

测量

温度对大型工件测量准确性的影响及对策

本文详细分析了影响大型工件现场检测准确性的主要因素，指出了温度是决定现场检测准确性的关键要素，论述了温度对测量结果影响的原因及两种解决方案。分析表明，采用温度修正法的解决方案将逐渐成为机床在线检测大型工件尺寸的首选方案。

文 | 陈文光，天津海博斯机电设备有限公司

随着工程设备功率的不断提高，设备中机械部件的尺寸也在不断加大。在加工及检测方面，大型工件与普通机械零件相比，存在以下不同之处：大型工件尺寸及重量远远高于普通机械零件，工件在机床上的固定和调整更复杂，导

致工件安装和拆卸用时更多；大型工件的加工机床体积庞大，与其配套的厂房空间面积也大。若为保证加工精度而将该厂房建为恒温车间，则空调设备投资大，日常运行的能源消耗也大；将半成品加工件或成品加工件转往精密测量区域

时，工件的吊装及搬运复杂，一旦在精密测量区域的检测不合格，则工件不得不进行“二次装卡修复”，存在质量风险，所以大型工件的检测方式更倾向于机床在线检测。

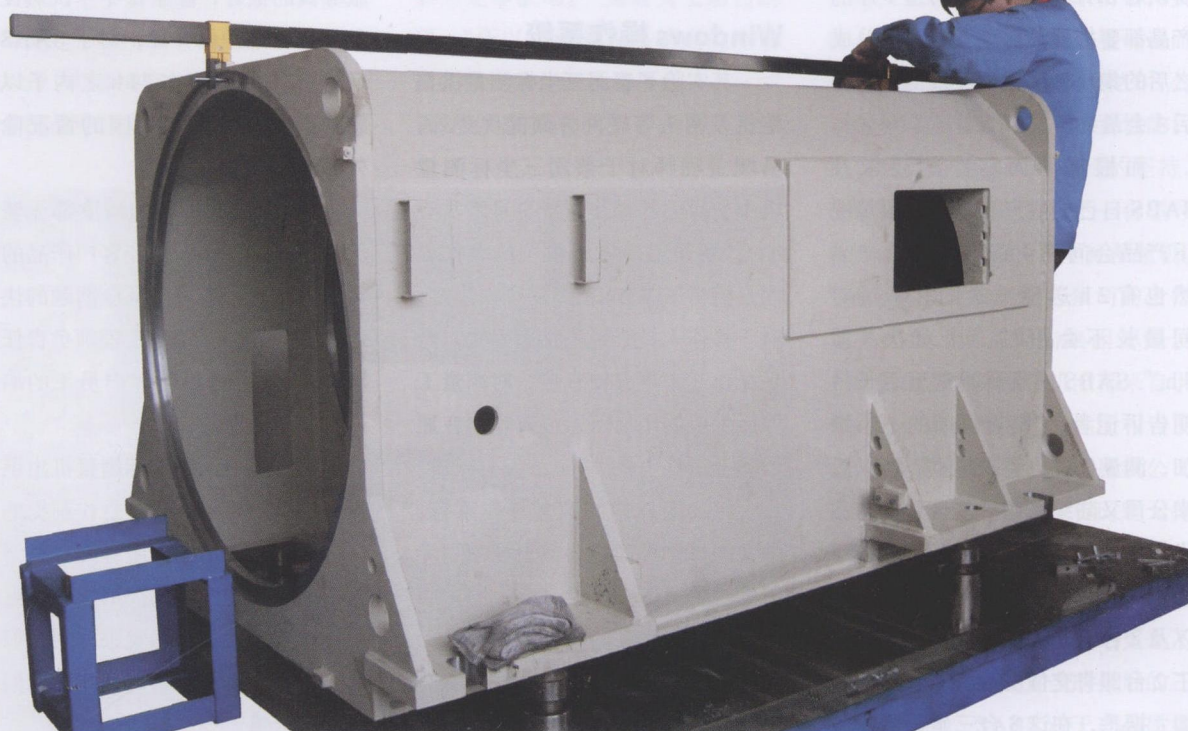




图1 内齿圈测量

现场测量过程三要素 及影响程度

在大型工件加工现场对产品进行检测,影响测量结果准确性的因素很多。对这些因素进行总结,可以发现3个因素的影响最为明显,即量具精度、温度和操作技能,称之为现场测量过程三要素。

在测量过程中,随着被测尺寸的增大,测量过程三要素对测量准确性的影响程度也是不一样的。当被测尺寸小于300 mm时,现场测量状态下对测量准确性影响最大的因素是操作技能,在该尺寸范围内,温度引起工件和量具的热变形很小,同时量具的精度因科技水平的提高,可以始终保持在一定精确范围内。同样,当被测尺寸大于500 mm时,现场测量状态下对测量准确性影响最大的因素为温度。在该尺寸范围内,由于温度而引起工件与量具的尺寸热变形越来越大,尤其当工件和量具不是同一种材料时表现得更加明显。而操作技能可以通过培训进行改善,它对测量准确性的影响在大尺寸范围内逐渐减弱。

热变形测量误差产生的原因

产生热变形测量误差的根本原因与机械制图标注尺寸的默认条件有关。由于图纸尺寸默认的测量条件为20℃和760 mmHg大气压,在这个默认条件下,无论工件采用何种材料,只要工件与量具均保持在

20℃下并且等温,那么测量出来的结果就是机械制图标注尺寸的真实值。

在生产现场,通过对图纸默认条件的进一步分析,认为下列两种情况与图纸默认条件是等效的:工件和量具均在20℃恒温测量室内恒温后进行测量,与材料是否相同无关;工件和量具在非20℃条件下,但是工件和量具的材质相同,并且工件和量具经过有效等温处理后,双方温度完全一致。

但是,在大型工件现场测量时,符合上述等效条件的测量环境是很少的,因为它受到测量工时、材料选择及冷却时间等多方面现实因素的影响。所以只要测量的条件不满足上述等效情况中的任何一种,则测量时一定存在温度造成工件和量具不同热变形的现象,并且工件和量具不同热变形的差值一定影响测量的准确性,使测量结果偏离了真实值,导致对工件合格与否的错误判断。

对于大型工件现场测量而言,在不考虑几何形状对热变形数值的影响时,热变形是原材料自身具备的热胀冷缩特性,在非20℃恒温状态下,不仅工件会发生热胀冷缩,而且量具也会发生热胀冷缩,笔者将这种热胀冷缩现象称为热变形,当工件和量具依据材料固有特性发生热变形后,量具与材料之间就有可能出现热变形差值,一旦该差值在测量时被人忽略时,就产生了

KERN GMBH



SPINDLE SERVICE

Quality, Reliability, Responsibility

科尔恩主轴服务



展台号 E3 D118



维修, 维护, 修改:

- 电机和皮带驱动主轴
- 高频主轴
- HSC主轴
- 所有主轴制造厂家的加工中心主轴和换刀主轴

昆山科尔恩主轴有限公司
中国江苏昆山张浦镇俱进路329号
邮编: 215321
联系电话: +86 51236853932
传真: +86 51236853931
邮箱: alina.bao@spindelfullservice.cn
www.Spindelfullservice.cn

▲反馈服务编码M5119

热变形测量误差。

在大型工件加工现场，随着精度的提高和更多非钢铁类材料的应用，热变形测量误差的影响已经变成了一个不容忽视的因素，甚至成为影响产品质量的关键要素。根据资料统计，在 20 世纪后期，随着测量技术及仪器的提高，热变形测量误差占现场测量总误差的 50%。

热变形对测量准确性的影响

热变形测量误差可被细分为如下两种与温度有关的状况：测量时的温度与 20℃ 之差和测量时工件与量具的温度之差。

在生产现场，绝大部分的量具是由碳素工具钢制造的。当工件采用不同材料时，热变形对测量准确性的影响也是完全不同的。综上所述，大型工件在车间进行测量时，为了避免热变形对测量准确性的影响，工件与量具之间的温度差是必须要考虑的因素；而车间温度是否需要恒温至 20℃，则依据工件与量具热膨胀系数差值酌情考虑；对于工件与量具同等材质的情况（如加工钢制工件），根本不需要考虑车间恒温至 20℃ 的问题。

加工现场避免热变形测量误差的对策

引起热变形测量误差的根源是在非 20℃ 状况下测量时，由温度和材质引起的量具与工件的不同热变形而导致的测量误差：

1. 等温变形法

等温变形法是目前加工现场最普遍使用的对策，当量具与工件材料相同时，加工现场只需要将工件与量具设法等温即可，等温的过程就是将被测工件和量具（包括标准器）置于同一温度下经过一段时间，使二者与周围的温



图 2 外径测量

度一致的过程。

等温在空气中进行，也可以在大铸铁平板上进行，等温时间和两者的温度差、热容量和周围介质的热导性能有关。对于体积比较大的工件要求 24 h 恒温，这是因为工件内部的温度总是滞后于表面和室内的温度。

同时，为了避免操作时的人的体温对量具的影响，还会采取如下措施：测量时戴上手套，隔开人手和量具的直接接触；使用千分尺时，必须握住绝热垫，当发现人手热量已经传递到千分尺上，应将其放置一定时间再使用。

等温变形法的优缺点：等温变形法易于理解，操作简单。但是当工件材质与量具材质不同时，将工件与量具进行恒温（非 20℃ 情况下）并不能解决热变形测量误差，这种情况在以铜、铝为材料的工件上表现得尤为明显。

此外，由于生产迫于工时、交货期等影响，并不能等待足够长的时间确保工件与量具等温，当工件尺寸庞大但恒温时间较短时，会出现大型工件表面与量具同温，但是工件内部温度仍然高于量具的现象，此时测量的结果仍然包括热变形测量误差。

2. 温度修正法

温度修正法是将测量时因热变形而造成测量误差的数值进行计算，并将该计算结果补偿到现场测量的数据中，以达到消除热变形测量误差的目的。

温度修正法的应用常常依赖于资深现场加工人员的经验或企业若干次加工后积累出来的数值，当

工件与量具材料相同时，这个经验或积累的数值很有效，当工件与量具材料不相同时，人们的经验和积累的数值其效果就大打折扣了。

温度修正法依托越来越具有强大功能的手持式数据处理设备，并伴随着人们对热变形测量误差的细致分析，将逐渐成为大型工件热变形测量误差的主要解决方案。温度修正法数据处理器是一种手持式设备，它将量具和工件在实际环境下测到的数值，通过数学模型和数据库分别将量具和工件的温度变化值进行计算，从而得到相对变形量 ΔL ，这个相对变形量就是热变形测量误差。

随着加工工件的尺寸不断扩大和生产企业成本控制的日益严格，采用等温变形法的测量方式将越来越不能满足客户对质量的要求，同时也不能满足生产企业对成本的苛求，所以温度修正法将逐渐成为大型工件热变形测量误差的主要解决方案。

采用了温度修正法原理，大幅提高了现场检测的精度，减少或消除热变形对测量准确性的影响。可以在机床上进行快速而准确的检测，不需要将工件从机床上拆卸后送往测量场地进行检验，避免了若检验不合格后，工件进行二次加工时重复定位的风险，降低了返修的难度。

采用了温度修正法原理，产品“机床在线检测”时不再需要进行量具与工件等温的操作过程，可以快速测量产品尺寸，消除了机床因等待量具与工件等温过程所消耗的时间，提高了机床利用率。另外，可以放宽车间精密加工时对恒温程度的苛刻要求，减少恒温车间空调系统所消耗的能源，并减少新厂房投资时恒温系统的投资费用。MM