

D. J. 莫理士 著

3

Systems

通信指挥和
控制系统导论

陈瑞源 祝楚恒 译 吴明 校

国防工业出版社 出版

通信指挥和控制系统导论

822
14

73.822
614

通信指挥和控制系统导论

D. J. 莫理士 著

陈瑞源 祝楚恒 译

吴 明 校

国防工业出版社

内 容 简 介

目前,通信指挥和控制系统在军事指挥和民用经营管理方面,都获得了日益广泛的应用。本书对这种系统的理论和实际问题作了比较全面的介绍,可以了解系统的规划、设计、使用和其它有关的技术问题提供广泛的基础知识和实用指导。书中强调指出,通信和与它直接有关的计算机技术是整个系统设计的焦点。全书共分十四章,分别就系统设计概念、数据收集技术、数据传输技术、交换技术、通信网的组织、环路传输网络、指挥控制系统的计算机、分布式计算机资源、终端与显示、差错控制、系统保密和可靠性等问题作了介绍。本书可供系统设计人员、部队指挥参谋人员、企事业单位计划管理人员及有关专业大专院校师生阅读参考。

Introduction to Communication Command and Control Systems

D. J. Morris

PERGAMON PRESS 1977

*

通信指挥和控制系统导论

D. J. 莫理士 著

陈瑞源 祝楚恒 译

吴 明 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

*

787×1092¹/₁₆ 印张 14 326 千字

1980年4月第一版 1980年4月第一次印刷 印数: 0,001—4,300册

统一书号: 15034·1955 定价: 1.45元

目 录

第一章 总引言	1	4.8 多电平传输	55
1.1 系统定义	1	4.9 同步	56
1.2 系统概述	2	4.10 异步传输	56
1.3 指挥所	4	4.11 同步传输	58
1.4 系统的益处	5	4.12 线路扰动	60
1.5 系统评定	5	4.13 调解器之间的沟通	65
1.6 术语解释	7	4.14 结束语	67
1.7 参考文献	7	4.15 参考文献	69
第二章 系统设计概念	8	第五章 复用器和集中器	70
2.1 系统设计师所面临的问题	8	5.1 引言	70
2.2 人-机相互作用	10	5.2 频分复用器	70
2.3 在工作系统中人与机器的关系	13	5.3 时分复用器	72
2.4 系统设计的层次	15	5.4 时分复用器与频分复用器的对比	73
2.5 总体方案技术要求	18	5.5 集中器的概念	75
2.6 分系统之间的相互作用	20	5.6 异步时分复用器	78
2.7 分系统技术要求	22	5.7 统计复用器	80
2.8 引进新研制的系统	24	5.8 可编程序的集中器	81
2.9 参考文献	26	5.9 结束语	82
第三章 传感器数据的收集	27	5.10 参考文献	83
3.1 引言	27	第六章 交换中心	84
3.2 遥测系统	27	6.1 引言	84
3.3 脉冲调制	29	6.2 消息交换和电路交换的比较	86
3.4 模拟波形的复用	31	6.3 消息交换	88
3.5 脉冲编码调制 (PCM)	33	6.4 消息交换提供的功能	90
3.6 模拟/数字编码变换	35	6.5 消息交换中心结构	91
3.7 空间分隔复用 (SDM)	37	6.6 功能特点	94
3.8 结束语	40	6.7 参考文献	96
3.9 参考文献	41	第七章 通信网络的等级、总体 结构和控制	97
第四章 数据传输	42	7.1 引言	97
4.1 引言	42	7.2 网络总体结构	98
4.2 脉冲编码格式	43	7.3 分支网络结构	100
4.3 传输调制	46	7.4 分支网络设计问题	101
4.4 幅度调制 (AM)	48	7.5 线路控制规程	105
4.5 频率调制 (FM)	50	7.6 探询和选择	106
4.6 双二进制技术	51	7.7 最优通信网络的设计概念	109
4.7 相位调制 (PM)	52		

7.8 迂回路由	113	11.6 参考文献	168
7.9 参考文献	116	第十二章 差错控制	169
第八章 环路传输	117	12.1 引言	169
8.1 引言	117	12.2 差错控制参数	172
8.2 环路传输的基本概念	118	12.3 字组长度差错的检测	174
8.3 环路系统的工作	120	12.4 模 2 算术	175
8.4 环路网络	122	12.5 奇偶差错控制码	177
8.5 迂回路由	124	12.6 汉明 (Hamming) 纠错码	179
8.6 参考文献	126	12.7 卷积差错控制码	181
第九章 指挥控制系统的计算机	127	12.8 产生卷积奇偶校验位	185
9.1 引言	127	12.9 循环码的基本性质	187
9.2 分时	128	12.10 循环检错码	189
9.3 作业调度	131	12.11 参考文献	193
9.4 存贮器的等级结构	133	第十三章 保密、安全和私人秘密	194
9.5 多处理机系统的结构	135	13.1 引言	194
9.6 模块式存贮器组织	137	13.2 系统的不安全环节	195
9.7 模块计算机的等级结构	140	13.3 入口关键码和口令	198
9.8 参考文献	144	13.4 文件的安全与保密	200
第十章 分布式计算机资源	145	13.5 硬件与软件预防措施	202
10.1 引言	145	13.6 密码技术	203
10.2 资源共享中的问题	146	13.7 结束语	206
10.3 通信接口的等级	148	13.8 参考文献	207
10.4 计算机对计算机的通信	151	第十四章 可靠性和可维修性	208
10.5 系统网络	152	14.1 引言	208
10.6 参考文献	157	14.2 冗余技术	209
第十一章 终端与显示	158	14.3 保护性冗余	213
11.1 引言	158	14.4 实际考虑	215
11.2 远程终端	159	14.5 通信可维修性的提高	216
11.3 分布式智能	161	14.6 参考文献	219
11.4 大屏幕显示器	163	附录 缩写字索引	220
11.5 大屏幕显示技术	166		

第一章 总 引 言

1.1 系 统 定 义

大型联机通信系统现在用得愈来愈广泛，因而对计算机和计算机的联用技术提出了新的要求和更多的任务。一些全新的系统目前正在各个不同的领域中发展起来，并且结合成为一个单一的综合体。这些系统的特点，是把至少四种独立的技术手段组合在一起。四种手段，即：(a) 传感器、(b) 长途通信、(c) 显示和 (d) 计算机，它们相互结合，又彼此加强。

上述系统的初步任务，是针对一个部门所面临的各种问题，收集和提供准确的实时态势情报，以便它能够据此作出决策。决策可以是人工的，也可以是自动的，既可以由最高领导层作，也可以在指挥线的下层作。例如飞机订票可用机器进行自动化决策；但是医疗诊断决策则是人工进行的，这里机器只能协助提供情况。

这些系统是规程、条令和仪器设备的一种综合体。它们提供运算逻辑和管理信息，以便进行决策，同时还提供贯彻这些决策的手段。其中包括从各个中心收集数据，对前后数据进行相关处理，更新文件，显示态势情报，发送和执行决策等项目。这种系统主要是为大的部门提供计划、管理和控制其日常业务的手段。它利用联机信息实时完成上述功能。

这种系统的主要特征是，整个执行过程是以闭路方式进行的。上级进行决策，并下达各种指挥命令（正向传达），下级把命令的执行情况经常汇报上来（反馈传送）。这样就给上级提供了所发生的情况的实时态势概貌，从而使之能在工作过程中“在现场”作出决策。闭路原理保证了通过管理更有效地支配部门的资源。这种系统的流程框图如图 1.1 所示，它描绘出系统所执行的基本任务。

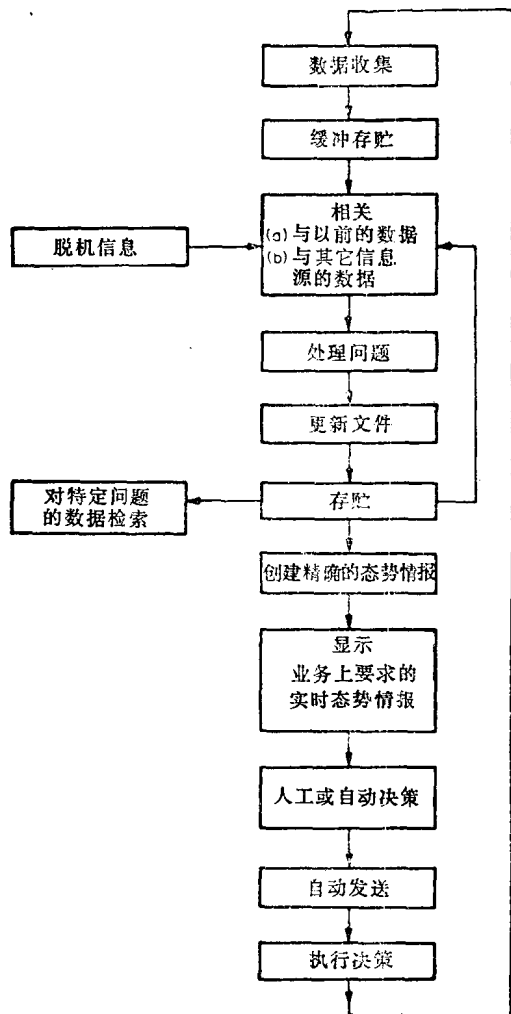


图 1.1 通信指挥和控制系统流程图

曾经用过各种术语来描述这种复杂的系统，但使用最广泛，也最确切的术语是“通信指挥和控制”（COMMUNICATION COMMAND and CONTROL），常简写成C³。通信指挥和控制包含了许多系统技术，如遥测、远程数据处理、数据传输和分时操作等，但它们都只不过是这种综合性系统所用到的一部分技术，还可以补充列出一长串可能用到的技术。基本上可以这样说：通信指挥和控制是利用现有的各种必要的技术手段，集中管理和协调远离中心的各种资源的系统技术。

通信指挥和控制虽然是一种军事术语，但它并不仅限于军事用途。事实上它的用途是很广泛的，下面列出了它的一些具体应用：

- (1) 民航订票；
- (2) 旅馆房间预订；
- (3) 出租汽车公司；
- (4) 自动化病人护理医疗中心；
- (5) 空中交通管制；
- (6) 配电；
- (7) 交通管理；
- (8) 银行远程结帐；
- (9) 证券市场；
- (10) 运输系统规划。

通信指挥和控制系统的某些应用已取得成功，并正在被广泛采用。而另外一些应用则在试验之后被放弃了，其失败的原因可能是对所要解决的问题不够了解，或者是由于设计上搞得比较马虎。

在上述各种应用中，其共同的主要特点是：对地理上分布很广的资源进行集中协调。这就是说，通信指挥和控制系统主要是供大的部门使用，使它们能充分利用其资源，并获得极高的效率，改进准确度，提高可靠性，和加快系统反应时间。

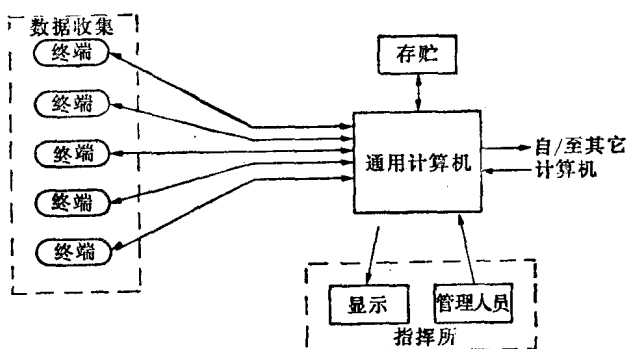
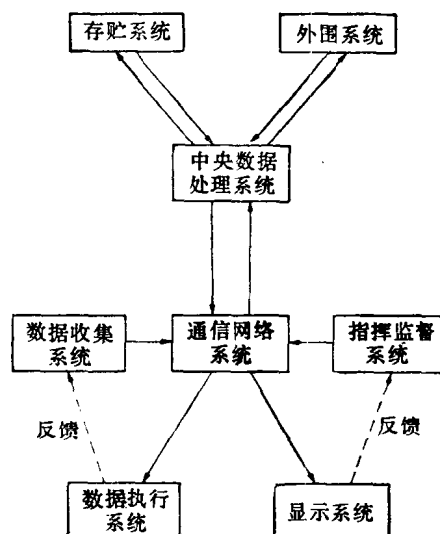
一开始就必须强调指出，通信指挥和控制系统的中心始终是人。系统中的计算机只是作为一种工具来使用。虽然计算机在判定和评价情报方面可以起作用，但它不能代替人的直觉。

1.2 系统概述

前面已经指出，通信指挥和控制系统的主要特点是对在地理上分布很广的资源集中进行协调。其中包括数据收集、数据处理、数据更新、数据显示和决策等。把上述功能作为一个整体来看待，就可以形成图 1.2 所示的系统。这种概略模型可以适用于许多系统，例如远程数据处理系统和分时系统。在这种系统中，多个远方终端可以同时和计算机通信。

实际的通信指挥和控制系统远较这个基本模型复杂，它可能由若干台计算机组成。这些计算机按其任务的级别进行布局并独立工作。由于终端和计算机远离中心，终端型式的增多，情报流量的增大，以及处理要求的多样性，所以通信指挥和控制系统结构所面临的错综复杂的问题变得更加复杂化了。

必须把通信指挥和控制系统看成是采用不同技术的各种系统的集合体，其中每一种系

图1.2 C³系统的基本配置图图1.3 C³系统的等级结构

统都可能包含一台甚至多台计算机。虽然每一个特定的系统本身都可以看成是一个完整的系统，但它们结合为一个整体工作。这种大型系统的主要问题，在于把不同的系统技术结合起来，一个通信指挥和控制系统至少应包含六个技术领域：

- (1) 数据收集系统（传感器系统）；
- (2) 数据执行系统（事务处理系统）；
- (3) 显示系统；
- (4) 指挥监督系统；
- (5) 通信网络系统；
- (6) 中央数据处理系统。

设计通信指挥控制系统时，主要考虑的不是分别对待每一个系统，而是如何把它们组成一个统一的系统，并确保其协调工作。这种系统的等级结构和相互之间的对接关系如图1.3所示。

很难说通信指挥控制系统的那一部分是主要的，因为每一种技术对于整个系统的工作都具有同等重要性，无论那一部分出故障都将导致整个系统失效。从设计人员的观点看来，通信网络是决定性的因素，而从用户的观点看来，指挥所则是系统的最根本因素。

在以上有关通信指挥控制系统的讨论中，我们把这个综合体系视为一种多级的技术系统，这就意味着它是一种垂直结构。但也应承认，由于通信指挥控制系统是由一系列拥有各自的分系统或模块的系统组成，因此也可以把它看成一种水平结构。而每一分系统又都可以看成是利用上述全部技术资源的独立的通信指挥控制系统。虽然每个分系统都是为了完成特定的工作，它也需要利用公用的设备，如通信网络、数据处理或显示系统。设计通信指挥控制系统时，在着手细致地处理各个分系统的问题之前，首先要制定整个综合系统的总体方案。把每一个模块分系统引入正在工作的系统，可能要间隔几月甚至几年的周期。因此，系统设计事先必须确保新引入的分系统能与整个系统组成一个整体，而不必作重大的更改。

在引入其它分系统时，造成迟延的原因，可能是由于手头缺乏资金，或者是在引入别的分系统之前，需要对一个先行的分系统进行检验。

1.3 指挥所

通信指挥控制系统所执行的工作可以分成两类（见图 1.4）。

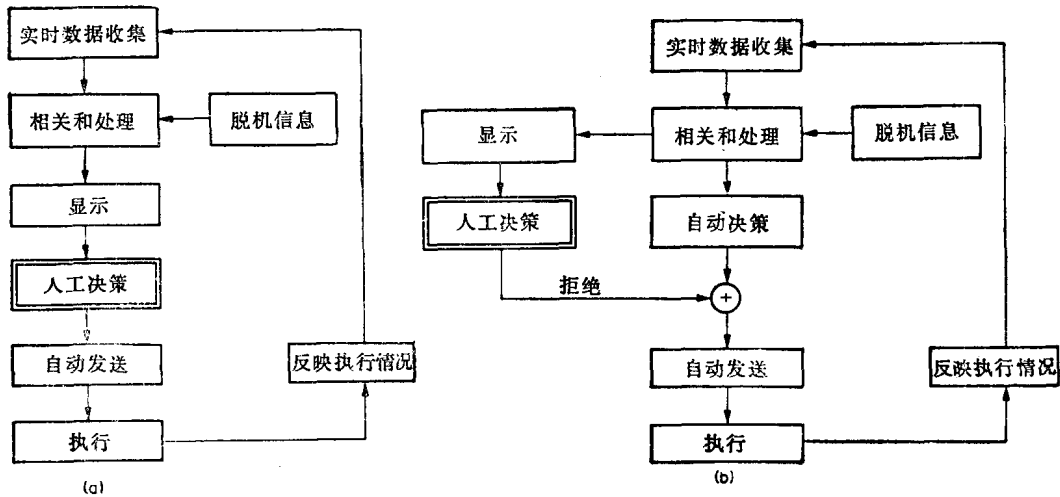


图1.4 C³系统中的决策
(a)人工；(b)自动。

(a) 指挥管理系统，它需要人不断地进行干预；

(b) 执行控制系统，它在人的监督之下自动进行决策，必要时，人可以撤销它的决策。

大型通信指挥控制系统可能把两类操作结合在同一系统结构之中，但是这两类工作要由同一系统的不同模块来完成。同一系统中的分系统，有些可能是（a）型的，而另一些则可能是（b）型的。

大型通信指挥控制系统的整个工作，都是以指挥所为中心来进行的，如图 1.5 所示。指挥所是整个系统的行动枢纽，这里收集了全部有关的信息并进行显示，并根据这些信息作出决策和发布命令。应该注意，指挥所既可以由管理人员来进行控制，也可以由计算机控制。

指挥所要时刻获得最新的情报，以便能适应各种态势。这样指挥所就可以执行下列功能：

- (a) 估计态势；
- (b) 作出决策；
- (c) 发布命令；
- (d) 了解命令的执行情况。

为了有效地维持和从事它的任务，指挥所必须掌握各种类型的情报数据：

- (a) 静态数据，它不经常变化；

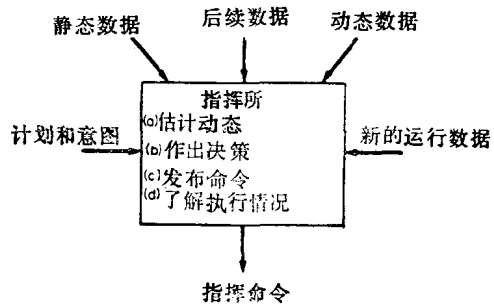


图1.5 指挥所

- (b) 动态数据，它必须经常或定期更新，或有较大的变化时更新；
- (c) 新的运行数据，它必须定时并以联机方式更新；
- (d) 执行命令的后续数据；
- (e) 部门的计划或意图。

在通信指挥控制系统的每一种具体应用中，对上列项目可能作不同的解释，因此，很难在一篇文章中，包罗各个方面的内容。

1.4 系统的益处

每一种通信指挥控制系统都是针对一种特定的应用，因此，要把采用通信指挥控制系统后可能获得的全部益处都列出来，实际上是不可能的。每一种用途都可以列出不同的项目，以表明重新设计现有的系统结构所能获得的成果。下面，作者尽可能把适用于大多数情况的项目列出来。

- (a) 使部门的力量集中于控制和监视技术资源；
- (b) 使操作人员从日常事务和重复劳动中解脱出来；
- (c) 使操作人员的精力从处理日常事务转为进行评定、检测、分析或决策；
- (d) 便于扩充服务设备；
- (e) 以高速率从各远程情报源收集数据，并合成实时态势全貌；
- (f) 更有效地利用技术资源；
- (g) 对从远程情报源收集的数据实时进行相关处理；
- (h) 扩充了服务功能；
- (i) 减少操作错误；
- (j) 优化资源管理；
- (k) 较少依赖有长期工作经验的人员；
- (l) 降低对人的记忆力的要求，并把全部收集到的数据转换成计算机的文件；
- (m) 编制过去和当前情报的存贮文件，以便无延迟地进行检索；
- (n) 实时地从远程查询文件系统；
- (o) 显示供决策用的联机实时情报；
- (p) 缩短从远程站找出发生的问题到把问题呈报给中心之间的时间；
- (q) 减少决策和执行之间的延迟；
- (r) 提供了执行决策的反馈控制手段；
- (s) 通信网络的有效利用；
- (t) 各远程中心之间有了新的和改进了的通信服务；
- (u) 简明、准确和及时地显示警报情况；
- (v) 即时发现性能和服务质量的降低；
- (w) 自动检查故障。

1.5 系统评定

研制通信指挥和控制系统是很费钱的，而采用这种系统又可能影响整个部门的工作。

因此，在采纳某个具体的设计之前，必须考虑系统的费用效率。关于用经济参数来计算费用效率方面，已发表了许多论文。但由于不能以一个通用的数学方程来确定这种系统的费用效率，因此，这些参数在这儿都不适用。此外，由于系统成本不仅包括设备费用，还包括操作人员薪资、人员训练费、基建费、在安装期间停止生产的损失以及运行错误的损失等等，因此，系统的实际费用也不容易计算出来。

下面讨论评定问题的几个主要方面：

主要考虑的因素：

节省财政支出；

系统达到的反应速度；

系统中数据流的容量；

转交给计算机的日常操作和重复操作。

系统能节省什么？

钱——能节省经营费用吗？

人——需要受过不同训练的其它类型人员吗？

设备——需要目前还未提出的其它设备吗？

时间——这通常是能取得显著节省效果的主要方面。

投资考虑的因素：

系统的费用；

当前和将来的财政支付；

系统何时准备就绪；

对当前的工作体制有何妨碍？

能恢复到原来的系统工作吗？

失败的后果如何？

上述项目的确是比较笼统的，这就难于由此评定系统的真实费用效率。通信指挥和控制系统是复杂而高级的系统，在讨论它的经济问题时，必须采用某个参数。建议试用的评定尺度如下：

(a) **系统反应时间**。即从系统操作员提出行动请求到收到回答和完成行动的累积延迟时间；

(b) **系统吞吐量**。是以系统中每秒（或每分钟）传输的消息数量来度量系统反应能力的参数；

(c) **用户数量**。这是另一个常用的参数，它主要用于分时系统，但也可以用于通信指挥和控制系统。它定义为，在不降低服务质量的前提下，系统能够同时容纳的最大用户数量；

(d) **性能指标**。可以把若干项系统性能综合起来，作为评定通信指挥和控制系统效率的指标，但不能对它们单独进行考虑。这些指标项目有：

1. 系统引起的差错数量；

2. 系统的准确度；

3. 系统的可靠性；

4. 系统处理过载的能力;
5. 系统处理故障的能力。

1.6 术语解释

通信指挥控制系统中经常使用的有三个术语, 这些术语也用于其它领域, 但可能有不同的解释, 需要在这里下一个定义:

联机

联机工作系指一出现情况, 就立即传输有关它的情报的工作方式。系统应直接与传感器或终端设备连接。

通信指挥控制系统的大多数分系统采取联机操作和联机信息方式, 但不需要所有分系统都这样作。

实时

实时操作系指对某个连续问题, 就其一组特定的输入数值, 当其还没有发生变化时, 作出回答。

实时这一术语曾在工业上应用, 有各种各样的解释。设计通信指挥控制系统时, 我们必须尽可能准确地弄清实时操作周期的含义。某些系统可能只允许几微秒的延时, 而另一些系统则可能允许几小时的延时, 但仍说该系统是实时的。

终端

系指系统的情报入口和出口点上所用的输入/输出设备。它根据所执行的特定功能, 接收数据和使数据在通信信道上传输。

本书使用“终端”这一术语是不太严格的, 所指的就是通信线路的端节点, 从这个角度来说, “终端”可以指各种设备, 从简单的电传打字机直到计算机。

1.7 参考文献

1. Unold, R., "Communication Command and Control - a few worms from a can of worms", *Telecommunications* (Mar. 1968), pp. 13-16.
2. Reyes, R.V., "Real-time military communication for the 1970's", *Signal* (Oct. 1970), pp. 22-26.
3. Weiss, G., "Restraining the data monster: the next step in C³", *Armed Forces Journal* (5 July 1971), pp. 26-29.
4. Hilsman, W.J., "The design and operation of an automated Command and Control system", *Military Review* (Feb. 1967), pp. 22-29.
5. Steinkraus, L.N., "Command and Control", *Ordinance* (Mar.-Apr. 1971), pp. 440-442.
6. Davis, C.J., "Command control and cybernetics" *Army* (Jan. 1963), pp. 51-55.
7. Gould, G.T., "Command, Control and Communication systems", *Signal* (May 1966), pp. 70-71, 79.

第二章 系统设计概念

2.1 系统设计师所面临的问题

在讨论系统设计概念之前，要再一次强调，指挥控制系统总的目的在于改进部门的控制能力，以使最高一级的管理人员能了解下级发生的情况，从而及时作出决策来干预这一过程。因而系统的设计目的在于充分发挥整个系统所有功能单元的作用。

在许多工程科学中，系统是根据一些数学方程来进行设计，但指挥控制系统中有若干功能单元，譬如人的因素，不能用数学公式来表达，而通常是作某些假定。虽然，对于某个具体问题，可以把人的典型操作的平均反应时间用数学公式表达出来，但这对于关心人对决策问题的反应能力和人的直觉行为的系统设计师来说，就无济于事了。因此，系统设计师们采取了另一条途径，即确定系统的数据流程，同时标出全部通路或分支，从而把各种假设简化为一系列设计因素。

系统设计的最初阶段，或许是最重要的设计阶段，是确定对系统的要求。在这阶段中，必须明确系统要解决的问题，弄清系统的用途，以及列出要达到的目标。只有在这些问题都已适当地搞明确，弄清楚，而且把范围定下来之后，下面的各个设计阶段才有足够的依据。为了做到这一点，设计师必须集中精力搞好最初阶段的设计工作。在这中间，他要进行初步调查研究，以确定系统的范围，并详细列出在决策时可能出现的各种意外情况。

正如前面所指出，指挥控制系统是一种闭环结构，在部门的上下级之间，不断地有正反馈和反馈的信息流通，不过为了设计方便起见，可以把环断开。即把系统看做一个黑箱(图 2.1)。在初步设计阶段，只讨论它的输入输出关系。

系统设计师的工作，从黑箱的输出开始，首先要分析对系统的要求是什么，也就是，系统必须提供何种信息。即把进行决策所需显示的态势信息确定下来。

设计黑箱的输出必须确定以下各点：

- (a) 所需信息的性质；
- (b) 何时需要它？
- (c) 谁需要它？
- (d) 何处需要它？
- (e) 所需信息的形式；
- (f) 信息处理的先后次序。

一旦黑箱的输出确定之后，设计师就可以转到输入端。他必须确定，为了构成经过处理的信息，对原始数据的细节有何种要求。在黑箱输入端可供使用的数据细节，可能远多于或远少于形成态势信息显示所要求的内容，因此设计人员首先必须确定输入端可供使用的数据细节。

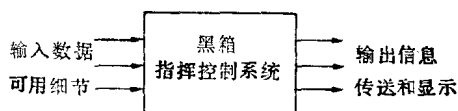


图 2.1 系统黑箱

- (a) 哪些数据可供使用?
- (b) 何时可以提供它?
- (c) 谁可以提供它?
- (d) 从何处提供它?
- (e) 以何种形式提供?
- (f) 数据扫描的先后次序。

当黑箱的输入、输出要求都已确定之后,设计人员必须保证在给定的时间内能收集到足够的数 据,并按需要的速率传输这些数据,这样就可以掌握住要进行决策的态势。如果输入不满足输出的要求,必须设计一个完整的、新的输入数据收集系统。

在系统要求和输入源确定之后,就可以画出信息流程图。流程图能够表示从输入终端经指挥所到指令执行点全系统中数据流程各段的情况。流程图也包含为进行决策操作所应采取的各种有效的通路。

在这个设计阶段,只是如流程图表示的那样画出当前的情况,并盲目地以硬件来实现是不够的。需要用运筹分析或组织管理技术对系统流程进行全面分析。当前的信息流在性质和数量上通常是与部门在不同历史阶段所遇到的各种情况相适应的。(决策工作的路径也可能通过与问题关系不太密切的某个部门,只是因为该部门的负责人曾一度主管过这一问题。)

只有在整个系统的初步设计已确定下来,新的流程图做好之后,才能开始设计黑箱的内容。

设计师下一步的工作,是系统地编制各种表格和分析系统的工作情况,其间要考虑下列问题:

(a) 存在什么样的运行问题,因而要搞这个新系统?这需要与操作人员密切接触,同时观察现有系统的运行情况。

(b) 新系统能否解决所有暴露出来的问题?

(c) 新系统设计所涉及的人,如经理、管理人员、操作人员和维护人员,他们的职责和任务是什么?

(d) 人员怎样与新的系统配合?这种要求是否与他的地位和能力相适应?

上述各点对于设计工作具有决定性意义,所以在整个设计过程中,设计人员都必须牢记。设计人员应坚持要求现有系统的操作人员在各设计阶段都密切协作,以利于制定信息流程图。这也使用户(操作员)能了解为他们将来使用所计划和设计的系统。实际用户就可以用这种方式参加设计工作,并对那些按他们的经验证明是不可行的部分提出改进意见。设计人员应当鼓励未来的用户参加系统设计工作。他们之间的这种协作可以减少系统投入运转时可能发生的许多意外情况。

设计人员首先必须足够重视系统各个单元,特别是人和机器的相互作用问题。必须注意避免只是为了设计上的简单化,而不是为了提高系统的有效性增加设备,同时还一定要避免仅仅为了壮观而增加设备。

在设计指挥控制系统时,设计人员应注意不致因为过分强调某些特殊的要求而破坏基本的设计概念。首先,不应把系统的机械化或自动化看成设计的目的,从而忽视了机械设

备和计算机的真正任务只是在系统中作为一种工具来使用。

在评价和分析一个系统时，应该考虑两个重要的问题：

(a) 并不是所有需要改进的系统操作都要自动化。有许多行之有效的方**法不需要用机械化程序来实现。**

(b) 并不是可以机械化的所有操作都要机械化，而是要进行全面的分析，确定引入计算机对系统是否有好处，以及系统是否真正需要计算机。

总而言之，在理想情况下，为对系统作好评定，设计人员应当是多种领域的专家。不过在实际情况下，需要由一个专家小组来负责通信指挥和控制系统的设计工作，每个人只侧重一个方面，但彼此之间协调进行工作。这个小组应包括下列人员：

(a) 系统设计工程师，他应在指导下避免造出一个采用设备过多以致不平衡的系统。

(b) 软件系统分析家，同样不允许他随意地搞计算机化，或引进对于别人来说太复杂的程序。

(c) 未来的操作员（顾客），必须根据他们掌握整个系统的能力和计划预算的限额，对他们提出的那些煞费苦心的要求进行仔细的审查。

(d) 运筹研究分析家，不允许他把问题当成一种主要是纸上谈兵的东西，或者追求某种理想的但不现实的效率指标。

(e) 环境研究工程师，同样地必须限制他提出过多的改进要求，以免使整个费用过高。

在概述系统的细节之前，必须谈谈人-机相互作用的某些概念。因为在指挥控制系统设计中，要考虑的一个带根本性的特点，是把人作为工作系统的组成部分。

2.2 人-机相互作用

在所有指挥控制系统中，机器（计算机）似乎是起主要作用的因素，然而这是一种错误的印象。机器只不过是一种工具，并不是起决定性作用的东西，它一般用来使人从繁重的重复劳动和日常事务工作中解脱出来，以便从事分析工作。机器决不是用来完全取代操作员的。设计人员必须知道怎样经常正确地发挥机器的潜力，使它有效地起到助手作用。

在指挥控制系统中采用计算机需要进一步加以研究，因为计算机曾被称为执行高级任务的智能机器，而实际上它是愚笨的机器，叫它做什么它才能做什么。当计算机用于解决决策问题时，人-机相互作用的问题是最重要的。处理问题的合理化是计算机固有的特点，而把问题变成公式，则完全是人的事情。人和机器之间为了进行协作，最重要的问题是人-机之间的相互通信。因此必须对人和机器的功能及性质作出评价，而其中最主要的是人-机之间的相互作用问题。现在我们把一台高级的计算机能在哪些方面及怎样帮助操作员，归纳如下：

(a) 把人从各种日常事务和重复的劳动中解放出来，从而把精力转到进行分析和澄清模糊；

(b) 把人的分析能力转为对态势进行综合和进行决策；

(c) 借助于计算机的库，降低对人的记忆力的要求；

(d) 减轻人的手工操作负担；

(e) 使操作员能够同时处理更多的事项从而提高人的工作效率;

(f) 减少人工的差错(由于把全部的重复工作都转交给了机器)。

在此需要指出, 虽然机器能够帮助人执行各种任务, 但是引入机器不一定能减少人员的数量。一个高级的机器系统需要操作员、维护人员、程序员、分析人员, 特别是进行决策的管理人员。事实上已经确认, 引入计算机使系统能够承担更多的任务, 因此人员的数量甚至会有所增长。

为了使机器尽可能有效地起辅助作用, 指挥控制系统设计人员必须懂得如何发挥计算机的潜力和了解它的局限性。下面我们把讨论人-机相互作用的有关问题列成一个表格(表 2.1)。

一个好的系统设计, 必须从整个系统出发来考虑问题(包括系统所包含的全部元件在内)。不考虑计算机不可能设计出一个系统, 事实上, 不考虑人在系统中的地位也不可能设计出一个系统。因此, 系统设计师必须象对待计算机一样把人看做是系统的一个部件。人不仅是与机器系统有联系, 而且也是全系统的一个重要组成部分, 它与计算机同样是不可缺少的。

表 2.1

功能特性	人	计算机
分析能力	高级	肤浅
接受能力	形象化的图形	字符或数字
接受方式	随机	顺序
反应速度	比较慢	极快
描述能力	一般且含糊	清晰、准确
反应方式	高级	严格按程序动作
对问题的态度	多疑	毫不犹豫
对指令的态度	难控制且会抗拒	顺从且被动
出现差错的倾向	极高	比较低
适应新的情况	经训练后能适应	只能适应原来考虑到的情况
功能随时间的减退	容易疲劳	不变
对环境情况(噪声)的反应	能力下降	完全不受影响

没有人的干预, 系统不可能正常的工作, 或者完全不能工作。因此, 系统设计师应保证人不致成为系统的薄弱环节。为此, 必须提供各种手段, 加速人的反应时间。必须看到, 系统不只是由人和机器这两个独立的部件组成, 还应该有第三个部件, 它就是相互作用本身。在设计指挥控制系统时, 相互作用的实际性质总是要加以考虑的, 并且值得把它作为一个单独的特性来研究。

不仅要确定机器怎样帮助人, 而且还要确定人怎样帮助机器, 这是一个很重要的设计步骤。在联合的人-机系统中, 每一方都按所谓相互作用的方式互相帮助。在一些高级系统中, 计算机可以照字面询问操作员, 它该怎样继续其操作, 或者要求操作员向它(计算机)提供进一步的信息。在这种情况下, 机器一定要人工干预, 否则就停止工作。一种人-机相互作用的专用语言的出现, 不仅减少了操作差错, 也保证了两者以某种确定的高标准方式工作。

在一个全自动化的通信指挥和控制系统中, 必然会出现不明确的情况, 从而产生工作

差错。这是专门针对指挥控制系统讲的，这里人通过监督和撤销机器的决策，在系统的运转中起着独特的作用。问题在于人和机器之间如何分工。如果给予人的任务太多，就有发生代价重大的人为差错的危险。另一方面，如果机器负担过重，就会引起机器故障，结果在操作中不可能应付意外的情况。

所建议的设计程序，如图 2.2 所示，从两个方面来确定人-机相互作用问题：

(a) 在形成系统的总的操作性能方面，人起到什么样的关键作用？那些任务，人比机器执行得更好？

(b) 系统的那些部分无疑应由机器起主导作用，以及机器在那些方面能超过人？

在设计系统时，必须考虑下列一些因素，它们会有助于确定人-机相互作用的边界区。

(a) 人（或机器）能承担的负荷；

(b) 在执行特定操作时人的疲劳；

(c) 要求人员接受多少训练时间；

(d) 不同的人对同一问题反应的差别；

(e) 人或机器对新问题反应的灵活性；

(f) 把职责由人转给机器（或相反）所需要的费用。

对于人-机相互作用的问题，最有趣的例子是航天飞行。开始，只授给航天员有限的权力，而今天把越来越多的决策责任交给他们。

虽然在设计指挥控制系统时，重点是考虑人与工作系统的相互作用，应该看到，不分析系统的环境工程问题就不可能进行系统设计。因为人是整个系统的组成部分，他的体力和心理情况可能影响整个系统的工作。

由于人对环境条件比较敏感，同时受工作时间长短的影响，因此，对于一个成功的系统来说，在工作中适当地使用人是很重要的。一个虽考虑了所有人-机相互作用要求的极好的系统设计，但忽视了运转该系统的环境工程问题，例如操作员的坐椅不舒适，也可能失败。

环境工程学（Human engineering）研究人在陌生的工程环境中的各种表现问题，其目的在于使人能在系统的操作面板前长时间舒适而愉快地工作，不产生过多的差错。

系统的性能由它的主要部件——人和机器所决定（如图 2.3 所示）。系统的性能可以用已知方式进行测量；而人的行为由于是一系列复杂的反应所形成，是一个未知的因素。人的行为有下述两个方面：即个体的行为和与别的人或事物相互作用的行为。人可以直接与他人或通过机器间接地与他人相互作用，或者只与机器相互作用。一个人的个体行为是不断变化的，在精力充沛时，在疲劳时或紧张时执行任务都不一样。人主要受四个条件影响：

(a) 直接环境条件：如热、光或声；

(b) 外部环境条件：如湿度和气味；

(c) 妨碍条件：它是由人与机器相对的实际位置所造成；

(d) 加强条件：它影响人与机器的同步和协调。

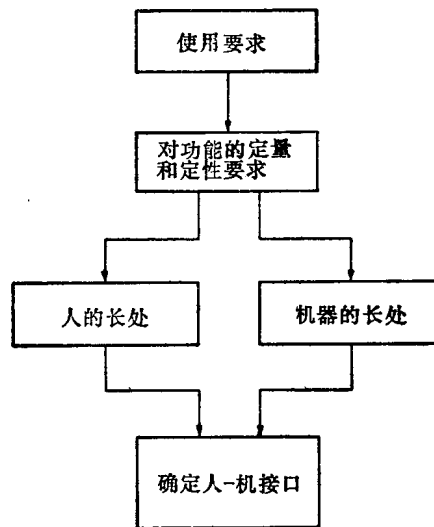


图 2.2 确定人-机接口的程序