

三项轧管工艺试验和第一台自动轧管机的诞生

——《无缝钢管百年史话》(6)

摘要: 简介了周期轧管工艺、自动轧管工艺和连续轧管工艺这三项轧管工艺试验情况。自动轧管采用二次穿孔工艺,管坯经锥辊式穿孔机穿孔,不经加热,再在盘式辊穿孔机上扩径减壁。继发明周期轧管机 11 年后,1903 年 11 月,第一台自动轧管机在美国宾州的 Greenville 厂诞生,这是无缝钢管生产的第二项轧管工艺。

关键词: 无缝钢管;轧制工艺;周期轧管;自动轧管;连续轧管;第一台自动轧管机

中图分类号: TG333.8 **文献标识码:** E **文章编号:** 1001-2311(2000)01-0053-05

1 概述

在 1891~1900 年这 10 年内,无缝钢管工业界忙于建立新厂,扩大生产能力以满足市场需要,这是一个激动人心的场面。确实,自行车工业是如此急需管材,以致有时出现真空现象。管材的价格相对地显得并不重要,因为生产 1 辆自行车仅需约 6.1m 管材,相对于管材的极端最高价和最低价,1 辆自行车中作为原料的管材消耗在成本中仅为 3~5 美元。因此,钢管生产的重点在于管材的供应量,而对降低成本,则很少花费精力。约在 1895 年,英法海军开始将无缝钢管用于船用锅炉,这一趋势于 1897 年开始波及美国,这是无缝钢管又一个良好的市场⁽¹⁾,在这个市场里价格虽然重要,但不是至高无上的。这里钢管取代了铜管和黄铜管,钢管价格虽然高昂,但与有色金属管材相比,在价格方面还是占有优势的。在世纪之交,被西美战争刺激起来的扩充海军的计划宣告终结,自行车工业也处于低谷,作为整体来说,这个国家得忍受战后萧条之苦,于是无缝钢管工业对锅炉工业,包括机车锅炉、固定锅炉以及船用锅炉显得垂涎欲滴,这些锅炉工业是管材的大用户;而这一市场却被搭接缝焊管和熟铁管所占领。与无缝钢管相比,这些管材相对价廉,1 台锅炉约 40% 的原材料成本是管子的价格。

在这头一个 10 年里,无缝钢管工业在美国经历了一个漫长的历程,生产能力增长很多,对于满足国内市场已绰绰有余,在原材料和穿孔设施两方面对欧洲已无所依赖,钢管的尺寸范围已大大扩大,在 1891 年所能生产的钢管的最大外径为 44.5mm,而到 1901 年则已达 254mm。但是还有

重要的一步有待于完善,这就是空心坯延伸的速度要加快和成本要降低。空心坯的延伸从缓慢的、成本较高的、人工操作的两重式轧机起步,由于斯蒂弗尔的努力,采用了人工喂料的周期轧管机,这方面已有了一些改进。它虽然比人工操作的两重式轧机要快一些,但远非理想,这种轧机过份消耗体力,也不适宜于生产大口径管,这是由于芯棒太重,人力无法操作的缘故。人们作了不少努力,以求在周期轧管机上采用机械方法喂料,后来也实现了,但在上述历史阶段,这些努力尚未成功。

在以下两厂合并前,斯蒂弗尔就主管 Greenville 钢管厂和 Ellwood 钢管厂,他所设想的轧管工艺是:在锥辊式穿孔机上穿孔,然后不经加热,将空心坯喂入盘式辊穿孔机使之扩径减壁,管子得以延伸,在这方面他追随了曼氏兄弟多年来的思路,1898 年在 Greenville 进行了试验,但未获成功。

人们常说,需要是发明之母,曼氏兄弟发明斜轧穿孔机可能不是这种情况。但自动轧管机的发明却肯定是其中一例⁽²⁾。1901 年, Pittsburgh Seamless Tube Co. 接管了 Atlantic Tube Co. 的生产,并开始执行一项热轧薄壁管的试验计划。在 1901 年开工的 Detroit Seamless Tube Co. 也雄心勃勃地想这样做。从 1902 年 7 月 24 日 Marshall 给 Wood 的信中可以了解到,甚至生产与市场商品质量水平相当的热轧锅炉管也在考虑之中,这两个厂虽然决心很大,但财力有限。美钢联却不是如此,它拥有雄厚的财力、大量的轧机和一批有经验的人士,最后一点使该公司能接触到各种想法,而前两点使他们能够尝试采用多种方法。

Shelby 和美钢联合后，按照 National Tube Co. 管理 Shelby 各轧钢厂的办法签订了协议，National Tube Co. 的总裁任命原 Shelby 的总裁 Miller 为 Shelby 钢管厂生产厂长，在新的环境中，他心情不舒畅，几个星期之后就辞职离去，取而代之的是 J. H. Nicholson。他以前在 Shelby 工作，后来离开 Shelby 去开办 Standard Seamless，而当 National Tube Co. 兼并 Standard Seamless 时，他又变成 National Tube Co. 的人。Nicholson 到任后，立即着手执行大规模的试验计划，想开发一种可以大大降低成本，且生产率高的延伸工艺，而且他希望能用这种工艺生产热轧成品管。要做到这一点，必须克服巨大的障碍。所有现存的轧管设备都是蒸汽机驱动的，速度很慢，若不彻底改造，进行重新设计，则速度不能提高。由于实验所需数据非常缺乏，因此要作任何改进只能凭猜测。

在 Shelby Ohio, Morse 是厂长，Wirkstrom 是工程师，现在不太清楚的是斯蒂弗尔的正式态度是什么⁽³⁾，在 Nicholson 的领导下，该厂虽然和所有的钢管厂都有联系，但主要是与 Greenville 厂和 Ellwood 厂合作。试验工作在 Nicholson 的领导下进行，Shelby 小组的想法和 Ellwood 小组的想法是根本不同的，Morse 和 Wirkstrom 的观点是：最有希望成功的工艺是先穿轧厚壁空心坯，然后在顶头轧机上轧制，实现减壁延伸。人们相信，在穿孔机上穿轧薄壁空心坯会加剧钢坯中的折叠；而 Nicholson 和 Stiefel 却认为，在穿孔机上穿轧薄壁的、表面光洁的空心坯，然后在冷拔机上只用一道次冷拔成管子是可能的；他们还认为，设计 1 台既能轧制加工薄壁空心坯又不加剧钢坯中的折叠的穿孔机是可能的。这实际上是换一种方式复活斯蒂弗尔早期在 Greenville 所做的试验。还有人提出第三种减壁的方法（但谁支持这个想法却无文字记载），即在长芯棒上以连续的操作通过串连布置的几对轧辊来实现减壁。公司领导同意各小组按各自的想法进行试验。

连续轧管试验在 J. W. Offut⁽⁴⁾ 的领导下在 Ellwood 市的 Shelby B 厂进行，试验轧机为 3H + 2V 五机架连轧管机。这五对轧辊紧密相连，装在同一机座中，穿孔坯套在一根长芯棒上，然后芯棒和穿孔坯一起进入轧机，壁厚为 3.40mm 的管子可以一次轧成。这台轧机由 1 台古老的蒸汽机驱动，因此要令人满意地运行显然动力不足，这一试验轧机预示了当今最受欢迎的现代化连轧管机的成功⁽⁵⁾。

除了缺乏动力以外，这台轧机还遇到了别的障碍。由于这是一个崭新的设计，并非现有轧管设备在不同应用场合的改进，要使它完善，需要很长的时间；同时由于其他的试验已有成果，因此连轧管机技术的不成熟性注定了它的落选。与此同时，Greenville 也在进行旨在改进其穿孔工艺的一系列实验，他们的目的是想使穿孔坯一道次冷拔成 102mm × (3.25 ~ 3.5mm) 的成品锅炉管。经过几个月的努力，可以生产直径为 114mm、壁厚为 4.76mm、长度为 5 182mm 的穿孔坯；其工艺为：在面盘式穿孔机上穿轧出厚壁穿孔坯，然后在锥辊式穿孔机上进行二次穿孔，以使壁厚减薄，管长延伸。而问题的关键在于以一个道次冷拔成管，会造成壁厚不均给后道工序带来很大困难，因此当减壁量比通常遇到的要大得多的时候，往往必须冷拔二次才能成管。

在 Greenville 的试验遇到了不少困难，因为顶杆的长度要和管子的长度相适应，所以处在穿孔机后台的长顶杆很重，操作它需要很多人，顶杆被固定在轧出端的推力轴承上，并可摆动出轧制中心线，这些顶杆往往过热弯曲。为解决这一问题，他们将推力轴承座设计成可移动的，即沿处于轧制中心线中的一个轧道运动，从而实现穿孔顶杆的快速返回。这个崭新的想法为当前所有穿孔机采用。

在所谓“顶头烧化”的问题上⁽⁶⁾也遇到了困难。长空心坯穿孔时，顶头承受不了长时期与炽热金属的接触，这不仅使顶头消耗猛增，而且损坏了与顶头接触的管子内表面质量，这就促使他们在顶头最佳成份和最佳形状两个方面作大量试验。试验证明，当采用 30° 顶头时能获得最佳效果，即所谓“10° ~ 20° ~ 30°”顶头（入口锥角为 10°；出口锥角为 20°；顶头角度为 30°），这些角度值已很接近现在操作良好的穿孔顶头最佳值。

就已经宣布的既定目标而言，二次穿孔工艺生产率不高⁽⁷⁾，但这次试验的很多重要发现，对后来二次穿孔工艺的发展起了很大的作用。就现在所知道的情况而言，二次穿孔工艺一直未被采用，直至 1925 年，Gary 钢管厂采用这种工艺生产较大直径的钢管，National Tube Co. 和其他厂也采用了这一工艺。

当 Greenville 忙于做穿孔试验时，Shelby, Ohio 的 Morse - Wirkstrom 小组也同样忙于做轧管试验，当时使用的轧管机对芯棒是没有支撑的，因此每一道次所能实现的压下量很有限（负载太大时

芯棒会被压坏)。在 Shelby 采用了芯棒支持装置,它的结构如下:在轧机机座和芯棒杆后座之间装有拉杆,支持芯棒用的小平台或导座固定在其上,由轧辊而来的管子顺导座中的半圆槽通过,导座半圆槽的上部藉摆臂予以关闭,使管子可从上部由上辊返回轧入侧。芯棒支撑装置的重要意义远远超过增大每道次减壁量这一点,由这一基本想法导致了第一台可以部分地机械操纵工件的轧管机的诞生。

1901 年安装于 Shelby 的周期轧管机仅运转了几个月就被闲置,现供研究开发之用⁽⁸⁾。为了做试验,用带圆孔型的轧辊代替了周期轧机的特殊孔型轧辊,在轧机前台设置了升降台,轧机下面装有辊道,其长度相应于钢管行程的全长,即由芯棒后支持器直到前台,比热轧成品管的长度稍长一些,芯棒杆支撑在可移动的导槽内,和装于 hand rolling mill 上的导槽相似。当芯棒移出,导槽打开时,管子可以落到辊道上去,通过辊道将管子迅速回送至前台,同时升降台升至轧制中心线的位置高度。这些操作完成得很快,而所用的人力却大大减少⁽⁹⁾。相比之下,周期轧管机上所装的轧辊直径不大于 406mm,转速小于 60r/min,所以这种轧管机生产率很低。通过试验证明:以上想法很有希望设计出更好的轧机。

1903 年初在 Ohio 的 Shelby 钢管厂及宾州的 Greenville 钢管厂的试验均已完成,其结果是进一步发展了 Shelby 小组的试验成果。同年 5 月,在 Shelby 钢管厂设计室开始了基于 Shelby 试验的轧管机组的平面布置和设备的设计。这台轧管机将在 Greenville 建造,和以周期轧管机为基础改装的试验用的轧机结构相比在许多方面不同,芯棒固定在后支持器上,管子经过顶头后被一挡套挡住使它从芯棒上脱离,该挡套由长气缸的活塞进行操作。每轧完一个道次后,上辊可以抬起,轧机前台的管子被置于 V 型槽内,在其外端有一空气缸,其柱塞将管子推向顶头,推入轧辊的轧槽。这就是后来被称为 Automatic Mill 的原始构造⁽¹⁰⁾。不同的是,还没有用回送辊取代风动的挡套将管子回送至前台,后来的发展解决了这一问题⁽¹¹⁾,回送辊也是 Ohio, Shelby 厂 Morse - Wirkstrom 小组的想法。

前面提到过,要设计一种装置,当上辊升起时可以将工件通过轧制线回送至轧机前台。回送辊是一对快速回转的轧辊,安装在工作辊的后面,它的

动作和工作辊的动作是相协调的。当工作辊合起来轧管时,回送辊就脱开不工作;当工作辊上辊抬起时,回送辊将管子抱住,迅速送回前台。具有上述特性的新设计的轧管机于 1903 年 11 月在 Greenville⁽¹²⁾ 首先进行试生产⁽¹³⁾,它使以下工艺成为可能:管坯经过一次加热穿轧成穿孔坯,然后以大压下量轧制成管。这一新发现很快就与均整机配套,自动轧管机加上均整机,使热定径生产可供销售的热轧成品管⁽¹⁴⁾ 成为可能,这一梦想完全实现是在 1905 年⁽¹⁵⁾。

2 注释

(1) 无缝钢管生产技术的发展离不开市场开拓,当时无缝钢管的主要市场即将发生由自行车用管向锅炉用管的转变。“Iron Age”杂志在 1928 年 2 月的 1 篇社论中回顾这段历史时称:几年以前无缝钢管占领了锅炉管市场,和 10 年前相比较,焊管在这方面的市场大大缩小,这是由于蒸汽机在工业部门的广泛应用,导致了不小重大事故的发生,而且这一趋势自 19 世纪末以来日益明显。在英国,至上世纪末约有 5 000 人死于锅炉爆炸事故;美国在 32 年中有 2 563 人在 233 起轮船锅炉爆炸事故中丧生。当时的锅炉一般采用压力焊接钢管,用热拔工艺生产,因此,从安全的角度出发,工业部门转向采用无缝锅炉管,这是自自行车用管后又一个广阔的无缝钢管市场。

(2) 苏联采用的技术术语有一些来自德国。而自动轧管机这一名称却来自美国,实质上这种命名法是欠科学的,因为当时的“自动”一词是相对于周期轧管机的人工喂料而言的。“三大工程”之一的鞍钢无缝工程沿用了苏联的技术词汇,把这种使用短顶头轧制工艺的轧管机称做“自动轧管机”,德国钢管界则从工艺特征出发,把这种轧机称作“Stopfenwalzwerk”,英美技术文献称之为“Plug mill”似更妥,而译成中文叫“(短)顶头轧管机”似乎欠雅,但是只要人们都知道这种轧机是怎么回事,叫“自动轧管机”也无妨,尽管别的轧机可能更自动一些。

(3) 美国有用轧机发明者的名字来命名轧机的,在无缝钢管生产技术方面就有“Aseel Mill”“Diescher Mill”和“Stiefel Mill”等。令人惊异的是,Stiefel 并非这种轧机的发明者,这一章的这段故事有助于了解这一史实。美国或者说在英语的技术文

献中,甚至有时在德语技术文献中为什么把自动轧管机叫“Stiefel Mill”呢?这缘于 Stiefel 与自动轧管机组多年的密切关系:自动轧管机组中采用的穿孔机是他发明的;虽然他不是 Morse - Wirkstrom 小组的成员,但轧机获“自动轧管机”之称谓,与利用回送辊提高轧机机械化水平密切相关;在钢管厂实际使用的,具有现代化自动轧管机雏型的自动轧管机组是在他领导下的 Standard Eng Co. 设计制造的。

(4) J. W. Offut 称得上是钢管纵连轧技术的先驱,他在钢管热轧、冷拔等方面获得多项专利,其主要贡献有二:1902 年他主持了 3H + 2V 连轧管机的试验;1932 年关于张力减径机的专利。

(5)“当今(连轧管技术)最受欢迎的……”一段文字中,“当今”(Right now)是指 20 世纪 50 年代初,也就是两套连轧管机组 1950 年前后在 Lorain 厂和 Gary 厂投产时,连轧管技术在钢管生产领域真正占有了一席之地,并为这一技术在 20 世纪下半叶迅猛发展、独领风骚奠定了基础。这将在第 8 章中进一步论述。

(6)穿孔顶头是穿孔机的主要工具之一,它的工作条件是在高温下受压;所以很容易磨损或鼻部被压堆,这需要通过选择合适的顶头材质和热处理工艺来改善。顶头的主要材质是 3Cr2W8 或 20Cr2Ni4 (德国钢号),顶头热处理后要使表面附着一层极微小的类似白霜状的结晶,这样能使顶头使用寿命延长。

(7)二次穿孔技术对生产小口径管来说,不具有什么优势。20 年代末,当大口径无缝钢管的生产提到议事日程上来时,二次穿孔技术又被应用,但是即使在本世纪 30 年代也没有成规模,二次穿孔技术作为历史的一页很快就翻了过去。

(8)自动轧管机若要“寻根问祖”,则有两种说法:一是自动轧管机是在改进二重式轧管机的基础上发展起来的生产过程机械化的轧管机;二是自动轧管机是在周期轧管机基础上通过改孔型(包括改轧辊旋转方向),并解决人工喂料问题而发展起来的。本书支持第二种说法。叶尔莫拉耶夫则赞成第一种观点。由于前面曾提及周期轧管机是在两重式轧机的基础上发展起来的,因此这两种说法并不矛盾。

(9)由于自动轧管机采用的是一种短顶头轧制工艺,用风动缸使喂料实现机械化,这在当时绕过周

期轧机人工喂料确实是成功的。一种崭新的轧管工艺——自动轧管工艺出现了,但由于是短顶头轧制也有一系列的致命弱点:如毛管太短(不宜与张减机合用)管子质量较差等。虽然在 70 年代后期有些回光返照,但终究难逃“优胜劣汰”的命运。

(10)自动轧管工艺示于图 1。

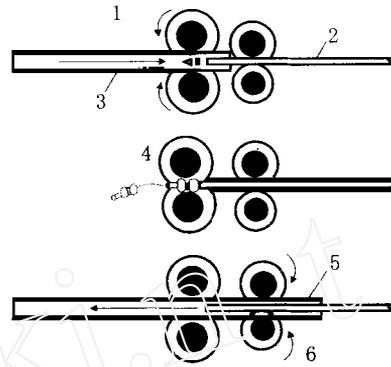


图 1 自动轧管工艺示意

1—二辊式轧管机 2—带顶头的顶杆 3—空心坯
4—工作辊 5—毛管 6—回送辊

空心坯在自动轧管机上轧制时,芯棒杆支持在后推力座上,顶头连结在芯棒杆上,位于孔型中间,与轧辊孔型形成一个和管子壁厚相适应的环状空隙。一般管子通过两个道次轧成,第一道次轧完换顶头后,上辊抬起由回送辊回送至前台,然后再轧第二道。

据 Mannesmann marktforschung GMBH 在 1984 年 5 月的统计,各国拥有的自动轧管机数量如下:欧洲 23 台;美国 24 台;苏联 12 台;日本 6 台,合计 65 台。这可以说是峰值,此后只有拆除的,没有新建的。这种工艺在大小口径钢管生产两方面均呈现衰退趋势。

(11)关于回送辊,美国说是 Morse - Wirkstrom 小组的主意。德国的资料称:1898 年 Reinhard 曼内斯曼的早年同事 Otto Heer 向 Poensgn 建议,当两重式轧机轧制完第一道后抬起上辊,用回送辊将空心坯从孔型中送回,这样就避免了空心坯在传送过程中浪费时间。Poensgn 采纳了他的建议,同年 Poensgn 在美国又遇到 Stiefel,言下之意似乎回送辊的主意源自德国。

(12)自动轧管机诞生地 Greenville 在美国宾州 Mercer 郡。

(13)1901 年 6 月 Greenville 厂隶属 U.S Steel,

金如崧译注：三项轧管工艺试验和第一台自动轧管机的诞生 钢管 2000年2月 第29卷第1期
后又属 National Tube Co. ,主要生产 76~127mm 锅炉管, 是进行三项轧管工艺试验的基地之一。由于试验的成功, 1903年11月在 Greenville 安装了第一台自动轧管机, 也就是在发明周期轧管机 11年后在无缝钢管生产方面出现的第二项轧管工艺。

(14) 这里又出现“Saleable hot finish tube”这一概念。采用均整机是自动轧管机组的一大特点, 它使这一工艺过程具有最长的流程, 使一般的三个

阶段轧管法在延伸(轧管)及精轧(定减径)之间还要增加均整这一工序。

(15) 自动轧管工艺和通常三段式轧管工艺的一大区别在于轧机之后设置均整机。空心坯经自动轧管机轧制后, 须经过均整机, 以使壁厚均匀, 均整后经定减径工序才热轧出成品管。这种自动轧管机组诞生于 1905 年。

(待 续)

金如崧译注

信 息

金属非金属常温镀液研制成功

一种可替代传统电镀工艺的新技术——环保型常温表面合金镀膜液, 近日由山西曲沃新型工艺制品厂研制成功, 并投放市场。

这种新型表面合金镀膜液无毒无味、无三废污染, 使用方便快捷, 不需电源, 不需加热, 电镀时直接将需镀膜的金属、非金属材料放入镀膜催化液浸泡 50min 即可。处理后的镀件与电镀、喷塑、烤漆表面一样光亮如镜、色彩斑斓, 既保持了金属原有的机械性能, 又可提高表面硬度 2~5 倍, 表面镀层均匀致密, 不起皮脱膜, 无麻点气孔、永不生锈, 成本仅为电镀的 1/2, 不锈钢的 1/4。该电镀液集装饰、防腐、耐磨性能于一体, 广泛适用于五金、机械、建材、电子电器、石油化工及各类管材、仪表等行业。

(曲沃轻工产品研究所 晋 敏)

俄罗斯伏尔加钢管厂试制成功新钢种钢管

从 1998 年开始, 俄罗斯伏尔加钢管厂着手研制 06Cr1 钢, 现已成功地试制出一批 06Cr1 钢管, 开辟了用碳素钢、低合金钢生产强度、韧性、耐蚀等综合性能俱佳的钢管的路子。由于 06Cr1 钢中的碳、硫含量低 ($C < 0.006\%$, $S < 0.005\%$), 因此该钢的塑性—脆性转化温度达到 -60~80 的水平, 这种指标是普通钢达不到的。类似质量的钢管, 俄罗斯钢管生产厂家以前从未生产过, 也未从国外进口过。

伏尔加钢管厂试产的 06Cr1 钢管已供用户使用, 并受到好评。

(攀钢集团成都无缝钢管有限责任公司 杜厚益)

南非一公司生产出离心浇铸不锈钢管和耐热钢管

南非 Chamdor foundry of Rely Precision Castings 公司近日生产出离心浇铸不锈钢管和耐热钢管。在浇注离心铸管过程中, 通过控制浇入铸模内的金属量改善钢管的壁厚。该公司拥有 4 台离心铸管机, 每班产量可达到 80t, 主要产品有水压泵管、散热器用管、加热器用管等。所浇铸钢管的外径达 450mm, 长度达 3m, 管重可达 1.5t。

(攀钢集团成都无缝钢管有限责任公司 曾 适)