

电 讯 设 备 的 机 械 设 计

〔日〕 窪田雅男 鹈泽高吉 合著 梁华 译

国 防 工 業 出 版 社

电讯设备的机械设计

〔日〕 窪田雅男 鵜泽高吉 合著
梁 华 译

国防工业出版社

内 容 简 介

本书主要叙述各种电讯设备（通信、雷达、计算机和自动控制等）的结构和机械设计。全书分绪论、系统工程、耐环境设计、机电设计、输入输出设备、位置和速度的控制、结构设计和装配设计等七章，并附录 SI 单位制及其换算、有关 JIS 的代号与名称。

本书可供从事电讯设备生产和研究的工人、技术人员和大专院校师生参考。

電子通信装置の機械設計

窪田雅男 鵜沢高吉 合著

森北出版社 1979年

*

电讯设备的机械设计

〔日〕 窪田雅男 鵜沢高吉 合著

梁 华 译

*

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

*

850×1168¹/₃₂ 印张 14³/₄ 375 千字

1984年3月第一版 1984年3月第一次印刷 印数：0,001—5,200册

统一书号：15034·2658 定价：2.00元

译 者 的 话

电讯设备的机械设计,是设计电讯设备的一个重要组成部分。随着电讯技术的发展,对电讯设备的机械设计提出了越来越高的要求。

电讯设备的机械设计,可以说是电子学与机械学的结合,但又不同于电子电路设计和纯机械设计。它是一门边缘学科,涉及的技术内容相当广泛,包括机械学、电学、系统工程学、力学、化学、热学、光学及环境科学等基础学科的综合应用。本书作者对其主要内容进行了较系统的阐述。而且根据多年的实践经验,在书中提供了有用的图表和公式。

现将日本窪田雅男和鹤沢高吉所著的《电讯设备的机械设计》一书译出,以满足读者的需要。但应指出,本书是针对日本的技术标准和情况论述的,希望读者结合我国具体情况参考使用。本书可供从事电讯设备机械设计和有关专业的工程技术人员、科研人员、大、专院校师生参考。

在翻译过程中,译者对书中的错误或笔误,作了必要的修改,并删去了书中的索引及序言的后两段。但是,由于译者的水平有限,错误在所难免,热忱地欢迎广大读者提出批评指正。

原 序

近来,随着电讯设备应用范围的扩大,电子学与机械学的结合,或者说电讯技术与机械技术之间的边缘技术日益显得重要。但是,总结归纳这门技术的参考书还没有,因此从事这方面工作的技术人员,只好从散落于各种各样的参考书和文献中间寻求有关知识。尤其是攻读机械工程专业课程的学生,在涉及电讯技术领域的项目中,当他作为一个机械设计技术人员进行工作时,往往为遇到很多未学到的内容而烦恼。

本书希望能对关心上述技术的学生和从事这方面工作的技术人员,在节省精力和时间方面有所帮助。为了能够适应工作需要,本书从大量的技术参考书和文献中,进行选择与整理,同时为便于理解,还加进作者自己的见解与解释,想使本书既可作为入门书,又可作为技术参考书使用。所谓电讯技术和机械技术之间的边缘技术,它所包含的范围并不明确,本书根据作者长期的经验,选择实用的内容,并竭力将它们系统化。但是,限于作者的能力,可能未能充分达到预期的目标。而且,由于电子技术发展迅猛,即使列入的内容也难免会落后,敢于选定写出,只是希望能为读者起到铺路石的作用。

在编写本书过程中,参考了国内、外许多前辈的著作,有关的主要参考书、文献和资料等都在引出处加以标注。不过,遗漏之处在所难免。敬请有关作者和出版社等原谅,同时在此表示深切的谢意。

1979年7月

作者

目 录

第一章 绪论	5
1.1 电讯系统的概况	5
1.2 电讯设备的机械设计	6
第二章 系统工程	8
2.1 定义	8
2.2 系统工程的过程	9
2.3 系统设计	10
2.4 使用者的新技术开发步骤举例	12
2.5 系统的环境与输入输出	18
2.6 系统的组成与划分	24
2.7 接口	25
第三章 耐环境设计	28
3.1 热设计	28
3.1.1 电子元器件的容许温度	28
3.1.2 热传导	31
3.1.3 对流传热	43
3.1.4 辐射传热	51
3.1.5 温度过渡现象	53
3.1.6 冷却方法	56
3.1.7 温度试验	66
3.2 耐压密封设计	67
3.2.1 必要性	67
3.2.2 耐水压设计	69
3.2.3 密封设计	74
3.2.4 相对湿度	96
3.2.5 环境试验	98
3.3 耐风和耐加速度设计	100
3.3.1 耐风设计的必要性	100
3.3.2 风速与风压	101

3.3.3	架空线路结构物的设计	102
3.3.4	天线支架和铁塔	104
3.3.5	风洞试验	111
3.3.6	结构物的矩阵分析法	113
3.3.7	耐加速度设计	154
3.4	耐振动和耐冲击设计	156
3.4.1	耐振动和耐冲击设计的必要性	156
3.4.2	耐振设计	157
3.4.3	振动试验	180
3.4.4	耐冲击设计	182
3.4.5	冲击试验	186
第四章	机电设计	188
4.1	电磁学基础	188
4.1.1	电量的库仑定律	188
4.1.2	磁量的库仑定律	188
4.1.3	由电流和磁场产生的电磁力	189
4.1.4	洛伦兹力	189
4.1.5	毕奥-萨伐定律	189
4.1.6	法拉第电磁感应定律	190
4.2	机-电 [●] 变换	191
4.2.1	机 $\rightarrow$ 电变换	191
4.2.2	电-机变换	208
4.3	电动机等的选用	230
4.3.1	直流电动机	230
4.3.2	同步电动机	242
4.3.3	感应电动机	249
4.3.4	特种电动机	262
4.3.5	测速发电机	271
第五章	输入输出设备的机械设计 ^②	274
5.1	系统接口	274
5.2	信息变换速度	276
5.3	输入设备	282
5.3.1	拨号盘	282

● 在正文中为机 $\longleftrightarrow$ 电变换。——译者

② 原文有误，已改正。——译者

5.3.2 键盘	284
5.4 输出设备	285
5.4.1 打印机的种类	285
5.4.2 键盘打印机	287
5.4.3 行式打印机	290
5.4.4 嵌镶式打印机	294
5.4.5 非击打式打印机	294
5.5 记录媒介的输入输出设备	295
5.5.1 纸带读出机	296
5.5.2 纸带穿孔机	297
5.5.3 卡片设备	299
5.5.4 磁带设备	302
5.5.5 磁鼓存储装置	310
5.5.6 记录盘驱动装置	311
5.5.7 机械扫描设备	316
第六章 位置和速度的控制	318
6.1 必要性	318
6.2 控制方式	318
6.3 模拟控制系统的设计	319
6.3.1 伺服电动机的选择	320
6.3.2 检测元件的选择	322
6.3.3 放大器概况	322
6.3.4 伺服电动机的传递函数	328
6.3.5 控制系统的框图表示	336
6.3.6 控制系统的动态特性	338
6.3.7 频率特性	354
6.3.8 稳定性与稳定性判据	364
6.3.9 控制误差	369
6.3.10 高阶控制系统增益常数的确定	373
6.4 伺服机构的校正	375
6.4.1 相位滞后校正(串联校正)	376
6.4.2 相位超前校正(串联校正)	377
6.4.3 反馈校正	379
6.4.4 反馈校正时增益系数的确定	383
6.4.5 伺服机构的反馈校正举例	385
6.5 数字控制系统的设计	388
6.5.1 开环控制方式	388

6.5.2 数字-模拟伺服方式	389
6.5.3 全数字伺服方式	390
6.5.4 开关控制	392
6.6 位置和速度控制的使用举例	394
6.6.1 高速定位	394
6.6.2 高速启动和制动	396
6.6.3 磁带盘控制	397
6.6.4 利用步进电动机的高速定位	398
6.6.5 恒速控制	399
6.6.6 天线伺服机构	401
第七章 结构设计和装配设计	411
7.1 定义	411
7.2 结构设计	411
7.2.1 对结构物的要求	411
7.2.2 结构体	413
7.2.3 通风机的选择	419
7.2.4 设备的放置	427
7.2.5 工业设计	428
7.3 装配设计	429
7.3.1 装配设计的要求	429
7.3.2 装配设计的分类与阶段	430
7.3.3 装配设计的步骤	432
7.3.4 接线方法	432
7.3.5 尺寸系列	434
7.3.6 更换单元	434
7.3.7 印制板插座架的装配	434
7.3.8 门的装配	436
7.3.9 设备装配	437
7.3.10 机架装配	438
7.3.11 火花放电与电子元件的间距	438
附录	441
SI 及其换算	441
有关 JIS 的代号与名称	454
参考文献与引用文献	458

说 明

1. 符号 本书所用的主要符号如下:

A : 表面积, 截面积 (流体), 振幅

B : 宽度, 磁通密度

C : 热容量, 静电容量, 透过系数

D : 填充系数, 直径, 行列式

E : 能量, 纵弹性系数, 电场强度, 电动势

F : 力

G : 重量, 横弹性系数

H : 高度, 磁场强度

I : 截面二阶力矩, 电流

I_p : 截面二阶极矩

J : 转动惯量

K : 热导, 弹簧常数, 增益, 刚度矩阵, 各种系数

L : 长度, 电感

M : 分子量, 力矩

N : 每秒次数, 每秒转数, 总圈数

P : 风压合力, 载荷, 热损耗, 功率, 电介质极化, 磁极数

Q : 热量

Q_a : 风量

Q_k : 广义力

Q_m : 气体流量

Q_t : 热流量

Q_w : 水量

R : 热阻, 流体阻力, 电阻, 阻抗系数

S : 截面积, 排气速度

- T : 温度, 张力, 转矩
 U : 电导, 磁动势
 V : 容积, 泄漏量, 电压
 W : 重量, 输出
 X : 力的 x 分量
 Y : 力的 y 分量
 Z : 力的 z 分量, 导体总数
 a : 温度传导率, 振幅
 b : 宽度
 c : 比热, 粘性阻尼系数
 d : 直径
 e : 电动势, 自然对数的底
 f : 振动频率, 频率, 力, 函数
 f_n : 固有振动频率
 f_v : 粘性摩擦系数
 g : 重力加速度
 h : 高度, 水柱高, 厚度
 i : 电流, 下标任意整数
 j : $\sqrt{-1}$, 下标任意整数
 k : 系数, 弹簧常数, 下标任意整数
 l : 长度
 m : 泊松数, 质量, 个数, 磁极强度
 n : 个数, 每分钟转数, 圈数
 p : 压力, 固有振动角频率, 极对数, 极点
 q : 热流量, 泄漏量/时间, 速度压力, 点电荷
 r : 半径, 距离
 s : 拉普拉斯变换算子, 复振动频率, 转差
 t : 时间, 厚度
 u : 速度, 位移的 x 分量, 无因次振动频率
 v : 速度, 位移的 y 分量

w : 位移的 z 分量

x : 距离, 对平衡位置的位移, 直角坐标, 变量

y : 直角坐标, 函数

z : 直角坐标, 零点

α : 散热系数, 加速度, 角加速度

β : 体膨胀系数

γ : 比重

δ : 厚度, 长度, 垂度, 相对位移

ε : 辐射率, 应变, 介电常数, 误差

ζ : 阻尼(系数)比, 损失系数

η : 效率

θ : 摄氏温度, 角度

κ : 常数

λ : 导热系数, 细长比, 系数

μ : 粘性系数, 摩擦系数, 导磁率

ν : 动力粘性系数, 泊松比

ξ : 基准坐标, 填充系数

ρ : 密度, 电阻比

σ : 应力, 复振动频率的实部

τ : 时间常数, 冲击持续时间

φ : 相对湿度, 角, 磁通

ψ : 相位裕量

ω : 圆振动频率, 角频率, 角速度

ω_n : 固有圆振动频率, 自然角频率

Φ : 磁通

$\mathcal{R}$: 磁阻

2. 文献引用 编写本书时, 参考了大量的文献, 在书末附录部分列出了参考文献一览表。各文献分章列出, 并标以一系列序号(其中同一文献参考页数不同时, 则在同一篇文献中用相应页数表示), 并且在书中有关的章、节、项、句中的右上方注明

参考的文献序号（例如 3.35 表示第三章的第 35 篇文献），详细内容请参阅有关文献。

在附录的文献一览表中，若是引用的文献，则在其前面标以○号，书中所引用的插图也注明所引用文献的出处。

3. 单位 本书以米-公斤-秒（MKSA）单位制为主，此外也包括厘米-克-秒（CGS）等单位制，但不采用国际标准单位制（SI）。为了便于需要时进行换算，特在书末附录部分附有换算表。

第一章 绪 论

1.1 电讯系统的概况

根据日本《电讯手册》^[1]一书的分类法, 电讯系统大致分为有线通信系统、无线电通信系统、信息处理系统、电波与电子应用系统。如果将它们进一步细分, 则可分成如表 1.1 所列各系统。

表1.1 电讯系统的分类

类别	系 统	设 备	外围和终端设备
有 线 通 信	载波多路通信	声音电话, 载波电话, 明线载波, 电力线载波, 有线广播, 无负载电缆载波, 同轴电缆载波, 中继	电话机 线路终端设备
	脉冲编码调制传输	中继	
	图象传输	广播中继, 传真通信, 图片传送	传真, 图片传送设备
	电信	电报中继, 用户电信, 专用电信	} 终端设备
	数据传输 交换	数据通信 电话交换, 电信交换, 数据交换, 电子交换	
无 线 电 通 信	广播	中波, 短波, 调频, 电视等广播演奏, 调整, 控制等设备	发射机和接收机
	图象装置		摄象机, 录象机
	直视范围内通信	{ 微波调频, 脉冲编码调制 近毫米波, 毫米波, 激光	发射机和接收机
	直视范围外通信		
	移动无线电通信	海上、陆上、空中移动无线电通信, 便携式无线电通信	发射机和接收机
电 波 应 用	卫星通信	地面站, 发射基地有关设备	通信卫星等
	雷达导航	导航, 航空管制, 交通管制, 制导, 测向, 可见光应用, 红外线应用, 激光应用	发射机和接收机信标接收机等

(续)

类别	系 统	设 备	外围和终端设备
信 息 处 理	模拟计算机, 混合计算机	模拟计算机, 混合计算机	输入输出设备, 外围设备
	数字计算机	大型、中型、小型计算机, 微型计算机, 微处理器	
	数据处理	计算机控制	
电 子 应 用	超声波应用	超声波产生与转换	超声波设备
	高频功率应用	感应加热, 感应发电加热, 高频加工	
	医用电子学与生物工程	医用测量, 遥测, 生物效应	
	粒子与电子束应用	粒子加速器, 电子显微镜, 电子束加工等	
	电子照相与印刷	电子照相, 电子印刷, 电子记录	

1.2 电讯设备的机械设计

各种电讯设备及外围和终端设备的名称, 大致如表 1.1 所示。本书讨论电讯设备与机械的边缘领域里有关技术的设计问题。这个边缘学科技术的内容大致分为: 电讯系统的环境, 电-机之间的相互转换, 以及与位置, 运动和形状有关的问题等。这些问题是为了实现各自系统的目的而提出的, 所以必须从系统工程的角度加以研究。

由于电讯系统具有优异的信息处理(存贮和运算)能力和通信处理能力, 因此它的应用范围日益广泛, 并且能够用于各种恶劣的环境。但是, 电讯设备的可靠性与使用的环境条件有关。换句话说, 它的故障率可以表为温度、湿度、压力、振动以及冲击等的函数关系^[2]。因而, 为了保护电讯设备, 对于上述那些机械上的环境因素, 在这个边缘技术中有必要进行耐环境设计的分析。

其次, 电讯设备除了利用电子电路中电子的运动和电磁波之外, 按照系统的目的, 往往还要利用物体的位置、运动和形状。

首先在电讯设备与人的关系方面，亦即在人-机之间的转换接口上，必须考虑物体的位置、运动和形状。这是因为人通过感觉器官等往往与电讯设备的原始输入或最终输出有关。因此，有时必须进行从电到机械，或从机械到电的转换，以及通过物体的位置和运动的控制，确定信息媒介体的位置和运动。例如，系统的输入输出设备或终端设备，以及媒介的存贮设备就是这方面的具体例子。而且为了装配、支撑和容纳电子电路，以及对外界环境进行电子电路保护，还需要有结构件。例如，机架、机壳、操作台、直到用于海底和宇宙的结构件。

本书仅阐述这些方面的边缘技术的设计问题，几乎不涉及电子电路设计、纯机械设计以及生产技术方面的问题。

第二章 系统工程

在进行电讯系统的技术研制设计时，为了掌握其中机械设计的作用以及它与其他部分的关系，必须了解系统工程的基本知识。

2.1 定 义

系统（体系）最简单的定义是指一些部件的集合^{〔1〕}。根据日本工业标准（JIS）的 Z8121 条款的定义，系统是指“许多部件的有机的组合，以完成统一的目的，其中特别把构成人的功能部件的系统称作组织（organization）。大系统中的部分系统称为分系统（subsystem）”。而系统工程则定义为：“为使系统达到最佳功能，而对系统的组成部件、组织构造、信息传递、控制机构等进行分析、设计的技术。”

而且，H. 切斯特努（H. Chestnut）认为：“在系统工程中，系统被看作是由各种不同结构和功能的分系统，组成一个紧密联系的整体。而且，任何系统通常都有若干个目的，对于每个系统来说，协调这些目的的方法也很不相同。系统工程的方法就是根据这些目的，探讨使系统整体的功能达到最优化，使构成的系统发挥出最大的能力。”

如图 2.1 所示，如果把系统看作为连接输出 y 和输入 x 所实现的功能，则可表示为



图 2.1 系统的输入与输出

$$y = f(x) \quad (2.1)$$

当 x 和 f 受到外部环境影响时，输出 y 也会发生变化^{〔2〕}。式 (2.1) 是定量地描述系统的因果关系的简单数学模型。

而且，如果在系统内部可以分成若干个分系统时，则各分系