



普通高等教育“十二五”规划教材

工程训练教程

GONGCHENG XUNLIAN
JIAOCHENG

主 编 王鹏程

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

工程训练教程

主编 王鹏程

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

工程训练教程/王鹏程主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 5
ISBN 978 - 7 - 5640 - 9153 - 8

I. ①工… II. ①王… III. ①机械制造工艺 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 090206 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
82562903 (教材售后服务热线)
68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 23.25

字 数 / 540 千字

版 次 / 2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

定 价 / 48.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

本书是按照教育部工程材料及机械制造基础课程指导委员会 2003 年 10 月“工程训练教学基本要求”和国家教育部学科指导委员会“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的基本精神,结合近年来内蒙古工业大学“工程训练”课程教学改革成果、教学实践经验及教学内容和设备现状,并参考兄弟院校教材编写而成的。

本书力求具有如下特点:

(1) 针对普通工科高校现有的教学实习条件,适当考虑继续发展的需要,本教材以传统机械制造方法为主,增加了数控加工、快速成形技术、先进测量技术、机器人创新等,充分体现工程训练教学内容的系统性。

(2) 教材编写中强调“贴近实际、体现应用”,坚持科学性、系统性、先进性、实用性和可操作性。既注重培养学生利用已获取知识分析与解决工程技术实际问题的能力,又力求对学生工程素质和创新思维能力的培养,通过工程实训强化学生从事工程实践和创新的能力。

(3) 本书的编写方式为每章由基本知识和技能训练组成(第 7 章、第 13 章除外),明确“应知”和“应会”两大部分内容,以方便教学使用。

(4) 全书名词术语和计量单位采用最新国家标准及其他有关标准。

本书包括工程材料、材料成形、切削加工、数控加工、机器人创新等多部分内容。

本书共分 20 章,由内蒙古工业大学王鹏程担任主编并统稿。担任各章编写工作的教师均是内蒙古工业大学工程训练中心“工程训练”课程的教师。具体分工为王鹏程编写绪论、第 4 章、第 6 章,郭长青编写第 1 章,贾斌编写第 2 章,左巍编写第 3 章,白川编写第 5 章,王建峰编写第 7 章,王景磊编写第 8 章,李林喜编写第 9 章、第 13 章,赵昆编写第 10 章,朱爱民编写第 11 章,万华编写第 12 章,曲宝福编写第 14 章,王东辉编写第 15 章,王利利编写第 16 章、第 19 章,张海川编写第 17 章、第 18 章,贾翠玲编写第 20 章。

本书主要供机械类本科专业工程训练或金工实习使用,也可选作为非机械类专业工程训练或金工实习教学的参考书。

本书编写过程中参考了大量相关教材和文献资料的内容,在此谨向原作者表示敬意和感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

0 绪论	1
0.1 工程训练	1
0.1.1 机械制造过程	1
0.1.2 工程训练内容	2
0.2 工程训练的教学环节	2
0.3 工程训练目的	2
0.4 工程训练要求	3
0.4.1 工程训练的学习要求	3
0.4.2 工程训练的安全要求	4
第1章 机械工程材料及热处理	5
1.1 基本知识	5
1.1.1 常用钢铁的分类和编号	5
1.1.2 常用有色金属的分类和编号	9
1.1.3 常用热处理设备	12
1.1.4 钢的常用热处理工艺	15
1.1.5 金属材料的工艺性能	22
1.2 技能训练	23
1.2.1 钢铁材料的火花鉴别方法	23
1.2.2 硬度计的结构和使用方法	26
1.2.3 热处理综合技能训练	29
思考与练习题	31
第2章 铸造	32
2.1 基本知识	32
2.1.1 铸造概述	32
2.1.2 砂型铸造	33
2.1.3 合型	43
2.1.4 铸造合金的熔炼、种类及常用的熔炼设备	43
2.1.5 铸造合金的浇注	46

2.1.6	铸件的落砂与清理	46
2.1.7	特种铸造	47
2.2	技能训练	50
2.2.1	手工造型操作练习	50
2.2.2	型芯制作操作练习	50
2.2.3	砂型铸造综合技能训练	50
	思考与练习题	50
第3章	锻造	51
3.1	基本知识	51
3.1.1	锻造的方法分类	51
3.1.2	坯料的加热	52
3.1.3	空气锤	54
3.1.4	自由锻的基本工序及其操作要点	56
3.1.5	自由锻成形工艺	61
3.2	技能训练	64
3.2.1	自由锻镦粗练习	64
3.2.2	自由锻拔长练习	64
	思考与练习题	64
第4章	冲压	65
4.1	基本知识	65
4.1.1	冲压设备	65
4.1.2	冲模	67
4.1.3	冲压基本工序	68
4.2	技能训练	71
4.2.1	冲压设备的操作演示	71
4.2.2	冲压综合技能训练	72
	思考与练习题	73
第5章	焊接	74
5.1	基本知识	74
5.1.1	焊接概述	74
5.1.2	焊条电弧焊	74
5.1.3	气焊与气割	83
5.1.4	埋弧自动焊、气体保护焊、电阻焊、钎焊	89
5.2	技能训练	92
5.2.1	焊条电弧焊基本操作练习	92
5.2.2	气焊及气割操作演示	93

思考与练习题	94
第6章 塑料成形加工	96
6.1 基本知识	96
6.1.1 塑料及其分类	96
6.1.2 塑料成形加工方法	96
6.1.3 塑料注射成形工艺	97
6.2 技能训练	101
思考与练习题	102
第7章 切削加工基础知识	103
7.1 切削加工概况	103
7.1.1 切削加工的实质和分类	103
7.1.2 机床的切削运动	103
7.1.3 切削用量及切削三要素	104
7.2 切削刀具	105
7.2.1 刀具的材料	105
7.2.2 刀具的角度	107
7.2.3 车刀的刃磨	109
思考与练习题	110
第8章 车削	111
8.1 基本知识	111
8.1.1 车床及其附件	111
8.1.2 车床操作要点	116
8.1.3 外圆和端面的加工	117
8.1.4 孔的加工	118
8.1.5 切槽和切断	118
8.1.6 车削圆锥面	119
8.1.7 车成形面和滚花	121
8.1.8 车螺纹	121
8.2 技能训练	124
8.2.1 普通卧式车床基本操作技能训练	124
8.2.2 小锤柄的车削加工综合技能训练	127
思考与练习题	129
第9章 铣削	130
9.1 基本知识	130
9.1.1 铣床	131
9.1.2 铣刀及其安装	135

9.1.3	铣床附件及工件装夹	137
9.1.4	铣削基本工作	140
9.2	技能训练	145
9.2.1	平面、斜面的铣削	145
9.2.2	台阶面、直角沟槽的铣削	148
9.2.3	成形沟槽的铣削	149
9.2.4	分度头装夹的零件铣削	150
9.2.5	铣工综合技能训练	151
	思考与练习题	152
第10章	刨削	153
10.1	基本知识	153
10.1.1	刨床	154
10.1.2	刨刀及其安装	159
10.1.3	工件的装夹	161
10.1.4	刨削基本工作	162
10.2	技能训练	165
10.2.1	平面的刨削	165
10.2.2	刨工综合技能训练	167
	思考与练习题	168
第11章	磨削	170
11.1	基本知识	170
11.1.1	磨削加工简介	170
11.1.2	磨床	171
11.1.3	砂轮	174
11.1.4	磨削基本工作	176
11.2	技能训练	182
11.2.1	外圆磨削	182
11.2.2	平面磨削操作	183
	思考与练习题	184
第12章	钳工	185
12.1	基本知识	185
12.1.1	钳工入门知识	185
12.1.2	划线	186
12.1.3	锯削	189
12.1.4	锉削	191
12.1.5	钻孔、扩孔和铰孔	198

12.1.6	攻螺纹与套螺纹	203
12.1.7	拆卸与装配	206
12.2	技能训练	208
12.2.1	平面划线、立体划线	208
12.2.2	锯削、锉削	210
12.2.3	钻孔、扩孔和铰孔	210
12.2.4	攻螺纹、套螺纹	211
12.2.5	拆卸和装配	211
12.2.6	钳工综合技能训练	213
	思考与练习题	213
第 13 章	数控加工基础知识	215
13.1	数控加工概述	215
13.2	数控机床坐标系	222
13.3	数控编程	224
13.3.1	手工编程	225
13.3.2	自动编程	226
第 14 章	数控车床加工	229
14.1	基本知识	229
14.1.1	数控车床的种类	229
14.1.2	数控车床的组成和功能	229
14.1.3	主要用途、适用范围和规格	230
14.1.4	数控车床编程	230
14.2	技能训练	243
14.2.1	数控车外轮廓	243
14.2.2	数控车内轮廓	246
14.2.3	数控车螺纹	247
14.2.4	数控车综合技能训练	249
	思考与练习题	257
第 15 章	数控铣床与加工中心操作	258
15.1	基本知识	258
15.1.1	铣削加工工艺	258
15.1.2	数控铣床编程	259
15.1.3	数控铣床自动编程简介	271
15.1.4	加工中心简介	274
15.2	技能训练	275
15.2.1	铣削内外轮廓	275

15.2.2 钻削孔·····	277
15.2.3 数控铣综合技能训练·····	278
思考与练习题·····	280
第16章 数控电火花线切割加工·····	281
16.1 基本知识·····	281
16.1.1 数控电火花线切割加工原理·····	281
16.1.2 数控电火花线切割加工的特点及应用·····	282
16.1.3 数控电火花线切割加工机床·····	283
16.1.4 数控电火花线切割加工工艺基础·····	286
16.1.5 数控电火花线切割加工程序的编制·····	289
16.1.6 数控电火花线切割加工偏移补偿值的计算·····	291
16.2 技能训练·····	292
思考与练习题·····	298
第17章 电火花成形加工·····	299
17.1 基本知识·····	299
17.1.1 电火花加工技术基础·····	299
17.1.2 电火花成形机床的结构和组成·····	302
17.1.3 电火花成形加工工艺规律·····	303
17.1.4 电火花成形加工的工具电极和工作液·····	306
17.2 技能训练·····	309
思考与练习题·····	311
第18章 快速成形·····	312
18.1 基本知识·····	312
18.1.1 快速成形技术的原理·····	312
18.1.2 快速成形的特点及应用·····	314
18.1.3 快速成型的主要工艺方法·····	315
18.2 技能训练·····	318
18.2.1 MEM 熔融沉积成形系统·····	318
18.2.2 控制原理·····	319
18.2.3 控制软件和模型处理软件·····	320
18.2.4 MEM 熔融沉积成形操作演示·····	321
思考与练习题·····	323
第19章 机械加工精度及检测·····	324
19.1 基本知识·····	324
19.1.1 机械加工精度·····	324
19.1.2 加工精度检测量具·····	326

19.1.3 三坐标测量机	331
19.2 技能训练	332
19.2.1 游标卡尺的使用	332
19.2.2 外径千分尺的使用	332
19.2.3 百分表的使用	333
思考与练习题	333
第 20 章 机器人创新	334
20.1 基本知识	334
20.1.1 能力风暴机器人简介	334
20.1.2 VJC 编程	342
20.1.3 机器人多功能扩展卡	343
20.2 技能训练	346
20.2.1 VJC 编程	346
20.2.2 AS - EI 创新套件使用和模型搭建	350
思考与练习题	356
附录	357
JC 库函数	357
参考文献	359

0 绪 论

0.1 工程训练

工程训练是工科高校普遍开设的一门工程实践性技术基础课程,是在原“金属工艺学实习”基础上增加先进制造技术等扩展而来的一门以传授机械制造基础知识和技能为主的课程,它既是工科高校对学生进行机械工程训练的主要环节和内容之一,又是与“工程材料”“材料成形工艺基础”“机械制造工艺基础”等课程配套的必备实践教学环节。

0.1.1 机械制造过程

工程训练涉及一般机械制造生产的全过程。机械制造生产的基本工艺过程如图 0-1 所示。



图 0-1 机械制造生产的基本工艺过程

首先根据产品(或零件)的设计图纸编制制造工艺文件,然后选择原材料,进行生产准备。原材料包括生铁、钢锭、铝锭等各种金属型材及非金属材料。

机械零件的加工根据各阶段所要求达到的质量不同,大体上可分为毛坯制造和切削加工两个主要阶段。将原材料用铸造、锻造、冲压、焊接、下料等方法制成零件的毛坯(或半成品、成品),再经过车削、铣削、刨削、磨削、钻削、镗削、钳工等切削加工和特种加工,获得所需的几何形状、尺寸和表面质量。根据加工精度的不同,把上述工序分为粗加工、半精加工和精加工。

在毛坯制造和切削加工过程中,为改善加工工艺性和保证零件的机械性能,常需在某些工序之前(或之后)对工件进行热处理或表面处理。

把加工完毕并检验合格的各零件,按一定的顺序和配合关系组合、连接、固定起来,成为部件和整机,这一过程称为装配。装配好的部件和机器还要经过试运转和调整,合格后才能包装出厂。

习惯上还把铸造、锻造、焊接、热处理统称为热加工,把切削加工和装配称为冷加工。随着现代制造技术的发展,数控加工等先进制造方法应用日益广泛。

0.1.2 工程训练内容

机械类专业工程训练应安排铸造、锻造、冲压、焊接、热处理,车削、铣削、刨削、磨削、钳工,数控加工以及特种加工、机器人创新等工种的实习。具体实习内容包括以下几方面。

- 1) 常用钢铁材料及热处理工艺的基本知识。
- 2) 铸造、锻造、冲压、焊接的主要加工方法及简单加工工艺。
- 3) 车削、铣削、刨削、磨削、钳工和数控加工、特种加工的主要加工方法及简单加工工艺。
- 4) 各种冷、热加工所用的设备、附件及其工具、夹具、量具和模具等的大致结构、工作原理和使用方法。
- 5) 特种加工技术的工作原理和技术方法。
- 6) 机器人创新技术。

0.2 工程训练的教学环节

工程训练在工程训练中心按工种进行。教学环节有课堂讲授和观看电教片,自学、观摩与小组讨论,现场操作演示,操作练习,教学实验,综合技能练习等。

(1) 课堂讲授和观看电教片

它是就某工种、加工工艺而安排的专题讲解,知识较系统和宽泛,但必须注意控制时间占比,提高效率。

(2) 自学、观摩与小组讨论

它能充分利用训练环境条件,发挥学生自主学习能力。

(3) 现场操作演示

对学生将进行操作训练的机床等,先由师傅进行操作示范和讲解;或对某些未安排学生实际操作的机床和工艺,由师傅进行操作演示和讲解。

(4) 操作练习

操作练习是实习的主要环节,学生通过实际操作获得各种加工方法的感性认知和体验,初步学会使用有关设备和工具,从而具有一定的操作能力。

(5) 教学实验

教学实验以拓展工艺知识和介绍新技术、新工艺为主,使学生扩大知识面,开阔眼界。

(6) 综合技能练习

它是使学生运用所学知识和技能,独立分析和解决某个具体的工艺问题,并亲自付诸实践的一种综合性训练。

0.3 工程训练目的

工程训练的目的是使学生学习工艺知识,增强实践能力,提高综合素质,培养创新精神。

1. 学习工艺知识

理工科院校的学生除了应具备较强的基础理论知识和专业技术知识外,还必须具备一定

的工程材料及机械制造工艺知识。在工程训练中,学生通过自己的亲身实践来获取的这些工艺知识都是非常具体、生动而实际的,这对于机械类各专业的学生学习后续课程、进行毕业设计乃至以后从事技术工作都是必要的基础。

2. 增强实践能力

这里所说的实践能力,包括动手能力,在生产实践中获取知识的能力,以及运用所学知识和技能独立分析和解决工艺技术问题的能力。这些能力对于理工科学生是非常重要的,而这些能力只能通过实习、实验、作业、课程设计、毕业设计等实践性课程、教学环节以及各种课外科技创新活动来培养。在工程训练中,学生亲自动手操作各种机器设备,使用各种工具、夹具、量具等,尽可能结合实际生产进行各工种操作训练。在有条件的情况下,还要安排综合性练习、工艺设计和工艺讨论等训练环节。

3. 提高工程素质

作为一个工程技术人员应具有较高的综合素质,其中尤其应具有较高的工程素质。而工程素质除了包括材料、设备、工装具、工艺等知识和一定技能外,还包括质量、安全、环境、经济、市场、管理、法律、社会化等方面的意识。工程训练是在接近机械制造工厂生产实际的特殊环境下进行的,对大多数学生来说是第一次接触机械制造工业技术,第一次亲自使用机器进行工业制造,第一次通过工程理论与实践的结合来检验自身的学习效果,同时感受社会化生产的熏陶和安全性、组织性、纪律性的教育。学生将亲身感受到劳动的艰辛,体验到劳动成果的来之不易,增强对劳动者的思想感情,加强对工程素质的认识。所有这些都对提高学生的综合素质起到非常重要的作用。

4. 培养创新精神

启蒙式的潜移默化对培养学生的创新意识和创新能力是非常重要的。在工程训练中,学生要接触到几十种机械、电气与电子设备等,并将了解、熟悉和掌握其中一部分设备的结构、原理和使用方法。这些设备和加工工艺强烈地映射出创造者们历经长期追求和艰苦探索所迸发出的智慧火花。在这种环境下的体验式学习有利于培养学生的创新意识。而实习过程中有意识安排的自行设计、制作机器人等创新训练环节,十分有益于培养学生的创新能力。

0.4 工程训练要求

0.4.1 工程训练的学习要求

工程训练是一门实践性很强的技术基础课程。它的教学方式不同于以教室授课为的一般理论性课程。工程训练课主要的学习课堂不是教室,而是工厂车间或实验室现场;主要的学习对象不是书本,而是具体的制造工艺过程,包括具体的材料、设备、工艺、工模具等内容;学习的指导者是现场的教学指导人员,学习的方法主要是在实践中学习,理论联系实践学习,更强调通过自身体验来获取知识和培养技能。

因此,学生在实习中要注重在实习现场和在具体的生产工艺过程中学习工艺知识和基本技能;要注意实习教材的预习和复习,注意在实习中的观察、模仿、询问、讨论,形成正确的行为习惯和操作方式;课后及时完成实习报告和实验报告等;要严格遵守厂纪、厂规和安全操作规

程,重视人身和设备安全。

0.4.2 工程训练的安全要求

工业安全技术教育是确保学生实习安全和培养学生工业安全意识的重要环节,也是工程素质培养的重要内容。限于教材篇幅,各实习工种的安全技术未列入本书内容,各实习工种教师应在教学实习中增加该部分相关内容。

要牢固树立“安全第一”的思想。在整个实习中,教师和学生要把确保安全放在第一位,把安全教育贯穿始终,提倡对学生实行中心、工种、教师三级安全教育,不断提高安全意识,强化和落实安全措施。

要遵守实习车间和实验室规章制度,严格遵守各种设备的安全操作规程;严格遵守实习车间着装行为规定,如按规定穿戴工作服,女同学要戴工作帽,夏天不准穿凉鞋;在热加工现场要穿劳保鞋,在焊接现场要穿防护袜;在旋转机床上操作时要戴防护眼镜,不准戴手套;在实习现场要注意上下左右,不得打闹和乱跑,避免碰伤、砸伤和烧伤;未经许可不得擅自用非当前实习工种的机床、设备、工具和量具;发生安全事故时要立即切断电源,保护现场,及时上报。

第 1 章

机械工程材料及热处理

1.1 基本知识

1.1.1 常用钢铁的分类和编号

1. 钢的分类和编号

(1) 金属的分类

1) 黑色金属。

黑色金属是指铁和铁的合金,如钢、生铁、铁合金、铸铁等。钢和生铁都是以铁为基础,以碳为主要添加元素的合金,统称为铁碳合金。

生铁是指把铁矿石放到高炉中冶炼而成的产品,主要用来炼钢和制造铸件。

把铸造生铁放在熔铁炉中熔炼,即得到铸铁(液状, $w(\text{C}) > 2.11\%$ 的铁碳合金),把液状铸铁浇铸成铸件,称之为铸铁件。

铁合金是由铁与硅、锰、铬、钛等元素组成的合金,铁合金是炼钢的原料之一,在炼钢时作为钢的脱氧剂和合金元素添加剂。

$w(\text{C}) < 2.11\%$ 的铁碳合金称为钢,把炼钢用生铁放到炼钢炉内按一定工艺熔炼,即得到钢。钢的产品有钢锭、型材、连铸坯和直接铸成的各种钢铸件等。

2) 有色金属。

有色金属又称非铁金属,指除黑色金属外的金属和合金,如铜、锡、铅、锌、铝及其合金,黄铜、青铜和轴承合金等。另外在工业上还采用铬、镍、锰、钼、钴、钒、钨、钛等,这些金属主要用作合金附加物,以改善金属的性能,其中钨、钛、钼等多用作生产刀具的硬质合金。

(2) 钢的分类

钢的主要元素除铁、碳外,还有硅、锰、硫、磷等。钢的分类方法多种多样,其主要方法有如下六种。

1) 按品质分类。

① 普通钢($w(\text{P}) \leq 0.045\%$, $w(\text{S}) \leq 0.050\%$);

② 优质钢($w(\text{P}), w(\text{S}) \leq 0.035\%$);

③ 高级优质钢($w(\text{P}) \leq 0.035\%$, $w(\text{S}) \leq 0.030\%$)。

2) 按化学成分分类。

① 碳素钢。

a. 低碳钢($w(C) \leq 0.25\%$); b. 中碳钢($w(C) \leq 0.25\% \sim 0.60\%$); c. 高碳钢($w(C) > 0.60\%$)。

② 合金钢。

a. 低合金钢(合金元素总含量 $\leq 5\%$); b. 中合金钢(合金元素总含量 $> 5\% \sim 10\%$); c. 高合金钢(合金元素总含量 $> 10\%$)。

3) 按成形方法分类。

① 锻钢;② 铸钢;③ 热轧钢;④ 冷拉钢。

4) 按金相组织分类。

① 退火状态的钢:a. 亚共析钢(铁素体+珠光体); b. 共析钢(珠光体); c. 过共析钢(珠光体+渗碳体); d. 莱氏体钢(珠光体+渗碳体)。

② 正火状态的钢:a. 珠光体钢; b. 贝氏体钢; c. 马氏体钢; d. 奥氏体钢。

③ 无相变或部分发生相变的钢。

5) 按用途分类。

① 建筑及工程结构用钢。

a. 普通碳素结构钢:(a) Q195; (b) Q215(A、B); (c) Q235(A、B、C); (d) Q255(A、B); (e) Q275。

b. 低合金结构钢,如低合金高强度结构钢 Q345C 和 Q345D。

② 机械结构钢。

a. 机械制造用钢:(a) 调质钢; (b) 表面硬化钢,包括渗碳钢、渗氮钢、表面淬火用钢; (c) 易切削钢; (d) 冷塑性成形用钢,包括冷冲压用钢、冷镦用钢。

b. 弹簧钢。

c. 轴承钢。

③ 工具钢:(a) 碳素工具钢; (b) 合金工具钢; (c) 高速工具钢。

④ 特殊性能钢:(a) 不锈钢; (b) 耐热钢,包括抗氧化钢、热强钢、气阀钢; (c) 电热合金钢; (d) 耐磨钢; (e) 低温用钢; (f) 电工用钢。

⑤ 专业用钢,如桥梁用钢、船舶用钢、锅炉用钢、压力容器用钢、农机用钢等。

6) 按冶炼方法分类。

① 按炉种分。

a. 转炉钢:(a) 酸性转炉钢; (b) 碱性转炉钢。或(a) 底吹转炉钢; (b) 侧吹转炉钢; (c) 顶吹转炉钢。

b. 电炉钢:(a) 电弧炉钢; (b) 电渣炉钢; (c) 感应炉钢; (d) 真空自耗炉钢; (e) 电子束炉钢。

② 按脱氧程度和浇注制度分。

(a) 沸腾钢; (b) 半镇静钢; (c) 镇静钢; (d) 特殊镇静钢。

(3) 我国钢号表示方法

1) 我国钢号表示方法概述。

钢的牌号简称钢号,是对每一种具体钢产品所取的名称。我国钢号表示方法根据 GB/T