



XC-80

环境补偿器 使用指南

法律信息

安全须知

在使用激光系统之前，请先查阅激光安全须知手册。

免责声明

Renishaw已尽力确保发布之日此文档的内容准确无误，但对其内容不做任何担保或陈述。Renishaw不承担任何由本文档中的不准确之处以及无论什么原因所引发的问题的相关责任。Renishaw保留更改本文档及其所述产品的权利，恕不另行通知。

商标

RENISHAW标识中使用的RENISHAW和测头图案为Renishaw plc在英国及其他国家或地区的注册商标。**apply innovation**及Renishaw其他产品和技术的名称与标识为Renishaw plc或其子公司的商标。

本文档中使用的所有其他品牌名称和产品名称均为其各自所有者的商品名、商标或注册商标。

版权

Copyright ©2016-2017 Renishaw plc。版权所有。

本文档未经Renishaw plc事先书面许可，不得以任何形式，进行部分或全部复制或转换为任何其他媒体形式或语言。

出版本文档所含材料并不意味着Renishaw plc放弃对其所拥有的专利权。

EC合规性

雷尼绍公司特此声明，XC补偿器符合适用指令、标准和法规。EC标准符合声明全文副本可通过下列地址查阅：www.renishaw.com.cn/XLCE。

废弃电子电气设备 (WEEE) 指令

在雷尼绍产品及/或随机文件中使用本符号，表示本产品不可与普通生活垃圾混合处置。最终用户有责任在指定的废弃电子电气设备 (WEEE) 收集点处置本产品，以实现重新利用或循环使用。

正确处置本产品有助于节省宝贵的资源，并防止对环境的负面影响。更多信息，请与当地的废品处置服务商或雷尼绍经销商联系。



目录

简介	4	材料热膨胀补偿系数	9
波长补偿	4	材料传感器的定位	10
材料热膨胀补偿	4	预测机器在20°C环境温度下运行时的精度	10
端面板	4	按照国家或国际标准进行校准	10
XC补偿器连接与配置	5	预测机器反馈系统在20 °C下运行时的精度	11
环境传感器	5	制造在20 °C温度下具有精确精度的零件	11
传感器图符	6	自动补偿	12
LED指示灯	6	XC补偿器更新周期	12
传感器LED指示灯	6	固定材料补偿	13
状态LED指示灯	6	规格	13
XC补偿器校准	7	简介	13
波长补偿	7	重量和尺寸	14
空气传感器的定位	8	订货号	14
空气温度传感器的定位	8		
空气压力和相对湿度传感器	8		
材料热膨胀补偿	8		



简介

XC补偿器是激光系统测量精度的关键。它通过极为准确地测量环境条件，在空气温度、空气压力和相对湿度发生变化时，对激光光束波长进行补偿，基本上消除了由于这些变化而导致的测量误差。



波长补偿

XC补偿器的传感器读数仅用于补偿线性测量的激光读数。如果没有使用补偿，空气折射率的变化将导致极大的测量误差。虽然可以手动输入环境条件（使用手持式仪器等），但使用XC补偿单元的好处是补偿可自动执行并且每7秒钟自动更新一次。

材料热膨胀补偿

XC补偿器还能够接收多达3个材料传感器的信号输入，这些传感器测量被测机器或材料的温度。如果在CARTO软件中输入适当的材料热膨胀系数，则可以将测量值归一化为20 °C的机器（材料）温度。

有三种执行环境补偿的方法：

- 用XC补偿器自动更新环境补偿。
- 用XC补偿器手动更新环境补偿。
- 在没有XC补偿器的情况下手动输入数据进行补偿。

XC补偿器的完整规格见[规格](#)一节。

XC补偿器为组件的一部分，该组件还包括1条USB电缆、1个空气温度传感器和1个材料温度传感器。

端面板

XC补偿器的端面板包含下图所示的功能特点：



1	校准日期
2	状态LED指示灯
3	USB插槽
4	相对湿度传感器
5	重新校准日期



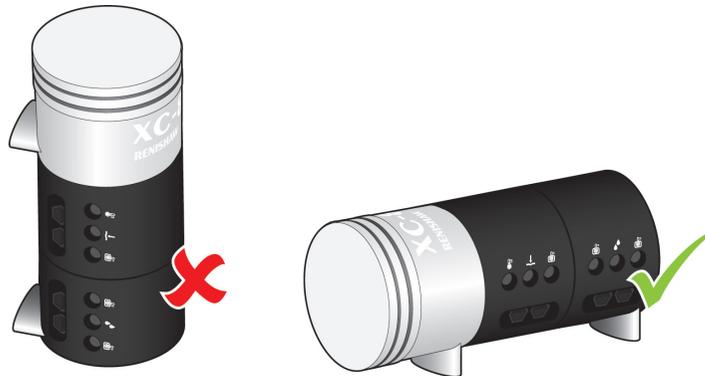
XC补偿器连接与配置

XC补偿器的端面板上有一个USB插槽，用于通过USB电缆（XC补偿器组件中随配）将XC补偿器连接到计算机上。这不仅实现了XC补偿器与计算机之间的通信，还可以为XC补偿器和传感器供电。

注：先安装CARTO软件，然后再将XC补偿器连接到计算机上。安装软件可确保计算机获得正确配置。

环境传感器

空气压力和相对湿度传感器位于XC补偿器本体内。为使XC补偿器达到规格一节中给出的精度范围，应将其外形尺寸的长边水平放置使用，如图所示。否则，空气压力读数可能产生小误差，从而降低补偿的测量读数的精度。



注：请勿挡住后盖上的相对湿度传感器。

注：当空气温度传感器与XC补偿器连接时，才能在软件中显示相对湿度。



所示的空气温度和材料温度传感器为单独配件，与通信电缆一起提供。每条电缆有一个母螺纹连接头可与传感器连接，并有一个公螺纹连接头可与XC补偿器侧面的相应插槽连接。

雷尼绍提供一个材料温度传感器和一个空气温度传感器，作为每个XC补偿器的标准配置。对于使用长轴的机器，XC补偿器可能会连接多达3个材料温度传感器。可以联系当地的雷尼绍经销商，获取额外的材料温度传感器组件。



空气和材料温度传感器随配5 m电缆。可以根据需要，对这些电缆进行组合，最长可达60 m，以便能够将传感器放置在被测机器的特定部位。可以联系当地的雷尼绍经销商，获取额外和替换的传感器与电缆。



为了便于用户识别连接传感器的电缆，随配的电缆都套有可去除的名称标签。存放时，电缆应与其相应的传感器连接，系统便携箱提供了这一存放位置。

温度传感器含有磁铁，可以吸附在钢或铸铁表面，并有一个“通孔”，需要时可以用“螺钉”固定。

空气和材料温度传感器只有在连接至XC补偿器的正确接口时，才能正常工作。XC补偿单元的侧面标有与不同类型传感器相对应的图符。空气温度传感器必须连接至标有空气温度图符的插槽，如下所示。材料温度传感器可以连接至标有材料温度图符的插槽。

传感器图符



在传感器侧面上也标有空气和材料温度传感器图符。

注：未提供空气压力和相对湿度传感器的插槽，因为这些传感器内置于XC补偿器本体中。

LED指示灯

传感器LED指示灯

在XC补偿器侧面，传感器图符下方有6个传感器LED指示灯，分别对应空气压力、相对湿度、空气温度和3个材料温度传感器。LED指示灯的颜色指示目前正在从该传感器上读取读数以及随后指示该读数是否有效。

XC补偿器以连续循环的方式，逐一访问每个传感器7秒钟。当每个传感器被访问时，相应的LED指示灯变为黄灯。如果从传感器接收的读数是有效的，LED指示灯变为绿灯。如果传感器未连接或有故障，则LED变为红灯。读取每个传感器后，用于波长补偿的值将被更新（每7秒钟一次）。

状态LED指示灯

在XC补偿器的端面板上有一个状态LED指示灯。当补偿器接通电源时（即当其通过USB电缆连接至计算机时），该LED指示灯变为红灯；当其就绪可以开始测量时，指示灯变为绿灯。



XC补偿器校准

为使雷尼绍校准系统保持在指定的精度范围内，我们建议XC补偿器及其传感器应每年校准一次。若在极端环境条件下使用本产品或怀疑本产品有损坏时，建议增加校准次数。贵公司的质量保证体系或您所在国家/地区的规定也可能要求您更频繁地进行校准。在XC补偿器端面板上有一处空白，可以用来注明重新校准的日期。在存储、运输和使用过程中，要避免XC补偿器和传感器受到过度冲击、振动或极端温度、压力或湿度的影响（参见规格），因为其中任何一种因素都会使校准无效。

本系统已经根据“欧洲认证合作组织”EA-4/02文件进行了校准不确定度计算。

所有校准均由雷尼绍的EN ISO 9001:2000质量保证体系进行保证。我们的质量保证体系由UKAS认证机构进行审定和认证。UKAS认证被世界上许多国家的相关国家主管机构认可。

要了解校准程序的详细信息，请参阅系统随附的校准证书或访问：

www.renishaw.com.cn/certificates

将材料温度归一化为20 °C时与其有关的误差和不确定度未包括在系统精度中。这类误差和不确定度不仅取决于材料温度传感器是否在规格范围内（如雷尼绍最新校准证书所显示），还取决于输入到校准软件中的膨胀系数值的准确性、与20 °C的温差以及传感器放置是否正确。

雷尼绍在其英国制造厂为XC环境补偿单元及其传感器提供全面重新校准和维修服务。雷尼绍设在美国、德国和中国的子公司提供XL激光系统的重新校准服务。有关详细信息，请向当地的雷尼绍经销商咨询或访问Renishaw.com.cn网站。

波长补偿

线性定位测量精度取决于对激光光束波长的补偿精度。这不仅与激光的稳频精度有关，而且还与周围环境参数有关。尤其是空气温度、空气压力和相对湿度将影响激光光束（在空气中）的波长。

如果不对波长的变化进行补偿，激光线性测量误差可能会达到50 ppm。即使在温度受控的房间内，日常的空气压力变化也可能使波长变化达20 ppm以上。作为参考，以下每种环境条件变化将引起大约1 ppm的误差：

空气温度	1 °C
空气压力	3.3毫巴
相对湿度（20 °C时）	50%
相对湿度（40 °C时）	30%

 **注：** 这些值为最差情况下取得的值，而且它们并非完全不受其他参数的影响。

可以使用XC环境补偿单元来减少这些误差。

XC补偿器测量空气温度、空气压力和湿度，然后使用Edlen公式计算空气的折射率（及激光波长）。这样，激光读数自动得到调整，以补偿激光波长的变化。自动化系统的优点是无需用户干预而且经常进行补偿更新。



波长补偿仅适用于线性测量。对于其他测量（角度、平面度、直线度等），环境的影响要小得多，因为环境变化对测量和参考光束的影响程度相似。

空气传感器的定位

空气温度传感器的定位



小心

为了保证热稳定性，空气温度传感器应置于测量环境中达15分钟后，再开始测量。

空气温度传感器应尽量靠近激光光束的测量路径并大致处于运动轴的中间位置。避免将传感器安装在局部热源（例如电机）或冷气流附近。

在测量长轴时，应检查是否存在气温梯度的情况。如果沿轴方向的气温变化超过1°C，应使用风扇使空气流通。（测量长垂直轴时应尤其注意，因为在这种情况下更可能存在气温梯度。）避免让传感器信号导线靠近大的电子干扰源，例如高功率电机或直线电机。

为了便于固定，空气温度传感器有一个“通孔”，可用螺钉将其固定在表面上。

空气压力和相对湿度传感器

空气压力和湿度传感器安装在XC环境补偿单元内。一般情况下，不必测量紧邻光路区域的空气压力或相对湿度。这是因为只有在压力和湿度出现很大的变化时，才会产生明显的测量误差，而在整个工作区域，压力和湿度都不应有显著的变化。但是，相对湿度传感器要远离热源或气流。

安装时必须确保未挡住湿度传感器。

在校准长度超过10米的垂直轴时，也建议将压力传感器放在运动轴的中间位置。

材料热膨胀补偿

校准行业使用的国际基准温度是20°C，坐标测量机 (CMM) 和机床的校准通常以该温度为基准。在正常工厂环境中，通常无法得到精确的温度控制，机器不会处于该温度。由于大多数的机器会随温度变化膨胀或收缩，从而导致校准误差。

为了避免产生这一校准误差，线性测量软件包含了数学修正，称为热膨胀补偿或“归一化”，并将它应用到线性激光读数中。软件使用手动输入的膨胀系数以及XC补偿器测量的平均机器温度对测量进行归一化处理。此修正的目的是假定在20°C下进行机器校准时预期获得的激光校准结果。



材料热膨胀补偿系数

大多数材料随温度变化而膨胀或收缩的量很小。因此，热膨胀系数的单位为百万分之一/摄氏度 (ppm/°C)。这些系数指定了材料温度每上升或下降1度时材料的膨胀或收缩量。例如，假定热膨胀系数为+11 ppm/°C，它表示材料温度每上升1 °C，材料将膨胀11 ppm，相当于每米材料膨胀11微米。

材料热膨胀补偿不当是导致在非受控温度环境中激光线性距离测量误差的主要原因。这是因为与波长补偿误差和激光光束准直误差有关的系数相比，普通工程材料的膨胀系数相对较大。

归一化后的测量值将有一个与材料温度传感器的测量精度有关的误差。该误差的大小取决于被测机器的热膨胀系数。材料温度传感器具有±0.1 °C的精度，因此，如果被测机器热膨胀系数为10 ppm/°C，则测量值的归一化处理将有±1 ppm的误差。当使用XC环境补偿单元时，该误差被加到系统测量精度(±0.5 ppm)中。

但是，由于两个误差是互不相关的，二者组合的结果是它们平方之和（而不是算术之和）的平方根。因此，就上例而言，激光和XC补偿器归一化后的测量精度值将是±1.2 ppm。

在软件中输入不正确的热膨胀系数将产生额外测量误差。因为不同机器的热膨胀系数值会存在10 ppm/°C或更大的差异，因此应确保输入正确的值。如有必要，请征求机器制造商的建议。

通常将机器反馈系统的膨胀系数输入软件中，除非您正在预测回到20 °C时的加工零件精度。下表列出了建造机器及其位置反馈系统时所用的不同材料的典型膨胀系数。

 **注：**因为材料膨胀系数会随材料成分和处理而变化，这些值仅供参考，并且应当仅在制造商未提供数据的情况下使用。

材料	应用	膨胀系数
		ppm/°C
铁/钢	机器结构组件、齿轮齿条传动、滚珠丝杆	11.7
铝合金	轻型坐标测量机的机器结构	22
玻璃	玻璃直线光栅	8
花岗岩	机器结构和工作台	8
混凝土	机器地基	11
因钢	低膨胀光栅/结构	<2
热稳定玻璃	零膨胀光栅/结构	<0.2



在确定膨胀系数时，对于两种膨胀系数不同的材料固定在一起的地方要特别注意。例如，对于齿轮齿条传动反馈系统，膨胀系数可能更接近于固定有齿条的铸铁轨。对于带有地板安装式轨道的大型龙门机床，轨道的膨胀系数可能因混凝土地基的限制作用而减小。此外，许多新式的定位系统是由多种不同材料组成的，例如玻璃栅尺可能与铝杆相接合，而后者又安装在铸铁机床构件上。在这种情况下，要选择适当的系数会很困难。您应当咨询定位系统制造商和/或使用这些定位系统的机器制造商的意见。

材料传感器的定位



小心

为了保证热稳定性，应在材料温度传感器固定在材料之上达25分钟后，再开始测量。

在确定材料温度传感器位置时，第一步是明确您进行材料膨胀补偿的主要目的。通常是以下四个可能的目的之一。

1. 预测在20°C环境温度下操作机器时可获得的线性定位精度。这通常是在机器制造、签收、调试或重新校准时的目标，在很大程度上与国家或国际机器验收标准相同。
2. 按照国家或国际机器验收标准进行校准。

3. 预测机器反馈系统处于20 °C环境温度时，可能达到的线性定位精度。这对诊断反馈系统故障很有用。
4. 预测当机器制造的零件返回20 °C环境下进行检测时的零件精度。这对在非温车间制造精密有色金属零件尤其重要，因为机器反馈和工件膨胀系数相差很大。

这些目的之间通常有明显的差异，尤其是在机器运行期间（例如滚珠丝杠）机器位置反馈系统变热，或者在工件膨胀系数与位置反馈系统膨胀系数相差明显的情况下，例如在带有玻璃直线光栅的机器上加工铝制工件。

XC补偿器随配的材料温度传感器有一个强力磁性底座，用于“吸”到被测机器上。确保材料温度传感器与被测材料之间具有良好的热接触。

预测机器在20 °C环境温度下运行时的精度

要预测机器在20 °C环境温度下运行时的精度，应将材料温度传感器放置在机器工作台或其他**不**靠近热源（例如电机、齿轮箱、轴承座或排气口等）的机器结构的大部件上。材料膨胀系数的设定值应与反馈系统的膨胀系数相同。

按照国家或国际标准进行校准

要按照国家或国际标准规定校准机器的精度，须遵循标准中规定的步骤。这应当包括放置材料传感器的位置、需使用的膨胀系数和要执行的机器预热循环等。如果标准中还规定了热漂移测试，也应包括在内。

如果气温与机器温度有明显差异，很可能材料的表面温度与中心温度也存在较大不同。在这些情况下，应当仔细定位材料温度传感器，使其能够测量材料的中心温度。可以用最多3个材料传感器测量多点的温度，并根据平均值决定要使用的补偿系数。



通常有一种误解，认为一定要将材料传感器放在滚珠丝杠或反馈系统上。但情况未必总是如此，如下举例说明。

示例：

假定机器校准时的车间温度是25 °C，由于机器运行产生的热量，滚珠丝杠的温度将提高5 °C，即达到30 °C。如果材料传感器放置（或紧靠）在滚珠丝杠上，将对激光读数进行补偿，以预测滚珠丝杠在20 °C下运行时可能得到的激光读数。但是，如果机器是在20 °C的环境中运行，则滚珠丝杠的温度将**不是**20 °C。

螺杆和电机运行产生的热量仍然存在，因此滚珠丝杠的温度仍将比周围温度高5 °C (即25 °C)。因此，将材料传感器放在滚珠丝杠上会导致过度补偿。比较理想的方法是，将传感器放在机器的大部件上，以提供与过去几个小时内机器平均环境温度相关的温度读数。

预测机器反馈系统在20 °C下运行时的精度

此程序常作为诊断用途。机器校准可能无法实现目的1或2，那么现在需要验证反馈系统在20 °C时的精度。要达到此目的，应当准直激光光束，使之尽量靠近反馈系统的轴（以尽可能减小Abbé偏置误差）。

材料温度传感器应当放在（或非常接近）反馈系统上，膨胀系数的设定值应与反馈系统的相同。可以使用最多3个材料传感器，在多个点上测量温度。

制造在20 °C温度下具有精确精度的零件

如果一台机床一直用来加工膨胀系数与反馈系统相差很大的工件材料，例如，铝合金、碳合成材料、陶瓷等，使用工件的膨胀系数可能比使用机床反馈系统的膨胀系数更恰当。尽管此校准不能代表机床在20 °C下的性能，但是它能够提高回到20 °C时工件的测量精度。

材料温度传感器应当放在能够测量到类似工件预期温度的位置上。该位置通常是在机床工作台上，但是还需要考虑其他因素，例如所使用的冷却系统类型和金属切削速度。还应注意的，须在典型条件下进行此类校准，而且只有在温度和各个工件的膨胀系数相对稳定的情况下才真正有效。



自动补偿

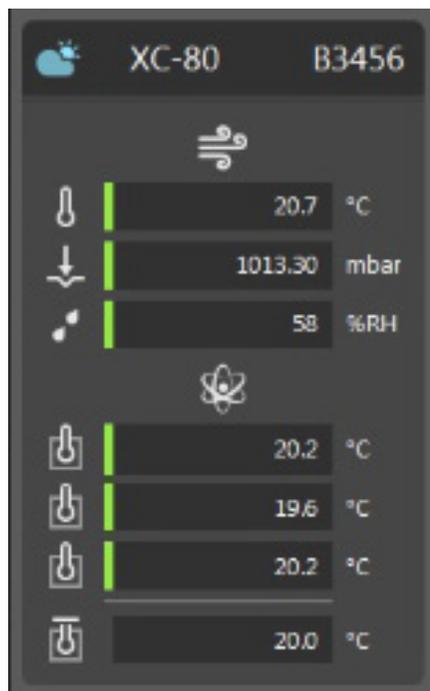
自动环境补偿使用XC环境补偿单元进行激光波长补偿和材料热膨胀补偿。如果校准环境的空气条件很可能在测试过程中发生变化，我们强烈建议进行自动补偿。

要进行自动补偿，首先将空气和材料温度传感器连接至XC补偿器侧面的相应插槽中。详细信息，参见环境传感器。然后，使用随配的USB电缆将XC补偿器连接至计算机。

在Capture软件中，XC设备监测面板将指示XC补偿器是否可用。现在，环境补偿自动执行。

XC补偿器读数每7秒钟被采集一次，用来对激光读数进行相应的补偿。详细信息，参见XC补偿器更新周期。

要定义使用的默认环境单位，请依次选择“更多”、“设定”、“环境单位”。



小心

在执行任何校准之前：

确保待校准机器已经进行充分的暖机运行，以预热驱动装置和待校准轴的定位系统。确保已输入正确的热膨胀系数值，可以通过调整材料膨胀系数参数来实现。



小心

如果被测机器启用了环境补偿，则确保Capture利用相同的热膨胀系数和相似温度读数来补偿结果。XC-80材料传感器的放置位置应反映出用于修正机器移动的温度传感器表示的温度。

XC补偿器更新周期

每7秒钟从6个环境传感器中的一个采集读数，传到计算机上。环境补偿系数使用此读数进行更新。采集环境传感器读数按如下顺序进行：空气温度、相对湿度、空气压力和3个材料温度传感器。



固定材料补偿

某些机器应用可能需要用户输入固定材料温度补偿值。例如，配有内置材料传感器和冷却系统的机器，需要将工作台维持在受控温度。

要使用固定材料温度，请转至Capture中“定义”选项卡下的“机器”，然后选择“固定材料温度”。用户可在此输入固定温度值。

规格

简介

本节与“重量和尺寸”一节一起，对系统各部件的物理和工作规格进行简要说明。

雷尼绍为不断改进产品性能，保留在不预先通知的情况下对产品外观或规格进行更改的权利。

系统存储

存储温度范围	-25°C–70°C
存储湿度范围	0%–95%非冷凝
存储压力范围	10毫巴–1200毫巴

XC环境补偿单元与传感器

空气温度传感器的测量范围	0°C – 40°C
空气温度传感器的测量精度	±0.2°C
空气压力传感器的测量范围	650毫巴–1150毫巴
空气压力传感器的测量精度	±1.0毫巴#
相对湿度传感器的测量范围	0%–95%（非冷凝）
相对湿度传感器的测量精度	±6%
波长补偿精度	±0.5 ppm †*
材料温度传感器的测量范围	0°C–55°C
材料温度传感器的测量精度	±0.1°C
自动补偿更新间隔	7秒
单个传感器更新间隔	42秒
推荐的重新校准间隔时间	12个月
输出	与USB 2.0兼容
电源	通过USB供电 最大使用电流 = 100 mA
# XC补偿器处于水平方向	

†注：精度值不包括将材料温度归一化为20 °C时与其有关的误差。

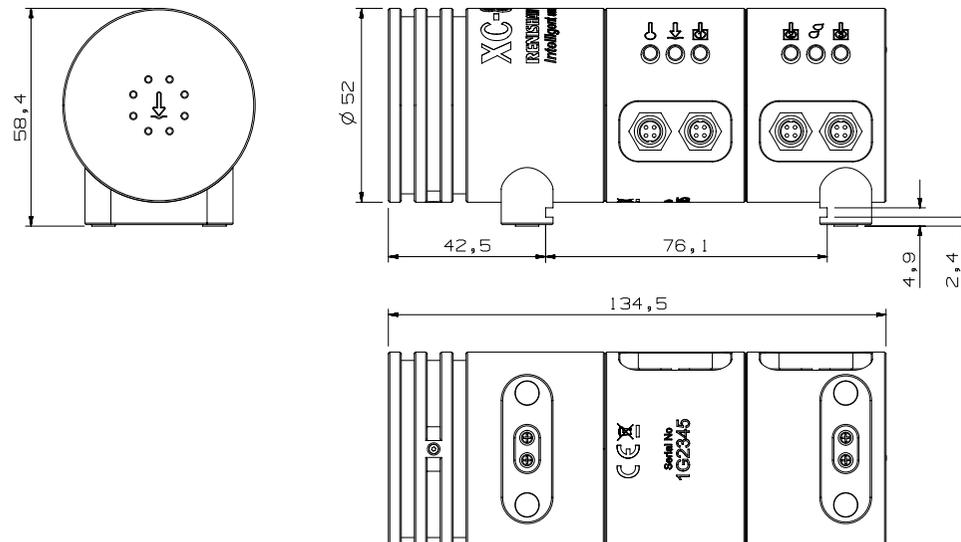
* k=2（95%置信度）EA-4/02, ISO



重量和尺寸

XC环境补偿单元 (尺寸: mm)

描述	重量
XC-80补偿器	490 g
空气温度传感器	48 g
材料温度传感器	45 g



订货号

组件订货号	包括	单独订货号
A-9908-0510 XC-80补偿器组件	XC-80补偿器	暂无
	材料温度传感器和电缆	A-9908-0879
	空气温度传感器和电缆	A-9908-0879
	XC安装板	A-9908-0892
	USB电缆	A-9908-0286

雷尼绍（上海）贸易有限公司
中国上海市静安区江场三路288号
18幢楼1楼
200436

T +86 21 6180 6416
F +86 21 6180 6418
E shanghai@renishaw.com
www.renishaw.com.cn

雷尼绍 **RENISHAW** 
apply innovation™

如需查询全球联系方式，请访问
www.renishaw.com.cn/contact



扫描关注雷尼绍官方微信

