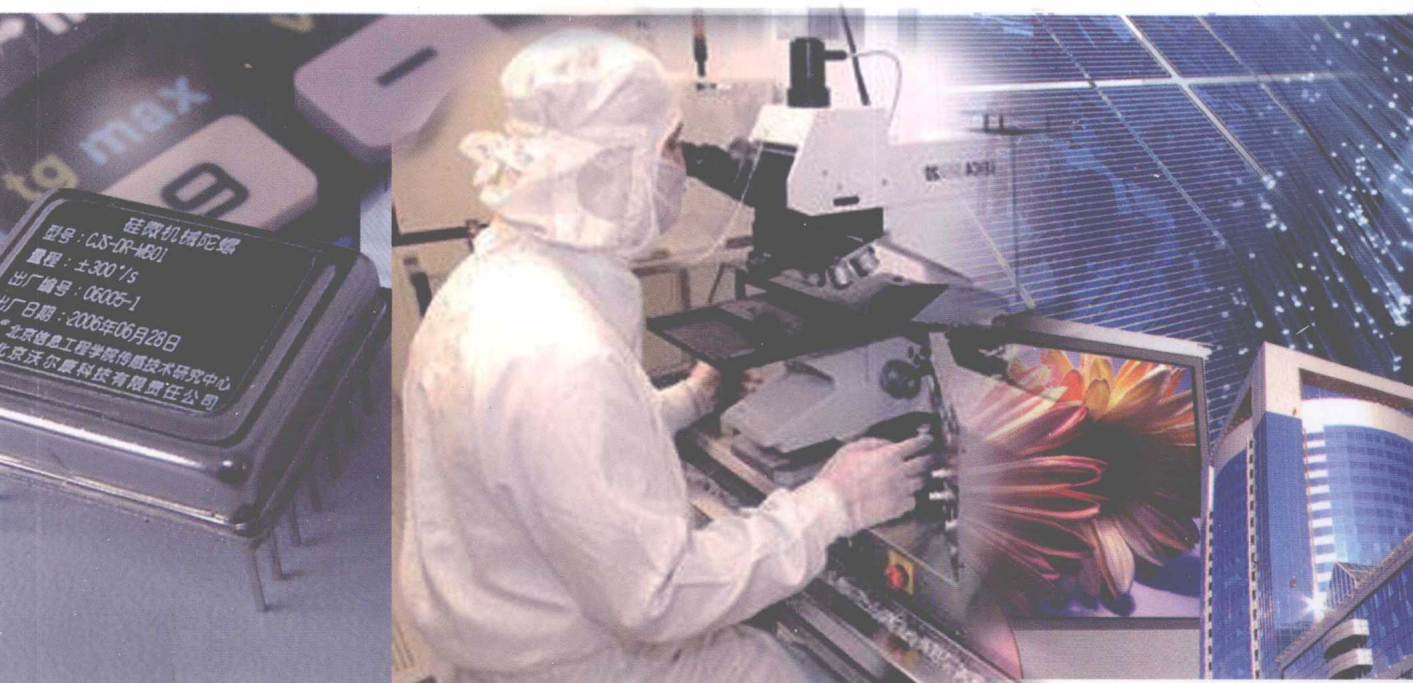


# 2009/2010

# 传感器与执行器大全

## —— 传感器 · 变送器 · 执行器(年卷)



中国电子学会敏感技术分会  
北京电子商会传感器分会

编

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



# 2009/2010

## 传感器与执行器大全(年卷)

——传感器·变送器·执行器

中国电子学会敏感技术分会  
北京电子商会传感器分会

编



机械工业出版社

本书是中国电子学会敏感技术分会和北京电子商会传感器分会年卷编委会编写的出版物,每年一卷。本年卷分3部分,第1部分介绍压电效应(续)、热释电效应、电光和声光效应的应用,生物的压电性及其应用;第2部分介绍传感器、变送器和执行器产品及技术指标;第3部分介绍研究、生产和销售这些产品的技术支持单位的信息资料。

本书是选用传感器与执行器的必备手册,可供传感器、变送器与执行器生产、研制和应用的厂商及科技工作者阅读,也可供高等院校相关专业的师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

传感器与执行器大全:传感器·变送器·执行器. 2009/2010年卷/中国电子学会敏感技术分会等编.—5版.—北京:机械工业出版社,2011.2

ISBN 978-7-111-33213-8

I. ①传… II. ①中… III. ①传感器—手册②变送器—手册③执行器—手册 IV. ①TP212-62 ②TH86-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第013951号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张沪光 责任编辑:张沪光 阎洪庆

封面设计:陈沛 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011年5月第5版·第1次印刷

184mm×260mm·47.25印张·2插页·1175千字

标准书号:ISBN 978-7-111-33213-8

定价:158.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

《传感器与执行器大全》(年卷)已连续出版 13 卷,《2009/2010 传感器与执行器大全》已是第 14 卷。为了方便科技人员掌握传感器基础知识,从《1999/2000 传感器与执行器大全》开始,增加了传感器基础知识部分,本卷主要介绍压电铁电学基础及其应用(下)。

本书主要分如下 3 部分:

第 1 部分分为 4 篇,共 13 章。第 2 篇压电效应的应用(续),共 8 章,介绍了应用压电铁电材料的各种传感器的原理、功能、结构;第 3 篇热释电效应的应用,共 1 章,介绍了热释电效应有关的应用 40 例;第 4 篇电光和声光效应的应用,共 3 章,介绍了压电声光器件、压电铁电光学器件和光铁电效应的应用;第 5 篇生物的压电性及其应用,共 1 章,介绍了生物聚合物的压电性、生物压电性的应用和电场治疗仪。

第 2 部分分为 3 篇,共 39 章。第 1 篇敏感元器件与传感器,共 28 章,全面、系统地介绍了各类敏感元器件与传感器的原理、结构、性能和用途;第 2 篇变送器,共 4 章,介绍了各类变送器的原理、结构、性能和用途;第 3 篇执行器,共 7 章,介绍了执行器与执行机构、阀、泵、接近开关、调节器与连接器,控制器和报警器等原理、结构、性能和用途。全书共介绍产品 438 种,其中国内产品 392 种。

第 3 部分是研制、生产和销售传感器、执行器与变送器的国内外厂商的技术支持单位的信息资料,计 4993 家,其中国内厂商 1247 家。

传感器与执行器的种类和研制、生产的企事业单位很多,鉴于篇幅有限,已在《实用传感器手册》、《传感器敏感元器件实用指南》,以及《1997/1998 传感器与执行器大全》至《2007/2008 传感器与执行器大全》中编入的产品介绍,本书一般不再编入,敬请产品介绍未被编入本书的传感器企事业单位谅解。此外,编入本书的产品介绍基本上保持了各厂商的特色,这样就出现了有的产品命名、所用术语、图形符号及计量单位不符合国家标准公布的规定,为了方便读者查阅各厂商产品,这里不做标准方面的统一工作,在此也请读者注意。

为了适应传感器、变送器和执行器市场的需要,计划每年编辑出版《传感器与执行器大全》(年卷)。新卷本一般仅收集编入市场前景好的产品,欢迎国内外企事业单位和个人向编者推荐新的传感器、变送器与执行器产品。

由于编者水平有限,书中错漏难免,敬请读者批评指正。

编者

## 《传感器与执行器大全》(年卷) 编委会

- 顾问** 罗沛霖(中国科学院院士,中国工程院院士)
- 主任委员** 毕克允(原中国电子科学研究院副院长)
- 副主任委员** 孔祥荣(中国电子学会敏感技术分会副主任委员)  
王文襄(中国电子学会敏感技术分会副主任委员)  
李士平(北京电子学会常务理事,北京电子报总编辑)  
杨定江(中国电子学会敏感技术分会副主任委员)  
陈克铭(中国电子学会敏感技术分会名誉副主任委员)  
周志刚(中国电子学会敏感技术分会名誉副主任委员)  
范茂军(中国电子学会敏感技术分会副主任委员)  
郑振兴(中国电子学会敏感技术分会副主任委员)  
赵志刚(中国电子学会敏感技术分会副主任委员)  
郭以述(中国电子学会敏感技术分会名誉主任委员)  
郭源生(中国电子学会敏感技术分会副主任委员)  
鲍敏杭(中国电子学会敏感技术分会名誉副主任委员)
- 委员** 朱强(中国电子学会敏感技术分会电压敏专业学部)  
王文襄(中国电子学会敏感技术分会力敏专业学部)  
张年容(中国电子学会敏感技术分会磁敏专业学部)  
杨定江(中国电子学会敏感技术分会光敏专业学部)  
胡文成(中国电子学会敏感技术分会温敏专业学部)  
廖源彪(中国电子学会敏感技术分会光纤专业学部)  
崔大付(中国电子学会敏感技术分会离子敏生物敏专业学部)  
黄兆新(中国电子学会敏感技术分会气湿敏专业学部)  
张富(中国电子学会敏感技术分会应用专业学部)
- 主编** 张福学(中国电子学会敏感技术分会主任委员)
- 副主编** 杨崇峰
- 编委** 李万忠 周倩 汪建文
- 参编和审校** 牛红磊 于小龙 谈林霞 邹越 唐建华 冯梅 刘宇  
李宪乐 严庆文 王丽坤 张伟 张磊 杨军 秦胜杰  
周华 周倩 岳萍 罗元海 欧国银 郭司琴 孟东  
高幸 于洋 赵辉 万品君 张增平 王凌 秦雷

# 目 录

前言

## 第 1 部分 压电铁电学基础及其 应用(下)

### 第 2 篇 压电效应的应用(续)

第 14 章 压电惯性传感器 .....	1
14.1 振梁型压电角速度陀螺 .....	1
14.2 双晶片型压电角速度陀螺 .....	4
14.3 圆管型压电角速度陀螺 .....	6
14.4 半球型压电角速度陀螺 .....	8
14.5 射流型压电角速度陀螺 .....	11
14.6 压电角加速度陀螺 .....	13
14.7 压电增稳器 .....	15
14.8 有角速度输出的压电倾斜仪 .....	16
参考文献 .....	17
第 15 章 压电加速度和力敏传感器 .....	18
15.1 压电过载加速度表 .....	18
15.2 压电倾斜仪 .....	20
15.3 静电陀螺的压电力敏传感器 .....	21
15.4 压电振动和冲击加速度表 .....	23
参考文献 .....	24
第 16 章 压电计测器 .....	25
16.1 压电车辆自动识别器 .....	25
16.2 微波压电车辆自动识别器 .....	26
16.3 石英晶体温度计 .....	27
16.4 石英晶体膜厚监控器 .....	28
16.5 数字厚度监控器 .....	29
16.6 压电汞蒸气探测器 .....	31
16.7 压电氰化物探测器 .....	32
16.8 检测氨的压电探测器 .....	33
16.9 检测 SO <sub>2</sub> 的压电探测器 .....	34
16.10 测量液体密度的压电传感器 .....	36
16.11 孪生体压电陶瓷传感器 .....	38
第 17 章 压电致动元件 .....	39
17.1 压电双晶片喷墨打印机 .....	39

17.2 压电微滴喷墨打印机 .....	40
17.3 压电彩色喷墨打印机 .....	41
17.4 压电振动风扇 .....	43
17.5 压电电控百叶窗 .....	44
17.6 压电陶瓷继电器 .....	45
17.7 压电高速大流量转换阀 .....	46
17.8 压电双晶片微型泵 .....	47
17.9 压电开关 .....	48
17.10 压电双晶片驱动的光纤开关 .....	49
17.11 压电双晶片驱动的摆动式 CCD 图像 摄像机 .....	50
第 18 章 在医疗技术中应用的压电力 敏传感器 .....	52
18.1 压电血压传感器 .....	52
18.2 简便式压电血压计 .....	54
18.3 压电脉搏计 .....	54
18.4 听诊器用的压电微音器 .....	55
18.5 用压电微音器的肺音诊断装置 .....	56
18.6 胎儿心音压电传感器 .....	58
18.7 加速度型心音计 .....	59
18.8 宫收缩监视压电传感器 .....	60
18.9 监视小儿呼吸的压电传感器 .....	61
18.10 检测啮力的压电传感器 .....	61
18.11 检测手指机械阻抗的压电传感器 .....	62
18.12 测量人体能量消耗的便携式加速度 装置 .....	63
18.13 检测人手迹和声特性的压电 传感器 .....	65
18.14 检测小生物心音的压电传感器 .....	66
18.15 压电助听器 .....	68
18.16 用压电电源的可携式 X 射线机 .....	69
18.17 压电鞋 .....	70
18.18 电控压电胰岛素泵和阀 .....	70
18.19 人造压电心脏 .....	73
参考文献 .....	75
第 19 章 压电超声诊断和治疗器件及装置 .....	76

19.1 压电超声诊断探头 .....	76	22.5 热释电微温计 .....	125
19.2 B型快速显像探头 .....	77	22.6 热释电辐射计——空间技术中的 应用 .....	126
19.3 压电超声多普勒探头 .....	78	22.7 电学定标热释电辐射计 .....	126
19.4 压电 DBDU 血流速度测定仪 .....	79	22.8 热释电反射计 .....	127
19.5 PVF <sub>2</sub> 超声换能器 .....	80	22.9 光度计与光谱仪接收器 .....	128
19.6 测量人体组织声速的压电共振法 .....	81	22.10 热释电光谱基准探测器 .....	129
19.7 超声全息压电换能器 .....	82	22.11 热释电激光探测器 .....	130
19.8 哺乳动物组织的超声性质 .....	83	22.12 入侵报警器 .....	131
19.9 压电超声治疗装置 .....	84	22.13 廉价遥控开关 .....	131
19.10 穴位超声治疗机 .....	85	22.14 火情报警器 .....	132
19.11 超声治疗肿瘤 .....	86	22.15 热释电型分选装置 .....	132
19.12 压电超声换能器粉碎肾结石 .....	87	22.16 热释电火车热轴检测器 .....	132
19.13 压电超声盲人导行装置 .....	88	22.17 气体分析与污染监测仪 .....	133
19.14 超声显微镜 .....	88	22.18 热释电差热分析仪 .....	134
19.15 我国压电超声诊断、治疗装置的进展 ..	89	22.19 热释电风速计 .....	135
参考文献 .....	90	22.20 热释电快速中性粒子束探测器 .....	136
<b>第 20 章 复合压电振子的应用</b> .....	91	22.21 热释电外差探测 .....	136
20.1 录像机磁头自动跟踪用压电致动器 ..	91	22.22 激发态极化探测器 .....	137
20.2 压电双晶片旋转电动机 .....	92	22.23 纳秒级强电脉冲发生器 .....	138
20.3 压电双晶片高速脉冲阀 .....	94	22.24 热释电能量转换器 .....	139
20.4 压电微电极驱动器 .....	96	22.25 热释电型热机 .....	140
20.5 压电蜂鸣器 .....	97	22.26 热释电电离型红外辐射转换器 .....	141
20.6 压电音叉 .....	99	22.27 热释电过滤除尘器 .....	142
20.7 机械滤波器 .....	101	22.28 热释电复印机 .....	144
20.8 压电耦合器 .....	102	22.29 绝热去极化制冷机 .....	146
20.9 压电双晶片光束扫描器 .....	104	22.30 热释电记忆元件 .....	147
20.10 电-声倍频器和混频器 .....	106	22.31 确定晶体的非中心对称结构 .....	148
<b>第 21 章 微位移器</b> .....	108	22.32 研究晶体的相变特性 .....	149
21.1 压电陶瓷位移发生器 .....	108	22.33 确定铁电晶体的极化状态 .....	149
21.2 压电步进位移器 .....	110	22.34 计算铁电晶体的居里常数 .....	150
21.3 压电流量阀 .....	112	22.35 观察铁电晶体的电畴结构 (热释电探针技术) .....	151
21.4 铁电-铁弹微定位器 .....	114	22.36 研究晶体的表面效应 .....	151
21.5 电致伸缩微位移器 .....	116	22.37 确定晶体中原(离)子的相对位移 ..	151
21.6 电致伸缩微角度调节器 .....	117	22.38 测量热释电晶体的热扩散率 .....	153
<b>第 3 篇 热释电效应的应用</b>		22.39 地球与行星内部的铁电性研究 .....	154
<b>第 22 章 热释电效应的应用及其器件</b> .....	119	22.40 生物热释电性研究 .....	155
22.1 热释电探测器 .....	119	参考文献 .....	156
22.2 热释电红外成像——利用探测器的 热成像 .....	122	<b>第 4 篇 电光和声光效应的应用</b>	
22.3 热释电红外成像——热释电 摄像管 .....	123	<b>第 23 章 压电声光器件</b> .....	157
22.4 热释电高温计 .....	124	23.1 声光调制器 .....	157

23.2	声光移频器	159
23.3	正常声光偏转器	160
23.4	反常声光偏转器	163
23.5	声光可调谐滤光器	165
23.6	多功能声光器件	166
23.7	多信道声光器件	168
23.8	表面(或薄膜)声光器件	169
23.9	声光功率谱分析器	171
23.10	空间积分声光相关器(卷积器)	172
23.11	时间积分声光相关器	173
23.12	声光傅里叶变换	174
	参考文献	174
<b>第24章</b>	<b>压电电光学器件</b>	<b>175</b>
24.1	电光强度调制器	175
24.2	电光相位调制器	178
24.3	克尔盒	178
24.4	行波调制器	179
24.5	电光开关	181
24.6	电光偏转器	183
24.7	光学频移和脉冲压缩器	184
24.8	光倍频器	185
24.9	光混频器	188
24.10	光参量放大和振荡器	189
24.11	铁电存储器	191
24.12	铁电显示器	193
24.13	电控双折射器件	194
24.14	铁电费匹克	196
24.15	光逻辑电路	198
24.16	电控光散射器件	199
24.17	反射式表面畸变型存储显示器	200
24.18	压电可变形反射镜	201
	参考文献	204
<b>第25章</b>	<b>光铁电效应的应用</b>	<b>205</b>
25.1	小功率高压发生器	205
25.2	光折变全息存储器	206
25.3	X射线全息存储器	208
25.4	实时双曝光全息干涉量度计	208
25.5	集成光学器件	209
25.6	四波混频	209
25.7	产生相位共轭波	211
25.8	放大相干图像	212
25.9	分析极性晶体的杂质中心特性	213

25.10	离子注入 PLZT 光铁电图像 存储显示器	213
-------	--------------------------	-----

## 第5篇 生物的压电性的应用

<b>第26章</b>	<b>生物的压电性及其应用仪器</b>	<b>215</b>
26.1	生物聚合物的压电性	215
26.2	生物压电性的应用	215
26.3	电场治疗仪	216
	参考文献	218

## 第2部分 传感器、变送器和执行器

### 第1篇 敏感元器件与传感器

<b>第1章</b>	<b>无驱动结构硅微机械陀螺仪</b>	<b>219</b>
1.1	工作原理	219
1.2	应用方法	220
1.2.1	在旋转弹单通道姿态稳定(继电控制) 系统中应用	220
1.2.2	在旋转弹三通道姿态控制(线性控制) 系统中应用	223
1.2.3	在旋转和非旋转弹姿态控制系统 中应用	226
1.2.4	在极坐标变换姿态控制系统 中应用	227
1.3	应用注意事项	231
1.3.1	旋转载体存在横向角速度	231
1.3.2	旋转载体自旋角速度变化的补偿 方法	231
1.4	陀螺技术性能	233
1.5	硬件电路	234
1.6	算法及软件	234
1.7	DSP 的应用	235
<b>第2章</b>	<b>转速传感器</b>	<b>237</b>
2.1	S-HS 型齿轮转速传感器	237
2.2	BJ1010D 型转速信号继电器	237
2.3	ZS-5 型反转速传感器	238
2.4	CS-1 型磁性转速传感器	238
2.5	SZMB-12 型磁电转速传感器	238
2.6	AP-981 型磁电式转速传感器	239
2.7	GZ-4 型转速传感器	239
2.8	LG-916/930 型光电式转速传感器	240



第3章 编码器 .....	241	4.13 LCF-196 型倾角传感器 .....	266
3.1 SUMTAK 编码器 .....	241	第5章 线性加速度传感器 .....	268
3.2 法国易蒂科 IDEACOD 编码器 .....	241	5.1 CAJZS-40 型压电石英加速度传感器 .....	268
3.3 ETAH VGA 编码器 .....	241	5.2 CARS 型气体摆式线性加速度	
3.4 ENB 系列旋转编码器 .....	242	传感器 .....	269
3.5 光洋编码器 .....	243	5.3 1210 型模拟式加速度传感器 .....	270
3.6 磁性编码器 .....	243	5.4 2430 型三轴模拟式加速度计 .....	272
3.7 ZKJD-BM-20 系列智能旋转编码器 .....	244	5.5 气体摆式微机械加速度计 .....	273
3.8 YL-H52S 旋转编码器 .....	244	5.6 其他加速度计及相关产品 .....	274
3.9 ZXP 系列旋转编码器 .....	245	5.6.1 1010 型数字式、1110 型门限式	
第4章 倾角传感器 .....	246	单轴加速度计 .....	274
4.1 气体摆式倾角传感器 .....	246	5.6.2 开架式三轴加速度计 .....	275
4.1.1 CJRS-A 型气体摆式倾角传感器 .....	246	5.6.3 2210 型模拟式加速度计模块 .....	275
4.1.2 CJRS-A01 型气体摆式倾角传		5.6.4 用于模拟式加速度计模块的	
感器 .....	247	2230 型组合安装件 .....	276
4.1.3 CJRS-B 型二维气体摆式倾角传		5.6.5 带连接器的测试板 .....	276
感器 .....	248	5.6.6 评测板 .....	277
4.1.4 CJRS-B01 型二维气体摆式倾角		5.6.7 3310 型加速度数据采集系统 .....	277
传感器 .....	249	5.7 加速度计及相关产品 .....	277
4.1.5 CJRS-B04 型低成本静态数字式气		5.7.1 通用型 M 系列加速度计 .....	278
体摆水平姿态传感器 .....	250	5.7.2 高稳定型 LF 系列加速度计 .....	279
4.1.6 CJRS-Z01 型动态气流式水平姿态		5.7.3 振动型 HF 系列加速度计 .....	281
传感器(有角速度输出) .....	251	5.7.4 封装外形及安装尺寸和引线	
4.1.7 全方位水平姿态传感器 .....	252	分配 .....	283
4.1.8 CJRS-K01 型抗干扰气体摆式倾角		5.7.5 加速度计附件 .....	283
传感器 .....	254	5.7.6 运用 CXLM 加速度计进行振动	
4.2 CZT-YD 系列压电石英倾斜仪 .....	254	分析及机械监测的方法 .....	287
4.3 CXT 系列倾角传感器 .....	256	5.8 CJSD-YD-5 型数字式压电石英加速度	
4.3.1 CXTILT 系列双轴数字式倾角		传感器 .....	288
传感器 .....	256	5.9 JHT-II-A 型石英线性加速度计 .....	289
4.3.2 CXTA 系列模拟式倾角传感器 .....	259	5.10 HBIN-801 型加速度传感器 .....	289
4.3.3 CXTSW 型双轴倾角开关 .....	260	5.11 LC01 系列内装 IC 压电加速度	
4.4 XS-51 型动态水平仪 .....	262	传感器 .....	290
4.5 LSO 系列力平衡伺服倾角传感器 .....	263	5.12 G21D7A1 型加速度传感器 .....	290
4.6 SCA120T 型双轴倾角传感器 .....	263	5.13 68C 型加速度传感器 .....	290
4.7 LE-60-OEM 型高性价比倾角传感器 .....	264	5.14 A260 系列线性伺服加速度传感器 .....	291
4.8 LSOC/LSOP 系列伺服倾角仪 .....	264	5.15 Model 4620 型加速度计 .....	291
4.9 HLPLANAR D 系列倾角传感器 .....	265	5.16 TJA 系列石英挠性加速度计 .....	292
4.10 HF 系列倾角传感器 .....	265	第6章 振动和速度传感器 .....	293
4.11 VTI 型单轴倾角传感器 .....	266	6.1 MS8000 系列加速度计 .....	293
4.12 SANG1000-S360 型单轴倾角		6.2 CVG25 型哥氏振动陀螺仪 .....	293
传感器 .....	266	6.3 TY-JP3 型振动传感器 .....	293

6.4	TMS-HZD 系列振动传感器	294	第 11 章	流量计	314
6.5	CN 系列专用振动传感器	294	11.1	NJS1LBX-7 型浑水流量计	314
6.6	GSC200 智能型速度传感器	295	11.2	LUGB 系列涡街流量计	314
6.7	KGX-SI 型速度传感器	295	11.3	HLUG 系列智能涡街流量计	315
6.8	JX60 系列振动速度传感器	296	11.4	DLFZ-STG100 型超声波流量计	315
第 7 章	线性位移传感器	297	11.5	LWGI 型插入式涡轮流量传感器	315
7.1	高精度 LVDT 传感器	297	11.6	LW 系列涡轮流量计	316
7.2	高温位移传感器	299	11.7	FYD9-LWGBDN15 型涡轮流量 传感器	316
7.3	JY9A6000TD 型位移传感器	300	11.8	LWQ-D 系列气体涡轮流量计	317
7.4	OD9000 系列电涡流位移传感器	300	11.9	SKLD 系列插入式电磁流量计	317
7.5	XS-D 系列线性位移传感器	300	11.10	一体化孔板流量计	318
7.6	SLT190 型非接触式线性位移 传感器	301	11.11	XM-L 系列智能流量积算仪	318
7.7	PTS420 型线性位置传感器	302	第 12 章	荷重传感器	319
第 8 章	厚度、距离和高度传感器	303	12.1	MCC-M 系列膜盒式高精度称重 传感器	319
8.1	测漆厚度传感器	303	12.2	JHBQ 系列桥式荷重传感器	319
8.2	CTM-S 型连续在线厚度测量传感器	303	12.3	M9W-315070 系列扭矩荷重传感器	319
8.3	INSIGHT-60 型激光测距传感器	303	12.4	SHYY-BH 型荷重传感器	320
8.4	INSIGHT-200 型激光测距传感器	304	12.5	HG-HXH-2 型荷重传感器	320
8.5	S80 系列激光距离传感器	304	12.6	CYB-15S 型高温压力传感器	321
8.6	943 系列超声波距离传感器	305	12.7	KHHY-3 型闸门开度双荷重测控仪	321
8.7	M312606 型超声波距离传感器	305	12.8	XHZ-3 型闸门荷重测控仪	321
8.8	40km 激光测距仪	306	第 13 章	力敏传感器	323
8.9	YH-3002 型高度数字传感器	306	13.1	压电力敏元件	323
第 9 章	孔径、圆度和对中仪	307	13.2	声纳用宽带换能器及换能器阵	323
9.1	JC100-1B 型孔径数显测量仪	307	13.3	CZA-107 型力敏传感器	324
9.2	Y9025C 型圆度仪	307	13.4	JF200 系列简易硅压阻式力敏 传感器	324
9.3	DTP-1000A/B 型圆度仪	308	13.5	STI200 型简易硅压阻式力敏 传感器	325
9.4	Y90 系列高速圆度仪	308	13.6	JLBM 系列医用拉压力传感器	325
9.5	DTP-1000BH 型圆度仪	309	13.7	YTZ-150/150B 型电阻远传压力表	326
9.6	RD60 II 型电机真圆度仪	309	13.8	C420 型柱式测力传感器	326
9.7	DTP-6000 型圆度仪	310	13.9	MCL-Z 系列柱式拉力传感器	326
9.8	MAC10 型机械对中仪	310	13.10	F 系列力传感器	327
第 10 章	液位和物位传感器	311	13.11	PTS638 型平行梁式称重传感器	327
10.1	PN-42S 型超声波液位计	311	13.12	WTP303S 型称重、测力传感器	328
10.2	CF-TD2000 型超声波液位计	311	第 14 章	光纤位移、温度传感器和陀螺仪	329
10.3	YRK 系列热扩散式液位开关	311	14.1	FBGD 系列探杆式光纤光栅位移 传感器	329
10.4	RJV-001 型高感度单棒振动式 物位开关	312	14.2	光纤光栅温度传感器	329
10.5	RPS-400A 系列超声物位传感器	312			
10.6	GAX60 R13/12 E10 LB 型位移 传感器	313			

14.3	FX-301-F 系列数字光纤传感器	329	19.2	800A/5V 型电流传感器	348
14.4	FX 型神视光纤传感器	330	19.3	LT 系列固定圆孔霍尔电流传感器	349
14.5	SEG20-25 系列光栅传感器	330	19.4	HTT 系列电流传感器	349
14.6	NA-08 型光栅传感器	331	19.5	3010 型电导仪	350
14.7	光敏传感器	331	19.6	H5-HI2300 型台式电导仪	350
14.8	313061 系列光纤传感器	332	<b>第 20 章</b>	<b>气敏传感器</b>	351
14.9	VG400CA 系列垂直光纤陀螺	332	20.1	BKR-3 型可燃性气体检测报警仪	351
<b>第 15 章</b>	<b>功率计与光度计</b>	334	20.2	BKG-1800 型固定式安装气体检测 探头	351
15.1	UT231 型数字钳形功率计	334	20.3	XOY-3 型氧气检测报警仪	352
15.2	HP438A 型功率计	334	20.4	BSQ-1 型钢瓶液化石油气残气报 警仪	353
15.3	HP437B 型功率计	335	20.5	MQK-II 型气敏传感器	353
15.4	W1-PHOTOLAB S6/S12 型光度计	335	20.6	TP-2 常温型一氧化碳传感器	353
15.5	UV762 型紫外分光光度计	336	20.7	FIGARO 型气敏传感器	354
15.6	754 型紫外分光光度计	336	<b>第 21 章</b>	<b>湿敏(水分)传感器与露点仪</b>	355
15.7	752S 型紫外可见分光光度计	337	21.1	TDC220 型土壤水分传感器	355
<b>第 16 章</b>	<b>红外测温仪与热像仪</b>	338	21.2	AQUA-TEL-TDR 型土壤水分 传感器	355
16.1	TESTO 845 型红外测温仪	338	21.3	XR61-TDR2 型土壤湿度传感器	356
16.2	ULTIMAX PLUS 型便携式红外 测温仪	338	21.4	M270498 型土壤水分传感器	356
16.3	AR882A 型便携/在线两用式远红外 测温仪	339	21.5	XSA2AS-DP-CCT009 型露点仪	357
16.4	人体专用红外测温仪	339	21.6	3-035-R001 型露点仪	357
16.5	XT12-ETI-8820 型枪形远红外线 测温仪	340	21.7	JNY24-D-22A 型露点仪	357
16.6	S660 型红外热像仪	340	21.8	AZ-8716 型露点仪	358
16.7	I-101 型热像仪	341	21.9	GPDP 系列精密露点仪	359
<b>第 17 章</b>	<b>温度传感器</b>	342	21.10	XPDM 系列便携式露点仪	359
17.1	FBGT 系列温度传感器	342	21.11	DS1000 型便携式露点仪	360
17.2	LM35 型温度传感器	342	21.12	DMT340 系列露点仪	360
17.3	DJW 系列 Pt100 温度传感器	343	<b>第 22 章</b>	<b>声敏传感器</b>	361
17.4	SI-111 型红外温度传感器	343	22.1	灵敏度可调式水听器	361
17.5	MID10LT4 型红外测温传感器	344	22.2	CYMBAL-A 型压电换能器	362
<b>第 18 章</b>	<b>磁敏传感器</b>	345	22.3	SITRANS AS 100 型声敏传感器	363
18.1	YD61-18B 型磁电式有源传感器	345	22.4	SITRANS CU 02 型声敏传感器的 控制器	363
18.2	SZMZ-02 型磁敏转速传感器	345	22.5	M37757 系列光纤声音传感器	364
18.3	ZY39-SZMZ-01 型磁敏转速传感器	345	22.6	SITRANS CU 02 型声敏传感器	364
18.4	MRPVL-1 型磁敏传感器	346	<b>第 23 章</b>	<b>硬度、密度和浊度传感器</b>	365
18.5	WYF1-SZCG-1 型磁电转速传感器	346	23.1	DHT-100 型里氏硬度仪	365
18.6	MK2C 型磁致伸缩位移传感器	346	23.2	数显洛氏硬度计	365
18.7	SZ-4 型磁电式速度传感器	347	23.3	YD200 型实验室水质硬度计	365
<b>第 19 章</b>	<b>电流传感器与电导仪</b>	348	23.4	TL-880 型液体在线密度变送器	366
19.1	SDA-G 型直流大电流传感器	348			

23.5	CS-116 型在线液体密度计	366	28.1	传感器厚膜电路用氧化铝 SMD 陶瓷 基板	390
23.6	6M288396 型石油密度传感器	367	28.2	DICE-CG1 型传感器与检测技术 实训台	390
23.7	CL-MD21 型密度传感器	367	28.3	HY-811 型传感器与检测技术 实验台	391
23.8	WQ720 型浊度传感器	368	28.4	XY-Ⅲ B 型检测与转换技术实验 装置	392
23.9	OBS-3A 型浊度传感器	368	28.5	XK3110-E 系列称重显示控制器	393
<b>第 24 章</b>	<b>多功能传感器</b>	<b>369</b>	28.6	DH6020D 型智能压力校验设备	394
24.1	多功能智能传感器	369	28.7	变速箱测试系统	394
24.2	动调型惯性组合	372	28.8	CSY910 型传感器教学实验仪	394
24.3	低成本高精度寻北仪	373	28.9	CSY-998G 型传感器光电实验台	396
24.4	静电振动型惯性组合	374	28.10	CSY9XX 系列传感器系统实验仪	397
24.5	低成本高精度多功能双轴水平仪	375	28.11	CYB-91S 系列试压爆破测试控制 系统	398
24.6	MS 系列车载多功能传感器	376	28.12	XZD-T7206 型便携式振动校验台	399
24.7	S5 系列多功能传感器	376			
24.8	NV-MS 系列车载多功能传感器	377	<b>第 2 篇 变 送 器</b>		
24.9	S2 系列多功能传感器	378	<b>第 29 章</b>	<b>物位、液位和流量变送器</b>	<b>400</b>
<b>第 25 章</b>	<b>风速计</b>	<b>379</b>	29.1	UDE 系列射频导纳物位变送器	400
25.1	AVM03 型风速计	379	29.2	JLD-D04 导波型雷达物位变送器	400
25.2	KA41 型风速计	379	29.3	JCS-02 型超声波物位传感器	401
25.3	AZ-8918 型风速仪	380	29.4	ZGL-M 系列超声波物位传感器	401
25.4	AR846 型风速计	380	29.5	HDP601S 型带现场显示投入式液位 传感器	402
25.5	MODEL KA22 型热式风速仪	380	29.6	VS 小型振动式物位传感器	402
25.6	DWYER 471-2 型热风速仪	381	29.7	TS1001 型液位变送器	403
<b>第 26 章</b>	<b>扭矩、力矩传感器</b>	<b>382</b>	29.8	BP301 系列法兰式静压液位 变送器	403
26.1	XLT 系列扭矩传感器	382	29.9	DBS300 型旋入式液位变送器	404
26.2	HX-90B 型数字式扭矩仪	382	29.10	BP900 系列沉入式静压液位 变送器	404
26.3	MCN-J 系列扭矩传感器	383	29.11	STLP 型液位变送器	405
26.4	CQT-Ⅱ型扭矩测量仪	383	29.12	LWGB 型涡轮流量变送器	405
26.5	ORT-803 型旋转扭矩传感器	383	29.13	SF 系列目视流量变送器	405
26.6	HG-NJ-5 型扭矩传感器	384	29.14	8550 系列流量变送器	406
26.7	ZRN503 系列旋转扭矩传感器	384	<b>第 30 章</b>	<b>压力、差压变送器</b>	<b>407</b>
26.8	NJO 型转矩转速传感器	385	30.1	LHB700 紧凑型压力变送器	407
26.9	CYB-805S 超小型扭矩传感器	385	30.2	HF-1151 系列电容式差压/压力 变送器	407
26.10	YKT-3、LTS 型力矩电机控制器	386	30.3	SRY-3851/1151 系列小型化电容式	
<b>第 27 章</b>	<b>传感器用电路</b>	<b>387</b>			
27.1	油量传感器用厚膜电路	387			
27.2	DHMY 系列厚膜电路	387			
27.3	节气门传感器用厚膜电路	387			
27.4	JTC 系列汽车节气门位置传感器 用厚膜电路	388			
27.5	节气门位置传感器用厚膜电路	388			
27.6	摩托车传感器用陶瓷电路板	388			
<b>第 28 章</b>	<b>传感器试验用设备仪器</b>	<b>390</b>			

压力(差压)变送器.....	408
30.4 DS-1151、3051 SDP 系列微差压 变送器.....	408
30.5 KYB14 型一体化差压变送器.....	409
30.6 CYB-3051DP/DR 系列智能差压 变送器.....	409
<b>第 31 章 温度、露点变送器</b> .....	410
31.1 温度变送器.....	410
31.2 SBWR、SBWZ 系列热电偶、热电阻温度 变送器.....	410
31.3 JCJ100F 型温度变送器.....	411
31.4 SDA-H1 智能型风道湿度变送器.....	411
31.5 DMT242 型露点变送器.....	411
31.6 MICHELL EASIDEW 型在线陶瓷露点 变送器.....	412
31.7 DMT340 系列露点变送器.....	413
31.8 HD2001 系列风速变送器、多功能 传感器.....	413
<b>第 32 章 电流、电容和压阻式变送器</b> .....	414
32.1 电流变送器.....	414
32.2 PA-20 型单相交流电流变送器.....	414
32.3 PK9015E 型交流电压电流采集模块.....	414
32.4 1151 系列电容式变送器.....	415
32.5 NDY-1151 系列电容式变送器.....	415
32.6 RS-1017 型二线制电压隔离变送器.....	416
<b>第 3 篇 执 行 器</b>	
<b>第 33 章 执行器与执行机构</b> .....	417
33.1 电动旋转执行器.....	417
33.2 RC 系列电动执行器.....	417
33.3 罗托克(ROTORC)电动执行器.....	418
33.4 ZXQ98 型电动执行器.....	418
33.5 DKJ 型电动执行器.....	419
33.6 QGSY 系列精小型气动执行机构.....	420
33.7 SD 系列电动执行机构.....	420
33.8 HKJ 系列智能执行机构.....	421
<b>第 34 章 阀</b> .....	422
34.1 德国 GSR 型先导式电磁阀.....	422
34.2 HD7B41X 型液控止回阀.....	422
34.3 H44F46 型旋启式止回阀.....	423
34.4 H44H/W 系列旋启式止回阀.....	423
34.5 ZJHN 系列气动薄膜双座调节阀.....	424

34.6 CV3000-HLS 型小口径单座调节阀.....	424
34.7 ZJHY 型气动薄膜小流量调节阀.....	425
34.8 DKZ 系列直行程电动执行器.....	425
<b>第 35 章 泵</b> .....	426
35.1 BL-3 型薄膜泵.....	426
35.2 ISG 系列管道离心泵.....	426
35.3 2BV 系列水环式真空泵.....	427
35.4 QBY 型气动隔膜泵.....	427
35.5 KCB 系列不锈钢齿轮油泵.....	428
35.6 SZB 系列水环式真空泵.....	429
<b>第 36 章 接近开关</b> .....	430
36.1 MY-COM 型精密开关.....	430
36.2 BALLUFF 型接近开关.....	430
36.3 MINSSEN 型接近开关.....	431
36.4 TP-S 系列接近开关.....	432
36.5 BZJ-211 型色标光电开关.....	432
36.6 FKC3430 系列电容式接近开关.....	433
<b>第 37 章 调节器与连接器</b> .....	434
37.1 315.ORG 型调节器.....	434
37.2 TTM110 系列智能数字调节器.....	434
37.3 P20 型防水连接器.....	434
37.4 IDC 型连接器.....	435
37.5 TJC4 型条形连接器.....	435
<b>第 38 章 控制器</b> .....	436
38.1 KD3-160A 型焊接控制器.....	436
38.2 PA10 系列多功能传感器控制器.....	436
38.3 JB-33 型多功能角度传感器.....	437
38.4 WLK 系列控制器.....	437
38.5 ZK-2 型自动张力控制仪.....	437
<b>第 39 章 报警器</b> .....	439
39.1 “神眼通”彩信报警器.....	439
39.2 HM-110M1GSM 型短信拨号报警器.....	439
39.3 可燃气体报警器.....	440
39.4 HY-KH2808 型红外现场报警器.....	440

### 第 3 部分 传感器与执行器技术支持

一、中国.....	441
1. 北京市.....	441
2. 天津市.....	457
3. 河北省.....	457

4. 山西省 .....	461	四、德国 .....	695
5. 内蒙古自治区 .....	462	五、法国 .....	711
6. 辽宁省 .....	463	六、意大利 .....	718
7. 吉林省 .....	470	七、瑞士 .....	722
8. 黑龙江省 .....	470	八、英国 .....	726
9. 上海市 .....	471	九、荷兰 .....	729
10. 江苏省 .....	480	十、瑞典 .....	731
11. 浙江省 .....	486	十一、比利时 .....	732
12. 安徽省 .....	490	十二、丹麦 .....	733
13. 福建省 .....	492	十三、加拿大 .....	734
14. 江西省 .....	494	十四、奥地利 .....	735
15. 山东省 .....	495	十五、爱尔兰 .....	736
16. 河南省 .....	498	十六、芬兰 .....	736
17. 湖北省 .....	498	十七、土耳其 .....	737
18. 湖南省 .....	501	十八、挪威 .....	737
19. 广东省 .....	502	十九、以色列 .....	738
20. 广西壮族自治区 .....	515	二十、斯洛文尼亚 .....	738
21. 海南省 .....	515	二十一、澳大利亚 .....	738
22. 重庆市 .....	515	二十二、新加坡 .....	739
23. 四川省 .....	517	二十三、匈牙利 .....	739
24. 贵州省 .....	520	二十四、南非 .....	740
25. 云南省 .....	521	二十五、希腊 .....	740
26. 陕西省 .....	521	二十六、葡萄牙 .....	740
27. 甘肃省 .....	524	二十七、白俄罗斯 .....	740
28. 青海省 .....	525	二十八、捷克 .....	741
29. 宁夏回族自治区 .....	525	二十九、新西兰 .....	741
30. 新疆维吾尔自治区 .....	526	三十、西班牙 .....	741
31. 香港特别行政区 .....	526	三十一、克罗地亚 .....	741
32. 台湾省 .....	527	三十二、爱沙尼亚 .....	741
二、美国 .....	528	三十三、卢森堡 .....	742
三、日本 .....	631	三十四、波兰 .....	742

# 第 1 部分 压电铁电学基础及其应用(下)<sup>⊖</sup>

## 第 2 篇 压电效应的应用(续)

### 第 14 章 压电惯性传感器

压电陀螺是利用晶体压电效应敏感角参量的一种新型微型固体惯性传感器<sup>[1-3]</sup>。压电陀螺消除了传统陀螺的转动部分,故陀螺寿命取得了重大突破,MTBF 达 10000h 以上。压电陀螺的出现,其意义不仅是增加了陀螺的一个新品种,更重要的是它的出现改变了陀螺的传统概念。

根据钱学森教授的倡导,我国 1970 年开始研制压电陀螺,目前在航天、航空与舰船等各领域获得了较广泛的应用。1983 年,“TYSY 型压电晶体速率陀螺”获国家优质产品银质奖,“三轴压电晶体角速率传感器”和压电陀螺用“铋锰锆钛酸铅(PMS)压电陶瓷”均先后获国家三等发明奖。

#### 14.1 振梁型压电角速度陀螺

##### 14.1.1 原理

振梁型压电角速度陀螺的工作原理如图 14-1 所示,其电原理框图如图 14-2 所示。

这种陀螺的核心元件是一根矩形振梁,振梁材料可以是恒弹性合金,也可以是石英或铌酸锂等晶体材料。在振梁的四个面上贴上两对压电换能器,当其中一对换能器(驱动和反馈换能器)加上电信号时,由于逆压电效应,梁产生基波弯曲振动<sup>[1]</sup>,即

$$X(t) = X_0 \sin \omega_c t \quad (14-1)$$

式中, $X_0$  是振动的最大振幅; $\omega_c$  是驱动电压的角频率。

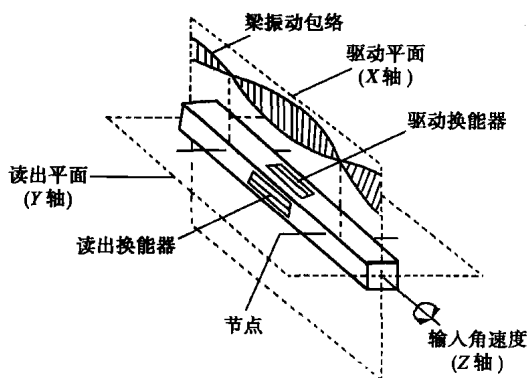


图 14-1 振梁型压电角速度陀螺的工作原理

⊖压电铁电学基础及其应用(上)参见《2008/2009 传感器与执行器大全(年卷)》。

上述振动在垂直于驱动平面的方向上产生线性动量  $mv$  ( $v$  是质点的线速度,  $m$  是质点的质量)。当绕纵轴 ( $Z$  轴) 输入角速度  $\omega_z$  时, 在与驱动平面垂直的读出平面内产生惯性力<sup>[1]</sup>

$$F = -2m(\omega_z v) \quad (14-2)$$

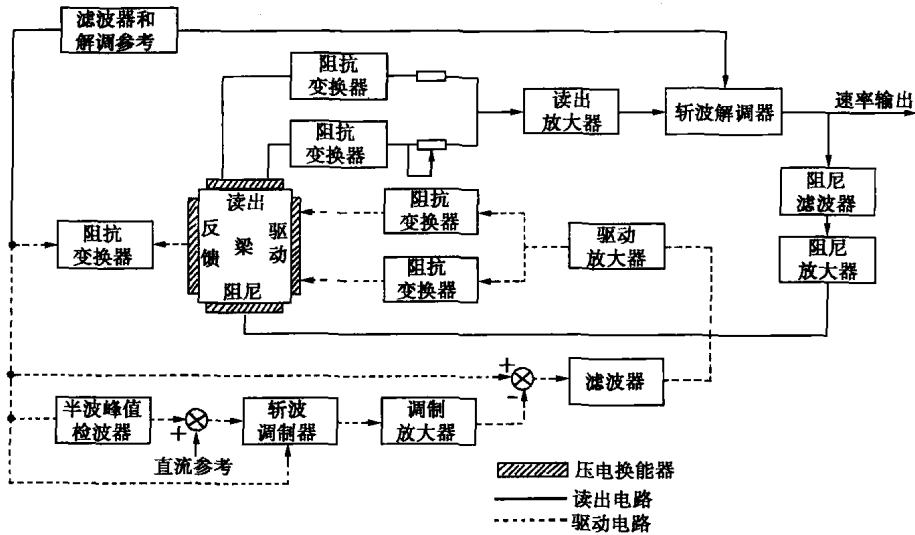


图 14-2 振梁型压电角速度陀螺的电原理框图

惯性力使读出平面内的一对换能器亦产生机械振动, 其振幅

$$y(t) = \frac{2X_0\omega_z}{\omega_c \left[ \left( 1 - \frac{\omega_c^2}{\omega_0^2} \right) + \left( \frac{\omega_c}{\omega_0 Q_0} \right)^2 \right]^{1/2}} \cos(\omega_c t - \phi_c) \quad (14-3)$$

$$\phi_c = \arctan \left[ \frac{\omega_c \omega_0}{Q_0 (\omega_0^2 - \omega_c^2)} \right] \quad (14-4)$$

式中,  $\omega_0$  和  $Q_0$  分别是读出平面的谐振角频率和机械品质因数。

由于压电效应, 惯性力在读出平面内产生的机械振动使读出面内的压电换能器产生电信号输出。输出电压的量值决定于振幅  $y(t)$ 。由式(14-3)和式(14-4)可知, 当振梁、压电换能器和驱动电压一定时, 输出电信号的大小仅与输入角速度  $\omega_z$  的大小有关。

### 14.1.2 结构

压电陀螺的敏感器件结构如图 14-3 所示。振梁尺寸根据使用要求确定, 梁的驱动谐振频率和尺寸的关系:

$$f_c = \frac{\alpha h}{2\pi l} \sqrt{\frac{Eg}{12\rho}} \quad (14-5)$$

式中,  $\alpha$  是与振动模式有关的常数;  $E$  是杨氏模量;  $l$  是梁的长度, 根据使用要求, 可设计成 30 ~ 150mm;  $h$  是梁弯曲方向的厚度, 根据使用要求, 可设计成 2 ~ 6mm;  $\rho$  是梁的密度;  $g$  是重力加速度。

压电陀螺是个弱阻尼二阶系统, 其固有频率近似于梁驱动和读出平面的谐振频率间隔。

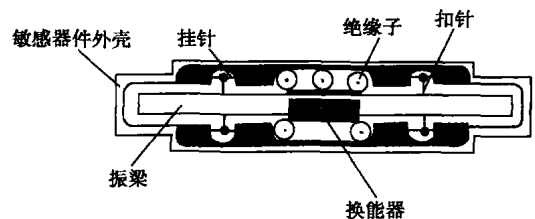


图 14-3 压电陀螺的敏感器件结构



频率间隔的近似公式：

$$f_0 - f_c \approx \frac{f_0}{2\phi_c Q_0} \quad (14-6)$$

式中,  $f_c$  和  $f_0$  分别是梁驱动和读出平面的谐振频率, 根据使用要求, 可设计成 1.0 ~ 10.0kHz;  $\phi_c$  是允许的最大相移, 一般要求小于  $1^\circ$ ;  $Q_0$  是读出平面的品质因数, 一般大于 1000。

将敏感器件和相应的电路组装在一起即构成一个完整的陀螺。仅安装一个敏感器件的陀螺, 称为单轴陀螺。安装两个相互垂直的敏感器件的陀螺, 称为双轴陀螺。安装三个相互垂直的敏感器件的陀螺, 称为三轴陀螺。图 14-4 是三轴陀螺的安装。

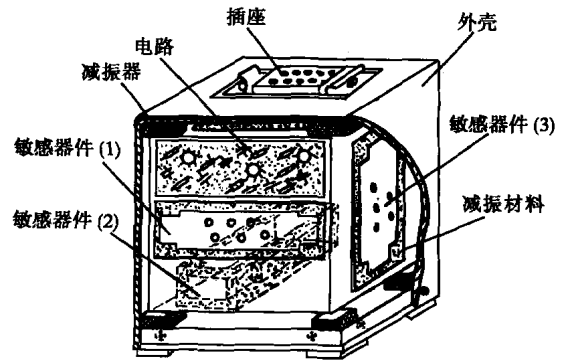


图 14-4 三轴压电陀螺的安装

### 14.1.3 性能

根据不同的使用要求, 压电陀螺可以设计成多种型号<sup>[3]</sup>, 表 14-1 给出振梁型压电角速度陀螺的一般性能指标。

表 14-1 振梁型压电角速度陀螺的一般性能指标

动态范围	$\pm 5 \sim \pm 5000^\circ/\text{s}$ (可调)	短期漂移	$\leq 0.01^\circ/\text{s}$
灵敏限	$\leq 0.01^\circ/\text{s}$	长期漂移	$< 0.2(^\circ/\text{s})/\text{h}$
比例系数	$0.5 \sim 1000\text{mV}/(^\circ/\text{s})$ (可调)	零位重复性	$< 0.2^\circ/\text{s}$
线性度	$< 1\%$ (满刻度)	交叉耦合	$< 1\%$
固有频率	50 ~ 200Hz	工作温度	$-40 \sim +60^\circ\text{C}$
阻尼比	0.2 ~ 1.0	MTBF	$> 10000 \text{ h}$

### 14.1.4 应用

压电角速度陀螺在各种遥测和控制系统中有着广泛的用途。由于压电角速度陀螺能承受恶劣环境, 因此它已是各种导弹试验必不可少的遥测仪表。同时, 压电角速度陀螺已成功地用于导弹的目标跟踪平台、飞机的增稳系统<sup>[1]</sup>、舰船的雷达稳定伺服系统。图 14-5 和 14-6 分别是使用压电角速度陀螺的遥测飞机上的相机平台系统和舰船的雷达稳定伺服系统框图。

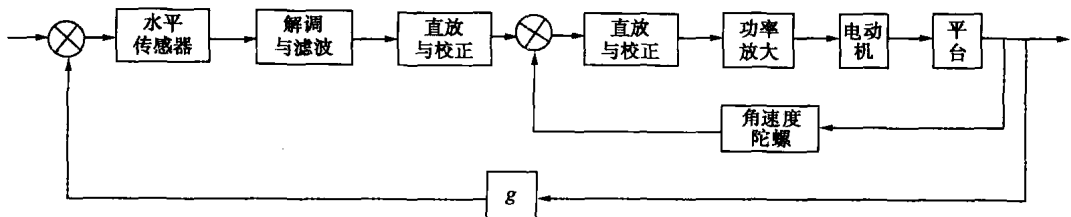


图 14-5 飞机上的相机平台系统框图