维普资讯 http://www.cqvip.com

ERW 直缝焊管成型装置的发展

刘志俭
（西安重型机械研究所，陕西 西安 710032）

摘 要：简要介绍了 ERW 直缝焊管成型装置的产生和发展历程。详细阐述了 ERW 直缝焊管排辊成型的特点、主要生产工艺布置和设备组成、排辊成型的换辊与调整等。

关键词：ERW 直缝焊管；辊式成型；排辊成型；发展
中图分类号：T-1；TG333.93 **文献标识码**：B **文章编号**：1001-2311(2007)01-0001-08

Development of ERW Straight Welded Pipe Forming Mill

Liu Zhijian
（Xi' an Heavy-Duty Machinery Research Institute, Xi' an 710032, China）

Abstract: Briefed in the paper are the invention and development history of the ERW straight welded pipe forming mill. Detailed are the main aspects of the said mill, covering the characteristics of the row-roll forming process for the ERW straight welded pipe, the process layout, the equipment composition and roll change/adjustment of the row-roll forming system, etc.

Key words: ERW straight welded pipe; Roll type forming process; Row-roll forming process; Development

0 前 言

我国是世界上最早生产使用管材的国家，大约5 000年以前我们的祖先就开始用竹筒输送卤水和天然气；后来埃及人也采用这种方法但规模有限。罗马人采用铸铅板弯曲成管坯然后焊成管道；我国唐朝采用陶瓷管做城市管道。1690年欧洲曾用钢板弯曲成管筒，用熔化青铜焊接焊缝，制造枪筒。1811年琼斯发明了锻接制管法。1877年埃来修·托木逊(Elihu Thomson)首先将霍耳效应用于焊接，1898年设计出世界上第1台对焊机和焊接变压器。1910年德国佛里兹·哈戈尔(Friz Hager)制造了第1台焊管机，采用单焰焊接。大约在1920年我国上海、天津等地曾用手工弯曲的方法制作管坯，然后采用气焊方式成管。1935年6月日本62人服务公司在我国鞍山建立焊管厂生产直缝焊管，其主要设备有1座锻接钢管加热炉、1台拔管机、3台定径机等；1948年2月鞍山解放，该厂回归到新中国[1]。

刘志俭(1930-)，男，教授级高级工程师，长期从事ERW焊管的设备、生产、技术研究开发工作。

1 ERW 直缝焊管成型装置发展简述

焊管成型装置最初采用链式拉拔方式(我国河北某厂曾采用过)。后来美国创造了辊式成型。开初辊式成型装置的构造是平辊和立辊交叉布置，主要用于生产小直径焊管。后来不断改进，成型布置变为平、立辊+立辊组的形式，管径由小直径发展为中直径，而且采用高频焊，这就是一般所说的中小型辊式成型焊管机组。此后再进一步发展为排辊式。

辊式成型的发展大致可分为以下3个阶段。

第一阶段：辊式成型的原始阶段。1918年美国开始使用电阻焊生产小直径管；1938年卡尔-荷尔泽(Carl-Holzer)创造了接触焊接法的精密焊管机组，该机组由6个机架组成[1]。第二次世界大战后，美、欧制管工业得到迅速发展，美国的约德尔(Yoder)开发出焊管机M系列设计——M1(Φ13.7~42.2 mm)、M2(Φ21.3~66.0 mm)和M3(Φ26.7~114.0 mm)，并取得了专利。后来又不断发展，并按API标准生产了Φ406 mm(16 in)焊管机，其轧辊布置形式是平、立辊交叉式(图1)。1950年德国的曼内

维普资讯 http://www.cqvip.com

斯曼-米尔(Mannesmann-meer)开发了3种RD型悬臂式系列设计——RD38(Φ12~38 mm)、RD50(Φ12~50 mm)和RD76(Φ16~76 mm)焊管机。1928年美国正式公布了API标准[2]。

1953年美国开创了高频焊接法。

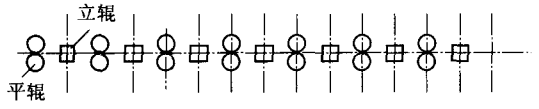


图1 轧辊平、立辊交叉布置示意

第二阶段：从小直径管平立辊交叉布置发展为平、立辊+立辊组的形式，也就是趋向半排辊式成型。为了减小摩擦和个别平辊孔型直径，在小直径管的成型辊中采用立辊组的形式，立辊组的数量为2对以上，如图2所示。为了减少管子表面划伤，在中等直径管成型过程中，在平立辊之间增设了数个成排的小辊子。1960年美国托伦斯(Torrance)公司就制造了1台半排辊式成型直缝电焊管机组(图3)，可生产直径508~1 270 mm (20~50 in)的电焊管[3]，由此开创了排辊式成型新纪元。

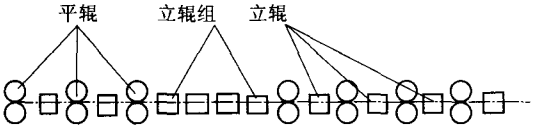


图2 轧辊平、立辊+立辊组布置示意

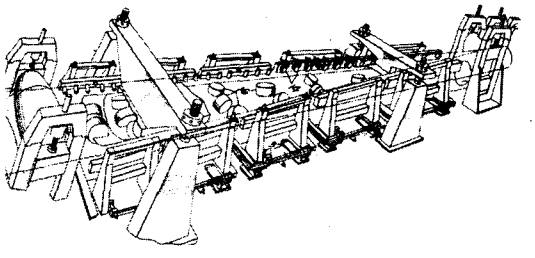


图3 美国托伦斯公司制造的半排辊式成型机组示意

20世纪60年代初我国上海某厂开始研制高频焊接。

原始的排辊式成型主要目的是：提高成型质量和表面质量，生产大、中直径的薄壁焊管。

第三阶段：全排辊式成型。Φ168.3~508 mm ($6\frac{5}{8}$~20 in)和Φ610 mm (24 in)排辊式成型机组最先由美国制造。随后美籍华人张志辉工程师在吸收其优点的基础上设计了1套更完善的排辊式成型机组。在20世纪60年代后期，日本制造了1套能生产直径457.2~1 219.2 mm (18~48 in)、壁厚达23 mm钢管的排辊式成型机组。在20世纪70年代后期，日本又制造了1套Φ660 mm (26 in)的排辊式成型机组，其产品最大外径为660.4 mm、壁厚(t)/外径(D)比不到1%，壁厚最小为6 mm。

经过30多年的完善与进步，排辊式成型不但能生产薄壁焊管，也可生产厚壁焊管。根据与国外公司的技术交流，如法国DMS公司生产的Φ610 mm(24 in)焊管机组的产品壁厚已达20.6 mm。

所谓全排辊式成型，并不是整体成型过程全是排辊式成型，而仅仅是中间大部分是排辊式成型，头尾部分仍是辊式成型。在20世纪70年代，我国在排辊式成型方面最初计划自行设计、制造，由西安重型机械研究所和锦西钢管厂联合研制Φ200~500 mm排辊式成型焊管机组，当时已完成部分设计图纸。后来因其他原因而停工，但也为锦西钢管厂1986年从德国引进Φ508 mm排辊式成型焊管机组打下一定的基础。1985年张家口某厂从德国引进了Φ114 mm(4 in)排辊式成型焊管机组，后来发展成Φ165 mm和Φ219 mm排辊式成型焊管机组。1992年西安重型机械研究所和北京钢铁设计研究总院联合为莱阳钢铁公司研制了Φ114 mm (4 in)排辊式成型焊管机组的生产线。

在2000年前后，我国开始了Φ610 mm排辊式成型焊管机组的引进与研制工作，目前有不少厂家投建了Φ610 mm排辊式成型焊管机组，如太原、青岛等地和浙江湖州某厂已生产出Φ610 mm焊管。我国宝山钢铁股份有限公司也建设了先进的Φ610 mm排辊式成型焊管机组[4]。

目前世界上新投产的中等直径焊管机组几乎都采用排辊式成型，而过去的辊式成型机组也都纷纷改造成排辊式成型。排辊式成型是目前发展的趋势。

2 排辊式成型的特点

排辊式成型是由辊式成型发展而来的，它继承了辊式成型的优点，也抛弃了辊式成型的不足。其特点如下。

2.1 在压力加工变形原理方面

普通辊式成型与排辊式成型中小型直缝电焊管，在压力加工变形原理方面属于同一范畴，但是在控制管坯(带钢)的边缘变形方面却有着很大的区别。因为在辊式成型生产中等直径偏大的焊管时成型易

维普资讯 http://www.cqvip.com

产生的主要问题是带钢边缘伸长往往超过其弹性变形，会因产生“波纹”、“折皱”、“鼓包”等缺陷而造成废品；而排辊式成型的突出特点是具有自然成型的特性，防止了带钢边缘过量的伸长变形。

(1) 焊管成型过程的变形

平直带钢经过轧辊的弯曲而变成待焊的圆管坯，在这个过程中带钢产生横向和纵向变形，实际上二者是同时发生而且是比较复杂的变形。

为了研究计算方便，可近似地看成在同一个平面上，带钢边相应地被看成是一条直线(图 4)。显然为了使管坯端部 A–A 断面与底面成一直角，带钢边部被伸长为 L_1，比带钢底部中间部分(不弯曲部分)增长了 ΔL，否则端部的断面就会形成沿纵向向后倾斜，也就无法构成圆管坯。所以，A–A 断面必须垂直底面，即：

$$\Delta L = L_1 - L \approx D^2/2L \qquad (1)$$

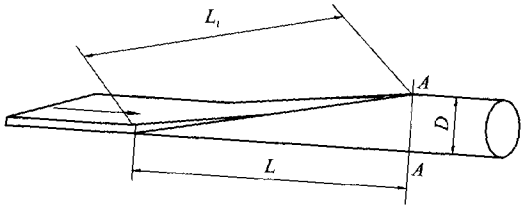
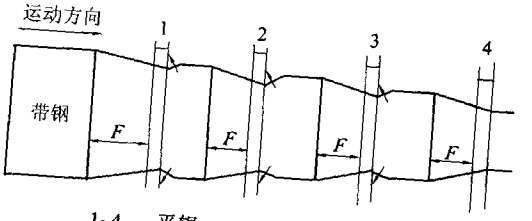


图 4 焊管成型过程的变形原理示意

从式 (1)可以看出：带钢边缘伸长 ΔL 与焊管直径 D 平方成正比，与成型区的长度 L 成反比。同时还可以看出，管径愈大，则边缘伸长也愈大，愈易产生“波纹”、“折皱”、“鼓包”等缺陷。唯一办法是延长变形区，从而避免因急剧变形而产生的“波纹”、“折皱”、“鼓包”等。但在实际的成型过程中，带钢进入成型辊之前，其某一点受成型力的影响，并且随着其向前推进而不断变形。在带钢的板宽方向上发生最大弯曲部分的外侧受到拉伸而产生变形，即板带中心线部分的下层在纵向上也产生变形，板的边缘在纵向上拉伸并达到拉伸变形的最大值，而在以后受到压缩变形时又趋于恢复原长，基本上可简称为“拉–压变形”。

但是在实际的成型过程中，存在着带钢进入成型辊之前就产生变形和离开轧辊后又回弹变形等复杂变形。由于带钢要逐步进入若干个轧辊，也就存在着反复的拉伸–反弹变形[3]。这种变形使得一道轧辊比一道轧辊变形大，以此补偿前一道轧辊中带钢的反弹，由此会使带钢的边缘伸长量加大，产生“波纹”、“折皱”、“鼓包”等现象。也可以这样认为：在带钢开始成型的部分产生边缘伸长，在宏观上看是由于中间和两侧轨迹长度差而产生的，在微观上看则是带钢与下轧辊接触部分发生拉伸摩擦应力引起的，如图 5 所示。



1~4 — 平辊　　F — 轧前变形部分

图 5 带钢变形示意(箭头表示回弹)

根据其成型过程，在成型辊之间加入一些小辊子，以尽量减少带钢从轧辊出来之后的反弹，从而使带钢边缘伸长减少，由此变形自然减少。而从边缘外控制带钢的变形，避免回弹和残余应力的产生，这就是使带钢边缘拉伸控制到最小范围的自然成型法，也就是排辊式成型产生的基础[3]，如图 6 所示。

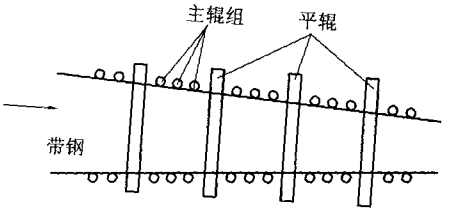
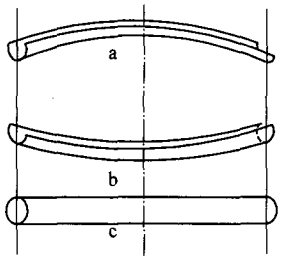


图 6 排辊式成型产生的基础示意

(2) 带钢的边缘伸长与残余变形

一般壁厚与直径之比值(t /D)小时，轧辊孔型的微小调整也能引起边缘伸长的过量，以致产生“波纹”、“折皱”、“鼓包”等现象。实践证明，上下轧辊的间隙大小以及每对(或单个)轧辊在全轧辊的相对位置，对带钢中间和边缘伸长有很大的影响。若辊缝间隙过大即辊缝大于板厚，则带钢中间、边缘部分都伸长，从孔型出来的带钢(管坯)向下弯曲，相对而言边缘部分伸长小；如果辊缝间隙过小即上下轧辊加大压下量，尽量使管坯底部参与变形，相当于压缩边缘，从理论上讲是完全能避免产生“波纹”、“折皱”、“鼓包”等现象的。但在实际的成型过程中，如果减少辊缝间隙，常常会发生表面划伤等缺陷。因此，在大多数情况下仍采用辊缝间隙较大的方法。虽然边缘部分伸长量大一些且向下弯曲，但可以调整每对轧辊的高度，使坯料出孔型后相对变平直，这就是下山成型法，如图 7 所示。

维普资讯 http://www.cqvip.com



a — 缝隙较大 b — 缝隙较小 c — 缝隙适当

图 7 轧辊缝隙大小对管坯的影响

(3) 管坯壁厚、宽窄与成型之间的关系

根据国外对圆弧成型时的变形量测定结果和对通过轧辊后的应力分布情况的一些假设，得出了光洁钢板和铝板产生“波纹”、“折皱”、“鼓包”等现象的界限确定公式：

$$t/D = 0.01B/R \quad (2)$$

式中 t —— 板厚，mm；

B —— 板宽，mm；

R —— 某一段孔型半径，mm。

当 t/D 值比右边数值大时，就不会产生“波纹”、“折皱”、“鼓包”等现象，其等号是极限值。

从式(2)可以看出：①板愈薄、愈宽，成型半径愈小，就愈易产生“波纹”、“折皱”、“鼓包”等现象；②板厚且不宽，成型半径大，就不会产生“波纹”、“折皱”、“鼓包”等现象。

由此可以看出，板的厚薄、宽窄对成型是否产生“波纹”、“折皱”、“鼓包”等现象有一定影响。

2.2 成型力减小

在实际的成型过程中，坯料由于受到空间弯曲变形和来自成型辊复杂的约束，因此成型力与纯理论估计值很难一致。排辊式成型用下辊驱动，上下辊使带钢弯曲成管坯，其典型情况与一般电阻焊管机组成型一样，有 1 对大直径轧辊和采用排辊式成型，有比较小的驱动下辊，两侧各有 1 批小辊子(自由辊)参与成型。因此，排辊式成型的排辊接触面积小，成型辊直径小，扭矩臂也短，故其弯曲力矩也小。从板材纵向看，像水平辊机架前后有排辊式小辊子参与成型，防止了管坯变形反弹，所以可以进一步减少成型辊的扭矩，由此可把附加应力控制到最小范围。

因此，用较小的成型力生产大直径薄壁管是完全可能的。日本住友金属工业公司到 1969 年就生产出 Φ457~1 219 mm 焊管数十万吨。

2.3 变形区短

一般辊式成型机的变形区长度 L_1 按下式计算：

$$L_1=(40\sim60)D_{max} \quad (3)$$

式中 D_{max} —— 成品管的最大外径，mm。

排辊式成型机组的变形区长度 L_2 按下式计算：

$$L_2=(28\sim38)D_{max} \quad (4)$$

从经验公式(3)、(4)可以看出：排辊成型的变形区长度几乎缩短了 30%以上，从而减少了设备、土建、厂房等的建设投资。

2.4 在变形过程中成型质量大大改善

带钢在整个生产过程受到了拉伸，当其成型接近圆形时，边缘又被压缩，即带钢边缘承受着拉-压变形并被限制在弹性变形的范围内。

排辊式成型过程在理论上讲应该是连续进行的，但实际并非如此，而是分阶段重复进行的(图 6)。

为了使带钢边缘在变形过程中的伸长量减小，即从理论上讲不超过弹性变形屈服极限 σ_s，根据虎克定律，边缘部分的伸长量 e 为：

$$e = \sigma_s/E \quad (5)$$

式中 σ_s —— 屈服极限，MPa；

E —— 弹性模量，MPa。

一般用碳素钢时 σ_s=200 MPa，$E = 2\times10^5$ MPa，则 $e = 0.1\%$。

由式(5)可以看出：必须使带钢边缘相对伸长量 $(L_1-L_0)/L_0<0.1\%$，否则将产生残余变形。但是在实际的成型过程中，如图 5 中的带钢进入成型辊之前就已产生变形(F 段)，而离开轧辊之后又有所谓的回弹。如果要防止回弹，就要在前后两个轧辊之间增设导卫装置或若干对小辊子即排辊(图 6)，使带钢边缘变形接近理论线(直线)。

在变形过程中由于采用了排辊式成型，使带钢边缘减少了前后两轧辊之间的弹复，整个变形区的边缘伸长量达到最小，对于薄壁管就可减少塑性变形中的“波纹”、“折皱”、“鼓包”等现象，由此保证了变形区的成型质量与表面质量。

2.5 大量减少轧辊孔型的备品备件

在更换焊管规格尺寸时，排辊直线成型部分不需要更换，仅仅需要调整而已。由此轧辊孔型的更换量与一般辊式成型机组相比大大减少，例如由 Φ254 mm(10 in)管换成 Φ508 mm(20 in)管时，排辊部分仅仅更换很少部分，如弯边辊、精成型辊和挤压辊以及定径辊，其余轧辊调整一下即可。由此

维普资讯 http://www.cqvip.com

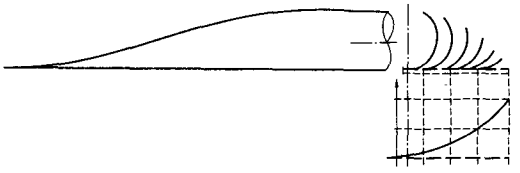
辊子备用件减少，投资费用降低。

2.6 节约换辊时间，提高作业率

在更换焊管规格时，由于排辊不换，只需自动调整，故减少了换辊时间，相对提高了作业率。

2.7 采用下山成型法

排辊式成型时采用下山成型法，不仅扩大了成品范围，还减少了带钢边缘伸长量。用同一种规格尺寸的管坯，分别采用排辊式成型与一般辊式成型，其变形过程是截然不同的，如图 8 所示。带钢边缘运动轨迹趋于自然成型线[1]。



(a) 基线恒定式，单半径，圆周弯曲法，边缘伸长量



(b) 下山成型法，双半径，边缘弯曲法，边缘伸长量

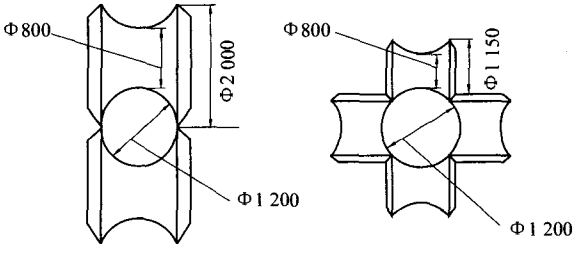
图 8 下山成型法与非下山成型法之差别

2.8 同一孔型断面内的管坯各点线速度差明显减小

由于采用四辊式排辊精成型，从而最大限度地避免了管子表面划伤，也相应地减少了轧辊的磨损。例如，当成型 Φ1 200 mm 管子时，排辊四辊式与一般二辊式的比较见表 1 和图 9。

表 1 排辊四辊式与一般二辊式的比较

成型方式	钢管直径 /mm	轧辊底径 /mm	轧辊外径 /mm	底径线速度 /(m·min⁻¹)	外径线速度 /(m·min⁻¹)
排辊四辊式	1 200	800	1 151.6	6	8.37
一般二辊式	1 200	800	2 000.0	6	15.00



(a) 二辊式　　(b) 四辊式

图 9 二辊式和四辊式的比较示意

2.9 相对节约能源

带钢在变形过程中排辊(小辊子自由转动)没有动力，相对摩擦减小，能源消耗也就相应减少。

2.10 管子壁厚增大

过去排辊式成型主要是生产大直径薄壁管，目前完全可以生产厚壁管，如 Φ610 mm 排辊式成型焊管机组已能生产壁厚达 20.6 mm 的厚壁管。

3 排辊式成型主要生产工艺布置和设备组成

排辊式成型机是焊管生产线中的一个主要组成设备，担负着将平直带钢弯曲成圆管坯，是生产中的核心，也是生产线上的关键设备。

排辊式成型生产工艺布置也随着科技进步而逐渐在改进。最初排辊式成型机组仅仅是将某些立辊和个别的平辊换成外排辊，如美国的 Φ168.3~508 mm($6\frac{5}{8}$~20 in)排辊式成型机组，经过改进之后增设了内排辊和下支承辊，后来又进行了改进，重新制成 Φ610 mm(24 in)排辊式成型机组。目前使用的排辊式成型机组是经过多年的实践与改进而成的。各个厂家的排辊式成型机组构造虽不完全相同，但总的来说是大同小异。根据工艺需要，排辊式成型机组一般包括夹送辊、预成型装置、粗成型装置、弯边辊、外排辊、上变形辊、下驱动辊、内排辊、精成型机架、导向辊、挤压辊等。现分述如下。

3.1 排辊式成型定位法

绝大部分机组采用中心定位法，而不是目前国内中小型机组所用的焊管底面定位法。这种中心定位方法的优点是：

(1) 更换规格尺寸时，粗成型装置上下辊一起调整，调整量相对较小；精成型四辊上下、左右对中调整，调整量也相对较小；立辊定位准确。

(2) 高频之输送导线可以高低固定不变。

(3) 中频退火感应器超声波之上下调整量可以减少一半。

3.2 夹送辊

一般为二辊式(无孔型式)，由直流电机驱动，可以上下调整，目的是保证带钢成型过程中粗成型和精成型的线速度一致，带钢在本机架中不产生弯曲变形，出本机架后开始变形。夹送辊对带钢对中非常重要，应调整好立辊，同时配合下山成型法运行。

3.3 预成型装置

使带钢从中心开始弯曲变形(属于中心弯曲法)，其弯曲角度(即变形量)固定，不随管径大小而变

维普资讯 http://www.cqvip.com

化。该段是排辊式成型之初步，其结构因机组而异，如日本某厂采用1个上辊、5个下辊呈凹形，由直流电机驱动；韩国世亚厂采用4个上辊和多个下辊呈凹形。都是非传动，但其前后都有驱动。

3.4 粗成型装置(机架)

一般是二辊式，由直流电机驱动，上下辊都分为3段，中间驱动两端自由滑动，如图10所示。这种机架有1座的，也有2座的，但其上下辊均带有孔型(凹凸型)，直径比较大(当生产Φ610 mm规格时其轧辊外径为1 400~1 500 mm)。

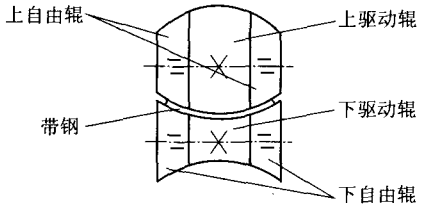


图10 粗成型示意

在更换产品规格时轧辊孔型全部不更换，粗成型装置是前段变形区的主动力源，其机架的数量与弯边辊有着密切关系。

3.5 弯边辊

目的是将带钢边缘弯曲成所需要的尺寸，防止生产出"梨形"的成品管。一对弯边辊既可以一起上下、左右调整，也可以单独调整。更换产品规格时，若采用1架粗成型，则其孔型绝大部分要更换；若采用2架粗成型，则弯边辊更换得少一些，仅仅更换几种即可。综合来看，采用1架粗成型时虽然更换弯边辊次数多，但却比多装1台粗成型机架更经济。

3.6 外排辊

外排辊布置在弯边辊和精成型机架之间的中心线两侧，对称布置，将带钢弯曲成300°~330°的开口管坯，使其很容易地进入精成型机架孔型。其弯曲角度与精成型机架之数量有关，也与内排辊、下支承辊、变形传动辊等有关。其布置结构形式是根据成型钢管的直径大小而设计成不同结构形式，当被成型的管子直径为1 120 mm时，某一孔型可以由二辊、三辊、四辊或五辊构成；当被成型的管子直径为610 mm时，其孔型基本上是由二辊构成。

外排辊的数量和直径根据厂家而异。如Φ610 mm机组都是分为3段，数量上有的多，有的少。法国某公司的Φ610 mm机组每边50个左右，两边共有100个左右的外排辊；而德国某公司的Φ610 mm机组每边30个左右，两边共有60个左右的外排辊。

每段外排辊设1对挡边辊，作用是防止带钢在成型过程中跑偏。

有的厂家还设有3组下支承辊，每组6个辊子。

总之，外排辊布置形式较多，但其共同特点是更换焊管规格时全部不更换，仅作一些调整即可满足要求。

3.7 内排辊

均匀地布置在纵向管坯的内表面上。在孔型横断面内，其辊子数量是根据焊管内径大小而定的。如Φ610 mm机组，生产大直径管时采用3个，生产小直径管时采用2个。它们大部分是分成两段，有的每段3组共计12个辊子。生产Φ219~610 mm范围的焊管，仅仅更换3种内排辊即可满足生产。但也有的厂家每段设4组辊子，每组3个，采用两段，共计24个辊子。采用较多的辊子目的是使带钢在变形过程中横断面变形更合理(调整是自动化的)。

3.8 变形、驱动辊

上辊是变形辊不驱动，下驱动辊由直流电机驱动。Φ610 mm机组中上辊是3个，下驱动辊是2个。下驱动辊相对应地布置在变形辊的下面，增加驱动带钢能力，同时使变形更均匀合理。

3.9 精成型机组

布置在排辊的后面，当排辊使带钢弯曲变形成330°的开口管坯时，采用2架精成型机；当排辊使带钢弯曲变形成300°的开口管坯时，采用3架精成型机。精成型孔型均为封闭孔型，上辊装有导向片。孔型设计采用立椭式，一般机座是四辊式，上下辊由直流电机驱动。机架形式也有2种：一种为普通轧钢机的牌坊；另一种是专门为排辊式设计的牌坊。后者刚度好，且换辊、调整均方便。为了保证变形可靠，精成型机架的数量在生产一般圆管时4架即可；如果既生产圆管又生产方矩形管，就需要5架。

3.10 焊缝导向装置

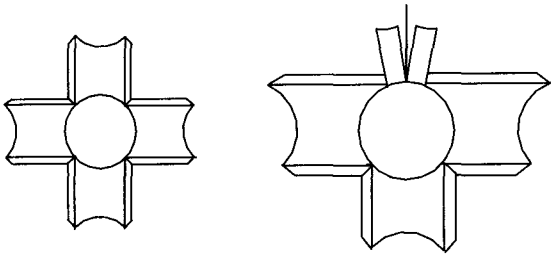
目的是将焊缝的开口角控制在3°~6°之间，以保证焊接良好。焊缝导向装置本身具有绝缘和调节机构，以保证焊接角的要求。

3.11 挤压辊

一般挤压辊为四辊式或五辊式，绝大部分为五

维普资讯 http://www.cqvip.com

辊式。个别厂家的辊子布置分为2档：大直径管采用五辊式，小直径管采用四辊式，如图11所示。



(a) 四辊式　　(b) 五辊式

图11 四辊式和五辊式布置结构示意

挤压辊的作用：将被高频电流加热的处于熔融状态的管坯边缘挤压焊接在一起，会合点的位置应处在挤压辊中心线附近略靠前一点，且与阻抗器的位置密切相关。

4 排辊式成型的换辊与调整

排辊式成型部分的换辊与调整可分为以下2种类型。

4.1 弯边辊、精成型辊的调整与换辊

弯边辊、精成型辊的大调整基本上都是通过电动和液压进行的。换辊方式是每种尺寸换1次，且是整体更换。如精成型换辊时，先把闭锁打开，通过电气和液压装置先将上辊(包括压下装置、轴、套、孔型、轴承座等)送入专门接受台架，并用吊车吊走；其次是将两侧立辊合成一体推出吊走，随后换下辊(和换上辊一样)，将要换的新辊子，先从下辊、侧立辊反顺序装入，闭锁后即完成。

4.2 粗成型装置的换辊与排辊成型调整

(1) 粗成型辊：一般是调整上下辊之间的间隙以适应不同的壁厚，1对辊子可适应全部规格尺寸的焊管，故不需换辊。

(2) 排辊式成型的调整：排辊式成型布置一般都采用下山成型法。在下山成型法中，通过机电装置进行自动调节，保持倾角不变。其原理是在任何给定的孔型处，在孔型保持不变的情况下，一切尺寸管子的带钢边缘在由一种尺寸换成另一种尺寸时始终遵循着一种直线关系。这一关系首先由美籍华人张志辉创立，现在全世界都在应用[1]，见图12。

在图12中 ab 线代表直径为 D_2 的管坯进入变形前的带钢原始状态，ef 曲线代表从粗成型出来的管坯状态。ab 线是由等于成品管直径的 K 倍的高

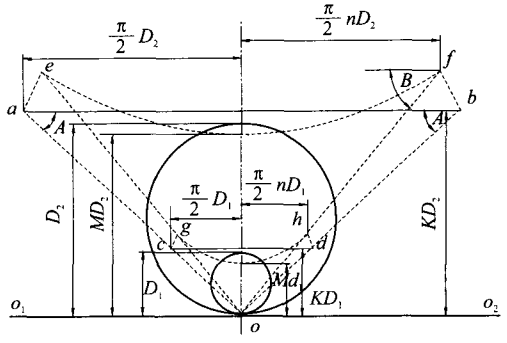


图12 单半径孔型截面示意

度进入变形区的(或等于 KD_2 的高度起始线，K为常数)。这一下山高度是由一切管子的底线(或挤压辊底线 o_1o_2)为共同参数算起的。同样，cd 线代表直径为 D_1 的管坯进入变形前的原始状态，gh 曲线代表带钢从粗成型出来的管坯状态。对于变形的辊子孔型设计保持不变的情况来说，cd 线是以比例 KD_1 为管坯进入变形前的高度开始线。$\angle A$ 代表带钢原始状态的角度，$\angle B$ 代表带钢经过粗成型变形后的弯曲角。则：

$$\tan A = KD_2 \div [(\pi/2)D_2] = KD_1 \div [(\pi/2)D_1] = C\{\text{常数}\} \quad (6)$$

式(6)说明：带钢边缘 b 和 d，与 a 和 c 的连线具有不变的倾斜角 $\angle A$。只要在这一给定孔型中的比数也采用同样 K 条件，采用倾斜角 $\angle A$ 则对于任何其他尺寸的管子来说也同样是正确的。同样，这对于成型机组线上的任何其他给定孔型来说也是正确的。

不论单半径孔型或双半径孔型（图13），只要对各种尺寸的管子都采用比例保持不变的相同设计，则边缘总是处于垂直中心线和所有成品管底线的距离成比例的位置上。这里：

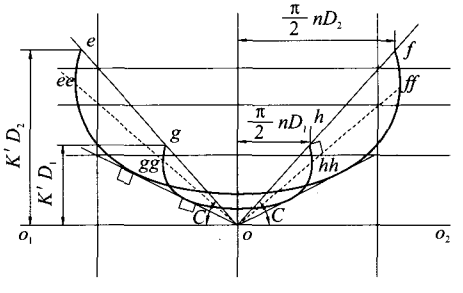


图13 双半径孔型截面示意

$$\tan B = [MD_2 + P(\pi/2)D_2] \div [N(\pi/2)D_2] = [MD_1 + P(\pi/2)D_1] \div [N(\pi/2)D_1] = [M + P(\pi/2)] \div [N(\pi/2)]$$

维普资讯 http://www.cqvip.com

$= C$ {常数} (7)

式中 M、N、P—— 常数。

式(7)说明支持各种尺寸管子的呈曲线状的带钢边缘的辊子，总是沿着任何特殊孔型的具有不变的倾斜角$\angle B$的倾斜直线轨迹变动。

以上所说主要是外排辊的情况，至于下传动支承辊、上变形辊都应根据外排辊的变动做相应的调整，但不换辊。

(3) 内排辊

一般是1组内排辊可适应几种规格。如法国某公司的Φ610 mm机组共有3组内排辊，每组6个辊子就能担负起全部尺寸的焊管；而韩国世亚厂的Φ610 mm机组共有8组内排辊，是专门配合某一种规格而设计的，装上即可投入生产。有的机组内排辊的调整是通过电气装置自动调整的。

(4) 挤压辊

挤压辊的调整都是通过电气和液压装置进行的，采用整体换辊方式。

5 结 语

我国的焊管生产从无到有到大发展，虽然有了长足进步，但是距世界工业先进国家还有一定差距。目前国内比较先进的成型设备绝大部分是从国外引进的，也有少数采用国外设计国内制造的方式。要尽快改变这种落后局面，关键在于应将国外引进的设备吸收消化和改革创新，扩大行业的各种专业技术交流，并不断总结与提高；科研院所、设备制造和生产使用单位应三者联合，共同协作，建立统一的科研试验基地，发挥独立自主精神，走自主创新的路子，在不久的将来就会制造出更先进的焊管成型设备。

成型设备是焊管机的核心，目前正向中大直径、高效率、高质量、多品种方向发展。具体来说就是提高成型机的成材率、作业率和产量，采用计算机自动控制，大力发展排辊成型。

成型机设计制造：必须与生产工艺紧密结合。孔型设计对成型质量非常重要，在保证成型质量前提下应尽量缩短变形区长度，从而相对减少设备的重量与备品备件。在标准件选用上尽量采用高标件，如挤压辊轴承采用耐磨耐热轴承。只有提高成型机的设计制造质量，才能提高成型机的成型质量。

成型设备：应提高自动化成程度，如焊速、焊接质量自动控制精确到位。国外成型机的平、立辊以及排辊式成型的各部分轧辊实现了自动调节，控制精确。而我国目前上海、广东等地的Φ355.6 mm(14 in)焊管机组的调整还是手工操作，费力费时，精度差，应改进。

生产工艺：目前国外的中大直径焊管生产大都是以管坯中心为成型中心；而我国广东、上海等地的Φ355.6 mm(14 in)焊管机组是以底线为成型中心，其调整费力费时。

质量控制：在生产中大直径焊管时，应采用焊缝超声波检验与焊缝左右旋转以及自动控制其高低位置，焊缝自动跟踪，对管坯用板材探伤等。

能耗：成型主驱动应选用高效率的传动装置，机械传动应尽量采用螺旋伞齿轮等；电气方面应采用直接传动，或选用高效率的直流传动，尽量减少传动层次。

6 参考文献

[1] 张金虎，马占昌，刘志俭，等. 国外中小径直缝焊管生产概况[J]. 焊管通讯，1980(2)：1；136-138.

[2] API Spec 5L 管线钢管规范[S]. 第43版.

[3] 李长穆，宋本仁，刘志俭，等. 中小直径电焊管技术[M]. 北京：冶金工业部钢铁司，1981：263.

[4] 刘玉文，于大典，李建新，等. 宝钢ERW610焊管机组的技术先进性分析[J]. 钢管，2006，35(1)：32-36.

(收稿日期：2006-09-01)

●信 息

瓦卢雷克·曼内斯曼钢管公司在江苏常州新建独资子公司

瓦卢雷克·曼内斯曼钢管公司宣布，在江苏省常州市新建1个年产5万t的石油套管车丝加工厂。该厂系瓦卢雷克·曼内斯曼钢管公司的独资子公司，已于2006年11月开工修建，将于2007年年中投入生产，新厂命名为“VAM(常州)石油天然气勘探开发特殊设备有限公司”。

(攀钢集团成都钢铁有限责任公司 高少华)