

国外钢管生产技术

第 1 辑

中国工业出版社

1959年和1960年期間，冶金工业出版社曾經出版过六輯“軋鋼文集”。这种介紹国外軋鋼先进技术資料的专业性文集深受讀者欢迎。但是由于軋鋼专业很細，从产品来看就有板、管、型、綫之分，而每类产品又有各种各样的加工方法，加上除軋制工艺本身以外的原料准备、加热和后步工序，涉及的范围仍然很广。为了尽量縮小专业范围，集中介紹有关国外資料，我們編輯了“国外鋼管生产技术”文集，專門介紹国外鋼管生产方面的技术資料。

本輯搜集了九篇文章，其中四篇介紹国外鋼管生产的概况，五篇介紹同提高产品质量和扩大产品品种有关的生产技术。

国外鋼管生产技术

第 1 輯

*

冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊編輯室編輯

(北京灯市口71号)

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $5^{14/16}$ · 插頁 1 · 字數 148,000

1964年3月北京第一版·1964年3月北京第一次印刷

印数 0001—2000 · 定价 (科七) 1.10元

*

統一书号: 15165 · 2805 (冶金-468)

目 录

近年来国外钢管生产情况简介.....	1
英国的薄壁无缝管生产.....	45
西德生产直径 150 毫米以下管子用的轧机.....	70
日本的特殊钢管工业.....	84
转炉镇静钢管坯和钢管的质量	107
钢管折迭废品与钢化学成份的关系	112
关于冷拔小直径薄壁不锈钢钢管的研究	116
热轧和冷拔钢管的表面质量	121
衬塑料钢管的生产方法	166

近年來國外鋼管生產情況簡介

鍾 錫 漢

概 况

以超越其他黑色冶金部門的發展速度發展鋼管生產，其產量在鋼和軋材生產中所占的比重相應增加，乃是近年來世界範圍的黑色冶金生產發展的特點之一。如表1所示，從1936—38年到1955—57年，鋼管產量的平均年增長率，超過了同期鋼和軋材的平均年增長率。即使按照由於美國經濟蕭條而造成鋼管產量顯著下降的1958—1959年計算，鋼管的年平均增長率也超過了同時期鋼的增長速度。

從1936至1959年，全世界鋼、軋材和鋼管產量情況的 表 1
統計資料 [1—4, 18]

品 種 和 年 份	鋼			軋 材			鋼 管				
	年產量 (萬噸)	該年產量與1936— 38年之比	從1936—38年起平 均年增長率(%)	年產量 (萬噸)	該年產量與1936— 38年之比	從1936—38年起平 均年增長率(%)	年產量 (萬噸)	在鋼中的比重(%)	占軋材的比重(%)	該年產量與1936— 38年之比	從1936—38年起平 均年增長率(%)
1936—38	12350	1.00	—	7915.8	1.00	—	675.5	5.5	8.55	1.00	—
1955—57	28250	2.29	4.4	19659.2	2.49	4.7	2128.3	7.5	10.70	3.15	6.2
1959	29115	2.36	4.0	—	—	—	~2000.0	6.9	—	2.96	5.0

但是如表2所示，由於各國國情（如各國民經濟發展速度和規模，社會制度等）的不同，鋼管生產的發展速度和在軋材中所占的比重，有着重大的差別。資本主義國家鋼管生產增長較慢。

一些国家钢管产量的增长情况 [5—15]

国 家 名 数	1936~1938			1957			1958			1959			1961	1958
	年产量 (万吨)	占钢材 比重 (%)	占全世界 钢管产量 (%)	年产量 (万吨)	占钢材 比重 (%)	占全世界 钢管产量 (%)	年产量 (万吨)	占钢材 比重 (%)	占全世界 钢管产量 (%)	年产量 (万吨)	占钢材 比重 (%)	占全世界 钢管产量 (%)	年产量 (万吨)	占钢材 比重 (%)
苏	50.0	7.4	7.6	420.0	10.4	19	460.0	10.8	25.5	520.0	11.1	25.8	580.0	11.5
美	317.7	8.5	48.2	1083.8	13.6	46.9	662.2	11.2	36.7	~700.0	11.1	3.5	—	—
西	89.1	7.45	15.5	153.7	9.5	7.0	134.8	9.0	7.5	160.9	9.7	8.5	—	—
英	72.4	7.55	11.7	126.4	7.7	5.7	112.5	7.5	6.2	117.9	—	5.9	—	—
法	19.0	3.4	2.9	86.7	8.4	3.9	92.4	8.4	5.1	—	—	—	99.0	—
意	12.6	7.55	1.9	77.4	15.5	3.5	74.3	16.2	4.1	—	—	—	—	—
日	21.3	4.85	3.2	57.4	6.6	2.4	52.8	5.8	2.9	计划 157.9 实际 86.7	5.9 7.3	4.4	117.9	7.8
捷	16.0	9.25	2.4	49.41	14	2.3	52.1	14.0	2.9	—	—	—	63.5	7.8
加	7.0	5.0	1.1	47.2	—	2.2	31.3	—	2.3	—	—	—	—	—
总 计	675.5	8.55	100	2210.6	10.7	100	1804.9	—	100	~2000.0	—	100	—	—

并且由于经济危机的影响，钢管生产也与其他生产部门一样，产量忽高忽低。如占世界钢管生产第一位的美国，1958年仅比1936—1938年增长108%，而1959年则比1955年减产200万吨，即大约22%。英国1958年仅比1936—38年增长55%，1956年为144万吨，而1959年又减至117.9万吨〔5,15〕。此外由于社会制度的限制，资本主义国家的钢管生产设备利用率也较低。如以近年来发展较快的日本为例，1958年设备生产能力为200.37万吨/年，实际年产量只52.8万吨；1960年设备能力为240.13万吨/年，实际产量仅117.9万吨，设备利用率为25—50%〔6〕。

与此相反，社会主义国家的钢管生产及其在钢材中的比重，均不断稳定的上升。如苏联1958年比1936—38年增长820%，1961年产量达640万吨；在钢材中所占的比重由1936—38年的7.4%增长到1961年的11.6%；从1955年起，苏联钢管跃居世界第二位，其产量多于英、法、西德和瑞典等国的总和〔16〕。

钢管是以具有封闭型空心横截面，适用于流体输送，被人们称为工业部门的“血管”而问世的。因而随着各工业部门的发展，对发展钢管生产和扩大品种提出了迫切的要求。其中首先是石油、煤气、水道管线工程和机械工业等需要大量的钢管；其次新技术部门和农业等发展又都需要不少的钢管作为结构材料。

根据统计资料，石油工业用管占极大的比重，如美国1956年石油管线和油井用管占钢管总量的43.8%，1957年为61.4%，1958年为52.2%；匈牙利1958年油井用管占51.4%。又如苏联七年计划期间（1959—1965）计划铺设2.7万公里石油输送管道，使1965年石油开采量达2.4亿吨〔16〕，美国计划1960年新油井达49000眼，平均采掘深度达4191呎（1280米），目前全世界石油产量平均每年增长3—5%，因此可以预测，今后石油工业仍然是钢管的最大用户〔5,6〕。

其次煤气工业的发展需要大量的钢管。据统计目前煤气普及率：美国为80%，西德和法国约50%，英国90%，荷兰66%，意大利17%，日本1960年为18%。苏联计划在1959—65年敷设2.3

—2.6 万公里煤气干綫；美国 1960 年计划煤气管綫达 23.8 万哩（38.3 万公里），1970 年达 37.38 万哩（60.5 万公里）；日本计划 1967 年将煤气普及率提高达 24.7%。所有这些都说明了随着天然煤气的开采和煤气普及率的提高，需要大量的鋼管 [5, 6, 16]。

再次水道建筑工程用鋼管也占有一定的比重。据美国水道工程协会统计，美国 1957 年水道用管中，鑄鉄管占 56%，鋼管占 16%，其他管（石棉管、水泥管和塑料管等）占 28%。日本鉄鋼联盟人士推测，为了节约金属，减少敷設时的接头工作量，和降低漏水率（鑄鉄管接头处漏水率达 30—40%），今后有可能逐渐用焊管代替水道工程用的鑄鉄管 [5, 6]。

机械工业，原子能工业，火力发电，航空技术和化学工业（特别是塑料紙浆）的发展都需要一定数量和相当高质量的鋼管。如苏联 1959—60 年机械用管占鋼管总量 25%；日本 1959 年占

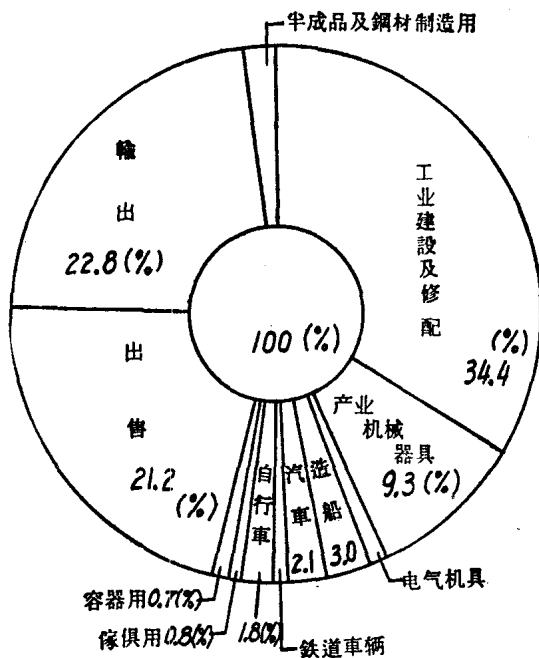


图 1 日本 1959 年鋼管使用情况

9.3% (图1)；美国1957年占8.7%，1958年为11% [6,16]。

其他如水力采煤的发展，散粒固体材料的管道化运输，也需要一定数量的钢管。

另一方面，钢管具有较一般钢材为大的抗弯抗扭能力，实是一种经济断面钢材（同样断面积的断面模数比普通型钢大2—8倍）。因此日本、英、法、意和西德等国也利用钢管（主要型管）做为桥梁和港湾建筑和工业建筑等结构材料，代替一般钢材结构和代替混凝土用钢筋，以节约金属（达60%），减轻结构重量。

此外，资本主义国家的钢管，除自用外，还大量输出以获取利润，如美国1958年输出58.1万吨，占总产量8.8%；英国输出61.7万吨，占总产量54.8%；西德输出58.9万吨（占58.8%）；法国1958年输出39.7万吨（占36.7%），1960年30.2万吨（占33%）；意大利58年输出18.1万吨（占24.4%）；日本1959年输出占22.8%。

可以预测，将来钢管生产发展的规模仍然是可观的。如苏联计划1965年的年产量将达1100万吨（占钢材15.7%） [16]。英国计划1962年达203.2万吨；日本计划1965年设备能力达348.7万吨，1970年产量达224.1万吨。日本铁钢联盟还估计，1972—75年全世界钢管年产量将达5840万吨，约占同年钢材产量的11—12%（根据国情不同，各国所占钢材比例在8.5—16%范围内）。

由此看来，加速我国钢管生产的发展，是一个对当前和今后都十分重要和迫切的任务。

资本主义国家的钢管工业比较集中。如美国有43%的无缝管和25%炉焊管生产能力掌握在国家钢管公司(National Tube Corp.)手中，美国十个企业垄断了97%的无缝钢管生产能力和80%的电焊管生产能力。九个企业掌握了90%的炉焊管生产能力。1954年前美国钢管工业多集中于东部工业区，最近才迁至太平洋沿岸和墨西哥海湾一带的石油开采区。

英国斯土厄特和劳埃德公司(Stewarts and Lloyds Ltd.)和钢管投资钢管公司(Investments Tube Ltd.)是钢管的主要生产者。

前者占全国产量70%。

西德主要是曼乃斯曼冶金工厂 (Mannesmann Huttenwerke A.G.) 和菲力克斯·莱茵罗尔工厂 (Phoenix Rheinrohr A.G.)，产量占全国70%。

法国主要集中在洛林-爱斯考特 (Lorraine-Escaut) 和瓦鲁瑞克 (Vallource) 二公司，无缝管产量占全国70%。

意大利主要是达尔明 (Dalmine) 和法尔克 (Falck) 二公司。

日本钢管生产主要集中于：日本钢管、住友金属、三机工业和日本特殊钢管等四个工厂，其产量占全国80%以上。

加拿大钢管生产集中在贝兹·赫尔西钢管公司 (Page Hersey Tubes)，加拿大钢管与钢公司 (Canadian Tube and Steel Products) 和曼乃斯曼钢管公司 (Mannesmann Tube Ltd.)。

社会主义国家大部分是根据工业需要布署建设的。如苏联战后将钢管生产向东部西伯利亚、乌拉尔和外高加索地区发展，克服了原来集中于南方的缺点，使全国合理的分布 (1958年东方地区钢管产量占总量37.3%)。但苏联也比较集中，如南方钢管厂和第一乌拉尔新钢管厂二者占全国产量之一半以上；其次较著名的为外高加索冶金工厂、列宁钢管厂、李卜克内西钢管厂、安德列夫钢管厂、莫斯科钢管厂和契里亚宾斯克钢管厂等。

焊管比重的增长

大力发展以电焊为主的焊管生产，是近代钢管生产发展的总趋势。全世界焊管1937年占钢管总产量47.8%，1957年占52.2%。苏联焊管比重：1940年为32.8%，1960年为42.5%，1961年为46%，预计1965年达到55%。美国1940年焊管比重为53%，1957年为62%，1958年达66%。英国1957年达57%。法国达48%。西德1957年为33.5% (1936—1938年德国焊管只占17%)。日本1955年为49.9%，1959年达63%，1960年则达到65.2% [1,4,5,6,8,16]。

在焊管生产中，电焊管生产发展占有极大的优势。如美国1957年电焊管已占钢管总量33%（占焊管的50%强）；苏联1940年电焊管仅占总量0.5%，而1960年已达31.5%（占焊管的66%强），预计1965年达40%（占焊管的73%）（表3）。日本1959年电焊管占总产量的36.5%，1960年达40.08%（表4）。

苏联焊管产量比重的增长 [4, 5, 6, 8, 16]

表 3

年 别	1940	1945	1950	1955	1956	1957	1960	1961	1965 (计划)
指 标									
钢管年产量(万吨)	96.6	57.1	200.1	354.9	383.5	420.0	580.0	640.0	1100.0
焊管(%)	33.8	14.3	28.0	31.8	35.6	38.2	42.5		55
其中电焊(%)	0.6	1.6	8.1	13.4	19.4	22.8	31.5	—	40
炉焊(%)	33.2	12.7	19.9	18.4	16.2	15.4	11.5	—	15
无缝钢管(%)	66.2	72.0	72.0	68.2	64.4	61.8	54.5	54	45

日本焊管的产量比重的增长 [5, 6, 18]

表 4

年 别	1955	1958	1959	1960	1962 (计划)
指 标					
钢管年产量(万吨)	45.5	52.8	87.6	117.9	101.5
焊管(%)	49.9	62.4	63.0	65.2	64.0
其中电焊(%)	23.1	27.2	36.5	40.08	44.9
炉焊(%)	13.7	14.2	9.6	8.72	7.5
气焊(%)	13.2	21.2	16.9	16.4	11.6
无缝钢管(%)	50.1	37.6	37.0	34.8	36.0

近年来各国钢管设备的建设和今后的发展计划中，也反应出了大力发展以电焊为主的焊管生产的总趋势。如美国1960年焊管设备能力已占总能力68.5%（电焊占44.7%）；加拿大1960年焊管设备能力占69.8%；日本1961年计划焊管能力达67.8%，1962年达79.2%（表5）。

无缝管轧机发源地的欧洲，情况有所不同，根据文献[6]资料，欧洲钢管生产设备能力综合比例为：无缝60%，焊管40%。但是应当指出，近年欧洲资本主义国家新建的钢管车间也大部份

某些国家的焊管设备能力〔5, 6〕

表 5

国 名	年 份	方 法 能 力	无 缝 管	焊 管						总 計
				电焊	电 弧 螺旋焊	炬焊	气焊	搭焊	小 計	
美 国	1957	万吨	487.7	594.0	26.4	359.06	3.38	27.0	1009.84	1497.66
		%	32.5	39.7	1.8	24.0	0.2	1.8	67.5	100
	1960	万吨	519.3	706.7	30.7	381.1	3.48	9.0	11407.2	1650.02
		%	31.5	42.8	1.9	23.1	0.2	0.5	68.5	100
加 拿 大	1957	万吨	27.5	72.72	—	23.1	0.8	—	116.12	123.62
		%	22.8	53.8	—	18.7	0.3	—	77.2	100
	1960	万吨	27.5	129.72	—	28.3	0.3	—	158.3	185.8
		%	14.8	69.8	—	15.2	0.2	—	84.2	100
日 本	1957	万吨	65.2	30.0	—	12.0	56.7	—	98.72	163.92
		%	39.8	18.3	—	7.3	34.6	—	61.2	100
	1960	万吨	73.5	87.3	11.7	12.0	56.6	—	126.81	200.31
		%	30.6	36.4	4.9	4.9	23.2	—	69.4	100
	1962	万吨	61.5	145.6	23.1	12.0	53.3	—	234.09	295.59
		%	20.8	49.3	7.8	4.1	18.0	—	79.02	100
	1965	万吨	73.3	169.14	28.6	24.0	53.3	—	275.34	348.74
		%	21.1	48.5	8.2	0.90	15	—	78.9	100

为电焊管車間（表 6）。

众所周知，焊管生产出現于十九世紀初叶，較热轧无缝管生产早70余年。1883年滿乃斯曼兄弟发明了斜軋穿孔机之后，无缝管生产才获得巨大的发展，一直成为鋼管生产的重要方法。从苏联和美国的情况（表 3 和表 7）中得知，大約在二十世紀四十年代以后，焊管才又逐漸获得較快的发展（苏联在恢复时期主要发展无缝管生产，从1934年起，无缝管生产即占优势；而美国一直以焊管生产占优势）。

欧洲主要钢管厂最近设备计划 [6]

表 6

国家	厂名	原有设备能力		新建计划			
		无缝 (%)	焊接	机组	数量	产品范围	预定完工期
意	法尔克公司	50.0	50.0				
意	达尔明公司	96.4	3.6	皮尔格带导盘的延伸机	1	$7\frac{1}{2}$ —18"	1960
					1	3/8—3"	1960
法	洛林-爱考斯特公司	47.6	53.0	电焊	3	$3/8-1\frac{1}{4}$ "	1961
						3/4—3"	1961
						16—55"	1961
法	瓦鲁瑞克工厂	59.8	40.2				
西德	曼乃斯曼冶金工厂	72.3	27.7	电焊	1	17—43"	1960
西德	菲力克斯莱茵罗尔工厂	67.1	32.9	电焊	1	6—16"	1960

美国焊管比重的增长 [1, 4]

表 7

年 份	钢管总产量 (万吨)	无 缝 管		焊 管	
		产量 (万吨)	%	产量 (万吨)	%
1915—1917	257.9	18.9	7	239.0	93
1925—1927	398.2	74.8	19	324.3	81
1935—1937	308.5	137.1	44	171.4	56
1945—1947	535.3	244.5	46	290.8	54
1955—1957	966.2	365.8	38	600.4	62
1958	662.2	225.0	34	437.2	66

根据资料分析,近十余年来大力发展焊管,特别是电焊管生产,乃由于下列原因和条件:

1) 近代钢板生产技术的发展,特别是连续热轧和冷轧带钢生产的发展,提供了大量优质的卷材,为大规模连续的焊管生产和改善成型与焊接质量提供了条件。

2) 焊接特别是电焊技术和电气设备制造技术的发展,为焊

管車間提供了应有的設備。加之冷成型技術的進步，使焊縫質量有了顯著的提高，甚至超過基本金屬的性能，從而可以與無縫管比美，在管道用管等方面代替無縫管。如1935—1940年用旋轉變壓器代替固定式變壓器，採用油冷卻代替水冷卻等，減低了變壓器的溫度，為提高焊接電流加快速度創造了條件，使產量倍增。

3) 焊管坯冷成型需要較小的能耗（與無縫管穿孔比較），減少了單位產量的設備重量和功率，從而減少了單位投資和生產消耗。如20—102電阻焊機組比30—102連續熱軋管機組的單位產量所需設備少二倍，投資減少43%，生產消耗減少6—7%。連續爐焊機組投資比無縫機組少三倍。焊管坯的成本和生產投資也比無縫管坯少得多。由此不僅使鋼管成本降低，並且還加速鋼管車間的建設，為迅速增產鋼管滿足國民經濟需要提供了正確的道路。

4) 焊管有着較經濟的斷面形狀（薄壁）。熱軋無縫管的壁厚與直徑比（ S/D ）為4—5%，而焊管一般1.5—2%，甚至達到1%。此外熱軋無縫鋼管由於斜軋穿孔的變形特點，壁厚不均較大，內外表面質量也不易保證。焊管乃用熱軋或冷軋帶鋼冷成型，故無此缺陷。因而採用焊管方法對節約金屬有極大的意義。

5) 用焊管方法可以獲得任何直徑的大直徑管（達 $\phi 4000$ 毫米），而熱軋無縫管的最大直徑一般均在650毫米以下；經擴徑後雖然可以達到820—1020毫米，但工序太多，操作麻煩，產量也低。因此發展焊管生產對滿足大量需要的石油和煤氣工業干綫用管，有積極的意義。連續生產的焊管機組與拉力減徑機的組合是最合理的，可以用同一尺寸的較大的坯料，生產各種小規格鋼管，它的生產成本將是最低的。

6) 焊管可以連續生產，甚至通過對焊達到無頭連續化，因而極易機械化自動化。熱軋無縫機組（特別是皮爾格和自動機組）由於操作的重複性，實現全盤機械化和自動化比較困難。因此發展焊管生產符合了近代工業生產往全盤自動化發展的要求〔17〕。

当然焊管并不能完全代替无缝钢管。对于用无缝管较为合理的地方，仍应采用无缝管。因而无缝钢管生产仍会得到发展，但其发展的速度和规模，显然会较前一时期显著下降，采用的主要生产方法也将会发生变化。

正因为如此，苏联提出除冷成型和焊接困难的钢种，或使用上要求为无缝管外，其他钢管应当尽量用焊接法生产。以便保证在短期内能适应国民经济对钢管产量的需要，并把钢管生产提高到近代化的技术水平〔4,16〕。

看来今后我国在钢管工业建设中，大力发展以电焊为主的焊管生产，是十分必要的。

钢管品种的发展

在提高钢管产量的同时，积极扩大（钢种、尺寸规格和断面形状）品种，以满足国民经济的需要，减轻结构重量和节约金属，也是近年来钢管生产中令人瞩目的内容。如苏联第一乌拉尔新钢管厂1956年即掌握了33种新钢号和375种新规格钢管的生产；苏联南方钢管厂1958—1959年左右已掌握了六十余种钢号，两千多种规格的钢管的生产。又如西德和美国用带拉力减径生产 $\phi 17-\phi 12.5 \times 2.5$ 毫米的热轧管〔23〕。捷、英、美和西德用斜辊式扩径机生产 $\phi 820-1400$ 毫米的薄壁无缝管。英国用冷加工方法生产出 $\phi 0.076-345$ 毫米，直径与壁厚比达2.12—2032的特厚管和特薄壁管〔12〕。美国可轧制 $\phi 450-550$ 毫米甚至更大的冷轧无缝钢管，一些国家可生产 $\phi 4000$ 毫米的大直径焊管和小的 $\phi 12.7 \times 0.4$ 毫米的带状钢管〔27〕等等。

总的说来，近年来钢管品种总的发展趋势是：发展以大径薄壁管为中心的经济断面管材生产，即注意发展极大、极小、极薄、板厚和多层管；管截面形状的多样化和钢种品种的多样化；发展高强度管生产和高精密管材生产，以满足近代技术发展的需要。

大徑薄壁管生产

石油工业和煤气工业的发展，需要大量的大直径薄壁管作为管道干綫。如苏联计划在1959—1965年期间把大直径管的产量增加3—4倍（当然小直径管需用量也要增加）。但是目前更需要薄壁管，因为許多实际可能生产的鋼管壁厚大于工作强度所要求的厚度。例如据苏联資料， $\phi 200-400$ 毫米的煤气管道用管，按强度及耐腐蝕考虑，只需要壁厚4—5毫米（壁厚与直径比在2%以下），而实际上能生产的壁厚为7—10毫米，浪費了40—100%的金属。很多小徑管的壁厚也超过工作强度的要求。因此掌握和发展薄壁鋼管的生产，从而減輕結構重量和節約金属，对国民經济有着极为重要的意义〔25〕。

苏联南方鋼管厂和外高加索冶金工厂的自动軋管机組，对 $\phi 168-325$ 毫米的薄壁管測定結果証实，每吨管的成本随壁厚減少而增加，但每米管的成本却減少。由此可見，只要成品按米計算价格，生产薄壁管对生产厂也是合理和經濟的〔26〕。

目前薄壁管还没有明确的定义。但根据文献資料，薄壁管指的是：①壁厚绝对值很小；或②壁厚与直径之比值很小的管。至于具体界綫，尚无文献記載。

为了获得薄壁鋼管，外国采用了以下的措施和方法：

1) 建設新型的焊管車間（連續炉焊可生产壁厚0.5—1.0毫米的管；鎖式螺旋焊可生产 $\phi 200-600$ 毫米，最小壁厚0.4—1.0毫米的管；釐焊可生产 $\phi 2.5-10 \times 0.5-2.75$ 毫米的管）。如美国和日本都有鎖式螺旋焊車間（用以生产厚0.063—0.127毫米的輕金属管），可以以 S/D 为 $1/50$ 以下来成型，纵切的板卷送至管料台后，順次送往弯板机，弯成U形和弯边，再将毛管套在心棒上，連同心棒一起在导軋上移动，压貼鋼管邊緣，使之咬合成牢固的焊縫。然后从心棒上取下，經精整成为成品〔32〕。

2) 采用冷軋。美国即广泛应用此种方法。用冷軋机特别是采用行星式冷軋机，可生产 S/D 为 $1/100-1/150$ 的 $\phi 12-550$ 毫

米的薄壁鋼管。

3) 采用冷拔。如英国和西德广泛应用此种方法^[15] (英国冷拔管占 15—20%)。日本某些学者提出用錐形心棒和錐形拉模, 或用曲綫纵截面的拉模和心棒拔制薄壁管。

4) 建設連續軋管机組, 特別是帶拉力減徑机的連續軋管机組。

5) 在現有或新机組中安裝扩徑机和帶拉力的減徑机。

6) 通过生产工艺和設備的改进, 利用現有机組, 來軋制薄壁管。苏联的經驗証实, 在現有的皮尔格軋管机組和自动軋管机組上, 均可生产具有一定质量的薄壁管 (自动軋管机組 S/D 可达 $1/50$)。在自动軋管机組上生产薄壁管的主要問題是: ①壁厚不均較大; ②电机能力不足; ③变形量大易于形成内外折迭, 恶化表面质量。苏联工厂采用的措施是: ①严格采用寬高比为 1.045—1.055 的軋管机孔型; ②采用軋管机二道頂头的直径差为 1 毫米 (过去一般为 2 毫米), 和正确的調整軋管机; ③增加均整机的減壁量和扩徑量, 并加大均整机主电机的能力; ④軋制大直径薄壁鋼管时, 减少第一次穿孔的扩徑量, 然后在延伸不大的条件下进行第二次穿孔扩徑; ⑤均匀快速加热; ⑥改造或改进頂杆定心裝置, 减少穿孔时頂杆的顫动^[27,28,29]。

7) 广泛发展薄壁帶管生产。这种成卷的“带状”管不仅可以节约金属, 还便于运输和鋪設, 大大减少工程的管接头工作量。其生产方法是: ①焊接法, 将二卷鋼板开卷伸直后 併在一起, 用电阻焊或軋制法将二邊緣焊接, 使用时再用气压或液压胀圓; 苏联列宁鋼管厂即有这种机組; ②用无縫管作原料进行冷軋, 如科伦麦特和若克萊公司 (Columet and Hecla Inc.), 在普通二輥式軋机上象軋帶鋼一样, 冷軋无縫鋼管, 軋前在管内涂以石墨或顏料和机械油, 做为滑潤剂以防粘結。軋制时管子先压扁直至内壁互相接触, 然后軋薄延伸 (內径基本不变)。軋后的管子很薄, 可以卷成卷, 使用时再开卷切成定尺, 和用液压或气压胀圓。此法可生产薄壁不銹鋼管、鋁管、鈦管、鎳管和鈮管 (火

箭技术中应用)；也可生产一般用薄壁管。管子直径为1.6—2000毫米，壁厚为0.25毫米或0.25毫米以上，管子长度可达4500—5000米〔24,33—36〕。③鑄錠时在模中預先放入焊接性极差的惰性材料制成的型芯，然后鑄入金属。以后将錠連型芯一起加热并在軋机上軋薄延伸。使用时用气压或液压胀圆，并取去芯子板片。用这种方法可生产 $\phi 0.35-75$ 毫米 $\times 0.35-6.75$ 毫米 $\times 150$ 米的鋼管〔31〕。一般情况下管子二边带肋，此肋可以切除，也可以保留下来，用以提高鋼管的刚度和强度〔32〕。

苏联还将在管道鋪設綫路上，直接安設“带管”焊管机，同时进行鋼管焊接与鋪設。

为了矫直特薄壁管，苏联等国家还設計了用心杆做为矫直工具的“內”矫直机（速度达15米/分，可矫直 $\phi 50 \times 0.5 \times 7000$ 毫米的管子）。

极厚管与极厚壁毛坯生产

机械上許多空心厚壁零件，过去多用圓棒車削而成（如钻杆中空鋼）。用軋制法生产厚壁中空坯，可节约金属20%。苏联南方鋼管厂和第一烏拉尔新鋼管厂等进行的試驗証实，在相应的条件下，可以在延伸系数小于1.4的条件下穿軋得很厚的毛坯（延伸系数最小为1.26）。他們的經驗是：①为防止壁厚不均，应当特别注意頂头的位置；②为保证頂杆有足够的强度，采用变断面頂杆；③进行頂头鍍鉻等强化頂头的处理〔37〕。

西德的道其德斯达維尔公司用挤压法生产玻璃工业等使用的輥子（ $\phi 100-735$ 毫米，长达5米，最小內径70毫米）〔37〕。日本住友金属也用鋼錠直接穿軋法生产高温高压蒸气装置用耐热管（ $\phi 100-400 \times 90-150$ 毫米，在560°C和193大气压下工作的2.25Cr—1Mo管）〔39〕。

用穿軋法生产厚壁管或毛坯，生产率很高，是近代机械工业中无屑加工的一个重要内容。