

民航特色专业系列教材

交通运输专业卓越工程师教改成果

飞机仪表

王世锦 编著



科学出版社



民航特色专业系列教材
交通运输专业卓越工程师教改成果

飞机仪表

王世锦 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要介绍现代民航运输飞机电子仪表的功用、原理、组成及使用方法等内容。全书共分6章,分为机载发动机仪表、大气数据仪表、陀螺和姿态系统仪表、航向系统仪表四个模块,涵盖了目前广泛使用的机载仪表的详细内容。本书力求内容精练、概念清晰,每章均精选了一定量的习题,涵盖核心教学内容,难易适中,便于学生自学和教师施教。

本书可作为高等院校民航工程专业研究生及高年级本科生选修课的专业基础教材,也可供其他工科专业选用及社会读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

飞机仪表/王世锦编者. —北京:科学出版社, 2013. 1

民航特色专业系列教材·交通运输专业卓越工程师教改成果

ISBN 978-7-03-036584-2

I. ①飞… II. ①王… III. ①航空仪表-高等学校-教材 IV. ①V241

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 019453 号

责任编辑:贾瑞娜 张丽花/责任校对:刘亚琦

责任印制:闫磊/封面设计:迷底书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

化学工业出版社印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年2月第 一 版 开本:720×1000 B5

2013年2月第一次印刷 印张:13 1/2

字数:255 000

定价:32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

丛 书 序

改革开放以来,我国民航事业获得了持续、快速、健康的发展。2010年,我国民用航空发展的主要预期指标是:航空运输总周转量493亿吨千米、旅客运输量2.6亿人次、货邮运输量498万吨。30年来上述指标年均增速均达到两位数字,大约是中国国民经济发展速度的两倍,是世界民航业发展速度的四倍。从2005年至今,中国民航没有发生运输飞行事故,创造了中国民航历史上安全运营时间最长的记录,安全、生产、效益形势喜人。按照我国国民经济发展中长期规划和国际通用方法预测,中国民航的持续快速增长还会有较长一段时间。

近年来,中国民航总局党组提出了全面推进建设民航强国的战略构想,因此,对民航各层次管理和专业技术人才的培养提出了更高的要求。民用航空教育必须把培养知识面广、专业素质高、动手能力强、责任心强的专业人才作为自己的奋斗目标,以适应整个行业发展的需要。但是目前民航专业教材体系建设相对滞后,长期以来多数教材源于国外,不能完全符合中国实际;教材出版时间较早,知识相对陈旧,学生难以据此掌握当前民航的高新科学技术。教材问题已经客观地影响到教学效果和质量。

南京航空航天大学民航学院成立于1993年,由原中国民用航空总局和中国航空工业总公司正式联合创办,已形成具有培养本科、硕士、博士、博士后多层次人才的办学格局。目前设有交通管理与签派、民航运输管理、民航机务工程、民航电子电气工程、机场运行与管理、飞行技术6个专业。依托国家级、江苏省特色专业建设点,依靠国防科工委重点学科建设,以及承担国家级、省部级科研项目等多方雄厚的科研实力,形成了集市场营销、运营管理和维修保障为一体的全方位的人才培养体系,成为我国民用航空领域的重要教学和科研基地。

通过对近17年教学与科研成果的凝练与总结,为适应教学改革和民航发展的需要,及时反映现代民航科技领域的研究成果,保证教材建设与教学改革同步进行,我们出版了“民航特色专业系列教材”丛书。本套丛书在组织编写中,重点体现了以下几个方面的特色:

1. 突出民航和航空制造专业特色。教材编写过程中充分考虑到专业的交叉性、综合性和国际性强的特点,在要求学生掌握知识的同时,以培养技术与管理结合、适应性强、综合素质高、能在航空制造企业和民航企事业单位服务的复合型人才为目标,丰富和完善教材内容。

2. 面向民航应用,注重实践能力的培养。适当拓宽专业基础知识的范围,以

增强学生的适应性；面向民航工程实际，注重实践环节，强化在民航系统就业所必需的职业技能培养内容，以促进对学生的实际动手能力和创新能力的培养。

3. 强化专业素质教育。在专业所应具备的基本知识基础上，拓宽和延伸专业课程内容，及时反映民航科技的最新成果，提升学生的专业素质和学习能力。

4. 兼顾学历教育和执照教育。由于民航专业的特殊性，获取专业执照是从业的必要条件，本套教材在编写过程中，注重学历教育和执照教育的有机结合，为学生顺利走上工作岗位创造条件。

5. 满足多层面的需求。针对同一类课程，根据不同的教学层次和学时要求，编写适合不同层次需求的教材，涵盖不同范围的拓展知识单元，注重与先修课程、后续课程的有机衔接，每本教材在重视系统性和完整性的基础上，尽量减少内容重复。

本套教材注重知识的系统性与全面性，突出民航专业特色；兼顾学生专业能力和综合素养的全面培养，力图提高民航专业人才的培养质量和完善人才培养的模式；着力推广民航专业教学经验和教学成果，推进民航专业教学改革。本套教材的编写出版为提高民航专业教学的整体水平做了有益的探索。

温家宝总理指出：“教育寄托着亿万家庭对美好生活的期盼，关系着民族素质和国家未来。不普及和提高教育，国家不可能强盛”。为了不断促进民航院校学生素质的提高以适应我国民航事业的持续、快速、健康发展，我们在教材编辑与创新上做了一些尝试，迈出了可喜的一步。作为一名老航空工作者，我为此鼓与呼。在丛书编写过程中，南京航空航天大学民航学院还得到众多相关学校与学院各方教授、专家、学者的帮助与指正，在此一并感谢。

王 知

2010年7月

前 言

机载设备通常包括机械设备、电气设备与电子设备三部分。飞机仪表属于民航机载电子设备的范畴，主要讲述航空仪表的基础知识和飞机仪表设备。现代民用飞机都装备有多种先进的飞机仪表系统。

本书是根据中国民航《CCAR-61 部》和《CCAR-141 部》为高等院校民航工程专业（包括民航空管、飞行、电子、机电等专业）研究生、高年级本科生及行业从业人员编写的一本专业基础教材和参考用书。在编写过程中，编者认真汲取了国内外出版的各种相关教材经验，广泛涉猎了飞机仪表的相关文献，充分结合多年教学实践经验，旨在使读者通过对本书的学习，掌握现代民航运输机电子仪表的基本理论和配置、使用方法、特点及注意事项，了解航空电子设备的发展动态，为从事航空技术工作打下良好的理论基础。

本书内容全面，由浅入深，图文并茂，力求通俗易懂。注重对基本概念与理论的叙述，公式推导力求简捷，对有关实际问题尽量交代清楚，以方便读者深入了解和掌握目前应用的各种飞机仪表系统。全书共 6 章，涵盖了目前民航界广泛使用的各种机载发动机仪表、大气数据仪表、陀螺和姿态系统仪表、航向系统仪表。其中，第 1 章概论，概述了民航飞机仪表的发展过程和分类、驾驶舱仪表板的布局、航空仪表的工作特性和误差；第 2 章传感器原理，介绍了飞机仪表中常见传感器的基本功能和工作原理；第 3 章发动机仪表，包括发动机压力表、推力表、温度表、转速表、油量表、振动表、流量表和 EICAS 的内容；第 4 章大气数据仪表，讲述了高度表、升降速度表、空速表、马赫数表、全/静压系统及大气数据系统的功能、原理和使用特点等；第 5 章陀螺和姿态系统仪表，详细阐述了陀螺原理、转弯侧滑仪、航空地平仪、姿态指引仪等仪表；第 6 章航向系统仪表，全面讲述了目前民航界飞机上广泛使用的各种磁罗盘、陀螺罗盘、陀螺磁罗盘和罗盘系统。

本书在编写的过程中得到了南京航空航天大学民航学院空中交通系隋东副教授、张军峰副教授的许多帮助，在此向他们表示感谢；对参考的教材和著作的作者表示感谢。此外，编写过程中参考了大量网站上的信息，因其内容零散且较多，无法在参考文献中一一列出，在此一并表示致谢。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 9 月

目 录

丛书序

前言

第 1 章 概论	1
1.1 航空仪表的发展过程	1
1.2 航空仪表的分类	2
1.2.1 按照发展阶段分类	2
1.2.2 按照功用分类	5
1.2.3 按照工作原理分类	6
1.3 航空仪表的布局	7
1.4 航空仪表的工作特性及其误差	15
1.4.1 稳定性	15
1.4.2 工作状态	15
1.4.3 工作特性	16
1.4.4 工作精度	16
1.4.5 误差的分类	18
思考题	19
第 2 章 传感器原理	20
2.1 弹性敏感元件	20
2.1.1 基本概念	20
2.1.2 弹性敏感元件测量原理	21
2.2 干簧管传感器	24
2.3 电阻式传感器	24
2.3.1 电位器	24
2.3.2 热电阻式传感器	25
2.3.3 液体摆	27
2.4 电感式传感器	27
2.4.1 变磁阻式电感传感器	28
2.4.2 差动变压器式电感传感器	29
2.5 电容式传感器	30
2.5.1 极距变化型电容传感器	31

2.5.2 面积变化型电容传感器	31
2.5.3 介质变化型电容传感器	32
2.6 热电式传感器	32
2.7 压电式传感器	34
2.8 同位器及随动系统	36
2.8.1 电位器式同位器	36
2.8.2 双电位器随动系统	38
2.8.3 变压器式同位器	39
2.8.4 力矩式同位器	42
2.8.5 微动同位器	44
思考题	45
第3章 发动机仪表	46
3.1 测量压力的仪表	46
3.1.1 压力的测量	46
3.1.2 进气压力表	47
3.1.3 电动压力表	48
3.2 测量推力的仪表	51
3.2.1 发动机压力比与推力的关系	52
3.2.2 压力比表工作原理	52
3.3 测量温度的仪表	53
3.3.1 高速气流的全受阻温度和动力温度	53
3.3.2 热电偶式温度表	54
3.3.3 电阻式温度表	56
3.4 测量转速的仪表	58
3.4.1 磁转速表	59
3.4.2 磁电式转速表	61
3.5 测量油量的仪表	62
3.5.1 浮子式油量表	62
3.5.2 电容式油量表	64
3.6 测量振动的仪表	69
3.6.1 振动指示参数	70
3.6.2 测振原理	71
3.6.3 振动的指示	72
3.7 测量流量的仪表	73
3.7.1 叶轮式流量表	73

3.7.2 角动量式流量表	75
3.8 发动机指示与机组告警系统	76
3.8.1 EICAS 的主要优势	76
3.8.2 EICAS 700 系统的工作原理	78
思考题	86
第 4 章 大气数据仪表	87
4.1 大气特性	87
4.1.1 大气层	87
4.1.2 大气的密度、温度和压力	88
4.1.3 国际标准大气	89
4.1.4 大气其他特性	90
4.2 气压高度表	91
4.2.1 飞行高度	92
4.2.2 气压高度表的工作原理	93
4.2.3 气压高度表的结构	95
4.2.4 气压高度表的使用	97
4.2.5 气压高度表的误差	99
4.3 升降速度表	103
4.3.1 升降速度表的工作原理	103
4.3.2 升降速度表的结构	104
4.3.3 升降速度表的误差	106
4.3.4 升降速度表的使用	107
4.4 空速表	108
4.4.1 概述	108
4.4.2 真空速表的工作原理	110
4.4.3 测量指示空速的原理	112
4.4.4 空速表的结构	114
4.4.5 空速表的误差	115
4.4.6 空速表的使用	116
4.5 马赫数表	117
4.5.1 马赫数与动压、静压的关系	118
4.5.2 马赫数表的原理	118
4.6 全/静压系统	120
4.6.1 全/静压系统简介	120
4.6.2 全/静压系统的组成	121

4.6.3 全/静压管的使用	124
4.7 大气数据系统	127
4.7.1 大气数据系统传感器元件	128
4.7.2 大气数据计算机的组成与分类	129
4.7.3 大气数据计算机系统的使用特点	134
思考题	134
第5章 陀螺和姿态系统仪表	136
5.1 陀螺原理	136
5.1.1 陀螺和陀螺仪	136
5.1.2 三自由度陀螺的特性	138
5.1.3 二自由度陀螺的特性	143
5.1.4 激光陀螺	145
5.2 转弯侧滑仪	147
5.2.1 转弯仪	147
5.2.2 侧滑仪	152
5.2.3 转弯侧滑仪的使用特点	153
5.3 航空地平仪	154
5.3.1 地平仪的基本原理	155
5.3.2 地平仪的安装及测量方法	156
5.3.3 地平仪的组成	157
5.3.4 地平仪的修正原理	158
5.3.5 地平仪的指示	162
5.3.6 地平仪的使用	164
5.4 姿态指引仪	165
5.4.1 垂直陀螺仪	165
5.4.2 姿态指引指示器	168
思考题	172
第6章 航向系统仪表	173
6.1 地磁和航向	173
6.1.1 地磁	173
6.1.2 航向	174
6.2 磁罗盘	176
6.2.1 磁罗盘的基本原理	176
6.2.2 磁罗盘的基本结构	177
6.2.3 磁罗盘的飞行误差	179

6.2.4 磁罗盘的使用特点	183
6.3 陀螺罗盘	184
6.3.1 陀螺罗盘的基本结构	184
6.3.2 陀螺罗盘的工作原理	184
6.3.3 直读陀螺罗盘	187
6.3.4 陀螺罗盘的误差	188
6.3.5 陀螺罗盘的使用特点	189
6.4 陀螺磁罗盘	189
6.4.1 陀螺磁罗盘的工作原理	189
6.4.2 陀螺磁罗盘的使用	192
6.5 罗盘系统	193
6.5.1 罗盘系统的功用	194
6.5.2 罗盘系统的工作原理	194
6.5.3 罗盘系统指示器	196
思考题	197
参考文献	199
缩略词表	201

第 1 章 概 论

航空仪表是飞机上全部仪表的总称。它的种类较多，分别用来测量（或计算）飞机在运动状态中的各种飞行参数，以及飞机发动机和其他一些设备的工作状态参数。随着航空事业的飞速发展，飞机的飞行速度、飞行高度和气象标准的提高，使飞机自动化程度越来越高。现在的航空仪表除为飞行员提供驾驶飞机用的目视显示数据外，还要为各种导航系统、自动飞行控制系统和飞行数据记录器等机载设备提供各种输入数据。

1.1 航空仪表的发展过程

航空仪表的发展与科学技术和飞机的发展密切相关。早期飞机上没有专门设计的仪表。莱特兄弟首次飞行时，飞机上只有一块秒表、一个风速计和一个转速表。早期装在飞机上的还有其他一些地面用的简陋仪表，如指示高度用的真空膜盒式气压计、指示航向用的磁罗盘、指示飞机姿态用的气泡式水平仪。1909 年，法国飞行员 L. 布莱里奥第一次驾机飞越英吉利海峡时，机上仍没有任何专门的飞机仪表。那时人们主要靠肉眼观察，在能见度许可的情况下飞行。第一次世界大战期间，飞机仪表有了较大的发展。1916 年，英国皇家空军的 S. E. 5 型飞机的仪表板上已装有 3 种较为可靠的飞行仪表及 4 种发动机仪表。1927 年，美国飞行员 C. A. 林白驾机飞越大西洋，除上述主要仪表外，他的飞机还装备了罗盘、倾侧和俯仰角指示器、转弯倾斜仪和时钟。1929 年 9 月，美国飞机驾驶员 J. H. 杜立特凭借仪表和无线电导航设备安全完成首次盲目飞行，即仪表飞行，开创了仪表发展的新阶段。从 20 世纪 30 年代开始，一些国家相继规定飞机上必须配备能完成盲目飞行的一定数量的基本仪表，其中包括空速表、高度表、陀螺地平仪、航向陀螺仪、升降速度表和转弯倾斜仪。随着大型、多发动机、高速飞机的机载系统逐渐增多，仪表需求量也日益增长。30~50 年代，飞机仪表有了很大的发展，出现了远读仪表、伺服仪表等新式仪表。这一时期最重大的进展是出现了各种机电型综合仪表，最有代表性的是指引地平仪、航道罗盘、大气数据计算机。60~70 年代，随着电子技术的发展，尤其包括微处理机在内的微电子技术的发展、彩色阴极射线管和其他新型电光元件（液晶显示器、发光二极管等）的相继问世，为仪表数字化、小型化、综合化和智能化提供了条件。数字式大气数据计算机、捷联式惯性导航系统等带微型计算机的数字测量系统和以平视显示器为代表的电子综合显示仪的出现，标志着

飞行器仪表进入一个新的发展阶段。80 年代航空仪表的特点是利用先进的数字电子技术,进一步向高度综合化和智能化方向发展,并以微型计算机和多路传输数据总线为纽带,把传感器、显示器、控制器与飞行控制系统、发动机控制系统、火力控制系统等有机地交联在一起,以实现飞行器各系统之间的高度综合化。采用完善的自检和故障监控、故障告警手段,提高信息测量的精度和可靠性。总之,随着科学技术的发展,航空仪表的发展是紧跟飞机发展而同步前进的。

1.2 航空仪表的分类

航空仪表可以按照仪表的发展阶段、功用和工作原理进行分类。

1.2.1 按照发展阶段分类

航空仪表的发展经历了以下几个阶段。

1. 机械仪表阶段

这个阶段是仪表的初创时期,很多早期的仪表都属此类,如气压式高度表、空速表、升降速度表、磁罗盘、航向陀螺仪等。直读式仪表通常是由敏感元件(或称测量元件,直接感受被测物理量的元件)、中间环节(放大传动机构)和指示装置组装在一起的单一参数测量仪表,其基本结构原理方框图如图 1-1 所示,如气压式仪表等。有的直读式仪表则直接由敏感元件来带动指示装置,如磁罗盘和航向陀螺仪。

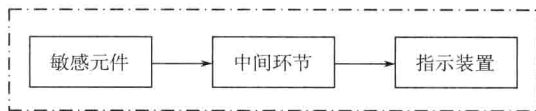


图 1-1 直读式仪表基本结构原理方框图

敏感元件用来测量被测参数的物理量,如膜盒仪表的敏感元件是真空膜盒(测量绝对压力)或开口膜盒(测量相对压力,即压差);陀螺仪表的敏感元件是三自由度陀螺(确定地垂线或航向基准线)或二自由度陀螺(测量飞机运动的角速度)。指示装置用来指示被测物理量的数值,它包括传动装置、指针和刻度盘。有的表为了扩大量程,指针采用粗、细(长短)两根针;扩大量程的另一个办法是在指示装置中增加记数装置,用数字指示与指针相结合的方式,指针只指示低量程读数,超过指针指示的量程靠数码指示。中间环节的作用是:将敏感元件输出的物理量变换成指示装置能接收的物理量;将敏感元件的输出信号放大到使指示装置有足够大的输出,即指针有足够大的转角,便于判读;有些表,中间环节安装有误差补偿或误

差修正装置（如气压高度表内的温度补偿片）。

这种仪表的最大优点是结构简单、工作可靠、成本低廉，至今仍有不少机型在使用。它的缺点是因推动指针移动的能量来自敏感元件的信号源，能量很小，所以表的灵敏度较低，指示误差较大。随着飞机性能的不断提高和使用范围的日益扩大，需要测量的参数也越来越多，精度越来越高，机械式仪表早已不能满足航空发展的需要。但是，此类仪表仍大量用于一些低空飞行的轻型飞机上，而且几乎在所有飞机上都还用它们作为应急仪表。

2. 电气仪表阶段

从 20 世纪 30 年代起，航空仪表已由机械化逐步走向电气化，发展成电气仪表，通常称为远读式仪表。所谓“远读”，是指仪表传感器和指示器没有组装在同一个表壳内，它们之间的工作关系是通过电信息传递来实现的，相距较远。大多数发动机仪表均属此类，如发动机排气温度表用热电偶式感温头作为传感器，用毫伏表作为指示器。还有一些仪表利用远距同步传输系统来实现远读的功能，如远读磁罗盘、远读地平仪、热电偶温度表、压力表和油量表等。

远读式仪表的基本结构原理方框图如图 1-2 所示。它主要由传感器和指示器两部分组成。传感器包括敏感元件和变换装置，远离仪表板；指示器包括接收装置和指示装置，在仪表板上，两者之间通过信号传输线路构成工作系统。

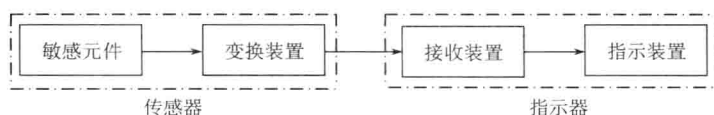


图 1-2 远读式仪表基本结构原理方框图

从图 1-2 中可以看出，变换装置和接收装置构成仪表的中间环节，它的作用和直读式仪表相比，实现了仪表信号的远距离传递，其余作用和机械仪表阶段的中间环节相同。

由此得知，仪表、传感器和指示器三者是有区别的。仪表要将被测量的数值大小显示出来，供人们判读或记录（记录仪表）；传感器只将被测量（或与被测量有确定关系的物理量）变为与它有严格对应关系的可用电量（或其他物理量）；指示器本身不测量任何物理量，而只是接收它所确定的传感器信号。在实际工作中，往往要拆下（或装上）一些表，这里所说的“表”，对远读式仪表来说是指其指示器。

远读式仪表的实际结构有的简单，有的较复杂。简单的远读式仪表，信号传递采用直流同步器、自整角机或磁同步器等。如果传感器的输出功率很小，而要求的精度又比较高，多采用伺服系统结构。较复杂的仪表，传感器的信号不直接

送到指示器,中间还有一些别的环节,如放大器、误差修正机构和参数转换等各种装置。

用电气传输代替机械传动,可以提高仪表的反应速度、准确程度和传输距离。将仪表的指示装置与其他部分分开,使仪表板上的仪表体积大为缩小,改变了因仪表数量增多而出现的仪表板拥挤状况。另外,一些表的敏感元件(传感器部分)因远离驾驶舱,减少了干扰(如磁传感器和陀螺传感器),提高了敏感元件的测量精度。当然,远读式仪表也有一些缺点,它使整套仪表结构复杂、部件增多(主要是中间环节)、质量增加、工作可靠性降低。

3. 机电式伺服仪表阶段

为提高仪表的灵敏度和精度,20世纪40年代后出现了能够自动调节的小功率伺服系统仪表,即机电式伺服仪表。

伺服系统又称为随动系统(亦称反馈系统),它是一种利用反馈原理来保证输出量与输入量相一致的信号传递装置,其原理结构如图1-3所示。

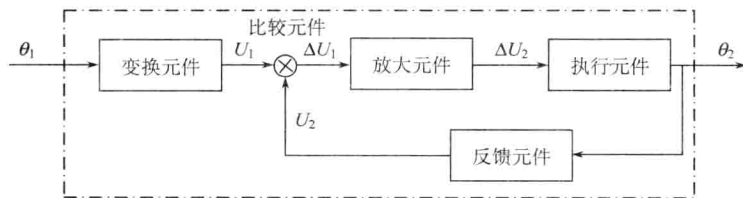


图 1-3 小功率伺服系统组成原理结构

在图1-3中, θ_1 (输入) 为某一机件的机械转角, θ_2 (输出) 为执行元件(即小型电机或微电机)的输出转角, 变换元件将 θ_1 变换成电压 U_1 , 反馈元件将 θ_2 变换成电压 U_2 , 比较元件完成 $\Delta U_1 = U_1 - U_2$ 的运算功能, 放大元件保证执行元件(电动机)有足够的输入功率。这样的系统在工作时能使输出量 θ_2 与输入量 θ_1 保持一个同步跟踪(或称同步传送)关系, 如果取反馈元件的传递系数与变换元件的传递系数相同, 则在量值上 θ_2 就等于 θ_1 。

利用伺服系统原理构成的仪表, 也称闭环仪表。对仪表信号, 采用伺服机构能减少摩擦力矩对敏感元件的影响, 进行力矩放大, 信号能量得到放大, 提高了仪表测量和指示精度。输出多路信号供各系统使用, 有利于仪表的综合化和自动化。伺服仪表也具有远读的特点。目前大多数航空仪表均采用伺服系统来传递各种信号。

4. 综合指示仪表阶段

20世纪40年代后, 由于飞机性能迅速提高, 各种系统设备日益增多, 所需指示和监控仪表大量增加, 有的飞机上已多达上百种, 仪表板和座舱无法安排, 驾驶

员也眼花缭乱。另外,飞机的飞行速度和机动性能的提高,又使驾驶员观察仪表的时间相对缩短,容易出错。因此,把功能相同或相关的仪表指示器有机地组合在一起,形成了统一指示的综合仪表。

仪表的综合化有两条途径:传感器综合化和显示器综合化。

传感器综合化又分为两种方式:一种方式是把原理不同而功用类似的几个传感器组合在一起,以达到互相校正和提高仪表性能的目的。由磁罗盘和航向陀螺仪组成的陀螺磁罗盘是这种综合方式的典型例子。另一种方式是把少量公用的原始信息传感器集中起来,通过计算机计算,输出为数众多的不同信号。这方面的典型实例是大气数据计算机。这种传感器综合化方式的优点是大大减少了设备的重复性,减小了体积和质量,能采用较完善的测量原理,进行多种误差补偿从而提高了参数测量精度。

显示器综合化是把有关的参数集中在一个显示器内显示,这样做不仅能有效地减少仪表数量、减轻仪表板的拥挤程度、减轻飞行员的目视负担,而且还能得到用单一参数指示器所不能得到的有用信息。早期的组合式高度表、组合式航向仪表,后来的机电型指引地平仪、航道罗盘及现代的电子综合显示仪都是显示综合化的实例。

总之,航空仪表的发展过程是从机械指示发展到综合显示、仪表的数量经历了从少到多,又从多到少的发展过程。

1.2.2 按照功用分类

航空仪表按功用可分成飞行仪表、发动机仪表和其他设备仪表。

1. 飞行仪表

飞行仪表是指示飞行器在飞行中的运动参数(包括线运动和角运动)的仪表,驾驶员凭借这类仪表能够正确地驾驶飞机。这类仪表主要有利用大气特性的各种气压式仪表、利用陀螺特性的各种陀螺仪表和利用物体惯性的加速度(过载)仪表等。

2. 发动机仪表

发动机仪表是用于检查和指示发动机工作状态的仪表。按被测参数区分,主要有转速表(如螺旋桨转速表、低压涡轮和高压涡轮转速表)、压力表(如进气压力表、燃油压力表、滑油压力表)、温度表(汽缸头温度表、排气温度表)和流量表(燃油油量表)等。现代发动机仪表还包括振动监控系统,用于指示发动机的结构不平衡性和预告潜在的故障。燃油是直接供发动机使用的,故指示燃油油量的油量表通常也归属于发动机仪表。

3. 其他设备仪表

在飞机的其他设备中使用的测量仪表统称为其他设备仪表,如飞机的增压系统

有座舱高度表、压差表、空气流量表、升降速度表和温度表等；飞机的液压系统有各种压力表和液压油量表等；灭火系统有各种压力表；起动发动机（或起动发电机）用的起动涡轮上面有转速表、燃油压力表、滑油压力表、滑油温度表和燃油量表等。此外，还有起落架收放指位表、襟翼指位表和飞机电气设备用的电流表、电压表、频率表等。

在上述仪表中有些并不独立存在，而与相应参数仪表组合在一起（如指引系统仪表）；有的飞机将一些指示简单的仪表改用灯光显示（如起落架收放位置显示）。

1.2.3 按照工作原理分类

航空仪表按工作原理可分成测量仪表、计算仪表和调节仪表。

1. 测量仪表

测量仪表用于测量飞机在飞行中的运动参数，包括大气数据系统仪表、姿态系统仪表、航向系统仪表和指引系统仪表等。其中，大气数据系统仪表有高度表、升降速度表、指示空速表、真空速表、马赫数表（或称 M 数表）、大气静温温度表和空气总温温度表等；姿态系统仪表有地平仪、转弯仪和侧滑仪等；航向系统仪表有磁罗盘、陀螺罗盘和陀螺磁罗盘等；指引系统仪表有姿态指引仪、水平指引仪和一些重要数据（飞行数据，如空速；发动机工作参数，如压力比等）指引仪。

2. 计算仪表

计算仪表是指飞机上的一些领航（或称导航）和系统性能方面的计算仪表（或称计算器、计算机），如自动领航仪、航行计算器、飞行指引仪（或系统）、惯性导航仪（或系统）、性能管理系统中的性能管理计算机和飞行管理系统中的飞行管理计算机等。

一些不能直接测量出指示参数的物理量，虽然也是通过计算求得的，但不叫计算仪表，称它为间接测量仪表，如大气数据仪表，是通过测量大气压力求得飞行参数的。

飞机上使用计算仪表是因为一些导航数据（或设备性能数据）不是测量出来的，而是根据某些飞行参数（或设备工作状态参数）计算出来的，是多参数输入、输出仪表。从组成上看，除了一些传感器（或来自别的工作系统信号）和指示器外，工作系统中还有很多中间环节和操纵装置等。从结构上看，它除了具备测量仪表的各个环节外，由于系统计算环节的增多，在计算方面要比间接测量仪表的计算精度高，所以，计算仪表要比测量仪表复杂得多。

计算仪表的计算方式有两种，一是采用模拟计算，二是采用数字计算。对某一个仪表（或系统）来说，各个环节的计算可能是模拟计算，也可能是数字计算。如果采用混合计算方式，两者之间有模-数（或数-模）转换装置。