新技术开发与应用

一种新型的棒材与管材矫直辊辊型的设计方法

赖兴涛，刘玉文
（宝钢股份公司　钢管分公司，上海　201900）

摘要：根据管材、棒材的全接触矫直理论，结合宝钢所用的管材矫直机组，采用实体设计软件设计造型的办法，给出一个具有工程意义的新型矫直辊辊型的设计方法。结合数控车床 CAM 软件，还给出矫直辊加工的数控程序。对于使用 CAD/CAM 软件解决类似具有复杂造型的设计加工问题，具有较大的参考意义。

关键词：矫直辊；全接触法；辊型；数控加工；三维实体造型
中图分类号：TG333.2⁺3　**文献标识码**：B　**文章编号**：1008－0716(2004)06－0001－03

A New Way of Designing the Straightening Roll Profile for Pipes and Bars

LAI Xing-tao　LIU yu-wen
(**Baosteel Tube Branch, Shanghai** 201900, **China**)

Abstract: According to the full-touch theory on the pipe or round bar straightening, in combination with the pipe straightening units used in Baosteel, a method that uses solid design software for modeling has been adopted, and a totally new way of straightening the roll profile design has been given. With the help of 3D-modelling CAM software, the NC program has been achieved. It is meaningful for reference to solve such a kind of complicated engineering problem with CAD/CAM software.

Key Words: Straightening roll; Full-touch theory; Roll profile; NC machining; 3D solid modeling

1　矫直辊辊型设计的原理和历史沿革

斜辊矫直机是棒材、管材生产过程中的重要设备，斜辊矫直机的矫直质量在很大程度上取决于矫直辊的辊型。合理的辊型保证在矫直过程中管材或棒材与轧辊的工作段全接触。矫直过程中还要求轧辊能够对管材或者棒材施加一定的过量变形；在轧辊发生磨损后还要求能够通过压下调整、角度调整实现磨损的补偿；在一定的轧辊外径变化的范围内，也能够通过压下调整、角度调整实现补偿；管材或棒材外径在一定范围内变化时，也能够通过角度和压下调整实现一定的适应性。

在矫直辊设计文献中，矫直辊辊型的设计一般分为公式法和作图法两种。公式法比较复杂，需要多元方程的叠代计算；作图法存在较大误差，同时需要非常熟练的技术人员和很长的时间[1,2]。在宝钢股份公司的不同历史时期，分别采用过以上两种设计方法。在 20 世纪 70 年代，由于计算工具的限制，主要采取作图法进行矫直辊辊型的设计。

通过引进德国 HEYLIGENSTAETD 公司的具有当时先进水平的矫直辊专用 CAD/CAM 系统，采用公式法进行重新设计，设计的精度有较大提高，结合 CAM 进行自动的编程输出，设计、加工精度误差达到 0.02 mm，比作图法有较大提高。

如何利用现有较大能率的计算机，采用现成的、通用的设计造型软件，解决各种不同使用场合的矫直辊的设计难题，实现以往需要利用专用矫直辊 CAD/CAM 软件才能实现矫直辊辊型的设计，具有较大的实际意义。

本文根据实际使用经验，采用通用的三维造型 CAD 软件，实现了矫直辊辊型的设计工作，同时将设计结果输出到 CAM 软件，快速精确地得到数控加工代码。对于矫直机械和轧辊的制造企业，以及钢铁企业中的棒材和管材生产企业来说，具有较大的借鉴意义。

赖兴涛　工程师　1971 年生　1993 年毕业于华中科技大学　现从事冶金机械专业　电话　26645482

万方数据

2 初步设计及参数选择

在宝钢股份公司的生产实践中，新引进的锅炉矫直辊需要根据实际情况对辊型进行进一步的优化设计。其使用的约束条件，也就是矫直辊辊型设计的输入条件，见表 1。

表 1 矫直辊辊型设计参数表

Table 1 Parameters for design of the straightening roll

项 目	数值
最大矫直钢管外径/mm	180
轧辊最大外径/mm	350
轧辊中心和钢管中心空间距离/mm	205
矫直辊安装最大倾斜角度/(°)	45

造型过程：用实体圆柱的办法生成 1 个轧辊，轧辊外径为 ϕ350 mm；采用孔类圆柱体的办法生成一管棒材(外径为 ϕ180 mm)；轧辊中心和管棒材中心空间垂直距离为 205 mm；轧辊和管棒材之间轴线空间夹角为 45°，同时，让轧辊和管棒材在中心附近接触(发生干涉)。

3 初步设计的模型化验证

造型过程就是将发生干涉的辊子的部分材料去除的过程。在实际矫直过程中，轧辊旋转，钢管作为铣刀将轧辊发生干涉的部分切除。造型过程中，为了方便起见，采用轧辊固定，孔类圆柱体绕轧辊中心旋转的办法来实现造型，根据相对运动原理，效果是一样的。同时，由于直接保留了需要的轧辊实体，为下一步输出辊型提供方便，见图 1。为了探索到底需要作多少阵列方能满足加工精度要求，在造型过程中，遵循循序渐进的原则，先采用较少阵列的办法，得到粗略的造型结果。本初步设计的目的是为了检验设计的可行性及检验计算机的处理能力。

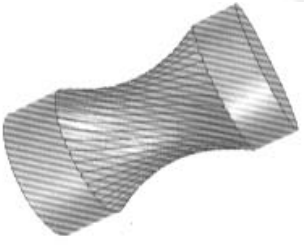


图 1 初步造型三维效果图

Fig.1 A 3D effect picture of the primary modeling

初步设计过程是将钢管(孔类圆柱体)绕轧辊轴心旋转 1 周(360°)，得到 36 个周向阵列。通过生成二维图纸的办法，获得二维的轴侧图、主视图、剖面图(最终需要的辊型图)，见图 2。

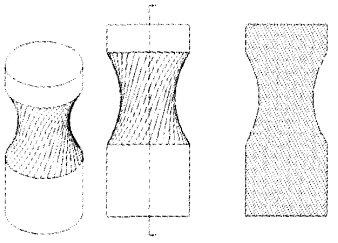


图 2 初步造型二维输出图

Fig.2 A 2D output picture of the primary modeling

从初步设计结果可知，矫直辊型状已经生成，理论上没有问题；但是，辊子表面很粗糙(从轴侧图或主视图中可见)，也就是精度尚不能满足加工和使用的需要。粗略的造型过程验证了该设计思路的可行性，同时为检验造型结果，提供了一种快速方法，可以避免走弯路。

4 模型的精细化处理

为了进一步提高精度，获得满意、连贯的外表造型，满足工程实际需要，应将周向阵列的数量进一步加大，以减小步距。在精确造型中，这个阵列的数量被提高到 360 个(1 度 1 个)。获得的结果令人满意，三维造型结果及二维视图的输出结果见图 3，图 4。

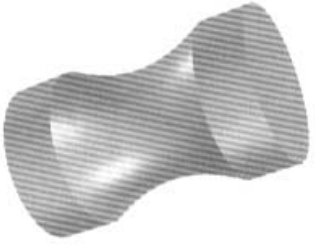


图 3 精密造型三维效果图

Fig.3 A 3D effect picture of the precise modeling

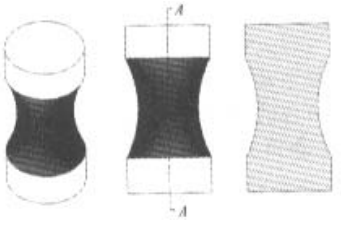


图 4 精密造型二维输出图

Fig.4 A 2D output picture of the precise modeling

万方数据

事实上，精密造型结果的精度还可和传统的作图法及计算法的精度在点距上进行比较。作图法受到工作量的限制，计算法受到叠代计算量的限制，在工程实践中，一般矫直辊的轴向点距大多取 10～20 mm。在本设计中，阵列数量为 360 个，由于每个阵列单元在矫直辊的辊型上左右对称分别形成 1 个区间分割，所以，在矫直辊辊型面的全长将形成 720 个区段。考虑到本矫直辊辊型面长度约 400 个区段，其点距约 0.56 mm，大大低于使用传统方法获得的点距，从另外一个侧面印证了本设计的较高精度。

5　实现 CAD 向 CAM 的转化

造型完成得到辊型后，首先将造型的二维输出图通过图形数据接口方式，输出到平面 CAD 设计软件之中。通过通常的作图设计法，将一些过渡圆弧、直线、倒角等先行加入到二维的零件图中，在补全这些要素后，才进行 CAM 软件的数控程序的输出工作。图 5 为造型结果输出到 CAD 软件，进行补加倒角、过渡、尺寸标注后得到的接近完整的辊型图纸。

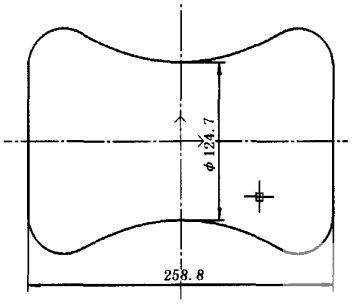


图 5　补全过渡圆角、尺寸的矫直辊图纸

Fig.5　A drawing of a straightening roll with completed dimensions and transient fillets

通过数据接口，将二维输出结果另存为 DXF（数据交换文件）文件格式，即可以将二维图纸的设计结果输入到数控车 2000 中；利用数控车 2000 提供的 CAM 功能，生成数控加工程序。其具体过程不再展开讨论。

6　结论

随着计算机处理能力的发展，以及通用 CAD/CAM 软件的成熟，采用实体造型的办法，进行管材、棒材矫直辊辊型的设计完全可行。宝钢股份公司已将该法成功地运用到锅炉管矫直机组的轧辊辊型的设计。本设计和传统的计算法或作图法相比，还有以下优点：

(1)设计简单易行，费用低。本方法不需要复杂的人工计算、作图，也不需要进行编程。设计软、硬件环境成本低廉，和专用的 CAD/CAM 环境相比，该法不需要专用的设计软件，可以大大降低设计软硬件的费用。

(2)效率高。熟练的设计人员可以在几分钟内完成辊型设计，和传统的作图法（约 1 周周期）相比，具有很大的进步；可实现 CAD/CAM 程序联动。在以往的作图法设计中，最终输出坐标纸上的坐标，结果利用很麻烦。三维造型的结果是通过实现二维输出，可对结果进行包括二维局部设计修改、输出到 CAM 软件等的重复利用。大大减少差错的发生概率，提高了效率。

(3)精度高。理论上没有精度的限制，精度只取决于采纳的阵列数量的大小。能够轻易满足通常机械加工的 0.01 mm 的精度要求。

另外，在以上的论述过程中，虽然使用某单位的实体造型软件及数控车 CAM 软件，但实际上，最重要的还是设计思路，可以采用的软件完全不受这个限制，可采用在市场上购买，或者大家正在使用的具有三维造型功能的软件，以及通用的 CAM 软件。

参　考　文　献

1　马斯基列逊 AM 著．管材矫直机．北京：机械工业出版社，1979：178～184

2　王海文主编．轧钢机械设计．北京：机械工业出版社，1983：437～4473

编辑　李仁江

（改稿日期：2004－09－10）

万方数据