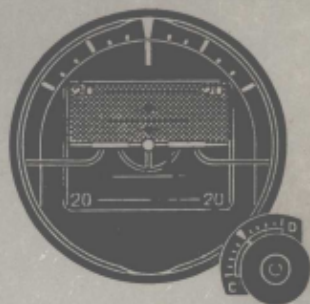


航空仪表

王有隆 编



西南交通大学出版社

责任编辑 唐元宁
封面设计 朱开文

ISBN 7-81057-566-X



9 787810 575669 >

ISBN 7-81057-566-X/V·004

定价:18.80 元

V241.0

p

航 空 仪 表

王有隆 编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

本书讲述航空仪表的基本知识,内容包括航空仪表基础,发动机仪表,测量高度、速度的仪表,测量飞机姿态的仪表,测量飞机航向的仪表和其他辅助仪表。

本书重点分析了航空仪表设备的功用,测量原理,使用特点,与使用有关的误差及特殊情况下的处置,它主要供飞行技术专业学生学习使用,也可供持私人驾照者、航空管制学生和其他相关人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

航空仪表/王有隆编. —成都:西南交通大学出版社,
2001.7
ISBN 7-81057-566-X

I. 航... II. 王... III. 航空仪表—基本知识
IV. V241

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 030080 号

航 空 仪 表

王有隆 编

出版人 宋绍南

责任编辑 唐元宁

封面设计 朱开文

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行科电话: 7600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbs@center2.swjtu.edu.cn

成都飞机工业公司印刷厂印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 8

字数: 182 千字 印数: 1—1000 册

2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-566-X/V·004

定价: 18.80 元

前 言

本书是根据中国民航飞行学院制定的《航空仪表》教学大纲，并参考美、英、德、澳等国同类教学大纲、教学计划及教科书而编写的教材。根据教学大纲的要求，本教材主要讲述航空仪表的基础知识和飞机的基本仪表设备，从而为飞行学生在初教机飞行阶段正确使用航空仪表设备提供理论依据，同时也为进一步学习和使用航线运输机的航空电子设备奠定必要的理论基础。

根据飞行技术专业的特点，本书着重讲述航空仪表设备的功用、测量原理和使用特点，对于和使用有关的误差及主要仪表特殊情况下的处置也进行了必要的分析。在讲述功用时，注意指出所测参数对于安全和经济飞行的意义；在讲述测量原理时，注意讲清物理概念，而并不过分强调仪表电路、结构和数学分析；在讲述使用方法时，注意讲述共性的使用特点，而并不局限于某一个具体仪表；在讲述误差时，只强调与使用和安全飞行有关的内容，而不拘泥于设计和制造的误差分析。

航空仪表发展十分迅速，本书根据目前我国运输机、通用机和教练机机群的现状，讲述了许多典型的欧美仪表，以及部分国产仪表，尽量使先进性、代表性和实用性、全面性得到兼顾。由于欧美仪表采用英制单位，为了学习和工作方便，本书仍然保留了这种单位制。

本书在编写过程中得到驾驶系领导和电子教研室老师的大力支持，电子教研室魏麟、邹强、徐亚军、何晓薇老师对教材进行了初审，驾驶系主任郑国平副教授对教材进行了终审，他们都对本书提出了不少宝贵意见和建议。同时，编者在编写本书时还参考了我院郑国平、任正家等老师编写的教材。编者在此表示衷心的感谢。

由于编者资料不全、水平有限，书中错误和不足在所难免，恳请读者提出宝贵意见。

编 者

2001年5月

目 录

绪论	1
第一章 航空仪表基础	6
第一节 同位器及随动系统	6
第二节 陀螺基本知识	11
本章小结	20
第二章 发动机仪表	22
第一节 进气压力表	22
第二节 电动压力表	24
第三节 推力表	27
第四节 温度表	29
第五节 转速表	33
第六节 油量表	35
第七节 流量表	38
第八节 振动指示器	42
本章小结	45
第三章 测量飞机高度、速度的仪表	47
第一节 气压式高度表	47
第二节 空速表	57
第三节 马赫数表	63
第四节 升降速度表	65
第五节 全静压系统	68
本章小结	71
第四章 测量飞机姿态的仪表	73
第一节 转弯侧滑仪	73
第二节 航空地平仪	79
本章小结	93
第五章 测量飞机航向的仪表	94
第一节 磁罗盘	94
第二节 陀螺半罗盘	103
第三节 陀螺磁罗盘	107
本章小结	114

第六章 其他仪表..... 116

第一节 航空时钟..... 116

第二节 指位表..... 118

第三节 弹簧管压力表..... 119

主要参考文献..... 122

绪 论

航空器上用的仪表叫做航空仪表。它的功用是测量、计算和自动调节航空器的运动状态以及动力装置的工作状态。

现代飞机高高翱翔在蓝天之上，人们赋予它的任务日趋复杂。航空仪表好像是飞机的“耳目”和“头脑”，使它耳聪、目明、反应灵敏。可以毫不夸张地说，如果没有现代航空仪表和其他电子设备，飞行员就不可能安全、有效地完成各种复杂的飞行任务，更不可能有高度发达的现代航空事业。

一、航空仪表的分类

飞机上仪表的种类繁多，它们主要安装在驾驶舱仪表板和操纵台上。图 0-1、图 0-2、图 0-3 分别为 TB—20、波音 777、空中客车 A320 驾驶舱。

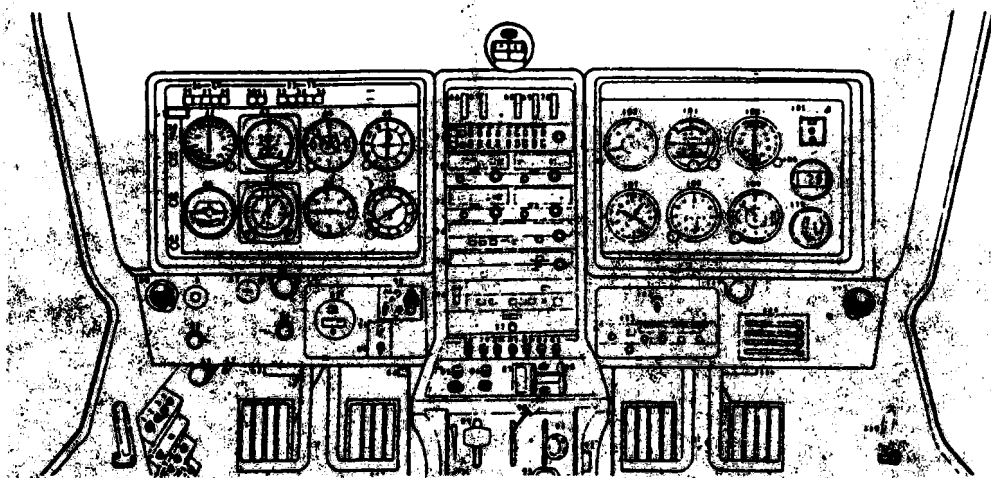


图 0-1 TB—20 驾驶舱

航空仪表按功用可以分为三类：驾驶领航仪表（或称飞行仪表），发动机仪表和其他设备仪表（或称辅助仪表）。

用来反映或调节飞机运动状态的仪表，叫做驾驶领航仪表。主要包括：高度表、空速表、地平仪、磁罗盘、陀螺半罗盘、陀螺磁罗盘、罗盘系统、惯性导航系统、自动飞行系统等。这些仪表又可划分为大气数据仪表、姿态仪表、航向仪表等几类。

用来检查或调节飞机动力装置的仪表，叫做发动机仪表。主要包括：燃油（滑油）压力表、推力表、温度表、转速表、油量表、振动指示器等。

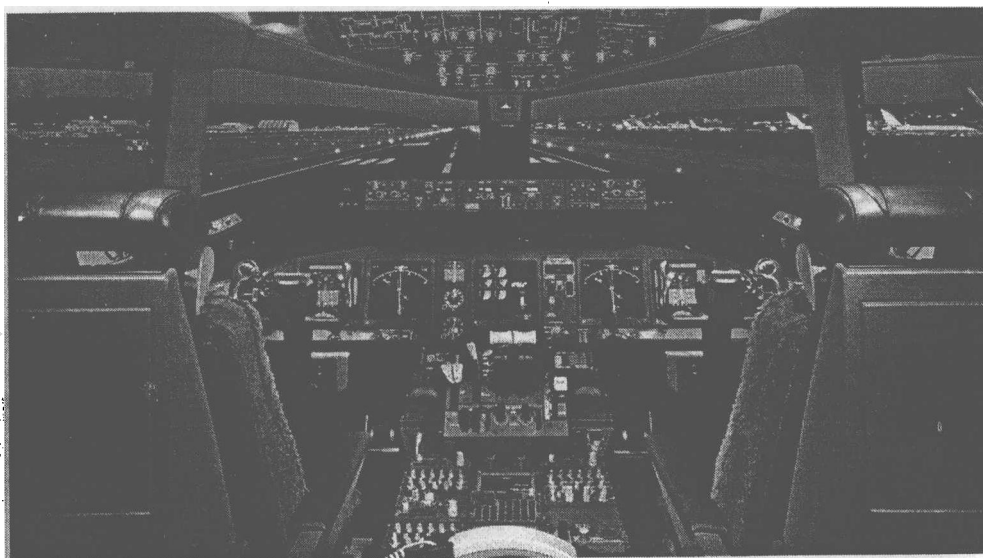


图 0-2 波音 777 驾驶舱

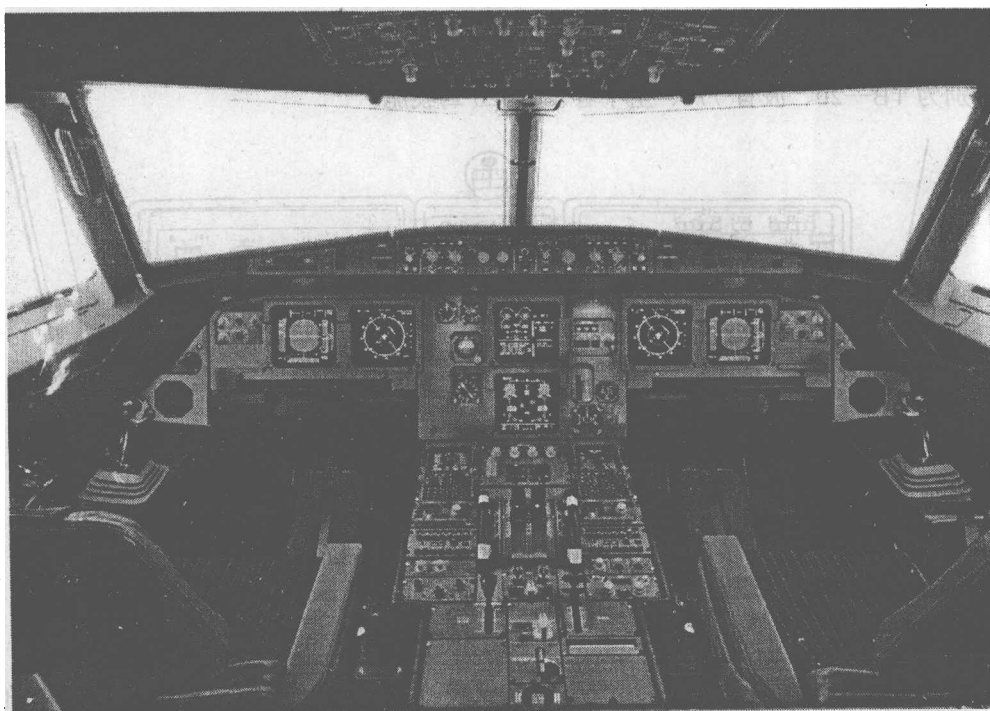


图 0-3 A320 驾驶舱

用来检查液压、冷气、氧气、座舱增压系统等其他设备工作状态的仪表，叫做其他设备仪表。例如，弹簧管压力表、指位表、座舱高度表等。

从工作原理看，航空仪表又可分为测量仪表、计算仪表和调节仪表三类。

测量仪表是在感受被测物理量的基础上，经过转换（一种物理量转换成另一种物理量）、

传送（改变空间位置），然后指示其参数。它的工作过程，包括感受、转换、传送、指示等几个环节，如图 0-4 所示。目前飞机上使用的仪表大多属于测量仪表。

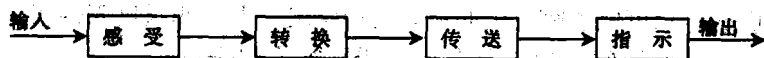


图 0-4 测量仪表基本环节

计算仪表必须按照一定的数学关系式，经过自动计算才能指示。它的工作过程除上述几个环节外，还包括计算环节，如图 0-5 所示。例如，大气数据计算机、惯性导航系统都属于计算仪表。

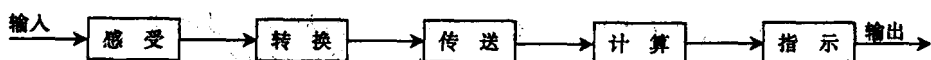


图 0-5 计算仪表的基本环节

调节仪表是在测量和计算某一对象（如飞机的运动或工作状态）的基础上，对它进行自动调节（即自动控制），使它按预定的规律工作，其基本环节如图 0-6 所示。自动驾驶仪就是一个典型的调节仪表。

综上所述，航空仪表由感受、转换、传送、指示、计算、放大和执行等基本环节组成。但是，不是每个仪表都包括所有这些环节，而且各个环节的性质和所占的地位也不完全相同。

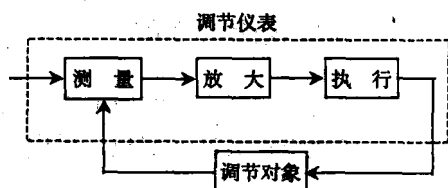


图 0-6 调节仪表的基本环节

二、航空仪表的分布

航空仪表指示器主要安装在驾驶舱仪表板上，其他一些需要安装仪表的地方也有少量仪表，如燃油加油口处可能有油量表，客舱可能有客舱高度表等。传感器，即感受部分安装在便于准确测量被测参数的地方，如空速管装在机头附近，磁传感器安装在翼尖等。其他装置，如处理器、放大器等电子设备，大多安装在电子设备舱。

航空仪表在仪表板上的分布，主要是便于飞行人员迅速而全面地观察仪表，一般具有三个特点：第一，重要仪表装在便于观察的地方；第二，测量同一参数或性质相近参数的仪表，排列在一起，以便互相比对；第三，所测参数性质不同，但有密切联系的仪表，排列在一起。此外，还要考虑到便于维护以及不影响仪表的性能，例如直读磁罗盘不应靠近电动仪表，以免产生较大的罗差。

对于有正副驾驶员的飞机，飞行仪表有两套，分别安装在左、右仪表板上（即正、副驾驶员正前方的仪表板）；发动机仪表安装在中央仪表板上，以便正、副驾驶员观看；其他仪表安装在顶部仪表板和操纵台上。

如果飞机配有随机工程师和领航员，则在随机工程师仪表板上装有发动机仪表和飞机的一些操纵系统的动力设备仪表，在领航员仪表板上装有领航员用的领航仪表。

在飞行仪表中，地平仪或姿态指引仪，装在左、右仪表板中央偏上位置，空速表和高度

表分列两侧。上述三只表基本处于一条水平线上，综合观察它们的指示可以了解飞机的纵向运动情况。航道罗盘或水平状态指示器安装在地平仪下方。地平仪和航道罗盘构成一条垂直线，综合观察它们的指示可以了解飞机的横向运动状况。上述四只仪表构成了典型的“T”形排列形式，其他仪表则分布在它们周围，参见图 0-1 左仪表板。

在发动机仪表中，较重要的推力表和转速表排在上面，其他表排在下面。在多发动机飞机上，反映同一发动机不同参数的仪表装在同一条垂直线上，并和发动机排列位置相对应；测量不同发动机同一参数的仪表装在同一条水平线上，便于比较。

在采用电子显示仪表的飞机上，通常在仪表板上安装六只彩色电子显示器和少数备用机电仪表，如图 0-2、0-3 所示。在左、右仪表板上各有一只电子姿态指引仪 EADI（或称主飞行显示器 PFD）和一只电子水平状态指示器 EHSI（或称导航显示器 ND）。在中央仪表板上有两只发动机指示和机组警告系统显示器 EICAS（或称多功能显示器 MFDS）。备用仪表一般只有地平仪、高度表、空速表和无线电磁指示器等，安装在仪表板方便观看的剩余位置上。

三、航空仪表的发展

航空仪表的发展大体经历了机械仪表、电气仪表、综合自动化仪表和电子显示仪表四个阶段。追寻航空仪表的发展史，可以了解航空仪表的演进过程，以及科学技术的发展脉络。

（一）机械仪表阶段

初期的飞机，航空仪表很少，飞行员基本上凭自己的耳、目和感觉飞行。

后来，人们在飞机上安装了膜盒式压力表和空速表，又把航海用的磁罗盘和陀螺罗经及水平仪移植到飞机上。这样，就逐渐形成了飞机上的高度表、空速表、磁罗盘、方位仪和地平仪。由于远距离飞行的需要，半自动化的领航——航迹记录仪和气动液压式自动驾驶仪也应运而生。

这个时期的航空仪表是航空发动机史上的第一阶段，即“机械仪表”阶段。它们的最大优点是结构简单、工作可靠、成本低廉。因此，有的仪表至今仍在许多小型飞机上使用，并作为大型飞机的备用仪表。

（二）电气仪表阶段

随着航空事业的迅速发展，机械仪表的准确性显得太差了，并且信号还不容易远距离传送。

20 世纪 30 年代以后，随着电气、电子技术和计算技术等近代科学技术的发展，圆满地解决了非电量转换为电量和电气远距离传送两个主要问题，航空仪表进入了“电气仪表”阶段。

这个时期研制并投入使用的代表性仪表有：远读磁罗盘，远读地平仪，一批电气发动机仪表，惯性导航装置，无线电高度表，无线电罗盘和电动、电液式自动驾驶仪等。特别值得提出的是自动驾驶仪的电气化，不仅提高了控制飞机角运动的质量，而且也自动、半自动控制飞机的飞行轨迹奠定了基础。

(三) 综合自动化仪表阶段

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数量大量增加,有的飞机多达上百种,不仅仪表板无法安排,也使飞行员的负担过重。于是,人们对仪表的准确性、可靠性和自动化程度提出了更高的要求。20世纪50年代以后,航空仪表进入了“综合自动化仪表”阶段。

综合自动化仪表在三个方面对航空仪表进行了改进:第一,将功用相同或原理相近的仪表综合起来;第二,将多种分散的信号自动综合起来,并经过处理,直接产生操纵信号(指令);第三,将自动驾驶仪和多种测量装置交联起来,扩大了飞机操纵自动化的范围。

这个时期的代表性仪表有:罗盘系统,飞行指令仪表,大气数据计算机系统,惯性导航系统,自动飞行系统等。随着电子技术的发展,从20世纪60年代起,利用荧光屏显示的平视显示器等仪表也开始得到应用。

(四) 电子显示仪表阶段

20世纪70年代,航空仪表进入了“电子显示”仪表阶段。电子显示仪表采用彩色阴极射线管(CRT)或液晶显示器(LCD),并且广泛使用微处理器进行信息处理,从而使航空仪表发生了革命性的变化。以此为契机,一个航空电子设备高速发展的新时期已经到来。

电子显示仪表采用多种颜色的图形、符号和文字向飞行员提供信息,具有很强的直观性和很大的信息量;电子显示器采用时分制,可以在不同飞行阶段显示不同信息,也可以由飞行员人工选择需要的显示内容,这就大大减少了仪表数量(可减少50%以上),改善了人机工效;电子显示器具有集中的状态显示、故障告警及维修指示,提高了自动化程度,减轻了飞行员的工作负荷,座舱空勤人员也由三人制减少到二人制;电子显示器还可以互为余度(互相备用),具有很高的可靠性。

除了电子显示器以外,由于微处理器和现代科学技术的迅速发展,其他航空仪表也有了长足的进步。惯性/卫星组合导航实现了全天候、高精度导航;数字式自动飞行系统可以进行Ⅲ_B类自动着陆;四维飞行管理系统能够使飞机以最经济的成本在预定的时间,高度自动化地完成飞行任务;余度技术、自检技术的广泛应用,大大提高了设备的安全可靠性……现代飞机驾驶员已经逐步开始从紧张、繁重的驾驶劳动中解放出来,成为座舱资源的管理者。

航空仪表或航空电子设备未来的发展一方面研制新型的传感器、微处理器和显示器;另一方面则是电子系统的综合化。目前人们正在研究或开始使用的新技术有:固态传感器、光传感器、“智能”传感器、光纤陀螺、彩色液晶显示、触摸式屏幕、惯性/卫星组合导航、空地数据传输、无纸驾驶舱(采用电子数据库)等。

——复习题——

1. 航空仪表的功用是什么?
2. 航空仪表按功用可以分为哪几类?它们各有什么用途?
3. 简述航空仪表的发展过程。

第一章 航空仪表基础

航空仪表基础包含的内容比较多,考虑到飞机驾驶专业的实际情况和学生已有的基础知识,本章仅讲述同位器、随动系统和陀螺的基本知识。

第一节 同位器及随动系统

在航空仪表中,常常需要把某个机件的角位置远距传送给指示仪表或其他设备。例如,发动机油门杆的位置、襟翼的收放角度需要传给指位表,垂直陀螺测量的飞机姿态角、方位陀螺测量的飞机陀螺航向需要传给姿态指示器、水平状态指示器及自动驾驶仪等。同位器和角位移随动系统(以下简称随动系统)用来远距传送角位移信号。

如果单纯带动指针给出示数,可以采用同位指示器;如果输出轴上具有较大负载力矩,则可采用随动系统。

一、同位器

同位器也称同步器,航空仪表使用的同位器有电位器式同位器、感应式同位器、磁同位器、微动同位器等,下面仅讲述常用的电位器式同位器和感应式同位器。

(一) 电位器式同位器

电位器式同位器是一种直流同位器,它由发送器和接收器两部分组成。

电位器式同位器的发送器是一个环形电位器,接收器是三线圈式电流比值表。发送器三把电刷互成 120° ,同轴相连,由被测角位移的机构带动而转动。接收器三个结构相同的线圈互成 120° ,可以接成星形,也可以接成三角形。指针固定在活动磁铁转子轴上,用来指示被测角位移的大小。发送器的三把电刷通过三根连接导线与接收器线圈相连,直流电源则加在发送器电阻直径的两端,如图 1-1 所示。

电位器式同位器的基本工作原理是利用输入角位移使发送器三把电刷的电位改变,从而使接收器线圈相应点的电位改变,电流比值表线圈中电流改变,三个线圈的电流比值改变,结果使合

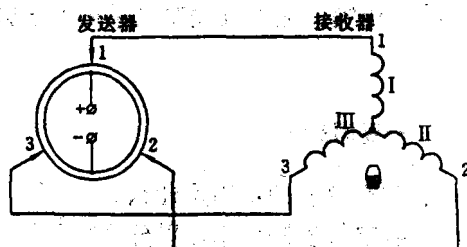


图 1-1 电位器式同位器的组成

成磁场的方向改变。在这个磁场的作用下，活动磁铁的角位移改变，即输出相应的角位移。

如图 1-2 所示，当输入角位移为零时，I 电刷处于电位器上正极的位置，I 线圈端点的电位最高，II、III 两线圈端点的电位相等且较低。因此，I 线圈中电流最大，II、III 两线圈中的电流相等且较小；I 线圈中的磁场强度 H_1 最大，II、III 两线圈中的磁场强度 H_2 、 H_3 相等且较小。合成磁场 H 方向与 I 线圈中的磁场方向一致。活动磁铁停的位置与合成磁场的方向一致，表示输入角位移为零。

当输入角位移为 30° 时，电刷从起始位置顺时针方向转过 30° ，因此 I、III 中两线圈端点的电位都降低，II 线圈端点的电位则升高到电源电压的一半。这时，I 线圈一端电位较高，II 线圈一端电位较低，两线圈连接点的电位为电源电压的一半，III 线圈两端的电位刚好相等。于是 I、II 两线圈中流过同样大小的电流，III 线圈中则无电流。这样，磁场 H_1 、 H_2 的大小相等，合成磁场 H 的方向与磁场 H_1 的方向夹角为 30° ，活动磁铁转到与合成磁场的方向一致的位置，表示输入角位移为 30° ，如图 1-3 所示。

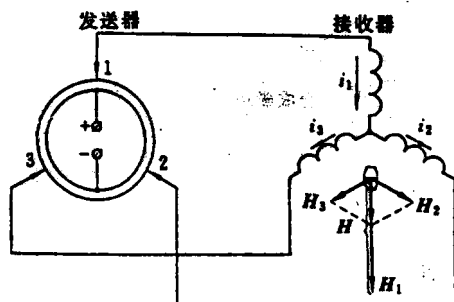


图 1-2 电位器式同位器原理之一
(输入角位移为零)

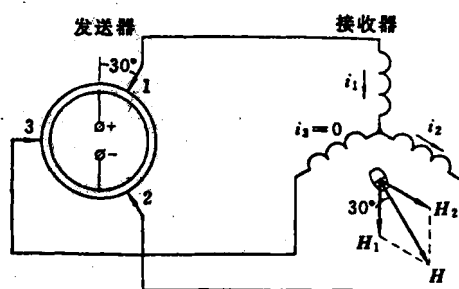


图 1-3 电位器式同位器原理之二
(输入角位移为 30°)

电位器式同位器结构比较简单，传送的角度大小不受限制。主要缺点是存在一定的传送误差（接收器的输出角位移与发送器的输入角位移不等而引起的误差）。

(二) 感应式同位器

感应式同位器是一种交流同位器。用于航空仪表中的感应式同位器一般都是单相的，下面只讲这种同位器。

感应式同位器由发送器和接收器两部分组成，如图 1-4 所示。发送器和接收器都有三个

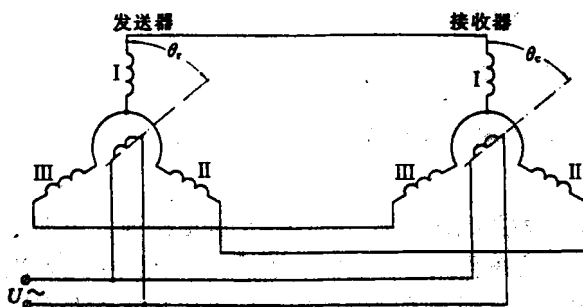


图 1-4 感应式同位器工作原理

互成 120° 的定子绕组和一个转子绕组。发送器、接收器的转子绕组并联于同一个交流电源。发送器的转子接受输入的角位移，接收器的转子则对外输出角位移。

为了便于说明感应式同位器的工作原理，首先分析磁通角位移的远距传送原理。

1. 磁通角位移的远距传送原理

磁通角位移的远距传送，就是根据电磁感应原理，把发送器转子磁通的位移（或某瞬间的位置）远距传送到接收器，使接收器定子中产生一个与发送器转子的磁通同位的磁通。

如图 1-5 所示，假设给发送器转子通入交流电，会在转子轴线方向产生交变磁通。根据电磁感应原理可知，该磁通将在三相定子绕组中产生感应电动势。设电源电压的有效值为 U ，转子绕组轴线和定子绕组 I 轴线的夹角为 θ ，则在 I、II、III 三个绕组中感应电动势的有效值 E_1 、 E_2 、 E_3 分别为

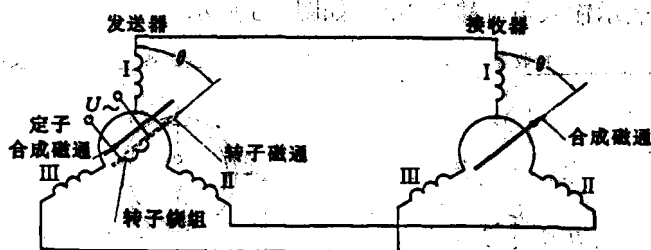


图 1-5 磁通角位移的远距传送

$$E_1 = E_m \cos \theta$$

$$E_2 = E_m \cos(\theta - 120^\circ)$$

$$E_3 = E_m \cos(\theta - 240^\circ)$$

式中： E_m 为转子绕组轴线与定子绕组轴线重合时，该定子绕组中产生的感应电动势的有效值，这个感应电动势为最大。

在上述三个感应电动势的作用下，发送器和接收器中分别产生电流 i_1 、 i_2 、 i_3 ，这些电流在发送器的定子绕组中产生磁通 Φ_{r1} 、 Φ_{r2} 、 Φ_{r3} ，这些磁通的大小分别与感应电动势 E_1 、 E_2 、 E_3 成正比，可用下式表示

$$\Phi_{r1} = KE_m \cos \theta$$

$$\Phi_{r2} = KE_m \cos(\theta - 120^\circ)$$

$$\Phi_{r3} = KE_m \cos(\theta - 240^\circ)$$

式中： K 为比例系数。

把发送器定子绕组中的磁通综合起来，得到一个合成磁通。根据变压器原理，该合成磁通与转子磁通方向相反，起去磁作用。由于接收器中每一绕组中的电流都与发送器中相应绕组的电流大小相等而方向相反，因此接收器中的合成磁通与发送器定子的合成磁通大小相等而方向相反，与发送器转子的磁通方向相同。

由此可知，发动机转子磁通的角位移（即输入角位移）传送到接收器中，就变成了接收

器定子合成磁通的相应角位移（即输出角位移）。也就是说，发送器转子磁通的角位移被同位地传送给接收器定子的合成磁通了。

2. 感应式同位器的工作原理

感应式同位器接通电源之后，两转子绕组中同时产生磁通，发送器转子磁通在发送器定子中产生三个感应电动势，接收器转子磁通在接收器定子中也产生三个感应电动势。如果接收器转子的角位移 θ_c 与发送器转子的角位移 θ_r 相等（这种情况也叫同位），则上述前三个感应电动势与后三个感应电动势大小分别相等，极性分别相同，因此发送器和接收器的定子绕组中都没有电流。此时，同位器处于平衡状态。

发送器转子角位移变化之后，两转子角位移不相等（如 $\theta_r < \theta_c$ ），产生失调角 $\Delta\theta = \theta_r - \theta_c$ 。设发送器转子磁通的指向为 θ_r ，此磁通被传送到接收器中为合成磁通 Φ'_r ，其指向为 θ_r （见图 1-6 (a)）；接收器转子磁通的指向为 θ_c ，此磁通被传送到发送器中为合成磁通 Φ'_c ，其指向为 θ_c （见图 1-6 (b)）。

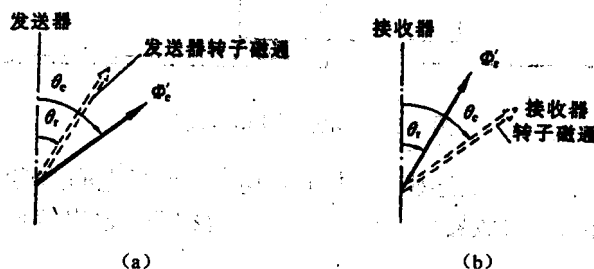


图 1-6 角位移 θ_c 与角位移 θ_r 不相等时，发送器、接收器中产生的磁通

在接收器中，由于接收器转子绕组轴线与合成磁场 Φ'_r 方向不一致，接收器转子绕组中的电流将受到电磁力矩的作用，这种电磁力矩叫做同步力矩。在同步力矩作用下，接收器转子沿发送器转子转动方向旋转，直到两转子在空间同位为止，即 $\theta_c = \theta_r$ ， $\Delta\theta = 0$ 。

同理，在发送器中发送器转子也会受到电磁力矩的作用，但由于发送器转子轴是输入轴，不会因电磁力矩的作用而转动，因此电磁力矩仅起反作用力矩的作用。

综上所述，根据电磁感应原理，感应式同位器工作时，发送器转子磁通将被传送到接收器定子，产生合成磁场，它们方向相同；如果接收器转子和发送器转子方向不同，接收器转子将受到合成磁场电磁力矩作用而发生转动，直到和发送器转子同位为止。

上面的分析没有考虑接收器转子轴上的摩擦力矩。而实际在摩擦力矩影响下，同步力矩不能使接收器转子和发送器转子完全同位，失调角保持某一数值而不消失，这个失调角也就是同位器的静态误差。

单相感应式同位器没有传送误差，传送精度比电位器式同位器高；缺点是结构较复杂，存在静态误差。

二、随动系统

随动系统实际上是一种自动调节系统，它的作用是使输出量按一定的精确度随输入量的变化而变化，由于系统的执行元件是电动机，因此带负载的能力比较强。

航空仪表中常用的随动系统有双电位器随动系统和感应同位器随动系统两种。

(一) 双电位器随动系统

双电位器随动系统是用两个电位器作测量元件的随动系统，其组成如图 1-7 所示。这种系统的输入量是双电位器发送器电刷与环形电阻的相对角位移，输出量是输出轴（电机转轴）的角位移，此角位移反馈到测量部分时，即是双电位器接收器电刷与环形电阻间的相对角位移。

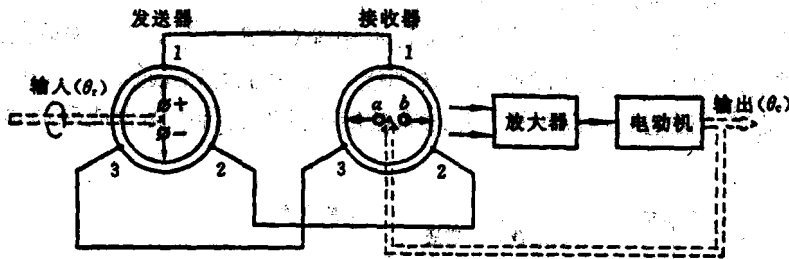


图 1-7 双电位器随动系统

如果发送器电刷（两把电刷的连线）与接收器电刷（两把电刷的连线），互相垂直时，电位器上 2、3 两点电位相等，接收器输入端 a 、 b 电位也相等，输出信号电压 $U_{ab}=0$ ，此时称系统为协调状态。

当系统有输入角位移时，产生失调角（两把电刷偏离垂直位置的差角）。如图 1-8 所示，发送器两把电刷相对环形电阻转动，例如顺时针转动 30° ，电位器上 1、2、3 点电位随之改变，2、3 两点电位不再相等，接收器输出端 a 、 b 电位也不相等，有信号电压输出，此时称系统为失调状态。失调电压 U_{ab} 经放大器放大后使电动机转动，接收器电刷在电动机带动下顺时针转动 30° ，这时， b 端电位等于二分之一电源电压， a 端电位也刚好等于二分之一电源电压， $U_{ab}=0$ ，电机停转，系统重新协调。

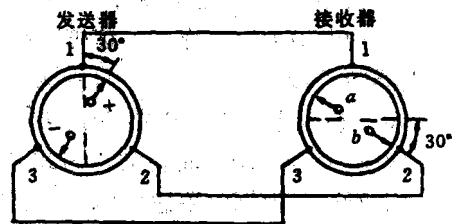


图 1-8 输入角位移 30° 时，系统随动过程

可见，输出轴总是跟随输入轴而转动。

(二) 感应同位器随动系统

如图 1-9 所示，感应式同位器随动系统测量部分是感应式同位器，它与前述感应式同位器稍有不同，其接收器转子不接电源，而用来输出电压信号。这种随动系统的输入量是发送器转子与定子的相对角位移；输出量是输出轴（电机转轴）的角位移，由于电动机同时带动接收器转子转动，因此也是接收器转子与定子的相对角位移。

根据磁通角位移远距传送原理，当发送器转子接通交流电源后，在接收器定子中将产生一交变合成磁通 Φ' ，此合成磁通与发送器转子磁通 Φ 同位。接收器转子轴线与发送器转子轴线相互垂直时，接收器转子中不产生感应电动势，没有电压输出，此时系统处于协调状态。若发送器转子转动，两转子轴线不再垂直，接收器转子有感应电动势输出，系统处于失调状