

微波 元件原理 与设计

李嗣范 编著

WEIBO
YUANJIAN
YUANLI
YU SHEJI

内 容 提 要

全书分九章。第一与第二章分别为微波传输线基本概念及微波网络基础。这两章内容为微波元件的分析与综合提供必须的基础知识。在其余各章中，系统地介绍了阻抗变换器、定向耦合器、微波滤波器、微波铁氧体元件及谐振腔等主要元件的工作原理、设计理论与设计方法。

本书可作为高等院校微波技术专业、无线电技术专业的教师、研究生及高年级学生的教学参考书，也可作为微波科技人员的参考书。

微波元件原理与设计

李嗣范 编著

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：850×1168 1/32 1982年2月第一版

印张：18 8/32 页数：292 1982年2月北京第一次印刷

字数：484 千字 印数：1—5,100 册

统一书号：15045·总2541-无6166

定价：2.25元

前 言

近二十年来,微波理论与技术发展十分迅速,为了满足读者需要,作者在1960年编写的“微波元件及测量”(范树礼编,1961年人民教育出版社出版)及最近几年编写的教学讲义的基础上,编著了这本书。本书专门介绍微波元件设计,书中大部分内容曾提供给南京工学院无线电工程系及第四机械工业部1425研究所作为课堂教材试用。

本书可作为高等院校微波技术专业,无线电技术专业教师、研究生及高年级学生的教学参考书,也可作为微波科技人员的参考书。

全书共分九章。第一章为微波传输线基本概念,第二章为微波网络基础。这两章内容是学习后续章节所必须具备的理论基础。从第三章开始,系统地介绍了阻抗变换器、定向耦合器、微波滤波器、微波铁氧体元件以及谐振腔等主要微波元件的工作原理、设计理论与设计方法。

第四章波导的激发及第六章传输线中不连续性的等效电路两章内容主要供研究生及具有一定基础的读者参考。对于初学者来说,可以略去不学,这对学习后续章节不会带来不可克服的困难。

本书第一、四、六、八、九各章偏重于交变电磁场与波方面的内容,而第二、三、五、七各章偏重于网络分析与综合方面的内容,故读者在阅读本书之前应该具备矢量分析、交变电磁场与波、微波传输线以及网络原理等方面的理论基础。

本书手稿写成以后,承南京工学院无线电工程系吴明英、毛秀华同志仔细校阅,她们提供的宝贵意见为提高本书的出版质量做出

了有益的贡献。北京工业学院无线电工程系张德齐教授及微波教研室同志对本书前三章手稿也提供许多宝贵意见。此外，本书在编写过程中还得到南京工学院微波技术专业教研组同志们的热情支持。作者对他们表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书中难免有不妥与错误之处，欢迎读者批评指正。

作者

目 录

第一章 微波传输线基本概念.....	1
§ 1.1 电磁场的基础	1
§ 1.2 波导中的 TM 波	5
§ 1.3 波导中的 TE 波	12
§ 1.4 矢量模式函数的性质	16
§ 1.5 TEM 波传输线.....	21
第二章 微波网络基础.....	26
§ 2.1 微波网络	26
§ 2.2 四端微波网络的参量性质	35
§ 2.3 四端微波网络的组合	43
§ 2.4 理想变压器等效电路	47
§ 2.5 四端微波网络的外特性参量	53
§ 2.6 六端、八端微波网络	56
§ 2.7 信号流图在微波网络分析中的应用	58
§ 2.8 网络参量的本征方程、本征值及本征矢量	70
第三章 阻抗变换器.....	79
§ 3.1 阻抗调配器	80
§ 3.2 阶梯阻抗变换器	83
§ 3.3 阶梯阻抗变换器的综合设计	86
§ 3.4 渐变线的分析与综合	104
§ 3.5 同轴接头	113
第四章 波导的激发.....	118

§ 4.1	有源场麦克斯韦方程组	118
§ 4.2	矢量位函数、标量位函数及格林函数	121
§ 4.3	激励器和转接器	129
§ 4.4	激发方程及传输线方程	137
§ 4.5	小孔耦合	148
第五章	定向耦合器	167
§ 5.1	前言	167
§ 5.2	分支定向耦合器	172
§ 5.3	混合环	185
§ 5.4	平行耦合传输线定向耦合器	192
§ 5.5	微波功率分配器	214
§ 5.6	单孔波导定向耦合器	230
§ 5.7	十字槽定向耦合器	232
§ 5.8	多孔定向耦合器的分析与综合	236
§ 5.9	连续耦合定向耦合器	244
§ 5.10	匹配双 T	254
第六章	传输线中不连续性的等效参量	262
§ 6.1	薄电容窗的等效电纳	262
§ 6.2	薄电感窗的等效电纳	274
§ 6.3	矩形波导中金属膜片和金属杆等效参量	279
§ 6.4	矩形波导中纵向膜片的等效电路	286
§ 6.5	同轴线的阶梯电容	296
第七章	微波滤波器	306
§ 7.1	微波滤波器的类型及技术指标	306
§ 7.2	原型低通滤波器	312
§ 7.3	频率变换	333
§ 7.4	微波低通滤波器的设计	342
§ 7.5	倒置变换器及变形原型滤波器	347
§ 7.6	平行耦合传输线的参量及等效电路	353

§ 7.7	微波带通滤波器的一般原理	363
§ 7.8	平行耦合传输线带通滤波器	369
§ 7.9	交指带通滤波器	374
§ 7.10	梳状带通滤波器	393
§ 7.11	直接耦合带通滤波器	402
§ 7.12	四分之一波长耦合带通滤波器	409
§ 7.13	同轴预选滤波器	417
§ 7.14	微波带阻滤波器	430
§ 7.15	微波滤波器的准确设计原理	444
§ 7.16	基型带阻滤波器的准确设计	455
第八章 微波铁氧体元件		464
§ 8.1	张量磁化率和导磁率	464
§ 8.2	波的极化	472
§ 8.3	标量磁化率和标量导磁率	478
§ 8.4	隔离器	486
§ 8.5	四路环行器	490
§ 8.6	理想对称结环行器	496
§ 8.7	微带线环行器	503
§ 8.8	带状线结环行器	511
§ 8.9	波导环行器	518
§ 8.10	迴旋器等效电路及 YIG 小球	521
第九章 谐振腔及其应用		525
§ 9.1	谐振腔的基本参量	525
§ 9.2	矩形波导腔	531
§ 9.3	圆柱谐振腔	535
§ 9.4	同轴谐振腔	549
§ 9.5	径向线谐振腔	552
§ 9.6	谐振腔的等效网络	554
§ 9.7	频率微扰	557

附录一	矢量公式.....	564
附录二	矩阵.....	567
附录三	信号流图法.....	571
参考书		574

第 一 部 分

V 系 列 建 议

电 话 网 上 的 数 据 通 信

在数据通信研究国际电报电话咨询委员会与 其它国际组织之间的协作原则

为了读者方便将卷I中发表的建议A.20转载如下

建议A.20

在数据传输方面与其它国际组织的协作

(1964年定于日内瓦, 1968年修改于马德普拉塔, 1972、1976和1980年修改于日内瓦)

国际电报电话咨询委员会

考虑到

(a) 根据联合国和国际电信联盟之间协定的第一款规定, 联合国承认国际电信联盟是个专门机构, 国际电信联盟根据其基本法定文件的规定, 负责采取适当的行动, 以实现文件规定的宗旨;

(b) 国际电信公约(马拉加——托伦莫里诺斯)的第四款指出国际电信联盟的宗旨为:

“a) 维护和发展国际合作以改善和合理使用各种通信工具;

b) 促进技术设备的研制及其最有效的运行, 以提高通信设施效率, 增加其效益并尽量使人民大众都能使用这些通信设施;

c) 协调各国在实现这些宗旨时所采取的行动;”

(c) 国际电信公约第四十款指出, 为了促进在影响通信的问题上取得圆满的国际合作, 国际电信联盟应该与在通信方面利害相关和活动着的国际组织合作;

(d) 在数据传输的研究方面, 国际电报电话咨询委员会必须与从事数据处理和办公室设备的组织协作, 特别要与国际标准化组织(ISO)和国际电工委员会(IEC)协作;

(e) 组织这种协作要避免违背上述原则, 防止工作和决议出现重复的现象;

一致同意发表如下意见

在制定数据传输国际标准时应牢记:

(1) 显然, CCITT的责任是要制定传输信道的标准, 即要求了解通信网或影响这些网络性能的数据传输方面的问题。

(2) 信号变换终端设备(调制解调器)的标准化是CCITT职权范围之内的事; 调制解调器和数据终端设备之间连接处(接口)的标准化是CCITT和ISO或IEC协商解决的事情。

(3) 设计用于检错和(或)纠错的设备必须要考虑:

— 用户能容忍的差错率;

— 线路传输条件;

— 电码和必要的信令(同步和重复信号等)必须满足数据电码表和差错控制的迫切要求, 做到使用户对输出感到满意。

这里的标准化可能不完全是CCITT职权范围之内的事, 但是这与CCITT的利害密切相关。

(4) 电码表(定义见参考文献[1])是“同意使用的一组字符和表示这些字符的信号之间相对应的表格”。

CCITT和ISO对传输数据和电文在通用的(而不是专用的)电码表方面已达成协议, 并制定了一个公

用电码表, 这就是人们所谓的国际 5 号电码 (见建议 V.3[2]) (见参考文献[3])。

关于补充这个电码表的某些控制字符的研究应由双方合作进行。

(5) 编码 (定义见参考文献[4])是个“由规定和协议组成的系统, 构成报文的电报信号或构成码组的数据信号的形成、发送、接收和处理均应按此系统进行”。因此, 由于考虑到各种同步方法, 它包括电码表信号格式的变换, 而且还根据差错控制系统使用冗余位。CCITT不可能单独决定这方面的问题, 但是如果不把这种问题提交给CCITT, 就不能作出决议, 因为传输和交换的某些特性可能要对编码提出一些限制。

在使用公用交换网(电话和用户电报)时, 而且在差错控制设备受到限制时(交换信号保留的序列), CCITT就要负责与其它机构一起协力解决任何必需的标准化问题。

(6) 遵守传输通路 (包括调制解调器在内) 传输性能的限值是CCITT权限范围之内的事, 发送设备传输性能的限值和数据终端设备的容限 (取决于终端设备和传输通路的限值) 应由ISO和CCITT协商确定。

(7) 在所有情况下, 当使用公用交换网时, CCITT就能单独制定有关数据通信建立呼叫, 保持呼叫和拆线的人工和自动操作规程, 其中包括在数据终端设备和数据电路终接设备之间接口处要交换的信号类型和方式。

(8) 当涉及公用数据网时, CCITT有责任提供适用的建议。在这些建议对数据处理系统和办公室设备〔通常指数据终端设备(DTE)〕的基本设计和特性有影响时, 这些建议应成为CCITT和ISO协商的课题, 在某些情况下可能需要取得相互一致的意见。同样, 当ISO在发展和改变可能影响与该地公用数据网兼容的某些标准时, 也应和CCITT协商。

参考文献

- [1] CCITT Definition: *Alphabet (telegraph or data)*, Vol. X, Fascicle X.1, (Terms and Definitions).
- [2] CCITT Recommendation *International Alphabet No. 5*, Vol. VIII, Fascicle VIII.1, Rec. V.3.
- [3] *Seven-bit coded character set for information processing interchange*, ISO Standard No. 646-1973.
- [4] CCITT Definition: *Code telegraph or data*, Vol. X, Fascicle X.1, (Terms and Definitions).

第一节 总 则

建议 V.1

二进制表示法的符号与双态码两个有效状态之间的对等关系

(1960年定于新德里, 1964年、1972年修改于日内瓦)

二进制计数通常用符号 0 和 1 代表的两个数字表示数目。传输信道特别适于使用具有两个有效状态的调制方式(双态调制)的信号传输。这两个有效状态有时称作“空号”和“传号”或“起始”和“终止”,或者把它们叫做状态 A 和状态 Z [1]。

使双态调制的两种状态与二进制数字 0 和 1 相对应,非常有用。这种对等关系将有利于传输由二进制计算产生的数字,有利于二进制数字代码和十进制数字代码的转换,有利于维护操作,也有利于传输工作人员和数据处理设备操作人员之间的关系。

初看起来,在传输中符号 0 是否和状态 A 或状态 Z 相对应,而符号 1 是否和状态 Z 或状态 A 相对应,或反之,似乎没有什么关系。

然而在电报中,当电报通信已经建立而信号的发送已经停止(称为线路空载状态)时,在整个发送中止期间在线路上传输的信号均由状态 Z 组成。

在数据传输中,使用同样的规则是合乎逻辑的(而且对某些音频电报系统,也是必要的)。在传输“空载期间”应把状态 Z 加至电路输入端。

电路上的数据传输常用穿孔纸带控制。在电报用的穿孔纸带上,状态 Z 用穿孔表示。在用穿孔表示二进制数字时,通常用一个穿孔来表示符号 1。因此,使符号 1 与状态 Z 相对应是合乎逻辑的。

由于这些原因,CCITT

一致同意发表下列意见:

1. 在使用双态码(在此双态码中,数字用二进制表示法构成)传输数据时,二进制表示法的符号 1 对等于调制的状态 Z,而二进制表示法的符号 0 对等于调制的状态 A。
2. 在无信号送往电路输入端期间,电路输入端状态为状态 Z。
3. 如果使用穿孔,一个穿孔就相当于 Z 状态下的一个单元的间隔时间。
4. 根据 CCITT 建议 R.31,在使用调幅时,发送符号 1(状态 Z)就相当于在信道上发送单音。
5. 根据 CCITT 建议 R.35,当使用调频时,发送符号 0 相当于发送较高的频率,而发送符号 1 则相当于发送较低的频率。
6. (a) 对于带有参考相位的调相,符号 1 相当于与参考相位同相;符号 0 相当于与参考相位反相。
(b) 对于交替相位变化为 0 度或 180 度的差动两相调制,
符号 1 相当于对前一个码元倒相;
符号 0 相当于对前一个码元不倒相。
7. 对等关系简介见表 1/V.1。

表 1/V.1 对等关系简表(见注 1)

	数 字 0	数 字 1
	起止式电码中的“起始”信号在用户电报交换中线路占用状态 起止式电码中的“空号”码元状态 A	起止式电码中的“终止”信号在用户电报交换中线路空闲状态(注 2) 起止式电码中的“传号”码元状态 Z

续表

	数 字 0	数 字 1
调 幅	单 音 断 开	单 音 接 通
调 频	高 频	低 频
带有参考相位的调相	与参考相位反相	参 考 相 位
交替相位变化为 0 度或 180 度的 差动两相调制	不 倒 相	倒 相
穿 孔	无 孔	穿 孔

注 1：本建议所述为通用标准。不管是通过报路还是通过话路，不管是使用机电设备还是使用电子设备，这标准都适用。

注 2：主要适用于不等时传输。

参考文献

- [1] CCITT Definition: *Position A; position Z*, Vol. X, Fascicle X.1 (Terms and Definitions).

建议 V.2¹⁾

电话线路上数据传输的功率电平

(1960年定于新德里, 1964年、1980年修改于日内瓦)

规定数据信号电平的目的如下:

a) 为了保证良好的传输, 并允许与诸如信号接收机或回波抑制器等设备协调一致, 在国际电路上的数据信号电平应尽量严格地加以控制。

b) 从加载和噪音的角度考虑, 为了保证多路载波系统正确运转, 数据电路的平均功率不应与信道加载的惯用数值相差太多 (每个传输方向为 -15dBm_0 ; 见下面注释)。这个惯用数值已考虑了在一个多信道系统中留出合理比例 P (这取决于传输系统, 或许低于 50%, 此数值将在以后的研究中加以规定) 的信道, 以大约 -13dBm_0 的固定功率电平在每个传输方向上作非语言传输之用。

如果非语言应用 (包括数据) 的比例不超过上述数值 P, 则每个传输方向都为 -13dBm_0 的平均功率就可以用来进行数据传输。

然而, 假定在国际载波系统中 (由于数据传输的发展), 非语言电路占的比例明显高于 P, 则将此功率减少 2 dB 可能是合理的 (这些数值需进一步研究)。

注: 在多信道载波电话系统中, 各信道间的长期平均功率 (惯用的平均值为 -15dBm_0) 的分布大概有 4 dB 左右的标准偏差 (见参考文献[2])。

c) 某些管理部门可能希望为用户线路终端或本地交换局的数据调制器的信号功率电平制定明确的数值。这些数值和国际电路功率电平之间的关系取决于该国家的传输计划, 不管在什么情况下都必须预期到, 在用户

1) 建议 V.2 相当于建议 H.51[1]。

和国际电路输入端之间可能的连接中,有较大范围的衰耗。

d) a)至c)的考虑说明,仅有最大数据信号电平的规定并不是最有用的形式。另一个建议是要规定在国际电路输入端的标称功率。这标称功率是从对许多数据传输电路的测试中得到的统计估算平均功率。

由于这些原因,CCITT

一致同意发表下列意见:

1. 载波系统中租用话路(专线)上的数据传输

1.1 用户设备对线路的最大功率输出在任何频率都不应超过 1 mW。

1.2 对于连续发送单音的系统,如调频系统,相对零电平点的最大功率电平必须为 -13dBm 。当数据传输在相当一段时间内中断时,功率电平最好应降到 -20dBm 或更低的电平。

1.3 对于不连续发送单音的系统,如调幅系统,信号特性应满足下列要求:

i) 一分钟平均功率的最大值不准超过 -13dBm 。

ii) 瞬时功率的最大值,暂时规定不准超过相当于 0dBm 正弦波信号的电平。这限值应在进一步研究之后加以肯定或修改。

iii) 以任一频率为中心的 10Hz 带宽的最大信号功率,暂时规定不准超过 -10dBm 。这限值应在进一步研究之后加以肯定或修改。

注 1: 据统计,担负数据传输的国际电路的比例约占 20%。如果这个比例达到更高的水平(约为 50%,在利用率高的系统中可更低些),本建议提出的限值将需要重新考虑。

注 2: 黄皮书第 III 卷的附件 16 提供有关对租用话路所加信号的带外功率的资料 [3]。

2. 电话交换系统中的数据传输

2.1 用户设备对线路的最大功率输出,在任何频率都不应超过 1 mW。

2.2 对于连续发送单音的系统,如调频或调相系统,用户设备的功率电平在设备安装时就应加以确定,确定时要将用户设备和进入国际电路处之间的衰耗考虑在内,以便在国际电路输入端信号的相应标称电平不致超过 -13dBm 。

2.3 对于不连续发送单音的系统,如调幅系统,信号特性应当满足下述要求(见 1.3 节的注 1):

i) 一分钟的平均功率最大值不准超过 -13dBm ;

ii) 瞬时功率的最大值,暂时规定不准超过相当于 0dBm 正弦波信号的瞬时功率最大值的电平,这限值在进一步研究之后应当加以肯定或修改;

iii) 以任一频率为中心的 10Hz 带宽的最大信号功率,暂时规定不许超过 -10dBm ,这限值应在进一步研究之后加以肯定或修改。

注 1: 实际上用户设备和国际电路之间的衰耗不易估计。因此,应当把 V.2 建议的第 2 节作为总体计划指导看待。

注 2: 在交换线路上,各用户的话机之间的衰耗可能很大, $30\text{dB} \sim 40\text{dB}$ 。接收到的信号电平将会很低,而且这些信号可能会受到在其它电路上发送的拨号脉冲的干扰。

如果在交换网络中需要进行大量国际的数据传输接续,某些管理部门就可能要提供特殊的四线用户线路。如果这样,则要使用的电平可能是建议用于租用电路的那些电平。

参考文献

- [1] CCITT Recommendation *Power levels for data transmission over telephone lines*, Vol. III, Fascicle III.4, Rec. H.51.
- [2] *Measurement of the load of telephone circuits*, Green Book, Vol. III-2, Supplement No. 5, ITU, Geneva, 1973.
- [3] *Out-of-band characteristics of signals applied to leased telephone-type circuits*, Vol. III, Fascicle III.4, Supplement No. 16.

国 际 5 号 电 码

(1968年定于马德普拉塔, 1972年修改于日内瓦)

引言

CCITT和国际标准化组织(ISO)共同建立了一种7单位电码, 它能满足使用租用线路的用户以及在公用电话网或电报网中通过交换建立接续而进行数据传输的用户的需要。

这种5号电码, 不准备用来代替2号电码。它是给那些对于2号电码可能感到有很多限制而不满意的人们作为增补电码使用的。在这种情况下, 电码被视为可用作数据传输和精密信息系统的共同基本语言。

5号电码并不排除使用可能更适合某些特殊需要的任何其它电码。

1. 使用范围与场合

1.1 本建议含有一个128个字符的字符集(控制字符和图形字符, 如字母、数字和符号), 以及表示这128个字符的代码。这些字符大部分是硬性规定的, 不能改变的, 但提供了某些灵活性以适应特殊的国家要求和其它要求。

1.2 在数据处理和数据传输方面所需要的图形字符和控制字符, 在决定这个字符组时已加以考虑。

1.3 本建议由一张附有某些选用项的总表、注释、插图说明和解释性注释等部分组成。它还包括一张专用的“国际基准电码表”, 这在行使选择以确定专用的国家电码表和适于应用的电码表时起指导作用。

1.4 本字符集拟主要用于电文传输系统之间的信息交换以及数据处理系统和有关设备之间的信息交换。

1.5 本字符集适合于全部拉丁字母。

1.6 对于某些特殊应用, 当感到128个字符不够用时, 本字符集可以扩展。

1.7 本建议中一些控制字符的定义, 是假设与这些控制字符有关的数据均被加工成为串行且正向运行的。如果这些控制字符包括在不按正向进行串行处理的数据串内, 或者包括在为进行固定记录处理而编排的数据内, 它们的效果可能不符合要求, 或可能需作另外的专门处理, 以保证这些控制字符产生所期望的效果。

2. 具体实施

2.1 本字符集应抽象地看作为一个基本电码表。其实际应用需要在各种媒体中具体规定。举例来说, 媒体可能包括穿孔纸带、穿孔卡片、磁带和传输信道, 于是就得允许, 或者间接地通过实际媒体内的中间记录, 或者通过各种设备(如输入、输出设备和计算机)的本地电连接, 或者通过数据传输设备来进行数据交换。

2.2 在实际媒体内以及为了进行传输, 具体实施编码的字符集时, 也考虑了检错的需要, 这些都是ISO文件的题目。

3. 基本电码表

表 1/V.3 基本电码表

b ₁ b ₂ b ₃ b ₄				b ₅ b ₆ b ₇ b ₈			
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	1	0	1
0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	1	0	1
1	0	1	0	0	1	1	0
1	0	1	1	0	1	1	1
1	1	0	0	0	1	0	0
1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	0	0	1	1	0
1	1	1	1	0	1	1	1

0	1	2	3	4	5	6	7
NUL (DLE)	TC ₁ (SOH)	SP	0	°	P	°	p
TC ₁ (SOH)	DC ₁	!	1	A	Q	a	q
TC ₂ (STX)	DC ₂	"	2	B	R	b	r
TC ₃ (ETX)	DC ₃	£(#)	3	C	S	c	s
TC ₄ (EOT)	DC ₄	\$ (¤)	4	D	T	d	t
TC ₅ (ENQ)	TC ₆ (NAK)	%	5	E	U	e	u
TC ₇ (ACK)	TC ₈ (SYN)	&	6	F	V	f	v
BEL	TC ₉ (ETB)	'	7	G	W	g	w
FE ₁ (BS)	CAN	(	8	H	X	h	x
FE ₂ (HT)	EM	)	9	I	Y	i	y
FE ₃ (LF)	SUB	*	:	J	Z	j	z
FE ₄ (VT)	ESC	+	;	K	°	k	°
FE ₅ (FF)	IS ₁ (FS)	/	<	L	°	l	°
FE ₆ (CR)	IS ₂ (GS)	-	=	M	°	m	°
SO	IS ₃ (RS)	.	>	N	^	n	-
SI	IS ₄ (US)	/	?	0	_	o	DEL

CCITT - 43330

表 1/V.3 的注释

注 1：对于设备，格式控制符分别实现水平和垂直动作。如果设备要求“回车”动作与一垂直动作相结合，则用于该垂直动作的格式控制符可以用来实现此复合动作。举例说，如果需要“回车换行”（符号 NL 等效于 CR+LF），则必须用 FE₂ 来表示它。这种代替要事先取得数据发送者和接收者双方之间的同意。

这些复合功能的应用可限于在公用交换通信网（电报和电话网）上的国际传输。

注 2：符号 ° 分配于 2/3 位置，而符号 \$ 则分配于 2/4 位置。如果不需要符号 °，则符号 #（数码记号）可用于 2/3 位置。凡是不需要符号 \$ 的地方，符号 ₤（货币符号）可用于 2/4 位置。为了国际信息交换把已选的符号分配给这些位置，应取得有关各方的同意。应当注意，除非发送者与接收者之间意见一致，否则符号 °、\$ 或 ₤ 并不是指某一特定国家的货币。

注 3：国家用的位置。给这些位置分配字符是国家标准机构的责任。这些位置主要是给电码表扩展使用。如果电码表扩展时