

卓越采矿工程师教程

主 编 葛世荣 黄盛初
副主编 屠世浩 窦林名

煤炭工业出版社

·北 京·

内 容 提 要

本书是一部采矿通识读本，全面介绍以煤矿为重点的固体矿产资源开采过程的理论技术及方法，其基本架构取材于《煤矿总工程师技术手册》，汇集了当今煤炭行业的最新技术，全面反映了现代煤矿开采的技术状况和发展趋势。

全书共分12篇，涵盖了采矿概况、资源勘察、井巷建设、开采方法、矿压控制、采矿装备、矿山安全、煤层气开发、清洁煤炭、数字矿山、生态矿山、煤矿管理的基本理论、技术和方法。其特色在于建构矿产开发的系统知识，阐述采矿科技的前沿成果，反映煤矿生产的先进技术。

本书既可作为矿业类高校培养卓越采矿工程师的教材，也可作为矿山企业管理者的新技术读本。尤其是对立志从事采矿业的大学毕业生，若能深读本书或邀学者予以解读，将极利于矿山新人系统把握现代矿山技术体系，夯实矿山技术管理基础。

编审委员会名单

主 编 葛世荣 黄盛初
副主编 屠世浩 窦林名
编写人员 张绍良 王 坚 孙庆刚 陈立武 胡予红
马立强 郭广礼 舒继森 袁 永 牟守国
侯湖平 白庆升

主 审 袁 亮
副主审 翟德元
审稿人员 (按姓氏笔画排序)
于励民 于洪珍 王继仁 王德鲁 冯国瑞
朱亚平 朱 锴 吕 涛 李树刚 李新春
李增全 邹友峰 赵庆彪 郝传波 郭永存
黄日恒 曾庆良 曾 勇

前 言

采矿是人类最早的生产劳动之一。采矿也是推动人类文明进步的重要技术要素，正如2000年第18届世界采矿大会主题所示：万物源于采矿！在古代，采矿为原始人类从自然采选石料以创成工具，采选陶土以制成陶器。在现代，采矿为工业文明提供能源和材料，使我们享受美好生活。

采矿工程师是人类历史上最早的工程技术人才，在近代备受社会各界尊崇，为人类工业文明进步作出了卓越贡献。然而，采矿是一门涉及多学科、跨领域且难度极大的复杂科学技术。可谓“矿学者，兼地学、化学、工程学三者而有之，其利甚博，而其事甚难”。当今，矿产资源开采需要的是宽基础、高素质、强能力的卓越采矿工程师人才。

我国是世界采矿大国，矿山企业数量和矿产资源开发量均居世界第一。目前，我国已发现矿产171种，已探明有储量的矿产159种，其中能源矿产8种，金属矿产54种，非金属矿产90种，水气矿产3种。2013年，我国矿山企业约10万个，矿产资源总产量约90亿吨，矿业总产值2.84万亿元。针对矿产资源开发的人才需求，我国设有矿业类专业的高校共有89所。

“通识为本，专识为末”。我国的采矿工程师人才培养还存在专业划分过细、课程体系过散、知识内容不新等问题。随着科学技术的迅速发展，采矿专业教育教学改革迫在眉睫，亟须进一步更新学生对采矿科学的认识，扩展学生对采矿技术的认知，增强学生对采矿行业的认同。然而，推动教育理念转变和教学内容变革，难寻一本贯穿采矿全过程，把勘探、建井、开采、安全、加工、装备、信息、生态、管理等环节融会贯通的通识教材。为此，我们产生了编撰本书的初衷，为的是让学生一卷在手而通晓采矿，让教师一册过目而博览矿业。

2008年，我有幸参与了《煤矿总工程师技术手册》编写组织工作。这是一部由我国煤炭行业200多位专家学者参编的最新煤矿开采技术手册，系统地总结了当时的煤矿生产新技术、新成果和新经验。2010年9月，该手册出版之后，即刻成为煤矿总工程师处理日常技术问题、进行重大技术决策的重要

工具。2012年，我向手册编委会主任赵铁锤局长（时任国家安全生产监督管理总局副局长、国家煤矿安全监察局局长）和主编袁亮院士提出将手册简编成为教材的想法，得到他们的一致赞同和大力支持。经过与时任国家安监总局信息研究院院长黄盛初研究员多次讨论，将本书定名为《卓越采矿工程师教程》，旨在体现采矿专门人才追求卓越的目标，契合我国卓越工程师教育计划的特色人才内涵。

本书是在参考《煤矿总工程师技术手册》的基础上，由众多参与过手册编写的专家学者精心撰稿、专心打磨、细心审阅的结晶。自2014年7月启动本书的编写工作，书稿经历了三次会审和三次送审。全书内容涵盖了采矿历史、资源勘察、井巷建设、开采方法、矿压控制、采矿装备、矿山安全、煤层气开发、清洁煤炭、数字矿山、生态矿山、煤矿管理等方面，着力建构资源开发的系统性知识，倾力阐述采矿科技的前沿性成果，努力反映煤矿生产的先进性技术。我们期望本书既是当今采矿技术的全面介绍，也是未来智能化采矿的构架描述；既有煤炭开发生产的基本知识，也有深海深空采矿的未来憧憬；既包含采矿工艺和生产装备的技术原理，也包含科学管理和生态文明的人文理念。

全书共分12篇，由葛世荣、黄盛初主编，屠世浩、窦林名担任副主编。第1篇采矿与人类文明（中国矿业大学葛世荣编写），第2篇矿井地质（中国矿业大学窦林名编写），第3篇矿井建设、第4篇采煤方法（中国矿业大学屠世浩编写），第5篇矿压控制（屠世浩、窦林名编写），第6篇采矿装备（葛世荣编写），第7篇煤矿安全（窦林名编写），第8篇煤层气抽采（国家安监总局信息研究院孙庆刚编写），第9篇清洁煤炭（国家安全生产监督管理总局国际交流合作中心胡予红，葛世荣编写），第10篇数字矿山（中国矿业大学王坚、葛世荣编写），第11篇生态矿山（中国矿业大学张绍良编写），第12篇现代煤矿管理（中煤集团陈立武，葛世荣编写）。这是一支齐心协同的编创团队，为了一个共同的目标和责任，耕耘书田三载，方成此书。我向所有编写者的辛勤付出，向煤炭工业出版社的倾力支持，致以诚挚谢意！当然，理无专在，学无止境。限于我们的学识，书中难免存在不足，请读者及同行批评指正，不吝赐教！

在本书成稿过程中，邀请中国工程院院士袁亮担任主审，平煤集团副总经理于励民教授级高工、徐州矿务集团副总经理朱亚平教授级高工、冀中能

源集团总工程师赵庆彪教授级高工、伊泰投资集团副总经理翟德元教授、中国煤炭教育协会理事长李增全教授，中国矿业大学于洪珍教授（国家教学名师）、中国矿业大学曾勇教授（国家教学名师）、中国矿业大学黄日恒教授、西安科技大学副校长李树刚教授、辽宁工程技术大学校长王继仁教授、河南理工大学党委书记邹友峰教授、安徽理工大学校长郭永存教授、黑龙江科技大学副校长郝传波教授、山东科技大学曾庆良教授、太原理工大学冯国瑞教授、华北科技学院朱锴教授等专家，对书稿进行了细致审阅。各位专家学风严谨，提出了真知灼见，对完善本书的知识体系极为有益。我向各位审稿专家的审阅斧正，表示衷心感谢！

本书的出版得到了江苏省品牌专业建设项目和江苏省智能采矿装备协同创新中心的资金支持。

采矿虽非万物，但无采矿则一切皆空！人类采矿并没有仅限于陆地浅表，未来的采矿将走向深地、深海、深空，去发现和开发更加宝贵的矿产资源。当今，Mining一词也有了更宽的寓意，它已成为数据挖掘（Data Mining）的专门术语。可以设想，资源开采（Resource Mining）+数据挖掘（Data Mining）紧密融合，将形成智能矿山开采，这正是未来机器人采矿的发展愿景。

葛世荣

2016年12月12日

目 次

第一篇 采矿与人类文明

| | |
|-------------------|----|
| 第一章 采矿推动社会进步..... | 1 |
| 第一节 采矿促进工具变革..... | 1 |
| 第二节 采矿推动能源变革..... | 3 |
| 第三节 中国古代采矿技术..... | 4 |
| 第四节 煤矿与蒸汽机技术..... | 6 |
| 第二章 采矿仿生创新..... | 9 |
| 第一节 井巷支护仿生..... | 9 |
| 第二节 破岩工具仿生..... | 11 |
| 第三节 采运机械仿生..... | 12 |
| 第四节 通排机械仿生..... | 15 |
| 第三章 采矿复杂系统..... | 16 |
| 第一节 采矿系统的复杂性..... | 16 |
| 第二节 采矿作业的艰巨性..... | 21 |
| 第四章 煤炭工业现状..... | 23 |
| 第一节 中国煤炭工业..... | 23 |
| 第二节 世界煤炭工业..... | 27 |
| 第三节 煤炭工业挑战..... | 34 |
| 第五章 采矿技术变革..... | 37 |
| 第一节 未来工业革命影响..... | 37 |
| 第二节 煤炭开发技术变革..... | 39 |
| 第三节 煤炭高效减排利用..... | 47 |
| 第四节 深海深空采矿技术..... | 53 |
| 参考文献..... | 57 |

第二篇 矿井地质

| | |
|-----------------|----|
| 第一章 资源勘探..... | 60 |
| 第一节 煤炭储量分布..... | 60 |
| 第二节 煤田地质勘探..... | 65 |

| | |
|-------------------|-----|
| 第三节 煤层可采性评价 | 74 |
| 第二章 构造地质 | 78 |
| 第一节 煤层地质构造 | 78 |
| 第二节 构造地质勘探 | 83 |
| 第三节 矿井地质保障 | 89 |
| 第三章 工程地质 | 95 |
| 第一节 岩体的地质调查 | 95 |
| 第二节 边坡稳定性分析 | 101 |
| 第三节 岩层稳定性评估 | 108 |
| 第四章 水文地质 | 113 |
| 第一节 水文地质勘探 | 113 |
| 第二节 突水风险预测 | 114 |
| 第三节 水害超前探测 | 122 |
| 第五章 瓦斯地质 | 125 |
| 第一节 瓦斯地质分布 | 125 |
| 第二节 瓦斯矿井等级 | 128 |
| 参考文献 | 129 |

第三篇 矿 井 建 设

| | |
|---------------------|-----|
| 第一章 矿井地面系统 | 131 |
| 第一节 工业场地布置 | 132 |
| 第二节 地面生产系统 | 135 |
| 第二章 矿井开拓系统 | 140 |
| 第一节 井田划分方法 | 140 |
| 第二节 井田开拓方式 | 142 |
| 第三节 井巷开拓顺序 | 149 |
| 第三章 立井施工技术 | 152 |
| 第一节 井筒结构型式 | 152 |
| 第二节 普通施工技术 | 154 |
| 第三节 冻结施工技术 | 157 |
| 第四节 钻井施工技术 | 160 |
| 第五节 注浆施工技术 | 162 |
| 第六节 井壁构建技术 | 166 |
| 第四章 巷道施工技术 | 168 |
| 第一节 岩巷钻爆掘进 | 168 |
| 第二节 光面爆破技术 | 173 |
| 第三节 煤巷快速掘进 | 177 |
| 第五章 斜井(巷)施工技术 | 184 |

| | | |
|------|---------|-----|
| 第一节 | 斜井施工工艺 | 184 |
| 第二节 | 井下斜巷施工 | 187 |
| 第三节 | 大倾角斜井施工 | 190 |
| 第四节 | 盾构法斜井施工 | 193 |
| 参考文献 | | 196 |

第四篇 采煤方法

| | | |
|------|----------|-----|
| 第一章 | 开采准备方式 | 200 |
| 第一节 | 巷道的准备方式 | 200 |
| 第二节 | 采区式准备方式 | 201 |
| 第三节 | 带区式准备方式 | 206 |
| 第二章 | 采煤工艺 | 209 |
| 第一节 | 长壁式综采工艺 | 209 |
| 第二节 | 长壁式综放工艺 | 216 |
| 第三节 | 留柱式采煤工艺 | 218 |
| 第四节 | 长壁式110工法 | 223 |
| 第五节 | 无人化综采工作面 | 226 |
| 第三章 | 难采煤层开采工艺 | 229 |
| 第一节 | 薄煤层综采工艺 | 229 |
| 第二节 | 大倾角综采工艺 | 231 |
| 第三节 | “三下”采煤工艺 | 234 |
| 第四章 | 露天开采方法 | 240 |
| 第一节 | 概述 | 240 |
| 第二节 | 露天开采工艺 | 244 |
| 第三节 | 开拓运输系统 | 253 |
| 第五章 | 地下气化开采技术 | 256 |
| 第一节 | 地下气化方法 | 256 |
| 第二节 | 地下气化工艺 | 259 |
| 参考文献 | | 260 |

第五篇 矿压控制

| | | |
|-----|----------|-----|
| 第一章 | 矿山岩体力学基础 | 262 |
| 第一节 | 岩体的力学行为 | 263 |
| 第二节 | 岩石的强度理论 | 270 |
| 第三节 | 结构面变形特性 | 276 |
| 第四节 | 原岩应力及测量 | 281 |
| 第二章 | 巷道矿压控制技术 | 290 |

| | | |
|------|----------|-----|
| 第一节 | 巷道围岩力学分析 | 290 |
| 第二节 | 巷道矿压显现规律 | 297 |
| 第三节 | 巷道围岩支护技术 | 305 |
| 第三章 | 采场矿压控制技术 | 310 |
| 第一节 | 岩石顶板底板分类 | 310 |
| 第二节 | 上覆岩层力学分析 | 312 |
| 第三节 | 采场矿压显现规律 | 317 |
| 第四节 | 采场顶板支护技术 | 324 |
| 参考文献 | | 331 |

第六篇 采 矿 装 备

| | | |
|-----|--------|-----|
| 第一章 | 掘进装备 | 335 |
| 第一节 | 掘进机械 | 335 |
| 第二节 | 凿岩机械 | 339 |
| 第三节 | 掘锚机组 | 341 |
| 第四节 | 竖井钻机 | 343 |
| 第二章 | 综采装备 | 345 |
| 第一节 | 采煤装备 | 345 |
| 第二节 | 液压支架 | 350 |
| 第三节 | 刮板输送机 | 355 |
| 第三章 | 运载装备 | 359 |
| 第一节 | 矿井提升机 | 359 |
| 第二节 | 带式输送机 | 366 |
| 第三节 | 轨道运输车 | 372 |
| 第四节 | 无轨运输车 | 376 |
| 第五节 | 其他运输方式 | 378 |
| 第四章 | 通排装备 | 381 |
| 第一节 | 通风装备 | 381 |
| 第二节 | 排水装备 | 383 |
| 第五章 | 动力设备 | 387 |
| 第一节 | 地面供电系统 | 387 |
| 第二节 | 井下供电系统 | 389 |
| 第三节 | 压气动力设备 | 395 |
| 第六章 | 露采装备 | 399 |
| 第一节 | 牙轮钻机 | 399 |
| 第二节 | 挖掘机械 | 401 |
| 第三节 | 自卸矿车 | 403 |
| 第七章 | 选矿装备 | 405 |

| | | |
|-----|-------|-----|
| 第一节 | 破碎设备 | 405 |
| 第二节 | 磨矿设备 | 407 |
| 第三节 | 筛选设备 | 409 |
| 第四节 | 脱水设备 | 419 |
| 第八章 | 采矿机器人 | 423 |
| 第一节 | 铲运机器人 | 423 |
| 第二节 | 凿岩机器人 | 424 |
| 第三节 | 救援机器人 | 425 |
| | 参考文献 | 427 |

第七篇 煤矿安全

| | | |
|-----|----------|-----|
| 第一章 | 矿井通风安全技术 | 432 |
| 第一节 | 矿井通风技术 | 432 |
| 第二节 | 采掘通风技术 | 435 |
| 第三节 | 井巷施工通风 | 439 |
| 第四节 | 事故应急通风 | 442 |
| 第二章 | 动力灾害事故预防 | 445 |
| 第一节 | 井下瓦斯防爆技术 | 445 |
| 第二节 | 煤矿瓦斯治理技术 | 447 |
| 第三节 | 围岩动力事故预防 | 457 |
| 第三章 | 矿井火灾事故预防 | 462 |
| 第一节 | 矿井火灾的成因 | 462 |
| 第二节 | 煤层自燃火防控 | 463 |
| 第三节 | 井下通风防火 | 465 |
| 第四章 | 矿井粉尘爆炸预防 | 467 |
| 第一节 | 矿井粉尘危害 | 467 |
| 第二节 | 煤尘爆炸预防 | 468 |
| 第三节 | 矿井降尘技术 | 469 |
| 第五章 | 矿井水害事故预防 | 473 |
| 第一节 | 煤矿水害特征 | 473 |
| 第二节 | 矿井水害防治 | 474 |
| 第三节 | 矿井突水防治 | 478 |
| 第六章 | 煤矿机电事故防控 | 480 |
| 第一节 | 电气设备安全管理 | 480 |
| 第二节 | 矿井运输事故预防 | 484 |
| 第三节 | 机电检修事故预防 | 487 |
| 第七章 | 矿井高温热害防控 | 489 |
| 第一节 | 矿井高温危害 | 489 |

| | |
|-------------------|-----|
| 第二节 矿井降温技术····· | 489 |
| 第八章 其他采矿安全技术····· | 492 |
| 第一节 露天矿边坡稳控····· | 492 |
| 第二节 矿山应急救援系统····· | 495 |
| 参考文献····· | 499 |

第八篇 煤层气抽采

| | |
|------------------|-----|
| 第一章 煤层气资源状况····· | 502 |
| 第一节 煤层气资源分布····· | 503 |
| 第二节 产气量主控因素····· | 505 |
| 第二章 煤层气抽采方法····· | 508 |
| 第一节 煤层气抽采模式····· | 508 |
| 第二节 煤层气开发技术····· | 510 |
| 第三节 煤层气产业发展····· | 511 |
| 第四节 煤层气技术进步····· | 513 |
| 第三章 地面抽采技术····· | 516 |
| 第一节 钻井作业····· | 516 |
| 第二节 排水采气····· | 522 |
| 第四章 井下抽采技术····· | 526 |
| 第一节 压裂增透技术····· | 526 |
| 第二节 防堵增采技术····· | 528 |
| 第五章 煤层气利用技术····· | 531 |
| 第一节 集输工艺技术····· | 531 |
| 第二节 加工分离技术····· | 533 |
| 第三节 转化利用技术····· | 534 |
| 参考文献····· | 538 |

第九篇 清洁煤炭

| | |
|------------------|-----|
| 第一章 煤炭清洁利用····· | 540 |
| 第一节 洁净煤基本概念····· | 540 |
| 第二节 洁净煤技术途径····· | 541 |
| 第二章 煤炭加工技术····· | 544 |
| 第一节 煤炭质量控制····· | 544 |
| 第二节 煤炭洗选工艺····· | 546 |
| 第三节 煤炭脱硫技术····· | 549 |
| 第四节 煤炭脱灰技术····· | 551 |
| 第三章 煤炭提质技术····· | 554 |

| | | |
|------|--------------------|-----|
| 第一节 | 配煤技术 | 554 |
| 第二节 | 型煤技术 | 555 |
| 第三节 | 水煤浆技术 | 556 |
| 第四节 | 褐煤提质 | 558 |
| 第四章 | 现代煤化工技术 | 561 |
| 第一节 | 煤炭气化 | 562 |
| 第二节 | 煤制烯烃 | 567 |
| 第三节 | 煤制醇类 | 569 |
| 第四节 | 煤制焦炭 | 571 |
| 第五节 | 煤制活性炭 | 575 |
| 第五章 | 煤制燃料技术 | 578 |
| 第一节 | 煤制燃油技术 | 578 |
| 第二节 | 煤制燃气技术 | 583 |
| 第三节 | 煤制乙醇技术 | 586 |
| 第四节 | 煤制二甲醚技术 | 587 |
| 第六章 | 高效燃煤技术 | 590 |
| 第一节 | 高效粉煤锅炉 | 590 |
| 第二节 | 循环流化床锅炉 | 592 |
| 第三节 | 燃煤清洁发电 | 594 |
| 第四节 | 煤基多联产技术 | 596 |
| 第七章 | 燃煤污染控制 | 600 |
| 第一节 | 燃煤烟气除尘 | 600 |
| 第二节 | 燃煤烟气脱硫 | 604 |
| 第三节 | 燃煤烟气脱硝 | 608 |
| 第四节 | CO ₂ 捕集 | 610 |
| 第五节 | 超低排放电厂 | 614 |
| 参考文献 | | 617 |

第十篇 数字矿山

| | | |
|-----|----------|-----|
| 第一章 | 数字矿山的概念 | 620 |
| 第一节 | 数字矿山发展过程 | 621 |
| 第二节 | 数字矿山技术系统 | 624 |
| 第三节 | 数字矿山技术现状 | 626 |
| 第二章 | 数字化矿山测量 | 629 |
| 第一节 | 数字化测量技术 | 629 |
| 第二节 | 矿井数字化测量 | 635 |
| 第三节 | 矿区数字化测量 | 644 |
| 第四节 | 数字化定位测图 | 649 |

| | |
|------------------|-----|
| 第三章 矿山数字化通信····· | 658 |
| 第一节 数字通信技术····· | 658 |
| 第二节 现场总线技术····· | 662 |
| 第三节 综合数据网络····· | 665 |
| 第四节 应急救援通信····· | 667 |
| 第四章 矿山物联网技术····· | 670 |
| 第一节 矿山物联网架构····· | 670 |
| 第二节 感知矿山物联网····· | 672 |
| 第三节 矿山物联网应用····· | 679 |
| 第五章 矿山大数据技术····· | 681 |
| 第一节 矿山数据仓库····· | 682 |
| 第二节 矿山数据挖掘····· | 687 |
| 第三节 矿山大数据应用····· | 691 |
| 第四节 矿山可视化技术····· | 692 |
| 第六章 矿山管控数字化····· | 695 |
| 第一节 生产信息化系统····· | 695 |
| 第二节 生产调度自动化····· | 697 |
| 第七章 矿井安监数字化····· | 700 |
| 第一节 瓦斯监控系统····· | 700 |
| 第二节 火灾束管系统····· | 701 |
| 第三节 顶板监测系统····· | 704 |
| 第八章 智能化矿山建设····· | 706 |
| 第一节 智能化矿山架构····· | 706 |
| 第二节 智能化矿井开采····· | 708 |
| 第三节 智能化开采装备····· | 710 |
| 参考文献····· | 715 |

第十一篇 生态矿山

| | |
|-------------------|-----|
| 第一章 采矿的环境损害····· | 720 |
| 第一节 采矿破坏环境形式····· | 721 |
| 第二节 矿山生态环境损害····· | 724 |
| 第三节 矿区生态保护之道····· | 729 |
| 第二章 开采沉陷控制····· | 732 |
| 第一节 开采地表沉陷规律····· | 732 |
| 第二节 开采沉陷控制技术····· | 734 |
| 第三章 矿井水资源保护····· | 746 |
| 第一节 保水开采技术····· | 746 |
| 第二节 地下水库储水····· | 747 |

| | | |
|------|------------|-----|
| 第三节 | 矿井水处理技术 | 750 |
| 第四章 | 矿山全物质利用 | 754 |
| 第一节 | 煤矸石资源化 | 754 |
| 第二节 | 粉煤灰资源化 | 756 |
| 第三节 | 矿井地热资源化 | 758 |
| 第四节 | 废弃矿井资源化 | 760 |
| 第五章 | 矿区生态修复 | 763 |
| 第一节 | 矿区土地复垦 | 763 |
| 第二节 | 矿区生态修复 | 768 |
| 第六章 | 矿山循环经济 | 773 |
| 第一节 | 煤炭生产的全生命周期 | 773 |
| 第二节 | 煤炭企业循环经济系统 | 777 |
| 第三节 | 我国煤矿循环经济模式 | 780 |
| 参考文献 | | 785 |

第十二篇 现代煤矿管理

| | | |
|-----|-----------|-----|
| 第一章 | 现代煤矿管理基础 | 789 |
| 第一节 | 现代化煤矿的特征 | 790 |
| 第二节 | 企业管理基本理论 | 792 |
| 第三节 | 现代企业管理工具 | 794 |
| 第四节 | 现代煤矿管理模式 | 799 |
| 第二章 | 现代煤矿生产管理 | 804 |
| 第一节 | 煤矿生产管控体系 | 804 |
| 第二节 | 煤矿生产计划管理 | 806 |
| 第三节 | 煤矿生产调度管理 | 808 |
| 第三章 | 现代煤矿安全管理 | 812 |
| 第一节 | 煤矿安全管理理论 | 812 |
| 第二节 | 煤矿安全精细化管理 | 814 |
| 第三节 | 煤矿事故预防性管理 | 817 |
| 第四节 | 煤矿安全质量标准化 | 820 |
| 第四章 | 现代煤矿技术管理 | 824 |
| 第一节 | 煤矿技术管理体系 | 824 |
| 第二节 | 煤矿基本建设管理 | 827 |
| 第三节 | 煤矿生产技术管理 | 829 |
| 第四节 | 煤矿技术创新管理 | 832 |
| 第五章 | 煤矿机电设备管理 | 837 |
| 第一节 | 煤矿设备管理系统 | 837 |
| 第二节 | 煤矿设备维修管理 | 839 |

| | | |
|------|----------|-----|
| 第三节 | 煤矿设备润滑管理 | 845 |
| 第四节 | 煤矿设备节能管理 | 848 |
| 第六章 | 煤矿人力资源管理 | 853 |
| 第一节 | 现代企业激励机制 | 853 |
| 第二节 | 现代煤矿绩效管理 | 855 |
| 第三节 | 煤矿管理者领导力 | 857 |
| 第七章 | 煤炭企业经济管理 | 861 |
| 第一节 | 现代煤矿财务管理 | 861 |
| 第二节 | 煤矿企业成本管理 | 866 |
| 第三节 | 煤炭市场营销管理 | 870 |
| 第四节 | 煤炭资源经济分析 | 873 |
| 参考文献 | | 884 |

第一篇 采矿与人类文明

采矿是从地壳内和地表开采矿产资源的技术和科学，分为煤矿开采和非煤矿山开采。广义的采矿包括煤炭、金属、非金属、石油、天然气的资源开发，是一种地下资源的选择性采集和搬运过程。

采矿工程师是人类历史上最早的工程技术领域专门人才，在近代备受社会各界的尊崇。采矿工程师要有扎实的固体矿床（煤、金属及非金属）开采的基本理论和技术知识，具备从事矿区开发规划、矿山（露天、井下）设计、生产技术管理、矿山安全技术及监察、矿山经济管理等工作能力。

第一章 采矿推动社会进步

人类文明历程实际上是生产力发展过程，与人类对能源的认识、获取及利用活动密不可分。采矿是人类最早开展（仅次于农业）的生产活动。

人类生产力发展史上的一大飞跃，是对火的利用，从来没有一项发明能像火的影响之大。人类智慧启迪的第一步是在火光中获得光明，在寒冷中取得温暖。第二步是钻木取火、保存火种而且加以有控制地运用火。偶然发现掉入火堆的动物具有烧烤香味，进而掌握了用火烧烤食物，摆脱了茹毛饮血的时代，促进人的大脑更加智慧。第三步是发掘自然界赋存的化石燃料，利用其能量替代人力劳动，煤炭、石油和天然气开采即为这第三步的重大突破。

第一节 采矿促进工具变革

人类社会形态和生活质量取决于人类对工具材料的认识和利用的能力。当天然材料（如木、石、沙、兽骨等）不能满足人类需求，在掌握火的基础上，人类从天然矿石还原出金属，得到金属材料，并改变了人类的时代：从石器时代到青铜器时代，再到铁器时代。人类社会的文明进程依据可以使用的占主导地位的工具有材料划分为石器时代、铜器时代、铁器时代、钢铁时代、电气时代、信息时代^[1]。

一、原始采矿与石器工具

自然赋存的石料是人类最原始、最容易开采的矿物。当人类选择特殊形状的石料，用