



人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
冶金行业职业教育培训规划教材

轧钢工理论 培训教程

ZHAGANGGONG LILUN PEIXUN
JIAOCHENG

任蜀焱 齐淑娥 阳辉 主编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
冶金行业职业教育培训规划教材

轧钢工理论培训教程

主 编 任蜀焱 齐淑娥 阳 辉
副主编 刘饶川 胡 彬 王青峡
主 审 杨荣万

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2010

内 容 提 要

本书系参照冶金行业职业技能标准和国家职业技能鉴定规范,根据冶金企业轧钢车间的生产实际和轧钢工种所需要的基本理论知识编写的。

全书共分12章,主要包括钢铁基本知识、金属学及热处理、金属塑性变形理论、轧制理论、轧钢机械设备、钢坯加热工艺及设备、轧钢工艺与控制、轧制参数检测、轧钢自动化操作平台、钢材质量管理、轧钢车间技术经济指标以及轧钢工理论知识复习题等。

本书可供轧钢车间操作人员的培训之用,也可作为职业技术学院相关专业的教材或现场工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

轧钢工理论培训教程/任蜀焱,齐淑娥,阳辉主编. —北京:
冶金工业出版社, 2010.5

冶金行业职业教育培训规划教材

ISBN 978-7-5024-5260-5

I. ①轧… II. ①任… ②齐… ③阳… III. ①轧钢学—技术
培训—教材 IV. ①TG33

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第058327号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 李枝梅 宋 良 美术编辑 张媛媛 版式设计 孙跃红

责任校对 侯 珮 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5260-5

北京印刷一厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2010年5月第1版,2010年5月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;19.25印张;515千字;291页

49.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

序

吴溪淳

改革开放以来，我国经济和社会发展取得了辉煌成就，冶金工业实现了持续、快速、健康发展，钢产量已连续数年位居世界首位。这期间凝结着冶金行业广大职工的智慧 and 心血，包含着千千万万产业工人的汗水和辛劳。实践证明，人才是兴国之本、富民之基和发展之源，是科技创新、经济发展和社会进步的探索者、实践者和推动者。冶金行业中的高技能人才是推动技术创新、实现科技成果转化不可缺少的重要力量，其数量能否迅速增长、素质能否不断提高，关系到冶金行业核心竞争力的强弱。同时，冶金行业作为国家基础产业，拥有数百万从业人员，其综合素质关系到我国产业工人队伍整体素质，关系到工人阶级自身先进性在新的历史条件下的巩固和发展，直接关系到我国综合国力能否不断增强。

强化职业技能培训工作，提高企业核心竞争力，是国民经济可持续发展的重要保障，党中央和国务院给予了高度重视，明确提出人才立国的发展战略。结合《职业教育法》的颁布实施，职业教育工作已出现长期稳定发展的新局面。作为行业职业教育的基础，教材建设工作也应认真贯彻落实科学发展观，坚持职业教育面向人人、面向社会的发展方向和以服务为宗旨、以就业为导向的发展方针，适时扩大编者队伍，优化配置教材选题，不断提高编写质量，为冶金行业的现代化建设打下坚实的基础。

为了搞好冶金行业的职业技能培训工作，冶金工业出版社在人力资源和社会保障部职业能力建设司和中国钢铁工业协会组织人事部的指导下，同河北工业职业技术学院、昆明冶金高等专科学校、吉林电子信息职业技术学院、山西工程职业技术学院、山东工业职业学院、济钢集团总公司、中国职工教育和职业培训协会冶金分会、中国钢协职业培训中心等单位密切协作，联合有关冶金企业和职业技术学院，编写了这套冶金行业职业教育培训规划教材，并经人力资源和社会保障部职业培训教材工作委员会组织专家评审通过，由人力资源和社会保障部职业能力建设司给予推荐。有关学校、企业的各级领导和编写人员在时间紧、任务重的情况下，克服困难，辛勤工作，在相关科研院所的工程技

术人员的积极参与和大力支持下，出色地完成了前期工作，为冶金行业的职业技能培训工作的顺利进行，打下了坚实的基础。相信这套教材的出版，将为冶金企业生产一线人员理论水平、操作水平和管理水平的进一步提高，企业核心竞争力的不断增强，起到积极的推进作用。

随着近年来冶金行业的高速发展，职业技能培训工作也取得了巨大的成绩，绝大多数企业建立了完善的职工教育培训体系，职工素质不断提高，为我国冶金行业的发展提供了强大的人力资源支持。今后培训工作的重点，应继续注重职业技能培训工作者队伍的建设，丰富教材品种，加强对高技能人才的培养，进一步强化岗前培训，深化企业间、国际间的合作，开辟冶金行业职业培训工作的新局面。

展望未来，任重而道远。希望各冶金企业与相关院校、出版部门进一步开拓思路，加强合作，全面提升从业人员的素质，要在冶金企业的职工队伍中培养一批刻苦学习、岗位成才的带头人，培养一批推动技术创新、实现科技成果转化的带头人，培养一批提高生产效率、提升产品质量的带头人；不断创新，不断发展，力争使我国冶金行业职业技能培训工作跨上一个新台阶，为冶金行业持续、稳定、健康发展，做出新的贡献！

前 言

钢铁工业既是制造业的基础，又是国家重要支柱产业之一。钢铁产能的高低是衡量国民经济发展的重要标志。近年来，我国钢铁工业发展迅猛，生产工艺及装备水平、新产品研发能力和产品质量都有显著提高，粗钢产量连续多年居世界首位，但高质量的钢材所占比例仍然较小。另外，受金融危机的影响以及随着低碳经济时代的到来，轧钢企业需要一大批高技能人才，来推动技术创新，实现科技成果转化。轧钢从业人员素质的高低关系到冶金行业核心竞争力的强弱。工作在轧钢生产第一线的轧钢从业人员大部分来自高中毕业生或其他非轧钢专业人员，缺乏系统的理论知识，而在实际生产中仍然沿用传统的师傅带徒弟的传授模式已经不能适应轧钢、冶金装备新技术和计算机控制等技术快速发展的要求，因此轧钢企业急需培养既懂理论又懂操作的高素质的一代操作工人。强化轧钢从业人员的理论和技能培训，是解决上述问题，提高轧钢企业核心竞争力的保证。

在国家提出实行学历文凭和职业资格两种证书制度的大环境下，轧钢相关专业的大、中专毕业生应具备轧钢工中、高级理论水平和实践技能水平。我们编写本书，就是为了提高轧钢从业人员的这一理论素质。本书是依据《中华人民共和国职业技能鉴定标准——轧钢卷》，针对轧钢车间的生产实际和轧钢工种的理论知识要求来编写，内容紧密结合冶金行业职业技能标准和国家职业技能鉴定规范，涵盖轧钢工所需掌握的基本理论知识，目的是为从事轧钢生产一线的工作人员提供理论支持，更好地促进理论指导实践，提高轧钢从业人员的综合素质和操作技能。

本书立足于基本概念清晰，重点突出，简明扼要，基本理论必需、够用，紧密联系生产实际，力求使读者易学易懂。

本书由任蜀焱、齐淑娥、阳辉任主编，刘饶川、胡彬、王青峡任副主编，重庆钢铁（集团）股份有限公司杨荣万高级工程师任主审。全书共12章，编

写人员的分工为：重庆科技学院任蜀焱（第1、2、3章、第8.5、8.6节、附录1）、阳辉（第4章、8.1节）、刘饶川（第5章、第8.2、8.3节）、胡彬（第8.4节）、王青峡（第11、12章及附录2）、罗晓东（第7章）、许文林（附录3）及四川机电职业技术学院齐淑娥（第6、9、10章）。任蜀焱、阳辉、王青峡负责统稿与书稿整理。

在编写过程中，编者参考了多种相关书籍、资料和国家标准，在此，对相关文献资料的作者一并表示衷心的感谢！

书中不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者
2010年2月

目 录

1 绪论	1
1.1 职业、工种、岗位之间的区别和联系	1
1.2 轧钢工在国家职业分类中的位置	1
1.3 轧钢工鉴定流程	1
1.4 国家职业资格证书	2
2 钢铁基本知识	4
2.1 钢的分类	4
2.2 我国钢号表示方法	6
2.2.1 我国钢号表示方法概述	6
2.2.2 我国钢号表示方法的分类说明	7
2.3 钢材的分类及重量计算	10
2.3.1 钢材的分类	10
2.3.2 常用钢材的理论重量计算方法	10
2.4 钢的性能	11
2.4.1 物理性能	11
2.4.2 化学性能	11
2.4.3 力学性能	11
2.4.4 工艺性能	13
2.5 化学元素对钢材的质量及性能的影响	14
2.6 常用工业用钢的用途和性能	15
2.6.1 工程结构用钢	15
2.6.2 机械零件用钢	16
2.6.3 工具钢	16
2.6.4 特殊性能用钢	16
3 金属学及热处理	18
3.1 金属晶体结构	18
3.1.1 常见金属的晶体结构	18
3.1.2 实际金属的结构	19
3.1.3 金属的结晶	19
3.2 固态金属的同素异构转变	20
3.3 固态金属组织与合金相图	21
3.3.1 塑性变形对金属组织和性能的影响	21

3.3.2	塑性变形后的金属在加热时的组织变化	22
3.3.3	再结晶退火后的组织	23
3.3.4	合金相结构及合金组织	24
3.3.5	合金相图的基本概念	24
3.3.6	铁碳合金相图	26
3.3.7	铁碳相图的应用	33
3.4	钢的热处理原理和工艺	33
3.4.1	概述	33
3.4.2	钢加热时的组织转变	34
3.4.3	过冷奥氏体的转变	38
3.4.4	常见的热处理工艺	45
3.4.5	其他热处理工艺	50
4	金属塑性变形理论	53
4.1	应力和变形	53
4.1.1	应力状态及其图示	53
4.1.2	应变及其图示	56
4.1.3	变形量的表示方法	58
4.2	塑性变形基本原理	59
4.2.1	体积不变定律	59
4.2.2	最小阻力定律	60
4.2.3	移位体积与变形速度	60
4.2.4	不均匀变形	61
4.3	金属的塑性、变形抗力和屈服条件	62
4.3.1	金属的塑性	62
4.3.2	变形抗力与屈服条件	65
4.4	塑性变形中的断裂	67
4.4.1	断裂的基本类型	67
4.4.2	压力加工中金属的断裂	69
5	轧制原理	70
5.1	轧制过程的基本概念	70
5.1.1	简单轧制与非简单轧制	70
5.1.2	变形区主要参数	70
5.1.3	轧制时的变形系数	71
5.1.4	平均工作直径与平均压下量	71
5.1.5	变形速度、轧制速度及其计算	72
5.2	实现轧制过程的条件	73
5.2.1	初始咬入条件	73

5.2.2 建立稳定轧制状态后的轧制条件	74
5.2.3 影响咬入的因素及改善咬入的措施	74
5.3 轧制时金属的横变形——宽展	75
5.3.1 宽展的种类	75
5.3.2 影响宽展的因素	76
5.3.3 计算宽展的公式	77
5.4 轧制过程中的总变形——前滑与后滑	78
5.4.1 前滑、后滑的定义及表示方法	78
5.4.2 前滑的计算公式	78
5.4.3 前滑的影响因素	79
5.5 轧制压力的计算	79
5.5.1 轧制压力的概念	79
5.5.2 接触面积 F 的确定	80
5.5.3 计算平均单位压力的公式	80
5.5.4 影响轧制压力的因素	85
5.6 轧制力矩及主电动机功率	86
5.6.1 静力矩与轧机效率	87
5.6.2 主电动机传动轧辊所需力矩及功率	87
5.6.3 主电动机容量校核	90
5.7 连轧的基本理论	93
5.7.1 连轧基本规律	93
5.7.2 堆拉系数和堆拉率	94
6 轧钢机械设备	96
6.1 概述	96
6.1.1 轧钢机的分类	96
6.1.2 轧钢机主机列	98
6.2 轧辊	99
6.2.1 轧辊的组成	100
6.2.2 轧辊的尺寸参数	100
6.2.3 轧辊强度计算	101
6.3 轧辊轴承	104
6.3.1 轧辊轴承的工作特点	104
6.3.2 轧辊轴承的类型	105
6.4 轧辊调整装置及上辊平衡装置	106
6.4.1 轧辊调整装置的作用	106
6.4.2 轧辊调整装置的类型	106
6.4.3 轧辊的径向调整装置	106
6.4.4 上轧辊的平衡装置	108

6.4.5	压下螺丝和压下螺母	109
6.5	机架	109
6.5.1	机架的类型	109
6.5.2	机架的主要结构参数	110
6.5.3	轨座与地脚螺栓	111
6.6	切断设备	111
6.6.1	剪切机	111
6.6.2	锯机	113
6.7	矫直设备	114
6.7.1	矫直机的分类	114
6.7.2	弯曲矫直理论	116
6.7.3	轧件弹塑性弯曲过程的曲率	116
6.8	卷取设备	117
6.8.1	热带钢卷取机	118
6.8.2	冷带钢卷取机	119
6.8.3	线材卷取机	119
6.9	辊道	119
6.9.1	辊道的类型	119
6.9.2	辊子的形状和结构	120
6.9.3	辊道的参数及其选择	120
6.10	活套支撑器	121
6.10.1	活套支撑器的作用	121
6.10.2	活套支撑器的类型	121
7	钢坯加热工艺与设备	123
7.1	热工基础知识	123
7.1.1	燃料	123
7.1.2	传热原理	123
7.1.3	耐火材料	124
7.2	钢坯加热常见缺陷	125
7.2.1	钢的氧化	125
7.2.2	钢的脱碳	125
7.2.3	钢的过热	125
7.2.4	钢的过烧	126
7.2.5	表面烧化和粘钢	126
7.2.6	钢的加热温度不均匀	126
7.2.7	加热裂纹	127
7.3	钢坯加热工艺制度	127
7.3.1	加热温度	127

7.3.2	加热速度	128
7.3.3	加热时间	128
7.3.4	加热制度	129
7.4	钢坯热送热装工艺	130
7.4.1	热送热装的工艺条件	130
7.4.2	热送热装的特点	131
7.5	加热炉	131
7.5.1	推钢式加热炉	131
7.5.2	步进式加热炉	133
7.5.3	环形加热炉	133
7.5.4	感应加热炉	133
8	轧钢工艺与控制	136
8.1	板带钢轧制工艺及控制	136
8.1.1	板带钢产品及技术条件	136
8.1.2	中厚板生产	137
8.1.3	热轧板带钢生产	138
8.1.4	冷轧板带钢生产	140
8.1.5	板带钢高精度轧制技术	143
8.1.6	板带钢轧制工艺制度的制订	147
8.2	型钢生产工艺与孔型设计	148
8.2.1	型钢生产的一般问题	148
8.2.2	轨梁生产	153
8.2.3	大、中型型钢生产	156
8.2.4	孔型设计基础知识	159
8.3	棒线材生产工艺	166
8.3.1	普碳棒材生产	166
8.3.2	高速无扭线材生产	168
8.4	钢管成形理论及工艺	172
8.4.1	热轧无缝钢管的生产工艺	173
8.4.2	钢管冷加工	190
8.4.3	焊管生产	194
8.5	摩擦与润滑	196
8.5.1	金属塑性加工时摩擦的特点及作用	196
8.5.2	摩擦系数及其影响因素	197
8.5.3	冷轧工艺润滑	198
8.5.4	轧制时的摩擦系数	198
8.6	控制轧制与控制冷却	199
8.6.1	控制轧制	200

8.6.2	控制冷却	201
9	轧制参数检测	204
9.1	轧制压力测量	204
9.1.1	应力测量法	204
9.1.2	传感器测量法	205
9.2	轧制力矩测量	207
9.3	轧制张力测量	207
9.3.1	单机座可逆式冷轧机张力测量	207
9.3.2	连轧机张力测量	208
9.4	电机功率测量	210
9.4.1	直流电机电压、电流、功率的测量	210
9.4.2	交流电机电压、电流、功率的测量	211
9.5	轧件温度测量	213
9.5.1	温度测量方法分类	214
9.5.2	测量温度计	214
9.6	轧制过程在线检测	215
9.6.1	带钢厚度的测量	215
9.6.2	带钢宽度的测量	216
9.6.3	带钢长度的测量	218
9.6.4	带钢板形检测	219
9.7	钢材无损检测技术	219
9.7.1	超声检测	219
9.7.2	涡流检测	222
9.7.3	磁粉检测	222
9.7.4	射线检测	223
10	轧制自动化操作平台	224
10.1	轧制区的自动化功能	224
10.1.1	跟踪	224
10.1.2	轧制节奏控制	226
10.1.3	轧制过程的自动设定	227
10.2	轧制区的自动化系统配置	227
10.3	轧制区的自动化过程	228
10.4	轧制控制系统的操作画面	231
11	钢材质量控制	233
11.1	钢材产品标准	233
11.2	质量管理	233

11.2.1	全面质量管理	233
11.2.2	ISO9001 质量体系	234
11.3	钢材产品常见缺陷	236
11.3.1	型钢常见缺陷	236
11.3.2	棒、线材常见缺陷	238
11.3.3	中厚板常见缺陷	239
11.3.4	热轧板（卷）钢常见缺陷	245
11.3.5	冷轧板（卷）钢常见缺陷	249
11.3.6	钢管常见缺陷	251
12	轧钢车间技术经济指标	256
12.1	材料消耗指标	256
12.2	技术经济指标	258
12.3	生产车间技术指标实例	261
附 录	262
附录 1	轧钢工理论知识复习题	262
附录 2	轧钢工理论知识复习题答案	275
附录 3	某公司轧钢工技能鉴定（应会）考核大纲	286
参考文献	290

1 绪 论

1.1 职业、工种、岗位之间的区别和联系

职业、工种和岗位之间有着密切的内在联系。职业是具有一定特征的社会工作类别，它是一种或一组特定工作的统称。工种是根据劳动管理的需要，按照生产劳动的性质、工艺技术的特征或者服务活动的特点而划分的工作种类。岗位是企业根据生产的实际需要而设置的工作位置。一个职业包括一个或几个工种，一个工种又包括几个岗位。因此，职业与工种、岗位之间是一个包含和被包含的关系，如图 1-1 所示。职业→工种→岗位，逐渐细化，逐渐具体。企业根据劳动岗位的特点对上岗人员提出的综合要求形成岗位规范，构成企业劳动管理的基础。职业分类客观地反映了国家经济、社会和科技等领域的发展和变化，在某种程度上也反映了一个阶段社会管理水平。

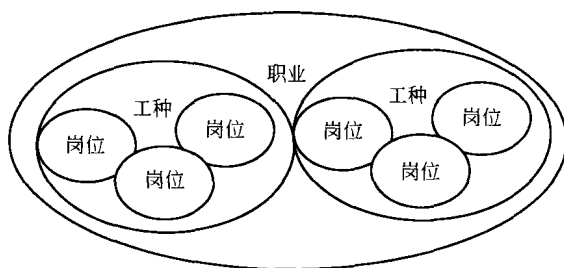


图 1-1 职业、工种和岗位三者的关系

1.2 轧钢工在国家职业分类中的位置

在《中华人民共和国职业分类大典》中，将我国职业归为 8 个大类，66 个中类，413 个小类，1838 个细类（职业）。轧钢工属于第 6 大类第 2 中类第 8 小类第 2 细类（金属轧制工）职业的工种之一。细类（职业）下所列的工种名称和序号是与《中华人民共和国工种分类目录》中的工种名称和序号相一致的，体现工种分类与职业分类的衔接。轧钢工工种属于金属轧制工这一职业，如表 1-1 所示。

1.3 轧钢工鉴定流程

国家职业技能鉴定通常实行定期鉴定制度，一般流程是：发布鉴定公告→鉴定申报→资格审查→交纳鉴定考核费→考前准备→人员管理→试卷管理→鉴定实施→阅卷管理→职业技能鉴定信息统计→印发证书。

职业鉴定考试分国家统考和非国家统考。国家统考时间一般安排在每年 3 月、5 月、7 月、9 月和 11 月的第三周。非国家统考时间灵活，由鉴定机构随时组织考试鉴定。轧钢工属于特种行业类工种，实行非国家统考。

表 1-1 金属轧制工职业描述信息表

职业名称	金属轧制工		
职业编码	6-02-08-02		
所在分类	生产、运输设备操作人员及有关人员→金属冶炼、轧制人员→金属轧制人员		
职业描述	<p>操作轧机及辅助设备，将金属锭、坯轧制成管、板、线、型等金属材的人员。 从事的工作主要包括：</p> <p>(1) 操作辊道、翻料、拉料、移位和升降等设备、装置或使用工具，将金属锭、坯调头、移位、翻面、送入轧机；</p> <p>(2) 使用工具或液压装置，调整轧辊的压下量，控制孔型；</p> <p>(3) 操作轧机等设备，将金属锭、坯轧制成坯料和管、板、线、型等金属材；</p> <p>(4) 操作轧制工艺线上的剪切、锯切机，按定尺剪切金属材、坯及其头尾；</p> <p>(5) 处理轧废料，取样；</p> <p>(6) 按工艺要求，制作轧机的导板、卫板、孔型样板；</p> <p>(7) 组装整体更换的轧辊，配备、管理轧辊；</p> <p>(8) 更换轧机的导板、卫板、轧辊、轴及连接装置；</p> <p>(9) 处理故障，维护保养设备。</p> <p>注：职业描述以已颁布的国家职业标准内容为准</p>		
包含工种	下列 14 个工种归入本职业（金属轧制工）		
	序 号	工 种 名 称	工 种 编 码
	1	轧钢工	15-063
	2	轧制备品工	15-080
	3	钨、钼轧制开坯工	36-148
	4	精密合金管制造工	36-155
	5	钨、钼板带材制造工	36-156
	6	热压延工	39-188
	7	冷压延工	39-189
	8	轧管工	39-194
	9	工艺润滑工	39-211
	10	换辊轴承调整工	39-215
	11	线材轧制工	39-235
	12	复合板工	39-240
	13	热轧管工	新增工种
14	冷轧管工	新增工种	

轧钢工理论知识考核成绩和操作技能考核成绩采取百分制。评定成绩按理论知识考核和操作技能考核成绩中较低的成绩确定。证书上评定成绩应按情况打印：合格（60~79分）、良好（80~89分）、优秀（90~100分）。成绩结果在15日内通知考试人员，对成绩有异议者，在1周内查询，单项成绩两年内有效。

1.4 国家职业资格证书

国家实行职业资格证书制度，由经过人力资源和社会保障（劳动保障）行政部门批准的

考核鉴定机构对劳动者实施职业技能考核鉴定。国家职业资格分为初级（五级）、中级（四级）、高级（三级）、技师（二级）、高级技师（一级）。轧钢工有这五个职业等级，但不是所有的职业都有五个等级。

证书照片处须贴本人近期 2 寸免冠黑白照，并在左下角加盖发证机关职业技能鉴定专用钢印。

证书按照《职业技能鉴定考务管理编码方案》编码，证书编号 16 位所表示的意思如表 1-2 所示。

证书可在 www.osta.org.cn 网站上输入身份证号码、姓名、证书编号进行查询。

表 1-2 中华人民共和国职业资格证书编号含义

编号位数	1, 2 位		3, 4 位		5, 6 位		7 位	8~10 位			11 位	12~16 位				
编号含义	年 份		省 份		地 区		机构识别	机构代码			证书类别	顺序编号				
编号举例	0	8	3	1	0	0	1	1	0	4	4	0	0	9	0	0