

动力装置控制系统可靠性

王玉麟 編著

北京航空學院出版社

动力装置控制系统可靠性

王 玉 麟 編 著

北京航空學院出版社

内 容 简 介

本书是根据培养动力装置控制专业研究生的需要和多年来对动力装置控制系统可靠性研究的成果,结合动力装置系统研制中的有关可靠性问题而编写的。本书主要内容:重点介绍了动力装置的典型控制系统和可靠性方面的基本概念;结合动力装置的典型数字控制系统介绍了系统的失效分析、可靠性预测和可靠性分配的实用方法;并讨论了余度控制系统的监控切换和显示;最后专题论述了可靠性试验、可靠性数据处理和可靠性管理。本书选材具有先进性、系统性和实用性的特点。

本书除用作高等学校动力装置控制专业研究生的教材外,还可供本科生和从事航空发动机控制和地面燃气轮机控制方面的工程技术人员参考。

动力装置控制系统可靠性

王 玉 麟 编 著

责任编辑 曾昭奇

北京航空学院出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京航空学院印刷厂印装

787×1092 1/16 印张:19.25字数:164千字

1988年4月第一版 1988年4月第一次印刷

印数:0001—3000册 定价:3.20元

ISBN 7-81012-042-5/TK·001

前 言

目前动力装置的控制系统已由机械液压控制向数字控制发展,其中航空发动机的数字控制发展最快。应用数字控制以后,它实现的控制功能最多,控制质量最高,控制性能也最好,而且,能充分发挥动力装置的潜力。在航空上,为飞机一发动机实现一体化控制创造了条件。在发展过程中,控制系统的可靠性已成为系统设计的重要技术指标之一,因此,研究系统的可靠性,采取措施提高系统的可靠性,已成为系统设计的突出问题。根据国内的情况,为了系统地、有效地推广可靠性设计知识和解决动力装置控制系统的可靠性设计问题,需要有一本较系统的参考资料。为此,我们在总结近几年研究动力装置数字控制系统可靠性成果的基础上,编写了这本书。在编写过程中,吸取了研究生的教学经验和成果,参考了国内外有关书籍和文献,力求紧密结合动力装置控制系统的特点,联系实际,提供解决系统可靠性设计的有效方法。同时,也注意到全书技术内容的系统性和完整性。在叙述方法上力求深入浅出,突出重点。

本书共六章。第一章是绪论。它介绍了动力装置的典型控制系统和可靠性的一般概念,为学习以下章节打基础。第二章是动力装置控制系统的失效分析。它结合具体的系统介绍了系统的失效分析方法。第三章是动力装置控制系统的可靠性预测(计)。本章着重介绍了适合动力装置控制系统进行可靠性预测(计)的三种有效方法。第四章是动力装置控制系统的可靠性分配。本章除介绍一般的可靠性分配方法外,还介绍了适用于动力装置数字控制系统可靠性分配的综合分配系数法。第五章是动力装置余度控制系统的监控、切换和显示。它结合具体系统,提出了可行的切换方案,并探讨了监控参数对系统可靠性的影响问题。第六章专门论述了可靠性试验、可靠性数据处理和可靠性管理。

本书由王玉麟主编,刘炳章编写了第三章第三节,姚志编写了第三章第二节,第四章第三节,第五章第四、五节。吴冀湘整理了全书的插图。由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,希望广大读者批评指正。

目 录

前 言

第一章 绪 论

第一节	典型动力装置的控制系统	(1)
一、	工业用汽轮机的控制系统	(1)
二、	燃气轮机的控制系统	(2)
三、	微机控制系统	(6)
四、	PID 调节器的参数选择	(11)
第二节	系统可靠性的一般概念	(17)
一、	常用的可靠性术语	(17)
二、	常用的可靠性计算公式	(20)
三、	串、并联结构的可靠度	(20)
四、	系统可靠性要求	(21)
五、	提高系统可靠性的途径	(24)
六、	贮备技术	(24)
第三节	动力装置控制系统可靠性指标	(28)

第二章 动力装置控制系统的失效分析

第一节	失效分析的一般概念	(29)
一、	了解被控对象	(29)
二、	了解控制系统的工作情况	(29)
三、	制定失效判据	(29)
四、	根据失效判据进行失效分析	(30)
五、	制定余度管理逻辑	(30)
第二节	数字控制系统标准单元部件的划分	(30)
一、	动力源部件	(30)
二、	测量部件	(30)
三、	计算部件	(31)
四、	执行部件	(31)
五、	反馈部件	(31)
六、	机械液压备分部件	(32)
七、	以单元部件表示的系统结构图	(32)
第三节	发动机的余度控制方案	(33)
一、	全机械液压二余度待机贮备系统	(34)

二、	用电子监控的全机械液压式二余度待机贮备系统·····	(34)
三、	微机控制的二余度待机贮备系统·····	(34)
第四节	失效判据·····	(36)
一、	系统允许失效部件数的确定·····	(36)
二、	系统控制回路执行部件的故障模式·····	(36)
三、	保证核心机正常工作·····	(36)
四、	软件备分工件的条件·····	(37)
五、	系统工作状态的确定·····	(37)
第五节	失效分析·····	(38)
一、	测量部件·····	(38)
二、	反馈部件·····	(42)
三、	执行部件·····	(43)
四、	计算部件·····	(44)
五、	主燃油泵部件·····	(44)
六、	加力油泵部件·····	(44)
七、	机械液压备分部件·····	(45)
八、	两个非同类部件的失效分析·····	(45)
第六节	系统状态部件的划分·····	(55)
一、	警告状态部件·····	(55)
二、	转接软件备分的状态部件·····	(55)
三、	转接机械液压备分的状态部件·····	(56)
四、	停车状态部件·····	(56)
第七节	发动机数字控制系统的监控逻辑·····	(56)

第三章 发动机控制系统的可靠性预测

第一节	可靠性预测的目的·····	(58)
第二节	状态部件法·····	(59)
一、	画系统的可靠性框图·····	(59)
二、	制定以状态部件所表示的系统监控逻辑·····	(62)
三、	建立系统可靠性模型的条件·····	(62)
四、	状态部件的可靠度计算·····	(63)
五、	系统可靠度计算·····	(64)
六、	系统各工作状态概率的计算·····	(65)
七、	采用余度技术的重要性·····	(66)
八、	几种余度方案的比较·····	(68)
九、	二余度待机贮备系统中转换开关的可靠性设计·····	(70)
第三节	马尔可夫状态的概率分解法·····	(76)
一、	马尔可夫模型及其求解·····	(77)
二、	马尔可夫状态的概率分解法·····	(78)

三、	可靠性设计实例	(81)
第四节	概率状态图法	(88)
一、	使用本方法的条件	(89)
二、	使用步骤	(89)
三、	确定概率状态图的行数和状态点数	(89)
四、	对概率状态图的分析	(90)
五、	概率状态图的具体画法	(91)
六、	可靠度计算	(91)
七、	概率状态图的简化	(92)
八、	包括四个部件的系统概率状态图	(96)
九、	包括五个部件的系统概率状态图	(99)

第四章 发动机控制系统的可靠性分配

第一节	概述	(104)
第二节	一般常用的系统可靠性分配方法	(104)
一、	串联系统可靠性分配方法	(104)
二、	余度系统可靠度分配方法	(108)
第三节	用综合分配系数法分配可靠度	(117)
一、	串联系统可靠性指标分配	(117)
二、	2/3 多数表决系统可靠性指标分配	(118)
三、	待机贮备系统可靠性分配	(119)
四、	发动机数控系统的可靠性指标分配	(120)
五、	具体应用	(122)

第五章 发动机余度控制系统的监控、切换和显示

第一节	余度控制系统监控切换的目的	(124)
第二节	余度控制系统的监控切换方案	(124)
一、	用机械液压备分的二余度系统的监控切换方案	(125)
二、	用数字备分的二余度系统的监控切换方案	(126)
第三节	发动机数字控制系统的监控显示器	(128)
一、	监控显示的基本原理	(128)
二、	具体应用	(129)
三、	监控显示器的设计	(130)
第四节	监控系统参数对二余度待机贮备系统可靠度的影响	(131)
一、	监控参数	(131)
二、	二余度待机贮备系统的可靠性模型	(132)
三、	系统可靠度计算	(132)
四、	设置备用子系统的判断准则	(133)
第五节	监控参数对发动机 k/n 数字表决系统可靠度的影响	(134)

一、 监控参数	(134)
二、 k/n 表决系统的可靠性模型	(134)
三、 表决系统的可靠性	(135)
四、 $2/3$ 表决系统和 $2/4$ 表决系统的可靠性	(138)
五、 监控参数对 $2/4$ 表决系统的影响	(139)

第六章 可靠性试验、可靠性数据处理和可靠性管理

第一节 可靠性试验	(144)
一、 概述	(144)
二、 寿命试验	(145)
三、 加速寿命试验	(150)
四、 可靠评价鉴定试验	(158)
五、 环境试验	(163)
第二节 可靠性数据的收集处理	(171)
一、 概述	(171)
二、 可靠性数据的收集	(172)
三、 可靠性数据的统计分析	(174)
四、 可靠性数据的交换利用	(183)
第三节 可靠性管理	(183)
一、 概述	(183)
二、 可靠性管理的内容	(185)
三、 可靠性管理与质量管理的关系	(188)
四、 可靠性保证体系	(191)
五、 研制设计阶段的可靠性管理	(198)
六、 元器件的可靠性管理	(210)
七、 生产阶段的可靠性管理	(217)
八、 运输、库存、使用阶段的可靠性管理	(221)
九、 可靠性信息管理	(226)
十、 可靠性教育与技术交流	(234)

附录[一] 式(5-7)的推导过程	(238)
附录[二] 厄尔斯 (EARLES) 元器件失效率及期望寿命表	(244)
附录[三] 电子元器件失效率表	(247)
附录[四] 各种分布表	(284)
附录[五] 美国 RCA 公司可靠性设计评审检查提纲	(288)

参考文献	(299)
------	-------

第一章 绪 论

第一节 典型动力装置的控制系统

蒸汽轮机和燃气轮机是目前世界上最重要的原动机之一。它们被广泛地应用于各重要的工业部门之中，例如用来带动发电机、各种泵和压缩机，以及用来作为机车、坦克、汽车的原动机。在航空工业中，飞机的发动机目前绝大部分采用燃气轮机，而在大型军舰（包括部分民用船舶）上其主要辅机也大量采用燃气轮机。所以，我们把蒸汽轮机和燃气轮机统称为动力装置。动力装置的性能是否能满足运行的要求必须加以调节。因此，它的性能和调节系统的工作情况有密切的关系，不同用途的动力装置对调节系统也有不同的要求。下面分别介绍几种动力装置的典型控制系统。

一、工业用汽轮机的控制系统

工业用汽轮机的工作原理如图1-1所示。蒸汽经由调节阀1经过蒸汽容积5进入汽轮机2，在汽轮机内膨胀做功后在冷凝器4中重新冷凝成水，汽轮机带动发电机3旋转并发出电力。当汽轮机拖动水泵、压气机或鼓风机时，它的运行方式可能有两种：一种是单独运行；另一种是联合运行。

单独运行方式：例如一台汽轮机带动大型水泵向水库或水渠进行排水或灌水，对于汽轮机的转速和水泵的流量除了用手动操作加以调整外，一般只要求它们保持恒值就可以了。为此，应用转速调节系统就可实现这一要求。但是，转速调节系统的作用除了消除干扰而稳定转速外，还具有在发生事故时防止超速保证安全的作用。当需要改变水泵的流量时，可以改变转速调节系统的给定值，对拖动发电机发电的汽轮机，其转速的给定值基本不变。

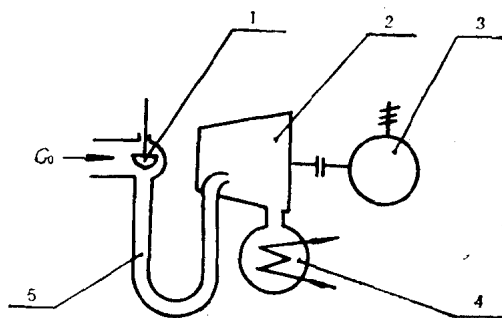


图1-1 汽轮机简图

- | | | |
|-------|--------|-------|
| 1—调节阀 | 2—汽轮机 | 3—发电机 |
| 4—冷凝器 | 5—蒸汽容积 | |

联合运行方式：例如拖动锅炉给水泵和拖动高炉鼓风机的汽轮机，它的调节系统（包括汽轮机在内）是锅炉的给水系统，或者是高炉的风量调节系统的一部分，汽轮机的工作状态由整个装置的调节系统来决定，此时汽轮机和它的调节系统成为锅炉给水调节系统的一个组成部分。因此，汽轮机的调节系统除了要保证本身的稳定性等基本要求外，还必须满足锅炉给水调节系统的要求，也就是根据给水的要求改变汽轮机的转速给定值来改变水泵的转速，而得到要求的流量。

若以拖动水泵为例，工业汽轮机的转速调节系统原理如图1-2所示。它采用机械液压式调节器实现对转速的调节。

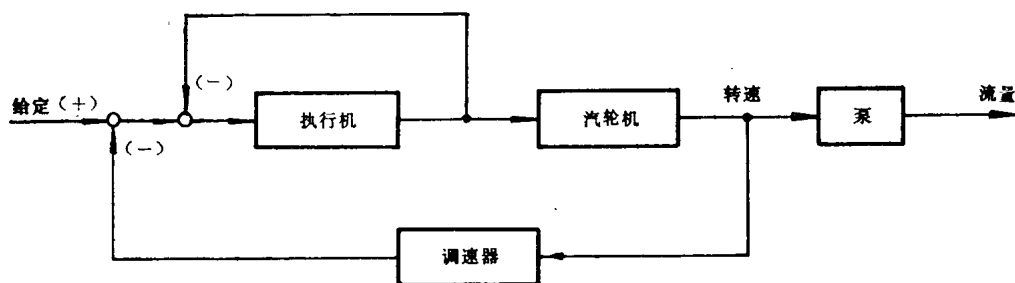


图1-2 工业汽轮机转速调节系统

当拖动发电机发电时,水泵换为发电机。实现图 1-2 所示原理的 转速 调节器如图 1-3 所示。

图 1-3 为机械液压调节器,它是带有硬反馈滑阀控制液动机改变通过调节阀(图1-1所示)蒸汽量大小来调节汽轮机转速。当转速保持不变、调节器处于稳定工作时,弹簧 a 和 b 的弹力平衡,使滑阀处于中立位置,通过液动机活塞上下的油路被堵死,与液动机活塞杆相连的调节阀处于一定的开度,通过它的蒸汽量满足给定汽轮机转速所要求的蒸汽量,则转速保持不变。当负荷减小汽轮机转速升高时,转速传感器的离心配重的离心力加大,使杠杆 $CAOB$ 绕 B 点向上移动,滑阀打开通向液动机活塞上下腔的油路,压力油 进入 活塞上腔,下腔回油,液动机活塞下移,关小调节阀的开度,减少蒸汽量使汽轮机转速下降,杠杆 $CAOB$ 下移,当滑阀进出油路被堵死时,系统工作又处于原来稳定的位置上,转速则调到接近原来的转速。当负荷加大而转速减小时,系统工作相反,最后也使转速调到接近原来的转速值。

二、燃气轮机的控制系统

燃气轮机的调节特点是与其本身特性有密切的关系。因为,燃气轮机是一个完整的动力装置,它的任何一个输入量改变均通过动力装置的各部件,例如压气机、燃烧室、涡轮之间的参数的相互联系而影响到各部件的运行工况。动力装置的一些部件又有自己的允许工作范围,在运行中必须把工况控制在允许的范围内,例如压气机必须控制在不喘振的范围内,显然这些范围与它本身的特性有关。另一方面,不同类型的燃气轮机,其特性也不同,因此调节规律和调节参数也不同。为研究可靠性打基础,需全面了解燃气轮机控制系统的情况,我们将以航空用的燃气轮机为例详细分析它的控制系统,然后作相应的简化就可用于地面燃气轮机。

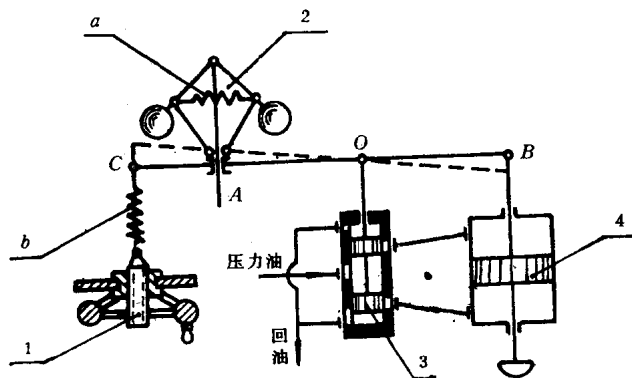


图1-3 工业汽轮机转速调节器

- | | |
|----------|-------------|
| 1—转速调整机构 | 2—转速传感器 |
| 3—滑阀 | 4—液动机(执行机构) |

(一) 单轴涡轮喷气发动机的控制系统

航空用的单轴涡轮喷气发动机的调节规律是用燃烧室的供油量 $G_{供}$ 调节发动机的转速 n 。对发动机来讲,它的输入量是 $G_{供}$,输出参数是转速 n ;对调节器而言,它的输入量是转速 n ,输出量是供油量 $G_{供}$ 。当应用偏差原理进行转速调节时,调节器工作原理如图1-4,系统方块图

如图1-5。

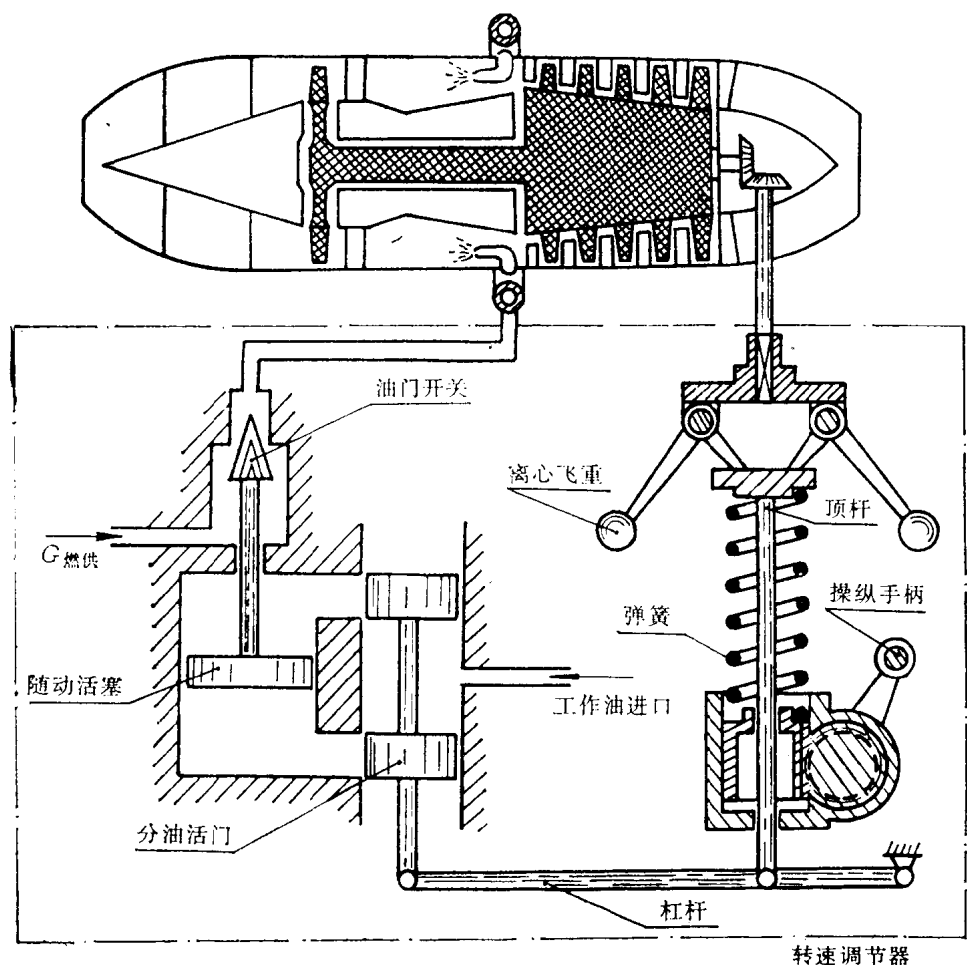


图1-4 转速调节系统的原理

图 1-4 是典型的转速调节系统。当发动机转速升高时，离心配重张开，使分油活门下移，液动机活塞上移，油门开关关小，供油量减少，使转速回到原转速值。转速降低时，系统工作相反，最后仍使转速恢复到原转速值。转速调节的原理与图 1-3 的基本相同。

当应用补偿原理调节转速时，转速调节系统的工作原理如图 1-6 所示。它不直接感受被调参数转速 n 的偏离，而是由膜盒感受引起转速 n 变化的干扰量 P_1^* 的变化。当外界条件 F_1^* 这一干扰量变化将要使发动机转速变化的同时，调节器也感受到这一外界干扰量的变化，以便同时改变供油量 $G_{供}$ ，防止转速改变。例如，当飞行高度升高时，引起空气量减少，但膜盒同时感受到这种变化而及时减小供油量，防止超转的发生。系统方块图如图1-7。

这种按补偿原理工作的调节系统，也可用于航空发动机的加力调节。

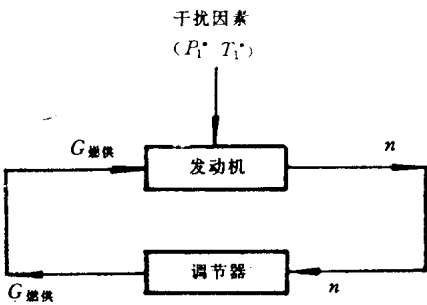


图1-5 系统方块图

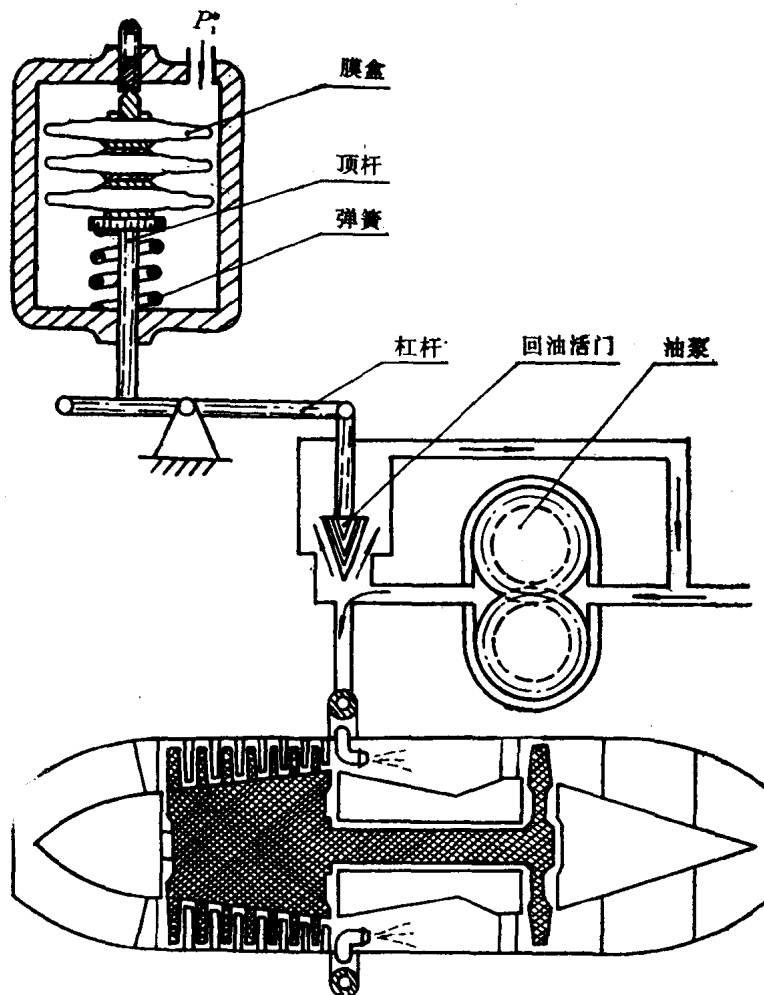


图1-6 开式转速调节系统原理

(二) 带加力的单轴涡轮喷气发动机的控制系统

带加力的单轴涡轮喷气发动机的调节规律是用发动机主燃烧室的供油量 $G_{供}$ 调节发动机的转速 n ，用加力燃烧室的供油量 $G_{加}$ 调节加力温度 $T_{4加}^*$ 。由于感受高温有一定的困难， $T_{4加}^*$ 的调节采用图 1-6 所示的补偿原理。这种发动机的调节系统框图如图 1-8 所示。

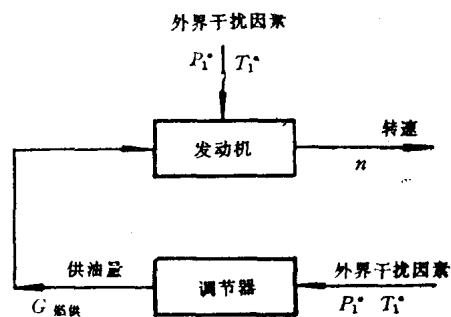


图1-7 系统方块图

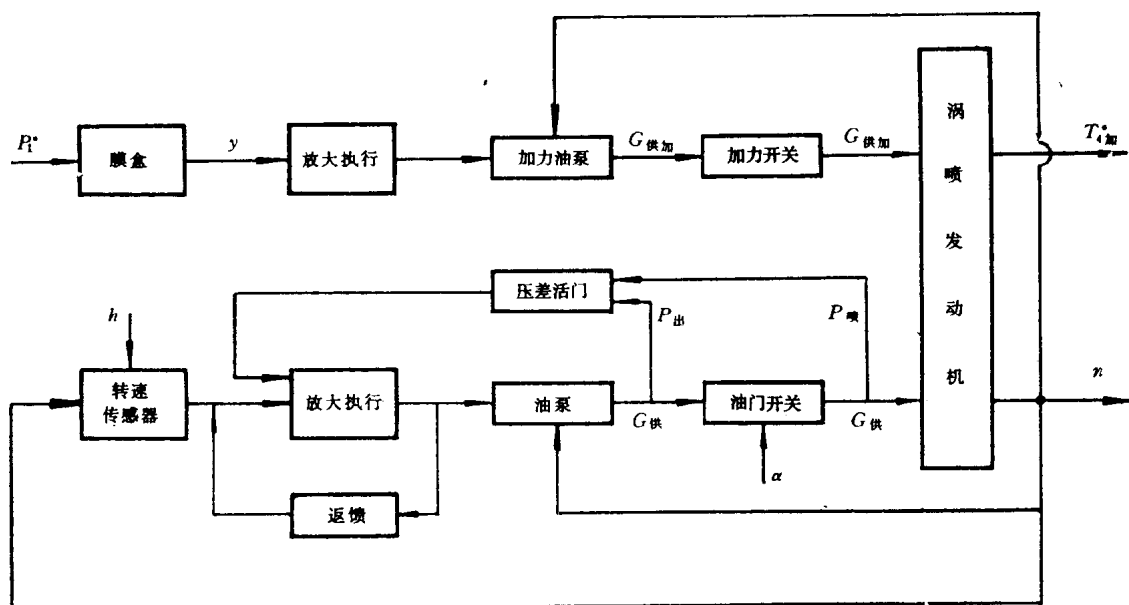


图1-8 单轴加力发动机调节系统框图

由图1-4和图1-8可以看出，发动机输入量增多，则发动机的调节回路也增多。回路的调节方式可以采用开式或闭式。

（三）带加力的双轴涡轮喷气发动机的控制系统

这种发动机的调节规律是用发动机主燃烧室的供油量 $G_{供}$ 调节发动机的高压转速 n_1 或者是低压转子的转速 n_2 ，用加力燃烧室的供油量 $G_{供加}$ 调节加力温度 $T_{4加}^*$ 。它可以采用与图1-8所示相同的系统原理，但调节回路仍然是两个。

（四）变循环发动机的控制系统

航空发动机控制系统的发展与发动机的发展是密切相关的，自40年代进入喷气发动机时代至今已有40多年的历史，发动机本身由简单的单轴涡轮喷气发动机发展到单轴—加力、双轴、双轴—加力、涡轮风扇、风扇带加力，再向前发展则为变循环发动机。从控制角度讲，变循环发动机的一个主要特点是发动机输入量增多了，或者说控制发动机运行的变量增多了。例如，单轴涡轮喷气发动机，在最简单的情况下只有一个输入量，它就是主燃烧室的供油量，带加力以后则增加一个输入量 $G_{供加}$ 。对于风扇加力发动机，它的输入量可能有：风扇导流叶片、压气机导流叶片、放气门、主燃烧室供油量、加力供油量、尾喷口面积等6个输入量。增加输入量的原因是为了改善性能适应高空高速飞行。最新的变循环发动机，相当于适应各种飞行条件的发动机性能综合体现在一个发动机上，因此它的输入量最多。图1-9表示了变循环发动机的原理和它的输入量。

由图1-9可知，变循环发动机有9个输入量，必须有9个控制回路。当除去 A_4 和 $A_{4.1}$ 后，则变为涡轮风扇发动机，因此，它必须有7个控制回路。

发动机输入量的增多是为了改善发动机的特性来适应环境变化的要求。为此，必须有相应的控制回路来进行调节，每个控制回路也必须有输入量，具体用什么参数作输入量完全取决于发动机的控制规律。回路的输入量就是发动机的输出量。概括起来，发动机的输出量有：转动部分的转速，各截面上的压力、温度或其它组合参数。控制回路的输出量就是发动

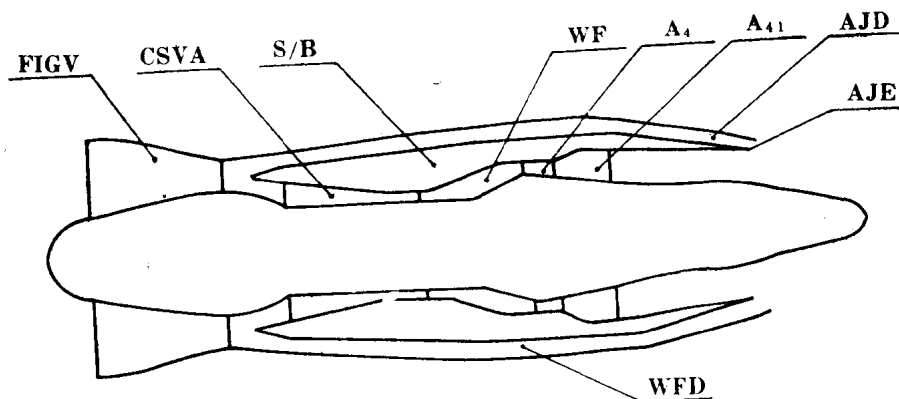


图1-9 变循环发动机原理图

FIGV	风扇入口导流叶片角
CSVA	压气机静子叶片角
WF	内函供油
A ₄	高压涡轮入口导向器面积
A ₄₁	低压涡轮入口导向器面积
AJE	内函喷口面积
AJD	外函喷口面积
WFD	外函供油
S/B	起动放气

机的输入量。根据图 1-9 所示，变循环发动机所需的 9 个回路中，有开环控制和闭环控制，一般情况下，风扇、压气机和外函供油均采用开环控制，其它回路则采用闭环控制。9 个输入量作用在同一个发动机上，而控制回路则分头完成各自的调节任务，所以各控制回路之间相互发生影响。因此，控制器所完成的功能相当复杂，仅应用机械液压式调节器来完成满意的调节性能非常困难。例如，英国的“飞马”发动机所用的机械液压调节装置已达到非常复杂的程度。具体的调节器可采用图1-4和图1-6所示的原理来实现，除此外还要有起动、加速、超转和超温等辅助调节装置。综观燃气轮机已有的控制系统可以看出，今后的发展必然是微型计算机控制。

三、微机控制系统

把汽轮机和燃气轮机的控制系统加以整理，可以用图1-10所示控制系统的一般形式表示。

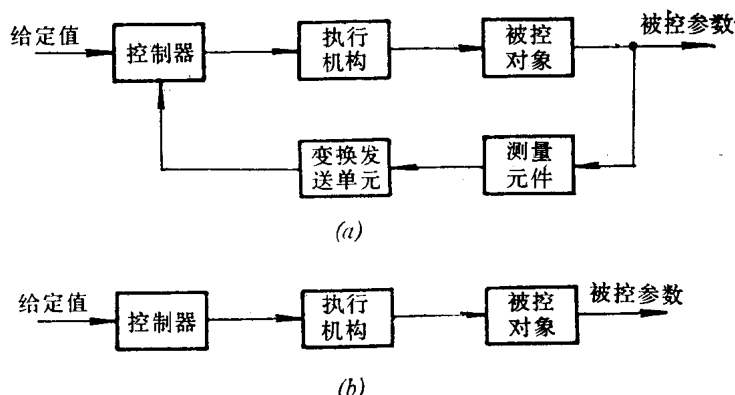


图1-10 控制系统的一般形式

(a) 闭环控制系统框图

(b) 开环控制系统框图

从图1-10(a)可知,该系统被控对象的被控参数通过测量元件进行测量,被测参数由变换发送单元变换成一定形式的电信号,反馈给控制器。控制器将反馈回来的信号与给定信号进行比较,如有偏差,控制器则产生控制信号驱动执行机构工作,使被控参数的值与给定值保持一致。这与图1-3和图1-4所示的转速调节系统完全一样,差别只是图1-3和图1-4的结构均由机械液压部件组成,而图1-10(a)的系统可用微机实现。图1-10(b)的原理与图1-6所示的开式转速调节系统原理相同。

由图1-10可以看出,自动控制系统的的基本功能是信号传递、加工和比较。这些功能,是由检测变送装置、控制器和执行机构来完成的。控制器是控制系统中最重要的部分,它从质和量的方面决定了控制系统的性能和应用范围。与图1-3和图1-4比较,检测变送装置相当于转速传感器,执行机构相当于液动机,其它部分相当于控制器。对汽轮机和燃气轮机而言,它的输入量均通过系统相应的执行机构来改变,系统的输入参数均有相应的传感器来测量。由于执行机构和传感器的结构变化不大,所以影响调节质量的就是综合运算部分,也就是图1-10(a)和图1-10(b)所示的控制器。

如果把图1-10中的控制器用计算机来代替,这样就可以构成汽轮机和燃气轮机的计算机控制系统,其基本框图如图1-11。如果计算机是微型计算机,就组成了微型计算机控制系统。计算机控制系统同样也可构成开环和闭环系统。

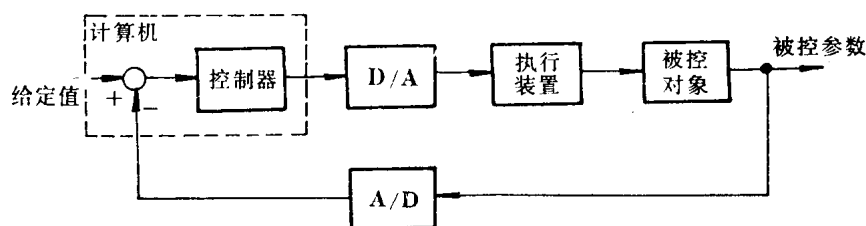


图1-11 计算机控制系统的基本框图

在燃气轮机的控制系统中引入计算机,就可以充分运用计算机强大的运算、逻辑判断和记忆等信息的能力。只要运用微处理器的各种指令,就能编出符合发动机控制系统要求的各种控制规律的程序。微处理器执行这样的程序,就能实现对被控参数的控制。在发动机的机械液压控制系统中,系统的控制规律是由控制器的机械液压元件相互配合而实现的,改变控制规律必须对机械液压元件重新设计加工,因此对机械液压控制器进行修正或更改规律均会造成很大的困难。而在计算机控制系统中,控制规律的改变只要改变程序就可以了。

在计算机控制系统中,计算机的输入和输出信号都是数字信号,因此需要将模拟信号转换成数字信号的A/D转换器,以及将数字控制信号转换为模拟控制信号的D/A转换器。

计算机控制系统,从本质上看,它的控制过程可以归结为以下三个步骤:

第一,实时数据采集 对被控参数的瞬时值进行检测并输入。

第二,实时决策 对采集到的表征被控参数的状态量进行分析,并按已定的控制规律决定进一步的控制过程。

第三,实时控制 根据决策,适时地对执行机构发出控制信号。

上述过程的不断重复,使整个系统能够按照一定的动态品质指标进行工作,并且对被控参数和发动机本身出现的异常状态及时监督并作出迅速处理。对微机来讲,控制过程的三个步骤,实际上只是执行运算、逻辑操作和输入输出操作。在这种情况下,计算机直接连在系

统中工作，而不必通过其它中间记录介质，如磁带、磁盘、穿孔带/卡等来间接对过程进行输入/输出及决策。发动机直接与控制机连接的方式，叫做“联机”方式或称“在线”方式；发动机不直接受控制机控制，而是通过中间记录介质，靠人进行联系并作相应操作的方式，叫做“脱机”方式或称“离线”方式。一个在线的系统不一定是一个实时系统，但是一个实时控制系统必定是在线系统，计算机直接操纵发动机的数字控制系统，则必定是一个在线系统。

(一) 微型计算机实时控制系统的一般组成

发动机的工作是连续进行的，应用于发动机的微机系统必定是一个实时控制系统，它应该包括硬件和软件两部分。

1. 硬件组成

微型机计算机(简称微型机或微机)控制系统的硬件一般包括：微处理器（CPU），内存存储器（ROM，RAM），以模/数转换和数/模转换为核心的模拟量输入/输出通道，开关量输入/输出通道，I/O及人一机联系设备，运行操作台等几部分。它们通过微处理器的系统总线（地址总线、数据总线和控制总线），构成一个完整的系统，其原理见图1-12的框图。下面对各部分作简要说明。

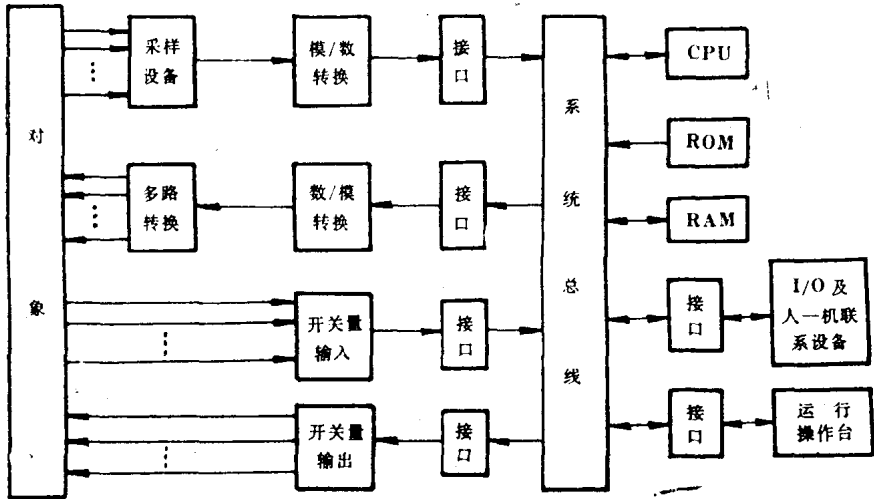


图1-12 微型机控制系统硬件的组成框图

(1) 主机

微处理器是控制系统的核心，它和内存存储器一起通常称为主机。主机根据过程输入通道发送来的对象工况参数，按照人们预先安排的程序，自动地进行信息处理、分析和计算，并作出相应的控制决策或调节，以信息的形式通过输出通道，及时发出控制命令。主机中的程序和控制数据是人们事先根据控制规律（数学模型）安排好的。系统启动后，微处理器就从内存存储器中逐条取出指令并执行之。于是，整个系统就按人们事先设定的规律而工作。

(2) 常规外部设备

常规外部设备，按功能可分成三类：输入设备、输出设备和外存储器。外部设备配备多少要视具体情况而定。

常用的输入设备有键盘、纸带输入机等。输入设备主要用来输入程序和数据。

常用的输出设备有打印机、记录仪、显示器（数码显示器或CRT显示器）、纸带穿孔机

等。输出设备主要用来把各种信息和数据按人们容易接受的形式，如数字、曲线、字符等提供给操作人员，以便及时了解控制过程的情况。

外存储器，如磁带装置、磁盘装置，兼有输入、输出功能，它们主要用来存储系统程序和有关数据。

(3) 输入输出通道

过程输入输出通道，又称过程通道。被控对象发动机的输出参数一般是非电量的，需经传感器（又称一次仪表）变换为等效的电信号。为了实现计算机对发动机的控制，必须在计算机和被控对象之间设置信息的传递和变换的连接通道，这就是过程输入输出通道。它是发动机控制过程特殊要求的。

过程通道一般分为：模拟量输入通道，模拟量输出通道，开关量输入通道，开关量输出通道。检测变换装置和执行装置，应根据发动机的输出参数和具体操纵输入量的机构合理的选择和设计。

(4) 接口电路

外部设备和过程通道是不能直接由主机控制的，必须由“接口”来传递相应的信息和命令。

微型机控制系统的接口，根据应用的不同，它有各种不同的接口电路。过程通道属于过程参数和主机之间的专用接口。一般通用的接口电路有并行接口、串行接口和管理接口（包括中断管理、直接存取DMA管理、计数/定时）等。

(5) 运行操作台

每台微型机原来都有一套键盘控制台，它是用来直接与CPU进行对话的。程序员可用这个控制台来检查程序，当主机硬件发生故障时，维修人员可以利用这个控制台判断故障。

过程控制的操作人员必须跟微机控制系统进行“对话”以了解发动机的工况，有时还要修改控制系统的某些参数，以及在发生故障时进行人工干预等。所以，微型机控制系统一般要有一套专供运行操作人员使用的控制台，称为运行操作台。其基本功能如下：

第一，要有一个显示屏幕或荧光数码显示器，以显示操作人员要求显示的内容和报警信号。

第二，要有一组或几组功能扳键（或按钮），扳键旁应有标明其作用的标志或字符，扳动扳键，主机就能执行标志所标明的动作。

第三，要有一组或几组送入数字的扳键，用来送入某些数据或修改控制系统的某些参数。

第四，运行操作人员即使应用错误，也不应造成严重后果。对于运行控制台也可以设计成键盘式的，或者把主机的控制台适当扩充和主机控制台结合在一起。

但不论是那种形式的，都要有适当的硬件和接口，再配上人一机联系程序才能实现。

2. 软件组成

微机控制系统的硬件，只是控制系统的躯体，而各种程序是控制系统的大脑和灵魂，通称为软件。它是人的思维与机器硬件之间的桥梁。软件的优劣关系到计算机的正常运行，硬件功能的充分发挥和推广应用。程序系统一般包括操作系统、监控程序、程序设计语言、编译程序、检查程序及应用程序等。软件通常分为两大类：一类是系统软件；另一类是应用软件。