

冷轧薄钢板生产

傅作宝 主编



冶金工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

冷轧薄钢板生产/傅作宝主编.-北京:冶金工业出版社,1996

ISBN 7-5024-1826-1

I. 冷… I. 傅… III. 冷轧-薄板轧制 IV. TG335.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 01367 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

科森达印务有限公司印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

北京市汇宇达公司激光照排

1996 年 4 月第 1 版, 1996 年 4 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 18.375 印张; 494 千字; 583 页; 1-3100 册

29.80 元

前 言

我国冷轧薄钢板生产已有 30 多年的历史,1960 年投产了 1700 可逆式冷轧机,70~80 年代又先后投产了数套冷连轧机。

为了促进我国冷轧薄钢板生产技术的发展,编写一本能反映国内冷轧薄钢板生产状况并介绍国外冷轧新技术的专著是很有必要的。因此,按照全面系统的原则,我们编写了《冷轧薄钢板生产》一书,供从事冷轧生产、科研、设计的技术人员参考。

参加本书编写的有傅作宝(第 1、4 章)、李有然(第 2 章)、严光中(第 3、5 章)、刘兴久(第 4 章)、唐广仁(第 6 章),全书由傅作宝进行修改和统校。由于编者水平有限,不当之处敬希读者指正。

编 者

1995 年 8 月 28 日

目 录

1 绪论	(1)
1.1 冷轧薄钢板生产的发展历史	(1)
1.2 冷轧薄钢板生产工艺流程及其进步	(4)
1.3 冷轧钢板(带)有关标准	(10)
1.4 保证冷轧薄钢板产品质量的两个基础问题	(21)
1.5 冷轧薄钢板生产技术的进步	(34)
2 酸洗	(44)
2.1 连续式酸洗机组的概述	(44)
2.2 带钢表面氧化铁皮	(51)
2.3 酸洗原理与影响酸洗的因素	(60)
2.4 现代连续式酸洗机组的工艺与设备	(82)
2.5 硫酸废液的回收	(118)
2.6 盐酸废液的回收	(129)
3 冷轧	(153)
3.1 冷轧机的发展	(153)
3.2 冷轧设备	(170)
3.3 可逆式冷轧机的生产工艺	(194)
3.4 全连续冷轧机的生产工艺与计算机控制	(231)
3.5 冷轧带钢的质量控制	(277)
4 热处理	(287)
4.1 钢的冷塑性变形与冷轧钢板(带)的再结晶退火	(287)
4.2 氮氢型保护气体单垛式紧卷罩式退火炉的设备与工艺	(299)
4.3 全氢型保护气体单垛式紧卷罩式退火炉的设备与工艺	(368)
4.4 单垛式罩式退火炉的计算机控制	(398)
4.5 连续退火机组的生产工艺	(402)
4.6 各种退火炉的工艺技术比较	(425)
5 精整	(434)
5.1 冷轧带钢的平整	(434)
5.2 冷轧带钢的横剪	(449)

5.3 冷轧带钢的纵剪重卷..... (458)

5.4 冷轧带钢的包装..... (466)

6 镀涂层钢板的生产 (472)

6.1 连续热镀锌钢板的生产..... (472)

6.2 连续电镀锌钢板的生产..... (495)

6.3 连续镀锡钢板的生产..... (53.)

6.4 连续有机涂层钢板的生产..... (555)

6.5 镀铝钢板的生产..... (574)

参考文献..... 582

1 绪 论

1.1 冷轧薄钢板生产的发展历史

钢的冷轧是在 19 世纪中叶始于德国,当时只能生产宽度 20~25mm 的冷轧钢带。美国 1859 年建立了 25mm 冷轧机,1887 年生产出宽度为 150mm 的低碳钢带。1880 年以后冷轧钢带生产在美国、德国发展很快,产品宽度不断扩大,并逐步建立了附属设备,如剪切、矫直,平整和热处理设备等,产品质量也有了提高。

宽的冷轧薄板(钢带)是在热轧成卷带钢的基础上发展起来的。首先是美国早在 1920 年第一次成功地轧制出宽带钢,并很快由单机不可逆轧制而跨入单机可逆式轧制。1926 年阿姆柯公司巴特勒工厂建成四机架冷连轧机。

原苏联开始冷轧生产是在 30 年代中期,第一个冷轧车间建在伊里奇冶金工厂,是四辊式,用单张的热轧板作原料。1938 年在查波罗什工厂开始安装从国外引进的三机架 1680mm 冷连轧机及 1680mm 可逆式冷轧机,生产厚度为 0.5~2.5mm,宽度为 1500mm 的钢板。以后为了满足汽车工业的需要,该厂又建立了一台 2180mm 可逆式冷轧机。1951 年原苏联建设了一套 2030mm 全连续式五机架冷连轧机,年产 250 万 t,安装在新利佩茨克。

日本 1938 年在东洋钢板松下工厂安装了第一台可逆式冷轧机,开始冷轧薄板的生产。1940 年在新日铁广畑厂建立了第一套四机架 1420mm 冷连轧机。

我国冷轧宽带钢的生产开始于 1960 年,首先建立了 1700mm 单机可逆式冷轧机,以后陆续投产了 1200mm 单机可逆式冷轧机, MKW1400mm 偏八辊轧机、1150mm 二十辊冷轧机和 1250mmHC 单机可逆式冷轧机等,70 年代投产了我国第一套 1700mm 连续式五机架冷轧机,1988 年建成了 2030mm 五机架全

连续冷轧机。现在我国投入生产的宽带钢轧机有 18 套,窄带钢轧机有 418 套。在这 30 多年中,我国冷轧薄板生产能力增加了 20 多倍,生产装备技术水平已由只能生产低碳薄板而发展到能生产高碳钢、合金钢、高合金钢、不锈钢耐热冷轧薄板、镀锌板、涂层钢板、塑料复合薄板和硅钢片等。但随着四化建设的发展,无论在数量和品种质量上都远远满足不了四化建设发展的需要,为此我们必须增建新轧机,改造现有冷轧机,大力发展冷轧生产。

从世界上看:日本 1960 年冷轧板产量 100 万 t,而 30 年后的今天生产能力已达 2000 多万 t,增加了 20 倍。原西德 1950 年年产冷轧板 16.3 万 t,而 1974 年达 821.3 万 t,增加了 50 多倍。

冷轧薄板发展如此迅速的主要原因是:

(1) 钢材在热轧过程中的温降和温度分布不均给生产带来了难题,特别是在轧制厚度小而长度大的薄板带产品时,冷却上的差异引起的轧件首尾温差往往使产品尺寸超出公差范围,性能出现显著差异。当厚度小于一定限度时,轧件在轧制过程中温降剧烈,以致根本不可能在轧制周期之内保持热轧所需的温度。

因此,从规格方面考虑,事实上存在着一个热轧厚度下限。70 年代初期,日、法、意、原西德等国曾致力于用热连轧精轧机组增加 8、9 机架来生产 1mm 式 0.8mm 的薄带。但实践证明,从产品质量和设备重量来说这是不可行的。现代热连轧机,目前设计可能轧出最小厚度为 1.2mm,但实际生产中很少生产 1.8mm 或 1.5mm 以下的热轧板卷。而冷轧则不存在热轧温降与温度不均匀的弊病,可以得到厚度更薄、精度更高的冷轧带钢和冷轧薄板。现代冷连轧宽带轧机和双机架二次冷轧可生产厚度为 0.10~0.17mm 的冷轧薄板,作为镀锡原板,即使不经二次冷轧也可生产 0.2~3.5mm 厚的冷轧薄板。现代可逆式冷轧机可生产 0.15~3.5mm 厚的冷轧板。多辊冷轧机或窄带钢冷轧机则可生产最薄达 0.001mm 的产品。一般 0.15~0.38mm 厚的板带为一般薄板,0.07~0.25mm 厚的为较薄薄板,0.025~0.05mm 厚的板带为极薄薄板,这些产品用热轧方法是不可能生产的。从厚度精度上看,现代热连轧厚度

精度通常为 $\pm 50\mu\text{m}$,而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,热轧板带平直度为 50I(1I 单位 $=10^{-5}$ 相对长度差),而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 以内。

(2)目前热轧工艺技术水平尚不能使钢板表面在热轧过程中不被氧化,也不能完全避免由氧化铁皮造成的表面质量不良。因此热轧不适于生产表面光洁程度要求较高的板带钢产品。热轧板表面粗糙度热轧状态为 $20\mu\text{m}$,酸洗后为 $25\mu\text{m}$ 。而冷轧板表面清洁光亮,并可根据不同用途制造不同表面粗糙度的钢板。冷轧板按表面粗糙度分为 3 种:一种是无光泽的钢板,其表面粗糙度为 $3\sim 10\mu\text{m}$,一般适用于作冲压部件,并且当需涂喷刷漆时这种钢板附着性较强;第二种是光亮板,其表面粗糙度大于 $0.2\mu\text{m}$,这种钢板主要作为装饰镀铬用厚板等;第三种是压印花纹钢板,采用表面具有 $70\sim 120\mu\text{m}$ 凸凹的平整辊平整钢板,这种钢板由于仪表壳及家具装饰等。这样的表面质量热轧是无法满足的。

(3)性能好、品种多、用途广。冷轧钢板的另一突出优点是性能好、品种多、用途广。通过一定的冷轧变形程度与冷轧后的热处理恰当的配合,可以在比较宽的范围内满足用户的要求。如汽车用薄板几乎全部须经冲压成型,这样深冲性能就成为薄板生产和使用的核心问题。冲压用钢的主要要求之一是具有占优势的有利织构 $\{111\}/(100)$ 。热轧薄板的塑性应变比 \bar{R} 仅可达到 $0.8\sim 0.95$,而冷轧第一代沸腾钢汽车板 \bar{R} 为 $1.0\sim 1.2$,第二代 08Al 钢 \bar{R} 为 $1.4\sim 1.8$,而第三代冷轧汽车板 \bar{R} 为 $1.8\sim 2.8$,这是热轧无法达到的。

硅钢是机电工业的重要材料之一,主要用户是电机制造业和输变电设备制造业。能源价格上涨、能源危机,必然要求使用低能耗材料,所以 60 年代就开始淘汰能耗高的热轧硅钢片,代之以冷轧硅钢片。用 10 万 t 冷轧无取向硅钢制作电机比用 10 万 t 热轧硅钢制作电机,实测节能 1.98 亿 kWh/a,电机运转 10 年就相当节约一个 20 万 kW 的发电厂全年的发电量。而且用冷轧硅钢片生产

36 万 kVA 变压器其总重量是 204t, 而用热轧硅钢片制造一台 12 万 kVA 变压器, 其重量即为 200t。因此, 用冷轧硅钢片代替热轧硅钢片具有重大的经济价值。冷轧还可以生产不锈钢板, 用于家具与建筑装饰、化工工业等。近年来表面处理钢板有很大发展。以冷轧板为基板的各种涂层钢板品种繁多, 用途极为广泛。

由于上述原因, 冷轧薄板的生产得到迅速发展。从产量上看, 一般冷轧板产量约占轧材总产量的 20% 左右。工艺技术装备不断革新。早期的冷轧板轧制速度不到 1m/s, 而今已达 41.6m/s。钢板的宽度 1905 年是 406mm, 1925 年是 914mm, 而今最宽可达 2337mm。钢卷重量也从几吨发展到 60t。一座现代化的冷轧厂年产量可以达到 250 万 t。

1.2 冷轧薄钢板生产工艺流程及其进步

冷轧板带钢的产品品种很多, 生产工艺流程亦各有特点。具有代表性的冷轧板带钢产品是金属镀层薄板(包括镀锡板、镀锌板等)、深冲钢板(以汽车板为最多)、电工硅钢板, 不锈钢板和涂层(或复合)钢板。成品供应状态有板或卷或纵剪带形式, 这要取决于用户要求。各种冷轧产品生产流程如图 1-1 所示。

图 1-2 是冷轧车间的平面布置一例。冷轧生产方法是不断发展进步的。几种生产方法的演变和发展过程如图 1-3~1-7 所示。

第一种生产方法见图 1-3, 是单张生产方法, 从原料到成品生产的全过程是以单张方式进行的。这种生产方法, 产量低、质量差、成材率低, 只能轧制较厚规格的薄板, 但建设投资较低。

第二种是半成卷生产方法, 见图 1-4。这种方法产量较高, 但轧后的工艺比较落后。

目前, 第一、第二种生产方法国内外都有, 但它们是逐渐淘汰的生产方法。

第三种是成卷生产方法, 如图 1-5 所示, 是比较常用的属于 50 年代的生产方法。

第四种是现代冷轧生产方法, 如图 1-6 所示, 是 60 年代出现

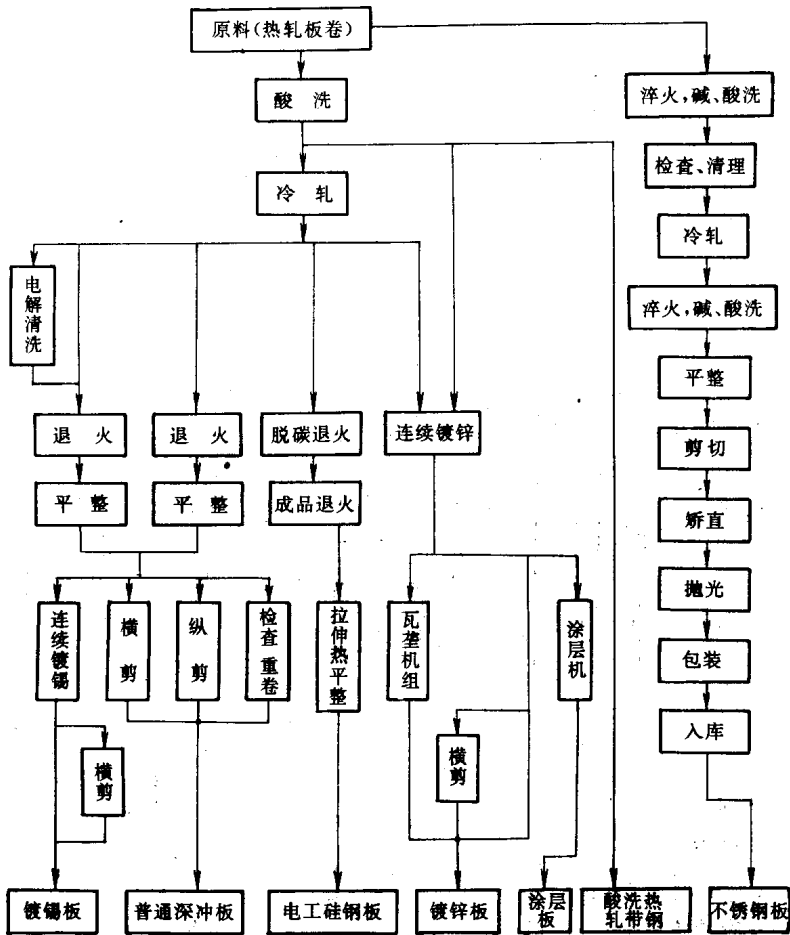


图 1-1 各种冷轧产品生产流程

的一种生产方法。冷轧机上装设有两台拆卷机、两台轧后张力卷取和自动穿带装置,并采用了快速换辊、液压压下、弯辊装置、计算机自动控制等新技术。

第五种是完全连续式冷轧生产方法。目前关于全连续轧机的

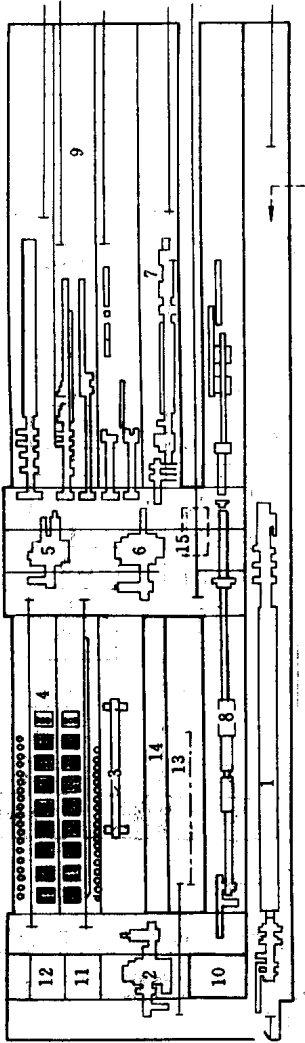


图 1-2 冷轧车间平面布置图

- 1—连续酸洗机组；2—五机架冷连轧机；3—电解清洗机组；4—退火工段；5—单机式平整机；
- 6—双机平整机；7—连续电镀锡机组；8—连续镀锌机组；9—剪切跨；10—油站；
- 11—计算机房；12—轧钢主电室；13—轧辊工段；14—机修、电修、液修；15—检验室

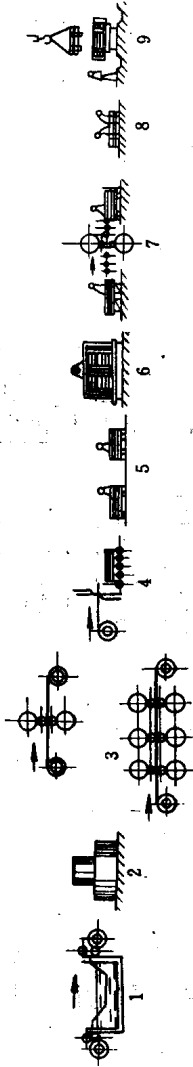


图 1-3 单张生产方法

- 1—单张原板酸洗槽；2—洗后待轧板料；3—四辊冷轧机；4—轧制状态钢板；5—剪切；
- 6—分类；7—罩式电炉退火；8—平整；9—包装；10—交库

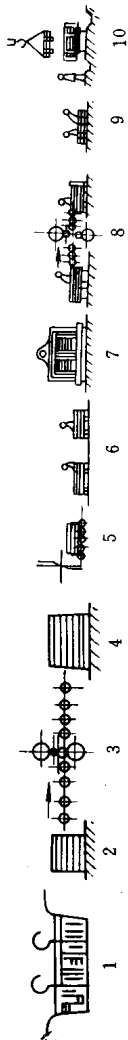


图 1-4 半成卷生产方法

1—酸洗；2—洗后待轧板卷；3—单机可逆式或三机架连轧；4—剪切；5—分类；
6—电炉退火；7—平整；8—包装；9—交库

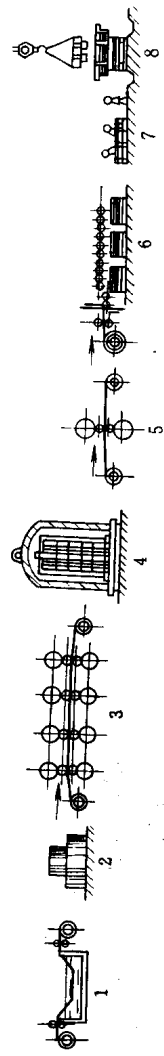


图 1-5 成卷生产方法

1—酸洗；2—酸洗板卷；3—连轧机或可逆式单机；4—罩式煤气退火或连续退火炉；
5—平整机；6—横切分类；6'—成卷包装；7—包装；8—交库

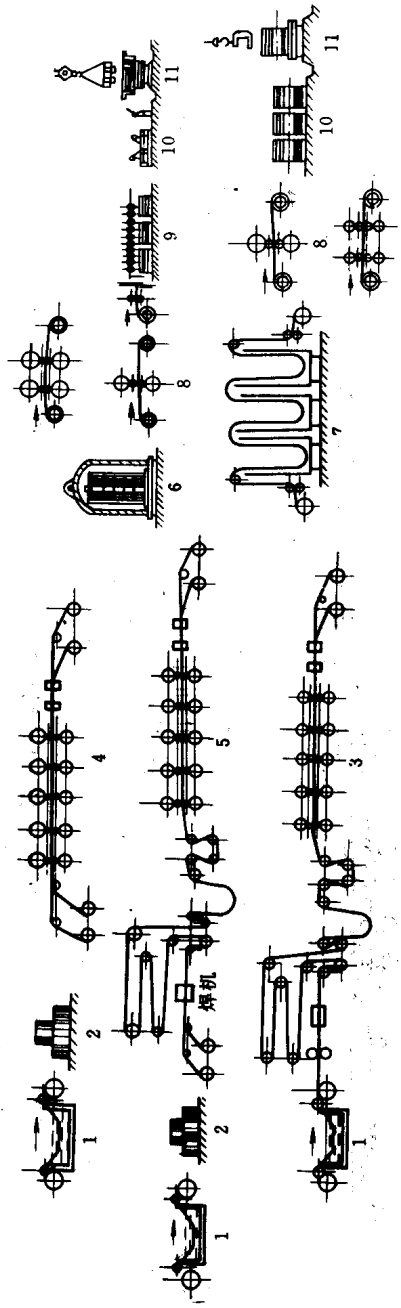


图 1-6 现代冷轧生产方法

- 1—酸洗；2—酸洗板卷；3—酸洗轧制联合机组；4—双卷双拆冷连轧机，5—全连续冷轧机；
- 6—罩式退火炉；7—连续退火炉，8—平整机；9—自动分选横切机组；10—包装；11—交库

名称有各种说法。为便于统一,我们按冷轧带钢生产工序及联合的特点,将全连续轧机分成3类:

第一类是单一全连续轧机,就是在常规的冷连轧机的前面,设置焊接机、活套等机电设备,使冷轧带钢不间断地轧制。这种单一轧制工序的连续化称为单一全连续轧制,世界上最早实现这种生产的厂家是日本钢管福山钢厂,于1971年6月投产。目前属于单一全连续轧制的生产线世界上共有14套。川崎千叶钢厂的四机架冷连轧,改造成单一全连续轧机,1988年投产,显出以下突出效果:

	改造前	改造后
带钢不合格长度 m	30	2
操作人员,人/班	6	3
小时产量,t/h	215	236
操作利用系数,%	84	91
月产量,t/月	120000	134000

第二类是联合式全连续轧机。将单一全连轧机再与其他生产工序的机组联合,称为联合式全连轧机。若单一全连轧机与后面的连续退火机组联合,即为退火联合式全连轧机;全连轧机与前面的酸洗机组联合,即为酸洗联合式全连轧机。联合式全连轧机世界上共有16套,这种轧机最早是在1982年新日铁广畑厂投产的。目前世界上酸洗联合式全连轧机较多,发展较快,是全连轧的一个发展方向。

第三类是全联合式全连续轧机,是最新的冷轧生产工艺流程。单一全连轧机与前面酸洗机组和后面连续退火机组(包括清洗、退火、冷却、平整、检查工序)全部联合起来,即为全联合式全连轧机,见图1-7。全世界已有两套这种轧机,最早的是新日铁广畑厂于1986年新建投产,第二条线是美日于1989年合建的。全联合式全连轧机是冷轧带钢生产划时代的技术进步,它标志着冷轧板带设计、研究、生产、控制及计算机技术已进入一个新的时代。为使整个机组能够同步顺利生产,采用了先进的自动控制系统,投产后均一直正常生产,板厚精度控制在 $\pm 1\%$ 以内。过去冷轧板带从投料到

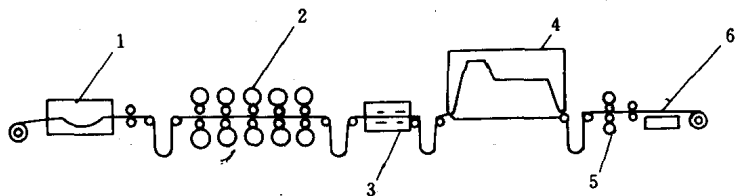


图 1-7 全联合式全连续轧制

1—酸洗机组；2—冷连轧机；3—清洗机组；4—连续式退火炉；
5—平整机；6—表面检查横切分卷机组

产出成品需 12d，而采用全联合式全连轧机只要 20min。

1.3 冷轧钢板(带)有关标准

1.3.1 标准分类

根据我国现行的标准管理办法规定，标准按标准颁布单位和使用范围划分为 3 类：

(1)国家标准：指对全国经济、技术发展有重大意义的技术标准。国家标准是由国务院或主管国家标准的领导机关批准颁发的，其代号为“GB”。

(2)部标准(专业标准)：指国家标准中暂时未包括的产品标准和其他技术规定或只适用于本专业范围内的技术标准，部标准是由中央各部批准颁布的。冶金工业部标准代号为“YB”。

(3)企业标准：凡是没发布国家标准和部标准的产品，都应制定企业标准。企业标准根据实际情况(有省标、市标、企标等)由各主管部门颁布。

1.3.2 标准分类的新发展

为了提高产品质量，引进国外先进技术，近年来我国标准分类有了新的发展和突破。

1.3.2.1 内控标准

企业为使产品符合交货技术要求,进行组织生产而制定的标准一般称之为内控标准。这种标准中规定的技术指标严于国家标准或者部标准。

例如:CAK11—89∞DIN 优质碳素钢冷轧薄钢板技术条件。
其中:

C —— 采用国外标准;

A —— 鞍山钢铁公司;

K —— 内控;

11 —— 标准编号;

89 —— 颁布年份;

∞ —— 参照采用代号;

DIN —— 参照对比德国国家标准代号。

1.3.2.2 推荐标准

这种标准是冶金工业部根据国务院指示,按照产品实物质量,实行优质优价政策后制定的一批技术标准,所以标准代号为“YB(T)”。标准由冶金工业部批准,指定某单位执行。

1.3.2.3 国际标准和国外先进标准

在技术领域里各国组成了一个国际标准化组织,这个组织制定的标准称为国际标准,代号为“ISO”。

国外先进标准是指国外先进国家执行的标准。如:

日本:代号 JIS;

美国:代号 ASTM;

德国:代号 DIN;

英国:代号 BS;

法国:代号 NF;

原苏联:代号 ГОСТ。

我国开展采用国际标准和国外先进标准工作后,将现行的国际(GB)、部标(YB)、推标(YB(T))、企标对照国际标准(ISO)和国外先进国家(6个国家)的标准进行了比较。综合技术性能指标达

到国外最高水平的标准,认定为达到国际先进水平,其标准水平符号为“Y”。没有达到国外最高水平,处于中间程度的标准,认定为国际一般水平,其标准水平符号为“I”。低于“ISO”和6个国家标准水平的标准定为国家合格品水平,符号为“H”。

双标是指现行技术标准采用国际标准和国外先进标准,通称叫双标。采标是企业通常用的习惯叫法。

1.3.3 我国冷轧厂常用标准

1.3.3.1 基础标准、产品标准和协议技术条件

基础标准是在一定范围内作为其他标准的基础并普遍使用,具有广泛指导意义的标准。冷轧各厂目前现行5个基础标准,其标准号为GB708—88、GB699—88、GB700—88、GB247—88、GB222—84。

产品标准是为了保证产品的适用性,对产品必须达到的某些或全部要求所制定的标准。其范围包括:品种、规格、技术性能、试验方法、检验规则、包装、贮存、运输等。各冷轧厂目前主要执行的产品标准为:GB5213—85、GB11253—89、YB(T)62—87、YB(T)61—87、Q/ASB88—92、Q/ASB78—92、Q/ASB89—92、YB537—65、GB8164—87。而宝山钢铁总厂冷轧厂是我国最大、最新的冷轧厂,它所执行的是宝钢企业标准,多数等效采用和参照采用德国标准(DIN),或参照采用日本标准(JISG),主要有:BQB401—88、BQB402—88、BQB403—88、BQB410—88、BQB420—88、BQB430—88、BQB440—88等。产品标准又叫产品技术条件。

协议技术条件是由供需双方协商后拟定的产品标准,如:鞍协83—3、鞍协81—4、鞍铁协88—9、宝钢BZJ440—88等。

1.3.3.2 我国冷轧产品的规格尺寸、外形及表面质量

我国冷轧产品的规格尺寸及使用标准见表1-1。