

钢管斜辊矫直设定参数偏差检测与调整策略*

马立东^{1,2}, 王飞³, 王勤³

(1. 太原科技大学山西省冶金设备设计理论与技术重点实验室, 山西 太原 030024; 2. 重庆赛迪冶炼装备系统集成工程技术研究中心有限公司, 重庆 401122; 3. 中冶赛迪工程技术股份有限公司, 重庆 400013)

摘要: 针对斜辊矫直过程中, 矫直辊磨损引起设定参数(辊缝、反弯量)产生偏差的情况, 结合某公司钢管自动化矫直过程的辊缝、反弯量偏差检测, 分析了其实施补偿的具体方案, 并提出了矫直效果不理想时的调整策略。实践表明: 应用偏差补偿后的反弯量和辊缝实施矫直, 可使原需多次矫直的钢管实现一次性成功矫直。

关键词: 钢管; 斜辊矫直; 矫直辊磨损; 反弯量; 辊缝; 偏差

中图分类号: TG333.2*3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-2311(2015)03-0052-03

Detection of Deviation of Setup Parameters for Steel Tube Cross-roll Straightening Process and Relevant Adjustment Measures

MA Lidong^{1,2}, WANG Fei³, WANG Qin³

(1. Shanxi Provincial Key Laboratory of Metallurgical Equipment Design Theory and Technology Affiliated to Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China; 2. CISDI Chongqing Iron & Steel-making Plant Integration Co., Ltd., Chongqing 401122; 3. MCC CISDI Engineering Co., Ltd., Chongqing 400013, China)

Abstract: Addressing the problem that during steel tube straightening operation, roll wearing causes deviation of the process setup parameters like roll gap and bending deflection, etc., based on the result of detection of such process parameter deviation as made during steel tube automatic straightening operation by a certain company, specific plan for deviation compensation is studied and then, relevant adjustment measures against the undesirable tube straightening quality are determined. Relevant actual operation result indicates that thanks to straightening with the well-adjusted bending deflection and roll gap, it is practical to turn the original multi-step straightening operation into a one-step straightening operation.

Key words: steel tube; cross-roll straightening; straightening roll wear; bending deflection; roll gap; deviation

钢管通过单对、多对或者多个交错布置的具有一定辊形的矫直辊边旋转、边进给, 实施多次反弯, 实现钢管矫直, 使矫后钢管达到一定的直线度精度要求; 同时通过对辊对钢管实施压扁变形, 实现钢管的“搓圆”, 使钢管达到一定的圆度精度要

求。在矫直过程中, 矫直辊与钢管倾斜布置, 通过调整倾斜角使矫直辊与钢管达到最好接触状态^[1-5]。

反弯量、压扁量、倾斜角是钢管矫直过程中需要调整的3类工艺参数。文献[6-7]对钢管矫直过程进行了系统的研究, 通过弹塑性力学、空间解析几何手段推导了钢管矫直过程的反弯挠度、压扁量和倾斜角, 并给出了矫直辊辊型的计算方案。文献[8]应用球形包络线算法得到了多斜辊矫直辊的辊型计算方法, 该方法与文献[9]介绍的采用仿形法得到的辊型基本一致。这些辊型设计方法均基于钢管与矫直辊理想接触计算获得, 随着矫直辊与钢管的旋转接触, 在矫直辊辊面上不可避免地形成了滑

* 国家自然科学基金(51404160)、山西省基础研究计划(2014021025-1)、太原科技大学博士后启动基金(20142012)、太原科技大学博士启动基金(20102021)资助项目

马立东(1980-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为矫直工艺及其设备。

动摩擦,导致矫直辊辊面产生了不同程度磨损,且不同矫直辊上的磨损情况又不尽一致。由于矫直辊的磨损,矫直辊整体名义直径减小,此时自动设定系统设置的辊缝值和反弯量会产生偏差,如果不补偿该偏差,则不可能获得预期的反弯量和压扁量。许多企业对于矫直机设备的维护/检修不到位,导致机上检测装置(传感器、编码器)的返回值产生偏差,也会导致设定模型中的结果不可靠。

1 斜辊矫直机的偏差检测

对国内某公司投产近1年的Bronx矫直机进行检测,该矫直机为六斜辊(2-2-2型)矫直机,可矫直钢管的规格为 $\Phi 60.3 \sim 244.5 \text{ mm} \times 3.5 \sim 30.0 \text{ mm}$,矫直管体直线度精度为 $1 \text{ mm}/1500 \text{ mm}$,矫直管端(1400 mm范围)直线度精度为 $1 \text{ mm}/1000 \text{ mm}$ 。设备最大允许矫直力为1000 kN,8立柱结构,上辊移动横梁为4立柱接触,每个上辊为双压下、单平衡结构,机架采用螺栓式预应力结构,整机设备配置了完备的控制模型,能够实现钢管矫直过程的自动设定、自动控制,是国内钢管热处理线上配置水平较高的矫直机。Bronx矫直机结构如图1所示。

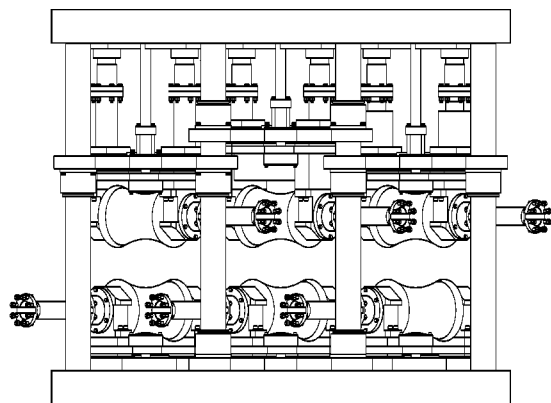


图1 Bronx 矫直机结构示意图

矫直过程的工艺参数包括各对辊辊缝、各辊倾斜角、中间下辊的反弯量等,通过现场测试,测量各工艺参数的设定值与设备实际值之间的偏差,并重新调整零位,便于更有效地实现自动设定。

1.1 矫直辊磨损检测

矫直工艺设定参数偏差主要由矫直辊的磨损导致;因此,分别测量矫直机中间位置6个矫直辊的磨损情况。首先测量(确定)矫直辊的中间位置(只测量了辊腰位置的磨损量);然后用钢卷尺绕辊腰

一周,测量周长,测量结果见表1。对测量结果进行分析可以得出,入口对辊和中间对辊磨损情况较为严重,由磨损导致的总的辊缝偏差达到7.6 mm,出口对辊辊缝偏差达到5.2 mm。

表1 矫直辊磨损情况

矫直辊	辊腰周长/mm	辊腰直径/mm ^①	磨损量/mm
入口上辊	980	311.943 7	3.028 156
中间上辊	980	311.943 7	3.028 156
出口上辊	985	313.535 2	2.232 381
入口下辊	970	308.760 6	4.619 705
中间下辊	970	308.760 6	4.619 705
出口下辊	980	311.943 7	3.028 156

注:①辊腰的原始直径为318 mm。

通过矫直辊辊型的样板测量了轴向辊型磨损情况,发现中间上辊与下辊轴向磨损比较均匀,入口上辊内侧磨损严重,入口下辊外侧磨损严重,出口上辊内侧磨损严重,出口下辊外侧磨损严重,与文献[5]描述的各矫直辊受力情况一致。

1.2 偏差检测

采用样棒进行矫直机的偏差检测。将 $\Phi 90 \text{ mm}$ 样棒放入矫直辊系中,首先不施加快开,使样棒尽量水平放置到3个下辊上,并将所有矫直辊倾斜角调整到尽量大的位置,同时将自动设定模型的中间下辊反弯量设置成0,用塞尺测量此时中间辊与样棒之间的间隙,测量结果为0.35 mm,意味着反弯量的偏差为-0.35 mm。可以看到,反弯量的偏差与中间下辊的磨损量相差较大,主要是由于3个下辊磨损不均匀所导致。

施加快开,通过调整倾斜角度,使得矫直辊和样棒接触状态良好,此时观察自动设定模型的手动设定值,由于样棒直径为90 mm,通过设定值(表2中的3个辊缝值)即可得到设定值辊缝偏差。

表2 样棒良好接触时的设定值

项目	上辊角度/(°)	下辊角度/(°)	辊缝/mm	反弯量/mm
入口对辊	28.7	28.9	79.3	-
中间对辊	28.7	29.0	87.0	0
出口对辊	28.7	28.7	91.0	-

可以得出结论:入口对辊辊缝偏差为+10.7 mm,中间对辊辊缝偏差为+3.0 mm,出口对辊辊缝偏差为-1.0 mm,此时的辊缝偏差已经较大。与矫

直辊磨损测量得到的结果进行比较, 两组数据差距较大, 可以认为是由于检测元件本身产生了偏差。具体调整时以后者为准。

倾斜角的测量比较困难, 虽然矫直机在安装时给定了测量偏角标记, 但已经模糊不清, 现场未对倾斜角偏差进行测量; 矫直辊磨损之后, 各矫直辊的辊型凹下程度更加严重。因此, 随着矫直辊的磨损, 矫直辊的倾斜角应比原辊偏大, 即角度向大调整。

2 调整策略分析

2.1 根据偏差的工艺参数调整

将矫直机调整到最优状态的时刻标定为标准状态, 以此时设备实际辊缝值、反弯量值调整编码器的零位, 达到设定值与实际值一致。

对于未配置自动控制模型的机组而言, 测得工艺参数偏差同样具有重要意义, 在手动调整工艺参数时, 需要将偏差补偿掉, 具体的计算方式如下:

$$\delta_r = \delta_d + \delta_f \quad (1)$$

$$G_r = G_d + G_f \quad (2)$$

式中 δ_r —— 实际反弯量, mm;

δ_d —— 设定反弯量, mm;

δ_f —— 反弯偏差, mm;

G_r —— 实际辊缝, mm;

G_d —— 设定辊缝, mm;

G_f —— 辊缝偏差, mm。

以此实际反弯量和辊缝调整工艺参数, 才能保证矫直精度达到要求。

通过现场实践的结果来看, 测量出反弯量和辊缝的实际偏差以后, 可以更到位地设置压弯量和压扁量值, 使得原来需要经过多次才能矫直的钢管一次就能矫直, 提高了生产效率。

2.2 对于矫直效果不理想的调整策略

矫直机矫直效果不理想主要包括管材直线度不佳、表面凹痕、矫方及划伤等情况。斜辊矫直直线度主要取决于反弯率和接触曲线长度。对于给定设备而言, 辊距和矫直辊尺寸确定, 则直线度主要取决于反弯量和中间对辊的倾斜角。首先调整中间对辊倾斜角, 使矫直辊与钢管至少有 80% 的面积接触, 尽量使钢管与矫直辊辊腰之间无间隙。

矫直后钢管圆度达不到要求的主要原因是压扁

量设定较小, 或者设定的辊缝值根本没有产生压扁效果, 此时应适当减小辊缝值以达到增加压扁量的目的。如果出现矫直后的钢管圆度比矫直前钢管圆度质量更差的情况, 甚至出现钢管矫方现象, 则需要适当增大辊缝以减小压扁量。

3 结论

(1) 钢管矫直过程是个复杂的弹塑性变形过程, 影响矫直质量的因素较多, 而工艺参数设定合理是最重要的因素。通过测量工艺设定参数偏差, 补偿矫直辊磨损带来的偏差, 能够更有效地设定工艺参数值, 使实际值与理论工艺参数值尽可能一致, 提高矫直质量和生产效率。

(2) 矫直辊磨损是导致反弯量和辊缝产生偏差的重要原因, 需要矫直操作员工定期测量矫直辊的磨损, 以补偿矫直辊磨损带来的偏差。

(3) 实现自动设定与控制的前提条件是电气元件能够可靠地工作, 带有控制模型的矫直机在设计设备和设备供货时需要更加重视电气元件的使用寿命问题, 在矫直机使用过程中, 需要定期维护各测量元件。

4 参考文献

- [1] 李连进. 薄壁无缝钢管的精密矫直方法研究[J]. 钢管, 2011, 40(6): 30-34.
- [2] 曹爱文, 熊国良. 压力校直技术的发展[J]. 锻压装备与制造技术, 2007(1): 9-12.
- [3] 孙海滨, 王丽芳. 国内管材精密矫直技术研究现状[J]. 钢管, 2013, 42(5): 52-54.
- [4] 陈峰. 国产 $\Phi 220$ mm 精密管材矫直机[J]. 焊管, 2008, 31(1): 50-52.
- [5] 于凤琴. 钢管矫直机力能参数研究[J]. 钢管, 2008, 37(5): 26-29.
- [6] 崔甫. 矫直原理与矫直机械[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002.
- [7] (苏) 马斯吉列逊. 管材矫直机[M]. 西安重型机械研究所, 译. 北京: 机械工业出版社, 1979.
- [8] 连家创. 矫直理论与卷取理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [9] 李德惠. Bronx 六辊矫直机的技术特性[J]. 钢管, 1991, 20(1): 20-24.

(收稿日期: 2014-07-14; 修定日期: 2014-11-21)