

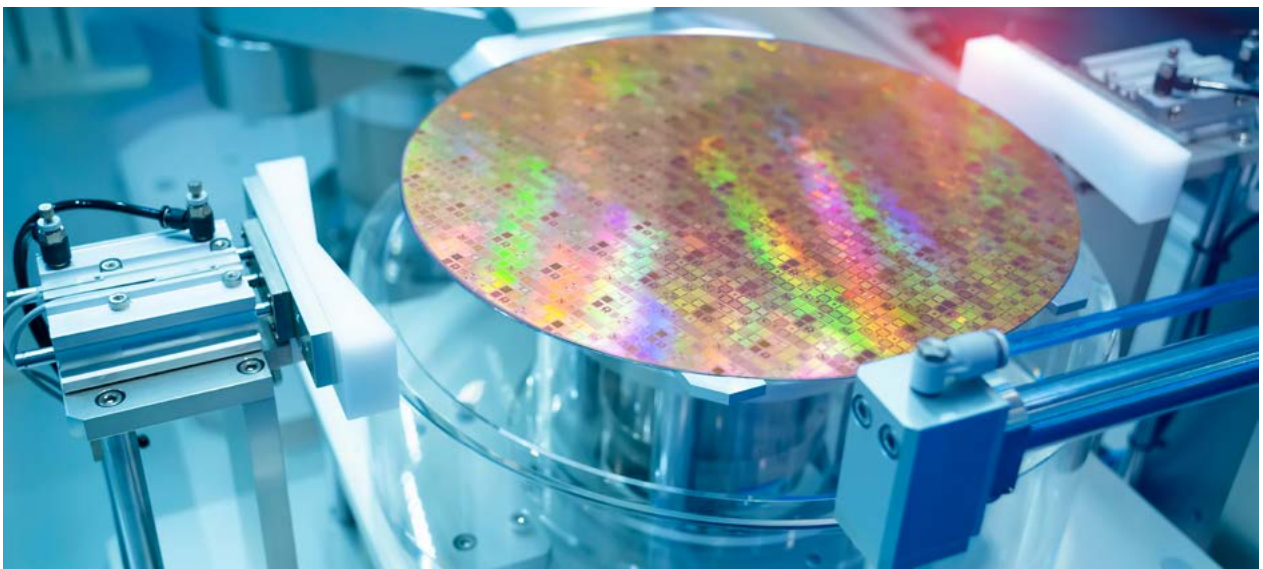
如何有效减少加工废品率和进行资源分配 - 雷尼绍球杆仪

我们日常使用的玻璃杯等容器由二氧化硅（SiO₂）及多种成份而成。而石英（石英砂），则是一种二氧化硅纯度极高的矿物质，仅含极微量金属物，外表与普通玻璃分别不大，但具有一般玻璃无法提供的特性和优点，包括耐热，超强抗化学侵蚀特性，低膨胀系数等，故广泛被用作制造各种用于半导体制程的载具和零组件。石英是昂贵的原材料，如何在生产载具过程中有效降低废品率是厂商必须面临的挑战。通过采用雷尼绍 QC20 球杆仪为其生产设备进行预防性维护，废品率能有效大幅减少 40%。

石英的特性十分独特，以它制成的“玻璃”载具或零件的软化点高达 1700°C，极低的热膨胀系数同时也促使它在温度变化频繁的环境下仍能维持其稳定性。这些特性都是在半导体制程严苛的环境下工作所必须具备的。典型例子有石英炉管，它是半导体晶圆厂内相当重要的模组件，主要用途是保护晶圆不被高温下炉管可能产生的金属所污染，一般又区分为外管及内管，外管是把炉体与加热灯丝路隔绝，是第一层的保护，内管与外管相距约十余公分，中间以气体隔绝，让晶圆能够有第二层的保护。除了石英炉管，还有各式各样用石英做成的载具和组件，包括承载晶圆的石英舟和石英塔，以及相关零件石英环，石英槽等。

业界面临的挑战

半导体载具和零件的形状五花八门，是高度定制化的产品，更换周期从 3 个月到 1 年不等，是半导体制程不可或缺的耗材。随着晶圆越做越薄，相关载具的品质尤其重要。厂商因应客户要求通过工具机，镭射切割机等生产设备进行加工，在载具表面必须透明情况下则需要利用水刀切割机加工。一些复杂形状的载具更需要富经验的技师把不同组件用人手焊接起来。厂商以往都是采用一些如千份表、量尺、角规等简单工具替生产设备进行维护。每当碰到机器故障时仅凭技术员的经验尝试找出问题源头。寻找设备原厂的协助是另一个可行的解决问题，不过有时候等候零件很费时，而且成本不菲，因此如何减少停机时间从而降低废品率的他需要解决的问题。



球杆仪的工作原理



球杆仪本体像是一个高精度伸缩式线性感测器，每端各有一个精密球，分别固定在两个精密磁力碗座上，以评估任意两轴之间的循圆轨迹变化。工作时一个磁力碗座安装在机器运动平台上，另一个安装在机台的主轴上。机器运行预先设定的圆轨迹，一次性执行三个平面，包括一个全圆和两个部份圆弧，球杆仪能够测量半径的微小变化。理论上，如果机器的定位性能处于完美状态时，运行出来的实际圆一定会与设定圆的轨迹互相吻合，通过把两者轨迹进行比较和数据分析，则将获得工具的总体评估数据。

客户在软件中可根据各种国际标准（例如GB 17421-4、ISO 230-4、ASME B5.54）对数据进行分析后生成报告。报告中以直观图表提供多达19项特定工具机位置误差的自动诊断，如反向间隙、垂直度、直线度、中心偏置等误差。同时软件详细列出每项误差对工具机的影响进行排序，让维护人员快速找出机器问题后进行针对性维护。厂商只需要根据球杆仪报告的分析数据就能迅速找到误差的源头，不需要再凭经验评估误差来源。

减少废品率，分配工作到合适的加工设备

雷尼绍球杆仪的功能就是为机器提供系统性的维护方案，不但能迅速找出故障源头，同时也能诊断机器潜在的健康问题。厂商一般需要每半年进行一次预防性维护，每台设备包括架设时间仅用上十分钟就能完成检测。

在使用球杆仪后整体的废器率平均减少了超过5%，这都是做了预防性维护工作的成果，要知道石英这种昂贵材料在载具产品成本的比例不低，成本的下降意味着利润和竞争力的提升。另一应用层面就是通过球杆仪在每台加工设备进行分析，得出报告后以整体性能效率素把设备分成不同精度等级类别，方便我们在接到订单后有系统地把工作分配到合适的设备，从而提升整体生产效率。

事实上厂商很多时候都因为不了解个别设备的性能效率，在工作分配时往往出现资源错配情况，把要求高品质的工作分配到精度原本就不高的设备或是紧急的订单分配到效率较低的设备，而球杆仪正好提供这方面的数据，协助客户充分了解实际产能以发挥生产线最大的优势。

另一方面这些数据也能有效协助厂商更准确估算生产时间，在短时间内针对客户订单定出最佳生产计划从而减少交货期的延误。再者球杆仪提供多项符合国际标准的性能测试报告，大大增强客户在洽谈订单时对厂商的信心。



以下是一个石英载具和零件生产商使用QC20球杆仪的案例。以往他们的工件加工不合格率高达5%，厂商通过QC20找出机器的误差源，之后进行针对性的预防性维护，工件不合格率大幅下降。通过雷尼绍 QC20计算机的计算，我们可预估厂商每年可节省因产出不合格件所带来的额外成本约USD 32,120,000。

雷尼绍球杆仪成本回收计算机（基于机台产出不合格件）				
1	厂内加工机台数量		80	
2	机台每小时产值	USD	1,000	/ 每小时
3	加工件平均价值	USD	400	
4	机台每小时产出多少工件		3	/ 每小时
5	一天总加工时数		10	小时
6	一年工作天数		365	天
7	因机台误差产生的工件不合格率		5	%
若定期使用球杆仪确认加工机台精度，可消除该项成本（上述计算还不含重工成本，在许多情况下，重工成本甚至大于工件价值）。				
使用球杆仪可为您节省		USD	32,120,000	每年

计算方程式：

$$[(1 \times 5 \text{ 小时}) \times 6 \times [(4 \times 3 \text{ USD} + 2 \text{ USD} / \text{小时}) \times 7 \%] / 100$$

使用球杆仪每年可为您节省 = USD

若定期使用球杆仪确认加工机台精度，可消除该项成本（上述计算还不含重工成本，在许多情况下，重工成本甚至大于工件价值）。

注：点击以下链接前往雷尼绍QC20计算机，输入相关数据以预估球杆仪可为您节省多少成本。

链接：<https://pg.info.renishaw.net/QC20-calculator-ZH.html>

除了工件不合格率，机台停机也是导致成本上涨的另一因素。球杆仪可快速诊断机台健康状况从而减少机台停机的次数。根据过去众多客户的使用经验，通过球杆仪进行预防性维护可为用户节省70%左右因停机所产生的损失金额的成本，在有些案例甚至更多。在这案例中，厂商每年平均会发生120次停机事件，（即平均

每月每台设备停机维修的次数约为0.125次），而每台机台平均停机时间为36小时。通过雷尼绍QC20计算机预估用户因停机所产生的损失金额约为 USD 4,320,000，换句话说可为用户节省约 USD 3,024,000。

雷尼绍球杆仪成本回收计算机（基于机台停机）				
1	厂内加工机台数量		80	
2	机台每小时产值	USD	1,000	/每小时
3	每年每台机台平均停机维修的次数		0.125	
4	每台机台每次平均停机的时间		36	小时
5	因停机产生的损失		4,320,000	每年
球杆仪可快速诊断机台健康状况，提前预知机台失效，根据过去众多客户使用经验，这项好处可为客户节省70%左右的成本（在有些案例甚至更多）				
使用球杆仪可为您节省		USD	3,024,000	每年

注：点击以下链接前往雷尼绍QC20计算机，输入相关数据以预估球杆仪可为您节省多少成本。

链接：<https://pg.info.renishaw.net/QC20-calculator-ZH.html>

QC20球杆仪测试报告

客户通过QC20球杆仪对厂内所有机台进行测试。以下是其中一台机器的测试报告。图.1在报告<Percentages>分页中显示了球杆仪进行圆弧运动的轨迹，同时把机台最主要的误差数据以所占整体误差百分比分别列出，包括反向间隙Y、反向间隙X、比例不匹配、垂直度和反向跃冲Y。当中可看到机台的Y和X方向反向间隙误差比较严重，分别各占整体误差29%和23%。

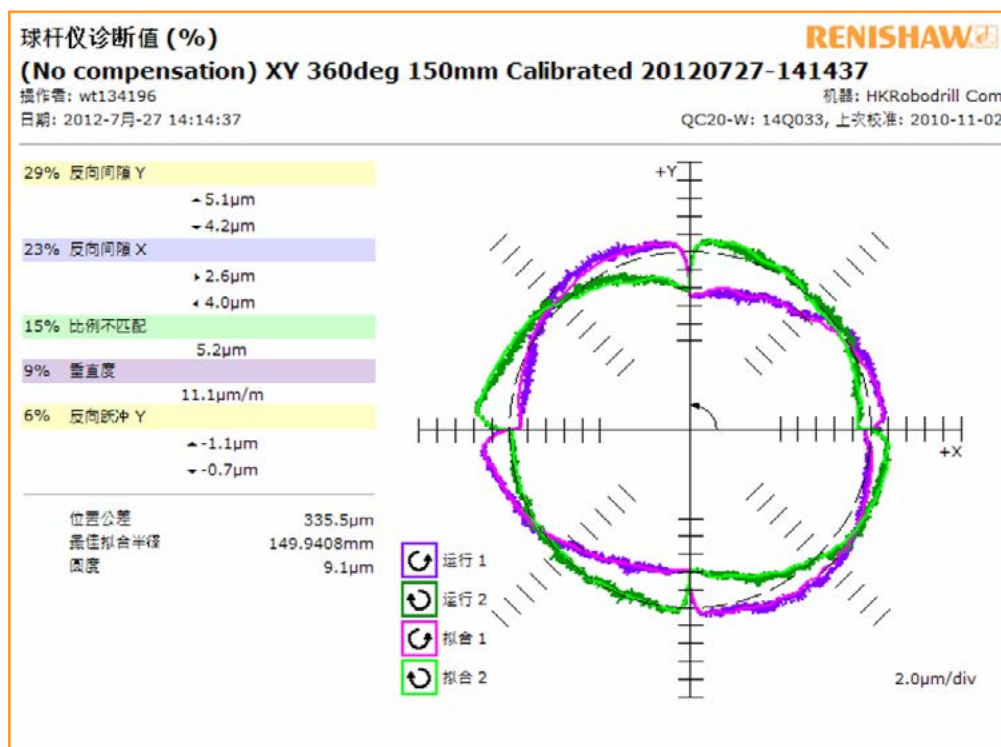


图.1

图2. 在<Values>分页进一步把机台主要和其他次要的误差数据值一并列出

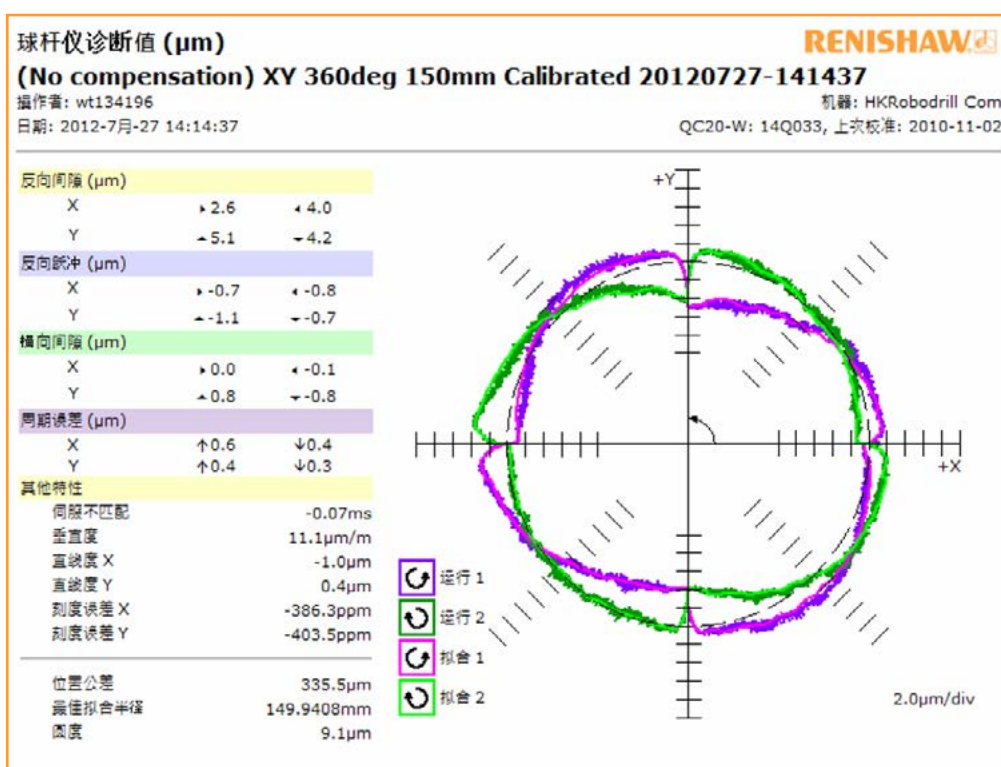


图.2

根据报告上的误差数据，客户对控制器进行了参数补偿，图.3是补偿后再次通过球杆仪进行测试的报告。

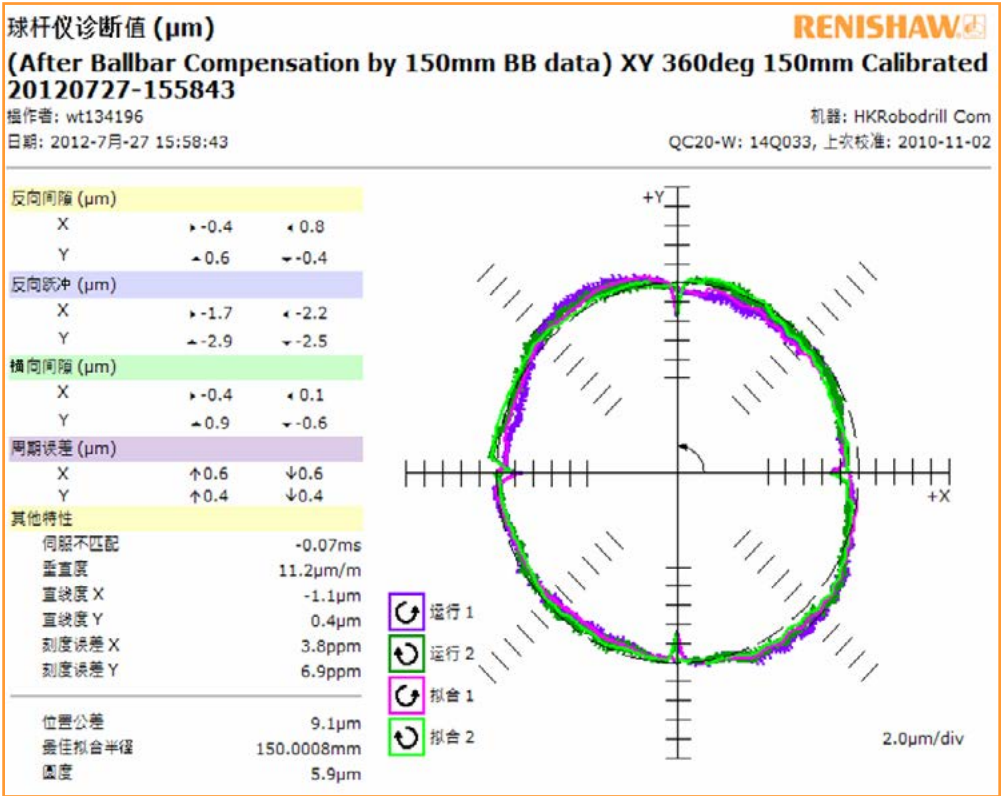


图.3

图.4是机台在补偿前后通过球杆仪的测试数据对比。数据显示相关误差也得到明显的改善，图形的圆度也较补偿前的更圆，顺时针和逆时针方向的轨迹也更吻合。

		补偿前		补偿后	
反向间隙 (µm)	X	2.6	4.0	-0.4	0.8
	Y	5.1	4.2	0.6	-0.4
反向跃冲 (µm)	X	-0.7	-0.8	-1.7	-2.2
	Y	-1.1	-0.7	-2.9	-2.5
横向间隙 (µm)	X	0.0	-0.1	-0.4	0.1
	Y	0.8	-0.8	0.9	-0.6
周期误差 (µm)	X	0.6	0.4	0.6	0.6
	Y	0.4	0.3	0.4	0.4

图.4

		补偿前		补偿后	
伺服不匹配		-0.07 ms		-0.07 ms	
垂直度		11.1 µm /m		11.2 µm/m	
直线度	X	-1.0 µm		-1.1 µm	
	Y	0.4 µm		0.4 µm	
比例误差	X	-386.3 ppm		3.8 ppm	
	Y	-403.5 ppm		6.9 ppm	
位置公差		335.5 um		9.1 um	
最佳拟合半径		149.9408 mm		150.0008 mm	
圆度		9.1 µm		5.9 µm	

球杆仪Ballbar 20软体所撷取的资料能以各种国际标准显示与分析（例如ISO 230-4、ANSI B5.54等），亦可使用全方位的雷尼绍分析格式。用户可参考图.5所列出的不同典型球杆仪测试图以知悉机台出现所对应的误差类别.通过点击报告上的误差源，软体内建的相关解释和建议对策页面将自动打开，让用户可借此了解误差出现的原因，以及针对不同误差源为用户提供修正建议，对机台进行诊断和校正。另外除了图形轨迹显示，球杆仪Ballbar 20软体还可以根据其总体机器精度的影响，对诊断的误差进行分级，与位置公差值一起清楚地显示。

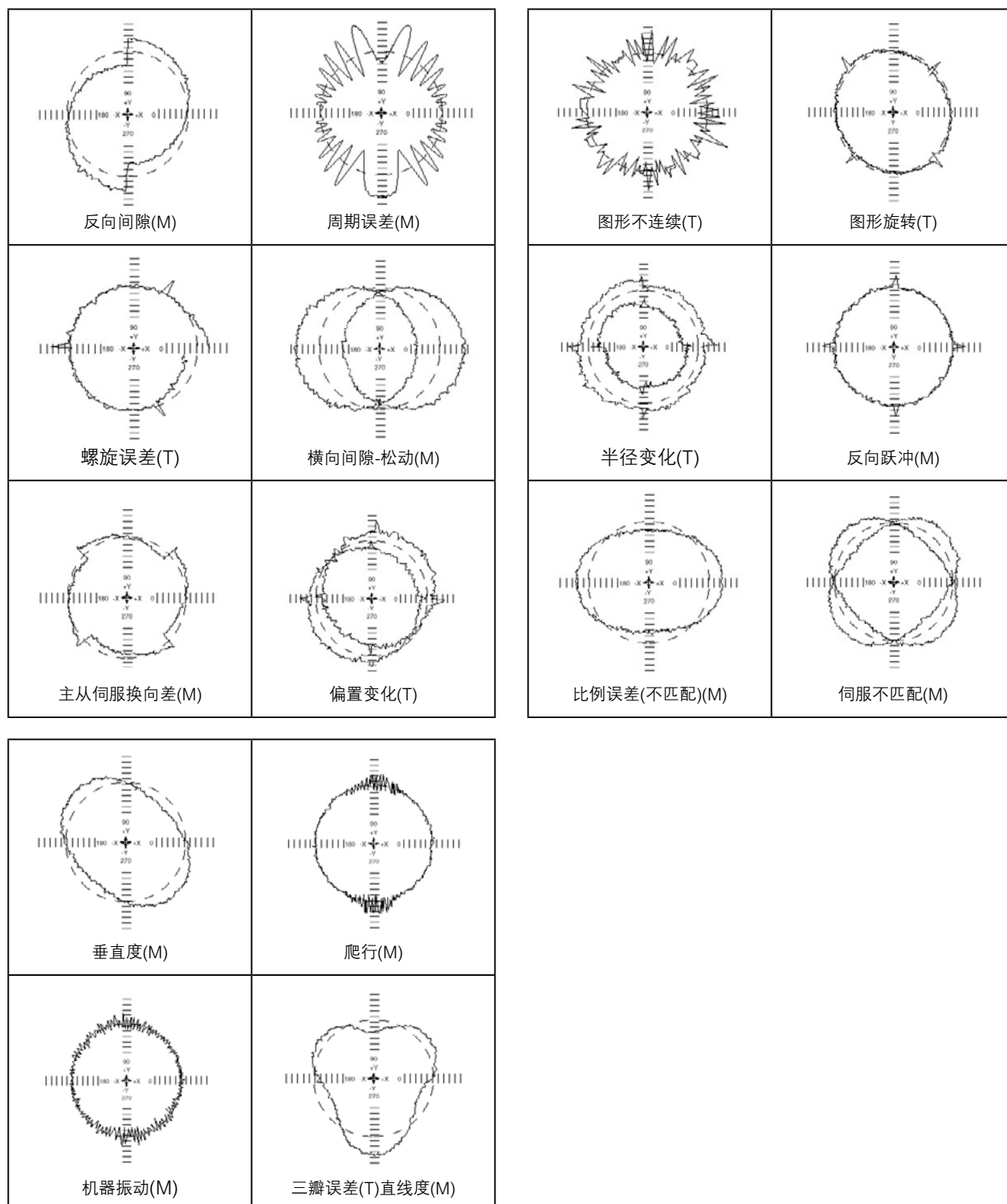


图.5

www.renishaw.com.cn

 #雷尼绍

© 2023 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

上海 T +86 21 6180 6416 E shanghai@renishaw.com
北京 T +86 10 8420 0202 E beijing@renishaw.com
广州 T +86 20 8550 9485 E guangzhou@renishaw.com
深圳 T +86 755 3369 2648 E shenzhen@renishaw.com
武汉 T +86 27 6552 7075 E wuhan@renishaw.com

天津 T +86 22 8485 7632 E tianjin@renishaw.com
成都 T +86 28 8652 8671 E chengdu@renishaw.com
重庆 T +86 23 6865 6997 E chongqing@renishaw.com
苏州 T +86 512 8686 5539 E suzhou@renishaw.com
沈阳 T +86 24 2334 1900 E shenyang@renishaw.com

青岛 T +86 532 8503 0208 E qingdao@renishaw.com
西安 T +86 29 8833 7292 E xian@renishaw.com
宁波 T +86 574 8791 3785 E ningbo@renishaw.com
郑州 T +86 371 6658 2150 E zhengzhou@renishaw.com