

# 某型核电接管加工余量的检测方法

■ 中信重工机械股份有限公司（河南洛阳 471003） 张琳伟 许 昊

■ 郑州辰维科技股份有限公司（河南 450000） 轩亚兵 梁学伟

**摘要：**提出了应用工业摄影测量系统对核电主蒸汽进出口接管加工余量进行检测的方法，包括现场准备、图像采集、图像处理与结果，以及最后的加工余量分析等步骤。其中特别给出了对核电接管标志点布设和拍摄网形设计的具体方法，并采用分布摄影、整体结算的方法对核电接管的内外表面进行测量。该方法能够有效检验管口顶面、外表面和内表面数据是否达到临界加工余量值，为下一步的加工提供可靠参考，值得在生产中推广应用。



核电主蒸汽进出口接管（以下简称“核电接管”）在冷却水回路中承担联接多个管道的作

用，故几何形状复杂。为保证其精度，在核电接管的毛坯状态时，需要对其余量进行三维测量，测量结果作为后续找正、精加工的依据。目前，铸件毛坯测量方法主要有以下几种：①三坐标机测量法，其主要缺点是使用环境要求苛刻、生产现场的在位测量适用性差以及很难适用于大型铸件测量。②三维划线仪测量法，其主要缺点是需要专用测量平台、属接触式测量以及仅适用

于中小型铸件测量。③光电经纬仪测量、关节臂测量或激光跟踪测量法，其主要缺点是设备造价高、使用复杂以及对于大型铸锻件测量效率较低。

工业摄影测量是摄影测量学科的一个分支和发展方向，主要是通过图像采集、处理、匹配和解算等过程测量目标物的尺寸和形状，然后对测量的点位结果进行形面拟合并与设计模型进行比对。其特点包括属非接触式测

## 参考文献：

- [1] 陈立奇，段世浩. Q345E钢锻件的力学性能研究[J]. 热处理，2011，26（2）：39-42.
- [2] 苟琪，陈鼎昌. 不同结构丝锥攻丝特性研究[J]. 机械，1999，26（2）：11-13.
- [3] 罗斌. 内螺纹加工实践分析[J]. 黑龙江科技信息，2010（29）：69.
- [4] 胡昌鑫. 普通丝锥攻螺纹[J]. 煤

炭技术，2006，25（8）：112-114.

- [5] 姚瑞. 手动攻螺纹实践问题解析[J]. 价值工程，2012，31（21）：34-36.
- [6] 龙新华. 浅谈普通丝锥攻螺纹的方法及问题处理[J]. 科技与生活，2010（21）：125.

**MW**（收稿日期：20160616）

## 专家点评

该文以动车组产品M30螺纹孔攻螺纹为例，从工艺试验的角度制定加工方案。通过试验不同品牌和形式的丝锥攻螺纹效果，以及不同的切削参数对螺纹质量的影响，选择合适的丝锥和主轴转速，为以后同类螺纹孔的加工及新型丝锥的推广使用积累了经验。

量、动态性能优良、检测速度快以及受环境影响小等，特别适合形位的快速检测。本文主要介绍使用工业摄影测量系统对某型核电接管进行测量分析，从而准确掌握毛坯余量分布情况的检测方法。

## 1. 检测方案的设计

本检测方案采用辰维MPS/S36工业摄影测量系统，它是一套光学三坐标测量系统，主要由高分辨率摄影测量相机、自动定向规、长度基准尺、回光摄影标志及系统软件等组成（见图1）。系统采用高分辨率摄影测量专用相机，在不同位置和方向获取核电接管两幅或多幅数字图像，经图像预处理、标志识别、图像匹配、空间三角交会及光束平差后，得到待测点的三维坐标，进而得到核电接管的三维尺寸和形状。

具体的检测方案包括以下几个部分。

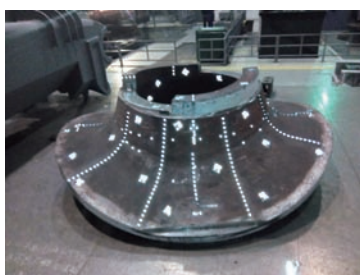
（1）现场准备。现场准备的主要工作是标志点的布设和基准尺的摆放。在测量方案中，主要是圆形回光摄影标志和编码标志。基准尺则使用系统自带的经过高精度标定的摄影测量基准尺。标志点的布设方案如下：

在核电接管内外表面上每隔30°粘贴条形回光摄影标志，总共13条条形回光摄影标志（见图2）。另外还在核电接管表面粘

贴80个编码标志，在测量和计算中起图像衔接和匹配作用。测量中，考虑到测量的范围较大且过程中需要对核电接管进行翻转，为了提高测量的精度，使用了4根基准尺。使用多个基准尺不仅可以对整个核电接管尺寸进行约束，彼此之间还起到互相检校的作用，避免测量过程中出现粗差。

（2）测量网形设计与图像采集。在进行图像采集时，最值得注意的就是拍摄网形的优化。由于核电接管的内外两侧都需要进行测量，结合核电接管自身的高度和倾斜角度，考虑相机镜头视场角、摄影距离、测量精度和测量场地等问题，将对核电接管整体表面的测量分为两步：首先将接口向上摆放，对外表面进行拍摄（见图2a），然后将核电接管翻转，对内表面进行拍摄（见图2b）。拍摄时根据核电接管曲率情况改变摄影位置，使每个摄站取景都尽可能包容被测核电接管，摄站距离被测工件约为3m。具体摄站分布如图3所示。

（3）图像处理与结果解



(a)



(b)

图2 标志点布设示意图

算。摄影测量采用分步摄影、整体解算方法进行，整体解算以编码标志作为图像之间的公共连接点。照片拼接的编码点为整个管口的内部编码点，整个解算过程由MPS/S系统软件完成。该软件经图像预处理、标志识别、图像匹配、空间三角交会及光束平差后，得到待测点的三维坐标。然后依据点的三维坐标对测量对象进行几何尺寸检测、变形测量和逆向工程分析等。

## 2. 核电接管加工余量计算与分析

采用上述检测方案对核电接管进行测量，得到工件表面标志点的三维坐标，下一步就可以进行加工余量的计算与分析。具体如下：

（1）计算原理。核电接管加工余量计算采用CAD面型转换法，它是用测量点和设计的CAD曲面（与实际核电接管尺寸相对应的曲面）直接进行转换。其转换原理为：坐标转换的初值可以通过公共点转换法计算给出，然后将测量点投影到理论面上，以投影点为公共点的设计坐标，重新进行坐标转换，获得新的转换参数，然后重复上述步骤，直到测量点相对于CAD曲面的点位精度最高时停止迭代计算。整个核

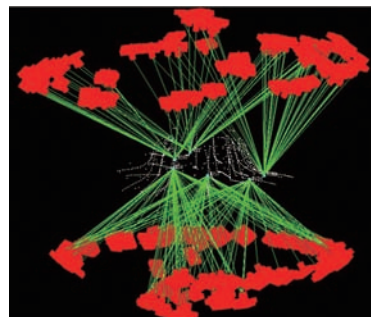


图3 摄站的分布图



图1 MPS/S系列工业摄影测量系统

电接管在同一坐标系下主要分3个部分进行数据分析：顶面、内表面和外表面（见图4）。通过平移、旋转X轴、Y轴和平移Z轴，获取点位偏差与设计模型最优化结果，力求顶面、外表面和内表面偏差值均衡，确保各部位无负值，为下一步的机床加工提供可靠参考。

（2）加工余量分析。对于核电接管的测量，为使“毛坯件→粗加工→热处理→精加工”各个工序的加工余量可控，直至最终产品的加工精度满足要求，在此阶段共测量调整了2次。每次测量后都利用测量数据三维坐标点和产品设计数据模型进行拟合比对，查看工件测量数据与设计模型各个部位的偏差量，通过坐标轴的平移与旋转得到最终优化结果。

图5所示是对毛坯件测量后与产品设计数据模型的对比结果示意图，箭头的长短表示测量三维点相对于设计模型的偏差，即

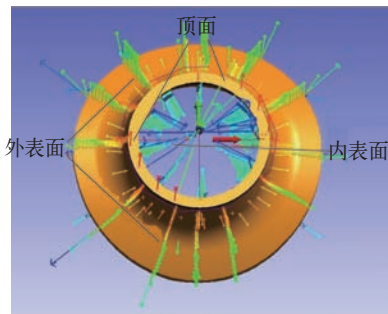


图4 数据分析示意图

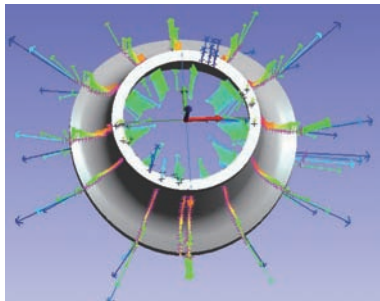


图5 毛坯件余量分布图

下一步粗加工的余量，为毛坯件下一步的机床粗加工提供依据。图6所示则是毛坯件经过粗加工、热处理后的加工余量，为下一步的精加工提供依据。通过两图对比可以明显地观察到，毛坯件的加工余量明显大于粗加工后的，证明该方法能够有效检验管口顶面、外表面和内表面数据是否达到临界加工余量值。

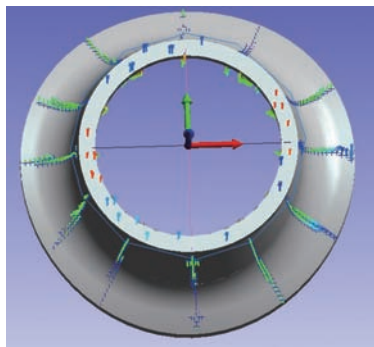


图6 粗加工余量分布图

### 3. 实际应用

工业摄影测量已开始广泛应用于铸锻件的加工余量检测中，截至目前，中信重工采用此方法检测了共计48件次核电接管。

实践证明，采用工业摄影测量系统对核电接管毛坯的余量分布情况进行在位检测，实现了对加工量的全程监控，能够合理有效地分析在各个加工工序中加工量的偏差与形变。检测结果完全能够达到加工精度要求，且测量过程简单，环境要求低，是一种实用且高效的检测方法。

#### 参考文献：

- [1] 田彩红. 核电蒸发器接管的数控加工[J]. 金属加工（冷加工），2008（21）：60-63.
- [2] 张莹，刘敏，张定华，等. 基于在线检测的叶片加工余量自适应优化方法[J]. 计算机技术与发

展，2014（24）：227-233.

- [3] 盖超，陈伟，吕彦明，等. 叶片锻件余量加放技术的研究[J]. 热加工工艺（铸锻版），2006（4）：51-53.
- [4] 刘建永，Jennifer Tribble，等. 三维检测技术在金属模铸造产品研发中的应用[J]. 铸造技术，2015（3）：820-822，825.
- [5] 陈新，冯其强，李宗春，等. 摄影测量系统精度测试新方法[J]. 测绘工程，2010（2）：53-55，58.

MW（收稿日期：20160722）

### 专家点评



复杂铸锻件的毛坯余量检测有很多方法。作者采用工业摄影测量系统对核电接管毛坯的余量分布情况进行在位检测，全程监控每道工序中加工余量的偏差与变化，测量结果作为后续加工和安装找正的依据，发现异常时，可以预先采取修正和补救措施，避免出现因毛坯余量不均造成的表面缺陷，提高了材料利用率。工业摄影测量系统是一种实用且高效的毛坯余量检测系统，很值得在生产中推广应用。