

● 电子工具丛书

传感器敏感元器件 大全

● 张福学等 编著

● 电子工业出版社

R73.274073
586

电子工具丛书

传感器敏感元器件大全

张福学等 编著



电子工业出版社

9110084

内 容 提 要

全书分三篇 48 章, 第一篇含 42 章, 全面、系统地介绍了各类传感器敏感元器件的原理、结构、性能、数据和应用; 第二篇介绍接口电路、变送器和测试装置, 计 4 章; 第三篇介绍我国和美、日、苏等 13 个国家和地区近 5000 家厂商的产品和通信处。全书编入国内外 5000 多个型号的产品。

本书融资料性、实用性一体, 取材精练, 数据齐全, 编排新颖, 查阅方便, 是一本具有大容量信息的实用性极强的大型工具书, 具有保存价值。阅读本书可以概括了解我国及世界各国和地区的传感器敏感元器件的生产、科研情况。本手册每两年更新一次。

本书适宜于从事传感器敏感元器件的生产、科研、销售、管理、技术开发以及大专院校有关专业的师生阅读。

电子工具丛书

传感器敏感元器件大全

张藕学等 编著

责任编辑 龚兰方 高平

*

电子工业出版社出版 (北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

北京科技印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 61.75 字数: 2000 千字

1990 年 7 月第一版 1990 年 7 月第一次印刷

印数: 平装 3000 册 定价: 58 元 (平装)

精装 3500 册 定价: 64 元 (精装)

ISBN7-5053-0792-4/TN·289 (平装)

ISBN7-5053-0796-7/TN·292 (精装)

前 言

1988年2月《实用传感器手册》出版后,立即销售一空,应广大读者要求,1990年3月已第三次印刷。这种现象出现在国内科技图书萧条时期,实属少见。1988年6~12月,《中国电子报》连载了《传感器电子学及其应用》,1989年1~12月,《国际电子报》连载了《传感器应用》。两报连载后,立即收到数以百计信函,其中多数是寻问国内外各类敏感元器件与传感器的技术性能、应用技术和生产厂家。上述这些情况从一个侧面在一定程度上说明,传感器技术是信息社会的重要基础,获取信息离不开传感器,发展传感器技术已刻不容缓。

为了推动传感器电子学的发展,在《实用传感器手册》的基础上,编著了《传感器敏感元器件大全》,该书计划两年更新一次内容,不断出新版本。盼国内外敏感元器件与传感器的企事业单位不断推荐新产品,使该书逐渐完善,成为一本当代名副其实的《传感器敏感元器件大全》。

为了使用方便,该书基本上是根据各企事业单位的产品进行分类。为了让用户了解产品原技术规范,国外未用国际标准单位符号的产品,书中仍保留原单位符号。

北京信息工程学院张毅同志为该书出版做了大量组织工作,提供了国外传感器厂商名录,并审阅了全书。华中理工大学高国伟同志审阅了1~15章稿件,并提供部分医用传感器产品介绍。机械电子工业部第四十九研究所李兴腾同志提供了国内敏感元器件与传感器企事业名录。云南大学田文杰、北京化工学院管卫文和北京理工大学管卫群同志分别审阅了全书。北京信息工程院李擎、肖航、马岳、范茂彦、胡信裕和杨秀峰同志,北京理工大学余立志和苏中同志,云南大学吴兴惠和胡问国同志,北京大学朱印康和黄桂森同志,空军工程设计研究局王德盛同志,南京航空学院余瑞芬同志,东南大学袁易全同志,机械电子工业部华北光电技术研究所王秀銮同志,他们推荐了产品介绍,为该书出版付出了辛勤的劳动。在此,向以上诸位表示衷心的感谢!

由于编著者水平有限,书中必有谬误。敬请广大读者批评指正,以便再版时更正。

张福学

1990年4月20日于北京信息工程学院

目 录

第一编 敏感元器件与传感器	
第一章 角速率、角加速度和角度陀螺	1
§ 1.1 角速率陀螺	1
§ 1.2 角加速度陀螺	8
§ 1.3 角度陀螺	9
§ 1.4 激光陀螺	12
第二章 转速、角度和角位移传感器	13
§ 2.1 转速传感器	13
§ 2.2 角度传感器	18
§ 2.3 角位移传感器	20
§ 2.4 编码器	22
§ 2.5 圆感应同步器	26
§ 2.6 数显箱	26
§ 2.7 分度台(头)	27
§ 2.8 检查仪与垂直镜	30
§ 2.9 光栅数显系统	31
第三章 倾斜仪	33
§ 3.1 倾斜仪	33
§ 3.2 倾角传感器	35
§ 3.3 测斜定向系统和水准器	36
第四章 线性加速度表	37
§ 4.1 挠性加速度表	37
§ 4.2 液浮和半液浮加速度表	40
§ 4.3 伺服加速度计	40
§ 4.4 压电线性加速度传感器	41
§ 4.5 其他线性加速度传感器	42
第五章 振动和冲击传感器	43
§ 5.1 压电振动加速度传感器	43
§ 5.2 压阻式振动加速度传感器	51
§ 5.3 硅-蓝宝石加速度传感器	56
§ 5.4 磁电式加速度传感器	56
§ 5.5 电容式加速度传感器	57
§ 5.6 挠性加速度传感器	58
§ 5.7 高温加速度传感器	59
§ 5.8 ENDEVCO 型压电加速度传感器	59
§ 5.9 阻抗头	62
§ 5.10 内装电子电路的压电加速度传感器	63
§ 5.11 发动机和机翼测振传感器	66
§ 5.12 光电(OE)加速度计和压力传感器	67
§ 5.13 冲击加速度传感器	67
§ 5.14 加速度校准仪	71
§ 5.15 其他加速度传感器	72
第六章 速度传感器	74
§ 6.1 速度传感器	74
§ 6.2 激光测速仪	76
§ 6.3 流速和流向传感器	76
§ 6.4 速度数字显示仪	77
第七章 位移传感器	79
§ 7.1 位移传感器	79
§ 7.2 线位移传感器	82
§ 7.3 涡流位移传感器	84
§ 7.4 电感式位移传感器	86
§ 7.5 电容式位移传感器	88
§ 7.6 差动变压器式位移传感器	88
§ 7.7 应变式位移传感器	90
§ 7.8 霍尔效应位移传感器	92
§ 7.9 行程传感器	92
§ 7.10 高温高压位移传感器	93
§ 7.11 位移传感器与数显表	93
§ 7.12 其他位移传感器	95
第八章 长度、厚度和深度等尺寸传感器	98
§ 8.1 长度传感器	98
§ 8.2 光学计与干涉仪	100

§ 8.3	厚度传感器	101	§ 12.5	罗茨流量计	153
§ 8.4	深度传感器	103	§ 12.6	触点和压差流量计	154
§ 8.5	测孔传感器	104	§ 12.7	质量流量计	155
§ 8.6	尺寸传感器	104	§ 12.8	靶式流量计	156
§ 8.7	准直仪与垂高计	105	§ 12.9	燃料流量计	156
第九章	接近开关与传感器	106	§ 12.10	粉尘采样器与气流探头	157
§ 9.1	集成接近开关	106	§ 12.11	流速传感器	158
§ 9.2	接近开关	106	§ 12.12	流速、流量传感器	159
§ 9.3	接近传感器	108	§ 12.13	其他流量传感器	160
第十章	开关、继电器与控制器	110	第十三章	位置和距离传感器	162
§ 10.1	霍尔开关	110	§ 13.1	位置传感器	162
§ 10.2	磁开关	111	§ 13.2	霍尔线性传感器	165
§ 10.3	光电开关	112	§ 13.3	VE-221 型间隙探测器	166
§ 10.4	红外与热敏开关	118	§ 13.4	接触传感器	167
§ 10.5	舌簧开关	119	§ 13.5	高频涡流差动变压器	170
§ 10.6	无触点开关	122	§ 13.6	HCPL-3700型电平检测隔离器	170
§ 10.7	密封型开关	123	第十四章	阀和泵	172
§ 10.8	基本型开关	123	§ 14.1	电液伺服阀	172
§ 10.9	开关电路	124	§ 14.2	气动阀	174
§ 10.10	图象传感器式线性开关	125	§ 14.3	扫描阀	175
§ 10.11	继电器	125	§ 14.4	智能蝶阀	176
§ 10.12	控制器	127	§ 14.5	低噪音调节阀	176
第十一章	液位、界面和料位等传感器	129	§ 14.6	三通调节阀	177
§ 11.1	液体深度传感器	129	§ 14.7	电磁阀	177
§ 11.2	超声液位传感器	131	§ 14.8	换向阀	179
§ 11.3	电容式液位计	132	§ 14.9	节流阀	182
§ 11.4	浮子式液位计	133	§ 14.10	压力阀和气控滑阀	184
§ 11.5	光电液位传感器	134	§ 14.11	气动元件	185
§ 11.6	液位传感器	135	§ 14.12	泵	188
§ 11.7	液面传感器	137	第十五章	荷重传感器	191
§ 11.8	界面传感器	138	§ 15.1	荷重传感器	191
§ 11.9	液位控制器	140	§ 15.2	称重传感器	200
§ 11.10	料位及其控制器	141	§ 15.3	负荷传感器	202
第十二章	流量、流速和流向传感器	143	§ 15.4	电子秤	205
§ 12.1	超声流量计	143	§ 15.5	测力与称重传感器	207
§ 12.2	涡流传感器	145	第十六章	压力传感器	210
§ 12.3	电磁流量计	148	§ 16.1	压阻式压力传感器	210
§ 12.4	转子流量计	151	§ 16.2	压阻式绝对压力传感器	213

§ 16.3	应变式压力传感器	214	§ 17.10	电子差压传感器	275
§ 16.4	压差传感器	221	§ 17.11	机载差压传感器	275
§ 16.5	固态压力传感器	221	§ 17.12	湿差和湿-湿差压传感 器	276
§ 16.6	拉压和负压传感器	227	第十八章	质谱仪与真空计	278
§ 16.7	张丝压力传感器	231	§ 18.1	质谱仪	278
§ 16.8	硅-蓝宝石压力传感器	231	§ 18.2	电离规	279
§ 16.9	微压传感器	232	§ 18.3	热偶型真空规	280
§ 16.10	压电型压力传感器	234	§ 18.4	真空计	283
§ 16.11	压磁式压力敏传感器	241	第十九章	力矩、扭矩和转速传感器	285
§ 16.12	振动筒压力传感器	242	§ 19.1	力矩传感器	285
§ 16.13	膜式压力传感器	242	§ 19.2	扭矩传感器	286
§ 16.14	电感式和电容式压力传感 器	246	§ 19.3	转矩转速传感器	288
§ 16.15	电感调频式压力传感器	247	§ 19.4	起重力矩限制器	290
§ 16.16	弹簧压力计	248	§ 19.5	航面力矩负载模拟器	291
§ 16.17	压力探针	249	§ 19.6	磁敏无接触式传感器	291
§ 16.18	压力盒	249	第二十章	应力、张力和拉力等力敏传感 器	292
§ 16.19	活塞式压力计	251	§ 20.1	半导体应变片	292
§ 16.20	精密压力传感器	252	§ 20.2	应变计	293
§ 16.21	静压力传感器	253	§ 20.3	张力传感器	294
§ 16.22	动压力传感器	253	§ 20.4	张丝压力传感器	295
§ 16.23	爆炸和冲击压力传感器	257	§ 20.5	拉压传感器	297
§ 16.24	液压传感器	258	§ 20.6	石英力敏传感器	299
§ 16.25	气压传感器	259	§ 20.7	动态力传感器	301
§ 16.26	高温压力传感器	259	§ 20.8	压阻式和压电式力敏传感 器	302
§ 16.27	水冷式压力传感器	261	§ 20.9	水力传感器	304
§ 16.28	电子压力传感器	261	§ 20.10	直流发电机计力仪	304
§ 16.29	数字压力传感器	262	§ 20.11	测力锤	305
§ 16.30	其他压力传感器	265	§ 20.12	数字多路和应变放大测试 仪	305
第十七章	差压传感器	268	§ 20.13	其他力敏传感器	306
§ 17.1	高灵敏度差压传感器	268	第二十一章	编码器、耦合器和探测 器	308
§ 17.2	微差压传感器	268	§ 21.1	光电编码器	308
§ 17.3	差压传感器	269	§ 21.2	光轴编码器	310
§ 17.4	高差压和小差压传感器	270	§ 21.3	码标读出器与光电编码罗 盘	311
§ 17.5	绝对压力传感器	271			
§ 17.6	压阻式差压传感器	272			
§ 17.7	应变式差压传感器	273			
§ 17.8	电容式差压传感器	273			
§ 17.9	电感式差压传感器	274			

§ 21.4	光电耦合器件	312	§ 24.6	模拟传输光耦合器	377
§ 21.5	三极管型和光敏管型光耦合器	317	§ 24.7	光纤光电开关	378
§ 21.6	高速光耦合器	319	§ 24.8	光纤传感器	378
§ 21.7	光伏探测器	319	第二十五章 红外敏感器件与传感器	380	
§ 21.8	四象限和六象限硅光电探测器	322	§ 25.1	红外发光二极管	380
§ 21.9	混合集成光电探测器	323	§ 25.2	光敏二极管	383
§ 21.10	其他光探测器	323	§ 25.3	红外光电晶体管	385
第二十二章 图像和光功率传感器	325	§ 25.4	红外 CCD 传感器	387	
§ 22.1	线性和面积图像传感器	325	§ 25.5	热像仪与摄像传感器	388
§ 22.2	图像传感器	326	§ 25.6	红外线传感器	389
§ 22.3	摄像器件与传感器	328	§ 25.7	非接触式温度传感器	391
§ 22.4	光功率传感器	330	§ 25.8	红外温度传感器	391
第二十三章 光敏和色敏元器件与传感器	331	§ 25.9	红外线辐射温度检测器	393	
§ 23.1	光敏电阻器	331	§ 25.10	热释电探测器	394
§ 23.2	发光二极管	331	§ 25.11	HgCdTe 红外探测器	397
§ 23.3	光电二极管	336	§ 25.12	钽酸锂和铌酸锶钡红外探测器	399
§ 23.4	雪崩光敏二极管	348	§ 25.13	硫化铅红外探测器	402
§ 23.5	光电三极管	350	§ 25.14	铋化铟和碲锡铅光伏探测器	402
§ 23.6	光测量头	358	§ 25.15	红外接收器与探测器	403
§ 23.7	光敏组件	359	§ 25.16	热电堆	405
§ 23.8	线性测量传感器	360	§ 25.17	红外光束火灾探测器	406
§ 23.9	反射式和发射式光电传感器	360	§ 25.18	路面冻结检测装置	406
§ 23.10	光电断路器	364	第二十六章 射线传感器	408	
§ 23.11	检测窗	366	§ 26.1	紫外线传感器	408
§ 23.12	色敏传感器	367	§ 26.2	β 射线传感器	410
§ 23.13	硅光电池	368	§ 26.3	紫外线和 X 射线探测器	411
§ 23.14	光度计	371	§ 26.4	紫外可见分光光度计	411
§ 23.15	其他光敏元器件与传感器	372	§ 26.5	微波传感器	412
第二十四章 光纤传感器	376	第二十七章 热敏元器件与传感器	413		
§ 24.1	光纤	376	§ 27.1	热敏电阻	413
§ 24.2	光纤位移传感器	376	§ 27.2	电阻式温度传感器	424
§ 24.3	光纤转速传感器	376	§ 27.3	热电偶	430
§ 24.4	光纤压力传感器	376	§ 27.4	温度应变片	431
§ 24.5	光纤测温仪	377	§ 27.5	温控晶闸管	433
			§ 27.6	石英温度传感器	433
			§ 27.7	铂电阻温度传感器	434
			§ 27.8	半导体结感温传感器	436

§ 27.9	热释光探测器和剂量计	437	§ 29.3	RM 型硅电压敏电阻器	486
§ 27.10	辐射高温计	441	§ 29.4	环形电压敏电阻器	486
§ 27.11	温度计	441	§ 29.5	高压电压敏电阻器	487
§ 27.12	温度探测器与探针	443	§ 29.6	避雷器	487
§ 27.13	高温计	444	第三十章 气敏元器件与传感器		489
§ 27.14	集成温度传感器	445	§ 30.1	气敏元器件	489
§ 27.15	薄膜热敏传感器	446	§ 30.2	气敏传感器	493
§ 27.16	钢弦式温度传感器	447	§ 30.3	气敏检测仪	496
§ 27.17	表面温度传感器	447	§ 30.4	氧传感器	498
§ 27.18	深温传感器	448	§ 30.5	氢敏感器件与检测仪	502
§ 27.19	袖珍温度传感器	449	§ 30.6	氨分析器	504
§ 27.20	数字温度传感器	450	§ 30.7	环境氦氢仪	504
§ 27.21	巡回检测仪	452	§ 30.8	可燃气体敏感器件	505
§ 27.22	热流计与能量计	452	§ 30.9	一氧化碳传感器	506
§ 27.23	控温仪与测温系统	454	§ 30.10	二氧化碳分析仪	506
§ 27.24	水、油、舱、管道和介质温度传感器	455	§ 30.11	二氧化硫分析器	508
§ 27.25	其它热敏传感器	457	§ 30.12	甲烷敏元器件	509
第二十八章 磁敏元器件与传感器		459	§ 30.13	烟度检测器	509
§ 28.1	磁敏电阻	459	§ 30.14	气体分析仪	510
§ 28.2	磁敏管	459	§ 30.15	红外气体分析仪	512
§ 28.3	霍尔元件与传感器	460	§ 30.16	气相色谱仪	516
§ 28.4	硅霍尔器件	462	§ 30.17	酒敏断电器等其他气敏传感器	517
§ 28.5	锗霍尔元器件	463	第三十一章 湿敏元器件与传感器		519
§ 28.6	砷化镓霍尔器件	464	§ 31.1	湿敏器件	519
§ 28.7	砷化镓霍尔元器件	466	§ 31.2	湿度传感器	520
§ 28.8	磁敏传感器	467	§ 31.3	陶瓷湿敏元件与传感器	524
§ 28.9	磁强计	473	§ 31.4	四氧化三铁湿敏元件与传感器	526
§ 28.10	线性传感器	475	§ 31.5	氧化铝湿度分析仪	526
§ 28.11	线性集成电路	476	§ 31.6	电容式湿度传感器	527
§ 28.12	开关集成电路	476	§ 31.7	湿度计	529
§ 28.13	电流传感器	477	§ 31.8	露点计	531
§ 28.14	霍尔无触点传感器	479	§ 31.9	水分和湿度分析仪	533
§ 28.15	天线	480	§ 31.10	DWS-P 型温度-湿度传感器	533
§ 28.16	双片检测器	480	§ 31.11	HD型湿度和露点检测仪	534
§ 28.17	磁力安装座	481	§ 31.12	湿度控制器	535
第二十九章 电压敏传感器		482			
§ 29.1	氧化锌电压敏电阻器	482			
§ 29.2	碳化硅电压敏电阻器	485			

第三十二章 离子敏传感器	536	§ 35.4 探头	586
§ 31.1 离子计	536	§ 35.5 噪声计	588
§ 32.2 离子敏场效应晶体管	536	§ 35.6 听力计	588
§ 32.3 离子选择性电极	538	§ 35.7 超声检漏传感器	589
§ 32.4 酸度计	542	第三十六章 气象传感器	591
§ 32.5 硫酸浓度计	544	§ 36.1 探空仪	591
§ 32.6 盐度计	545	§ 36.2 测云仪	592
§ 32.7 酸碱度计	545	§ 36.3 气压传感器	593
§ 32.8 pH 计	546	§ 36.4 风速传感器	595
§ 32.9 其他	547	§ 36.5 超声波风速温度仪	598
第三十三章 生物传感器	548	§ 36.6 湿度传感器	599
§ 33.1 生物电极	548	§ 36.7 干湿表	600
§ 33.2 医用涂胶电极	548	§ 36.8 积雪仪	600
§ 33.3 工业和医用酶电极分析 仪	549	第三十七章 地质传感器	602
§ 33.4 生物氧测量仪	551	§ 37.1 土压力盒	602
第三十四章 医用敏感器件与传感器	552	§ 37.2 土压力计	604
§ 34.1 医用电极	552	§ 37.3 土压力传感器	605
§ 34.2 血压传感器	554	§ 37.4 孔隙水压力计	606
§ 34.3 张力和收缩力传感器	555	§ 37.5 电感调频式孔隙水压力传感 器	608
§ 34.4 生理压力传感器	557	§ 37.6 土和岩石应力传感器	609
§ 34.5 脑压传感器	559	§ 37.7 钻探和地震监测用应变 仪	610
§ 34.6 心音与颈动脉压传感器	560	§ 37.8 应力测量系统	610
§ 34.7 脉象传感器	562	§ 37.9 钻探用温度计	611
§ 34.8 胃和消化道传感器	563	§ 37.10 DS 型地听器	611
§ 34.9 组织液压传感器	564	§ 37.11 地震仪和检波器	611
§ 34.10 皮肤传感器	564	第三十八章 物理参数和电性能传感 器	613
§ 34.11 氧测量仪	565	§ 38.1 密度传感器	613
§ 34.12 流量传感器	565	§ 38.2 浓度计	615
§ 34.13 超声换能器	566	§ 38.3 浊度检测仪	617
§ 34.14 测温传感器	568	§ 38.4 粘度计	618
§ 34.15 力-位移换能器	570	§ 38.5 粗糙度传感器	619
§ 34.16 冲击和加速度传感器	571	§ 38.6 颗粒尺寸分析仪	619
§ 34.17 电场治疗仪	571	§ 38.7 硬度计	621
§ 34.18 其他医用传感器	575	§ 38.8 膨胀传感器	622
第三十五章 声和超声传感器	577	§ 38.9 电导计	623
§ 35.1 传声器	577	§ 38.10 表面电位传感器	624
§ 35.2 声和超声换能器	579		
§ 35.3 水听器	585		

§ 38.11	光束漂移检测仪	624	§ 42.4	速度和长度计	648
§ 38.12	旋光仪	625	§ 42.5	轨道计轴传感器	649
§ 38.13	物理量的其他检测仪	625	§ 42.6	多参数测试仪	649
第三十九章	验证声音、笔迹和指纹等特征的传感技术	628	§ 42.7	数字式传感器通用指示仪	649
§ 39.1	AVVS型验证语音和笔迹的装置	628	§ 42.8	其他传感器	650
§ 39.2	语音验证系统	629			
§ 39.3	用于身份验证的压电笔	630	第二编	传感器的接口电路、变送器和测试装置	
§ 39.4	签字验证书写台	630			
§ 39.5	指纹自动识别仪	631	第四十三章	传感器及其接口电路	653
第四十章	智能传感器	632	§ 43.1	DN 型霍尔集成电路	653
§ 40.1	智能转矩转速仪	632	§ 43.2	JCM100型磁敏接口电路	655
§ 40.2	智能位移传感器	632	§ 43.3	电流型磁敏元件接口集成电路	655
§ 40.3	智能压力传感器	633	§ 43.4	SG59003型传感器接口电路	655
§ 40.4	智能应力仪	634	§ 43.5	A-LWF-3型应变放大接口适配仪	656
§ 40.5	智能电子秤	634	第四十四章	传感器的变送器	657
§ 40.6	智能流量计	635	§ 44.1	位移变送器	657
§ 40.7	智能离子浓度计	635	§ 44.2	半导体压力变送器	658
§ 40.8	动态智能传感器测量仪	636	§ 44.3	固态压力变送器	659
第四十一章	报警器	637	§ 44.4	扩散硅压力变送器	660
§ 41.1	可燃、有害气体、烟雾及火灾报警器	637	§ 44.5	应变式压力变送器	662
§ 41.2	可燃气/烟雾报警器	638	§ 44.6	电感式和电容式压力变送器	663
§ 41.3	可燃性气体报警器	638	§ 44.7	矢量压力变送器	664
§ 41.4	氢气报警仪	640	§ 44.8	编码压力变送器	664
§ 41.5	甲烷报警器	640	§ 44.9	其他压力变送器	665
§ 41.6	液位报警器	641	§ 44.10	压差变送器	670
§ 41.7	液位和界面报警仪	642	§ 44.11	流量变送器	672
§ 41.8	断液报警器	643	§ 44.12	液位变送器	675
§ 41.9	压力报警仪	643	§ 44.13	料位变送器	677
§ 41.10	红外报警器	644	§ 44.14	深度变送器	677
§ 41.11	数字显示报警仪	644	§ 44.15	密度变送器	677
§ 41.12	报警控制屏与防爆探头	644	§ 44.16	温湿度变送器	678
第四十二章	多功能传感器及其他实用传感器	646	§ 44.17	阀位变送器	679
§ 42.1	热敏和湿敏传感器	646			
§ 42.2	湿敏和气敏传感器	647			
§ 42.3	温度和压力传感器	648			

§ 44.18	功率变送器	679	§ 46.9	导轨工作台	732
§ 44.19	油耗变送器	680	§ 46.10	圆转台	732
§ 44.20	其他	680	§ 46.11	向径检查仪	733
第四十五章 惯导自动测试系统及转台			§ 46.12	多面棱体和直角五棱镜	734
§ 45.1	速率转台	682	§ 46.13	三坐标测量机和光学铰床	734
§ 45.2	陀螺漂移测试台	686	§ 46.14	动平衡机	735
§ 45.3	攻角模拟转台	687	第三编 传感器厂商名录		
§ 45.4	极轴翻滚台	687	第四十七章 中国传感器企事业名录		
§ 45.5	倾斜转台	688	§ 47.1	北京市	737
§ 45.6	摇摆台	689	§ 47.2	天津市	750
§ 45.7	突停转台	689	§ 47.3	河北省	754
§ 45.8	线加速度模拟转台	690	§ 47.4	山西省	756
§ 45.9	三轴飞行模拟转台	690	§ 47.5	内蒙古自治区	757
§ 45.10	气浮轴测试台	691	§ 47.6	辽宁省	758
§ 45.11	机械支撑轴测试台	697	§ 47.7	吉林省	764
§ 45.12	双轴测试系统	699	§ 47.8	黑龙江省	766
§ 45.13	三轴测试系统	701	§ 47.9	上海市	768
§ 45.14	模拟器	704	§ 47.10	江苏省	776
§ 45.15	陀螺自动检测系统	707	§ 47.11	浙江省	784
§ 45.16	惯导测试系统	710	§ 47.12	安徽省	788
§ 45.17	分度台装置	712	§ 47.13	福建省	790
§ 45.18	导弹测试系统	717	§ 47.14	江西省	792
§ 45.19	双轴位置和速度定位器	717	§ 47.15	山东省	793
§ 45.20	直接驱动带环境箱离心机	718	§ 47.16	河南省	795
§ 45.21	其他惯导测试和运动模拟设备	719	§ 47.17	湖北省	797
§ 45.22	其他测试装置	721	§ 47.18	湖南省	802
第四十六章 其他传感器的测试装置			§ 47.19	广东省	804
§ 46.1	测试与数据系统	723	§ 47.20	海南省	807
§ 46.2	放大器	725	§ 47.21	广西壮族自治区	808
§ 46.3	滤波器	727	§ 47.22	四川省	809
§ 46.4	信号发生器和载波解调器	727	§ 47.23	贵州省	814
§ 46.5	记录仪	728	§ 47.24	云南省	815
§ 46.6	定标源与辐射源	728	§ 47.25	陕西省	816
§ 46.7	振动和摆动台	729	§ 47.26	甘肃省	819
§ 46.8	油膜滑台	731	§ 47.27	宁夏回族自治区	820
			§ 47.28	青海省	820

§ 47.29	新疆维吾尔自治区	820	§ 48.3	苏联	960
第四十八章	国外传感器厂商名录	821	§ 48.4	其他国家和地区	961
§ 48.1	美国	821			
§ 48.2	日本	932			

第一编 敏感元器件与传感器

第一章 角速率、角加速度和角度陀螺

§ 1.1 角速率陀螺

PFRS 型压电射流速率传感器

PFRS 型压电射流速率传感器的工作原理如图 1.1 所示,射流是由压电泵激励产生的一种气态层流束,它对哥氏加速度特别敏感。射流束以恒速度 v_j 运动,当沿传感器壳体的输入轴加上角速率 ω_j 时,射流束即偏离中心位置。偏离的量值和方向决定于外加角速率的矢量特性。设偏离的量值为 y ,则哥氏加速度

$$y = 2\omega_j v_j$$

经过两次积分可得偏离量

$$y = \omega_j v_j t^2 \quad (1.1)$$

敏感元件(一对导线)设置在距离喷嘴 L 处,显然, $L = v_j t$, 故还可得到偏离量的另两种表达式

$$y = \omega_j L t \quad (1.2)$$

$$y = \omega_j \frac{L^2}{v_j} \quad (1.3)$$

由上述偏离量 y 的三种表达式可知,流束位置的偏离量正比于垂直射流轴外加的输入角速率的量值。由式 (1.2) 可看出,在恒输入角速率 ω_j 的条件下,射流的偏离量正比于射流的长度 L 和射流迁移时间 t 的乘积。由式 (1.3) 可看出,当射流长度 L 一定时,偏离量反比于射流速度 v_j 。

由图 1.1 可看出,角速率使射流偏离中心位置并作用到敏感元件 T 上,敏感元件因受射流冷却而发生电阻变化,使电桥失去平衡,输出正比于角速率的电信号。

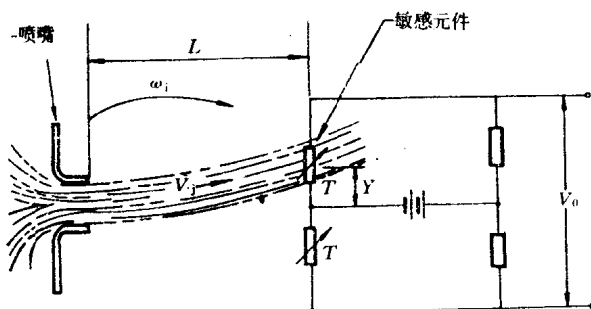


图 1.1 工作原理图

PFRS 型压电射流速率传感器的结构剖面图如图 1.2 所示,在传感器中连续循环地通过喷嘴的恒速层流由压电泵产生,压电泵是由两片薄的压电晶片和一片周界弹性安装环组

成，压电晶片用作调谐元件使泵以固有频率振动。^①

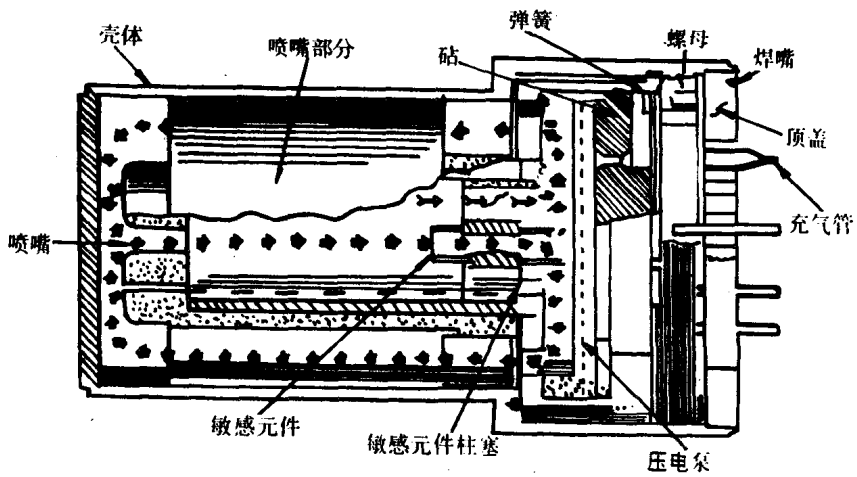


图 1.2 结构剖面图

PFRS 型压电射流速率传感器实际上是一种固态速率陀螺,它具有陀螺的功能而没有传统陀螺的高速转子,因此这种固态速率陀螺的耐高冲击和高可靠性等特点是传统陀螺不可相媲美的。固态速率陀螺的寿命至少比传统陀螺的寿命高 100 倍,其 MTBF>250000h。这种固态速率陀螺能承受 16000g 的冲击,比传统陀螺能承受的冲击加速度高 100 倍以上。

PFRS 型压电射流速率传感器可用于导弹、飞机、舰船、工业自动化和机器人等技术领域,是测量和控制角速度、角加速度和角位移等角参数的关键部件。它是末制导炮弹和耐高冲击高可靠机器人姿态控制不可缺少的惯性器件,用于末制导炮弹滚控系统,储存可靠度>0.9906,工作可靠度>0.9999995。其性能如下表。

PFRS-18.2.3.39 型压电射流速率传感器的性能

动态范围 (° / s)	500 ± 100	比例系数 (V / ° / s)	0.0062 ± 0.002
线性度 (%FS)	<1	噪声灵敏度	可忽略不计
灵敏限 (° / s)	<0.1	耐冲击 (g)	纵向 16000, 横向 5000
分辨率 (° / s)	<0.1	MTBF (h)	250, 000
零位输出 (° / s)	<1	准备时间 (ms)	<80
固有频率 (Hz)	40	工作温度 (℃)	-40 ~ 50
零位漂移 (° / s / min)	<0.1	电源	± 15V DC; 22mA
滞后 (° / s)	0.6	体积 (cm ³)	172
g 灵敏度 (° / s)	1.0	重量 (g)	340
振动灵敏度 (° / s)	2 (≈ 2000Hz)	参考价格 (元)	500 ~ 2000

^① 张福学等编著《压电电应用》，国防工业出版社，1987年3月第一版。

PFRS-123 型压电射流速率传感器的性能

动态范围 (° / s)	0.01~60	固有频率 (Hz)	> 15
分辨率 (° / s)	<0.01	准备时间 (ms)	< 80
比例系数 (V / ° / s)	0.150	工作温度 (°C)	-40~+50
零位漂移 (° / s / h)	0.1	工作电源	± 15VDC; 200mA
零位输出 (° / s)	0.05	外形尺寸 (cm ³)	140
线性度 (%FS)	< 1	重量 (g)	≈ 300
阻尼	0.5	参考价格 (元)	2000~5, 000

研制单位 北京信息工程学院传感器电子学研究所惯性技术研究室

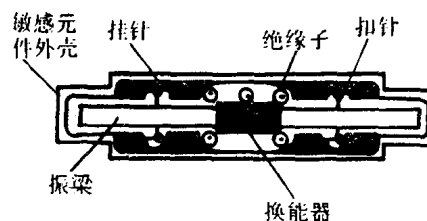
PCRG 型角速率传感器

PCRG 型角速率传感器的工作原理如图 1.3 所示。在恒弹性合金或晶体梁上贴上两对压电换能器，当给驱动换能器加电压时，则梁在驱动方向的质点产生位移速度 v 。若沿梁纵轴 (z 轴) 方向输入角速度 ω 时，那么，在垂直于驱动换能器的读出换能器上必然受到惯性力 F 作用，该力正比于 ω ，即：

$$F \propto \omega \times v$$

由于压电效应，读出换能器输出正比于 ω 的电压。

能敏感 x 、 y 、 z 轴向角速度的传感器的总体结构如图 1.4 所示。



(b) 敏感元件图

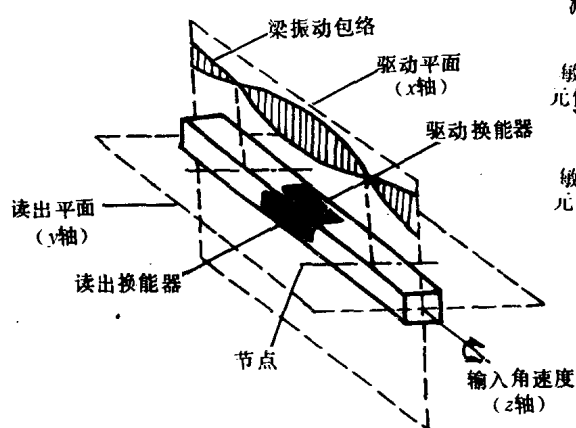
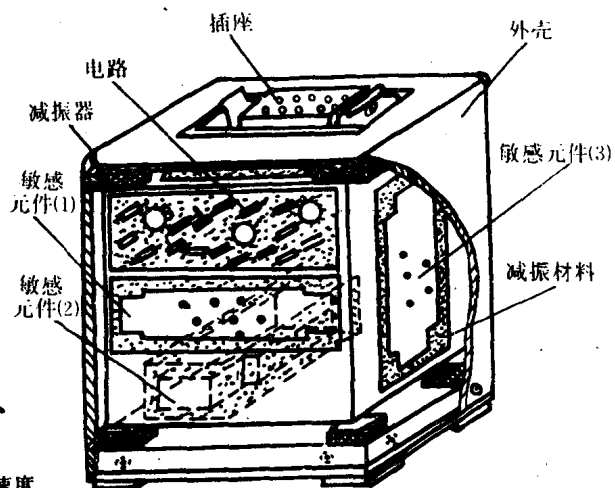


图 1.3 工作原理示意图



(a) 总体图

图 1.4 结构示意图

PCRG 型角速率传感器有能敏感单轴 (z) 向、双轴 (x, y) 向和三轴 (x, y, z) 向角速度三种类型①, 其典型产品的主要性能列于下表。

型号	参数性能	动态范围 ($^{\circ}/s$)	灵敏度 ($^{\circ}/s$)	准备时间 (min)	零位漂移 (mV/h)	固有频率 (Hz)	阻尼比	比例系数 (mV/ $^{\circ}/s$)
1Y931-4	x	± 600	3	<30	<30	>25	>0.2	5
	y	± 60						
	z	± 60						

研制单位 机械电子工业部第二十六研究所重庆分部

重载单自由度液浮速率陀螺

重载单自由度液浮速率陀螺可用于卫星、导弹、舰船、飞机控制姿态和测量摇摆速度。

角速度 ($^{\circ}/s$)	绝对误差 ($^{\circ}/s$)	相对误差 (%)	随机漂移 ($^{\circ}/h$)	外形尺寸 (mm)
0.02	8×10^{-4}	1	<0.25	80 × 120

研制单位 上海交通大学

角速度和角加速度传感器

这种传感器可用于测量角速度和角加速度。

固有频率 (Hz)	角速度 ($^{\circ}/s$)	线性度 (%)	阻尼比	外形尺寸 (mm)
>15	0.1~25	5	0.4	85 × 85 × 170

研制单位 机械电子工业部第二〇一研究所(北京)

气流角速度传感器

如图 1.5 所示, 当喷嘴喷出的气流直线进入空间时, 热敏电阻丝 W_1 和 W_2 处于均匀冷却状态, 电桥输出 V_0 为零。当输入角速度为 ω 时, 气流在热敏电阻丝之间发生偏转, 偏转的多少跟 L 的平方成正比, 这时冲击到 W_1 的气流增强而冲击到 W_2 的气流减弱, 电桥失去平衡, 从而输出 V_0 。结构见图 1.6 所示。

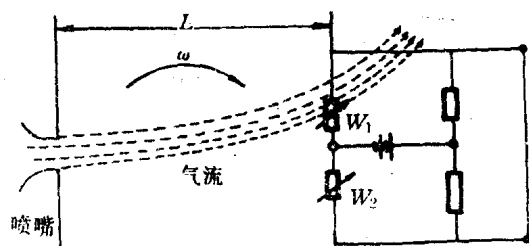


图 1.5 工作原理图

① 张福学著《压电晶体力和加速度传感器》，四川科学技术出版社，1985年3月第一版。