

· 高职高专“十二五”规划教材 ·



# 冷轧带钢生产

LENGZHA DAIGANG SHENGCHAN

主 编 夏翠莉 朱万军  
副主编 于漫子 陈 丹



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press

高职高专“十二五”规划教材

# 冷轧带钢生产

主 编 夏翠莉 朱万军  
副主编 于漫子 陈 丹

北 京  
冶 金 工 业 出 版 社  
2011

## 内 容 提 要

本书共分两篇,第1篇为冷轧带钢生产知识,第2篇为冷轧带钢生产工艺及设备操作。第1篇重点介绍冷轧带钢生产方案、生产特点,冷轧产品种类、产品标准及产品用途;介绍了贯穿全书的典型车间和典型产品。第2篇按学习情境划分,共分成6种学习情境,在每种学习情境下首先提出学习目的和工作任务,然后以此为目标介绍工艺及设备操作,其中有酸洗工艺及设备操作、冷轧工艺及设备操作、酸洗连轧机组传动系统及自动化简介、退火炉工艺及设备操作、带钢连续热镀锌工艺设备操作和冷轧精整工艺及设备操作。

本书可作为高等职业院校相关专业的教材,也可供从事塑性加工的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

冷轧带钢生产/夏翠莉,朱万军主编. —北京:冶金工业出版社,2011.10

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-5686-3

I. ①冷… II. ①夏… ②朱… III. ①冷轧—带钢—  
高等职业教育—教材 IV. ①TG335.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第204026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 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 卢敏 美术编辑 李新 版式设计 葛新霞

责任校对 王永欣 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5686-3

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2011年10月第1版,2011年10月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;20.75印张;497千字;319页

41.00元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

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(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

# 前 言

本书是在教育部高职高专材料类专业教学指导委员会编委会的组织安排下，根据高职高专教育特点，注重学生生产实际和岗位技能培养的要求编写的。书中以冷轧带钢厂生产实践为基础，以介绍冷轧带钢产品、生产工艺和设备为主，辅以冷轧带钢生产理论知识。内容选材参考了多种相关书籍和实际生产资料，力求紧密结合现场实践，学以致用，体现以岗位技能为目标的特点。

全书共分两篇，第1篇为冷轧带钢生产知识，重点介绍冷轧带钢生产特点、生产方案、产品种类、产品标准及产品用途；介绍了贯穿全书的典型车间和典型产品。第2篇为冷轧带钢生产工艺及设备操作。第2篇按学习情境划分，共分成6种学习情境，在每种学习情境下首先提出学习目标和工作任务，以典型产品的生产为主线，完成从原料到成品的各个生产环节的工艺参数设定及设备操作。6种学习情境包括酸洗工艺及设备操作、冷轧工艺及设备、酸洗连轧机组传动系统及自动化简介、退火炉工艺及设备、带钢连续热镀锌生产工艺概况和冷轧精整工艺及设备，并分析了各工序易产生的缺陷及应采取的措施。

本书由辽宁科技学院夏翠莉和朱万军任主编，辽宁科技学院于漫子和陈丹任副主编。书中第1篇中的第1章和第2篇中的学习情境1的第1单元到第6单元由夏翠莉编写；第1篇中的第2章和第2篇中的学习情境2、学习情境6由朱万军编写；第2篇中的学习情境4由陈丹编写；第2篇中的学习情境1的第7单元和学习情境3、学习情境5由于漫子编写。

本书在编写过程中得到辽宁科技学院吴国玺教授、本钢冷轧厂等的大力支持，并参考了多种相关书籍、资料，在此，对其作者一并表示由衷的感谢。

由于水平所限，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2011年6月

# 目 录

## 第 1 篇 冷轧带钢生产知识

1 绪论 .....	1
1.1 冷轧带钢生产的工艺特点 .....	1
1.1.1 冷轧中产生加工硬化 .....	1
1.1.2 冷轧中采用工艺冷却与润滑 .....	1
1.1.3 冷轧中采用张力轧制 .....	2
1.2 冷轧带钢生产的基本任务 .....	2
1.2.1 酸洗 .....	3
1.2.2 冷轧 .....	3
1.2.3 脱脂退火 .....	3
1.2.4 精整 .....	3
1.2.5 涂、镀工艺 .....	3
1.3 冷轧带钢生产的技术经济指标 .....	4
1.3.1 产量 .....	4
1.3.2 质量 .....	4
1.3.3 车间成本 (元/t) .....	4
1.4 冷轧带钢生产的发展前景 .....	5
思考题 .....	6
2 冷轧带钢生产机组及产品简介 .....	7
2.1 冷轧带钢生产方案简介 .....	7
2.1.1 生产方案 .....	7
2.1.2 冷轧生产工艺流程 .....	16
2.2 冷轧带钢产品简介 .....	17
2.2.1 热轧酸洗板带 .....	17
2.2.2 全硬板带 .....	17
2.2.3 普冷板带分类和牌号 .....	17
2.2.4 电工钢板带 .....	22
2.2.5 涂镀层板带 .....	23

2.2.6 冷轧带钢产品用途 .....	32
2.3 冷轧带钢产品标准 .....	37
2.3.1 冷轧带钢产品标准 .....	37
2.3.2 连续热镀锌/锌铁合金钢板及钢带产品标准 .....	44
2.4 热轧板带对冷轧带钢产品质量的影响 .....	49
2.4.1 钢的化学成分对冷轧带钢组织性能的影响 .....	49
2.4.2 带钢热轧工艺对冷轧钢板性能和组织的影响 .....	51
2.5 典型车间、典型产品及生产工艺 .....	54
2.5.1 典型车间概况 .....	54
2.5.2 典型产品 .....	55
2.5.3 典型车间生产工艺流程 .....	55
思考题 .....	60

## 第 2 篇 冷轧带钢生产工艺及设备操作

学习情境 1 酸洗工艺及设备操作 .....	61
单元 1 带钢酸洗机组简介 .....	62
1.1.1 推拉式酸洗机组 .....	62
1.1.2 连续塔式酸洗机组 .....	65
1.1.3 连续卧式酸洗机组 .....	65
单元 2 典型车间酸洗工艺参数及工艺流程简述 .....	69
单元 3 带钢传输操作 .....	74
1.3.1 矫直原理及活套参数的设定知识学习 .....	74
1.3.2 带钢传输 1 操作 .....	78
1.3.3 带钢传输 2 操作——切边、碎边、连接活套工艺操作 .....	85
1.3.4 传输的跑偏及拉堆钢问题 .....	88
单元 4 带钢剪切对焊操作 .....	89
1.4.1 焊机功能及工作原理 .....	89
1.4.2 剪切对焊工艺操作 .....	90
1.4.3 激光焊接主要工艺参数对焊接质量的影响 .....	95
1.4.4 激光焊接产品缺陷及预防措施 .....	96
1.4.5 闪光焊接产品缺陷及预防措施 .....	98
单元 5 酸洗工艺操作 .....	99
1.5.1 带钢表面氧化铁皮 .....	99
1.5.2 酸洗原理和紊流酸洗 .....	101
1.5.3 漂洗原理 .....	104

1.5.4 影响酸洗的因素 .....	105
1.5.5 酸洗工艺操作 .....	108
1.5.6 酸洗线张力控制 .....	118
1.5.7 酸洗缺陷及预防 .....	119
单元6 酸再生操作 .....	121
1.6.1 盐酸再生的工作原理 .....	121
1.6.2 盐酸再生工艺简介 .....	122
1.6.3 采用喷雾焙烧法盐酸再生工艺简介 .....	123
单元7 酸洗线主要机械设备 .....	127
1.7.1 酸洗入口段设备 .....	128
1.7.2 焊机设备 .....	136
1.7.3 酸洗工艺段设备 .....	140
1.7.4 酸洗出口段设备 .....	144
思考题 .....	145
<b>学习情境2 冷轧工艺及设备</b> .....	147
单元1 冷轧板带钢的轧制工艺特点 .....	147
2.1.1 金属的加工硬化 .....	147
2.1.2 冷轧中采用工艺冷却和润滑(工艺冷润) .....	147
2.1.3 冷轧中采用张力轧制 .....	148
单元2 冷轧轧制工艺 .....	149
2.2.1 冷轧板带钢轧制制度的制定 .....	149
2.2.2 冷轧板带的轧制缺陷及消除措施 .....	155
单元3 轧制过程工艺润滑 .....	158
2.3.1 冷轧润滑剂的分类 .....	159
2.3.2 冷轧中工艺润滑的目的 .....	162
2.3.3 润滑剂的供给方式 .....	162
单元4 板形控制 .....	162
2.4.1 板形的基本概念 .....	163
2.4.2 板形缺陷的种类和形成原因 .....	166
2.4.3 带钢板形的检测与控制 .....	168
单元5 轧机主要设备操作 .....	172
2.5.1 轧机区主要设备 .....	172
2.5.2 轧机入口段机械设备 .....	176
2.5.3 轧机出口段机械设备 .....	177
思考题 .....	179

<b>学习情境 3 酸洗连轧机组传动系统及自动化简介</b> .....	180
<b>单元 1 酸洗连轧机组传动系统</b> .....	180
3.1.1 轧机主传动系统及电机 .....	180
3.1.2 辅助恒速传动 .....	180
3.1.3 普通交流调速系统 .....	180
3.1.4 典型调速系统 .....	181
<b>单元 2 酸洗连轧机组基础自动化</b> .....	183
3.2.1 通用功能 .....	184
3.2.2 机组运行控制 .....	186
3.2.3 动态变规格轧制 .....	186
3.2.4 自动带钢厚度控制 .....	188
<b>单元 3 酸洗连轧机组过程自动化系统简介</b> .....	191
<b>思考题</b> .....	191
<b>学习情境 4 退火炉工艺及设备</b> .....	192
<b>单元 1 冷轧带钢的热处理基本知识</b> .....	192
4.1.1 冷塑性变形对金属组织和性能的影响 .....	192
4.1.2 冷轧带钢的再结晶退火 .....	195
4.1.3 冷轧带钢的热处理 .....	199
<b>单元 2 退火工艺</b> .....	201
4.2.1 连续退火工艺 .....	201
4.2.2 罩式退火工艺 .....	206
<b>单元 3 退火设备操作</b> .....	209
4.3.1 连续退火机组主要设备 .....	209
4.3.2 单垛式紧卷罩式炉 .....	215
4.3.3 H <sub>2</sub> 爆炸与防爆 .....	229
4.3.4 罩式退火主要工艺过程和操作要点 .....	232
4.3.5 罩式退火主要故障处理 .....	234
<b>思考题</b> .....	236
<b>学习情境 5 连续热镀锌生产工艺概况</b> .....	237
<b>单元 1 连续热镀锌生产原料及产品介绍</b> .....	237
5.1.1 连续热镀锌生产原料 .....	238
5.1.2 连续热镀锌产品 .....	240
<b>单元 2 连续热镀锌钢板生产工艺操作</b> .....	241
5.2.1 热镀锌板的生产方法 .....	242



5.2.2	镀前处理 .....	243
5.2.3	镀锌处理 .....	245
5.2.4	镀后处理 .....	258
5.2.5	热镀锌生产发展趋势 .....	258
5.2.6	热镀锌新技术、新设备发展方向 .....	258
单元3	热镀锌故障及有关事项 .....	259
5.3.1	各种故障的处理程序 .....	259
5.3.2	注意事项 .....	260
5.3.3	主要故障的处理方法和措施 .....	260
5.3.4	故障造成的全线停车 .....	261
5.3.5	恢复生产 .....	262
5.3.6	感应锌锅停电故障的处理 .....	262
5.3.7	锌锅停电故障的生产恢复 .....	263
单元4	彩色涂层钢板(彩涂板)的生产 .....	263
5.4.1	涂层钢板的结构和质量要求 .....	264
5.4.2	涂层板的生产方法 .....	265
5.4.3	现代化大型涂层机组生产过程 .....	267
5.4.4	涂层板的品质和加工方法 .....	271
5.4.5	彩色层压钢板生产 .....	272
5.4.6	涂层板的应用 .....	278
5.4.7	彩色涂层板发展趋势 .....	278
思考题	.....	279
学习情境6	冷轧精整工艺及设备 .....	280
单元1	精整工艺段知识 .....	280
6.1.1	平整的目的 .....	280
6.1.2	平整率 .....	280
单元2	精整工艺操作 .....	281
6.2.1	平整工艺操作 .....	281
6.2.2	带钢纵剪重卷工艺操作 .....	283
6.2.3	横剪生产工艺操作 .....	286
6.2.4	冷轧产品包装操作工艺 .....	288
单元3	冷轧产品的性能检验(拉伸试验) .....	294
6.3.1	拉伸试样 .....	295
6.3.2	材料性能的测定 .....	296
6.3.3	塑性应变比 $r$ 值和应变强化指数 $n$ 值 .....	297
单元4	精整缺陷及其预防措施 .....	299

---

6.4.1	原料缺陷 .....	299
6.4.2	表面缺陷 .....	300
6.4.3	形状缺陷 .....	302
6.4.4	尺寸缺陷 .....	303
单元5	精整工艺段设备 .....	304
6.5.1	平整机组设备 .....	304
6.5.2	圆盘剪 .....	311
6.5.3	焊机设备 .....	312
6.5.4	矫直机 .....	312
6.5.5	飞剪 .....	317
思考题	.....	318
参考文献	.....	319

# 冷轧带钢生产知识

## 1 绪 论

冷轧带钢生产是以热轧板带材为原料,在其再结晶温度以下或室温状态下进行形变,经酸洗、冷轧、热处理和涂镀等一系列工序的加工处理,最终成为冷轧产品。由于冷轧薄板材尺寸精度、表面质量以及组织性能优良,属于高附加值钢材品种,因此是汽车、建筑、家电、食品等行业不可缺少的金属材料。近十年来我国已建成和正在建设一批具有国际先进水平的酸洗-冷轧联合生产线,装配水平、自动化程度都有很大的提升。随着我国冷轧薄板生产线设备装配和生产工艺的研发与创新,不断推进了冷轧产品品种、实物质量水平及冷轧产品的更新换代。

### 1.1 冷轧带钢生产的工艺特点

#### 1.1.1 冷轧中产生加工硬化

冷轧是在金属再结晶温度以下进行的轧制。由于加工温度低,金属的晶粒被破碎且不能产生再结晶回复,导致金属在轧制过程中将产生不同程度的加工硬化,随之带来的后果是:(1)变形抗力增加,使轧制力增加;(2)塑性降低,金属易发生脆裂。

当钢种一定时,加工硬化的剧烈程度与冷轧变形程度有关。加工硬化超过一定程度后,板料将因过分硬脆而不适于继续轧制,或者不能满足用户对性能的要求。因此钢板完成一定的冷轧总压下量之后,往往要经软化热处理,即再结晶退火、固溶处理等,使轧件恢复塑性,降低变形抗力,以便继续轧薄。同理,成品冷轧板带钢在出厂之前一般也都需要进行一定的热处理。这种成品热处理的目的不仅在于使金属软化,更重要的是为了提高冷轧产品的综合性能。

在冷轧生产过程中,每次软化退火之前完成的冷轧工作称为一个“轧程”。在一定轧制条件下,钢质愈硬,成品愈薄,所需的轧程愈多。

#### 1.1.2 冷轧中采用工艺冷却与润滑

##### 1.1.2.1 工艺冷却

冷轧过程中金属形变产生热与摩擦热使轧件和轧辊温度升高,道次压下量越大,轧制

速度愈快，变形抗力越大，钢种发热率增加越急剧。实验研究与理论分析表明，冷轧板带钢的变形功约有 84% ~ 88% 转变为热能，使轧件与轧辊的温度升高，故须采用有效的人工冷却。

当辊面温度过高时会引起工作辊淬火层硬度下降，使辊面出现附加的组织应力。另外，辊温的升高以及辊温分布规律的反常导致正常辊形条件的破坏，直接有害于板形与轧制精度。

水是比较理想的冷却剂，其比热大，吸热率高且成本低廉。油的冷却能力则比水差得多。把少量的油剂与大量的水混合起来，制成乳状的冷润液（简称“乳化液”）可以较好地解决油的循环使用问题。在这种情况下，水既作为冷却剂又充当载油剂。

### 1.1.2.2 工艺润滑

冷轧采用工艺润滑的主要作用是减小金属的变形抗力，降低能耗，提高轧辊的使用寿命，改善冷轧板卷厚度的均匀性和表面质量，使轧机能够经济可行地生产厚度更小的产品。此外，在轧制某些品种时，采用工艺润滑还可以起到防止金属黏辊的作用。

在一定的轧制条件下，工艺润滑的效果取决于润滑剂油品性能、变形区润滑油量的多少和均匀程度，以及轧机清净性、退火清净性、较好的镀层附着力。不同的油品性能差别很大，例如，有些油品注重润滑性，适合于应用在轧后带有清洗线的机组；有些油品注重清洁性，适合应用于轧后板卷贮存时间较短，能较快地进入下一道工序的机组，根据各自轧机的特点选择适合轧机的轧制油。而变形区油量的多少及均匀性主要取决于冷润系统，应尽量保持乳化液系统的配套设施完整，提高乳化液系统的自身清洁性和乳化液相关性能的稳定。

实践表明动物油工艺润滑的效果最佳，其次是植物油，矿物油最差。近年来国内研究用矿物油中添加极性添加剂、油性添加剂等以提高润滑效果，大大降低了成本，使用效果良好。

### 1.1.3 冷轧中采用张力轧制

所谓“张力轧制”，就是轧件在轧辊中的碾轧变形是在有一定的前张力与后张力作用下实现的。按照习惯规定，作用方向与轧制方向相同的张力叫做“前张力”，而作用方向与轧制方向相反者则称为“后张力”。单位张力是指作用在带材断面上的平均张应力。

张力的作用主要有以下几方面：

(1) 防止带钢在轧制过程中跑偏，使所轧带钢保持平直。在张力的作用下，若轧件出现不均匀延伸，则沿轧件宽向上的张力分布将会发生相应的变化，延伸较大的一侧张力减小而延伸较小的一侧张力增大，结果便自动地起到纠正跑偏的作用，保证轧后板形良好。

(2) 降低轧件的变形抗力及轧制力，降低能耗。现代冷轧板带生产借助准确可靠的测张仪与自动控制系统结成闭环系统，实现恒张力控制。通过改变卷取机或开卷机的转速、各架轧机主电机的转速和压下可以使轧制力、张力在较大范围内变化。

## 1.2 冷轧带钢生产的基本任务

冷轧带钢生产的基本任务是经过冷轧生产出厚度更薄、尺寸精度更高、性能更好的全

硬板带、普冷板带和涂镀板带。全硬板带指经冷轧后的板带不再继续到下游工序加工处理直接作为产品；普冷板带指冷轧后的板带再进行退火热处理和平整等工序的产品；涂镀板带指冷轧后的板带再经过脱脂、退火、镀层或涂层等工序处理的产品，是冷轧产品中加工程度最深的产品，因此其附加值也是最高的。采用的主要技术手段是酸洗、冷轧、脱脂退火、精整、镀层、彩涂等操作。

### 1.2.1 酸洗

酸洗是冷轧生产的重要任务，为了保证钢板表面光洁，以便顺利地实现冷轧及其后的表面处理，必须在冷轧前通过酸洗去除氧化铁皮、表面杂质和油污。冷轧薄板生产中最常用的方法为盐酸酸洗。

### 1.2.2 冷轧

冷轧是冷轧生产的核心任务，钢板的减薄，即金属的塑性变能量几乎全部是由这一工序完成的。通过原料的化学成分、规格和产品的技术要求确定冷轧工艺规程，即变形规程、速度规程、张力的设定和冷却润滑方式的设定等，按着冷轧工艺规程进行轧制。

### 1.2.3 脱脂退火

冷轧后的带钢退火或涂镀前要经过脱脂处理，去除板面上的油污。一般普冷板带常采用冷轧“机上洗净法”，涂镀板带常采用碱性清洗的方式。

退火是冷轧板带钢生产中的最主要的热处理工序，分成三种情况：第一种情况为中间退火，主要是对高度冷加工硬化的金属进行再结晶软化退火后继续冷变形；第二种情况是成品的最终退火，退火工艺根据用户对产品的需求而定，主要作用是对带钢进行再结晶退火处理等，完善微观组织、提高塑性和冲压成形性；第三种情况是涂或镀前的退火，一般为连续退火炉，作用与前面相同。由于连续退火炉较之罩式退火炉具有退后产品性能均匀、表面光洁、板形好、成材率高、可控性好的优点，故其发展很快。

### 1.2.4 精整

精整是保证冷轧产品的最后一道工序，主要作用是改善材料力学性能，消除材料屈服平台，改善板形，并对板带进行剪切、检查、包装等。精整工艺由平整工艺、重卷工艺、横切工艺和纵切工艺等组成。

### 1.2.5 涂、镀工艺

镀层板带由于具有良好的耐腐蚀能力、焊接性能、冲压成形性等特点，被广泛应用在建筑、汽车、包装材料等领域。主要工艺是冷轧后的板带经过表面处理后，通过电镀或热镀的方式使钢板表面附着一层锌或锡等金属。

彩色涂层板带由于具有美观多变的色彩、良好的耐候性和低成本等特点，被广泛应用在建筑、装饰和家电等行业。主要工艺是冷轧后的板带经过表面处理后，涂敷上一层或两层有机涂料，然后进行烘烤固化。

### 1.3 冷轧带钢生产的技术经济指标

技术经济指标能够反映生产中的技术水平与经济效益，是衡量一个企业完成计划的情况，同时也为企业的各项技术、生产、经营活动与检查分析提供依据。冷轧薄板生产的技术经济指标主要包括产量、质量、品种、成本等。

#### 1.3.1 产量

具体如下：

(1) 轧机小时产量  $A$ ：

$$A = \frac{3600Gbk_1}{T}$$

式中  $A$ ——轧机小时产量， $t/h$ ；

$T$ ——轧机的轧制节奏时间， $s$ ；

$G$ ——原料重量， $t$ ；

$b$ ——成材率， $\%$ ；

$k_1$ ——轧机利用系数。

(2) 轧机日历作业率（ $\%$ ）：

$$\text{轧机日历作业率} = \frac{\text{轧机实际工作时间}(h)}{\text{日历时间}(h) - \text{计划大修时间}(h)}$$

(3) 轧制节奏时间  $T(s)$ 。轧制节奏时间指轧制过程中，第一根轧件头部进入第一架轧机到第二根轧件头部进入第一架轧机之间所需时间。轧制节奏时间的长短直接影响着轧机的小时产量，轧制节奏时间缩短，轧机小时产量提高；反之，轧机小时产量下降。

#### 1.3.2 质量

(1) 成材率（ $\%$ ）。成材率指合格产品质量与所用原料质量的百分比。

$$b = \frac{Q_{\text{合}}}{G} \times 100\%$$

式中  $b$ ——成材率， $\%$ ；

$Q_{\text{合}}$ ——合格产品质量， $t$ ；

$G$ ——原料质量， $t$ 。

成材率越高，单位原料的利用率越高，产品成本越低，说明企业生产技术水平和管理水平越高。

(2) 金属损失量（ $t$ ）。金属损失量指生产全过程中金属损失量的总和。冷轧薄板生产中金属损失包括切头尾、切边损失、拉断等废品损失、溶损等其他损失。金属损失量越小，金属成材率越高。

#### 1.3.3 车间成本（元/ $t$ ）

产品成本的组成把下列各种消耗量换算成吨钢消耗价格为：

(1) 原材料消耗 (kg/t)。原材料消耗是指生产 1t 合格冷轧板所需热轧板的重量。它等于金属成材率的倒数。

$$\text{原材料消耗(kg/t)} = \text{原材料消耗量(kg)} / \text{合格冷轧板产量(t)}$$

(2) 辅助材料消耗 (kg/t)。辅助材料消耗是指生产 1t 合格冷轧板所消耗的酸、轧辊、轧制油等的量。

$$\text{辅助材料消耗(kg/t)} = \text{辅助材料消耗量(kg)} / \text{合格冷轧板产量(t)}$$

(3) 燃料消耗 ( $\text{m}^3/\text{t}$ )、动力消耗 ( $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ )。燃料消耗是指生产 1t 合格冷轧板所消耗的退火炉用煤气等的量。

$$\text{燃料消耗(m}^3/\text{t)} = \text{燃料消耗量(m}^3\text{)} / \text{合格冷轧板产量(t)}$$

动力消耗 ( $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ ) 包括生产线总用电量的消耗。

$$\text{动力消耗(kW} \cdot \text{h/t)} = \text{动力消耗量(kW} \cdot \text{h)} / \text{合格冷轧板产量(t)}$$

(4) 生产工人工资及工资附加费。

(5) 车间经费：固定资产折旧费，车间经费。

#### 1.4 冷轧带钢生产的发展前景

从 1920 年美国第一次成功轧制出冷轧宽带钢开始，直到 1960 年我国建设了第一台 1700mm 单机可逆式冷轧机，1978 年在武钢建设了首套 1700mm 冷连轧板带机组，1988 年在宝钢建成了 2030mm 五机架全连续宽度冷轧机。进入 21 世纪，随着钢产量的大幅提高，特别是 2004 年以来，全国各大钢铁公司纷纷投入巨资新建或拟建冷轧板带项目，不少民营企业也加入了这一行列。2003 ~ 2004 年底，我国冷轧带钢产量为 1329 万吨，而表观消费量为 3079 万吨，自给率为 43%，据预测至 2005 年底，冷轧带钢产量将达 2995 万吨，而表观消费量为 4020 万吨，自给率为 71%。预示着我国冷轧板带的生产应有很大的发展空间。

从冷轧产品的规格看，0.15 ~ 0.38mm 厚的薄板带，0.07 ~ 0.25mm 厚的较薄薄板，0.025 ~ 0.05mm 厚的极薄薄板，最薄达 0.001mm 的钢板都需要用冷轧的方法来完成。虽然约占 50% 以上 1mm 的冷轧带钢可以通过热轧的连铸连轧来生产，但我国用薄规格热轧板替代冷轧板的工作刚刚开始，还需要一个过程。从厚度精度上看，现代冷连轧板厚精度高达  $\pm 5\mu\text{m}$ ，比热轧厚度精度高 10 倍。从板形方面看，冷轧板特别是现代化的宽带钢冷轧机轧制的带钢，其平直度能控制在 5 ~ 20I (1I 单位 =  $10^{-5}$  相对长度差) 以内。从表面质量看，冷轧板按表面粗糙度分为三种：一种是无光泽的钢板，其表面粗糙度为 3 ~ 10 $\mu\text{m}$ ，一般适用于作冲压部件，并且当需涂喷油漆时，这种钢板附着性较强；第二种是光亮板，其表面粗糙度小于 0.2 $\mu\text{m}$ ，这种钢板主要作为装饰镀铬用原板等；第三种是压印花纹钢板，采用表面具有 70 ~ 120 $\mu\text{m}$  凹凸的平整辊平整钢板，这种钢板用于仪表壳及家具装饰等。从性能看，应用于汽车等行业的冷轧板具有强度高、塑性好、重量轻和良好深冲性能等特点，为此开发了双向钢、TRIP 变形诱导塑性钢、TWIP 孪晶诱导塑性钢；应用于机电工业的硅钢冷轧板等具有重量轻、低能耗等特点；应用于家电、食品、建筑装饰等行业的不锈钢板、镀层和涂层钢板具有耐腐蚀和美观大方等特点。

冷轧薄钢板生产工艺流程各有特点，发展迅速。我国 2002 年之后新建的冷轧板带生产线大多为酸洗-冷轧联合机组、冷轧-连续退火联合机组和单机架或双机架可逆冷轧机。冷轧联合机组生产效率高，轧制速度快，当产品品种较单一或者变动不大时，最能发挥其优越性。冷轧联合机组由于自动化程度高，实现了板厚和板形的在线检测和控制，例如：CVC、HC、UC、VC 等板形控制机型的采用，使得冷轧薄板的厚度精度更高、板形更好。随着全新的集电解清洗、退火、平整、卷取为一体的带钢热处理新技术的广泛使用，连续退火炉具备了处理低碳钢以外其他钢种的能力，如高强钢、烘烤硬化钢、双向钢、TRIP 钢、电工钢、镀锡板等，为开发新品种和高性能的钢材创造了条件。2004 年之后，我国新建了数十条单机架或双机架可逆冷轧机，从长远看，根据国外冷轧机发展的经验，当冷轧板带产量基本满足要求时，建设单（双）机架可逆式轧机，适应市场对冷轧板小批量、多品种的需求显得尤为重要。

### 思考题

- 1-1-1 冷轧带钢生产的基本任务是什么？
- 1-1-2 冷轧带钢生产的工艺特点有哪些？
- 1-1-3 什么是成材率，冷轧板带金属损失有哪些？



## 2 冷轧带钢生产机组及产品简介

### 2.1 冷轧带钢生产方案简介

#### 2.1.1 生产方案

冷轧生产方法是不断发展进步的,从最初的单张生产方法、半成卷生产方法开始,到20世纪50年代的成卷生产方法,其生产效率、产量、板形、产品质量和产品性能都有大幅度的提高,同时工人的劳动强度、生产能耗大大降低了。发展至今单张生产和半成卷生产方法由于工艺比较落后,已被逐渐淘汰。成卷生产方案按轧机布置形式划分成单机架、双机架和多机架布置,以适应不同品种及质量产品的生产需求。多机架布置中大多由4~5架轧机组成连轧机组,按冷轧带钢生产工序及联合的特点,将多机架的连续轧机分成三类,即单一全连续轧机、联合式全连续轧机及全联合式全连续轧机。选择何种轧制方式,可视生产的产品种类和规模的大小而定。生产方案划分如下:

(1) 单机架可逆式:二辊式、四辊式、六辊式、十二辊式、二十辊式(森吉米尔);

(2) 双机架可逆式:四辊式、六辊式;

(3) 多机架连轧机组,分成:

1) 单一全连续轧机机组:常规连轧机机组、全连续轧机机组;

2) 联合式全连续轧机机组:酸洗—冷轧联合式全连续轧机机组、冷轧—退火联合式全连续轧机机组;

3) 全联合式全连续轧机机组:酸洗—冷轧—退火全联合式全连续轧机机组。

##### 2.1.1.1 单机架可逆式冷轧机组

###### A 轧机形式

作为机列配置,最简单的要数单机架。单机架按辊系结构又可分为二辊式、四辊式、六辊式等多辊式冷轧机,如图1-2-1所示。

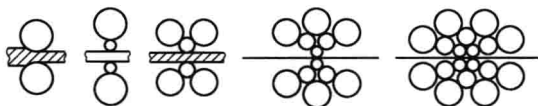


图 1-2-1 单机架辊系结构图

二辊式冷轧机是早期出现的最简单结构形式的冷轧机。二辊式轧机辊径大,咬入性能好,轧制过程稳定,但轧机刚度较小,轧制产品厚度大、精度差,难以保证高质量的轧制。因此目前这种轧机只用于轧制较厚的带钢或作平整机用。

对于二辊轧机而言,为了能够轧制更薄的带钢必须减小轧辊直径。这是因为只有减小轧辊直径,才能使轧制力和力矩降低,轧辊弹性压扁减小,就可以承受轧薄时更大的轧制力,增加道次压下量。但是,小直径轧辊在轧制力和张力作用下,又缺乏足够的强度和刚