

一种连杆机构定心辊装置的设计计算方法

杨德照, 程波, 李亚凡, 郭存红

(中信重工机械股份有限公司, 河南 洛阳 471039)

摘要: 定心辊装置是无缝钢管穿制生产线上的一个重要装置, 它在管坯穿孔过程中抱紧顶杆和毛管, 可以起到提高穿孔机顶杆的刚度以及防止顶杆和毛管跑偏而造成毛管内孔偏心、质量下降的作用。介绍了一种连杆机构定心辊装置的新型设计计算方法, 即采用作图法和 Inventor 三维软件草图方法, 使所设计的定心辊装置在开口度为 $\Phi 100\sim 500$ mm 情况下的定心精度达到 0.05 mm 以上。

关键词: 无缝钢管; 定心辊装置; 连杆机构; 设计计算方法; 开口度; 定心精度

中图分类号: TG333.8 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-2311(2011)04-0041-03

Design Calculation of Linkage-structured Centering Roll Steadier

Yang Dezhao, Cheng Bo, Li Yafan, Guo Cunhong

(CITIC Heavy Industries Co., Ltd., Luoyang 471039, China)

Abstract: As one of the key mill units of the seamless steel pipe rolling plant, the centering roll steadier clamps the plug bar-shell piece during the piercing process so as to enhance the rigidity of the piercer plug and bar prevent any deviation of the plug bar-shell piece from the normal rolling line, which may consequentially lead to internal bore eccentricity of the shell, and thus lessen the product quality. A calculation method for designing a new type of leakage centering roll steadier is elaborated here in the paper, i.e., using both the construction technique and the Inventor 3-D sketch software to make the centering accuracy of the said centering roll steadier as designed up to 0.03 mm when the opening ranges is of $\Phi 100\sim 500$ mm.

Key words: Seamless steel pipe; Centering roll steadier; Leakage mechanism; Design calculation method; Opening; Centering accuracy

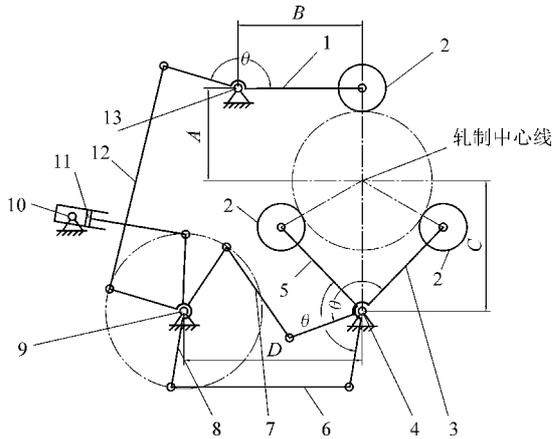
在无缝钢管管坯穿孔过程中, 顶杆在高温下不仅要随毛管转动而且还要承受巨大的轴向力, 如果没有足够高的刚度就必然会发生弯曲和径向跳动, 对确保毛管壁厚的均匀性和穿孔过程的顺利进行是极为不利的。定心辊装置是无缝钢管穿制生产线上的一个重要装置, 它在管坯穿孔过程中抱紧顶杆和毛管, 可以起到提高穿孔机顶杆的刚度以及防止顶杆和毛管跑偏而造成毛管内孔偏心、质量下降的作用。顶头、顶杆在斜轧穿孔中承受的轴向力 Q 与轧制力 P 成正比, 增加定心辊装置对防止顶杆失稳、减小顶杆挠曲以及提高毛管壁厚精度具有重要

作用^[1]。所以, 定心辊装置的定心精度高低将直接影响顶杆中心线位置精度和毛管壁厚精度。

连杆机构以其结构简单、维护方便、设备制造成本较低而成为定心辊装置设计的首选。但是, 通过计算发现, 连杆结构定心辊装置的定心位置一般存在着系统性误差, 而且定心辊开口度范围(3个定心辊的抱圆直径范围)越大, 这种误差的范围也就越大。如图 1 所示, 为了使定心辊装置 3 个定心辊的抱圆圆心始终落在轧制中心线上, 在小型穿孔机定心辊装置设计时, 通常将其杠杆臂长或连杆长度设计成可调节的形式; 在大型穿孔机定心辊装置的设计过程中, 要保证比较大的定心力和高精度定心, 定心辊装置必须具有足够高的刚度, 所以将其杠杆臂长和连杆长度设计成可调的结构形式显然不

杨德照(1977-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事冶金工艺及设备的设计开发与研究工作。

太现实, 而应当把杠杆和连杆设计成整体式的刚性件, 通过对杠杆臂长、连杆长度和 3 个固定铰接点相对位置的优化设计, 达到定心辊高精度定心的最终目的。文献[2]介绍了一种用解析法设计三辊抱芯辊装置的方法, 虽然计算精度高, 但设计时计算工作量较大, 可操作性不强。



1—杠杆 I 2—定心辊 3—杠杆 II 4—杠杆 II 与杠杆 III 的公共固定铰接点 5—杠杆 III 6—连杆 I 7—连杆 II 8—联动板 9—联动板固定铰接点 10—油缸固定铰接点 11—油缸 12—连杆 III 13—杠杆 I 固定铰接点
A—杠杆 I 固定铰接点与轧制中心线的垂直距离 B—杠杆 I 固定铰接点与轧制中心线的水平距离 C—杠杆 II 和杠杆 III 的公共固定铰接点与轧制中心线的垂直距离 D—联动板固定铰接点与轧制中心线的水平距离 θ —杠杆 I、II、III 两臂夹角

图 1 定心辊装置连杆机构原理示意

本文着重介绍了一种采用作图法和 Inventor 三维软件草图方法进行连杆机构定心辊装置的新型设计计算方法。

1 设计计算过程

拟设计的连杆机构定心辊装置如图 2 所示。已知: 3 个定心辊的直径为 370 mm, 定心辊开口度 $\Phi 100 \sim 500$ mm, 要求 3 个定心辊的抱圆圆心落在以轧制中心线为圆心的半径为 0.05 mm 的圆内, 即 3 个定心辊的定心精度不低于 0.05 mm。

设计思路: 为保证该定心辊装置的整体刚度, 将机构中的杠杆设计成刚性较好的铸钢件, 连杆为钢板件。根据该连杆机构的整体结构特点, 3 个杠杆的固定铰接点位置应在以轧制线为中心的同一个圆上。假设 3 个定心辊的抱圆为 $\Phi 100$ mm 和 $\Phi 500$ mm 时, 3 个定心辊互呈 120° 绕圆均布, 且上辊中

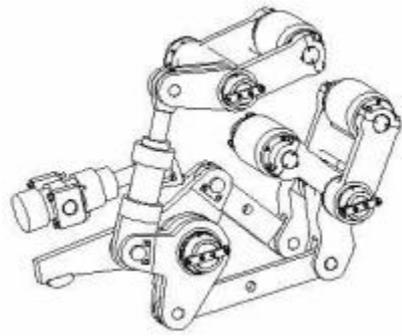
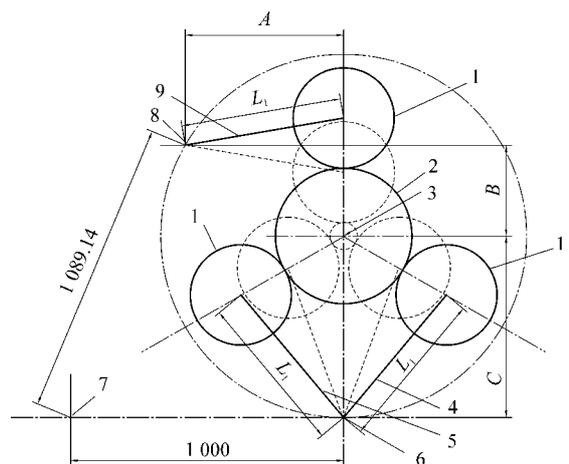


图 2 定心辊装置(去掉机架后)的三维示意

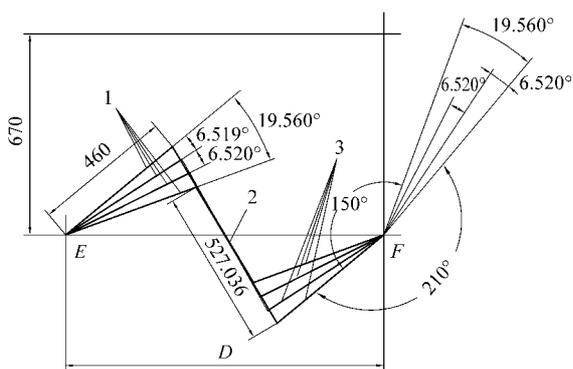
心位于抱圆的正上方, 这样可以通过作图法算出杠杆固定铰接点位置和杠杆定心辊端臂长, 如图 3 所示。通过作图计算得到杠杆定心辊端的臂长 L_1 为 588.79 mm, 杠杆 I 固定铰接点位于轧制中心线以上 $B=335$ mm、左侧 $A=580.24$ mm 处, 杠杆 II 和杠杆 III 公共固定铰接点位于轧制线正下方 $C=670$ mm 处, 杠杆有效摆动角度为 19.56° 。根据定心力要求, 3 支杠杆施力端的臂长为 460 mm, 两臂夹角 θ 为 150° 。按照结构紧凑的原则并考虑到定心辊装置整体外形轮廓的限制, 初步将联动板固定铰接点位置设计在杠杆 II 和杠杆 III 公共固定铰接点同一水平线上左侧 1 000 mm 处。根据几何学和四连杆机构的有关知识, 要实现联动板与杠杆 I 和杠杆 III 同步同角度摆动并不难, 而要实现联动板与杠杆 II 的同步同角度摆动则是一个难点, 这是实现最终设计目标的关键。



1—定心辊 2—毛管 3—轧制中心线 4—杠杆 II 5—杠杆 III 6—杠杆 II 与杠杆 III 的公共铰接点 7—联动板固定铰接点 8—杠杆 I 固定铰接点 9—杠杆 I

图 3 作图法计算杠杆固定铰接点位置及定心辊端臂长 L_1

采用 Inventor 草图法求解联动板与杠杆 II 同步同角度摆动的问题。如图 4 所示,草图线 1 视为联动板有效摆动角度范围内的 4 个位置,添加等长约束及相应尺寸约束。草图线 2、3 视为连杆 II 和杠杆 II 与联动板的 4 个摆动位置,且杠杆 II 的 4 个摆动位置为有效摆动角度范围内的三等分线的位置,据此添加相应的等长长度及尺寸约束。通过反复调整联动板与杠杆 II 固定铰接点距离尺寸来反算联动板的 4 个摆动位置,当这 4 个位置成为或近似成为联动板有效摆动角度范围内的三等分点时,即是所要得到的结果。通过反复计算,当联动板与杠杆 II 固定铰接点距离 $D=1\ 054\ \text{mm}$ 时,联动板的近似三等分点角度误差为 0.001° ,此时连杆 II 的长度及联动板的相应尺寸基本确定,余下的工作是验证已经确定的设计参数是否满足最终设计目标。



1—草图线 1 2—草图线 2 3—草图线 3
E—联动板固定铰接点 F—杠杆 II 与杠杆 III 公共铰接点

图 4 用 Inventor 三维软件草图方法计算的结果

2 计算验证

根据以上设计计算结果,建立计算模型,以联动板固定铰接点为原点,以联动板和杠杆 II 固定铰接点连线为 x 轴建立平面直角坐标系,通过计算定心辊装置在开口度 $\Phi 100\sim 500\ \text{mm}$ 抱圆时圆心坐标值的偏差来衡量该定心辊装置的定心精度。从 $\Phi 100\ \text{mm}$ 到 $\Phi 500\ \text{mm}$ 每隔 $20\ \text{mm}$ 计算一组定心位置坐标,绘制成曲线图,如图 5~6 所示。

3 结果分析

从以上的验证结果看,所设计的定心辊装置定心位置分布均匀、平缓而集中,纵、横坐标最大偏差 $0.04\ \text{mm}$,完全达到了定心精度不低于 $0.05\ \text{mm}$

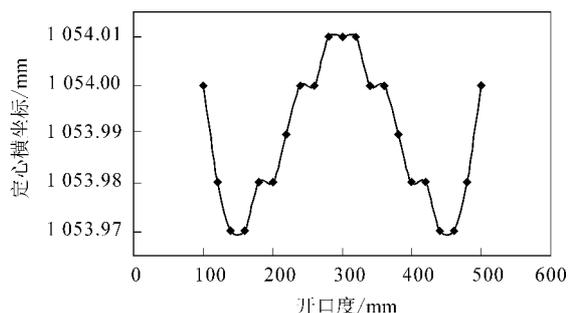


图 5 定心辊装置开口度与定心横坐标关系曲线

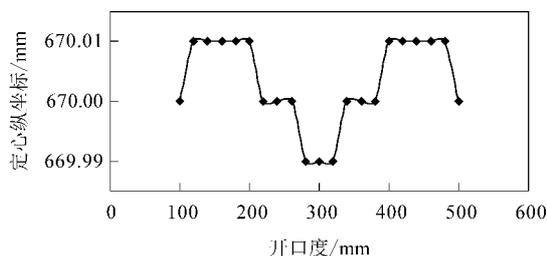


图 6 定心辊装置开口度与定心纵坐标关系曲线

的设计目标要求。从图 5~6 可以看出,定心位置坐标值以开口度 $\Phi 300\ \text{mm}$ 为中心呈左右对称分布,这应该与联动板和杠杆 II 摆动角度三等分的插值计算方法有关。在所取值中共有 6 组定心位置完全落在轧制线上,可以推断,插值点取得越多,定心位置越是集中于轧制线,定心精度相应也就越高。

4 结语

以作图法和 Inventor 三维软件草图方法计算设计的连杆机构定心辊装置,定心精度可达到 $0.05\ \text{mm}$ 以上,是一种实用有效的设计计算方法。在为江苏诚德钢管股份有限公司 $\Phi 600\ \text{mm}$ 和 $\Phi 800\ \text{mm}$ 穿孔机组研发设计过程中采用了该设计计算方法,所设计的定心辊装置整体刚性好、定心精度高,完全达到了设计的预期目标。从用户两年来的现场使用情况看,定心辊装置运行效果良好。

5 参考文献

- [1] 张家良, 陈江. $\Phi 50\ \text{mm}$ 穿孔机后台架的改进[J]. 钢管, 1994, 23(2): 29-31.
- [2] 李莉, 龙沾明. 新型三辊抱芯辊装置的机构设计[J]. 钢管, 2007, 36(5): 27-30.

(修定日期: 2011-02-25)