

有芯弯管模具设计

陕西北方动力有限责任公司 (宝鸡 721300) 王娟侠 刘永林 李俊梅 刘振林

1. 有芯弯管原理

有芯弯管是在弯管机上利用芯棒使管材沿弯曲模绕弯的工艺方法 (见图 1)。弯管胎膜固定在机床主轴上并随主轴一起旋转。管子在镶块 1 与夹紧块 2 的作用下压紧于弯曲模胎上。为了保证弯管质量, 避免折皱和断面畸变, 弯曲模胎、芯棒及防皱板都必须具有与管坯外表面吻合的型槽, 以利于将管坯外壁卡紧, 同时芯棒从管坯内部支撑管壁。

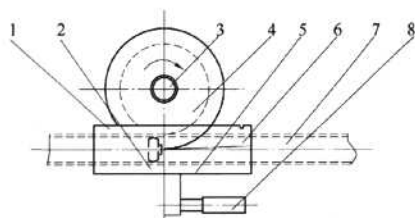


图 1 工作原理

1. 镶块 2. 夹紧块 3. 专用机床芯轴 4. 弯曲模胎
5. 导板 6. 防皱板 7. 芯棒 8. 测推油缸

2. 受力分析

管子在弯矩 M 的作用下, 受力分析如图 2 所示。外壁受拉力 δ_L 的作用而减薄, 内侧受压力 δ_r 的作用而增厚, 同时径向合力 N_1 及 N_2 使截面失去圆形。在无模具自由弯曲的情况下, 截面被压扁成椭圆, 当应用带槽模具弯曲时, 内侧保持圆形, 外侧则呈平形或内凹型。若同时在管内加芯支撑, 外侧虽然可保持近似圆形, 但管壁减薄将加剧。外壁减薄、截面失圆和内壁起皱等缺陷削弱了管抵抗压力的强度, 增加了管内流动介质的阻力。因此各类产品都对质量要素提出了严格要求。为保证产品质量, 必须合理选用芯棒及防皱板, 如选用不合理, 不仅浪费人力、物力及财力, 而且易破裂、起皱及椭圆度超差。

3. 模具设计

(1) 弯曲模胎和镶块 弯曲模胎和镶块 (见图

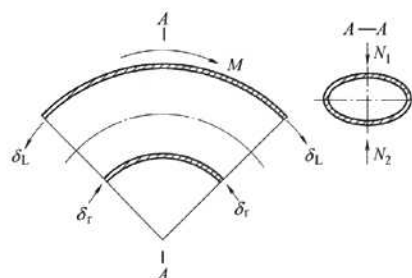


图 2 受力分析

3) 是有芯弯管装置中的重要零件。弯曲模胎和镶块采用焊接结构制作成一个整体, 用专用机床芯轴、定位键装配在弯管机上。镶块半圆弧内侧有防滑槽, 便于夹紧管件。镶块的长度 L 取决于管子外径, 一般为管子外径的 1.5~2 倍。弯曲模胎半径取决于弯管的弯曲半径, 但考虑到冷弯时弯管将产生一定的回弹量, 故设计的弯曲模胎半径应比需要的弯管弯曲半径略小些, 一般可按下列经验数据确定。

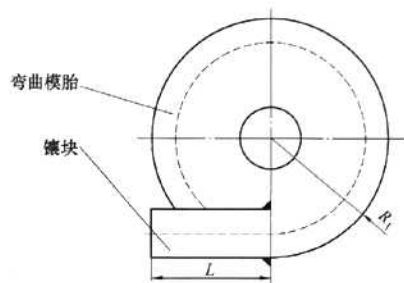


图 3

当 R/D 为 3~4 时, 合金钢管 R_1 取 $0.94R$; 碳素钢管 R_1 取 $(0.96 \sim 0.98)R$ 。其中 R_1 为弯曲模胎的半径; R 为弯管中心层弯曲半径; D 为管子外径。

当 R/D 较大时弯曲模胎半径取小值; 当 R/D 较小时弯曲模胎半径取大值, 最终靠试模进行修正。

(2) 导板 导板 (见图 4) 是有芯弯管装置中的

的导向零件。导板的长度 L 一般取决于管子

弯曲角度。导板长度太长,弯曲时导向好,但容易浪费材料;导板长度太短,弯曲角度不到位,易加伤管。一般长取为 100mm ~ 300mm。材料为 45 钢(淬火硬度取 44 ~ 48HRC)或 GC15(淬火硬度取 179 ~ 207HBS)。

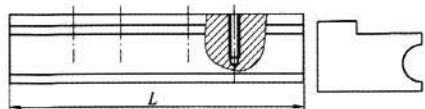


图4 导板

(3) 芯棒 芯棒是有芯弯管装置中的重要零件。其作用是从管坯内部支撑管壁,防止管件截面畸变和管壁折皱。芯棒结构型式有以下几种:

一是圆头式芯棒,其形状简单,制造方便(见图5)。但由于芯棒与管壁接触面积少,因此防截面畸变的效果较差,通常用于要求不高的管件弯曲。使用范围为直径 > 17mm 的管件,要求弯曲半径大于管子直径的 2 倍。芯棒常用 3Cr2W8V 材料制造,热处理硬度为 52 ~ 56HRC。

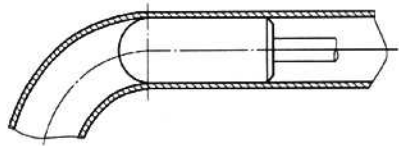


图5 圆头式芯棒

二是勺式芯棒(见图6),其与弯曲外侧壁的支承面积较大,防截面畸变的效果比圆头式芯棒好,且具有一定的防皱作用,制造也比较容易,其通常用于相对弯曲半径为 2 的中等壁厚的较小直径弯管件,芯棒材料及热处理硬度与同类型圆头式芯棒相同。

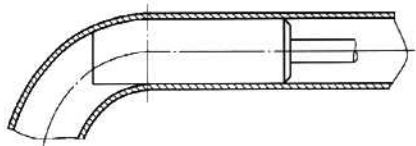


图6 勺式芯棒

三是单球芯棒(见图7),其可绕装配支点作一定量的转动,可较多地深入弯管变形区,防畸变的效果较好。常用于直径 ≤ 37mm 的弯管件。芯棒材料选为 45 钢(淬火硬度 44 ~ 48HRC)或 GC15(淬火硬度 179 ~ 207HBS)。若弯曲不锈钢管时,应采用铝青铜制造芯棒,具体弯形时与防皱板合用。最好用侧推机构和顶推机构混合使用。此芯棒适用于弯曲

半径 > 1.2 倍管直径的管件。

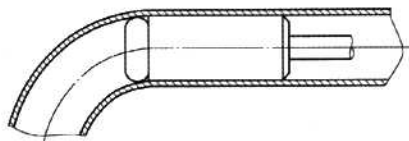


图7 单球芯棒

四是链节式多球芯棒如图8所示,是由支承球和链节组成,只能在一个弯曲平面内摆动,由于它可以深入弯曲变形区与管坯一起弯曲,因而防截面畸变的效果更好。

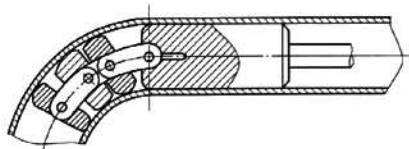


图8 链节式多球芯棒

五是软轴式多球芯棒如图9所示,是用一根软轴把多个碗状球体串接而成,可实现空间任意方向的摆动,适用于薄壁管单一、多次和空间弯曲成形的管件。

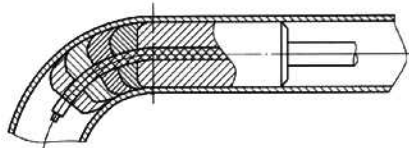


图9 软轴式多球芯棒

采用多球芯棒弯管,在弯曲后借助油缸抽出芯棒的过程中,还可对管件矫圆。多球芯棒的主要缺点是制造麻烦,多球芯棒材料及热处理与单球芯棒相同。

六是方式单向芯棒如图10所示,结构复杂,制造麻烦,适用于方管和矩形管的弯曲。

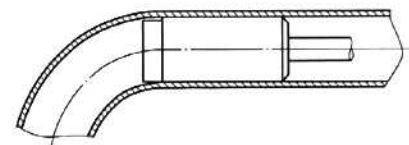


图10 方式单向芯棒

在有芯弯管中,芯棒的形状、尺寸及工作位置对弯管质量有较大的影响。为使芯棒顺利插入管坯内,芯棒直径一般应比管坯内径小。在实际生产中,可按下式计算:

$$d = D_n - (\delta_D + 2\delta_S)$$

式中 d ——芯棒直径；

δ_D ——管直径的下偏差， δ_D 绝对值一般取 $0.01D_1$ ；

D_1 ——管子外径；

δ_S ——管子壁厚的上偏差值一般取 $0.1S$ ；

S ——管子壁厚。

芯棒的长度为：

$$L = (3 \sim 5)d$$

其中 d 为芯棒直径；当芯棒直径 d 较大时，系数取小值反之取大值。

芯棒工作部分需抛光，粗糙度 $\leq 0.8 \sim 0.4 \mu\text{m}$ ，芯棒的另一端用螺纹与拉杆连接，拉杆固定在机床的尾部支架上，只要旋转拉杆，即可调整芯棒端头在管坯弯曲变形区的前后位置。用芯棒弯管时，管内必须涂油或采用喷油芯轴，芯棒应有足够的刚性，免得颤抖引起皱纹并破裂。

(4) 防皱板 靠近切点又未进入弯曲变形区的管坯材料，其外表面未得到弯曲模胎型槽的支撑，即使采用了芯棒，弯管时仍有可能在此处起皱，故应加装如图 11 所示的防皱板。

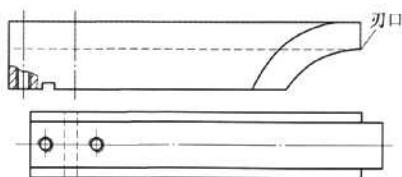


图 11 防皱板

防皱板的前端呈圆弧刃口形状，插在弯曲模胎与管坯之间，前端应紧靠管壁和弯曲模胎的相切处，有效地填补了弯曲模胎与管坯弯曲内侧之间的空隙，从而起到从外面支撑管壁，防止起皱的作用。由于防皱板上浅圆形凹槽与管坯外表面接触，工作时产生滑动摩擦，故要求防皱板的工作表面应具有一定的硬度和表面光洁度。防皱板的圆形凹槽应略大于管子壁厚的 10%，且表面应抛光。防皱板刃口前端应制作得较薄，伸到弯曲模胎的切点处以弯曲模胎支撑并加以固定，形成一个封闭的型腔，安装时应有一个很小的锥度，一般在 $0^\circ \sim 3^\circ$ 之间。防皱板一般采用工具钢或铬钢制造，淬火后硬度要求达到 $50 \sim 55\text{HRC}$ 。轴承铝青铜能减少摩擦和防止咬伤，是制造防皱板的理想材料。

(5) 防皱板与芯棒配合选用 不同的管坯直径需用不同的芯棒和防皱板，而外径相同壁厚不同的管坯，则需用不同的芯棒。选用方法可参考附表。

防皱板与芯棒配合选用

R_1/mm 选用方式 D_1/mm	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5
8~12	Q ₁ F	Q ₁ F	Q ₁	S	S	S	Y	Y
13~17	Q ₂ F	Q ₁ F	Q ₁	Q ₁	S	S	Y	Y
18~22	Q ₃ F	Q ₂ F	Q ₂ F	Q ₁	Q ₁	Q ₁	S	Y
23~27	Q ₁ F	Q ₂ F	Q ₂ F	Q ₂ F	Q ₂ F	Q ₁	Q ₁	S
28~32	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₂ F	Q ₂ F	Q ₂ F	Q ₁	S
33~37	Q ₁ F	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₂ F	Q ₂ F	Q ₂ F	Q ₂ F	Q ₁
38~44	Q ₁ F	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₂ F	Q ₂
45~54	Q ₄ F	Q ₄ F	Q ₄ F	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₂ F
55~64	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₄ F	Q ₄ F	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₃ F
65~74	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₄ F	Q ₄ F	Q ₄ F	Q ₄ F	Q ₃ F	Q ₃ F
75~89	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₃ F	Q ₄ F	Q ₄ F	Q ₄ F	Q ₃ F

注： R_1 —弯曲半径/管子直径； D_1 —管子直径/管子壁厚；Q—球形芯棒，数字为球头个数；F—防皱板；S—勺式芯棒；Y—圆头式芯棒或不用芯棒。

(6) 夹紧块 夹紧块（见图 12）是有芯弯管装置中的夹紧零件。夹紧块半圆弧内侧有防滑槽，便于夹紧管件。夹紧块长度 L 取决于管子的外径。一般为 $1.5 \sim 2$ 倍管子外径。材料为 45 钢（淬火硬度为 $44 \sim 48\text{HRC}$ ）。

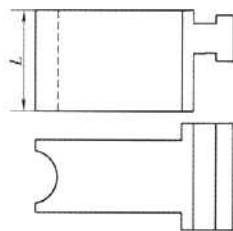


图 12 夹紧块

4. 结语

不同的管坯直径需用不同的弯曲模胎、镶块、夹紧块、导板、芯棒及防皱板，不同的弯曲半径需用不同的弯曲模胎，而外径相同、壁厚不同的管坯，则需用不同的芯棒。因此，要制造不同直径和各种弯曲半径的弯管，就必须配备相应的弯管模具。在实际生产中，为了降低工艺装备费用，减少辅助工时，针对各种直径管坯的制造还必须综合考虑，确定出最佳弯管工艺及设备。MW (20101227)