

无缝钢管生产新工艺—CPE

〔西德〕Burkhard Senfferings

1 前言

CPE的含意是斜轧穿孔后顶管延伸。这种方法是西德曼内斯曼-德马克(Mannesmann-Demag)公司发展的,可以用于 $\frac{1}{2} \sim 9\frac{3}{4}$ " (21.3~244.5mm)碳钢和中合金钢无缝管的生产。

这种方法适于生产薄壁结构管,石油管和锅炉管。所生产的钢管能够满足所有常用国际标准的技术要求。

CPE方法的特点是投资费用较少,技术复杂性低,当年产量在15~30万吨(随产品方案而定)范围时,这种方法具有较好的经济效益。

2 CPE工艺的发展过程

顶管方法在过去30年中已经达到很高的技术水平,是世界公认用于生产薄壁钢管的方法。这一工作主要是曼内斯曼-德马克公司开发的。在过去的26年里,该公司已经制造了16套顶管机并建成投产。仅仅在1979年6月至1981年4月期间就建成了3套顶管机并成功地在捷克斯洛伐克波德布雷佐瓦(Podbrezova)厂、东德里萨(Riesa)钢管厂和奥地利威斯特(Vöest)厂建成投产。

钢管厂希望能够用顶管机生产中等壁厚的长度较大的钢管,因此就要求增加坯料的尺寸,同时需要用另外的方法来生产适用于顶管机的空心坯。由于所需要的投

资较大,这种方法的发展已经到了它的极限。

七十年代末期市场上需要较多的石油管,即长度为12~14米的中等壁厚的钢管,这就很自然地要考虑斜轧穿孔方法是否也适用于顶管机组。

按曼内斯曼-德马克技术发展的现代斜轧穿孔工艺具有以下特点:

- 可直接用连铸管坯进行穿孔;
- 可得到较大的延伸率和轧制速度;
- 荒管具有较好的壁厚公差。

这些正是生产市场需要的高质量成品钢管的先决条件。

为了得到一端缩口的荒管,以便在CPE机组的顶管机上进行延伸,成功地进行了管端缩口试验,试验是将穿孔后的荒管端部的管壁往里弯曲。这就是CPE工艺的来由,管坯在斜轧穿孔机上穿孔,然后用艾哈特方法(即顶管机)延伸成为钢管。

下面比较一下CPE方法和传统顶管方法。

3 顶管方法与CPE工艺的比较

3.1 顶管方法

当产量不太大,钢管最大直径为7" (177.8mm),并且产品中主要是薄壁管的时候,使用顶管方法总是经济合理的。

顶管方法的主要好处在于:

1. 对原料管坯形状的要求比较灵活;
2. 建设投资费用较少;
3. 适于生产薄壁管;
4. 技术复杂性较低;
5. 产品质量好。

第一个优点意味着可以选用最佳的原料管坯。

投资费用少当然就有利于解决建设所需要的资金，这是第二个优点。

第三个优点乃是顶管机与连轧管机竞争的基础，同时也是它优于其他无缝钢管生产方法的地方。

第四个优点意味着电气和电子设备的费用少，同时对操作和维修人员的技术水平要求也低。技术复杂性低意味着较低的设计费用，投产、达到设计产量时间较短并且作业率高。

产品质量高是由顶管方法的特点决定

的，也就是说，用一根传动的芯棒通过不传动的辊模进行顶管延伸可以得到较好的钢管质量，因为此时不可能出现不连续的金属流动，因而不会引起表面缺陷。

产品质量好，生产可靠性也就高。

尽管近年来顶管生产有了一些发展，比如用三辊延伸机来改善管壁厚度公差，增加荒管减径机使管坯最大重量加大，顶管后钢管长度增加到22米等，但是一般顶管方法还是有一些限制的，不能生产某些规格和品种的钢管，不能满足钢管生产厂的要求。

如图1所示，是 $2\frac{3}{8} \sim 13\frac{3}{8}$ " (60.3~340mm) 石油管的长度和每米重量之间的关系。要想生产市场需要的长度，如14米长的套管，那么，从图上可以看出，钢管的重量可能达到1000公斤。一般顶管机组是无法满足这一要求的。

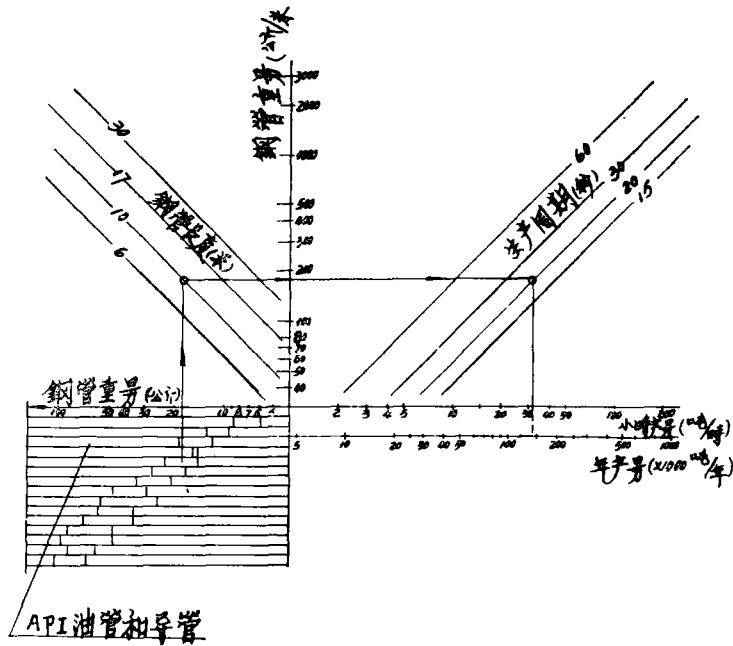


图1 石油管长度和每米重量的关系

3.2 CPE方法

CPE方法是由钢管生产中 经过 考验的成熟设备组成，没有增加任何工艺上的复杂性。

所用的设备是：

- 用来穿孔的斜轧辊式穿孔机；
- 用来延伸荒管的顶管机；
- 将顶管后的钢管轧成成品管的张力减径机。

所用的原料是热轧或连铸圆管坯，通

常被切断成定尺长度。管坯在环形炉中加热后在斜轧穿孔机上穿孔。穿孔后的荒管在一端进行缩口，同时将下一工序用的芯棒插进去，接着在顶管机上将荒管延伸成钢管。经过松棒和脱棒以后，钢管经过再加热和减径或张力减径。

图 2 所示是CPE方法和传统顶管方法主要生产过程的比较。

由于传统顶管机组中压力穿孔机的坯料重量受到 L/d 比值的限制，再加上延伸机上最大延伸率只有1.7:1，因此顶管机上必须采用的最大延伸系数达20:1。

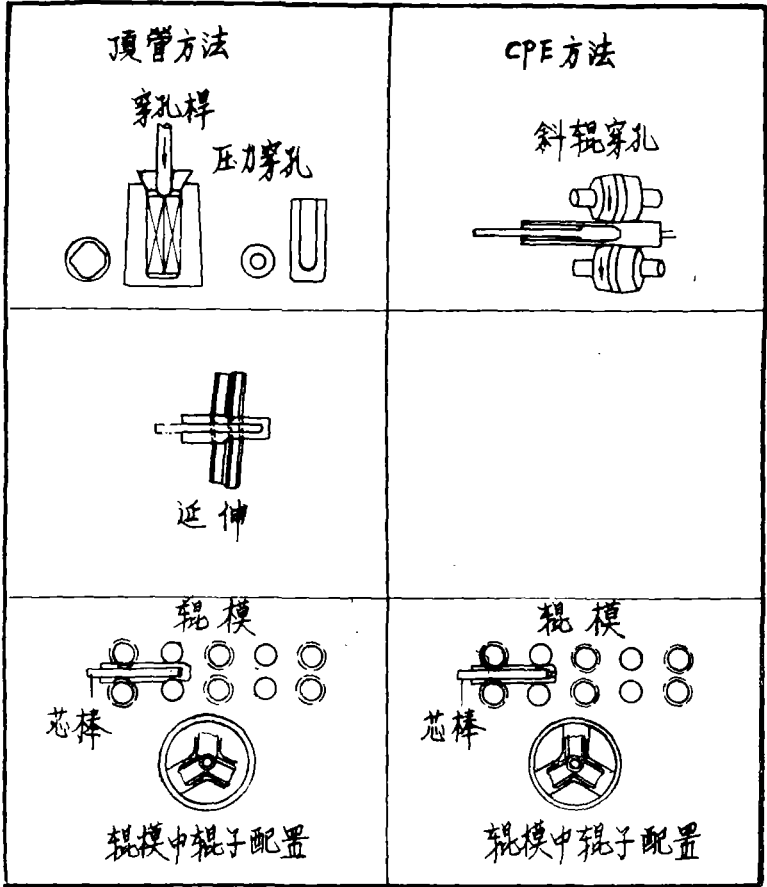


图 2 CPE方法与传统顶管方法的比较

用斜轧穿孔机代替压力穿孔机和延伸机，实际上就使管坯长度不受限制。当穿孔的延伸系数在1.6~2.7范围时，顶管机上的变形量可以减小30~50%。

使用斜轧穿孔机的另一个好处是因为所能达到的管壁厚度公差主要是由穿孔工序决定的。要想得到较小的壁厚公差必须有较大的径向压力，正如斜轧穿孔时所能产生的那样。

纵向轧制一般是无缝钢管生产的第二道工序，在最好情况下是保持管壁厚度的绝对公差。

图3所示是在CPE和一般顶管方法中的生产薄壁管的管壁厚度公差。

这里需要指出，管坯在环形炉中的均匀加热对斜轧穿孔的效果有相当大的影响。假如加热管坯表面和中心的温度差为15°C左右，则穿孔荒管的壁厚公差约为±3%。如果上述温差是30°C，那么，壁厚公差就会达到±5%左右。

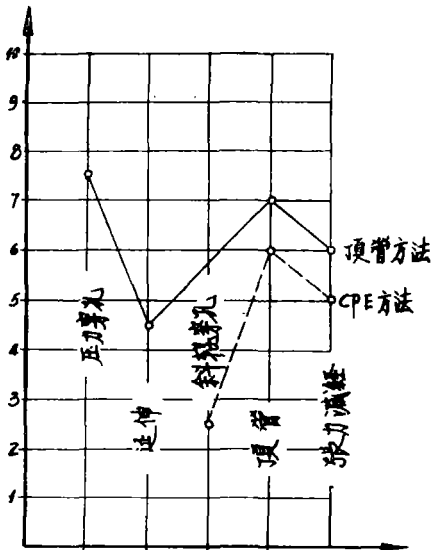


图3 CPE和一般顶管方法的壁厚公差。

CPE方法的主要优点是：

1. 减少了从管坯到成品管的工序，从而简化了生产过程；
2. 管坯的最大重量增加到 1500 公斤；
3. 钢管直径范围扩大到9%”(244.5 mm) ；
4. 由于顶管机上的切头重量减小，管坯重量加大而使收得率提高大约2%；
5. 采用现代斜轧穿孔工艺使成品管的壁厚公差得到改善，可达±4~6%。
6. 由于齿条行程减小10%而使顶管机的生产率提高。齿条行程能够缩短，有两个原因，一是采取预先将芯棒插入荒管，二是由于顶管时延伸率较小，从而可以缩短辊模机座的长度。

由于用斜轧穿孔机代替压力穿孔机并调整了穿孔和顶管的变形量分配，CPE机组所用管坯重量较大，这使其具有很大的经济效益。由于可以生产长度较大的厚壁管，使收得率和产量都有所提高。

图4是CPE方法的生产流程图。

图5是传统顶管机和CPE工艺在钢管最大长度和收得率方面的比较，比较是以各种壁厚的7” (177.8mm) 钢管为基础。

图6所示是用一种直径的管坯生产1~7” (33.4~177.8mm) 钢管的工艺过程。

CPE方法是一种能够满足各种质量要求的生产1~9%” (33.4~244.5mm) 钢管的方法，在年产量为15~40万吨（随产品方案而定）的情况下具有很大的经济效益。

图7（略）是一台轧辊上下布置的现代穿孔机，每个轧辊由一台电机直接

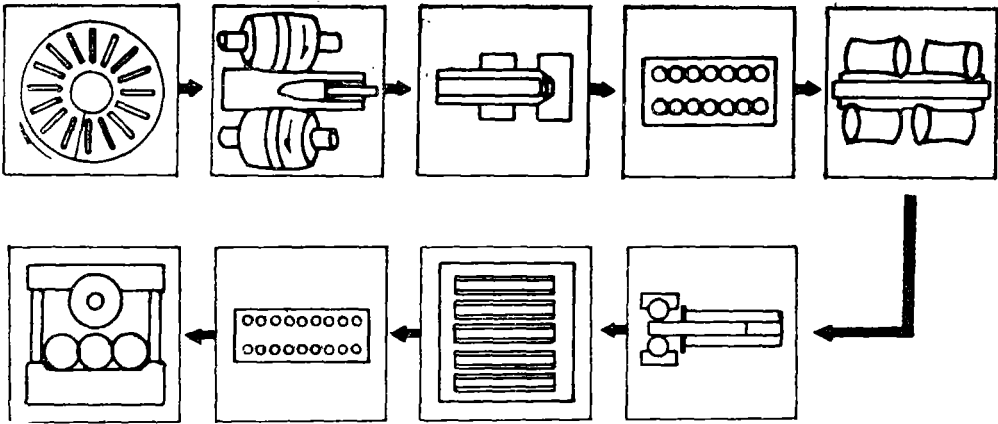


图4 CPE方法的生产流程

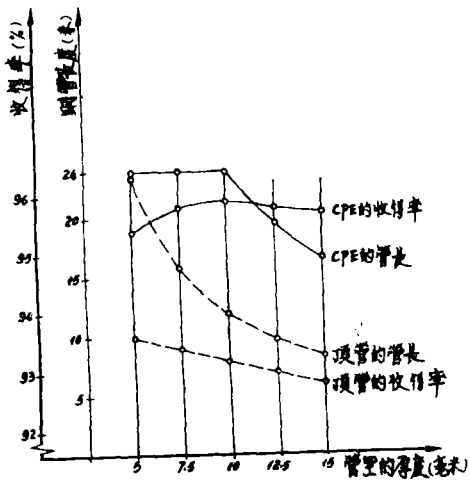


图5 传统顶管机和CPE方法在管长和收得率方面的比较

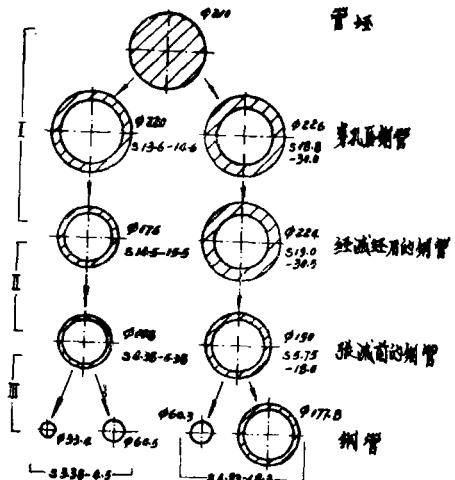


图6 用一种直径的连铸坯生产钢管的过程

传动。

图8(略)为管端缩口机。

图9(略)为顶管机的辊模机座。

图10(略)为张力减径机和换辊装置。

与产品规格范围相同的连轧管方法相

比，CPE机组只有一个缺点，那就是它的生产能力较小。不过，这一点只是在要求较大产量的时候才表现出来。

图11是目前常用钢管生产方法的比较，按每分钟生产的钢管米数来计算产量。

生产方法	生 产 力 (根/分)	钢管 最大 长度 (m)	产 量 (m/分)	年 生 产 能 力 (1000吨/ 年)
顶管机组	3	22	66	150—250
CPE	3	24	72	250—500
连轧管 机 组	4	33	132	400—600
MRK-S	3.5	48	168	600—800
MRK- AR	2.5	48	120	700—1000
自动轧管 机 组	2.5	18	45	300—500
周期轧管 机 组 (两机架)	0.5	30	15	100—200

图11 各种钢管生产方法的比较

只有很少的大厂有能力投资和经营产量高的工厂，因为所需要的投资多，要求设备利用率高。所以当产量比较小和中等产量的情况下，CPE方法将成为一个日益重要的生产方法，它可以满足所有质量和经济方面的要求，所需投资费用较少。

4 开发的重点

如上所述，CPE方法实质上是由大家熟悉而又可靠的设备组成的。只有顶管前的荒管准备，即缩口工序在技术上还不够完备，还没有在生产条件下得到证实。因此，CPE工艺的开发就集中在荒管端部缩口方法以及缩口后的荒管在顶管机上延伸这两方面的试验上。

从1978和1979年开始进行了两组试验，采用非正规的方法把荒管一端缩口后在比利时的一台顶管机上进行顶管。试验结果成功地表明，在顶管机上将缩口后的荒管延伸得到4"（102mm）以下的钢管没有任何困难，并且还可以提高收得率，

因为顶管后的钢管前端的切头重量较小。

第二阶段的试验于1980年开始，同样用非正规的方法把荒管一端进行缩口，尽管荒管尺寸比较大，仍然成功地在西班牙图堡斯韦尼多斯（Tubos Reunidos）公司阿穆里奥（Amurrio）厂的顶管机上通过了试验。图堡斯韦尼多斯公司的顶管机是一个相当先进的设备，它生产的钢管规

格达6 $\frac{5}{8}$ "（168.3mm），顶管后的管长达17米。

接着，曼内斯曼-德马克公司与图堡斯韦尼多斯公司共同合作继续改进缩口机的设计制造，并在实际生产条件下进行缩口试验。

1981年年初在图堡斯韦尼多斯公司加林多（Galindo）厂安装了第一台缩口机。1981年4月成功进行了首次缩口试验，没有出现任何问题。

根据试验结果可以说，荒管缩口和在顶管机上用缩口的荒管进行顶管延伸都没有困难，技术上得到了满意的结果。

图12（略）所示是缩口后的荒管端部及顶管后的钢管前端（在第一批试验中得到的）。

图13（略）为Tubos Reunidos公司试验中的顶管后钢管的前端。

图14（略）所示为经过缩口后的荒管。

Tubos Reunidos公司和曼内斯曼-德马克公司合作的范围是以改造阿穆里奥厂的顶管机为目的共同发展CPE生产方法。也就是说，把该厂的顶管机按CPE工艺进行改造，并做其他一些改进，用一台斜轧穿孔机和一台缩口机来代替压力穿孔机和延伸机。

斯维尔莫夫钢铁厂新顶管机组

[捷克斯洛伐克] JIRi KARA

捷克斯洛伐克的无缝钢管直径多数在133毫米以下。这个范围的钢管在1975年占无缝钢管总数的46.5%。适当的工艺选择取决于产品的数量、材质（碳钢管、低合金钢管、高合金钢管）、钢管尺寸及其它因素。连轧管机最适合轧制直径160毫米的碳钢和低合金钢无缝钢管。这种生产线主要在有广阔销售市场的工业发达国家使用，因为这种生产线产量大（一年50万吨以上）。而在没有条件建连轧管机的地方，在顶管机组上轧这些产品同样是适当的。近年来，在捷克、西班牙、波兰、伊朗、奥地利，民主德国已建成或正在建设大量的、技术性能好的顶管机组。

一般的方连铸坯是生产钢管的原料，管坯通常在剪切机上切成所需要的长度。剪切好的连铸坯加热到150°C左右，以避免管坯端部出现裂纹。如果不用连铸坯则

使用剪切前不予热的方轧坯，管坯使用火焰或锯切割时同样不予热。

对切下的管坯称重并加热到1250°C

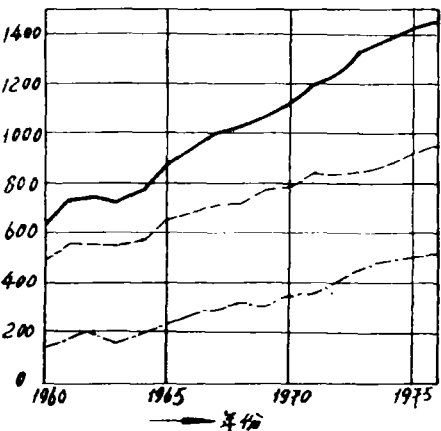


图1 捷克斯洛伐克钢管的产量

—— 钢管总数
..... 无缝钢管
— · — 焊接钢管

曼内斯曼公司已提供了必要的设备，改建工作已经开始。1983年9月1日将按CPE生产工艺轧出第一根钢管来。

图15是西班牙阿穆里奥厂顶管机组与CPE机组的一些主要性能参数的比较。

不仅是Tubos Reunidos公司，美国科罗拉多铁和燃料(Colorado F & I Steel)公司1981年年初也决定采用CPE方法并向Wean United（曼内斯曼公司在美国的专利特许者）订购了一套顶管机，这将是世界上第一套按CPE工艺设计的全新的顶管机组。该机组将生产直径到4 1/2"

	顶管机组	CPE机组
管坯断面		
管坯直径	160及190mm	160及200mm
管坯重量	260kg	520kg
顶出钢管最大长度	17m	21m
最长钢管的最大壁厚	5.5mm	8.5mm
最大钢管直径	5 5/8"	7"
机组生产能力	160,000吨/年 4根/分	220,000吨/年 3.5根/分

图15 阿穆里奥厂顶管机组与CPE机组比较

左右的温度，在辊式定形机或压力定形机上压热管坯的棱边，使其与穿孔机的穿孔模锥度相同，定形后通常用高压水除掉管坯的氧化铁皮，然后在穿孔机上穿孔。穿孔时增长最小以保证管坯全长上变形。管坯的穿孔深度一般最大为冲头直径的7倍。管坯长度过大时，冲头有从冲孔中心线向外歪斜的危险。冲孔后形成带底的杯状坯。

杯状坯在普通三辊斜轧机上延伸，一般延伸1.7倍。将芯棒插入延伸坯中，在顶

管机上轧成荒管，荒管内径和芯棒直径相同，荒管的外径随钢管要求的壁厚而异。带有芯棒的荒管从顶管机运到松棒机，再扩大管径2~3毫米，以便从荒管中抽出芯棒，接着切去杯底和破头端，然后将荒管加热到1000℃左右，用高压水喷除氧化铁皮，在张力减径机上轧成最终尺寸。钢管在减径机后进行锯切并在冷床上冷却，或者整根冷却后再切断。二种情况都可将钢管锯成定尺或倍尺长度。锯断的钢管送往加工区，工艺流程见图2。

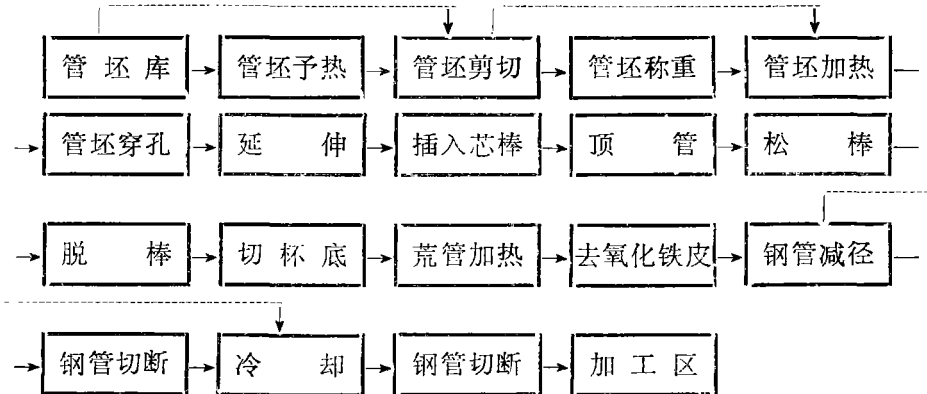


图2 顶管机组生产工艺流程图(波德普列佐瓦市斯维尔莫夫钢铁厂新顶管机组生产线)

	尺 寸	长 度
圆管坯 (重量84~420kg)	φ130mm	1.0~4.4m
荒 管	φ150×18mm	2.0~7.0m
	φ136×21mm	1.6~3.0m
顶管用 芯棒直径	90、110mm	
顶管后的 钢管	壁厚 2.8~10mm	16m (最大)
成品钢管	21.3×2.0mm	120m (最大)
	114.3×10.0mm	15m(最小)
锯切长度		6~15m

图16 ½—4" CPE 机组主要参数

(114mm)的钢管，年生产能力为20万吨，预计1983年年底投入生产。

CPE方法还特别适用于现有中小自动轧管机组的技术改造。

图16所示是½—4" (21.3—114mm) CPE钢管机组的主要参数。这种机组的年生产能力约为9—10万吨。

李长穆 马浩浩 译