

Φ50 mm 桶形辊穿孔机设备改造实践

王华山¹, 张艳军², 成金永²

(1. 天津钢管制造有限公司, 天津 300301; 2. 河北金奥精工制造股份有限公司, 河北 保定 071504)

摘要: 简要介绍小型卧式桶形辊穿孔机改造成5°辗轧角的锥形辊的目的和优势, 论述在主机基本不做大的改动前提下, 改造过程中存在的难点。详细介绍在辊型、轧辊轴承座、轴承箱、传动轴等方面分别重新设计和验证, 特别是传动轴、连接半法兰等外形尺寸变化后强度能否满足工艺要求; 最大和最小辊径是否适应产品规格组距的要求等。实践证明: 通过理论验算和详细设计, 设备改造后试轧一次性成功。

关键词: 锥形辊穿孔机; 桶形辊穿孔机; 辗轧角; 交变负荷

DOI:10.19938/j.steelpipe.1001-2311.2023.2.72.75

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Practice of Equipment Modification of Φ50 mm Barrel-roll Piercing Mill

WANG Huashan¹, ZHANG Yanjun², CHENG Jinyong²

(1. Tianjin Pipe Corporation, Tianjin 300301, China;

2. Hebei Jin'ao Seiki Manufacture Inc., Baoding 071504, China)

Abstract: Briefed here in the essay are the purpose and advantages of the modifying a small-sized horizontal barrel-roll piercing mill into a cone type piercing mill with a 5° toe angle. Also elaborated are the difficulties as encounter with during the modification without major change of the mill proper. Details involve the separate re-design and re-verification of the roll type, the roll bearing seat, the bearing box, and the driving spindle., and particularly, the issue whether the strength of the driving spindle and the half flange as changed with their dimensions can still meet the process requirements, and the possible suitability of the maximum and the minimum roll diameters for the product size class interval. The practice shows that thanks to relevant theoretic calculations and detailed designs, the one-time success of the trial rolling operation of the said modified piercing mill is realized.

Key words: cone type-roll piercer; barrel type-roll piercing mill; toe angle; alternating load

锥形辊穿孔机相比桶形辊穿孔机的设备性能优势, 体现在轧制速度变化与金属流动速度变化适应性、改善毛管内外表面质量、壁厚的均匀度、减少轧件打滑等方面, 并得到公认。卧式桶形辊穿孔机改造成锥形辊穿孔机, 结构上不进行大的改动, 改造难度相对较大^[1-24]。本文详细介绍 Φ50 mm 穿孔机桶形辊改造成锥形辊的过程和注意点。

1 现有穿孔机参数及改造要求

某厂 Φ50 mm 穿孔机组现为前台驱动的曼式

加强型卧式桶形辊穿孔机, 在原有设备改动尽量小的前提下, 实现按照原有卧式轧辊左右布置方式进行锥形辊穿孔机改造, 达到如下要求:

(1) 锥形辊穿孔机所具有的扭转小、均匀、质量好的优点, 明显减轻变形不均, 抑制内折缺陷的暴露, 为工厂产品提高效率、质量和后续升级做准备。

(2) Φ50 mm 机组产品跨距较大, 管坯的规格从 Φ50~85 mm, 每 5 mm 为一个组距, 壁厚跨度区间从 3.3 mm 到 20 mm。受穿孔机前台驱动(一台电机经减速机传动两辊)的空间限制, 锥形辊穿孔机辗轧角不易过大, 一般以 3°~7°为宜; 根据测算, 设计成 5°的辗轧角。

王华山(1968-), 男, 高级工程师, 长期从事热轧无缝钢管生产的设备管理工作。

(3) 在主机结构基本不动的条件下, 通过改造轴承箱(也称转鼓)、联接轴、轧辊辊型成为锥形辊, 实现衔接紧密, 投资少, 周期短的特点。

(4) 现有顶头和导板等轧制工具能够充分利用。

(5) 如出现问题, 能够快速换回原桶形辊穿孔机形式, 减少改造带来的风险和损失。

2 改造需要解决的问题

为了达到这些目标, 需要重点解决以下几个方面的设备问题。

(1) 轧辊辊型变化, 轧辊的工艺外形尺寸确定后在设备空间位置的确认。

(2) 与轴承箱相关: 调整丝杠, 因管坯直径没有变化, 轧辊距离几乎不变, 确定锥形辊与原桶形辊相比轴线倾斜 5° , 压下丝杠需后退一些距离, 需要空间验证; 确认设备空间能够满足新增加的 5° 辗轧角。

(3) 连接轴方面, 因轧辊入口要向中心线方向偏移 5° , 需检查万向轴和半联轴器空间占用是否合适。

3 改造方案的验证

3.1 关于辊型相应变化

3.1.1 关于入、出口锥角确认

原桶形辊的设计中, 入口锥角和出口锥角都是 3.0° ; 辊型改变后的锥形辊, 通过轴承箱安装面的变化, 保证孔型中入口锥角和出口锥角仍为 3.0° 。

3.1.2 入、出口锥长度的确定

原桶形辊辊身长度为 330 mm , 轧制带 10 mm , 中分; 改造后的辊身长度 330 mm 不变, 但不再中分, 修改的目的是加大出口锥的长度, 增加辗轧长度, 由原来的入口和出口长度各 160 mm , 修改成入口锥长度 140 mm , 轧制带长度 10 mm , 出口锥长度为 180 mm ; 入口锥角 8° , 出口锥角 2° 。新辊型设计方案如图 1 所示。

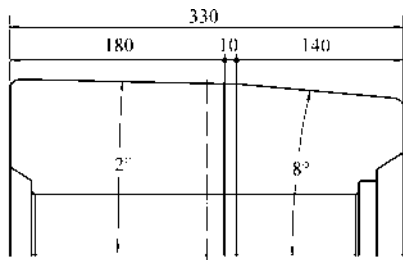


图 1 新辊型设计方案示意

经对比, 入口锥角和出口锥角都是 3° , 辊型改变后仍为 3° ; 轧制带位置基本上保持在原轧制中心位置, 锥形辊轧制带前移 13.5 mm 左右, 依靠调整顶前量和导板位置完全可以使用和消化现有顶头和导板, 如图 2 所示。

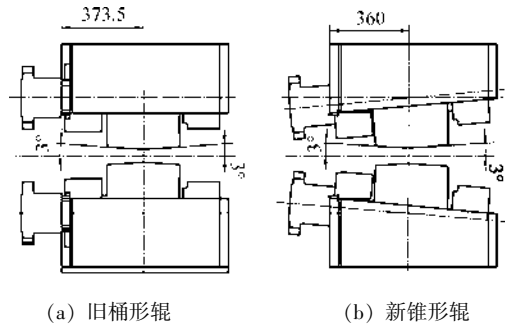


图 2 新旧辊型空间和轧制带位置对比

3.2 关于轴承座

按照原轴承座利旧设计。受入口空间制约入口端轴承座外侧弧面减薄 5 mm , 原 $R135\text{ mm}$, 变为 $R130\text{ mm}$, 不影响整体强度, 如图 3 所示。

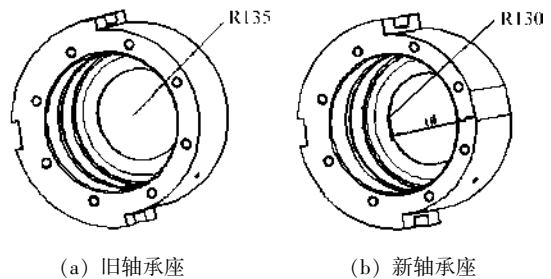


图 3 新旧轴承座基本不变

3.3 关于轴承箱

原则上保持原轴承箱结构强度, 保持箱体底面厚度, 安装角度的变化只相应增加相应位置的厚度, 目前新设计轴承箱的空间满足最大 $\Phi 450\text{ mm}$ 辊径的安装要求, 但大径辊缘与箱底间隙仅 5.4 mm 左右。

3.4 万向轴及连接半法兰变化

由于增加辗轧角, 入口水平方向出现 5° 内收角度变化, 穿孔机入口空间受到一定挤占, 万向轴需要由回转直径 285 mm 变更为 250 mm 标准型。改变后需要验算万向轴强度降低幅度, 能否满足生产要求。

原设计, 万向轴为按 JB/T 5513—2006《SWC 型整体叉头十字轴式万向联轴器》生产的 SWC285BF 重载万向轴, 参考机械设计手册, 新万向轴为

SWC250BF 重载万向轴，万向轴的理论转矩按照电机额定功率进行验算。

(1) 根据机械设计手册，SWC285BF 的公称转矩将从 $90 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 降为 SWC250BF 的 $63 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ，疲劳转矩也从 $45 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 降为 $31.5 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 。

(2) 按疲劳强度选型。根据工作状态，万向轴的承受理论转矩 T 为：

$$T=9.55P_w/n \quad (1)$$

式中 P_w —— 驱动功率，kW；

n —— 额定转速，r/min。

作为万向轴选型依据的计算转矩 T_c 为：

$$T_c=KT \quad (2)$$

式中 K —— 万向轴工况系数，此值系反映工作机械冲击程度的安全系数。按照包括小型型钢轧机的冲击载荷系数 1.3~1.8 选取，取 1.6。

此 $\Phi 50 \text{ mm}$ 机组电机额定功率 480 kW，额定转速 960 r/min，减速机速比 1:8，则由公式(1)和(2)可计算出 $T=38.2 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ， $T_c=61.12 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 。可见，理论转矩 $38.2 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 和交变负荷 $61.12 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 均满足改后万向轴公称转矩小于 $63 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 的要求。

3.5 入口空间变化情况

3.5.1 最小辊径最小管坯情况

旧桶形辊(图 4)最小辊径 390 mm 时，空间已基本无余量，改造成为锥形辊后，万向轴回转直径由 285 mm 需要变更为 250 mm，生产 $\Phi 50 \text{ mm}$ 管坯在最小辊径 390 mm 时，相关位置空间仍然存在干涉(图 5)。

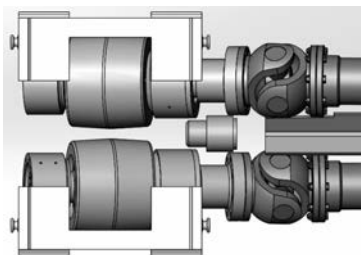


图 4 桶形辊轧制带 $\Phi 390 \text{ mm}$ 轧制 $\Phi 50 \text{ mm}$ 管坯入口空间情况

锥形辊 $\Phi 390 \text{ mm}$ 轧制 $\Phi 50 \text{ mm}$ 管坯的状态，单边 5 mm 间隙，如果最小辊径用到 400 mm 就是 7~8 mm 间隙。因此最小辊径用到 400 mm 后，争取不再安排 $\Phi 50 \text{ mm}$ 以下管坯生产。目前 $\Phi 50 \text{ mm}$ 毛管长度超过 4.2 m 的规格不能在 $\Phi 40 \text{ mm}$ 机组生产，需要进一步从工艺排产方面解决。

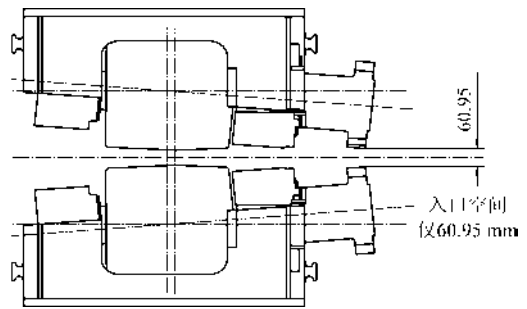


图 5 锥形辊 $\Phi 390 \text{ mm}$ 最小辊径轧制 $\Phi 50 \text{ mm}$ 管坯入口空间位置

3.5.2 最大辊径最大管坯情况

正常生产时辊缝调整一般是管坯直径的 84%~91% 的范围，薄壁管时取 84%，厚壁管取 91%。新设计的轴承箱满足轧辊直径 430 mm 的轧辊，在牌坊内的安装空间，轧辊距只能保证 70 mm，理论上生产厚壁时最大辊距是管坯直径的 91%，达到 77.4 mm。

如果满足生产 $\Phi 85 \text{ mm}$ 管坯的空间要求，达到更经济的 $\Phi 450 \text{ mm}$ 的初始辊径，如图 6 所示，需要进一步讨论和核对现场空间，初步调整方案为减薄压下丝杠压盖厚度，将压盖原厚度 20 mm 左右减薄至 10 mm，如果丝杠初始位置长度不满足，可以在蜗杆箱底面加 10 mm 垫片。

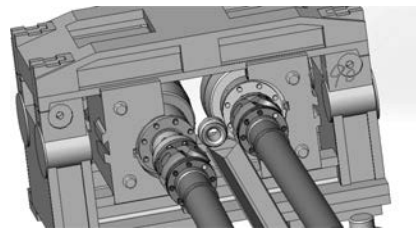


图 6 新辊径 $\Phi 430 \text{ mm}$ 轧制 $\Phi 85 \text{ mm}$ 管坯空间位置

3.6 轧辊侧半法兰

轧辊侧半法兰需要从外径 190 mm 减为 180 mm，轴套厚度由 35 mm 变为 30 mm，螺栓孔分度圆 $\Phi 245 \text{ mm}$ 改为 $\Phi 215 \text{ mm}$ ，螺栓直径 M20 变为 M18。减速机侧可以同时改为一致连接，也可以订购非标异型万向轴(减速机侧维持原连接尺寸不变，万向轴一端适应改造后的轧辊连接，另一端依旧满足原设计，换回原桶形辊时，可以不必更换减速机侧半法兰)。半法兰与万向轴连接如图 7 所示。

3.7 喂钢筒和喂钢槽

由于入口空间发生变化，原喂钢筒外套 110 mm 长度变为 80 mm 且有双向倒角，安装位置需要

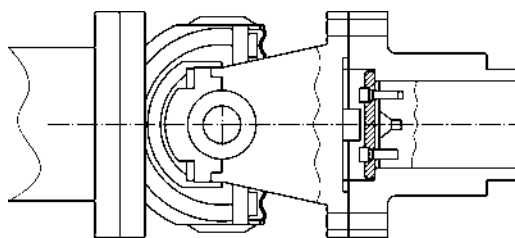
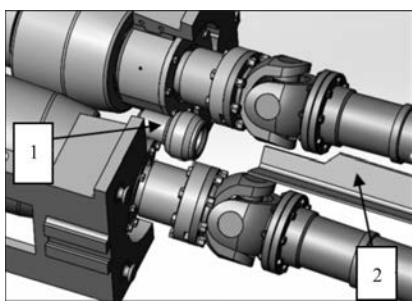


图7 半法兰与万向轴连接示意

重新确定。 $\Phi 60$ mm 管坯的喂钢筒内侧外露部分内径 70 mm 不变, 外径由原来的 110 mm 减小到 90 mm; $\Phi 70$ mm 管坯的喂钢筒内侧外露部分内径 80 mm 不变, 外径由原来的 110 mm 减小到 100 mm。

喂钢槽需要部分切割确保万向轴回装空间不干涉(图 8)。



1—喂钢筒 2—喂钢槽

图8 喂钢筒外形修改、喂钢槽干涉部分切割示意

4 改造效果验证

(1) 改造后实现了主机不做大的改动, 在现有设备基础上, 仅仅订购新轧辊、轴承座、轴承箱、万向轴及半连接法兰等即可, 实现投入最少, 见效最快。

(2) 充分利旧, 包括现有导板、顶头等工具可以直接使用。

(3) 轧制速度提高 5%, 相应产量得到提高。壁厚精度可提高 2%~3%。

5 参考文献

- [1] 罗瑞文. $\Phi 76$ mm 穿孔机的改造[J]. 钢管, 1998, 27(2): 36-40.
- [2] 闫国强, 李长春, 冯自伟, 等. $\Phi 100$ mm 自动轧管机组穿孔机改造可行性探讨[J]. 河南冶金, 1997(3): 21-24.
- [3] 解作祥. $\Phi 114$ mm 二辊斜轧穿孔机后台定心辊的改进[J]. 钢管, 1998, 27(5): 40-43.
- [4] 张生华. $\Phi 50$ mm 穿孔机组的改进设计[J]. 钢管, 1997,

26(3): 37-40.

- [5] 张培庆. $\Phi 90$ mm 无缝钢管穿孔机组的设计[J]. 钢管, 1990, 19(5): 21-22.
- [6] 罗登高, 潘晓红. 穿孔机顶头自动更换系统的改造[J]. 冶金设备, 2009(S2): 59-60.
- [7] 罗瑞文. 穿孔机扩容改造[J]. 冶金丛刊, 1999(3): 13-16.
- [8] 罗瑞文. 穿孔机列的扩容改造[J]. 南方钢铁, 1997(6): 36-39.
- [9] 刘兆龙, 麻惠忠, 张泽洪, 等. 穿孔机转鼓固定及角度调整的改进[J]. 钢管, 2000, 29(3): 22-25.
- [10] 王华山, 黄净国. 穿孔机主减速器输出轴组件改进分析[J]. 钢管, 2017, 46(5): 58-63.
- [11] 吴世明, 罗上银. 新型穿孔机研究与设计[J]. 太重技术导报, 1995(1): 14-16.
- [12] 何慎, 薛利平, 鹿守理, 等. 钢管斜轧延伸工艺参数模拟与辗轧角优化[J]. 钢铁, 1998, 33(9): 31-34, 30.
- [13] 麦青. 鞍钢无缝小穿孔改造可行性研究及其经济效益的评价[J]. 鞍钢技术, 1988(10): 23-29.
- [14] 陈峰, 李晓强, 王艳平. $\Phi 140$ 卧式带导盘锥形辊穿孔机的改造[J]. 重型机械, 2006(2): 53-55.
- [15] 成海涛, 李赤波, 李晓. 管坯穿孔工艺技术(I)——热轧无缝钢管实用技术[J]. 钢管, 2018, 47(5): 78-83.
- [16] 张文亮, 王栋. $\Phi 180$ mm Mini-MPM 连轧管机组穿孔机 238 mm 系列孔型优化[J]. 钢管, 2019, 48(3): 40-44.
- [17] 曹国富, 曹丽珠. 两辊卧式挤压装置在高频直缝焊机中的应用[J]. 钢管, 2018, 47(1): 69-74.
- [18] 潘峰. 建立二辊斜轧穿孔机设计调整理论体系[J]. 钢管, 2020, 49(3): 12-16.
- [19] 李洪中. 锥形辊穿孔机导板的优化设计[J]. 钢管, 2017, 46(1): 68-71.
- [20] 畅兴刚, 刘劲松. 一种短流程斜轧扩径管机组工艺流程研究[J]. 钢管, 2021, 50(4): 39-41.
- [21] 肖伟, 柳林, 董海波. 三辊定心辊机构的优化设计方法[J]. 钢管, 2021, 50(2): 46-50.
- [22] 周晓锋, 张传友. 天钢 $\Phi 258$ PQF 连轧管机组介绍[J]. 钢铁研究, 2009, 37(5): 46-50.
- [23] 薛建国. 宝钢 140 机组深度改造项目可行性研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2011.
- [24] 许莹. 衡阳华菱钢管有限公司 $\Phi 180$ mm 三辊连轧管机组产品外径拓展至 73.05 mm[J]. 钢管, 2012, 41(5): 53.

(收稿日期: 2022-06-05)