

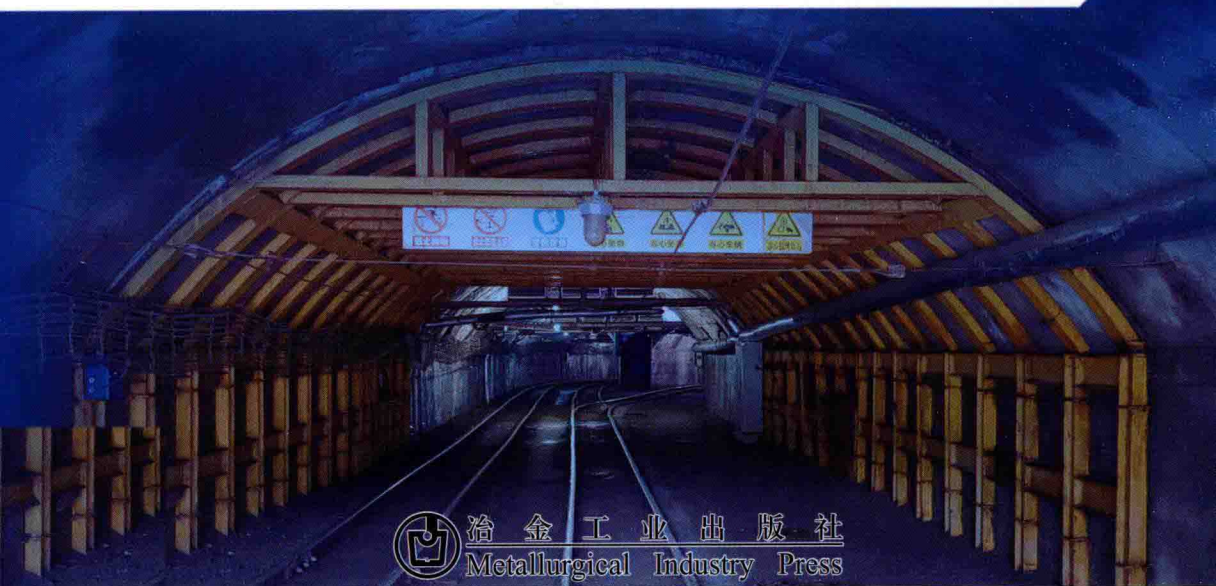
程师教育培养计划配套教材

CHENGSHI JIAOYUPEIYANGJINUA PEITAOJIAOCAI

采矿工程专业 毕业设计指导

(地下开采部分)

主编 路增祥



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

师

教育培养计划配套教材

采矿工程专业毕业设计指导

(地下开采部分)

主 编 路增祥
副主编 张治强 温彦良
常 帅 李 楠

北京
冶金工业出版社
2018

内 容 提 要

本书围绕高等学校采矿工程专业卓越工程师培养目标和应用型转型的要求,结合采矿工程专业学生毕业设计的特点,以金属矿床地下开采工程设计为主线,从矿床地质、储量计算与生产能力确定、矿床开拓、矿井提升与运输、采矿方法、矿井通风与排水、矿井采掘进度计划编制等方面进行阐述,涵盖了必要的专业基础知识和工程设计思想。

本书为采矿工程专业卓越工程师教育培养计划配套教材,也可作为冶金行业高校采矿类专业本科生毕业设计的指导教材,并可供其他相关专业师生以及矿山设计与生产管理的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

采矿工程专业毕业设计指导. 地下开采部分/路增祥
主编. —北京:冶金工业出版社, 2018. 9

卓越工程师教育培养计划配套教材

ISBN 978-7-5024-7872-8

I. ①采… II. ①路… III. ①矿山开采—地下开采—
毕业设计—高等学校—教材 IV. ①TD8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 217207 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 宋 良 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 郑 娟 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7872-8

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2018 年 9 月第 1 版, 2018 年 9 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 14 印张; 273 千字; 216 页

30.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

大学生毕业前的毕业设计,是学生综合运用所学知识的一个重要实践过程,也是极其重要的综合性教学环节。毕业设计是对教学质量的检验,是对学生的综合素质及能力的培养。通过毕业设计可以锻炼和提高学生分析问题、解决问题的能力,培养和锻炼学生调查研究、查阅和运用科技资料从事科学研究的能力。

本书作为冶金行业高校采矿工程专业学生毕业设计的指导教材,书中内容编排以国家现行金属非金属安全生产规程、规范和冶金矿山设计规范等为标准,以工程设计过程为主线,从矿床地质、储量计算与生产能力确定、矿床开拓、矿井提升与运输、采矿方法、矿井通风与排水、矿井采掘进度计划编制等方面进行阐述,涵盖了必要的专业基础知识和工程设计思想,注重工程实践教学,侧重简明性、通俗性和实用性。

本书由路增祥担任主编,张治强、温彦良、常帅、李楠担任副主编。具体编写分工为:

- 第1章 矿区概况,由张治强负责编写
- 第2章 矿山工作制度及设计生产能力,由路增祥负责编写
- 第3章 矿床开拓,由张治强负责编写
- 第4章 井底车场设计,由路增祥负责编写
- 第5章 主要开拓工程断面设计,由李楠负责编写
- 第6章 矿井提升与运输,由常帅负责编写
- 第7章 矿井通风,由张治强负责编写
- 第8章 矿井排水,由路增祥负责编写
- 第9章 矿井动力供应,由路增祥负责编写
- 第10章 采矿方法,由温彦良负责编写
- 第11章 矿山总平面布置,由路增祥负责编写

第 12 章 矿床开采进度计划编制，由路增祥负责编写

在编写过程中，参阅了大量相关文献，在此特向文献作者表示感谢。

感谢辽宁科技大学教材建设基金对本书编写和出版工作的支持与资助。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，诚请读者批评指正。

编 者

2018 年 5 月于辽宁科技大学

目 录

1 矿区概况	1
第一节 设计任务与内容	1
第二节 矿区自然条件概况	2
第三节 矿区地质资源概况	2
2 矿山工作制度及设计生产能力	6
第一节 设计任务与内容	6
第二节 矿山工作制度	7
第三节 矿山年生产能力	7
3 矿床开拓	15
第一节 设计任务与内容	15
第二节 地表移动带的圈定	16
第三节 开拓方案的选择	16
第四节 开拓方案设计	22
第五节 阶段平面布置	26
4 井底车场	31
第一节 设计任务与内容	31
第二节 井底车场设计的依据与要求	32
第三节 井底车场的类型与选择	33
第四节 井底车场设计	36
5 主要开拓工程断面	55
第一节 设计任务与内容	55
第二节 竖井断面设计	56

第三节 斜井断面设计	64
第四节 斜坡道断面设计	78
第五节 巷道断面设计	81
6 矿井提升与运输	90
第一节 设计任务与内容	90
第二节 竖井提升	91
第三节 斜井提升	111
第四节 阶段运输	123
7 矿井通风	130
第一节 设计任务与内容	130
第二节 矿井通风系统选择	132
第三节 矿井风量计算	138
第四节 矿井通风总阻力计算	142
第五节 矿井通风设备选择	144
第六节 矿井防尘	145
8 矿井排水	147
第一节 设计任务与内容	147
第二节 确定排水方式和排水系统的一般原则	148
第三节 排水设备选择计算	149
第四节 确定水泵房形式及水泵房平面布置	153
第五节 水仓设计	157
9 矿井动力供应	160
第一节 设计任务与内容	160
第二节 压气供应	160
第三节 电力供应	165
10 采矿方法	169
第一节 设计任务与内容	169
第二节 开采技术条件	170
第三节 采矿方法选择	170



第四节 采准和切割工程布置	179
第五节 回采工艺	190
第六节 主要技术经济指标	190
11 矿山总平面布置	191
第一节 设计任务与内容	191
第二节 采选工业场地布置	192
第三节 行政福利设施布置	194
第四节 地面运输系统布置	195
12 矿床开采进度计划编制	197
第一节 设计任务与内容	197
第二节 基建进度计划	198
第三节 采掘进度计划	205
附录 采矿工程专业（本科）毕业设计大纲	212
参考文献	216



矿区概况

第一节 设计任务与内容

一、设计任务

本章的主要任务是收集设计基础资料。通过邀请现场有关工程技术人员作报告，查阅矿井地质勘探报告、矿井初步设计说明书及图纸以及其他有关资料，到井下实际调查、观测、参加劳动，同工人和工程技术人员座谈，辅以邀请工程技术人员作专题报告等方式，深入了解实际情况，收集相关资料。主要应了解以下内容：

了解矿区的地理位置及行政隶属关系以及交通情况，绘制简单的矿区交通位置图。

了解矿区附近工业、农业状况；矿区的水、电、生产材料等供应情况。

了解矿区气候条件，年最高、最低及平均气温，年降雨量和历年最高洪水位，年降雪量，结冻时间和结冻深度，主导风向、最大风速，地震烈度等。

了解矿区地形及标高，地面河流、湖泊、建筑物和铁路分布情况。

了解矿床地质概况、矿石质量、矿床开采技术条件和水文地质条件。

了解矿床勘探类型、勘探线及钻孔的分布、储量等级的圈定和实际确定的可采厚度，按不同水平（或按标高）计算的工业储量和可采储量，储量计算方法。

二、设计内容

（一）毕业设计说明书

根据设计的具体内容，本章的标题为“矿区概况”，可分为2部分：

其一为“矿区自然条件概况”。主要描述矿区位置及交通、矿区自然地理及经济概况。附矿区交通位置图。

其二为“矿区地质资源概况”。主要描述矿床地质概况、矿床开采技术条件和水文地质条件、矿床勘探类型及勘探网度，并进行矿石储量计算。

（二）注意的问题

（1）搜集资料的过程中，应虚心向工程技术人员和工人学习，搜集既符合实际情况又经过综合分析的资料，不能只满足抄录一些陈旧的资料。



(2) 编写毕业设计说明书时, 尽量用图表反映收集到的资料, 辅以必要的文字说明。编制的图表和文字说明应准确、整齐、明晰, 内容要经过反复核实。

(3) 注意资料的保密, 防止资料丢失。

第二节 矿区自然条件概况

一、矿区地理及行政概况

- (1) 概述矿区地理位置及行政隶属关系, 矿区所在位置与主要城镇之间的距离。
- (2) 交通条件。矿区附近铁路、公路、水运条件, 矿区内外部运输方便程度。
- (3) 绘制矿区交通位置示意图。

二、矿区经济条件概况

- (1) 矿区附近工业情况。
- (2) 矿区附近农业情况。
- (3) 矿区主要生产用材料及燃料供应情况 (如建筑材料、木材、水泥、燃料等来源条件)。
- (4) 矿区劳动力来源。
- (5) 矿区用水、动力供应情况 (工业民用水及电来源)。

三、矿区自然条件

- (1) 矿区气候条件。
 - 1) 年最高、最低及平均气温;
 - 2) 年降雨量 (最大、最小及平均值), 降雨时间, 历史最高洪水位;
 - 3) 年降雪量 (最大、最小及平均值), 结冻时间, 结冻深度;
 - 4) 矿区常年主导风向及风力;
 - 5) 矿区地震等级。

- (2) 矿区地形及标高, 山脉、河流、湖泊分布情况。

第三节 矿区地质资源概况

一、矿床地质概况

- (1) 矿床成因类型及工业类型。
- (2) 矿体数量、产状、形态、空间位置、分布规律及其相互间关系。

(3) 矿区地质构造（断裂、构造和破碎带等）的性质、分布情况及其对成矿的控制或对矿体的破坏情况。

(4) 各矿体的走向长度、厚度、倾角，矿体延伸情况等。按表 1-1 列出各矿体产状及特征。

表 1-1 矿体产状及特征汇总表

序号	矿体号		I	II	III	...
	赋存特征					
1	矿体走向/(°)					
2	矿体倾向/(°)					
3	矿体走向长度/m					
4	矿体倾角 /(°)	最大				
		最小				
		平均				
5	矿体厚度 /m	最大				
		最小				
		平均				
6	矿体赋存标高/m					
7	矿体延伸深度/m					
8	矿体形态及其变化					

二、矿石质量

- (1) 矿石类型。
- (2) 矿石品位及其变化情况。
- (3) 矿石氧化程度及含泥情况。

三、矿床开采技术条件和水文地质条件

1. 矿床开采技术条件

- (1) 各矿体及上、下盘岩石名称、坚固性系数（f 值）；矿岩的节理裂隙的发育程度及其分布规律（表 1-1）。
- (2) 矿石和围岩的物理力学性质。包括矿岩的稳固性，硫化矿石的结块性、氧化性、自燃性及二氧化硅含量，矿岩的抗压、抗剪、抗拉强度，矿岩允许暴露面积，矿岩容重，松散系数、自然安息角等。

2. 水文地质条件

- (1) 矿区水文地质概况，地表水与地下联系及其对矿床开采的影响。



(2) 矿区含水层分布状况及其水力联系。

(3) 矿区地下水的化学性质 (pH 值) 及涌水量。

3. 地表允许陷落的可能性及岩石移动角

四、矿床勘探类型及勘探网度

了解矿床的勘探类型与勘探网度。

五、矿石储量计算

(1) 储量计算工作指标：边界品位、最低工业品位、最小可采厚度、夹石剔除厚度。

(2) 储量计算方法。储量计算方法较多，毕业设计采用断面法进行储量计算。断面法是利用一系列断面图，把矿体截为若干段，分别计算这些块段储量，然后将各块段储量相加即为矿体的总储量。

计算块段的体积时，按各块段的形态选用不同的公式计算，常用的几种计算公式见表 1-2。

表 1-2 几种常用的矿体块段体积计算公式

方法名称	计算公式	符号释义	适用条件
梯形公式法	$V = \frac{1}{2} (S_1 + S_2) L$	V—两剖面间矿体的体积； L—两剖面间的距离； S ₁ 、S ₂ —两剖面上矿体的面积	相邻两剖面上矿体面积差小于 40%， 即： $\frac{S_1 - S_2}{S_1} < 40\%$
圆台公式法	$V = \frac{1}{3} (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}) L$	符号同前	相邻两剖面上矿体面积差大于 40%
楔形公式法	$V = \frac{1}{2} SL$	V—矿体尖灭端楔形体体积； L—矿体尖灭端与剖面间的距离； S—剖面上矿体的面积	当某剖面处于矿体边缘，而体积呈楔形尖灭时
圆锥体公式法	$V = \frac{1}{3} SL$	V—矿体尖灭端圆锥体体积； 其他符号同前	当某剖面处于矿体边缘，而体积呈圆锥形尖灭时
近似角柱体 辛普生 公式法	$V = \frac{L}{6} (S_1 + 4S_m + S_2)$	S _m —S ₁ 与 S ₂ 之间的插入面积； 其他符号同前 (S _m 的圈定方法：先将 S ₁ 、S ₂ 分别绘在透明纸上，再按对应坐标重叠起来，然后把 S ₁ 与 S ₂ 对应点的中点连接起来，即可圈出 S _m 图形)	当两个相邻剖面形状不相同，而面积又相差悬殊时



(3) 储量计算按上述方法算出矿量后, 汇总在表 1-3 中。

表 1-3 矿石储量汇总表

阶段水平 /m	矿体号			阶段矿量 /kt	品位 /%
	I	II	...		
xxx					
xxx					
xxx					
xxx					
小计					
远景储量					
合计					

第一节 设计任务与内容

一、设计任务

矿山工作制度与设计生产能力是矿山企业建成后进行生产组织与管理的重要依据。矿山生产的各个环节组成了矿山的整个系统。合理的设计和建设,应当是单个环节和选取的指标,以及各环节的相互配合,既先进又切实可行。

根据地质资源、矿山的具体自然地理条件、技术经济因素,以当前行之有效的技术和装备水平进行开采为基础,进行与矿山开采总体方案相联系的经济比较,验证设计矿山在技术上有可能达到的生产能力,是采矿专业学生在毕业设计时必须完成的设计任务之一。

矿山企业生产能力是指矿山企业正常生产时期内单位时间所生产的矿石量。黑色金属矿山一般以年产矿石量来表示,有色金属矿山则通常以日处理矿石量来表示。矿山企业生产能力的确定是关系到矿山建设和生产组织的重要问题,是企业设计的重要依据,它决定着企业的建设规模、技术装备水平、生产服务年限、职工劳动定员等因素。

地下开采的生产环节多、生产技术复杂、作业条件差、管理要求高、对资源和开采技术条件变化的应变能力差,而且地下开采矿山建设周期长,从投产到达产的时间长,学生在设计中,要特别注意对资源和开采技术条件进行系统研究,要充分估计地下开采的各种不利因素,留有充分的生产能力调节余地。

二、设计内容

(一) 毕业设计说明书

根据设计的具体内容,本章的标题为“矿山工作制度与矿山生产能力”,可分为2部分:

其一为“矿山工作制度”。学生需根据所开采资源的种类和对开采强度的要求,给出矿山的工作制度。

其二为“矿山生产能力”。学生需根据设计任务给定的生产能力范围,通过

计算确定矿山的生产能力，并至少采用三种生产能力验证方法进行验证。

(二) 注意的问题

(1) 矿山工作制度和矿山设计生产能力是采矿、掘进、通风、运输、提升等设计的依据。设计时，学生要注意前后设计数据的一致性，防止产生矛盾。

(2) 学生必须对所设计的生产能力进行验证。验证方法应包括按经济合理服务年限校核生产能力的方法。

第二节 矿山工作制度

为了保证设备的维护与检修，《冶金矿山采矿设计规范》(GB50830—2013)对矿山的工作制度做了明确的规定：“矿山宜采用连续工作制，年工作天数宜为300~330d，每天宜为3班，每班宜为8h”。

矿山的工作制度可根据具体条件采用年工作天数为330天的连续工作制度或306天的间断工作制度。如，特大型和大、中型矿井宜采用每周6天、每天3班、每班8小时的间断工作制，年工作天数为306天；一些中小型矿山也可采用每天2班、每班8小时的间断工作制。对于采选联合企业，为配合选矿生产的连续性，经常采用年工作日数为330天的连续工作制。矿山生产实际中，从事采掘生产的主要工种通常采用四六制（即每天4班，每班工作6h）；而通风、排水、运输和提升等辅助工种通常采用三八制（即每天3班，每班工作8h）。

当矿尘中有毒或有毒矿物含量较高、矿石中含有放射性物质、井下淋水量或滴水量较大时，作业工人每天的工作时间可适当缩短。某些情况下，为提高采矿强度，也可采用连续工作制。

学生在进行毕业设计时，应参照上述内容，对设计矿山的工作制度做出明确的安排，并且在生产安排时，如果同时采用两种工作制度，要注意安排好作业班次的衔接工作。

第三节 矿山年生产能力

一、确定生产能力的原则和影响因素

(一) 确定矿山生产能力的原则

(1) 匹配原则：矿山生产能力、矿山服务年限与储量规模相匹配原则。

(2) 政策原则：必须符合国家的政策，符合国家、地区和区域总体规划的要求，符合社会经济可持续发展和生态环境保护的要求。

(3) 市场原则：必须符合国家经济和社会的需要，产品要有可靠的市场。



(4) 技术先进可行原则：所确定的生产能力必须与现有技术相结合，在现有技术条件下必须能够达到，同时也要体现技术的先进性。

(5) 经济原则：经济合理，能获得良好的经济效益和社会效益。

(二) 确定生产能力的主要影响因素

(1) 市场需求因素：国民经济和社会需要，产品市场范围、容量和销售条件，国内、国外市场状况等。

(2) 矿床地质条件和开采技术条件：这些条件决定着所采用的采矿方法及矿块（段）的生产能力。

(3) 矿床的勘探程度和资源储量：确定矿山企业生产能力，必须建立在可靠的地质勘查资料和有足够的规定级别的资源储量的基础上。

(4) 工艺技术和装备水平：必须充分考虑科技进步因素，在其他条件基本相同时，不同工艺技术可能得到不同的规模。同时要考虑生产的可能条件，包括企业素质与规模、技术、装备的适用性。

(5) 外部建设条件：包括材料供应、供电、供水、交通运输等供给条件以及环境生态的承受能力。

当矿山资源储量一定时，矿山生产能力与矿山服务年限成反比。矿山生产能力大，则矿山服务年限短；反之，则矿山服务年限长。

二、矿山生产能力计算

确定矿山生产能力的方法很多，各种计算方法均有一定的局限性和适用条件。学生设计时可下列方法计算矿山的生产能力：

(一) 根据矿床开采技术可能性计算矿山生产能力

1. 按同时生产矿块数量计算生产能力

矿山生产能力是由同时回采的阶段和阶段内同时回采的矿块（留矿法还包括大量出矿的采场）来保证的。阶段内的矿块是由既定的采矿方法及其矿块构成要素来确定的。按同时回采矿块数计算矿山生产能力的公式如下：

$$A = \frac{NKqEt}{1 - Z} \quad (2-1)$$

式中 A ——矿山或阶段年生产能力， t/a ；

N ——一个阶段内可布置的有效矿块数，个；

K ——同时回采矿块的利用系数，可参考表 2-1；

q ——矿块的日生产能力， t/d ；

E ——地质影响系数，0.7~1.0；

t ——矿山年工作日， d ；

Z ——副产矿石率，%。

在采用式 2-1 计算矿山年生产能力时，应注意以下问题：

(1) 阶段内有效矿块的数量可采用矿块布置法来确定，一是在阶段平面图上直接作图来确定；二是根据阶段内矿体的平均有效长度、拟采用的采矿方法的矿块长度和间柱宽度来确定。

(2) 所谓有效矿块，是指在阶段平面图上的矿体轮廓范围内，剔除矿体两翼边角、上下狭窄、短小不完整部分和因地质构造破坏等原因需留临时（或永久）矿柱地段的矿体外，可布置的矿块。

(3) 同时回采的阶段数。矿床开采时，允许多阶段同时回采，但考虑管理和安全上的问题，矿山同时回采的阶段数不应多于 3 个，最理想的是“1 个阶段残采（回收矿柱及边角矿体），1 个阶段回采，1 个阶段开拓准备”。同时回采的阶段数取决于生产能力的要求、阶段的生产准备、回采工作的配合关系以及所采用的采矿方法，参见表 2-1。

表 2-1 常用同时回采的阶段数

采矿方法	同时回采阶段数/个	阶段间配合关系
空场法	1~2	分段法和阶段矿房法，上阶段回采矿柱，下阶段回采矿房
留矿法	1~2	两阶段同时回采，上阶段回采矿柱，下阶段回采矿房
充填法	1~3	上阶段回采矿柱，下阶段回采矿房
崩落法	1	可同时两个分段回采，但需注意超前关系

(4) 同时回采矿块的利用系数，是指同一阶段内同时回采的矿块（不包括备用矿块）数量与有效矿数量之比，矿块的利用系数一般为 0.3~0.6。设计时，可参考表 2-2 选取。当矿体厚度适中、矿石稳固、不需要支护、水文地质条件简单且有可能对下分段提前凿岩时，取大值；反之则取小值。

表 2-2 同时回采矿块利用系数参考值

类别	技术条件	回采矿块利用系数	备注
I	(1) 矿体复杂，矿块地质储量小，出矿周期短；	0.23~0.25	不包括脉状、层状矿体
	(2) 矿体规整，矿块地质储量大，出矿周期长；	0.35~0.50	
	(3) 介于二者之间	0.25~0.35	
II	无底柱分段崩落法	为出矿进路的 $\frac{1}{4 \sim 6}$	4~6 为有效进路数
III	(1) 盘区开采，沿脉装车，无溜井	0.30~0.35	
	(2) 矿块垂直走向布置沿脉装车，无溜井		

(5) 当采用无底柱分段崩落法时，应用式 (2-1) 时须注意，所有与矿块相关