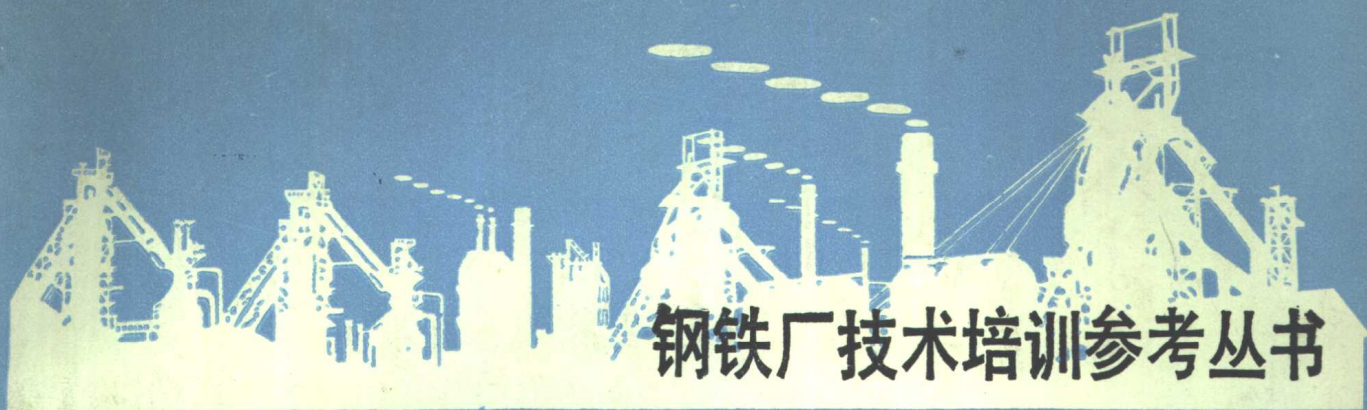




钢铁厂技术培训参考丛书

钢管精整

冶金工业出版社

35.21

15

内 容 提 要

《钢管精整》全书共分九章，包括精整的标准工序、矫直、切断与端面加工、热处理、车螺纹、修磨、量尺与称量、喷字与防锈，以及打捆与出厂等。

本书着重讲述了钢管精整的必要性，详细介绍了各种精整方法及目前所使用的精整设备；并从基本原理出发，对各工序的各种问题尽可能以通俗易懂的语言加以解释。以期读者学习本书后，既能理解钢管精整的基本知识和原理，解决精整过程中的问题，又能理解用户的要求。

全书内容系统，文字简要，并配有多种图表。

本书可供钢铁厂及钢管生产厂工人和技术管理人员进行技术培训时参考，对有关专业的技术人员也有参考价值。

钢铁厂技术培训参考丛书

钢 管 精 整

王宝录 译

刘 峰 王世英 校

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 $7\frac{3}{4}$ 字数 176 千字

1988年 4 月第一版 1988年 4 月第一次印刷

印数 00,001~600 册

ISBN 7-5024-0323-X
TF·80 定价 1.25元

出版说明

《钢铁厂技术培训参考丛书》（以下简称《丛书》）是为了适应我国钢铁企业开展职工技术培训工作的需要，由我社组织翻译的一套日本的技术培训教材，拟分册陆续出版，由我社内部发行，供钢铁企业开展技术培训时参考，也可以供具有初中以上文化程度的职工自学技术时参考。

这套《丛书》包括技术基础知识11本，专业概论8本，冶炼和轧钢专业知识46本（冶炼专业13本，轧钢专业33本），共计65本（具体书名见书末的《钢铁厂技术培训参考丛书》书目）。

这套《丛书》所介绍的工艺、设备和管理知识，取材都比较新，反映了日本钢铁工业的技术水平和管理水平。这套书在编写时，对理论方面的知识，作了深入浅出的表达；对设备方面的知识，配有大量的结构图，简明易懂；对工艺方面的知识，给出了较多的操作工艺参数，具体明确。这套《丛书》的编写特点可以概括为：新、广、浅，即所介绍的知识比较新，所涉及的知识面比较广，内容的深度比较浅。

为了便于教和学，书的每章都附有练习题，概括了该章的主要内容；每本书的后面都附教学指导书，既有技术内容的补充深化和技术名词的解释，又有练习题的答案。

根据我们了解，日本对这套书的使用方法是：技术基础知识部分和专业概论部分是所有参加培训学员的共同课程；冶炼和轧钢专业知识部分是供专业教学用的。由此可以看出，日本的职工技术培训，主要强调的是扩大知识面。强调现代钢铁厂的工人，应该具有广博的科技知识。这一点，对我们今后制订技工学校和职工技术培训的教学计划，是会有参考意义的。

我们认为这套《丛书》不仅适合钢铁企业技工学校和工人技术培训作教学或自学参考书，也可作中等专业学校编写教材的参考书，其中的技术基础知识部分和专业概论部分也可作各级企业管理干部的技术培训或自学参考书。

在翻译和编辑过程中，对原书中与技术无关的部分内容我们作了删节。另外，对于原书中某些在我国尚无通用术语相对应的技术名词，我们有的作为新词引进了；有的虽然译成了中文，但可能不尽妥当，希望读者在使用过程中进一步研讨。

参加这套《丛书》翻译、审校工作的有上海宝山钢铁厂、东北工学院、鞍山钢铁公司、北京钢铁学院、武汉钢铁公司、冶金部情报研究总所等单位的有关同志。现借这套《丛书》出版的机会，向上述单位和参加工作的同志表示感谢。

整套《丛书》的书目较多，篇幅较大，而翻译、出版时间又较仓促，书中错误和不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

一九八〇年二月

序 言

钢管主要用来输送流体（一般叫做输送管、英文叫“pipe”）和用作锅炉等的热交换器管（叫做管子，英文叫“tube”）。战后作为结构件，与型钢等有同样的用途，即用作轴承部件和汽车部件等机械零件。钢管的主要用途即这四种，其需要量正日益增大。

在这些用途方面钢管之所以是无与伦比的，是因为它有其它钢材无法与之相比的一些特点。它能以管壁为界，将物流完全区别开；能用来进行热交换；由于其为圆形断面，耐外压力方面是超群的；加之通过改变外径和壁厚，能任意地选择断面积、耐压力、抗弯曲和抗扭曲力；强度高而重量轻。

管材的需要量之所以急剧增长，是因为管子能用各种材料来制造，而且质量和精度也高。

制管工序的主要任务是完成管子的圆形外径和壁厚。本讲座是以在各种用途中使用方便为出发点，讲解整个管子形状和性质的精整工序。

制管后的精整作业中，为了容易搬运管子，首先要对其进行矫直；由于在调整钢的性能的热处理中，要对钢管进行加热和冷却，故必须重新进行矫直。矫直后，由于管子长度没有变化，可以进行切管或平端；而后，根据客户的要求，制作管接头及车螺纹，用漏字板喷上商品名称等；最后，打捆和发货。这是标准的工序。但是，对于在各个环节作为质量管理而进行的检查，这里，只涉及到车螺纹、量尺和称重，其它各项由别的讲座来阐述。

精整同制管不一样，工序并不是统一的，而是根据钢管种类或用途，对所需要的工序进行组合。各种作业的内容也是千变万化的。

一方面，制管工序多半是机械化、远距离操作、连续作业；与之相比精整作业则是以一根根钢管为对象，按照用户的严格要求操作的。

向来都是站在制造厂和用户的立场上，根据现行标准的说明，规定施行的作业，并认为这是最根本的东西。考虑到这一点，本讲座着重讲下列各点：

- ① 弄清楚精整工序为什么是必要的，明了管子的用途、用户的要求及其相互关系。
- ② 从基本原理出发，弄清各工序的各种现象，而且要用尽可能通俗的语言解释精整理论。
- ③ 为了能获得相同的结果，要介绍各种各样的精整方法，与现在使用的设备加以比较。

特别是，本讲座改变以前教科书的作法，不论是大径管还是小径管，也不问是热加工或是冷加工法制管，而是立足于所有管子都要精整这一点上加以叙述。

因此，听讲者也能知道由于管子尺寸和制管工艺不同而产生的对精整工序的影响。

一根根钢管各有自己的履历（输钢卡片）。精整作业中产生的现象和问题，有不少是设备固有的。

希望学员做一个能理解精整原理和基本知识、能解决问题的能手，成为最懂得用户的劳动者；希望工厂成为世界上最受用户信赖的生产厂。

目 录

第1章 精整的标准工序	1	(2) 管子的用途与端面形状	18
1. 精整工序的基本顺序	2	2. 钢管的切断	18
练习题	2	(1) 切管机的配置	18
第2章 矫直	3	(2) 种类和型式	18
1. 钢管的弯曲	3	(3) 切管速度	19
(1) 制管方法与弯曲	3	(4) 切管与质量	20
(2) 弯曲的影响	4	(5) 切刀式切管机	21
(3) 不圆的影响	5	(6) 管子锯断机	23
(4) 矫直的目的	5	(7) 砂轮切管机	24
2. 矫直原理	5	3. 钢管的端面加工	25
(1) 钢管的应变	5	(1) 加工种类及标准	25
(2) 通过反复弯曲矫直应变	6	(2) 用切刀倒棱	26
(3) 钢管不圆的矫正和钢管的弯曲	6	(3) 倒棱速度	28
(4) 连续矫直的斜辊矫直机	8	4. 金属切削的基础理论	28
3. 斜辊矫直原理	9	(1) 切屑生成机理	29
(1) 偏移	9	(2) 切削阻力	29
(2) 压扁度	9	(3) 刀瘤	29
4. 矫直机的型式和种类	10	(4) 车刀材质与切削温度	30
(1) 立柱型和压力机型	10	(5) 车刀形状与切削条件	31
(2) 辊式矫直机	12	(6) 切削剂	34
(3) 其它型式矫直机	13	练习题	34
5. 矫直的几个问题	13	第4章 热处理	35
(1) 矫直速度	13	1. 钢与热处理	35
(2) 管端弯曲的矫直	14	(1) 铁和钢	35
(3) 矫直缺陷	15	(2) 铁的结晶构造	35
(4) 钢管质量的变化	15	(3) 铁碳状态图	37
(5) 辊子间距	15	(4) 淬火现象	37
6. 矫直辊	15	(5) 钢的淬火	38
(1) 斜矫直辊的形状	15	(6) 退火	39
(2) 矫直辊样板	17	(7) 回火(调质)	41
(3) 矫直辊的材质	17	(8) 正火(常化)	41
练习题	17	2. 钢管的用途及其热处理	41
第3章 切断·端面加工	18	(1) 热处理的目的	41
1. 钢管的端面	18	(2) 钢管的用途与热处理	42
(1) 钢管的制法与管子的切断	18	3. 热处理设备	43

(1) 种类和型式.....43	第6章 磨修69
(2) 断续式炉(窑式炉).....43	1. 钢管的磨修.....69
(3) 连续式炉.....46	第7章 量尺·称量70
(4) 光亮热处理炉.....47	1. 量尺.....70
(5) 钢管尺寸与热处理设备的关系.....50	(1) 定尺与不定尺.....70
4. 热处理条件.....51	(2) 自动量尺机.....70
(1) 热处理的种类.....51	2. 称量.....71
(2) 不锈钢的热处理.....52	(1) 称量的意义.....71
(3) 加热速度和保温时间.....54	(2) 称量机的性能.....72
练习题.....54	(3) 钢管的称量.....72
第5章 车螺纹55	(4) 称量机的种类和型式.....
1. 钢管的管接头.....55	练习题.....74
(1) 管接头的种类.....55	第8章 喷字·防锈75
(2) 螺纹管接头.....56	1. 喷字与刻印.....75
(3) 螺纹各部分的名称.....58	(1) 标志方法.....75
2. 车丝机.....60	(2) 标志内容.....75
(1) 车丝机的种类.....60	(3) 喷字方法.....76
(2) 驱动机构.....60	2. 防锈·涂油.....76
(3) 车丝机的卡盘.....62	(1) 涂油的目的.....76
(4) 找正(定心).....62	(2) 油的种类.....78
(5) 车丝机的实际能力.....63	(3) 预处理.....79
3. 切削刀具.....63	(4) 涂油方法.....79
(1) 螺纹梳刀的材质.....63	第9章 打捆·出厂81
(2) 形状.....64	1. 打捆的目的.....81
(3) 切削油.....64	2. 打捆种类和型式.....81
4. 质量管理.....64	(1) 打捆方法.....81
(1) 螺纹标准(参见指导书5-1).....64	(2) 管端保护.....81
(2) 螺纹要素的检查.....65	3. 打捆自动化与打捆机.....82
练习题.....68	

教 学 指 导 书

第1章 精整的一般过程85	1. 学习目的.....85
1. 学习目的.....85	2. 术语解释与补充说明.....86
2. 术语解释与补充说明.....85	2-1 应变概念.....86
1-1 试验和检查.....85	2-2 设定偏移的计算方法.....86
3. 练习题解答.....85	3. 练习题解答.....86
第2章 矫直85	第3章 切断·端面加工86

1. 学习目的.....86	第6章 修磨..... 110
2. 术语解释与补充说明.....87	1. 学习目的..... 110
3-1、2高速钢与硬质合金工具的种 类和内容87	2. 术语解释与补充说明..... 110
3-3 日本产硬质合金工具牌号和 标准切削速度87	6-1 研磨材料 110
3-4 高速钢与硬质合金切削工具的 标准切削条件87	6-2 砂轮 110
3. 练习题解答.....87	(1) 粒度..... 110
第4章 热处理93	(2) 结合剂的种类..... 111
1. 学习目的..... 93	(4) 砂轮的结合度..... 111
2. 练习题解答..... 93	(4) 砂轮的标志..... 111
第5章 车螺纹 93	第7章 量尺·称量..... 112
1. 学习目的.....93	1. 学习目的..... 112
2. 术语解释与补充说明.....94	2. 本章学习内容简介..... 112
5-1 螺纹标准94	(1) 量尺..... 112
3. 本章学习总结..... 109	(2) 称量..... 112
(1) 钢管管接头..... 109	(3) 钢管的称量..... 112
(2) 车丝机..... 109	(4) 称量机的种类和型式..... 112
(3) 切削刀具..... 109	3. 练习题解答..... 112
(4) 质量管理..... 109	第8章 喷字·防锈 113
4. 练习题解答..... 109	1. 学习目的..... 113
	第9章 包装·出厂 113
	1. 学习目的..... 113
附: 《钢铁厂技术培训参考丛书》书目 114	

第 1 章 精整的标准工序

正如，虽然使用目的相同、规格相同的钢管，其生产方法也不只限于一种那样。同一用途的精整工序也不完全一样。

这是因为生产方法不同造成的，是由于尺寸（外径、壁厚、长度）的差异、管料材质的区别以及加工内容、精度、精整设备能力的限制等因素造成的。要根据质量、生产率及成本来决定精整工序。

表1-1是精整工序具有代表性的例子。

表 1-1 精整工序实例

用途・管种	JIS标准	制管 ^① 方法	矫直	中间 检查	管端 加工	冷加工	热处理 ^②	矫直	管端 加工	成品 检查 ^③		标志	包装	出厂
配 管 用	一般配管 用水道 用管	G3452	S.E.B		○	○				○	镀锌 车螺纹	○	○	○
	压力配管 用管	G3454	S.E		○	○				○		○	○	○
	高压配管 用管	G3455	S		○	○	A或N		○	○		○	○	○
	高温配管 用管	G3456	S		○	○	A A或N		○	○		○	○	○
			E		○	○			○	○		○	○	○
	低漏配管 用管	G3460	S.E		○	○	A或N		○	○		○	○	○
	配管用不 锈钢管	G3459	S.A		○	○	S		○	○		○	○	○
	配管用合 金钢管	G3458	S		○	○	A.N.T		○	○		○	○	○
	配管用电 焊碳钢管	G3457	A		○	○			○	○		○	○	○
热 交 换 器 用	锅炉热交 换器碳 钢管	S3461	S		○	○	A		○	○		○	○	○
			E		○	○	N		○	○		○	○	○
	锅炉热交 换器合 金管	G3462	S		○	○	A或NT		○	○		○	○	○
	锅炉热交 换器不 锈钢管	G3463	S.A		○	○	A或S		○	○		○	○	○

续表 1-1

用途·管种	JIS标准	制管 ^① 方法	矫直	中间检查	管端加工	冷加工	热处理 ^②	矫直	管端加工	成品 ^③ 检查	标志	包装	出厂
机械·结构用	一般结构用钢管	G3444	S.E B.A	○	○	○				○		○	○
	机械结构用管	G3445	S.E.B	○	○	●	○	○	○	○		○	○
	结构用不锈钢管	G3446	S.E B.A	○	○	○	○	○	○	○		○	○
油井用·输油用	油井用管	G3465 API5A API5AX API5AC	S.E	○	○	○	○	○	○	○		○	○
	输油钢管	API5L	S	○	○	○				○		○	○
		API5LX	A	○	○	○				○		○	○
		API5LS		○	○	○				○		○	○

① S—无缝制管法；E—电阻焊制管法；B—炉焊制管法；A—电弧焊制管法。

② A—退火；N—常化；Q—淬火；T—回火；S—固溶处理。

③ 成品检查中进行NDI（非破坏检查）、表面检查、尺寸检查和水压试验。在表面检查时，不合格而又能进行磨修的，磨修后再进行检查。

④ ○—制造厂省略的工序。

1. 精整工序的基本顺序

精整工序的基本考虑如下：

a. 钢管轧制后，特别是采用热加工制管方法，轧后进行冷却，使之达到常温，从此处算起，就称为精整工序。

b. 因为妨碍钢管搬运和传送操作的最主要因素是钢管的弯曲，所以，首先应对钢管进行矫直。

c. 为了向轧管工序退回质量不合格产品，在精整工序中钢管要进行接受检查；另外，为了控制质量，大多数用NDI（非破坏检验）方法进行全部的、全长的中间检查。

一般NDI法要求常温环境，而且探伤条件必须保持一定，所以应在矫直后进行。

d. 施行冷加工和热处理的钢管，不进行切管、管端加工。这就是说在冷加工和热处理加工之后，在截取各种破坏性检验试样的同时进行管端加工。

e. 冷加工和热处理后一定要进行矫直。

f. 如果矫直完了长度没产生变化，即进行钢管切断或者钢管端面加工。

g. 在各种精整工序的最终工序，为控制质量和检查产品，要进行各种检查（参见指导书1-1）。

h. 如果所有的检查全部合格，就要在钢管表面进行标记，然后进行包装。

练 习 题

矫直在精整工序中如果进行了两次，那么分别是在什么时候？目的何在？

第 2 章 矫 直

1. 钢管的弯曲

(1) 制管方法与弯曲

a. 冷却不均

在热轧定径工序终了之后，通常钢管要边回转边自然冷却。但是，在与钢管接触的滑轨、链条或螺旋部分，冷却这些部件的冷却水也会喷射到管子上。在钢管的轴向和周向，冷却速度都不均匀。

冷却的部分急剧收缩，在剩下的赤热部分冷却收缩时，就会把已经冷却的部分拉过来，由于这种收缩是一种复杂的变形，形成了较小的弯曲（图2-1）。

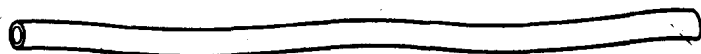


图 2-1 钢管的轻微弯曲

此外，严格地讲，由于圆周方向冷却速度的不同，热加工的钢管必然产生程度不同的变形。

b. 在定径机上产生的弯曲

不管是热加工或冷加工方法，如果定径机机架间中心线不一致，如图 2-2 所示，就象辊式弯曲机一样，使钢管在同一方向一点点弯曲下去。把这样的弯曲称为“大弯”。现在，反过来利用这种现象，用定径机能够把在 d 节中产生的大弯曲矫正过来。

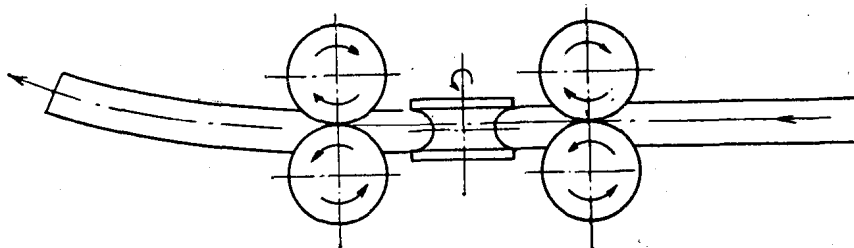


图 2-2 大弯曲

c. 管端产生的小弯曲

热轧钢管时，由于头部和尾部是不稳定的，壁厚、外径都不正常，形成弯曲的情况很多。在传送辊道运行期间，有时产生管前端弯曲等，使管端变形。

此外，象图 2-3 那样，若在定径机机架间相对于轧辊中心线有偏移，管子与轧辊不能在同一瞬间接触，管子就要受到弯曲作用。

一般来说，定径机上虽然进行减径，但因管子前端和后端没有张力，所以，弯曲残留到最后（图2-4），这种弯曲叫做管端弯曲。

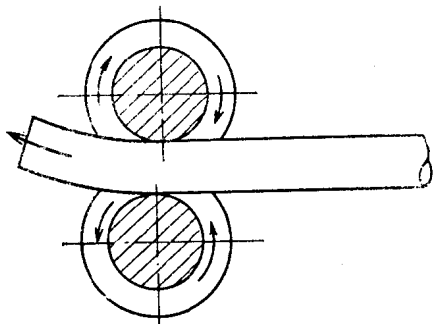


图 2-3 定径辊的偏心和钢管的接触

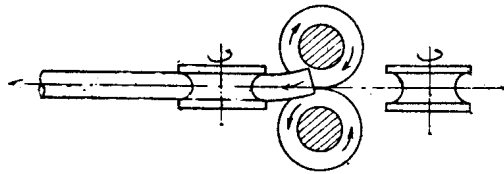


图 2-4 定径辊和管子端部通过的情形

d. 焊接热变形产生的弯曲

冷焊接制管法的 ERW 和螺旋焊接的大直径管等，只是在圆周的一部分上被加热，管子从轧辊的束缚中一解放出来，即随着时间的延续产生如图 2-5 所示那样的弯曲，变成大弯曲。更严格地讲，圆周方向也产生变形，使钢管成为不是真正的圆形。

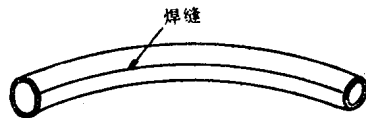


图 2-5 焊接管的大弯曲

e. 管坯引起的弯曲

如果管坯（圆钢或带钢）化学成分存在偏析，热轧管时，热加工性能和冷却速度就要产生差异，使钢管形成大的弯曲。

由于带钢存在被称为翘曲的弯曲，以带钢作原料的焊接钢管不能均匀并圆滑地成形，钢管产生大弯曲或扭曲。

f. 其它

在冷拔加工时，由于拔模中心线与拔管小车夹钳中心线偏移和与管坯中心线偏移等，都会使断面变形不均匀，从而产生大弯曲。

(2) 弯曲的影响

a. 传送

钢管精整时，由于钢管是圆形的，能够自行转动，故而搬运时有其特殊的优越之处。即除特殊的异形钢管外，所有钢管的外观都是圆而细长的，不论外径尺寸大小，用小于其重力的动力，人们就能将其平移、搬运。这在经济上是便宜的。传送台架的斜度根据钢管尺寸（外径、长度）及弯曲状况而定，一般采用 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 。

这一点是其它钢材无法模仿的特征，也是成为使操作者“不安全”和“产生噪音”的原因。

但是，如果钢管有弯曲变形，则传送不能顺利进行。这是由于各个断面的重心不在一条直线上，必然会在相对于重力最稳定的位置上停下来，使钢管不能继续传送。小弯曲的管子和管端弯曲的管子相互抵制，使其在转动时必须推开相邻的其它管子，因此，其传送变得非常困难。这样，不仅不利于精整过程，同样也不利于在仓库和用户处的装卸与搬运。

b. 堆放

同一尺寸的钢管最紧密地接触如图 2-6 所示，成 60° 堆放。如果钢管有弯曲，则这种

关系遭到破坏，需要格外地加大仓库场地。

c. 管端加工

管子端部需要进行倒棱和车螺纹，但管子的卡紧位置和管子端部不可能是同一位置。图 2-7 中所示是在距离为 l 处卡紧，若管端弯曲，由于刀具与管端不在同一轴线上，必然形成偏心加工。无论在钢管对接焊接时，还是用管接头进行螺纹连接时，管端弯曲都是不适宜的。尤其是对于油井管，这种情况会给操作带来很大困难。

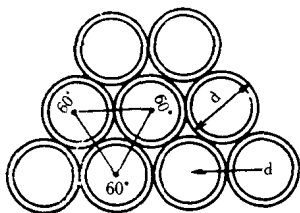


图 2-6 同一直径钢管的接触

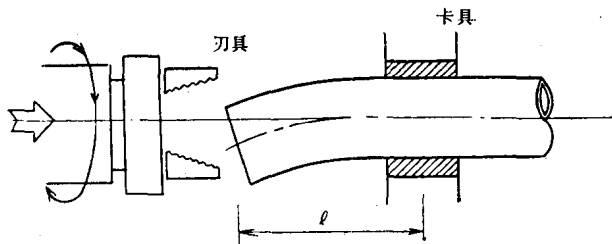


图 2-7 管端弯曲与刀具加工

(3) 不圆的影响

与 (2) 所述相同，钢管不圆会妨碍钢管流畅地传送，降低管端加工精度。

(4) 矫直的目的

把钢管的弯曲矫直是矫直机的本来目的，但现在的矫直还带来其它一些效果。

- ① 钢管轴向弯曲的矫正。
- ② 提高圆度。
- ③ 氧化铁皮的剥落和磨光作用。

2. 矫直原理

各种矫直机中，最古老的是板式矫直。1860 年产生了辊式矫直机的概念，这以后，大约经历了 50 年的时间才诞生了型钢和钢管矫直机。

这些矫直机的历史虽不太长，但设计和运转方式很多，积累了许多经验，也做了若干研究。然而，至今尚不能满足生产的要求。

(1) 钢管的应变

由于焊接钢管热弯曲或从热加工以后的冷却过程中产生的小弯曲，以及因局部的不圆等，必然在这些部位产生“应力”，这种应力被称作“残余应力”。但是，考虑到热变形大部分是在钢的再结晶温度（约 500°C ）以上产生的弯曲，它只是作为变形的残留，没有应力存在。

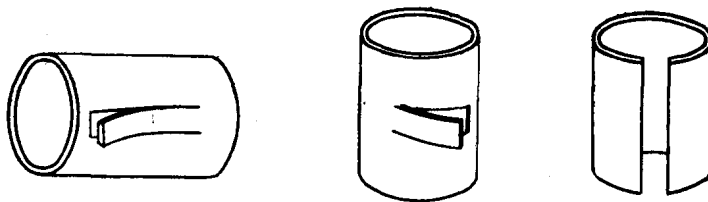


图 2-8 钢管的残余应力

所谓“残余应力”，例如把相应部分用金属锯锯成槽时，若发生如图2-8那样的变化，则证明是受着拉伸、压缩或扭转的力，把这个力除以各负荷所在的断面积，称为“应力”，而且把由于这种应力作用而产生之变形的变形量叫做“应变”（参见指导书2-1）。

现在把长为 l_0 的钢管象图2-9那样弯曲，在弯曲的外侧作用着拉应力，内侧作用着压应力。这种应力越接近钢管表面处越大。而且，即使卸除负荷，钢管仍保持弯曲状态，说明应力足够大，并表明这些应力超过了其屈服点。A点和C点等处应力超过了屈服点，而其它点，诸如B点和D点等则因为未达到屈服点，卸载后就要恢复原状。A点和C点阻碍它们恢复原状，使钢管保持弯曲状态。这就是在这里产生残余应力的道理。

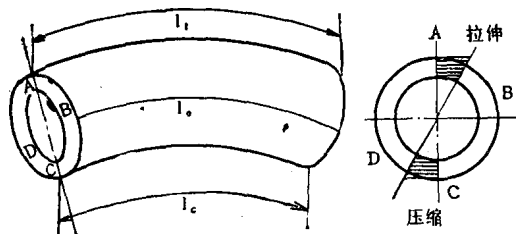


图 2-9 钢管的弯曲和应力的产生

（2）通过反复弯曲矫直应变

存在应变就是弯曲，由于把应变 = 变形量(压缩余量或伸长余量)修正，弯曲也就消除了。

关于应力和应变共存和只存在应变这两种情况的修正原理，作如下的解释。

在图2-9中，C部分的外表面被压缩成长为 l_c ，由于反抗这一压缩而产生了压缩应力。应变是 $l_0 - l_c = \varepsilon$ 。把它作为图2-10的①状态。

在图2-10中，如②所示给予反方向弯曲，把C部分延长，在某一时刻钢管变为直的。但是，当外力一解除，钢管则由于弹性回复作用，又恢复原来的弯曲状态；虽有少量的矫正，但仍未成为直的。因此，再在同方向弯曲成③的时候，若外力解除，在弹性回复后，开始变成直线状。这就是矫直的简单原理，是压力型矫直机的基本作用。

但是，实际上几乎所有的矫直机都是加过负荷到④状态，然后，如⑥那样，在反方向弯曲，经过其后的弹性回复，渐渐成为直线的钢管。

关于C部分的现象，用应力—应变图表示就是图2-10。

为什么过弯曲到④的程度呢？这是因为：

甲．对于厚壁管不仅外表面就连内表面也产生很大的塑性变形。参照图2-11。

乙．每根钢管的弯曲的大小在钢管的不同部位是千差万别的。根据钢管弯曲状况，调整相应力的大小实际是办不到的。这是由于对于不同的 ε 一定要使其超过屈服点。

所以对④和⑦当给予相当过大的弯曲时，④和⑦的平衡被破坏，在弹性回复后，也不变直。

（3）钢管不圆的矫正和钢管的弯曲

由于圆周方向冷却不均和由于焊接热变形等引起的钢管不圆，如图2-12所示，可把管子夹持在矫直辊子之间推压管子并使辊子旋转进行矫正。

不圆的矫正原理与前面所述一样。当钢管圆周上的某点被弯曲到塑性变形范围时，再解除弯曲。在与辊子接触点上，作用在管子上有两个反方向作用力，这样可使管子在全周方向上受到普遍的反反复弯曲作用。

结果使管子在圆周方向上变形更均匀，使圆周方向等壁厚钢管的不圆度得到修正，更

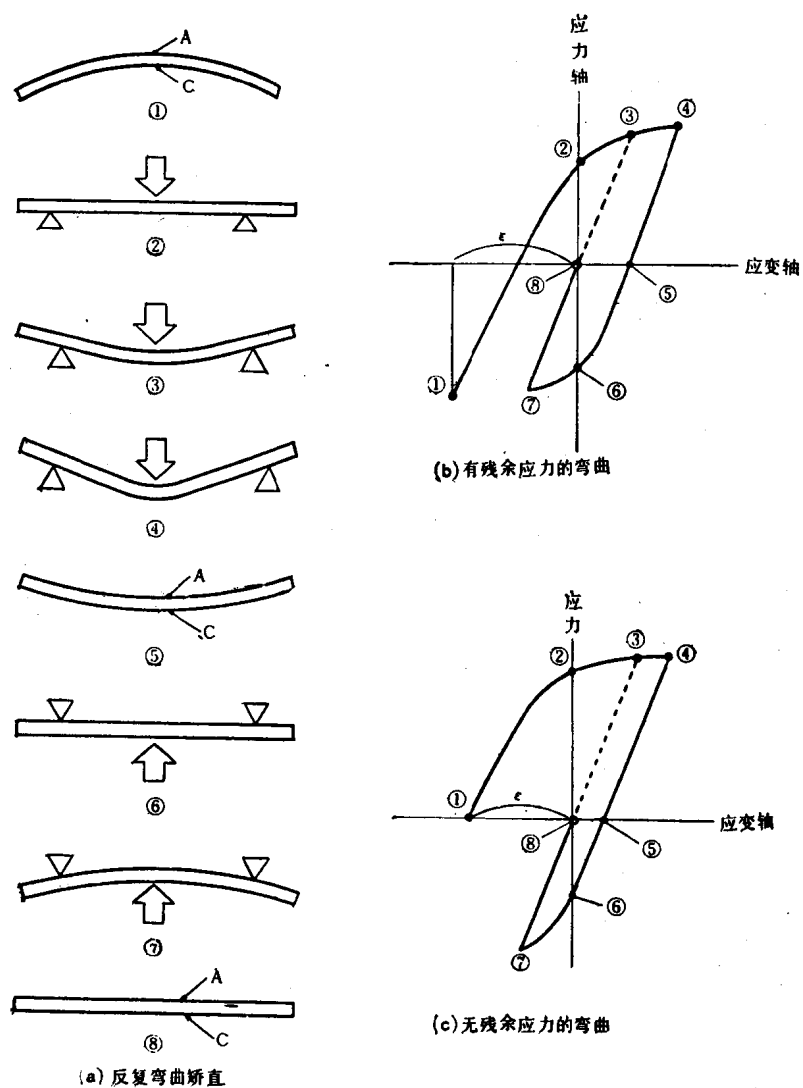


图 2-10 反复弯曲矫直与应力—应变图的关系

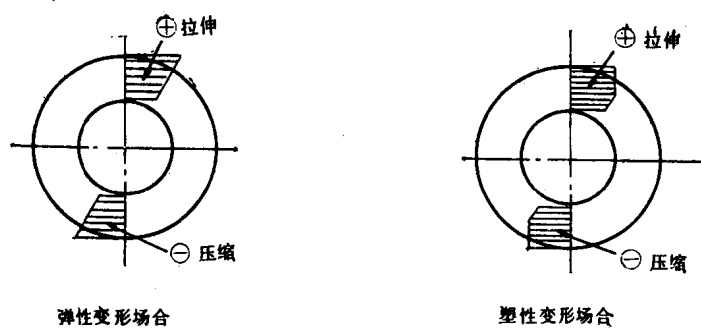


图 2-11 钢管产生的弯曲应力的大小

接近圆形。

另一方面，由于存在不圆变形也能消除钢管轴向相邻部分的弯曲变形影响的不均匀变形。这种反复的椭圆加工可使管子轴向弯曲大大减小。

(4) 连续矫直的斜辊矫直机

消除钢管弯曲的装置如4节所述有种种不同形式，但具有高效率的是辊式矫直机。辊式矫直机中，最主要的是斜辊矫直机。

斜辊矫直机有相对配置的鼓形辊（指中间凹的日本鼓。——译者注）。其中一排辊相对管子通道轴线向右上方向倾斜 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 。另一排辊向左上方倾斜同样的角度。辊子通过万向接手与减速机连接。每个辊子分别用一台马达，或全部辊共用一台马达驱动。

另外，用部分非驱动（空转）辊的矫直机也在设计，用以矫直大直径钢管。

各个辊都能相对于连接轴单独改变角度，角度变化范围一般为 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 。角度大，辊子转数越快，称之为高速矫直，生产效率高。角度的调整如图2-14所示，有的用连接杆有的用凸轮。

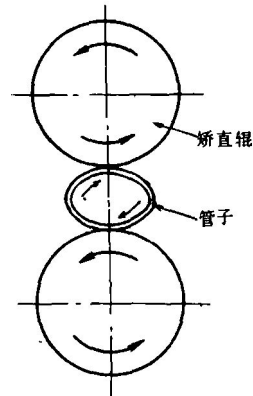


图 2-12 椭圆矫正

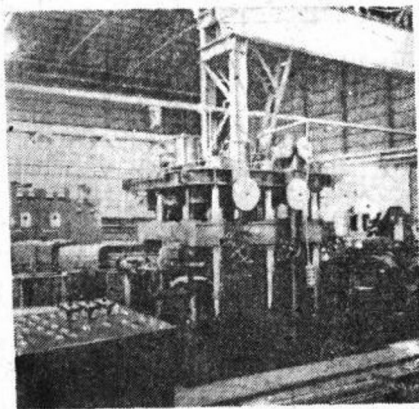


图 2-13 矫直机

左图：立式七辊，六个主动辊的矫直机；右图：立式七辊，两个主动辊的矫直机

相对放置的两辊间的距离可根据钢管的外径而改变，多数使用涡轮—蜗杆传动的辊子压下方式。

辊子的角度和辊间距离，会由于钢管通过时产生的振动而发生松懈或改变，为不使其变动，用两层螺母或用斜楔锁紧。

矫直辊与管子摩擦产生的摩擦热用水或水溶性切削油冷却。由于在矫直机入口和出口侧，管子是以振动旋转状态通过的，为了控制管子的甩动，装有角形或圆形槽的导路或管状导路；为了防止管子产生缺陷，还大多数在导路内衬上塑料、橡皮或木头等。

特别是在入口侧，当钢管进入矫直机后，输入辊道应立即降下勿使有突起情况。输入辊道轴线应与矫直中心线成倾斜布置，使钢管预先就能得到回转力。

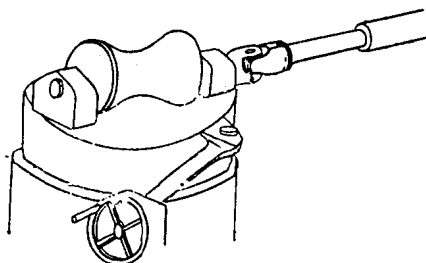


图 2-14 辊子角度调整装置

3. 斜辊矫直原理

斜辊矫直机由于辊子的配置、辊子数目和辊子驱动方式的不同有各种型式，但无论哪种型式的，都把鼓形辊与管子轴线成倾斜布置。钢管与辊子接触后，边回转边前进之中受到反复弯曲。

(1) 偏移

图2-15中在相对配置的鼓形辊 a 与 c 之间，可配置 1 个或 2 个 b 辊；把 b 辊中心线调整到比 a、c 辊中心线稍上或稍下的位置。这种错移，称为偏移。

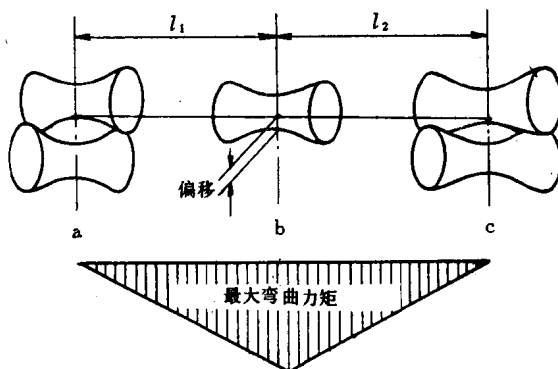


图 2-15 偏移和弯曲力矩

偏移的大小对在钢管壁厚上给予超出屈服点的弯曲应力十分重要。其值取决于钢管的材质、外径、辊子的配置距离 ($l_1 + l_2$) 及钢管相应的弯曲状态 (参见指导书2-2)。

因为有偏移，从 a 向 c 通过的钢管在 b 点必然承受最大的弯曲力矩 (弯曲力矩表示弯曲程度的大小，用 [力] × [从支点到力作用点的距离] 来表示)。

钢管边回转边前进，需经如下这样一个过程，例如，钢管上某点 1 在 ab 之间受到逐渐增大的弯曲力矩的作用，同时由于辊子作用使钢管每回转半周 (原文误为一周。——校者注) 就变为反方向弯曲，再回转半周，承受的弯曲力矩变得更大，同时，再一次向原方向弯曲；在 bc 之间，虽然重复上述过程，但弯曲力矩逐渐变小。

这就是前面在 2—(2) 节所述之反复弯曲。但是在 bc 之间施加的力依次变小。由于弹性回复作用，应力、应变必定伺机同时恢复为零。

还有一种型式的矫直机，在 c 辊后设置一个矫直辊，再一次使反复弯曲逐渐减小并使钢管顺利进入出口侧导槽。

(2) 压扁度

相对配置的鼓形辊，在鼓形逐渐变细的辊腰处靠近钢管，此处辊子间距最大，调整此间距使之稍小于管子外径。在图2-16中，设辊子最大间距为 S，钢管外径为 D，则有

$$C = \frac{D - S}{D} \times 100\%$$

称C为压扁度。压扁度一般取0.5~1%。

由于压扁，钢管要产生椭圆变形，而且，随着从辊子中心向外，压扁度逐渐变小。所以，能在圆周方向对钢管进行矫直（或者变形均匀化）。

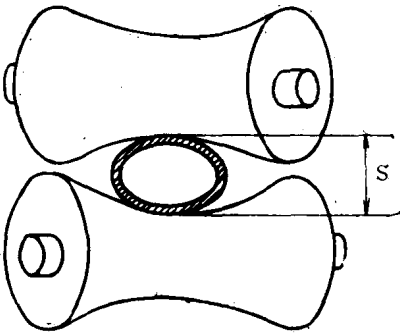


图 2-16 压 扁

4. 矫直机的型式和种类

矫直的方法和矫直机的型式是相关联的，可以按表 2-1 分类。其中，只有平行辊型辊式矫直机不适用于管材的矫直。

表 2-1 矫直机的种类

矫直方法	矫 直 机 的 种 类
弯曲矫直	— 立柱式 — 压 力 机 — 机械压力机 — 液压压力机 — 辊式矫直机 — 平行辊式矫直机（钢材不旋转） — 板金用辊式矫直机（辊式钢板矫平机） — 型钢用辊式矫直机（辊式矫直机） — 斜 辊 矫 直 机 — 回转式矫直机（钢材旋转） — 回转架式矫直机（钢材不旋转）
拉力矫直	— 周向拉伸—扩管机（胀管器） — 轴向拉伸—拉力矫直机
扭转矫直机	— 拉伸扭转矫直机（拉扭矫直机）
加 热	局部加热冷却法

（1）立柱型和压力机型

图2-17所示是立柱式人工矫直机。