

国外冷弯型钢

林 时 宪 编译

内 容 提 要

本书是在广泛收集国外有关冷弯型钢的产品样本、产品标准、技术交流资料、学术会议论文、期刊、手册和图书的基础上,以编写、编译、摘译和全译的方式编成的。

本书内容包括冷弯型钢的特点,坯料材质,坯料尺寸公差,成品冷弯型钢质量评定,成型过程金属的应力应变和力能参数,成型机组的型式和设备组成,辊式冷弯成型工艺,成型辊的材质、结构和制造工艺,成型辊孔型设计,冷弯型钢的应用和经济效益等。

本书由林时宪同志编译,姜复生工程师编写了绪论中的第四节国外标准部分。全书经严子平工程师总审校,姜复生工程师参加绪论、第一章、第三章至第十二章的审校工作,凌子健同志参加第三章、第四章、第十一章第四节、第十二章和第十三章的校对工作。

本书可供从事冷弯型钢生产、设计、研究和设备制造等部门的工程技术人员参考,也可供高等学校压力加工专业的师生参考。

国外冷弯型钢

林 时 宪 编 译

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 12.5/8 字数 333 千字

1984年4月第一版 1984年4月第一次印刷

印数00,001~3,000册

统一书号: 15062·3994 定价1.60元

目 录

绪论	1
第一章 冷弯型钢的特点	18
第一节 冷弯型钢的坯料和材质	18
第二节 冷弯型钢坯料的尺寸公差	33
第三节 冷弯型钢的分类	36
第四节 冷弯型钢的优点	42
第五节 成品冷弯型钢质量的评定	43
第二章 参数计算	45
第三章 成型时金属的应力和应变	66
第一节 成型时带材的变形	66
第二节 弯曲处金属的应力和应变	68
第三节 弯曲部分金属的应力和应变	90
第四节 成型时允许的最小弯曲半径	97
第四章 成型过程的力能参数	99
第一节 断面各部分的分类	99
第二节 平缓过渡段长度的确定	100
第三节 临界弯曲角的确定	102
第四节 成型辊表面单位长度上的压力分布	104
第五节 成型时金属作用于成型辊上的单位压力	107
第六节 金属作用于成型辊上的总压力及成型时的扭矩	136
第五章 辊式冷弯成型机组的型式	144
第一节 辊式冷弯成型机组的分类及设备组成	144
第二节 国外辊式冷弯成型机组的型式及主要技术规格	152
第六章 美国和日本成型机组	163
第一节 美国钢铁公司波纹板成型机组	163
第二节 日本辊式冷弯成型机组	167
第七章 苏联典型辊式冷弯成型机组	179
第一节 $2\sim 8\times 100\sim 600$ 辊式成型机组	185

第二节	1~4×400~1500辊式成型机组	188
第三节	2~7×80~500辊式成型机组	194
第四节	1~4×50~300辊式成型机组	201
第八章	辊式冷弯成型机组的机械设备	209
第一节	纵剪机组	209
第二节	装料设备	213
第三节	开卷机构	215
第四节	带钢矫直机	221
第五节	带钢对焊机	221
第六节	活套装置	223
第七节	涂油机	224
第八节	辊式冷弯成型机	225
第九节	成品飞剪	229
第九章	辊式冷弯成型工艺	242
第一节	辊式冷弯成型工艺与其他加工工艺的比较	243
第二节	单件辊式冷弯成型工艺	245
第三节	成卷和连续冷弯成型工艺	246
第四节	联合加工工艺	248
第五节	成型制度的确定	249
第六节	辊式冷弯成型的工艺润滑	254
第七节	冷弯型钢的缺陷及消除方法	260
第十章	成型辊	272
第一节	影响成型辊的各因素	272
第二节	成型辊的材质	273
第三节	成型辊的结构	275
第四节	成型辊的制造工艺	279
第五节	成型辊的磨损和修复	281
第十一章	成型辊孔型设计基础	285
第一节	孔型设计基础	285
第二节	成型辊孔型设计系统的分类	288
第三节	成型辊孔型设计的变形原则	291
第四节	成型工件断面在成型辊中的配置	292
第五节	坯料宽度的计算方法	293

第十二章	成型辊孔型计算方法	299
第一节	角钢和槽钢成型辊孔型计算方法	299
第二节	不对称型钢和Z形钢成型辊孔型计算方法	308
第三节	外卷边槽钢成型辊孔型计算方法	316
第四节	方形和矩形管成型辊孔型计算方法	319
第五节	波纹板成型辊孔型计算方法	331
第十三章	冷弯型钢的应用	344
第一节	运输机械制造业中的冷弯型钢	345
第二节	汽车制造业中的冷弯型钢	354
第三节	农机和拖拉机制造业中的冷弯型钢	367
第四节	机械制造业中的冷弯型钢	376
第五节	造船工业中的冷弯型钢	379
第六节	电器工业中的冷弯型钢	380
第七节	建筑业中的冷弯型钢	382
第八节	其他部门所用的冷弯型钢	386
第十四章	冷弯型钢生产的技术经济指标和应用的技术 经济效果	389
第一节	冷弯型钢生产的技术经济指标	389
第二节	冷弯型钢应用的技术经济效果	391
参考文献		396

绪 论

一、冷弯型钢生产的发展简史

冷弯型钢是一种经济断面型钢。传统的加工方法是以热轧或冷轧钢板或带钢做原料，在常温下经拉拔、压力成型或辊式弯曲成型制成各种断面形状的型钢。近几年来随着冷弯型钢生产的发展，国外分别采用高频电流或红外线来预热高强度钢板和塑料涂层钢板然后进行弯曲成型。这类产品与传统的产品不同，已不是在常温下冷弯成型，而是加热弯曲成型。由于热弯型钢的品种和产量少，国外仍将它归入冷弯型钢一类。

国外冷弯型钢生产的历史已有一百多年，大致分为三个阶段。第一个阶段（1838~1909年）是探索和试制阶段。这一阶段仅俄国、美国和英国等少数几个国家采用冷拔机或弯曲压力机单件生产冷弯型钢，产品质量低，产量和品种少，生产设备分散在一些建筑工业和车辆制造业的附属工厂内，产品仅满足本部门的需要。冷弯型钢的成型理论和生产的研究工作进展缓慢。随着工业和建筑业的迅速发展，压力成型工艺生产的冷弯型钢已不能满足用户的要求。第二个阶段（1910~1959年）是创立和逐步推广辊式冷弯成型工艺的阶段。1910年美国首先创造了辊式冷弯成型工艺，并建立第一套专业化辊式冷弯成型机组，开始生产商品冷弯型钢，使冷弯型钢的生产发展到一个新阶段。随后英国（1925年）、德国（1925年）、法国（1925年）、捷克斯洛伐克（1926年）等国相继建成专业化生产的辊式冷弯成型机组，使辊式冷弯成型工艺在欧洲得到逐步推广和应用。但是，由于冷热轧薄板和带钢的生产落后，不能满足冷弯型钢生产的需要，加之这一时期对冷弯型钢的特点和技术经济效果的研究和宣传不够，许多用户缺乏这方面的认识，冷弯型钢未能得到推广使用，所以严重影响了冷弯型钢生产的进一步发展。第三个阶段（1960年到现在）是冷弯

型钢生产迅速发展的阶段。1960年以后，特别是1965年以来，国外大量建设了宽带钢冷热轧机，使各主要产钢国的钢材品种发生重大变化，带钢和薄板的比重显著增大。这就为冷弯型钢的生产开辟了原料来源。二十年来通过实际应用，冷弯型钢的技术经济效益逐渐为人们所认识，引起各方面的重视，使冷弯型钢得到推广使用，促进其生产的发展。现在，所有工业发达国家和许多发展中国家都生产冷弯型钢，特别是日本、苏联、法国、西德、捷克斯洛伐克、南斯拉夫、美国、英国、波兰和罗马尼亚等国十分重视冷弯型钢的生产和应用。

回顾国外冷弯型钢生产的发展历史可以看出，冷弯型钢都是首先在机械制造部门及建筑部门开始生产，产品只供本厂或本行业的需要，规格和品种较少，产量低，生产设备的机械化和自动化程度较低，然后在此基础上根据原料带材的供应及用户的需要情况，在冶金工厂或专业加工厂建设辊式冷弯成型机组，生产商品冷弯型钢，品种规格多，产量高，设备的机械化和自动化程度较高。

二、国外冷弯型钢生产的现状

目前全世界冷弯型钢的品种规格已发展到一万多个，其中中小型冷弯型钢占多数，坯料厚度 <6 毫米，宽度 <400 毫米，长度 ≤ 12 米。关于冷弯型钢的产量，由于国外冷弯型钢的生产分散在各行业且各国的统计方法不同，英美以型钢长度计算产量，日苏等国则以重量单位计算，所以很难统计精确。根据国外统计资料估算，目前全世界冷弯型钢的产量约800万吨/年。

美国自1910年建成第一套辊式冷弯成型机组以来，1966年冷弯型钢的生产就已达到较高水平，年产量为330万吨，占当年钢材产量的3.6%。现在美国有160多家公司生产冷弯型钢，年产量300多万吨，占钢材产量的4%左右，计划在最近5~10年内使产量增加一倍以上^[21]。

日本于本世纪二十年代在机械制造业和建筑业开始小批量生产冷弯型钢，生产设备和生产工艺落后，直到五十年代后期才建

立专业化辊式冷弯成型机组，开始生产商品冷弯型钢。随着日本工业的迅速发展，冷弯型钢生产发展较快。1960~1980年的二十一年中，日本冷弯型钢的生产经历了几起几落的发展过程，前十年中除1962年和1965年这两年的产量下降外，其余8年的产量都增长较快，1969年的产量比1960年增长5.38倍，达到141万吨，跃居世界第二位，仅次于美国。1973年的产量创历史最高水平，达到173.6万吨，此后7年的产量又有起伏，但产品品种和质量却有较大的提高，1980年的产量为150万吨左右，在资本主义国家中，日本冷弯型钢的产量、应用范围、生产工艺和生产设备的装备水平仅次于美国^[21]。表0-1列出1960~1977年日本冷弯型钢产量的统计数据。

表 0-1 1960~1977年日本冷弯型钢的产量

年 度	冷弯型钢产量 (吨)	同前一年比 较的增减率 (%)	年 度	冷弯型钢产量 (吨)	同前一年比 较的增减率 (%)
1960	221042		1969	1409645	+32.7
1961	449338	+103.3	1970	1290032	-8.5
1962	343906	-23.5	1971	1175072	-9.0
1963	565795	+64.5	1972	1550807	+32.0
1964	642975	+13.6	1973	1732963	+11.7
1965	610904	-5.0	1974	1109032	-36.0
1966	913424	+49.5	1975	1080946	-2.5
1967	971577	+6.4	1976	1133503	+4.9
1968	1061960	+9.3	1977	1036670	-8.5

苏联早期冷弯型钢的生产分散在冶金工厂以外的企业，产量少，质量低，仅满足各企业本身的需要。自1959年在查波罗什钢铁厂建成苏联第一套辊式冷弯成型机组以来，冷弯型钢的生产稳步发展，1960~1970年平均每年增长10%，1971~1975年为22%，1976~1978年为70%。冶金系统1980年产量比1960年增加26倍，达到200万吨，占钢材产量的2%。1980年其他部门冷弯型钢产量约60万吨，全苏总产量260万吨。苏联远景规划要求冷弯型钢产量占钢材产量的5%^[21]。就品种而言，1979年冶金系统生

产了1038个品种，其中108种角钢、273种槽钢、51种外卷边槽钢、38种Z型钢、35种C形钢、13种非焊接闭口型钢、4种焊接闭口型钢、352种专用冷弯型钢、156种波纹板和8种高刚性冷弯型钢；其他行业生产了350多种规格的冷弯型钢。从生产来看，冶金系统冷弯型钢的生产主要集中在查波罗什钢铁厂、切列波维茨冶金工厂和马格尼托哥尔斯克冶金联合企业；其他行业则拥有约90套辊式冷弯成型机组，这些机组的主要技术参数请参见本书第七章。从生产的发展情况来看，苏联冷弯型钢产量的增长率逐年增高，图0-1示出苏联1960~1980年冷弯型钢生产的发展情况^[21]。现在苏联冷弯型钢的产量已超过日本，居世界第二位。

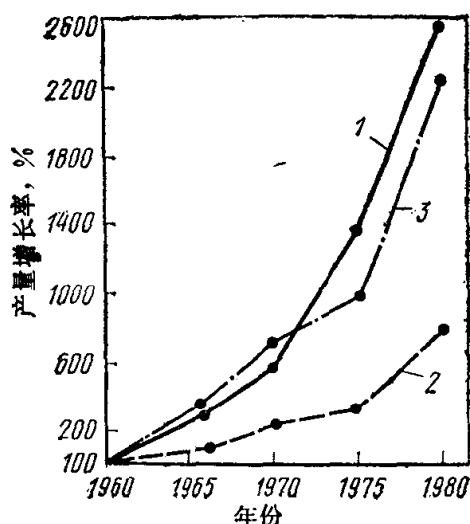


图 0-1 苏联冷弯型钢生产发展示意图

1—钢铁工业冷弯型钢产量增长率；2—机械制造业和建筑业冷弯型钢产量增长率；3—苏联全国冷弯型钢产量增长率

东欧各国中，捷克斯洛伐克最早生产冷弯型钢，自1926年以来，已有50多年的生产历史，在成型理论和孔型设计方面做过一系列研究工作，有的成果已被其他国家所采用。捷克斯洛伐克冷弯型钢产量在东欧各国中居首位。东德也很重视冷弯型钢的生产，在东欧各国中其产量仅次于捷克斯洛伐克。在品种方面，东德国营带钢联合公司已建成0.22~2×600~1500毫米的涂层钢板

辊式冷弯成型机组，用塑料涂层钢板或涂漆钢板生产波纹板^[17]。在东欧各国中，南斯拉夫生产冷弯型钢的历史最短，1970年还没有生产，1980年冷弯型钢产量占钢材产量的2%，1990年将达到4.5%。详细情况见表0-2。

**表 0-2 苏联及东欧各国冷弯型钢产量在钢材
中所占的比重**

单位：%

国 别	1970年	1980年	远景规划
苏 联	0.5	2	5
捷克斯洛伐克	1.7	2.4	2.7
东 德	2.7	3.4	2.8
匈 牙 利	4.6	4.4	5.1
罗 马 尼 亚	0.9	1.9	2.4
波 兰	0.27	2.2	3.9
保 加 利 亚	1.2	2.3	3.0
南 斯 拉 夫	0	2	4.5

法国于本世纪二十年代开始用辊式冷弯成型机生产冷弯型钢，由于第二次世界大战的破坏，到五十年代中期才开始大力发展。1956年冷弯型钢产量为51200吨，1961年增加近3倍，达到20万吨；1971年为30.7万吨，1975年为42.5万吨。1971~1975年的平均年增长率为7.7%。从生产厂家来看，法国瓦卢雷克 (Val-lourec) 公司和勒普罗菲 (Le-Profil) 公司是最大的两家冷弯型材生产厂家，共拥有几十套辊式冷弯成型机组，生产几千种规格的冷弯型钢和有色金属冷弯型材。

西德冷弯型钢的生产在本世纪五十年代后期已达到相当水平，1959年的冷弯型钢产量为38.3万吨，占钢材产量的1.9%。六十年代以来，西德冷弯型钢产量增长不快，但在辊式冷弯成型机组的设备和冷弯型钢产品质量方面进行了一系列改进。兹将主要产钢国冷弯型钢的产量列于表0-3至0-5。

表 0-3 粗钢年产量约2800万吨时冷弯型钢的产量 单位: 万吨

国 别	年 代	粗钢产量	钢材产量	冷弯型钢产量	冷弯型钢在钢材中所占比重
美 国	1910	2651.4	2196	32	1.4%
苏 联	1950	2730.0	2096	<3	0.14%
日 本	1961	2827.0	2185	44.9	2%
西 德	1959	2944.0	1936	38.3	1.9%
法 国	1974	2702.0	1956	40	2%

表 0-4 粗钢年产量约6000万吨时冷弯型钢的产量 单位: 万吨

国 别	年 代	粗钢产量	钢材产量	冷弯型钢产量	冷弯型钢在钢材中所占比重
美 国	1940	6076.6	4414.4	96.3	2.2%
苏 联	1959	5995	4108	3.3	0.08%
日 本	1967	6215.4	5044	97.1	1.9%

表 0-5 粗钢年产量约12000万吨时冷弯型钢的产量 单位: 万吨

国 别	年 代	粗钢产量	钢材产量	冷弯型钢产量	冷弯型钢在钢材中所占比重
美 国	1966	12163	8999	330	3.7%
苏 联	1971	12063.7	8565.4	55	0.6%
日 本	1973	11932.2	10040	173.2	1.7%

三、冷弯型钢生产的发展动向

国外冷弯型钢生产的发展动向, 归纳起来, 有下列几方面。

1. 产量不断增加

自本世纪六十年代以来, 国外冷弯型钢的产量迅速增加, 这是总的趋势。根据各国冷弯型钢历年的统计数字来看, 冷弯型钢的产量与钢材的产量相对稳定在一定的比例, 一般为1.5~4:100。例如美国1966年冷弯型钢产量在钢材产量中所占比重为3.6%, 至今仍保持在3%左右; 日本1973年为1.7%, 现为1.5%左右; 西德和法国现为2%左右; 匈牙利的比重较高, 1980年达到

4.4%；苏联1975年制订的发展规划中规定1990年将达到4%。但是随着冷弯型钢生产工艺的改进，产品规格品种不断增加，产品质量日益提高，应用范围日趋扩大，苏联1979年对原发展规划重新修订，规定1990年将达到5%；美国也对冷弯型钢的生产重新作了安排，计划在最近5~10年内使冷弯型钢产量增加一倍以上；匈牙利在制订1990年的远期规划中规定将达到5.1%。由此可见，国外冷弯型钢（包括有色金属冷弯型材）的产量不断增加，预计有一些国家1990年的产量将突破4%的界限，可能达到5~6%。

2. 研究工作正在深入

国外对辊式冷弯成型理论、成型工艺和成型设备的研究工作正在深入进行，对冷弯型钢实际应用的研究工作也取得一系列进展。

英美两国在第二次世界大战以前就开始研究冷弯型钢的成型技术和实际应用，并将铝合金冷弯型材应用于飞机制造业。日本的研究工作始于本世纪四十年代末期，1974年为协调日本国内各研究机构的研究工作，日本塑性与加工学会设立辊式冷弯成型研究会，至1979年8月已举行了21届学术研究会议。从这21届会议的内容来看，可分为两个阶段：第一阶段集中研究解决冷弯型钢的表面质量和尺寸形状的精度；第二阶段集中研究新工艺、新产品及生产的自动化问题。围绕上述问题，日本对冷弯成型中的应力—应变关系、弹性—塑性变形、成型区金属的流动状态、纵向和横向变形理论、冷弯成型的残余应力等开展了一系列研究工作，研究机构分设在日本东京大学、东京工业大学、大阪大学、京都大学、山梨大学、日立金属工业公司、冷弯成型机械研究所及各主要钢铁公司。最近日本的研究课题是：辊式冷弯型钢的塑性弯曲，冷弯型钢的表面加工，夹层冷弯型钢制品的加工，多工序的联合加工，增大壁厚的研究以及采用立辊的新成型工艺的研究。日本今后的研究课题是：成型理论，成型时的残余应力，孔型设计，成型机组设备的专业化、高速化、自动化、多功能化和结构的简化，成型辊的结构和表面处理，型钢的成型性等^[29]。

最近苏联和美国开始用电子计算机来研究冷弯成型中的力能参数，探讨耗能最低的变形方法。法国1964年以来在各种不同结构中广泛应用冷弯型钢，研究其实际应用，认为必须研究解决防腐和消除残余应力的问题。西德对薄壁冷弯型钢，特别是冷弯钢板桩进行了一系列研制工作，并已得到实际应用。随着各国对冷弯型钢的研究工作不断深入以及冷弯型钢的应用范围迅速扩大，国际上已召开了两次冷弯型钢专业会议，专门讨论冷弯型钢的应用。1976年在伦敦召开的西欧冷弯型钢制造厂家会议也重点讨论冷弯型钢的应用问题。现在西欧各国的冷弯型钢生产厂家联合成立“欧洲冷弯成型研究委员会”，其技术秘书处设在巴黎。该委员会是一个国际性的研究协调组织。另外，美国、日本、西德等都设有冷弯成型研究所，专门从事冷弯型钢的研究工作。

3. 新工艺不断出现

辊式冷弯成型工艺自1910年美国研究成功以来，经过七十年的改进和完善，小规格简单断面的普碳钢冷弯型材的成型工艺早已成熟。但是，随着冷弯型钢在实际应用上的技术经济效果日益广泛为人们所认识，冷弯型钢被广泛应用于国民经济各个领域。用户对冷弯型钢的质量要求越来越严格，要求品种和规格多样化，这就促使冷弯成型工艺不断改进以适应用户的要求。自七十年代以来，出现了一些新的辊式成型工艺，现介绍如下：

1) 用高频电流局部加热弯曲部位的方法生产高强度钢的厚壁冷弯型钢，坯料钢板的强度极限达750兆帕，屈服点超过300兆帕，型钢相对内弯曲半径 $R \leq t$ 。也可用同样的方法生产厚1~6毫米、展开宽达1900毫米的高刚性宽幅冷弯型钢。局部加热弯曲部位可降低变形区金属的屈服点，使断面的机械性能分布均匀，提高产品质量。这样使过去在常温下无法成型加工的材料可以进行辊式弯曲成型，使冷弯型钢的品种范围扩大。

2) 热处理强化高强度低合金钢和合金钢的冷弯型钢，可提高型钢强度25~30%，减轻冷弯型钢制造的结构重量，节约金属约20%。这种方法也适用于一些其他材质的冷弯型钢。热处理强

化工艺是将成品冷弯型钢送入加热炉加热到 $950\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ，然后强制冷却淬火，再经 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ 回火。在此工艺中，冷却制度和回火温度对型钢的性能影响很大，必须根据不同材质选择好。

3) 用热轧和热成型的联合加工方法生产断面厚度变化的型钢，以满足用户的特殊需要。联合加工方法是在热轧机上将加热好的板坯轧制成断面厚度不同的成型坯料，坯料在热状态下进入辊式成型机进行成型。热轧机和辊式成型机布置在一条作业线内。

4) 用两种工艺生产有机涂层冷弯型钢：第一种工艺是用有机涂层钢板作坯料，成型时用红外线加热坯料，要求成型辊表面较光洁。第二种工艺是用无涂层的原钢板作坯料进行冷弯成型，然后对成品型钢表面涂有机涂料。第一种工艺因有机涂层钢板不能焊接而不能生产闭口焊接型钢，且成品型钢被切成定尺长度后，切口无保护层易腐蚀。第二种工艺则可生产闭口焊接型钢，但需增设涂层设备。有机涂层型钢的使用寿命长，可具有多种颜色，外观美，能经受 $+150\sim -55^{\circ}\text{C}$ 的温度^[21]。

5) 用压力机预弯曲再用辊式冷弯成型机进行成型，可减少成型道次，提高型钢的尺寸精度。

6) 用上下布置的两套成型机同时成型两片坯料，然后将上下两片坯料组合加工成成品。有的在上下两片之间涂速凝隔热材料制成夹层板，有的对焊成采暖散热片。这种工艺加工出来的产品可供用户直接使用，不必再经加工。

4. 产品品种不断增加、产品结构不断更新

随着冷弯型钢生产的发展和应用范围的扩大，冷弯型钢的品种不断增加，产品结构不断更新，产品标准逐步完善。现分别介绍如下：

1) 产品品种不断增加。随着新工艺不断出现，坯料材质和规格范围日益扩大，现在国外生产的冷弯型钢品种规格有一万多个，其中冷弯型钢的规格范围为：壁厚 $0.1\sim 25.4$ 毫米，坯料宽度 $20\sim 2000$ 毫米。在品种规格的数量方面，西方工业发达国家比苏联

多,生产厂家一般都生产几百种不同规格的冷弯型钢,有的大型厂家则可生产2000~4600种。近10年来这些国家的高强度低合金钢、合金钢、不锈钢及涂层钢板的冷弯型钢增加较多。苏联的冷弯型钢品种规格不断增加,以冶金系统为例,1960年生产41个品种规格,1961~1965年增加166个,1966~1970年增加88个,1971~1975年增加236个,1976~1980年增加240个,1981~1985年计划增加250个。

2) 产品结构不断更新。从冷弯型钢的材质来看,本世纪七十年代以前主要是普碳钢,约占90%;七十年代以来通过实际应用的技术经济比较,推广采用高强度低合金钢、合金钢和不锈钢,使普碳钢产品所占的比重逐年下降,合金钢、高强度低合金钢和不锈钢的产品所占的比重逐年上升。法国1970年生产的冷弯型钢中,合金钢产品占1.7%,1978年增加到4.5%。苏联计划今后高

表 0-6 苏联冶金系统生产的冷弯型钢产品结构⁽²¹⁾

品 种	1960年		1965年		1970年		1975年		1978年	
	品种规格数量	占全部品种的比重(%)	品种规格数量	占全部品种的比重(%)	品种规格数量	占全部品种的比重(%)	品种规格数量	占全部品种的比重(%)	品种规格数量	占全部品种的比重(%)
角 钢	13	31.8	21	13.1	32	10.8	43	8.1	50	7.7
槽 钢	13	31.8	67	32.4	82	27.8	182	34.3	219	33.6
外卷边槽钢	3	7.3	15	7.2	19	4.4	36	6.8	46	7.0
Z 字 钢	2	4.9	11	5.3	13	6.5	18	3.4	23	3.5
C 形 钢	1	2.3	4	1.9	5	1.7	11	2.1	12	1.8
非焊接闭口型钢			4	1.9	7	2.4	14	2.6	22	3.4
焊接闭口型钢									6	0.9
专用冷弯型钢	5	12.2	26	12.6	39	13.2	91	17.1	107	16.4
波纹钢板	4	9.7	53	25.6	92	33.2	136	25.6	164	25.1
高刚性冷弯型钢									10	1.5
合 计	41	100	207	100	295	100	531	100	653	100

强度低合金钢、合金钢和不锈钢的产品将增加到25%。产品品种结构也在不断变化,从表0-6和表0-7所列的苏联的统计可以看出,通过实际应用的技术经济比较,苏联自六十年代后期以来在工业建筑和民用建筑中广泛采用镀锌波纹钢板代替钢筋混凝土板和石棉水泥板来制造屋面板和墙板,所以镀锌波纹板的品种规格数量和产量激增;自七十年代后期在铁路干线的车辆中推广采用高刚性冷弯型钢,冶金系统开始生产该品种冷弯型钢。自1960年以来冷弯槽钢、外卷边槽钢、专用冷弯型钢和波纹板的品种增加15~40倍,日本和苏联也相类似。近年来国外涂(镀)层冷弯型钢、厚壁冷弯型钢及大规格冷弯型钢的品种规格和产量继续增多,而简单断面的小规格角钢、Z字钢和C形钢的品种规格数量稳定下来,增加很少,在整个产品品种中所占的比重逐年下降,今后还会继续下降。这就是国外冷弯型钢产品结构不断更新的总

表 0-7 苏联历年生产的冷弯型钢产品结构^[21]

品 种 名 称	历年品种数量所占的比重 (%)				
	1960年	1965年	1970年	1975年	1980年
一般用途的冷弯型钢					
角 钢	60.4	13.5	7.9	9.1	7.7
槽 钢	7.3	44.5	37.5	42.1	31.7
外卷边槽钢	1.6	10.2	5.8	4.8	4.2
C 形 钢	0.06	0.1	0.1	0.1	0.1
Z 字 钢	0.1	3.4	2.1	0.7	0.3
非焊接闭口型钢		0.2	1.4	5.3	2.7
波 纹 板	25.7	18.1	24.3	19.4	19.5
专用冷弯型钢	4.9	10.0	9.8	9.2	6.8
联合加工工艺生产的冷弯型钢					
焊接闭口型钢					3.3
高刚性冷弯型钢					7.2
镀锌冷弯型钢			11.1	9.3	15.5
其他涂(镀)层冷弯型钢					
冲孔冷弯型钢					1.0
共 计	100	100	100	100	100

表 0-8 几个国家的一般结构

国 别 及 标 准 号	英 国 BS 2994 (1976)	西 德 DIN 59413 (1976)																			
断 面 尺 寸 偏 差	两端有圆角的边 长尺寸允许偏差为 ±0.4毫米。 一端有圆角，一 端为自由边之边长	两端有圆角之边长																			
		<table><tr><th rowspan="2">壁 厚 <i>s</i> (毫米)</th><th colspan="3">边长允许偏差 (毫米)</th></tr><tr><th>≤50</th><th>$\begin{matrix} >50 \\ \leq 100 \end{matrix}$</th><th>$\begin{matrix} >100 \\ \leq 200 \end{matrix}$</th></tr><tr><td><3.0</td><td>±0.75</td><td>±1.00</td><td>±1.00</td></tr><tr><td>≥3.0 <5.0</td><td>±1.00</td><td>±1.00</td><td>±1.25</td></tr><tr><td>≥5.0 ≤8.0</td><td>±1.00</td><td>±1.25</td><td>±1.50</td></tr></table>	壁 厚 <i>s</i> (毫米)	边长允许偏差 (毫米)			≤50	$\begin{matrix} >50 \\ \leq 100 \end{matrix}$	$\begin{matrix} >100 \\ \leq 200 \end{matrix}$	<3.0	±0.75	±1.00	±1.00	≥3.0 <5.0	±1.00	±1.00	±1.25	≥5.0 ≤8.0	±1.00	±1.25	±1.50
		壁 厚 <i>s</i> (毫米)		边长允许偏差 (毫米)																	
			≤50	$\begin{matrix} >50 \\ \leq 100 \end{matrix}$	$\begin{matrix} >100 \\ \leq 200 \end{matrix}$																
		<3.0	±0.75	±1.00	±1.00																
		≥3.0 <5.0	±1.00	±1.00	±1.25																
	≥5.0 ≤8.0	±1.00	±1.25	±1.50																	
	一端为圆角、一端为自由边之边长																				
	<table><tr><th rowspan="2">壁 厚 <i>s</i> (毫米)</th><th colspan="3">边长允许偏差 (毫米)</th></tr><tr><th>≤40</th><th>$\begin{matrix} >40 \\ \leq 80 \end{matrix}$</th><th>$\begin{matrix} >80 \\ \leq 120 \end{matrix}$</th></tr><tr><td><3.0</td><td>±1.20</td><td>±1.50</td><td>±1.50</td></tr><tr><td>≥3.0 <5.0</td><td>±1.50</td><td>±1.50</td><td>±2.0</td></tr><tr><td>≥5.0 ≤8.0</td><td>±2.00</td><td>±2.0</td><td>±2.0</td></tr></table>	壁 厚 <i>s</i> (毫米)	边长允许偏差 (毫米)			≤40	$\begin{matrix} >40 \\ \leq 80 \end{matrix}$	$\begin{matrix} >80 \\ \leq 120 \end{matrix}$	<3.0	±1.20	±1.50	±1.50	≥3.0 <5.0	±1.50	±1.50	±2.0	≥5.0 ≤8.0	±2.00	±2.0	±2.0	
	壁 厚 <i>s</i> (毫米)		边长允许偏差 (毫米)																		
≤40		$\begin{matrix} >40 \\ \leq 80 \end{matrix}$	$\begin{matrix} >80 \\ \leq 120 \end{matrix}$																		
<3.0	±1.20	±1.50	±1.50																		
≥3.0 <5.0	±1.50	±1.50	±2.0																		
≥5.0 ≤8.0	±2.00	±2.0	±2.0																		
<table><tr><th>壁 厚 (毫米)</th><th>允许偏差 (毫米)</th></tr><tr><td><3</td><td>±0.75</td></tr><tr><td>3~<5</td><td>±1.25</td></tr><tr><td>≥5</td><td>±1.50</td></tr></table>	壁 厚 (毫米)	允许偏差 (毫米)	<3	±0.75	3~<5	±1.25	≥5	±1.50													
壁 厚 (毫米)	允许偏差 (毫米)																				
<3	±0.75																				
3~<5	±1.25																				
≥5	±1.50																				
弯 曲 角	90° 角的偏差不得 超过 ±1°。 由于角度规定偏 差导致总的断面尺 寸变化超过规定的 ±0.4毫米,角度的 允许偏差将由供需 双方协商	较短腿的长度 (毫米)																			
		角度允许偏差																			
		<table><tr><td>≤10</td><td>±3°</td></tr><tr><td>>10~40</td><td>±2°</td></tr><tr><td>>40~80</td><td>±1°30'</td></tr><tr><td>>80</td><td>±1°</td></tr></table>	≤10	±3°	>10~40	±2°	>40~80	±1°30'	>80	±1°											
		≤10	±3°																		
>10~40	±2°																				
>40~80	±1°30'																				
>80	±1°																				