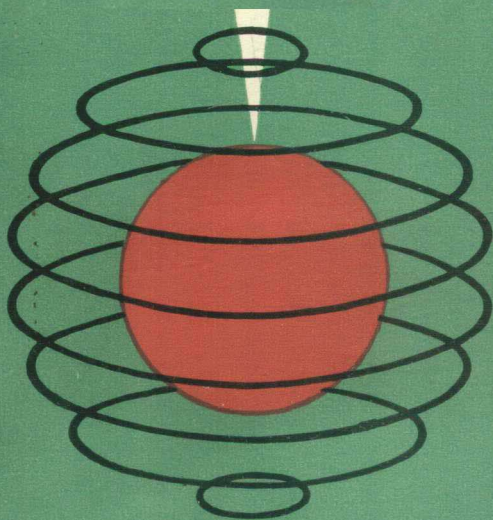


新型陀螺仪



新型陀螺仪

〔苏〕П. И. 马列耶夫 著

《新型陀螺仪》翻译组 译

国防工业出版社

1974

内 容 简 介

全书共分九章，介绍了下列各种新型陀螺仪的基本原理和发展概况：静电悬浮式陀螺仪、磁悬浮式陀螺仪、超导陀螺仪、液体转子式陀螺仪、粒子陀螺仪、无线电波及激光陀螺仪、振动陀螺仪及其它新型陀螺仪。其中多系美国在1970年前公开发表的资料。

本书可供从事陀螺仪及导航系统研究、设计工作的工程技术人员参考，对有关工业院校陀螺及导航专业的师生亦有裨益。

НОВЫЕ ТИПЫ ГИРОСКОПОВ

[苏] П. И. Малеев

ИЗДАТЕЛЬСТВО «СУДОСТРОЕНИЕ» 1971

*

新型陀螺仪

《新型陀螺仪》翻译组 译

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张 6 1/2 162千字

1974年5月第一版 1974年5月第一次印刷 印数：0,001—5,400册

统一书号：15034·1352 定价：0.54元

目 录

前言(节译).....	7
绪论.....	10
第一章 静电支承转子陀螺仪.....	15
§ 1.1 建立静电支承的物理基础.....	15
§ 1.2 研制静电支承转子陀螺仪的某些特殊问题.....	18
§ 1.3 控制转子支承静电场的随动系统.....	20
§ 1.4 在转子赤道平面上有凸缘的陀螺.....	25
§ 1.5 空心球形转子陀螺.....	27
§ 1.6 影响陀螺精度的因素.....	34
§ 1.7 静电支承转子陀螺的发展阶段和使用前景.....	37
第二章 磁支承转子陀螺.....	43
§ 2.1 磁支承的物理基础.....	44
§ 2.2 磁支承的优缺点(与电支承相比较).....	47
§ 2.3 陀螺的原理图.....	49
§ 2.4 影响陀螺精度的因素.....	53
§ 2.5 转子起动的特点.....	54
§ 2.6 利用磁谐振回路支承的特点.....	55
§ 2.7 利用谐振支承来改善液浮陀螺的定心.....	58
第三章 超导陀螺.....	61
§ 3.1 用于超导陀螺的超导体的基本特性.....	62
§ 3.2 制造超导磁力支承的物理基础.....	66
§ 3.3 研制超导陀螺仪的专门问题.....	71
§ 3.4 转子材料.....	72

§ 3.5	超导转子的起动	74
§ 3.6	转子旋转轴的安置	76
§ 3.7	陀螺的结构图	77
§ 3.8	影响陀螺精度的因素	80
§ 3.9	工作温度的保证	82
§ 3.10	超导陀螺的发展阶段和使用前景	84
第四章	流体转子陀螺仪	87
§ 4.1	流体转子陀螺的作用原理	87
§ 4.2	流体动力球形转子陀螺仪	90
§ 4.3	流体动力液浮陀螺仪	94
§ 4.4	闭环管路流体动力陀螺仪	96
§ 4.5	磁性流体动力陀螺的作用原理	97
§ 4.6	圆筒状水银转子磁性流体动力陀螺仪	99
§ 4.7	扭杆支承的液体圆环转子磁性流体动力陀螺仪	101
§ 4.8	液体转子陀螺仪的特点	101
§ 4.9	限制流体转子陀螺仪灵敏度的因素	103
第五章	核子陀螺仪	105
§ 5.1	创制核子陀螺仪的物理基础	106
§ 5.2	磁化强度向量的进动	115
§ 5.3	陀螺仪工作物质的核子定向方法	121
§ 5.4	确定定向的方法	123
§ 5.5	核子陀螺仪的构造原理	126
§ 5.6	基于汞同位素的核子陀螺仪	132
§ 5.7	核子磁感应陀螺仪	136
§ 5.8	核子陀螺仪可能的精确度及其特点	139
第六章	环型非谐振陀螺仪	143
§ 6.1	创制环型非谐振陀螺仪的物理基础	144
§ 6.2	利用光学波段的环型非谐振陀螺仪所能达到的灵敏度	145
§ 6.3	利用无线电波段波长的陀螺仪	148

§ 6.4	利用比可见光波长更短的陀螺仪	150
第七章	激光陀螺仪	153
§ 7.1	激光陀螺仪的作用原理	154
§ 7.2	环型谐振陀螺仪辐射线的基本特性	158
§ 7.3	激光陀螺仪的特点及其研制工作中的特殊问题	163
§ 7.4	防止光束“自锁”现象的方法	166
§ 7.5	激光陀螺仪的分辨力	170
§ 7.6	测量范围	174
§ 7.7	激光陀螺仪的发展阶段	175
第八章	振动陀螺仪	179
§ 8.1	压电式陀螺仪	180
§ 8.2	振动-液体陀螺仪	181
§ 8.3	结束语	182
第九章	其它形式的新型陀螺仪	183
§ 9.1	射流陀螺仪	183
§ 9.2	离子陀螺仪	186
§ 9.3	放射性同位素陀螺仪	190
§ 9.4	偏振波陀螺仪	191
§ 9.5	环型约瑟夫逊陀螺仪	194
参考文献		199

新型陀螺仪

〔苏〕П. И. 马列耶夫 著

《新型陀螺仪》翻译组 译

国防工业出版社

1974

内 容 简 介

全书共分九章，介绍了下列各种新型陀螺仪的基本原理和发展概况：静电悬浮式陀螺仪、磁悬浮式陀螺仪、超导陀螺仪、液体转子式陀螺仪、粒子陀螺仪、无线电波及激光陀螺仪、振动陀螺仪及其它新型陀螺仪。其中多系美国在1970年前公开发表的资料。

本书可供从事陀螺仪及导航系统研究、设计工作的工程技术人员参考，对有关工业院校陀螺及导航专业的师生亦有裨益。

НОВЫЕ ТИПЫ ГИРОСКОПОВ

[苏] П. И. Малеев

ИЗДАТЕЛЬСТВО «СУДОСТРОЕНИЕ» 1971

*

新型陀螺仪

《新型陀螺仪》翻译组 译

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张6¹/₂ 162千字

1974年5月第一版 1974年5月第一次印刷 印数：0,001—5,400册

统一书号：15034·1352 定价：0.54元

出版说明

遵循伟大领袖毛主席关于“洋为中用”和“认真作好出版工作”的教导，为适应我国科学技术发展的需要，我们组织翻译出版了《新型陀螺仪》一书，供有关专业的科学技术人员和院校师生参考。

本书概略地介绍了静电悬浮式陀螺仪、磁悬浮式陀螺仪、超导陀螺仪、液体转子式陀螺仪、粒子陀螺仪、无线电波及激光陀螺仪、振动陀螺仪及其它新型陀螺仪的作用原理及发展动向，这些材料大多于1970年以前在美国公开发表。

本书不但对从事飞机、导弹的导航、稳定及自动控制技术的技术人员，而且对从事船舶导航、稳定及自动控制技术的技术人员均有裨益；它也可作为有关工业院校相应专业的教学参考书。

在翻译过程中，对某些技术错误作了更正。由于我们水平所限，书中可能仍有不少错误及不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

目 录

前言(节译).....	7
绪论.....	10
第一章 静电支承转子陀螺仪.....	15
§ 1.1 建立静电支承的物理基础.....	15
§ 1.2 研制静电支承转子陀螺仪的某些特殊问题.....	18
§ 1.3 控制转子支承静电场的随动系统.....	20
§ 1.4 在转子赤道平面上有凸缘的陀螺.....	25
§ 1.5 空心球形转子陀螺.....	27
§ 1.6 影响陀螺精度的因素.....	34
§ 1.7 静电支承转子陀螺的发展阶段和使用前景.....	37
第二章 磁支承转子陀螺.....	43
§ 2.1 磁支承的物理基础.....	44
§ 2.2 磁支承的优缺点(与电支承相比较).....	47
§ 2.3 陀螺的原理图.....	49
§ 2.4 影响陀螺精度的因素.....	53
§ 2.5 转子起动的特点.....	54
§ 2.6 利用磁谐振回路支承的特点.....	55
§ 2.7 利用谐振支承来改善液浮陀螺的定心.....	58
第三章 超导陀螺.....	61
§ 3.1 用于超导陀螺的超导体的基本特性.....	62
§ 3.2 制造超导磁力支承的物理基础.....	66
§ 3.3 研制超导陀螺仪的专门问题.....	71
§ 3.4 转子材料.....	72

§ 3.5	超导转子的起动	74
§ 3.6	转子旋转轴的安置	76
§ 3.7	陀螺的结构图	77
§ 3.8	影响陀螺精度的因素	80
§ 3.9	工作温度的保证	82
§ 3.10	超导陀螺的发展阶段和使用前景	84
第四章	流体转子陀螺仪	87
§ 4.1	流体转子陀螺的作用原理	87
§ 4.2	流体动力球形转子陀螺仪	90
§ 4.3	流体动力液浮陀螺仪	94
§ 4.4	闭环管路流体动力陀螺仪	96
§ 4.5	磁性流体动力陀螺的作用原理	97
§ 4.6	圆筒状水银转子磁性流体动力陀螺仪	99
§ 4.7	扭杆支承的液体圆环转子磁性流体动力陀螺仪	101
§ 4.8	液体转子陀螺仪的特点	101
§ 4.9	限制流体转子陀螺仪灵敏度的因素	103
第五章	核子陀螺仪	105
§ 5.1	创制核子陀螺仪的物理基础	106
§ 5.2	磁化强度向量的进动	115
§ 5.3	陀螺仪工作物质的核子定向方法	121
§ 5.4	确定定向的方法	123
§ 5.5	核子陀螺仪的构造原理	126
§ 5.6	基于汞同位素的核子陀螺仪	132
§ 5.7	核子磁感应陀螺仪	136
§ 5.8	核子陀螺仪可能的精确度及其特点	139
第六章	环型非谐振陀螺仪	143
§ 6.1	创制环型非谐振陀螺仪的物理基础	144
§ 6.2	利用光学波段的环型非谐振陀螺仪所能达到的灵敏度	145
§ 6.3	利用无线电波段波长的陀螺仪	148

§ 6.4	利用比可见光波长更短的陀螺仪	150
第七章	激光陀螺仪	153
§ 7.1	激光陀螺仪的作用原理	154
§ 7.2	环型谐振陀螺仪辐射线的基本特性	158
§ 7.3	激光陀螺仪的特点及其研制工作中的特殊问题	163
§ 7.4	防止光束“自锁”现象的方法	166
§ 7.5	激光陀螺仪的分辨力	170
§ 7.6	测量范围	174
§ 7.7	激光陀螺仪的发展阶段	175
第八章	振动陀螺仪	179
§ 8.1	压电式陀螺仪	180
§ 8.2	振动-液体陀螺仪	181
§ 8.3	结束语	182
第九章	其它形式的新型陀螺仪	183
§ 9.1	射流陀螺仪	183
§ 9.2	离子陀螺仪	186
§ 9.3	放射性同位素陀螺仪	190
§ 9.4	偏振波陀螺仪	191
§ 9.5	环型约瑟夫逊陀螺仪	194
参考文献		199

前 言 (节 译)

在所有运动物体的稳定及导航系统中，各种陀螺或陀螺仪是载体角位移初始信息的传感器，而在许多情况下，也是载体线性移动初始信息的传感器。导航系统及稳定系统的精度在很大程度上取决于陀螺仪的精度。现代化的导航及稳定系统，特别是连续工作时间很长的航海及宇宙导航系统，对陀螺仪的精度提出了更高的要求。

二十世纪初，电机及滚珠轴承的发明，使陀螺仪广泛地运用于实践。但是，对于制作高精度的陀螺导航系统，它们的工作是不能令人满意的。在本世纪中叶，随着陀螺仪表制造业的发展，提到首位的是所谓的液浮陀螺仪。在液浮陀螺仪中“新安休茨”陀螺罗经的敏感元件是最早的。该罗经在本世纪二十年代就已生产出来，并一直使用到现在。目前，液浮陀螺仪正广泛地应用于精密的陀螺仪系统中。

与液浮陀螺仪同时发展的有气浮支承陀螺仪。但是，所有这些支承的型式都不能满足对导航系统的不断提高的要求。因此，继续进行了寻找进一步改善陀螺仪基本特性的途径的工作。这个基本特性就是在惯性空间方向上保持很高的准确性，也就是相对不动的方向（在惯性空间）保持角速度的高精度测量。

在希腊语里“陀螺仪”的意思就是“旋转指示器”。因此，任何装置，不论其基于何种特性原理，只要在惯性空间

能用它来探测（和测量）旋转，都可以称作陀螺仪。在这个意义上，对于陀螺仪而言，就完全没有必要一定具备“重心与支承中心相重合的，无摩擦的对称的，重的高速旋转转子”的型式（虽然，这正是目前文献中对陀螺仪所下的定义）。

科学实践表明，有 100 种以上的物理现象及原理可以被用来确定方向，也就是被用来观测（和测量）旋转。

某些应用于确定方向的新物理现象，在其基础上使用有高速旋转的对称转子时，这些物理现象也开辟了减少作用在转子上并使它“偏移”的有害外力和力矩的新途径。某些现象则具有原理性的新的物理特性，如运动的电子、原子和基本粒子或者甚至电磁场，都可以用来作为“转子”。

在本书的前四章中，叙述了具有动量矩机械载体的装置。它们的分析是在由胡果所奠定的陀螺仪的经典理论基础上进行的。根据国外的资料，有一些这样的陀螺仪在精密的导航及稳定系统仪表中已获得了实际应用。

在具有机械动量矩的新型陀螺仪中，现在掌握得最好的是电的、磁的、超导的转子支承的新型陀螺仪。在本书中对这几种陀螺仪分析得最详细。对其中的每一种支承型式是专门分章叙述的（第一、二、三章）。第四章叙述了旋转液体产生动量矩的陀螺仪。以下三章是介绍核子陀螺仪（第五章）和应用环形闭合回路的电磁振动陀螺仪（第六、七章）。虽然，这些仪表（除激光陀螺仪以外）还处于实验研究阶段，但它们的发展是不容怀疑的。

在最后两章中讨论了新型的振动陀螺仪（第八章所述振动陀螺仪在近几十年内基本上是理论研究），还讨论了射流陀螺仪、粒子陀螺仪、放射性同位素陀螺仪、偏振陀螺仪和

环形约瑟夫逊陀螺仪（第九章）。在介绍每一种类型的陀螺仪时，同时还叙述了它们的物理实质。除讲述了它们的工作原理外，并给出了（如果有的话）它们所达到的性能指标，以及它们的应用范围。

绪 论

陀螺仪的特性是能够保持给定的方位，并且反应相对基座角位移和角速度的变化，因而在船舶、飞机、火箭以及宇宙飞船等的各种控制系统中，获得了广泛应用。

目前，陀螺仪已成为大多数导航系统的基本元件。陀螺仪的工作精度，可以决定导航系统的精度，因此，有关陀螺仪的进展，引起了特别巨大的注意。

世界上许多先进工业国家都在研制和生产各种陀螺仪和应用这种仪表的控制系统，这些国家都设有许多研制陀螺仪的科研及生产机构，其研制经费也逐年在增长。仅仅在美国便设有大约五十个从事陀螺元件和系统研制工作的研究机构。

目前科研的努力方向是提高陀螺仪的精度以及改善其它的有关参数。由于改善陀螺仪的构造，以及尽量使用新工艺方法，使得陀螺马达和支承装置已经达到了相当完善的水平。但是，对于应用支承转子式常规陀螺仪，通过进一步改进转子支承的构造、制造工艺和装配方法来达到提高其精度和延长使用寿命，已经遇到非常严重的困难，同时还涉及到陀螺仪生产成本显著增高的问题（见图1）⁽¹⁾。

某些导航系统（例如航海船舶、火箭或宇宙飞船的导航系统）由于其必须在长时期内连续地和独立地工作，因而对导航系统陀螺元件的要求十分严格。特别是在火箭或飞船内，

由于不可能设置驾驶人员或进行调整仪表的工作，情况更是如此。

对导航设备（特别是当要求自主性和无人驾驶时）所提出的越来越高的要求，在很大程度上只有应用能独立选择导航参数和自主操纵运载器的惯性导航系统才能满足。但是，目前由于陀螺仪的使用寿命太短，且具有较大的漂移误差，就限制了惯性导航系统的导航精度和应用范围。

根据参考文献〔2〕的报导，对提高陀螺仪精度的要求是很强烈的（见图2）。目前实际应用的陀螺仪（例如滚珠轴承

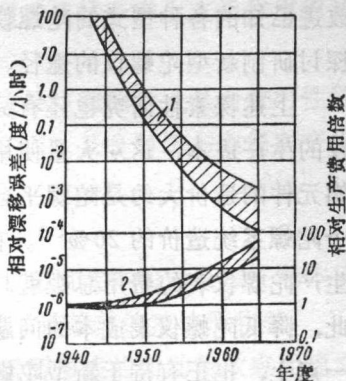


图1 在提高陀螺仪精度条件下，陀螺仪生产费用逐年增长的曲线
曲线1—漂移误差；曲线2—生产费用提高倍数。

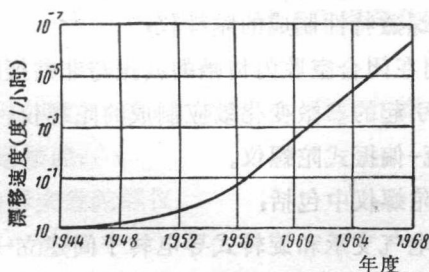


图2 对陀螺仪精度要求逐年增加的曲线

式、气体支承式以及液浮支承式），尽管做了巨大的努力来对它加以改进，但是仍然不能满足所提出的要求。因此，在