

CPE 轧管工艺——改良的顶管工艺<sup>(A1)</sup>

—— 无缝钢管百年史话》(续释 4)

摘要: 介绍了具有中小生产能力的 CPE 轧管工艺及其开发工作。CPE 轧管工艺是一种改良的顶管工艺, 按照这种工艺设置的钢管厂, 投资费用较低, 生产能力中等, 产品质量较好。

关键词: CPE 轧管工艺; 产品质量; 发展

中图分类号: TG333.8 文献标识码: B 文章编号: 1001-2311(2002)03-0052-05

## 1 CPE 轧管工艺

随着连铸圆坯技术和斜轧穿孔技术的发展, 人们倾向于将斜轧穿孔和顶管工艺联合使用, 这两种工艺的结合构成了 CPE 轧管工艺, 即用斜轧穿孔机代替传统的水压冲孔机和延伸机, 生产用于顶管机的穿孔毛管。这里所说的斜轧穿孔机可采用带狄塞尔导盘的高效能斜轧穿孔机, 它生产的穿孔毛管壁厚公差较小。

顶管机的特点在于用 1 根芯棒作内工具, 推着穿孔毛管通过若干个惰辊机架而将其轧成荒管。该工艺需要 1 台缩口机对穿孔毛管的一端进行缩口, 以便芯棒在头几个机架中能将足够的顶推力传递给穿孔毛管。

CPE 轧管工艺由以下工序组成:

- (1) 斜轧穿孔;
- (2) 穿孔毛管缩口<sup>(1)</sup>;
- (3) 在顶管机中对穿孔毛管进行延伸;
- (4) 在张力减径机中轧成成品管。

CPE 机组的平面布置和环形炉与顶管机之间的简化流程见图 1。斜轧穿孔机与顶管机的联合使用为扩大品种、提高质量创造了条件, 即:

(1) 管坯单重增大, 可以轧制  $\Phi 177.8(244.5)$  mm 以下的一般规格的管子, 并具有足够的长度, 还可以生产石油管;

(2) 由于斜轧穿孔机的延伸率高, 所以总延伸率的分配比较均匀, 从而减轻了主轧机——顶管机的负担;

(3) 根据规格的不同情况, 钢管年生产能力可达 30 万 t。

新轧管工艺具有的优点是: ①穿孔毛管的壁厚公差可达到  $\pm 3\%$ , 从而大大地改善了成品管的壁厚公差; ②吨管的基本建设投资降低<sup>(2)</sup>; ③采用

该工艺能可靠地生产普通壁厚的钢管; ④由于减少了顶管后的切头损失, 增加了钢管的长度, 因此成材率高于传统的顶管机组<sup>(3)</sup>, 钢管的质量也大大提高。

西班牙 Bilbao 的 Tubos Reunidos 顶管机组两年多的改造实践表明, 该顶管机组采用 CPE 轧管工艺的产量和经济效益都有显著提高。表 1 是与传统顶管机组的比较<sup>(4)</sup>。

表 1 传统顶管机组和 Tubos Reunidos CPE 机组比较  
传统的顶管机组(建于 1967 年) CPE 机组(建于 1983 年)

管坯台架	管坯台架
管坯剪断机	火焰切割机
管坯输送装置	管坯输送装置
环形炉	环形炉
定型机	VD950 斜轧穿孔机
水压冲孔机	缩口机
延伸机	CPE 顶管机
顶管机	
坯料 180 或 220mm 方坯	坯料 160 或 220mm 圆坯
坯料重量 最大 300kg	坯料重量 最大 450kg
管子直径 最大 168.3mm	管子直径 最大 177.8mm
管子壁厚 最大 10.0mm	管子壁厚 最大 12.5mm
荒管长度 最大 16.5m	荒管长度 最大 21.0m
年产量 16.5 万 t	年产量 22.5 万 t

2 Benteler 钢管厂的 CPE 轧管机组<sup>(5)</sup>

Siegen Weidenau 的 Benteler 钢管厂的顶管机组于 1985 年进行了技术改造, 采用 CPE 轧管工艺, 并采用径向滑块式缩口机<sup>(6)</sup>。下面将对改造的缘起、CPE 工艺的技术说明和改造后的收益等方面论述。

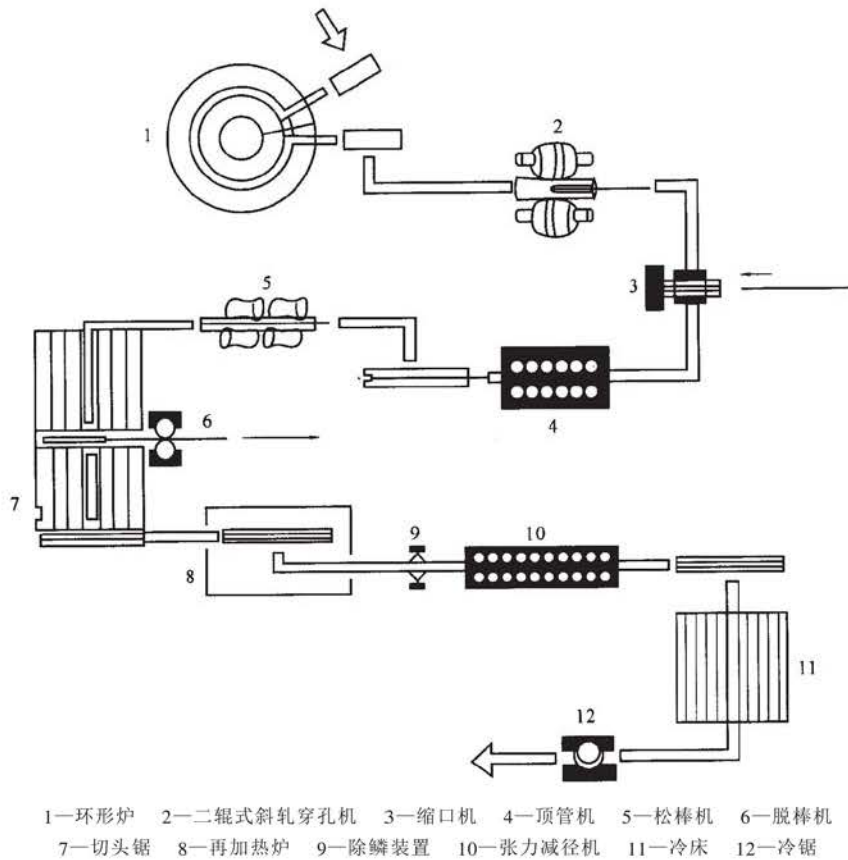


图1 CPE 机组示意

## 2.1 改造的缘起

Benteler 钢管厂生产无缝钢管始于 1952 年，该厂的核心设备冲孔机一直按三班运行。到 1983 年 11 月，冲孔机立柱发生裂纹时，该设备已运行 30 多年。虽对冲孔机进行了彻底修理，但该设备将长期停产的危险性增大。同时该厂的减径机也运行 30 年以上。鉴此，要使钢管质量和尺寸精度提高，生产能力和尺寸范围扩大，对其改造势在必行。1984 年春提出设备订货，并确定新厂投产时间为 1985 年。

## 2.2 技术说明

Siegen Widenau 的 Benteler 钢管厂自 1952 年采用顶管工艺生产无缝钢管以来，对顶管机作过多项技术改进，并增添了一些新设备，致使其生产率不断提高，但对生产能力、产品质量和成本起决定作用的冲孔机和减径机已达到生产极限，不可能再作什么改进。另外管坯采用冲孔机冲孔，存在着诸如壁厚公差、管坯单重和冲孔坯长度等方面均不够理想的缺点，因此，设想采用新的斜轧穿孔机作为新的穿孔设备。

设计时考虑了在 Dislaken 和 Neuhaus 的顶管机组的设备利用。因此，就一次投资和生产成本来说，对 Benteler 钢管厂采取“剪裁组合”的方式。

新设计的斜轧穿孔机管坯单重为 300kg<sup>(7)</sup> (原冲孔机的管坯单重为 125kg)，为了在顶管机中轧制已穿透的空心毛管，就必须给空心毛管以“杯底”，其方法是，毛管前端在专门设计的芯棒顶端卷边合拢。根据 Benteler 钢管厂的试验，对“杯底成型”申请了专利。斜轧穿孔机和顶管机的组合即构成了所谓的 CPE 轧管工艺。

作为改建工程的一部分，已对原有顶管机进行了加固，床身进行了加长，以便使用 17m 的长芯棒<sup>(8)</sup> (原芯棒最大长度为 14m)。

更新改造的设想是基于对原有轧管设备和辅助设施的利用，尽可能使它满足设计要求。对管坯储存需作一些填平补齐的工作，以及设置冷剪机和环形炉。

该厂使连铸八角形坯变成斜轧穿孔机所要求的圆坯，是在该厂专利的基础上实现的<sup>(9)</sup>。

所设计的张减机各机架的速度可调，并设有机

架更换装置。张减技术使得变换产品尺寸的转换时间极短。对张减孔型的重车采用专门的轧辊车床，使产品保持更加精确的尺寸公差。

对精正区和发货区不需添加新措施。在投资改造项目中包括了提高供电能力和改进冷却水供应的措施。从人员编制来说新厂生产不需要增加人员。

### 2.3 改造的收益

由于管坯单重增大及采用斜轧穿孔机后变形能力的改善，使包括张减机在内的顶管机组在技术方面和经济方面具有一系列的优越性。

(1) 将现有的轧制计划扩展延伸至厚壁管的范围。新的轧管机组可以生产  $S/D=0.25$  的商品管，采用普通孔型可生产壁厚 12.5mm 的管子，并可经济地批量轧制壁厚为 25mm 的管子<sup>(10)</sup>，以及为本厂冷轧(拔)车间提供  $D \geq 38\text{mm}$ ， $S \geq 5.6\text{mm}$  的管料。

(2) 可以生产较长的商品管及厚壁管。由于管坯单重增大，因此可生产符合商品管长度(达 13m)要求的厚壁管如  $\Phi 88.9\text{mm} \times 10\text{mm}$ 。

(3) 直径公差和壁厚公差均有所改善。Benteler 钢管厂在斜轧穿孔机上所作的试验确认，可以达到  $\pm(5\% \sim 6\%)$  的壁厚公差，这样范围的壁厚公差为保持热轧成品管的尺寸稳定性创造了有利条件。新轧管机的轧辊孔型加工精度高和机架刚度大，因此使管子的外径公差波动区域变窄。

(4) 内外表面质量提高。在试验中采用本厂生产的连铸坯<sup>(11)</sup>穿轧无内壁缺陷的毛管，已被质检部门的报告所确认。原有的老式减径机因速度不可调，所轧的管子表面缺陷严重，甚至有穿透管壁的缺陷出现。而新张力减径机是按新的轧制原理运行的，且各机架的速度调整准确，并可以按壁厚要求使机架间产生最佳的纵向张力，这就为改善内外表面质量创造了条件<sup>(12)</sup>。

(5) 能生产合金钢管。轧制试验表明，采用具有较大功率的电机传动和改进了自动控制装置的顶管机，不仅适用于生产普通锅炉管，而且也适用于生产高合金钢管如 X10Cr13、X20CrMoV12.1、100Cr6 钢管等。和原有机组相比较，CPE 机组的有利条件是延伸率较低。

在 Benteler 钢管厂，人们认为，采用良好的自动控制装置，对轧入速度、轧制速度及延伸率等加以控制，使之达到对每个钢种而言的最佳变形条件，也是能和曼内斯曼钢管厂一样在斜轧穿孔机上

穿轧连铸合金钢坯。

(6) 生产能力提高。管坯单重增大使生产能力提高，当然管坯单重是受产品大纲限制的，按照产品大纲的平均坯重计算，小时装炉料为 26t，仅相当于新炉加热能力的 65% (40t/h)；原有加热炉的加热能力为 27t/h，实际小时装炉料为 18.75t，仅相当于加热能力的 70%。

CPE 轧管工艺在经济方面的一大优点是收得率高，根据 Benteler 钢管厂专利，收得率高于曼内斯曼公司的水平，由 77.5% 提高到 85%<sup>(13)</sup>。

综合以上两方面，每月可提高产量约 4 000t，达到 11 000t/月<sup>(14)</sup>。

(7) 劳动生产率提高。该厂原有职工 350 人，劳动生产率为 20t/月·人；改造后的劳动生产率为 31t/月·人，提高 55%。

(8) 生产成本降低。由于固定的成本构成基本不变，因此生产率和收得率的提高对降低成本是有利的<sup>(15)</sup>。

### 3 注 释

(A1) CPE 轧管工艺是改良的顶管工艺，和顶管工艺相比较，CPE 工艺的主要特征是采用斜轧穿孔机将管坯穿透，然后再用杯底成型机将穿孔毛管坯做成杯状体，再由顶管机延伸，轧制成管。CPE 这一工艺名称中“CP”指的是斜轧穿孔，“E”是指延伸。本文作者是原联邦德国的 B. Schifferings。

曼内斯曼公司对 CPE 工艺的研究开发主要包括以下两方面的内容：即顶管工艺和杯底成型工艺。

① 顶管工艺。MDM 为改进顶管工艺而进行的研究始自 20 世纪 60 年代中期，在 1974 年举行的顶管工艺技术研究会上，该公司提出了以下几点结论性意见：

a 水压穿孔机是整个工艺的薄弱环节，建议以三辊穿孔机和杯底成型机取而代之。

b 通过合理的孔型设计和机架配置方式，进一步降低床身系数。

c 新的顶管工艺的目标和要求是

顶管速度	6m/s
平均单架断面减缩率	25%
床身系数 $K$ (= 轧辊机架间距总和/毛管长度)	0.9
毛管长度	18 ~ 20m



1974年制造的新的顶管机组所生产管子的最大外径为168.3mm,壁厚为2.0~12.5mm,毛管长度为18~20m,年产量20~30万t。

CPE工艺不是一个崭新的工艺,而是一个推陈出新的新工艺,它的工艺特征基本上离不开顶管工艺。

②杯底成型工艺。MDM采用全液压卧式压力机式,即用油缸夹住穿孔坯,然后主缸将底模向前移动一段距离以形成杯底,这是在西班牙Tubos Reunidos厂试验的结果,于1981年4月正式使用,Benteler钢管厂对顶管机组进行技术改造时采用径向柱塞式压力机,油缸呈径向布置,在具有特殊形状的芯棒端部,径向压制成杯底形状。

本文发表在20世纪80年代,当时钢管工艺发展的历史背景是:

- a 以新的Φ406mm(16in)自动轧管工艺为代表的“自动中兴”已失去光彩。
- b 限动芯棒连轧管工艺的成功已成定局。
- c 在小直径钢管生产方面全浮动芯棒连轧管工

艺已臻成熟,斜轧轧管工艺异军突起。

作者写了这篇“3C”文章即将CPE、CPD、CAM并列,突出三者中小产量、投资低的特点,并指出当前无缝钢管生产中兴建投资大、产量高、以多机架轧机为主的轧管机组正日益减少,而建设中、小产量轧管机组的势头正方兴未艾。

关于Benteler钢管厂顶管机组改造的那篇文章则是CPE工艺的应用实例。由此可以看出:CPE工艺较简单,容易掌握。虽然产量较低,并具有顶管工艺所固有的一些缺点,但“投资低”这一点还是具有吸引力的。

(1)穿孔毛管缩口共有三种方法。西班牙Tubos Reunidos CPE机组使用的是一种缩口机;在Benteler钢管厂的CPE机组中使用的是另一种滑块式缩口机;第三种缩口装置采用美国2819790号专利,只是在顶管机第一机架前设置了一个缩口装置,借助于顶管机本身的推力以形成足以承受顶推力的中空杯底(图2)。

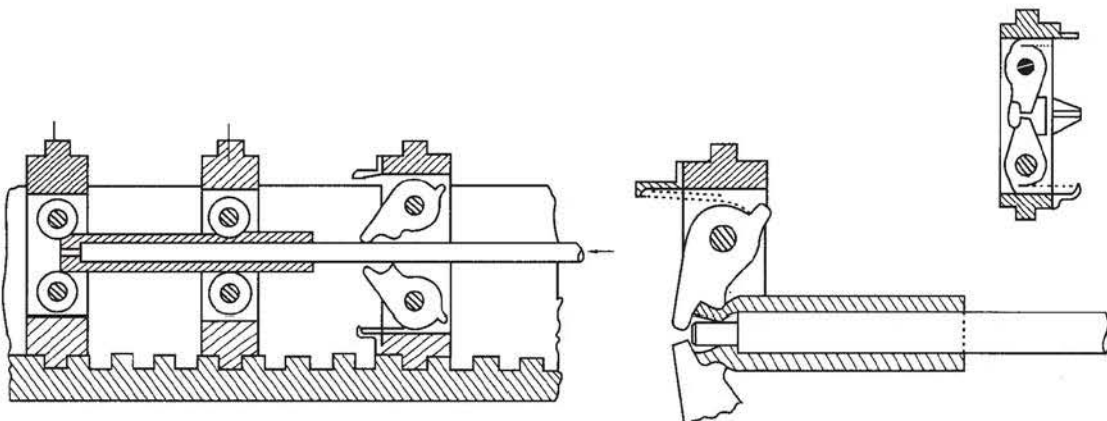


图2 缩口装置图示

(2)就吨管基建投资而言,CPE机组确是较低的,和全浮动芯棒连轧管机组相比较,CPE机组的生产能力约为其一半,但投资费用仅为其40%左右。

(3)CPE机组的成材率高于顶管机组,但和其他轧管机组如MPM轧机相比,成材率还是比较低的。作者认为,CPE机组的成材率仅比MPM机组低1.0%~1.5%(似乎把CPE机组说得再好了一些),但他同时又引用了CF&I公司称要相差3%(美国这一公司订购了CPE机组,但没有安装)和Innse称要相差7%(似乎把CPE机组说得太差了一

些)的看法。

(4)和Meer Report中所提供的数据相比,西班牙Tubos Reunidos CPE机组的经济指标均偏低(见表2)。

表2 两个企业的CPE机组经济指标

项目	Tubos Reunidos	Meer Report
坯料重量/kg	450	1 400
管子直径/mm	177.8	244.5
管子壁厚/mm	12.5	
荒管长度/m	21	22
年产量/万t·a <sup>-1</sup>	22.5	30

金如崧译注:CPE轧管工艺——改良的顶管工艺<sup>(A1)</sup>

(5) Benteler 钢管厂位于德国 Siegen 市 Weidenau 区。原设有顶管机组一套, 于 1951 年底投产, 34 年后改建为 CPE 机组。改造前后该厂的机组组成对比如表 3 所列。

表 3 改造前后设备构成

设备名称	改造前用于顶管机组中	改造后用于 CPE 机组中
剪断机	(12MN)22MN	同左
冲孔机	3.2MN, $\mu = 1.18$	拆除, 代之以斜轧穿孔机
缩口机		增设, “径向滑块式”缩口机
延伸机	二辊式, $\mu = 1.25$	缺对比数据
顶管机	小时产量 80 ~ 120 根	缺对比数据
减径机	14 架	拆除, 代之以张力减径机

(6) Benteler 钢管厂 CPE 机组中所采用的缩口机被称为“径向滑块式”, 液压缸驱动 8 个滑块使穿孔毛管在直径略小于芯棒且具有适当形状的芯棒端部收缩成杯状体, 这是 Benteler 钢管厂设计制造的, 并申请了专利。

改造后 Benteler 钢管厂可生产外径 17.2 ~ 159mm、壁厚 2.3 ~ 25mm 钢管, 生产能力为 1.1 万 t/月。

(7) 改造后的 Benteler 钢管厂年产钢管仅 12 ~ 13 万 t, 低于通常 CPE 机组的产量, 主要原因之一是管坯单重太小, 仅 300kg, 比 Tubos Reunidos 的 CPE 机组小 30%, 这样 CPE 机组的优越性难以显示出来。

(8) 将顶管机组改造为 CPE 机组, 其改造重点在于采用斜轧穿孔机, 而顶管机本身却没有太大的变化。顶管机所生产管子的长度取决于芯棒的长度, 另一方面毛管长度又受床身系数的限制, 所以文中提到加长顶管机的床身, 这才使芯棒增长 3m, 从而增长所生产管子的长度成为可能。

(9) Benteler 钢管厂轧管管坯采用连铸八角形坯, 边长为 187mm, 对角线长为 200mm, 经过定型机使其形状变成圆形。

(10) Benteler 钢管厂将轧制表分为常规的和特殊的两部分, 并称可以生产  $S/D = 0.25$  的管材, 进入了生产厚壁管的领域, 而且可以批量生产  $S = 25\text{mm}$  的管子, 但怎么解决松棒问题呢? 可能是采用穿孔毛管冷拔的办法, 这就和 CPE 机组没有关系了。

(11) Benteler 钢管厂于 1957 年增建了 1 座 20t 电炉及连铸机, 连铸出边长 120mm、140mm、160mm 的方坯和边长 187mm 的八角坯。在 1958 - 1970 年间, 共用连铸坯生产 90 万 t 管子, 堪称钢管厂家采用连铸坯轧管的先驱。

(12) 顶管机组所生产的管子, 其内、外表面质量受内、外工具即轧辊和芯棒表面质量的影响很大, 特别是芯棒表面质量对管子内表面质量的“压印”问题, 应该说张减机对管子内表面质量是无能为力的。因此, 文中这段话有点费解。

(13) 文中称经过改造的顶管机组即 CPE 机组的收得率可以提高 7.5%, 从而达到 85% 的水平, 超过曼内斯曼公司的预测值, 而且认为该数字还是保守的, 这可能与该厂采用经过真空处理的电炉钢水浇铸的连铸坯的质量有关, 而不是一般 CPE 机组所共有的。

(14) 经过改造, 月产量可以提高 50% 以上, 确是收效不小, 但年产 12 ~ 13 万 t 管子, 就 CPE 机组来说不算产量高。

(15) Benteler 钢管厂改造后由于生产能力和收得率的提高, 使钢管生产成本发生了有利的变化。这是完全可以肯定的, 但现代化钢管厂要有活力和竞争能力, 必须产量高、质量好、成本低, 这里, 生产工艺的先进性具有决定意义。和其他轧管工艺相比较, CPE 工艺的成品管短、收得率低、生产能力偏低的缺点确实存在, 特别是和 MINI - MPM 工艺相比较, 竞争能力相对较弱, 但这种工艺唯一突出的优点是吨管的基建费用低。原拟在 1983 年 6 月投产的美国 CF & I 公司的 CPE 轧管机取消了基建计划, 就从一个方面说明了问题。而只有当不需要太大的生产能力, 又不拟作太大投资的钢管厂, 才采用这一工艺。印度的 Maharashtra 无缝钢管厂的 CPE 机组于 1992 年 3 月产, 投产初期生产  $\Phi 21.3 \sim 141.3\text{mm}$  的钢管, 将来拟将外径扩至 177.8mm, 主要生产油井管和锅炉管以适应印度国内市场的需要, 这可是近年来上 CPE 机组的唯一实例。

(续)

金如崧译注