

遙測理論概要

謝求成

遥 测 理 论 概 要

谢 求 成

南 京 航 空 学 院

内 容 提 要

本书简要地阐述了遥测技术中有关多路通讯体制、编码与同步、噪音与干扰、抗干扰理论、数据处理与误差分析等理论问题及信息论的基本知识，还介绍了国内外遥测技术的发展动向、遥测标准和工程设计中的有关问题。可供从事遥测和遥控的高校学生、教师和厂、所、部队的工程技术人员参考。

遥 测 理 论 概 要

谢 求 成

*

南 京 航 空 学 院 出 版

南 京 航 空 学 院 印 刷 厂 印 装

*

787×1092 1/16 印张 23.625 8 开插页 1 604.8千字

1983年5月第一版 1983年5月第一次印刷 印数0,001~3,100册

内部发行

收费：3.17元

序 言

本书是从作者于1980年8月，在某基地举办的《暑期遥测讲座》的讲稿的基础上，整理而成。这次，根据有关单位的需要，铅印成书。全书概要地介绍了有关遥测技术的若干重大问题，因理论的比重较大，所以定名为《遥测理论概要》。

同国内外现有的遥测专著和高校教材对比，在内容的编排与论述方式上，进行了某些革新的尝试，希望达到“雅俗共赏”的目的。

现在，科学界在议论“知识爆炸”与“信息压缩”问题。遥测方面，也不例外。国内外有关著作篇幅浩繁，对读者是相当大的负担。有鉴于此，本书力图贯彻“少而精”的原则，抓住重点问题，进行了“信息压缩”。但根据发展需要，书中编入了第七、八、十、十一和十二章，这些知识是其他遥测专著中，没有系统论述过的。此外，为了便于工程技术人员的应用参考，书末还编入了五份附录。

在论述方式上，力图由浅入深，删枝强干，尽量概括，突出重点。对于某些核心内容与基本公式，尽可能讲清楚它们的由来、发展和应用条件；同时，阐明它们在本来意义上（数学与哲学上）的严格定义同工程近似间的差别。有时，还插入了一些个人浅见，以期引起讨论兴趣。

本书承航天部吴德雨研究员、姜昌高级工程师、北京工业学院俞宝传教授等前辈的关心、指教和推动，谨在此遥致谢意。还有不少师友给作者多方指教和提供宝贵资料，在此一并致谢。

由于作者水平有限，加之仓促付印，错误、疏漏之处，在所难免；恳望读者批评指正，以便今后有机会时给予修订。

谢 求 成

1983年5月

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1—1 遥测在现代科学技术中的地位.....	(1)
§ 1—2 遥测技术的发展简史.....	(3)
§ 1—3 遥测系统的类别.....	(3)
§ 1—4 无线电遥测系统的组成方框图.....	(4)
§ 1—5 无线电遥测系统设计中的几个主要问题.....	(5)
§ 1—6 国外遥测技术的发展和动态.....	(8)
§ 1—7 我国遥测技术的发展情况.....	(8)
§ 1—8 有关理论与资料.....	(9)
本章主要参考资料.....	(11)
第二章 讯号与频谱分析	(12)
§ 2—1 消息、信号和信息的定义.....	(12)
§ 2—2 对信号进行频谱分析的科学意义及其数学工具.....	(13)
§ 2—3 几种典型讯号的频谱(振幅谱).....	(22)
本章主要参考资料.....	(27)
第三章 采样与量化	(28)
§ 3—1 采样.....	(28)
§ 3—2 量化.....	(34)
本章主要参考资料.....	(36)
第四章 建立多路通讯系统的理论基础	(38)
§ 4—1 引言.....	(38)
§ 4—2 正交函数与分割算子.....	(38)
§ 4—3 被传参量(或被传消息)的预处理.....	(41)
§ 4—4 多路讯号的分割与分割算子 D_i	(42)
本章参考资料(略)	
第五章 频分多路遥测系统的若干问题	(44)
§ 5—1 典型频分系统的方框图.....	(44)
§ 5—2 讯号频谱范围和设备带宽的计算.....	(46)
§ 5—3 付载波讯号的振幅分配.....	(49)

§ 5—4 串窜噪音与交叉干扰	(54)
本章主要参考资料	(61)
第六章 时分多路遥测系统的若干问题	(63)
§ 6—1 典型时分系统的方框图	(63)
§ 6—2 讯道时间的分配和各种脉冲调制的波形	(67)
§ 6—3 已调脉冲序列的频谱	(73)
§ 6—4 时分系统中的脉冲过渡串窜	(87)
§ 6—5 时分系统中的同步问题	(87)
§ 6—6 各种群同步方式	(89)
§ 6—7 PCM遥测系统中的帧同步	(99)
§ 6—8 PCM遥测系统的最佳帧同步码	(114)
§ 6—9 位同步简述	(126)
本章主要参考资料	(129)
第七章 沃尔什函数与沃尔什遥测系统	(131)
§ 7—1 沃尔什函数的由来和发展	(131)
§ 7—2 沃尔什函数简介	(132)
§ 7—3 沃尔什函数的相关函数与沃尔什付载波的选取原则	(141)
§ 7—4 沃尔什遥测系统简介	(146)
本章主要参考资料	(147)
第八章 关于信息论的若干知识	(149)
§ 8—1 信息论的历史和范畴	(149)
§ 8—2 信息论的基本内容和发展情况	(150)
§ 8—3 信息的度量	(156)
本章主要参考资料	(174)
第九章 编码概要	(177)
§ 9—1 编码的定义和分类	(177)
§ 9—2 二进制编码	(178)
§ 9—3 费诺码和豪夫曼恩码	(189)
§ 9—4 纠错码简介	(193)
§ 9—5 关于分组码的若干知识	(194)
§ 9—6 循环码简述	(201)
§ 9—7 汉明码简述	(202)
§ 9—8 其他类型的分组纠错码	(202)
§ 9—9 卷积码简述	(203)
§ 9—10 伪随机序列概述	(203)

§ 9—11 遥测数据的加密与加密编码·····	(207)
本章主要参考资料·····	(210)
第十章 噪音和干扰 ·····	(212)
§ 10—1 准备知识·····	(212)
§ 10—2 无线电电子学中常见的噪音和干扰·····	(219)
§ 10—3 噪音和信号的叠加·····	(224)
本章主要参考资料·····	(225)
第十一章 抗干扰理论概要 ·····	(226)
§ 11—1 抗干扰理论的两大流派·····	(226)
§ 11—2 典型无线电遥测系型在弱干扰下的潜在抗干扰能力·····	(228)
§ 11—3 强干扰下的抗干扰能力·····	(255)
§ 11—4 评比·····	(274)
§ 11—5 “最小错误概率准则”与最佳接收简介·····	(278)
本章主要参考资料·····	(288)
第十二章 数据处理与误差分析 ·····	(290)
§ 12—1 遥测信息的预处理·····	(290)
§ 12—2 预处理时数据压缩方法的几个例子·····	(292)
§ 12—3 遥测系统接收端的数据处理·····	(297)
§ 12—4 测量结果的解析函数化——经验公式的推导·····	(299)
§ 12—5 误差理论简介·····	(308)
§ 12—6 插值问题与插值公式·····	(316)
§ 12—7 实验曲线的拟合与匀修·····	(320)
§ 12—8 滤波理论简介·····	(321)
本章主要参考资料·····	(327)
附录 I：《关于美国IRIG遥测标准的评价与摘要》 ·····	(330)
附录 II：《关于美国“遥测系统与子系统的测试方法”的简介》 ·····	(357)
附录 III：《关于遥测系统射频选择的若干问题》 ·····	(363)
附录 IV：《美国“靶场司令联席会议(Range Commanders Council)” 所属靶场》 ·····	(370)
附录 V：《苏联主要战略武器的生产与部署地点》 ·····	(370)

第一章 绪 论

开宗明义，本章概要地介绍了如下八个问题：

1. 遥测在现代科学技术中的地位；
2. 遥测技术的发展简史；
3. 遥测系统的种类；
4. 无线电遥测系统的基本方框图；
5. 无线电遥测系统设计中的几个问题；
6. 与遥测技术有关的几门应用理论；
7. 我国遥测技术的发展情况；
8. 国外遥测技术的发展情况与美国 IRIG 遥测标准简介。

§ 1—1 遥测在现代科学技术中的地位

在学习任何一门学科的开头，首先必须明白它在现代科学中的地位，而要阐明“地位”。又必须先该从该学科的定义范畴入手。正如作“八股文”，首先必须“破题”那样。

要严密确切地给某一门学科下定义，往往是困难的。因为从信息论观点来说，任何信号或消息都是存在一定“模糊度”的，这就是所谓“模糊信息”的观点。

给某一学科下定义。广义地说，也相当于以某种信号来描写客观事物，也必然有“模糊度”问题存在。

大体上说，可以这样定义：“遥测是人类感官或测量手段的远距离延伸；遥测系统是广义的维纳控制系统或狭义的遥控动力学系统中的一种信息反馈系统；遥测技术则是构成遥测系统的技术手段，或者说，是广义或狭义的遥控动力学系统中，远距离获取被控对象的反馈信息的技术手段。”乍看起来，上述定义有点“学究气”，但严格有严格的好处，可以帮助我们扩大思路和培养研究科学理论时的严密逻辑。

这里有几个问题需要引伸或解释。

一、遥测和遥感的关系

定义中第一句话，貌似完美无缺，其实还是有漏洞的。因为照那样说，会把遥测同遥感混为一谈。遥感也可以说是“人类感官或测量手段的远距离延伸”。为这事，学术界是打过“官司”的，曾经争论得很激烈。后来，不知是哪位基辛格式的人物作了斡旋，才平息了这场争论。他的说法是：“近感（用接触式传感器——如电阻器、热电偶、压电器件等，近距离感受被测物理量）遥传（通过有线或无线电系统远距离传输）谓之遥测；遥感（如运用多光谱器件来远距离感受被测物理量）近传（或遥传）谓之遥感。”这种说法是相对地合理一些

的。但穷追下去。还是存在模糊度的。不过，从抓主要矛盾出发，目前也只好如此了。

二、什么叫遥控动力学系统？

为了解决这个问题，我们先从画方框图入手，从一般到特殊。遥控动力学系统的一般方框图如图 1—1 所示。这里画的是广义的“闭环遥控动力学系统”。它由控制者、被控制对象以及两者之间的遥控系统和遥测系统组成。（而开环系统则只有三个环节，没有传输反馈信息的环节）。

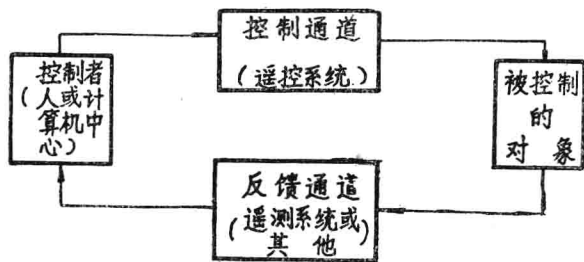


图1—1 遥控动力学系统方框图

控制者可能是人或计算机，它根据预定目的和来自反馈系统的反馈信息，拟定控制指令。控制指令则由遥控系统传输给被控对象。被控对象可以是卫星、导弹、无人机、核反应堆等客观事物，甚至可以是社会。遥测系统则起反馈环节作用，它将被控对象的运动状态（如导弹的飞行速度、加速度，结构中的应力，发动机的工作参数……等）及环境条件（如大气压力、环境温度……等）的有关信息反映给控制者，帮助它掌握被控对象的有关情况。（必须说明的是，遥控动力学系统中的反馈环节，往往不单是遥测系统，有时还包括雷达系统，光学系统或其他。）

例如，地对空导弹的控制过程，就是一种典型的遥控动力学系统的作用过程。

大一点推广，凡是有如图 1—1 所示的四个环节的系统，不论其被控对象是什么样的客观实体，都可称之为广义的维纳控制系统。

三、遥测和遥控、遥感与遥讯的关系

读者们学习时，常在书刊上碰到“三遥技术”、“四遥技术”，乃至“五遥技术”等名词，初学者往往被迷惑。所以，这里也略加解释。

所谓“三遥”是指遥控、遥测和遥感。

所谓“四遥”是指遥控、遥测、遥讯和遥感。

所谓“五遥”则是上述四遥再加“遥调”。

遥测和遥感的区别与联系，前面已经介绍过了。遥测和遥控的关系，可由图 1—1 中一目了然。

“遥调”实际上是遥控的一个分支或“子范畴”，其含义往往是指对被控对象实施远距离的连续调整。

“遥讯”有广义和狭义两种定义。广义的“遥讯”泛指信息的远距离传输。这样，遥

控、遥测和遥感，从远距离传输信息的角度上讲，都可纳入广义的“遥讯”范畴（美国就是这样处理的，其遥控、遥测和遥感方面的理论性学术论文，往往是在 IEEE 的遥讯分会会刊上发表的）。狭义的“遥讯”，则专指人类的电话、电报等信息的远距离传输。自然，上述定义仍然是存在一定模糊度的。

在讨论了遥测的定义范畴之后，遥测在现在科学技术中的地位就显示出来了。它既是作战和运用中，获取被控对象的反馈信息的重要手段；又是在科学研究中，获取科研上所需要的测量数据的科研工具。目前，遥测技术已广泛地应用于航空、宇航、输油、输电、地质、水文、气象、医学和生物等许多部门的研究、监控和作战、运用之中。成了一门朝气蓬勃的新兴技术科学。它同其他科学部门，既有广泛的联系，又有技术上的特殊性。一方面要求它准确地提供反映客观事物（被测对象）的运动信息；另一方面，又要求这些信息能够尽可能多（容量大，数据多）、快（提供情报资料的速度快）、好（准确不失真）、省（省功率、省设备）地进行远距离传输。因此，信息论中关于有效度和可靠性的理论对遥测技术具有根本性的指导意义。

§ 1—2 遥测技术的发展简史

依靠电气技术来实现遥测的发展历史，大致如下：

1912 年，法国在试验地雷时，首先使用了有线电遥测技术，为遥测技术发展之始。

1930 年，德国在气象观测中，最先在气球上遥测了大气数据，为无线电遥测之始。

1941 年，德国在试验 V—2 火箭时，首先开创了在火箭、导弹上应用遥测技术的记录。

以后，美、苏、英、法等国家迅速而广泛地在航空、宇航领域中应用遥测技术，同时，各类民用遥测也普遍发展起来。

1956—58 年间，我国才开始将无线电遥测技术应用在火箭、导弹的研究试验中。我国的遥测发展史的特点是先军事、后民用，先引进、后研制。这是由旧中国的落后状态这一历史原因造成的。

我们在这里不是研究科学史，所以，只要大致了解上述情况就行了。

§ 1—3 遥测系统的类别

遥测系统可以从各个角度上区分为各种不同的类型。

从遥测中使用的数据传输通道方面，可以区分为有线电遥测系统和无线电遥测系统。

从遥测系统中，是否使用了多路化技术，可区分为单路和多路遥测系统。

从多路化技术的分割方式上，可区分为频分系统（FDM），时分系统（TDM）和序列分割（SDM）^[14]三大类型。此外，还有频—时分混合系统。在频分系统中，可根据付载波和主载波的调制方式的不同，区分为 AM、SSB、FM、PM、FSKM、PSKM、QPSM 等各种小类；时分系统中，根据数据脉冲序列的调制方式的不同，可区分为 PAM、PDM、PPM、

ΔM 和 PCM 等子类。序列分割系统 SDM，我国目前还只有北航张其善、张明瑞、刘耀堃和柳重湛等同志研制成功的 Walsh 系统这一种。

从被传输的数据信息，有没有被量化，又可分为模拟型和量化型遥测系统。量化型中包括 PCM 和 ΔM 两大类。而 PCM 又常使用各种不同的编码方式：普通二进制码、分组码、自动检校码和卷积码等。

从遥测系统工作程序的特点，可区分为固定程序的普通遥测系统和可控编程的遥测系统。在可控编程的遥测系统中，其采样、编码和信息地址、传输速率等，都可以按机上预定程序或地面指令改变。

从传输信息量的大小，可区分为大、中、小容量三种类型，不过很难严格区分其界限。一般认为信道路数 $N < 2^3$ 的系统称之为小容量系统，而 $2^3 < N < 2^6$ 称为中容量， $N > 2^6$ 称为大容量。

从使用目的可区分为研究型 and 运用型。

为了节省设备，一般运用型遥测系统的容量和设备比研究型简单，但为了避免靶场设备或实战设备的累赘，在一定条件下，往往两者合一，不必另搞一套。

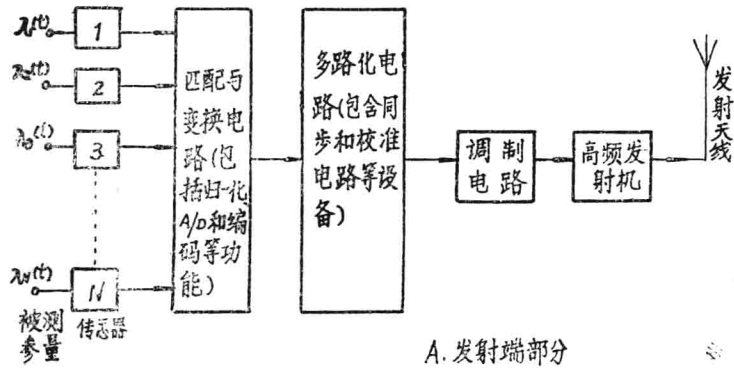
从遥测系统同遥控动力学回路结合的方式，可区分为开环型和闭环型遥测系统两大类。闭环型的特点，是遥控、遥测“二合一”，或遥控、遥测、遥调或雷达信标等的“三合一”、“四合一”，并且要求向控制站直接提供实时信息。

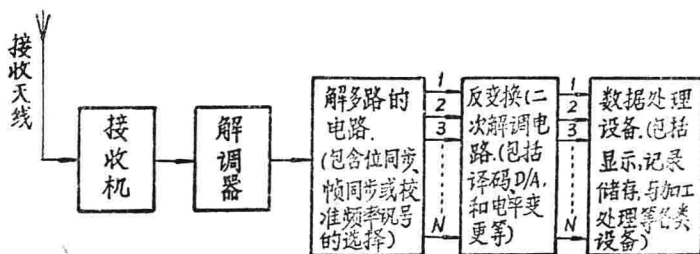
此外，在航空或航宇中，遥测系统有时同机上（或星上、弹上）的磁性记录系统相结合，形成磁/遥结合系统，以提高获取数据过程的可靠性。磁/遥结合方式，是在对“再入体”实施遥测时，为避免“电离鞘套”中断无线电信号，因而丢失信息数据的一种重要手段。

以上关于遥测系统类型的介绍，是为了使读者对遥测系统的类型有个全面的概念。

§ 1—4 无线电遥测系统的组成方框图

无线电遥测系统的组成方框图，如图 1—2 所示。





8. 接收端部分

图1—2 无线电遥测系统的典型方框图

§ 1—5 无线电遥测系统设计中的几个主要问题

为了帮助读者对无线电遥测系统的战术技术要求有个概括的了解，特将无线电遥测系统的设计过程中的几个主要问题简介于下：

一、容量的确定

在设计无线电遥测系统时，第一步是需要根据使用范围和测量目的，大致确定其传输容量。传输容量的一般指标是由下式来确定的：

$$C = \sum_{i=1}^N \Delta F_i \quad (1-1)$$

式中 N ——系统中的讯道路数；

ΔF_i ——第 i 路讯道中，能够通过的可测消息的上限频率。

如果，该系统各讯道的传输能力是均衡的，则公式(1—1)便简化为：

$$C = N \Delta F_i = N F_{i\text{上限}} \quad (1-2)$$

为了确定该系统到底需要多少路数（即确定 N ），以及确定每一路讯道需要有多大的传输能力，必须调查遥测系统的服务对象（例如飞机或导弹），在研究性试验与使用性运行中，总共有多少个参数要测量？在一次试验中，同时要测量的参数可能有多少个？这样，便可大致确定 N 。另外，必须事先大致弄清楚，各个被测量的参数的变化过程中，最大的上限频率 $F_{i\text{上限}}$ 是多大？ $F_{i\text{上限}}$ 的确定途径，一般有三：

1. 根据地面试验中的频谱分析；
2. 根据间接资料来借鉴选定；
3. 根据地面试验中所得的时间曲线 $\lambda(t)$ 来计算，其公式如下：

$$\left. \frac{d\lambda_i(t)}{dt} \right|_{\max} = F_{i\text{上限}} \quad (1-3)$$

在已知各被测参数的 $F_{i\text{上限}}$ 之后。还要将它们分类排队，弄清楚极慢变化（即 $F_{i\text{上限}}$ 很小）者有几个？慢变化者（即 $F_{i\text{上限}}$ 较小者——一般认为 $F_{i\text{上限}} \leq 5 \sim 10 \text{ c/s}$ 便是慢变化

* 这是容量的一般表示方法，在脉码遥测系统中，容量常表为（码位/秒）

参数)有几个?快变化者又有几个?以及查清其互相之间的差别有多大?在每次试验中又是如何组合的?

这样,便可根据优选法则,决定遥测系统是采用频分还是时分系统?讯道的最大路数是多少?在一般情况下,其原则是:如果只测几路 $F_{i\text{上限}}$ 参差不齐的参数,则宜用频分系统;如果需测的路数较多,每路的 $F_{i\text{上限}}$ 又比较接近,并且属慢变化参量,则最适宜于采用时分系统。如果要求的被测参数较多, $F_{i\text{上限}}$ 的散布很大,并且还有少数快变参量,则应该考虑是否设计两个并行运用的遥测系统还是设计一个频/时分混合系统。这样,便引出了匹配性与兼容性问题。

在上述问题大体见底之后,便可初步估计出设计中的遥测系统所需的容量。但要具体落实,还必须结合设计中的第二大步骤——体制选择,来最后确定。

二、体制的选择

在体制选择中大致又有如下几个问题:

1. 首先确定多路通讯的模式是频分还是时分。这个问题,将结合前一节的讨论确定。
2. 根据抗干扰能力与对数据的要求,确定是采用模拟式系统还是量化式系统。
3. 如确定用频分式系统,则必须根据被传参量的频谱特征(上限频率)以及有关遥测标准文件,选定付载波的中心频率、调制方式、频偏或带宽、预加重方式、校准讯号(标准频率)等技术指标;以及相应的滤波器和解调器的技术指标。
4. 如果确定用时分系统,则必须进一步选定:采样频率与脉冲的调制方式(PAM、PDM、PPM、 ΔM 和PCM等)和调制范围;量化精度和量化阶梯数;脉冲宽度与波形制式(如RZ、NRZ—L、BIØ—L、DM—S等等);码组字长(包括信息位、地址位和检校位的比例与总字长);位同步和帧同步信号(或码组)的类别(如脉幅同步、脉宽同步、码组同步——包括伪随机序列的巴克码、M序列码和L序列码等方式);校准讯号或自动检校码的参数等技术指标。
5. 选择载波的频率范围与调制方式。

以上几项内容,均应在选择时,使之符合标准化要求。在国外,美国制定的IRIG遥测标准已被世界大多数国家采用;我国已经制定了自己的标准(草案),制定时适当参考了美国标准。

三、选择与确定发射/接收系统的技术指标

选择与确定发射/接收系统(即所谓无线电讯道)的技术指标时,其依据是:

1. 根据任务范围要求;
2. 根据抗干扰度和传输精度要求;
3. 按照有关遥测标准的规定;
4. 结合本国的技术传统与市场货源情况;
5. 考虑技术发展趋势与新、老设备的兼容可能性。

需要确定的技术指标是:

1. 射频中心频率(及频率点)的分配和稳定度要求;

2. 射频调制方式, 调制参数的变化范围, 调制器的线性度;
3. 中频带宽和通带要求;
4. 有效通讯距离 R , 发射机的功率 W 和接收机的灵敏度 (表为 E_r 或 $dbmw$);
5. 谐波抑制器与预选器参数;
6. 射频解调器线性度;
7. 机上 (弹上) 高频部分的密封与充气 and 保温范围等。

四、选择与确定天线系统技术指标

这方面的工作, 计有:

(一) 发射天线

1. 天线型别 (包括尺寸、重量等);
2. 方向性图与增益;
3. 极化方式;
4. 阻抗匹配要求 (阻抗, 驻波系数等);
5. 安装位置与对结构和空气动力性能的影响;
6. 跟踪要求 (是否也要求自动跟踪等)。

(二) 接收天线

除上述第 1 至第 4 项要求外, 还需确定

5. 配置方式 (固定还是活动, 分集还是单点, 几种型号的天线混用还是采用单一型号等);
6. 结构的抗风、防冻能力;
7. 跟踪方式。

同理, 在选择这些指标时, 必须遵循有关标准, 并考虑技术传统, 货源和新、老设备的兼容性等问题。

五、记录、显示与数据处理方式

设计中的第五步, 是必须确定记录、显示与数据处理的方式及有关技术指标, 包括如下几个方面:

1. 实时处理与时后处理;
2. 记录方式 (磁带、纸卡、胶卷照相等);
3. 显示方式 (指针式仪表、数码管、液晶、荧光屏等, 分散与组合等);
4. 数据处理方式 (手工、半自动, 依靠计算机进行全自动处理等);
5. 数据中继接口设备的配置要求。

选择时, 必须遵循遥测技术标准, 满足战术与科研要求。

六、进行抗干扰能力和传输精度的理论分析

这部分工作的理论性较强, 且比较抽象难作, 因而往往容易被忽视或“知难而退”。但省略了这一步骤, 常常造成严重的技术后果。

如果分析的结果表明原定的体制和有关技术指标不能满足预定抗干扰能力和传输精度要

求时，必须改弦易辙，重新选择体制和调整有关技术指标。

七、同其它系统的结合方式

例如：1. 与遥控系统的结合：2. 同信标系统的结合：3. 同命中误差指示系统的结合：4. 同其他设备阵地及指挥控制中心的连络方式等等。

八、结构设计

机上与地面站设备的结构设计，必须有专门的结构设计工程师负责，但系统工程师也必须认真协作。

结构设计中，除了要满足尺寸，重量，密封，防震，防锈，防潮，强度等一般要求之外，还要适当考虑美观，运输与拆卸、维修的方便性。所用组件和器件必须尽可能标准化。设计过程中的重要步骤与方面，大致是这些。

§ 1—6 国外遥测技术的发展和动态

遥测技术作为相对独立的科技部门，在国外已经高度发达；并且，将继续有广阔的前途与市场。

在应用范畴方面，上及天文，下及地理，毛羽鳞趾，无所不涉。并且，已解决了在深空宇航、核反应堆、再入舱体、发动机内部和体内医学等公认的艰难环境中的应用问题。

在技术先进性方面，已解决了远至成百亿公里距离上，连续数年的深空信息传输。

在体系和设备方面，已日益完善和精密化。并且，广泛使用计算技术，开始应用机载微处理技术。形成了统一完整的靶场数据网，甚至通过同步卫星中继的超大型数据网。

在多路信道的体制方面，已逐渐筛选到以 PCM 为主、PAM 和 FM 系统为辅的局面。

输入设备和输出设备方面，也日益完善和精密。

在理论研究方面，目前的重点是：编码理论、抗干扰理论和新体制的探索。

在学术活动方面，（特别是美国）非常活跃。其中尤以“ITC（国际遥测会议）”最引人关注。

关于这方面的更多情况，请参见史长捷同志所作的《中国宇航学会遥测专业代表团访美技术总结》^[8]，以及作者的《从 ITC 看美国遥测的某些情况》^[9]两文，这里不赘述。

§ 1—7 我国遥测技术的发展情况

我国遥测技术的发展已经有了二十余年的历史，大体可分四个阶段：

第一阶段：1956—1960 年，主要是掌握从苏联引进的设备，还作了少量改进工作。

第二阶段：1961—1965 年，开始自行设计，并在有关国防院校培养了一批遥控遥测专业人才。

第三阶段：1966—1976 年，这是“文革”中的十年浩劫期间。由于“四人帮”之流的干扰破坏、进展速度甚慢。只有少数先进单位，作了改进高频通讯线和传输体制的工作；其他多数单位，处于艰难的境地。大专院校的遥测技术人才的培养工作也几乎全部中止。

第四阶段：1976 年至现在。这是复甦与重新发展时期。少数先进单位，继续完善遥测系统的功能和采用新技术。其他单位都在不同程度地恢复和前进。民用遥测也继军事遥测之后开始出现“星星之火”。大专院校人才的培养工作也大部分恢复。开始有了一批中年以上的熟练工程师与能够独立从事科研课题的中年学者。学术活动开始活跃，特别是 1980 年出了第一个学术高潮：春天，中国宇航学会遥测专业委员会和中国自动化学会遥控、遥测、遥感分会，成立了联合学会，并创办了会刊《遥测技术》；秋天，在北京香山召开了建国以来，遥控、遥测和遥感技术方面最大的一次全国性学术交流会；与此同时，中国学者首次参加了在美国圣地雅哥城举行的第十六届 ITC 年会，开始建立了与外国遥测学术界的联系。

总之，到目为止，我国的遥测技术，已初具规模，正处在大发展的前夜。但同世界先进水平相比，还是相当落后的，我们必须急起直追。

§ 1—8 有关理论与资料

为了便于读者自学，这里将有关遥测技术的理论与资料情况，作点简单介绍于下：

一、有关理论

由于遥测是综合性相当强的技术领域，因此，它涉及的应用理论也较多，大体说来，有如下几个学科：

1. 非电量的电测

这是分析被测量的非电量，如何通过传感器变换成电量的应用理论。按照五十年代苏联大专院校的老式专业划分方式，它乃是“仪表传感器专业”的主课，但遥测技术工作者，对它也必须有所了解。

2. 多路通讯理论

由于无线电遥测系统，几乎都是多路通讯系统，因此，这门理论是遥控技术工作者必须学习的重要课程。这门课程，是遥控、遥测和通讯专业方面的共同课程，但在遥测技术中应用时略有特点。

3. 信息论

这是理论较强的课程。对从事自动控制（包括遥控动力学）和电讯技术来说，具有指导性的理论意义。由于遥测技术是电讯技术的部门之一，遥测系统又是遥控动力学系统的信息反馈环节，因此，遥测技术工作者，必须重视它，学习它的基本内容。了解它在遥测、遥控技术中的应用，特别是在研究如何提高遥测系统的抗干扰能力和有效性时的应用。

4. 统计接收与编码理论

这门学科，可以说是大信息论的一个分支。特别是从事宇航和航空领域的遥测的学者和工程技术人员，必须掌握它。

5. 数据处理与误差分析

这门课程是从事数据处理工作，特别是从事有关测量技术的学者和工程技术人员，必须重视和熟悉的。

此外，对于从事无线电遥测技术工作人员来说，所有关于无线电技术部门的基本课程，

如电波传播与天线、线路与网络理论等，当然是必须学习的。

另外，对于从事航空与宇航部门的遥测工作者来说，对于有关航空方面的知识也必须有所了解。

由于计算技术的普及，遥测技术工作者对计算机的基本原理、主要的程序语言和操作方法，是应该有所掌握的。

二、有关书刊资料

在中文书刊方面，由于我国遥测技术比较落后，因此，其数量远远赶不上需要。

五十年代末，没有刊物，只有少数译文集或散见于《国外电讯技术动态》等杂志上的为数很少的译文。另外还有一套苏联专家的油印中译本讲义，如今其内容已相当陈旧了。

六十年代初，几所国防院校曾合编了一套遥测讲义，但在内容和编排上，基本因袭了苏联专家的讲稿，如今也没有多少意义了。

七十年代末，几所国防院校又联合编印了《遥测、遥控信息传输原理》（已于1980年7月出版）和《遥控遥测系统》，（已于1981年7月出版）两本大专院校教材，内容较新。

在期刊资料方面，80年1月创办了全国性杂志《遥测技术》。此外，还有一些单位自70年代起出版了一些定期或不定期的涉及遥控遥测技术的刊物。例如国防科委情报所的《靶场试验技术》、87205部队出版的《科技资料》、三机部第七情报网出版的《航空兵器》……等等。此外，还有若干内部交流的科研技术总结、论文和译文资料等。

在外文资料方面，以英文的书刊居多。

其中，M.H.Nichols和L.L.Rauch两人合著的《Radio Telemetry》^[3]（1956年）和E.L.Gruenberg所编的《Handbook of Telemetry and Remote Control》^[4]（1967年）两书算是比较有影响的名著。虽然，前者的资料陈旧了，后者的内容也有部分不那么新鲜了，但还有一定参考价值。（文[3]的修订本[13]，则有较大价值）。

英文刊物的最著名者，有如下三种：

1. 《IEEE空间电子学与遥测汇刊》，此刊从1963年起创刊，每年一卷，每季一册，共出了十卷，至1965年8月并入《IEEE航宇和电子系统》，后者仍继续出版，但直接论述遥测的文章不多了。

2. 《（美国）国家遥测会议文集》，该刊简称《Proce of NTC》，自1953年3月创刊以来，直到1971年为止，共出了十九卷（基本上每年一卷），1971年以后，其出版情况不明。

3. 《国际遥测会议文集（美国）》，该刊简称为《Record of the ITC》或《Proce. of the ITC》，自1963年9月创刊以来直到现在，基本上是每年出版一册。

此外，还有《IEEE通讯汇刊》，其中也间常刊登有关遥测技术的理论性较强的论文。还有一些美国出版的《军事电子学会议文集》、《AIAA航宇与制导会议文集》等专刊上，也间常有涉及遥测的论文。

英国出版的遥测书刊所见不多，其中，英国皇家航空学会1978年1月出版的一本，《Telemetry Systems》内容相当简略，大致可以提供一些有关英制遥测系统的技术指标的信息。

法文和德文的有关遥测的公开书刊，作者未见到原版书，只见过少数转译成英文者。