具有采矿强度大;露天与地下开拓运输系统可以统一联合布置;减少基建工程量;缩短基建时间;节省投资和生产费用等优点。但由于在露天矿下面进行地下开采,造成岩体不同程度的破坏,给穿爆作业带来不利影响,且影响露天矿边坡的稳定性;露天矿与地下矿之间需留保安矿柱,且由于地下矿往往需要采用胶结充填采矿法,而增加采矿费用;回采管理,安全和通风排水系统比较复杂。露天与地下联合开采适用于矿体延深很大,复盖层不厚的矿床。这种开采方式在前苏联、加拿大等国应用较多。盖斯克铜矿选用露天与地下联合开采。其复盖岩厚为100 m,高品位矿石埋藏地表以下170~380 m标高之间,上部矿床矿石品位较低,含硫高有内因火灾危险。生产初期留厚度为100 m的水平矿柱将露天采场与地下矿隔开。露天开采采用牙轮钻、电铲、汽车回采作业,年产量达400万t;地下矿采用胶结充填阶段矿房法,随着开采工作线的推进,将露天与地下的隔离矿柱逐渐回收,而以胶结矿柱代替,厚度大于60 m,年产量达200万t。至1984年为止,该矿已开采了20年,采完地表以下400 m深的矿体。地下开采回收率为95%,贫化率为14%。

露天转地下开采是在露天开采结束之后,进行地下开采;或者是露天开采与地下开采经过短时间交替过渡,然后全部转入地下开采。露天转地下开采的矿山,由于已露采多年,在交通运输、水电、工业民用建筑等方面为地下开采创造了有利条件。但是深部矿体难以借助露采工程进一步查明,而需要进行部分补勘工作。对深凹露天矿开采过深,边坡维护困难,剥采比超过经济界限不合理。这样势必要转入地下开采。一般复盖岩层不厚,矿体厚或中厚倾斜、急倾斜,延深200~500 m的露天矿适宜转入地下开采。

露天转地下开采,因矿体赋存条件不同,接替开采方式亦不同,常见的有以下两种:

(1) 垂直接力式。当矿体为急倾斜厚矿体,矿体上部用露天开采结束之后,矿体的剩余部分集中于露天采场底部标高以下。露天与地下开采两种方式的回采工作线在垂直面上紧密衔接。如白银有色金属公司1号露天采场、杨家杖子矿务局松树卯钼矿南北露天采场,凤凰山铁矿,冶山铁矿均属于此列。

(2) 沿走向分区交替代式。当矿体规模大而分散、走向长,缓——倾斜。上部矿体(或沿走向一段矿体)用露天开采之后,在矿体沿走向上分区交替转入地下开采。如大冶铁矿、利国铁矿。还有露天开采主矿体,在其周围有部分小矿体或露天境界外残留在采场端帮或边坡上的矿体,待露天开采结束,这部分矿体转入地下开采。随着采矿技术的发展,向深部矿床的开发,越来越多的露天矿山面临着转入地下开采的课题。

一个矿床先进行地下开采,然后再转入露天开采,称谓地下转露天开采。从时间和空间上看,有一个矿床全部地下开采结束,过渡转为露天开采;也有一个矿床分期分段一部分先由地下转入露天开采,另外部分矿体开采后由地下转入露天开采。即在时间和空间上错开。

2 露天转地下开采

2.1 主要开采技术与经验

2.1.1 提前进行地质补勘 合理确定矿床开采范围

由露天转入地下开采的矿山,一般是露天开采的上部矿床勘探级别较高,深部要差些。地下开采设计依据不足,因此要重新研究深部矿床的勘探程度,工业指标,储量计算等问题,以便为地下开采设计提供比较可靠的地质资料。如白银公司1号露天采场(转入地下开采称折腰山铜矿或深部铜矿)在露采结束12年前(1972年)设计部门根据原地质报告:深部有矿体200多个,垂深400m,研究认为深部矿体勘探网度较稀,所有钻孔未测方位角,综合编录特别是矿体编号比较混乱及储量级别划分不合理等,甚至矿体的形状、厚度和对应关系有明显出入。为此提出了对深部矿体进行补勘和校验,并向两侧翼追索矿体的延长情况,以便正确确定井位和开拓系统。补勘了10多个深度为300m钻孔5000m,提供了地质补勘报告,按重新制定的工业指标圈定矿体,计算储量,基本满足了转入地下开采设计的需要。

凤凰山铁矿一期工程是山坡露天开采,原地质报告提交的高级储量占18%,多分布优先开采地段,满足生产要求,历年产量接近设计规模。由于忽视了生产勘探,二期工程深凹露天开采,地质储量减少了33%,使生产能力较设计规模下降了25%。基于这一级储量资料,设计地下开采,由于储量减少44.8%,下盘倾角变化了10°,使设计规模由100万t/a降到60万t/a。露天转地下生产衔接有困难。为此,从1964年起,加强生产勘探,依据25m×25m勘探网度提高A级储量进行露天转地下开采设计。实践表明从勘探精确度、构造控制、矿体形态变化、品位波动都满足了设计和生产的要求。

白银1号露天采场于1984年闭坑,而1972年就开始了露天转地下开采的设计,设计与生产、地质勘探部门紧密配合,一面提出补勘的报告,一面着手进行初步设计,补勘和设计在露采结束前12年就进行了。1975年开始基建地下矿,1987年3月采场投产。加拿大基德克里克铜锌矿的露天矿1966年投产,第2年2月就达设计规模1万t/d,1968年开始转地下开采初步规划,1973年露天逐步过渡地下开采,1976年露天开采全部结束。

2.1.2 露天转地下过渡衔接方案

露天转地下开采的矿山都有一个露天生产与地下基建相交叉和露天生产与地下生产相交叉的过程;在矿石产量上也有一个露天矿逐渐减产,地下矿逐渐增产,直至露天矿闭坑,尽量不停产,少减产这样一个过渡时期。从技术上和时空上准确把握住上述两个交叉期和过渡期长短应随各矿具体条件而异。本次调研矿山实际过渡期为4~10年,多数矿山为6年。据国内外有关文献介绍,一些国内外露天转地下开采的实际过渡期一般为5~10年,甚至更长一些;地下矿的基建时间一般7~9年,为保证稳产过渡,地下矿开始基建时间应提前7~8年。过渡时期,露天与地下开采工艺的衔接方案按回采方式与采空区处理方法的不同分为2种。

(1)留境界顶柱两步回采方案。露天与地下交替回采的过渡期,在露天采场底部与地下采场的最上一个中段间留一定厚度的境界顶柱。境界顶柱的厚度计算有许多计算方法,由于影响因素和一些参数难以确定,我国多数矿山是参考类似矿山的实际经验来选取。矿岩稳固的矿山,境界顶柱约取10m,也有取回采矿房跨度的一半。前苏联认为矿岩 $f=5\sim12$ 时,境界顶柱厚度应等于或大于矿房的跨度,实际矿房顶柱厚为10~30m。本次调研矿山境界顶柱厚度见表1。在境界顶柱的保护下,下部矿体用充填法或空场法回采。露天回采结束后,在露天或地下将顶柱爆破,同时崩落一些围

岩,形成露天转入地下的矿石缓冲层。

境界顶柱作为保护地下采场安全矿柱,主要取决于地下回采工艺的要求。如使用空场法和留矿法,就必须留境界顶柱,当采区回采或矿块回采结束,就及时回采顶柱,同时崩落一定量的围岩,形成岩石垫层。缩短采空区存在时间,减少其尺寸,增强顶柱稳定性。

表1 露天转地下过渡衔接方案

矿 山	地下开 采规模 (万 t/a)	地下矿 基建时间 (a)	过渡 时间 (a)	过渡方式	境界顶 柱厚度 (m)	覆盖岩石 层厚度 (m)	过渡期采矿方法
宝山铅锌银矿	1 700 t/d (设计)	6	6	留境界矿石三角 矿柱	25		水平分层干式充填法 水平分层尾砂胶结充 填法
折腰山铜矿	80	13	4	回填露天矿废石		25~50	无底柱分段崩落法
松树卯铅矿	78	10	南矿 5 北矿 6.5	不留境界顶柱一 步回采		复盖矿 石层 37	小分段崩落法 全面法 留矿法
龙泉铁矿	100 (t/d)	3	3	留境界矿石顶柱	90		下向倾斜分层胶结充 填法
铜山铜矿铜山区	30~35	2		留境界矿石顶柱	10		有底柱分段崩落法 无底柱分段崩落法
铜官山铜矿	800 (t/d)	9	4				
凤凰山铁矿	30	12	3	留境界矿石顶柱 第一中段留矿石 垫层	7~10		深孔留矿法
冶山铁矿	30~40	7	4	露天分段结束,分 段崩落岩石铺设 岩石垫层		15~20	无底柱分段崩落法
漓渚铁矿	31~52	11	东矿 8 西矿 6	深孔和硐室爆破 崩落岩石		15	无底柱分段崩落法
利固铁矿	34~38			各坑分别过渡留 境界矿石顶柱	6~15		留矿法、分段空场法、 全面法
基德克里克 铜锌矿	15 000(t/d)	7	4	留境界矿石顶柱	9~75		分段空场法(事后废石 胶结充填)
奎斯塔铝矿	600	4	5				阶段自然崩落法
皮哈萨尔米铜矿	80~90		8	留境界矿石顶柱	20		原房柱法,后改为分段 崩落法、全面留矿法、 充填法
基律纳铁矿	1 200	10~12	10				无底柱分段崩落法

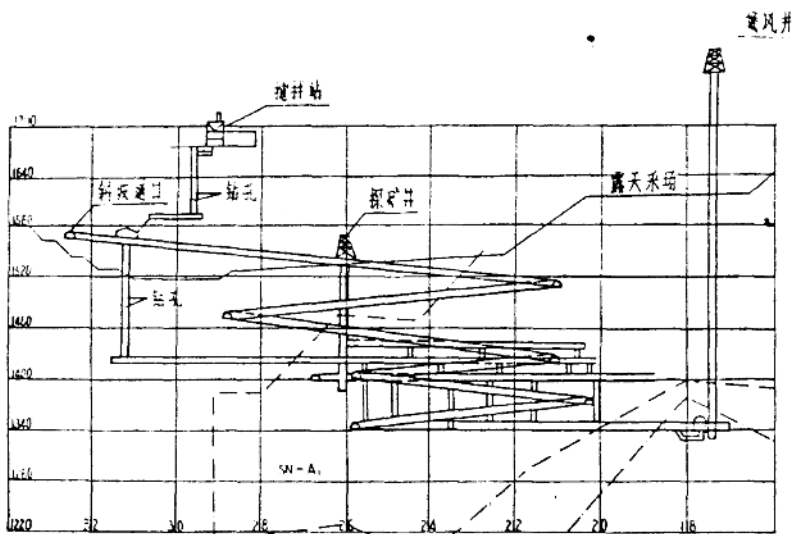


图1 龙泉镍矿露天转地下开采纵投影图

凤凰山铁矿在露天矿底下留7~10 m境界顶柱,地下矿的第一个中段用深孔留矿法回采,1973年开始转入地下开采,当年运出回采的30%的矿石。当年总产量44.6万t。1975年露天开采结束放出大量的矿房存窿矿石,当年总产量达32.2万t,其中地下采出矿石量占53.6%。在露天采场坑底用YQ-100型钻机向下钻境界顶柱炮孔,进行爆破。在第一中段回采末期,拉底水平留6~7 m的矿石缓冲层。爆破矿柱的同时,用深孔爆破一定量的上盘围岩,这样就顺利地转入了地下开采。

金川公司龙泉镍矿在露天矿坑底1520 m与地下矿1430 m水平之间富矿体较小,矿量不多,将此间90 m作为露天与地下之间的境界顶柱,以后再回采,详见图1。由1430 m以下用下向水平分层胶结充填法回采。

白银公司折腰山铜矿东部矿区矿石品位高,设计在露天与地下矿之间留10 m厚的境界顶柱,地下用水平分层胶结充填法回采,最后一个分层用胶结尾砂充填法接顶,境界顶柱由露天开采;后因为地下开采改为无底柱分段崩落采矿法,此方案未能实现。

铜官山铜矿露天转地下开采系统见图2。

利国铁矿由多个小露天采场组成,1963年由露天开采逐步分区转入地下开采。留矿石境界顶柱,顶柱的厚度是根据地下采矿方法围岩稳固性和顶柱暴露面积而决定。主要采用的采矿方法有浅孔留矿法,小中段空场法及房柱法、全面法。各矿境界顶柱状况见表2。

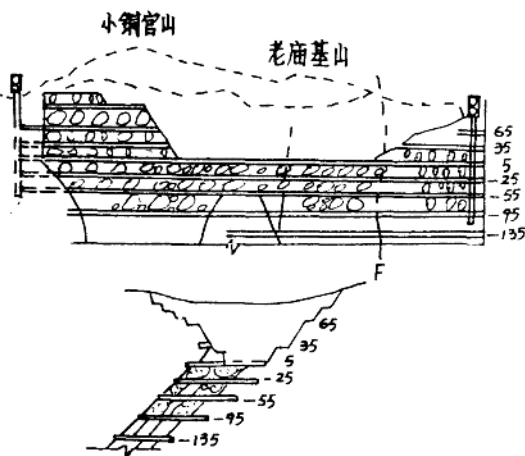


图2 铜官山铜矿露天采场与地下开采纵横剖面图

表2 利国铁矿各矿坑境界顶柱状况

矿名及矿体号	矿体厚度(m)	矿岩稳固程度	顶柱面积(m ²)	境界顶柱厚度(m)
白山矿坑3号矿体	平均5~7	较稳固	420	10
白山矿坑1号矿体	平均30	较稳固	200	10~12
白山东南一坑	6	不稳固	150	8
白山坑小矿体	6	较稳固	90	6
后南矿坑	6~8	较稳固	300	8~10
崂山四坑	6~8	较稳固	110	8
崂山一坑	6~7	较稳固	120	6
西马山坑8,9号矿体	7~10	较稳固	200	10~15
罗山矿坑	平均4	较稳固	260	8~10

宝山铅锌银矿露天开采上部的铜钼矿体,深部的单铜矿体转入地下开采,并与东、西、北部的铅锌银矿体共用一个井下开拓系统,详见图3。露天采场末期开采台阶在345~315 m水平,预计露天开采1995年结束。地下矿边建设边生产,1995年达产,首采中段在330~365 m标高之间。为保证露采安全,在露天采场底部划出三角矿柱,留在露采结束后回采,地下矿用胶结充填法回采,紧密接顶。

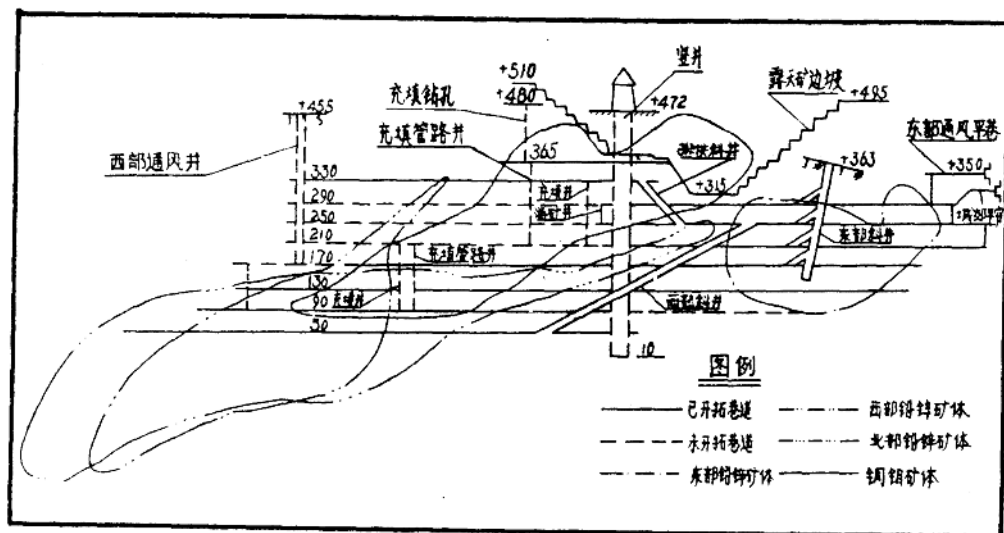


图3 宝山铅锌银矿露天转地下开采纵投影图

基德克里克铜锌矿在露天矿采场底部留9~75 m厚的境界矿石顶柱,地下开采使用分段空场采矿法,详见图4。在1600 m水平以下先回采1/3的矿石,采场面积控制在18 m×36 m,留下大量纵向和横向矿柱,以支撑境界顶柱。露天矿开采结束,在露天采场底对境界顶柱凿岩爆破,崩落矿石放至800至1200 m水平,然后分层爆破垂直矿柱,直到1600 m。同时大量充填采空区,充填料用破碎到-150 mm的废石,加入4%~5%的水泥。胶结充填体抗压强度70 kg/cm²,共用废石800万t。

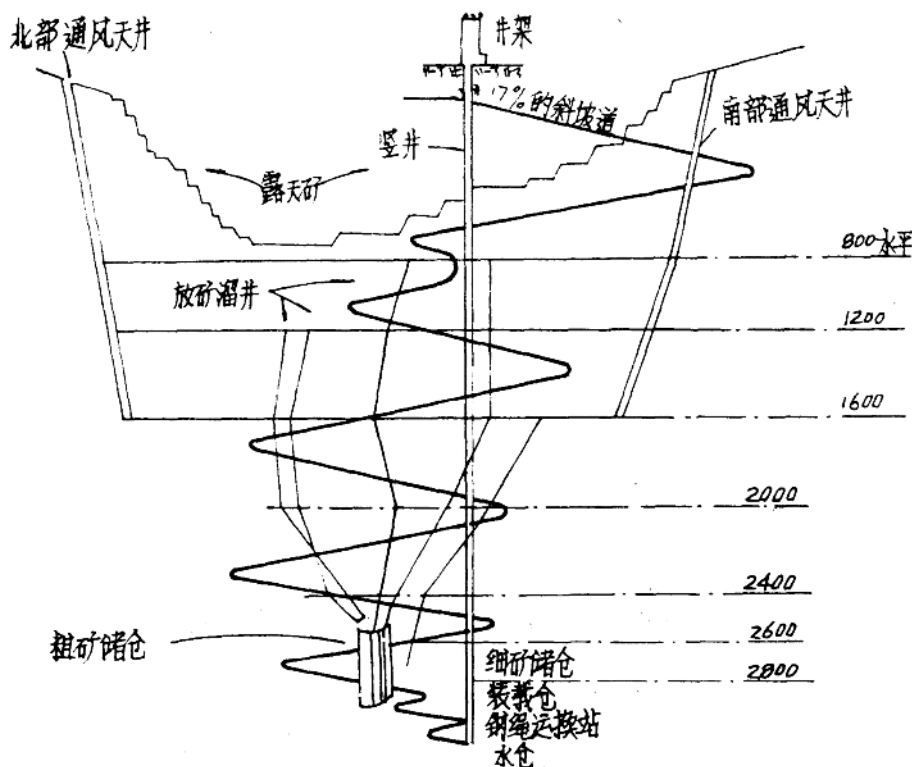


图4 基德克里克铜锌矿露天转地下开采纵投影图

前苏联乌拉尔有色金属基地乌恰林矿 324 m 水平以上露天开采。下部矿体走向长 1 400 m, 平均厚度 60 m, 倾角 $80^{\circ} \sim 85^{\circ}$, 矿石为硫化矿, 矿体 80%~85% 的储量分布露天坑以下 60~80 m 深处。露采结束转入地下开采, 过渡带的开采方案: 不宜留厚大的顶柱, 最优方案是在露天坑底构筑钢筋混凝土顶柱, 或用水平分层或小矿房回采露天矿下部部分矿体而后进行胶结充填形成人工矿柱。以不同方法形成人工顶柱下嗣后胶结充填的矿房法的方案: ①在露天坑底构筑不小于 6 m 厚的顶柱, 这种工艺效率高、贫化率低、回收率高、开采强度大, 但需 150 万卢布费用。②用下向水平分层胶结充填法开采部分矿体形成人工顶柱。分层与露天矿坑底有 4 m 厚隔离矿柱。人工顶柱随分层回采形成充填体, 计算厚度 8 m, 这种工艺可靠。③留厚 12 m 的临时顶柱, 在露天坑底用钻机钻深孔和 VCR 法, 最后一次爆破崩落顶柱或用露天法回采。④在地下巷道中钻扇形炮孔, 最后一次爆破崩落顶柱, 放矿后进行胶结充填。通过分析比较, 建议用水平分层胶结充填形成人工顶柱, 在此顶柱下用矿房法方案开采北翼过渡带矿体。

加伊铜矿露天与地下同时基建, 开始用厚大的矿柱将露天矿与地下矿隔开, 后用露天法开采此矿柱, 再用胶结充填料充填采空的矿房, 形成人工充填体将露天和地下隔开。

在露天向地下开采过渡时期, 前苏联根据具体条件, 对露天采场底下的矿柱提出了 4 种方案。详见图 5。

a) 从露天坑底钻炮孔(见图 5-a)。利用剥离废石充填采空区。爆破的矿石堆在待采的露天坑下矿体 1 和按自然边坡角堆积的充填废石堆 2 之间。在井下巷道 3 的端部用自行设备和轮式装载机从新形成的露天坑底出矿。1988~1989 年海滨采选公司东矿露天向地下开采过渡时期采用此

方案,产量没有降低。

b) 利用 KOB—25 机械化配套设备在露天坑底下矿床做采准(见图 5—b)。从斜天井 4 进行凿岩爆破。爆破首先在天井下部形成空区,此时形成的悬壁矿柱在露天坑底穿孔。爆下的矿石从出矿平巷 6 运出。采空区用剥离废石充填,以悬壁矿柱的长度控制充填的废石量。

c) 开采厚度 2~4 m 的贵金属矿(见图 5—c)。从露天坑底巷道钻炮孔爆破,在井下出矿巷道 6 用自行设备出矿,爆下的矿石堆积在螺旋斜坡道 8 的掘进废石和待采矿体 9 之间。

d) 适用开采贵金属厚矿体(见图 5—d)。从露天坑底堑沟用牙轮钻机向下穿孔,在出矿巷道 6 凿向上炮孔,上向炮孔超前下向炮孔爆破形成悬壁矿柱,采空区用剥离废石充填。通过改变矿柱尺寸来调节出矿和崩矿量。

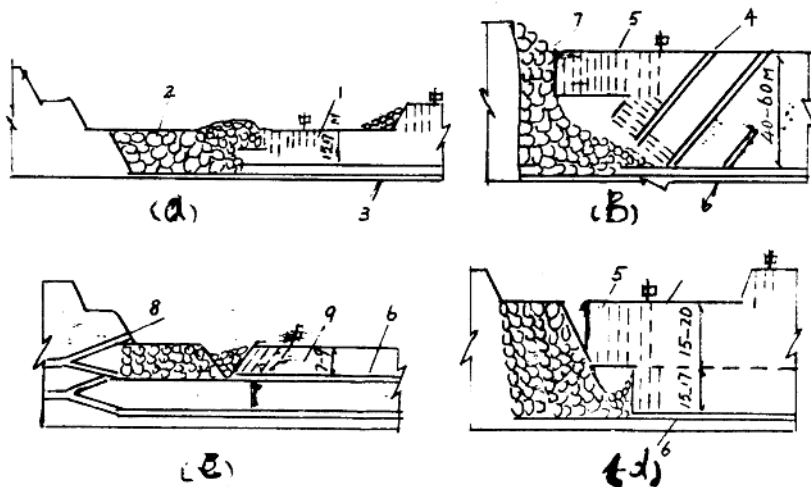


图 5 露天坑底矿柱的开采方案

- a—在露天坑底钻炮孔 b—利用 KOB—25 机械配套设备
c—开采厚度 2~4 m 的贵金属矿体 d—开采中厚贵金属矿体

(2) 不留境界顶柱一步回采方案。地下矿采用崩落法开采,由露天转入地下开采,矿块按一定顺序用崩落法连续一步回采,并在回采第一中段大量放矿阶段,留一定厚度的矿石作缓冲垫层,或在露天矿结束时用爆破方法崩落采场部分岩石或用露天矿废石作缓冲垫层,这样就不用留境界顶柱。岩石复盖层的厚度一般约为 15~20 m。

松树卯铅矿南矿区露天开采结束后,在地下第一中段与露天采场坑底之间用硐室挤压爆破阶段崩落法崩落 37 m 厚的矿石层作为转入地下开采的矿石复盖缓冲垫层。

白银折腰山铜矿露天矿采至 1 655 m 水平,以原有台阶坡面角,继续以露天开采方式在 I—VI 行东部矿体向下开采 27~30 m,采剥矿岩 2 010 t/d,采矿 1 500 t/d,开采了两年。露天开采结束,因原设计的东部矿体采用胶结充填法,后改为与西部矿体采用同一种无底柱分段崩落采矿法(详见图 6),需在露天采场底部铺设岩石复盖层,主要有两种方法:一种是利用正在生产的露天矿 2 号采场剥离的废石,用汽车运卸到 1 号采场东、中部坑底。3 年中利用高段排土方式回填废石 174 万 m³ (大部分滞留在边邦上)铺设复盖层厚度约 25~50 m。这种方式可缩短 2 号露天采场排弃废石运距,既节省汽车运费,又节省了在露天边邦上用凿岩爆破方式形成复盖层的费用,露天矿和地下矿均受益。另一种是在较狭长的露天采场西部上下盘边邦上开凿硐室,进行定向抛掷爆破铺设岩石复盖层。这种方式铺设复盖层厚度有限,质量较差。

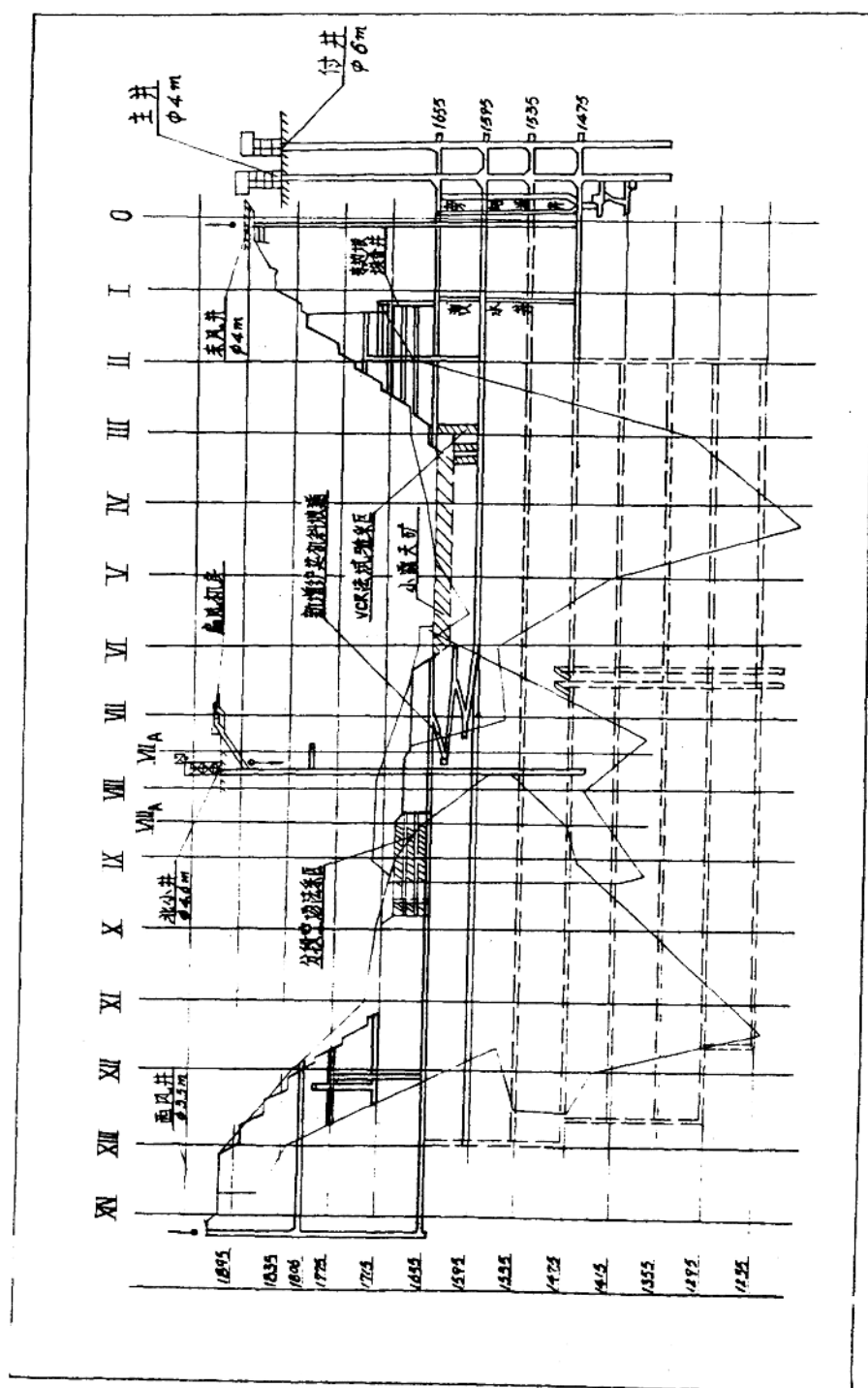
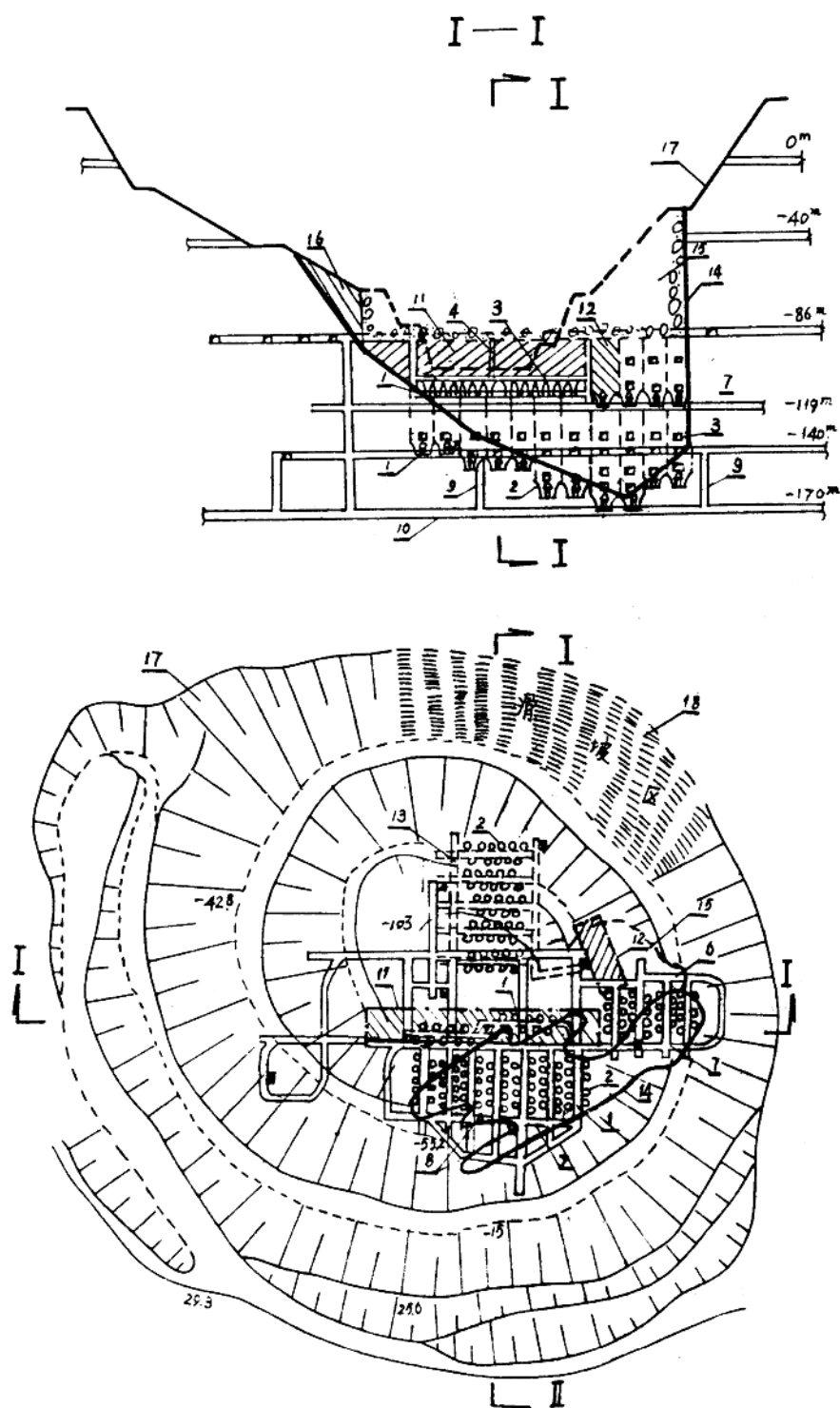


图 6 折腰山铜矿露天转地下开采纵投影图



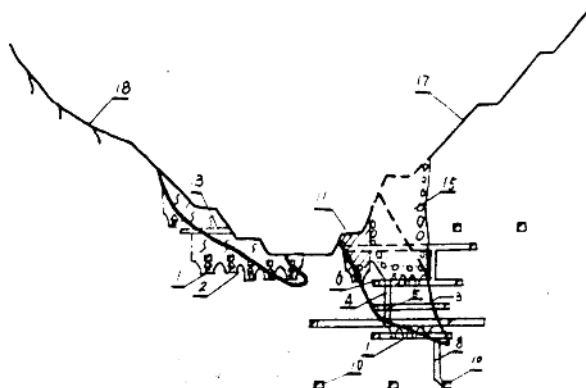


图7 铜山铜矿铜山矿区露天转地下开采纵投影图

1—电扒道;2—漏斗;3—切割巷道;4—切割天井(自由面);5—切割横巷;6—采场联络道;7—导段电扒道;8—放矿溜井;9—主溜井;10—运输道;11—顶板沿走向矿柱(隔墙);12—东采区矿柱(隔墙);13—底板错动采区;14—矿块线;15—无底柱崩落法回采采区(-86 m 以下为有底柱);16—溜井保安矿柱;17—露天边坡线;18—露天滑坡区

冶山铁矿在露天矿先结束的东端地段用硐室大爆破崩落矿岩 3.5 万 m^3 , 形成垫层, 与此同时露天矿的其他地段生产作业仍正常进行, 保持月产矿石 1 万 t 左右。然后掘进 1 400 m^3 坑道和硐室爆破崩落岩石 26.5 万 m^3 。两次大爆破总装药量 114 t, 共爆破矿岩总量 30 万 m^3 , 形成厚 15~20 m 垫层, 用无底柱分段崩落法回采, 由露天转入地下开采。冶山铁矿形成垫层的过程中发现只要不同区段错开一段距离, 露天回采与垫层施工可同时进行, 露天矿与地下矿亦可同时作业。

漓渚铁矿露天开采至 +80 m 水平, 下部转入地下开采时采用无底柱分段崩落法。露天向地下开采过渡时期, 采用了联合崩落围岩的方案来形成露天坑底岩石覆盖层。其施工方法是在 +80 m 巷道内用大直径深孔崩落上盘三角矿柱, 在 6~12 线范围内进行硐室爆破崩落底盘围岩而形成岩石覆盖层。实际崩落岩石 8.3 万 m^3 , 是设计值的 1.57 倍。在矿体 +80 m 水平以上形成了 15 m 以上的岩石覆盖层。

铜山铜矿铜山露天采场转入地下, 在露天边坡周围和采场底部有大量矿体有待地下开采。对边坡内厚大部分矿体采用有底柱分段崩落采矿法, 对边坡内部分残矿采用无底柱分段崩落采矿法, 并实行“强掘、强采、强出”的措施, 顺利地转入地下开采。

芬兰皮哈萨尔米矿上部为露天开采, 露天向地下开采的过渡界线为 115 m 水平。地下开采采用分段空场采矿法, 采后用尾砂和露天矿下放至井的废石进行充填, 在 200 m 水平设 1 个破碎站, 破碎露天和井下回采的矿石。

2.1.3 生产能力

地下矿山生产规模根据矿体赋存条件和选用的采矿方法, 回采工作各工序配合, 合理开采顺序, 经技术经济比较确定。同时应考虑与采矿相配套的选冶生产能力, 水、电和机修等辅助工程。并提前进行地下开采的基建, 做好过渡时期产量稳定均衡。

宝山铅锌银矿一期工程是露天开采主要为铜铅矿体, 设计矿石生产规模 2 000 t/d。因供电不足, 包括 1982 年建成的东部铅锌矿采场 200 t/d, 矿山实际产量 1 000~1 400 t/d。二期工程转入地下开采, 除开采单铜矿体 500 t/d 以外, 还可开采单铜矿体西、北部的铅锌银矿体, 从地质资源上看

是有利的。规划西部铅锌矿 700 t/d, 北部铅锌矿 500 t/d, 3 部分合计地下生产规模达 1 700 t/d。另外综合分析核算, 对经济效益差的单铅矿体暂不开采, 而优先开采品位较高的铅锌银矿体, 使矿山规模和经济效益较露天开采有大幅度的提高。

白银公司 1 号露天采场实际生产已达到和超过设计规模 8 000 t/d。在进行转入地下开采设计时, 采用机械化程度较高的设备、强化开采。经计算确定生产规模 3 000 t/d, 后经与生产单位研究, 认为 2 500 t/d 的规模比较稳妥可靠。矿山 1987 年投产后, 第四年就达到了设计规模。

松树岭铅矿矿体走向 2 000 m, 分为南北两个露天采场, 日产规模 2 000 t。采取分区分期交替过渡到地下开采。先从北露天, 后从南露天向地下过渡。北区从 1962 年进行地下开采基建, 1963 年北露天采场结束, 1964 年仅有南露天采场生产 58.1 万 t 矿石。1965 年产量为 63.6 万 t, 内有北露天采场北侧边坡由地下开采的 20 万 t。之后, 北区转入地下开采产量比例上升, 南露天采场于 1971 年末结束, 在南侧边坡下部和露天采场下部分别 1971 和 1974 年采准, 在 1975 年和 1977 年开始回采, 1977 年后全部转入地下开采。过渡期间, 除 1965 年以前 3 年准备和开始过渡外, 均超过了生产规模, 1972~1974 年仅北区地下采矿就完成了任务。

利国铁矿是由多个矿区组成的中型矿山。各个矿区有独立的开拓系统。50 年代初至 60 年代中期矿山为露天开采; 60 年代中期至 70 年代末, 矿山为露天转地下开采的过渡期; 70 年代矿山转入地下开采。现在生产的地下矿山有硐四井(1967 年投产)、唐山井(1972 年投产)、西马山大井(1983 年投产)、铁山井。4 个矿区采选设计规模 43 万 t/a, 实际产量为 34~38 万 t/a。由于过渡期间很好地安排了露天与地下矿山生产, 使产量比较稳定。由此可见, 对于矿体分散的露天矿转地下开采可分片分期建设和生产。

金川公司龙泉镍矿是原露天矿转入地下主要开采富矿体的矿山, 1987 年进行可行性研究并进行基建施工, 1990 年建成投产, 基建 3 年完成工程量 13 万 m³。露天矿于 1990 年闭矿, 转入地下开采后, 产量达到了设计的 1 000 t/d 的规模。

冶山铁矿为了实现不停产过渡, 露天矿分段结束, 地下矿分段投入生产。北矿区东部矿体开采只推进 +50 m 台阶原设计的一半, 其余由地下开采。一方面在露天先开采结束的地段形成垫层, 另一方面在露天开采全部结束后采用硐室大爆破方法加速形成垫层。由于采取了上述措施, 矿山从在 1966 年 8 月开始进行地下矿的建设, 1973 年基本建成, 从 1971 年开始露天向地下过渡, 1973 年基本上转入了地下开采。

漓渚铁矿紫铜山露天矿以梯段法开采, 露天开采底部标高为 +90 m。1967 年 3 月开始进行地下矿山基建, 1978 年基本建成, 1981 年顺利转入地下开采。在进行露天转地下开采的过渡期后, 为加快露天开采强度, 减少剥离量, 确保过渡期产量不减, 露天采场于 1969 年采用漏斗法开采。这种方法是在露天采场底部以下的 +80 m 水平开掘运输平硐、沿脉平巷(布置在矿体中间, 矿厚 40 m 以上, 靠顶、底板平行布置两条); 在沿脉巷道的适当位置上掘天井, 掘通地表后, 构筑溜井底部结构, 安装放矿设施; 而后再从溜井上口打眼扩漏, 随着扩漏, 漏斗不断延深, 直至运输平巷顶部留 2~3 m 护顶层。扩漏接近护顶层, 在原漏斗之间的沿脉巷另一帮再上掘漏斗溜井, 相继扩漏采矿, 待开采到矿体边界, 护顶层以上的矿体就回采结束。护顶层和漏斗间的三角矿柱采用后退式回采。用这种漏斗法开采露天矿底部的矿体的过渡方法, 使生产衔接紧密, 又确保了矿石产量不减产。

铜官山铜矿地下用充填法回采矿房, 而矿柱由露天开采, 为保持产量的稳定均衡, 坑采超前, 坑露并采。露天矿基建和达产期间, 利用坑采产量平衡矿山总产量。地下开拓系统在露天向地下过渡前早已形成, 并在露天结束的地段做好矿柱回采的采准。露天西段结束后先转入地下开采, 在露天东段用抛掷爆破沿走向后退回采顶盘三角矿柱和东端残余矿量。通过 4 年时间将露天担负的 48.9

万t的产量逐步过渡到地下。这样在露天转地下开采期间,整个矿山仍保持3500t/d的产量。

美国奎斯塔铝矿1965年进行大规模露天开采。1978年采剥矿岩量为矿石399.2万t,岩石208.1万t,1979年矿石为465.1万t,岩石为393万t,1980年矿石为55.3万t,岩石150万t。由此看出,露采剥采比逐渐增大,决定转入地下开采。地下矿设计规模年产矿石600万t,1979年开始建设,1983年7月投产,1984年上半年达产,矿山服务年限20年。计划投资2亿美元建设矿山和现代化选矿厂。

芬兰皮哈萨尔米铜矿露天矿1958年基建剥离,矿床上部用露天开采,深部用地下开采。60年代露天采出矿石量占75%,到1971年下降到30%,而地下采出矿石量占70%,当年产量达74万t。1976年全部转入地下开采,过渡到地下开采产量达到80~90万t/a。

前苏联调查分析一些露天转地下开采的有色矿山比常规地下矿山的建设生产有一些不利因素,如地质条件恶化,基建工程比定额计算的设计基建期长30%,露天矿坑下部分矿石储量和质量未经验证等。为保证矿山稳产过渡,过渡时期应储存不少于露天矿年采矿量10%~60%的矿石;并将露天矿坑下一段矿体提前作采准,与露天矿同时开采。

2.1.4 开拓系统

露天转地下开采矿山开拓系统,应尽量利用露天矿开拓系统,露天开拓工程尽可能与地下开拓工程相结合,统一布置。按地下与露天开拓工程结合的不同情况,露天转地下开拓系统可分为独立开拓系统、部分结合开拓系统和联合开拓系统。

(1) 露天与地下独立开拓系统多用于埋深较大近似水平或缓倾斜矿床,及延深大,矿石储量大的急倾斜矿床;或地下开拓工程布置在露天采场境界外,及受条件限制,露采设计时未能将露天与地下开拓综合考虑的矿山。

我国大部分矿山采用这种开拓方式。如折腰山铜矿矿体规模大小不等。3号矿体长1000m,最厚150m,延深500~600m。1号块状矿体长600m,厚80~100m,延深250m,一般矿体延深100~200m。50年代由前苏联设计,矿床上部进行露天开采,永久汽车路至开拓。开采25年,采深282m。露天采场底部还有延深300m占矿床矿石总储量1/4的矿体。70年代中期进行露天转地下开采设计,选用竖井开拓方案。这种各自独立的开拓系统,露天与地下生产互相干扰少,地下开拓系统可及早施工,有利于衔接。但也因此而工程量大,基建投资高,基建时间长。

(2) 部分结合开拓系统适用于深部矿床储量不大,地下开采规模中等及露天边坡稳定的矿山。地下开拓工程有一部分布置在露天采场境界内,部分利用露天开拓工程。露天矿边帮三角矿柱,周边残留矿体,一般露天开采矿石由地下矿巷道运出。露天转地下开采储量不多时,如果边坡稳定。可在露天坑底非工作帮开拓平硐(或斜井及斜坡道)开采地下矿石。

如金川露天矿为探清深部矿体,为探采结合,减少工程量,节省时间。在露天坑内布置一条 $\phi 3.5$ m,深145m的探矿井,基建期起4个中段探矿和开拓作用,生产期即作进风和辅助提升。铜官山铜矿露天采场的三角矿柱在地下回采前深孔爆破,矿石由坑内运出。凤凰山铁矿也属此种。这种部分结合的开拓系统优点是开拓工程量少,基建投资少,投产快。缺点是露天后期生产和井下施工有干扰。

(3) 联合开拓系统即露天与地下采用统一的地下开拓系统。急倾斜矿体露天开采时间较短时,为减少基建投资和剥离量,便于转入地下开采,采用地下井巷同时开拓露天矿和地下矿。由于统一开拓运输,可以减少运输距离,缩短基建时间,有利于露天矿排水,便于向地下矿过渡。

如芬兰皮哈萨尔米矿用下盘竖井、斜坡道统一开拓露天矿和地下矿,其露天回采的矿石由前装机运至露天矿中心溜井,送入坑内破碎,皮带机运输,箕斗提升至地表。其60%的废石由电铲装汽