

光传飞行控制

Fly By Light

主 编 南京航空航天大学 杨一栋
副主编 空军装备部 刘晓里



國防工業出版社

National Defense Industry Press

V249

1012



2006131186

V249
1012-/

光传飞行控制

Fly By Light

主 编 南京航空航天大学 杨一栋
副主编 空 军 装 备 部 刘晓里



国防工业出版社

· 北京 ·

2006131186

内 容 简 介

本书系光传操纵系统方面的译文集。全书共分6章,从光传操纵系统及其应用、光传操纵系统的结构配置、光传操纵系统的硬件开发及验证、光纤数据链及光纤局域网、光学作动器及光学传感器等方面,将国外较成熟的光传操纵技术方面的论文翻译并分类。

本书对我国进行光传操纵技术的开发研究具有借鉴意义,可作为重要的技术参考书。

光传飞行控制

主编 杨一栋 副主编 刘晓里

※

国防工业出版社出版

国防工业出版社印刷厂印刷

内部发行

*

开本 787×1092 1/16 印张 13¼ 字数 304 千字

2006 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1—620 册

统一书号:15118·239 工本费:40.00 元

编委会名单

主 编 杨一栋

副主编 刘晓里

编 委 龚华军 王新华 张树坤

梅劲松 陈冬梅

前 言

光传操纵是继电传操纵后飞行操纵技术的又一次发展与飞跃。它以光学技术在飞行控制系统上的全面综合应用为特征,具有增强飞机操纵系统抗电磁干扰及电磁脉冲的能力,显著降低飞行控制系统各组件的体积和重量,极大提高飞行控制系统数据链路的带宽和信息吞吐量等优点。因此,被誉为新一代即第三代飞行操纵系统。

为加快光传操纵技术的开发研究,促进新一代飞行控制系统的发展,借鉴国外先进光传技术,我们从众多相关的国外科技文献中,精心挑选了一批具有重要工程实践与开发意义的篇章,作为本书的译作内容呈献给读者。全书共收录了 23 篇,以技术内容的不同按章节编排,便于读者选读、研究与参考。

第 1 章光传操纵系统及其应用,着重论述了光传飞行控制的思想,光传技术所带来的重要技术优势,以及光传技术在飞机上应用的可行性和必要性。

第 2 章光传操纵系统的结构配置,介绍了国外光传操纵系统的发展现状、规划及趋势,详细论述了几种光传操纵系统的结构配置及其优势。

第 3 章光传操纵系统的硬件及验证,介绍了光传飞行控制系统及各部件的硬件研发与验证技术,给出了几种在光传技术的发展进程中,有重大影响的硬件设计方案及其验证评估结果,并提出了一些有关光纤设备在飞机上安装与维护方面的建议及工程经验。

第 4 章光纤数据链及光纤局域网,阐述了光纤数据传输系统,介绍了各种光纤数据总线方案,以及为满足飞机上各种信息的综合而开发的机载局域网技术。

第 5 章光学作动器,论证了光学技术在控制系统执行机构的应用技术,重点介绍了直升机及 F-18 验证机上的光传作动器方案。

第 6 章光学传感器,研究了光学传感器技术及飞行控制系统中的信号采集系统,着重阐述了时分复用传感器的技术方案及测试验证。

编者感谢为本书的出版给予关心、支持和帮助的人们,特别是感谢所有提供原著的作者,正是由于他们的辛勤工作才促成了本书的出版。

由于时间仓促,加之译者水平有限,文中错误之处在所难免,敬请读者批评指正,不胜感激。

目 录

第 1 章 光传操纵系统及其应用	1
1.1 光传技术在飞行控制系统中的应用	1
1.2 光传技术在数字系统中的应用	10
1.3 光传技术在航空领域中的应用	16
1.4 光传操纵系统及其在运输机上的综合应用	26
1.5 光纤抗电磁干扰和电磁脉冲在军用飞机上的应用	30
第 2 章 光传操纵系统的结构配置	35
2.1 光传操纵系统的技术发展规划	35
2.2 直升机光传操纵系统	59
2.3 低成本分布式容错光传操纵系统	66
2.4 易维护、高可靠性的光传结构	71
第 3 章 光传操纵系统的硬件开发及验证	80
3.1 运输机上的光纤硬件	80
3.2 高速光纤收发器方案	103
3.3 Honeywell FLASH 计划的光学验证	107
3.4 Honeywell FLASH 计划的光纤母板评估	112
3.5 光纤设备在飞机上的安装与维护	117
第 4 章 光纤数据链及光纤局域网	122
4.1 MIL - STD - 1553B 数据总线间的光纤链路	122
4.2 数字光纤技术在雷达信息传输中的应用	130
4.3 星形光纤数据总线方案	134
4.4 波音 777 上的光纤局域网	143
第 5 章 光学作动器	151
5.1 直升机光传/电传作动器控制系统的飞行测试	151
5.2 F - 18 验证机上的光传灵巧作动系统	164
第 6 章 光学传感器	179
6.1 时分复用传感器技术综述	179
6.2 线性时分复用光学位置传感器的环境测试	186
6.3 光纤信号采集系统在飞行控制系统中的应用	193

第 1 章 光传操纵系统及其应用

1.1 光传技术在飞行控制系统中的应用

MAYANAGI, Mitsuyoshi

1. 引言

近年来,人们对便捷、可靠、低噪声、大容量的飞机产生了浓厚的兴趣。这些飞机具有经济、安全、舒适、对环境的适应性强等特点。飞行控制系统是飞机的基本组成部分。在飞控系统中,以数字计算机信号传输系统替代现在的机械连杆装置作为辅助系统,正变得越来越重要。

上面提到的辅助系统包括增稳系统(SAS)、控制增稳系统(CAS)等,它们中的一些已进入实际应用。

将来,人们设想不再使用不利于增稳系统、控制增稳系统功能进一步扩展的机械连杆装置,这些装置会由于机械故障、磨损和变形等导致重量增加和非线性,并且机械更为复杂化。目前的发展趋势是电传(Fly By Wire, FBW),电传飞行控制是基于数字计算机的飞行控制技术。向电传系统的转变,不仅改变了信号传输的形式(由机械形式变为电信号形式),而且使电传成为实现主动控制技术(Active Control Technology, ACT)和随控布局(Control Configuration Vehicle, CCV)的一种关键手段。电传系统也需要采用冗余技术保证其可靠性。另外,人们期望发展基于光学技术的光传(Fly By Light, FBL)操纵系统,它的研究和开发正在积极地进行。

本文对飞行控制系统中应用的光学技术,包括已经开发的和正在开发的光纤数据总线、光传感器等分别进行介绍。此外,作为本文的总结,对光传系统的未来进行了展望。

2. 光学技术的发展背景

当飞行中的飞机遭到雷击时,所有的电子系统(如电子仪表、电源线、信号线)通常会由于电磁脉冲(Electro - Magnetic Pulse, EMP)而引起电磁感应(脉冲电流和感应电压),而且,被击中的飞机内部不同电子仪表和信号线之间或电源线和信号线之间会产生电磁干扰(Electromagnetic Interference, EMI),而电磁干扰将导致错误信号的产生。

图 1.1(a)和图 1.1(b)中分别给出了 EMP 能量的侵入位置和能量耦合状况。对 EMP 引起的冲击电流的防御措施包括以下几个方面:防止冲击电流进入飞机,特别是进入飞行控制系统内部;将所有的电子仪器都放置于屏蔽体内;采用屏蔽线防御感应电流和电磁干扰。然而,这些措施不能完全解决这些问题,而且采用屏蔽材料必将导致飞机重量的增加。因此,希望采取比屏蔽更好的措施。

未来的飞机结构期望采用复合材料而不是铝合金,这样飞机总重量可减少 15% ~

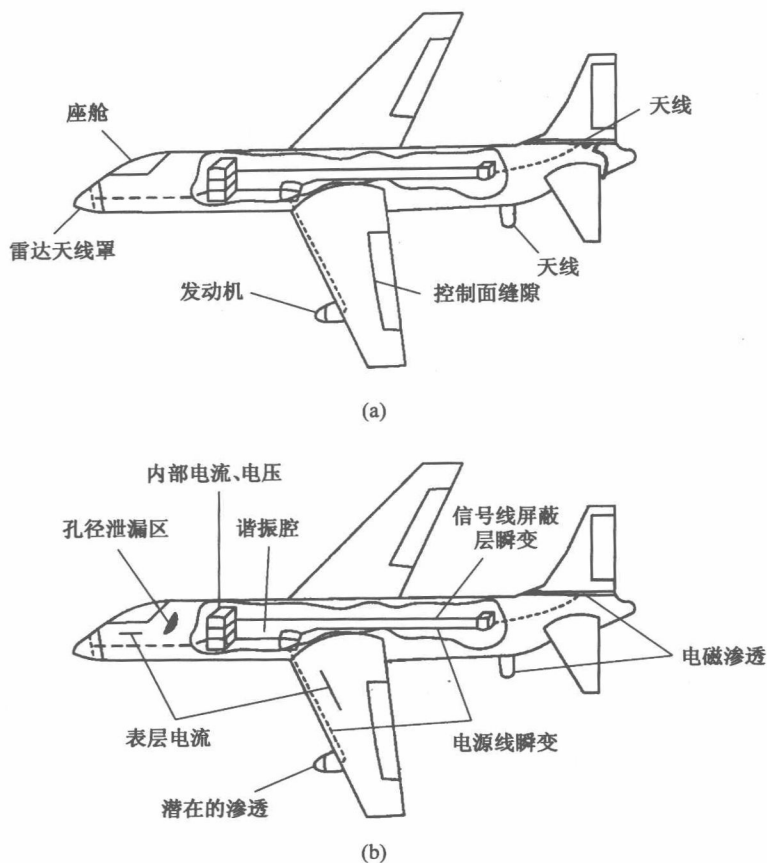


图 1.1 EMP 的侵入位置及耦合状况
(a) EMP 的侵入位置; (b) EMP 的相互耦合状况。

40%。复合材料已在一些飞机部件上得到应用,如舱门、尾翼、前缘等。可以预计,复合材料在将来会得到大量应用。现役飞机采用的铝合金外壳,实际上起着防护的作用,可以减少飞机被闪电击中时电磁感应的影响程度。铝合金材料的减少甚至消失,意味着防护作用的减少甚至消失。因此,必须采用其他的防御措施。

采用光纤的光学系统的优点是:它很适合作为防御措施。光纤用于飞机飞行控制系统最主要的原因是由于它具有以下性能:减少信号泄漏;减少重量和尺寸;消除了串扰、电磁干扰和电磁脉冲干扰;不使用铜导线;防止了短路;消除了地环流;改善了热防护品质;消除了电火花;频带宽;消除了线路腐蚀;电磁感应不敏感;优异的抗电磁干扰性能;很好的电隔离性能。

对飞行控制系统中应用光学技术,包括传感器、转换器、计算机、作动器和数据总线,就可实现光传系统。

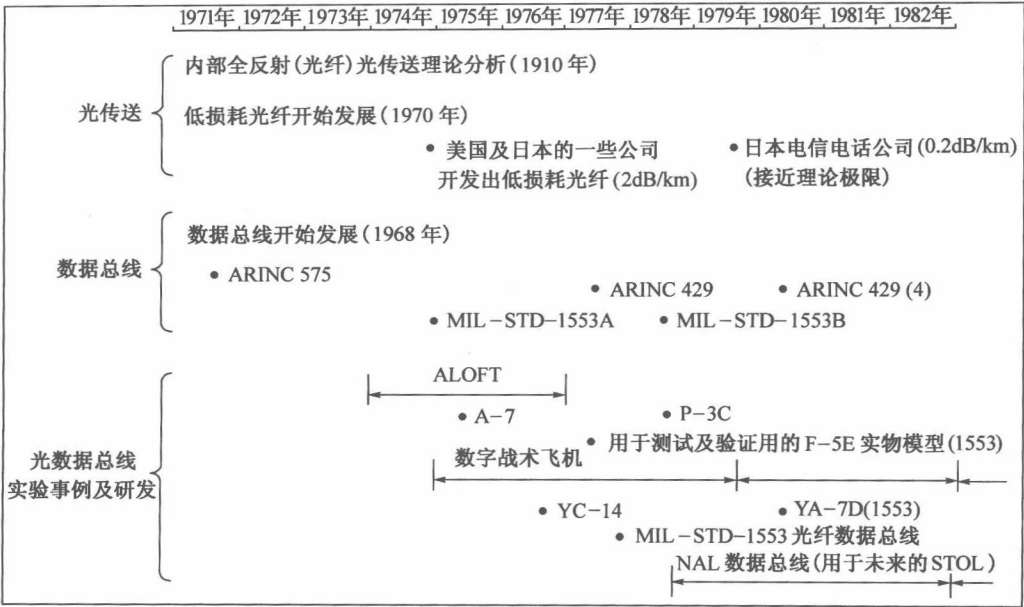
上述项目中的一些部件,如激光陀螺等已经研制成功并投入实际应用,而其他的器件正在开发研制中。

3. 光纤总线^[4]

1) 光纤数据总线的发展过程

早在 1910 年就开始对全反射光纤传输的理论进行分析。然而它的实际应用却推迟了许多年。直到 1970 年,美国康宁(Coming)公司首次生产出低损耗光纤(20dB/km),它极大地促进了光纤在飞机上的应用。从此,研发不断加快。1975 年衰减为 2dB/km 的低损耗光纤研制成功,在 1979 年,再度开发出被认为是接近理论极限 0.2dB/km 的极低损耗光纤,如表 1.1 所列。

表 1.1 光纤数据总线实例及研发过程



另一方面,数据总线的开发工作也于 1968 年开始,如表 1.1 所列,其目的是为了减少维护费用、布线空间、线路重量、噪声水平、线路缠绕和信号退化等问题。已经确立的设计标准有 1971 年的 ARINC 575^[6]和 1977 年的 MIL-STD-1553A^[7],后来又对 1553 和 429 作了改进。

虽然还没有确立光纤数据总线的规范,但美国在进行数据总线的开发过程中,也一直在对光纤数据进行研究和测试,其目的是确定光纤的可用性,且大部分工作基于 MIL-STD-1553 总线。

在具体叙述光纤数据总线的开发之前,先介绍一下光纤数据链路在飞行控制系统中的结构形式。

2) 光纤链路

飞行控制系统的信号(数据)流根据功能的不同^[9]可分成以下 3 种,每一种均用光纤连接。

① 星形链路(Star Links)。安装在飞机内部不同位置的线性可替换装置,如飞行控制计算机、大气数据计算机、惯性导航装置等,均采用此方式连接。根据总线控制装置的指

令,每个线性可替换装置和远程终端分别发送和接收数据。就数据总线的规范而言,可采用 MIL-STD-1553 命令响应系统。

② 交叉通道链路(Cross Lane Links)。为了校验由两冗余系统组成的飞行控制系统中功能独立的飞行控制计算机所使用的数据,交叉通道链路建立了一个联合机构,以便于不同系统的飞控计算机之间进行数据交换。

③ 点一点链路(Point to Point Links)。点一点链路不需要总线控制器的管理。在此系统中,发送器以某种特定频率反复发送的数据经解码后,只接收必需的数据。数据总线规范采用 ARINC429。

目前,已对每一种光纤数据链路的结构形式进行了测试、研究和开发,下面介绍其中几种重要的光纤数据总线。

3) 光纤数据总线的测试、研究和开发

(1) 机载光纤技术(ALOFT)^[10]

该项目由美国海军于 1974 年至 1977 年实施。这是为验证光纤在航空领域的可用性而进行的第一次试验,A-7 飞机被选为试验机。如图 1.2 所示,光纤数据总线由 1 台中央计算机和 5 个终端组成。光纤链路采用点一点链路的结构形式。最高数据传输速率为 10Mb/s。数据采用曼彻斯特编码,光纤由一束光导纤维构成。总共完成了大约 130h 的飞行试验。此外,还在地面上进行了闪电试验。

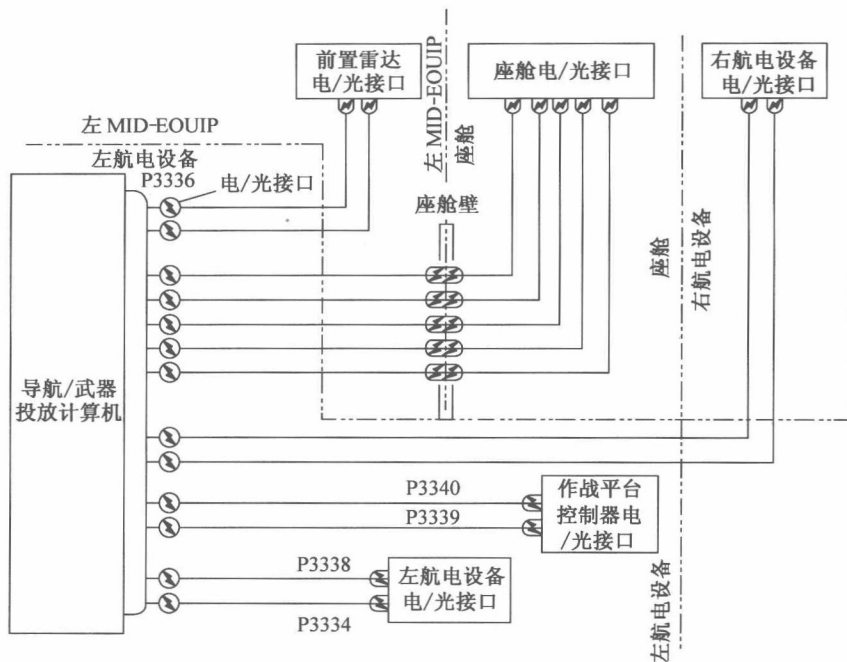


图 1.2 ALOFT 光纤数据总线

(2) F-5E^[12] 光纤数据总线

F-5E 光纤数据总线由美国 Northrup 公司和 ITT 公司联合研制。光纤数据总线由 MIL-STD-1553 经过最小的改变而制成。在 F-5E 光纤数据总线的实物模型进行了地面试验和验证。

如图 1.3 所示,它包括 1 个总线控制器和 8 个远程终端,光纤链路采用星形链路形式。其数据传输速率为 1Mb/s。数据采用曼彻斯特编码方式,光纤由光导纤维束构成。

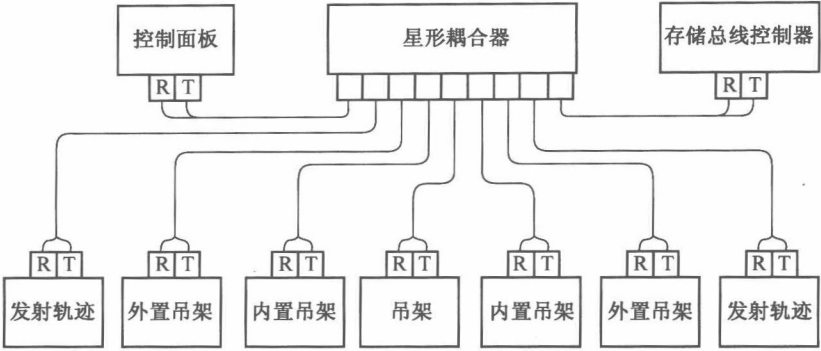


图 1.3 F-5E 光纤数据总线

(3) YC-14^[13] 光纤数据总线

YC-14 光纤数据总线用于经美国空军试飞的 STOL 军用运输机。其飞行控制系统的飞行控制计算机之间采用光纤进行数据传输。相应地,光纤链路结构形式采用交叉通道链路。光纤具有良好的电隔离性,通过数据交换技术,传输链路相连的各系统间故障隔离性好,能够保持三余度系统的相互独立性。

(4) YA-7D^[14] 光纤数据总线

YA-7D 光纤数据总线结构用于第二阶段的数字战术飞机,其飞行控制系统为两余度系统。每个数据总线由 1 个具有总线控制功能的计算机和 2 个终端组成。光纤链路采用星形拓扑结构。除了光纤数据总线外,每个系统还设有电子数据总线,通过选择开关可选用两路总线中的任意一种。

(5) MIL-STD-1553 光纤数据总线^[15]

MIL-STD-1553 光纤数据总线是一项包括原型机设计和制造的光纤数据总线研发及测试实例,目的是获得光学数据传输技术而不是有关光纤数据总线的设计及制造的 MIL-STD-1553 数据总线规范。该数据总线的数据传输速率为 10Mb/s,采用了一个九端口的星形耦合器,拓扑结构为星形结构。

(6) NAL 光纤数据总线^[16~19]

该项研究是日本科学技术协会所属的国家宇航局实验室进行的 STOL 鼓风式喷气飞机控制系统研发中的一部分。研究光传系统的目的是在未来的 STOL 飞机上应用。在对光纤总线研制开发的同时,光传感器、光转换器等也正在研究之中。

虽然光纤数据总线包括 3 种光纤链路拓扑结构,但主要采用星形链路形式。如图 1.4 所示,星形链路的光纤数据总线包括 1 个总线控制装置和 5 个终端。飞行模拟器作为一个子系统与其相连。

NAL 光纤数据总线以 MIL-STD-1553B 为基础,并增加了下述功能。

① 光纤数据总线的输入输出信号和子系统的输入输出信号之间,加入了缓冲区和 RAM。为了获得较高的数据传输效率,两种信号采用异步传输方式。

② 光纤数据总线的输入输出信号由驻留在 ROM 中的程序进行管理,这样可以获得

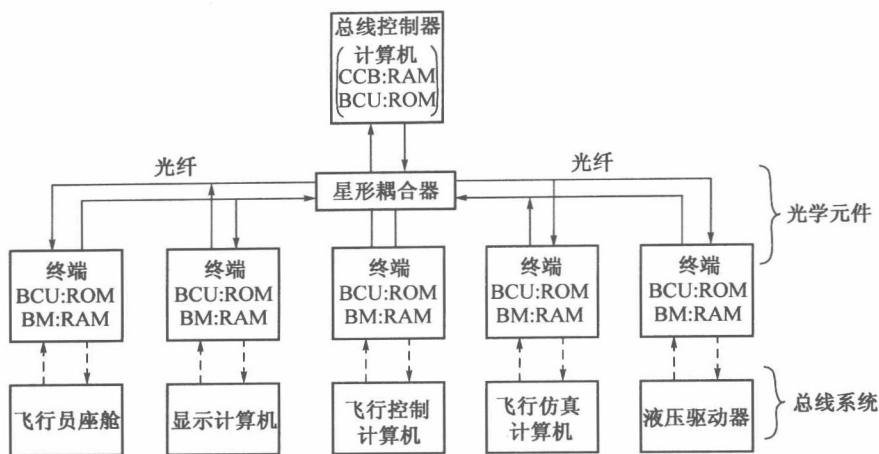


图 1.4 NAL 光纤数据总线系统

高速的数据处理。

③ 存储在 RAM 中的通道控制模块执行数据总线控制功能,这样就减少了计算机的中断处理次数,并获得高速的数据传输。

④ 数据传输速率可人为地在 1Mb/s 到 2Mb/s 切换,而且能实现高达每帧 512 字节的数据传输。另外,可像广播传送一样指定终端装置。目前,一种聚光型星形耦合器正在研制之中,而且美国一直在研究用单根光纤代替光纤束的技术。

据说光纤数据总线的研究已经完成,现在正在进行评估测试工作。

4) 分路器和耦合器的发展

在开发基于 MIL - STD - 1553 数据总线规范的光纤数据总线的过程中,核心光学部件是星形耦合器。星形耦合器通常有两类——传输型和耦合型。传输型进一步可分为三种:利用一个微透镜和反射面的集光型^[16];采用混合杆的混合型^[20];对混合型进行改进后的聚合型^[2]。

表 1.2 列出了现已公布的星形耦合器的分光器和耦合器的特性,聚合型是最为有效的一种。星形耦合器的插入损耗一般为 -3dB ~ 6dB,每个光通道的波动范围为 -2dB ~ 3dB。在设计未来的光纤数据总线时,最好考虑表 1.2 所列数据。

表 1.2 各类星形耦合器衰减特性比较(单位:dB)

种 类	理论值	平均值	最大值	最小值	损失
F-5E(9 对 9,混合透过型)	-9.54	-16	-18.1	-13.9	-6.46
MIL-STD-1553(混合反射型)	-9.54	-13.98	-15.04	-13.25	-4.44
NAL(8 对 8,聚光透过型)	-9.0	-12.8	-14.8	-11.7	-3.8
NAL,NEC(8 对 8,混合透过型)	-9.0	-12.7	-15.15	-12.29	-3.7
Polymer(6 对 6,混合透过型)	-7.78	-10.38	-11.58	-9.18	-2.6

4. 光传感器、转换器

1) 光传感器

在所有传感器中,最重要的是惯性导航设备,通过它可以获得飞机的位置、速度和姿

态角。以往都是通过陀螺测得角速度,再通过安装在同一惯导平台上的加速度计信号获得其他信息。近几年来,随着利用激光束的环形激光陀螺和数字技术的发展,惯性参考装置(Inertial Reference Unit, IRU)已进入实用阶段。在波音 767 和 NAL-STOL 的样机上都安装了这种装置。因为它不含运动部件,所以可靠性极高。惟一的问题就是由于“门阀”(Lock in)现象导致小角度内存在一个不灵敏区。为解决这个问题,现在正积极研制光纤陀螺。有关这些研究的详细情况已在参考文献[22]中作了详细介绍,此处不再赘述。

最近正在研制的四模态微分激光陀螺能够消除“门阀”现象,这种陀螺的研制、开发已受到关注。

其他的光传感器包括光学速度传感器、光学加速度传感器和光学压力传感器等,这些传感器的研制、开发主要由美国军事组织进行。

为了测量喷气式发动机涡轮旋转叶片的振动模态,设想采用一种包含多个光学传感器和数据处理部件的装置。NAL 现在正在研制这种装置。该装置测量的旋叶振动模态对喷气式发动机的动力装置具有重大影响,其理论依据如图 1.5 所示。由接收反射光束的光导纤维组成的检测器安装在旋叶的周围,旋叶每次经过探测器时将有反射光被检测到。振动模态可通过对每个检测器经一段时间的测量值计算得到。

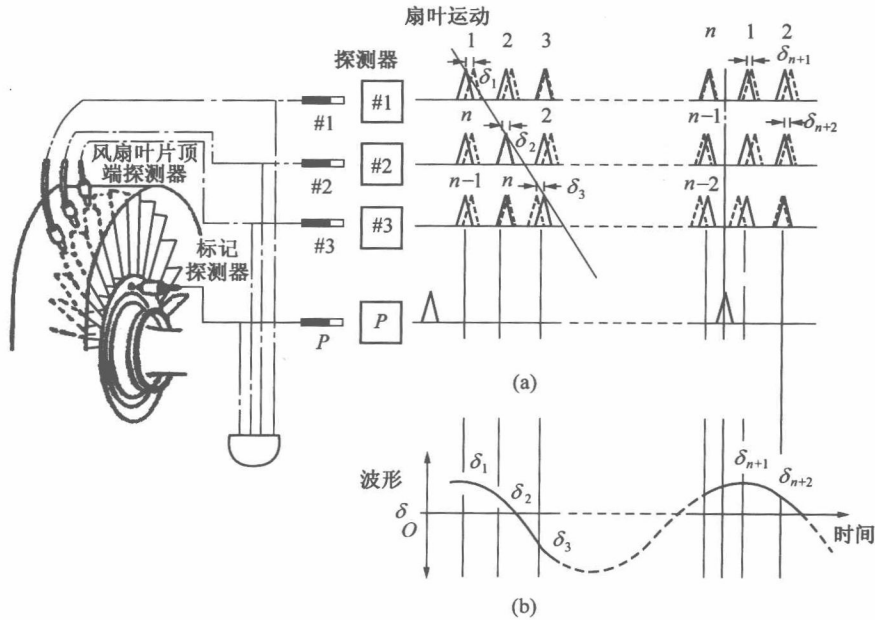


图 1.5 扇叶振动的光学测量装置原理

(a) 风扇的振荡及探测器输出信号; (b) 风扇转动的振荡波形。

2) 光转换器

光转换器直接把输入信号(线位移、旋转角度)转换成光信号,通常有两种类型——全量系统和增量系统,如图 1.6 所示。全量系统的优点是能直接由编码盘获得并行数字输出信号。编码盘是一种根据输入旋转轴的旋转角度而获得编码输出的圆盘。这种装置的缺点是由于并行输出而导致接口装置比较复杂。

增量系统对随着输入旋转角度变化而改变的光传输和中断次数进行计数,并以基准

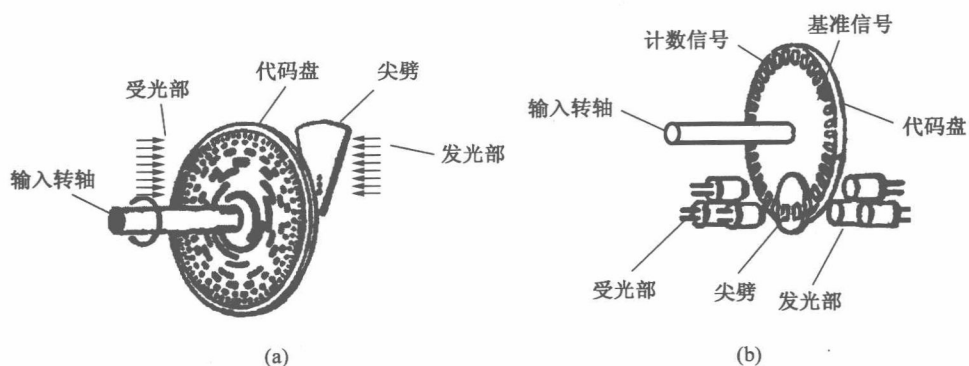


图 1.6 光转换器原理
(a) 全量系统; (b) 增量系统。

点为基础增加或减少,从而计算出数字信号。虽然这种装置可以很容易地与其他装置相接,但存在以下缺点:只有在已知输入旋转角的情况下才能计算输出信号;测量误差会积累。

在飞机上采用全量系统光转换器是比较合适的,因为初始输入问题只在增量系统中才出现。但为了保证最高的可靠性,转换器必须做成多路系统,由于并行输出信号需要大量的信号线,所以就接口方面而言,并行输出信号存在一些问题。

后来,为解决上述接口问题而提出了光脉冲型的数字转换器,NAL 正在研制这种装置。其理论基础如图 1.7 所示。由光源射向代码盘的连续光现在改为带有时隙的数字光

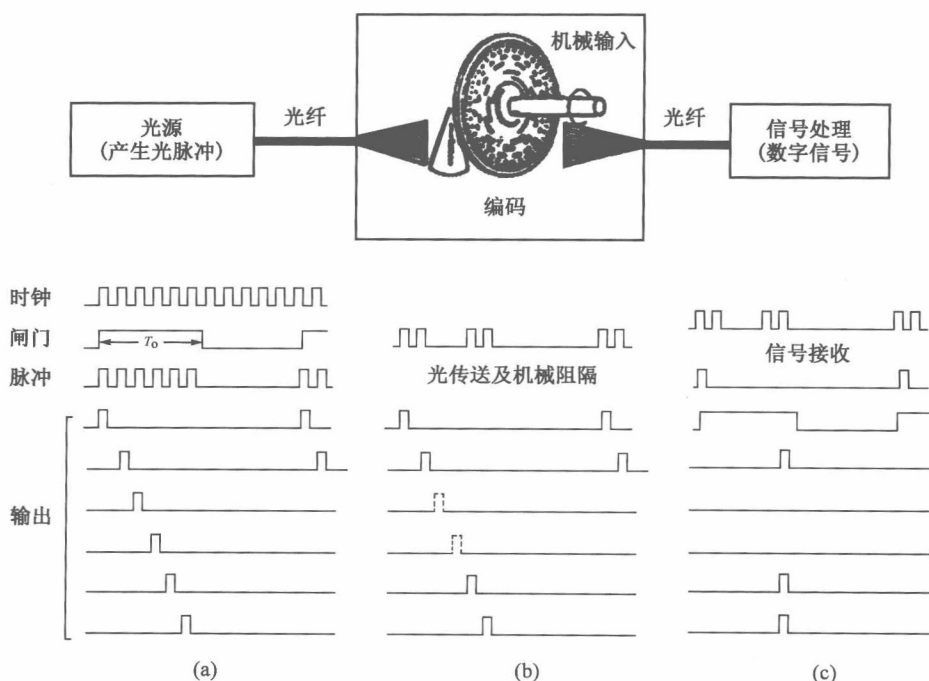


图 1.7 光脉冲型数字转换器原理
(a) 光源(产生光脉冲); (b) 编码; (c) 信号处理。

脉冲。通过混合,经编码盘传送或切断后的并行输出光信号,可将相应的信号转换成时分序列输出光信号。从功能上来说,可以通过单根光纤与其他装置相连。

作为光源的光脉冲可通过两种方法产生:一种方法是通过电子电路产生;另一种方法是通过光纤的光通路长度差异产生。

对于第二种方法产生的光脉冲,时间间隔 T 可通过以下公式计算,即

$$\begin{aligned} T &= T_0 + l/v = \\ &T_0 + l_n/c = \\ &T_0 + 5 \times 10^{-9}l \end{aligned}$$

式中 l ——光纤长度;

n ——折射率;

v ——光纤中的光速;

c ——真空中的光速。

相应地,对于长度为 20m 的光纤,时间间隔 T 约为 0.1ms。顺便提一下,如果与时间间隔 T 成反比的光脉冲频率被设置得比输入旋转轴的角速度高,且编码盘采用格雷码,那么,由于 T 引起的动态误差就可以保持在同一数量级内,这种光脉冲型数字转换器的优点为:非常容易和其他装置耦合;不受闪电和电磁干扰的影响;编码部可小型化;降低了功耗;可提高光脉冲能量;延长了寿命;具有全量系统的所有优点。由此可见,这种装置是很有发展前途的。

5. 总结

前面介绍了飞行控制系统中应用光学技术的背景以及包括光纤数据总线、光传感器、光转换器等在内的光系统的研究开发情况。

由于光学系统不易受闪电及电磁干扰影响,因而,用它代替电子系统是人们所期待的。光学系统的一些部件,如激光陀螺等已投入到实际应用中,其他的一些则正处于研制开发阶段,在不久的将来,这些部件也将投入使用。

仅以液压和光信号驱动的光学作动器以及光学计算机也正处于研制之中。它们也将紧随上述光系统投入实际应用。

未来飞机的飞行控制系统功能必将通过光传系统完成,光传系统代替现在的电传系统是必然的。出于节能的需要,与光脉冲型数字转换器的需求一样,研发通过光信号工作的复合型功能仪表也显得越来越重要。

参 考 文 献

- 1 Greenwell, R. A. : EMP Hardening of Airborne Systems through Electro - Optical Techniques, NOSC, TR 469 (1979. 8).
- 2 M. Mayanagi, M. Takizawa, K. Wakaseki: Application of optical fiber technology to the control system of aircraft, 17th aircraft symposium, 1979, pp. 10 - 13.
- 3 Howard, E. A. et al: Fiber optic Data Bus, Naval Electronics Laboratory Center, TR - 1921 (1974. 4).
- 4 M. Mayanagi: Optical data bus, 20th aircraft systems, 1982, 11, pp. 172 - 175.
- 5 T. okoshi: Optic fiber, Denki Gakkai magazine, 97 (11) (1977. 11), pp. 1 - 5.
- 6 Gross, J. : Techniques for Interfacing Multiplexing Systems, AD. A 101457 (1981. 2).

- 7 Aircraft International Time Division Command/Response, Multiplex Data Bus: MIL - STD - 1553A, 1975, 1978.
- 8 Mark 33 Digital Information Transfer System: ARINC Specification 429, 1977.
- 9 Collinson, R. P. G. : Recent Advances in fiber optics for High Integrity Digital Control Systems, AGARD - CP - 272 (1979. 8), pp. (8. 1) - (8. 16).
- 10 Ellis J. R. et al: A - 7 ALOFT Economic Analysis Development Concept, AD A03221 (1975. 7).
- 11 Flores, A. : Fiber Optics Use in The P - 3C Aircraft, AD A 060318 (1978. 5).
- 12 Anderson, J. D. et al: Fiber Optic Data Bus (1977).
- 13 Kestek, R. E. : YC - 12 Digital Flight Control Data Management, AIAA Paper No. 75 - 1087 (1975. 8).
- 14 Scott, W. B. USAF Continues Digital Tactical Effort, Aviation Week & Space Technology (1981. 10. 19), pp. 84 - 91.
- 15 Shaunfield, J. E. and Biard, J. R. : A MIL - STD - 1553 Fiber Optic Data Bus, AFSC Multiplex Data Bus Conf, Nov. 1976, pp. 177 - 236.
- 16 M. Mayanagi, M. Takisawa et al: Application of optic fiber technology to operation system of aircraft (2), 18th aircraft symposium, 1980, pp. 116 - 119.
- 17 M. Mayanagi, M. Takisawa, et al: Research of fiber data bus for the operation system of aircraft (1), (2), (3), 20th aircraft symposium, 1982, pp. 264 - 275.
- 18 M. Mayanagi: Application of optic fiber transmission technology to operation system of aircraft (3), Aeronautics Institute News, No. 285 (1983. 1).
- 19 K. Watanabe, K. Wakaseki, Y. Negishi, Y. Suemisu, G. Ishida: On digital multiplex optical coupling device, 20th aircraft symposium, 1982, pp. 138 - 141.
- 20 S. Aoki, M. Kajiya, K. Sniratama, M. Mayanagi, M. Takisawa: 8 - 8 star coupler, 56th general meeting of electronics communication academy, Vol. 4, No. 831, 1981, pp. 25.
- 21 Takao N. and Kurokawa, T. : Polymer waveguide Star Coupler, Applied Optics, 21 (11/1) (1982. 6), pp. 1940 - 1942.
- 22 K. Hodachi, H. Toko, N. Niwa: Laser Gyros, measurement and control, 20 (10) (1981. 10), pp. 21 - 29.
- 23 Gnow W. et al: Multioscillator Laser Gyros, IEEE Journal of Q. E, OE - 16 (9) (1980. 9), pp. 918 - 936.
- 24 M. Endo, Y. Matsuda, M. Matsuki: A study of non - contacting measurement method of vibration of rotary fans, speeches from the 9th scheduled meeting on gas turbine. 1981. 5, pp. 111 - 115.
- 25 M. Mayanagi: Optical pulse type digital - transducer, 20th meeting of the academy of the Keisoku Jidoseigy, 1991. 7, pp. 415 - 416.
- 26 Seymour, N. L. : Evolution of an Optical Control System for Aircraft Hydraulics, SAE TPS 801195 (1980. 10).
- 27 S. Kukida: Electronics Technology in aircraft, Wings of the world, Asahi News paper Co. , 1981, pp. 147 - 151.

译自 NASA - TM - 88400

1.2 光传技术在数字系统中的应用

J. R. TODD

摘 要

随着飞机上的数字电子系统快速增长和发展,一些新的还未曾在商业飞机上出现过的潜在的易发故障模式逐渐地暴露出来。诱发这些错误和故障的一个潜在原因就是飞机所处的外部电磁环境。如果运用得当的话,将光传技术用于数据传输和传感器,能够充分降低关键数字飞行控制系统的电磁敏感性。本文分析了光传技术的优点及其存在的一些问题,并讨论了将光传技术应用于实际产品的工作进展状况。

1. 引言

现代飞行器从控制到导航再到通信,都十分地依赖于电子系统。然而,当前的一些发展趋势严重影响了电子系统的安全性和可靠性,从而使得人们期望看到光纤在飞行器上的应用。总的来说,上述发展趋势包括以下几点。

- ① 飞行器电子系统的数量和复杂性日益增加。
- ② 飞行器所处的电磁环境(EME)日益恶化。
- ③ 飞行器复合材料结构的使用,减弱了由金属结构提供的屏蔽电磁干扰的第一道防线。

图 1.8 对以上发展趋势进行了总结。最终这些趋势将导致电子信号不稳定的可能性增加,除非采取特殊的措施保护飞行器电子系统。为了举例说明这一点,图 1.9 给出了低频(RF)对各种不同数据传输介质的影响。这只是 EMI 对电子数据传输介质的几个主要影响之一。在此,不再给出由闪电、高频 RF、飞机谐振腔上的导线谐波引起的 EMI 影响。

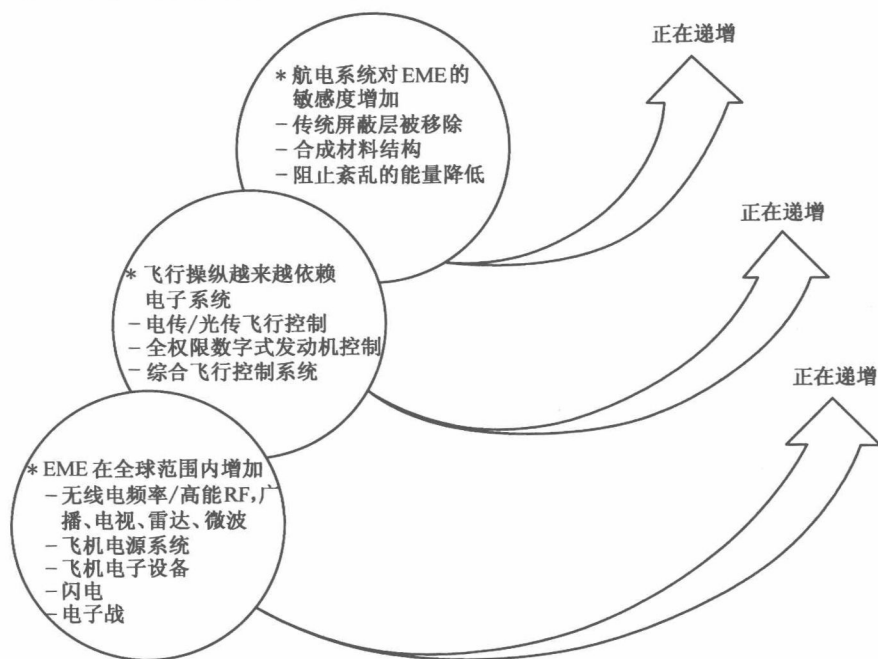


图 1.8 飞机上的 EME 发展趋势

通过采用一系列的技术和工艺,可以实现对飞行器电子系统的保护。表 1.3 对这些方法进行了总结。由此可见,这些可行技术的最优组合将能以较低的成本提供最好的保

表 1.3 几种 EME 保护方法

常规方法	新兴技术	常规方法	新兴技术
屏蔽	光纤	接地	导电复合材料
滤波	透明恢复(Honeywell)	补偿电路	抗干扰备用电子设备
余度	软件容错	电子焊接	光介质计算和存储
机械操纵(包括液压)	重构	定位	
导流通路	防辐射集成电路		