

电报自动回询 纠错设备

欧阳石林 编著

917.73

人民邮电出版社

内 容 提 要

电报自动回询纠错设备是用以自动检验和纠正电报差错的设备，对提高电报通信质量具有重要作用。

本书介绍电报自动回询纠错设备的基本概念，并以单路自动回询纠错设备为例，详细介绍各部分的逻辑电路和逻辑功能，以及制作调测、使用维修等方面的经验。

本书读者对象为电报通信和数据传输方面的工程技术人员和工人，并可供有关院校教学参考。

电报自动回询纠错设备

欧阳石林 编著

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/32 1980年1月第 一 版

印张：4 页数：64 1980年1月河北第一次印刷

字数：90千字 插页：1 印数：1—5,500册

统一书号：15045·总2356—有5146

定价：0.35 元

前 言

我们祖国的伟大社会主义事业已进入新的发展时期，电报通信业务量大大增加，十分繁忙。为了确保通信，对机、线的质量提出了更高的要求，减少电传变字是我们提高电报质量当务之急，为了适应我国数字电报提高质量的需要，邮电部第一研究所和上海市电报局协作试制成功了集成化电报自动回询纠错设备。在试制过程中，通过深入调查研究，不断实践，不断认识，对一些影响质量性能指标的关键电路作了改进，发挥了符合我国实际的独创精神，取得了可喜的效果，纠错能力不亚于国外同类型设备，调测使用方便。在国内无线短波电报电路及明线载报电传电路上和低速数据传输上使用，收到良好的效果，受到业务单位的欢迎。

为了交流试制和使用维护电报自动回询纠错设备的经验，并普及这方面的知识，从抛砖引玉的愿望出发，编写了这本小册子。但由于笔者水平有限，缺点和错误在所难免，诚恳希望广大读者批评指正。

在试制和编写过程中，得到了上海市电报局的大力支持，并承上海市电报局吴国祥同志和北京长途电信局严可光同志审阅书稿，提出不少宝贵意见，在此表示感谢。

邮电部第一研究所 欧阳石林

1979年4月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 差错控制的基本概念.....	(1)
第二节 回询纠错系统的基本概念.....	(4)
第二章 逻辑符号、集成电路的基本知识和应用	(28)
第一节 逻辑电路符号及相应集成电路简介.....	(29)
第二节 与非门电路组成的非标准单元电路.....	(35)
第三节 对外接口电路.....	(38)
第三章 单路ARQ设备的逻辑电路及逻辑功能	(40)
第一节 技术性能及指标.....	(40)
第二节 总体逻辑框图及说明.....	(45)
第三节 定时系统逻辑功能.....	(51)
第四节 发报系统逻辑功能.....	(60)
第五节 收报系统逻辑功能.....	(77)
第六节 循环控制系统逻辑功能.....	(88)
第七节 监视系统逻辑功能.....	(97)
第八节 电源.....	(101)
第四章 设备制作调测和使用维护	(104)
第一节 制作调测.....	(104)
第二节 使用维护.....	(108)
附 录 一架二列单路 ARQ 设备材料清单.....	(117)

第一章 概 述

第一节 差错控制的基本概念

1. 差错控制的必要性

电报或数据传输系统的主要作用是在两个或多个终端之间准确地传送二进制数字码的信息。但各种通信手段往往受到信道干扰：如大气噪声、信号衰落、人为干扰、甚至瞬时中断等，都会影响通信质量。通过改进信道的性能，可尽量减少这些干扰的影响，但实际上不可能完全消除。在数字系统中，这些干扰在数据接收中将会造成差错或瞬时中断。尤其是在目前国内有线电报通信中，线路信道大多数仍采用明线载报电路电传方式，因而各种干扰仍较多；或者由于扩建或大修工程等原因，有时甚至会引起载波信道人为中断，严重影响电报通信质量。

从1967年初开始，我国电传电报在国内电路上已全部改用数字保护电码，所谓数字保护电码就是利用五单位电码中的三正二负码（三个传号、两个空号）来代表0~9十个数字。如果多一个码元或少一个码元，产生一次差错，不符合三正二负的规律，就不会从一个数字变成另一个数字，只能变成其它符号，值机人员能够发现，通过双方联系，可以及时更正，大大减少了出局差错。

由于电路质量上的问题，电传变字还是相当严重的，据某局统计，在干线电路上的电传电报变字率每百分报平均在3%左右，更差的电路变字率达10%以上，往往造成电报逾限和差错，使党和人民在政治上、经济上、国际信誉上遭到严重损失。这样高的变字率特别是采用自动转报之后，那就成为更突出的麻烦了（将无法采用人工办法核对报底或复述），因此减少电传变字是我们提高电报通信质量的当务之急。

2. 差错控制的基本形式

差错控制的基本形式有两种，一种叫前向纠错，一种叫自动回询纠错。

实际生活中，人们在打电话的时候，由于通话电路中的失真或干扰使收听者听漏一个字或句子的一部分，有时影响还不大，因为收听者可以根据句子的前后关系猜出听漏的字或句子的一部分，这样收听者起了自动前向纠错的作用。

假如收听者由于漏听很多，而判断不出对方讲话的意思，他就可以叫发话人重讲一遍听不清的话。这样收发双方起了检错、回询、重发纠错的作用。

人们从长期实践中，逐渐认识到，在数字传输中可以根据这种基本思想，在发送端根据要传送的信息码，以一定的规律增添与信息码相关的多余码，用以起监督作用。然后把这些多余码与信息码一起进行编码发送。接收端根据一定的规律进行检验和解码，符合这个规律的表示正确，不符合这个规律的表示有错，从而发现差错或纠正差错。这种技术称为差错控制技术。

前向纠错系统简称FEC，可以在接收端发现传送的信息有差错之后，自动地纠正差错。

自动回询纠错系统简称ARQ, 接收端发现传送的信息有差错之后, 自动通过反馈信道, 要求发送端重发接收错误的信息, 直至收端接收到正确为止, 从而达到纠错的目的。

基于上述两种形式也可以组合成混合纠错—这种方式是前向纠错与回询纠错结合使用。发送端发出同时具有自动纠错和检错能力的电码, 接收端收到信息后, 检查错误情况, 如果错码在纠错能力以内, 则进行自动纠错, 如果错码超出了纠错能力, 但能检测出来, 则经反馈信道请求发送端重发错误的信息。

图1.1表示差错控制系统的几种通信形式。

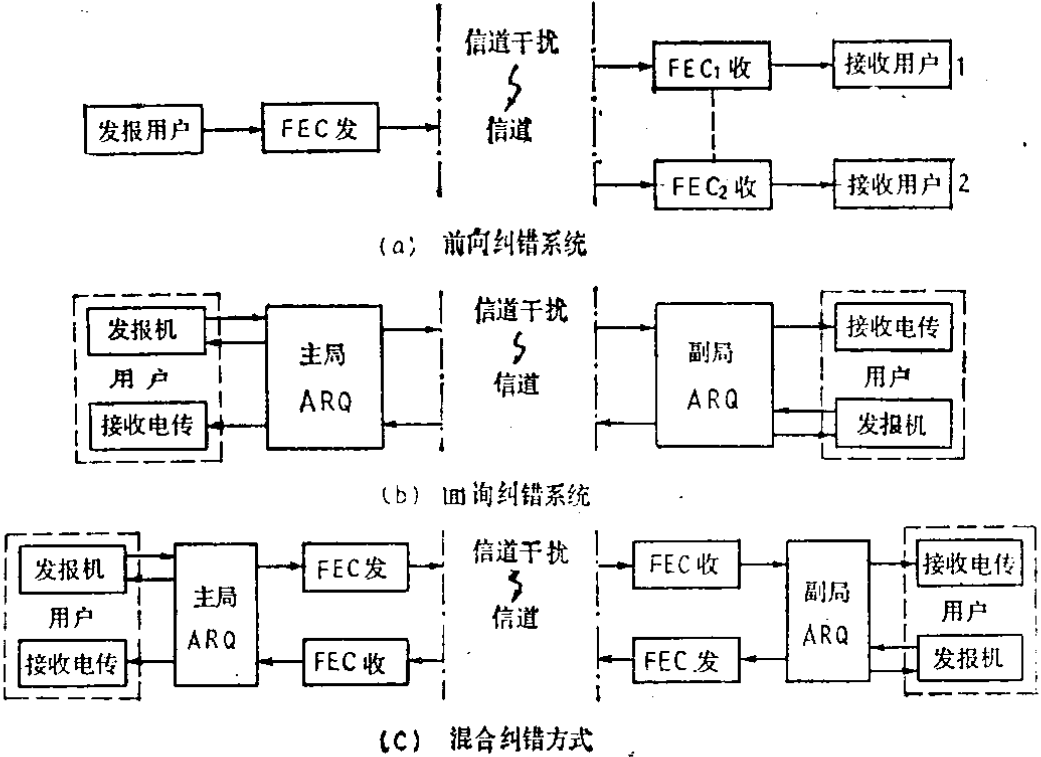


图 1—1 差错控制形式

根据通信的实际要求来选用差错控制形式, 下面将前向纠错和回询纠错两种形式的优缺点进行粗略比较。

前向纠错系统优点是: 不需回询反馈信道, 能用于单向传输; 能用于同文电报广播, 如新闻、气象广播等; 不需暂时存

贮信息以供重发；对信息源不需控制。

前向纠错缺点是：用以纠错的多余码需要占发送码元总数的25%~50%，信道使用效率就降低。

自动回询纠错系统的优点是：（1）用于此系统的检错码不需大量的多余码，只占发送码元的总数5%~20%，因而信道使用效率比较高；而且检错概率又很大；（2）能用来监督信道的性能，这只需计算在一定时间内要求重发的次数即可以了解信道质量的好坏，当要求重发次数超过一定的极限，就可以采取措施改进所使用的信道，或者提醒值机员改用另一信道；（3）在干扰严重的信道中（如短波和散射信道及明线信道），纠错能力ARQ比FEC强。

回询纠错系统的缺点是：需要提供双向信道，适用于双工通信，不能用于同文电报广播；并且如果信道干扰特别严重，则系统长时间处于回询状态，效率就很低。

第二节 回询纠错系统的基本概念

1. 纠错原理

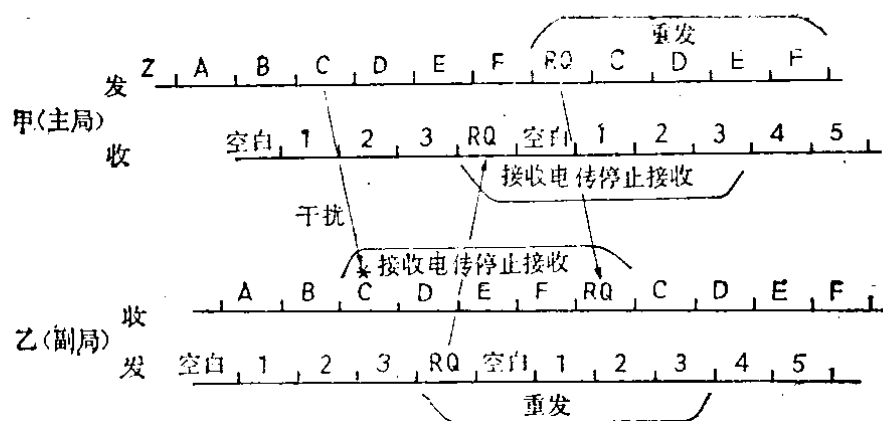
电传电码是采用起止式五单位电码，每个字符（即字母、数字、符号）用五个信号码元表示，信号形式采用传号、空号两种状态，共有 $2^5=32$ 种不同电码组合，由于32种五单位电码已全部用作电传电码，因而每一字符的五个信号码元如果有一个错了便会变成另一个字符。如A的电码为11000，而U的电码为11100，假若A的第三个信号码元因干扰而由“0”变为“1”，则A就变成了字符U。更为严重的是当传输的信号是使电传机“回车”或“换行”，错成其他字符，就会把字符重复地印在

一行的最末或同一行上，而造成大量的信息损失。因此，为了能发现错误，就必须对原始的码组按一定规律编码。而接收端根据这种规律进行检查，从而发现错误。

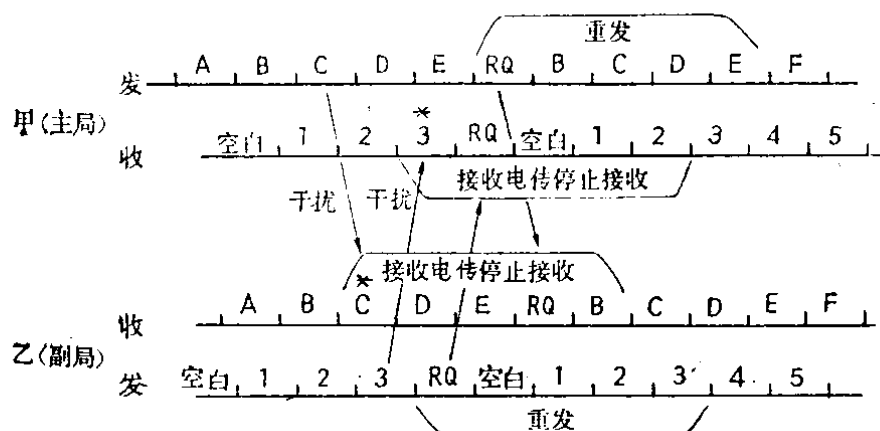
ARQ的原理是由发送端发出能够校验错误的电码，由接收端检验传输中有无错误发生，若检验有错则通过反向信道向发送端查问，发送端根据查问信号把接收端认为错误的信息再次重传，从而达到正确接收信息的目的。

可用于ARQ系统的编码有好多种，本设备采用的是7中取3的定比码，即将五单位电码换成七单位电码，其中三个为传号（用“1”表示），四个为空号（用“0”表示），这种3:4的七单位电码共有35种不同的电码组合 $\left(\frac{7!}{3! \times 4!} = 35\right)$ 。其中32种组合与五单位电码组合相对应，余下三种组合命名为 α 、 β 、RQ电码。 α 为停止指令， β 为开始指令，RQ为回询重发指令（单路ARQ设备中， α 、 β 为不使用电码）。由于采用3:4的七单位电码这种特性，就能在接收端对七单位电码进行3:4的检验，收到不符合3:4的七单位电码，就认为差错。总的说来，所有的各种编码方法，都不可能发现所有的差错，而仅仅是尽可能多地发现那些经常出现的差错。比如这种3:4定比码，如一个字符的七单位同时有两个误传，且正好一个由“0”变“1”，另一个由“1”变“0”，其比例仍是3:4关系，就无法识别这种差错。不过这种差错的机会是很少的，这种差错称为“置换差错”。

图1—2为电报自动回询纠错全过程（称之为重复循环，下同）示意图。甲乙双方双工通信。甲方的ARQ设备将自动发报机送来的起止式五单位电码变成对应的七单位定比码，通过信道传送到乙方。乙方接收下来的信号送到ARQ设备，如收到电码没有错（即符合3:4比例），则将其还原成起止式五单位电



(a) 单方向传输上发生错误



(b) 两个传输方向上同时发生错误

图 1—2 回询重发纠错循环示意图

码送给电传机印字，如发现不符合3:4比例时，乙方便开始重复循环，收报电传机停止印字，令本端发报机停发字符，并发出一个起查询作用的RQ电码(称为查询RQ)，询问甲方。当甲方收到查询RQ电码后，也开始重复循环，甲方的收报电传停止印字，同时令发报机停发字符，而发一个起回答作用的RQ电码(称为回答RQ)，接着再重发由存贮器中取出的四个字符。这是因为线路通道时延约600~700毫秒，在乙方发现错字，即停止了印字，发出RQ指令到甲方收到RQ电码之前，甲方已发出了第二、第三或第四个字符，若甲方不重发在查询RQ电码前的四个字符，到乙方收到便会产生漏字。凡遇到接收不符合3:4比

例的电码，就产生重复循环直到正确接收时止，使收方电传机印出正确的字符。

从图1—2中可以看出，虽然电码在信道传输过程中因受到干扰而发生了差错，但电传机印出的字还是正确的，对单路ARQ设备来说，自动回询重发纠正一个差错需化五个字符时间，约800毫秒。由此可见，提高可靠性是以降低传输效率为代价的。

2. 原理框图及简要说明

从以上原理说明中看到ARQ系统的特点是：

- (1) 必须具有反馈信道，这对于双工系统通信是不成问题的。
- (2) 在两端都需要暂时存贮数据，以便回询重发时使用。
- (3) 要求对信息源进行控制，以便回询重发纠错时，能控制用户信息源停止发送信息。
- (4) 具有变码器，可将发送端原始信息码编成可检错的码，也可将接收下来的检错码还原为原始信息码。

从ARQ的特点出发，可构成原理框图如图1—3所示。

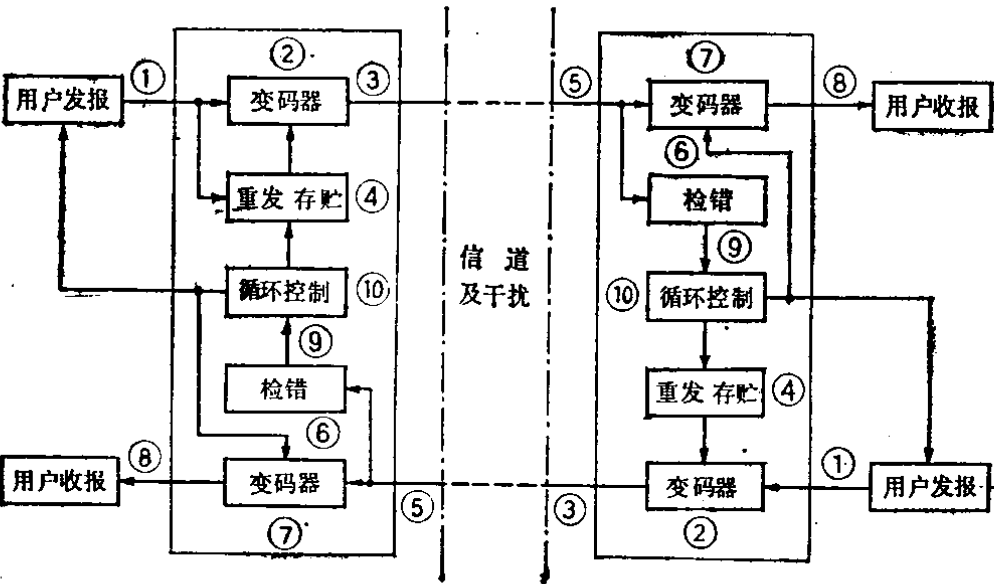


图 1—3 ARQ原理方框

图1—3简要说明:

①待传送的用户发报信息源; ②将五单位原始信息编为七单位检错码; ③传送七单位检错码或根据对方要求重发的信号; ④暂存原始信息准备要求重发时用; ⑤传输信号可能被信道干扰; ⑥检验所收信息里是否有差错; ⑦把所收信息还原成五单位原始信息送入接收记发器; ⑧检验无错, 将接收记发器信息送到用户接收电传机; ⑨检验有错, 则启动循环控制器进行重复循环; ⑩进行循环控制, 产生要求重发信号或启动重发存贮的信息, 并在循环中, 中断用户发报机发送信息及停止接收记发器向用户接收机输送信息。

3. 差错概率及传输速度

差错控制系统的传输可靠性与传信率是相矛盾的, 要提高可靠性必须增加多余电码, 从而降低了有用码的传信率。可靠性用差错概率 P 来表示, 传信率用相对传输速度 u 表示 (即正确接收一个字符的概率)。对于双工信道 ARQ 系统, 差错接收概率 P 及相对传输速度 u 的计算式如下:

$$P = \frac{ac}{4 - (4 - a)(ab + ad + c)} \quad (1)$$

$$u = \frac{a^2(b + d)}{4 - (4 - a)(ab + ad + c)} \quad (2)$$

式中: a 为甲方至乙方单向信道每个字符的正确接收概率。

b 为乙方至甲方单向信道每个字符的正确接收概率。

c 为甲方至乙方单向信道每个字符的错误接收概率。

d 为乙方至甲方单向信道每个字符的错误接收概率。

对于 n 中取 m 的定比编码方法的正确接收概率及错误接收概率分别为:

$$a = (1 - p)^n$$

和
$$c = C_m^1 C_{n-m}^1 p^2$$

这里 p 表示单个码元发生错误的概率。若假设 $p = 10^{-3}$, 在对称信道情况, 即 $a = b$ 和 $c = d$ 代入上式可得 7 中取 3 编码的正确接收概率:

$$a = (1 - 10^{-3})^7$$

$$\approx 1 - 7 \times 10^{-3}$$

$$= 0.993$$

错误接收概率:
$$C = C_3^1 C_4^1 p^2$$
$$= 1.2 \times 10^{-5}$$

将以上计算结果代入 (1) 式和 (2) 式分别求得 $P = 1.152 \times 10^{-5}$, $u = 0.946$ 。

再来计算不采用差错控制方法时, 直接传送五单位编码, 在同样的每个码元错误概率为 10^{-3} 的情况下, 每个字符的错误接收概率为

$$P_0 = 1 - (1 - p)^5$$

$$\approx 1 - (1 - 5 \times 10^{-3})$$

$$= 5 \times 10^{-3}$$

对比 P_0 和 P , 可以看出, 采用 ARQ 系统的差错控制后, 可靠性约提高两个数量级。

由于 ARQ 利用了七单位定比码的编码特性, 字符同步采用自同步方式, 不需要外加同步码组。而不加纠错的起止式五单位电传方式, 是利用每一字符插入起止码达到字符同步, 实际

每个字符也要7.5单位。因此使用ARQ时在不间断地传输时的速度（不算回询重发时间的话），它与起止式五单位电传方式的速度基本上是相同的。

4. 主局与副局

两端采用ARQ设备通信，必须一端是主局，一端是副局，这是因为回询纠错系统是通过回询控制来实现其纠错的，因此双方相互间必须有一定的工作相位关系。

从图1—4可知，所有工作相位关系是以主局发报时间为基准，主局发报信号经信道传输到达副局，副局采用自动同步，使副局接收工作相位与主局的发报信号具有一定关系。

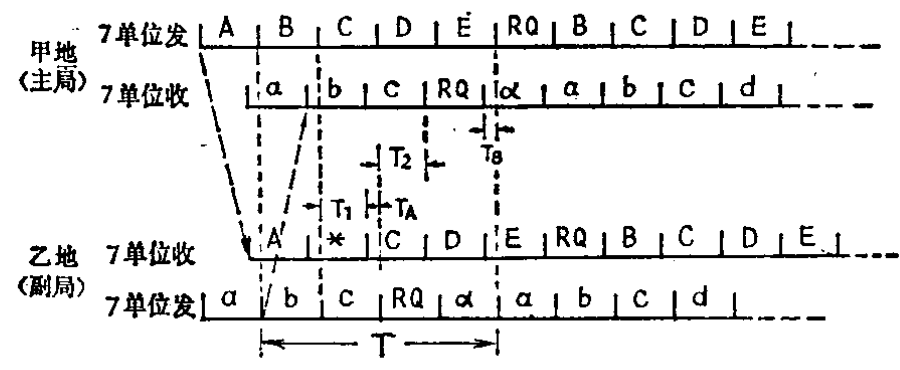


图 1—4 主局与副局相位关系

副局的发报相位与它自己的接收工作相位关系是根据需要由人工调整的。即副局的收发时延是由它自己选定的。

而副局发报信号经信道传输延迟到达主局，主局的收信由于自动同步，使主局的接收工作相位与副局的发报信号有一定的关系，这样就间接地使主局收发信号工作相位有一定关系。由此可见，主局的本机收与发的时延是决定于双向信道传输时延和副局的收发时延的结果。所以副局用人工调整本机收发时延时，同时也调整了主局的收发时延。

T：在五字符重复循环时等于四字符时间长，在八字符重

复循环时等于七字符时间长。

T_1 : 为主局发送到副局收信信道传输时延。

T_2 : 为副局发送到主局收信信道传输时延。

T_A : 为副局收发信号内部时延。

T_B : 为主局收发信号间时延。

T_P : 为两个字符时间。

从重复循环原理图可以看出, 无论主局或副局, 都要避免使它的本机收发时延等于 0, 以防止 ARQ 设备在逻辑控制上发生困难。因为若本机收发时延等于 0 时 (即收发时序脉冲时间相同), 这样, 当收报发现差错时去控制发报产生重复循环工作的起始时间, 正好与发报发送新的字符起始时间相同, 发报无法识别, 致使逻辑加工发生困难。

由于两方通信, 主局与副局相隔遥远, 中间的传输需要的时间是由传输路程和传输媒介决定的, 不能人为控制, 这就有可能出现使主局本身收报与发报时间重叠一起。为了避免这个时间的重叠, 在副局收发定时脉冲序列中加有内部时延的人工调整电路, 发报系统的脉冲序列比收报系统的脉冲序列滞后 1 个或 5 个单元时间。由长/短开关 SW_1 选择, 以便调整主局收发之间的相位关系。

5. 传输通道最大允许时延的计算

从图1—4可知, T 为重复存贮字符长, 则有下列公式:

$$T = T_1 + T_2 + T_A + T_B + T_P \quad (3)$$

以 50 波特为例, 求五字符重复循环时单向传输信道最大允许时延。

在对称信道情况下, $T_1 = T_2$, 则必然 $T_A = T_B$, 由公式 (3) 可得最大允许时延:

$$T_{max} = T_1 = T_2$$

$$= \frac{1}{2} (T - (T_{Amtn} + T_{Bmtn} + T_p))$$

以 $T = 4 \times 145 \frac{5}{6} ms \approx 584ms$, 本设备设计 $T_{Amtn} = 20.8ms$,

将其代入上式得:

$$T_{max} = \frac{1}{2} \left[584 - \left(20.8 + 20.8 + 145 \frac{5}{6} \times 2 \right) \right]$$

$$\approx \frac{1}{2} \times 250$$

$$\approx 125(\text{毫秒})$$

用同样方法可以算出 8 字符重复循环时单向传输信道最大允许时延为 344.2 毫秒。

6. 同步的几个问题

数字通信系统中能否有效地工作, 在相当大的程度上依赖于收发两端之间的正确同步。在回询纠错系统中有码元同步、字符同步和系统同步。现分别加以说明:

(1) 码元同步

数字通信中的信号信息是按码元逐个地发送的, 然后在接收端逐个地被接收下来。发送的信息通过信道传输会产生码元畸变, 码元同步就是解决对于畸变了的接收信号码元如何正确接收, 以求获得最大的改正力。

如图1—5中所示的三种情况:

①码元的取样脉冲位于被接收的信号码元的转换时刻, 因而“1”和“0”信号分不清, 容易引起接收差错。

②码元的取样脉冲位于被接收的信号码元的某一侧面, 而

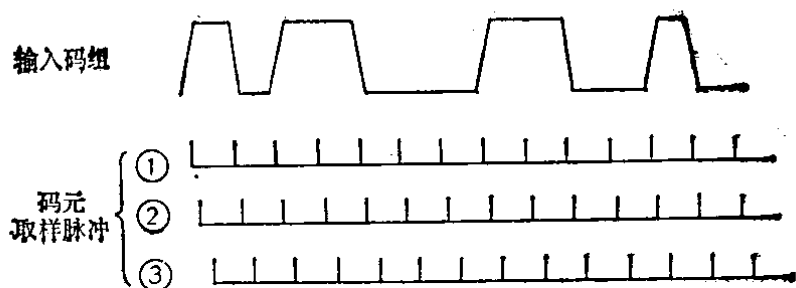


图 1—5 接收选择

当输入信号码元再畸变大些时，就会产生接收差错。

③取样脉冲位于被接收的信号码元的中点时，信号码元接收改正力接近 $\pm 50\%$ 。即当输入数字信号码元对中点而言畸变小于 $\pm 50\%$ 时（小于改正力），仍能正确接收。

实现码元同步的方法有多种，现在只介绍本设备采用的数字式锁相法。其基本原理是用一晶体振荡器通过多次分频获得所需的码元同步脉冲，锁相电路则通过接收信号码元的转换时刻与可变分频器输出的码元同步脉冲的相位比较而取得误差脉冲，这个误差脉冲不断调整分频器的可变分频系数，从而改变码元同步脉冲的相位。当码元同步脉冲超前输入信号码元的转换时刻时，产生一个“减”误差脉冲，将可变分频器的分频系数改为 $n-1$ ，使码元同步脉冲的相位滞后一点。而当码元同步脉冲落后于输入信号码元的转换时刻时，则鉴相器产生一个“加”误差脉冲，将可变分频器的分频系数改为 $n+1$ ，使码元同步脉冲的相位提前一点。其原理见图1—6。这样不断地进行比较、调整，使码元同步脉冲的后沿最终与输入信号码元的转换时刻相重合，此时，可变分频器的分频系数为 n ，同步脉冲的前沿，就是取样脉冲，它正好位于输入信号码元的中点，从而被锁定，达到码元同步。

图1—6中， a 为输入锁相电路频率为 f_m 的脉冲串， b 为经分频系数 n 频率为 f_1 的脉冲串，并等于传输速度 M ， $f_1 = M$