

力传感器

透明的制造过程保证质量和降低成本

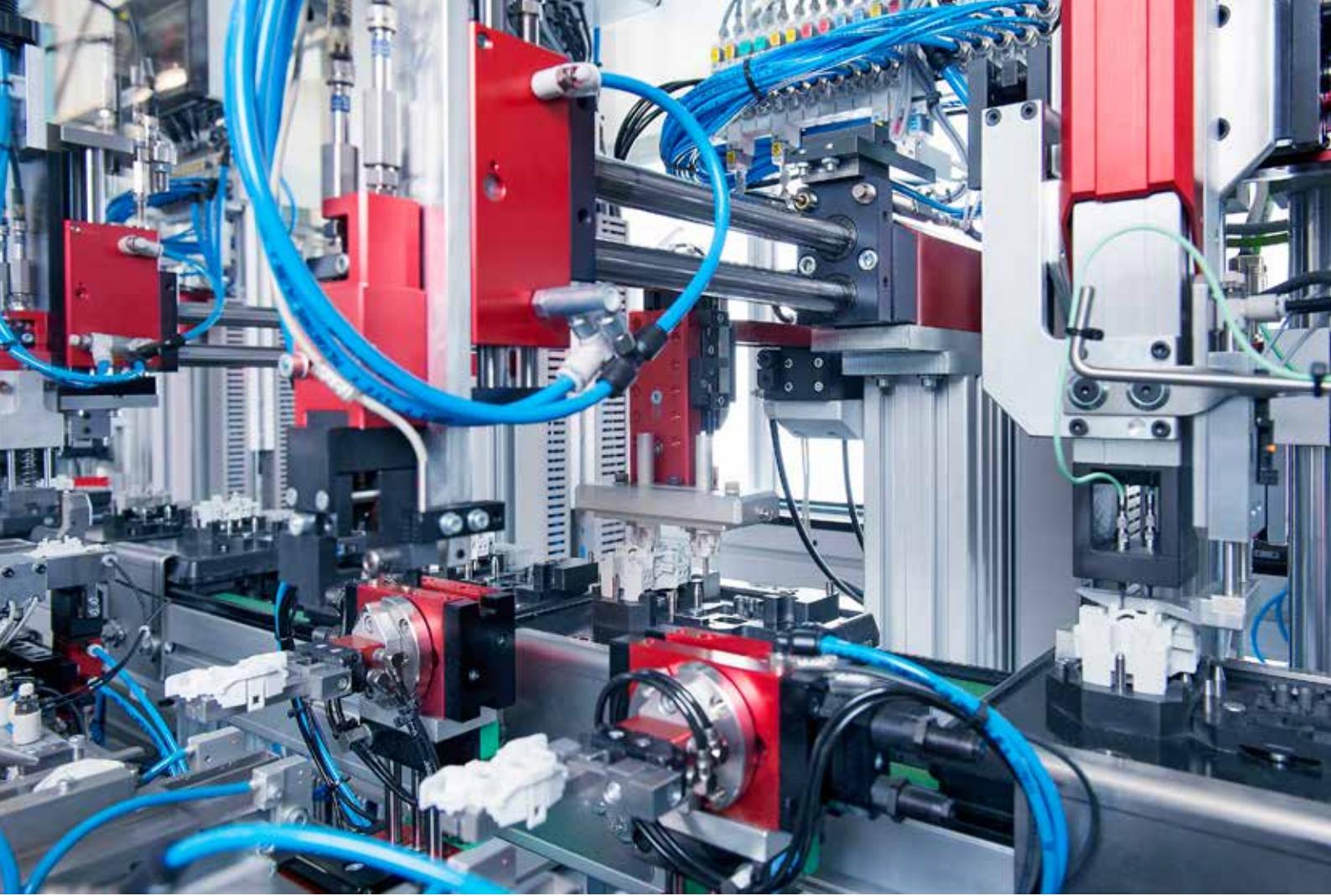


**奇石乐 – 您过程高效和成本效益
的合作伙伴**

奇石乐集团是全球领先的测量压
力、力、扭矩和加速度传感器与系
统的制造商。奇石乐系统用于分析
和评估测量信号，可全面提高加工
过程效率、减少运营成本。

目录

关注质量和成本效益	4
产品概述：力传感器	6
单分量力传感器	7
多分量力传感器	26
应变传感器	34
应变计传感器	38
测量技术的基础	
压电测量技术	42
测量方法	44
应变测量技术	45
测量链	46
校准	48
服务：完整的客户定制解决方案	50
奇石乐 – 为客户提供全球服务	51



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

关注质量和成本效益

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/maxymos



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	N	>100000	>10000	>1000	>100	>0	100	1000	10000	100000	1000000	页码	
	拉压力传感器 Fz ↑															8-9
	拉压力传感器 Fz ↑	•	•													10-11
	拉压力传感器 Fz ↑	•	•													12-13
	SlimLine 力传感器 Fz ↑															14-17
	SlimLine 拉压力传感器 Fz ↑	•	•													18-19
	SlimLine 剪切力传感器 Fy ↗															20-21
	微小力传感器 Fz ↑	•	•													22-23
	微型传感器 Fz ↑		•													24-25
	3分量 拉压力传感器 Fx, Fy, Fz ↗															28-29
	3分量 拉压力传感器 Fx, Fy, Fz ↗	•	•													30-31
	测力计 Fx, Fy, Fz, Mz ↗	•	•													32-33

间接测力	测量类型	已预紧	安装后即可测量	$\mu\epsilon$	-100000	-10000	-1000	-100	-0	100	1000	10000	100000	1000000	页码	
	表面应变传感器 $\mu\epsilon$ ↔		•													35
	应变测量销 $\mu\epsilon$ ↑		•													36-37

应变传感器

直接测力	测量范围	已预紧	安装后即可测量	N	>100000	>10000	>1000	>100	>0	100	1000	10000	100000	1000000	页码	
	应变式力传感器 Fz ↑	•														38-41



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。

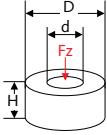
我们的拉压力传感器可直接用于测量。这些预紧过的石英力传感器出厂前已校准，适用于测量拉压力。

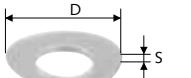
我们的微小力传感器专为测量微小力设计。由于其特殊的内部结构设计，这些传感器的灵敏度是标准力传感器的30多倍，从而可准确地测量微小力。

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	9001A	9011A	9021A	9031A
					
测量范围	Fz ¹⁾ kN	0 - 7.5	0 - 15	0 - 35	0 - 60
校准范围	Fz kN	0 - 6 ²⁾	0 - 12 ²⁾	0 - 28 ²⁾	0 - 48 ²⁾
	Fz kN	0 - 0.6 ²⁾	0 - 1.2 ²⁾	0 - 2.8 ²⁾	0 - 4.8 ²⁾
灵敏度	Fz ¹⁾ pC/N	≈-4.0	≈-4.3	≈-4.3	≈-4.3
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	≈3.4	≈5.4
重量	g	3	7	20	36
工作温度范围 ³⁾	°C	-196 - 200	-196 - 200	-196 - 200	-196 - 200
接头		KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.
防护等级符合IEC/EN60529					
连接电缆 (如1631C)	IP65	•	•	•	•
焊接电缆 (如1983AD)	IP67	•	•	•	•

附件				
预紧螺栓 ⁴⁾ 螺纹x螺距/ 长度 预紧力		型号	9422A01	9422A11
		Fv (kN)	M3 × 0.5 / 19.5 2.5	M5 × 0.8 / 26 5
预紧元件 螺纹x螺距/ 长度 预紧力		型号	9420A01	9420A11
		Fv (kN)	M3 × 0.5 / 22 4	M5 × 0.5 / 28 7
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)	9509 10 10	9519 14 15
				9529 22 20
力分布环 尺寸		型号 D (mm) H (mm)	9505 10 6	9515 14 8
				9525 22 10
球面垫圈 尺寸		型号 D (mm) H (mm)		9513 12 4
				9523 21 6
				9533 24 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

⁴⁾ 标配附件

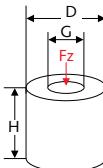
9041A	9051A	9061A	9071A	9081B	9091B
-------	-------	-------	-------	-------	-------



0 - 90	0 - 120	0 - 200	0 - 400	0 - 650	0 - 1200
0 - 72 ²⁾	0 - 96 ²⁾	0 - 160 ²⁾	0 - 320 ²⁾	0 - 650	0 - 1200
0 - 7.2 ²⁾	0 - 9.6 ²⁾	0 - 16 ²⁾	0 - 32 ²⁾	0 - 65	0 - 120
≈-4.3	≈-4.3	≈-4.3	≈-4.3	≈-2.2	≈-2.2
34.5	40.5	52.5	75.5	100	145
17	21	26.5	40.5	40.5	72
12	13	15	17	22	28
≈6.9	≈9.8	≈15	≈29	30	65
70	80	157	370	910	2180
-196 - 200	-196 - 200	-196 - 200	-196 - 200	-40 - 200	-40 - 200
KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•

9422A41 M12×1.75/53 30	9422A51 M14×2/60 40				
9420A41 M12×1/60 45	9420A51 M14×1.5/62 60	9420A61 M20×1.5/80 100	9420A71 M27×2/102 200	9455 M40×2 450	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		

压电式拉压力传感器

技术指标	型号	9301B	9311B	9321B
				
测量范围	Fz	kN	±2.5	±5
校准范围	Fz	kN	0 - 2.5	0 - 5
	Fz	kN	0 / -2.5	0 / -5
	Fz	kN	0 - 0.025	0 - 0.05
灵敏度	Fz	pC/N	≈-3.2	≈-4
尺寸	D	mm	11	15
	H	mm	25	30
	G		M5	M6
刚度	c _{A,z}	kN/μm	≈0.44	≈0.73
固有频率	f _n (z)	kHz	≈90	≈70
重量		g	14	28
工作温度范围 ¹⁾		°C	-40 - 120	-40 - 120
接头			KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.
防护等级符合IEC/EN 60529				
连接电缆 (如1631C)	IP65		•	•
焊接电缆 (如1983AD)	IP67		•	•
基本绝缘			•	•
已预紧			•	•
安装后即可测量			•	•
数据表: www.kistler.com		9301B (000-107)	9301B (000-107)	9301B (000-107)

附件				
力分布帽 尺寸		型号 D (mm) H (mm)	9500A0 8.5 4	9500A1 12.5 6
法兰 尺寸		型号 D (mm) H (mm)	9501A0 25 8	9501A1 34 9
				9500A2 18 9
				9501A2 44 16

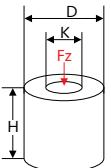
注意:

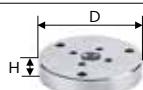
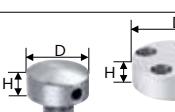
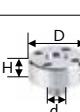
这些传感器也可作为校准传感器，具有优异的线性 ($\leq 0.1\% \text{FSO}$) 和SCS校准，特定型号93x1BK。非常适于校准（如工厂校准传感器）。

¹⁾ 工作温度范围取决于使用的电缆

9331B	9341B	9351B	9361B	9371B
				
± 20	± 30	± 40	± 60	± 120
0 - 20	0 - 30	0 - 40	0 - 60	0 - 120
0 / -20	0 / -30	0 / -40	0 / -60	0 / -120
0 - 0.2	0 - 0.3	0 - 0.4	0 - 0.6	0 - 1.2
≈ -4	≈ -4	≈ -4	≈ -4	≈ -4
29	35	41	53	76
52	62	72	88	108
M12	M16	M20	M24	M30
≈ 1.6	≈ 2.1	≈ 2.4	≈ 3.1	≈ 6.1
≈ 45	≈ 40	≈ 33	≈ 28	≈ 22
170	330	480	1020	2500
-40 - 120	-40 - 120	-40 - 120	-40 - 120	-40 - 120
KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•
9301B (000-107)	9301B (000-107)	9301B (000-107)	9301B (000-107)	9301B (000-107)
9500A3 23 12	9500A4 31 15	9500A5 35 18	9500A6 45 22	9500A7 64 32
9501A3 56 20	9501A4 70 27	9501A5 84 35	9501A6 102 42	9501A7 136 51

压向力石英传感器

技术指标	型号	9313AA1	9313AA2	9323AA	9323A
					
测量范围	Fz kN	0 - 5	0 - 20	0 - 10	0 - 20
允许承受拉力	Fz kN	0 / -0.5	0 / -2	0 / -1	0 / -2
校准范围	Fz kN	0 - 0.05	0 - 0.2	0 - 0.1	0 - 0.2
	Fz kN	0 - 0.5	0 - 2	0 - 1	0 - 2
	Fz kN	0 - 5	0 - 20	0 - 10	0 - 20
灵敏度	Fz 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 neg.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg	KIAG 10-32 neg
防护等级符合IEC/EN 60529					
连接电缆 (如1631C)	IP65	•	•	•	•
焊接电缆 (如1983AD)	IP67	•	•	•	•
连接电缆 (如1787A型)	IP67				
已预紧		•	•	•	•
安装后即可测量		•	•	•	•
数据表: www.kistler.com		9313 (000-705)	9313 (000-705)	9323 (000-704)	9323 (000-704)

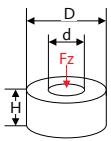
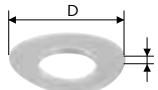
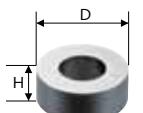
附件					
法兰尺寸		型号 D (mm) H (mm)	9580A7 27 7	9580A8 35 8	9580A9 40 8
力分布帽尺寸		型号 D (mm) H (mm)	9500A00 6 3	9500A01 10.5 5	9582A9 20 8.5
安装销尺寸		型号 D (mm) L (mm)	9590A7 5 12.5	9590A8 10 20.5	
法兰螺纹适配器尺寸		型号 D (mm) H (mm)			9584A9 20 8
外螺纹适配器尺寸		型号 D (mm) H (mm)			9586A9 20 8

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 - 0.7	0 - 1.2	0 - 3	0 - 7	0 - 5
0 - 5	0 - 7	0 - 12	0 - 30	0 - 70	0 - 50
0 - 50	0 - 70	0 - 120	0 - 300	0 - 700	
≈-3.9	≈-3.9	≈-3.8	≈-1.9	≈-1.9	
					0 - 10
30	36	54	100	145	50
M9×0.5	M13×1	M20×1.5	S28×2	31	45
34	42	60	130	190	
≈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 neg	M12×1 8芯, 铠装				
•	•	•	•	•	
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
9323 (000-704)	9323 (000-704)	9323 (000-704)	9323 (000-704)	9323 (000-704)	9337A (000-664)

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

单压向力传感器

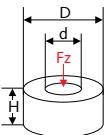
技术指标	型号	9101A	9102A
			
测量范围	$F_z^{(1)}$	kN	0 - 20
校准范围	未校准		0 - 50
灵敏度	$F_z^{(1)}$	pC/N	≈ -4.3
尺寸	D d H	mm mm mm	14.5 6.5 8
刚度	$c_{A,z}$	kN/ μm	≈ 1.6
重量		g	7
工作温度范围 ⁽²⁾		°C	-40 - 120
接头			KIAG 10-32 neg.
防护等级符合IEC/EN 60529			
连接电缆 (如1631C)	IP65		•
焊接电缆 (如1983AD)	IP67		•
数据表: www.kistler.com		9101A (000-108)	9101A (000-108)
<hr/>			
附件			
预紧螺栓 螺纹x螺距/长度 预紧力		型号 F_v (kN)	9422A11 M5 x 0.8 / 26 5
9422A21 M8 x 1.25 / 39 10			
预紧元件 螺纹x螺距/长度 预紧力		型号 F_v (kN)	9420A11 M5 x 0.5 / 28 7
9420A21 M8 x 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)	9513 12 4
9523 21 6			

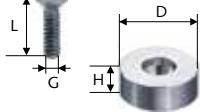
⁽¹⁾ 无预紧

⁽²⁾ 工作温度取决于使用的电缆

9103A	9104A	9105A	9106A	9107A
				
0 - 100	0 - 140	0 - 190	0 - 330	0 - 700
~−4.3	~−4.3	~−4.3	~−4.3	~−4.3
28.5 13 11	34.5 17 12	40.5 21 13	52.5 26.5 15	75.5 40.5 17
~5.4	~6.9	~9.8	~15	~29
36	70	80	157	370
−40 - 120	−40 - 120	−40 - 120	−40 - 120	−40 - 120
KIAG 10–32 neg.	KIAG 10–32 neg.	KIAG 10–32 neg.	KIAG 10–32 neg.	KIAG 10–32 neg.
• •	• •	• •	• •	• •
9101A (000-108)	9101A (000-108)	9101A (000-108)	9101A (000-108)	9101A (000-108)
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	9130B	9131B	9132B
				
测量范围	Fz ¹⁾	kN	0 - 3	0 - 2.5
校准范围	未校准			0 - 7
灵敏度	Fz ¹⁾	pC/N	≈-3.5	≈-4
尺寸	D	mm	8	7
	d	mm	2.7	-
	H	mm	3	3
刚度	C _{A,z}	kN/μm	≈1	≈0.9
重量 (不带电缆)	g	1	1	2
工作温度范围	°C	-20 - 120	-20 - 120	-20 - 120
接头 (带固装电缆)		可选: KIAG 10-32 pos. int. 或 Mini-Coax neg.	可选: KIAG 10-32 pos. int. 或 Mini-Coax neg.	可选: KIAG 10-32 pos. int. 或 Mini-Coax neg.
防护等级符合IEC/EN 60529	IP65	•	•	•
数据表: 见 www.kistler.com		9130B (000-110)	9130B (000-110)	9130B (000-110)

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

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	9130BA	9132BA
			
套件组成	型号	9130B	9132B
接头 (传感器与法兰套管固定连接)		Fischer法兰 7芯, neg.	Fischer法兰 7芯, neg.
防护等级符合IEC/EN 60529			
带连接电缆 (如1971A)	IP65	•	•
数据表: 见 www.kistler.com		9130BA (000-694)	9130BA (000-694)

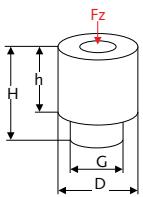
9133B	9134B	9135B	9136B	9137B
				
0 - 14	0 - 26	0 - 36	0 - 62	0 - 80
≈-3.8	≈-3.8	≈-3.8	≈-3.8	≈-3.8
16 6.1 3.5	20 8.1 3.5	24 10.1 3.5	30 12.1 4	36 14.1 5
≈3	≈6.3	≈7.8	≈12.8	≈18.8
3	5	7	14	27
-20 - 120	-20 - 120	-20 - 120	-20 - 120	-20 - 120
可选: KIAG 10-32 pos. int. 或 Mini-Coax neg.	可选: KIAG 10-32 pos. int. 或 Mini-Coax neg.			
•	•	•	•	•
9130B (000-110)	9130B (000-110)	9130B (000-110)	9130B (000-110)	9130B (000-110)

9410A3	9410A4	9410A5	9410A6	9410A7
M3	M4	M5	M6	M8
10	10	10	14	16
16	20	24	30	36
4.25	4.25	4.25	5.5	7

9133BA	9134BA	9135BA	9136BA	9137BA
--------	--------	--------	--------	--------

9133B	9134B	9135B	9136B	9137B
Fischer法兰 7芯, neg.				
•	•	•	•	•
9130BA (000-694)				

单分量SlimLine石英拉压力传感器

技术指标	型号	9173B	9174B
			
测量范围	Fz	kN	-3 - 12
校准范围	Fz	kN	0 - 12
灵敏度	Fz	pC/N	≈ -3.5
尺寸	D	mm	18
	H	mm	22
	h	mm	14
	G		M12x1.25
刚度	$C_{A,z}$	kN/ μm	≈ 0.7
固有频率	$f_n(z)$	kHz	≈ 74
重量（不带电缆）	g	28	
工作温度范围	$^{\circ}\text{C}$	-20 - 80	
接头 ¹⁾ (带固装电缆)		KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.
防护等级符合IEC/EN 60529	IP65	•	•
基本绝缘		•	•
已预紧		•	•
安装后即可测量		•	•
数据表：见 www.kistler.com		9173B (000-112)	9173B (000-112)

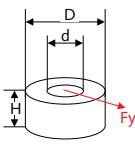
附件

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

¹⁾ 1729A2型转接插头（标配附件）适用

9175B	9176B	9177B
		
-8 - 30	-16 - 60	-20 - 75
0 - 30	0 - 60	0 - 75
≈-3.5	≈-3.5	≈-3.5
26	32	38
28	34	38
19	23	28
M20x1.5	M24x2	M30x2
≈1.6	≈2.4	≈3.4
≈57	≈47	≈40
81	147	227
-20 - 80	-20 - 80	-20 - 80
KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
9173B (000-112)	9173B (000-112)	9173B (000-112)
9416A5	9416A6	9416A7
22	28	34
9	9	9.8

单分量SlimLine剪切力传感器

技术指标	型号	9143B	9144B
			
测量范围	Fy	kN	± 0.9
校准范围	未校准		± 1.7
灵敏度	Fy	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/ μm	≈ 3
刚度 (Y轴)	$c_{S,y}$	kN/ μm	≈ 1.2
重量 (不带电缆)	g	3	
工作温度范围	°C	-20 - 120	
接头 (带固装电缆)		可选: KIAG10-32 pos. int.或 Mini-Coax neg.	可选: KIAG10-32 pos. int.或 Mini-Coax neg.
防护等级符合IEC/EN 60529	IP65	•	•
数据表: 见 www.kistler.com		9143B (000-113)	9143B (000-113)

附件			
预紧盘		型号	9410A3
尺寸		G	M3
		L (mm)	10
		D (mm)	16
紧固扭矩		H (mm)	4.25
		M (N·m)	10
			9410A4
			M4
			10
			20
			4.25
			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, neg.	Fischer法兰 7芯, neg.
防护等级符合IEC/EN 60529			
带连接电缆 (如1971A)	IP65	•	•
数据表: 见 www.kistler.com		9143BA (000-766)	9143BA (000-766)

9145B

±2.7

≈-7.5

24
10.1
3.5

≈7.8

≈3.1

7

-20 - 120

可选:
KIAG10-32 pos. int.或
Mini-Coax neg.

•

9143B (000-113)

9146B

±4

≈-7.5

30
12.1
4

≈12.8

≈5.1

14

-20 - 120

可选:
KIAG10-32 pos. int.或
Mini-Coax neg.

•

9143B (000-113)

9147B

±8

≈-8.1

36
14.1
5

≈18.8

≈7.1

27

-20 - 120

可选:
KIAG10-32 pos. int.或
Mini-Coax neg.

•

9143B (000-113)

9410A5M5
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, neg.

•

9143BA (000-766)

9146BFischer法兰
7芯, neg.

•

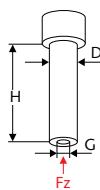
9143BA (000-766)

9147BFischer法兰
7芯, neg.

•

9143BA (000-766)

单分量石英微小力传感器

技术指标	型号	9203	9205
			
测量范围	Fz N	±500	±50
校准范围	Fz N	0 - 5	0 / ±0.5
	Fz N	0 / ±50	0 / ±5
	Fz N	0 / ±500	0 / ±50
灵敏度	Fz pC/N	≈-45	≈-115
尺寸	D H G mm	M10×1 28.5 M3 (内螺纹)	M10×1 28.5 M3 (内螺纹)
刚度	c _{A,z} N/μm	≈40	≈4
固有频率	f _n (z) kHz	>27	>10
重量	g	13	19
工作温度范围 ¹⁾	°C	-150 - 240	-50 - 150
接头		KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg., 径向
防护等级符合IEC/EN 60529			
连接电缆 (如1631C型)	IP65	•	•
焊接电缆 (如1983AD型)	IP67	•	•
已预紧		•	•
安装后即可测量		•	•
数据表: 见 www.kistler.com		9203 (000-127)	9205 (000-129)

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	Type	3.220.139	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

9207

± 50
0 / ± 0.5
0 / ± 5
0 / ± 50
≈ -115
M10x1
28.5
M3 (内螺纹)
≈ 4
>10
19
-50 - 150
KIAG 10-32 neg., 轴向
•
•
•
•
9207 (000-130)

9215A

-20 - 200
0 - 2
0 - 20
0 - 200
≈ -95
M5x0.5
12.5
M3 (内螺纹)
≈ 100
>50
2.5
-50 - 180
M4x0.35 neg.
•
•
•
•
9215 (000-487)

9217A

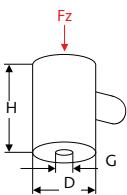
± 500
0 - 5
0 / ± 50
0 / ± 500
≈ -105
M10x1
28.5
M3 (内螺纹)
≈ 15
>20
16
-80 - 205
KIAG 10-32 neg.
•
•
•
•
9217A (000-546)

9405
6.3
18
3.220.139²⁾
6.3
7

3.220.217²⁾
4
3.8

9405
6.3
18
3.220.139
6.3
7

单分量微型力传感器

技术指标	型号	9210	9211B
			
测量范围	Fz kN	0 - 0.25	0 - 2.5
校准范围	Fz kN		0 - 0.25
	Fz kN	0 - 0.25	0 - 2.5
刚度	$c_{A,z}$ kN/ μm	0.4	0.4
固有频率	$f_n(z)$ kHz	>200	≈200
灵敏度	Fz pC/N	≈-10	≈-4.4
尺寸	D mm	3.5	6
	H mm	4.7	6
	G		
重量	g	1	1.5
工作温度范围 ¹⁾	°C	-40 - 200	-40 - 200
接头		Fischer 102 Triax	Fischer 102 Triax
电缆技术			
单线有/无插头		•	•
同轴			•
可替换电缆			•
防护等级符合IEC/EN60529	IP65	•	•
已预紧			
安装后即可测量		•	•
数据表: 见 www.kistler.com		9210 (000-601)	9211 (000-555)

附件			
止推垫圈 ²⁾	型号	9406	9411
尺寸	D (mm) H (mm)	3.4 2	5.5 2

¹⁾ 工作温度取决于使用的电缆

²⁾ 标配附件

9213B**9204****9212**

0 - 2.5
0 - 0.25
0 - 2.5
0.26
≈200
≈-4.4
6
8.5
M2.5 (内螺纹)
2
-40 - 200
Fischer 102 Triax
•
•
•
•
•
9213 (000-132)

0 - 100
0 - 1.0
0 - 10
0.16
≈80
≈-1.6
12.6
9.5
M2.5 (内螺纹)
8
-40 - 200
Fischer 102 Triax
•
•
•
•
•
9204 (000-128)

-2.2 - 22.2
0 - 2.2
0 - 22.2
0.87
≈70
≈-11
17.8
12.7
10-32 UNF
19
-196 - 150
10-32 UNF
•
•
•
•
9212 (000-418)

9413
5.5/2.8
2



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。

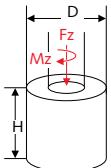
多分量垫圈式传感器是测量技术的基本元件。传感器元件本身轻微预载；内置于客户的结构中并按照要求预载安装。该预载对应载荷偏置。我们的力传感器可直接用于测量。这些预载石英力传感器在厂内校准。可用于所有测量轴的两个方向。

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。

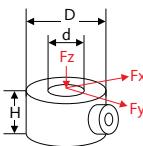
优点

- 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	Fz Mz	kN N·m	±10 ±25	±20 ±200
校准范围	Fz Mz	kN N·m	0 - 1 0 - 10 0 / ±2.5 0 / ±25	0 - 2 0 - 20 0 / ±20 0 / ±200
刚度 (计算)	$c_{A,z}$ $c_{T,z}$	kN/ μm N·m/ μm	≈1.7 ≈0.19	≈2.8 ≈0.92
固有频率	$f_n(z)$ $f_n(Mz)$	kHz kHz	>41 >32	>33 >25
灵敏度	Fz Mz	pC/N pC/N·m	≈-3.7 ≈-190	≈-3.6 ≈-140
尺寸	D H	mm mm	39 42	56.5 60
重量		g	267	834
工作温度范围		°C	-40 - 120	-40 - 120
接头			V3 neg.	V3 neg.
防护等级符合IEC/EN 60529			•	•
连接电缆 (如1698AD)	IP65		•	•
已预紧			•	•
安装后即可测量			•	•
数据表: 见 www.kistler.com		9345B (000-630)	9345B (000-630)	

3分量力传感器

技术指标	型号	9017C/9018C	9027C/9028C
		 	
测量范围	Fx, Fy Fz	kN kN	± 1.5 ± 3 标准安装预紧力: 9.5kN
校准范围	Fx, Fy Fz Fz (无需预紧)	kN kN kN	0 - 1.5 0 - 3 0 - 12.5
灵敏度	Fx, Fy Fz	pC/N pC/N	≈ -25 ≈ -11
尺寸	D d H	mm mm mm	19 6.5 10
刚度	$C_{S,xy}$ $C_{A,z}$	kN/ μ m kN/ μ m	0.3 1.4
重量		g	14
工作温度范围		°C	-40 - 120
接头			V3 neg.
防护等级符合IEC/EN 60529			
连接电缆 (如1698AA/AB)	IP65	•	
焊接电缆 (如1698ACsp)	IP67	•	
数据表: 见 www.kistler.com		9017C (000-960)	9027C (000-726)

附件

预紧元件 螺纹x螺距/长度 预紧力		型号 9460 M6 x 0.75 / 29 Fv (kN) 9.5	9461 M8 x 1 / 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



± 15
 ± 30
标准安装预紧力: 70kN

0 - 15
0 - 30
0 - 100

≈ -8.1
 ≈ -3.7

45
14.1
14

1.9
6.1

91

-40 - 120

V3 neg.

•
•

9047C (000-592)

9067C/9068C



± 30
 ± 60
标准安装预紧力: 140kN

0 - 30
0 - 60
0 - 200

≈ -8.1
 ≈ -3.9

65
26.5
21

2.4
8

285

-40 - 120

V3 neg.

•
•

9067C (000-609)

9077C/9078C



± 75
 ± 150
标准安装预紧力: 350kN

0 - 75
0 - 150
0 - 500

≈ -4.2
 ≈ -2

105
40.5
26

8.4
26

1040

-40 - 120

V3 neg.

•
•

9077C (000-610)

9465
M14 x 1.5 / 57
70

9472

9451A
M20 x 1.5 / 78
140

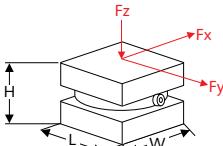
9471

9455
M40 x 2 / 105
350

9459
M26 x 0.75 / 76
140

9477

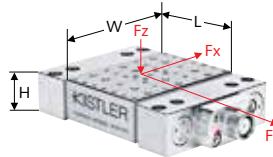
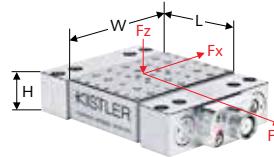
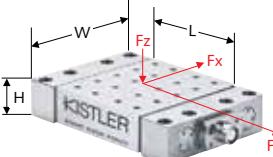
3分量石英拉压力传感器

技术指标	型号	9317C	9327C
			
测量范围	Fx, Fy Fz	kN kN	± 0.5 ± 3
校准范围	Fx, Fy Fz	kN kN	0 - 0.05 / 0 - 0.5 0 - 0.3 / 0 - 3
灵敏度	Fx, Fy Fz	pC/N pC/N	≈ -25 ≈ -11
尺寸	L×W×H	mm	25×25×30
刚度	$C_{S,xy}$ ¹⁾ $C_{A,z}$	kN/ μ m kN/ μ m	0.19 0.9
固有频率	$f_n(x), f_n(y)$ $f_n(z)$	kHz kHz	≈ 5.6 ≈ 20
重量	g	85	380
工作温度范围	°C	-40 - 120	-40 - 120
接头		V3 neg.	V3 neg.
防护等级符合IEC/EN 60529			
连接电缆 (如1698AA/AB)	IP65	•	•
焊接电缆 (如1698ACsp)	IP67	•	•
基本绝缘		•	•
已预紧		•	•
安装后即可测量		•	•
数据表: 见 www.kistler.com		9317C (003-124)	9327C (000-725)

¹⁾ 忽略弯曲

9347C	9367C	9377C
		
±5 ±30	±10 ±60	±30 ±150
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
≈-7.8 ≈-3.7	≈-7.6 ≈-3.9	≈-3.9 ≈-1.95
55x55x60	80x80x90	120x120x125
0.89 2.7	1.2 3.8	3.2 8.2
≈3.6 ≈10	≈2.4 ≈6	≈2 ≈6
1000	3000	10500
-40 - 120	-40 - 120	-40 - 120
V3 neg.	V3 neg.	V3 neg.
• • • • •	• • • • •	• • • • •
9347C (000-604)	9367C (000-613)	9377C (000-612)

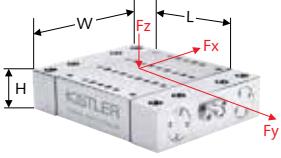
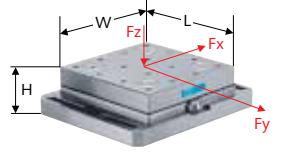
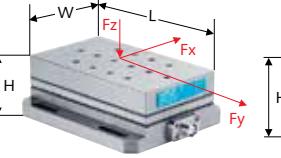
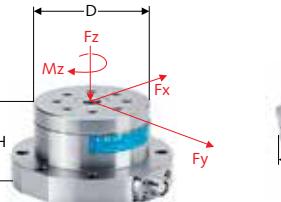
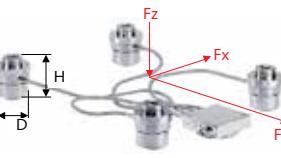
多分量测力计 / 测力台

技术指标	型号	9119AA1	9119AA2	9129AA
				
测量范围	Fx, Fy Fz Mz	kN kN Nom	±4 ±4 —	±4 ±4 —
校准范围	Fx, Fy Fz Mz	kN kN N·m	0 - 0.04 0 - 0.4 0 - 4 0 - 0.04 0 - 0.4 0 - 4 —	0 - 0.04 0 - 0.4 0 - 4 0 - 0.04 0 - 0.4 0 - 4 —
固有频率	f _n (x) f _n (y) f _n (z) f _n (Mz)	kHz kHz kHz kHz	≈6.0 ≈6.4 ≈6.3 —	≈4.3 ≈4.6 ≈4.4 —
灵敏度	Fx Fy Fz Mz	pC/N pC/N pC/N pC/Nm	≈-26 ≈-13 ≈-26 —	≈-26 ≈-13 ≈-26 —
尺寸	L W H D	mm mm mm mm	39 80 26 —	55 80 26 —
重量		kg	0.93	1.35
工作温度范围		°C	-20 - 70	-20 - 70
接头			Fischer法兰, 9芯, neg.	Fischer法兰, 9芯, neg.
防护等级符合IEC/EN 60529				Fischer法兰, 9芯, neg.
连接电缆	IP67		•	•
安装后即可测量			•	•
数据表: 见 www.kistler.com			9119AA1 (003-060)	9119AA2 (003-055)
				9129AA (000-709)

附件	型号	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)	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 x 30 x 35mm

9139AA	9255C	9257B	9272	9366CC
				
± 30 ± 30	± 30 $-10 - 60$	± 5 $-5 - 10$	± 5 $-5 - 20$ ± 200	$\pm 25^{\text{ 1)}}$ $-25 - 60^{\text{ 1)}}$
0 - 0.3 0 - 3 0 - 30 0 - 0.3 0 - 3 0 - 30	0 - 3 0 - 30	0 - 0.5 0 - 5	0 - 0.5 0 - 5	0 - 2.5 ¹⁾ 0 - 25 ¹⁾
≈ 2.9 ≈ 2.9 ≈ 3.0	≈ 2.2 ≈ 2.2 ≈ 3.3	≈ 2.3 ≈ 2.3 ≈ 3.5	≈ 3.1 ≈ 3.1 ≈ 6.3 ≈ 4.2	$\approx 0.2 - \approx 1.6^{\text{ 2)}}$ $\approx 0.2 - \approx 1.6^{\text{ 2)}}$ $\approx 0.2 - \approx 1.6^{\text{ 2)}}$
≈ -8.2 ≈ -4.2 ≈ -8.2	≈ -7.9 ≈ -7.9 ≈ -3.9	≈ -7.5 ≈ -7.5 ≈ -3.7	≈ -7.8 ≈ -7.8 ≈ -3.5 ≈ -160	≈ -7.8 ≈ -7.8 ≈ -308
140 190 58	260 260 95	170 100 60	70 100	90 72
12.9	52	7.3	4.2	7
-20 - 70	-20 - 70	0 - 70	0 - 70	-20 - 70
Fischer法兰, 9芯, neg.	Fischer法兰, 9芯, neg.	Fischer法兰, 9芯, neg.	Fischer法兰, 9芯, neg.	Fischer法兰, 9芯, neg.
•	•	•	•	•
9139AA (003-198)	9255C (003-051)	9257B (000-151)	9272 (000-153)	9366C (000-681)

1687B5 (3分量), 1677A5 (6分量)	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)
1689B5 (3分量), 1679A5 (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)



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。

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{和应变} \quad \epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

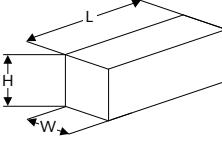
表面应变传感器通过安装螺栓固定在结构上。结构应变通过静态摩擦传输到测量元件。

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

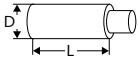
- 坚固耐用、无退化现象
- 过载保护
- 性价比高
- 高过载能力
- 安装简便
- 寿命长
- 改装便利

表面应变传感器

技术指标	型号	9232A	9237B	9238B
				
测量范围	$\mu\epsilon$	± 600	± 800	± 20 至 ± 800
校准范围*	$\mu\epsilon$	0 / -300 0 - 300	0 - 500	0 - 50 0 - 500
灵敏度*	$pC/\mu\epsilon$	≈ -80	≈ -34	
输出信号	V			± 10 (可编程 ± 1 - 10)
尺寸	L W H	mm mm mm	40 17 15	51.5 25.4 26.7
固有频率	f_n	kHz	≥ 12	≥ 6
重量		g	50	165/190
工作温度范围		$^{\circ}C$	0 - 70	-30 - 120
接头			KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.
串行接口				M12x1 8芯, 铠装
防护等级符合IEC/EN 60529				RS-232C
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			•	•
数据表: 见 www.kistler.com		9232A (000-137)	9237B (000-823)	9238B (000-822)

* 数据仅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。

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*	$pC/\mu\epsilon$	≈ 9.5	≈ 15
尺寸	D L	mm mm	8 14.5 10 18
中空预紧螺栓			
固有频率	f_n	kHz	
重量	g	34	38
工作温度范围	°C	-40 - 200	-40 - 200
接头		可选择: KIAG 10-32 pos. M3 pos.	可选择: KIAG 10-32 pos. Mini-Coax neg.
防护等级符合IEC/EN 60529			
连接电缆 1983AB型 和焊接插头	IP64 IP67	•	•
数据表: 见 www.kistler.com		9240A (003-229)	9241C (000-140)

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

± 1500
(额定预紧力)

0 - 350

≈ 15

8
13

M10×1

>110

4.8 (不带电缆和预紧螺栓)

-40 - 200

M4×0.35 neg.

•

•

9243B (000-538)

9245B, 9245B3

± 1500
(额定预紧力)

0 - 350

≈ 15

M10×1
29

>50

36

-40 - 350

Fischer KE 102 neg.

•

9245B (000-142)

9247A

± 1400
(额定预紧力)

未校准

≈ 8.6

M5×0.5
23.7

2.5

-40 - 200

M4×0.35 neg.

•

•

9247A (000-143)

1385A200

1385sp100-800 / 1387sp100-800

9841

9487A

1300A21

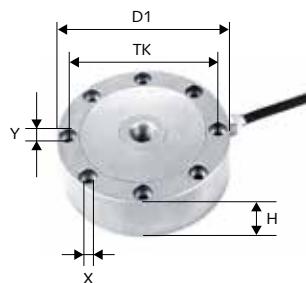
1300A21

1300A9

1300A79 / 1300A79Q01

1357A

单分量应变式力传感器



技术指标	型号	4576A0.5	4576A1	4576A2
测量范围	Fz kN	±0.5	±1	±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

4576A型

技术指标	型号	45876A5	4576A10	4576A20
测量范围	Fz kN	±5	±10	±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

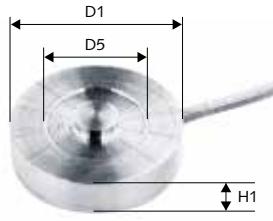
技术指标	型号	4576A50	4576A100	4576A200
测量范围	Fz kN	±50	±100	±200
尺寸	H mm	35	50	50
	D1 mm	119	155	155
	TK mm	105	129	129
	X mm	6.6	13.5	13.5
	Y mm	11	20	20

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 pin接头
防护等级符合IEC/EN60529		IP52 (0 - 10 kN) IP67 (20 - 200 kN)
数据表: 见 www.kistler.com		4576A (000-675)

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	Fz 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	Fz 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	Fz 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

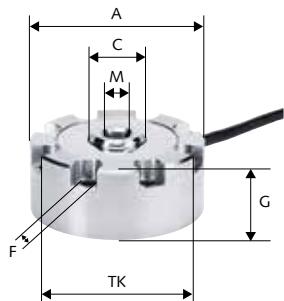
一般技术指标

灵敏度	mV/V	1
重量	kg	0.04 - 1.2
工作温度范围	°C	15 - 70
储存温度范围	°C	-20 - 100
maXYmos系列接头		D-Sub 9 pin接头
防护等级符合IEC/EN60529		IP64
数据表: 见 www.kistler.com		4577A (000-674)

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

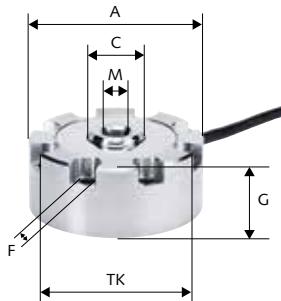
技术指标	型号	4578A0.1	4578A0.2	4578A0.5
测量范围	Fz kN	±0.1	±0.2	±0.5
尺寸	A mm	70	70	70
	C mm	20	20	20
	F mm	6.4	6.4	6.4
	M mm	M12	M12	M12
	G mm	28	28	28
	TK mm	60	60	60

技术指标	型号	4578A1	4578A2	4578A5
测量范围	Fz kN	±1	±2	±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	Fz kN	±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 pin接头	
防护等级IEC/EN60529	IP42	
数据表: 见 www.kistler.com	4578A (000-866)	

附件		
力分布帽	型号	4578AZ01



4579A型

技术指标	类型	4579A20	4579A50	4579A100
测量范围	Fz kN	±20	±50	±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

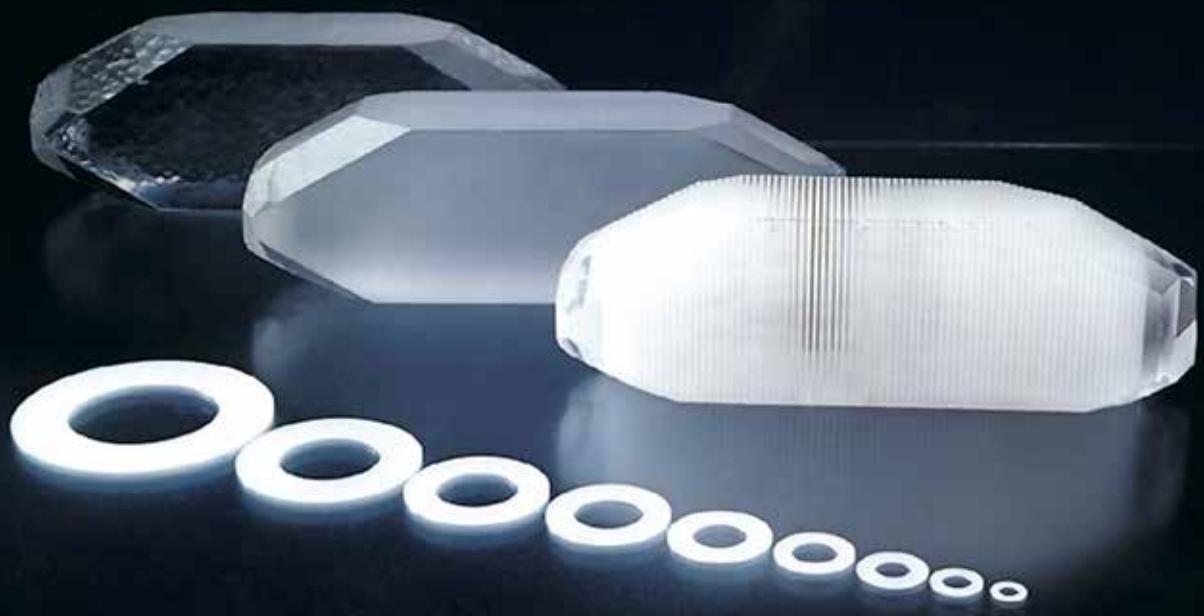
技术指标	类型	4579A200	4579A300	4579A500
测量范围	Fz kN	±200	±300	±500
尺寸	A mm	165	203	203
	C mm	50	94	94
	F mm	13	13	13
	M mm	M36×3	M45×3	M45×3
	G mm	42	64	64
	TK mm	145	165	165

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 pin接头
防护等级符合IEC/EN60529		IP67
数据表: 见 www.kistler.com		4579A (000-867)

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



大多数奇石乐传感器通过由石英片、盘或棒组成的测量元件工作

测量技术基础

压电测量技术

奇石乐提供压电式和应变式传感器。压电式传感器尤其适合在极端的安装尺寸、温度范围和动力学环境下进行测量。奇石乐主要应用压电原理在组装和试验领域测量动态力。

Pierre和Jacques Curie两兄弟于1880年发现了压电效应。压电材料（来自希腊语piezein，意为挤压或压力）在受到机械载荷时产生电荷。压电传感器绝缘电阻有限，因而不能进行真正的静态测量。不过采用合适的奇石乐信号调理设备，压电传感器具有优异的准静态和动态测试能力。

1950年，Walter P. Kistler先生获得了首台压电信号电荷放大器的专利，为已经发现了数十年的压电效应的实际应用铺平了道路。

利用石英晶体的压电效应可获得非常有价值的应用：当施加机械载荷时，可产生与作用力成比例的电荷信号。优势：由于晶体的高刚度，测量过程中传感器几乎无形变。石英可切割成压力敏感和剪切敏感元件。下述不同的压电效应的差异在于晶体的极轴与作用力方向的相互关系不同：

- 纵向效应
- 剪切效应
- 横向效应

↓
纵向压电效应原理

未受载晶体

受载晶体

优点

- 尺寸紧凑
- 测力范围宽
- 优异的抗过载能力
- 无磨损
- 高刚度和高固有频率
- 可在无形变情况下测量

纵向切割

横向切割

剪切切割

y

x

z

纵向效应

在受力表面产生电荷，用静电计可以测量电荷。在纵向压电效应中，电荷量 Q 只取决于力 F_x 的大小，与晶体的尺寸无关。增加电荷的唯一方法是连接几个晶体片，机械串联，信号电子并联。输出电荷量如下：

$$Q_x = d_{11} \cdot F_x \cdot n$$

压电系数 d_{11} 是不同方向上的晶体灵敏度。因此晶体切割的位置决定了石英拉压力传感器的性能和应用领域。产生纵向效应的压电敏感元件切割对压缩力敏感，因此适合于简单和坚固的力传感器。

剪切效应

类似于纵向效应，剪切效应中的压电灵敏度与压电敏感元件的大小和形状无关。载荷作用下，在压电敏感元件的表面上产生电荷。在 x 方向的载荷作用下，机械串联和信号电子并联的 n 个敏感元件产生的电荷量为：

$$Q_x = 2 \cdot d_{11} \cdot F_x \cdot n$$

剪切敏感压电元件用于测量剪切力、扭矩与应变和加速度的传感器。剪切效应的传感器具有对温度波动不敏感的优异特性，因为温度波动引起传感器结构应力的变化作用在剪切敏感轴的垂直方向。

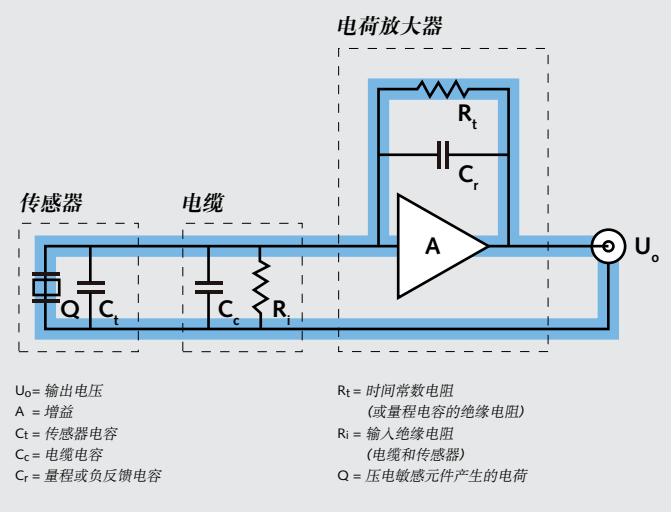
横向效应

横向效应中，作用在 y 轴方向上的力 F_y 在相应 x 轴的表面上产生电荷。与纵向压电效应不同，在非受载表面产生的电荷量与压电敏感元件的尺寸成正比。假设敏感元件的尺寸为 a （厚度）和 b （高度/长度）产生的电荷量为：

$$Q_y = -d_{11} \cdot F_y \cdot b/a$$

因此，横向效应在合适的压电敏感元件形状和排列下，可以获得较多的电荷。横向效应的敏感元件用于高灵敏压力、应变和力传感器。

测量链示意图



电荷放大器

电荷放大器将压电传感器产生的电荷转换为成比例的电压：

$$U_o = \frac{-Q}{C_r} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{AC_t}(C_t + C_r + C_c)}$$

电荷放大器可看成是电荷积分器，它总是在量程电容两端以大小相等，极性相反的电荷补偿传感器产生的电荷。大部分奇石乐电荷放大器具有传感器灵敏度和测量范围设置功能。

时间常数和漂移

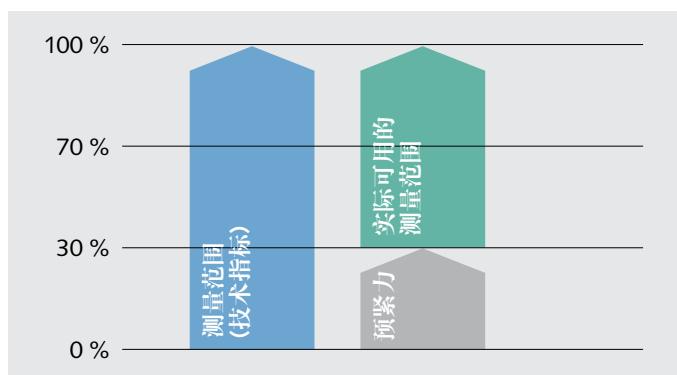
应用电荷放大器需要考虑的两个重要因素是时间常数和漂移。时间常数 T 是交流耦合电路的放电时间。在一个时间常数的时间里，阶跃输入衰减37%：

$$T = R_t \cdot C_t$$

漂移是指输出信号随时间推移而出现的变化。漂移决定了允许准静态测量的时间。

测量方法

奇石乐的传感器允许直接和间接测力。可灵活地安装传感器，为不同的测量任务提供解决方案。



预紧

为了实现所期望的精确测量，根据设计和应用不同压电式传感器需要预紧20% - 70% 并可获得压缩力和拉伸力对称的测量范围。因此，实际测量范围是数据表上的总测量范围减去预紧力。

不同的安装方式

直接测力要求传感器完全安装在力流中测量全部力。这种方法测量精度高，与力的作用点无关。如果传感器不能直接安装在力流中，则只能测量部分力；其余的力通过其安装的结构（作为力分流）。间接测力时可用应变传感器通过测量结构应变可获得过程力。结构受力产生的变形可通过与力成比例的应变来测量，因而过程力可间接通过表面或结构应变确定。奇石乐的应变传感器内部将应变转换为成比例的力，并产生相应的电荷信号。这也是它们通常被称为力 - 应变传感器的原因。灵敏度由电荷Q (pC) / 单位应变 $\mu\epsilon$ ($\mu\text{m}/\text{m}$) 确定。

直接测力
全部过程力通过传感器（力分流 $n < \approx 10\%$ ）
在力的传递路径上安装传感器，测量全部过程力。

优点

- 灵敏度高
- 测量精度高
- 重复性高
- 线性好，迟滞小
- 预紧和校准过的传感器测量范围宽、安装便利

分流测力
部分力通过传感器（力分流率 $\approx 10 - 99\%$ ）。
传感器安装在机械结构中。通常大部分过程力通过力分流传递。

优点

- 抗过载能力强
- 成本低
- 测量的过程力比传感器的测量范围可高至 $100/(100-n)$ 倍
- 恒定状态下测量精度可靠
- 高重复性

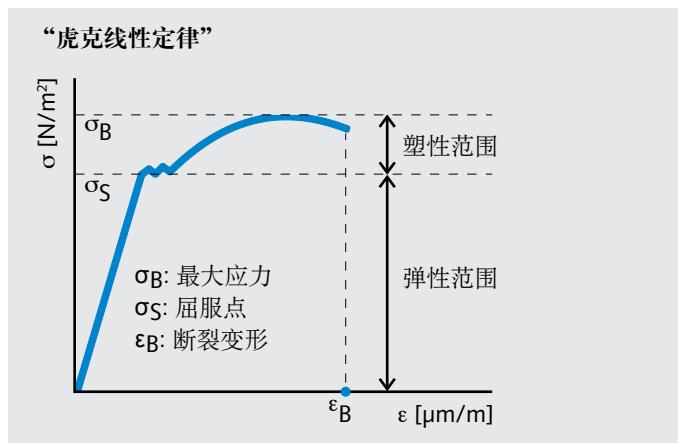
间接测力
只有极少的过程力通过传感器（力分流率 $n > 99\%$ ）。

优点

- 安装最简便
- 现有设备加装简易
- 抗过载能力强
- 成本经济方案

应变测量技术

应变片工作原理基于导线由于伸缩引起的长度变化电阻成比例改变的物理现象。奇石乐利用这一原理测量旋转轴扭矩和力。



应变片测量线弹性范围内的结构变形。

工作原理

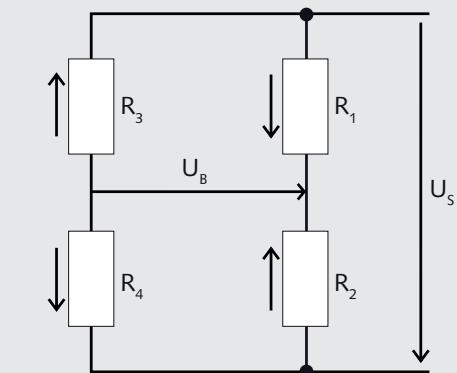
当所测导线发生应变 ϵ ，其长度 L 、横截面积 A 和材料的实际电阻 ρ 均将变化。通常用刻蚀测量网格的薄金属箔 ($\approx 0.005\text{mm}$) 代替导线制作应变片。这样可得到非常小的应变片 (比如 $1 \times 1\text{ mm}$ 的测量网格) 可以精确地在一个点上测量。

力探测器

应变式力传感器中的力探测器由线弹性材料制成。根据虎克定律公式，力探测器的载荷产生的机械应力 σ 与应变 ϵ 有下述线性关系

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

惠斯登电桥



R1-R4: 电阻或应变片

Us: 供电电压

Ub: 输出电压

E_B: 电桥灵敏度

惠斯登电桥

测量电桥由4个电阻或应变片组成，供电电压为 U_s 。输出电压 U_b 从电桥中部输出。电桥的灵敏度系数 E_B 表示和应变因子 k (单位应变引起的电阻变化率) 相关的输出电压和应变 ϵ 之间的关系。

$$E_B = \frac{U_b}{U_s} = k \cdot \epsilon$$

如果是全桥，四个电阻均为应变片，其电阻值通过外部因素改变，如扭矩或力。

应变式测量链

电桥产生的电压在数mV范围内。传输未放大的模拟信号的导线越短越好，以使电磁场效应最小。差分放大器通常先放大电压信号，然后将其数字化。这种放大器具有极高的输入阻抗和高共模隔离。

应变式传感器的优点

- 无需预载测量元件即可测量拉力和压力
- 可长时间地静态测量
- 绝对测量值

测量链

为了将传感器集成于给定应用中，需要清楚以下几点以便为选择相关组件生成测量链提供基础：

- 测量范围和模式：直接、间接和技术
- 环境条件：温度、气体和液体、机械
- 用奇石乐仪器或使用客户系统进行信号分析

理论上，被测量应该近过程获取；最简单的方式是使用预紧和校准过的传感器。垫圈式传感器和应变传感器在安装后校准。

高绝缘电缆，典型绝缘值 $>1E13\text{ Ohm}$ ，是压电式测量技术的重要元件，可根据环境条件选择。

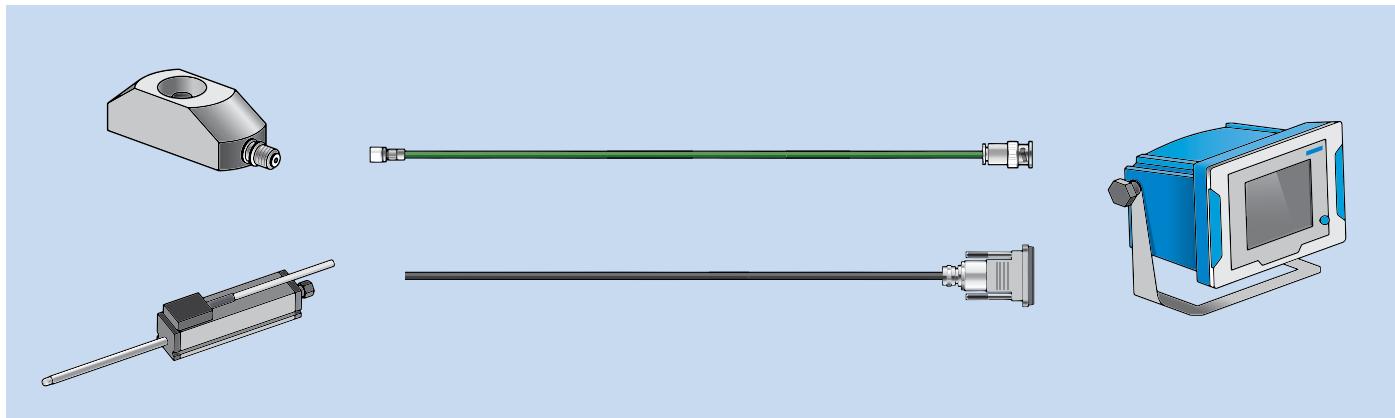
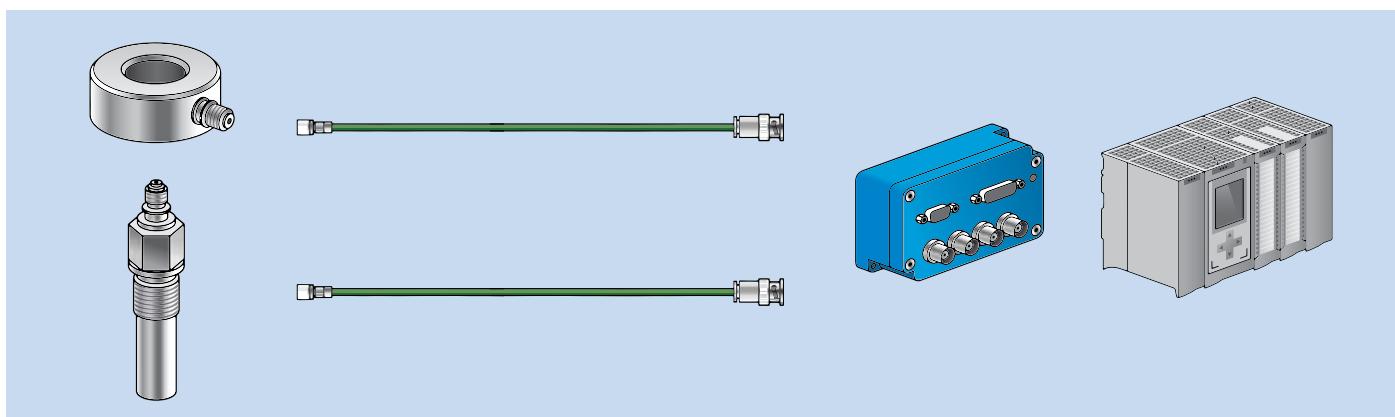
传感器信号转换后，可通过客户系统的放大器评估。为了分析XY过程（如力 – 位移监测），maXYmos系列非常适用，因其具有用户友好操作界面和各种接口选项（Y通道：压电式、应变式、 $+\/-10\text{V}$ ；电位计式， $+\/-10\text{V}$ ，增益）。

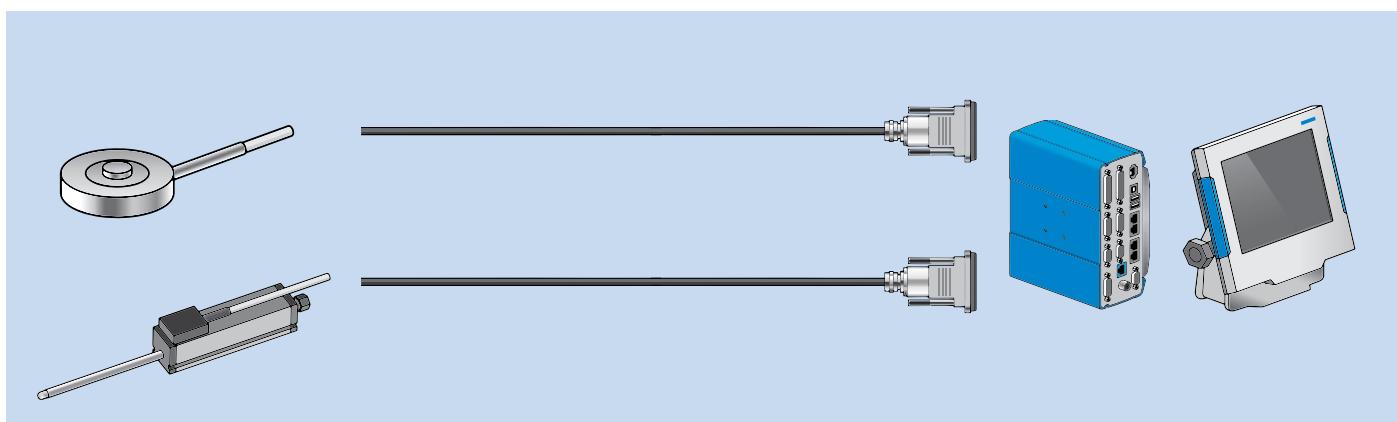
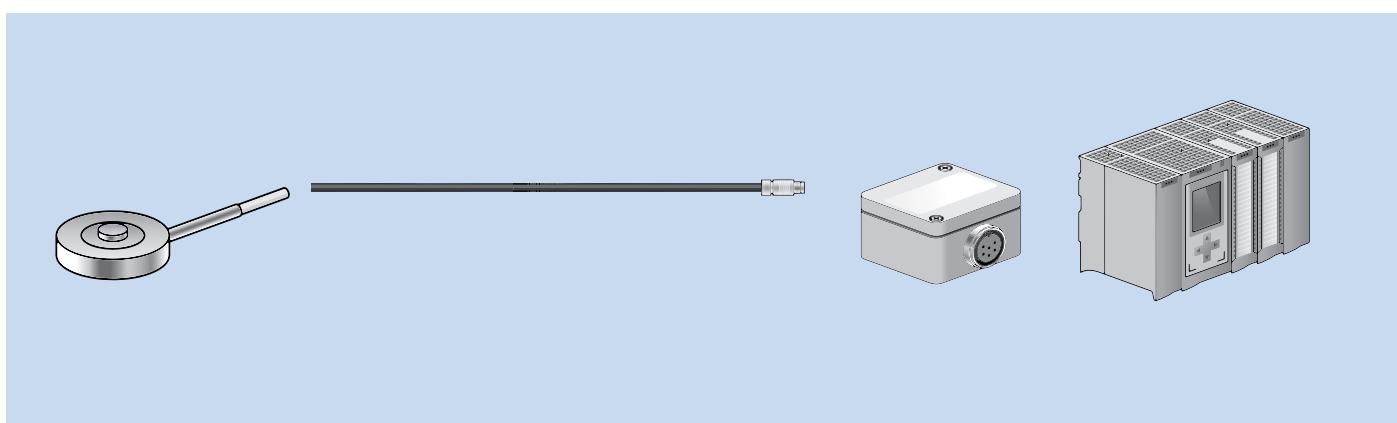
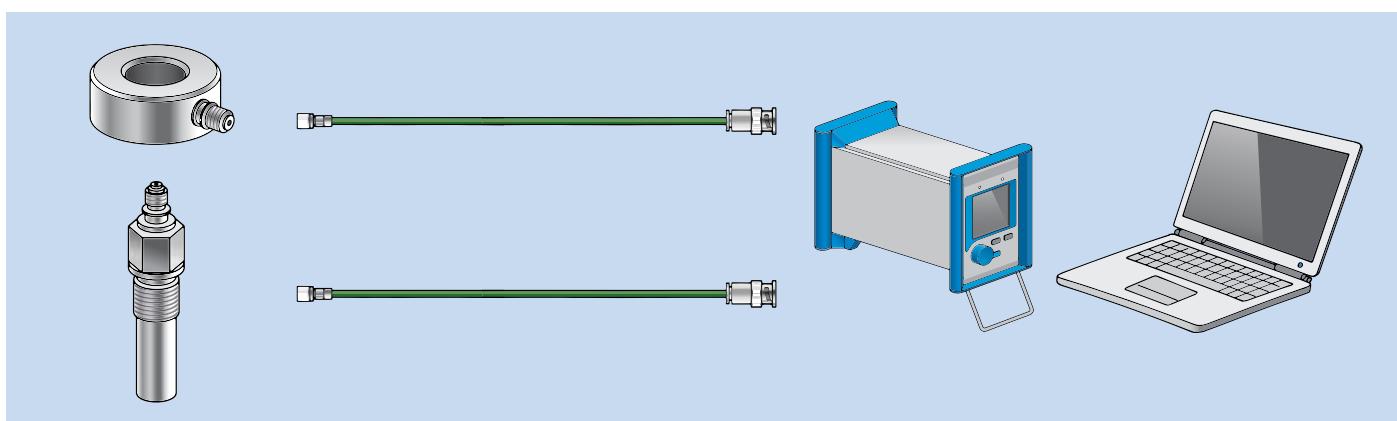
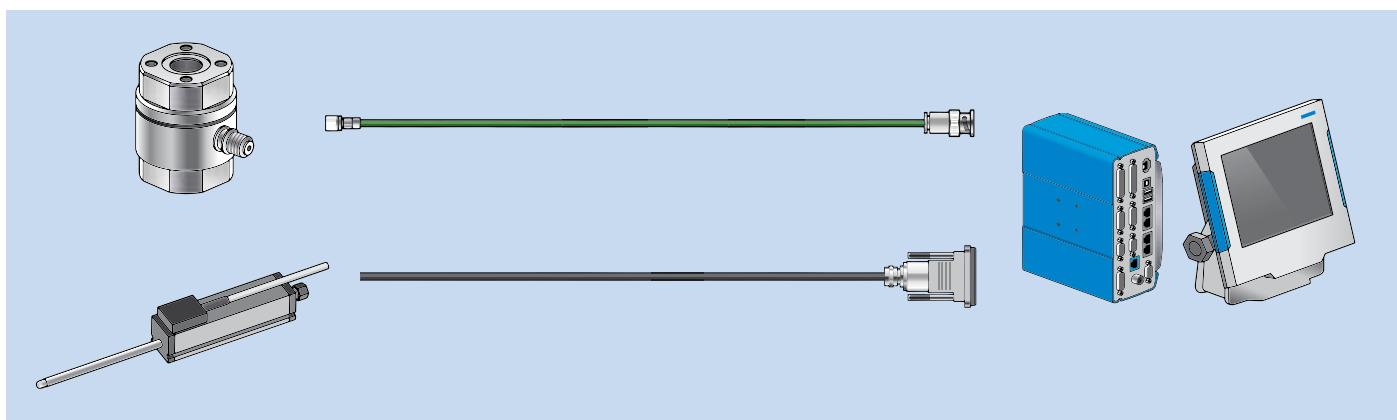
测量

连接

放大

监测与控制







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

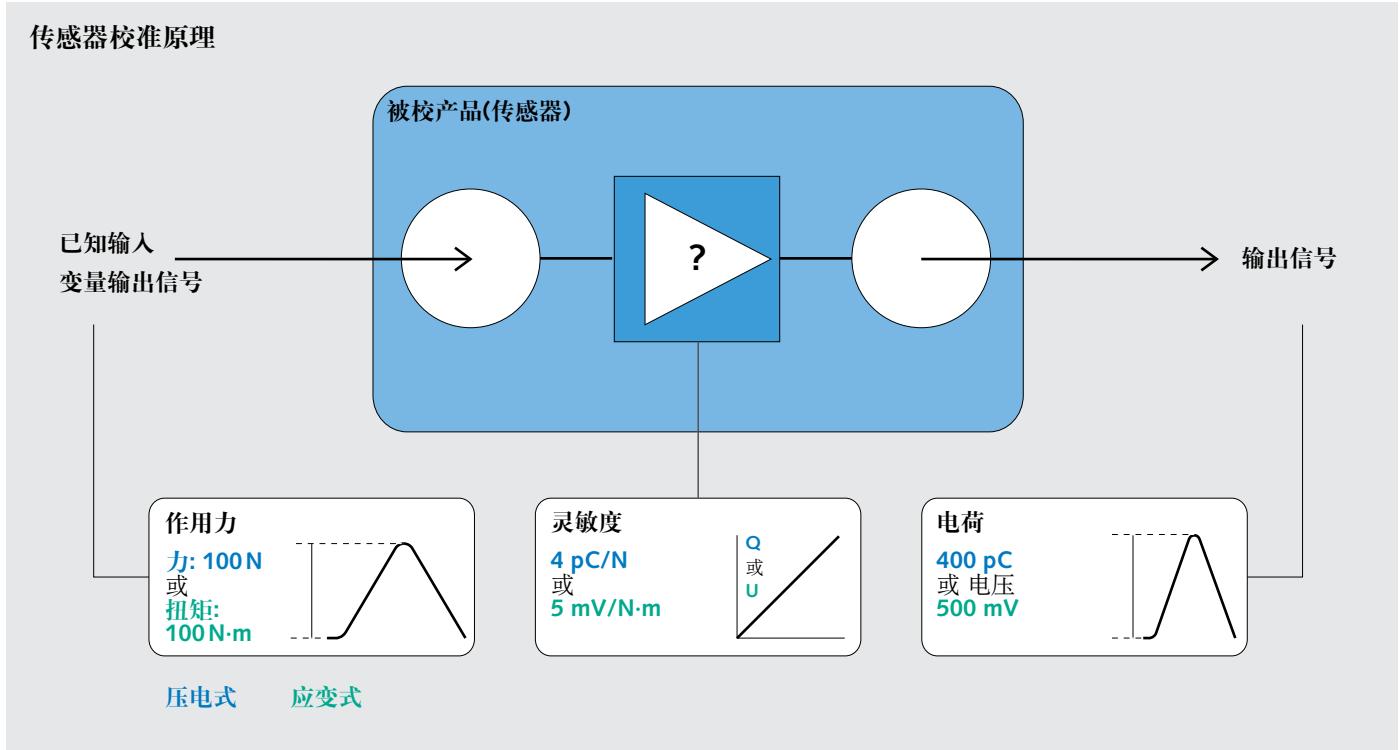
质量保证体系和产品责任法要求对测量质量特性的所有试验仪器进行系统监测。这是确保测量和试验结果可靠和高质量控制的唯一途径。

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

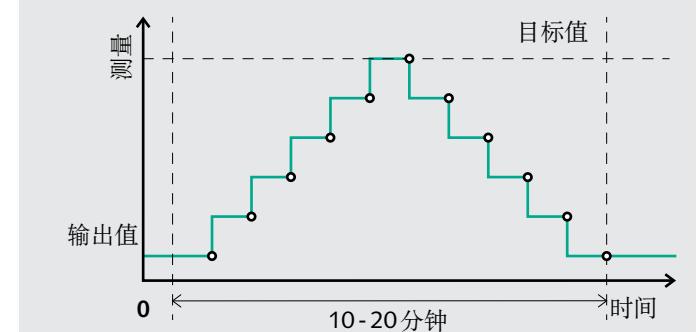


校准过程

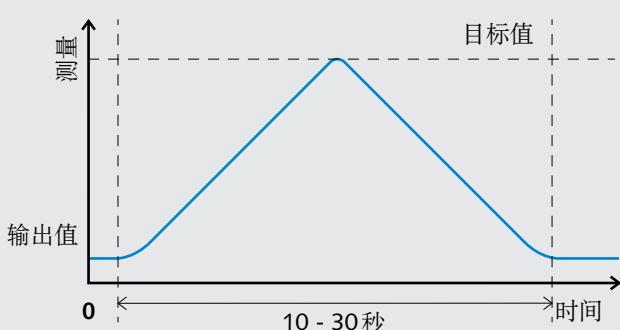
校准过程中传感器受到被测物理量如力或力矩的作用，记录传感器相应的输出变量。因为同时用可溯源校准基准测量，载荷的幅值精确可知。根据所采用的方法不同，可在整个量程或分量程以下列不同方式校准传感器。

- 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



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。

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



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51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

奇石乐集团拥有1500多名员工，是动态测量技术的全球市场领先者。31个子公司和30多个代理商保证与客户的紧密联系，确保应用支持和快速发货。



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 – 我们的网站都会为您提供本地代表处的联系方式。

连接过程监控 – 奇石乐确保精度和可靠性

无论是在汽车行业，还是消费品行业、医药技术、包装，亦或是电子行业中，连接过程的监测和控制是工业生产高效运行的基础。可靠的监控可确保最终产品的100%质量，并可早期识别和分离次品，从而避免其他不必要的加工程序。

LATEST NEWS:

- Qualitätsicherung ist keine Glückssache 20.08
- Seminar zur Qualitätsicherung in der industriellen Fertigung – jetzt anmelden.
- Process-reliable series production and cost efficiency 27.02
- At NPE 2015 Kistler will be presenting solutions for zero-defect production, process

通过奇石乐专家培训实现仪器的最佳应用性能

通过培训，客户能够获得有关如何正确使用仪器的知识，从而提高生产效率。通过培训，客户能够学习如何正确地设置和操作仪器，从而提高生产效率。通过培训，客户能够学习如何正确地设置和操作仪器，从而提高生产效率。

TRAINING

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。

奇石乐中国有限公司

北京

地址: 北京市西城区裕民路18号
北环中心A座1702室
邮编: 100029
电话: 010 - 8220 8400

上海

地址: 上海市徐汇区宜山路1398号
1号楼102室
邮编: 201103
电话: 021 - 2351 6000

西安

地址: 西安市高新区科技路37号
海星城市广场A座1307室
邮编: 710075
电话: 029 - 8834 8096

重庆

地址: 重庆市渝中区新华路201号
联合国际大厦4611室
邮编: 400010
电话: 023 - 6330 6626

武汉

地址: 武汉市洪山区珞瑜路889号
光谷国际广场A座1110
邮编: 430074
电话: 027 - 8777 7753

长春

地址: 长春市净月开发区生态大街2188号
环球贸易中心2栋1219室
邮编: 130022
电话: 0431 - 8860 9656

瑞士奇石乐集团

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

www.kistler.com

KISTLER

measure. analyze. innovate.