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。

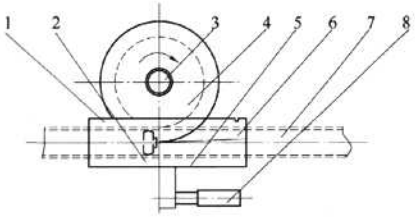


图1 工作原理

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。

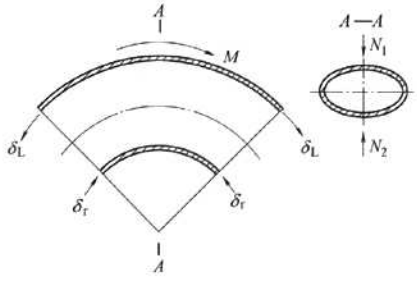


图2 受力分析

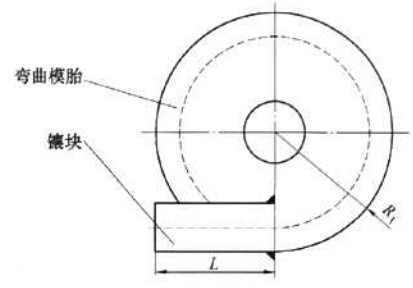


图 3

当 R/D 为3～4时，合金钢管 R_1 取0.94R；碳素钢管 R_1 取（0.96～0.98）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导向零件。导板的长度 L 一般取决于管子的外径、

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 GC,15（淬火硬度取 179 ~ 207HBS）。

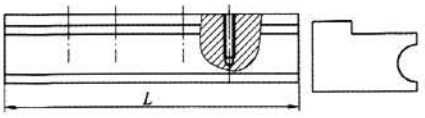


图4 导板

（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。

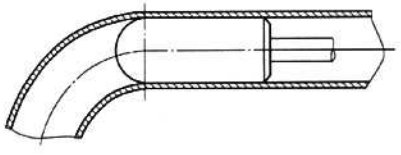


图5 圆头式芯棒

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。

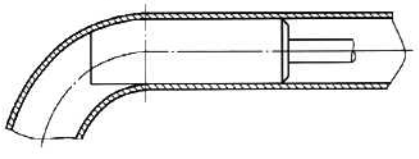


图6 勺式芯棒

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 GC,15（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镦机构混合使用。此芯棒适用于弯曲半径 >1.2 倍管直径的管件。

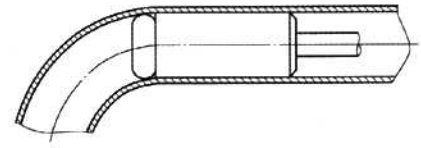


图7 单球芯棒

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。

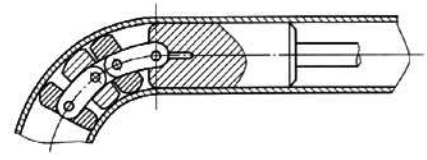


图8 链节式多球芯棒

五是软轴式多球芯棒如图 9 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。

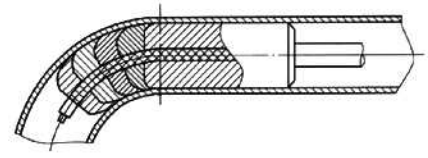


图9 软轴式多球芯棒

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。

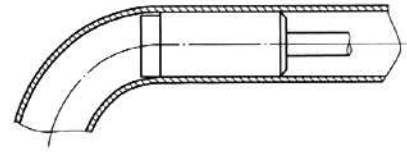


图10 方式单向芯棒

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≤0.8～0.4μm，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。

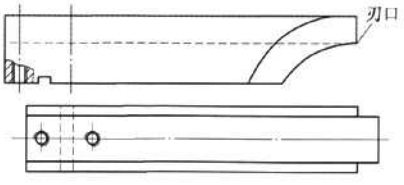


图11　防皱板

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°～3°之间。防皱板一般采用工具钢或铬钼钢制造，淬火后硬度要求达到50～55HRC。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

选用方式 R_x/mm / D_x/mm	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5
8～12	Q_1F	Q_1F	Q_1	S	S	S	Y	Y
13～17	Q_2F	Q_1F	Q_1	Q_1	S	S	Y	Y
18～22	Q_3F	Q_2F	Q_2F	Q_1	Q_1	Q_1	S	Y
23～27	Q_4F	Q_2F	Q_2F	Q_2F	Q_2F	Q_1	Q_1	S
28～32	Q_5F	Q_3F	Q_3F	Q_2F	Q_2F	Q_2F	Q_1	S
33～37	Q_5F	Q_3F	Q_3F	Q_2F	Q_2F	Q_2F	Q_2F	Q_1
38～44	Q_4F	Q_3F	Q_3F	Q_3F	Q_3F	Q_3F	Q_2F	Q_2
45～54	Q_4F	Q_4F	Q_4F	Q_3F	Q_3F	Q_3F	Q_3F	Q_2F
55～64	Q_5F	Q_5F	Q_4F	Q_4F	Q_3F	Q_3F	Q_3F	Q_3F
65～74	Q_5F	Q_5F	Q_4F	Q_4F	Q_4F	Q_4F	Q_3F	Q_3F
75～89	Q_5F	Q_5F	Q_5F	Q_5F	Q_4F	Q_4F	Q_4F	Q_3F

注：R_x—弯曲半径/管子直径；D_x—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—圆头式芯棒或不需用芯棒。

（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1.5～2倍管子外径。材料为45钢（淬火硬度为44～48HRC）。

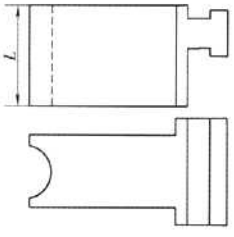


图12　夹紧块

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）