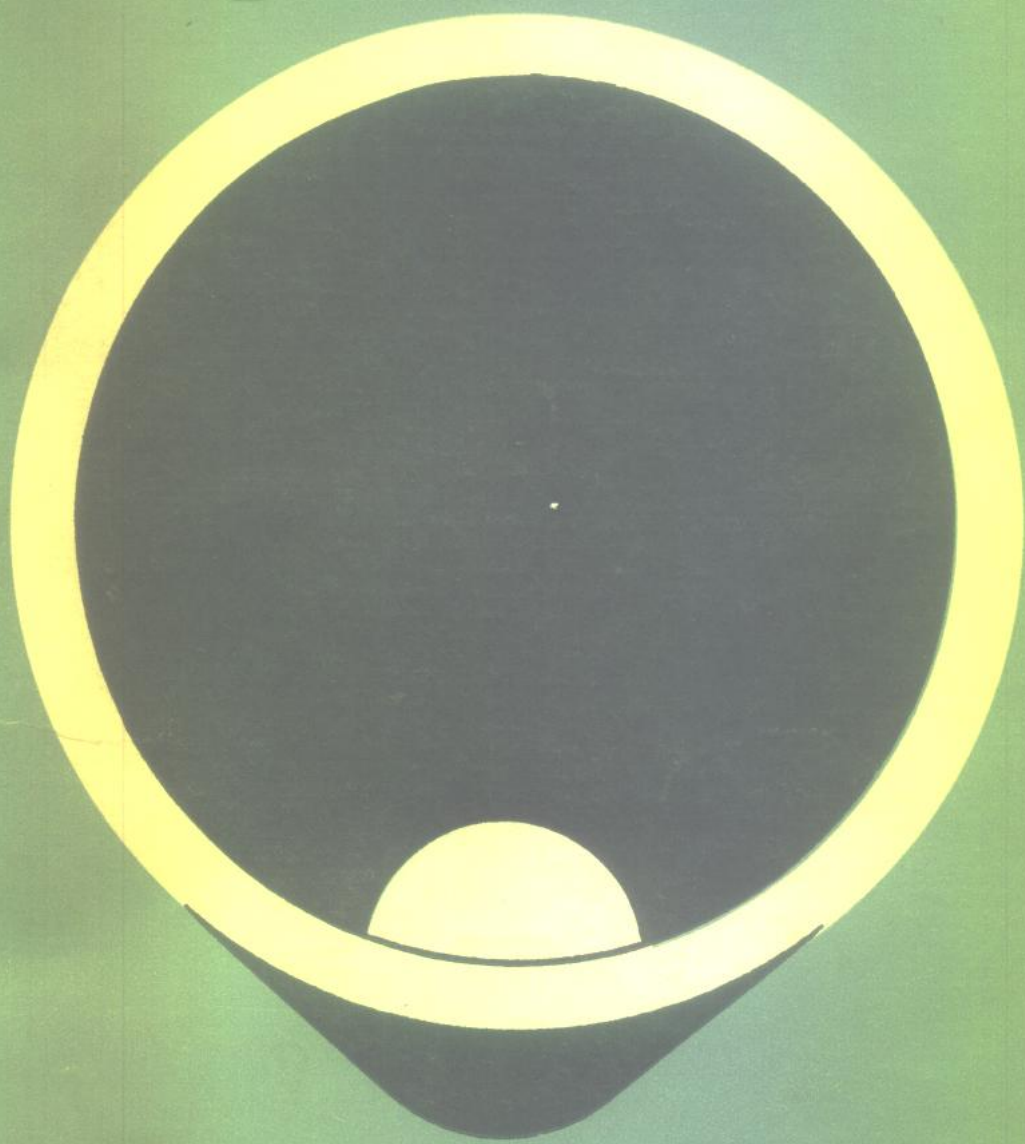




现代钢管生产

冶金工业出版社

现代钢管生产

李长穆等编译

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍国外热轧无缝钢管生产、焊接钢管生产、冷拔冷轧钢管生产以及钢管无损探伤和钢管生产自动化等方面采用的新工艺和新设备。

本书还用一定的篇幅介绍各种热轧钢管机组轧制表的编制方法以及各种无缝钢管和焊管机组设备能力的计算方法。

本书可作为钢管工作者的参考书。

参加本书编译工作的有：北京钢铁设计研究总院 李长穆（第一、二、四、五、六、七、九章）、王北明（第三章），西安重型机械研究所耿志升、王德新、薛百忍、朱厚昌、刘祥林、洪如娟（第八章）。全书由李长穆编校。

现 代 钢 管 生 产

李长穆等 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

山西新华印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张34 $\frac{1}{4}$ 字数823 千字

1982年9月第一版 1982年9月第一次印刷

印数 0,001~2,300册

统一书号：15062·3829 定价：3.50元

62410/6

前 言

近十几年来，特别是1973年石油危机以来，世界各国的钢管生产有了很大发展，产量都在不断增长。1974年世界钢管总产量达到了6060万吨。钢管产量与粗钢产量的比例已增加到9%以上，西德、苏联、日本等国家达到10~12%（1978~1979年），而意大利更高，达到了13%以上。

国外钢管生产发展的主要特点是采用新工艺和新设备来提高产量、扩大品种，采用自动控制和无损探伤以改善和保证产品质量。因此，近年来在新建和改建的无缝钢管车间、焊管车间和冷拔冷轧钢管车间里，出现了很多卓有成效的新工艺和高效率的新设备。

在无缝钢管生产中，围绕着使用廉价原料——连铸坯，各国进行了大量的研究和创新。目前，用连铸方法生产的管坯在规格和钢种方面都已空前扩大，连铸管坯的用量在迅速增加。

为了适应用连铸管坯生产无缝钢管的要求，各国采用了多种新型的穿孔机，其中包括推轧穿孔机（PPM）、三辊穿孔机、大导盘穿孔机以及双支撑茵式穿孔机等。这样不仅为使用连铸管坯创造了条件，而且在提高穿孔效率和改善荒管质量方面也有很大的好处。目前世界上不仅连轧管机、挤压机、顶管机和自动轧管机使用连铸管坯，就是一贯以钢锭为原料的周期轧管机也开始用连铸坯来生产钢管。

为了得到高的单机产量，近十几年来已有十个国家新建了连轧管机组。除了浮动芯棒连轧管机外，又出现了限动芯棒连轧管机（简称M.P.M），把连轧管工艺用于中等直径钢管的生产中。由于这种限动芯棒连轧管机具有比较显著的优点，预计今后将会得到迅速的发展。除了目前已投产的14"机组（意大利达尔明厂）和5"机组（法国圣索尔夫厂）外，意大利因西公司正在为加拿大、美国和墨西哥设计制造7"、9⁵/₈"和10³/₄"机组。日本钢管公司京滨厂和新日铁八幡厂也在建设9⁵/₈"和7⁵/₈"机组。此外，美国钢公司格里厂的连轧管机正在被改造成为限动芯棒连轧管机。这样，限动芯棒连轧管机组已形成了系列。

传统的自动轧管机组，除了普遍地改用单孔型轧管机、增加钢管长度（到19~20米）、采用三辊式均整机等外，已经出现了双机架串列布置进行半连续生产的新型自动轧管机组，生产能力得以大幅度地提高。这是自动轧管机组的一项重大发展。

在三辊轧管机组中并列布置两台三辊轧管机可以充分发挥机组的设备能力，使机组的产量提高一倍多，因为这种配置解决了穿孔机能力大、轧管机能力小的矛盾。这是继“特朗斯瓦尔”轧管机之后，在三辊轧管生产中的又一个新的发展。

周期轧管机组在生产大直径、厚壁、异形和高合金钢管方面还有其特点，因此，在中小型周期轧管机组逐渐停工和淘汰的同时，苏联、巴西、阿尔及利亚、比利时、罗马尼亚和法国等国家近几年还新建了大型的周期轧管机组。

顶管机组经过不断改进，采用了三辊延伸机、荒管减径机、新型辊模顶管机和六辊式松棒机等设备以后，坯重增加了，产品品种规格范围扩大了，生产率也有显著提高。因此，很多国家，如南斯拉夫、捷克斯洛伐克、东德和奥地利等在近几年内还新建了顶管机

组。西德最近提出的CPE方法，即用斜轧穿孔的荒管经收口后进行顶管的新工艺是对顶管方法的重大改革，必将得到普遍的重视。目前，第一套这样的顶管机组正在制造中。至于用顶管方法制造大直径管筒的设备乃是其他轧管机所不能取代的。

西德施罗曼——西马克公司经过两年半的试验已经在过去用来轧制圆棒的三辊行星轧机上成功地轧出了无缝钢管。在三辊行星轧机上钢管不回转，轧出的钢管可以直接进行定径或张力减径而无需经过再加热。据报导，美国有两家公司正在扬斯顿合作建设一套无缝钢管机组，采用穿孔——三辊行星轧管——定径的新工艺，生产114~244高强度套管。机组生产能力为36万吨，预计1982年建成。这将是世界上第一套用于生产的三辊行星轧管机组[91,92]。

随着连铸管坯和高效设备的大量使用，无缝钢管的生产效率将会提高，生产成本也会大幅度下降。因此，尽管焊管比例逐年增加是钢管生产的发展趋势，但是可以预料，无缝钢管今后仍然会有所发展，并且在一些用途上还具有很大的竞争力。事实上，1973年世界石油危机以来，美国、英国、日本等国家无缝钢管产量的增长速度已经加快，无缝钢管所占比例已有“回升”。

为适应石油天然气钻采工业的发展，各国都在大力增加石油管的产量。当然，有的国家是为了本国的需要，而另一些国家则是为了出口。目前世界上几个主要产钢国家的石油管加工能力总共约有750万吨，其中美国275万吨，日本237万吨，西德64万吨，苏联140万吨，意大利30万吨。

焊接钢管生产的发展一直是比较快的，世界上每年都有几台乃至十几台焊管机投入生产。

在中小直径电焊管生产中已普遍使用高频电阻焊和感应焊，并且为了扩大品种、提高焊缝质量采取了很多措施。用冷减径机在冷状态下进行减径，在电焊管机后面设置连续冷拔机生产冷拔管，用带钢预热（520~700℃）后成型的工艺生产高碳和低合金钢电焊管等等都是为了扩大电焊钢管的品种。在提高焊管质量方面，除了整根钢管热处理外，有的国家在焊管作业线上用焊缝局部热处理的办法来提高焊管的质量。为了提高小直径焊管的生产率，国外已建成了双线电焊管机组。此外，近年来还出现了在作业线上直接镀锌和涂各种涂层的电焊管机组。除了一般结构用管以外，电焊钢管已被用做一般锅炉乃至高压锅炉的锅炉管以及石油管等。

直流电焊、方波电焊、多层钎焊等是生产小直径管的有效方法。近年来得到了迅速发展，每年都有这种焊管设备投入生产。至于氩弧焊在不锈钢管和其他合金管生产的应用，目前已发展到了500毫米直径的钢管。

炉焊管作为水煤气管和结构用管具有成本低、容易镀锌和加工性能好等优点。因此各国都大力发展这种焊管的生产。目前世界上有十几个国家拥有这种焊管设备。一台年产量为30~40万吨的 $\frac{1}{2}$ ~2"连续炉焊管机，设备只有3000吨左右。由于建筑用水煤气管的用量很大（每建造一亿平方米楼房约需60~70万吨镀锌管），不用炉焊方法生产是难以应付的。

随着能源开发，大直径输送管的用量在迅速增加，目前，在这方面主要是用UOE方法生产的直缝焊管。七十年代，各国新建了大约九台UOE大直径焊管机，最大直径已达1626毫米、管壁厚度达38毫米。不过，值得注意的是，建造这种机组的日本和西德主要是为了出口，而主要消费输送管的美国和苏联却不建设这么大的机组。美国1977年新建的机

组只是一套1220毫米机组，因为80%的输送管线是1420毫米以下的。苏联大量进口输送管但在1974年新建的1626毫米机组采用的是由两半合成的双焊缝管的工艺。因为这样可以节省投资，不需要为此建设特宽的厚板轧机。

除了直缝焊管外，螺旋焊管也有一定的发展。意大利、日本等国家新建的2540毫米螺旋焊管机可以生产壁厚达25.4毫米的焊管。

钢管表面涂镀各种涂层可以显著地延长钢管的使用寿命。因此，在钢管镀层和涂敷聚合物等保护层方面有了很大的发展。不论输送管和石油管都涂以耐腐蚀或耐磨的材料以减少磨损和阻力，提高效率。

在冷拔冷轧精密钢管生产中，各国使用了很多种型式的高速、多线和高效率冷拔机和冷轧机。冷拔冷轧钢管生产的机械化水平有了很大提高。有的国家把冷轧机和冷拔机（包括直线冷拔机、卷筒冷拔机和履带式冷拔机）以及无氧化退火、打尖、矫直等工序组成流水作业线，从而大大地减少了工序之间的运输，提高了劳动生产率。冷拔冷轧钢管的品种在不断扩大，质量要求日益提高，精密钢管的产量所占比例在增加，其中冷拔电焊管的增长尤快。

钢管精整加工设备也有了改进。各国制造厂设计制造了各式各样的矫直机、快速冷锯机、高效切管机、多工位铣头倒棱机、数控车丝机以及多根水压试验机 etc 精整加工专用设备，这对保证钢管生产的高效率起着十分重要的作用。

在国外钢管生产中已普遍采用的自动测量（测径、测厚和测长）、自动称重、生产过程自动控制以及各种无损探伤方法，对于保证产品质量、提高作业率和劳动生产率有着决定性的意义。

此外，在消除钢管车间噪音污染方面国外也有不少行之有效的办法，基本上解决了这个老大难问题。

编译本书的目的就在于把国外在钢管生产中所采用的上述新工艺和新设备以及在生产自动化和无损探伤等方面的情况介绍给广大的读者，借以了解国外钢管生产发展的动向，从中找出对发展我国钢管工业有用的技术。

在书的最后一章介绍了日本钢铁协会近年新编的各种钢管机组生产能力计算方法。可以在确定无缝钢管机组和焊管机组设备能力时参考。

本书内容主要取自“鋼管製造技術の最近の進歩”（1978年）、“Современные Трубные цехи”（1977年）、“Производство Труб Справочник”（1974年）、“鋼管の非破壊検査”（1974年）、“Автоматизация Трубопрокатных И Трубо-сварочных станков”（1976年）以及“鋼鉄生産設備能力算定方式（鋼管編）”（1977年）等书，并补充了最近几年国外书刊上报导的材料（见“参考文献”）。

由于编译者水平有限，书中难免有错误之处，希望读者批评指正。

编译者
1981年12月

目 录

第一章 总论	1
一、各国钢管生产概况	1
二、钢管生产方法	3
三、钢管品种及用途	5
第二章 热轧无缝钢管生产	23
一、管坯准备	23
二、自动轧管生产	35
三、连轧管生产	55
四、周期轧管生产	88
五、三辊轧管生产	98
六、顶管生产	119
七、挤压钢管生产	127
八、钢管的冷却	138
九、钢管的矫直	147
十、钢管的切断、切头和倒棱	166
第三章 热轧钢管机组的轧制表和孔型设计	169
一、自动轧管机组的轧制表和孔型设计	169
二、周期轧管机组的轧制表和孔型设计	178
三、连轧管机组的轧制表和孔型设计	188
四、挤压钢管的轧制表和孔型设计	197
五、顶管机组的轧制表和工具孔型设计	201
第四章 焊管生产	210
一、中小直径电焊钢管生产	210
二、大直径电焊钢管生产	245
三、连续炉焊管生产	280
四、钎焊管生产	289
第五章 冷拔冷轧钢管生产	296
一、概述	296
二、冷拔冷轧工艺和设备特点	299
三、冷拔冷轧管设备组成及布置	316
四、现代冷拔冷轧管车间	326
五、特殊钢管的冷拔冷轧	335
第六章 钢管的化学处理、热处理和表面涂层	349
一、钢管的化学处理	349

二、钢管的热处理	357
三、钢管的表面涂层	375
第七章 钢管的无损探伤	386
一、概述	386
二、用于钢管的无损探伤方法	386
三、钢管无损探伤的实际应用	399
第八章 钢管生产的自动化	415
一、钢管机组的特点及自动化的发展趋向和范围	415
二、钢管尺寸自动测量的方法和设备	416
三、管坯准备、加热和运送过程的控制	423
四、钢管斜轧机的自动化	427
五、钢管纵轧机的自动化	443
六、电焊钢管机组的自动化	456
七、钢管精整的自动化	468
八、应用计算机实现自动化并提高生产率	476
第九章 钢管机组生产能力计算	484
一、自动轧管机组生产能力计算	484
二、连轧管机组生产能力计算	491
三、周期轧管机组生产能力计算	496
四、三辊轧管机组生产能力计算	502
五、挤压机组生产能力计算	508
六、中小电焊钢管机组生产能力计算	516
七、连续炉焊管机组生产能力计算	524
八、大直径直缝焊管机组的生产能力计算	527
九、大直径螺旋焊管机组的生产能力计算	533
参考文献	537

第一章 总 论

一、各国钢管生产概况

钢管是一种重要钢材。世界各国都十分重视钢管生产的发展，钢管的增长速度往往超过了粗钢的增长速度。各国的钢管产量一般均占钢材产量的10%左右，苏联、意大利等国家甚至占到16%以上（见图 1-1）。

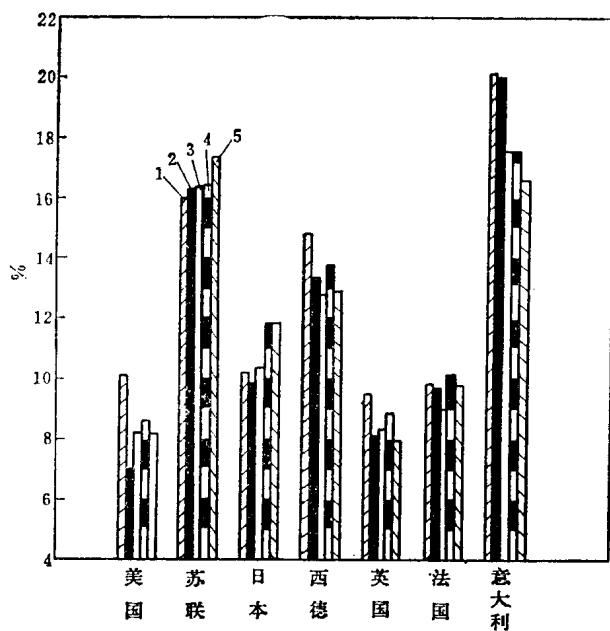


图 1-1 各国钢管产量占钢材的比例

1—1975年； 2—1976年； 3—1977年； 4—1978年； 5—1979年

从1974年世界上钢管总产量达到6060万吨以后，一直保持这个水平，在六千万吨上下波动。几个主要产钢国家近几年的钢管产量见图 1-2。

美国、苏联等国家所生产的钢管主要是本国自用，出口量所占比重很小，而西德、日本、意大利等国家则相反，出口占了很大比重。以1976年为例，西德出口了300万吨钢管，占其钢管产量的70%以上；日本出口约 500 万吨，占56%；法国、意大利和英国的钢管出口量也占40~50%。

在各国的钢管产量中，无缝钢管和焊管所占比例不尽相同，但总的趋势是焊管比例在不断增大，如图 1-3 所示。目前，意大利和日本的焊管产量在其钢管产量中所占比例最高，已超过73%。苏联、美国、西德的焊管比例在50~60%之间，法国、英国在65~70%之间。焊管产量增长较快主要是因为焊管生产成本比无缝钢管低，随着焊管质量的不断提高，越来越多的无缝管为焊管所代替，同时，用量很大的大直径输送管又只能用焊管。不过，近年来，随着价廉的连铸坯作为管坯在无缝钢管生产中的推广使用，无缝钢管的生产成本正在日益下降。预计今后无缝钢管将会得到较快的发展，无缝钢管所占比例有可能有

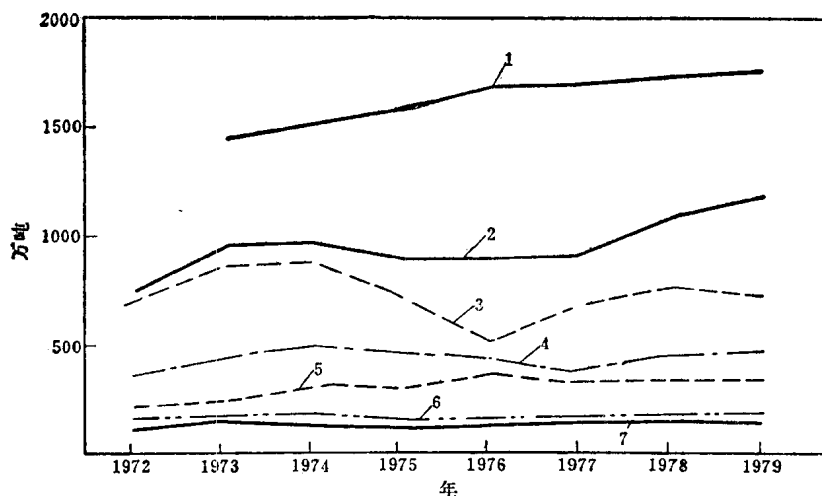


图 1-2 各国近几年的钢管产量

1—苏联；2—日本；3—美国；4—西德；5—意大利；6—法国；7—英国

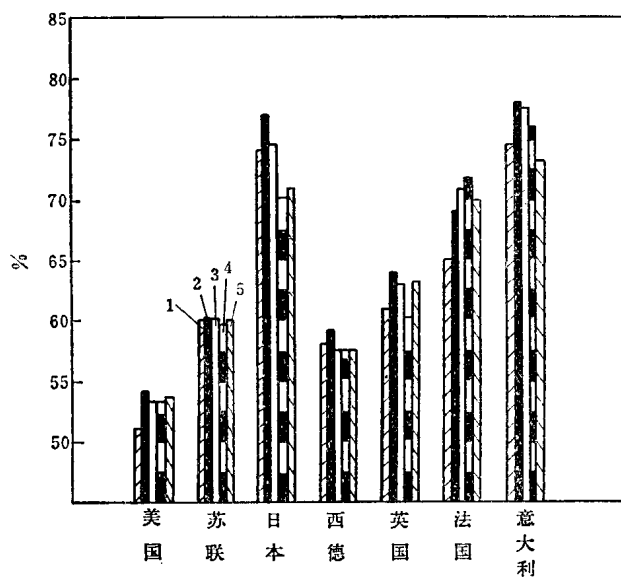


图 1-3 各国焊管产量的比例

1—1975年；2—1976年；3—1977年；4—1978年；5—1979年

一定程度的增加。

钢管的规格和质量反映在各国所采用的技术标准中。在有关的钢管技术标准中，对钢管的化学成分、机械性能、尺寸精度和检查验收方法等都有规定。一般来说，各国都有自己的相应标准，如

美国：ASTM, ASME, ABS, API

日本：JIS, NK

西德：DIN

英国：BS, LR

法国：NF, BV

苏联：ГОСТ

各国标准的内容不同，目前在世界上比较通用的是API、ASTM和JIS等。现将这几种标准的编号分别列在表1-1、表1-2和表1-3中。

表1-1 美国API标准

标准号	名称	钢级
API 5A API 5AX API 5AC	套管，油管，钻杆 高强度套管，油管，钻杆 限制屈服强度的套管，油管	H40, J55, K55, N80, D, E P105, P110, X95, G105, S135 C75, L80, C95
API 5L API 5LX API 5LS API 5LU	输送管 高强度输送管 螺旋焊输送管 超高强度热处理输送管	A25, A, B X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70 A, B, X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70 X80, X100

表1-2 美国ASTM标准

分类	碳钢	合金钢	不锈钢	特殊用途
配管用管	A53, A120 A134, A135 A139, A211 A539 A155, A381 A672 A106, A587	A369, A335 A405 A691 A714	A312, A731 A358, A376 A430 A409 A270, A651	A333, A524 A671 A523, A589
锅炉热交换管用	A178, A192 A210, A226 A556, A557 A179, A214 A161	A209, A213 A250, A423 A692 A199, A200	A268, A269 A632 A249, A688 A669, A498 A271	A334
机械用管	A512, A513 A519 A252, A500 A501, A595	A618	A511, A554	

二、钢管生产方法

1. 无缝钢管的生产方法

热轧无缝钢管的生产方法很多，按其设备主要有以下几种：

- 1) 自动轧管机组；
- 2) 连轧管机组；
- 3) 周期轧管（皮尔格）机组；
- 4) 三辊（阿塞尔）轧管机组；
- 5) 顶管（艾哈德）机组；
- 6) 挤压管机组。

这些无缝钢管生产方法各有其特点，适用范围也不同。按照目前的技术发展条件，从产品规格上来说，连轧管机组一般适于生产小直径钢管（ $\phi 140$ 毫米以下），自动轧管机

组适于生产中小直径钢管（ $\phi 426$ 毫米以下），周期轧管机组适用于大中直径钢管（ $\phi 660$ 毫米以下）。三辊轧管机组适于生产 $\phi 200$ 毫米以下的精度要求高的轴承钢管和机械用管。顶管方法既可用于生产 $\phi 177$ 毫米以下的小直径钢管，也可用来生产特大直径的管筒，最大直径可达1500毫米。挤压机所生产的钢管规格，随着挤压机吨位的不断增大而日益扩大，一般来说，主要用来生产 $\phi 230$ 毫米以下的钢管和各种异形管。近几年新发展的限动芯棒连轧管机可以生产直径达356毫米的钢管，从而扩大了连轧管机的应用范围。直径大于660毫米的钢管可经扩径机生产。

从产品品种来说，上述各种生产方法所适宜于生产的钢管列在表1-4中^[1]。

表 1-3 日本JIS标准

分 类	标 准 号	名 称	符 号	钢管生产方法
配管用管	JIS G 3452	配管用碳钢管	SGP	S, E, B
	G 3454	压力配管用碳钢管	STPG	S, E
	G 3455	高压配管用碳钢管	STS	S
	G 3456	高温配管用碳钢管	STPT	S, E
	G 3457	配管用电弧焊碳钢管	STPY	A
	G 3458	配管用合金钢管	STPA	S
	G 3459	配管用不锈钢管	SUS-TP	S, A
	G 3460	低温配管用钢管	STPL	S, E
	G 3442	水道用镀锌钢管	SGPW	S, E, B
	G 3443	水道用涂层钢管	STPW	S, E, B, A
热传导用管	JIS G 3461	锅炉热交换器用碳钢管	STB	S, E
	G 3462	锅炉热交换器用合金钢管	STBA	S
	G 3463	锅炉热交换器用不锈钢管	SUS-TB	S, A, E
	G 3464	低温热交换器用钢管	STBL	S, E
结构用管	JIS G 3444	一般结构用碳钢管	STK	S, E, A, B
	G 3445	机械用碳钢管	STKM	S, E, B
	G 3441	结构用合金钢管	STKS	S, E, A
	G 3446	结构用不锈钢管	SUS-TK	S, E, A
	G 3466	一般结构用方钢管	STKR	
特殊用管	JIS G 3447	卫生用(牛奶和食品工业用)不锈钢管	SUS-TBS	S, E, A
	G 3465	钻孔用无缝钢管	STM	S

钢管生产方法：
S—无缝钢管；
E—电阻焊管；
B—炉焊管；
A—电弧焊管（直缝和螺旋焊管）。

至于冷加工方法，有冷拔、冷轧和旋压等三种，它们的适用范围将在后面第五章中谈及。

2. 焊管的生产方法

焊管的成型方法和焊接方法是各式各样的。按照产品的规格和钢种以及产量的要求，可以采用不同的焊管机设备。

焊管按照直径的大小一般可以分为大直径焊管和中小直径焊管两类。大直径焊管一般

表 1-4 无缝钢管生产方法所适于生产的钢管

钢 种	主 要 用 途	生 产 方 法					
		自动轧管	连轧管	三辊轧管	周期轧管	挤 压	顶 管
碳合金钢	石油管：套管	○	○		○		
	油管，钻杆	○	○		○		○
	结构管：机械结构	○	○	○	○	○	○
	轴承管			○		○	
	配 管：高温、低温	○	○	△	○	△	○
	高压用管						
	输送管	○	○		○		
	锅炉热交换用管	○	○			○	
	高压容器用管	○	○				
不锈钢	配管：高温、耐腐蚀管	△			△	○	○
	锅炉、化工用高温、耐腐蚀管	△				○	○
	原子能用管	△				○	○
高合金钢	化工用管：耐热、耐腐蚀管					○	
	原子能用管					○	

○—主要生产方法；△—非主要生产方法。

指直径大于 426 或 508 毫米的钢管，按其成型方法有 UOE 压力成型焊管机组、双焊缝 UO 焊管机组、C 压力成型焊管机组、排辊成型焊管机组、三辊弯板成型机以及螺旋焊管机组等多种设备。大直径钢管的焊接方法一般均采用 2 电极或 3 电极的埋弧焊。

中小直径焊管一般指直径小于 426 毫米的钢管。其生产方法主要是电阻焊（高频接触焊，高频感应焊，方波电焊，直流电焊）和连续炉焊。保护气体电弧焊（TIG）、电子束焊及等离子焊等方法主要用来生产不锈钢和其他高合金钢焊管。

三、钢管品种及用途

按照用途的不同，可将钢管分成以下几类：

- 1) 配管，用来输送流体或某些固体（如煤炭、粮食、矿石等），包括石油天然气输送管和水煤气管等；
- 2) 热交换用管，通过管壁进行热交换，包括锅炉管、热交换器用管等；
- 3) 结构管，制做各种机器和构筑物用的钢管，包括自行车管、管桩、轴承管、各种结构用管；
- 4) 石油管，石油天然气钻采用钢管，包括钻杆、套管和油管等；
- 5) 其他，包括电缆管、高压容器用管等。

目前，无缝钢管主要用做石油管、锅炉管、热交换器用管、轴承钢管以及一部分高压输送管等。焊管一般用做输送管、一般配管、管桩以及各种结构管等。

随着技术的不断发展，各个使用钢管的部门对钢管的规格和性能提出了越来越高的要求。现将钢管的一些主要用途的现状和今后的发展趋势简略地介绍于后，从这里可以看到钢管生产发展的一些动向和前景。

1. 输送管

输送管主要是指输送石油和天然气的管线。这些输送管包括从油气井送到集中地的直径较小（4~24"）的集油管、送往用户的大直径干线以及石油产品输送管（2~16"）

等, 最近几年新敷设的各种管线的规格和长度列在表 1-5 和表 1-6 中。

输送管线的使用环境日益严酷, 条件更加恶劣。比如, 北海寒冷的海底敷设的管线, 阿拉斯加、加拿大、西伯利亚严寒地区的管线以及中近东、北非、苏联等地含 H_2S 油气的输送管等, 工作条件都是十分恶劣的。最近, 耐 CO_2 腐蚀的管线以及高压煤气喷射管等正在研制中。

输送管在规格方面有增加管径和管壁厚度的趋向。同时, 为了防止这种倾向, 要求提高钢管的强度, 进行高压输送和煤气的低温输送。海底管线的敷设深度不断增加, 因此也有加大壁厚和高强度化的需要。据报导, 主要输送管线的规格、强度及工作压力的动向如表 1-7 所示。目前, 输送管的强度是以 X60、X70 为主, 但强度和韧性的要求正在提高, 提出了 X80、X100 级的强度。同时又出现了耐破坏性能和氢脆等方面的问题。

表 1-5 各种输送管线的敷设置量^[1]

单位: 英里

类 别	美 国		世界其他国家		全 世 界	
	1976 (实际)	1977 (预计)	1976 (实际)	1977 (预计)	1976 (实际)	1977 (预计)
天然气管线						
输 送 管	1023	864	5094	5428	6117	6292
集 气 管	1108	1246	3086	3325	4194	4571
合 计	2131	2110	8180	8753	10311	10863
原油管线						
干 管	894	348	3342	3684	4236	4032
集 油 管	1016	1176	2216	2682	3232	3858
合 计	1910	1524	5558	6366	7468	7890
产品输送管						
炼制产品	914	1224	2628	2936	3542	4160
LNG	524	1372	832	945	1356	2317
LPG	362	346	460	528	822	874
氨	325	342			325	342
合 计	2125	3284	3920	4409	6045	7693
海底管线						
天 然 气	118	368	751	802	869	1170
石 油	126	52	669	660	795	712
合 计	244	420	1420	1462	1564	1882
总 计	6410	7338	19078	20990	25388	28328

目前在墨西哥湾、北海油田大量敷设的海底输送管一般都在水深300米以下。今后水深可能增加到600米。这样, 对于管线的要求就更加严格了, 在敷设的时候要求管线能够承受纵向弯曲, 而敷设以后又要求耐挤溃性能。最近调查^[1], 现在可以生产的钢管所能敷设的深度见图 1-4。

寒冷地区敷设的输油输气管线与日俱增, 目前正在施工和计划敷设的输送管线列在表 1-8 中。寒冷地区所用输送管的性能要求中首先是低温韧性。对于韧性的评定方法是夏比 (Charpy) 冲击试验和落锤撕裂试验 (DWT)。一般在钢管轴向和周向都有严格的规定。表 1-9 中所列是寒冷地区输送管的技术性能要求, 其中对输气管的要求可以说是目前最高的。

表 1-6 1976~1977年敷设管线的规格^[1]

单位: 英里

公称直径, 英寸	美 国		世 界 其 他 国 家	
	1976 (实际)	1977 (预计)	1976 (实际)	1977 (预计)
2~4	943	1336	2186	2572
6	1074	1024	1340	1560
8	482	727	1222	1285
10	578	510	1103	1364
12	280	1415	1018	1247
14	35	22	474	393
16	293	240	1176	1202
18	84	63	340	238
20	641	424	1292	1310
22	16	36	220	263
24	222	218	715	692
26	75	42	463	425
28	18	21	212	124
30	668	444	1646	1820
32	12	46	485	506
34	32	28	682	712
36	185	172	1246	1328
38~40	214	80	58	605
42	54	65	1025	1286
48~56	496	46	620	614

表 1-7 输送管规格性能的发展动向^[1]

项 目	陆 地 敷 设 管 线		海 底 管 线	
	天 然 气	石 油	天 然 气	石 油
钢管直径, 英寸	36~56	30~48	30	20~30
管壁厚度, 毫米	10~19	7~14	12~25	12~25
屈服强度, 公斤/毫米 ²	45~49	36~45	42	36
工作压力, 公斤/厘米 ²	71~102	49~70	91~140	49~90

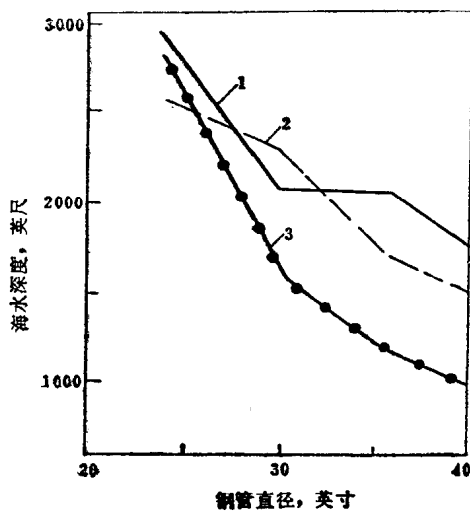


图 1-4 海水深度与现在生产钢管尺寸的关系

1—钢级 B, 2—X52, 3—X65

- 注: 1. 高强度管的管壁都比较薄, 因此可能敷设的深度较小;
 2. 假设有 0.75% 的不圆度;
 3. 考虑到弯曲应力和其他因素, 要加 2.25 的安全系数。

表 1-8 正在施工或计划施工的寒冷地区输送管线及其他长距离输送管线⁽¹⁾

地区	工程或公司名称	始 点	终 点	距 离 公 里	外 径, 毫 米	壁 厚, 毫 米	强度级别	输送内容	完成时间
北 美	阿利耶斯卡石油管线服务公司 (Allyeska P.L. Service Co.)	普拉德霍湾 (Prudhoe Bay)	瓦尔德兹 (Valdez)	1270	1220(48")	11.7, 14.27	X 60, X 65, X 70	原 油	1977 ^①
	阿尔康管线工程 (Alcan Project)	普拉德霍湾	美国国境	2886	1067(42")	—	X 70 ^②	天然气	1981
美	富特希尔斯管线公司 (Foot Hills Pipe Lines Ltd.)	麦克肯齐三角洲 (McKenzie Delta)	加拿大南部	1320	1067(42")	—	X 70 ^②	天然气	1983
	极地天然气工程 (Polar Gas Project)	加拿大北极圈	加拿大南部	4800	1067(42"), 1220(48")	—	X 70	天然气	—
北 海	英国石油公司(BP)	福蒂斯油田 (Forties Field)	克鲁登湾 (Cruden Bay)	177	813(32")	19.05	X 65	原 油	1975 ^①
	美国石油公司	尼尼安油田 (Ninian Field)	萨勒姆湾 (Sullom Voe)	145	914(36")	19.05	X 65	原 油	1977 ^①
	西方石油公司(Occidental)	派珀油田 (Piper Field)	奥克尼(Orkney)	193	762(30")	19.05	X 60	原 油	1977 ^①
	法国石油公司(CFP)	弗里格油田 (Frigg Field)	圣弗格斯 (St. Fergus)	362	813(32")	19.05	X 65	天然气	1977 ^①
苏 联	布兰特管线系统 (Brent System)	布兰特油田	圣弗格斯	450	914(36")	22.0	X 60	天然气	1978
	西西伯利亚管线 ^③			2751 2900 1500	1016(40"), 1420(56") 1420(56") 1420(56")	16.5, 19.5 16.5, 19.5 16.5, 19.5	X 70 X 70 ^② X 70	天然气 天然气 天然气	1980 ^① 1980 1980 ^①
其 他	伊朗国家天然气公司 (National Iranian Gas Co.)	(伊朗) 坎甘(Kangan)	(苏) 阿斯塔拉 (Astara)	1400	1220(48"), 1420(56")	15.75	X 65	天然气	1981
	沙特阿拉伯国家石油公司 (Petromin)	加瓦尔(Ghawar)油田	延布(Yanbu)	1260	1220(48")	11.1	X 65	原 油	1979
	穿越地中海管线 (Trans-Mediterranean Pipeline)	(阿尔及利亚) 哈西鲁迈勒 (Hassi R. Mel) 油田	意大利	2400	406(16")~508(20") 1016(40")	—	—	天然气	1983

① 全部或部分钢管由日本供应; ② 数据欠准确; ③ 这里可能包括从北西伯利亚乌连戈伊气田到匈牙利边境的乌日戈罗德城的天然气管道。目前这一管道正在施工, 1982年年底将完成大约1500公里。

为了提高钢管的强度和韧性，从炼钢生产就开始采取措施，包括脱硫（目前 $S < 0.01\%$ 的钢已经很容易生产了，正在为低温韧性要求严格的用户生产 $S < 0.005\%$ 的钢种），真空脱气和添加REM（稀土金属）、Ca等使钢中所含MnS变成对于韧性没有恶劣影响的球状。

在钢板（焊管的原料）生产中广泛采用控制轧制的方法细化组织，以提高强度，降低转变温度，为此还要加添Nb、V等元素。最近发表的一种称做“SHT”^①的旨在改善低温韧性的轧制方法，是在通常的控制轧制（CR）方法中增加一个低温加热过程。在一次轧制后，用低温加热的办法得到细晶粒奥氏体，作为最终的极细晶粒的铁素体+珠光体组织，从而得到控制轧制难以得到的低温韧性好的钢板。“SHT”轧制方法的概念示于图1-5中。用SHT方法和控制轧制方法制造的钢板所焊成的大直径焊管的性能列在表1-10中^[1]。

表 1-9 寒冷地区输送管线的技术性能

项 目		石 油 输 送 管	天 然 气 输 送 管
试验温度		-10℃	-4℃, -23℃, -62℃
钢 级		X 60, X 65, X 70	X 65, X 70
CVT ^①	母 材	≥50英尺·磅	≥60英尺·磅
	热影响区	(0℃) ≥30英尺·磅	≥40英尺·磅
B-DWTT(SA)		—	≥85%

① CVT—夏比冲击试验。

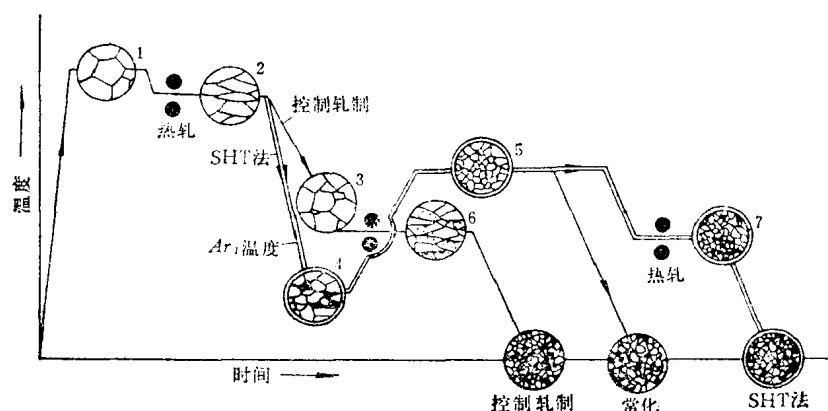


图 1-5 SHT法、控制轧制法及常化热处理时的晶粒组织变化

1—高温加热后的粗晶粒奥氏体；2—轧制后的奥氏体组织；3—再结晶奥氏体组织；4—粗大铁素体；5—加热到 A_{C3} 点以上所得到的细晶粒奥氏体组织；6—以铁素体为结晶核的延伸的奥氏体组织；7—二次轧制后的微细晶粒奥氏体

苏联哈尔则兹钢管厂最近开始生产多层的输气管道，年生产能力为50000吨。这种用普通钢钢板制成的多层钢管可以用来输送高达120大气压的煤气，不仅可以提高输气管线的效率50%，同时也减少了昂贵金属的消耗量。据报导，1979年已经使用了35000吨这种

① SHT系Sumitomo High Toughness（住友高韧性）之缩写。