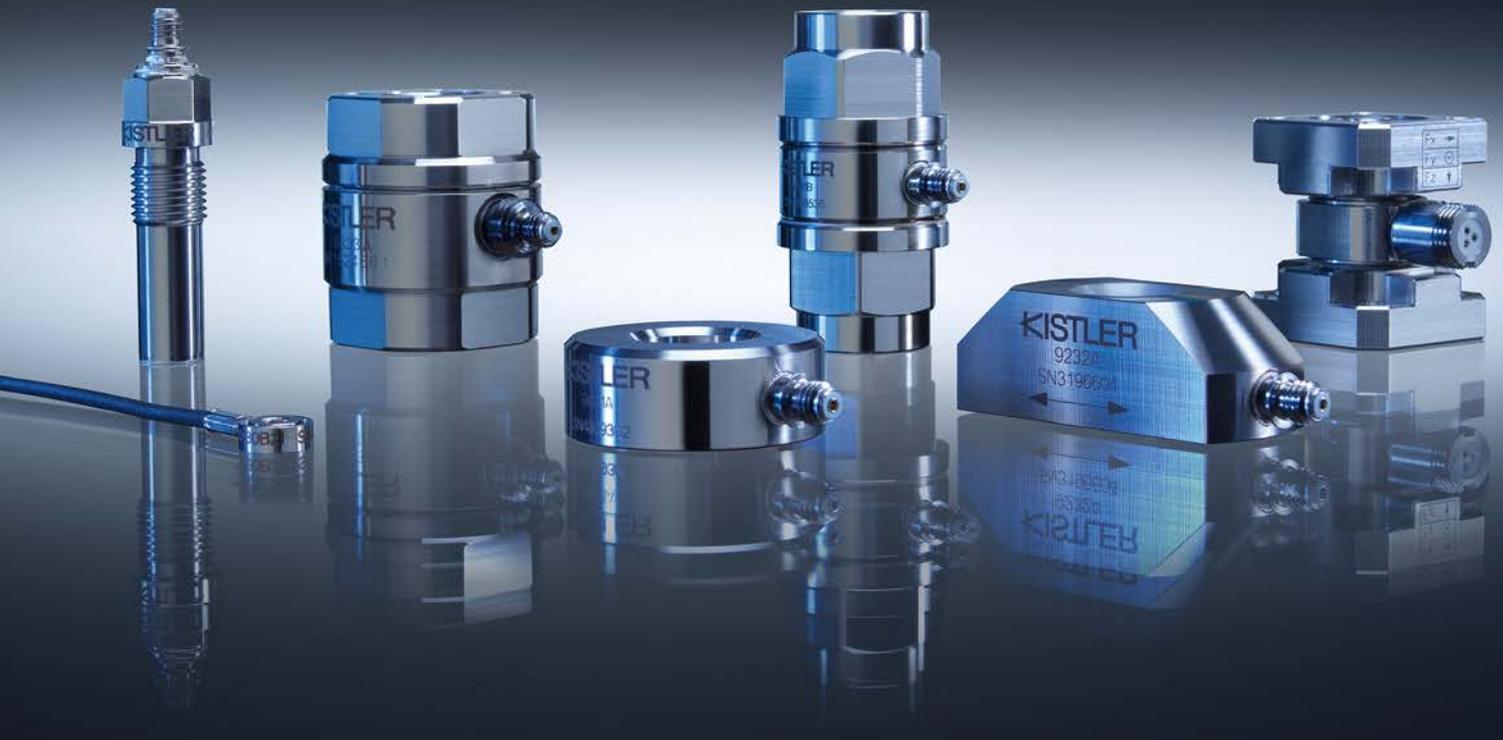


KISTLER

measure. analyze. innovate.



力传感器

透明的制造过程保证质量和降低成本



对未来世界的绝对关注

奇石乐研发以传感器、电子设备、系统和服务为体系的测量解决方案。在节能减排、质量控制、电动汽车以及汽车安全的领域，我们以未来为导向表现卓越，并为工业4.0创造理想的条件。从而实现与我们的客户共同增长和一起创新。



奇石乐：引擎监控、车辆安全和车辆动力等领域先进性的代名词。我们产品提供的数据，能够在未来高效汽车研制方面发挥关键作用。



奇石乐测量技术先进，可广泛应用于运动诊断、交通数据采集、切削力分析，且无论工况多恶劣，均能提供绝对可靠的测量数据。



奇石乐系统可为网络化、数字化生产的各个阶段提供支持，并最大限度地提高下一代智能工厂的流程效率和成本效益。

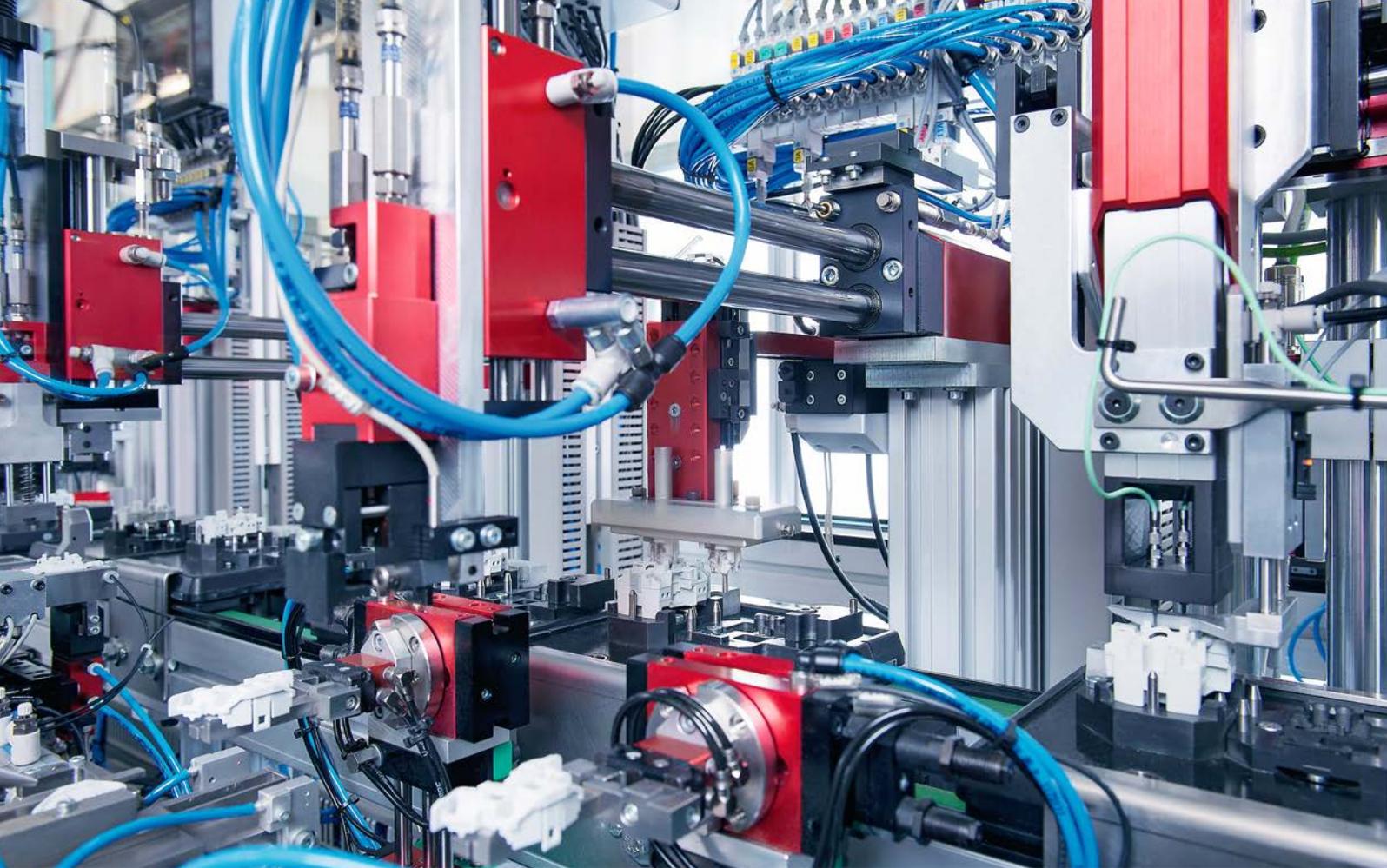
目录

第一部分：组件

用于工业过程控制的力传感器	4
用于研发类的力传感器	5
产品一览：力传感器	6
单分量力传感器	7
多分量力传感器	26
测力台及力链（传感器）组件	33
应变传感器	36
电缆及连接方式	44
配件 – 电缆	54
配件 – 信号调理	55

第二部分：技术知识

专注于力的测量技术	60
选择标准	63
校准	72
奇石乐服务：完整的客户定制解决方案	78
奇石乐 – 为全球客户提供服务	79



组装过程和产品试验只是奇石乐传感器很多工业应用的两个方面

用于工业控制的力传感器

工业制造对质量和精度不断增长的要求和日益激烈的竞争使得优化和监测整个生产线成为必须。奇石乐测量和系统技术有助于满足这些要求，为零缺陷工业生产打下基础。

在汽车工业和医疗技术或电气工程行业（仅举数例）保证最终产品质量永远都是最重要的；这也是为此建立严格标准的原因。尤其是当一个产品是由许多单个部件组装而成时，每个部件都必须由制造商检测。只有这样才能保证最终产品的质量，唯一的解决方案就是将监控设备集成于生产过程中。

- 力测量集成于生产过程
- 过程监控保证零缺陷生产
- 由于早期发现偏差可降低质量成本
- 测量设备的灵活性优化了生产效率

奇石乐技术优化生产效率

目标：以最低成本实现零缺陷工业生产。奇石乐的响应：集成过程监控，在每个生产阶段直接检验质量。这个理念基于压电传感器技术 – 尤其适用于监控和优化生产过程。

为生产商降低质量保证成本

集成于过程中的监控降低品质保证的成本。该方案性价比高，避免生产商向客户提供次品，并防止后续组装由于零部件瑕疵而受不利影响。

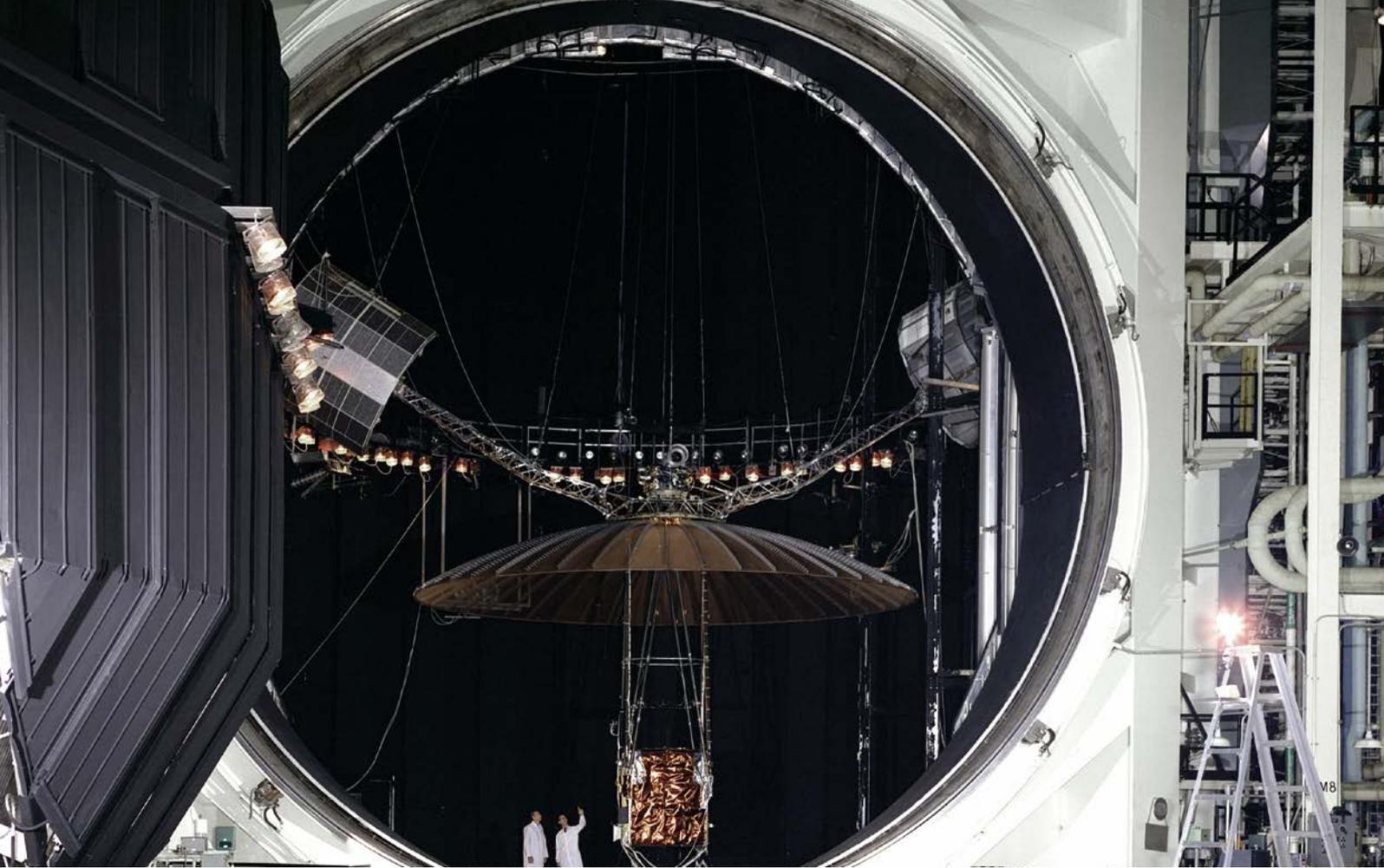


通过奇石乐提高生产效率 - 已上线!

通过我们的短片来体验奇石乐可靠、高端的解决方案 – 优化生产效率的可靠方式:

www.kistler.com/maxyimos





用于研发类的力传感器

更高、更快、更远。在研发与试验中，要突破技术的极限，就需要在测量技术上有最大程度的可靠性和精确度。60多年来，奇石乐不断创新，追求完美，使我们成为工业和研究实验室的首选合作伙伴。

像航空和航天这样技术驱动的高精尖行业，需要始终在极具挑战性的环境中开展工作，且价值不菲。我们与全球著名的航空航天中心和飞机制造商紧密合作，得益于专业的测量技术，我们不仅提供完美的测量设备，同时也为客户提供可实现的设备最佳性能与可靠性。

凭借我们广泛而长期的研发经验，我们能够帮助客户设计和打造测量解决方案，提供深厚的专业知识和必要的技术，以满足他们的需求，并超越他们的期望。

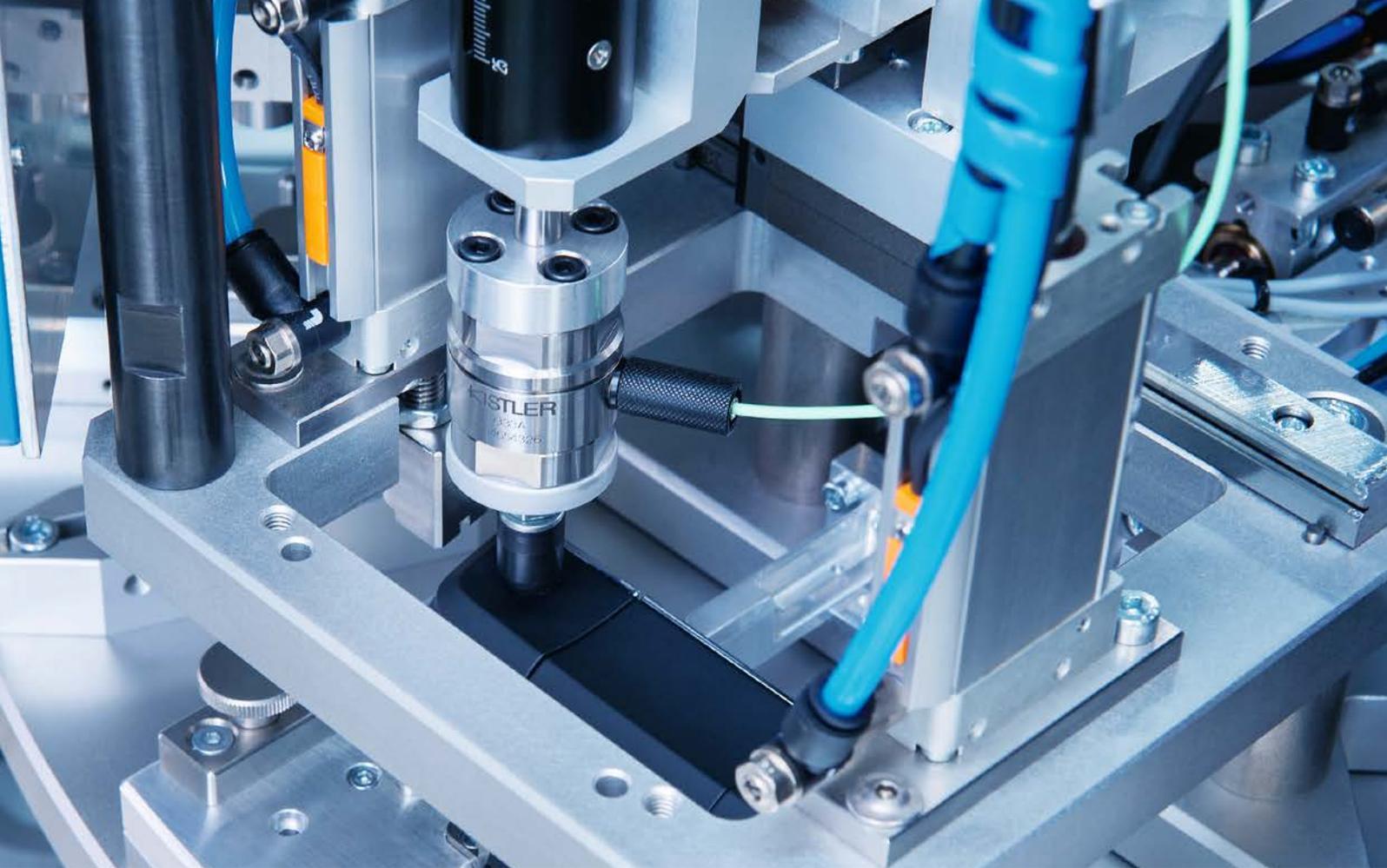
应用领域

- 航空航天技术
- 道路与交通
- 汽车工程
- 造船和海运业
- 能源和环境技术
- 石油和天然气
- 化学工业
- 制药工业
- 半导体和电子工业
- 造纸工业
- 食品和饮料行业
- 建筑和采矿
- 医疗技术
- 机械工程
- 高校科研

产品概览：力传感器

压电式传感器

直接测力		测量类型	已预紧	安装后即可测量	量程	页码
					■ N ■ N·m	
					-100.000 -10.000 -1.000 -100 0 100 1.000 10.000 100.000 1.000.000	
	拉压力传感器	F_z			0 - 100.000 N	8, 14-15
	拉压力传感器	F_z	•	•	-100.000 - 100.000 N	10-11
	拉压力传感器	F_z	•	•	0 - 100.000 N	12-13
	SlimLine 力传感器	F_z			0 - 10.000 N	16-17
	SlimLine 拉压力传感器	F_z	•	•	-100.000 - 100.000 N	18-19
	SlimLine 剪切力传感器	F_y			-10.000 - 10.000 N	20-21
	微小力传感器	F_z	•	•	-1.000 - 1.000 N	22-23
	微型传感器	F_z		•	0 - 100 N	24-25
	双分量力传感器	F_z, M_z	•	•	-100.000 - 100.000 N, 0 - 100.000 N·m	27
	3分量拉压力传感器	$F_{x,y,z}$			-100.000 - 100.000 N	28-29
	3分量拉压力传感器	$F_{x,y,z}$	•	•	-100.000 - 100.000 N	30-31
	六分量力/力矩传感器	$F_{x,y,z}, M_{x,y,z}$	•	•	-10.000 - 10.000 N, 0 - 100.000 N·m	32
	测力计	$F_{x,y,z}, M_{x,y,z}$	•	•	-100.000 - 100.000 N, 0 - 100.000 N·m	34-35
	应变式力传感器	F_z		•	-1.000 - 1.000 N	40-43
间接测力		测量类型	已预紧	安装后即可测量	量程	页码
					με	
	表面应变传感器	$\mu\varepsilon$		•	-100 - 100 με	37
	应变测量销	$\mu\varepsilon$		•	-10.000 - 10.000 με	38-39



单分量力传感器

我们的力传感器系列利用压电晶体和石英的优异特性，这是我们传感器技术的基础。

垫圈式力传感器是标准的压电测量元件。传感器元件本身已轻微预载。安装时先将传感器装在结构的测量点，然后按要求预紧。预紧力对应着载荷偏置。

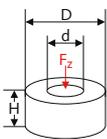
我们的拉压力传感器可直接用于测量。这些预紧过的石英力传感器出厂前已校准，适用于测量拉压力。

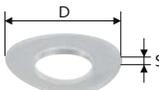
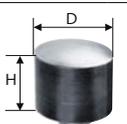
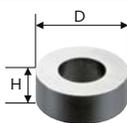
我们的微小力传感器专为测量微小力设计。由于其特殊的内部结构设计，这些传感器的灵敏度是标准力传感器的30多倍，从而可准确地测量微小力。

优点

- 极高的刚度，因而可获得高固有频率
- 高载荷能力
- 坚固耐用
- 设计紧凑
- 测量范围宽
- 在力流方向上直接测量
- 无形变条件下测力
- 传感器种类丰富

单分量力传感器

技术指标	型号	9001C	9011C	9021C	9031C	
						
测量范围	$F_z^{1)}$	kN	0 ... 7.5	0 ... 15	0 ... 35	0 ... 60
校准范围	F_z	kN	0 ... 6 ²⁾	0 ... 12 ²⁾	0 ... 28 ²⁾	0 ... 48 ²⁾
	F_z	kN	0 ... 0.6 ²⁾	0 ... 1.2 ²⁾	0 ... 2.8 ²⁾	0 ... 4.8 ²⁾
灵敏度	$F_z^{1)}$	pC/N	≈ -4.1	≈ -4.2	≈ -4.4	≈ -4.4
尺寸	D	mm	10.3	14.5	22.5	28.5
	d	mm	4.1	6.5	10.5	13
	H	mm	6.5	8	10	11
刚度	$c_{A,z}$	kN/μm	≈ 1.1	≈ 1.6	≈ 3.3	≈ 5.2
重量		g	3	7	20	36
工作温度范围 ³⁾		°C	-70 ... 200	-70 ... 200	-70 ... 200	-70 ... 200
接头			KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头
防护等级符合IEC/EN60529						
连接电缆 (如1631C)		IP65	•	•	•	•
焊接电缆 (如1983AD)		IP68	•	•	•	•
预紧螺栓⁴⁾		型号	9422A01	9422A11	9422A21	9422A31
螺纹×螺距/ 长度			M3×0.5 / 19.5	M5×0.8 / 26	M8×1.25 / 38	M10×1.5 / 45
预紧力		Fv (kN)	2,5	5	15	30

附件						
预紧元件		型号	9420A01	9420A11	9420A21	9420A31
螺纹×螺距/ 长度			M3×0.5 / 22	M5×0.5 / 28	M8×1 / 40	M10×1 / 46
预紧力		Fv (kN)	4	7	18	30
绝缘垫圈		型号		9517	9527	9537
尺寸		D (mm)		14	22	28
		S (mm)		0.125	0.125	0.125
力分布帽		型号	9509	9519	9529	9539
尺寸		D (mm)	10	14	22	28
		H (mm)	10	15	20	25
力分布环		型号	9505	9515	9525	9535
尺寸		D (mm)	10	14	22	28
		H (mm)	6	8	10	11
球面垫圈		型号		9513	9523	9533
尺寸		D (mm)		12	21	24
		H (mm)		4	6	7

¹⁾ 未预载

²⁾ 预紧测量范围的力为20%

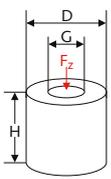
³⁾ 工作温度范围取决于使用的电缆标配附件

⁴⁾ 标配附件

9041C	9051C	9061C	9071C	9081B	9091B
					
0 ... 90	0 ... 120	0 ... 200	0 ... 400	0 ... 650	0 ... 1 200
0 ... 72 ²⁾ 0 ... 7.2 ²⁾	0 ... 96 ²⁾ 0 ... 9.6 ²⁾	0 ... 160 ²⁾ 0 ... 16 ²⁾	0 ... 320 ²⁾ 0 ... 32 ²⁾	0 ... 650 0 ... 52	0 ... 1 200 0 ... 96
≈-4.4	≈-4.4	≈-4.4	≈-4.4	≈-2.15	≈-2.1
34.5 17 12	40.5 21 13	52.5 26.5 15	77.2 40.5 17	100 40.5 22	145 72 28
≈7.5	≈9.8	≈15.4	≈27.7	≈35.7	≈52.3
70	80	157	370	910	2 180
-70 ... 200	-70 ... 200	-70 ... 200	-70 ... 200	-40 ... 120	-40 ... 120
KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头				
• •	• •	• •	• •	• •	• •
9422A41 M12 × 1.75 / 52 45	9422A51 M14 × 2 / 59 60				

9420A41 M12 × 1 / 60 45	9420A51 M14 × 1.5 / 62 60	9420A61 M20 × 1.5 / 80 100	9420A71 M27 × 2 / 102 200	9455 M40 × 2 325	9456 M64 × 3 600 (液压)
9547 34 0,125	9557 40 0.125	9567 52 0.125	9577 75 0.125		
9549 34 30	9559 40 40	9569 52 50	9579 75 60		
9545 34 12	9555 40 13	9565 52 15	9575 75 17		
9543 30 8	9553 36 10	9563 52 14	9573 75 20		

单分量力传感器

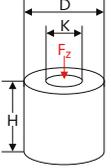
技术指标	型号	9301C	9311C	9321C	
					
测量范围	F_z	kN	-3 ... 3	-6 ... 6	-14 ... 14
校准范围	F_z	kN	0 ... 3	0 ... 6	0 ... 14
	F_z	kN	0 ... -3	0 ... -6	0 ... -14
	F_z	kN	0 ... 0.03	0 ... 0.06	0 ... 0.14
灵敏度	F_z	pC/N	≈ -3.1	≈ -3.4	≈ -3.7
尺寸	D	mm	11	15	23
	H	mm	25	30	45
	G		M5	M6	M10
刚度	$c_{A,z}$	kN/ μ m	≈ 0.245	≈ 0.398	≈ 0.724
固有频率	$f_n(z)$	kHz	≈ 58.5	≈ 50.6	≈ 41.2
重量		g	14	28	90
工作温度范围 ¹⁾		$^{\circ}$ C	-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120
接头			KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头
防护等级符合IEC/EN60529					
连接电缆 (如1631C)		IP65	•	•	•
连接电缆 (如1631C)		IP68	•	•	•
基本绝缘			•	•	•
已预紧			•	•	•
安装后即可测量			•	•	•

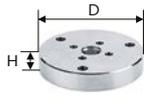
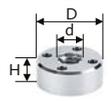
附件		型号	9500A0	9500A1	9500A2
力分布帽 尺寸		D (mm)	8.5	12.5	18
		H (mm)	4	6	9
法兰 尺寸		D (mm)	25	34	44
		H (mm)	9	11	18

¹⁾ 工作温度范围取决于使用的电缆

9331C	9341C	9351C	9361C	9371C
				
-24 ... 24	-36 ... 36	-48 ... 48	-80 ... 80	-160 ... 160
0 ... 24 0 ... -24 0 ... 0.24	0 ... 36 0 ... -36 0 ... 0.36	0 ... 48 0 ... -48 0 ... 0.48	0 ... 80 0 ... -80 0 ... 0.6	0 ... 160 0 ... -160 0 ... 1.6
≈-3.9	≈-3.9	≈-3.9	≈-4.0	≈-3.9
29 52 M12	35 62 M16	41 72 M20	53 88 M24	76 108 M30
≈0.550	≈1.51	≈1.756	≈2.597	≈4.794
≈20.7	≈29.7	≈27.9	≈23.8	≈19.9
170	330	480	1 020	2 500
-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120
KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头
• •	• •	• •	• •	• •
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•
9500A3 23 12	9500A4 31 15	9500A5 35 18	9500A6 45 22	9500A7 64 32
9501A3 56 22	9501A4 70 29	9501A5 84 37	9501A6 102 44	9501A7 136 53

单分量力传感器，压向力传感器

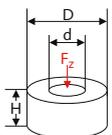
技术指标	型号	9313AA1	9313AA2	9323AA	9323A	
						
						
测量范围	F_z	kN	0 ... 5	0 ... 20	0 ... 10	0 ... 20
允许承受拉力	F_z	kN	0 ... -0.5	0 ... -2	0 ... -1	0 ... -2
校准范围	F_z	kN	0 ... 0.05	0 ... 0.2	0 ... 0.1	0 ... 0.2
	F_z	kN	0 ... 0.5	0 ... 2	0 ... 1	0 ... 2
	F_z	kN	0 ... 5	0 ... 20	0 ...	0 ... 20
灵敏度	F_z	pC/N	≈-10	≈-10	≈-9.6	≈-3.9
输出信号	V					
尺寸	D	mm	13	19	20	20
	K	mm	M2.5	M4	M5×0.5	M5×0.5
	H	mm	10	14	26	26
刚度	$c_{A,z}$	kN/μm	≈0.56	≈1.50	≈1.30	≈1.20
固有频率	$f_n(z)$	kHz	>38	>35	>74.5	>72
重量	g		10	25	50	47
工作温度范围 ¹⁾	°C		-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120
接头	KIAG 10-32母头					
防护等级符合IEC/EN 60529						
连接电缆 (如1631C)	IP65	•	•	•	•	
焊接电缆 (如1983AD)	IP68	•	•	•	•	
连接电缆 (如1787A型)	IP67	•	•	•	•	
已预紧	•					
安装后即可测量	•					

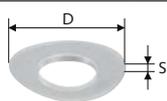
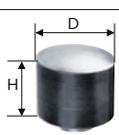
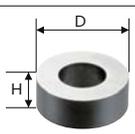
附件						
法兰 尺寸		型号	9580A7	9580A8	9580A9	9580A9
		D (mm)	27	35	40	40
		H (mm)	7	8	8	8
力分布帽 尺寸		型号	9500A00	9500A01	9582A9	9582A9
		D (mm)	6	10.5	20	20
		H (mm)	3	5	8.5	8.5
安装销 尺寸		型号	9590A7	9590A8		
		D (mm)	5	10		
		L (mm)	12.5	20.5		
法兰螺纹适配器 尺寸		型号			9584A9	9584A9
		D (mm)			20	20
		H (mm)			8	8
外螺纹适配器 尺寸		型号			9586A9	9586A9
		D (mm)			20	20
		H (mm)			8	8

¹⁾ 工作温度范围取决于使用的电缆

9333A	9343A	9363A	9383A	9393A	9337A40
					
0 ... 50	0 ... 70	0 ... 120	0 ... 300	0 ... 700	0 ... 70
0 ... -5	0 ... -10	0 ... -20	0 ... -50	0 ... -120	
0 ... 0.5 0 ... 5 0 ... 50	0 ... 0.7 0 ... 7 0 ... 70	0 ... 1,2 0 ... 12 0 ... 120	0 ... 3 0 ... 30 0 ... 300	0 ... 7 0 ... 70 0 ... 700	0 ... 5 0 ... 50
≈-3.9	≈-3.9	≈-3.8	≈-1.9	≈-1.9	
					0 ... 10
30 M9×0.5 34	36 M13×1 42	54 M20×1.5 60	100 S28×2 130	145 31 190	50 45
≈2.30	≈2.60	≈4.40	≈7.90	≈10.0	≈2.34
>55	>47	>35	>17	>11.3	>32
137	240	800	6490	18663	520
-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120	-10 ... 70
KIAG 10-32母头	M12×1 8芯, 铠装				
• •	• •	• •	• •	• •	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
9580A0 62 11	9580A1 70 13	9580A2 100 22	9580A4 180 30	9580A6 220 48	9594A1 80 13
9582A0 30 11	9582A1 36.5 13	9582A2 56 22	9582A4 100 50	9582A6 145 80	9582A1 36.5 13
9584A0 30 11	9584A1 36.5 14	9584A2 56 21	9584A4 100 30	9584A6 150 48	9584A1 36.5 14
9586A0 30 11	9586A1 36.5 14	9586A2 56 21	9586A4 100 30	9586A6 150 48	9586A1 36.5 14

单分量力传感器

技术指标	型号	9101C	9102C
  			
测量范围	$F_z^{1)}$	kN	0 ... 20
校准范围	未校准		
灵敏度	$F_z^{1)}$	pC/N	≈ -4.4
尺寸	D	mm	14.5
	d	mm	6.5
	H	mm	8
刚度	$C_{A,z}$	kN/ μ m	≈ 1.6
重量		g	7
工作温度范围 ²⁾		$^{\circ}$ C	-40 ... 120
接头			KIAG 10-32母头
防护等级符合IEC/EN 60529			
连接电缆 (如1631C)		IP65	•
焊接电缆 (如1983AD)		IP68	•

附件				
预紧螺栓 螺纹×螺距/长度 预紧力		型号 Fv (kN)	9422A11 M5×0.8/26 5	9422A21 M8×1.25/39 10
预紧元件 螺纹×螺距/长度 预紧力		型号 Fv (kN)	9420A11 M5×0.5/28 7	9420A21 M8×1/40 18
绝缘垫圈 尺寸		型号 D (mm) S (mm)	9517 14 0.125	9527 22 0.125
力分布帽 尺寸		型号 D (mm) H (mm)	9519 14 15	9529 22 20
力分布环 尺寸		型号 D (mm) H (mm)	9515 14 8	9525 22 10
球面垫圈 尺寸		型号 D (mm) H (mm) (total)	9513 12 4	9523 21 6

¹⁾ 无预紧

²⁾ 工作温度取决于使用的电缆

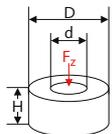
9103C	9104C	9105C	9106C	9107C
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

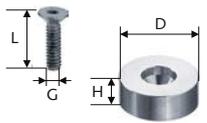


0 ... 100	0 ... 140	0 ... 190	0 ... 330	0 ... 700
≈-4.4	≈-4.4	≈-4.4	≈-4.4	≈-4.4
28.5 13 11	34.5 17 12	40.5 21 13	52.5 26.5 15	77.5 40.5 17
≈5.2	≈7.5	≈9.8	≈15.4	≈27.7
36	70	80	157	370
-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120
KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头
• •	• •	• •	• •	• •

9422A31 M10×1.5/46 20	9422A41 M12×1.75/53 30	9422A51 M14×2/60 40		
9420A31 M10×1/46 30	9420A41 M12×1/60 45	9420A51 M14×1.5/62 60	9420A61 M20×1.5/80 100	9420A71 M27×2/102 200
9537 28 0.125	9547 34 0.125	9557 40 0.125	9567 52 0.125	9577 75 0.125
9539 28 25	9549 34 30	9559 40 40	9569 52 50	9579 75 60
9535 28 11	9545 34 12	9555 40 13	9565 52 15	9575 75 17
9533 24 7	9543 30 8	9553 36 10	9563 52 14	9573 75 20

SlimLine单分量力传感器

技术指标	型号	9130C...	9132C...	9133C...
		   		
测量范围	$F_z^{1)}$	kN	0 ... 3	0 ... 7
校准范围	未校准			
灵敏度	$F_z^{1)}$	pC/N	≈ -3.7	≈ -3.8
尺寸	D	mm	8	12
	d	mm	2.7	4.1
	H	mm	3	3
刚度	$c_{A,z}$	kN/ μ m	≈ 1	≈ 2.3
重量 (不带电缆)		g	1	2
工作温度范围		$^{\circ}$ C	-40 ... 120	-40 ... 120
接头 (带固装电缆)			KIAG 10-32公头一体式	KIAG 10-32公头一体式
防护等级符合IEC/EN 60529		IP65	•	•

附件		型号	9410A0	9410A2	9410A3
预紧盘		G	M2	M2.5	M3
尺寸		L (mm)	8	8	10
		D (mm)	8	12	16
		H (mm)	3.5	3.5	4.25

¹⁾ 无预紧

包含2, 3或4个单分量传感器的套件

技术指标	型号	9130CA...	9132CA...	9133CA...
				
套件组成	型号	9130C	9132C	9133C
接头 (传感器与法兰套管固定连接)		Fischer法兰 7芯, 母头	Fischer法兰 7芯, 母头	Fischer法兰 7芯, 母头
防护等级符合IEC/EN 60529 带连接电缆 (如1971A)	IP65	•	•	•

9134C...	9135C...	9136C...	9137C...
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------



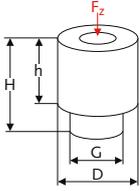
0 ... 26	0 ... 36	0 ... 62	0 ... 80
≈-3.8	≈-3.8	≈-3.8	≈-3.8
20 8.1 3.5	24 10.1 3.5	30 12.1 4	36 14.1 5
≈5.9	≈8.2	≈13.2	≈19
5	7	14	27
-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120	-20 ... 120
KIAG 10-32公头一体式	KIAG 10-32公头一体式	KIAG 10-32公头一体式	KIAG 10-32公头一体式
•	•	•	•

9410A4 M4 10 20 4.25	9410A5 M5 10 24 4.25	9410A6 M6 14 30 5.5	9410A7 M8 16 36 7
---	---	--	--------------------------------------

9134CA...	9135CA...	9136CA...	9137CA...
------------------	------------------	------------------	------------------

9134C Fischer法兰 7芯, 母头	9135C Fischer法兰 7芯, 母头	9136C Fischer法兰 7芯, 母头	9137C Fischer法兰 7芯, 母头
•	•	•	•

单分量力传感器, Slimline薄型力传感器

技术指标	型号	9173C...	9174C	
  				
测量范围	F_z	kN	-3 ... 12	-5 ... 20
校准范围	F_z	kN	0 ... 12	0 ... 20
灵敏度	F_z	pC/N	≈-3.5	≈-3.5
尺寸	D	mm	18	22
	H	mm	22	24
	h	mm	14	16
	G		M12×1.25	M16×1.5
刚度	$c_{A,z}$	kN/μm	≈0.7	≈1,2
固有频率	$f_n(z)$	kHz	≈74	≈66
重量 (不带电缆)		g	28	40
工作温度范围		°C	-20 ... 80	-20 ... 80
接头 ¹⁾ (带固装电缆)			KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头
防护等级符合IEC/EN 60529	IP65		•	•
基本绝缘			•	•
已预紧			•	•
安装后即可测量			•	•
包括1729A2型转接头 (KIAG 10-32公头--KIAG 10-32公头)			•	•

附件			
力分布帽	型号	9416A3	9416A4
尺寸	D (mm)	14	18
	H (mm)	6	8

¹⁾ 1729A2型转接插头 (标配附件) 适用

9175C



-8 ... 30

0 ... 30

≈-3.5

26

28

19

M20×1,5

≈ 1.6

≈57

81

-20 ... 80

KIAG 10-32母头

•

•

•

•

•

9176C



-16 ... 60

0 ... 60

≈-3.5

32

34

23

M24×2

≈ 2.4

≈47

147

-20 ... 80

KIAG 10-32母头

•

•

•

•

•

9177C



-20 ... 75

0 ... 75

≈-3.5

38

38

28

M30×2

≈ 3.4

≈40

227

-20 ... 80

KIAG 10-32母头

•

•

•

•

•

9416A5

22

9

9416A6

28

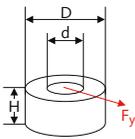
9

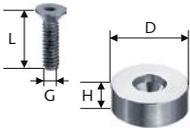
9416A7

34

9.8

单分量SlimLine剪切力传感器

技术指标	型号	9143B...	9144B...
			
测量范围	F_y	kN	-0.9 ... 0.9
校准范围	未校准		-1.7 ... 1.7
灵敏度	F_y	pC/N	≈ -6.5
尺寸	D	mm	16
	d	mm	6.1
	H	mm	3.5
刚度 (Z轴)	$c_{A,z}$	kN/ μ m	≈ 3
刚度 (Y轴)	$c_{S,y}$	kN/ μ m	≈ 2.4
重量 (不带电缆)	g		3
工作温度范围	°C		-20 ... 120
接头 (带固装电缆)			KIAG 10-32公头一体式
防护等级符合IEC/EN 60529	IP65		

附件			
预紧盘		型号	9410A3
尺寸		G	M3
紧固扭矩		L (mm)	10
		D (mm)	16
		H (mm)	4,25
		M (N·m)	10
		型号	9410A4
		G	M4
		L (mm)	10
		D (mm)	20
		H (mm)	4.25
		M (N·m)	23

包含2, 3或4个单分量剪切力传感器套件

技术指标	型号	9143BA...	9144BA...
			
套件组成	型号	9143B	9144B
接头 (传感器与法兰套管固定连接)		Fischer法兰 7芯, 母头	Fischer法兰 7芯, 母头
防护等级符合IEC/EN 60529 带连接电缆 (如1971A)	IP65		

9145B...	9146B...	9147B...
-----------------	-----------------	-----------------



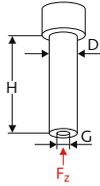
-2.7 ... 2.7	-4 ... 4	-8 ... 8
≈-7.5	≈-7.5	≈-8.1
24 10.1 3.5	30 12.1 4	36 14.1 5
≈7.8	≈12.8	≈18.8
≈3.1	≈5.1	≈7.1
7	14	27
-20 ... 120	-20 ... 120	-20 ... 120
KIAG 10-32公头一体式	KIAG 10-32公头一体式	KIAG 10-32公头一体式
•	•	•

9410A5 M5 10 24 4,25 46	9410A6 M6 14 30 5.5 79	9410A7 M8 16 36 7 135
---	--	---

9145BA...	9146BA...	9147BA...
------------------	------------------	------------------

9145B Fischer法兰 7芯, 母头	9146B Fischer法兰 7芯, 母头	9147B Fischer法兰 7芯, 母头
•	•	•

单分量力传感器, 微小测力

技术指标	型号 9205			9207	
					
测量范围	F_z	N	-50... 50	-50... 50	
校准范围	F_z	N	0 ... -0.5 / 0 ... 0.5	0 ... -0.5 / 0 ... 0.5	
	F_z	N	0 ... -5 0 ... 5	0 ... -5 0 ... 5	
	F_z	N	0 ... -50 0 ... 50	0 ... -50 0 ... 50	
灵敏度	F_z	pC/N	≈-115	≈-115	
尺寸	D		M10×1	M10×1	
	H	mm	28.5	28.5	
	G		M3 (内螺纹)	M3 (内螺纹)	
刚度	$c_{A,z}$	N/μm	≈4	≈4	
固有频率	$f_n(z)$	kHz	>10	>10	
重量		g	19	19	
工作温度范围 ¹⁾		°C	-50... 150	-50... 150	
接头			KIAG 10-32母头, 径向	KIAG 10-32母头, 径向	
防护等级符合IEC/EN 60529					
连接电缆 (如1631C)		IP65	•	•	
焊接电缆 (如1983AD)		IP68	•	•	
已预紧			•	•	
安装后即可测量			•	•	

附件				
转接插头	型号	9405	9405	
	尺寸	D (mm)	6.3	6.3
		H (mm)	18	18
力引入帽	型号	3.220.139 ²⁾	3.220.139 ²⁾	
	尺寸	D (mm)	6.3	6.3
		H (mm)	7	7

¹⁾ 工作温度取决于使用的电缆

²⁾ 标配附件

9215A**9217A**

-20... 200

0 ... 2
0 ... 20
0 ... 200

≈ -95

M5×0.5
12.5
M2 (内螺纹)

≈ 100

>50

2,5

-50... 180

M4×0.35母头

-
-
-
-

-500... 500

0 ... 5
0 ... -50 0 ... 50
0 ... -500 0 ... 500

≈ -105

M10×1
28.5
M3 (内螺纹)

≈ 15

>20

16

-50... 150

KIAG 10-32母头

-
-
-
-

3.220.217²⁾4
3.8**9405**6.3
18**3.220.139**6.3
7

单分量力传感器, 迷你型

技术指标	型号	9211	9213sp	9212	
测量范围	F_z	kN	0 ... 2.5	0 ... 2.5	-2.2 ... 22.2
校准范围	F_z	kN	0 ... 0.25	0 ... 0.25	0 ... 2.2
	F_z	kN	0 ... 2.5	0 ... 2.5	0 ... 22.2
刚度	$c_{A,z}$	kN/ μm	0.4	0.26	0.87
固有频率	$f_n(z)$	kHz	≈ 200	≈ 200	≈ 70
灵敏度	F_z	pC/N	≈ -4.4	≈ -4.4	≈ -1
尺寸	D	mm	6	6	17.8
	H	mm	6	8.5	12.7
	G			M2.5 (内螺纹)	10-32 UNF
重量		g	1.5	2	19
工作温度范围 ¹⁾		$^{\circ}\text{C}$	-40... 200	-40... 200	-196... 150
接头			KIAG 10-32	KIAG 10-32 BNC公头	KIAG 10-32
电缆技术					
单线有/无插头			•	•	•
同轴			•	•	•
可替换电缆			•	•	•
防护等级符合IEC/EN 60529	IP65		•	•	•
已预紧					•
安装后即可测量			•	•	•

附件				
止推垫圈²⁾	型号	9411	9413	
尺寸	D (mm)	5.5	5.5/2.8	
	H (mm)	2	2	

¹⁾ 工作温度取决于使用的电缆

²⁾ 标配附件



奇石乐，您的研发伙伴

我们认为每一个应用都是一个令人兴奋的挑战——拉削、锯切、螺纹攻丝、抛光和珩磨，以及经典的应用，如铣削、钻孔、车削和磨削。我们很乐意成为您的研发伙伴，与您一起为您的测量任务制定个性化的解决方案。作为测量各种参数（包括力、加速度和声发射）的专家，我们在测量过程中可以借鉴我们长期的经验。我们的服务范围从咨询支持到准备安装解决方案的工程设计。

在切削过程中捕捉高动态力

奇石乐的压电传感器能够记录在高动态过程中的最佳信号质量。它们能够对实际加工过程提供非常有价值的信息，为可靠、高效的以及一致性的制造工艺提供基础。

外圆磨削加工试验

柏林技术大学（TU Berlin）机床与工厂管理研究所使用了一种特殊的测力计来分析磨削过程。这使得确定和改进零件质量、磨损机理和临界材料去除率极限成为可能。





多分量力传感器

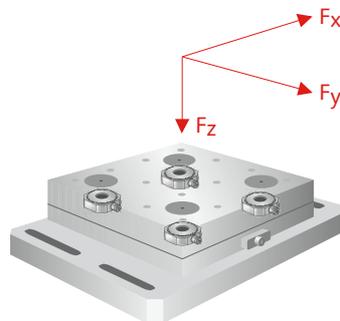
具有多个测量方向的奇石乐压电式传感器是高端的压电式测力仪器。多个高灵敏测量元件紧凑地组装在高等级钢制壳体中。

多分量垫圈式传感器是测量技术的基本元件。传感器元件本身轻微预载；内置于客户的结构中并按照规定要求预载安装。该预载对应载荷偏置。我们的力传感器可直接用于测量。这些预载石英力传感器在厂内校准。可用于所有测量轴的两个方向。

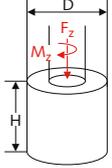
多分量力传感器通常4个一组安装成为测力计或测力台。压电式传感器的单个信号可通过将独立的接头连接在一起合并。测力计分3分量测力和6分量力/力矩测量两种。为此，奇石乐提供匹配好的传感器套件和组装好的测力计。

优点

- 多分量测量
- 极高的刚度，因而可获得高固有频率
- 坚固耐用
- 高承载能力
- 设计紧凑



两分量微型力传感器

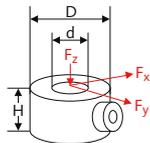
技术指标	型号		9345B	9365B
				
测量范围	F_z	kN	-10 ... 10	-20 ... 20
	M_z	N·m	-25 ... 25	-200 ... 200
校准范围	F_z	kN	0 ... 1	0 ... 2
			0 ... 10	0 ... 20
	M_z	N·m	0 ... -2.5 / 0 ... 2.5 0 ... -25 / 0 ... 25	0 ... -20 / 0 ... 20 0 ... -200 / 0 ... 200
刚度 (计算)	$c_{A,z}$	kN/ μ m	\approx 1.7	\approx 2.8
	$c_{T,z}$	N·m/ μ m	\approx 0.19	\approx 0.92
固有频率	$f_n(z)$	kHz	>41	>33
	$f_n(M_z)$	kHz	>32	>25
灵敏度	F_z	pC/N	\approx -3.7	\approx -3.6
	M_z	pC/N·m	\approx -190	\approx -140
尺寸	D	mm	39	56.5
	H	mm	42	60
重量		g	267	834
工作温度范围		$^{\circ}$ C	-40 ... 120	-40 ... 120
接头			V3母头	V3母头
防护等级符合IEC/EN 60529				
连接电缆 (如1698AD)		IP68	•	•
已预紧			•	•
安装后即可测量			•	•



多分量力校准：测量气缸的位置

三分力传感器 (力环)

技术指标	型号	9017C/9018C	9027C/9028C
------	----	-------------	-------------



测量范围	F_x, F_y F_z	kN kN	-1.5 ... 1.5 -3 ... 3 标准安装预紧力: 9.5 kN	-4 ... 4 -8 ... 8 标准安装预紧力: 20 kN
校准范围	F_x, F_y F_z F_z (无需预紧)	kN kN kN	0 ... 1.5 0 ... 3 0 ... 12.5	0 ... 4 0 ... 8 0 ... 28
灵敏度	F_x, F_y F_z	pC/N pC/N	≈ -25 ≈ -11	≈ -7.8 ≈ -3.8
尺寸	D d H	mm mm mm	19 6.5 10	28 8.1 12
刚度	$c_{S,xy}$ $c_{A,z}$	kN/ μ m kN/ μ m	0.3 1.4	0.6 2.2
重量		g	14	30
工作温度范围		$^{\circ}$ C	-40 ... 120	-40 ... 120
接头			V3母头	V3母头
防护等级符合IEC/EN 60529				
连接电缆 (如1698AA/AB)		IP65	•	•
焊接电缆 (如1698ACsp)		IP68	•	•

附件				
预紧元件 螺纹x螺距/长度 预紧力		型号 Fv (kN)	9460 M6x0.75/29 9.5	9461 M8x1/40 20
扳手适配器		型号	9479	9475
预紧元件 螺纹x螺距/长度 预紧力		型号 Fv (kN)		
扳手适配器		型号		
预紧元件 螺纹x螺距/长度 预紧力		型号 Fv (kN)		
扳手适配器		型号		

9047C/9048C	9067C/9068C	9077C/9078C
--------------------	--------------------	--------------------

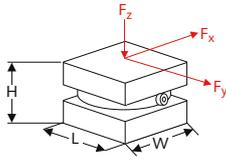


-15 ... 15 -30 ... 30 标准安装预紧力: 70 kN	-30 ... 30 -60 ... 60 标准安装预紧力: 140 kN	-75 ... 75 -150 ... 150 标准安装预紧力: 350 kN
0 ... 15 0 ... 30 0 ... 100	0 ... 30 0 ... 60 0 ... 200	0 ... 75 0 ... 150 0 ... 500
≈ -8.1 ≈ -3.7	≈ -8.1 ≈ -3.9	≈ -4.2 ≈ -2
45 14.1 14	65 26.5 21	105 40.5 26
1.9 6.1	2.4 8	8.4 26
91	285	1 040
-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120
V3母头	V3母头	V3母头
• •	• •	• •

9465 M14 × 1.5 / 57 70	9451A M20 × 1.5 / 78 140	
9472	9471	
		9455 M40 × 2 / 105 350
		9473
	9459 M26 × 0.75 / 76 140	
	9477	

三分力传感器 (力链)

技术指标	型号	9317C	9327C
------	----	-------	-------



测量范围	F_x, F_y F_z	kN kN	-0.5 ... 0.5 -3 ... 3	-1 ... 1 -8 ... 8
校准范围	F_x, F_y F_z	kN kN	0 ... 0.05 / 0 ... 0.5 0 ... 0.3 / 0 ... 3	0 ... 0.1 / 0 ... 1 0 ... 0.8 / 0 ... 8
灵敏度	F_x, F_y F_z	pC/N pC/N	≈ -25 ≈ -11	≈ -7.8 ≈ -3.8
尺寸	L×W×H	mm	25×25×30	42×42×42
刚度	$c_{S,xy}^{1)}$ $c_{A,z}$	kN/μm kN/μm	0.19 0.9	0.39 1.4
固有频率	$f_n(x), f_n(y)$ $f_n(z)$	kHz kHz	≈ 5.6 ≈ 20	≈ 3.2 ≈ 12
重量		g	85	380
工作温度范围		°C	-40 ... 120	-40 ... 120
接头			V3母头	V3母头
防护等级符合IEC/EN 60529				
连接电缆 (如1698AA)	IP65		•	•
连接电缆 (如1698AB)	IP68		•	•
基本绝缘			•	•
已预紧			•	•
安装后即可测量			•	•

¹⁾ 忽略弯曲

9347C	9367C	9377C	9397C
			
-5 ... 5 -30 ... 30	-10 ... 10 -60 ... 60	-30 ... 30 -150 ... 150	-60 ... 60 -200 ... 450
0 ... 0.5 / 0 ... 5 0 ... 3 / 0 ... 30	0 ... 1 / 0 ... 10 0 ... 6 / 0 ... 60	0 ... 3 / 0 ... 30 0 ... 15 / 0 ... 150	0 ... 4.5 / 0 ... 45 0 ... 30 / 0 ... 300
≈-7.8 ≈-3.7	≈-7.6 ≈-3.9	≈-3.9 ≈-1.95	≈-3.7 ≈-1.95
55×55×60	80×80×90	120×120×125	
0.89 2.7	1.2 3.8	3.2 8.2	2.37 11.58
≈3.6 ≈10	≈2.4 ≈6	≈2 ≈6	≈10.3 ≈12.7
1 000	3 000	10 500	13 840
-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 120	-40 ... 80
V3母头	V3母头	V3母头	V3母头
•	•	•	•
•	•	•	•
•	•	•	•
•	•	•	•
•	•	•	•

新型压电六分量力/力矩传感器

奇石乐自豪地成为全球第一个在其产品组合中配备压电六分量力/扭矩传感器的传感器设计厂家，该传感器专为大量程及高动态测力而优化。它能精确、直接、无需额外计算的测量三个力和三个力矩。也可以独立设置测力范围和扭矩范围。由于压电测量的原理，此类传感器可以准确的测量在高静载下的微小力和微小力矩。基于我们研发团队的技术创新，我们开发了这种真正独特的测量装置和六分量力/力矩传感器。

此外，此传感器只需连接两个插头就可以正常测量。与压电测力台相比，六分量力/力矩传感器更加紧凑。9306A型六分量力/扭矩传感器非常适合与5167A型电荷放大器LabAmp一起使用。

9306A型可用于如下应用，例如：

- 零部件测试如弹簧阻尼
- 汽车研发中用于传递路径分析
- 关节机器人
- 航空航天中的风洞应用
- 微振动测量
- 反作用轮测量
- 颤振测试



			9306A	9306A31
测量范围	F_x, F_y	kN	-5 ... 5	-1 ... 1
	F_z	kN	-5 ... 10	-2 ... 2
	M_x, M_y, M_z	Nm	± 200	± 100
校准范围	F_x, F_y	kN	-5 ... 5	-1 ... 1
	F_z	kN	-5 ... 10	-2 ... 2
	M_x, M_y, M_z	Nm	± 200	± 100
固有频率	$fn(F_x, F_y, F_z)$	kHz	>18	>13
	$fn(M_x, M_y, M_z)$	kHz	>11	>11
灵敏度	F_x, F_y	pC/N	≈ -7.3	≈ -6.9
	F_z	pC/N	≈ -3.6	≈ -3.7
	M_x, M_y	pC/Nm	≈ -255	≈ -265
	M_z	pC/Nm	≈ -225	≈ -205
尺寸	D	mm	62	83
	h	mm	90	45
重量	kg		1.5	0.54
工作温度范围	°C		-40 ... 80	-40 ... 80
接头 (2组)			V3母头	V3母头
防护等级符合IEC/EN 60529 (同时取决于线缆)			IP68	IP68
安装后即可测量			•	•
附件				
	型号		1698ABB	1698ABB
	型号		1698ABW	1698ABW

测力台和力链组件

除了经典的测力台，奇石乐还提供石英力链组件套件（已预紧力传感器），因此许多测试与测量的应用中都可以从中找到解决方案。

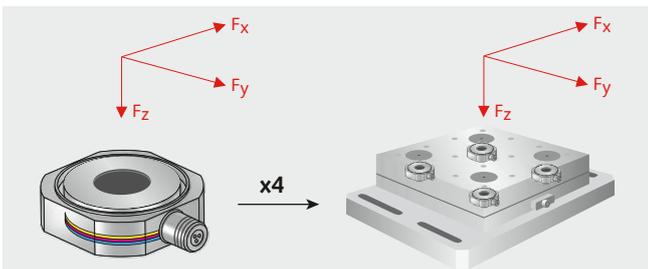
根据应用的不同，如下的两种将适用：

- 测力计
- 3分量石英力链组件（已预紧型三分量传感器）

这两种类型产品均可进行三分量测力 (F_x 、 F_y 、 F_z) 和六分量测力/扭矩 (F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_x 、 M_y 、 M_z)；在这种情况下，扭矩根据测力台的力分量和几何尺寸计算得出。

测力台

测力台包含了4组三分量力传感器，传感器通过大预紧力安装在上下力板之间。测力台已经预紧并且进行了三分力的标定 (F_x, F_y, F_z)，因此可以非常便捷的集成至实际应用中来进行直接测力。



由4组三分量力传感器组成的测力台结构

测力台有两种不同的结构形式：根据预紧方向的不同，分为水平和垂直预紧。

垂直预紧型，此种测力台为非常经典的结构形式。这种结构中，每个三分量力传感器分别通过预紧螺栓独立的进行垂直预紧安装在上下力板之间。



垂直预紧的测力台示意图

垂直预紧测力台的优点

- 量程大
- 外形尺寸可定制设计，理论上无限制

水平预紧方式，为奇石乐专利，是一种少见的结构形式。在这种情况下，不再使用带有底板和盖板的经典结构；而是在两个侧板和盖板之间的水平方向上，借助预紧螺栓来预紧两个三分量力传感器。



水平预紧的测力台示意图

水平预紧型测力台的优点

- 最大限度降低温度对于测量的影响，温度漂移误差小；
- 结构设计紧凑；
- 高固有频率；

三分量力链组件套装 (已预紧型三分量力传感器套装)

三分量石英力链组件套件由四个已预加载的三分量石英力链组成，输出至一个加法器。套装组件非常适合设计具有特定尺寸的底板和盖板的测力台客户。为此，传感器套件已在工厂作为力台 (F_x 、 F_y 、 F_z) 进行校准。与测力台不同，三分量石英力链套件仅可在垂直预紧型测力台的版本中提供。

测力台



- + 标准的测力台-可直接测量
- + 测试标准规范（在 $F_x F_y F_z$ 方向）
- 外形尺寸为预先设计好，无法进行修改

三分量石英力链组件套装



- + 供用户自行组装力台用于实际应用中
- 可自行设计特殊尺寸力板
- + 定制化的底板和盖板设计
- + 组件套装已预标定
- 客户需遵守设计规范
- 在测力台完成并准备好测量（底板和盖板的设计和制造以及安装）之前，需要较多工作；这需要相关的专业知识

多分量测力计 / 测力台

技术指标	Type	9109	9119AA1	9119AA2	9129AA	9139AA	
测量范围	F_x, F_y	kN	-0.5 ... 0.5	-4 ... 4	-4 ... 4	-10 ... 10	-30 ... 30
	F_z	kN	-0.5 ... 0.5	-4 ... 4	-4 ... 4	-10 ... 10	-30 ... 30
	M_z	N·m	-50 ... 50				
校准范围	F_x, F_y	kN	0 ... 0.5	0 ... 0.04	0 ... 0.04	0 ... 0.1	0 ... 0.3
			0 ... 0.05	0 ... 0.4	0 ... 0.4	0 ... 1	0 ... 3
			0 ... 0.01	0 ... 4	0 ... 4	0 ... 10	0 ... 30
	F_z	kN	0 ... 0.5	0 ... 0.04	0 ... 0.04	0 ... 0.1	0 ... 0.3
			0 ... 0.05	0 ... 0.4	0 ... 0.4	0 ... 1	0 ... 3
			0 ... 0.1	0 ... 4	0 ... 4	0 ... 10	0 ... 30
		M_x	N·m				
	M_y	N·m					
	M_z	N·m					
	$-M_z$	N·m					
固有频率	$f_n(x)$	kHz	>15	≈ 6.0	≈ 4.3	≈ 3.5	≈ 2.9
	$f_n(y)$	kHz	>15	≈ 6.4	≈ 4.6	≈ 4.5	≈ 2.9
	$f_n(z)$	kHz	>15	≈ 6.3	≈ 4.4	≈ 3.5	≈ 3.0
	$f_n(M_z)$	kHz					
灵敏度	F_x	pC/N	≈ -12.5	≈ -26	≈ -26	≈ -8	≈ -8.2
	F_y	pC/N	≈ -12.5	≈ -13	≈ -13	≈ -4.1	≈ -4.2
	F_z	pC/N	≈ -20	≈ -26	≈ -26	≈ -8	≈ -8.2
	M_z	pC/Nm					
尺寸	L	mm	30	39	55	90	140
	W	mm	30	80	80	105	190
	H	mm	29	26	26	32	58
	D	mm					
重量		kg	1.04	0.93	1.35	3.2	12.9
工作温度范围		°C	-20 ... 70	-20 ... 70	-20 ... 70	-20 ... 70	-20 ... 70
接头			Fischer法兰, 9芯, 母头				
防护等级 符合IEC/EN 60529	IP67		•	•	•	•	•
连接电缆			•	•	•	•	•
安装后 即可测量			•	•	•	•	•

附件						
连接电缆	型号	1687B5 (3分量), 1677A5 (6分量)				
	型号	1689B5 (3分量), 1679A5 (6分量)				

¹⁾ 取决于顶板尺寸和材料

²⁾ 安装在钢面板上, 300 × 300 × 35 mm

9255C	9257B	9272	9236A1	9236A2	9366CC...
- 30 ... 30 - 10 ... 60	- 5 ... 5 - 5 ... 10	- 5 ... 5 - 5 ... 20 - 200 ... 200	- 5 ... 5	- 5 ... 5	- 25 ... 25 ¹⁾ - 25 ... 60 ¹⁾
0 ... 3 0 ... 30	0 ... 0.5 0 ... 5	0 ... 0.5 0 ... 5	0 ... 0.2	0 ... 0.1	0 ... 2.5 ¹⁾ 0 ... 25 ¹⁾
0 ... 6 0 ... 60	0 ... 1 0 ... 10	0 ... 2 0 ... 20 0 ... ±20 0 ... ±200	0 ... 0.2 0 ... 30 0 ... -30 0 ... 30 0 ... -30	0 ... 0.1 0 ... 19.5 0 ... -19.5 0 ... 19.5 0 ... 19.5	0 ... 6 ¹⁾ 0 ... 60 ¹⁾
≈ 2.2 ≈ 2.2 ≈ 3.3	≈ 2.3 ≈ 2.3 ≈ 3.5	≈ 3.1 ≈ 3.1 ≈ 6.3 ≈ 4.2	≈ 2.6 ≈ 2.6 ≈ 4.5	≈ 1.9 ≈ 1.9 ≈ 2.5	≈ 0.2 ... ≈ 1.6 ²⁾ ≈ 0.2 ... ≈ 1.6 ²⁾ ≈ 0.2 ... ≈ 1.6 ²⁾
≈ -7.9 ≈ -7.9 ≈ -3.9	≈ -7.5 ≈ -7.5 ≈ -3.7	≈ -7.8 ≈ -7.8 ≈ -3.5 ≈ -160	≈ -7.8 ≈ -7.8 ≈ -3.8	≈ -7.8 ≈ -7.8 ≈ -3.8	≈ -7.8 ≈ -7.8 ≈ -308
260 260 95	170 100 60	70 100	260 260 95	400 400 95	90 72
52	7.3	4.2	31.5	72	7
- 20 ... 70	0 ... 70	0 ... 70	0 ... 60	0 ... 60	- 20 ... 70
Fischer法兰, 9芯, 母头	Fischer法兰, 9芯, 母头	Fischer法兰, 9芯, 母头	Fischer法兰, 9芯, 母头	Fischer法兰, 9芯, 母头	Fischer法兰, 9芯, 母头
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
1687B5 (3分量), 1677A5 (6分量)	1687B5 (3分量), 1677A5 (6分量)	1677A5 (6分量)	1687B5 (3分量), 1677A5 (6分量)	1687B5 (3分量), 1677A5 (6分量)	1687B5 (3分量), 1677A5 (6分量)
1689B5 (3分量), 1679A5 (6分量)	1689B5 (3分量), 1679A5 (6分量)	1679A5 (6分量)	1689B5 (3分量), 1679A5 (6分量)	1689B5 (3分量), 1679A5 (6分量)	1689B5 (3分量), 1679A5 (6分量)



应变传感器

奇石乐的压电式传感器可用于高精度测量结构应变。

传感器需要安装在合适的位置。如果需要间接测力，传感器必须校准。相关因素包括结构的形状、材料弹性模量和机械应力。

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ and strain } \epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

表面应变传感器通过安装螺栓固定在结构上。结构应变通过静态摩擦传输到测量元件。

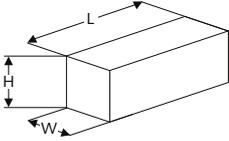
应变测量销需要圆柱形安装孔，插入后预紧。奇石乐提供相对于安装孔轴的横向和纵向应变测量传感器。

优点

- 坚固耐用、无退化现象
- 过载保护
- 性价比高
- 高过载能力
- 安装简便
- 寿命长
- 改装便利



表面应变传感器

技术指标			型号	9232A...	9237B...	9238B...
						
测量范围		$\mu\epsilon$		-600 ... 600	-800 ... 800	-20 ... 20 to -800 ... 800
校准范围*		$\mu\epsilon$		0 ... -300 0 ... 300	0 ... 500	0 ... 50 0 ... 500
灵敏度*		$\rho C/\mu\epsilon$		≈ -80	≈ -34	
输出信号		V				± 10 (可编程 $\pm 1 \dots 10$)
尺寸	L	mm		40	51.5	68.1
	W	mm		17	25.4	26.9
	H	mm		15	26.7	27.5
固有频率	f_n	kHz		≥ 12	≥ 6	
重量		g		50	165/190	190
工作温度范围		$^{\circ}\text{C}$		0 ... 70	-30 ... 120	-10 ... 70
接头				KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头	M12×1 8芯, 铠装
串行接口						RS-232C
防护等级符合IEC/EN 60529						
连接电缆 (如1631C)		IP65		•	•	
焊接电缆 (如1983C)		IP67		•		
连接电缆 (如1787A)		IP67				•
安装后即可测量				•	•	•

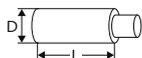
* 数据仪适用于奇石乐厂内的试验装置。
为精确测力，传感器必须在安装后再校准。



使用表面应变传感器进行间接测力

应变测量销

技术指标	型号	9240A...	9241C...
------	----	----------	----------



测量范围	$\mu\epsilon$	0 ... 500	0 ... 500
校准范围*	$\mu\epsilon$	0 ... 200	0 ... 200
灵敏度*	$\rho C/\mu\epsilon$	≈ -9.5	≈ -15
尺寸	D	mm	8
	L	mm	14.5
中空预紧螺栓			
固有频率	f_n	kHz	
重量	g	34	38
工作温度范围	$^{\circ}C$	-40 ... 200	-40 ... 200
接头		M3公头 KIAG 10-32公头	Mini-Coax母头 KIAG 10-32公头
防护等级符合IEC/EN 60529			
连接电缆	IP64	•	•
1983AB型和焊接插头	IP67		

附件			
安装工具	型号	1300A161A100	1393B
	型号	1300A163A300	1393Bsp100-300
力分布帽	型号		
与地绝缘组件	型号		
精整工具	型号		
丝攻	型号		

* 数据仅适用于奇石乐厂内的试验设置。
为精确测力，传感器必须在安装后再校准。

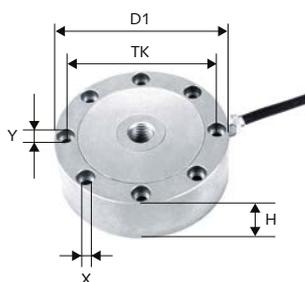
9243B...	9245B..., 9245B3	9247A...
----------	------------------	----------



-1500 ... 1500 (额定预紧力)	-1500 ... 1500 (额定预紧力)	-1400 ... 1400 (额定预紧力)
0 ... 350	0 ... 350	未校准
≈ -15	≈ 15	≈ 8.6
8 13	M10×1 29	M5×0.5 23.7
M10×1		
>110	>50	
4.8 (不带电缆和预紧螺栓)	36	2.5
-40 ... 200	-40 ... 350	-40 ... 200
M4×0.35母头	Fischer KE 102母头	M4×0.35母头
• •	•	• •

1385B200		1300A9
1385Bsp100-800 / 1387sp100-800		
9841		
9487A		
1300A21	1300A21	1300A79 / 1300A79Q01
		1357A

单分量应变式力传感器



4576A型

技术指标		型号	4576A0,5...	4576A1...	4576A2...
测量范围	F_z	kN	-0.5 ... 0.5	-1 ... 1	-2 ... 2
尺寸	H	mm	16	16	16
	D1	mm	54.5	54.5	54.5
	TK	mm	45	45	45
	X	mm	4.5	4.5	4.5
	Y	mm	8	8	8

技术指标		型号	4576A5...	4576A10...	4576A20...
测量范围	F_z	kN	-5 ... 5	-10 ... 10	-20 ... 20
尺寸	H	mm	16	16	25
	D1	mm	54.5	54.5	79
	TK	mm	45	45	68
	X	mm	4.5	4.5	4.5
	Y	mm	8	8	8

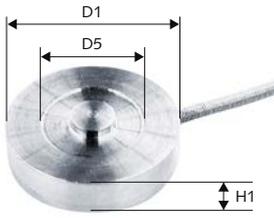
技术指标		型号	4576A50...	4576A100...	4576A200...
测量范围	F_z	kN	-50 ... 50	-100 ... 100	-200 ... 200
尺寸	H	mm	35	50	50
	D1	mm	119	155	155
	TK	mm	105	129	129
	X	mm	6.6	13.5	13.5
	Y	mm	11	20	20

一般技术指标

灵敏度	mV/V	1.5 (可选: 1.0)
重量	Kg	0.25 ... 5.0
工作温度范围	°C	15 ... 70
储存温度范围	°C	-30 ... 80
桥式阻抗	Ω	350
maXYmos系列接头		D-Sub 9-pole接头
防护等级符合IEC/EN60529		IP52 (0 ... 10 kN) IP67 (20 ... 200 kN)

附件

连接电缆, 5米, 6芯/6芯	型号	KSM071860-5
		
连接电缆, 5米, 6芯/散线	型号	KSM103820-5
		



4577A型

技术指标			型号	4577A0,1	4577A0,2	4577A0,5	4577A1
测量范围	F_z	kN		0.1	0.2	0.5	1
桥式电阻		Ω		350	350	350	350
尺寸	H1	mm		9.9	9.9	9.9	9.9
	D1	mm		31.8	31.8	31.8	31.8
	D5	mm		19	19	19	19

技术指标			型号	4577A2	4577A5	4577A10	4577A20
测量范围	F_z	kN		2	5	10	20
桥式电阻		Ω		350	700	700	700
尺寸	H1	mm		9.9	9.9	9.9	16
	D1	mm		31.8	31.2	31.2	37.6
	D5	mm		19	19.5	19.5	25.7

技术指标			型号	4577A50	4577A100	4577A200
测量范围	F_z	kN		50	100	200
桥式电阻		Ω		700	700	350
尺寸	H1	mm		16	25.4	38.1
	D1	mm		37.6	50.3	76.2
	D5	mm		25.7	34.7	45

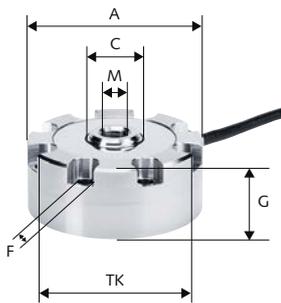
一般技术指标

灵敏度	mV/V	1
重量	Kg	0.04 ... 1.2
工作温度范围	$^{\circ}\text{C}$	15 ... 70
储存温度范围	$^{\circ}\text{C}$	-20 ... 100
maXYmos系列接头		D-Sub 9-pole接头
防护等级符合IEC/EN60529		IP64

附件

连接电缆, 5米, 6芯/6芯	型号	KSM071860-5
		
连接电缆, 5米, 6芯/散线	型号	KSM103820-5
		

单分量应变式力传感器



4579A型

技术指标		型号	4578A0,1	4578A0,2	4578A0,5
测量范围	F _Z	kN	-0.1 ... 0.1	-0.2 ... 0.2	-0.5 ... 0.5
尺寸	A	mm	70	70	70
	C	mm	20	20	20
	F	mm	6.4	6.4	6.4
	M	mm	M12	M12	M12
	G	mm	28	28	28
	TK	mm	60	60	60

技术指标		型号	4578A1	4578A2	4578A5
测量范围	F _Z	kN	-1 ... 1	-2 ... 2	-5 ... 5
尺寸	A	mm	70	70	70
	C	mm	20	20	20
	F	mm	6.4	6.4	6.4
	M	mm	M12	M12	M12
	G	mm	28	28	28
	TK	mm	60	60	60

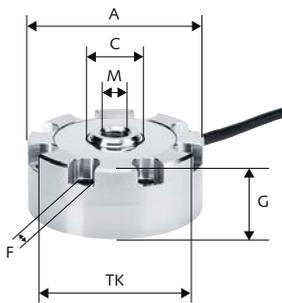
技术指标		型号	4578A10
测量范围	F _Z	kN	-10 ... 10
尺寸	A	mm	70
	C	mm	20
	F	mm	6.4
	M	mm	M12
	G	mm	28
	TK	mm	60

一般技术指标

灵敏度	mV/V	2.0±0,005
重量(不带电缆)	Kg	≤0.5
工作温度范围	°C	15 ... 50
储存温度范围	°C	-20 ... 50
桥式阻抗	Ω	350
maXYmos系列接头		D-Sub 9-pole接头
防护等级符合IEC/EN60529		IP42

附件

力分布帽		型号	4578AZ01



4579A型

技术指标	型号	4579A20	4579A50	4579A100	
测量范围	F_z	kN	-20 ... 20	-50 ... 50	-100 ... 100
尺寸	A	mm	150	150	165
	C	mm	40	40	50
	F	mm	11	11	13
	M	mm	M24×2	M24×2	M36×3
	G	mm	40	40	42
	TK	mm	130	130	145

技术指标	型号	4579A200	4579A300	4579A500	
测量范围	F_z	kN	-200 ... 200	-300 ... 300	-500 ... 500
尺寸	A	mm	165	203	203
	C	mm	50	94	94
	F	mm	13	13	13
	M	mm	M36×3	M45×3	M45×3
	G	mm	42	64	64
	TK	mm	145	165	165

一般技术指标

灵敏度	mV/V	2.0±0.005
重量(不带电缆)	Kg	3.7 ... 14.4
工作温度范围	°C	15 ... 50
储存温度范围	°C	-20 ... 50
桥式阻抗	Ω	350
maXYmos系列接头		D-Sub 9-pole接头
防护等级符合IEC/EN60529		IP67

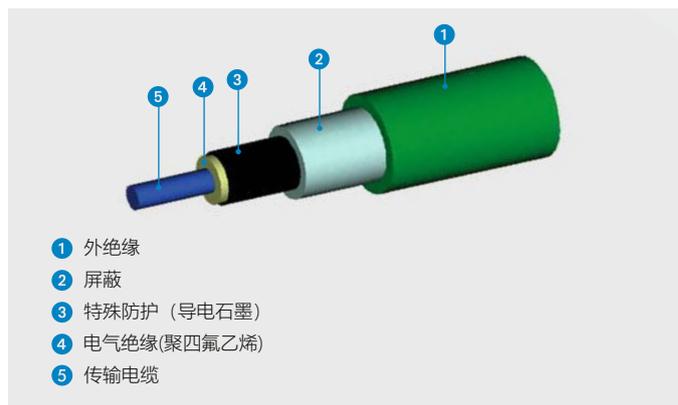
附件

力分布帽, 测量范围20/50 kN	型号	4579AZ20/50
力分布帽, 测量范围100/200 kN	型号	4579AZ100/200
力分布帽, 测量范围300/500 kN	型号	4579AZ300/500

电缆

作为必须的配置，压电式力传感器和电荷放大器必须使用高阻抗连接（阻抗 $>10^{13}\Omega$ ）。

与标准同轴电缆不同，高阻抗电缆的内芯电缆为聚四氟乙烯绝缘。这会将漂移效应降低到绝对最小值。此外，特殊的石墨护套将摩擦电效应降至最低。最外层的绝缘套管有各种型号（具有相应的特性）（请参见：电缆型号）。



奇石乐高阻抗电缆结构

电缆型号

单芯电缆

PFA电缆 (ø2 mm/ø0.08 in)

高绝缘PFA电缆的外绝缘层由一种类似PTFE的材料组成，因此具有优异的热稳定性和耐化学性。PFA电缆适用于温度高达200°C (392°F) 的应用。



PFA电缆

FKM电缆 (ø2 mm/ø0.08 in)

FKM电缆具有很高的耐热性和耐化学性，可在高达200°C (392°F) 的温度下使用。然而，与PFA电缆相比，电缆连接器是硫化处理。通过焊接电缆连接器和传感器连接器，可实现IP68的解决方案。



FKM电缆

多芯电缆

TPE电缆 (ø3.6 mm/ø0.14 in)

TPE电缆是一种高绝缘三线制电缆，护套由热塑性弹性体TPE制成。该电缆适用于温度高达120°C (248°F) 的恶劣环境（如灰尘和喷溅）。



TPE电缆

专用PI电缆

仅建议在温度高达260°C (500°F) 的应用中使用PI电缆。由于PI电缆的使用非常罕见，需要专门的技术，因此相应的产品不在本目录中。如果您有任何要求，请联系您当地的Kistler销售中心。

电缆种类

塑料编织外层

连接到多线束的单线电缆（主要是PFA）必须由塑料编织物包围，塑料编织物将其固定在一起。编织不会改变电缆的任何特性。



塑料编织的PFA电缆

不锈钢编织外层

不锈钢编织物可在较恶劣的环境（如振动引起的摩擦、锐边等）中防止机械应力。坚固的结构可承受高温，并可达IP68防护等级，具体取决于电缆和连接器。



不锈钢编织外层

不锈钢软管

柔性钢软管用于多线测力台电缆，最多包含8根电缆。由于其坚固的结构，可达IP67保护（取决于连接的设备），也可以在恶劣的环境中使用。



不锈钢软管

电缆长度

所有奇石乐的电缆都有标准和定制长度。标准长度长期具备库存，标准电缆的交货时间具备优势。

连接接头

以下是奇石乐连接器和连接器变化的说明。

连接器种类

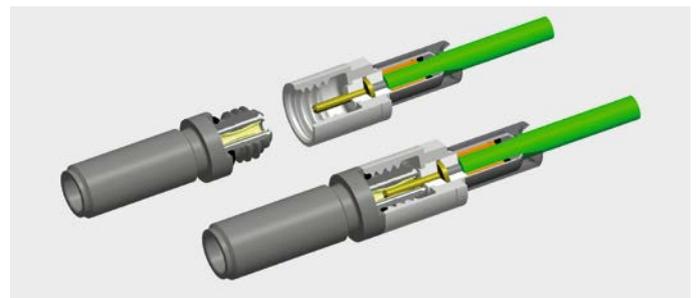
不同的连接器类型彼此不兼容。奇石乐的测量链中的主要有以下连接器类型：

- 单分量: **KIAG 10-32**
 M4x0.35
 BNC
 TNC
- 两分量/三分量: **V3 (3-pin)**
- 多分量: **Fischer (7-/9-pin)**

带有集成螺纹的单芯连接器KIAG 10-32 公头和M4x0.35 公头牢固地连接到电缆上，因此在拧松连接器的同时，电缆会旋转。这对于恶劣环境和一次性安装尤其有利。对于实验室和试验台的应用，在试验条件频繁变化的情况下，标准连接器（带旋转或六角螺母）更方便。



KIAG 10-32公头-带可旋转旋转螺母的接头



KIAG 10-32公头int-集成螺纹接头

连接头种类

BNC

BNC电连接器是电荷放大器最常用的连接器。此型号支持绝大部分电缆。但是，它们不适合某些必须高密度布线的的应用。

TNC

TNC连接器是BNC连接的一种特殊型号，对于某些特定的应用是必需的。但在压电传感器的应用中并不常见。

KIAG 10-32

KIAG 10-32是大多数单一测量传感器的标准连接。它是一种基于英制计量的纤细同轴连接器。

M4x0.35

M4x0.35是一种可替换KIAG 10-32的型号，基于公制计量。

V3

V3是一种具有保护性设计的三分量连接器，用于奇石乐的三分量传感器。它有防扭保护和防错插功能。

Fischer

Fischer连接器在同一个连接器上集成多条导线。它们主要用于测力台，可能包含一对一或多路合一的功能。Fischer连接器有不同数量的引脚。

连接器型号延伸

公头/母头

为了得到一对匹配的传感器和电缆，每个“母头”连接器都必须与一个“公头”连接器组合。先决条件需为相同连接器类型。

焊接头

int连接器有一个完整的螺纹，是唯一可以焊接到传感器上的电缆连接器。如果测量链受到强烈振动，焊接可提供更高的IP保护级别并且防止电缆脱落。焊接的可能性也取决于对应的传感器。

hex/6kt

hex/6kt是专为单芯连接器设计的，无需焊接即可达到IP68防护等级。它们是可拆卸的，可以用扳手拧紧。

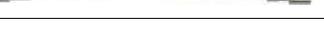
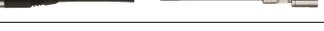
90°

90°是各接头的角度型。如果连接器类型有多个插脚（V3, Fischer），则必须考虑水平/垂直方向。

单分量传感器

电缆一览表

传感器型号	电缆	电缆属性	长度 [m]	温度范围 [°C]	
90x1C 90x1B 910xC 917xC 93x1C 9313AA... 93xA...		1631C...	PFA	0.1 ... 100	- 55 ... 200
		1641B...	PFA	0.1 ... 100	
		1633C...	PFA	0.1 ... 50	
		1635C...	PFA	0.1 ... 15	
		1945A	PFA	0.1 ... 5	
		1957A...	PFA钢编织	0.1 ... 10	
		1900A23A12..	PFA, 超柔性, 保护性拖链	0.3 ... 20	- 40 ... 200
		1900A23A11..		0.3 ... 20	
		1900A21A12x	FPM柔性钢套	0.4 ... 20	- 20 ... 200
		1900A21A11x	FPM柔性钢套	0.4 ... 20	
		1983AD...	FPM	0.1 ... 5	- 55 ... 200
		1939A...	PFA	0.1 ... 20	
		1941A...	PFA	0.1 ... 20	
		1969A...	PFA柔性钢套	0.5 ... 10	
		1967A...	PFA柔性钢套, 绝缘	0.5 ... 10	
		1979A...	FPM	0.1 ... 20	
		1983AC...	FPM	0.1 ... 5	
		1937A...	延长线缆, PFA, Ø 2 mm	0.3 ... 100	
		1637C...	延长线缆, PFA, Ø 2 mm	0.1 ... 5	
		1721	KIAG 10-32转BNC公接头		
	1729A	KIAG 10-32公头转接			

传感器型号	电缆	电缆属性	长度 [m]	温度范围 [°C]	
9215A 9243B 9247A		1651C...	PFA	0.3 ... 10	- 55 ... 200
		1655C...	PFA	0.3 ... 10	
		1645C...	PFA	0.1 ... 5	- 55 ... 200
		1926A...	PFA	0.1 ... 10	
		1923A...	PFA	0.1 ... 5	
		1983AB...	FPM	0.5 ... 5	
		1951A...	Kapton钢编织	0.1 ... 5	- 55 ... 300

				工业电荷放大器					实验室级电荷放大器							
				型号												
				通道数												
IEC/EN 60529	传感器接头端	放大器接头端	IEC/EN 60529	IP65	IP65	IP60	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	IP20	
插接螺纹	IP65	KIAG 10-32公头	BNC公头	IP40	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	
		KIAG 10-32 90°公头	BNC公头		-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	
		KIAG 10-32公头	TNC公头	IP65	-	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		KIAG 10-32公头	KIAG 10-32公头		■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-
		KIAG 10-32公头一体式	Mini-Coax母头		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		KIAG 10-32公头	KIAG 10-32公头		■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-
	IP67	KIAG 10-32公头六角	BNC公头	IP40	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	■
		KIAG 10-32公头六角	KIAG 10-32公头六角	IP67	■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-
		KIAG 10-32公头六角	BNC公头	IP40	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	■
		KIAG 10-32公头六角	KIAG 10-32公头六角	IP67	■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-
	IP68	KIAG 10-32公头一体式	BNC公头	IP40	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	■
	插焊接头 ¹⁾	IP67	KIAG 10-32公头一体式	BNC公头	IP40	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■
KIAG 10-32公头一体式			TNC公头	-		■	■	-	-	-	-	-	-	-	-	
KIAG 10-32公头一体式			KIAG 10-32公头一体式 ²⁾	IP65	■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-
KIAG 10-32公头一体式			KIAG 10-32公头一体式 ²⁾		■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	
KIAG 10-32公头一体式			Fischer 9芯母头		-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	
IP68		KIAG 10-32公头一体式	KIAG 10-32公头一体式 ²⁾	IP65	■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	
插接螺纹	IP65	Mini-Coax母头	BNC公头	IP40	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	
		KIAG 10-32母头	KIAG 10-32公头	IP65	■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	
		KIAG 10-32母头	BNC公头	IP40	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	
		KIAG 10-32母头	KIAG 10-32母头	IP65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

IEC/EN 60529	传感器接头端	放大器接头端	IEC/EN 60529	IP65	IP65	IP60	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20
螺纹接头	IP65	M4x0.35公头	BNC公头	IP40	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■
		M4x0.35公头	KIAG 10-32公头	IP65	■	-	-	■	-	-	-	-	-	-
插焊接头 ¹⁾	IP67	M4x0.35公头一体式	Fischer coax母头	IP65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		M4x0.35公头一体式	M4x0.35公头一体式		■	-	-	■	-	-	-	-	-	-
		M4x0.35公头一体式	KIAG 10-32公头一体式 ²⁾		■	-	-	■	-	-	-	-	-	-
		M4x0.35公头一体式	KIAG 10-32公头一体式 ²⁾		■	-	-	■	-	-	-	-	-	-
		M4x0.35公头一体式	KIAG 10-32公头一体式 ²⁾		■	-	-	■	-	-	-	-	-	-

¹⁾ 螺纹接头: IP65

²⁾ 焊接头: IP67

单分量传感器组件

电缆一览表

传感器型号	电缆/适配器	输出信号	电缆/适配器	电缆属性	长度 [m]	温度范围 [°C]	
913xCA... 914xBA...		sum	1	1971A1x	PFA	0.1 ... 20	-55 ... 200°C
				1971A3x			
				1971A4x			
				1971A5x			
		分量	2	1973A21x	PFA, PUR保护套管	0.1 ... 20	-55 ... 200°C
			3	1973A31x			
			4	1973A41x			
		4	1692A...	PFA钢编织	0.1 ... 5	-5 ... 70°C	
			1721	KIAG 10-32焊接公头型电缆适配器适配器		-55 ... 200°C	
			1729A	KIAG 10-32带安装法兰的转接头			

IEC/EN 60529		传感器接头端	放大器接头端	IEC/EN 60529	工业电荷放大器					实验室级电荷放大器									
					型号	通道数	5030A	5039A	5073A...	5074A...	5877B...	5015A...	5018A...	5080A...	5165A...	5167A...	KIDAQ		
螺纹连接	IP65	Fischer 7芯	BNC公头	IP40	IP65	1	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■		
			Fischer KE102A014-14	IP65	需额外电缆														
			TNC公头		-	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			KIAG 10-32公头一体式		■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IP65	Fischer 7芯	KIAG 10-32公头一体式	IP65	IP67	1-4	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			IP53		1	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			IP20		1	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IP65	KIAG 10-32母头	BNC公头	IP40	IP67	1-4	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			KIAG 10-32母头	IP65	IP53	1	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IP65				IP20	1-4	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	IP65				IP20	1-4	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	IP65				IP20	1-4	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
IP65				IP20	1-4	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
IP65				IP20	1-4	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
IP65				IP20	1-4	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

多分量力传感器

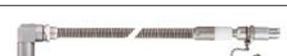
传感器型号	电缆/适配器	输出信号	电缆/适配器	电缆属性	长度 [m]	温度范围 [°C]	
93x5B		分量 2	1698AD...	PFA合成物编织	0.2 ... 20	- 40 ... 120	
			1698AP...	PFA塑料编织			
(93x5B) 90x6C 90x7C 90x8C 93x7C (9306A)		分量 3	1698AA...	PFA合成物编织	0.2 ... 20	- 40 ... 120	
			1698AH...		0.2 ... 20		
			1698AE...	PFA合成物编织	0.2 ... 20		
			1698AV...	PFA非合成物编织	0.2 ... 20		
			1698AN...	TPC黑Ø3.6 mm	0.5 ... 20		
			1698AK...				
			1698AF...				
			1698AL...				
			1698AM...	PFA,钢编织	0.3 ... 10		
			1698AB...	TPC黑Ø3.6 mm	0.5 ... 20		
			1698AI...	PFA,钢编织	0.3 ... 20		
			1698AG... ¹⁾	PFA,钢编织	2 ... 5		- 40 ... 120
			1698AC... ¹⁾				
	9306A			分量 6	1698ABW...		
		1698ABB...					

¹⁾ 不适用于9306A型 (传感器无法焊接)

IEC/EN 60529		传感器接头端	放大器接头端	IEC/EN 60529	工业电荷放大器					实验室级电荷放大器						
					通道数	型号										
					IP65	IP65	IP60	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	
螺纹连接	IP65	V3公头	2x BNC公头	IP40	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	
			2x KIAG10-32公头	IP65	■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-
	IP65	V3公头	3x BNC公头	IP40	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	■
			3x SMC母头		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			3x KIAG 10-32公头	IP65	■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-
			3x KIAG 10-32公头 (3x BNC, 附带适配器)	IP40	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		V3公头90°	3x KIAG10-32公头	IP65	■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-
			Fischer 9芯公头		-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	
	IP68	V3公头	3x Mini Coax母头	IP40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			3x KIAG 10-32公头	IP65	■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-
			Fischer 9芯公头		-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	
	焊接头	IP67	V3公头	3x mini coax母头	IP40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fischer 9芯公头	IP65			-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	-		
螺纹接头	IP65	2x V3公头90°	Fischer 9芯公头	IP65	-	-	-	-	-	-	■	-	■	-		
	IP68	2x V3公头			-	-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	

测力台及力板

电缆一览表

传感器型号	电缆/适配器	输出信号	电缆/适配器	电缆属性	长度 [m]	温度范围
9109 9119AA... 9129AA 9139AA 9255A 9257B 9272 9366C		合力 3	Z15141sp	PFA	1 ... 20	-5...70°C
			1683Asp	PFA柔性铠装外壳	2 ... 20	
			1687BQ01...	TPC黑Ø3.6 mm	1 ... 20	
			1687BQ02...	PFA, 钢编织	1 ... 5	
			1687B...	PFA柔性铠装外壳	2 ... 20	
			1689B...		1 ... 20	
		分量 8	Z16620sp	PFA	1 ... 20	-5...70°C
			1685B...	TPC黑Ø5.6 mm	1 ... 20	
			1686A...	TPC黑Ø5.6 mm	1 ... 20	
			1681B...	PFA柔性铠装外壳	1 ... 20	
			1677AQ01..	TPC黑Ø5.6 mm	1 ... 20	
			1677AQ02..	TPC, 钢编织	1 ... 20	
	1677A...		PFA柔性铠装外壳	1 ... 20		
	1679A...			2 ... 20		
	扩展 3		Z13705sp...	PFA	1 ... 20	
		1688B...	TPC黑Ø3.6 mm	1 ... 20		
		Z16634sp..	PFA	1 ... 20		
		1656Asp	PFA	1 ... 20		
		1678A...	TPC黑Ø5.6 mm	1 ... 20		

IEC/EN 60529		传感器接头端	放大器接头端	IEC/EN 60529	工业电荷放大器					实验室级电荷放大器					DAQ			
					通道数	型号	5030A	5039A	5073A...	5074A...	5877B...	5015A...	5018A...	5080A...		5165A...	5167A...	
插接	IP40	9芯公头	3x BNC公头	IP40	IP65	IP65	IP60	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	
	IP65	9芯公头90°	Fischer 9芯公头	IP65	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
螺栓连接接	IP65	Flange 9芯公头			-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	-
	IP67	Flange 9芯公头			-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	-
		Flange 9芯公头90°			-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	-
插接	IP40	9芯公头			8x BNC公头	IP40	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	■
	IP65	9芯公头	Fischer 9芯公头	IP65	-	-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	-	
		9芯公头90°			-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	-			
		9芯公头			-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	-			
螺栓连接接	IP65	Flange 9芯公头			-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	-
	IP67	Flange 9芯公头			-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	-
		Flange 9芯公头90°	-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	-	-	
插接	IP40	9芯母头	3x BNC公头	IP40	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	IP65	9芯母头	Fischer 9芯公头	IP65	-	-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	-	
	IP40	9芯母头	8x BNC公头	IP40	-	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
			8x KIAG 10-32母头	IP65	■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	IP65	9芯母头	Fischer 9芯公头	IP65	-	-	-	-	-	-	-	■	-	■	-	-	-	

配件-电缆

连接器

型号	连接器	连接器	
		左	右
1701		BNC 母头	BNC 母头
1705		BNC 公头	M4x0.35 母头
1721		BNC 公头	KIAG 10-32 母头
1729A		KIAG 10-32 母头	KIAG 10-32 母头
1733		BNC 公头	Banana jacks

型号	连接器	连接器	
		左	右
1743		BNC 公头	2 x BNC 母头
1749		KIAG 10-32 公头	2 x KIAG 10-32 母头
1700A29		KIAG 10-32 母头	KIAG 10-32 公头一体式
1703		BNC 母头	BNC 母头

接头塑料保护帽

型号	对应接头
1851	 BNC 母头
1861A	 BNC 公头
1891	 KIAG 10-32 母头

塑料保护帽可靠地保护连接器和插座免受污染。如果传感器或电荷放大器不在使用中或存储中，需始终使用保护帽保护接头。

分线盒（高阻抗）

型号	输入	输出	备注
5405A	 Fischer 9芯公头	8 x BNC 公头	8通道信号
5407A	 Fischer 9芯公头	3 x BNC 公头	3通道合力 F_x, F_y, F_z

分线盒可用于将带有Fischer 9芯公头电缆连接器的传感器通道分配为单个BNC通道：

- 5405A型将8个通道分离为单独BNC通道
- 5407A型将8个通道力分别求和并输出三通道BNC (F_x, F_y, F_z)

BNC电缆，高阻抗

型号	连接器		长度（标准型） [m, ft] ¹⁾	长度（可定制） [m, ft] ¹⁾		电缆 保护材料	工作温度 [°C, °F]		防护等级 根据 IEC/EN60529	
	左	右		最小	最大		最小	最大	左	右
1601B... 	BNC公头	BNC公头	0.5/1/2/5/10/20/1.6/ 3.3/6.6/16.4/32.8/65.6	0.1 0.3	50 164	PVC	-25 -13	70 158	IP40	IP40

¹⁾ 电缆订购单位为m

配件-信号调理

电荷衰减器

技术指标	单位	5361B...
------	----	----------



衰减比例	n	可选: 2:1/3:1/4:1/5:1/10:1/20:1/100:1/200:1/1000:1
绝缘阻抗	Ω	$>10^{14}$
输入端		BNC母头
输出端		BNC公头
尺寸 (WxHxD)	mm	38.1x28.7x22.4 (不包含接头)

在大量程的力传感器中，传感器产生的电荷可能超过电荷放大器输入允许的最大范围。在这种情况下，可以在传感器和电荷放大器之间连接电荷衰减器，从而等比例减小放大器上的电荷。衰减器使电荷减少。

阻抗测试仪

技术指标	单位	5493
------	----	------

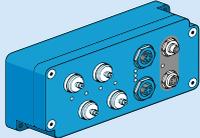
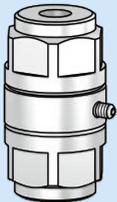
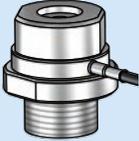
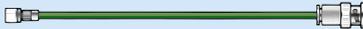


通道数		1
输入端		BNC母头
测量范围	Ω	$10^{11} \dots 4 \cdot 10^{13}$
测量电压	V	5
电容	nF	10 (对应于电缆长度 ≈ 100 m / ≈ 328 ft)
供电		9 V 电池
操作		显示器和按键
外形		手持装置
防护等级符合 IEC/EN60529		IP50
尺寸 (WxHxD)	mm in	80x150x35 (不包含接头) 3.15x5.91x1.38 (不包含接头)

阻抗测试仪检查电压测量链的绝缘情况。用于测量传感器、电荷放大器和电缆的绝缘阻抗。

单分量传感器

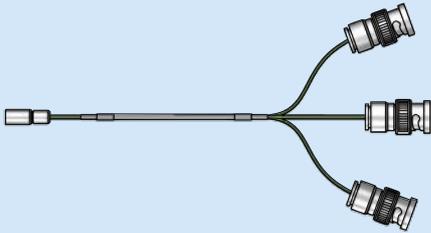
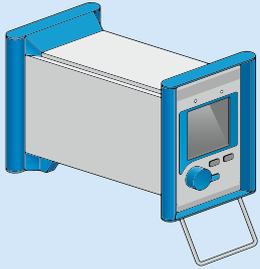
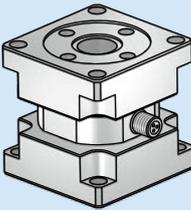
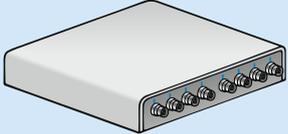
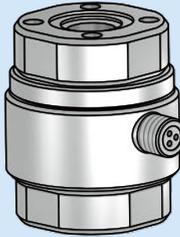
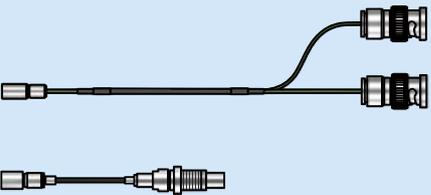
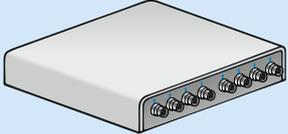
测量链

	传感器	连接	放大器
单分量力传感器 (力环)	90x1C 90x1B 910xC 	1631C... 1641B... 1939A... 1983AD... 等。 	5074型工业电荷放大器 (无数据采集功能) 
	913xC2... 914xB2... 	传感器电缆一体型 -> 使用 1721 型适配器连接电荷放大 	
	913xCA 914xBA... 	1971A1... 1973Ax1... 	
单分量力传感器 (力链)	9203 9205 9207 9217A 93x1B 9313AA... 93x3A... 	1631C... 1641B... 1939A... 1983AD... 等。 	5867型电荷放大器 (带数据采集功能) 
	917xB 	传感器电缆一体型 -> 使用如下电缆连接电荷放大器 1631C... 1641B... 等。 	

¹⁾ 9215A型传感器仅可使用1651C型电缆...

两分量和三分量传感器

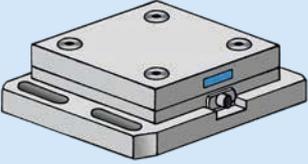
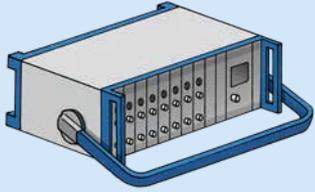
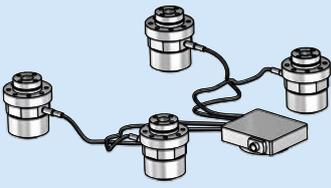
测量链

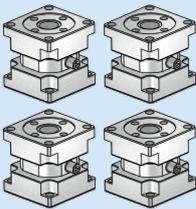
传感器	连接	放大器
<p>三分量力传感器 (力环)</p> <p>90x7C, 90x8C¹⁾</p> 	<p>1698AA... 1698AB... 1698ACsp</p> 	<p>实验室级电荷放大器 (无数据采集功能)</p> <p>5015A... 5018A...</p> 
<p>三分量石英量力传感器 (力链)</p> <p>93x7C</p> 		<p>通用型电荷放大器 (可选配数据采集功能)</p> <p>5167A... 5165A...</p> 
<p>两分量力/反作用扭矩传感器</p> <p>93x5B</p> 	<p>1698AD... 1698AB... 1698ACsp</p> 	

¹⁾ 90x8C型传感器技术原理上与90X7C相同, 区别为接头朝向水平相差180° (详见参数表)

测力台及石英力链组件套装

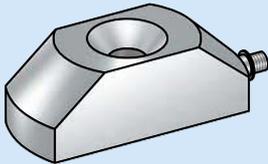
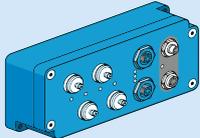
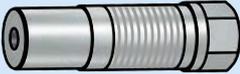
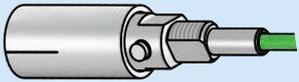
测量链

	传感器	连接	放大器
多分量测力台	9119AA2 9139AA 9255C 9257B 	3分量测量 1687B... 1689B...  6分量力/力矩测量 1677A... 1679A... 	5080A... 5167A... 
	9366CC... 	3分量测量 1687B... 1689B...  6分量力/力矩测量 1677A... 1679A... 	

	传感器	连接	放大器
三分量测力链套装组件	4x 93x7C/93x8C 	6分量力/力矩测量 4x 1698AB...  加法器 5417C  1677A... 1679A... 	

表面应变传感器

测量链

		传感器	连接	放大器
微应变测量销	表面微应变传感器	9232A... 9237B... 	1631C... 1641B... 1939A... 1983AD... etc. 	5074型电荷放大器（无数据采集）... 
	轴向测量销	9243B 9247A 	1651C... 1923A... 1983AB... 	5867型电荷放大器（集成数据采集功能）... 
	径向测量销	9240AA3 	传感器电缆一体 → 使用 1721 型适配器连接电荷放大 	

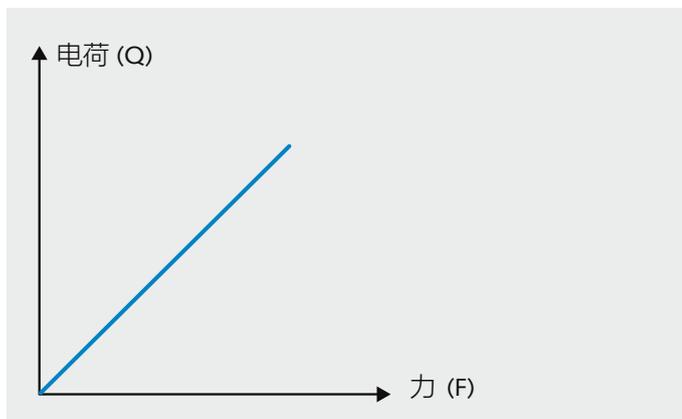


做为测量元件的PiezoStar晶体及晶片

专注于力的测量技术

力测量技术蕴含着多种测量原理，实践中大致分为两类：**压电式和应变式力传感器**。本产品目录仅涵盖测试与测量应用的压电式和应变式力传感器，并着重强调了各自的优势。

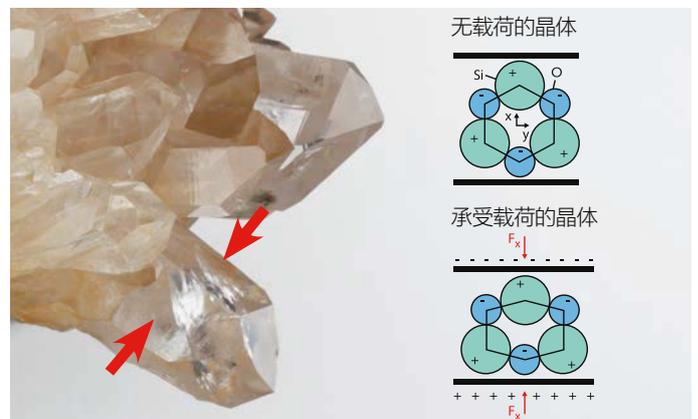
对于压电式压力传感器来说，测量元件是某种晶体，在施加一定力下产生相应的电荷。对于应变技术来说，测量原件由应变片构成，在承受一定压力下，应变片电阻相应变化输出电信号。



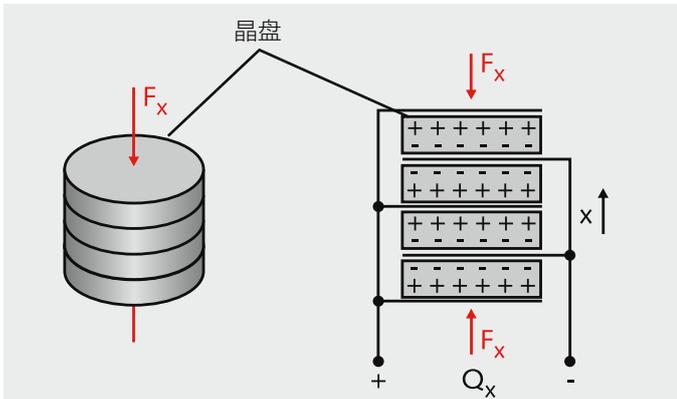
电荷与力的正比关系

压电式测量技术的原理

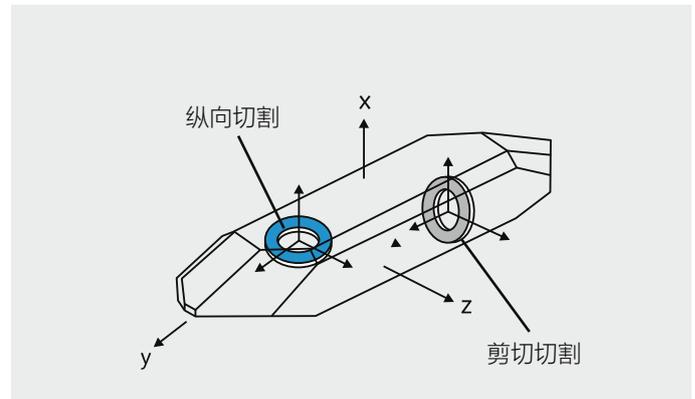
压电效应是指压电材料（例如，石英）承受机械载荷时表面产生的正电荷或负电荷现象。压电材料因正负晶格元素相对移位而产生电荷，进而形成电偶极子。此时产生的电荷量与晶体承受的压力作用成正比。



机械载荷在压电晶体上产生负电荷



电荷量增加的方式



晶体的切割角度

晶盘作为测量元件

大多数压电式力传感器的工作原理是由薄晶体盘组成的元件。取决于传感器是测量压向力还是剪切力，晶盘是由通过不同的切割角度的晶体组成。纵向切割产生的晶盘，用于传感器中测量压向力，而剪切切割元件测量剪切力。

压电测量链

压电测量链由三部分组成：传感器、高阻抗的电缆（传输电荷）以及电荷放大器（用于将电荷信号转为电压信号）。

如何选择压电或应变式力传感器

压电式和应变式传感器均用于测量力。这两种技术是相辅相成的。使用压电力传感器或应变力传感器，需要取决于相关应用。

以下各节介绍了这两种技术之间的主要区别，以便简化您的决策过程。

静态力的测量

由于工作原理不同，压电式力传感器在静载荷作用下会产生微小的漂移。相比之下，基于应变原理的传感器几乎没有漂移。

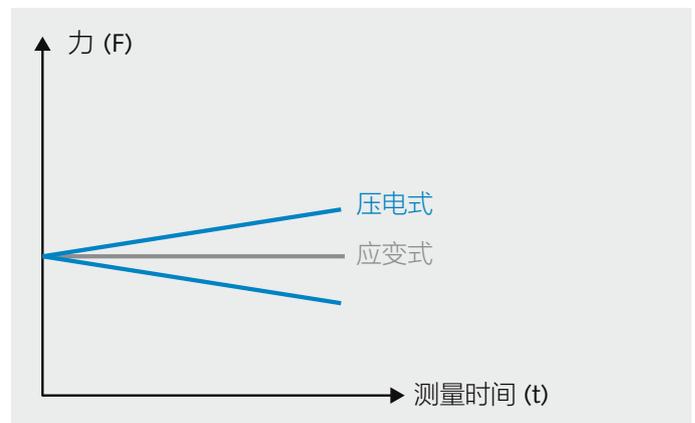
在压电式力传感器中，施加相同静荷载时漂移值始终保持不变，无论测量力大小；因此，由漂移引起的相对测量误差特别不利于长时间内测量微小力，但用压电式力传感器长时间测量较大的静态力是可行的。因此，压电力传感器用于测量静态中，主要取决于测量时间和精度。

压电晶体 – PiezoStar® 与石英的对比

单一晶片产生的电荷量仅取决于压电材料，而并不取决于晶片的几何尺寸。为生产出具有更高灵敏度的传感器，可将多个晶片相互叠加，并按照并联方式连接。或者，也可使用具有更高灵敏度的压电材料（例如，Piezostar® 晶体）

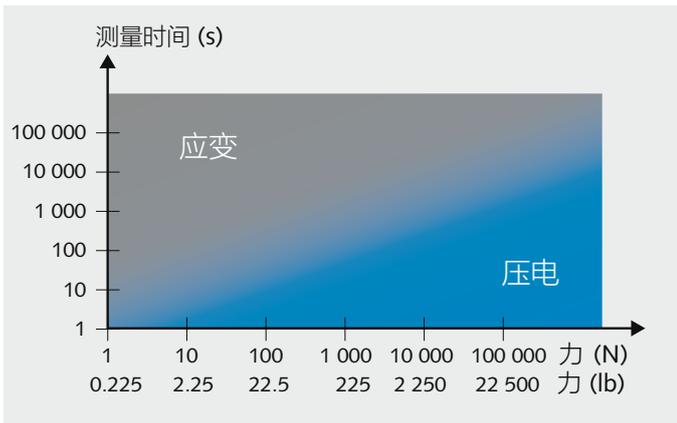
与石英相比，奇石乐的 PiezoStar® 晶体可提供更高灵敏度、更高耐受温度、并具有更高温度稳定性。安装在传感器中的 Piezostar® 晶体，通常适合极小力或更高温度条件下的测量。因此，此类传感器比常用石英晶体力传感器具有更广的应用范围。奇石乐可为您提供基于石英和 Piezostar 生产的压电式力传感器。

下一张图旨在帮助您做出决定。它表明压电式力传感器是否可以用于你的静态测量，或者它是否只适用于应变计传感器。这张图很清楚地表明测量时间对压电力没有问题，如果需要测量的力足够大。然而，应变式传感器显然更适合长期监测任务。



静态测量：电压与应变式传感器的对比

动态力测量



测量时间和测力范围：压电与应变式传感器对比（基于：压电漂移 $\pm 0.05\text{pc/s}$ ，测量误差1%）

压电式力传感器显然更适用于动态测量应用——由于它们的高刚性——在负载下表现出很小的变形。将产生一个高共振频率，这通常对动态测量非常有利。

压电和应变力传感器一览

主要的标准是要测量的力是否静态或动态力，但也要考虑其他方面。下表显示了两种测量技术的各自优势；这为作出决定提供了进一步的帮助。

评判准则	压电技术	应变技术
完全静态测量*		✓
动态测力** (高刚度)	✓	
大量程测力	✓	
大预载下的微小力测量	✓	
紧凑的外形尺寸-多分力力传感器	✓	
循环加载寿命	✓	
过载能力	✓	
高温适应性	✓	
温度变化适宜性		✓
电缆处理(清洁、低噪声)		✓
线性度误差		✓
重复性	✓	
校准时间间隔	✓	

* 见59页图表

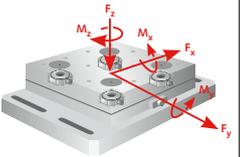
** 见60页图表

选择标准

压电式力传感器

奇石乐提供多种型号的压电力传感器用于测试与测量中的各种应用，它们的主要区别在于可以用一个传感器测量多分力和多分力矩。

以下概述描述了各种类型的力传感器。这些说明旨在帮助您为特定应用选择正确类型的力传感器。

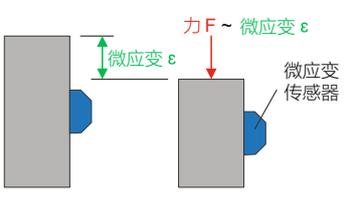
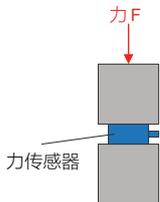
单分量力传感器	
	<p>用于测量单向力</p> <p>单分量力传感器主要有如下的分类:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 用于测量拉向和压向的力传感器($\pm F_z$) • 用于测量剪切方向的力传感器($\pm F_y$) <p>您可以在第七页查阅到关于单分量力传感器的更多信息。</p>
二分量力传感器	
	<p>测量拉向和压向力$\pm F_z$同时测量反作用的扭矩$\pm M_z$</p> <p>您可以在第27页查阅到关于二分量力传感器的更多信息。</p>
三分量力传感器	
	<p>同时测量所有三个正交力分量 (F_x, F_y 和 F_z)。传感器测量压向和拉向力 ($\pm F_z$) 以及两个剪切方向上的正剪力力和负剪力力 ($\pm F_x$和$\pm F_y$)。</p> <p>您可以在第28页查阅到关于三分量力传感器的更多信息。</p>
测力计/力台 (三向力和三向力矩)	
	<p>测力计/力台是基于安装在底板和盖板之间的四个三分量力传感器来工作。因此，力台可以同时捕获三个正交力分量 (F_x, F_y 和 F_z)。根据每个三分量力传感器测量的三个力分量和四个传感器的已知几何位置，可以计算出相应的扭矩 (M_x, M_y 和 M_z)。</p> <p>您可以在第33页查阅到关于测力计/力台的更多信息。</p>

压电式微应变传感器

Kistler的产品还包括压电应变传感器，适用于测试与测量应用中的间接测力。

任何力都会导致结构变形。压电式微应变传感器可以测量这种变形。由于变形与力成正比，所以力可以由变形确定。

下表显示了使用微应变传感器间接测力与使用力传感器直接测力相比的优缺点。

间接测力	直接测力
	
<p>✓</p> <ul style="list-style-type: none"> • 安装简易 • 容易改造进入现有的应用环境中 • 过载保护 • 由于结构吸收了绝大部分力，因此传感器可测量非常大的力。 	<p>✓</p> <ul style="list-style-type: none"> • 高灵敏度 • 测量精度高 • 重复性好 • 良好线性度和低迟滞
<p>✗</p> <ul style="list-style-type: none"> • 环境影响：由振动力和温度影响引起的应变包括在测量中结果中 • 对于绝对值的测量，要求在应用中使用力传感器进行校准 	<p>✗</p> <ul style="list-style-type: none"> • 较为复杂的安装工作 • 对于测量较大的力有限制

您可以在第36页查阅到关于微应变传感器的更多信息。

单分量力传感器

当使用压电单分量传感器测量力时，在结构中安装的方法至关重要。奇石乐提供正确的传感器以满足所有要求。

根据应用的不同，这两种类型中的某一种更适合。以下几页指出了潜在的优势和局限性：

取决于传感器安装方式，奇石乐提供两种类型的传感器：

- 单分量力传感器（力环）
- 单分量石英测力链

单分量力传感器（力环）		
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高度优势 – 非常适合受限安装条件和较大的弯矩的场合 • 具有力传感器集成经验的客户的较低成本选择 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ 较复杂的安装方式且需预紧安装，使用一个预紧螺栓或预紧元件进行预紧 • 安装后需要重新校准以确保测量准确性
单分量石英测力链		
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 已经过预紧，安装简易 • 安装后无需进行重新校准，因此设备可以立即进行测量 • 适用于对集成力传感器经验非常有限的客户 • 高灵敏度的产品可以测量微小力 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ 安装高度受限

单分量力传感器（力环）

单分力传感器由两个晶体盘组成，两个晶体盘集成在紧密焊接的外壳中，具有较小的预紧力。

由于其紧凑的结构设计，单分力传感器非常适合安装空间受限的应用。有两种版本的传感器可供使用：一种用于测量压向力（+Fz）——取决于安装类型和预载，还可测量拉向力（-Fz）；另一种测量正剪力和负剪力（±Fy）。

预紧安装

在使用中安装单分力传感器时，必须对其进行机械预紧。有如下几个原因：

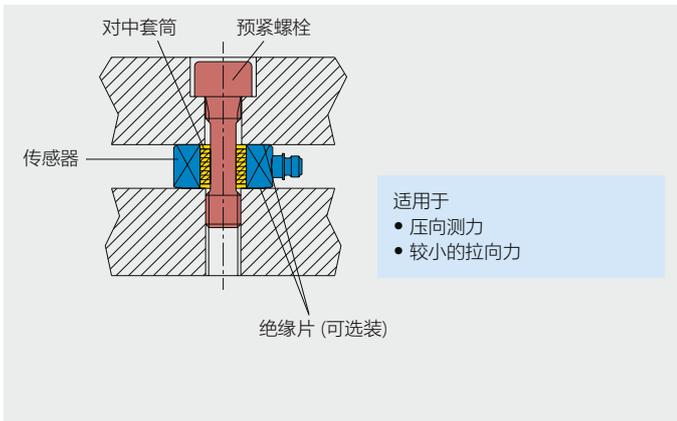
- 弯矩和横向荷载被捕获但未测量
- 晶体间盘间隙被压缩：确保高刚性，因此频率范围宽
- 足够的静摩擦力，将力从结构传递到力传感器



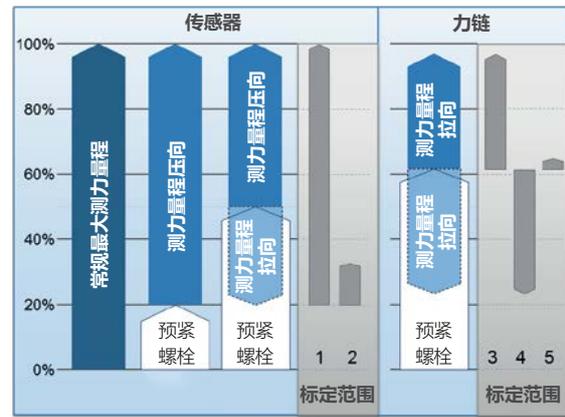
单分量力传感器的截面图

传感器通过预紧螺栓或预紧组件加载预紧力。原则上，这两种结构的工作方式相同；它们仅在机械设计方面有所不同。根据传感器类型的不同，有一种或两种预紧类型可供选择。

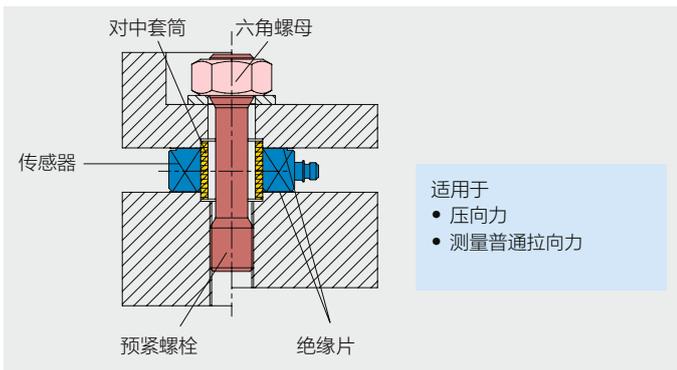
下图示例中，使用预紧螺栓或预紧组件在结构中安装单向力传感器。如两种安装选项都可用，则根据应用情况，还将显示首先的类型：



预紧螺栓的安装方式



预紧与测量范围的限制



预紧组件的安装方式

单分量石英测力链

单分量石英测力链由一个单分力传感器组成，该传感器通过两个特殊螺母预紧，具有良好的与地绝缘。

与单分量力传感器（力环）相比，这种结构大大简化了使用中的安装：因为测量元件已经预紧和校准，可以立即进行测量。单分量石英测力链可用于测量压向力（+Fz），某些型号也可用同时于测量压向力和拉向力（±Fz）。

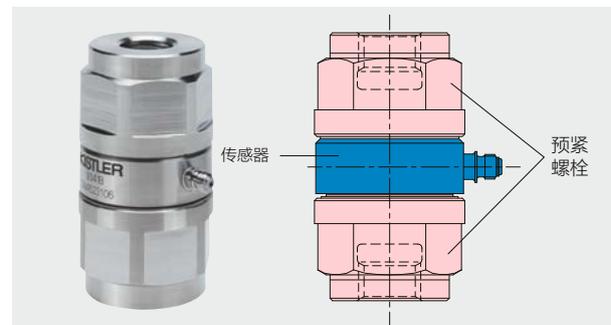
特殊的单分量石英测力链可用于测量微小力。由于其内部结构，这些微小力传感器的灵敏度大大提高，即使是微小力也能准确测量。

有效测力范围

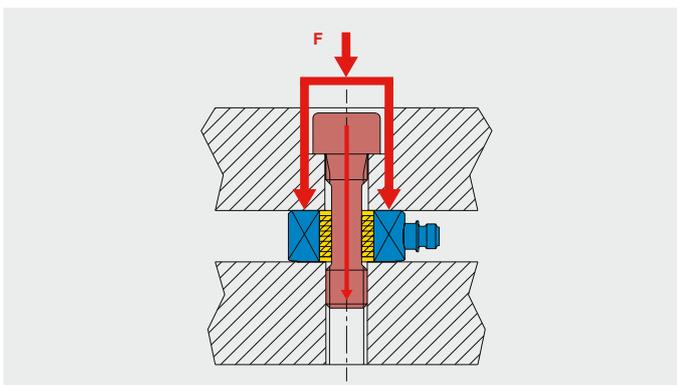
预紧限制了传感器的有效测力范围。因此实际测量范围应为数据表上显示的测量范围减去预紧力；这相当于总测量范围的20%到70%，具体取决于应用和预紧力的大小。

预紧力对于灵敏度的影响

借助预紧螺栓或预紧组件预紧的传感器会导致力分流。施加在预紧传感器上的力（通常为7%到10%，取决于预紧大小）的一部分通过预紧螺栓或预紧组件传递。这会降低传感器在安装状态下的灵敏度。为了精确测量，需在使用前标定预紧后的传感器。



单分量石英测力链，由用于预紧的两个专用螺母和一个单分力传感器组成



已预紧力传感器的分流力



用于测量极微小力的石英测力链

两分量及三分量传感器

当使用压电两分量和三分量传感器测量力和扭矩时，在结构中安装的方法至关重要。奇石乐提供正确的传感器以满足所有要求。

根据使用情况的不同，选择两种类型中更适合的传感器。下表说明了其优点和局限性：

取决于如何进行安装，主要分为两种类型传感器：

- 三分量力传感器（力环）
- 三分力石英力链和两分量力/反作用扭矩传感器

三分量力传感器（力环）		
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高度紧凑—可用于安装空间受限或需承受较大倾覆力矩时 • 具备力传感器集成经验客户的较低成本的选择 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ 需耗时使用组件进行预紧 • 为确保测量精度，需安装后重新标定
三分量石英力链 两分量力/反作用扭矩传感器		
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 已预紧，因此安装便捷 • 安装后，无需耗时进行重新标定，可直接进行精确测量 • 适合传感器集成经验较少的客户 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ 高度方向空间受限

三分量力传感器（力环）

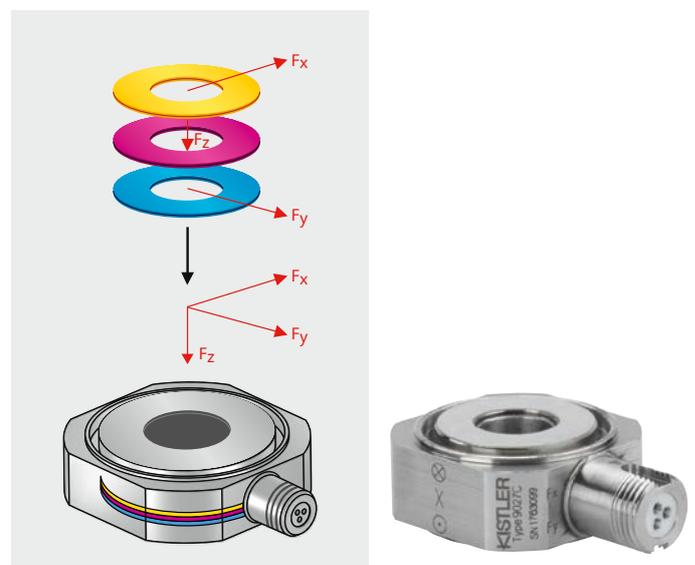
三分量力传感器基于三对晶体圆盘（每个正交力分量一对）组成，晶盘集成在紧密焊接的外壳中，具有轻微的预紧力。

由于其紧凑的结构设计，三分量力传感器非常适合安装空间受限的环境中。传感器可同时测量压向力和拉向力（ $\pm F_z$ ）以及两个剪切方向上的正剪切力和负剪切力（ $\pm F_x$ 和 $\pm F_y$ ）。

预紧安装

当三分量力传感器安装后，需进行机械预紧，主要有如下的原因：

- 抵抗弯矩及横向载荷但并不测量
- 紧密贴合安装：确保高刚度，高固有频率产生足够的静摩擦力将剪力通过结构传递到力传感器

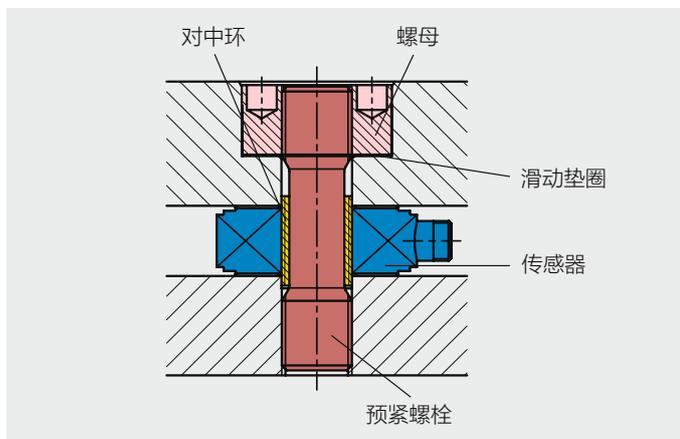


三分量力传感器结构

对于三分量力传感器，静摩擦力用于将剪切力从结构传递到传感器，因此需要在 z 方向（约占总测量范围的 70%）对传感器进行较高的预加载。

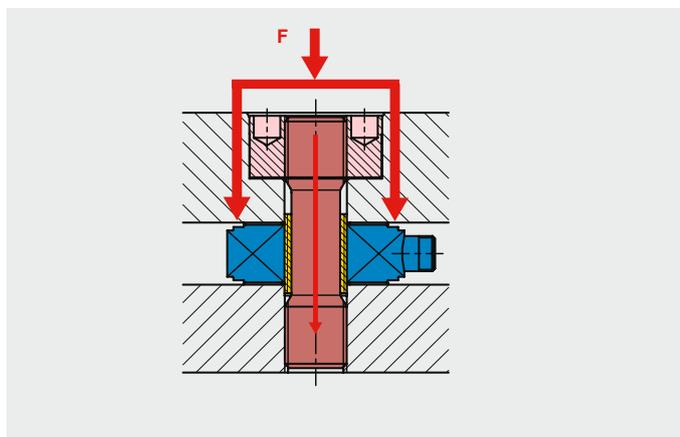
为改善剪切力从结构到传感器的传输。所有三分量力传感器的两个接触面都涂有陶瓷层：实质为增加了静摩擦力。

传感器通过预紧组件在使用中进行预紧。下图示例显示如何使用预紧组件安装三分量力传感器。



使用预紧组件安装图

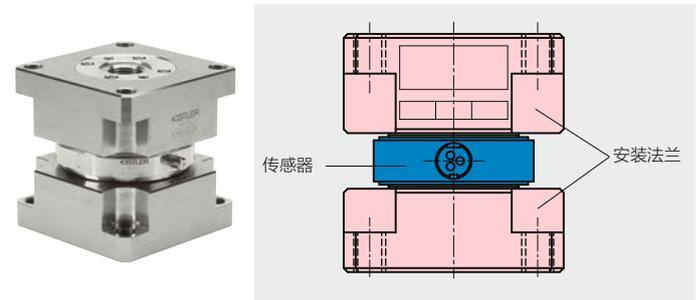
在预紧组件的帮助下预紧传感器会导致力分流。作用在预紧传感器上的 z 方向力（通常为 7% 到 10%）的一部分通过预加载螺栓传递。在安装完成后，会降低传感器的 z 向灵敏度。为了精确测量，需在使用中标定预紧后的传感器。



预紧后的三分量力传感器的分流力

三分量石英测力链

三分量石英力链由一个三分量力传感器组成，该传感器预紧在两个安装法兰之间，与地绝缘。



三分量石英测力链，由两个预紧安装法兰及一个三分量力传感器组成

与三分量力传感器相比，这种结构大大简化了使用中的安装，因为测量组件已经预紧和校准，因此可以直接进行测量。三分量测力链可以同时测量压力和拉力 ($\pm F_z$) 以及两个剪切方向上的正剪切力和负剪切力 ($\pm F_x$ 和 $\pm F_y$)。

两分量力/反作用力矩传感器

两分量力/反作用扭矩测力链由一个传感器组成，该传感器在两个专用螺母之间预紧。这种结构使得在使用中的安装非常简单，因为传感器已经预紧和校准，所以可以直接进行测量。



两分量力/反作用扭矩传感器 ($\pm F_z, \pm M_z$)

两分量力/反作用力矩传感器可测量压力和拉力 ($\pm F_z$)，同时测量相应的正负向反作用力矩 ($\pm M_z$)。

测力计/力台及石英测力链组件

电缆型号

测力台电缆一端用于连接力台或三分量力链中的加法盒组件，另一端连接电荷放大器。

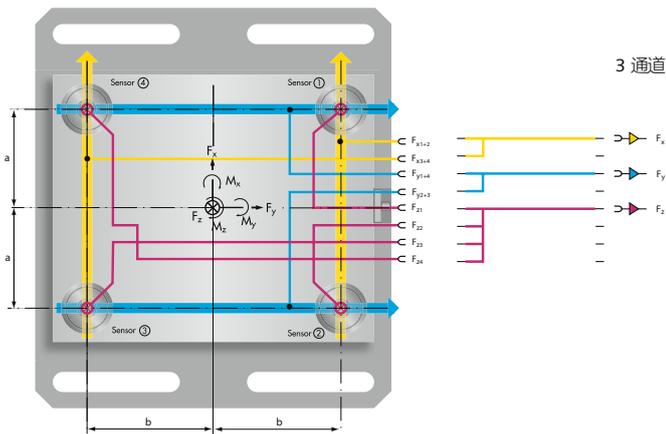
测力台电缆为高阻抗、与地绝缘的多芯电缆，柔性不锈钢软管保护。设计用于温度高达70°C (158°F) 的应用。由于其坚固的结构和力台/加法盒侧的IP67保护，也可以在恶劣环境中使用。



柔性铠装测力计电缆

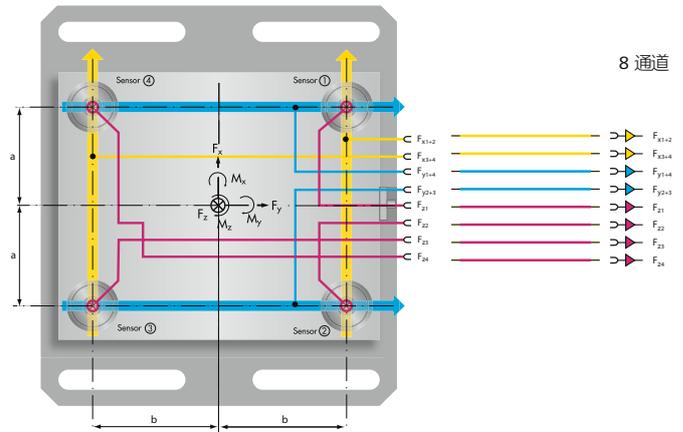
力台电缆有两种型号：3芯和8芯电缆。电缆型号根据所述应用的要求进行选择。对于三分量力 (F_x 、 F_y 、 F_z)，应使用3芯测力电缆；对于六分量力/扭矩测量 (F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_x 、 M_y 、 M_z)，应选择8芯测力电缆。

对于三分量力，力台的8个分量力输出信号在3芯测力台电缆中求和，并连接到3通道电荷放大器，如下图所示。三向力 (F_x 、 F_y 和 F_z) 可以直接测量，无需进一步计算。



三分力的测量及3芯线缆

对于六分量力/力矩测量，测力台的8个分量力通过一根8芯测力台电缆直接输入至8通道电荷放大器。由电荷放大器中的六分量/力矩加法器对力和力矩进行计算。计算扭矩时需考虑传感器之间的距离。



六分量/力矩测量及8芯线缆

电缆长度

所有Kistler电缆均有标准和定制长度。标准长度具备库存，交货时间短。

电缆连接

电缆接头：力台端

有两种接头可用于将电缆连接至力台或加法器一侧。标准版本是Fischer法兰9芯公头，直插式插头。如果在电缆与力台连接位置的空间尺寸有限，则可使用Fischer法兰带角度9芯公头，直插式插头；两种型号均使用两个M4螺钉固定在测力台上；O形密封圈提供良好的保护，防止灰尘和飞溅的液体。



连接器: Fischer法兰9芯插头, 带角度型



Fischer法兰9芯插头, 带角度型

电缆接头：电荷放大器端

测力台电缆通过Fischer9芯公头插头连接电荷放大器。这种坚固的连接器也适用于需要防尘保护的较恶劣环境中。



连接器: Fischer9芯公头

表面应变传感器

在应变传感器的测量范围内，奇石乐提供了两种不同的安装类型。因此，微应变传感器，可用于许多测试与测量的应用。

可提供如下的两种类型：

- 表面微应变传感器
- 微应变测量销

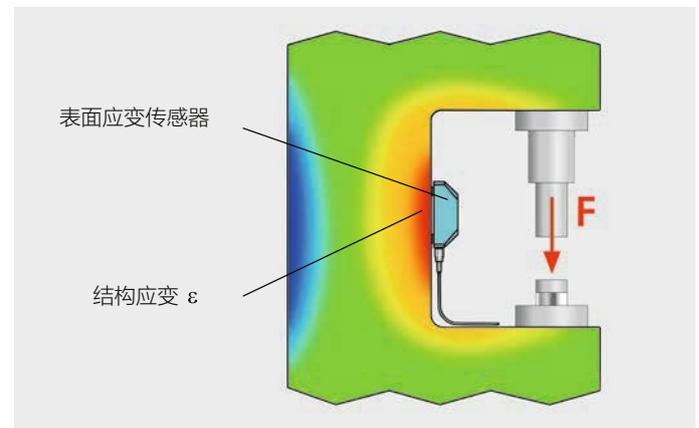
取决于何种用途，可从两种类型中选取适用型号。如下的表格说明了优缺点：

表面应变传感器		
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 适合表面结构的微应变测量 ✓ 安装方式: 传感器使用螺钉固定在表面结构之上 ✓ 可轻松的在现有结构上改造使用 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ 传感器表面安装结构，因此需要在结构外部留出空间来安装传感器
微应变测量销		
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 适合结构内部的微应变测量 ✓ 传感器安装在内部结构中，因此结构外形没有改变 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ 需准确钻一个安装盲孔 ✗ 盲孔附近产生集中应力（测量销需预紧） ->需循环加载！

表面应变传感器

表面微应变传感器测量结构外表面的应变（拉伸和偏转）。借助安装螺钉，传感器可便捷的安装在结构上。结构的应变以剪切力的形式通过静摩擦传递至测量组件。表面应变传感器适用于大多数涉及间接测力的应用场合。由于某些情况要求，不允许使用力传感器直接测量，则可使用此类型传感器进行间接测量。

C型架压力机是利用表面应变传感器间接测力的典型应用。由于采用了表面应变传感器，在这种应用中，可以以较低的成本和最低的安装费用对冲压过程进行力的监测。如果对绝对值感兴趣，则在使用中必须借助标准力传感器校准应变传感器。



利用表面应变传感器在一台C型压机上间接测力



用于测量结构外表面应变的应变传感器

应变测量销

应变测量销主要用于测量结构内部的应变，为了安装传感器，需在被测结构上钻盲孔，然后将传感器插入安装并且进行预紧。如下的两种应变测量销有不同之处：

- 纵向应变测量销沿销纵向测量应变（拉伸和偏转）

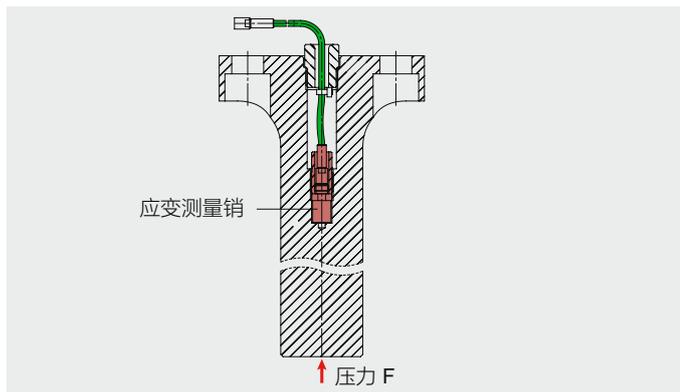


- 横向应变测量销用于测量相对于销截面向的应变（仅限挠度）



同表面应变传感器一样，应变测量销通常用于间接测力。应变测量销主要用于一些特殊的应用场合，例如当结构的表面不能良好条件进行应变检测时。

在压力螺栓的示例中，应变测量销优于表面应变传感器，因为可以安装销，使其位于压力螺栓的中心，因此，弯曲的作用力矩不会影响测量结果。此外，由于空间原因，此示例不允许对压力螺栓的外轮廓进行任何变化。



使用应变测量销间接测量压力螺栓受力

信号调理



高质量的信号调节解决方案确保传感器信号以尽可能高的质量提供，是高精度测量结果的关键。

Kistler为每种传感器提供匹配的信号调节解决方案。压电传感器（PE）需使用电荷放大器，而集成电子器件（IEPE）的压电传感器则由压电耦合器供电。

不仅提供信号调理器解决方案，奇石乐还提供集成数据采集功能的信调设备，高精度校准设备等。

电荷放大器



- 电荷放大器测量范围 2 ~ 2,200,000 pC
- 频率范围~ 从 0 ~ 200,000 Hz
- 集成数据采集功能
- 双模放大器功能(兼容PE和IEPE传感器)
- 单通道-多通道的解决方案

压电耦合器(IEPE)



- 单通道设备（电池供电）至多通道系统（线路供电）
- 支持TEDS功能的IEPE解决方案

压阻式压力传感器放大器



- 智能传感器识别
- 支持数字补偿功能，用于最大限度高精度测量

MEMS电容式加速度计供电



- 高达15个单轴和多至5个三轴K-Beam型加速度计

标定仪器



- 电荷放大器和其他信号调节装置的全自动校准
- 用于标定压电传感器的便携式信号调理系统



为了保证可靠的测量结果，传感器必须精确校准

校准

传感器和测量仪器必须定期校准，因为其功能及其测量不确定性会随着频繁应用、老化和环境因素而改变。校准使用的仪器可溯源到国家校准参考基准，并满足统一的国际质量控制标准。校准证书记录校准值和校准条件。

安全和可靠的测量

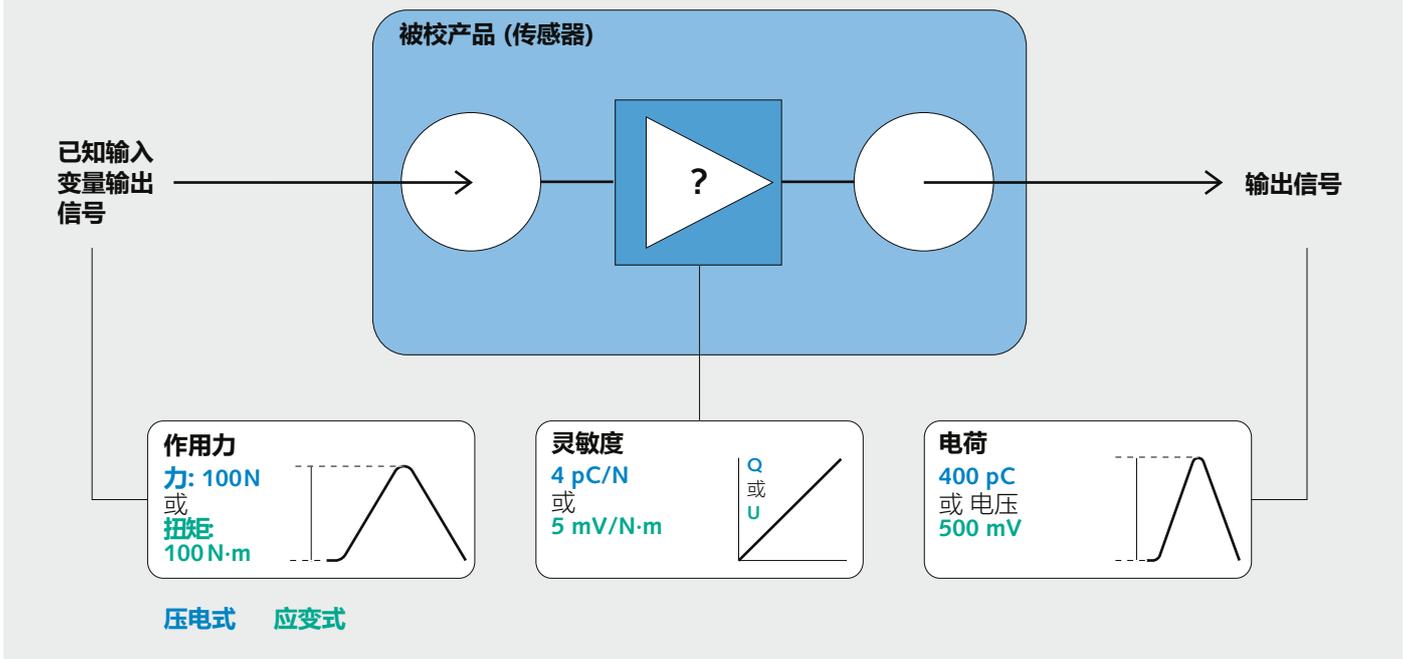
质量保证体系和产品责任法要求对测量质量特性的所有试验仪器进行系统监测。这是确保测量和试验结果可靠和高质量控制的唯一途径。

所有传感器和电子测量仪器都具有一定的测量不确定性。由于这些偏差会随时间而变化，试验仪器必须定期校准。

校准过程中需要确定被测值与校准基准参考值的偏差。校准的结果或是将实际测量值作为示数或建立修正系数。所需相关信息记录在校准证书中。

定义：校准是应用确定的方法在规定的条件下确定已知的输入变量和所测的输出变量的关系。

传感器校准原理

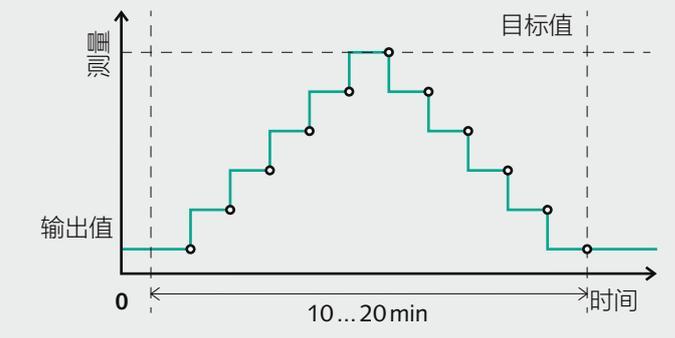


校准过程

校准过程中传感器受到被测物理量如力或力矩的作用，记录传感器相应的输出变量。因为同时用可溯源校准基准测量，载荷的幅值精确可知。根据所采用的方法不同，可在整个量程或分量程以下列不同方式校准传感器。

- 单点校准
- 连续式校准或
- 多点阶梯式校准

应变式传感器的校准



阶梯式校准包括如下定义的一个加载应用。根据所采用的校准方法，这一过程为阶梯递增加载或递减卸载，每一个阶梯载荷之间可以卸载或不卸载。在每一阶梯加载后，需要等到测量值稳定后才可进行测量。

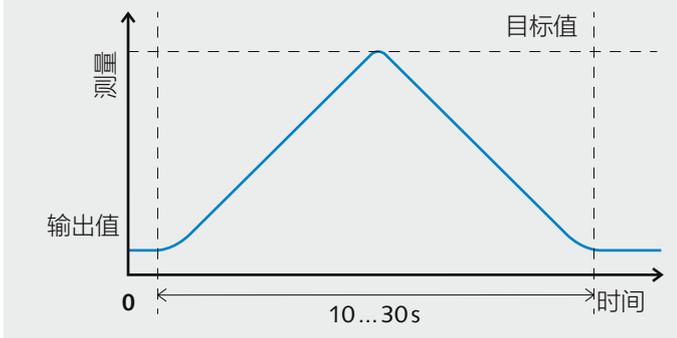
最佳直线与校准曲线的最大偏差为线性。加载和卸载曲线的最大偏差为迟滞。绝大多数奇石乐单分量和多分量力传感器和力矩传感器在厂内校准。

连续校准方式是最适合压电传感器的校准方法。应变传感器适合用阶梯法校准。

奇石乐提供下述校准选项：

- 传感器设备可送到生产中心
- 厂内现场校准
- 用于内部校准的校准设备

压电式传感器的校准



连续校准要求在相同时间内将载荷连续增加到确定值，然后减少到零。通过原点确定“最佳直线”。该直线的斜率即为传感器在被校准范围内的灵敏度。

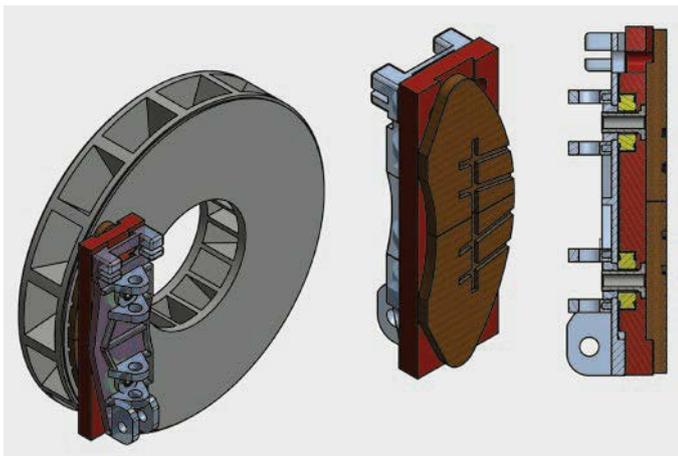
咨询服务

奇石乐拥有丰富的应用经验，将压电式和应变力传感器定制集成经验。利用我们团队的专业知识并从团队的建议中获益。

在咨询会议讨论期间，您将学习在实际应用中安装传感器的最佳方法，以便获得可靠和准确的测量结果。以下示例显示了奇石乐在实际使用中传感器的集成经验，并且提供咨询支持的客户项目。

铁路制动器摩擦力的测量

在铁路制动器应用中，制动力是减速的关键。奇石乐的力传感器集成在制动衬片中，以便在实际操作过程中测量制动力。由于空间有限的难点，奇石乐销售中心的经验是传感器成功安装的关键因素。



带力传感器的制动衬片

难点挑战

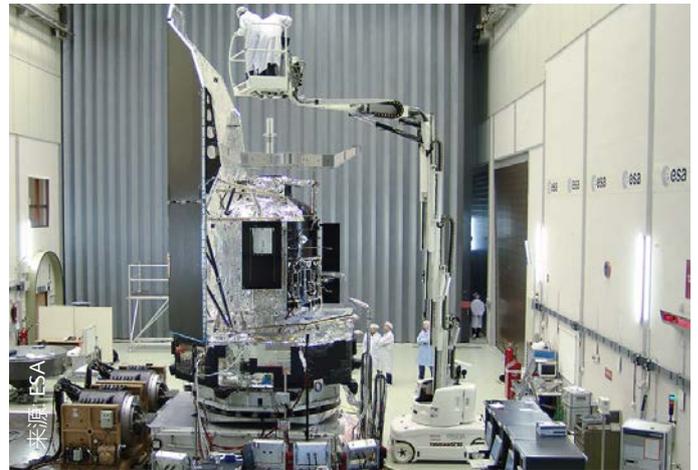
- 测力量程大
- 有限的安装空间

解决方案

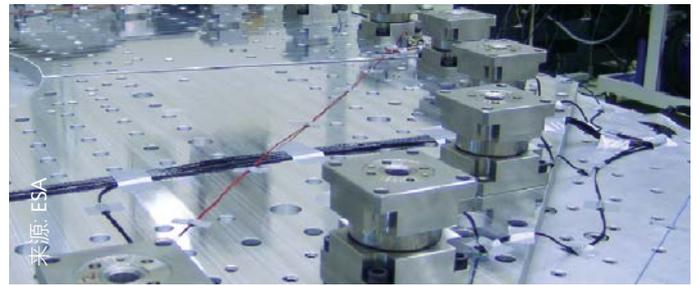
- 两组三分量力传感器
- 特殊的预紧螺栓
- 使用特殊设备进行现场标定

力限振动试验 (FLV)

卫星在升空和飞越大气层时都会受到巨大的振动载荷。发射前需进行振动试验。地面振动试验会最大限度减小发射前的损失。奇石乐的力传感器可以完美的确保可靠的测试试验。



振动台上的卫星



安装在振动台上的三向石英测力链

难点挑战

- 宽量程测量
- 高刚性
- 高可靠性
- 复杂的机械系统集成

解决方案

- 多个三分量的石英测力链
- 所有测量组件加工至相同高度
- 定制型基板和盖板用于机械连接接口
- 简单易用的电荷放大器(LabAmp 5165A)

如您在使用中想得到更多建议，请联络您当地的奇石乐销售中心。

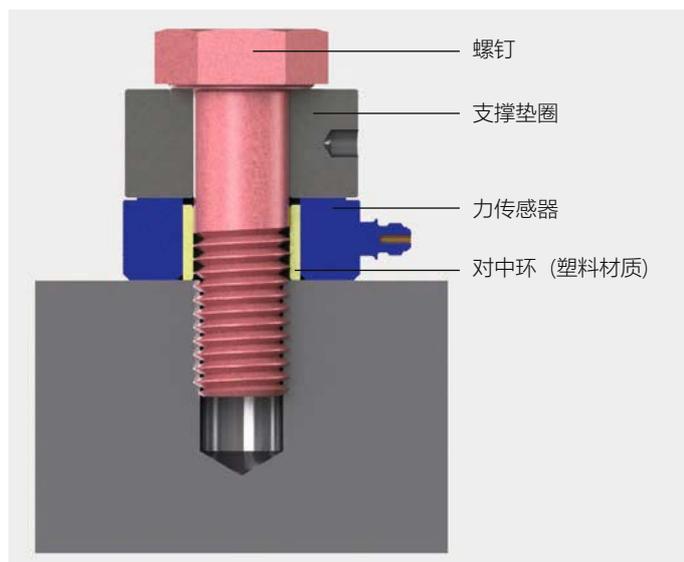
定制传感器

如果您在测试与测量产品系列中找不到合适的压电或应变传感器的，利用奇石乐在设计 and 开发定制传感器方面的丰富经验，可定制开发出完全符合您要求的传感器。

以下示例显示了奇石乐与客户密切合作实现的定制传感器，从开发、设计和生产到校准。

测量螺钉的预紧力

螺纹联接预紧力与拧紧力矩的关系是保证联接可靠安装和防止联接松动的关键因素。



带有螺钉、支撑垫圈和力传感器的测量装置

难点挑战

- 抗过载能力强
- 操作简单
- 使用寿命长

解决方案

- 单分量力传感器上的刚性支撑垫圈，并用塑料环定心

测力计测量磨削力

工作的齿轮必须磨平，以确保平稳运转。研磨过程非常耗时。目前正在进行一项研究项目，以优化大量的加工参数，确保高效磨削。



带砂轮的齿轮



测力台

难点挑战

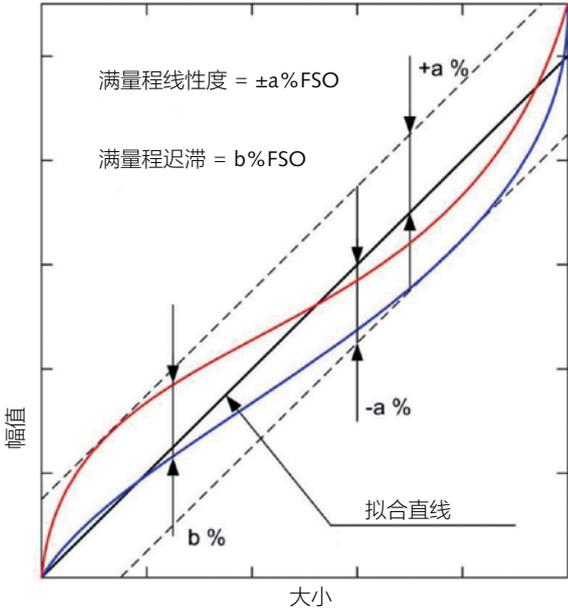
- 要求非常宽的测力范围
- 高频响
- 腐蚀性介质

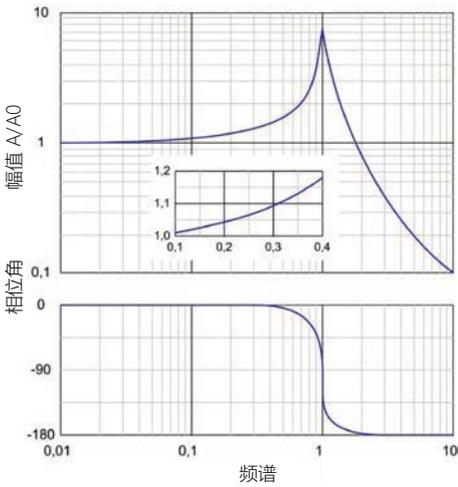
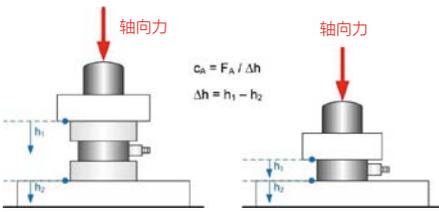
解决方案

- 4组三分量力传感器
- 压缩空气垫防止灰尘
- 定制化的标定用于较宽的测量范围

请联系您当地的奇石乐销售中心，以获取有关定制传感器开发各个方面的进一步信息和建议。

术语表

术语	符号	单位	定义
力	F	N	力是一个物理量，就向量而言，包含一个冲击中心、方向和大小。
应变	ϵ	$\mu\text{m}/\text{m}$	应变是一种测量物体因载荷（如外力或温度变化（热膨胀））而产生的尺寸（拉伸或收缩）相对变化的方法。尺寸的增大对应于正应变，而尺寸的减小对应于负应变。
库伦			电荷单位。 1库仑相当于1安培秒（ $1\text{C}=1\text{As}$ ）。
动态			描述奇石乐传感器、电荷放大器和电气设备测量快速和快速变化测量（例如高频响应）的能力。
准静态			描述奇石乐传感器、电荷放大器和电气设备进行类似微小变化测量（例如长期测量或类似直流测量）的能力。
时间常数	τ	s	<p>时间常数描述高通滤波器的行为，并表示信号降低到初始输出值的$1/e$之后的时间。</p> <p>注：时间常数可根据测量持续时间估计测量误差。您可以在电荷放大器的操作说明中找到有关时间常数和灵敏度范围的详细信息。 示例：时间常数取决于在电荷放大器上选择的测量范围。可能的值从最敏感范围内的约 0.01 秒到最不敏感范围内的约 100 000 秒不等。准静态测量必须选择长时间常数。</p>
线性度含迟滞	$Lin\ Hys$	%FSO	<p>根据传感器类型，线性度由包含从增加（蓝色）到减少（红色）测量中获得的输出值的数据确定。在这些情况下，迟滞性（$b\%$FSO）包含在线性（$\pm a\%$FSO）中，在估计测量不确定度时不必额外考虑迟滞。</p> <p>注：该中心线的斜率与传感器的灵敏度相对应。两条平行线之间的距离（纵坐标方向）的一半是线性的。</p> 

术语	符号	单位	定义
频率范围	f_r	Hz	<p>有效频率范围为传递函数的相应振幅不超过振幅误差允许值的频率段。由于其机械性能，压电传感器具有非常低的阻尼。有效频率范围受谐振频率的限制。以下近似值适用于作为频率函数的幅度响应误差或精度误差：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 精度 10% → $f_{\max} \approx 0.3 \cdot f_n$ • 精度 5% → $f_{\max} \approx 0.2 \cdot f_n$ • 精度 1% → $f_{\max} \approx 0.1 \cdot f_n$ <p>符号:</p> <ul style="list-style-type: none"> • f = 测量频率 • f_{\max} = 最大测量频率 • f_n = 固有频率
频率范围 (续)	f_r	Hz	<p>注：压电传感器的动态性能优于所有其他种类传感器。传感器的高刚性使其具有高固有频率。因此，压电传感器是时间快速变化，被测物的理想选择。因此，传感器的动态特性在很大程度上取决于安装结构。因此，必须对整个测量装置的频响进行研究，以获得尽可能大的有效测量范围。这里有两种可能性：频率分析、锤击法或有限元法。频率响应和相位响应的示意图。</p> 
轴向刚度	$c_{A,x}$ $c_{A,y}$ $c_{A,z}$	N/ μ m	<p>负载传感器的机械阻尼与其轴向变形的关系，这是由力传感器轴向作用力引起。刚度值由施加的力FA除以指定参考点之间的有效距离 Δh。</p> <p>距离测量参考点图示。</p> 



从安装到备件快速供货的专业咨询：奇石乐为全球客户提供完整的服务和培训

奇石乐服务：完整的客户定制解决方案

奇石乐为自动化制造过程提供销售和服务。

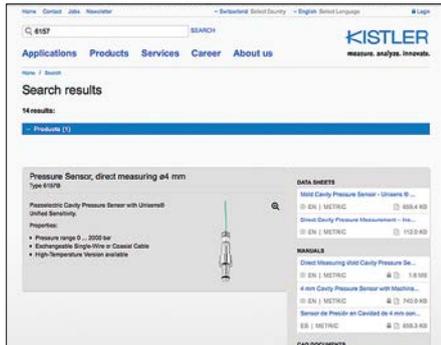
除了传感器和系统，奇石乐提供各种服务 – 从专业的安装咨询到备件的全球供应。我们提供的全面服务可从www.kistler.com上查询。更多有关培训的详细信息请与您本地的奇石乐代表处联系 (见第15页)。

奇石乐服务概述

- 咨询
- 系统调试支持
- 过程优化
- 定期现场校准传感器
- 教育和培训安排
- 开发服务

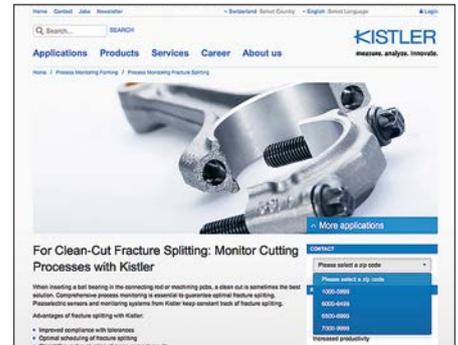
奇石乐 – 为客户提供全球服务

奇石乐拥有全球化的销售和服务网络，使我们能和客户紧密合作，分布于61个地区的2000多名员工致力于发展最新的测量解决方案，并根据客户需求提供各个应用领域的现场支持。



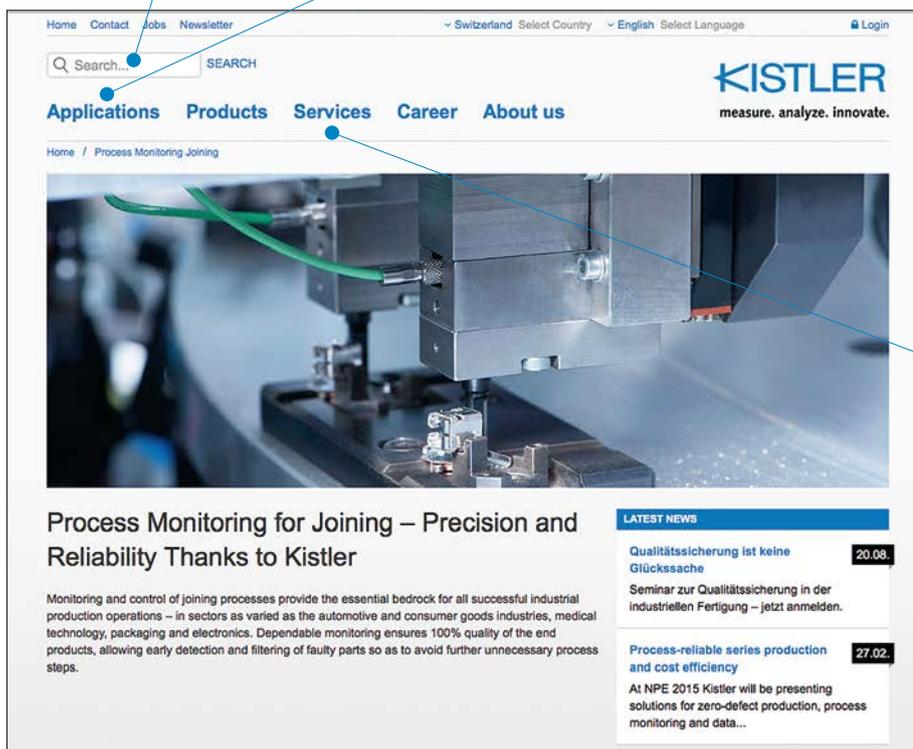
数据表和文档

使用我们的在线支持指南下载数据表、样本或CAD数据。



我们的代表处随时可以帮助您

无论您在安装期间需要咨询还是支持 – 我们的网站为您提供本地代表处的联系方式。



教育和培训活动

奇石乐专家提供的有关传感器和测量系统的教育与培训课程，是您获取所需用户知识的最有效的方式。



请扫描关注奇石乐中国官方微信公众号，
获取更多新闻推送及资料下载

瑞士奇石乐集团

Eulachstrasse 22
8408 Winterthur Switzerland
电话: +41 52 224 11 11

奇石乐集团产品受不同知识产权保护。如需了解相关信息，
则请访问网站: www.kistler.com。

奇石乐集团包括Kistler Holding AG及其所有在欧洲、亚洲、
美洲及大洋洲的分部。

中国总部

地址: 上海市闵行区申长路1588弄15号楼, 201107
电话: 021-2351 6000
邮箱: marketing.cn@kistler.com
www.kistler.com

KISTLER
measure. analyze. innovate.