

## 应用说明： FORTIS™封闭式直线光栅有助于 降低机床拥有成本

### 机床规格选择、使用和维护的考虑因素

采用封闭式直线光栅，又称为“密封式直线光栅”或“直线光栅”，被广泛认为是高精度机床的一项关键技术指标。在设计优化、温度控制和误差补偿等误差消除方案的基础上，采用直线光栅仍可进一步优化加工精度、重复性和表面光洁度。此外，针对某些机床设计规格要求，直线光栅可以充分减轻温度变化和滚珠丝杠磨损的影响，因而无需加装其他独立补偿系统。无论机床的基础设计及其集成的辅助系统是什么，毋庸置疑的是，在线性轴上采用直线光栅虽不能将坏机床变成好机床，但可以进一步优化好机床的性能。

随着对机床性能的要求不断提高，客户也越来越关注闭环定位系统和直线光栅提供的直接反馈所带来的获益。

## 为什么选择FORTiS封闭式直线光栅？

数十年来，雷尼绍品牌的校准、测头测量、对刀、比对测量和坐标测量产品一直广受机床制造商和工业用户的青睐。

雷尼绍还采用现代光学技术开发了多种开放式光栅产品。这些光栅产品屡经行业检验，广泛用于各种行业和领域的精密测量和运动控制应用。

雷尼绍运用在机床应用、测量、位置测量和运动控制领域积累多年的丰富经验，开发出一款创新型封闭式直线光栅，与传统封闭式光栅相比，具有明显的优势。

适用于恶劣环境的封闭式直线光栅已经问世多年，此类光栅遵循一套通用设计原则，比如安装孔布局、栅尺壳体尺寸，以及为读数头提供运动导向的内部机构。FORTiS光栅系列采用传统的外形和螺栓孔布局，但又具备创新型非接触式机械设计的优点。



FORTiS-N读数头



FORTiS-S读数头



## FORTiS光栅有何不同？

在机床中安装光栅所需的时间和工作量越少越好。FORTiS光栅在外形和装配方面兼容其他传统的封闭式光栅设计。测量长度也与现有机床设计相匹配，FORTiS-S™（标准型）的测量范围为140 mm至4,240 mm，FORTiS-N™（细窄型）的测量范围为70 mm至2,040 mm。这些光栅采用最常用的控制器通信协议，提供从50 nm到0.5 nm的多种分辨率选项。雷尼绍还提供多读数头光栅系统和功能安全型号。

然而，FORTiS光栅系统的内部结构具有一系列明显不同于传统封闭式光栅设计的创新特性。

FORTiS光栅采用的栅尺并非玻璃材质，而是由坚固耐用的不锈钢制成，其热膨胀系数（CTE）为  $10.1 \pm 0.2 \mu\text{m}/\text{m}/^\circ\text{C}$ ，与大多数机床所用基体材料的热膨胀系数相近。热膨胀系数相近有助于降低因热效应而导致的误差，从而提高测量的确定性。

得益于低于10 nm RMS的低位置噪声（抖动）和仅±40 nm的低电子细分误差（SDE，即一个栅尺刻划周期内的误差），光栅反馈具有优异的保真度，可确保更稳定的速度控制和超强的位置稳定性。

密封式读数头内部装有微型超高速数字摄像机，用于读取单码道、精细栅距（30 μm）栅尺，同时抗污性能更出色，如图1所示。读数头在移动时与栅尺没有任何接触，与传统的光栅设计（采用带有精密滚子轴承和弹簧的接触式导向机构）相比，这种特性具有明显优势。

无内部运动或滑动部件，因此可消除磨损、降低栅尺破损风险、提高可靠性，从而延长光栅系统的使用寿命。

此外，与机械接触式设计相关的滞后和反向间隙误差得以降低（如图2所示），因此有助于提升工件的形状精度和表面光洁度。

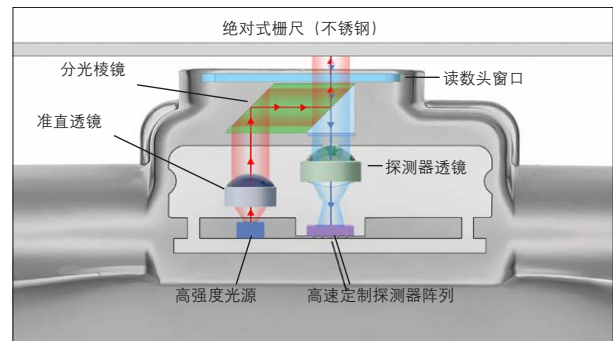


图1. FORTiS光栅读数头的光学镜组示意图

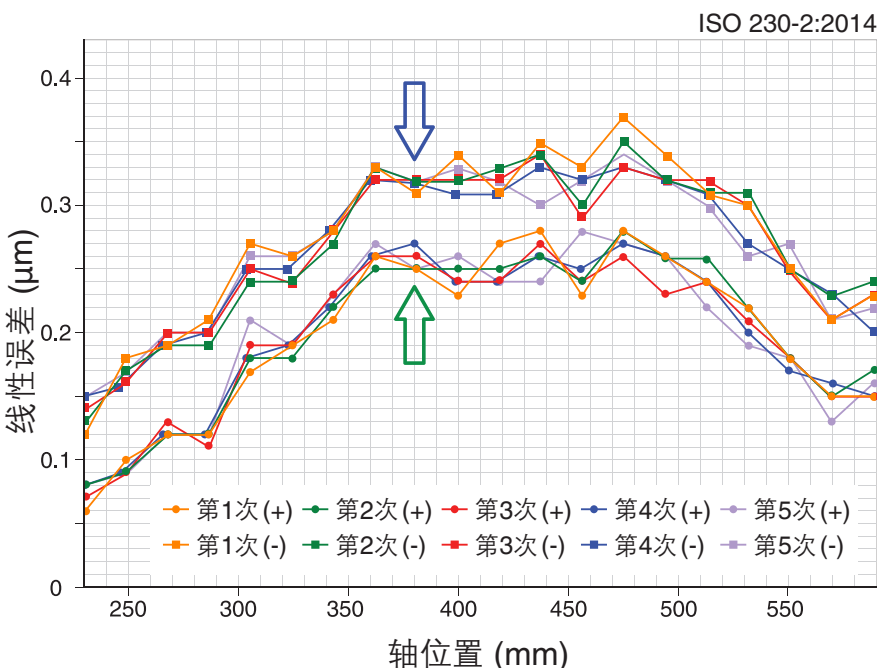


图2. 五次运行试验中，FORTiS光栅的正向（前进）和负向（后退）滞后误差

## 突破性读数头设计

雷尼绍工程师重点关注振动对封闭式直线光栅的影响。在特定条件下，例如加工特别坚硬的材料、运行间歇性切削，以及机床逐渐磨耗之后，传统的接触式光栅经验证很容易受到振动的影响。FORTiS-S和FORTiS-N型号的非接触式读数头采用了调谐质量减振技术，具有一流的抗振性。在超过30 g的振动环境下执行长时间测试后发现，即使达到光栅的共振频率，FORTiS光栅的两个型号仍然均可保持可靠的测量性能，能够在恶劣条件下稳定工作。如图3所示，当遇到栅尺壳体被液体浸没的罕见情形时，密封的读数头本体还可防止液体浸入光栅内部，从而方便现场清洁，缩短机床停机时间。

## 外形兼容，装配便捷

这两款FORTiS型号均可通过螺栓孔与其他品牌的封闭式直线光栅兼容，因此可帮助客户简化设计变更。

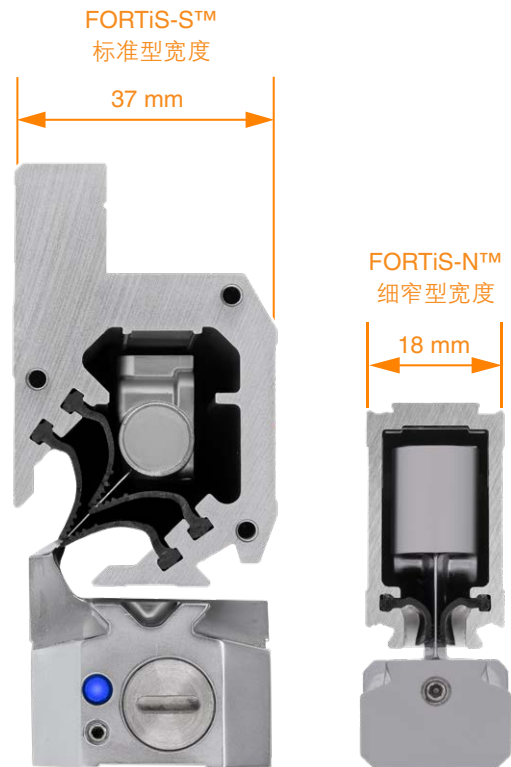


图3. FORTiS-S和FORTiS-N栅尺壳体的纵断面，展示非接触式读数头设计



图4a. FORTiS-N光栅的侧视图



图4b. FORTiS-S光栅的侧视图

## 安装更加简便快捷

在机床中安装光栅所需的时间和工作量越少越好。FORTiS光栅的安装方式与传统封闭式光栅不同，并不依赖于千分表和外围诊断设备。借助LED安装指示灯和雷尼绍精心设计的安装附件，安装过程直观明了，可确保一次成功。相比于其他典型的接触式光栅系统，FORTiS的安装用时可缩短高达90%，即使在空间受限的应用场合也不例外。FORTiS设计的一大优势是，LED安装指示灯可指示信号强度，蓝灯表示信号最强，同时确认当光栅沿轴移动时，栅尺壳体与读数头已准确对齐。

FORTiS直线光栅的安装方法非常简单，对于机床制造商来说，装配人员即可安装，这样不仅可以加快工厂的生产流程，而且可以将高水平的技术人员解放出来从事其他任务。

无论是在执行结构化维护计划时更换光栅，还是在机床发生故障的情况下进行紧急维修，专业服务和维修人员均可尽享FORTiS直线光栅带来的获益。对于最终用户来说，也可大幅降低停机成本。

此外，FORTiS直线光栅在外形和装配方面兼容其他品牌的光栅，因此在维护和现场维修过程中可使用FORTiS直线光栅进行直接替换。

安装人员可通过标准USB连接器将高级诊断工具ADTa-100连接至运行雷尼绍ADT View软件的计算机，从而实现更多功能。该软件具有用户友好型图形界面，可显示高级诊断信息，包括关键的光栅性能参数，例如沿整条轴的信号强度等。还可以永久保存安装数据的记录，令机床制造商、最终用户和维护人员等更加放心。



图5. 安装附件示例 (以FORTiS-S为例)

图6. ADT View软件界面



## 减少能源消耗、降低运营成本

通过加速寿命试验，模拟产品在极端恶劣环境下使用五年的情况，雷尼绍开发并优化了先进的DuraSeal™密封条。这种密封条具有出色的耐磨性、抗机床润滑剂腐蚀性和密封性，而且当结合净化空气使用时，防护等级可达到IP64。除了可延长机床正常运行时间之外，这种密封条设计还可使净化空气系统的气体泄漏率降低高达70%，从而节省运营成本、减少碳足迹、延长系统使用寿命。

我们对DuraSeal密封条进行了使用寿命磨损测试，并特意在接触面上涂抹了铸铁碎屑和碳合金砂，以增大磨损作用。经过1,400万次测试循环后，密封条仅出现轻微磨损，而且功能完全不受影响。由此证明，即使FORTiS光栅暴露在充斥高磨损力磨料的环境中，例如磨削加工，仍可保持经久耐用。

FORTiS封闭式直线光栅系列凭借这些创新设计，为机床制造商、最终用户和维护人员带来了在性能和操作方面的关键技术和商业优势。

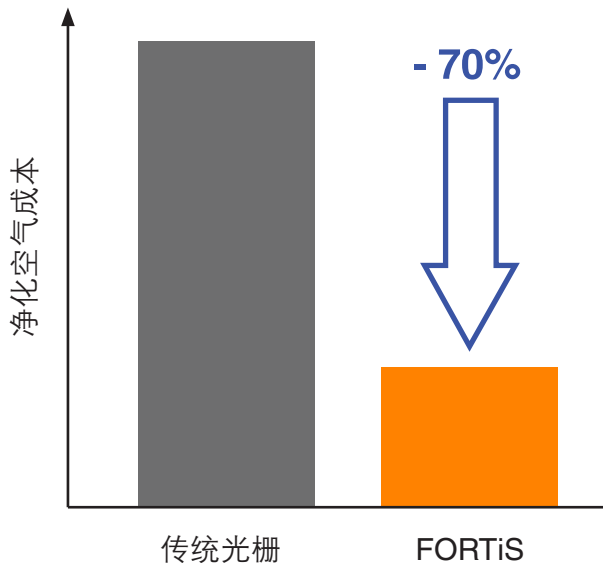


图7. FORTiS光栅与传统封闭式光栅的净化空气成本对比



[www.renishaw.com.cn/fortis](http://www.renishaw.com.cn/fortis)

#雷尼绍

© 2024 Renishaw plc. 版权所有。RENISHAW®和测头图案是Renishaw plc的注册商标。Renishaw产品名、型号和“apply innovation”标识为Renishaw plc或其子公司的商标。其他品牌名、产品名或公司名为其各自所有者的商标。  
Renishaw plc. 在英格兰和威尔士注册，公司编号：1106260。注册办公地：New Mills, Wotton-under-Edge, Glos, GL12 8JR, UK。  
在出版本文时，我们为核实本文的准确性作出了巨大努力，但在法律允许的范围内，无论因何产生的所有担保、条件、声明和责任均被排除在外。



扫描关注雷尼绍官方微信

文档编号：PD-6517-9046-02-C  
发布：2024.02

上海 T +86 21 6180 6416 E <a href="mailto:shanghai@renishaw.com">shanghai@renishaw.com</a>	天津 T +86 22 8485 7632 E <a href="mailto:tianjin@renishaw.com">tianjin@renishaw.com</a>	青岛 T +86 532 8503 0208 E <a href="mailto:qingdao@renishaw.com">qingdao@renishaw.com</a>
北京 T +86 10 8420 0202 E <a href="mailto:beijing@renishaw.com">beijing@renishaw.com</a>	成都 T +86 28 8652 8671 E <a href="mailto:chengdu@renishaw.com">chengdu@renishaw.com</a>	西安 T +86 29 8833 7292 E <a href="mailto:xian@renishaw.com">xian@renishaw.com</a>
广州 T +86 20 8550 9485 E <a href="mailto:guangzhou@renishaw.com">guangzhou@renishaw.com</a>	重庆 T +86 23 6865 6997 E <a href="mailto:chongqing@renishaw.com">chongqing@renishaw.com</a>	宁波 T +86 574 8791 3785 E <a href="mailto:ningbo@renishaw.com">ningbo@renishaw.com</a>
深圳 T +86 755 3369 2648 E <a href="mailto:shenzhen@renishaw.com">shenzhen@renishaw.com</a>	苏州 T +86 512 8686 5539 E <a href="mailto:suzhou@renishaw.com">suzhou@renishaw.com</a>	郑州 T +86 371 6658 2150 E <a href="mailto:zhengzhou@renishaw.com">zhengzhou@renishaw.com</a>
武汉 T +86 27 6552 7075 E <a href="mailto:wuhan@renishaw.com">wuhan@renishaw.com</a>	沈阳 T +86 24 2334 1900 E <a href="mailto:shenyang@renishaw.com">shenyang@renishaw.com</a>	