



教育部高等学校地矿学科
教学指导委员会采矿工程专业规划教材



丛书主编 古德生

金属矿床地下开采技术

张钦礼 王新民 主编

UNDERGROUND MINING TECHNIQS
OF METALLIC ORE DEPOSITS



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

教育部高等学校地矿学科
教学指导委员会采矿工程专业规划教材

金属矿床地下开采技术

UNDERGROUND MINING TECHNIQS OF METALLIC ORE DEPOSITS

主 编 张钦礼 王新民

副主编 饶运章 郑怀昌 黄仁东

参编单位 中南大学

江西理工大学

山东理工大学



中南大学出版社

www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

金属矿床地下开采技术/张钦礼,王新民主编.
—长沙:中南大学出版社,2016.3
ISBN 978-7-5487-2197-0

I.金... II.①张...②王... III.金属矿床-地下开采-高等学校-教材 IV.TD853

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第064301号

金属矿床地下开采技术

张钦礼 王新民 主编

-
- 责任编辑 刘石年 胡业民
责任印制 易建国
出版发行 中南大学出版社
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083
发行科电话:0731-88876770 传真:0731-88710482
印 装 湖南地图制印有限责任公司

-
- 开 本 787×1092 1/16 印张 21 字数 519 千字
版 次 2016年3月第1版 印次 2016年3月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5487-2197-0
定 价 47.00 元
-

图书出现印装问题,请与经销商调换

内 容 简 介

● ● ● ● ● ●

《金属矿床地下开采技术》是非煤固体矿产采矿工程专业(含采矿与岩土工程专业、矿物资源工程专业)的核心骨干课程教材,全书分为绪论和4篇13章,包括矿产资源开发基本概念、采矿方法、开拓系统与总图布置、特殊矿床开采等。

本教材以采矿工艺过程为主线统领各章节先后顺序,强调各章节之间的逻辑关系;以典型金属、非金属固体矿床传统、常规开采技术为重点,兼顾特殊矿床(“三下”矿床、露天转地下矿床、露天境界外驻留矿床、残矿)开采技术;取消了以往教材中出现的、当前已经弃用或较少使用的开拓方法和采矿方法,增加了近年来涌现的新工艺和新方法;增加了矿山实例,使教材内容更紧密结合生产实际;增加了现代化采矿设备与先进管理知识,引导学生在未来的专业工作中,自觉地运用新设备、新工艺。

本教材是普通高校采矿工程专业必修课教材,也可作为非采矿专业矿业学科的选修课教材、国情教育教材和矿山企业在职人员培训教材,以及其他有关人员参考书目。



教育部高等学校地矿学科教学指导委员会
采矿工程专业规划教材

编 审 委 员 会

丛书主编

古德生

编委会委员

(按姓氏笔画为序)

王新民	伍法权	李夕兵	杨 鹏	吴 超
吴立新	张明旭	陈建宏	周科平	赵跃民
赵 文	侯克鹏	姚书振	殷 昆	高永涛
黄润秋	廖立兵	张钦礼		

序

.....

站在 21 世纪全球发展战略的高度来审视世界矿业，可以清楚地看到，矿业作为国民经济的基础产业，与其他传统产业一样，在现代科学技术突飞猛进的推动下，也正逐步走向现代化。就金属矿床开采领域而言，现今的采矿工程科学技术与 20 世纪 90 年代以前的相比，已经不可同日而语。为了适应矿业快速发展的形势，国家需要大批具有现代采矿知识的专业人才，因此，作为优秀专业人才培养的重要基础建设之一的教材建设就显得至关重要。

在 2006—2010 年地矿学科教学指导委员会（以下简称地矿学科教指委）的成立大会上，委员们一致认为，抓教材建设是本届教学指导委员会的重要任务之一，特别是金属矿采矿工程专业的教材，现在多是 20 世纪 90 年代出版的，教材更新迫在眉睫。2006 年 10 月 18—20 日在中南大学召开了第一次地矿学科教指委全体会议，会上委员们就开始酝酿采矿工程专业系列教材的编写拟题；之后，中南大学出版社主动承担该系列教材的出版工作，并积极协助地矿学科教指委于 2007 年 6 月 22—24 日在中南大学召开了“全国采矿工程专业学科发展与教材建设研讨会”，来自全国 17 所院校的金属、非金属矿床采矿工程专业和部分煤矿开采专业的领导及骨干教师代表参加了会议，会议拟定了采矿工程专业系列教材的选题和主编单位；从那以后，地矿学科教指委和中南大学出版社又分别在昆明和长沙召开了两次采矿工程专业系列教材编写大纲的审定工作会议。

本次新规划出版的采矿工程专业系列教材侧重于金属矿床开采领域。编审委员会通过充分的沟通和研讨，在总结以往教学和教材编撰经验的基础上，以推动新世纪采矿工程专业教学改革和教材建设为宗旨，提出了采矿工程专业系列教材的编写原则和要求：①教材的体系、知识层次和结构要合理，要遵循教学规律，既要有利于组织教学又要有利于学生学习；②教材内容要体现科学性、系统性、新颖性和实用性，并做到几者有机结合；③要重视基础，又要强调采矿工程专业的实践性和针对性；④要体现时代特性和创新精神，反映采矿工程学科的新技

术、新方法、新规范、新标准等。

采矿科学技术在不断发展，采矿工程专业的教材需要不断完善和更新。希望全国参与采矿工程专业教材编写的专家们共同努力，写出更多、更好的采矿工程专业新教材。我们相信，本系列教材的出版对我国采矿工程专业高级人才的培养和采矿工程专业教育事业的发展将起到十分积极的推进作用，对我国矿山安全、经济、高效开采，保障我国矿业持续、健康、快速发展也有着十分重要的意义。

中南大学教授

中国工程院院士

教育部地矿学科教指委主任

Handwritten signature in black ink, appearing to read '李德俊' (Li Dejun).

2008年8月

前 言

.....

矿产资源开发是国民经济的重要基础产业。根据我国当前发展水平,在未来相当长的一段时期内,社会对矿产资源的需求仍将保持较高的增长速度。因此,矿产资源开发,尤其是金属矿床资源开发产业链(地质、采矿、选矿、冶炼、加工等)前端的采矿行业,并不会像有人预料的那样将成为一个夕阳产业。相反,由于采矿行业的特殊性(作业空间有限、作业条件艰苦、作业对象不确定性大),采矿总体技术水平仍有较大提升空间。系统学习采矿工程基础理论、专业知识,利用现代技术改造传统采矿工业,提高采矿行业整体技术水平、装备水平是采矿工程专业学生义不容辞的责任。

遵循上述培养目标,作者编著了《金属矿床地下开采技术》这本非煤固体矿床采矿工程专业(含采矿与岩土工程专业、矿物资源工程专业)核心骨干课程教材。教材除重点介绍金属、非金属固体矿床开采基本概念,常用开拓系统、采矿方法及开采工艺外,还根据当前及未来矿业发展趋势,介绍了深井矿床、“三下”矿床、露天转地下矿床、露天境界外驻留矿床、残矿等特殊矿床开采技术,并根据学生反映的情况增加了主要采掘设备表。为保证内容的全面性和系统性、本教材简单介绍了矿山主要生产系统、充填理论与技术、放矿理论等内容。各学校可根据本校培养目标、培养计划和课程体系设置,有选择性地讲解。

本书在编写过程中,参考了许多教材、专著、论文和研究报告,虽然部分资料在参考文献中已经列出,但仍可能有遗漏之处,在此谨向各位参考教材、专著、论文和研究报告的作者表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中可能还存在不妥、甚至错误之处,敬请读者批评指正。

张钦礼

2015年10月20日于中南大学

目 录

0 绪论	(1)
0.1 采矿发展简史	(1)
0.2 矿产资源开发行业在国民经济中的地位	(1)
0.3 矿产资源开发面对的环境问题	(3)
0.4 矿床开采基本模式	(5)
0.5 中国金属矿产资源开发面临的形势和未来发展趋势	(8)

第一篇 矿产资源开发基本概念

第1章 金属矿床工业特征	(13)
1.1 矿产资源定义与分类	(13)
1.1.1 定义	(13)
1.1.2 矿石与废石的界定	(14)
1.1.3 分类	(18)
1.2 矿产资源基本特征	(19)
1.3 中国矿产资源特点	(21)
1.4 固体矿床工业性质	(22)
1.4.1 物理力学性质	(22)
1.4.2 埋藏要素	(23)
1.5 矿产资源储量及矿床工业指标	(25)
1.5.1 资源储量	(25)
1.5.2 矿床工业指标	(26)
第2章 矿床回采单元划分及开采步骤	(28)
2.1 矿床开采单元	(28)
2.1.1 矿田和井田	(28)
2.1.2 阶段(中段)和矿块	(29)
2.1.3 盘区和采区(矿壁)	(32)
2.2 矿床开采顺序	(32)
2.2.1 井田开采顺序	(32)
2.2.2 阶段开采顺序	(32)
2.2.3 矿块开采顺序	(33)
2.2.4 矿体间开采顺序	(34)
2.3 矿床开采步骤	(35)

2.4	三级矿量	(36)
2.5	开采步骤之间的关系	(36)
第3章	矿山生产能力与矿石损失和贫化	(37)
3.1	矿床开采强度	(37)
3.2	矿山工作制度	(38)
3.3	矿井生产能力与服务年限	(38)
3.3.1	影响生产能力确定的因素	(38)
3.3.2	生产能力不匹配带来的问题	(39)
3.3.3	生产规模划分	(40)
3.3.4	服务年限	(42)
3.3.5	生产能力验证	(42)
3.4	矿石损失和贫化	(43)
3.4.1	矿石损失和贫化的概念	(43)
3.4.2	矿石损失和贫化产生的原因	(43)
3.4.3	降低矿石损失和贫化的意义	(44)
3.4.4	损失率和贫化率的计算	(45)
3.4.5	矿石损失和贫化的统计	(47)
3.4.6	当前矿山开采损失和贫化情况	(48)
3.4.7	降低矿石损失和贫化的措施	(48)

第二篇 矿床开拓与矿山总图布置

第4章	矿床开拓方法	(53)
4.1	矿床开拓及开拓井巷工程	(53)
4.2	开拓方法分类	(54)
4.3	单一开拓方法	(55)
4.3.1	平硐开拓法	(55)
4.3.2	竖井开拓法	(56)
4.3.3	斜井开拓法	(58)
4.3.4	斜坡道开拓法	(59)
4.4	联合开拓方法	(60)
4.4.1	平硐与井筒(竖井或斜井)联合开拓法	(60)
4.4.2	明井与盲井联合开拓法	(61)
4.4.3	平硐或井筒与斜坡道联合开拓法	(62)
4.5	矿床开拓方案选择	(63)
4.6	主要开拓巷道类型比较	(64)
第5章	开拓井巷工程	(66)
5.1	主要开拓巷道位置确定	(66)

5.1.1	主要开拓巷道位置确定应考虑的因素	(66)
5.1.2	保安矿柱的圈定	(68)
5.2	主井和副井	(69)
5.3	风井	(70)
5.4	阶段运输巷道	(71)
5.4.1	阶段(中段)高度的确定	(71)
5.4.2	阶段运输水平	(74)
5.4.3	阶段运输巷道布置的基本原则及一般要求	(74)
5.4.4	阶段运输巷道布置形式	(75)
5.4.5	回风巷道	(77)
5.4.6	矿山实例	(78)
5.5	井底车场	(78)
5.5.1	竖井井底	(79)
5.5.2	斜井井底车场	(82)
5.6	溜井与其他专用井筒	(83)
5.6.1	溜井	(83)
5.6.2	充填天井与充填钻孔	(85)
5.6.3	其他专用井筒	(86)
5.7	地下硐室工程	(86)
5.7.1	地下破碎硐室	(86)
5.7.2	水仓及水泵房	(88)
5.7.3	地下变电所	(88)
5.7.4	井下爆破器材库	(89)
5.7.5	地下避灾硐室	(90)
5.7.6	机修硐室	(91)
第6章	矿山总图布置	(92)
6.1	总图布置的主要内容	(92)
6.2	总图布置基本原则	(92)
6.3	总图布置应考虑的因素	(93)
6.4	地表工业场地布置	(93)
6.4.1	主井工业场地	(93)
6.4.2	副井工业场地	(94)
6.4.3	其他工业场地	(96)
6.5	办公与生活设施布置	(97)
6.5.1	厂前区布置	(97)
6.5.2	办公与生活区布置	(97)
6.6	地面运输方式	(98)
6.6.1	运输量计算	(98)
6.6.2	内部运输	(98)

6.6.3 外部运输	(99)
6.7 矿山绿化	(99)
第7章 矿山主要生产系统	(100)
7.1 提升与运输	(100)
7.1.1 矿井提升	(100)
7.1.2 矿山运输	(102)
7.2 通风	(103)
7.2.1 有关规定	(104)
7.2.2 矿井通风系统	(105)
7.2.3 矿井通风方法	(107)
7.2.4 矿井降温与防冻	(108)
7.3 排水与排泥	(109)
7.3.1 排水方式及系统	(109)
7.3.2 排泥	(110)
7.4 压气供应	(111)
7.5 其他生产系统	(112)

第三篇 采矿方法

第8章 采矿方法总论	(115)
8.1 采矿方法分类	(115)
8.1.1 采矿方法分类的目的和基本要求	(115)
8.1.2 采矿方法分类依据及其分类	(115)
8.2 采矿方法应用情况	(117)
8.3 采矿方法未来发展趋势	(118)
8.4 采矿方法选择	(119)
8.4.1 采矿方法选择的基本要求	(119)
8.4.2 影响采矿方法选择的主要因素	(120)
8.4.3 采矿方法选择程序	(122)
8.4.4 采矿方法初选	(122)
8.4.5 采矿方法技术经济对比分析	(123)
8.4.6 详细技术经济计算	(124)
8.4.7 采矿方法选择举例	(124)
8.5 采准与切割工程	(125)
8.5.1 采准方法分类	(126)
8.5.2 主要采准巷道布置	(126)
8.5.3 无轨采准	(127)
8.5.4 矿块底部结构	(128)

8.5.5	采准切割工程量计算	(136)
8.6	回采主要过程	(139)
8.6.1	凿岩爆破	(139)
8.6.2	出矿	(148)
8.6.3	采场通风	(153)
8.6.4	采场地压管理	(154)
第9章	空场采矿法	(163)
9.1	房柱法和全面法	(163)
9.2	留矿法	(167)
9.3	分段矿房法	(172)
9.4	爆力运搬采矿法	(174)
9.5	阶段矿房法	(176)
9.5.1	分段凿岩阶段矿房法	(177)
9.5.2	垂直崩矿阶段矿房法(VCR法)	(180)
9.5.3	侧向崩矿垂直深孔阶段矿房法	(184)
9.6	空场法矿柱回采和采空区处理	(187)
9.6.1	矿柱回采	(188)
9.6.2	采空区处理	(188)
9.6.3	采空区监测	(190)
第10章	充填采矿法	(191)
10.1	充填理论与技术简介	(191)
10.1.1	充填历史与应用现状	(191)
10.1.2	充填材料	(196)
10.1.3	充填材料物理力学性质	(203)
10.1.4	充填料浆配比参数	(207)
10.1.5	充填料浆流动性能参数	(209)
10.1.6	充填方式	(210)
10.1.7	充填设施与充填设备	(213)
10.1.8	充填计算	(218)
10.1.9	常用充填系统简介	(224)
10.1.10	充填体作用机理	(228)
10.2	上向水平分层充填法	(230)
10.2.1	机械化上向水平分层充填法	(230)
10.2.2	电耙出矿上向水平分层充填法	(233)
10.2.3	点柱上向水平分层充填法	(235)
10.3	上向分层进路充填法	(237)
10.4	下向分层进路充填法	(243)
10.5	嗣后充填采矿法	(249)

10.6	充填采矿法矿柱回采	(254)
第 11 章	崩落采矿法	(255)
11.1	有底柱分段崩落法	(255)
11.2	无底柱分段崩落法	(260)
11.3	阶段强制崩落法	(267)
11.4	自然崩落法	(268)
11.5	覆盖层形成与观测	(272)
11.6	崩落矿岩散体整体流动特性	(274)
11.6.1	放出椭球体	(275)
11.6.2	二次松散系数与松动椭球体	(276)
11.6.3	放出漏斗性质	(277)
11.6.4	多漏斗放矿时矿岩运动规律	(277)
11.6.5	端部放矿时矿岩运动规律	(279)
11.6.6	放矿截止品位与端部放矿矿石损失	(280)
11.6.7	放矿管理	(281)
11.7	放矿理论在无底柱分段崩落法设计中的应用	(282)

第四篇 深部矿床与特殊矿床开采

第 12 章	深部矿床开采	(285)
12.1	深井开采的定义	(285)
12.2	深井开采面临的主要问题	(285)
12.3	岩爆	(286)
12.4	深井降温	(288)
12.5	深井开采技术	(290)
第 13 章	特殊矿床开采	(291)
13.1	“三下”资源开采	(291)
13.1.1	“三下”资源开采基本理论	(291)
13.1.2	“三下”资源开采基本措施	(292)
13.1.3	“三下”资源开采实例	(293)
13.2	露天转地下开采	(294)
13.2.1	露头转地下开采技术难点	(294)
13.2.2	露头转地下开采基本原则	(295)
13.2.3	露头转地下采矿方法	(296)
13.2.4	露头转地下开拓系统的统一性	(296)
13.2.5	露头转地下开拓方案	(297)
13.2.6	国内外露天转地下开采矿山实例	(299)
13.3	露天境界外驻留矿开采	(300)

13.3.1 驻留矿体开采方法	(300)
13.3.2 矿山实例	(301)
13.4 残矿开采	(302)
13.4.1 残矿资源类型	(303)
13.4.2 残矿资源回收注意事项	(303)
13.4.3 残矿资源回收方法	(303)
附表：矿山主要采掘设备	(306)
参考文献	(318)

0 绪论

0.1 采矿发展简史

中国采矿历史悠久,原始人类已能采集石料,打磨成生产工具,采集陶土制造陶器,这些就是最早采矿的萌芽。从湖北大冶铜绿山古铜矿遗址出土有用于采掘、装载、提升、排水、照明等的铜、铁、木、竹、石制的多种生产工具及陶器、铜锭、铜兵器等物,证明春秋时期已经使用了立井、斜井、平巷联合开拓,初步形成了地下开采系统。至西汉时期,开采系统已相当完善。在此时期,河北、山东、湖北等地的铁、铜、煤、砂金等矿都已开始开采。战国末期秦国蜀太守李冰在今四川省双流县境内开凿盐井,汲卤煮盐。明代以前主要有铁、铜、锡、铅、银、金、汞、锌的生产。17世纪初,欧洲人将中国传入的黑火药用于采矿,用凿岩爆破代替人工挖掘,这是采矿技术发展的一个里程碑。19世纪末20世纪初,相继发明了矿用炸药、雷管、导爆索和凿岩设备,形成了近代爆破技术;电动机械铲、电机车和电力提升、通信、排水等设备的使用,形成了近代装运技术。20世纪上半叶开始,采矿技术迅速发展,出现了硝酸铵炸药,使用了地下深孔爆破技术,各种矿山设备不断完善和大型化,逐步形成了适用于不同矿床条件的机械化采矿工艺;提出了矿山设计、矿床评价和矿山计划管理的科学方法,使采矿从生产技艺向工程科学发展。20世纪50年代后,由于使用了潜孔钻机、牙轮钻机、自行凿岩台车等新型设备,实现了采掘设备大型化、运输提升设备自动化,出现了无人驾驶机车。电子计算机技术用于矿山生产管理、规划设计和科学计算,开始用系统科学研究采矿问题,诞生了系统采矿工程学。矿山生产开始建立自动控制系统,利用现代试验设备、测试技术和电子计算机,预测和解算某些实际问题。

0.2 矿产资源开发行业在国民经济中的地位

现代文明有三大支柱,即能源、材料和信息,而矿产资源则构成了能源和材料两大支柱的主体。矿产资源的勘探、开发和利用是国民经济重要基础产业之一。据统计,我国95%以上的一次能源、80%的工业原材料、70%以上的农业生产资料都来自于矿产资源。

我国矿产资源开发经过60多年的发展,已经形成了较完整的工业体系,奠定了雄厚的物质基础,相关的学科得到了很大的发展。

目前,我国已发现矿产171种,其中已探明储量的矿产有159种、矿产地2万多处,铅、锌、钨、锡、锑、稀土、菱镁矿、石膏、石墨、重晶石等储量居世界第1位。我国已探明矿产资源总量居世界前列,矿产资源开采总量居世界第二位,已成为世界矿产资源大国之一。

我国已成为矿产资源生产大国,主要矿产品产量位居世界前列。自2002年起我国十种有色金属(铜、铝、铅、锌、镍、锡、锑、汞、镁、钛)产量突破1000万t,成为世界有色金属第一

生产大国。2012年上述十种有色金属的全国产量甚至达到3691万t,比2011年增长9.3%,11年间产量增长3.6倍多,2014年更是达到4417万t。钢铁产量增长速度更是惊人,根据世界钢铁协会2013年1月22日发布的2012年全球钢铁生产统计数据,国内2012年粗钢产量7.16亿t,占全球钢产量的46.3%。仅河北一省,2012年产钢1.64亿t以上,比全球钢产量第二的日本多5000万t以上,是美国钢产量的1.8倍,印度的2.1倍,俄罗斯的2.33倍,德国的3.85倍,与欧盟27国的钢产量总和相当。虽然国家一再强调淘汰落后产能,但2014年粗钢产量仍然攀升至8.23亿t。2014年中国黄金产量达到451.8t,连续8年位居世界第一。

我国不仅是矿产资源生产大国,同时也是世界主要矿产资源消耗大国。如2002年中国铜、锌消费量分别为268万t和168万t,分别以18%和19%的占有率位居世界第一位,自此以后,消费量和占比逐年提高。2014年铜、锌消费量分别为1135.2万t和642万t,占全球消费量的比重分别高达49%和46%。其他矿产资源的消耗量也位居世界前列。

矿产资源开发是国民经济基础产业,随着国民经济快速发展,矿业自身也得到极大发展。截至1999年底,我国共有各类矿山企业16.5万个,其中大型矿山503个,中型矿山1836个,小型及小型以下矿山16.3万个,原矿产量达46.31亿t(不含煤成气、天然气和二氧化碳气),煤成气0.989亿m³。全国矿业从业人数达1061.4万人。2002—2011年我国矿业总产值由4567亿元增加到30288亿元,10年间产值扩大了6.63倍。除此之外矿产资源还为我国提供和创造出大量延伸、附加的就业机会和社会财富,矿产资源已是我国社会经济发展和居民生活的重要组成部分。

工业化是一个国家、地区经济社会发展水平的综合体现,也是社会文明进步的重要标志。18世纪末的工业革命使人类开始步入工业文明,也揭开了人类大规模开发、利用矿产资源的新纪元。工业革命以来短短200年,科学技术的飞速进步、生产力的大幅度提高和人类财富的快速积累,均是以矿产资源的大规模开采和创造性利用为基础的。国民经济的发展和人类生活水平的提高与矿产资源的开发和利用有着密切的正比关系,人均矿产品消耗水平已成为衡量一个国家发达程度及其居民生活水平的重要指标。发达国家经济发展的历程表明,工业化初期一般要消耗大量能源和各种矿物原料,这与工业化初期阶段对矿产品的大量需求同经济结构的转换有关:一是国民经济由农业为主转向以工业生产为主,即由以农业生产和以农产品原料加工制造为主转向以工业为主和以矿物原料的加工制造为主;二是在工业结构中一般以冶金、采矿等重工业为主,这些部门都要消耗大量的能源和矿物原料,要求矿业有较快的发展以支持经济的持续增长。

一般而言,矿产资源对经济发展具有重要的推动作用,其消费强度和消费特征取决于一个国家所处的工业化阶段和社会经济发展水平。根据矿产资源消费生命周期理论,在工业化初期(人均GDP < 1500美元)和中期(人均GDP在1500~5500美元),矿产资源消耗强度快速增长;在工业化后期(人均GDP在5500~13000美元),矿产资源的消费强度进入平稳阶段;在后工业化时期(人均GDP > 13000美元),矿产资源消耗强度呈下降趋势。这种由增长到成熟再到衰落的过程形成了矿产资源消费生命周期的倒“U”字形曲线(见图0-1)。

就世界总体而言,能源、钢铁与有色金属已经度过了使用强度的增长期和平稳期,处于明显的下降阶段,而化工产品(硫、磷、钾)则处于增长期,一些稀有、稀土金属及新兴非金属则刚刚处于演化周期的起点。矿产品使用周期的演变与工业化程度密切相关,因此,发达国家在矿产品使用强度的演化周期中所处的地位明显超前于发展中国家。