

脉状矿床开采

中南矿冶学院 著
采矿方法教研组



冶金工业出版社

脉 状 矿 床 开 采

中南矿冶学院
采矿方法教研组 著

冶金工业出版社

內 容 提 要

本書詳細而系統地總結與研究了我国中南区錫脈狀矿床开采問題。全書共分十二章，包括，地質矿床，开拓，采准，回采工艺过程，采矿方法，矿柱回采，矿石損失与貧化以及脈狀矿床开采的經濟評價等問題。

本書除了广泛的搜集与分析实际資料，總結与研究中南区錫錫脈狀矿床开采的經驗成就外，还扼要地介紹了国内外有关脈狀矿床开采的若干先进經驗与技术成就。

本書可以作为生产部門及設計机构的工程技术人員和高等学校及中等学校师生的参考文獻。

脈狀矿床开采

中南矿冶学院采矿方法教研组 著

冶金工业出版社出版（地址：北京市灯市口甲 45 号）

北京市書刊出版业营业許可証出字第003号

北京 535 印刷厂印 新华書店發行

— * —

1960年 2 月第一版

1960年 2 月北京第一次印刷

印数
精裝 1,520 册
平裝 1,220 册

开本850×1168·1/32·450,000 字·印張17 張·插頁 5

— * —

統一書号15062·2033 定价
精裝 2.70 元
平裝 2.20 元

目 录

前言.....	1
緒論.....	3
第一章 矿床地質.....	6
§1 概述.....	6
§2 矿床的生因.....	9
§3 矿床的工业特性.....	14
§4 矿床的产状及勘探.....	19
第二章 矿床开拓.....	25
§1 概述.....	25
§2 平窿开拓法.....	24
§3 井筒开拓法及用井筒开拓深部的联合开拓法.....	48
§4 开拓方法的选择.....	54
§5 阶段划分及开采顺序.....	65
第三章 采准工作.....	75
§1 概述.....	75
§2 主要采准巷道的位置.....	76
§3 采准方式.....	80
§4 快速采准与切割.....	89
第四章 回采的主要工艺过程.....	103
§1 回采工作中的崩矿.....	103
§2 大块处理.....	151
§3 矿石运搬.....	155
§4 采空区支护.....	163
第五章 采矿法分类.....	186
§1 采矿法分类简述.....	186
§2 各类采矿法的特征及其分类.....	187
第六章 傾斜及緩傾斜矿脉采矿法.....	193
§1 概述.....	193

§2	用矿柱、石垛及木柱支撑顶板的支柱采矿法	194
§3	削壁充填和手选充填采矿法	202
§4	顶板崩落采矿法	212
§5	从巷道中崩矿的空场采矿法	220
§6	缓倾斜矿床采矿法的改进途径	222
第七章	急倾斜矿床采矿法	225
§1	空场法	226
§2	留矿法	245
§3	充填法	325
§4	支柱法和支柱充填法	340
§5	分層崩落法	348
§6	开采急倾斜薄矿脉的改进途径	350
第八章	复杂矿脉采矿法	354
§1	概述	354
§2	相邻矿脉开采法	357
§3	分枝矿脉的开采法	370
§4	分枝复合矿脉开采法	386
§5	交替错动矿脉开采法	389
§6	倾向和倾角变化剧烈的矿脉开采法	398
第九章	细脉带采矿法	404
§1	分段法	405
§2	留矿法	421
§3	细脉带采矿法的改进途径	434
第十章	矿柱回采	442
§1	民窿残柱回采	444
§2	薄矿脉正规矿柱的回采	470
§3	细脉带正规矿柱回采	480
§4	采空区处理	502
第十一章	矿石的损失与贫化	505
§1	矿石损失与贫化的基本概念	505
§2	矿石损失和贫化的计算方法	506
§3	矿石贫化所引起的经济损失	513

§4 計算矿石損失和貧化的原始資料的測定方法.....	515
§5 矿石損失和貧化原因的分析.....	518
§6 為降低矿石損失和貧化而鬥爭.....	521
第十二章 脉狀矿床開采的幾個經濟問題.....	524
§1 確定矿石最低工業品位和矿脉最小工業厚度的方法.....	525
§2 采礦方法選擇及其經濟評價.....	532
§3 手選方式及其經濟合理性的評價.....	538
§4 分采與合采境界綫的確定方法.....	549

前 言

解放十年来，由于党的正确领导及社会主义建设对金属日益增长的需要，中南地区的錫鋁脉状矿床地下开采工业获得了空前巨大的发展，在开采技术上和生产管理上也取得了光辉的成就，在开展群众性的技术革命与技术革新运动中，涌现出许多先进经验。因此，系统地总结、分析这些成就和经验，对我国金属矿床地下开采进一步的发展将有一定的作用。

我们编写本书的目的是想全面而系统地反映中南区錫鋁脉状矿床地下开采的现状，总结解放十年来脉状矿床地下开采的技术成就和先进经验，并进一步研究和探讨有关脉状矿床开采的改进途径和发展方向。

本书的内容主要以中南区錫鋁脉状矿床地下开采为主，并适当地吸收国内外技术新成就和先进经验；以经过生产实践行之有效的采矿方法为主，同时对正在试验或将拟使用的方法的典型实例也作了适当的介绍和评述；以现在所遇到的生产问题为主，过去的只作简单的论述。至于一般采矿文献上所常见的、为采矿工作者所熟悉的问题，则很少论述。

本书共分十二章，主要内容包包括矿床地质、开拓、采准、回采工艺过程、采矿方法、矿柱回采、矿石损失和贫化及脉状矿床开采的经济评价等问题。

本书系在党的领导下，由教研组集体讨论、分工执笔、共同审阅而成。由于缺乏编著经验，同时由于业务水平和时间的限制，其中难免没有错误和漏洞，敬希读者提出宝贵意见。

在编著本书的过程中，曾得到冶金工业部的鼓励和支持，并承湖南、江西、广东、广西冶金局（厅）以及数十个矿山热情的帮助，提供我们大批宝贵资料。此外，本院地质系矿床教研组对

本書矿床地質部分初稿作了审閱工作，作者一并在此致以深切的謝意。

作 者

1959年7月于長沙

緒 論

我国錫礦資源是非常丰富的，錫的儲量与产量均屬世界第一位，錫的生产亦占着極重要的地位。

中南区是我国最主要的产錫区，錫的产量也占有極其重要的地位。但是在解放以前的反动統治时期里，中南区的錫礦山是非常落后的。总的情况是資源不清，絕大部分是手工作业，見矿乱采乱挖，資源浪費大，劳动生产率低，生产極不安全，劳动条件差，坑內是油灯照明，工人遭到严重剝削，生活極其困苦。

新中国的成立，給中南区的錫錫开采工业开辟了广闊的發展前途。

解放以后，矿山回到人民的手內，并且在党和政府恢复国民經济时期的方針政策指导下，立即进行了旧矿山的恢复、整頓和改建工作，同时广泛發动群众进行民主改革，徹底推翻封建反动势力，劳动人民成为矿山的真正主人，并且發揮高度的積極性与創造性；对民窿开始有计划有步驟的进行改造，分別改为国营或組織成合作社，并对資源进行了大規模的勘探。到1952年止，仅仅只有三年的时间，矿石年产量即增長了好几倍。

在第一个五年計劃时期內，矿山的基本建設被提到了首要的地位，大規模的矿山建設开始了。中南区許多經過勘探，有条件建設的錫礦山，都进行了总体設計和技术改造，設計了合理的开拓系統和采矿方法，采用了现代化的装备，使錫錫产量得到了迅速的增長。到1957年止，錫矿石产量达到了1952年的七倍以上。

第二个五年計劃以来，在党的鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社会主义的总路綫的光輝照耀下，經過了偉大的全民整風运动，中南区的錫錫开采工业和其他工业部門一样，获得了更高速度的發展，1958年比1957年矿石产量，也迅速地成倍增

長。

解放十年来，中南区的錫礦，不但产量获得了迅速的增长，而且机械化水平，劳动生产率和矿石的回收率有了显著的提高，开拓和采矿方法，得到了迅速的改进。现在，采掘作业中，凿岩工作实现了机械化，运输工作的机械化程度亦迅速提高，部分矿山主要平窿内采用了电机车运输，并采用了机械化通风，根本上改变了旧中国落后的开采面貌。解放以前，凿岩工的劳动生产率不到1吨，矿石回收率在50%以下。现在，各矿的开拓系统已逐渐走入正规，高效率的留矿法得到了广泛的使用，许多新型的，可以在围岩不太稳固的条件下使用的留矿法——杆柱留矿法，横撑支柱留矿法，框架支柱留矿法，小矿块留矿法等，也获得使用，大大地扩大了留矿法的使用范围。到1958年止，留矿法的比重已达到90%以上，巷道采矿法基本上被废除，支柱法，充填法，方框支柱充填法，下向梯段采矿法等，已降低到非常次要的地位。凿岩工的劳动生产率一般已达到20吨以上，矿石回收率达到80%以上。

十年来，职工的生活水平和劳动条件得到了显著的提高和改善。在发展生产的同时，党和政府对职工的生活水平和劳动条件给予了极大的注意，职工的工资有了显著的提高，并且采取了一系列的措施对工人进行经常的安全技术教育，充分发动群众，搞好安全生产工作，并充分地供应了劳动保护品，改善工人的作业条件，使伤亡事故直线下降，党和政府对矽肺病的预防和医疗也特别重视。采取了一系列的综合性措施降低空气含尘量。经过多年的努力，大部分矿山空气含尘量已降低到 2毫克/米^3 以下，并且对矽肺病患者进行了及时的医疗，患病率显著下降。

中南区的錫、錫开采工业在短短的十年内取得如此辉煌的成就，是与党的正确领导分不开的，也显示了社会主义制度的无比优越性。十年来，党在发展工业方面提出的路线、方针和政策，是中南区錫、錫开采工业高速发展的指路明灯和决定性因素。它

鼓舞着全体从事矿山工作的职工同志们發揮了冲天的干劲和无穷的智慧，保证了历年任务的完成和超额完成。

中南区的鑛、錫开采工业取得如此辉煌成就也是与苏联和其它兄弟国家的无私援助分不开的，他們替我国培养了大批技术人材，提供了大批技术资料和技术装备，派来了許多优秀專家，替我国設計和装备了具有世界規模的鑛、錫采选联合企业。

在短短的十年內，中南区的鑛錫开采工业虽然已取得了辉煌的成就，但是仍然不能滿足我国社会主义建設日益增長的需要。我們相信在党的鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社会主义的总路綫照耀下，我国鑛錫工业将要繼續跃进，在社会主义建設中發揮更大的作用。

第一章 矿床地質

§1 概 述

一、矿床概述

中南地区在目前經過勘探和正在开采的脉状矿床，主要是鎢錫矿床。其中作为鎢矿开采的占百分之八十以上，但都有或多或少錫石共生，往往可以回收；作为鎢錫矿共采的約占百分之十几；作为單純的錫矿开采的只有个别矿床。

矿床中除鎢錫外，常常伴生有色金屬，最主要的是銅、鉍、鉬、鉛、鋅、砒、鉄、銻等硫化矿物，个别地区产自然金。这些矿物有时具有开采价值。作为脉石共生的，有綠柱石、黃玉石、螢石、电气石、石榴石等，常常可作为室石和工艺材料回收。

在矿床中还有釷 (V)、鐳 (Re)、鈾 (U)、鈷 (Nb)、鉭 (Ta) 等分散元素与放射性元素，但它們不是單体产生，而是以类質同象的微粒出現，含于鎢、鉍、鉬、錫等矿物的結晶格子里，构成复合矿石。如何利用这些稀有金屬，則有待于进一步研究。

中南区的鎢錫矿床，几乎全部产生在古老地層的变質岩及火成岩中，通常由大致平行的而且一般是密接的極薄石英脉所組成。在一个矿床中，矿脉数由几十到几百条，最多如 214 矿竟达 900 余条。

在中南区目前开采和發現的鎢錫矿床，主要产生于南岭山系、五岭山脉的山区和丘陵区，特別集中在湘、贛、粵三省交界的騎田岭和大庾岭的主干和支脉中。

二、矿床組成矿物的分布特性

1. 主要矿物的分布：矿床中的主要矿物是鎢矿和錫矿，而

且不論在那个矿床中这两种矿石通常是共生的，只有含量多寡之別而已。在鎢矿中以黑鎢为主，包括鎢錳鉄矿、鎢鉄矿、鎢錳矿，这些都是鎢酸盐的型式，但一般常見的是鎢錳鉄矿；其次是白鎢矿，也是一种鎢酸盐类。在錫矿中通常是氧化物的錫石，在个别矿床中产生硫化物的黃錫矿。

在中南地区，鎢矿和錫矿的共生情况，含量比率及分布特征都是很复杂的。从事实上观察，大致有如下的几个特性：

1) 就中国南部整个鎢錫矿說，它是自东至西經過江西、湖南、广东、广西直到云南，成为一条狹長鎢錫矿产带，当然在这一带中也产生有許多銅、鉛、鋅等金屬矿床。鎢与錫两者的量比，大致是自东至西次第减少，錫則次第增加，但在局部地区，仍是变化不定的。

事实表明：在鎢錫矿产带的最东部，如江西的零都、贛县、兴国、泰和等县矿床中的主要矿物都是鎢，含錫極微；到江西、湖南交界地区，如江西的大庾、崇义、安福及湖南的茶陵、临武、宜章等县矿床中，虽仍以鎢为主，但錫石含量已逐渐增加，其中愈向西部，到湖南境内錫石的开采价值愈大；到湖南、广西交界地区，如广西的恭城、八步一带矿床，都是以錫为主要开采对象，鎢已退居到次要地位了；到广西西北部，如南丹、河池一带矿床，錫已成为唯一的开采对象，只含微量的鎢；直到最西部云南箇旧地区，錫的量比更占绝对优势。

2) 鎢矿石是以鎢酸盐类的型式产生。从結晶温度观点来看，它在不同的温度下，即在高温气相溶液到高温、中温和低温溶液中，都可能結晶出来。也就是說，鎢矿石可以在火成岩本体及与火成岩接触的圍岩中产生，也可以在离火成岩很远的地層中产生。

3) 錫矿石除極少数例外都是氧化物。一般金屬氧化物結晶必須在極高温度和压力下才能形成，在實驗室中制造錫石，就是氯化錫在高压水蒸气的作用下而結晶出来的。所以錫矿石通常是

产生在火成岩及接近火成岩的圍岩中。在这样地段，不仅温度很高，而且由于上部有很厚地層，其压力也很大，是錫石結晶最好的物理条件。但在一个矿区以內，常常是矿体上部品位高而下部品位低，这也是由于气成作用的关系。

錫石結晶的另一特征，是亲石灰岩的。上列南丹一带錫矿床，恭城某錫鑛矿床及湖南临武某高錫鑛矿床，都是在石灰岩中产生的。云南箇旧二叠紀石灰岩中的大型錫矿床，也証明了这一特征。

4) 鑛矿中的白鑛矿，主要是由侵入岩浆中所含的鑛和夺取圍岩中所含的鈣而生成的。例如，湖南宜章和临武一带的白鑛矿床，其圍岩都是石灰岩；湘西沃溪白鑛矿床的圍岩虽然是板岩，但含鈣質。

錫矿中的黄錫矿主要是由含硫很高的侵入岩浆产生的。在中南区某些高硫化物錫石类型錫矿床，如南丹一带錫矿中含硫达27%，产黄錫矿甚多。

2. 共生矿物的分布：中南区鑛錫矿床中，有許多种类的有色金属，稀有金属，和貴金属矿物，以及室石和工艺材料的非金属矿物，作为鑛錫的共生矿物而产生。在金属矿物中最重要，有黄銅矿、輝銅矿、斑銅矿、輝鉍矿、碳酸鉍矿、輝鉬矿、方鉛矿、閃鋅矿、硫砒鉄矿、黄鉄矿、輝銻矿和自然金等。这些金属矿物往往有同采的工业价值；甚至有高的价值。

在各个矿床中，除了極少数例外，上列共生金属矿物在种类上大致是相同的，但在数量上則極不一致。某一种或几种矿物在某些矿床中特別富集，另一种或几种矿物又在另一些矿床中富集。据現有資料，这些富集而可供同采的共生金属矿物，其分布是有区域性的，大致如下：

1) 高銅矿床集中在湘贛交界地区，如江西大庾和湖南茶陵的某些矿床中，都有較多量的黄銅矿，輝銅矿存在，可以作为工业矿石回收。

2) 高鉍矿床集中在江西粵都、兴国、泰和一带，在这一地

区内的許多錫矿中，都含有較多量的輝鉍矿、碳酸鉍矿可供回收。

3) 高鉛鋅矿床分布在广西南丹河池一带，錫矿床中鉛鋅含量百分比很高，同样是开采的主要对象。

4) 高錫矿床分布在湖南沅陵、桃沅一带，錫銻金矿床中，不仅产生大量的輝錫矿，而且含有可供回收的自然金。

此外，輝鉍矿在某些矿床中有回收价值，毒砂在个别矿床中也可回收。在錫矿床中的脉石，如綠柱石、螢石、电气石、石榴石、等等也常常有回收价值。这些金屬和非金屬有用矿物的分布情况尚待进一步研究。

还应当指出，在中南区錫矿床中，凡是以火成岩作圍岩的，或圍岩是在火成岩迫近的水成岩，通常有或多或少的錫砂矿在矿区內及附近地面存在。特别是矿脉在圍岩中延深不大的矿区，上部矿脉大部分已破碎剝蝕时，則可能有大量砂矿存在。这一事实是值得企业單位注意的。

S2 矿床的成因

一、矿床生成与地質条件的关系

1. 成矿地層及侵入火成岩：中南区各錫矿产地的地層，根据已知資料，从古至新最常見的是：古生代的前泥盆紀变質岩系，泥盆紀、石炭紀和二疊紀，中生代的侏羅紀，新生代的第三紀和第四紀。已知各地層，在不同矿产地，也不是完整一致的，往往殘缺零乱，甚至洗刷殆尽。錫矿百分之九十产生在泥盆紀和前泥盆紀变質岩系的变質砂岩、千枚岩、鈣質頁岩和灰岩中，以及貫穿这些地層的火成岩体中。少数矿床产生在太古代結晶片岩系及花崗岩片麻岩中。在石炭紀地層中也有錫矿床产生，但工业价值不大。至于被火成岩岩脉所穿插的中生代侏羅紀地層中，虽也有石英細脉产生，但所含矿物以毒砂、黃鉄矿为主，仅仅有

極細斑点狀的鎢錫細粒存在，沒有工業價值。

各鎢錫礦區，通常有侵入火成岩出露，火成岩主要是酸性花崗岩，以及花崗岩岩漿分泌出來的偉晶岩、石英斑岩、長英岩、煌斑岩等岩脈，在某些地區也有閃長岩岩牆和玄武岩岩脈露出。花崗岩成為一種大型岩基或岩株侵入泥盆紀及前泥盆紀變質岩系中；花崗岩岩漿分泌出來的岩脈則常常貫穿花崗岩本身及其上部各地層，最上侵入中生代侏羅紀地層。這說明與成礦有關的侵入火成岩是侏羅紀地層生成以後的產物。

2. 地質構造與礦床形成：中南地區的鎢錫脈狀礦床，約有百分之九十五產於花崗岩及其復蓋岩層的節理裂隙中，產於斷層的只有個別礦床。這些與鎢錫礦床成因有關的節理裂隙和斷層的形成，是從古生代已開始發育，到燕山造山運動時影響最大，由於多次造山運動的影響而具有繼承性和復活性，結果形成複雜的裂隙帶。含礦溶液沿裂隙帶涌上，因而產生複雜的鎢錫礦脈群。

成礦前節理裂隙的方向，不論在泥盆紀和泥盆紀前變質岩中，以及在花崗岩中，一般以北東至東西方向最發育，但也有不少地區出現南北至北西方向的節理。這兩組近於相互垂直的節理，在同一礦區內形成交叉礦脈而產出的，以大廠錫礦最為顯明。

主要兩組節理是分前後兩期產生的，前期節理是呂梁——加里東運動的產物，後期節理是燕山運動的產物。當呂梁——加里東運動時，形成近於南北波動的古老褶皺，同時產生與褶皺軸向平行的張力節理；而這些節理，受後期燕山運動垂直於褶皺軸向的壓應力和岩漿侵入冷卻的張應力的影響，進一步加深加大，而且複雜化。至於由後期燕山運動所產生的近於南北方向的節理，雖然不及前期近於東西方向的節理那樣發育，但也成為成礦節理的一部分。

成礦後，構造運動繼續發展，在地層擠壓收縮過程中引起大小斷落錯動，使礦脈產狀更加複雜。

二、矿物生成与运矿溶液的关系

与矿床組成矿物生因有关的运矿溶液，不論它是繼續不断地或間歇地溢出，都說明中南区錫及其他共生矿物是多次結晶的。但是在時間上和空間上有前后之分，随着時間和空間的变迁，矿液的物理化学性質，不但有本質上的不同，而且在进程中發生变化，又說明中南区錫等矿物的生成是复杂的。簡要地討論如下：

1. 組成中南区錫矿床的矿物成分中，以石英含量为最多，通常达 80—90%。这說明运矿溶液中含氧很多，也說明最初进出溶液的化学性質基本上是超酸性的，正与錫等元素亲氧的特性相适应。具体的說，錫金属在地下深处高温灼热之下，容易与氧化合而生成氧化物 WO_3 和 SnO_2 。其中 SnO_2 已直接成为錫石定形， WO_3 仅仅是一种酸基的形式，需要进一步与 Fe、Mn、Ca 等化合，才能产生黑錫和白錫矿石。其他金属虽然都可能生成氧化物，但除錳以外沒有绝对亲氧的，也就很少有固定形的其他金属氧化物产生。

其次，矿床中有較多的黄鉄矿，毒砂和其他金属硫化物等共生矿物，說明矿液中也含相对多量的硫。硫在进出矿液中主要以 SO_2 、 H_2S 等气体形态出現，而在矿液上升途中产生 Na_2S 、 K_2SCaS 等鹼性物質，这些物質可以冲淡矿液的酸性，使其轉变为中性和鹼性，更促进了硫在溶液中的化学活跃性。許多有色金属是亲硫的，并且要在鹼性溶液中才容易結晶出来，所以矿床中的鉄、砷、銅、鋁、鈹、鉛、鋅、銻等硫化矿物，應該是后期鹼性溶液中的产物。

2. 矿液的物理性状及其成矿情况：在中南区錫矿床中，通常产生含 F 的螢石和黄玉石，含 F 和 Cl 的磷灰石，以及含 B 的电气石和斧石等脉石。而 F、Cl、B 等具有高度的揮發性，在地下深处高温高压下容易与各种金属化合，成为揮發性的氟化物，氯