# 陀螺系统仪表误差的自动补偿

〔苏〕C.M.谢列托维奇　等著
赵荣先　雷传琪　谢和持　译
宋铁藩　校

国防工业出版社

# 陀螺系统仪表误差的自动补偿

〔苏〕 С. М. 谢列托维奇
М. И. 马尔金斯基
И. М. 奥柯
Я. Г. 奥斯特姆霍夫 著

赵荣先 雷传琪 谢和持 译
宋铁藩 校

国防工业出版社

## 内 容 简 介

本书主要叙述陀螺仪漂移自动补偿方法的理论基础及其在各种陀螺装置中的应用。书中阐述了三自由度陀螺仪、指示型和动力型陀螺稳定器的动力学问题。这些装置能自动地补偿其陀螺仪所受到的确定性和随机性的干扰。讨论了在自动补偿法的基础上制造一系列陀螺系统的可能性，其中包括：陀螺稳定器、有积分修正的无阻尼垂直仪、惯性导航系统和陀螺方位仪。确定了这些陀螺系统在干扰作用下的特性。

本书可供陀螺仪表技术领域的工程师和科研人员、以及大专院校有关专业师生和研究生阅读。

АВТОКОМПЕНСАЦИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ
ПОГРЕШНОСТЕЙ ГИРОСИСТЕМ
С. М. Зельдовиц, М. И. Малтинский
И. М. Окон, Я. Г. Остромухов
ИЗДАТЕЛЬСТВО《СУДОСТРОЕНИЕ》1976.2.

*

**陀螺系统仪表误差的自动补偿**

〔苏〕C. M. 谢列托维奇 M. И. 马尔金斯基
И. M. 奥柯 Я. Г. 奥斯特姆霍夫 著
赵荣先 雷传琪 谢和持 译
宋铁藩 校

*

国防工业出版社出版
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

*

787×1092 1/32 印张10 218千字
1936年2月第一版 1936年2月第一次印刷 印数：0,001—1,025册
统一书号：15034·2945 定价：2.05元

# 序　言

现代航海和航空导航系统以及控制系统的发展，对陀螺装置的精度和工作持续时间不断地提出更高的要求。

提高陀螺仪和陀螺系统精度的方法可以分为三种：

第一种，改进现有元件的结构工艺和研制新型的支承：如流体静力的、气体动压的、气体静压的、静电的、磁的等等，或者采用新的物理原理研制新型陀螺仪。

第二种，利用外部信息补偿作用在陀螺仪上的干扰力矩。

第三种，自动地补偿陀螺仪的仪表误差。

所谓“自动补偿”，是指不借助任何外部信息就能提高陀螺装置精度的方法。

自动补偿法的实质是给陀螺装置的某些元部件附加一些机械运动，以调制陀螺仪的漂移，使之由单调的变为有限幅值的周期性时间函数。

前两种方法目前已为人们所熟知，在理论上有详尽的探讨，在文献中也有详细的论述。

第三种方法—自动补偿法是近几年来仪表制造技术的新成就，因此引起了极大的关注。

研究和运用自动补偿法制成的陀螺装置表明，其精度比陀螺元件本身的固有漂移高一个数量级以上。同时，这种方法可以使精度随时间降低的陀螺装置在长时间内保持高精度。

陀螺仪漂移自动补偿法的基本设想及其实际应用在五十年代就已经存在，与这个问题有关的文献已列入本书参考文

献目录中。

本书系统地阐述了这些方法的基本原理，及其在各种陀螺装置中的应用情况。

书中分析了陀螺仪漂移自动补偿的三种典型方法。它们的物理原理是一样的，即将陀螺仪的漂移速度调制成已知的周期性时间函数。同时，根据对各种干扰（摩擦、不平衡、弹性力等）的补偿能力，它们既有所区别，又能互相取长补短。这三种方法是：陀螺仪滚珠轴承支承的强制运动；陀螺敏感元件的强制旋转；陀螺仪动量矩矢量换向（反转）。

全书共分九章，研究了三种自动补偿方法的基本原理及其在各种陀螺装置中的实施方案。

第一章是概述，介绍了干扰作用和陀螺仪表误差，及其概率特性。

第二章研究了作用在陀螺仪框架滚珠轴承支承上的干扰力矩，以及通过滚珠轴承环作强制运动，以减小干扰力矩的方法。本章还叙述了这种方法的物理原理和支承作强制运动的各种方案。也研究了选配一对滚珠轴承的方法。

第三章研究了支承强制运动时三自由度无定向陀螺仪的运动，以及在采用这种自动补偿方法时必然出现的瞬时脉冲力矩对陀螺仪系统漂移的影响。

在第四章和第五章中叙述了另一种自动补偿方法，其原理是陀螺仪框架作强制旋转：对三自由度陀螺仪，这一旋转围绕平行于动量矩矢量的轴；而对二自由度陀螺仪，则围绕垂直于稳定平台台面的轴。在这两章中推导了陀螺仪的运动方程，研究了干摩擦、粘滞摩擦、框架惯性等各种干扰对陀螺仪漂移的影响。特别着重地研究了在敏感元件转动时指示型和动力型陀螺稳定器的稳定性。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第六章分析了惯性导航系统的误差，该系统是建立在有积分修正的陀螺垂直仪和陀螺仪强制旋转的基础上的。本章确定了陀螺垂直仪和惯性导航系统在常值的和变化的干扰力矩作用下产生的误差。

第七章和第八章研究了通过改变二自由度和三自由度陀螺仪动量矩方向进行自动补偿的问题。在这两章中给出了陀螺仪简化模型的误差理论，该陀螺仪工作在动量矩换向状态，并受到常值的和随时间变化的干扰力矩的作用。

作者以极大的兴趣研究了以“干”支承和“液浮”支承的二自由度陀螺仪为基础而制成的陀螺方位仪的仪表误差的补偿效果。

在研究三自由度陀螺仪漂移自动补偿的同时，还分析了改变动量矩方向和强制陀螺仪转动两种方法带来的组合影响。

第九章研究了随机干扰对陀螺仪漂移方差的影响。这里指出，所有的自动补偿方法都把陀螺仪的漂移调制成周期性的函数。在这一章中分析了积分环节和二阶振荡环节的陀螺装置结构。

通过确定惯性系统各环节输出端的误差方差值，研究了惯性导航系统在随机干扰作用下的性能。

在确定陀螺装置漂移的方差时，既要考虑调制频率是常值，也要考虑调制频率是随机量或平稳随机过程的情况。

书中除进行理论分析外，还介绍了应用自动补偿方法的陀螺装置的工程计算方法。

本书不奢望全面论述所有陀螺仪表误差的补偿方法。在分析采用不同自动补偿方法的各种陀螺装置的工作时，仅研究了作者认为有意义的一些问题。

# 目　录

第一章　干扰作用与陀螺装置仪表误差的简述 …… 1
§1.1　提高陀螺装置精度问题的实质 …… 1
§1.2　干扰作用的特性 …… 2
§1.3　陀螺装置仪表误差的种类及其特性 …… 14
第二章　强制滚珠轴承运动以减小支承干扰力矩的方法 …… 20
§2.1　支承的干扰力矩 …… 20
§2.2　支承强制运动的形式 …… 27
§2.3　最佳运动状态的论证及滚珠轴承支承的选择 …… 33
第三章　三自由度无定向陀螺仪在支承作强制运动时的动力学 …… 37
§3.1　支承中干扰力矩引起的陀螺仪漂移 …… 37
§3.2　有粘滞摩擦时陀螺仪在脉冲作用下的运动 …… 40
§3.3　考虑结构中弹性元件有内摩擦时陀螺仪在脉冲作用下的运动 …… 44
第四章　三自由度陀螺仪和指示型陀螺稳定器在陀螺仪框架强制旋转时的误差 …… 54
§4.1　方法的实质 …… 54
§4.2　陀螺仪的运动方程 …… 55
§4.3　确定性干扰对陀螺仪漂移的影响 …… 58
§4.4　陀螺仪框架轴上粘滞摩擦力和干摩擦力的影响 …… 77
§4.5　陀螺仪框架的惯性对其漂移的影响 …… 91
§4.6　陀螺仪框架强制旋转时指示型陀螺稳定器的运动特点 …… 99

§4.7 指示型陀螺稳定器的稳定性……110
第五章 陀螺仪框架作强制旋转时双轴动力陀螺稳定器的误差 ……115
§5.1 动力陀螺稳定器的运动方程……115
§5.2 确定性力矩的影响……121
§5.3 陀螺仪惯性矩的影响……137
§5.4 摇摆状态下陀螺稳定器的运动……141
§5.5 动力稳定器的稳定性……152
第六章 用框架强制旋转法自动补偿陀螺仪漂移的惯性导航系统 ……161
§6.1 常值干扰力矩对惯性导航系统误差的影响……161
§6.2 变化的干扰力矩对惯性导航系统误差的影响……167
§6.3 常值干扰力矩对地理坐标推算误差的影响……175
第七章 用动量矩矢量换向法（PBKM）自动补偿陀螺仪固有漂移 ……177
§7.1 动量矩矢量换向法的基本原理……177
§7.2 由采用动量矩矢量换向法的指示型稳定器所构成的陀螺方位仪……190
§7.3 采用动量矩矢量换向法的单轴动力陀螺稳定器……197
§7.4 由采用动量矩矢量换向法的动力陀螺稳定器所构成的陀螺方位仪……204
§7.5 由采用动量矩矢量换向法的液浮积分陀螺仪所构成的单轴稳定器……209
§7.6 由采用动量矩矢量换向法的液浮积分陀螺仪所构成的陀螺方位仪……210
§7.7 陀螺仪角速度的确定和补偿方法……215
第八章 采用动量矩矢量换向法且由三自由度陀螺仪所构成的陀螺装置 ……224
§8.1 陀螺装置的运动方程……224

§8.2 在变化的干扰力矩作用下陀螺装置的运动……231
§8.3 采用动量矩矢量换向法的陀螺装置对称工作周期的建立……240
§8.4 不平衡力矩的影响……243
§8.5 由两个陀螺仪组成的陀螺装置的运动……245
第九章 随机干扰的自动补偿 ……248
§9.1 任务的提出……248
§9.2 在常值频率下对干扰进行 $\sin\omega t$ 规律的调制 ……249
§9.3 调制频率为随机量时对干扰进行 $\sin\omega t$ 规律的调制……254
§9.4 调制频率是时间的平稳随机函数时对干扰进行$\sin\omega t$规律的调制……267
§9.5 在确定性频率 $\omega$ 下对干扰进行 $\mathrm{sign}(\sin\omega t)$ 规律的调制……273
§9.6 调制频率为平稳随机过程时对干扰进行 $\mathrm{sign}(\sin\omega t)$ 规律的调制……290
§9.7 对干扰进行$\sin\omega t$调制时有积分修正的陀螺垂直仪的误差方差……295
§9.8 对干扰进行$\sin\omega t$调制时阻尼惯性导航系统的误差方差……300
结束语 ……306
参考文献 ……308

# 第一章　干扰作用与陀螺装置仪表误差的简述

## §1.1　提高陀螺装置精度问题的实质

在舰船、飞机、火箭、宇宙飞行器等运动载体上使用的各种陀螺装置应满足不同的要求。但是，通常主要是保证高的指示精度。这一点首先适用于船用陀螺装置，尤其适用于惯性导航系统和复杂的陀螺稳定系统所使用的那些陀螺装置。因此，提高陀螺装置精度是航海陀螺仪表制造的关键。从技术上解决这一问题有各种途径。目前，从结构和工艺上采取了各种措施，研制出一系列精密陀螺装置，提高了陀螺仪精度。这些措施包括：减小陀螺仪支承轴的摩擦力矩，提高它的动、静平衡的精度，满足转子和支承元件的等刚度条件，采用无力矩的导电游丝和角度传感器，降低由各种干扰作用造成的故障率，提高由动量矩与干扰力矩的比值所决定的陀螺仪品质因数，采用高精度随动系统等等。能显著提高陀螺装置精度的另一种途径是研制新型支承。在有机械转子的陀螺仪中，除了通常采用的支承外，已开始应用液浮、气浮、磁悬浮、静电悬浮和其它类型的支承。

近几年来，出现了用新的物理原理研制陀螺敏感元件的趋势。这里首先要提到的有液体转子陀螺、振动陀螺、激光陀螺和核子陀螺。

目前，开始采用陀螺装置的各种综合方法，即进行理论

研究，以获得陀螺装置的结构方案及其参数值，保证仪表具有最佳特性，从而满足根据精度要求选定的质量标准。解决陀螺装置综合问题的基础是所谓精度最佳系统理论，它能从现有的和所设计的系统中选择最佳的、能满足规定要求的系统。通过现有系统与最佳系统相比较，可以看到改善现有陀螺装置的性能并使其趋于最佳系统的方向。

自动补偿由各种干扰引起的陀螺仪漂移是提高陀螺装置精度的有效方法之一。自动补偿方法要求仪表结构在不使用外部信息的条件下能自动地补偿某些类型的干扰，并减少陀螺装置的相应误差。从物理学的观点看，最实用的自动补偿方法是使陀螺仪或其支承元件产生人为的运动（支承摇摆；陀螺仪动量矩换向；陀螺仪框架绕动量矩矢量转动等），以减小干扰力矩对陀螺装置的影响，从而减小仪表误差。自动补偿方法并不十分复杂，因此在舰船和其它运动载体的各种陀螺装置中得到了广泛的应用。在陀螺仪表制造中使用自动补偿法是解决提高陀螺装置精度问题的一个有前途的方法。所以，目前有必要拟制陀螺仪漂移自动补偿的各种有效方法，对这些方法进行理论研究，为采用这些补偿方法的陀螺装置建立工程计算方法。

在研究自动补偿法及其实际应用时，必须清楚在实际应用中以各种力或力矩形式作用于陀螺装置上的干扰因素及其物理性质。此外，对由干扰引起的陀螺装置的误差特性也应该有清楚的概念。

## §1.2 干扰作用的特性

陀螺装置中的干扰是由下列各因素决定的：陀螺仪的类型、它的使用条件和误差的特性。同时，在实用陀螺仪中，

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

干扰力矩通常是指那些力图使陀螺仪轴偏离给定方向的外力矩，即造成陀螺装置误差的那些有害力矩。在进一步研究各种干扰力矩的特性时，将着重讨论“干式”支承陀螺仪和广泛应用的液浮陀螺仪。我们把各种陀螺装置在舰船上的使用条件，如航行和机动、摇摆、仪表安装位置的振动等作为它们的使用条件。在研究陀螺装置误差时，只研究原则上可以用自动补偿方法减小的那些误差。陀螺仪的仪表误差就属于这一类型。

由文献[86]可知，陀螺装置的误差可以按照误差的起因、作用的特性和误差的重复性分类。按照误差的起因可分为输入数据误差、方法误差和仪表误差。

由仪表不完善（如结构有缺陷，材料性能不符合标准值，零件制造、仪表装配和调整不精确等）造成的误差属于仪表误差。

按照对陀螺装置作用的性质，仪表误差分为静态误差和动态误差。静态误差通常是指过渡过程结束后在不变的外力作用下出现的误差。动态误差则是在测量参数不断变化、外界干扰作用也变化的情况下出现的误差。应该指出，最有意义的是动态误差，因为它表现了陀螺在实际使用条件下的精度（或称陀螺装置的动态精度）。

按照重复性，仪表误差可分为随机误差和系统误差。随机误差是陀螺装置在实际使用中，当控制作用（有用的）和干扰作用（有害的）都是时间的随机函数时产生的误差。陀螺装置的系统误差[1]则是控制作用和干扰作用都不是时间的随机函数时出现的误差。

---

[1] 陀螺装置的系统误差也可能是由随机作用的系统分量（数学期望）造成的。

下面研究使陀螺装置产生仪表误差的那些干扰作用的特性。因为在"干式"支承和液浮支承的陀螺仪中，干扰作用就是加给陀螺仪的力矩，所以下面把干扰作用都看成是各种力矩。

干扰力矩包括：

1. 重力矩$M_g$；

2. 载体加速度造成的惯性力矩$M_\omega$；

3. 支承框架轴的摩擦力矩$M_\tau$；

4. 陀螺装置参数变化造成的力矩$M_{\text{д.п}}$；

5. 与陀螺仪本身结构有关的力矩$M_{\text{к.о}}$。

重力矩$M_g$是由陀螺仪的重心与其支承中心不重合(即陀螺仪的静不平衡)造成的。这类力矩通常在采用三自由度陀螺仪的装置中出现，因为这种陀螺仪实际上总是存在某些剩余不平衡量。

在液浮陀螺仪中，由于浮子的质心偏离浮子输出轴，因而会出现类似的浮子摆性力矩。此外，当浮子的浮心不在陀螺仪的输出轴上时，作用在浮子上的浮力也会造成力矩。

当载体有加速度和陀螺仪不平衡时，会产生惯性力矩$M_\omega$。如果陀螺装置采用有物理摆或加速度计的修正系统，那么在有加速度时，惯性力会使摆或加速度计相应地偏摆，从而通过修正系统对陀螺仪附加一些相应的干扰力矩。

陀螺仪框架支承轴的摩擦力矩是干扰力矩的一个重要组成部分。摩擦力矩的作用取决于框架相对仪表壳体转动的特性、由载体绕其重心转动引起的仪表壳体绕支承轴的转动、由载体加速度引起的惯性力，以及在支承轴上由陀螺力矩产生的反作用力等。

在陀螺装置的实际使用条件下，陀螺仪的各种参数可能不等于其计算值。陀螺仪和陀螺装置的参数变化将会引起相

应的干扰力矩$M_{и.п}$。下列参数变化可能引起干扰力矩和陀螺装置的仪表误差：陀螺仪动量矩的变化；有加速度时，在惯性力作用下，由元件弹性变形造成的陀螺仪平衡的破坏；在载体线加速度陀螺积分器中，陀螺仪重心与支承点之间距离的变化；液浮积分陀螺仪中浮液阻尼特性在温度波动时的变化；由空气的压力、密度、湿度、温度变化引起的陀螺仪个别参数的变化；陀螺仪修正系统特性的变化；陀螺装置中的各种其它电气元件的变化等。

力矩$M_{к.о}$的形成与陀螺仪的结构特征有关，其中包括导电游丝的拉力矩；载体摇摆时框架的齿轮传动装置使动力陀螺稳定器的稳定电机电枢产生的惯性力矩；载体摇摆时因稳定电机定子和它一起转动而在电枢中引起感应反电势所造成的阻力矩；由载体航行和摇摆对陀螺装置摆式修正器的干扰作用引起的、通过修正系统加给陀螺仪的力矩；液浮陀螺仪中液体比重变化时产生的流体静压力矩；温度场不均匀或存在外部温度梯度时在浮子与壳体之间的间隙中产生的液体对流力矩；液浮陀螺仪中具有不对称性的浮子在液体中运动引起的流体动压力矩；浮子组件的磁性物质与外磁场之间的相互作用所造成的磁力矩；陀螺仪角度传感器（信号器）的反作用力矩；在力矩器绕组上没有控制信号时产生的拉力矩；以及其它一些力矩等。

以上列举是陀螺装置在使用中所经受的一些主要干扰力矩。这些力矩可以分为五类。干扰力矩$M(t)$一般可写成下式：

$$M(t)=f(M_g,\ M_\omega,\ M_т,\ M_{и.п},\ M_{к.о}) \qquad (1.1)$$

力矩$M_g$、$M_\omega$、$M_т$、$M_{и.п}$、$M_{к.о}$中的每一种都与一系列参数有很复杂的解析关系，而这些参数又与陀螺装置的特

性、载体的类型和运动特点、仪表的使用条件及其它一些因素有关。因此，上述力矩的一般解析式是很复杂的，并且在陀螺仪应用理论中通常是对仪表的具体型式和规定的使用条件建立这种解析式。后面在研究陀螺仪漂移的各种自动补偿方法时，将推导这类关系式。这里仅限于讨论力矩$M_g$、$M_\omega$、$M_\tau$、$M_{u.n}$、$M_{x.}$。的一般特性。在最简单的情况下，这些力矩可以认为是常值，例如在静态条件下研究仪表。在动态条件下分析陀螺装置同样可以分解出力矩的常值分量，如作用在陀螺仪支承轴上的干摩擦力矩$M_T^0$。干扰力矩$M(t)$的某些分量与框架的相对转角，即框架相对仪表壳体的转角有关，也与仪表随所在载体相对参考坐标系的转角有关。有类似性质的力矩是：导电游丝的拉力矩；角度传感器（信号器）的反作用力矩；力矩器的拉力矩；从稳定电机到动力陀螺稳定器框架之间的齿轮传动装置和轴的非刚性引起的力矩等。

某些干扰力矩与框架转动的相对角速度有关。它们是支承轴上的液体摩擦力矩和干摩擦力矩。前者与相对角速度成线性关系，而后者则与该角速度成非线性关系。

还有一种力矩，它往往与载体运动参数变化、摇摆和振动引起的载体加速度有关。它可以分为与加速度一次方成正比的力矩和与加速度平方成正比的力矩。这样，在液浮陀螺仪中，与加速度一次方成比例的力矩包括由浮子组件剩余不平衡和浮液对流运动产生的力矩；由浮子运动的不对称性造成的流体动压力矩等。与加速度平方成比例的力矩是仪表在常值过载、线振动和圆周振动下工作时，由其结构不等刚性和非刚性产生的力矩。

在解决有关自动补偿陀螺漂移的各种问题时，重要的是必须知道干扰力矩相对仪表壳体或参考坐标系（与地球或惯

性空间相联的坐标系）是否保持不变的方位。在前一种情况下，干扰力矩矢量方向随着仪表位置的变化而变化，而在后一种情况下，则与仪表壳体位置无关。属于第一种情况的有导电游丝的拉力矩、支承轴上的摩擦力矩等；属于后一种情况的有陀螺仪的静不平衡力矩。

由上述情况可知，在实际使用条件下，陀螺装置中会大量出现物理性质不同、特性也不同的干扰力矩。在这样多的干扰力矩作用下，对陀螺装置的理论研究极其困难，有时实际上是不可能的。因此，我们仅能分析陀螺仪在某些典型干扰作用下的运动情况。这些干扰是作用在陀螺仪上的干扰力矩的数学模型。单位脉冲作用、单位阶跃作用、简谐作用、时间的多次谐波作用、随机作用等都是典型的干扰作用。

单位脉冲作用是瞬时加给陀螺仪的外力矩，也就是陀螺仪在载体上实际工作中所受到的冲击作用。这时瞬时外力矩 $M(t)$ 可写为：

$$M(t)=J\delta(t-t_0) \tag{1.2}$$

式中 $J$——瞬时外力的脉冲力矩（冲击）；

$\delta(t-t_0)$——$\delta$ 函数，其主要特性为：

$$\begin{aligned}\int_{-\infty}^{\infty}\delta(t-t_0)dt&=1\\ \int_{-\infty}^{\infty}x(t)\delta(t-t_0)dt&=x(t_0)\end{aligned} \tag{1.3}$$

$t_0$——瞬时外力作用的初始瞬间。

应该指出，在线性动态系统中，单位脉冲函数 $\delta(t-t_0)$ 的作用引起一个过渡过程，其关系式为：

$$k(t)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}W(j\omega)e^{j\omega t}d\omega \tag{1.4}$$

式中 $W(j\omega)$——常系数动态系统的频率传递函数。

函数$k(t)$称为系统的脉冲过渡函数。这是一个极为重要的特性，因为知道陀螺仪的脉冲过渡函数，就可确定受任何干扰影响的运动。实际上，任何干扰$f(t)$引起的陀螺仪运动(过渡过程)$x(t)$都可以通过脉冲过渡函数$M(t)$确定：

$$x(t)=\int_0^{\infty} M(t-\tau)\ k(\tau)d\tau \qquad (1.5)$$

单位阶跃作用用符号〔1〕来表示，它相当于加给陀螺仪一个常值外力矩$M$，这可表示有：

$$M=M^0〔1〕 \qquad (1.6)$$

式中〔1〕满足下列条件：

$$\left.\begin{aligned} 〔1〕&=1 \quad \text{当 } t>0 \text{ 时} \\ 〔1〕&=0 \quad \text{当 } t<0 \text{ 时} \end{aligned}\right\} \qquad (1.7)$$

$M^0$为加给陀螺仪的力矩的模。

单位阶跃作用〔1〕在系统中引起的过渡过程$h(t)$称为过渡函数。$h(t)$可以通过脉冲过渡函数$k(t)$表示为：

$$h(t)=\int_0^t k(t)dt \qquad (1.8)$$

如果已知陀螺仪的频率特性，则可求出表示陀螺仪在力矩$M(t)$作用下的运动特征的过渡过程$x(t)$。事实上，已知频率传递函数$W(j\omega)$，就能按照式(1.4)求得脉冲过渡函数$k(t)$，然后利用类似式(1.5)的表达式，确定陀螺仪在力矩作用下的过渡过程$x(t)$，例如，加给陀螺仪一个干扰力矩$M(t)=M^0\sin\omega t$，也就是：

$$\begin{aligned} x(t)&=\int_0^{\infty} M(t-\tau)\,k(t)d\tau \\ &=M^0\int_0^{\infty}\sin\omega(t-\tau)\,k(t)d\tau \end{aligned} \qquad (1.9)$$

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com