

ICS 33.040.20

M 33

**YD**

# 中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1017-2011

代替 YD/T 1017-1999

---

## 同步数字体系(SDH)网络节点接口

Network node interface for the synchronous digital hierarchy(SDH)

(ITU-T G.707/1322:2007, Network node interface for  
the synchronous digital hierarchy(SDH),NEQ)

2011-06-01 发布

2011-06-01 实施

---

中华人民共和国工业和信息化部 发布

## 目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用标准	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	5
5 约定	8
6 基本复用原理	8
6.1 复用结构	8
6.2 基本帧结构	9
6.3 比特率系列	13
6.4 STM- <i>N</i> 的互连	13
6.5 扰码	13
6.6 NNI 的物理规范	14
6.7 并行接口	14
7 复用方法	14
7.1 管理单元到 STM- <i>n</i> 的复用	14
7.2 支路单元到 VC-4 和 VC-3 的复用	15
7.3 AU- <i>n</i> /TU- <i>n</i> 编号方案	18
8 指针	26
8.1 AU-4 指针	26
8.2 TU-3 指针	29
8.3 TU-12 指针	31
9 开销字节描述	34
9.1 开销类型	34
9.2 SOH 描述	34
9.3 POH 描述	42
10 支路到 VC- <i>n</i> 的映射	48
10.1 ITU-T G.702 类型信号的映射	48
10.2 ATM 信元的映射	52
10.3 HDLC 帧信号的映射	55
10.4 DQDB 到 VC-4 的映射	56
10.5 125 000kbit/s 的 FDDI 到 VC-4 的异步映射	56
10.6 GFP 帧的映射	57
10.7 通过 VC-4- <i>Xv</i> 传送的 ODU <sub><i>k</i></sub> 到 C-4- <i>Xc</i> 的异步映射	58

- 11 VC 级联.....61
  - 11.1 概述.....61
  - 11.2  $X$  个 VC-4 的相邻级联 (VC-4- $X_c$ ,  $X=4、16、64、256$ ) .....61
  - 11.3  $X$  个 VC-3/4 的虚级联 (VC-3/4- $X_v$ ,  $X = 1、\dots、256$ ) .....62
  - 11.4  $X$  个 VC-12 的虚级联.....66
- 附录 A (规范性附录) STM-64 和 STM-256 的前向纠错.....68
- 附录 B (规范性附录) CRC-7 多项式算法.....73
- 附录 C (资料性附录) VC-4- $X_c$ /VC-4/VC-3 串联连接监视算法: 选项 1.....74
- 附录 D (资料性附录) VC-4- $X_c$ /VC-4/VC-3 串联连接监视算法: 选项 2.....85
- 附录 E (资料性附录) VC-12 串联连接监视算法.....88
- 附录 F (规范性附录) VC-4-64c 中 10 Gbit/s 以太网的传送.....91
- 附录 G (规范性附录) 在  $M$  对 SHDSL 线中映射  $N \times TU-12$  (dSTM-12NMi) .....92
- 附录 H (规范性附录) 在 GPON 的 GEM 连接中映射 TU-12, TU-3 信号.....94
- 附录 I (规范性附录) STM-256 信号到多个并行通道的适配.....96

## 前 言

本标准对应于 ITU-T G.707/Y.1322: 2007《同步数字体系 (SDH) 网络节点接口》，其一致性程度为非等效。本标准与 ITU-T G.707/Y.1322: 2007 相比，主要技术差异如下：

- 依据我国国情，删除了与 VC-11、VC-2、TU-11、TU-2、AU-3 和 STM-0 相关的内容；
- 删除了缩略语中重复的 BCH，增加了遗漏的 DC、GFP、MSSP 和 MSSPRING；
- 删除 6.4 节“SDH 互连规则内容”，改为引用 ITU-T G.802；
- 未纳入附录 I 至附录 XIII 的内容，改为直接引用。

本标准代替 YD/T1017-1999《同步数字体系 (SDH) 网络节点接口》。

本标准与 YD/T1017-1999 相比主要变化如下：

1) 在“6 基本复用原理”、“7 复用方法”、“8 指针”和“9 开销字节描述”中，按照 ITU-T G.707/Y.1322 增加了对 STM-256 信号的相关规范，并更新和完善了相关技术内容。

2) 在“10 支路到 VC-*n* 的映射”中，按照 ITU-T G.707/Y.1322 增加了对 STM-256 信号的相关规范、“10.3 HDLC 帧信号的映射”、“10.4 DQDB 到 VC-4 的映射”、“10.5 125kbit/s 的 FDDI 到 VC-4 的异步映射”、“10.6 GFP 帧的映射”和“10.7 通过 VC-4-*X<sub>v</sub>* 传送的 ODU<sub>k</sub> 到 C-4-*X<sub>c</sub>* 的异步映射”，并更新和完善了“10.1 ITU-T G.702 类型信号的映射”和“10.2 ATM 信元的映射”。

3) 按照 ITU-T G.707/Y.1322 增加了“11 VC 级联”。

4) 按照 ITU-T G.707/Y.1322 删除了 YD/T1017-1999“附录 B (标准的附录) 对工作在 51840kbit/s 的数字段采用的建议根据我国标准化工作导则的有关规定，修改和补充了“前言”、“1 范围”、“2 规范性引用标准”、“3 术语和定义”和“4 缩略语”。

5) 帧结构”。

6) 按照 ITU-T G.707/Y.1322 增加了“附录 A (规范性附录) STM-64 和 STM-256 的前向纠错”、“附录 C (规范性附录) VC-4-*X<sub>c</sub>*/VC-4/VC-3 串联连接监测算法 (选项 1)”、“附录 D (规范性附录) VC-4-*X<sub>c</sub>*/VC-4/VC-3 串联连接监测算法 (选项 2)”、“附录 E (规范性附录) VC-12 串联连接监测算法”、“附录 F (规范性附录) VC-4-64c 中 10 Gbit/s 以太网的传送”、“附录 G (规范性附录) 在 *M* 对 SHDSL 线中映射 *N*×TU<sub>12</sub>”、“附录 H (规范性附录) 在 GPON 的 GEM 连接中映射 TU-12, TU-3”和“附录 I (规范性附录) STM-256 信号到多个并行通道的适配”。

本标准的附录 A、附录 B、附录 F、附录 G、附录 H、附录 I 为规范性附录，附录 C、附录 D、附录 E 为资料性附录。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：大唐电信科技产业集团、工业和信息化部电信研究院。

本标准主要起草人：何永琪、徐云斌、汤 瑞。

本标准于 1999 年首次发布，本次为第一次修订。

# 同步数字体系（SDH）网络节点接口

## 1 范围

本标准规定了同步数字体系（SDH）网络节点接口（NNI）的技术要求，包括：STM-*N* 信号的比特率、STM-*N* 信号的帧结构、用户信号（例如：PDH、ATM 和以太网）单元到 STM-*N* 帧的映射和复用格式，及在同步数字网络（包括 B-ISDN）的 NNI 处 STM-*N* 帧的各种开销的定义和功能的实现。

本标准适用于公用电信网中以光纤为基本手段的传输网，包括省际干线、省内干线和中继网。接入网、专用电信网以及无线传输网也可参照使用。

## 2 规范性引用标准

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 16712	同步数字体系（SDH）设备功能块特性
GB/T 20185	同步数字体系设备和系统的光接口技术要求
YD/T 1443	通用成帧规程（GFP）技术要求
YD/T 1462-2006	光传送网（OTN）接口
ITU-T G.704	用于 1544、6312、2048、8448 和 44736kbit/s 系列等级的同步帧结构
ITU-T G.707/Y.1322（2007）	同步数字体系（SDH）网络节点接口
ITU-T G.7042/Y.1305（2004）	为虚连接信号而作的链路容量调整方案（LCAS）
ITU-T G.802	基于不同数字体系和语音编码律的网络间的互通
ITU-T G.803（2000）	基于同步数字体系（SDH）的传送网结构
ITU-T G.806（2006）	传输设备的特性-描述方法和一般功能
ITU-T G.831（2000）	基于同步数字系列（SDH）的传送网的管理能力
ITU-T G.841	SDH 网保护结构的类型与特性
ITU-T G.984.3 Am3（2007）	吉比特无源光网（GPON）传输汇聚层规范
ITU-T G.991.2（2003）	单对高速数字用户线（SHDSL）收发器
ITU-T I.432.1	B-ISDN 用户网络接口—特理层规范：一般特性
ITU-T O.181	测定 STM- <i>N</i> 接口差错性能的设备
ETSI ETS 300 216	网络方面；大城市区域网络；155.520 Mbit/s 的物理层汇集过程
IEEE 802.3ae（2002）	信息技术—系统间的电信和信息交换—局域网和城域网—特殊要求 第 3 部分：带有冲突检测的载波检测多址（CSMA/CD）接入方法和 物理层规范修正：10 Gbit/s 运行的媒体接入控制（MAC）参数，物 理层和管理参数

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

**同步数字体系 Synechronous Digital Hierarchy (SDH)**

是数字传送结构的一种等级体系，为在物理传输网上传送适配的净荷提供标准化。

3.2

**同步传送模块 Synchronous Transport Module (STM)**

是用于支持 SDH 段层连接的一种信息结构，它由信息净荷和段开销 (SOH) 信息域构成一个帧块结构，其周期为 125 $\mu$ s。适当地调整信息使之与网络同步的速率在所选定的介质中串行传输。STM 的基本速率定义为 155 520kbit/s，称之为 STM-1。更高容量的 STM 速率是基本速率的  $N$  倍， $N=4、16、64$  和 256 的 STM 容量已定义，更大的  $N$  值待定。

STM- $N$  ( $N\geq 1$ ) 由单个  $N$  级管理单元组 (AUG- $N$ ) 和 SOH 构成。STM- $N$  的比特率系列在 6.3 节给出。

3.3

**虚容器 Virtual Container- $n$  (VC- $n$ )**

是一种用于支持 SDH 通道层连接的信息结构，由信息净荷和通道开销 (POH) 信息域构成一个帧块结构，其周期为 125 $\mu$ s 或 500 $\mu$ s。确定 VC- $n$  帧起始点的定位信息由服务网络层提供。

目前已定义的虚容器有两种类型：

低阶虚容器 VC- $n$  ( $n=11、12、3$ )：由单个容器 C- $n$  ( $n=11、12、3$ ) 和相应等级的低阶虚容器 POH 构成。我国目前采用的低阶虚容器有：VC-12 和 VC-3；

高阶虚容器 VC- $n$  ( $n=3、4$ )：由单个容器 C- $n$  ( $n=3、4$ ) 或若干支路单元组 (TUG-2 或 TUG-3) 和相应等级的虚容器 POH 构成。我国目前只采用一种高阶虚容器：VC-4。

3.4

**管理单元 Administrative Unit- $n$  (AU- $n$ )**

是一种提供高阶通道层与复用段层之间适配的信息结构，由信息净荷 (高阶虚容器) 和管理单元指针构成，该指针指示净荷帧起始点相对于复用段帧起始点的偏移。

目前已定义了两种管理单元，AU-4 由 VC-4 和管理单元指针构成，该指针指明了 VC-4 相对于 STM- $N$  帧的相位定位；AU-3 由 VC-3 和管理单元指针构成，该指针指示 VC-3 相对于 STM- $N$  帧的相位定位。每种类型的管理单元指针位置相对于 STM- $N$  帧是固定的。目前我国只采用一种管理单元：AU-4。

3.5

**管理单元组 Administrative Unit Group (AUG)**

在 STM 净荷中占据固定的、已定义的位置的一个或若干管理单元的集合称为管理单元组 (AUG)。AUG-1 由一个 AU-4 构成。

3.6

**支路单元 Tributary Unit- $n$  (TU- $n$ )**

是一种提供低阶通道层与高阶通道层之间适配的信息结构，由信息净荷 (低阶虚容器) 和支路单元指针构成，该指针指示净荷帧起始点相对于高阶虚容器帧起始点的偏移。

TU- $n$  ( $n=11、12、3$ ) 由 VC- $n$  和支路单元指针组成。我国目前采用的支路单元有：TU-12 和 TU-3。

## 3.7

**支路单元组 Tributary Unit Group (TUG)**

在高阶 VC- $n$  净荷中占据固定的、已定义的位置的一个或若干支路单元的集合称为支路单元组 (TUG)。TUG 的组合定义为由不同容量的支路单元所构成的混合容量净荷, 以提高传送网的适应性。

TUG-2 由一组 TU-12 构成。

TUG-3 由一组 TUG-2 或一个 TU-3 构成。

## 3.8

**容器 Container- $n$ , C- $n$ ,  $n=11、12、2、3、4$** 

是一种为虚容器组成网络同步信息净荷的信息结构。对已定义的每种虚容器都有一个对应的容器, 许多公用网络速率到一定数量的标准容器的适配功能已定义, 包括由 ITU-T G.702 所定义的速率。对新的宽带速率, 其适配功能待定。目前我国规定的标准容器有 3 种: C-12、C-3 和 C-4, 分别对应于准同步体系 (PDH) 的标准接口速率 2 048kbit/s、3 436kbit/s 和 139 264kbit/s。

## 3.9

**网络节点接口 Network Node Interface (NNI)**

一个网络节点的接口用于与另一个网络节点的互连。

图 1 给出一种可能的网络配置, 以说明本标准所规定的 NNI 位置。

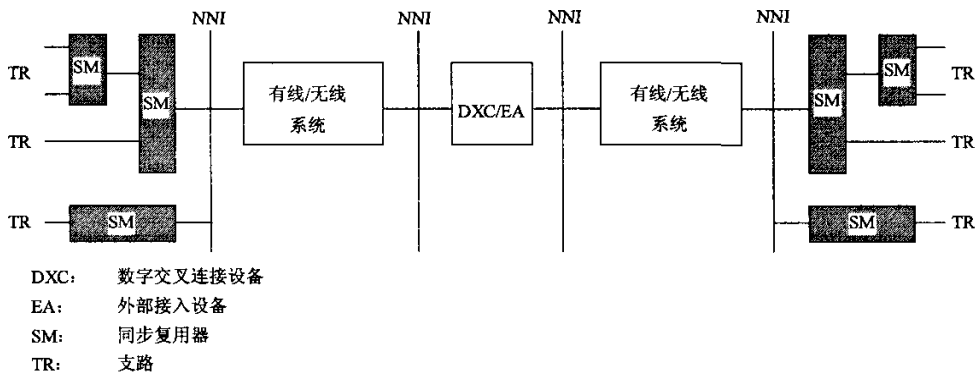


图1 NNI 的位置

## 3.10

**指针 Pointer**

是一种指示器, 其数值用来指示一个虚容器内传送实体的帧相对于帧参考点的偏移值。

## 3.11

**级联 Concatenation**

是多个虚容器相互组合在一起形成一个容量更大的容器的过程, 并保持其比特序列的完整性。

级联把若干较小带宽的容器合成一个较大带宽的容器。

级联有两种类型, 即相邻级联和虚级联:

— 相邻级联: 多个相邻的较小虚容器复用为单个较大虚容器, 并且在贯穿全部的传送中保持相邻的级联带宽, 相邻级联要求级联带宽经历的每一个网元都支持相邻级联功能。

— 虚级联: 多个相邻或非相邻的较小虚容器复用为单个较大虚容器, 并且这些较小的虚容器在传送

过程中相互独立，而在传输的终结点将这些较小虚容器重新组合成一个相邻带宽。这就要求仅在通道开始和终结的网元处支持虚级联功能，而对于中间历经的网元不作要求。

3.12

**SDH 映射 SDH Mapping**

是一种在 SDH 网络边界将支路适配到虚容器的过程。

3.13

**SDH 复用 SDH Multiplexing**

是一种将多个低阶通道层信号适配到一个高阶通道或将多个高阶通道层信号适配到一个复用段的过程。

3.14

**SDH 定位 SDH Aligning**

是一个过程，当支路单元或管理单元适配到其所支持层的参考帧时，帧偏移信息合并到支路单元或管理单元。

3.15

**比特间插奇偶校验-X bit Interleaved parity-X (BIP-X)**

为一种差错监视方法，对偶校验，一个  $X$  比特码由传输设备在信号的规定部分中生成，该码的第一比特给信号涉及部分的所有  $X$  比特序列的第一比特提供偶校验，第二比特给信号涉及部分的所有  $X$  比特序列的第二比特提供偶校验，依此类推。偶校验通过 BIP- $X$  比特的设置来产生，使信号的每个监视部分都有偶数个 1。监视部分由信号涉及部分的  $X$  比特序列中具有相同位置的所有比特构成，该涉及部分包含 BIP- $X$ 。

3.16

**截短的二进制 Shortened Binary (BCH)**

是线性循环码块族中的一种截短形式，它具有如下共同特点：

$$n=2m-l-s$$

$$k=n-t \times m$$

$$d=2 \times t+1$$

其中： $n$ ：整个码字的大小；

$k$ ：信息比特数；

$m$ ：BCH 码参数；

$t$ ：BCH 码块中校正差错数量；

$d$ ：最小码间隔；

$s$ ：作为截短码部分的信息删除量。

3.17

**生成器多项式 Generator Polynomial**

该多项式用于任何循环码的编码，信息多项式与生成多项式相除后的余项是编码码字的冗余部分。

3.18

**系统码 Systematic Code**



在编码过程中二进制码的原始数据比特不改，冗余比特或码元（奇偶校验）分别加入到每个码块。

### 3.19

#### dSTM-12N*Mi* 接口 dSTM-12N*Mi* interface

一种基于 SHDSL 层开销，传输一个或多个 TU-12 的 SDH 接口。dSTM-12N*Mi* 的接口定义基于 SHDSL 传输技术。本标准中 dSTM-12N*Mi* 接口传输的 TU-12 数目 *N* 限制在 1 和 9 之间，包含的 dSTM-12N*Mi* 线对数目 *M* 限制在 1 和 4 之间。数字 *i* 表示 dSTM-12N*Mi* 信号中是否包含  $(M \times i \times 8)$  kbit/s 的 DCC。*i* 值在 0 和 7 之间表示单对线模式，0 和 4 之间表示双对线模式，0 和 3 之间表示三对线模式，0、1 或者 2 表示四对线模式。并非 *N* 和 *M* 的所有组合都允许，参见附录 G 表 G.1。

### 3.20

#### gSTM-12 接口 gSTM-12 interface

一种基于 GPON 开销，传输一个 TU-12 的 SDH 接口。gSTM-12 接口定义基于 GPON 传输技术。参见附录 H 表 H.1。

### 3.21

#### gSTM-3 接口 gSTM-3 interface

一种基于 GPON 开销，传输一个 TU-3 的 SDH 接口。gSTM-3 接口定义基于 GPON 传输技术。参见附录 H 表 H.1。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

AIS	Alarm Indication Signal	告警指示信号
API	Access Point Identifier	接入点标识符
APS	Automatic Protection Switching	自动保护倒换
ATM	Asynchronous Transfer Mode	异步传送模式
AU- <i>n</i>	Administrative Unit- <i>n</i>	<i>n</i> 阶管理单元
AUG- <i>N</i>	Administrative Unit Group- <i>N</i>	<i>N</i> 阶管理单元组
BCH-3	Triple error correcting BCH code	3 级差错校正 BCH 码
BER	Bit Error Ratio	误比特率
BIP- <i>X</i>	Bit Interleaved Parity- <i>X</i>	比特间插奇偶校验- <i>X</i>
C- <i>n</i>	Container- <i>n</i>	<i>n</i> 阶容器
CAS	Channel Associated Signaling	随路信令
CRC- <i>N</i>	Cyclic Redundancy Check- <i>N</i>	循环冗余校验- <i>N</i>
CTRL	Control word sent from source to sink	从源往宿发送的控制字段
DC	Direct Current	直流
DCC	Data Communication Channel	数据通信信道
DQDB	Distributed Queue Dual Bus	分布排列双总线
DNU	Do Not Use	未使用
dSTM	SHDSL based Synchronous Transport Module	基于 SHDSL 的同步传送模块
EOS	End of Sequence	序列结束

FDDI	Fiber Distributed Data Interface	光纤分布式数据接口
FEBE	Far End Block Error (renamed as REI)	远端误块 (改名为 REI)
FEC	Forward Error Correction	前向纠错
FERF	Far End Receive Failure (renamed as RDI)	远端接收失效 (改名为 RDI)
FSI	FEC Status Indication	FEC 状态指示
GEM	G-PON Encapsulation Method	G-PON 封装方式
GFP	Generic Framing Procedure	通用成帧规程
GID	Group Identification	组标识
gSTM	GEM based Synchronous Transport Module	基于 GEM 的同步传送模块
HDLC	High-level Data Link Control	高级数据链路控制
HEC	Header Error Control	信头差错控制
HOVC	Higher Order Virtual Container	高阶虚容器
IEC	Incoming Error Count	输入差错计数
IP	Internet Protocol	网际协议
ISF	Incoming Signal Failure	输入信号失效
ISDN	Integrated Services Digital Network	综合业务数字网
ISID	Idle Signal Identification	空闲信号标识
LAPD	Link Access Protocol for D-channel	D-信道链路接入协议
LAPS	Link Access Procedure – SDH	链路接入规程-SDH
LCAS	Link Capacity Adjustment Scheme	链路容量调整方案
LCD	Loss of Cell Delineation	信元定界丢失
LOP	Loss of Pointer	指针丢失
LOVC	Low Order Virtual Container	低阶虚容器
LSB	Least Significant Bit	最低有效比特
MAN	Metropolitan Area Network	城域网
MFI	Multiframe Indicator	复帧指示器
MSB	Most Significant Bit	最高有效比特
MS-AIS	Multiplex Section Alarm Indication Signal	复用段告警指示信号
MSF-AIS	Multiplex Section FEC Alarm Indication Signal	复用段 FEC 告警指示信号
MSOH	Multiplex Section Overhead	复用段开销
MSSP	Multi-Service Switching Platform	多业务交换平台
MSSPRING	Multi-Service Switching Platform Ring	多业务交换平台环
MS-RDI	Multiplex Section Remote Defect Indication	复用段远端缺陷指示
MS-REI	Multiplex Section Remote Error Indication	复用段远端差错指示
MST	Member Status	成员状态
MSTE	Multiplex Section Terminating Element	复用段终结单元
NDF	New Data Flag	新数据标识

NNI	Network Node Interface	网络节点接口
NORM	Normal Operating Mode	正常工作模式
ODI	Outgoing Defect Indication	输出缺陷指示
ODU $k$	Optical channel Data Unit- $k$	光信道数据 单元- $k$
OEI	Outgoing Error Indication	输出差错指示
OH	Overhead	开销
OPU $k$	Optical Payload Unit- $k$	光净荷单元- $k$
OTN	Optical Transport Network	光传送网
OTU $k$	Optical channel Transport Unit- $k$	光信道传送单元- $k$
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	准同步数字体系
PLM	Payload Mismatch	净荷失配
POH	Path Overhead	通道开销
PPP	Point-to-Point Protocol	点到点协议
PTE	Path Terminating Element	通道终结单元
PTR	Pointer	指针
RDI	Remote Defect Indication	远端缺陷指示
REI	Remote Error Indication	远端差错指示
RFI	Remote Failure Indication	远端失效指示
RS-Ack	Re-sequence Acknowledge	序列重建确认
RSOH	Regenerator Section Overhead	再生段开销
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字体系
SLM	Signal Label Mismatch	信号标记失配
SOH	Section Overhead	段开销
SQ	Sequence Indicator	序列指示器
SSU	Synchronization Supply Unit	同步提供单元
STL	Synchronous Transport Lane	同步传送通道
STM (- $N$ )	Synchronous Transport Module (- $N$ )	同步传送模块 (- $N$ )
TCM	Tandem Connection Monitoring	串联连接监视
TC-RDI	Tandem Connection Remote Defect Indication	串联连接远端缺陷指示
TC-REI	Tandem Connection Remote Error Indication	串联连接远端差错指示
TCOH	Tandem Connection Overhead	串联连接开销
TCT	Tandem Connection Trace	串联连接踪迹
TCTE	Tandem Connection Terminating Element	串联连接终结单元
TIM	Trace Identifier Mismatch	踪迹标识符失配
TSID	Test Signal Identification	测试信号标识
TTI	Trail Trace Identifier	路径踪迹标识符
TU- $n$	Tributary Unit- $n$	$n$ 阶支路单元

TUG (-n)	Tributary Unit Group (-n)	支路单元组 (-n)
UNEQ	Unequipped	未装载
VC-n	Virtual Container-n	n 阶虚容器
VC-n-X	X concatenated Virtual Container-n	X 个级联 VC-n
VC-n-Xc	X Contiguously concatenated VC-n	X 个相邻级联 VC-n
VC-n-Xv	X Virtually concatenated VC-n	X 个虚级联 VC-n
VCG	Virtual Concatenation Group	虚级联组
WAN	Wide Area Network	广域网

5 约定

本标准中所有图示的信息传输顺序均为：首先从左至右，然后从上到下。在每字节中，首先传输最高有效比特。在所有的图中，最高有效比特（第 1 比特）都标在所有图示的左侧。

6 基本复用原理

6.1 复用结构

图 2 所示为表 1 所定义的各种复用单元之间的关系，并说明了可能的复用结构。

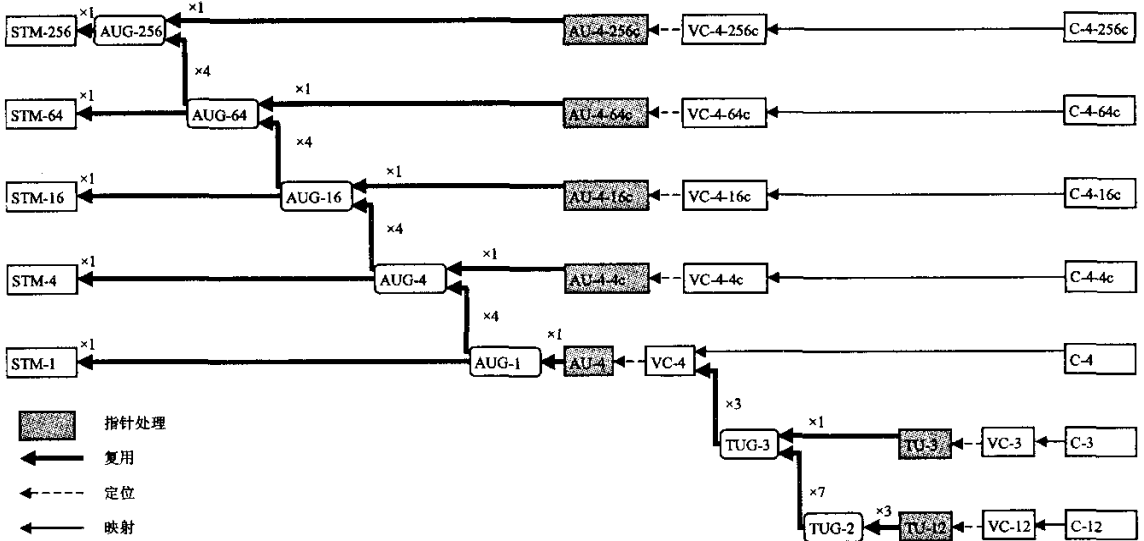


图2 复用结构

表1 VC 类型与容量

VC 类型	VC 带宽	VC 净荷
VC-12	2 240 kbit/s	2 176 kbit/s
VC-3	48 960 kbit/s	48 384 kbit/s
VC-4	150 336 kbit/s	149 760 kbit/s
VC-4-4c	601 344 kbit/s	599 040 kbit/s
VC-4-16c	2 405 376 kbit/s	2 396 160 kbit/s
VC-4-64c	9 621 504 kbit/s	9 584 640 kbit/s
VC-4-256c	38 486 016 kbit/s	38 338 560 kbit/s

如何采用这些复用单元来复用各种信号如图 3 和图 4 所示。

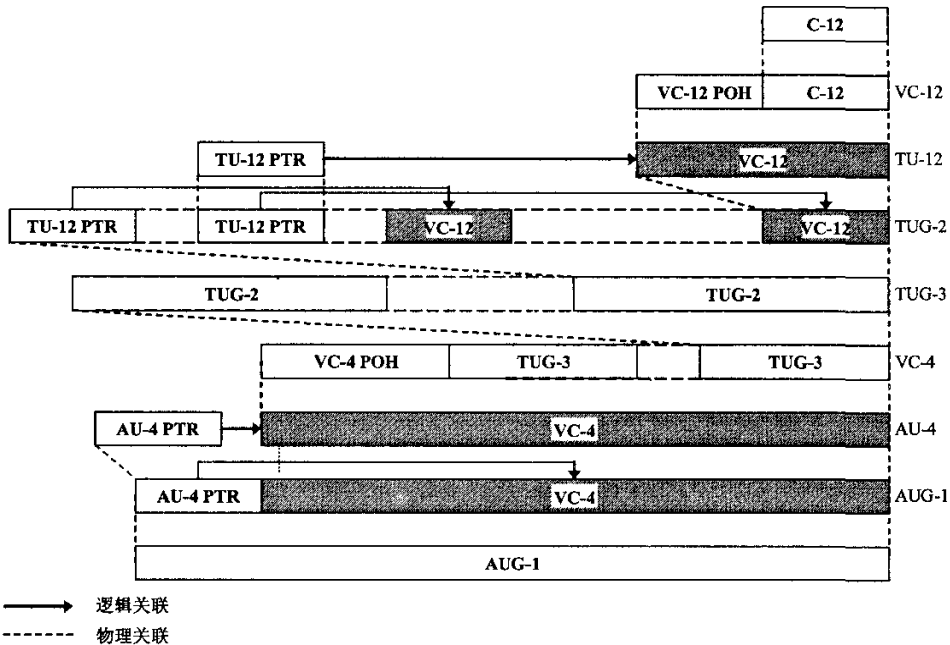


图3 直接从 C-12 经 AU-4 的复用方法

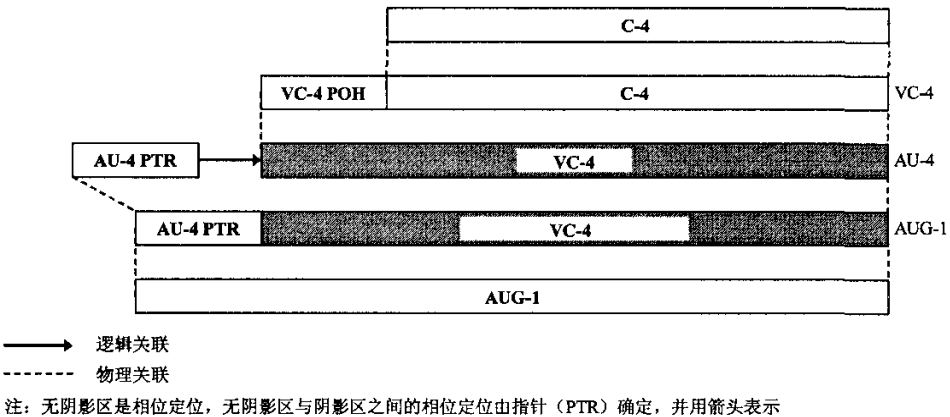


图4 直接从 C-4 经 AU-4 的复用方法

复用方法和映射的详细内容由第 7 章和第 10 章给出，各种复用单元的描述由第 8 章~第 10 章给出，各种级联的描述由第 11 章给出。

注：高速率 VC-4-Xc 的使用点对点连接无任何限制，而 SDH 网络却可能限制在某个比特率 VC-4-Xc (例如：X≤64)，例如：由于采用多业务交换平台环 (MSSPRING)，必须给保护预留 50% 的 STM-N 带宽。

## 6.2 基本帧结构

### 6.2.1 概述

STM-N 帧结构如图 5 所示，STM-N 帧的 3 个主要区域为：

- 段开销 (SOH)；

- 管理单元指针;
- 信息净荷。

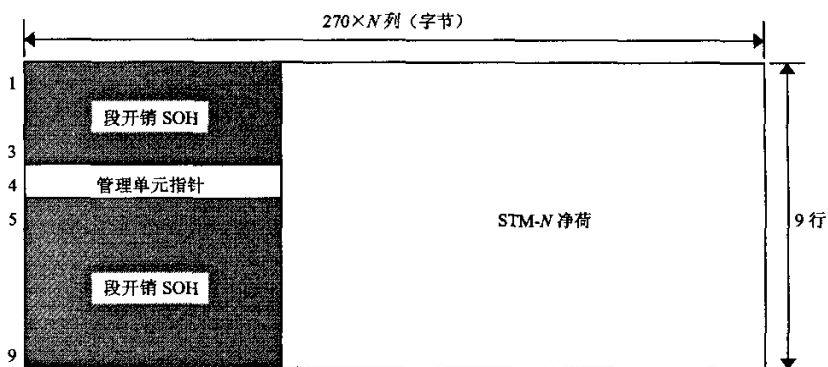


图5 STM-N 帧结构

### 6.2.2 段开销

图 5 中 STM-N 的第 1~9×N 列的第 1~3 行和第 5~9 行分配给 SOH。

SOH 容量的配置和开销功能的解释由第 9 章给出。

### 6.2.3 管理单元指针

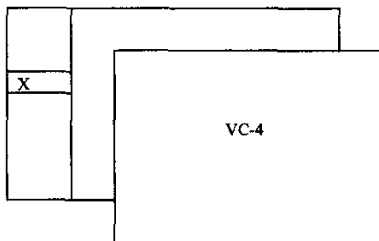
图 5 中 STM-N 的第 1~9×N 列的第 4 行分配给管理单元指针。指针的应用及其详细规范由第 8 章给出。

### 6.2.4 STM-N 的管理单元

STM-N 净荷支持一个 AUG-N，其中：

- AUG-256 可由 4 个 AUG-64 或 1 个 AU-4-256c 构成；
- AUG-64 可由 4 个 AUG-16 或 1 个 AU-4-64c 构成；
- AUG-16 可由 4 个 AUG-4 或 1 个 AU-4-16c 构成；
- AUG-4 可由 4 个 AUG-1 或 1 个 AU-4-4c 构成；
- AUG-1 可由 1 个 AU-4 构成。

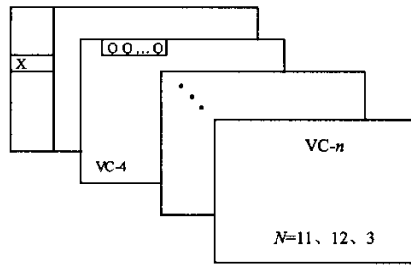
与每个 AU-n 相对应的 VC-n 相对于 STM-N 帧没有固定的相位，VC-n 的第 1 个字节的位置由 AU-n 指针指示，AU-n 指针在 STM-N 帧中具有固定的位置，其实例如图 3~图 7 所示。



具有 1 个 AU-4 的 STM-1

X AU-n 指针  
 AU-n AU-n 指针+VC-n (见第 8 章)

图6 STM-1 帧的管理单元



具有 1 个包含 TU 的 AU-4 的 STM-1

X AU- $n$  指针  
 O TU- $n$  指针  
 AU- $n$  AU- $n$  指针+VC- $n$  (见第 8 章)  
 AU- $n$  TU- $n$  指针+VC- $n$  (见第 8 章)

图7 二级复用

通过 VC-4, AU-4 可用于传送若干个 TU- $n$  ( $n=1, 2, 3$ ), 以构成一个二级复用, 这种配置的实例如图 6 和图 7 所示。与 TU- $n$  相对应的 VC- $n$  相对于 VC-4 的起始点没有固定的相位关系, TU- $n$  指针在 VC-4 中具有固定的位置, VC- $n$  第一个字节的位置由 TU- $n$  指针指示。

## 6.2.5 维护信号

### 6.2.5.1 告警指示信号

告警指示信号 (AIS) 是一种往下游发送的信号, 用于指示上游已检测出的缺陷。

#### 6.2.5.1.1 MS-AIS

除 STM- $N$  RSOH 外, 复用段告警指示信号 (MS-AIS) 在整个 STM- $N$  中规定为全“1”。

#### 6.2.5.1.2 MSF-AIS

除 STM- $N$  RSOH 外 (不包括 P1 和 Q1), 复用段 FEC 告警指示信号 (MSF-AIS) 在整个 STM- $N$  中规定为全“1”。

#### 6.2.5.1.3 AU/TU-AIS

管理单元告警指示信号 (AU-AIS) 在整个 AU- $n$  ( $n=4, 4-Xc$ ) 中, 包括 AU- $n$  指针, 规定为全“1”。

支路单元告警指示信号 (TU-AIS) 在整个 TU- $n$  ( $n=12, 3$ ) 中, 包括 TU- $n$  指针, 规定为全“1”。

#### 6.2.5.1.4 VC-AIS

因为对串联连接监视 (TCM) 需要有效的 AU- $n$ /TU- $n$  指针, 输入到串联连接 (TC) 的 AU/TU-AIS 变换为 TC 中的虚容器告警指示信号 (VC-AIS)。

VC- $n$  ( $n=3, 4, 4-Xc$ ) AIS 定义为整个 VC- $n$  为全“1”, 该 VC- $n$  具有一个有效的网络运营者字节 N1 (以支持 TCM 功能), 和一个有效的差错检测码字节 B3。

VC- $n$  ( $n=12$ ) AIS 定义为整个 VC- $n$  为全“1”, 该 VC- $n$  具有一个有效的网络运营者字节 N2 (以支持 TCM 功能), 和一个有效的差错检测码字节 V5 的第 1 和 2 比特。

### 6.2.5.2 未装载的 VC- $n$ 信号

#### 6.2.5.2.1 网络支持串联连接信号传送的情形

对于网络支持串联连接信号传送的情形, 当 VC- $n$  ( $n=3, 4$ ) 或 VC-4- $Xc$  未装载信号时, 高阶虚容器通道信号标记字节 (C2)、串联连接监视字节 (N1) 和通道踪迹字节 (J1) 均为全“0”, BIP-8 字节 (B3) 有效; 虚容器净荷和其余的通道开销字节不作规定。

对于网络支持串联连接信号传送的情形, 当 VC- $n$  ( $n=12$ ) 未装载信号时, 低阶虚容器通道信号标记

(V5 字节的第 5、6 和 7 比特)、串联连接监视字节 (N2) 和通道踪迹字节 (J2) 均为全“0”，BIP-2 (V5 字节的第 1 和 2 比特) 有效；虚容器净荷和其余的通道开销字节不作规定。

这些信号表示向下游传送的处理功能，其虚容器未占用、也未连接到通道终端源功能。关于质量的其他信息只能通过 BIP 监视获得。

在串联连接中，未装载 VC-n 信号在串联连接具有有效的（非全“0”）串联连接监视字节 (N1、N2) 之前产生。

#### 6.2.5.2.2 网络不支持串联连接信号传送的情形

对于网络不支持串联连接信号传送的情形，当 VC-n ( $n=3、4$ ) 或 VC-4-Xc 未装载信号时，高阶虚容器通道信号标记字节 (C2) 和通道踪迹字节 (J1) 均为全“0”，BIP-8 字节 (B3) 有效；虚容器净荷和其余的通道开销字节不作规定。

对于网络不支持串联连接信号传送的情形，当 VC-n ( $n=12$ ) 未装载信号时，低阶虚容器通道信号标记 (V5 字节的第 5、6 和 7 比特) 和通道踪迹字节 (J2) 均为全“0”，BIP-2 (V5 字节的第 1 和 2 比特) 有效；虚容器净荷和其余的通道开销字节不作规定。

#### 6.2.5.3 监控-未装载的 VC-n 信号

##### 6.2.5.3.1 网络支持串联连接信号传送的情形

对于网络支持串联连接信号传送的情形，当 VC-n ( $n=3、4$ ) 或 VC-4-Xc 监控-未装载信号时，高阶虚容器通道信号标记字节 (C2) 和串联连接监视字节 (N1) 均为全“0”，BIP-8 字节 (B3) 有效，通道踪迹标识符字节 (J1) 有效，通道状态字节 (G1) 有效；虚容器净荷不作规定，其余的通道开销字节 F2、H4、F3 和 K3 有待于进一步研究。

VC-n ( $n=3、4$ ) 的监控-未装载信号是一种增强型未装载 VC-n 信号。

对于网络支持串联连接信号传送的情形，当 VC-n ( $n=12$ ) 监控-未装载信号时，低阶虚容器通道信号标记 (V5 字节的第 5、6 和 7 比特) 和串联连接监视字节 (N2) 均为全“0”，BIP-2 (V5 字节的第 1 和 2 比特) 有效，通道踪迹字节 (J2) 有效，通道状态 (V5 字节的第 3 和 8 比特) 有效；虚容器净荷不作规定，其余的通道开销字节/比特 (V5 字节的第 4 比特和 K4 字节) 有待于进一步研究。

VC-n ( $n=12$ ) 的监控-未装载信号是一种增强型未装载 VC-n 信号。

这些信号表示向下游传送的处理功能，其虚容器未被占用、并源于监控发生器。关于连接的质量、源和状态的其他信息可通过误码、通道踪迹和通道状态指示获得。

在串联连接中，监控-未装载 VC-n 信号在串联连接具有有效的（非全“0”）串联连接监视字节 (N1、N2) 之前产生。

##### 6.2.5.3.2 网络不支持传送串联连接信号的情形

对于网络不支持串联连接信号传送的情形，当 VC-n ( $n=3、4$ ) 或 VC-4-Xc 监控-未装载信号时，高阶虚容器通道信号标记字节 (C2) 为全“0”，BIP-8 字节 (B3) 有效，通道踪迹标识符字节 (J1) 有效，通道状态字节 (G1) 有效；虚容器净荷不作规定，其余的通道开销字节 F2、H4、F3、K3 和 N1 有待于进一步研究。

对于网络不支持串联连接信号传送的情形，当 VC-n ( $n=12$ ) 监控-未装载信号时，低阶虚容器通道信号标记 (V5 字节的第 5、6 和 7 比特) 为全“0”，BIP-2 (V5 字节的第 1 和 2 比特) 有效，通道踪迹字节 (J2) 有效，通道状态 (V5 字节的第 3 和 8 比特) 有效；虚容器净荷不作规定，其余的通道开销字节



/比特（V5 字节的第 4 比特、N2 和 K4 字节）有待于进一步研究。

### 6.3 比特率系列

同步数字体系的第 1 级应为 155 520kbit/s。

更高等级的同步数字体系比特率可由第 1 级比特率的整数倍得到，并用第 1 级比特率的相应倍数因子来表示，如表 2 所示。

表2 SDH 比特率系列

SDH 等级	比特率 (kbit/s)
1	155 520
4	622 080
16	2 488 320
64	9 953 280
STL-256.4	9 953 280
256	39 813 120

注：高于第 256 级的规范有待进一步研究

### 6.4 STM-N 的互连

SDH 的设计具有通用性，以提供很多种类的信号传送，包括 ITU-T G.702 所规定的所有信号。然而，不同的结构用于虚容器的传送，其互连规则如下：通过不同类型级联（即相邻级联和虚级联）传送的级联 VC-3/4 间的互连规则是采用相邻级联，提供传送的运营部门之间另有协议的情况除外。

该 SDH 互连规则没有改变 ITU-T G.802 所定义的基于不同 PDH 和话音编码规律的网络互通规则。

### 6.5 扰码

STM-N ( $N=1, 4, 16, 64, 256$ ) 信号在 NNI 应具有足够的比特定成份，扰码器提供一种合适的比特模型，以防止长序列“1”或“0”的出现。

STM-N ( $N=1, 4, 16, 4, 256$ ) 信号应使用工作在该线路速率的序列长度为 127 的帧同步扰码器进行扰码。

该扰码器的生成多项式为  $1+X^6+X^7$ 。图 8 给出了帧同步扰码器的功能框图。

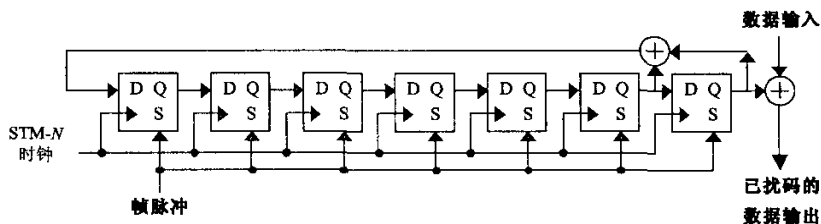


图8 帧同步扰码器功能图

在 STM-N SOH S (1,9,N) 的第 1 行最后一个字节之后的最高有效比特，扰码器应复位为“1111111”，该比特和其后的所有已扰码比特应与扰码器  $X^7$  位置的输出作模 2 加法。扰码器在整个 STM-N 帧中应连续工作。

STM-N ( $N \leq 64$ ) SOH 的第 1 行 ( $9 \times N$  字节，包括 A1 和 A2 定帧字节) 不需要扰码。

注 1：要注意选择 Z0 字节和预留给国家用途的字节的二进制码以防止长序列“1”或“0”的出现，因为这些字节不在 STM-N 信号的扰码过程之列，

对 STM-256 SOH 字节的第 1 行，只有 S (1,3,193) [1,705]~S (1,4,64) [1,832] 不扰码。

注 2: 扰码器在上述提及的帧位置上应连续工作。

注 3: STM-256 SOH 字节  $S(1,1,1) [1,1] \sim S(1,3,192) [1,704]$  和  $S(1,4,65) [1,833] \sim S(1,9,256) [1,2304]$  将从前一个 STM-256 帧复位开始用扰码器扰码。

注 4: 对 STM-256 帧的第 1 行的未用字节, 采用一种码型以提供有效的转换, 并使扰码后无明显的直流 (DC) 不平衡。

6.6 NNI 的物理规范

NNI 的物理电气特性规范应符合 ITU-T G.703 的规定。

NNI 的物理光学特性规范应符合 GB/T 20185 的规定。

6.7 并行接口

STM-256 接口可以反复合用到 4 个 STL-256.4 通道中。参见附录 I。4 个 STL-256.4 通道可以选择是否复用到一个多通道层 (见 ITU-T G.783)。

注: 标准目前不能自动实现支持同步传送通道结构的设备与不支持同步传送通道结构的设备之间的互联, 若要求互联, 则必须更新设备支持同步传送通道结构。

7 复用方法

7.1 管理单元到 STM-N 的复用

7.1.1 管理单元组 (AUG) 到 STM-N 的复用

7.1.1.1 AUG-N 到 STM-N 的复用 ( $N=1, 4, 16, 64, 256$ )

AUG-N 是一个 9 行  $\times$  ( $N \times 261$ ) 列再加上第 4 行的  $N \times 9$  个字节 (作为 AU-n 指针) 的结构, STM-N 由 9.2 节所描述的 SOH 和 9 行  $\times$  ( $N \times 261$ ) 列加上第 4 行的  $N \times 9$  个字节 (作为 AU-n 指针) 构成。AUG-N 复用到该结构, 它相对于 STM-N 具有固定的相位关系, 如图 9 所示。

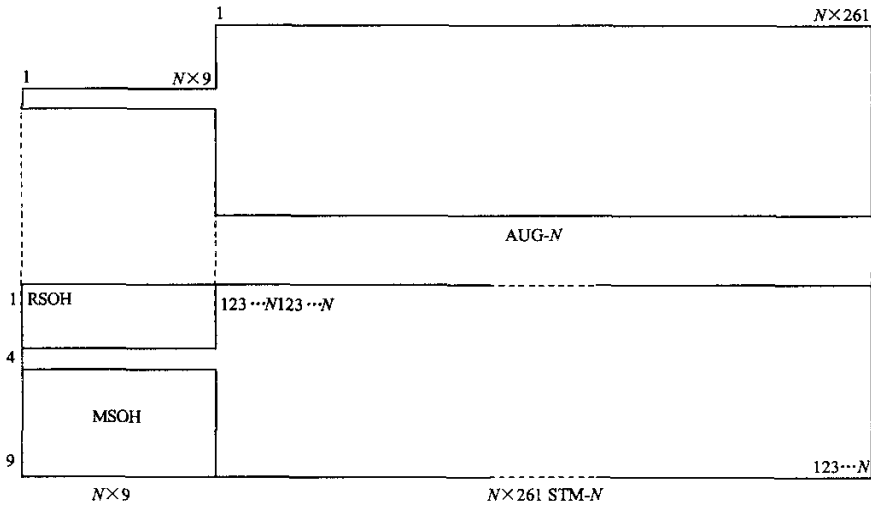


图9 AUG-N 到 STM-N 的复用

7.1.1.2 AUG-N 到 AUG-4 x N 的复用

4 个 AUG-N 复用到 AUG-4 x N 的排列如图 10 所示, AUG-N 是一个 9 行  $\times$  ( $N \times 261$ ) 列加上第 4 行的  $N \times 9$  字节 (作为 AU-n 指针) 的结构, 4 个 AUG-N 以块长为 N 字节的块间插方式插入 AUG-4 x N 结构, AUG-N 相对于 AUG-4 x N 具有固定的相位关系。

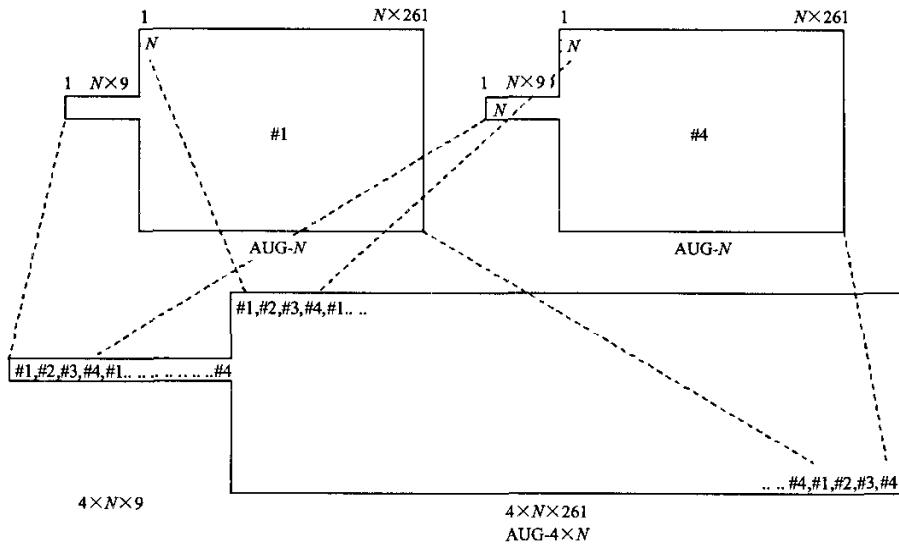
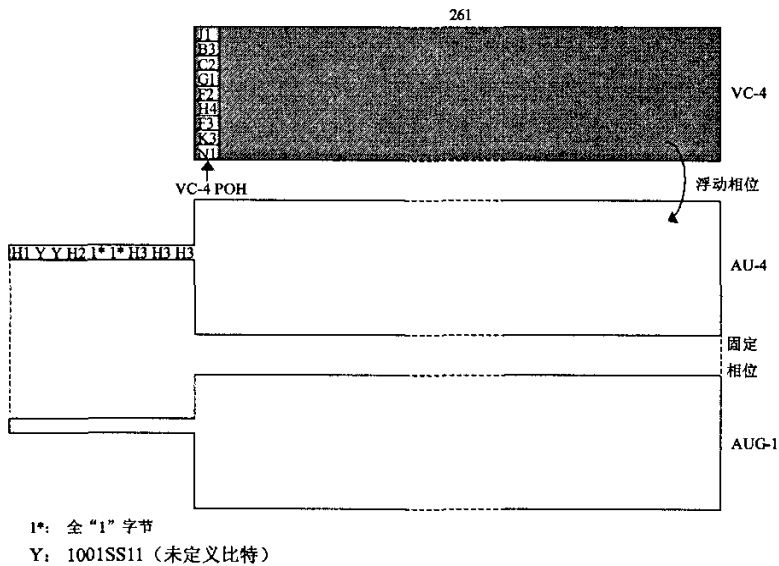


图10 4个AUG-N到AUG-4xN的复用

7.1.2 AU-4 经由 AUG-1 的复用

单个 AU-4 经由 AUG-1 的复用配置如图 11 所示。第 4 行起始的 9 字节分配给 AU-4 指针，其余的 9 行×261 列分配给 VC-4，VC-4 的相位相对于 AU-4 不固定，VC-4 的第 1 个字节相对于 AU-4 指针的位置由指针值给出，AU-4 直接置入 AUG-1。



1\*: 全“1”字节  
Y: 1001SS11 (未定义比特)

图11 AU-4 经由 AUG-1 的复用

7.2 支路单元到 VC-4 和 VC-3 的复用

7.2.1 TUG-3 到 VC-4 的复用

3 个 TUG-3 到 VC-4 的复用配置如图 12 所示，TUG-3 是一个 9 行×86 列结构，VC-4 由 1 列 VC-4 POH、2 列固定填充和 1 个 258 列净荷结构构成。3 个 TUG-3 以单字节间插方式置入 9 行×258 列 VC-4 净荷结

构，它相对于 VC-4 具有固定的相位。

如 7.1 节所描述，VC-4 相对于 AU-4 的相位由 AU-4 指针给出。

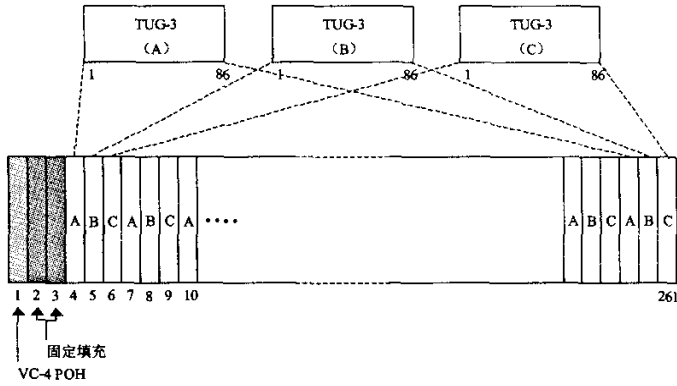


图12 3个 TUG-3 到 VC-4 的复用

### 7.2.2 TU-3 经由 TUG-3 的复用

单个 TU-3 经由 TUG-3 的复用如图 13 所示，TU-3 由 VC-3 和 TU-3 指针构成，该 VC-3 具有一个 9 字节的 VC-3 POH。9 行×86 列的 TUG-3 的第 1 列分配给 TU-3 指针（H1、H2、H3 字节）和固定填充，VC-3 相对于 TUG-3 的相位由 TU-3 指针指示。

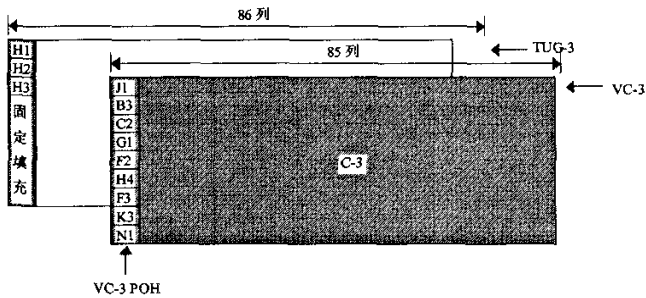


图13 TU-3 经由 TUG-3 的复用

### 7.2.3 TUG-2 经由 TUG-3 的复用

TUG-2 经由 TUG-3 的复用结构如图 14 所示，TUG-3 是一个 9 行×86 列结构，其中起始两列为固定填充。

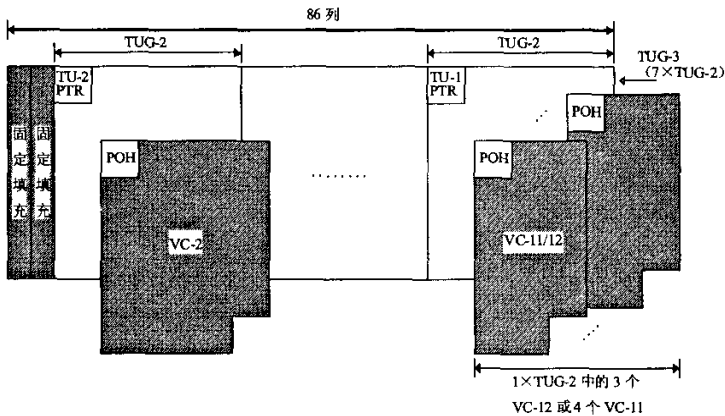


图14 7个 TUG-2 经由 TUG-3 的复用结构

一组 7 个 TUG-2 可经由 TUG-3 进行复用。

7 个 TUG-2 经由 TUG-3 的复用配置如图 15 所示，TUG-2 以单字节间插方式置入 TUG-3。

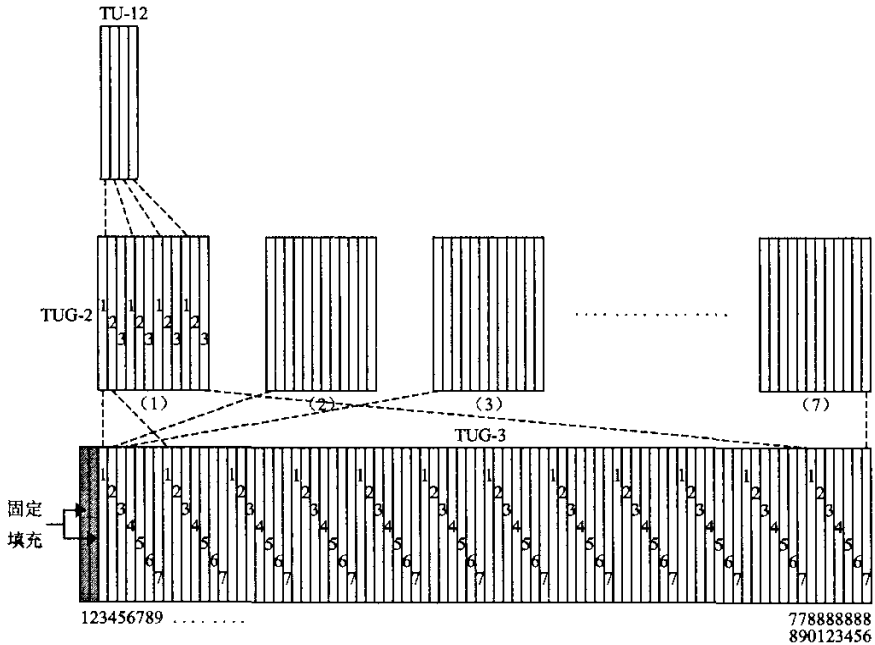


图15 7个 TUG-2 经由 TUG-3 的复用配置

### 7.2.4 TUG-2 到 VC-3 的复用

若干 TUG-2 到 VC-3 的复用结构如图 16 所示，VC-3 由 VC-3 POH 和一个 9 行×84 列净荷结构构成，一组 7 个 TUG-2 可复用到 VC-3。

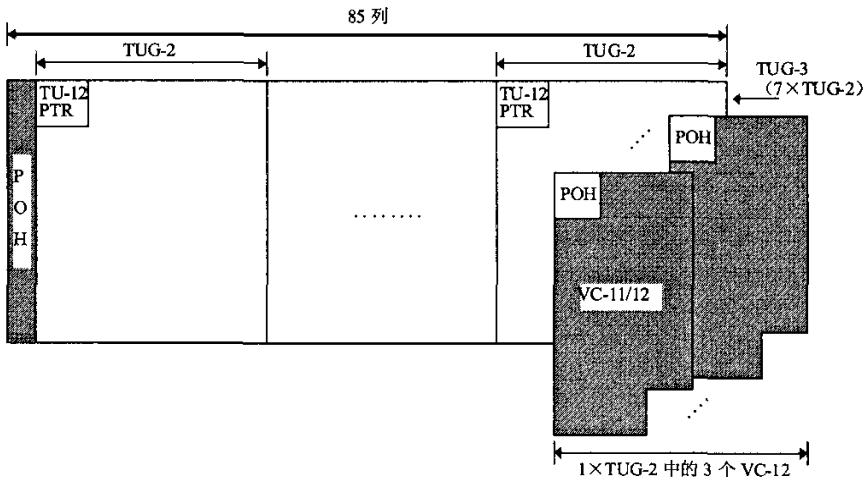


图16 7个 TUG-2 到 VC-3 的复用结构

7 个 TUG-2 到 VC-3 的复用配置如图 17 所示，TUG-2 以单字节间插方式置入 VC-3，各个 TUG-2 在 VC-3 帧中具有固定的位置。

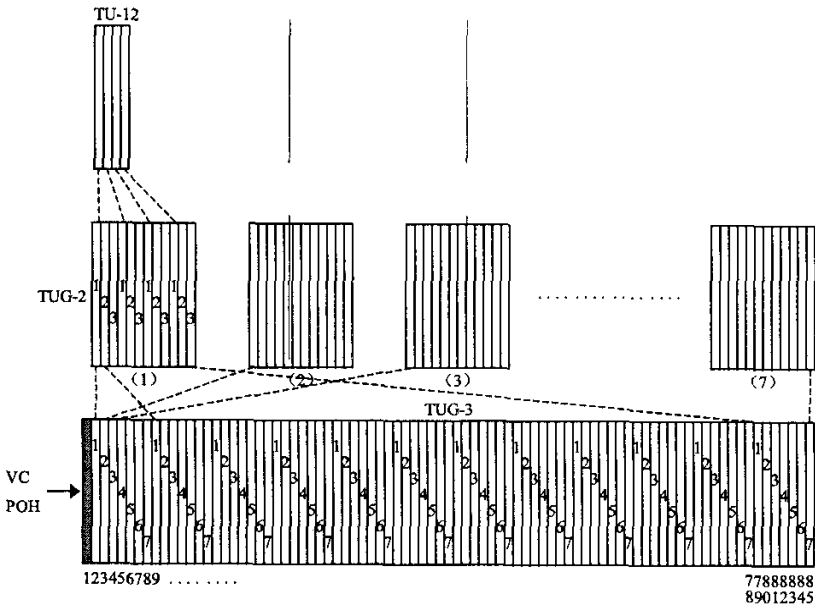


图17 7个TUG-2到VC-3的复用配置

7.2.5 TU-12 经由 TUG-2 的复用

3个TU-12经由TUG-2的复用配置如图17所示，TU-12以单字节间插方式置入TUG-2。

7.3 AU-n/TU-n 编号方案

7.3.1 概述

STM-N 帧由  $N \times 270$  列(编号为 1 至  $N \times 270$ )构成,起始的  $N \times 9$  列包含段开销 SOH 和 AU-4/AU-4-Xc 指针,其余的  $N \times 261$  列包含高阶数据净荷(高阶支路)。

高阶净荷列可采用 2 维地址  $(B,A)$ 、3 维地址  $(C,B,A)$ 、4 维地址  $(D,C,B,A)$  或 5 维地址  $(E,D,C,B,A)$  来定址,其中:  $A$  表示 AU-3 编号、 $B$  表示 AUG-1 编号、 $C$  表示 AUG-4 编号、 $D$  表示 AUG-16 编号、 $E$  表示 AUG-64 编号,参见图 18~图 27。

对由 AU-4 构成的帧,净荷列可采用 3 维地址  $(K,L,M)$  来定址,其中:  $K$  表示 TUG-3 编号、 $L$  表示 TUG-2 编号、 $M$  表示 TU-12 编号,参见图 28 和表 3。

为提供一种简单而方便的方法来确定支路总容量,即提供低阶支路的编号,净荷列分配了时隙编号,每帧中的每个支路的时隙编号由净荷配置确定。

在 STM-N 中, AU 时隙 (TS) 从左至右编号,如图 18~图 27 所示。在 VC-4/VC-3 中, TU 时隙从左至右编号,如图 28 和图 29 所示。

AU 和 TU 可按顺序系列来编号,用图 18~图 29 中的“时隙编号”来表示;或可按复用系列来编号,用图 18~图 29 中的“地址”来表示。

例如, STM-256 由 64 个 AU-4c 构成,其编号从 1~64,其中时隙编号为 17 的 AU-4c 的地址是  $(2,1,1,0,0)$ ; VC-4 由 63 个 TU-12 构成,其编号从 1~63,其中时隙编号为 17 的 TU-12 的地址是  $(2,6,1)$ 。

7.3.2 STM-256 中 AU-n (VC-n) 的编号

7.3.2.1 STM-256 中 AU-n (VC-n) 的构成

STM-256 由 4 个 AUG-64 构成,其编号从 #1~#4:

- AUG-64 #1 配置在 STM-256 的第 1…64、257…320、513…576 等列；
- AUG-64 #2 配置在 STM-256 的第 65…128、321…384、577…640 等列；
- AUG-64 #3 配置在 STM-256 的第 129…192、385…448、641…704 等列；
- AUG-64 #4 配置在 STM-256 的第 193…256、449…512、705…768 等列。

每个 AUG-64 可由 4 个 AUG-16 构成，其编号从 #1~#4；每个 AUG-16 可由 4 个 AUG-4 构成，其编号从 #1 至 #4；每个 AUG-4 可由 4 个 AUG-1 构成，其编号从 #1~#4。

7.3.2.2 STM-256 中 AU-4 (VC-4) 的编号

任何 AU-4 可按 #E、#D、#C、#B、#A 方式分配一个编号，其中：E 表示 AUG-64 编号 (1~4)，D 表示 AUG-16 编号 (1~4)，C 表示 AUG-4 编号 (1~4)，B 表示 AUG-1 编号 (1~4)，A 总为 0，参见图 18。AU-4 (E,D,C,B,0) 在 STM-256 中所占用的列位置由下式给出：

$$\text{第 } X \text{ 列} = 1 + 64 \times [E-1] + 16 \times [D-1] + 4 \times [C-1] + [B-1] + 256 \times [X-1]; \quad X=1 \sim 270$$

因此，AU-4 (1,1,1,1,0) 置于 STM-256 的第 1、257、513、767、…、68 865 列，AU-4 (4,4,4,4,0) 置于 STM-256 的第 256、512、768、…、69 120 列。

7.3.2.3 STM-256 中 AU-4-4c (VC-4-4c) 的编号

任何 AU-4-4c 可按 #E、#D、#C、#B、#A 方式分配一个 5 维地址，其中：E 表示 AUG-64 编号 (1~4)，D 表示 AUG-16 编号 (1~4)，C 表示 AUG-4 编号 (1~4)，B 和 A 总为 0，参见图 19。AU-4-4c (E,D,C,0,0) 在 STM-256 中所占用的列位置由下式给出：

$$\text{第 } X \text{ 列} = [X \text{ mod } 4] + 64 \times [E-1] + 16 \times [D-1] + 4 \times [C-1] + 256 \times [X \text{ div } 4]; \quad X=1 \sim 1\ 080$$

因此，AU-4-4c (1,1,1,0,0) 置于 STM-256 中的第 1、2、3、4、257、258、259、260、513、514、515、516、…、68 865、68 866、68 867、68 868 列，AU-4-4c (4,4,4,0,0) 置于 STM-256 中的第 253、254、255、256、509、510、511、512、765、766、767、768、…、69 117、69 118、69 119、69 120 列。

7.3.2.4 STM-256 中 AU-4-16c (VC-4-16c) 的编号

任何 AU-4-16c 可按 #E、#D、#C、#B、#A 方式分配一个 5 维地址，其中：E 表示 AUG-64 编号 (1~4)，D 表示 AUG-16 编号 (1~4)，C、B 和 A 总为 0，参见图 20。AU-4-16c (E,D,0,0,0) 在 STM-256 中所占用的列位置由下式给出：

$$\text{第 } X \text{ 列} = [X \text{ mod } 16] + 64 \times [E-1] + 16 \times [D-1] + 256 \times [X \text{ div } 16]; \quad X=1 \sim 4\ 320$$

因此，AU-4-16c (1,1,0,0,0) 置于 STM-256 中的第 1…16、257…272、…、68 865…68 880 列，AU-4-16c (4,4,0,0,0) 置于 STM-256 中的第 241…256、497…512、…、69 105…69 120 列。

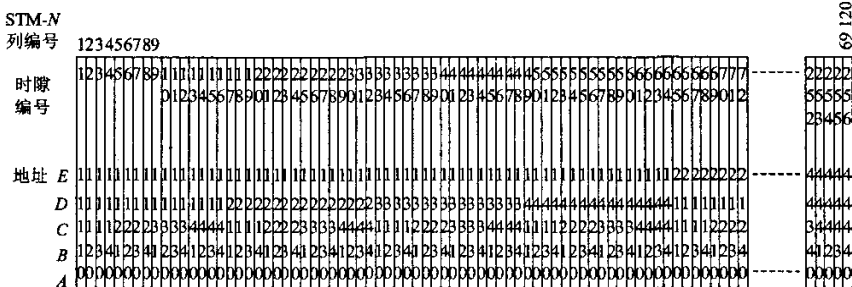


图18 STM-256 的 AU 指针行和净荷列中的 AU-4 编号方案

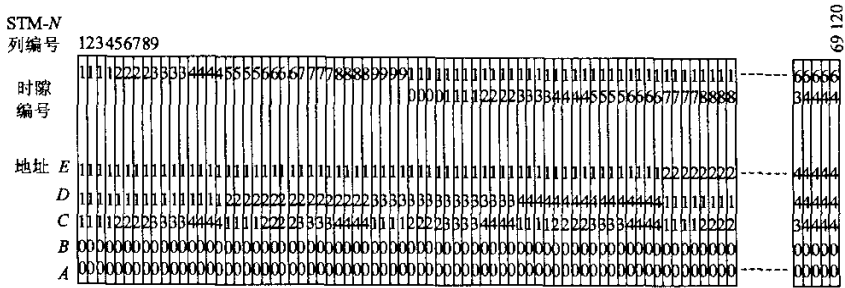


图19 STM-256 的 AU 指针行和净荷列中的 AU-4c 编号方案

7.3.2.5 STM-256 中 AU-4-64c (VC-4-64c) 的编号

任何 AU-4-64c 可按 #E、#D、#C、#B、#A 方式分配一个 5 维地址，其中：E 表示 AUG-64 编号 (1~4)，D、C、B 和 A 总为 0，参见图 21。AU-4-64c (E,0,0,0,0) 在 STM-256 中所占用的列位置由下式给出：

$$\text{第 } X \text{ 列} = [X \bmod 64] + 64 \times [E - 1] + 256 \times [X \text{ div } 64]; \quad X = 1 \sim 17\ 280$$

因此，AU-4-64c (1,0,0,0,0) 置于 STM-256 中的第 1...64、257...321、...、68 865...68 928 列，AU-4-64c (4,0,0,0,0) 置于 STM-256 中的第 193...256、449...512、...、69 057...69 120 列。

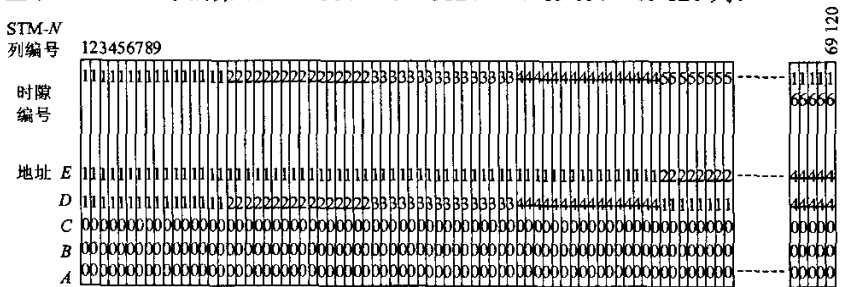


图20 STM-256 的 AU 指针行和净荷列中的 AU-16c 编号方案

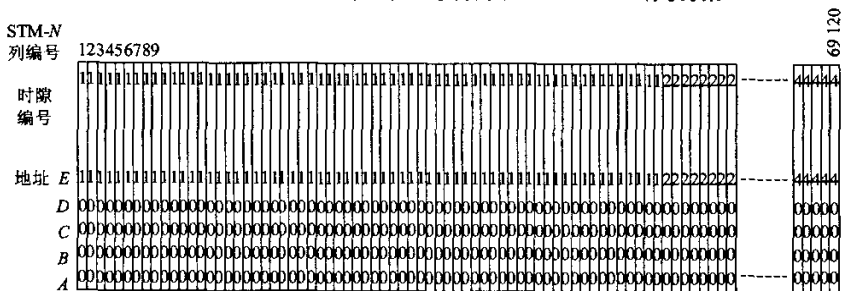


图21 STM-256 的 AU 指针行和净荷列中的 AU-4-64c 编号方案

7.3.2.6 STM-256 中 AU-4-256c 的编号

在 STM-256 信号中只有一个 AU-4-256c，该信号不需要编号，但可认为它与 (0,0,0,0,0) 相对应。

7.3.3 STM-64 中 AU-n (VC-n) 的编号

7.3.3.1 STM-64 中 AU-n (VC-n) 的构成

STM-64 可由 4 个 AUG-16 构成，其编号应从 #1~#4：

- AUG-16 #1 配置在 STM-64 的第 1...16、65...80、129 ...144、等列；



- AUG-16 #2 配置在 STM-64 的第 17…32、81…96、145…160 等列；
- AUG-16 #3 配置在 STM-64 的第 33…48、97…112、161…176 等列；
- AUG-16 #4 配置在 STM-64 的第 49…64、113…128、177…192 等列。

每个 AUG-16 可由 4 个 AUG-4 构成，其编号应从 #1~#4；每个 AUG-4 可由 4 个 AUG-1 构成，其编号应从 #1~#4。

7.3.3.2 STM-64 中 AU-4 (VC-4) 的编号

任何 AU-4 可按 #D、#C、#B、#A 方式分配一个编号，其中：D 表示 AUG-16 编号 (1~4)，C 表示 AUG-4 编号 (1~4)，B 表示 AUG-1 编号 (1~4)，A 总为 0，参见图 22。AU-4 (D,C,B,0) 在 STM-64 中所占用的列位置由下式给出：

$$\text{第 } X \text{ 列} = 1 + 16 \times [D-1] + 4 \times [C-1] + [B-1] + 64 \times [X-1]; \quad X=1 \sim 270$$

因此，AU-4 (1,1,1,0) 置于 STM-64 中的第 1、65、129、193、…、17 217 列，AU-4 (4,4,4,0) 置于 STM-64 中的第 64、128、192、…、17 280 列。

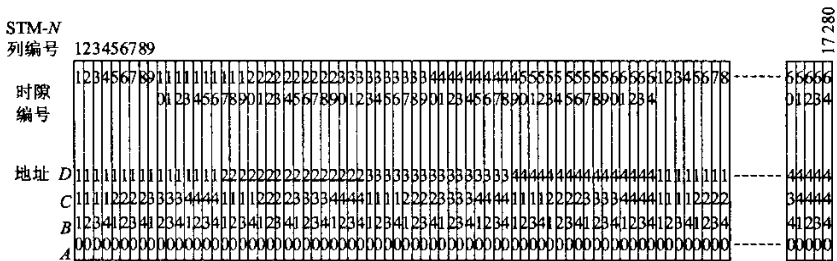


图22 STM-64 的 AU 指针行和净荷列中的 AU-4 编号方案

7.3.3.3 STM-64 中 AU-4-4c (VC-4-4c) 的编号

任何 AU-4-4c 可按 #D、#C、#B、#A 方式分配一个 4 维地址，其中：D 表示 AUG-16 编号 (1~4)，C 表示 AUG-4 编号 (1~4)，B 和 A 总为 0，参见图 23。AU-4-4c (D,C,0,0) 在 STM-64 中所占用的列位置由下式给出：

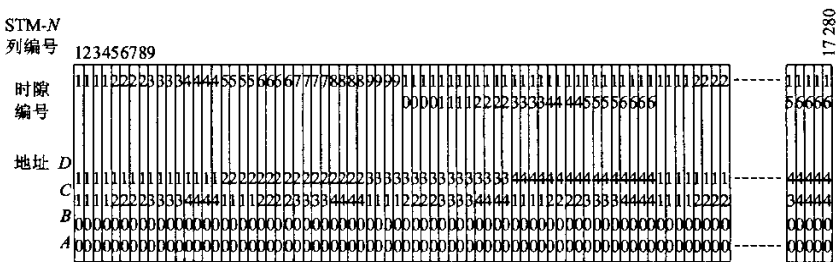


图23 STM-64 的 AU 指针行和净荷列中的 AU-4-4c 编号方案

$$\text{第 } X \text{ 列} = [X \bmod 4] + 16 \times [D-1] + 4 \times [C-1] + 64 \times [X \div 4]; \quad X=1 \sim 1\ 080$$

因此，AU-4-4c (1,1,0,0) 置于 STM-64 中的第 1、2、3、4、65、66、67、68、129、130、131、132、…、17 217、17 218、17 219、17 220 列，AU-4-4c (4,4,0,0) 置于 STM-64 中的第 61、62、63、64、125、126、127、128、…、17 277、17 278、17 279、17 280 列。

7.3.3.4 STM-64 中 AU-4-16c (VC-4-16c) 的编号

任何 AU-4-16c 可按 #D、#C、#B、#A 方式分配一个 4 维地址，其中：D 表示 AUG-16 编号 (1~4)，

C、B和A总为0，参见图24。AU-4-16c (D,0,0,0)在STM-64中所占用的列位置由下式给出：

$$\text{第 } X \text{ 列} = [X \bmod 16] + 16 \times [D - 1] + 64 \times [X \div 16]; X = 1 \sim 4320$$

因此，AU-4-16c (1,0,0,0)置于STM-64中的第1…16、65…80、…、17 205…17 220列，AU-4-16c (4,0,0,0)置于STM-64中的第49…64、113…128、…、17 265 …17 280列。

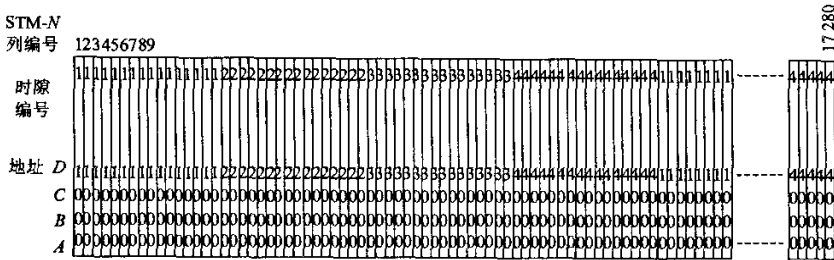


图24 STM-64的AU指针行和净荷列中的AU-4-16c编号方案

### 7.3.3.5 STM-64中AU-4-64c的编号

在STM-64信号中只有一个AU-4-64c，该信号不需要编号，但可认为它与(0,0,0,0)相对应。

### 7.3.4 STM-16中AU-n (VC-n)的编号

#### 7.3.4.1 STM-16中AU-n (VC-n)的构成

STM-16可由4个AUG-4构成，其编号应从#1~#4：

- AUG-4 #1 配置在STM-16的第1…4、17…20、33…36等列；
- AUG-4 #2 配置在STM-16的第5…8、21…24、36…40等列；
- AUG-4 #3 配置在STM-16的第9…12、25…28、41…44等列；
- AUG-4 #4 配置在STM-16的第13…16、29…32、45…48等列。

每个AUG-4可由4个AUG-1构成，其编号应从#1~#4。

#### 7.3.4.2 STM-16中AU-4 (VC-4)的编号

任何AU-4可按#C、#B、#A方式分配一个编号，其中：C表示AUG-4编号(1~4)，B表示AUG-1编号(1~4)，A总为0，参见图25。AU-4 (C,B,0)在STM-16中所占用的列位置由下式给出：

$$\text{第 } X \text{ 列} = 1 + 4 \times [C - 1] + [B - 1] + 16 \times [X - 1]; X = 1 \sim 270$$

因此，AU-4 (1,1,0)置于STM-16中的第1、17、33、…、4 305列，AU-4 (4,4,0)置于STM-16中的第16、32、48、…、4 320列。

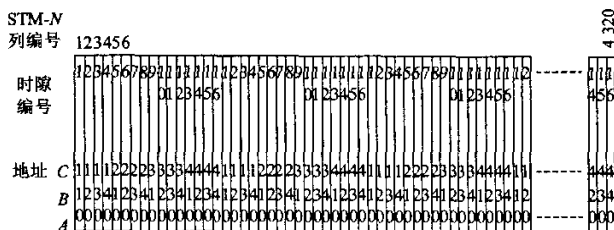


图25 STM-16的AU指针行和净荷列中的AU-4编号方案

#### 7.3.4.3 STM-16中AU-4-4c (VC-4-4c)的编号

任何AU-4-4c可按#C、#B、#A方式分配一个3维地址，其中：C表示AUG-4编号(1~4)，B和A总为0，参见图26。AU-4-4c (C,0,0)在STM-16中所占用的列位置由下式给出：

第  $4X-3$  列 =  $1 + [C-1] + 16 \times [X-1]$ ;  $X=1 \sim 270$

第  $4X-2$  列 =  $2 + [C-1] + 16 \times [X-1]$ ;  $X=1 \sim 270$

第  $4X-1$  列 =  $3 + [C-1] + 16 \times [X-1]$ ;  $X=1 \sim 270$

第  $4X$  列 =  $4 + [C-1] + 16 \times [X-1]$ ;  $X=1 \sim 270$

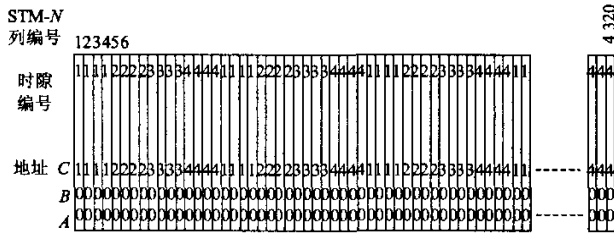


图26 STM-16 的 AU 指针行和净荷列中的 AU-4-4c 编号方案

因此, AU-4-4c (1,0,0) 置于 STM-16 中的第  $1 \cdots 4, 17 \cdots 20, \cdots, 4305 \cdots 4308$  列, AU-4-4c (4,0,0) 置于 STM-16 中的第  $13 \cdots 16, 29 \cdots 32, \cdots, 4317, 4320$  列。

7.3.4.4 STM-16 中 AU-4-16c 的编号

在 STM-16 信号中只有一个 AU-4-16c, 该信号不需要编号, 但可认为它与 (0,0,0) 相对应。

7.3.5 STM-4 中 AU-n (VC-n) 的编号

7.3.5.1 STM-4 中 AU-n (VC-n) 的构成

STM-4 可由 4 个 AUG-1 构成, 其编号应从 #1~#4:

- AUG-1 #1 配置在 STM-4 的第 1、5、9 等列;
- AUG-1 #2 配置在 STM-4 的第 2、6、10 等列;
- AUG-1 #3 配置在 STM-4 的第 3、7、11 等列;
- AUG-1 #4 配置在 STM-4 的第 4、8、12 等列。

7.3.5.2 STM-4 中 AU-4 (VC-4) 的编号

任何 AU-4 可按 #B、#A 方式分配一个编号, 其中: B 表示 AUG-1 编号 (1~4), A 总为 0, 参见图 27。AU-4 (B,0) 在 STM-4 中所占用的列位置由下式给出:

第  $X$  列 =  $1 + [B-1] + 4 \times [X-1]$ ;  $X=1 \sim 270$

因此, AU-4 (1,0) 置于 STM-4 中的第 1、5、9、...、1077 列, AU-4 (4,0) 置于 STM-4 中的第 4、8、12、...、1080 列。

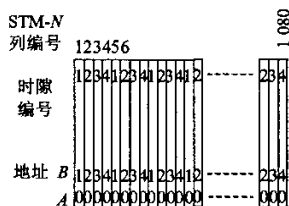


图27 STM-4 的 AU 指针行和净荷列中的 AU-4 编号方案

7.3.5.3 STM-4 中 AU-4-4c 的编号

在 STM-4 信号中只有一个 AU-4-4c, 该信号不需要编号, 但可认为它与 (0,0) 相对应。

7.3.6 STM-1 中 AU-4 (VC-4) 的编号

在 STM-1 信号中只有一个 AU-4 (VC-4)，该信号不需要编号，但可认为它与 (0) 相对应。

### 7.3.7 VC-4 中 TU-3 的编号

VC-4 可由 3 个 TUG-3 构成，其编号应从 #1、#2 和 #3：

- TUG-3 #1 (对应图 12 的 TUG-3 (A)) 配置在 VC-4 的第 4、7、10…259 列；
- TUG-3 #2 (对应图 12 的 TUG-3 (B)) 配置在 VC-4 的第 5、8、11…260 列；
- TUG-3 #3 (对应图 12 的 TUG-3 (C)) 配置在 VC-4 的第 6、9、12…261 列。

每个 TUG-3 可由一个 TU-3 构成。

任何 TU-3 可按 #*K*、#*L*、#*M* 方式分配一个 3 维地址，其中：*K* 表示 TUG-3 编号 (1~3)，*L* 和 *M* 总为 0。TU-3 (*K*,0,0) 在 VC-4 中所占用的列位置由下式给出：

$$\text{第 } X \text{ 列} = 4 + [K-1] + 3 \times [X-1]; \quad X=1 \sim 86$$

因此，TU-3 (1,0,0) 置于 VC-4 中的第 4、7、10、…、259 列，TU-3 (3,0,0) 置于 VC-4 中的第 6、9、12、…、261 列。

### 7.3.8 VC-4 中 TU-12 的编号

每个 TUG-3 可由 7 个 TUG-2 构成，其编号应从 #1~#7。每个 TUG-2 可由 3 个 TU-12 构成，其编号应从 #1~#3。

任何 TU-12 可按 #*K*、#*L*、#*M* 方式分配一个编号，其中：*K* 表示 TUG-3 编号 (1~3)，*L* 表示 TUG-2 编号 (1~7)，*M* 表示 TU-12 编号 (1~3)。TU-12 (*K*,*L*,*M*) 在 VC-4 中所占用的列位置由下式给出：

$$\text{第 } X \text{ 列} = 10 + [K-1] + 3 \times [L-1] + 21 \times [M-1] + 63 \times [X-1]; \quad X=1 \sim 4$$

因此，TU-12 (1,1,1) 置于 VC-4 中的第 10、73、136 和 199 列，TU-12 (3,7,3) 置于 VC-4 中的第 72、135、198 和 261 列。VC-4 中 TU-12 的列位置一览表由 ITU-T G.707 (2007) 附录 II 给出。

### 7.3.9 VC-3 中 TU-12 的编号

每个 TUG-2 可由 3 个 TU-12 构成，其编号应从 #1~#3。

任何 TU-12 可按 #*L*、#*M* 方式分配一个 2 维地址，其中：*L* 表示 TUG-2 编号 (1~7)，*M* 表示 TU-12 编号 (1~3)。TU-12 (*L*,*M*) 在 VC-3 中所占用的列位置由下式给出：

$$\text{第 } X \text{ 列} = 2 + [L-1] + 7 \times [M-1] + 21 \times [X-1]; \quad X=1 \sim 4$$

因此，TU-12 (1,1) 置于 VC-3 中的第 2、23、44 和 65 列，TU-12 (7,3) 置于 VC-3 中的第 22、43、64 和 85 列。VC-3 中 TU-12 的列位置一览表由 ITU-T G.707 (2007) 附录 V 给出。

注：包含在图 28 和图 29 中的时隙编号不能解释为支路端口编号。

采用连接功能，一个外部的支路信号可分配给一个特定的净荷容量。

例如，在 VC-12 等级上：

- 支路#1 – TU-12 (1,1,1)；
- 支路#2 – TU-12 (1,1,2)；
- 支路#3 – TU-12 (1,1,3)；
- 支路#4 – TU-12 (1,2,1)；
- ……
- 支路#63 – TU-12 (3,7,3)。



表 3 (续)

地址#			地址#			地址#		
TU-3	TU-12	TS#	TU-3	TU-12	TS#	TU-3	TU-12	TS#
		73			74			75
	151	13		251	14		351	15
	152	34		252	35		352	36
	153	55		253	56		353	57
		76			77			78
	161	16		261	17		361	18
	162	37		262	38		362	39
	163	58		263	59		363	60
		79			80			81
	171	19		271	20		371	21
	172	40		272	41		372	42
	173	61		273	62		373	63
		82			83			84

地址=(TUG-3#,TUG-2#,TU-12#)=(#K,#L,#M)

8 指针

8.1 AU-4 指针

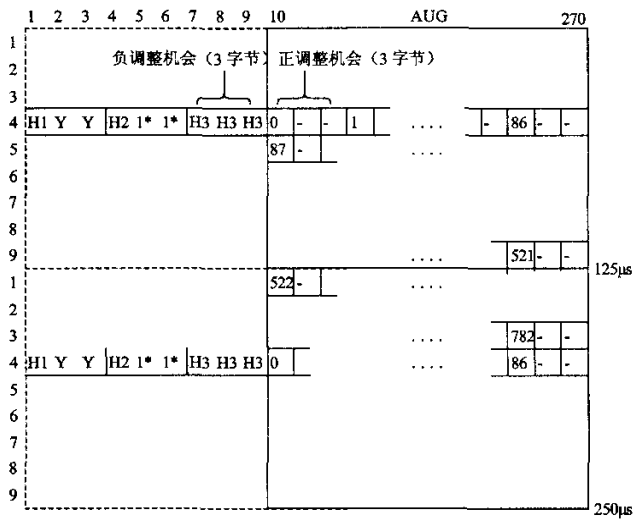
8.1.1 概述

AU-4 指针提供了一种使 VC-4 在 AU-4 帧中灵活、动态地定位的方法。

动态定位就是允许 VC-4 在 AU-4 帧中是“浮动”的。因此，该指针不仅能调节 VC-4 和 SOH 的相位差别，还能调节帧速率的差异。

8.1.2 AU-4 指针位置

AU-4 指针包含在 H1、H2 和 H3 字节中，如图 30 所示。



1\*: 全“1”字节  
Y: 1001 SS11 (S 比特未定义)

图30 AU-4 指针偏移编号

### 8.1.3 AU-4 指针值

含在 H1 和 H2 字节中的指针指明了 VC-4 的起始字节位置，分配给指针功能的这 2 个字节可看作一个码字，如图 31 所示，该指针码字的最后 10bit（第 7~16 bit）传送指针值。

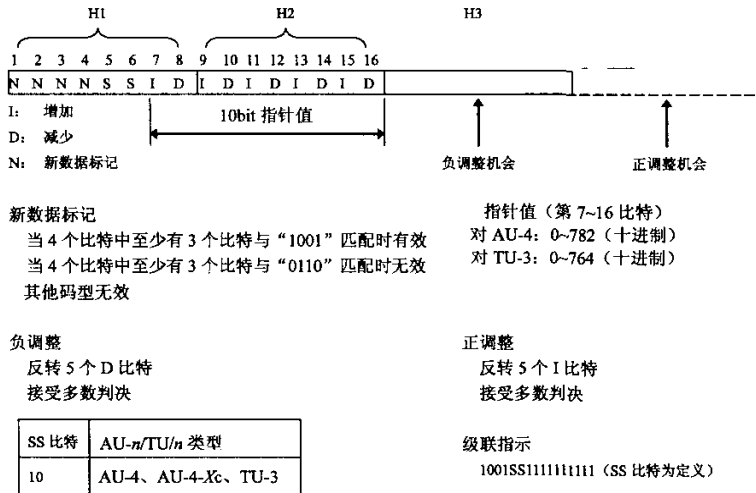


图 31 AU-4/TU-3 指针 (H1、H2、H3) 的编码

图 31 中 AU-4 指针值是一个二进制数，其范围为 0~782，AU-4 指针指示该指针与 VC-4 第一个字节之间的偏移，并以 3 字节为单位递增（参见图 30）。图 31 中还有 1 个附加的有效指针，即级联指示，级联指示的第 1~4 比特为“1001”、第 5 和 6 比特不作规定、第 7~16 比特为 10 个“1”。AU-4 指针设置为 AU-4 级联的级联指示（参见第 8.1.7 节）。

对所有情形，AU-4 指针字节不计入偏移。例如：对 AU-4，指针值 0 表示 VC-4 的起始字节位置紧跟最后 1 个 H3 字节，而偏移值 87 则表示 VC-4 起始于 K2 字节后的 3 个字节。

注 1：AU-4 和 AU-4-Xc 的 SS 比特包括在指针检测算法中（参考 ITU-T G.783 的 1997 年版）。在 ITU-T G.783 和 ITU-T G.806 的 2000 版中，SS 比特不包含在 AU-4 指针检测算法中。

注 2：当 AIS 出现时，指针设置为全“1”。

### 8.1.4 频率调整

如果在 AUG-*N* 的帧速率与 VC-4 的帧速率之间存在频偏，则指针值将根据需要增加或减少，同时伴随着相应的正或负调整字节。连续的指针操作应至少隔开 3 个帧（即每第 4 帧），且这 3 帧的指针值保持不变。

如果 VC-4 的帧速率相对于 AUG-*N* 的帧速率太慢，VC-4 的定位应在时间上周期性地后移，其指针值应加 1。该操作反转指针码字的第 7、9、11、13 和 15 比特（I 比特）来指示，以提供接收端的 5 bit 多数判决。3 个正调整字节立即出现在含有反转 I 比特的 AU-4 帧的最后一个 H3 字节之后，其后的指针将包含该新偏移，如图 32 所示。

如果 VC-4 帧速率相对于 AUG-*N* 的帧速率太快，VC-4 的定位就应在时间上周期性地前移，其指针值应减 1。该操作反转指针码字的第 8、10、12、14 和 16 比特（D 比特）来指示，以提供接收端的 5 bit 多数判决。3 个负调整字节出现在含有反转 D 比特的 AU-4 帧的 H3 字节中，其后的指针将包含该新偏移，如图 33 所示。

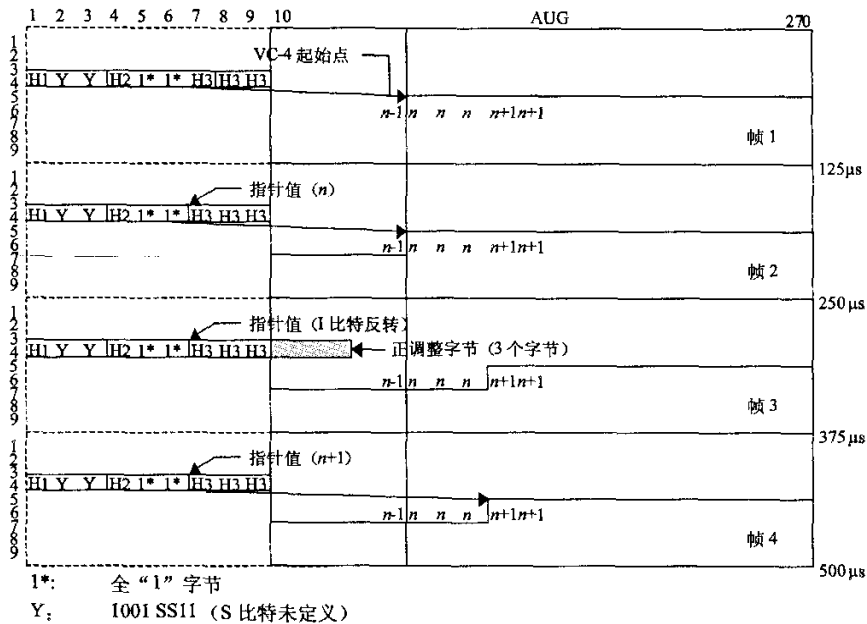


图32 AU-4 指针调整操作——正调整

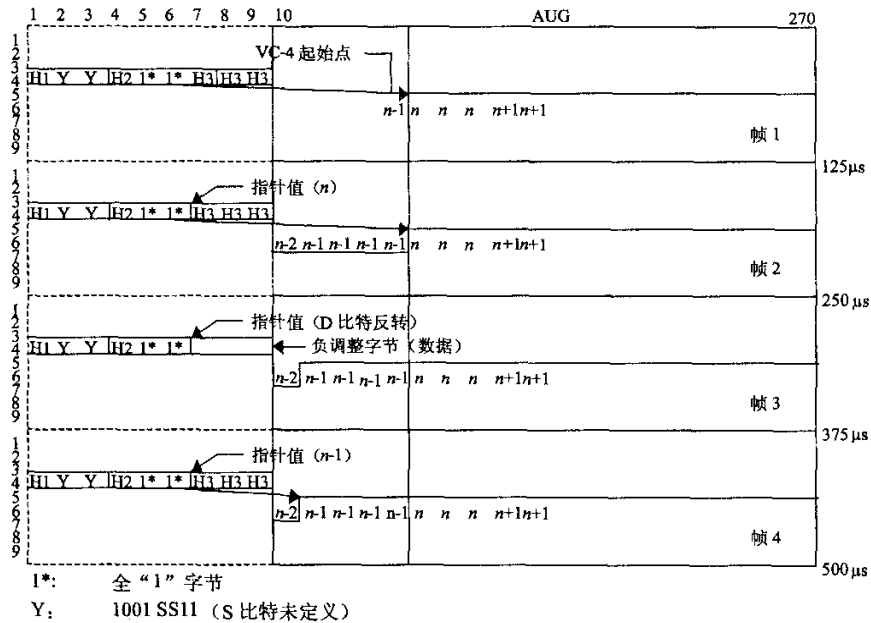


图33 AU-4 指针调整操作——负调整

### 8.1.5 新数据标识 (NDF)

指针码字的第 1~4 比特 ( $N$  比特) 传送一个 NDF, 如果指针值的变化是由净荷变化引起的, 该 NDF 允许指针值任意变化。

4 个比特分配给 NDF, 以提供差错校正。正常工作用  $N$  比特的“0110”码来表示, NDF 用  $N$  比特的



反转码“1001”来表示。当这4个比特中有3个或更多的比特与“1001”码型匹配时，NDF为有效（使能）。当这4个比特中有3个或更多的比特与“0110”码型匹配时，NDF为失效（使止）。其他值（即“0000”、“0011”、“0101”、“1010”、“1100”和“1111”）为无效。由伴随NDF的指针值指示新的定位，并按所指示的偏移实施定位。

### 8.1.6 指针的产生

AU-4 指针产生的规则如下：

- 1) 正常工作时，指针标定 AU-4 帧中 VC-4 的起始点，NDF 设置为“0110”；
- 2) 指针值只能按规则 3)、4) 或 5) 的操作来改变；
- 3) 如果需要正调整，当前指针值与 I 比特反转一起发送，其后的正调整机会用虚信息填充，其后的指针包含前一个指针值加 1。如果前一个指针处于最大值，其后的指针应设置为 0，对该操作之后的至少 3 个帧不允许任何指针值增减操作；
- 4) 如果需要负调整，当前指针值与 D 比特反转一起发送，其后的负调整机会用实际数据覆盖，其后的指针包含前一个指针值减 1。如果前一个指针值为 0，其后的指针应设置为最大值，对该操作之后的至少 3 个帧不允许任何指针值增减操作；
- 5) 如果由规则 3) 和 4) 之外的任何其他原因造成 VC-4 定位的变化，将发送新的指针值，同时将 NDF 设置为“1001”。NDF 仅出现在含有新指针值的第一帧，VC-4 的新位置起始于由新指针指示的偏移首次出现处，对该操作之后的至少 3 个帧不允许任何指针值增减操作。

### 8.1.7 指针解释

AU-4 指针解释的规则如下：

- 1) 正常工作时，指针标定 AU-4 帧中 VC-4 的起始点；
- 2) 除非连续 3 次接收到一致的新值或在任一规则 (3)、(4) 和 (5) 之前出现，当前指针值的任何变化都可忽略。连续 3 次接收到任何一致的新值优先于规则 (3) 或 (4)；
- 3) 如果指针码字的多数 I 比特被反转，表示一个正调整操作，其后的指针值加 1；
- 4) 如果指针码字的多数 D 比特被反转，表示一个负调整操作，其后的指针值减 1；
- 5) 只要接收机不处于指针丢失状态，如果 NDF 为有效（使能），那么该指针值应取代当前的指针值，其偏移量由新指针指示。

### 8.1.8 AU-4 级联

见 11.1 节和 11.2 节。

## 8.2 TU-3 指针

### 8.2.1 概述

TU-3 指针提供了一种使 VC-3 在 TU-3 帧中灵活、动态地定位的方法，它与 VC-3 的实际内容无关。

### 8.2.2 TU-3 指针位置

3 个单独的 TU-3 指针包含在 3 个分立的 H1、H2 和 H3 字节中，如图 34 所示。

### 8.2.3 TU-3 指针值

包含在 H1 和 H2 字节中的 TU-3 指针值指明了 VC-3 的起始字节位置，分配给指针功能的这 2 字节可看作一个码字，如图 31 所示，该指针码字的最后 10bit（第 7~16 比特）传送指针值。

TU-3 指针值是一个二进制数，其范围为 0~764，用于指示指针与 VC-3 第一个字节之间的偏移，如

图 34 所示。

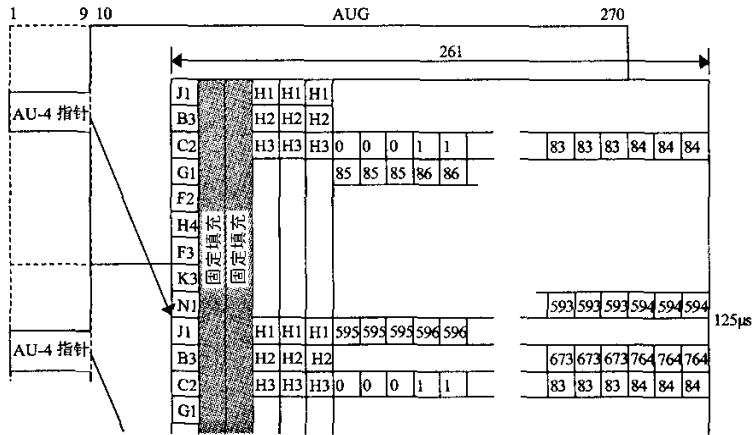


图34 TU-3 指针偏移编号

### 8.2.4 频率调整

如果在 TU-3 的帧速率与 VC-3 的帧速率之间存在频偏，则指针值将根据需要增加或减少，同时伴随着相应的正或负调整字节。连续的指针操作应至少隔开 3 个帧，且这 3 帧的指针值保持不变。

如果 VC-3 帧速率相对于 TU-3 的帧速率太慢，VC-3 的定位就应在时间上周期性地后移，其指针值应加 1。该操作作用反转指针码字的第 7、9、11、13 和 15 比特（I 比特）来指示，以提供接收端的 5 bit 多数判决。一个正调整字节立即出现在含有 I 比特反转的 TU-3 帧各个 H3 字节之后，其后的 TU-3 指针将包含该新偏移。

如果 VC-3 帧速率相对于 TU-3 的帧速率太快，VC-3 的定位就应在时间上周期性地前移，其指针值应减 1。该操作作用反转指针码字的第 8、10、12、14 和 16 比特（D 比特）来指示，以提供接收端的 5 bit 多数判决。一个负调整字节出现在含有 D 比特反转的 TU-3 帧各个 H3 字节中，其后的指针将包含该新偏移。

### 8.2.5 新数据标识

指针码字的第 1~4 比特（N 比特）传送一个 NDF，如果指针值的变化是由 VC-3 的变化引起的，该 NDF 允许指针值任意变化。

4 个比特分配给 NDF，以提供差错校正。正常工作用 N 比特的“0110”码来表示，NDF 用 N 比特的反转型“1001”来表示。当这 4 个比特中有 3 个或更多的比特与“1001”码型匹配时，NDF 为有效（使能）。当这 4 个比特中有 3 个或更多的比特与“0110”码型匹配时，NDF 为失效（使止）。其他值（即“0000”、“0011”、“0101”、“1010”、“1100”和“1111”）为无效。由伴随 NDF 的指针值指示新的定位，并按所指示的偏移实施定位。

### 8.2.6 指针产生

TU-3 指针产生的规则如下：

- 1) 正常工作时，指针标定 TU-3 帧中 VC-3 的起始点，NDF 设置为“0110”。
- 2) 指针值的改变只能按规则 3)、4) 或 5) 的操作来改变。
- 3) 如果需要正调整，当前指针值与 I 比特反转一起发送，其后的正调整机会用虚信息填充，其后的指针包含前一个指针值加 1。如果前一个指针处于最大值，其后的指针应设置为 0。对本次操作之后的至少 3 个帧不允许任何指针值增减操作。

4) 如果需要负调整, 当前指针值与 D 比特反转一起发送, 其后的负调整机会用实际数据覆盖, 其后的指针包含前一个指针值减 1。如果前一个指针值为 0, 其后的指针应设置为最大值。对本次操作之后的至少 3 个帧不允许任何指针值增减操作。

5) 如果由规则 3) 和 4) 之外的任何其他原因造成 VC-3 定位的变化, 将发送新的指针值, 同时将 NDF 设置为“1001”。NDF 仅出现在含有新指针值的第 1 帧, VC-3 的新位置起始于由新指针指示的偏移首次出现处, 对该操作之后的至少 3 个帧不允许任何指针值增减操作。

### 8.2.7 指针解释

TU-3 指针解释的规则如下:

- 1) 正常工作时, 指针标定 TU-3 帧中 VC-3 的起始点。
- 2) 除非连续 3 次接收到一致的新值或在任一规则 3)、4) 或 5) 之前出现, 当前指针值的任何变化都可忽略。连续 3 次接收到任何一致的新值均优先于规则 3) 或 4)。
- 3) 如果指针码字的多数 I 比特被反转, 表示一个正调整操作, 其后的指针值加 1。
- 4) 如果指针码字的多数 D 比特被反转, 表示一个负调整操作, 其后的指针值减 1。
- 5) 只要接收机不处于指针丢失状态, 如果 NDF 为有效 (使能), 那么该指针值应取代当前的指针值, 其偏移量由新指针指示。

## 8.3 TU-12 指针

### 8.3.1 概述

TU-12 指针提供了一种使 VC-12 在 TU-12 复帧中灵活、动态地定位的方法, 它与 VC-12 的实际内容无关的。

### 8.3.2 TU-12 指针位置

TU-12 指针包含 V1 和 V2 字节, 如图 35 所示。

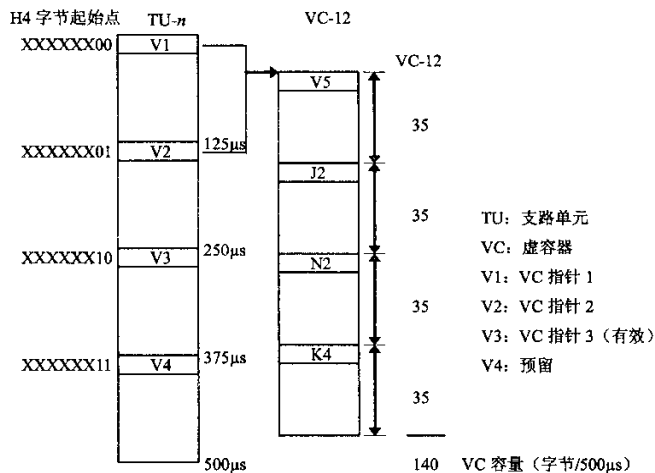


图35 TU 复帧中 VC 的映射

### 8.3.3 TU-12 指针值

支路单元指针码字如图 36 所示, 两个 S 比特 (第 5 和 6 比特) 指示支路单元类型。

指针值 (第 7~16 比特) 是一个二进制数值, 它指示 V2 与 VC-12 第一个字节间的偏移。对每种支路

单元容量，偏移范围都不相同，如图 37 所示。指针字节不计入偏移的计算。

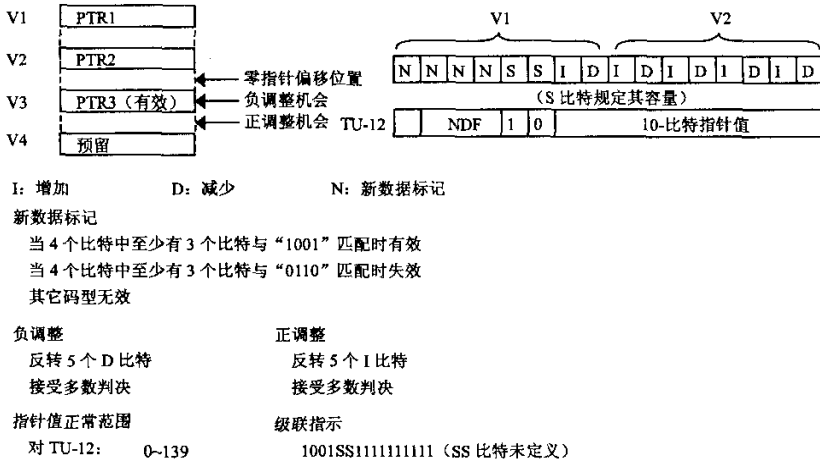


图36 TU-12 指针编码

8.3.4 TU-12 频率调整

TU-12 指针用于 VC-12 的频率调整，其方式与 TU-3 指针用于 VC-3 的频率调整完全相同，一个正调整机会紧跟在 V3 字节之后。此外，当执行调整机会时，V3 字节用作负调整机会，V3 字节用数据覆盖，如图 37 所示，调整机会执行与否用当前支路单元复帧中的指针 I 比特和 D 比特来指示。在 V3 不用作负调整时，包含在 V3 的值不作定义。只要 V3 不用作负调整，就需要用接收机来忽略包含在 V3 的值。

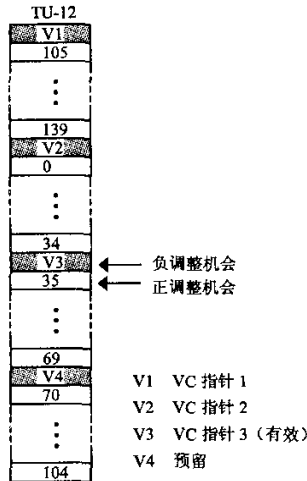


图37 TU-12 的指针偏移

8.3.5 新数据标识

指针码字的第 1~4 比特 (N 比特) 传送一个 NDF，其机制是允许指针值任意变化。

像 TU-3 指针 NDF 一样，该指针的正常值为“0110”，“1001”值表示 VC-n 的新的定位，也可能表示新的容量。当这 4 个比特中有 3 个或更多的比特与“1001”码型匹配时，NDF 为有效 (使能)。当这 4 个比特中有 3 个或更多的比特与“0110”码型匹配时，NDF 为失效 (使止)。其他值 (即“0000”、“0011”、“0101”、“1010”、“1100”和“1111”) 为无效。由伴随 NDF 的指针值指示新的定位，并按所指示的偏移实施定位。

8.3.6 TU-12 指针产生和解释

VC-12 的 TU-12 指针的产生和解释规则是 8.2.5 节和 8.2.6 节所提供的 TU-3 指针的相关规则的扩展，应作如下修正：术语 TU-3 用 TU-12 代替；术语 VC-3 用 VC-12 代替。

8.3.7 TU-12 容量

TU-12 指针的第 5 和 6 比特指示 TU-n 的容量。目前提供 3 种容量，其定义如表 4 所示。

表4 TU-12 的容量

容量	名称	TU-n 指针范围 (在 500 μs 内)
10	TU-12	0~139

注：该技术仅用于 TU-12 等级

8.3.8 TU-12 复帧指示字节

TU-12 复帧指示字节 (H4) 与复用结构的最低等级相关，它提供一种 500μs (4 帧) 复帧，以确定包含 TU-12 指针的帧。在 TU-12 复帧中 VC-12 的映射如图 35 所示。

从 VC-4/VC-3 POH 读取的 H4 字节值确定下一个 VC-4/VC-3 净荷的帧相位，如图 38 所示。H4 字节的编码如图 39 所示。

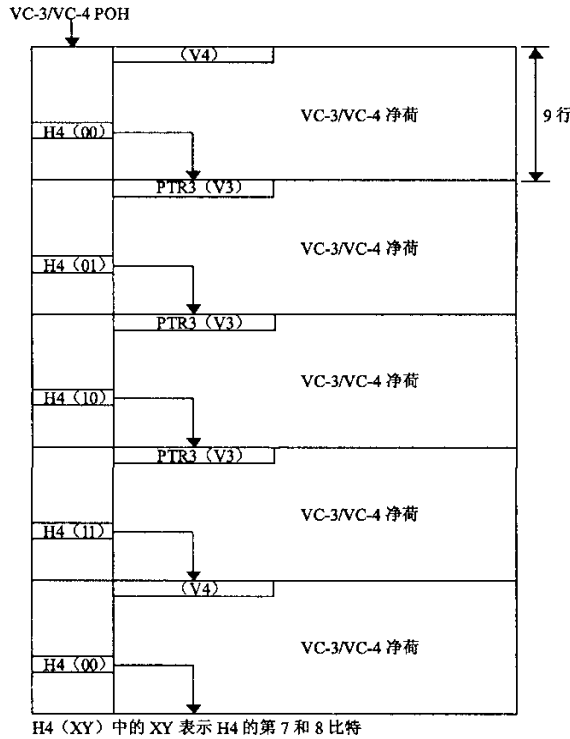


图38 使用 H4 字节的 TU-12 500μs 复帧指示

H4 比特 (1 2 3 4 5 6 7 8)	帧 号	时 间
XX11XX00	0	0
XX11XX01	1	
XX11XX10	2	
XX11XX11	3	500μs TU-n 复帧

X: 预留给将来国际化的比特，过渡期间应设置为“1”

图39 支路单元复帧指示字节 (H4) 编码序列

9 开销字节描述

9.1 开销类型

9.1.1 SOH

SOH 信息加上信息净荷构成了 STM-*N*，它包括块状成帧信息和用于维护、性能监视和其他操作功能的信息。SOH 信息可再细分为再生段开销 (RSOH) 和复用段开销 (MSOH)，RSOH 终结于再生器功能，MSOH 透明地通过再生器并终结于 AUG-*N* 的组合点和分解点。

注：9.2.4 节所定义 FEC 开销同时使用 RSOH 和 MSOH。由于 FEC 为复用段而定义，标定 RSOH 的开销不终结于再生器功能。

SOH 的第 1~3 行分配给 RSOH，第 5~9 行分配给 MSOH。如图 41 所示为 STM-1 的 SOH。SOH 的描述由 9.2 节给出。

9.1.2 虚容器 POH

虚容器的 POH 提供虚容器的组合点和分解点之间的通信完整性，已确定了两种类型的虚容器 POH：

- 高阶虚容器的 POH (VC-4/VC-3 POH)：VC-3 POH 加上 TUG-2 组或一个 C-3 构成 VC-3。VC-4 POH 加上 TUG-3 组或一个 C-4 构成 VC-4。该开销的功能是虚容器通道性能监视、告警状态指示、维护信号和复用结构指示 (VC-4/VC-3 的合成)；

- 低阶虚容器的 POH (VC-3/VC-12 POH)：低阶 VC-*n* (*n*=12、3) POH 加上 C-*n* 构成 VC-*n*。该开销的功能是虚容器通道性能监视、维护信号和告警状态指示。

POH 的描述由 9.3 节给出。

9.2 SOH 描述

9.2.1 SOH 字节位置

在 STM-*N* (*N*=1) 帧中 SOH 字节的位置可用一个 3 维矢量  $S(a,b,c)$  来确定，其中：*a* (1~3, 5~9) 表示行号，*b* (1~9) 表示复列号，*c* (1~*N*) 表示复列中的间插层数，如图 40 所示。

行号、列号和矢量之间的关系由下列给出：

- 行数=*a*；
- 列数= $N(b-1) + c$ 。

例如，STM-1 中 K1 字节标定于  $S(5,4,1)$  或用[行数，列数]符号来表示为[5,4]。

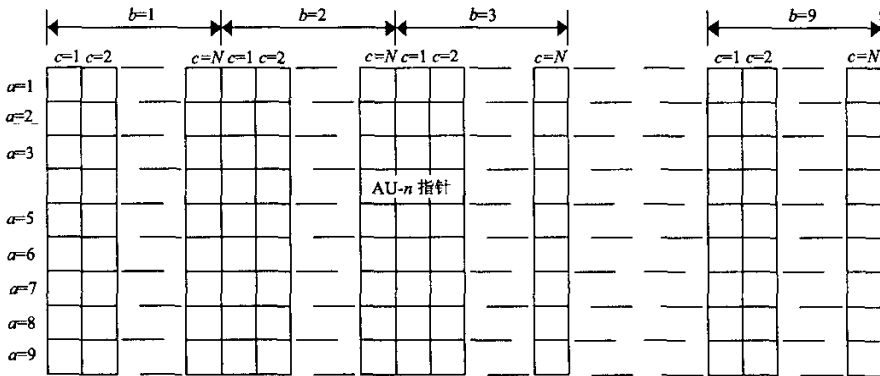
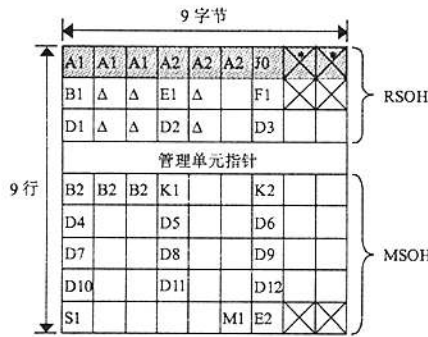


图40 STM-*N* 中 SOH 字节位置的编号

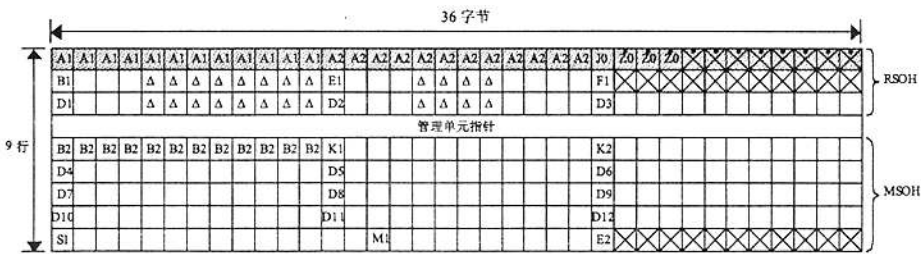
STM-1/4/16/64/256 帧的各种 SOH 字节排列如图 41~45 所示。

注：STM-*N* 帧的扰码在第 6.5 节中描述。



不扰码字节  
X 预留给国家用途的字节  
△ 与媒体相关的字节  
 注：所有未标字节预留给将来国际化使用  
 （作为媒体相关、其他的国家用途或其他目的）

图41 STM-1 SOH



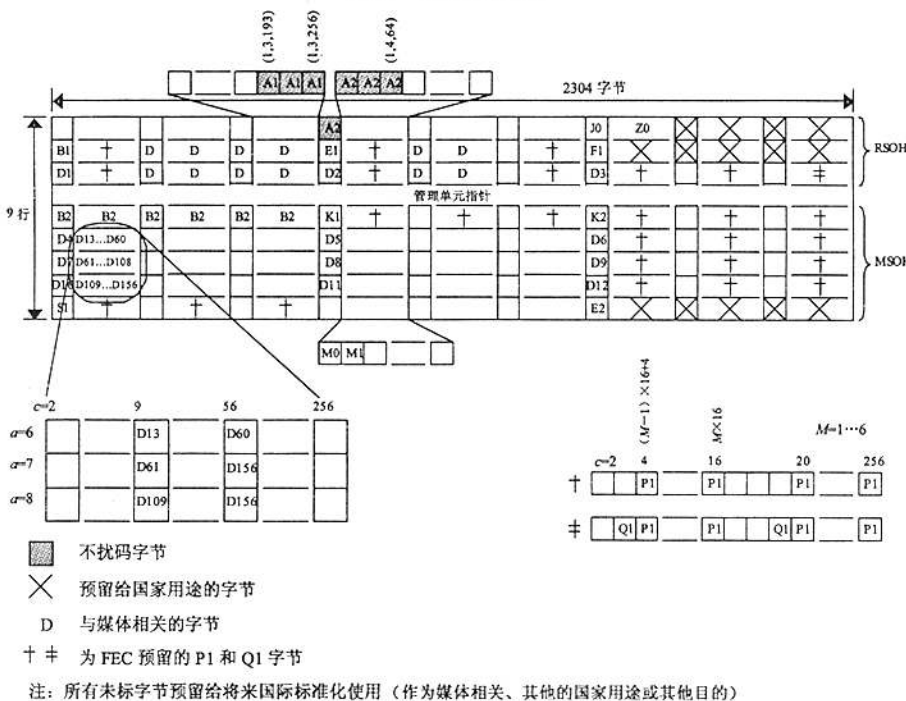
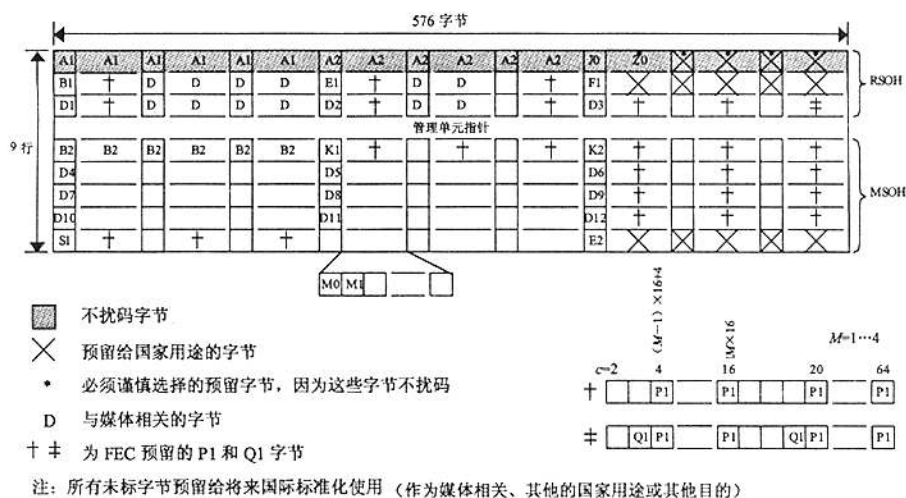
不扰码字节  
X 预留给国家用途的字节  
△ 与媒体相关的字节  
 注：所有未标字节预留给将来国际化使用（作为媒体相关、其他的国家用途或其他目的）

图42 STM-4 SOH



不扰码字节  
X 预留给国家用途的字节  
D 与媒体相关的字节  
+ # 为 FEC 预留的 P1 和 Q1 字节  
 注：所有未标字节预留给将来国际化使用（作为媒体相关、其他的国家用途或其他目的）

图43 STM-16 SOH



## 9.2.2 SOH 字节描述

### 9.2.2.1 帧定位字节：A1、A2

帧定位定义了两种字节：

- A1: 11110110
- A2: 00101000

STM-N 帧 (N=1、4、16、64) 的帧定位码字由 3×N 个 A1 字节和随后的 3×N 个 A2 字节构成，



如图 42~图 44 所示。STM-256 帧的帧定位码字由标定于  $S(1,3,193)[1,705]$ ~ $S(1,3,256)[1,768]$  的 64 个 A1 字节和随后的标定于  $S(1,4,1)[1,769]$ ~ $S(1,4,64)[1,832]$  的 64 个 A2 字节构成,如图 45 所示。标定于  $S(1,1,1)[1,1]$ ~ $S(1,3,192)[1,704]$  和  $S(1,4,65)[1,833]$ ~ $S(1,9,256)[1,1536]$  的字节预留给将来的国际化(作为媒体相关的、其他的国家用途和其他目的)。

注: STM-256 帧的第一行的预留字节应采用一种码型,以提供有效转换且使扰码后能无明显的 DC 不平衡。

#### 9.2.2.2 再生段踪迹字节: J0

STM-N 帧中标定于  $S(1,7,1)[1,6N+1]$  的 J0 字节分配给再生段踪迹,该字节用于重复地发送段接入点标识符,使段接收器可检验其与指定的发送器的连续连接。在一个国家网络或单一运营商辖区内,该段接入点标识符既可采用单字节(包含 0~255 个码),也可采用 ITU-T G.831(2000)第 3 章中所定义的接入点标识符格式。在国际边界或不同运营商的网络边界,除提供传送的运营商之间另有相互约定之外,应采用 ITU-T G.831(2000)第 3 章中所定义的格式。

定义了一个 16 字节帧以传输符合 ITU-T G.831(2000)第 3 章定义的段接入点标识符。该帧的第一个字节是一个帧头字节,并包括前一帧 CRC-7 计算的结果,随后的 15 字节用来传送段接入点标识符所需的 15 个 ITU-T T.50 定义的字符(国际参考版)。该 16 字节帧的描述如表 5 所示

表5 路径 API 的 16 字节帧

字节 No.	数值(比特 1、2、…、8)							
1	1	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>
2	0	X	X	X	X	X	X	X
3	0	X	X	X	X	X	X	X
:	:	:	:	:	:	:	:	:
16	0	X	X	X	X	X	X	X

注 1: 每字节的第一比特 1000 0000 0000 0000 是踪迹标识符帧定位信号。  
注 2: C<sub>1</sub>C<sub>2</sub>C<sub>3</sub>C<sub>4</sub>C<sub>5</sub>C<sub>6</sub>C<sub>7</sub> 是前一帧 CRC-7 计算的结果, C<sub>1</sub> 是 MSB, 该 CRC-7 计算的描述由附录 B 给出。  
注 3: XXXXXXXX 表示一个 T.50 字符

为采用再生段踪迹功能的设备与采用 STM 标识符功能的老设备(见注)之间互通,前者应能传输 J0 的“0000 0001”码型。

注 1: C<sub>1</sub> 为 STM 标识符。

注 2: 在本标准的老版本中,标定于  $S(1,7,1)[1,6N+1]$ ~ $S(1,7,N)[1,7N]$  的字节定义为一个唯一的标识符,用来指示复列数、间插层数和  $c$  的二进制数值,它还可用于辅助帧定位。

#### 9.2.2.3 备用字节: Z0

标定于  $S(1,7,2)[1,6N+2]$ ~ $S(1,7,N)[1,7N]$  的字节预留给将来国际化使用。

为采用再生段踪迹功能的设备与采用 STM 标识符功能的老设备(见注 1)之间互通,这些字节应按如下注解来定义。

注 1: C<sub>1</sub> 为 STM 标识符。

注 2: 在本标准的老版本中,标定于  $S(1,7,1)[1,6N+1]$ ~ $S(1,7,N)[1,7N]$  的字节定义为一个唯一的标识符,用来指示复列数、间插层数和  $c$  的二进制数值,它还可用于辅助帧定位。

#### 9.2.2.4 BIP-8 字节: B1

一个字节分配给再生段差错监视,该功能采用偶校验的比特间插奇偶校验 8bit 码(BIP-8)。对扰码后的前一个 STM-N 帧的所有比特进行 BIP-8 计算,并将计算结果置于扰码前的当前帧的 B1 字节。扰码

过程详见 6.5 节。

注：比特间插奇偶校验-X (BIP-X) 由 3.13 节定义。

9.2.2.5 公务字节：E1、E2

这两个字节可用于提供语音通信的公务信道。E1 是 RSOH 的一部分，可在再生器接入；E2 是 MSOH 的一部分，可在复用段终端接入。

9.2.2.6 使用者信道字节：F1

该字节预留给使用者专用（例如：为特殊维护目的提供临时数据/语音信道连接）。

9.2.2.7 再生段数据通信信道（DCCR）字节：D1~D3

采用 D1、D2 和 D3 字节的 192 kbit/s 信道定义为再生段 DCC。

9.2.2.8 复用段数据通信信道（DCCM）字节：D4~D12

对 STM-N (N=1、4、16、64、256)，采用 D4 至 D12 字节的 576 kbit/s 信道定义为再生段 DCC。

9.2.2.9 扩展的复用段数据通信信道（DCCMx）字节：D13~D156

对 STM-256，采用 D13~D156 字节的 9 216 kbit/s 信道定义为扩展的再生段 DCC。

D13~D60 标定  $S(6,1,9) \sim S(6,1,56)$ 。

D61~D108 标定  $S(7,1,9) \sim S(7,1,56)$ 。

D109~D156 标定  $S(8,1,9) \sim S(8,1,56)$ 。

9.2.2.10 BIP-N×24 字节：B2

B2 字节分配给复用段差错监视功能，该功能是采用偶校验的比特间插奇偶校验 N×24bit 码（BIP-N×24）。对前一个 STM-N 帧除 SOH 前 3 行之外的所有比特进行 BIP-N×24 计算，并将计算结果置于当前帧的 B2 字节。

注 1：ITU-T G.829 要求支持 BIP-1（参见 YD/T 1300）。

注 2：如设备现有设计不能用硬件实现 BIP-N×24，可以应用软件实现 BIP-N×24（参见 YDN099）。

注 3：在 2001 年以前，网上已投入运行的设备可能不支持 BIP-1，如果支持 BIP-N×24 也可以使用（参见 YD/T 1300）。

9.2.2.11 自动保护倒换（APS）信道字节：K1、K2 (b1~b5)

两个字节（K1 和 K2）分配给用于复用段保护的 APS 信令，这些字节的比特分配和面向比特的协议由 ITU-T G.841 给出。

9.2.2.12 复用段远端缺陷指示（MS-RDI）字节：K2 (b6~b8)

复用段远端缺陷指示（MS-RDI）用于向发送端回传一个指示，以指示接收端已检测到输入段缺陷或正在接收 MS-AIS 信号。MS-RDI 通过在扰码前的 K2 字节的第 6、7 和 8 比特插入“110”码来产生。

9.2.2.13 同步状态字节：S1 (b5~b8)

字节 S(9,1,1) [9,1] 的第 5~8 比特分配给同步状态信息，表 6 给出与 ITU-T 相符的 4 个同步等级的比特码型安排。还指定了另外两种比特码型：一种用以指示未知的同步质量，另一种用以指示段内不用作同步的信号。其余码型预留给各管理机构所定义的质量等级。

表6 SSM 比特码型安排

S1 比特 (b5~b8)	SDH 同步质量等级描述
0000	质量等级未知（现有同步网）
0001	预留
0010	ITU-T G811

表 6 (续)

S1 比特 (b5~b8)	SDH 同步质量等级描述
0011	预留
0100	SSU-A (第一级同步供给单元)
0101	预留
0110	预留
0111	预留
1000	SSU-B (第二级同步供给单元)
1001	预留
1010	预留
1011	ITU-T G.813 选项 I: SDH 网元设备时钟 (SEC)
1100	预留
1101	预留
1110	预留
1111	同步信号不可用, 不用作同步 (注)

注: 该信息可用设备失效来仿真, 也可用复用段 AIS 信号来仿真。“不用作同步”质量等级的安排是强制性的, 因为复用段 AIS 的接收不一定解释为物理失效同步源接口端指示, 该安排使已确认的状态与复用段 AIS 检测过程的无关

#### 9.2.2.14 复用段远端差错指示 (MS-REI) 字节: M0、M1

对 STM-N (N=1、4、16), 1 个字节 (M1) 分配给复用段 REI。

对 STM-N (N=64、256), 2 个字节 (M0、M1) 分配给复用段 REI。

注 1: 支持 MS-REI 的设备与不支持 MS-REI 的设备之间的互通不能自动地获得。

注 2: 对本标准生效前设计的 STM-64 设备接口可能只支持单一 M1 字节 REI, 新设备的 STM-64 接口必须可配置支持单一 M1 字节 REI。

注 3: 互通不能自动获得, 应使用管理系统来配置。

对 STM-N 等级, 该字节传送由 BIP-24×N (B2) 以差错方式检测出的间插比特块计数 (其范围为: [0, 255/65,536])。对 STM-16, 该计数值截断到 255。

STM-1 的 M1 的产生: 该字节应设置来传送由 BIP-24 码以差错方式检测出的间插比特块计数, 其范围为: [0, 24]。

STM-1 的 M1 的解释: 该字节的数值解释如表 7 所示。

表 7 STM-1 M1 的解释

M1[2-8]码 (234 5678 比特)	解 释
000 0000	0 BIP 违例
000 0001	1 BIP 违例
000 0010	2 BIP 违例
000 0011	3 BIP 违例
:	:
001 1000	24 BIP 违例
001 1001	0 BIP 违例
001 1010	0 BIP 违例
:	:
111 1111	0 BIP 违例

注: M1 字节第 1 比特可忽略

STM-4 的 M1 的产生：该字节应设置来传送间由 BIP-96 码以差错方式检测出的插比特块计数，其范围为：[0, 96]。

STM-4 的 M1 的解释：该字节的数值解释如表 8 所示。

STM-16 的 M1 的产生：该字节应设置来传送由 BIP-384 码以差错方式检测出的间插比特块计数，其范围为：[0, 255]，其中该计数值截断到 255。

表8 STM-4 M1 的解释

M1[2-8]码 (234 5678 比特)	解 释
000 0000	0 BIP 违例
000 0001	1 BIP 违例
000 0010	2 BIP 违例
000 0011	3 BIP 违例
000 0100	4 BIP 违例
000 0101	5 BIP 违例
:	:
110 0000	96 BIP 违例
110 0001	0 BIP 违例
110 0010	0 BIP 违例
:	:
111 1111	0 BIP 违例

注：M1 字节第 1 比特可忽略

STM-16 的 M1 的解释：该字节的数值解释如表 9 所示。

表9 STM-16 M1 的解释

M1[2-8]码 (1234 5678 比特)	解 释
0000 0000	0 BIP 违例
0000 0001	1 BIP 违例
0000 0010	2 BIP 违例
0000 0011	3 BIP 违例
0000 0100	4 BIP 违例
0000 0101	5 BIP 违例
:	:
1111 1111	255 BIP 违例

STM-64 的 M0 和 M1 的产生：这两个字节应设置来传送由 BIP-1536 码以差错方式检测出的间插比特块计数，其范围为：[0, 1536]。M0 字节的第 1 比特是最高有效比特，M1 字节的第 8 比特是最低有效比特。如果与支持单一 M1 字节 REI 的老设备互通，所传送的计数值截断到 255，并插入 M1 字节。

STM-64 的 M0 和 M1 的解释：M0 和 M1 字节的数值解释如表 10 所示。如果与支持单一 M1 字节 REI 的老设备互通，M1 字节的数值解释如表 11 所示。

表10 STM-64 M0 和 M1 的解释

M0[1-8]码 (1234 5678 比特)	M1[1-8]码 (1234 5678 比特)	解 释
0000 0000	0000 0000	0 BIP 违例
0000 0000	0000 0001	1 BIP 违例
0000 0000	0000 0010	2 BIP 违例
0000 0000	0000 0011	3 BIP 违例
0000 0000	0000 0100	4 BIP 违例

表 10 (续)

M0[1-8]码 (1234 5678 比特)	M1[1-8]码 (1234 5678 比特)	解 释
0000 0000	0000 0101	5 BIP 违例
:	:	:
0000 0110	0000 0000	1536 BIP 违例
0000 0110	0000 0001	0 BIP 违例
0000 0110	0000 0010	0 BIP 违例
:	:	:
1111 1111	1111 1111	0 BIP 违例

表11 STM-64 M1 的解释

M1[2-8]码 (1234 5678 比特)	解 释
0000 0000	0 BIP 违例
0000 0001	1 BIP 违例
0000 0010	2 BIP 违例
0000 0011	3 BIP 违例
0000 0100	4 BIP 违例
0000 0101	5 BIP 违例
:	:
1111 1111	255 BIP 违例

STM-256 的 M0 和 M1 的产生: 这 2 个字节应设置来传送由 BIP-6144 码以差错方式检测出的间插比特块计数, 其范围为: [0, 6144]。M0 字节的第 1 比特是最高有效比特, M1 字节的第 8 比特是最低有效比特。

STM-256 的 M0 和 M1 的解释: M0 和 M1 字节的数值解释如表 12 所示。

表12 STM-256 M0 和 M1 的解释

M0[1-8]码 (1234 5678 比特)	M1[1-8]码 (1234 5678 比特)	解 释
0000 0000	0000 0000	0 BIP 违例
0000 0000	0000 0001	1 BIP 违例
0000 0000	0000 0010	2 BIP 违例
0000 0000	0000 0011	3 BIP 违例
0000 0000	0000 0100	4 BIP 违例
0000 0000	0000 0101	5 BIP 违例
:	:	:
0001 1000	0000 0000	6144 BIP 违例
0001 1000	0000 0001	0 BIP 违例
0001 1000	0000 0010	0 BIP 违例
:	:	:
1111 1111	1111 1111	0 BIP 违例

#### 9.2.2.15 与媒介相关的字节

标定于  $S(2,2,X)$   $[2,N+X]$ 、 $S(2,3,X)$   $[2,2N+X]$ 、 $S(2,5,X)$   $[2,4N+X]$ 、 $S(3,2,X)$   $[3,N+X]$ 、 $S(3,3,X)$   $[3,2N+X]$ 和  $S(3,5,X)$   $[3,4N+X]$ 的  $6N$  个字节预留给与媒体相关的应用, 其中  $X=1, \dots, N$ 。

这些与媒体相关的字节定义不属于本标准的范围。

注: 对 SDH 无线通信, 这些字节在 ITU-R F.750 中定义。

### 9.2.3 简化 SOH 功能接口

对某些应用（例如站内接口），可以采用具有简化 SOH 功能的接口。用于这种接口的 SOH 字节由表 13 给出。

#### 9.2.4 前向纠错字节：P1、Q1

对 STM-16、STM-64 和 STM-256，P1 和 Q1 字节预留给可选的前向纠错（FEC）功能。STM-64 和 STM-256 的 FEC 功能和 P1 和 Q1 字节用法的细节由附录 A 给出，STM-16 的 FEC 功能和 P1 和 Q1 字节用法的细节由 ITU-T G.707/Y.1322（2007）附件 IX 给出。

注：关于再生器的功能和透明性参见附录 A.4。

## 9.3 POH 描述

### 9.3.1 VC-4-Xc/VC-4/VC-3 POH

#### 9.3.1.1 概述

VC-4-Xc POH 标定于 9 行 × (X×261) 列 VC-4-Xc 结构的第一列。

VC-4 POH 标定于 9 行 × 261 列 VC-4 结构的第 1 列。

VC-3 POH 标定于 9 行 × 85 列 VC-3 结构的第 1 列。

VC-4-Xc/VC-4/VC-3 POH 由 J1、B3、C2、G1、F2、H4、F3、K3 和 N1 9 个字节组成（如图 68 和图 11 所示），这些字节的分类如下：

- 用于与净荷功能无关的端到端通信的字节或比特：J1、B3、C2、G1、K3（b1~b4）；
- 净荷类型专用字节：H4、F2、F3；
- 预留给将来国际标准化使用的比特：K3（b5~b8）；
- 可在运营者范围内重写的字节（不影响 B3 字节的端到端性能监视条件）：N1。

注：与净荷有关的信息和与净荷无关的信息通过 C2 字节和 G1 字节的第 5~第 7 比特的不同编码进行通信。

表13 简化 SOH 功能接口

SOH 字节	发送功能	接收功能
A1、A2	需要	需要
J0-Z0/C1	可选	可选
B1	需要	不用
E1	不用	不用
F1	不用	不用
D1-D3	不用	不用
B2	需要	需要
K1、K2 (APS)	可选	可选
K2 (MS-AIS)	需要	需要
K2 (MS-RDI)	需要	需要
D4-D12	不用	不用
S1	不用，生成 00001111	不用
M1	需要	可选
E2	不用	不用
其他字节	不用	不用

需要：在接口处这些信号应包含本标准所定义的有效信息。  
 可选：这些信号可能出现也可能不出现有效信息，这些功能的使用属于局部应用。  
 不用：该功能在接口处不作定义，如无特殊规定，其内容应按区域标准设置为 00000000 或 11111111

### 9.3.1.2 通道踪迹字节: J1

该字节是虚容器的第1个字节,其位置由相关的 AU- $n$  ( $n=4$ ) 或 TU-3 指针指示。该字节用于重复地发送通道接入点标识符,使通道接收终端能确认其与指定的发送器的持续连接。为接入点标识符的传输定义了一个 16 字节帧,该 16 字节帧与 9.2.2.2 节为 J0 字节的描述所定义的 16 字节帧相同。在国际网络边界或不同运营商的网络边界,应采用 ITU-T G831 (2000) 第 3 章所定义的格式,除非提供传送的不同运营商之间另有相互协定。在国内网络或单一运营商网络范围内,该通道接入点标识符可能采用 64 字节帧。

### 9.3.1.3 通道 BIP-8 字节: B3

1 个字节分配给每个 VC-4-Xc/VC-4/VC-3,用于通道差错监视功能。该功能采用偶校验的 BIP-8 码,通道 BIP-8 对前一个 VC-4-Xc/VC-4/VC-3 的所有比特进行计算,其计算结果置于当前 VC-4-Xc/VC-4/VC-3 的 B3 字节。

### 9.3.1.4 信号标记字节: C2

1 个字节分配给 C2 以指示 VC-4-Xc/VC-4/VC-3 的组成或维护状态,表 14 给出 C2 字节基于 16 进制的编码。

表14 C2 字节编码

MSB (1234)	LSB (5678)	Hex 码 (注 1)	解 释
0000	0000	00	未装载或监控-未装载信号 (注 2)
0000	0001	01	预留 (注 3)
0000	0010	02	TUG 结构, 见 7.2 节
0000	0011	03	锁定的 TU- $n$ (注 4)
0000	0100	04	34 368 kbit/s 或 44 736 kbit/s 到 C-3 的异步映射, 见 10.1.2 节
0000	0101	05	实验的映射 (注 9)
0001	0010	12	139 264 kbit/s 到 C-4 的异步映射, 见 10.1.1.1 节
0001	0011	13	ATM 映射, 见 10.2.1 和 10.2.2 节
0001	0100	14	MAN DQDB [1]映射, 见 10.4 节
0001	0101	15	FDDI [3]-[11]映射, 见 10.5 节
0001	0110	16	HDLC/PPP [12]、[13]帧信号的映射, 见 10.3 节
0001	0111	17	预留给所有者使用 (注 10)
0001	1000	18	HDLC/LAPS [15] 帧信号的映射, 见 10.3 节
0001	1001	19	预留给所有者使用 (注 10)
0001	1010	1A	10Gbit/s 以太帧[14]的映射, 见附录 F
0001	1011	1B	GFP 映射, 见 10.6 节
0001	1100	1C	10Gbit/s 光纤信道帧的映射 (注 8)
0001	0000	20	ODUk ( $k=1, 2$ ) 到 VC-4-Xv ( $X=17, 68$ ) 的异步映射, 见 10.7 节
1100	1111	CF	预留 (注 7)
1101	0000	D0	预留给所有者使用 (注 10)
...	...	...	
1101	1111	DF	预留给国家使用
1110	0001	E1	
...	...	...	
1111	1100	FC	
1111	1110	FE	测试信号, ITU-T O.181 专用映射 (注 5)
1111	1111	FF	VC-AIS (注 6)

表 14 (续)

MSB (1234)	LSB (5678)	Hex 码 (注 1)	解 释
注 1: 有 191 个备用码留给将来使用。对新净荷类型, 得到这些码之一的程序可见 ITU-T G.806 (2006) 附录 A。 注 2: 值“0”表示 VC-4-Xc/VC-4/ VC-3 通道未装载或监控-未装载信号。在开路连接或在不含净荷的监控-未装载信号情形下产生该值。 注 3: 在本标准生效后设计的任何设备不应使用值“1”。过去, 该码表示“已装载-非专用”, 并在映射码没有定义于该表的情形下使用, 参见为新设计设置的“05”码。为了与老设备(即设计成仅传值“0”和值“1”)互通, 应满足下列条件: ● 为向后兼容, 老设备应将接收到的除值“0”之外的任何值解释为已装载条件; ● 为向前兼容, 当从老设备接收到值“1”时, 新设备不应产生净荷失配告警。 注 4: 为向后兼容, 即使对锁定模式字节同步映射不作定义, 码“03”仍应继续按先前的定义来解释。 注 5: ITU-T O.181 所定义的任何映射(与本标准所定义的映射无对应关系)均归入此类。 注 6: 值“FF”表示 VC-AIS。如无有效的输入信号或产生一个置换信号, 该值由 TCM 源产生。 注 7: 前一个值指配给 HDLC/PPP 帧信号[12]、[13]的废弃映射。 注 8: 这些映射待研究, 其信号标记暂时指定。 注 9: 在映射码没有定义于该表的情形下, 值“05”仅用于实验。关于该码使用的更多信息可见 ITU-T G.806 (2006) 附录 A。 注 10: 这些码值不属于进一步标准化范围, 关于该码的使用的更多信息可见 ITU-T G.806 (2006) 附录 A			

9.3.1.5 通道状态字节: G1

1 个字节分配给 G1, 以将路径终端宿检测到的通道状态和性能回传给 VC-4-Xc/VC-4/VC-3 路径终端源, 该特性使在路径的任一端或在路径的任一点上都能对全双工路径的状态和性能进行监视。G1 字节的比特安排如图 46 所示。

第 1~4 比特传送由路径终端宿采用通道 BIP-8 码 (B3) 以差错方式检测出的间插比特块的计数, 该计数有 9 个合法值, 即 0~8 个差错; 用 4bit 表示的其余 7 个可能值仅由某些无关的条件产生, 应解释为 0 差错。

第 5 比特设置为 1 时表示 VC-4-Xc/VC-4/VC-3 通道远端缺陷指示 (RDI); 其余情况均设置为 0。如果路径终端宿检测到 AU-4-Xc/AU-4 或 TU-3 服务层信号失效或路径信号失效, VC-4-Xc/VC-4/VC-3 通道 RDI 将回传到路径终端源。RDI 不指示远端净荷或适配缺陷, 而指示连接和服务层缺陷, 更多的细节可见 GB/T 16712。

REI				RDI	预留		备用
1	2	3	4	5	6	7	8

图46 VC-4-Xc/VC-4/VC-3 通道状态字节 G1

第 6 和 7 比特预留给 ITU-T G.707/Y.1322 (2007) 附录 VII.1 所描述的可选用途。如果不使用该选项, 第 6 和 7 比特应设置为 00 和 11, 并需要采用接收器来忽略这些比特的内容。该可选功能的使用由产生 G1 字节的路径终端源的所有者自行处理。

第 8 比特分配给将来的用途。该比特无定义值, 需要采用接收器来忽略其内容。

注: 对采用 ITU-T I.432 1993 年版本的设备, 可使用 G1 字节的第 5 比特来指示远端信元定界丢失 (LCD)。

9.3.1.6 通道使用者信道字节: F2、F3

这些字节分配给通道单元之间的使用者通信用途, 与净荷相关。

对 VC-4 中的 DQDB 映射, 这两个字节用于传送 DQDB 层管理信息字节 (M1 和 M2) [1]。

9.3.1.7 位置和序列指示字节: H4

该字节提供 VC-3/4 虚级联的复帧和序列指示 (参见 11.2 节) 和净荷的一般性位置指示。对后一种情况为净荷专用 (例如: H4 可用来指示 8.3.7 节所定义的 VC-12 复帧)。

对 VC-4 中的 DQDB 映射, H4 字节传送时隙边界信息和链路状态信号 (LSS)。该字节的第 1 和 2 比特用作 LSS 码[1]; 第 3~第 8 比特构成时隙偏移指示, 时隙偏移指示应包含指示 H4 字节与其后的第一



时隙边界之间的偏移字节的二进制数值，该时隙偏移指示的有效值范围是 0~52，接收值为 53~63 对应于差错条件。

#### 9.3.1.8 自动保护倒换 (APS) 信道比特: K3 (b1~b4)

这些比特分配给 VC-4/3 通道级保护的 APS 信令。

#### 9.3.1.9 网络运营者字节: N1

该字节用于提供串接连接监视 (TCM) 功能。关于 HO-TCM 功能的两种可能实现方式的细节参见附录 C 和附录 D。

#### 9.3.1.10 数据链路比特: K3 (b7~b8)

K3 字节的第 7 和 8 比特预留给高阶通道数据链路，其应用和协议不属于本标准范围。

#### 9.3.1.11 备用比特: K3 (b5~b6)

这些比特预留给将来使用，其数值无定义，需要接收器来忽略其内容。

### 9.3.2 VC-12 POH

#### 9.3.2.1 概述

V5、J2、N2 和 K4 字节分配给 VC-12 POH。V5 字节是复帧的第一个字节，其位置由 TU-12 指针指示。这些字节在复帧中的位置如图 35 所示。

注：与净荷相关的和与净荷无关的信息通过 V5 字节的第 5~7 比特和 K4 字节的第 5~7 比特的不同编码来通信。

#### 9.3.2.2 V5 字节

V5 字节提供 VC-12 通道的差错检测、信号标记和通道状态功能。V5 字节的比特安排如图 47 所示。

BIP-2		REI	RFI	信号标记			RDI
1	2	3	4	5	6	7	8

图47 VC-12 POH V5 字节

第 1 和 2 比特用于差错性能监视，规定了一个比特间插奇偶校验 (BIP) 方案：第一比特设置为在前一个 VC-12 中所有字节中全部奇数比特 (即第 1、3、5 和 7 比特) 的奇偶校验为偶，第 2 比特对在前一个 VC-12 中所有字节中全部偶数比特 (即第 2、4、6 和 8 比特) 以类似方法来设置。

注：BIP-2 的计算包括 VC-12 POH 字节，但不包括 V1、V2、V3 (采用负调整时除外) 和 V4 字节。

第 3 比特为 VC-12 通道的远端差错指示 (REI)。如果 BIP-2 检测到一个或多个差错，该比特将设置为 1，并回送给 VC-12 通道源；其他情形则设置为 0。

第 4 比特：对 VC-12，该比特的使用和内容不作定义。

注：失效为持续超过传输系统保护机制规定的最大时间的缺陷。

第 5~7 比特提供 VC-12 信号标记。这 3 个比特共有 8 个可能的二进制值，值“000”指示“VC-12 通道未装载或监控-未装载信号”；值“001”用于老设备以指示“VC-12 通道已装载-非专用的净荷”；其他值用于新设备以指示如表 15 所示的专用映射；值“101”指示由 9.3.2.4 节所描述的扩展信号标记给出的 VC-12 映射。接收到除值“000”之外的任何值均指示已装载 VC-12 通道。

第 8 比特设置为 1 以指示 VC-12 通道远端缺陷指示 (RDI)，其他情形将设置为 0。如果由路径终端宿检测到 TU-12 服务层信号失效或路径信号失效条件，VC-12 通道 RDI 将回送到路径终端源。RDI 不指示远端净荷或适配缺陷，而指示连接和服务层缺陷，更多的细节见 GB/T 16712。

#### 9.3.2.3 通道踪迹字节: J2

J2 字节用于重复地发送低阶通道接入点标识符，以使通道接收终端能确认其与指定的发送器的持续连接。该通道接入点标识符采用 ITU-T G.831 (2000) 第 3 章所定义的格式，为通道接入点标识符的传送定义了一个 16 字节帧，该帧与 9.2.2.2 节中为字节 J0 的描述所定义的 16 字节帧相同。

注：在 ITU-T G.709 (1993) 年版本生效之前开发的设备可能不支持该功能。

9.3.2.4 网络运营者字节：N2

该字节用于提供串接连接监视 (TCM) 功能。有关 LO-TCM 的实现细节参见附录 E。

9.3.2.5 扩展信号标记比特：K4 (b1)

该比特分配给扩展信号标记。如果 V5 字节的第 5~7 比特的信号标记为 101，扩展信号标记的内容有效。对 V5 字节的第 5~7 比特的其他值，扩展信号标记比特不作定义，应采用接收器来忽略这些比特的内容。

该比特包含在如图 48 所示的 32 复帧，复帧定位信号 MFAS 由“0111 1111 110”构成，扩展信号标记包含在第 12~19 比特，复帧的第 20 比特必须是“0”；其余 12bit 预留给将来标准化使用，应全部设置为“0”，并应采用接收器来忽略这些比特的内容。

表 15 VC-12 V5 信号标记编码

b5	b6	b7	含 义
0	0	0	未装载或监控-未装载信号
0	0	1	预留 (注 1)
0	1	0	异步，见 10.1.3.1 节
0	1	1	比特同步 (注 2)
1	0	0	字节同步，见 10.1.3.2、10.1.3.3 节
1	0	1	9.3.2.4 节所描述的扩展信号标记 (注 1)
1	1	0	测试信号，ITU-T O.181 专用映射 (注 3)
1	1	1	VC-AIS (注 4)

注 1：在本标准生效后设计的任何设备都不应采用值“1”。过去，该码表示“已装载-非专用”，并在映射码没有定义于该表的情形下使用，参见为新设计设置于表 16 中的码“101”和扩展信号标记“08”。为了与老设备（即设计成仅传送值“0”和值“1”）互通，应满足下列条件：

- 为向后兼容，老设备应解释任何非“0”接收值为已装载条件；
- 为向前兼容，当从老设备接收到值“1”时，新设备不应产生净荷失配告警。

注 2：为向后兼容，对 VC-12，即使对 2 048 kbit/s 信号的比特同步映射不作定义，码“3”仍应继续按先前的定义来解释。

注 3：ITU-T O.181 所定义的任何非虚级联映射（与本标准所定义的映射无对应关系）均归入此类。

注 4：值“7”指示 VC-AIS。如无有效的输入信号或产生置换信号，该值由 TCM 源产生

比特序号

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32			
MFAS											扩展信号标记							0	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

MFAS：复帧定位比特

R：预留比特

图 48 K4 字节第 1 比特复帧

注 1：在 K4 字节第 2 比特的虚级联复帧采用该比特的 MFAS，表示虚级联功能需要考虑该比特没有确认 V5 信号标记为 101。由于所有低阶虚级联净荷必须具有扩展信号标记，所以不存在矛盾问题。

注 2：如果在后级的预留给将来使用的比特启用，必须注意保证避免 9 个“1”序列（伪 MFAS）的出现。

扩展信号标记编码如表 16 所示，表 15 中的信号标记（其范围是：0~7）和表 16 中的信号标记（其范围是：08~FF）

共同构成完整的 VC-12 信号标记（其范围是：00~FF）。

注 3：信号标记“5”由不支持扩展信号标记的设备接收扩展信号标记来指示。

注 4：为与采用 10.2.3 节所描述的 ATM 映射的设备互通，可能需要接受无 K4 字节第 1 比特复帧的 V5 信号标记“5”作为已装载条件。

表16 VC-12 扩展信号标记字节编码

MSB b12b13b14b15	LSB b16b17b18b19	HEX 码 (注 1)	解 释
0000	0000	00	预留 (注 2)
...	...	...	
0000	0111	07	
0000	1000	08	实验的映射 (注 3)
0000	1001	09	ATM 映射, 见 10.2.3 节
0000	1010	0A	HDLC/PPP[12][13]帧信号映射, 见 10.3 节
0000	1011	0B	HDLC/LAPS[15]帧信号映射, 见 10.3 节
0000	1100	0C	虚级联测试信号, ITU-T O.181 专用映射 (注 4)
0000	1101	0D	GFP 映射, 见 10.6 节
1101	0000	D0	预留给所有者使用 (注 5)
...	...	...	
1101	1111	DF	
1111	1111	FF	预留

注 1：有 225 个备用码留给将来使用。对新净荷类型，获得这些码之一的程序见 ITU-T G.806 (2006) 附录 A。  
注 2：值“00”~“07”预留给非扩展（表 15）和扩展信号标记的唯一名称。  
注 3：在映射码没有定义于该表的情形下，值“08”仅用于实验。关于该码使用的更多信息可见 ITU-T G.806 (2006) 附录 A。  
注 4：ITU-T O.181 所定义的任何非虚级联映射（与本标准所定义的映射无对应关系）均归入此类。  
注 5：这 16 个码值不属于进一步标准化范围，关于这些码使用的更多信息可见 ITU-T G.806 (2006) 附录 A

### 9.3.2.6 低阶虚级联比特：K4 (b2)

该比特分配给低阶虚级联串，该比特在 32 帧中复帧构成 32 比特串，其功能在 11.3 节中描述。

### 9.3.2.7 自动保护倒换 (APS) 信道比特：K4 (b3~b4)

这些比特分配给低阶通道级保护的 APS 信令，其功能有待进一步研究。

### 9.3.2.8 预留比特：K4 (b5~b7)

K4 字节的第 5~7 比特预留给 ITU-T G.707/Y.1322 (2007) 附录 VII.2 所描述的可选应用。如果该可选项不用，这些比特应设置为“000”或“111”，并需要采用接收器来忽略这些比特的内容。可选功能的应用由产生 K4 字节的路径终端源的所有者自行处理。

### 9.3.2.9 数据链路比特：K4 (b8)

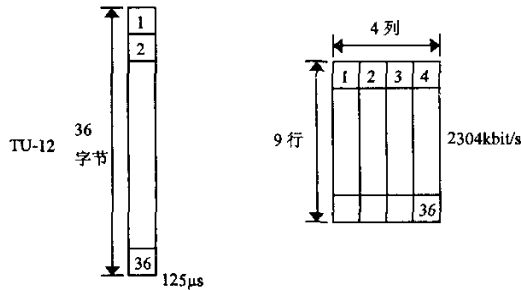
K4 字节的第 8 比特预留给低阶通道数据链路，其应用和协议不属于本标准范围。

## 10 支路到 VC-n 的映射

### 10.1 ITU-T G.702 类型信号的映射

#### 10.1.1 概述

由 ITU-T G.702 所定义的异步和同步支路的适配是可能的。TU-12 的容量和格式如图 49 所示。



注：支路单元指针字节（V1-V4）位于第一字节（采用4-帧复帧）

图49 TU-12 的容量和格式

10.1.2 映射到 VC-4

10.1.2.1 139 264 kbit/s 的异步映射

139 264kbit/s 信号可映射到 STM-1 帧的 VC-4，如图 50 和图 51 所示。

VC-4 由 9 字节（1 列）的通道开销（POH）加上 9 行×260 列净荷结构组成，如图 50 所示。

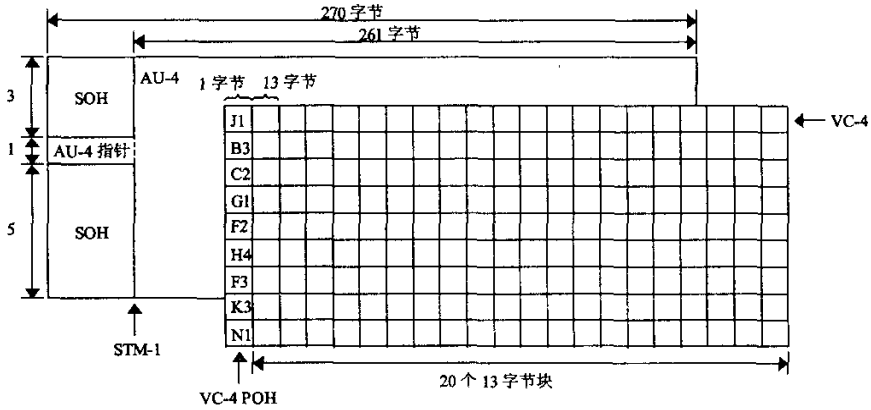
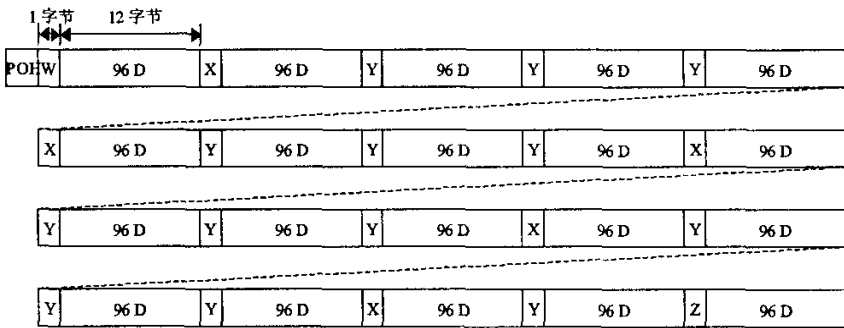


图50 VC-4 到 STM-1 的复用和 139 264 kbit/s 异步映射的 VC-4 块结构



W DDDDDDD

Y RRRRRRR

D: 数据比特

X CRRRRRO

Z DDDDDSR

R: 固定填充比特

O: 开销比特

S: 调整机会比特

C: 调整控制比特

注：该图示出 9 行 VC-4 容器结构的一行。

图51 139 264 kbit/s 支路到 VC-4 的异步映射

该净荷可用于传送一个 139 264kbit/s 信号：

- 9 行中的每一行都分割为 20 块，每块由 13 个字节构成（如图 50 所示）；
- 在每一行，提供 1 个调整机会比特（S）和 5 个调整控制比特（C）（如图 51 所示）；
- 每块的第一个字节由如下比特构成：
  - 8 个数据比特（D）（W 字节）；或
  - 8 个固定填充比特（R）（Y 字节）；或
  - 1 个调整控制比特（C）加 5 个固定填充比特（R）加 2 个开销比特（O）（X 字节）；
  - 6 个数据比特（D）加 1 个调整机会比特（S）加 1 个固定填充比特（R）（Z 字节）；
- 每块的最后 12 个字节由数据比特（D）构成。

所有这些字节的序列如图 51 所示。

开销比特（O）预留给将来的开销通信用途。

每行的 5 个调整控制比特（C）用于控制对应的调整机会比特（S），CCCCC=00000 指示 S 比特为信息比特，而 CCCCC=11111 指示 S 比特为调整比特。

为预防 C 比特的单比特和双比特误码，解同步器应采用多数判决准则来作调整决定。

当 S 比特用作调整比特时，其值不作定义。只要该比特用作调整比特，就需要接收器来忽略其内容。

### 10.1.3 映射到 VC-3

#### 10.1.3.1 44 736 kbit/s 的异步映射

44 736kbit/s 信号可映射到 VC-3，如图 52 所示。

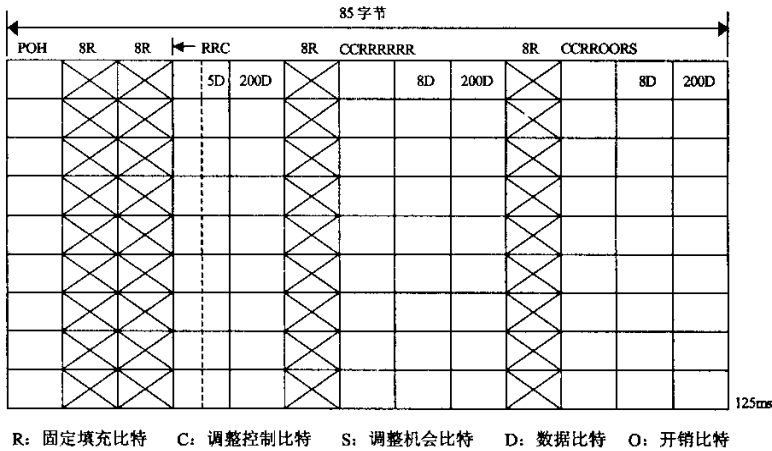


图52 44 736 kbit/s 支路到 VC-3 的异步映射

VC-3 由每 125μs 9 个子帧构成，每个子帧由 1 个 VC-3 POH 字节、621 个数据比特、5 个调整控制比特、1 个调整机会比特和 2 个开销通信信道比特构成，其余比特为固定填充（R）比特，O 比特预留给将来开销通信用途。

5 个调整控制比特用于控制调整机会（S）比特，CCCCC=00000 指示 S 比特为一个数据比特，而 CCCCC=11111 指示 S 比特为一个调整比特。为预防 C 比特的单比特和双比特误码，解同步器应采用多数判决准则来作调整决定。

当 S 比特用作调整比特时，其值不作定义。只要该比特用作调整比特，就需要接收器来忽略其内容。

10.1.3.2 34 368 kbit/s 的异步映射

34 368 kbit/s 信号可映射到 VC-3, 如图 53 所示。

VC-3 由 VC-3 POH 和每 125μs 9×84 字节的净荷构成, 该净荷分为 3 个子帧, 每个子帧由如下比特构成:

- 1431 个数据比特 (D);
- 2 组调整控制比特 (C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>), 每组 5bit;
- 2 个调整机会比特 (S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>);
- 573 个固定填充比特 (R)。

两组调整控制比特 C<sub>1</sub> 和 C<sub>2</sub> 分别用于控制两个调整机会比特 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub>, 其中每组调整控制比特由 5 个比特构成。

C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>=00000 指示 S<sub>1</sub> 为数据比特, 而 C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>=11111 指示 S<sub>1</sub> 为调整比特; C<sub>2</sub> 比特以同样方式控制 S<sub>2</sub>。为预防 C 比特的单比特和双比特误码, 解同步器应采用多数判决准则来作调整决定。

当 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 比特用作调整比特时, 其值不作定义。只要它们用作调整比特, 就需要接收器来忽略其内容。

注: 同样的映射方法可用于比特或字节同步 34 368kbit/s。此情形, S<sub>1</sub> 比特为固定填充比特, S<sub>2</sub> 比特为数据比特。通过将 C<sub>1</sub> 和 C<sub>2</sub> 比特分别设置为 1 和 0, 一个共用解同步器可用于异步和同步 34 368kbit/s 映射。

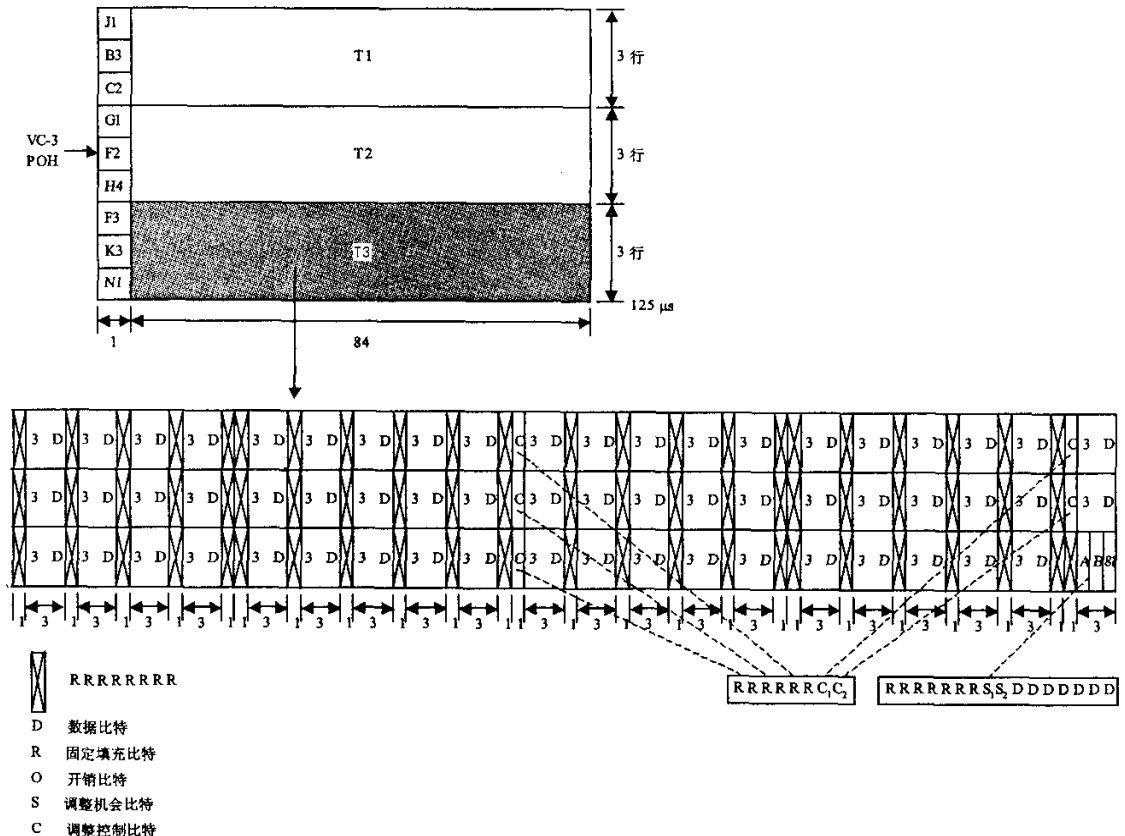


图53 34 368 kbit/s 支路到 VC-3 的异步映射

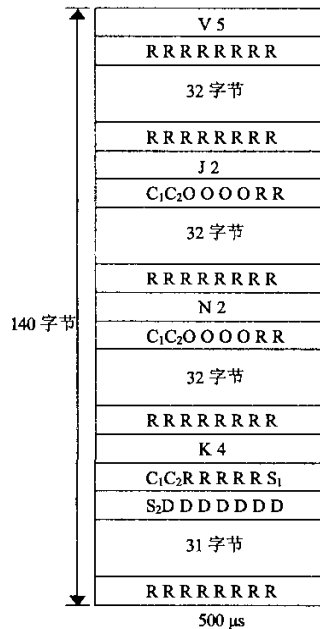
10.1.4 映射到 VC-12

10.1.4.1 概述

对基群速率映射的选择，其推荐选择准则可见 ITU-T G.803 (2000) 第 9 章。

10.1.4.2 2 048 kbit/s 的异步映射

2 048 kbit/s 信号可映射到 VC-12，在 500μs 周期内的映射如图 54 所示。



- D: 数据比特
- R: 固定填充比特
- O: 开销比特
- S: 调整机会比特
- C: 调整控制比特

图54 2 048 kbit/s 支路的异步映射

VC-12 由 VC-12 POH、1 023 个数据比特、6 个调整控制比特、2 个调整机会比特和 8 个开销通信信道比特构成，其余是固定填充比特 (R)，O 比特预留给将来开销通信用途。

两组调整控制比特 (C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>) 分别用于控制两个调整机会比特 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub>，其中每组调整控制比特由 3 个比特构成。C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>=000 指示 S<sub>1</sub> 为数据比特，而 C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>=111 指示 S<sub>1</sub> 为调整比特；C<sub>2</sub> 比特以同样方式控制 S<sub>2</sub>。为预防 C 比特的单比特误码，解同步器应采用多数判决准则来作调整决定。

当 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 比特用作调整比特时，其值不作定义。只要它们用作调整比特，就需要接收器来忽略其内容。

10.1.4.3 2 048 kbit/s 的字节同步映射

对 ITU-T G.704 的结构化 2 048 kbit/s 支路的字节同步映射，采用诸如共用信道信令 (CCS) 或随路信令 (CAS)，如图 55 所示。

10.1.4.4 31×64 kbit/s 的字节同步映射

31×64kbit/s 支路的字节同步映射如图 56 所示。

10.2 ATM 信元的映射

10.2.1 概述

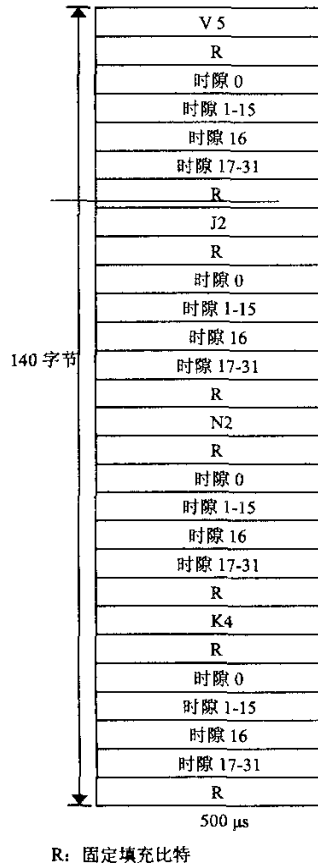


图55 2 048 kbit/s 支路的字节同步映射（30 个具有 CCS 或 CAS 的信道）

ATM 信元的映射是通过通过对每个信元的字节结构与所用的虚容器的字节结构（包括级联结构）（VC-n, VC-n-X, n≥1）之间的定位来实现的。由于相关的 C-n、C-n-Xc 或 C-n-Xv 容量不一定是 ATM 信元长度（53 字节）的整数倍，允许信元跨越 C-n、C-n-Xc 或 C-n-Xv 帧的边界。

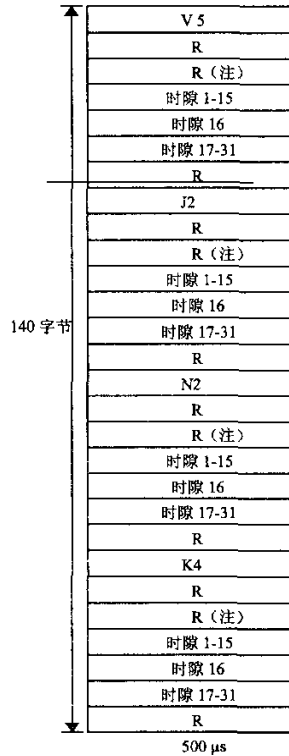
在映射到 VC-n 或 VC-n-X 之前，ATM 信元的信息域（48 字节）应扰码。对其逆过程，VC-n 或 VC-n-X 信号终止后，在通过 ATM 层之前，ATM 信元的信息域应解扰码。采用生成多项式为  $X^{43}+1$  的自同步扰码器，扰码器工作在信元的信息域的持续期间。对 5 个信头字节，扰码器停止工作，并保持扰码器状态。由于接收端的解码器与发送端扰码器不同步，启动时发送的第一个信元会劣化。因此，需要采用信元的信息域扰码来提供安全措施，以防止出现错误的信元定界和信元的信息域复制 STM-N 帧定位码字。

当 VC-n 或 VC-n-X 终止时，应恢复信元。ATM 信元信头包含一个信头差错控制（HEC）域，以获得信元定界，其用法与帧定位码字类似。这种 HEC 方法使用受 HEC（32 bit）保护的信头比特和 HEC 控制比特（8bit）之间的相关性，其中，HEC 控制比特在与生成多项式为  $g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$  的截短循环码进行计算后插入信头。

该多项式的余项插入固定码型“01010101”，以改善信元定界性能。这种方法类似于通常的帧定位恢复，定位码字是不固定的，但随信元而变化。

关于 HEC 信元定界的更多信息由 ITU-T 1.432.1 给出。





R: 固定填充比特

注: 根据 ITU-T G704, 在此处插入时隙 0 将形成图 10-9 所示的 2048kbit/s 映射

图56 31×64 kbit/s 的字节同步映射

10.2.2 映射到 VC-4-Xc/VC-4-Xv

ATM 信元流映射到 C-4-Xc 或 C-4-Xv, 并使其字节边界与 C-4-Xc 或 C-4-Xv 字节边界对齐。再将 C-4-Xc 或 C-4-Xv 映射到具有 VC-4-X POH 和 (X-1) 列固定填充的 VC-4-X (如图 57 所示)。因此, ATM 信元边界与 VC-4-X 字节边界对齐。由于 C-4-Xc 或 C-4-Xv 的容量 (X×2340 字节) 不是信元长度 (53 字节) 的整数倍, 信元可能跨越 C-4-Xc 或 C-4-Xv 帧边界。

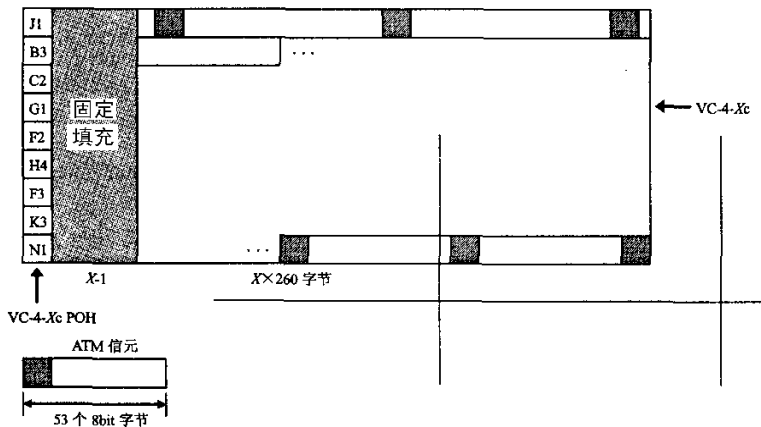


图57 ATM 信元到 VC-4-Xc 的映射

10.2.3 映射到 VC-4/VC-3

ATM 信元流映射到 C-4/C-3, 并使其字节边界与 C-4/C-3 字节边界对齐。再将 C-4/C-3 映射到具有 VC-4/VC-3 POH 的 VC-4/VC-3 (如图 58 所示)。因此, ATM 信元边界与 VC-4/VC-3 字节边界对齐。由于 C-4/C-3 的容量 (分别为 2340/756 字节) 不是信元长度 (53 字节) 的整数倍, 信元可能跨越 C-4/C-3 帧边界。

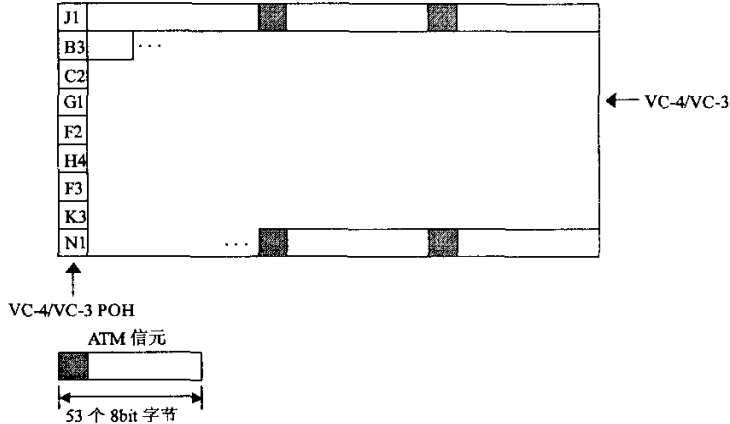


图58 ATM 信元到 VC-4/VC-3 的映射

10.2.4 映射到 VC-12

具有 2 176 kbit/s 数据速率的 ATM 信元流到 VC-12 的映射如图 59 所示。

在浮动 TU-*n* 模式中, VC-12 的结构为一个 4-帧复帧, VC-12 复帧分别由 1 个 VC-12 POH 字节和 34 或 25 字节净荷区构成。ATM 信元加载到 VC-12 净荷区, 信元的边界与任何 VC-12 字节边界对齐。因为 VC-12 净荷空间与 ATM 信元容量 (53 字节) 无关, ATM 信元边界与 VC-12 结构之间的定位在重复周期为 53 帧的序列中随帧变化, 信元可以跨越 VC-12 帧边界。

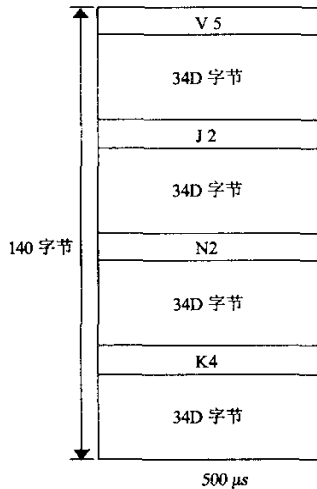


图59 ATM 信元到 VC-12 的映射

10.3 HDLC 帧信号的映射

HDLC 帧信号[2]的映射通过对具有包括级联结构在内的虚容器字节结构 (VC-*n*-Xc/VC-*n*-Xv/VC-*n*)



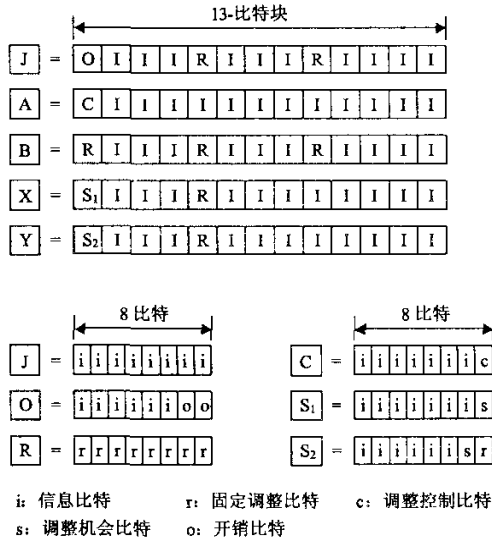


图61 FDDI 异步映射的块内容

为了适配异步 FDDI 净荷（每个 VC-4 约 15 625±1bit），需采用比特调整机制。该结构的 15 620 个信息比特（i）和 9 个调整机会比特（s）传送 FDDI 物理层比特。净荷结构每一行的 5 个调整控制比特（c）用于控制该行对应的调整机会比特。

如果 s 比特用于传送信息，5 个 c 比特设置为 0，即 {cccc=00000}；如果 s 比特用作调整比特，5 个 c 比特设置为 1，即 {cccc=11111}。当 s 比特用作调整比特时，其值不作定义。只要 s 比特用作调整比特，就需要接收器来忽略其内容。为预防 c 比特的单比特和双比特误码，解同步器应采用多数判决准则来作调整决定。

开销比特（o）预留给将来开销通信用途，其余比特为固定填充比特（r）。

10.6 GFP 帧的映射

GFP 帧流映射到 C-n (n=12、3、4、4-Xc、12/3/4-Xv)，使其字节边界与 C-n 字节边界对齐，如图 62 所示。C-n 再分别映射到具有对应 POH（由 9.3 节所规定）的 VC-n，因此，GFP 帧边界与 VC-n 字节边界对齐。由于 C-n 的容量不是可变长度 GFP 帧的整数倍，GFP 帧可能跨越 C-n 帧边界。

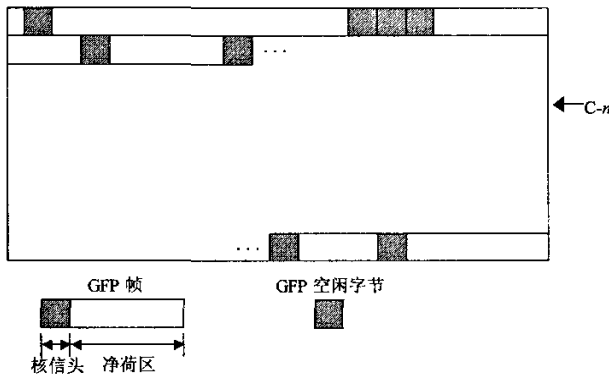


图62 GFP 帧到 C-n 的映射

GFP 帧由 GFP 核信头核 GFP 净荷区构成，由于在 GFP 适配阶段插入 GFP 空闲字节，GFP 帧具有与

VC 净荷相同的容量，并以连续的字节流到达 C-*n*，可参见 YD/T 1443。

注：在映射阶段不需要速率适配或扰码，GFP 适配过程实现了这些功能。

## 10.7 通过 VC-4-Xv 传送的 ODUk 到 C-4-Xc 的异步映射

### 10.7.1 概述

该映射的目的是提供在已有 SDH 传送网通过 VC-4 虚级联传送 OTN 元子集，见 YD/T 1462-2006 定义。

通过虚级联传送 OTN 元所需的 VC-4 的数量通过用 OTN 实体的比特率除以 VC-4-Xv 的净荷速率（即 C-4-Xc 数量）来得到，如表 17 所示。由于相除结果不是整数，需要在 C-4-Xc 净荷区插入固定填充字节并将客户信息映射到净荷区的剩余部分。

表17 SDH 虚级联 VC-4 中 OTN 元的映射

OTN 实体	ODUk 标称比特率 (kbit/s)	VC-4 虚级联阶数 (X)	C-4-Xv 标称比特率 (kbit/s)
ODU1	239/238×2 488 320 (≈2 498 775.126)	17	2 545 920
ODU2	239/237×9 953 280 (≈10 037 273.924)	68	10 183 680

ODUk 信号可扩展到由 YD/T 1462-2006 15.6.2.1 节和 15.6.2.2 节所定义的帧定位开销 (FAS 和 MFAS 字节) 和 ODUk 开销域中的全“0”码型，如图 63 所示。

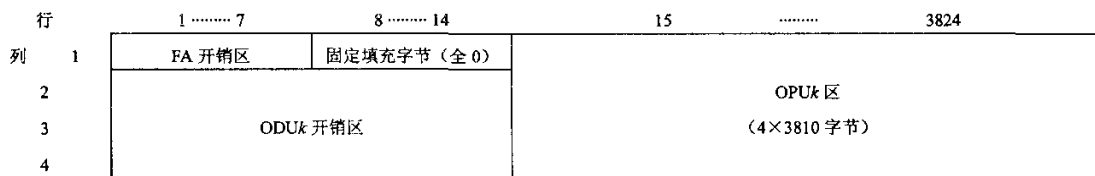


图63 扩展 ODUk 帧结构 (包含 FA OH, ODUk OH 区包含固定填充字节)

在扩展 ODUk 信号映射到 C-4-Xc 之前，需采用生成多项式为  $x^{43}+1$  的自同步扰码器扰码，扰码器工作在整个扩展 ODUk 帧，每帧不用复位。

### 10.7.2 通过 VC-4-17v 传送的 ODU1 到 C-4-17c 的异步映射

C-4-17c 的基本结构如图 64 所示，它由 9 行×4 420（即 17×260）列构成。

C-4-17c 帧通过 VC-4-17v 传送，参考 11.2 节。

扩展 ODU1 信号以下列结构异步映射到 C-4-17c：

1) 9 行中的每行分为 5 块，每块由 884 个 8 bit 字节构成（如图 65 所示）；

2) 每块分为 17 子块，每子块由 52 个 8 bit 字节构成；

● 每子块提供 1 个负调整机会 8 bit 字节 (S) 和 5 个调整控制比特 (C)；

● 每子块的第一字节由如下字节构成：

– 1 个固定填充字节 (R)；或

– 1 个调整控制字节 (J) (由 7 个固定填充比特 (R 比特：第 1~7 比特) 和 1 个调整控制比特 (C 比特：第 8 比特)；或

– 1 个负调整机会字节 (S)；

● 每子块的最后 51 个字节由数据字节 (D) 构成。

注：每块包含 (17×51)=867 个数据字节。

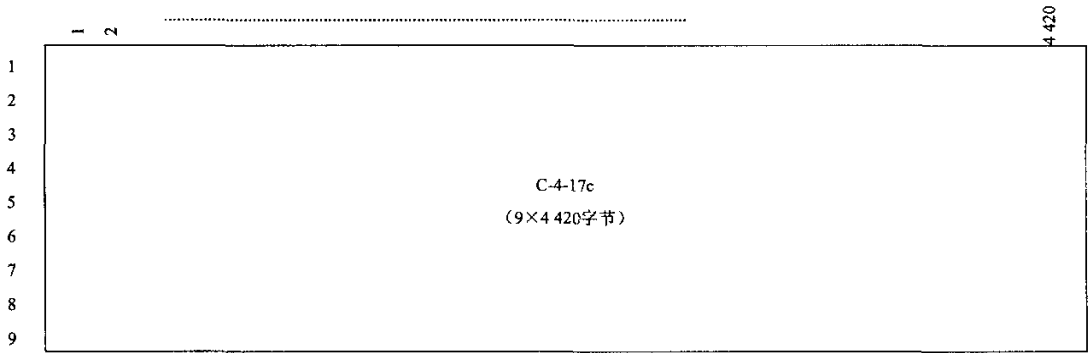


图64 C-4-17c

所有这些字节的序列如图 65 所示。

每子块中的 5 个调整控制比特 (C) 用于控制对应的负调整机会字节 (S), CCCCC=00000 指示 S 字节为信息字节, 而 CCCCC=11111 指示 S 字节为调整比特。

在同步器, 所有 5 个 C 比特设置为相同的数值。为预防 J 比特和 C 比特的单比特和双比特误码, 解同步器应采用多数判决准则 (5 个中有 3 个) 来作调整决定。

当 S 比特用作调整字节时, 其值为全“0”。只要 S 比特用作调整比特, 就需要接收器来忽略其内容。R 比特和字节的数值为全“0”, 需要接收器来忽略这些比特/字节的内容。

注: 该映射方案的 C-4-17c 与 ODU1 信号时钟之间的最大比特率容限约为  $-720 \sim +420 \times 10^{-6}$ 。标称调整率为 75/119 (约为 0.630252), 此处, 调整率归一化为 1, 即为有一个调整机会的长期平均数。

4420

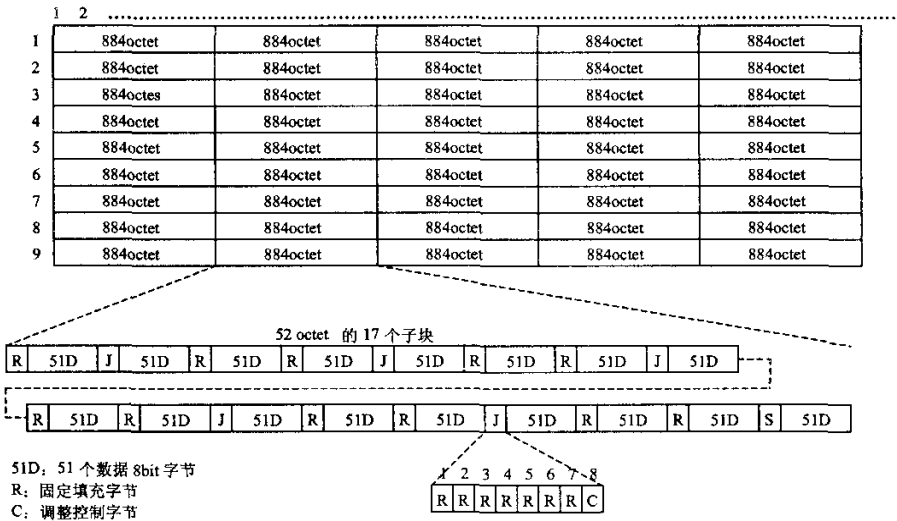


图65 ODU1 到 C-4-17c 映射的块结构

10.7.3 通过 V C-4-68c 传送的 ODU2 到 C-4-68c 的异步映射

C-4-68c 的基本结构如图 66 所示, 它由 9 行×17 680 (即 68×260) 列构成。

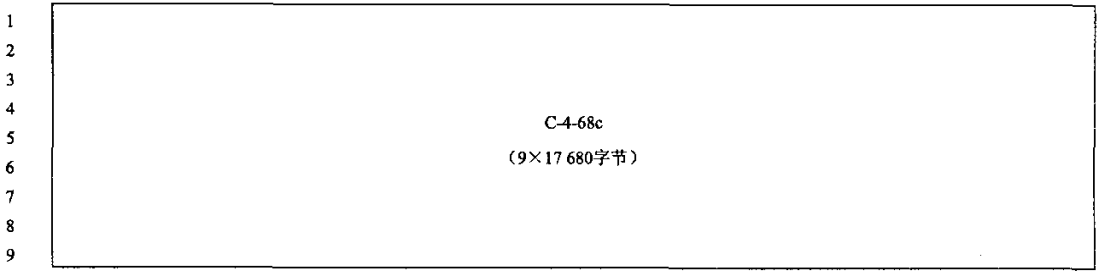


图66 C-4-68c

C-4-68c 帧通过 VC-4-68v 传送，参考 11.2 节。

扩展 ODU2 信号以下列结构异步映射到 C-4-68c:

- 1) 9 行中的每行分为 20 块，每块由 884 个 8 bit 字节构成 (如图 67 所示);
- 2) 每块分为 13 子块，每子块由 68 个 8 bit 字节构成;

- 每子块提供 1 个负调整机会 8 bit 字节 (S) 和 5 个调整控制比特 (C);
- 每子块的第一字节由如下字节构成:

- 1 个固定填充字节 (R); 或
- 1 个调整控制字节 (J) (由 7 个固定填充比特 (R 比特: 第 1~7 比特) 和 1 个调整控制比特 (C 比特: 第 8 比特)); 或
- 1 个负调整机会字节 (S);
- 每子块的最后 67 个字节由数据字节 (D) 构成。

注: 每块包含 (13×67) =871 个数据字节。

所有这些字节的序列如图 67 所示。

17,680

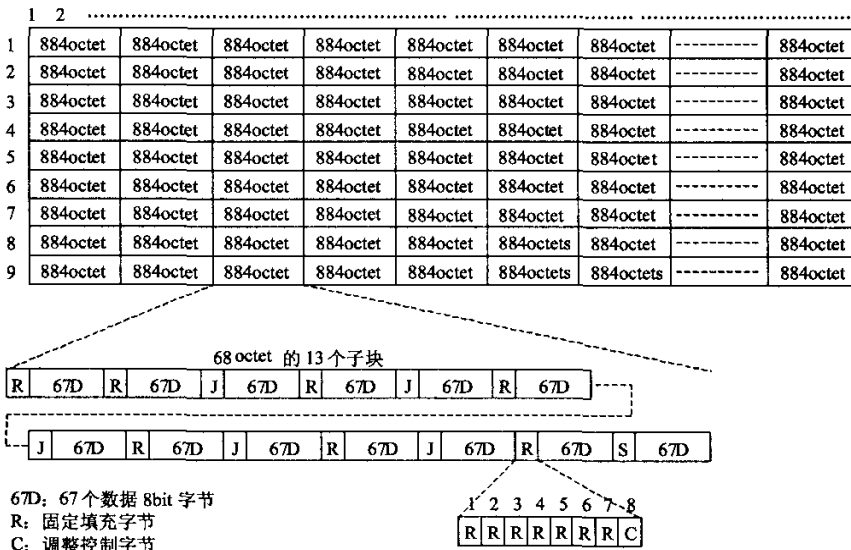


图67 ODU2 到 C-4-68c 映射的块结构

每子块中的 5 个调整控制比特 (C) 用于控制对应的负调整机会字节 (S), CCCCC=00000 指示 S 字节为信息字节, 而 CCCCC=11111 指示 S 字节为调整比特。

在同步器, 所有 5 个 C 比特设置为相同的数值。为预防 J 比特和 C 比特的单比特和双比特误码, 解同步器应采用多数判决准则 (5 个中有 3 个) 来作调整决定。

当 S 比特用作调整字节时, 其值为全 “0”。只要 S 比特用作调整比特, 就需要接收器来忽略其内容。

R 比特和字节的数值为全 “0”, 需要接收器来忽略这些比特/字节的内容。

注: 该映射方案的 C-4-68c 与 ODU2 信号时钟之间的最大比特率容限约为  $-330 \sim +810 \times 10^{-6}$ 。标称调整率为 23/79 (约为 0.291139), 此处, 调整率归一化为 1, 即为有一个调整机会的长期平均数。

## 11 VC 级联

### 11.1 概述

对不能有效适应于标准虚容器 (VC-3/4/12) 组传送的净荷, 可采用 VC 级联。对下列虚容器定义了 VC 级联:

- VC-3/4: 提供需要大于一个 C-3/4 容量的净荷传送;
- VC-12: 提供需要大于一个 C-12 容量的净荷传送。

目前已定义了两种级联方法, 即相邻级联和虚级联。这两种方法在通道终端提供  $X$  倍于 C- $n$  的级联带宽, 其差别是通道终端之间的传送。相邻级联在整个传送过程中保持邻带宽; 而虚级联把邻带宽拆分为若干独立的 VC, 并分别独立地传送, 在传输终点处这些 VC 再合成邻带宽。虚级联仅在通道终端设备上需要级联功能, 而相邻级联在每个网元上都需要级联功能。

实现这两种级联之间的转换是可能的, VC-4 的虚级联和相邻级联之间的转换由 GB/T 16712 定义。

### 11.2 $X$ 个 VC-4 的相邻级联 (VC-4- $Xc$ , $X=4, 16, 64, 256$ )

1 个 VC-4- $Xc$  提供  $X$  个 C-4 的净荷区, 如图 68 所示。标定于第一列的一组公用 POH 用于整个 VC-4- $Xc$  (例如: BIP-8 覆盖 VC-4- $Xc$  的全部  $261 \times X$  列), 第 2~ $X$  列是固定填充。

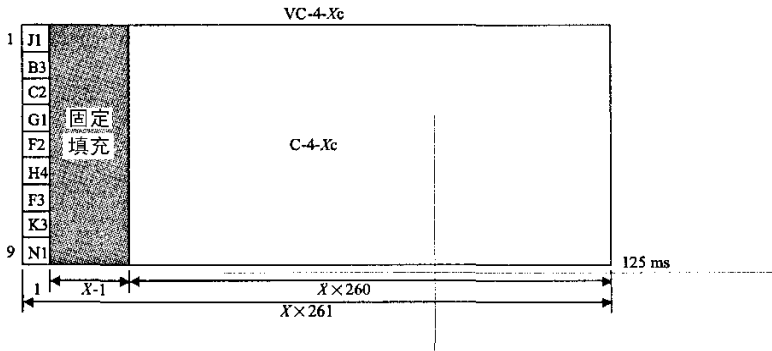


图68 VC-4- $Xc$  的结构

VC-4- $Xc$  在 STM- $N$  信号的  $X$  个邻 AU-4 中传送, VC-4- $Xc$  的第 1 列始终标定于第 1 个 AU-4, 第 1 个 AU-4 指针指明了 VC-4- $Xc$  的 J1 字节的位置, 第 2~ $X$  个 AU-4 指针设置为级联指示 (参见图 31) 以指示相邻级联净荷, 对  $X$  个级联 AU-4 和所用的  $X \times 3$  个填充字节共同进行指针调整。

VC-4- $Xc$  提供的净荷容量分别为:

- $X=4$ : 599 040 kbit/s;
- $X=16$ : 2 396 160 kbit/s;



- $X=64$ : 9 584 640 kbit/s;
- $X=256$ : 38 338 560 kbit/s.

注：对点到点的连接，高速 VC-4-Xc 的使用没有任何限制，而 SDH 网络却可能限制在某个比特率 VC-4-Xc（例如： $X \leq 64$ ），例如，对 MSSP 环，应为保护预留 50% 的 STM-N 带宽。

### 11.3 X 个 VC-3/4 的虚级联 (VC-3/4-Xv, $X = 1, \dots, 256$ )

#### 11.3.1 概述

1 个 VC-3/4-Xv 提供  $X$  个 C-3/4 (VC-3/4-Xc) 的净荷，其容量为  $X \times 48\,384/149\,760$  kbit/s，分别如图 69 和 70 所示。净荷映射入  $X$  个独立的 VC-3/4 中，并构成 VC-3/4-Xv。每个 VC-3/4 具有独立的 POH（在 9.3.1 节中规定），H4 POH 字节用于如以下定义的虚级联专用序列和复帧指示。

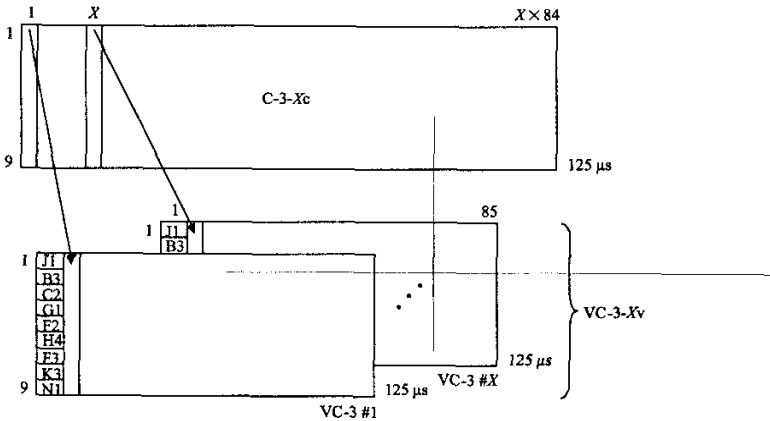


图69 VC-3-Xv 结构

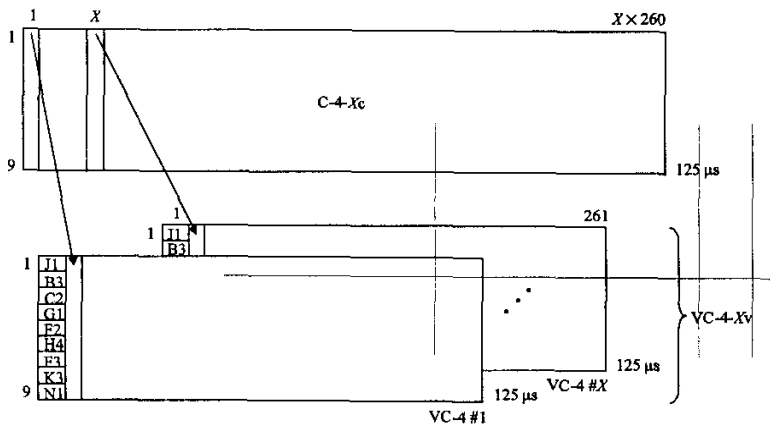


图70 VC-4-Xv 结构

VC-3/4-Xv 的每个 VC-3/4 在网络中独立传送，由于 VC-3/4 的传输时延不同，在各个 VC-3/4 之间出现差分时延，必须补偿该差分时延，进入邻净荷区的各个 VC-3/4 必须重新定位，再定位过程必须至少覆盖  $125\mu\text{s}$  的差分时延。

引入一个 2 级 512ms 复帧以覆盖  $125\mu\text{s}$  或更长（至 256ms）的差分时延。第 1 级使用 H4 字节的第 5~8 比特作为 4bit 复帧指示 (MFI1)，MFI1 随每个基本帧从 0 增加到 15。对第 2 级的 8bit 复帧指示 (MFI2)，

采用第一复帧的帧#0 (MFI2 的第 1~4 比特) 和帧#1 (MFI2 的第 5~8 比特) 的 H4 字节第 1~4 比特 (参见表 18), MFI2 随每个第一级复帧从 0 增加至 255。合成的全部复帧的长度为 4096 帧 (等于 512ms)。

序列指示 SQ 确定 VC-3/4-Xv 的各个 VC-3/4 组合构成邻虚容器 C-3/4-Xc 的序列/顺序, 如图 71 所示。VC-3/4-Xv 的每个 VC-3/4 具有固定、唯一的序号, 其范围从 0~(X-1)。传送 C-3/4-Xc 的第一个 C-3/4 的 VC-3/4 序列号为 0, 传送 C-3/4-Xc 的第二个 C-3/4 的 VC-3/4 序列号为 1, 依此类推, 传送 C-3/4-Xc 的第 X 个 C-3/4 的 VC-3/4 序列号为 (X-1)。对需要固定带宽的应用, 序列号是固定分配的, 而不能配置, 这样, 不需要使用踪迹就可检查 VC-3/4-Xv 的构造。采用第一级复帧的帧#14 (SQ 第 1~4 比特) 和帧#15 (SQ 第 5~8 比特), 8bit 特序列号 (其支持的 X 值范围从 0~256) 在 H4 字节的第 1~4 比特中传送, 如表 18 所示。

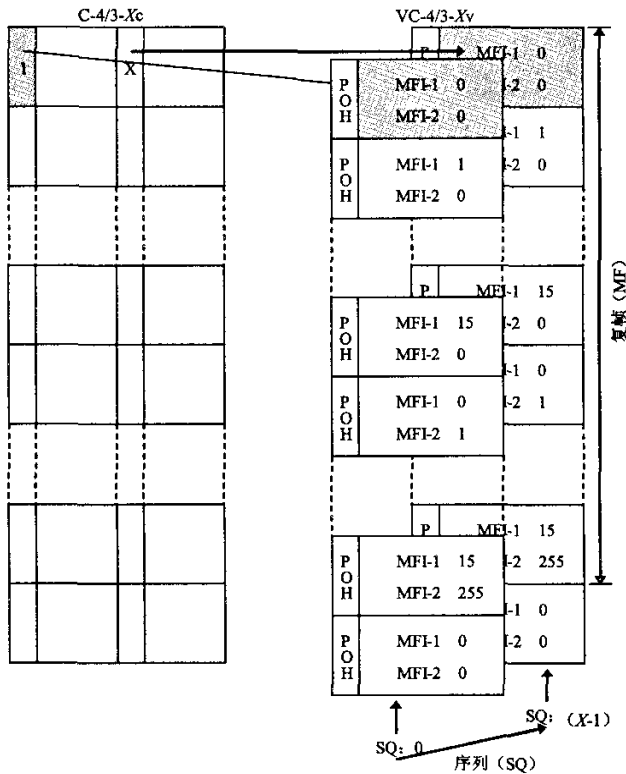


图71 VC-3/4-Xv 复帧和序列指示

表18 VC-3/4-Xv 序列和复帧指示字节 H4 编码

H4 字节								复帧 #1 的 编号	复帧 #2 的 编号
比特 1	比特 2	比特 3	比特 4	比特 5	比特 6	比特 7	比特 8		
复帧#1 指示 MFI1 (b1~b4)									
序列指示 MSB (b1~b4)				1	1	1	0	14	n-1
序列指示 LSB (b5~b8)				1	1	1	1	15	
复帧#2 指示 MFI2 MSB (b1~b4)				0	0	0	0	0	n
复帧#2 指示 MFI2 LSB (b5~b8)				0	0	0	1	1	
预留 ("0000")				0	0	1	0	2	
预留 ("0000")				0	0	1	1	3	

表 18 (续)

H4 字节								复帧 #1 的 编号	复帧 #2 的 编号
比特 1	比特 2	比特 3	比特 4	比特 5	比特 6	比特 7	比特 8		
				复帧#1 指示 MF11 (b1~b4)					
预留 ("0000")				0	1	0	0	4	n
预留 ("0000")				0	1	0	1	5	
预留 ("0000")				0	1	1	0	6	
预留 ("0000")				0	1	1	1	7	
预留 ("0000")				1	0	0	0	8	
预留 ("0000")				1	0	0	1	9	
预留 ("0000")				1	0	1	0	10	
预留 ("0000")				1	0	1	1	11	
预留 ("0000")				1	1	0	0	12	
预留 ("0000")				1	1	0	1	13	
序列指示 SQ MSB (b1~b4)				1	1	1	0	14	
序列指示 SQ LSB (b5~b8)				1	1	1	1	15	
复帧#2 指示 MF12 MSB (b1~b4)				0	0	0	0	0	
复帧#2 指示 MF12 LSB (b5~b8)				0	0	0	1	1	
预留 ("0000")				0	0	1	0	2	

### 11.3.2 用于 VC-n-Xv (n=3、4) 的高阶 LCAS

#### 11.3.2.1 高阶虚级联第一复帧

描述改进的 VC-3/4 H4 高阶虚级联第 1 复帧 (如 11.2 节所定义) 以指示用于支持高阶 LCAS 的控制码, 见 ITU-T G.7042 (2004)。

- 帧指示: 第 1 复帧和第 2 复帧计数的合成[0~4095];
- 序列指示: 确定 VCG 每个成员的序号[0~255];
- CTRL: LCAS 控制域, 见 ITU-T G.7042 (2004) 的表 1;
- GID: 组标识比特;
- 成员状态: 采用 MST 复帧的各成员状态报告 (如表 20 所示), 所有成员 (256) 的状态在 64 ms 内改变;
  - RS-Ack: 序列重建确认比特;
  - CRC: 用于虚级联 OH 快速接收的 8bitCRC 检验, 采用 CRC-8, 未检测出的差错概率优于  $1.52 \times 10^{-16}$ , CRC 生成多项式为  $x^8+x^2+x+1$ 。

表 19 VC-n-Xv 序列和复帧指示字节 H4 的编码

H4 字节								复帧 #1 的 编号	复帧 #2 的 编号
比特 1	比特 2	比特 3	比特 4	比特 5	比特 6	比特 7	比特 8		
				复帧#1 指示 MF11 (b1~b4)					
序列指示 MSB (b1~b4)				1	1	1	0	14	n-1
序列指示 LSB (b5~b8)				1	1	1	1	15	

表 19 (续)

H4 字节								复帧 #1 的编号	复帧 #2 的编号
比特 1	比特 2	比特 3	比特 4	比特 5	比特 6	比特 7	比特 8		
				复帧#1 指示 MFI1 (b1~b4)					
复帧#2 指示 MFI2 MSB (b1~b4)				0	0	0	0	0	n
复帧#2 指示 MFI2 LSB (b5~b8)				0	0	0	1	1	
CTRL				0	0	1	0	2	
GID ("000x")				0	0	1	1	3	
预留 ("0000")				0	1	0	0	4	
预留 ("0000")				0	1	0	1	5	
CRC-8				0	1	1	0	6	
CRC-8				0	1	1	1	7	
成员状态 MST				1	0	0	0	8	
成员状态 MST				1	0	0	1	9	
0	0	0	RS Ack	1	0	1	0	10	
预留 ("0000")				1	0	1	1	11	
预留 ("0000")				1	1	0	0	12	
预留 ("0000")				1	1	0	1	13	
序列指示 SQ MSB (b1~b4)				1	1	1	0	14	
序列指示 SQ LSB (b5~b8)				1	1	1	1	15	
复帧#2 指示 MFI2 MSB (b1~b4)				0	0	0	0	0	n+1
复帧#2 指示 MFI2 LSB (b5~b8)				0	0	0	1	1	
CTRL				0	0	1	0	2	
0	0	0	GID	0	0	1	1	3	
预留 ("0000")				0	1	0	0	4	
预留 ("0000")				0	1	0	1	5	
C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	0	1	1	0	6	
C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	0	1	1	1	7	
成员状态 MST				1	0	0	0	8	

表 20 H4 VC-n-Xv 成员状态

复帧#2 的帧序号	成员序号					
	0	1	2	3		
0, 32, 64, 96, 128, 160, 192, 224	4	5	6	7	MST- multiframe	
	8	9	10	11		
1, 33, 65, 97, 129, 161, 193, 225	12	13	14	15		
	.	.	.	.		
.	.	.	.			
.	.	.	.			
30, 62, 94, 126, 158, 190, 222, 254	240	241	242	243		
	244	245	246	247		
31, 63, 95, 127, 159, 191, 223, 255	248	249	250	251		MST- multiframe
	252	253	254	255		

注 1: 每个 VC-n-Xv 帧有 8 种成员状态, 在每个 2 ms 帧速率, 256 个成员需要 32 帧, 所以, 如果只有一个往返信道, 成员状态每 64 ms 要更新一次。

注 2: 按照该表, 成员状态比特的解释基于接收到成员状态字的时刻的第二复帧值。对 VC-3/4, 首先从 H4[1-4][0]和 H4[1-4][1]读取第二复帧值 (其范围为 0~255), 再利用这些值 (模 32) 作为该表的索引以确定在随后的 H4[1-4][8]和 H4[1-4][9]四位字节中接收了那个状态的成员, 它仍在同一第一复帧内, 但正好在下一个控制包中

11.3.2.2 高阶控制包

高阶控制包由下列构成：

- MST（成员状态）域（第一复帧的帧#8 和帧#9 两个 4bit 位字节）；
- RS-Ack（序列重建确认）比特（第一复帧的帧#104 bit 字节的第 4 比特）；
- SQ（序列指示）域（第一复帧的帧#14 和帧#15 两个 4bit 字节）；
- MF12（第二复帧指示）（第一复帧的帧#0 和帧#1 两个 4bit 字节）；
- CTRL（控制）域（第一复帧的帧#2 4bit 字节）；
- GID（组标识）比特（第一复帧的帧#3 4bit 字节的第 4 比特）；

● CRC-8 域与帧#6 中的 4bit 字节和帧#7 中的 4bit 字节一起发送（注：除非标明，该段落的帧序号表示第一复帧序号域），CRC-8 域 C1C2C3C4C5C6C7C8 是在控制包上 CRC-8 计算的余项。在表 19 的示例中，控制包比特包含在复帧#*n* 的帧#8...15 的 H4[1-4]和复帧#*n*+1 的帧#0...7 的 H4[1-4]（此处复帧#*n* 和#*n*+1 表示第二复帧指示比特），CRC-8 的余项按下列方式计算：控制包比特的前 14 个 4bit 字节表示最高幂为 55 的多项式  $M(x)$ ，其中第二复帧#*n* 的帧#8 的 H4[1]为最高有效比特，第二复帧#*n*+1 的帧#5 的 H4[4]为最低有效比特。 $M(x)$  先乘以  $x^8$  再除以（模 2）生成多项式  $G(x) = x^8+x^2+x+1$  以产生最高幂≤7 的余项多项式  $R(x)$ ， $R(x)$  的  $x^7$  系数对应于 CRC-8 码 C1（余项的最高有效比特）， $R(x)$  的  $x^0$  系数对应于 CRC-8 码 C8（余项的最低有效比特）；

- 所有其他第一复帧的 4bit 字节（#1、#2、#3、#4 和#5）为预留字节，应设置为“0000”。

高阶控制包起始于第一复帧的帧#8，结束于下一复帧的第一复帧的帧#7，如表 19 中粗黑框所示。

11.4 X 个 VC-12 的虚级联

11.4.1 概述

1 个 VC-12-*Xv* 提供 *X* 个 C-12 的净荷区，如图 72 所示。净荷在 *X* 个独立的 VC-12 中映射，并构成 VC-12-*Xv* 的，每个 VC-12 具有独立的 POH。

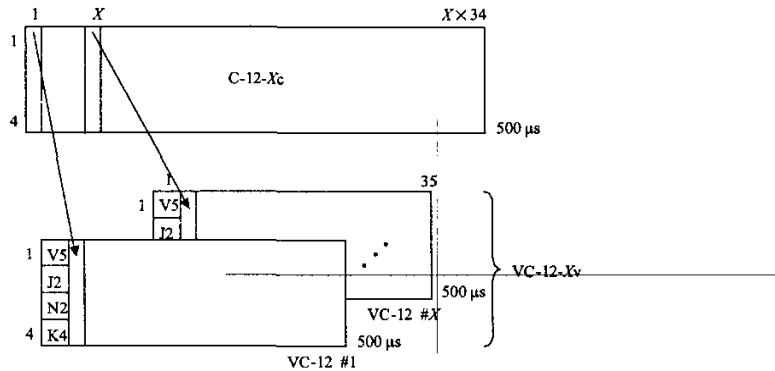


图72 VC-12-*Xv* 结构

VC-12-*Xv* 的每个 VC-12 独立地传送给网络，由于在各个 VC-12 之间出现差分时延，因此，VC-12 的次序和定位将改变。在终端处，各个 VC-12 必须重新排列和重新定位以重新建立相邻级联容器，定位过程必须至少覆盖 125μs 的差分时间。

VC-12-*Xv* 的净荷容量如表 21 所示。

为实现属于一个虚级联组的各个 VC-12 的定位，应：

- 补偿各个 VC-12 所产生的差分时延；
- 确定各个 VC-12 的独立序列号。

表21 虚级联 VC-12-Xv 的容量

	X	容量	增幅
VC-12-Xv	1~64	2 176~139 264 kbit/s	2 176 kbit/s

在实施定位的过程中，低阶 VC-n POH 的 K4 字节第 2 比特用于从虚级联信号的发送端到接收端传送该信息。32 个连续比特串(在 32 个 4 帧的复帧上)的排列如图 73 所示，该比特串每 16ms(32bit×500μs/bit)或每 128 帧重复一次。

比特序号：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
帧计数					序列指示						R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

R: 预留比特

图73 K4 字节第 2 比特复帧

K4 字节第 2 比特中低阶虚级联信息为如图 73 描述的 32 bit 复帧，K4 字节第 2 比特中低阶虚级联信息的相位应与 9.3.2.4 节所描述的 K4 字节第 1 比特扩展信号标记的相位相同。

注：虚级联 VC-12 必须使用扩展信号标记，否则，K4 字节第 2 比特复帧的帧相位不能确定。

该帧由下列域构成：低阶虚级联帧计数包含在第 1~5 比特；低阶虚级联序列指示包含在第 6~11 比特；其余 21 个比特预留给将来标准使用，并设置为全“0”，应采用接收器来忽略这些比特的内容。

低阶虚级联帧计数提供最大时延为 512 ms（即复帧长度：32×16 ms=512 ms）的差分时延的测量，共分 32 个间隔，每级间距为 16 ms。

低阶虚级联序列指示确定 VC-12-Xv 的各个 VC-12 组合构成邻容器 VC-12-Xc 的序列/次序，如图 72 所示。VC-12-Xv 的每个 VC-12 具有一个固定、唯一的序列号，其范围从 0~(X-1)。传送 C-12-Xc 第 1 个 C-12 的 VC-12 的序列号为 0，传送 C-12-Xc 第 2 个 C-12 的 VC-12 的序列号为 1，依此类推，传送 C-12-Xc 第 X 个 C-12 的 VC-12 的序列号为 (X-1)。对需要固定带宽的应用，序列号是固定分配的，不能配置，这样，不需要使用踪迹就可核查 VC-12-Xv 的构造。

#### 11.4.2 用于 VC-12-Xv 的低阶 LCAS

##### 11.4.2.1 低阶虚级联复帧

图 74 描述改进的 K4[2]低阶虚级联复帧（如 11.3 节所定义）以指示用于支持低阶 LCAS 的控制码，见 ITU-T G.7042（2004）。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
帧指示					序列指示						CTRL			GID	预留 “0000”			RS_Ack	成员状态						C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>					
																														CRC-3		

图74 支持 LCAS 编码的 K4[2] VC-12-Xv

- 帧计数：复帧计数[0~31]；
- 序列指示：确定 VCG 每个成员的序号[0~63]；
- CTRL：LCAS 控制域，见 ITU-T G.7042（2004）的表 1；
- GID：组标识比特；

● 成员状态：采用 MST 复帧的各成员状态报告（如表 22 所示），所有成员（64）的状态在 128 ms 内改变；

表22 低阶 LCAS VC-12-Xv 帧与成员的序号关系

帧序号	成员序号								MST 复帧
0, 8, 16, 24	0	1	2	3	4	5	6	7	
1, 9, 17, 25	8	9	10	11	12	13	14	15	
2, 10, 18, 26	16	17	18	19	20	21	22	23	
3, 11, 19, 27	24	25	26	27	28	29	30	31	
4, 12, 20, 28	32	33	34	35	36	37	38	39	
5, 13, 21, 29	40	41	42	43	44	45	46	47	
6, 14, 22, 30	48	49	50	51	52	53	54	55	
7, 15, 23, 31	56	57	58	59	60	61	62	63	

注：每个 VC-n-Xv 帧有 8 种成员状态，帧速率为 16 ms/帧，63 个成员需要 8 个帧，所以，如果只有一个往返信道，成员状态每 128 ms 要更新一次

- RS-Ack：序列重建确认比特；
- CRC：用于虚级联 OH 快速接收的 3bit CRC 检验，对平均误码率为  $5.32 \times 10^{-9}$  的信号，其采用 CRC-3 的未检测出的差错概率优于  $4 \times 10^{-30}$ ，CRC 生成多项式为  $x^3+x+1$ 。

#### 11.4.2.2 低阶控制包

低阶控制包由下列构成：

- 帧指示 (MFI) (5 bit: b1~b5)；
- SQ (序列指示) 域 (6 bit: b6~b11)；
- CTRL (控制) 域 (4 bit: b12~b15)；
- GID (组标识) 比特 (1 bit: b16)；
- RS-Ack (序列重建确认) 比特 (1 bit: b21)；
- 成员状态 (MST) 域 (8 bit: b22~b29)；
- CRC-3 域 (3bit: b30~b32)  $C_1C_2C_3$  是在 K4[2] 比特 1~32 上 CRC-3 计算的余项。为计算 CRC，把控制包比特 1~29 看作多项式  $M(x)$ ，其中帧#1 的 K4[2] 为  $M(x)$  的最高有效比特，帧#29 的 K4[2] 为  $M(x)$  的最低有效比特。 $M(x)$  先乘以  $x^3$  再除以 (模 2) 生成多项式  $G(x) = x^3+x+1$  以产生最高幂  $\leq 2$  的余项多项式  $R(x)$ ， $R(x)$  的  $x^2$  系数对应于 CRC-3 码  $C_1$  (余项的最高有效比特)， $R(x)$  的  $x^0$  系数对应于 CRC-3 码  $C_3$  (余项的最低有效比特)；
- 所有其他比特 (b17~b20) 为预留比特，应设置为 “0000”。

低阶 LCAS 的控制包起始和结束于同初始复帧一样的帧位置，如图 74 所示。

附录 A  
(规范性附录)

STM-64 和 STM-256 的前向纠错

### A.1 网络参考模型

带内 FEC 的网络参考模型具有如下特性：

- 1) 概念上, FEC 在 MS 层之下, 并提供 MS 层的“纠错业务”, 在中间再生器的纠错是可能的;
- 2) FEC 包括标定于 RSOH 所有 MSOH 字节和 FSI 字节并提供 AUG-N 区域的纠错;
- 3) FEC 使用 MSOH 和 RSOH 的开销字节, 再生器必须允许与 RSOH 字节相关的 FEC 通过;
- 4) FEC 插入功能将适当地补偿 B2 字节, 以反映 FEC MSOH 字节中的变化, FEC 奇偶校验包括已补偿的 B2 字节;
- 5) MS 层信号劣化和基于 B2 字节的其它性能监视功能应用于已纠错的数据, 因此, 它适用于业务相关的性能测试 (例如用于保护倒换), 但不能给出线路原始性能的相关信息;
- 6) FEC 性能监视功能可提供复用段的原始性能状态的相关信息, 带内 FEC 性能监视的应用有待于进一步研究。

### A.2 FEC 功能

#### A.2.1 码型和参数

FEC 码为截短的系统二进制 BCH 码, 它由 (8191,8152) 母码生成, 需要产生足够的奇偶校验比特以支持三级纠错。

FEC 块容量为 STM-N 的一行 (比特段), 如图 A.1 所示, 它安排在第  $8 \times N/16$  行, 即每块  $k=4320$  个信息比特加上 39 个奇偶校验比特 (即  $n=4359$ ), 最小码距为 7, 即可纠错数量  $t=3$ 。

#### A.2.2 FEC 编码器描述和算法

所采用的生成多项式为  $G(x)=G1(x) \times G3(x) \times G5(x)$ , 其中:

$$G1(x)=x^{13}+x^4+x^3+x+1$$

$$G3(x)=x^{13}+x^{10}+x^9+x^7+x^5+x^4+1$$

$$G5(x)=x^{13}+x^{11}+x^8+x^7+x^4+x+1$$

FEC 编码以逐行方式操作, 码字由如下多项式表示:

$$C(x)=I(x)+R(x)$$

其中:

$$I(x)=a_{4358}x^{4358}+\dots+a_{39}x^{39}, a_n (n=4358 \sim 39) \text{ 表示信息比特};$$

$$R(x)=a_{38}x^{38}+\dots+a_0; a_n (n=38 \sim 0) \text{ 表示奇偶校验比特}.$$

每个码块中开销的第一比特为码字的第一比特, 即  $x^{4358}$  的系数  $a_{4358}$ 。不包含在 FEC 计算的信息比特 (参见 A.2.5 节) 在 FEC 编码器和解码器中用 0 来替代。

由于采用系统码, 奇偶校验比特  $R(x)$  由下式提供:  $R(x)=I(x) \bmod G(x)$

#### A.2.3 编码器和解码器的位置

编码器总是标定于设备的发送器一侧, 并终结于 MSOH。在带内 FEC 设备的输入总有一个编码器, 并终结于 MSOH。可选择地, 一个再生器设备可解码 (纠错), 但不能再编码。



A.2.4 FEC延迟特性

解码延迟不能超过 15 μs,符合该标准的设备具有不超过 15 μs 的 FEC 处理延迟能力。对支持带内 FEC 情形,每个纠错再生器设备添加不超过 15 μs 的延迟。

A.2.5 不包括在FEC编码之内的SDH和FEC检验比特

不包括在 FEC 编码之内的比特和字节如下:

- 所有 RSOH 字节,包括不作定义的 RSOH 字节,但不包括 Q1 字节;
- 所有 FEC 奇偶校验比特。

注:尽管每个码字的奇偶校验比特  $R(x)$ 在信息比特  $I(x)$ 位置中传送,但它们不包括在  $I(x)$ 内;它们构成码字  $C(x)$ 的  $R(x)$ 部分,因此,  $R(x)$ 可以纠错。对  $I(x)$ 纠错的中间再生器必须在奇偶校验  $R(x)$ 内纠错。在 MS 终结点,奇偶校验比特  $R(x)$ 内的纠错是不必要的。

A.3 映射到SDH帧

A.3.1 概述

为了将延迟减到最小(相对于保持 RSOH/MSOH 层的完整性),采用 FEC 奇偶校验比特的 MSOH 和 RSOH 用于把每编码器/解码器的延迟限制到 30 μs。

图 45 和图 46 给出 STM- $N$  ( $N=64、256$ ) 信号的 P1 与 Q1 奇偶校验和状态字节的配置。

A.3.2 信息比特的位置

STM- $N$  ( $N=64、256$ ) 9 行的每一行认为是相同和独立的,对信息比特  $I(x)$ , SOH 和 AUG- $N$  没有差别。

STM- $N$  帧的第  $K$  行如图 A.1 所示,其传输顺序为逐行传输。行划分为比特段,每  $8 \times N/16$  bit 构成一个比特段。FEC 信息比特  $a_n$  ( $n=4\ 358 \dots 39$ ) 标定于图中所示位置,每一子行构成 FEC 功能的一个信息字  $I(x)$ 。

注:对奇偶校验  $R(x)$ 的计算,一些 FEC 信息比特  $a_n$  设置为 0,参见 A.2.5 节。

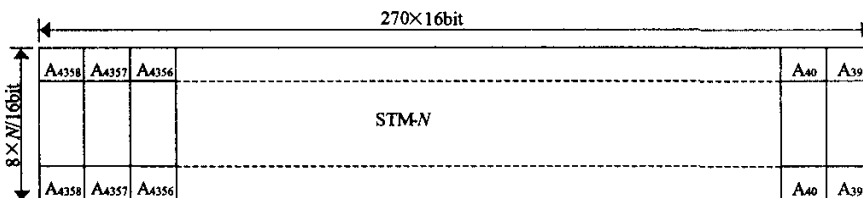
8 线路比特间插与 BCH-3 一起为 STM-64 和 STN-256 的每行提供 24bit 突发纠错能力。

A.3.3 带内FEC奇偶校验的位置

P1 字节分配给 FEC 奇偶校验,在图 A.1 中 STM- $N$  每子行有一个奇偶校验比特组  $a_n$  ( $n=0 \dots 38$ ),即  $8 \times N/16$  组,第  $K$  行的 FEC 奇偶校验比特  $a_n$  ( $n=0 \dots 38$ ) 标定于如下 SOH 字节中:

$$S(x,y,M \times 16 - n + 13 \times \text{Int}[n/13])$$

其中:STM- $N$  第  $K$  行和奇偶校验比特  $x$  和  $y$  从表 A.1 得到;对 STM-64,  $M=1、2、3、4$ ;对 STM-256,  $M=1、2、\dots、16$ 。



图A.1 STM-N 帧第 K 行的 FEC 信息比特

表A.1 第  $M$  行 FEC 奇偶校验位置的  $(x, y)$  值

第 $K$ 行	$(x, y)$	$(x, y)$	$(x, y)$
	$a_n: 26 \leq n \leq 38$	$a_n: 13 \leq n \leq 25$	$a_n: n \leq 12$
1	2,1	2,4	2,6
2	3,1	3,4	3,6
3	3,7	3,8	3,9
4	5,4	5,5	5,6
5	5,7	5,8	5,9
6	6,7	6,8	6,9
7	7,7	7,8	7,9
8	8,7	8,8	8,9
9	9,1	9,2	9,3

注：FEC 奇偶校验  $R(x)$  不必要标定于与其信息比特相同的行

**A.3.4 状态/控制比特的位置**

FEC FSI 传送字节标定于第一个 Q1 字节  $S(3,9,3)$ 。

FSI 为 FEC 状态指示，用于 FEC 解码点以确定是否出现 FEC 信息的纠错，在 FSI 字节中 FSI 比特的位位置由图 A.2 给出。

预留						FSI	
1	2	3	4	5	6	7	8

图A.2 Q1 字节  $S(3,9,3)$

**A.3.5 FEC 状态指示 (FSI)**

FEC 编码器需要产生 FEC 状态指示 (FSI) 比特以使下游的解码器有效 (使能)，这是为防止 FEC 编码未出现时下游解码器由误纠错造成差错。

FSI 比特是 FSI 字节的第 7 和 8 比特，如图 A.2 所示。FSI 字节的其余比特为预留比特，但包含在 FEC 中，这 6 个预留比特的传输默认值为 0。FSI 比特 (第 7 和 8 比特) 在 FEC 解码之前被检验，但在由纠错再生器再传输之前，整个 FSI 字节包含在需要纠错的 FEC 块中。FSI 比特编码由 A.6.2 节定义。

**A.3.6 在编码器和解码器中 B1 的计算**

B1 按照 9.2.2.4 节计算，SOH 的 FEC 检验字节和 FSI 字节包括在 B1 的计算。

B1 误码在基于未纠错信号的 FEC 之前计算，B1 计算给出纠错之前的每个再生段的差错性能。

**A.3.7 在编码器和解码器中 B2 的计算**

B2 按照 9.2.2.8 节计算，RSOH 的 FEC 码字节和 FSI 字节不包括在 B2 的计算，MSOH 的 FEC 奇偶校验字节包括在 B2 计算。在其它码字中，B2 必须补偿以包括 FEC 奇偶校验字节，以指示正确的 B2 奇偶校验。

注：FEC 的编码在已补偿的 B2 奇偶校验上实现。

B2 误码在基于已纠错信号和 B2 字节的 FEC 解码之后计算。

**A.4 带内 FEC 再生器功能**

**A.4.1 不支持带内 FEC 的再生器**

在 ITU-T G.707/Y.1322(2007) 修订版的 FEC 采纳之前开发的再生器设备可能不能透明传送  $P_i$  和  $Q_1$

字节，如果这些信息在通过再生器老设备被阻塞，下游的设备将不能进行纠错，其结果是不能接收到预期的 FSI 字节值。

#### A.4.2 透明通过带内FEC但无纠错的再生器

容许带内 FEC 但不实施纠错的再生器设备将使 P1 和 Q1 字节不改变地通过。

#### A.4.3 具有纠错功能的再生器

可选择地，再生器设备实施 FEC 解码和纠错，但无再编码。已纠错的 FEC 奇偶校验和 FSI 字节将向前传送。

### A.5 性能监视

#### A.5.1 FEC可纠正误码计数

可纠正误码为已检测出的和已纠正的误码。

原始 MS 层 BER 可借助 FEC 纠正计数来计算，如果实施纠错，FEC 可纠正误码计数反映上一个解码点的原始 BER。

#### A.5.2 FEC不可纠正误码计数

不可纠正误码为已检测出的但不能纠正的误码，该功能的使用有待进一步研究。

#### A.5.3 FEC解码后的差错计数

在 MS 终结点或非插入监视点，B2 用于计算 FEC 解码后的差错计数。

### A.6 FEC启动和关闭

#### A.6.1 FEC工作状态

##### a) 编码器状态

有 3 种工作状态：

- 1) FEC 开；
- 2) 有编码器延迟的 FEC 关；
- 3) 无编码器延迟的 FEC 关。

管理层控制编码器的工作状态，转换到/离开状态 3) 影响数据通道延迟，这种转换不是无瞬断的。

##### b) 解码器状态

有 3 种工作状态：

- 1) FEC 纠错有效（使能）；
- 2) 有解码器延迟的 FEC 纠错关断；
- 3) 无解码器延迟的 FEC 纠错关断。

转换到/离开状态 3) 由管理层独立控制，并影响数据通道延迟，因此，这种转换不是无瞬断的。状态 1) 和状态 2) 之间的状态转换由接收到的 FSI 控制。

#### A.6.2 FEC状态指示（FSI）

##### 1) 解码器状态的 FSI 相互作用

解码器状态 1) 只能进入接收到的 FSI “开” 状态。如果工作在解码器状态 1) 并接收到 FSI “关”，解码器进入状态 2)。状态 1) 和状态 2) 之间的转换以无瞬断方式出现。

##### 2) 发送器的 FSI 开/关状态指示的产生

当编码器处于状态 1) 时, FSI=01 被发送; 当编码器处于状态 2) 或状态 3) 时, FSI=00; FSI=10 和 11 不是有效的编码器发送值。

为使接收器处容许同步解码器转换, 在编码器转换到关(开)之前的 7 帧 FSI 从 01 改变为 00 或从 00 改变为 01, 在 FSI 改变后第 8 帧的第一行开始关闭(开启)编码器。

### 3) 接收机处 FEC 开/关状态检测

在接收到第 3 个连续的非“01”时, 就检测到 FSI 从开到关的转换; 在接收到第九个连续的“开”值“01”时, 就检测到 FSI 从关到开的转换。这样, 解码器能实现自动开/关转换, 在编码器关闭时能强化防止错误地解码(和劣化比特)的机制。

## A.6.3 带FEC的MS-AIS相互作用

MS 层发送点需要在 FEC 纠错之前监视 MS-AIS。如果检测到 MS-AIS, FEC 纠错应在 MS-AIS 检测后的后续帧开始之前失效(使止)。

执行纠错的再生器需要在纠错之前监视 MS-AIS。如果检测到 MS-AIS, FEC 纠错应在 MS-AIS 检测后的后续帧开始之前失效(使止)。

假如 FSI 处于纠错状态, 一旦清除了 MS-AIS 缺陷, FEC 纠错应在 MS-AIS 清除后的后续帧恢复。

劣化 FEC 奇偶校验比特(例如: LOS 和 LOF)的再生段缺陷应使 FEC 纠错失效(使止), 不劣化 FEC 奇偶校验比特(例如: J0 失配)的再生段缺陷不应使 FEC 纠错失效(使止)。

## A.7 带内FEC的性能

带内 FEC 的性能见 ITU-T G.707/Y.1322 (2007) 附件 X。

**附录 B**  
(规范性附录)  
**CRC-7 多项式算法**

### B.1 乘/除处理

特定的 CRC-7 码字为前一路径踪迹标识符复帧 (TTI) 的多项式表达式先乘以  $X^7$  再除以 (模 2) 生成多项式  $X^7+X^3+1$  所得的余项。

当码块的内容表示为多项式时, 码块的第 1 比特 (即第 1 字节第 1 比特) 应当作最高有效比特。同样,  $C_1$  定义为余项的最高有效位,  $C_7$  定义为余项的最低有效比特。

### B.2 编码过程

与 2 Mbit/s 信号中的 CRC-4 过程相反, 由于数据是静态的 (TTI 代表源地址), CRC-7 码字是静态的, 这意味着在 TTI 复帧上可演绎计算 CRC-7 校验和。为与现有标准一致, CRC-7 校验和对前一个复帧进行计算。理论上, 这意味着装入重复发送装置的 16 字节串应把校验和作为最末字节, 尽管这在实际中并不重要, 这是因为 TTI 是静态的。

其编码过程如下:

- a) TTI 中的 CRC-7 比特用二进制“0”来代替。
- b) TTI 再按照第 B.1 节进行乘/除处理。
- c) 乘/除处理所得的余项插入到 CRC-7 位置。

所生成的 CRC-7 比特不影响乘/除处理的结果, 因为 (如 a) 中指出) 在乘/除处理期间 CRC-7 比特位置最初设置为“0”。

### B.3 解码过程

解码过程如下:

- a) 在提取 CRC-7 比特并用 0 替代后, 接收到的 TTI 按第 B.1 节进行乘/除处理。
- b) 再除法处理所得的余项与接收到的 CRC-7 比特进行逐位比较。
- c) 如果解码器中算出的余项恰好与所接收到的 CRC-7 比特一致, 就可确认所检验的 TTI 无差错。

## 附录 C (资料性附录)

### VC-4-Xc/VC-4/VC-3 串联连接监视算法：选项 1

#### C.1 概述

该附录描述 SDH 串联连接开销层，串联连接子层是一种可选子层，该子层处于本标准定义的复用段与通道层之间，该开销子层处理通过网络的通道层净荷及其开销的可靠传送。串联连接是专用的，由电信运营商自行处理。串联连接的主要应用预期在局间网络，通常不用于诸如用户接入网的应用。

注：TC 监视可能与输入信号有不期望的相关性，参见 ITU-T G.707 (2007) 附录 VIII 的问题描述。

#### C.2 串联连接开销-字节位置

串联连接的每个 HOVC 中通道开销 N1 字节定义为串联连接开销 (TCOH)。串联连接的每个 HOVC 中 N1 字节的第 1~4 比特用于提供串联连接输入差错计数 (IEC)，串联连接中第一个 VC-*n* 的 N1 字节其余 4bit 用于提供端到端数据链路。

注：目前考虑的应用可能需要在源 TCTE 传送通过串联连接数据链路之前产生某些 LADP 信息，并有待进一步研究。

#### C.3 定义

##### C.3.1 串联连接 (TC)

串联连接定义为在一个或多个串联线路系统上传送的、并保持一同通过这些系统的一组高阶 VC-*n*，它具有不变的合成高阶虚容器净荷容量。注意：为支持用于 SDH 的分层开销方法，串联连接子层处于复用段与通道开销层之间（即：最初的再生段、复用段和通道功能开销分层进化为再生段、复用段、串联连接和通道层）。

##### C.3.2 串联连接终结单元

该单元产生/终结串联连接，复用段终结单元 (MSTE) 或通道终结单元 (PTE) 可能作为 TCTE。

#### C.4 串联连接绑定

##### C.4.1 概述

串联连接维护可以在单个高阶 VC-*n* 或具有 *N* 个 STM-1 容量 (*N* 为 6.3 节所定义的 SDH 等级的任何值) 的一个绑定上实施，所支持的绑定容量是专用的，也是设备问题。本章描述怎样实现串联连接绑定。

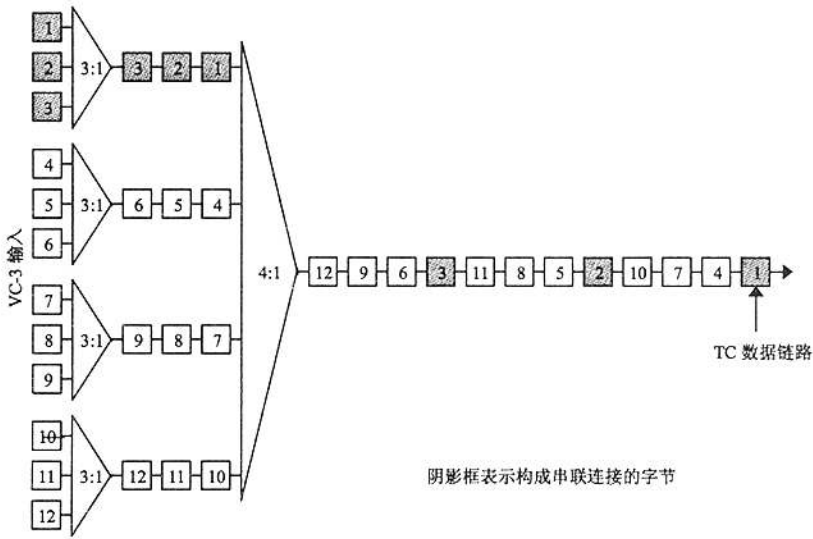
##### C.4.2 STM-1 中 VC-3 的绑定

STM-1 中绑定 VC-3 的字节在 STM-1 等级应是相邻的，但当间插到更高等级时就不是相邻的。绑定的第一个 VC-*n* 应包含串联连接数据链路。

STM-1 速率上的串联连接绑定如图 C.1 所示。

##### C.4.3 STM-*N* (*N*>1) 中 VC-3 的绑定

STM-*N* (*N* 为 6.3 节所定义的 SDH 等级的任何值) 中 VC-3 的绑定由若干 STM-1 构成，合成的 STM-1 的字节应是相邻的，串联连接的第一个高阶虚容器应包含串联连接数据链路。

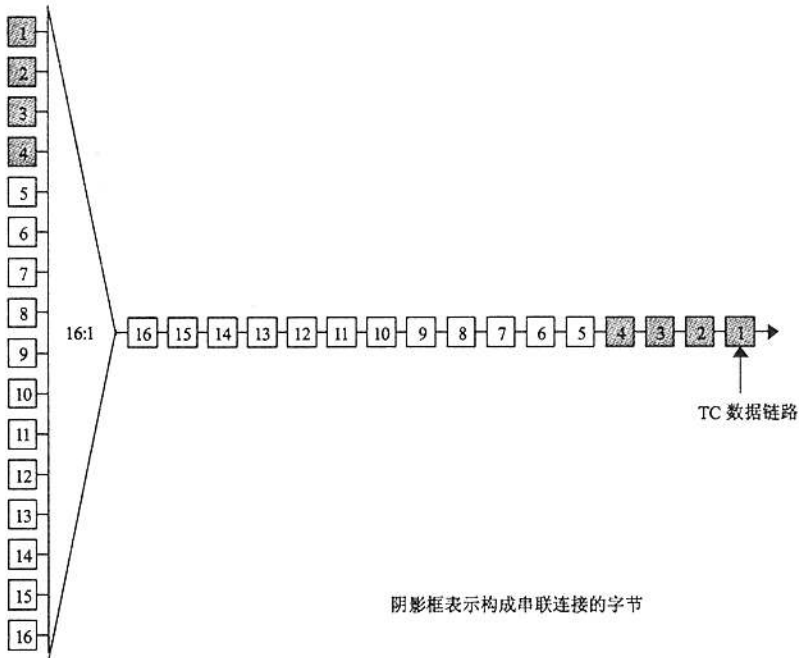


图C.1 STM-N 中 STM-1 速率串联连接的示例

#### C.4.4 串联连接绑定内容

STM-N ( $N$  为 6.3 节所定义的 SDH 等级的任何值) 速率上的串联连接绑定可以传送  $3 \times N$  个 VC-3 或 VC-4-Mc ( $M \leq N, M=1, 4, 16$ ) 的组合, 包括按照由 8.1.7 节所定义的级联方法构成的一个 VC-4-Xc (例如: 一个 STM-4 串联连接可传送 12 个 VC-3、或 4 个 VC-4、或 1 个 VC-4-4c、或 2 个 VC-4-4c 和 6 个 VC-3 等)。注意: 一个 VC-4-Mc 应整体包含在单个串联连接中。

由 4 个 VC-4 构成的 STM-4 速率串联连接的绑定内容如图 C.2 所示。



图C.2 STM-16 中 STM-4 速率串联连接的示例

#### C.4.5 更高速率信号的串联连接绑定

构成串联连接的高阶虚容器绑定可按照本标准所定义的复用过程复用到更高速率的 STM-N。

#### C.5 输入差错计数 (IEC)

为连续地评估串联连接信号质量，构成串联连接信号的每个高阶虚容器的 VC-n 开销中的 B3 字节用于确定串联连接中的累积差错数量。为计算串联连接源端 VC-n 中可能出现的任何差错，串联连接源端的输入 VC-n 中检测出的差错数量采用由表 C.1 给出的编码方式写入下一帧的 N1 字节第 1~4 比特。对构成串联连接的每个 VC-n 都执行该过程。

串联连接信号可能传送通过（等于或高于传送速率的）STM-N SDH 线路系统、或在串联连接处构成串联连接的若干串联 SDH 线路系统、或更高等级（例如：VC-3 串联连接可能在 VC-3 速率或更高速率上交叉连接；在 STM-4 速率上的串联连接可能在 STM-4 速率或更高速率上交叉连接）构成的网络。在终结 TCTE（串联连接的远端），每个合成高阶虚容器中 B3 字节还用于计算累积差错数量，然后，该差错的计算值与在源端写入 IEC 的差错数量之间差别的数量（绝对值）用于确定每个发送 SDH 帧的串联连接的差错性能，IEC 域按表 C.2 解释。注意：B3 字节的数据和在当前帧读取的 IEC 都应用于前一帧。

在终结 TCTE 的输出侧，所有合成高阶虚容器的 IEC（N1 字节的前 4 比特）设置为全“0”，串联连接数据链路（第一个高阶虚容器中 N1 字节的后 4bit）的默认值设置为全“0”。

注：目前考虑中的应用可能需要一些前传到远端终结 TCTE 的串联连接数据链路的相关信息，并有待进一步研究。

表C.1 IEC 编码

BIP-8 违例序号	b1	b2	b3	b4
0	1	0	0	1
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
输入 AIS	1	1	1	0

注：为保证与输入信号状态独立的非全“0”N1 字节，IEC 码域至少需要包含一个“1”。当检测到输入信号 BIP-8 为零差错时，在 IEC 码中插入“1”。这样，对串联连接链路末端上的串联连接宿，可能采用 IEC 码域来区分在串联连接中或在串联连接前开始的未装载状态

表C.2 IEC 码的解释

b1	b2	b3	b4	IEC 码的解释
0	0	0	0	0 BIP 违例
0	0	0	1	1 BIP 违例
0	0	1	0	2 BIP 违例
0	0	1	1	3 BIP 违例
0	1	0	0	4 BIP 违例
0	1	0	1	5 BIP 违例
0	1	1	0	6 BIP 违例



表 B.2 (续)

b1	b2	b3	b4	IEC 码的解释
0	1	1	1	7 BIP 违例
1	0	0	0	8 BIP 违例
1	0	0	1	0 BIP 违例
1	0	1	0	0 BIP 违例
1	0	1	1	0 BIP 违例
1	1	0	0	0 BIP 违例
1	1	0	1	0 BIP 违例
1	1	1	0	0 BIP 违例 输入 AIS
1	1	1	1	0 BIP 违例

未指配比特（剩余的 Z5 字节中后 4bit）不变地通过，B3 字节按第 C.5 节所定义方式补偿。

### C.6 B3 字节补偿

由于 B3 字节奇偶校验检查在 VC-*n* 净荷和通道开销（包括 N1 字节）上进行，在源端上写入 N1 字节将影响通道奇偶校验的计算。除非对其进行补偿，否则在串联连接中监视通道奇偶校验的设备（例如：桥接监视）可能错误地计算差错。B3 奇偶校验字节应始终与 VC-*n* 当前状态保持一致，因此，无论何时对 N1 字节进行写操作，都应修改 B3 字节以补偿 N1 字节值中的变化。由于给定帧中 B3 字节值反映在前一帧（包括该帧中的 B3 字节）上的奇偶校验检查，前一帧中 B3 字节的变化也应在当前帧 B3 字节的补偿予以考虑，所以，下列方程用于 B3 字节的补偿：

$$B3'(t) = B3(t-1) \oplus B3'(t-1) \oplus N1(t-1) \oplus N1'(t-1) \oplus B3(t)$$

其中：B3=输入信号中已存在的 B3 字节值；

B3'=新的（已补偿的）B3 字节值；

N1=输入信号中已存在的 N1 字节值；

N1'=写入 N1 字节的新值（源端上 IEC 加数据链路、或终结 TCTE 上全“0”）；

⊕=异或运算符；

t=当前帧的时间；

t-1=前一帧的时间。

### C.7 数据链路

#### C.7.1 概述

串联连接第一个 VC-*n* 的 N1 字节第 5~8 比特指配为一个 32 kbit/s 串联连接数据链路，其余 VC-*n* 的 N1 字节的第 5~8 比特未指配，不能被 TCTE 改变。用于串联连接数据链路的信号格式由采用 LAPD 协议子集（未编号的、未确认的帧）的信息构成。

注：如果将来的应用需要在串联连接数据链路传送产生和终结在串联连接之外的 LAPD 信息，对上述说明不必要这些信息是未编号和未确认的。

当不发送这些 LAPD 信息（即数据链路空闲）时，将继续发送 LAPD 标识（01111110）。

目前，定义了 4 种信息以支持串联连接维护：

- 串联连接踪迹；

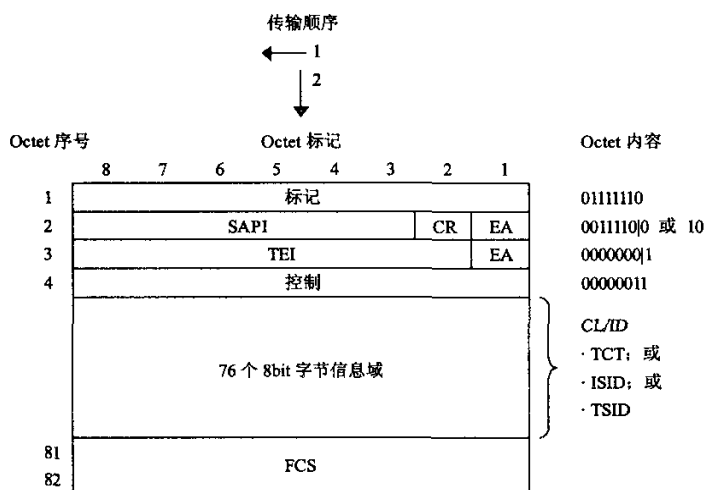
- 串联连接空闲信号 ID;
- 串联连接测试信号 ID;
- 串联连接远端单秒性能报告信息。

实际上，以每秒一个的最低速率连续地发送串联连接踪迹、空闲信号 ID、或测试信号 ID 信息，以每秒一个的速率连续地发送串联连接远端单秒性能报告信息。

网络的运行、管理和维护可能造成不同于上述所定义的信息出现在串联连接数据链路，网络终端和监视设备应能够忽略任何这种不作定义的信息，这些不作定义的信息使用一定不能干扰本标准所定义的信息传输。对超出已描述的信息集的其他终端到终端信息，串联连接数据链路的使用有待进一步研究。

### C.7.2 LAPD信息的格式

LAPD 信息的格式采用全部 IUT-T Q.921 LAPD 性能的一个子集，信息结构如图 C.3 所示，该信息结构是一个未编号的、未确认的 IUT-T Q.921 LAPD 帧，LAPD 信息源产生 FCS 和为透明性需要的填充“0”，由发送器产生的填充“0”（在任何 5 个连续“1”之后插入一个“0”）防止标识码型（01111110）出现在 IUT-T Q.921 LAPD 帧的开路标识与闭路标识之间的比特中，接收器将去掉跟在 5 个连续“1”之后的一个“0”。



解释		
标记:	01111110	帧间填充八位字节 (Octet) 序列
SAPI CR EA:	00111100	SAPI=15, CR=0 (DTE), EA=0
	00111110	SAPI=15, CR=1 (运营商), EA=0
TEI EA:	00000001	TEI=0, EA=1
控制:	00000011	未确认信息传送
N octet 信息域:	通道 ID	共同语言标识符
	空闲信号 ID	
	测试信号 ID	
FCS:	可变	CRC-16 帧检查序列

图C.3 ITU-T Q.921 的 LAPD 信息结构

不需要一致的 LAPD 8bit 字节和 N1 字节的边界，按如图 C.3 所示的顺序在 N1 字节中传输 LAPD8bit 字节的比特，因此，任意 LAPD8bit 字节的第 n、n+1、n+2 和 n+3 比特分别承载到 N1 字节的第 5、6、7 和 8 比特。

### C.7.3 串联连接踪迹、空闲信号和测试信号标识信息

下面讨论的串联连接标识信息将以每秒一个的最低速率传输, 并仅采用如图 C.3 所示的 SAPI/TEI 值。76 个 8bit 字节信息域的内容如图 C.4 所示。

串联连接踪迹		
数据单元	二进制值	
TYPE	0011 1000	连接 ID
EIC	XXXX XXXX ... XXXX	10 Octet
LIC	XXXX XXXX ... XXXX	11 Octet
FIC	XXXX XXXX ... XXXX	10 Octet
UNIT	XXXX XXXX ... XXXX	6 Octet
FI	XXXX XXXX ... XXXX	38 Octet

空闲信号标识		
数据单元	二进制值	
TYPE	0011 0100	空闲 ID
EIC	XXXX XXXX ... XXXX	10 Octet
LIC	XXXX XXXX ... XXXX	11 Octet
FIC	XXXX XXXX ... XXXX	10 Octet
UNIT	XXXX XXXX ... XXXX	6 Octet
PORT No.	XXXX XXXX ... XXXX	38 Octet

测试信号标识		
数据单元	二进制值	
TYPE	0011 0010	测试 ID
EIC	XXXX XXXX ... XXXX	10 Octet
LIC	XXXX XXXX ... XXXX	11 Octet
FIC	XXXX XXXX ... XXXX	10 Octet
UNIT	XXXX XXXX ... XXXX	6 Octet
GEN No.	XXXX XXXX ... XXXX	38 Octet

图C.4 串联连接踪迹、空闲信号和测试信号标识信息

注：一旦 J1 字节信息的内容（待研究）标准化，76 个字节串联连接踪迹信息长度可能改变为 64 字节以与 SDH 通道踪迹（J1 字节）保持一致。

串联连接踪迹（TCT）、空闲信号标识（ISID）和测试信号标识（TSID）信息都采用同样的由 6 个数据单元构成的 76 个 8bit 字节结构，除第一数据单元外每个数据单元具有由 ASCII 字符构成的固定长度码字。第一数据单元是一个字节，用于定义所传输的标识信号类型；其后的 4 个数据单元确定终端设备类型和产生标识信息的设备位置；最后，为给出终端设备可能产生多于一个串联连接信号，最后一个数据单元确定专用串联连接信号。

前 5 个数据单元对所三种信息具有相同的含义，并将最先定义；第 6 个数据单元的每个信息都不同（参见图 C.4）。设计数据单元以调节广泛用于功能网络的编码。

前 5 个数据单元（所有三种标识信息都相同）的定义如下：

- TYPE：类型码为用于确定标识信息的特定类型的一个 8bit 字节码，专用值如图 C.4 所示；
- EIC：设备标识码（≤10 个字符）描述专用的设备；

- LIC: 位置标识码 (≤11 个字符) 描述专用的位置;
- FIC: 帧标识码 (≤10 个字符) 确定在指定区域所标定的设备的位置;
- UNIT: 确定在机架中设备位置的码 (≤6 个字符)。
- 串联连接踪迹的最后一个数据单元为功能标识码;
- FI: 设备标识码 (≤38 个字符) 确定专用串联连接。
- 空闲信号标识信息的最后一个数据单元为端口序号;
- PORT No.: 端口序号为产生空闲信号的设备端口的指示。
- 测试信号标识信息的最后一个数据单元为发生器序号;
- GEN No.: 产生测试信号的测试信号发生器序号。

当对一个给定的码字不需要数据单元最大长度时, ASCII 零字符将用于指示比特串的终点。数据单元的其余比特的位置可能包含“1”、“0”或“1”和“0”的任意组合。

对一个给定的信息, 不需要所有数据单元时, 数据单元的第一个 8bit 字节将包含 ASCII 零字符, 数据单元的其余比特的位置可能包含“1”、“0”或“1”和“0”的任意组合。

#### C.7.4 远端性能报告信息

下面讨论的串联连接远端单秒性能报告信息将以每秒一个的速率传输, 并只采用如图 C.5 所示的 SAPI/TEI 值。相对于差错出现的单秒报告周期的相位是任意的, 单秒定时不依赖于任何差错出现的时间。

性能报告包含前 4 个单秒间隔中每一个的性能信息, 其说明如图 C.5 所示的第 5~20 8bit 字节和如图 C.6 所示的示例。误码计数在每个相邻单秒间隔中累积, 在每个单秒间隔的终点, 模 4 计数将增加, 适当的性能比特将在  $t_0$  8bit 字节中设置 (图 C.5 中的第 5~8bit 字节), 这些 8bit 字节和传送前 3 个单秒间隔的性能比特的 8bit 字节构成性能报告信息。

##### 1) 远端性能报告信息单元

性能异常、缺陷、失效和状态条件的出现指示串联连接的整体传输质量, 应检测到并报告的串联连接的异常、缺陷、失效和状态条件如下:

- 串联连接差错;
- 串联连接 AIS/LOP 缺陷;
- 串联连接 AIS 失效;
- 串联连接 LOP 失效;
- 串联连接空闲信号接收条件;
- 串联连接测试信息接收条件; 串联连接计数类型指示 (CTI)。

这些串联连接事件和条件的定义如下。

##### 2) 串联连接差错

串联连接差错通过在串联连接的终点接收到的差错计算数量 (采用 B3 字节) 与构成串联连接的每个信号的串联连接开销 (即 N1 字节第 1~4 比特) 中包含的输入差错计数进行比较来检测, IEC 域按表 C.2 来解释。

##### 3) 串联连接 AIS/LOP 缺陷

AU- $n$  AIS 缺陷和 AU- $n$  LOP 缺陷由 GB/T 16712 定义, 在构成串联连接的信号中至少一个信号出现这些缺陷的其中之一就构成串联连接 AIS/LOP 缺陷。

##### 4) 串联连接 AIS 失效

串联连接 AIS 失效指出在构成串联连接的信号中至少一个信号在周期  $T$  内出现 AU- $n$  AIS 缺陷, 其中

$T=2.5 \pm 0.5s$ 。

5) 串联连接 LOP 失效

串联连接 LOP 失效指出在构成串联连接的信号中至少一个信号在周期  $T$  内出现 AU- $n$  LOP 缺陷，其中  $T=2.5 \pm 0.5s$ 。

6) 串联连接空闲信号接收条件

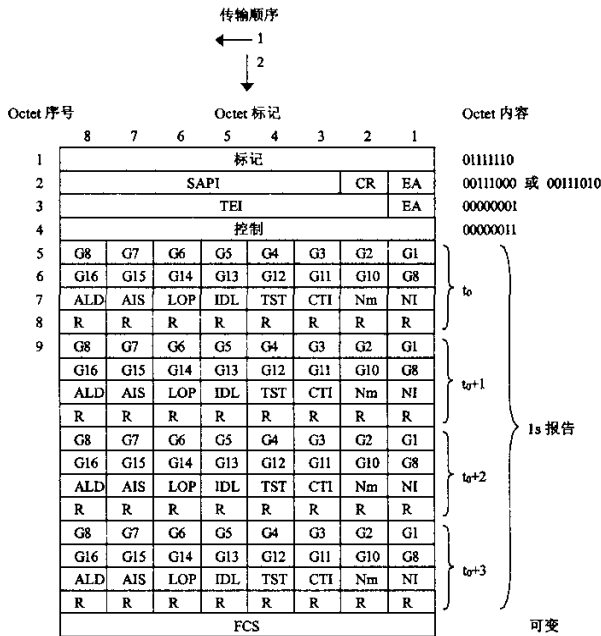
当在串联连接终点检测到有效的串联连接空闲信号时，串联连接空闲信号接收条件将发生。

7) 串联连接测试信号接收条件

当在串联连接终点检测到有效的串联连接测试信号时，串联连接测试信号接收条件将出现。

8) 串联连接计数类型指示

串联连接计数类型指示设置为 0，以指示串联连接 IEC 包含在前一个单秒间隔内检测到比特误码（非误块）的计数。



解释			
地址:	00111000	SAPI=14, CR=0 (用户), EA=0	
	00111010	SAPI=14, CR=1 (运营商), EA=0	
	00000001	TEI=0, EA=1	
控制:	00000011	未确认信息传送	
1s 报告:	G1-G8	2 字节串联连接误码计数的最低有效比特	
	G9-G16	2 字节串联连接误码计数的最高有效比特	
	ALD=1	串联连接 AIS/LOP 故障	
	AIS=1	串联连接 AIS 失效状态	
	LOP=1	串联连接 LOP 失效状态	
	IDL=1	接收到串联连接空闲信号	
	TST=1	接收到串联连接测试信号	
	CTI=0	误码计数为比特误码计数	
	R=0	预留 (其默认值为 0)	
		NmNI=00,01,10,11	1s 报告模 4 计数
	FCS:	可变	CRC-16 帧检查序列

图C.5 SDH 串联连接远端性能报告信息状态

	$t = t_0$	$t = t_0 + 1$	$t = t_0 + 2$	$t = t_0 + 3$
标识	01111110	01111110	01111110	01111110
地址 8bit 字节#1	00111000	00111000	00111000	00111000
地址 8bit 字节#2	00000001	00000001	00000001	00000001
控制	00000011	00000011	00000011	00000011
信息 8bit 字节#1	11111111	00000000	00000000	00000000
信息 8bit 字节#2	00000000	00000000	00000000	00000000
信息 8bit 字节#3	00000000	10000001	10000010	00100011
信息 8bit 字节#4	00000000	00000000	00000000	00000000
信息 8bit 字节#5	11110000	11111111	00000000	00000000
信息 8bit 字节#6	00000000	00000000	00000000	00000000
信息 8bit 字节#7	00000011	00000000	10000001	10000010
信息 8bit 字节#8	00000000	00000000	00000000	00000000
信息 8bit 字节#9	00001111	11110000	11111111	00000000
信息 8bit 字节#10	00000000	00000000	00000000	00000000
信息 8bit 字节#11	00000010	00000011	00000000	10000001
信息 8bit 字节#12	00000000	00000000	00000000	00000000
信息 8bit 字节#13	00000000	00001111	11110000	11111111
信息 8bit 字节#14	00000000	00000000	00000000	00000000
信息 8bit 字节#15	00000001	00000010	00000011	00000000
信息 8bit 字节#16	00000000	00000000	00000000	00000000
FCS 8bit 字节#13	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX
FCS 8bit 字节#14	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX
注				
$t=t_0-3$	串联连接差错计数=0	所有其它参数=0; $N(t)=1$		
$t=t_0-2$	串联连接差错计数=15	所有其它参数=0; $N(t)=2$		
$t=t_0-1$	串联连接差错计数=240	所有其它参数=0; $N(t)=3$		
$t=t_0$	串联连接差错计数=255	所有其它参数=0; $N(t)=0$		
$t=t_0+1$	检测到 AUS/LOP 缺陷	所有其它参数=0; $N(t)=1$		
$t=t_0+2$	检测到 AUS/LOP 缺陷	所有其它参数=0; $N(t)=2$		
$t=t_0+3$	检测到 LOP 失效	所有其它参数=0; $N(t)=3$		

图C.6 SDH 串联连接远端性能报告信息状态的示例

C.7.5 特别运营商的应用

运营商可能需要使用串联连接数据链路，用于与串联连接或 SDH 网络的提供或维护相关的目的。这些应用可能造成串联连接数据链路的中断、延迟或容量减少，但不会影响上述定义的 LAPD 信息的及时传输。

上述定义的 LAPD 信息由构成串联连接信号的源端 (TCTE) 构成和插入，不管是运营商 (CR=1) 还是 DTE (CR=0) 终端。这些信息不改变地传送到接收串联连接信号净荷信息的 TCTE。

## C.8 输入信号失效的处理

### C.8.1 概述

AU- $n$  ( $n=4$ ) AIS 在整个 AU- $n$  中（包括 AU- $n$  指针）指定为全“1”。由于在 AIS 期间 AU- $n$  指针无效，高阶虚容器 POH 不能存取。如无下列改变，在信号失效期间串联连接开销将丢失。

当在串联连接的源端（源 TCTE）有输入信号失效时，指针应在串联连接中重建（以标定串联连接开销）。新的输入信号失效（ISF）指示将在串联连接中设置，以指示串联连接之前有信号失效，AU- $n$  AIS 将插入到串联连接终点处的适当信号中。

下面将分别讨论在串联连接之前和在串联连接中出现的信号失效的处理。

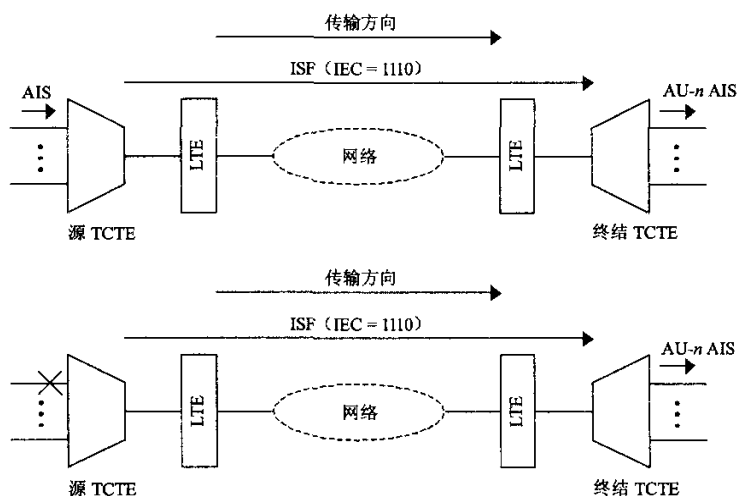
### C.8.2 串联连接之前的信号失效

具有输入信号失效的串联连接如图 C.7 所示。对从左到右的传输，当源 TCTE 的输入 AU- $n$  有信号失效时，该 TCTE 将在 H1、H2 和 H3 中插入有效的指针值，采用该指针值，源 TCTE 将标定 B3 和 TCOH，输入差错计数 14 (1110) 将写入 IEC (TCOH 第 1~4 比特)，仅对第一个高阶虚容器数据链路将写入 TCOH 第 5~8 比特，全“1”将写入高阶虚容器除 B3 之外的其余部分，将对 B3 进行计算以给前一帧提供偶校验。

在串联连接中不需要特殊的处理。带有信号失效的 AU- $n$  在串联连接中具有有效指针（由源 TCTE 插入），在串联连接中的再生段和/或复用段终结设备将查阅有效指针并处理信号。

在串联连接的终点，源 TCTE 将 IEC 值 14 解释为输入信号失效指示，当接收到 ISF 指示时，终结 TCTE 将在适当的输出信号中插入 AU- $n$  AIS。对串联连接差错的计算，ISF 值 9~13 和 15 将解释为 0 输入差错（IEC=0）。

注：ISF 值 9~13 和 15 预留给将来的标准化。



图C.7 带有输入信号失效的串联连接

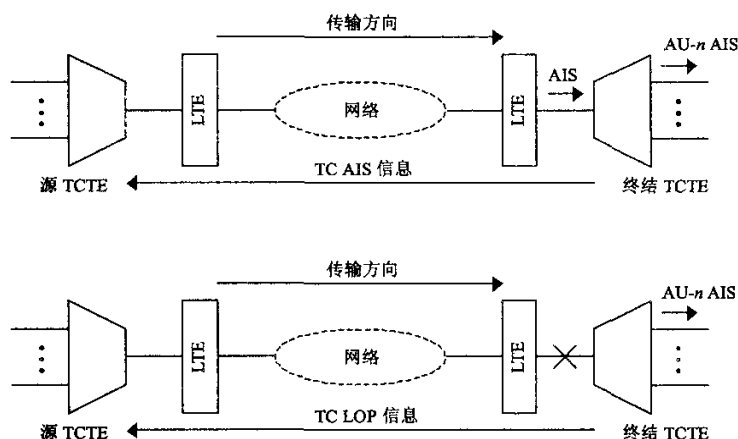
### C.8.3 串联连接中的信号失效

在串联连接中的信号失效如图 C.8 所示，这些失效不需要特殊处理。在串联连接中的再生段和/或复用段终结设备将响应信号失效。如果在终结 TCTE 接收到 AU- $n$  AIS，它指示串联连接中的信号失效。

注：在源 TCTE 之前的信号失效将由源 TCTE 转换为 ISF，因此，在终结 TCTE 处的 AU- $n$  AIS 指示串联连接内的失效。

在串联连接的终点，源 TCTE 将 IEC 值 14 解释为输入信号失效指示，当接收到 ISF 指示时，终结 TCTE 将在适当的输出信号中插入 AU-*n* AIS。对串联连接的误码计算，ISF 值 9~13 和 15 将解释为 0 输入误码 (IEC=0)。

当终结 TCTE 接收信号失效时，它将在适当的输出 AU-*n* 中插入 AIS，并将通过串联连接远端性能报告信息把适当的信息反馈到源 TCTE。



图C.8 串联连接中的信号失效

### C.9 串联连接空闲信号

串联连接空闲信号定义为在串联连接数据链路中具有设置为“未装载”(C2=00)的所有合成信号标记和有效空闲信号 ID 信息的串联连接。

### C.10 串联连接测试信号

串联连接测试信号定义为具有有效的串联连接测试信号 ID 的任何有效串联连接信号。



附录 D  
(资料性附录)

VC-4-Xc/VC-4/VC-3 串联连接监视算法：选项 2

### D.1 概述

在本附录中，TC 监视可能有与输入信号不期望的相关性，可参见 ITU-T G 707 (2007) 附录 VIII 中的问题描述。

### D.2 N1 字节结构

N1 字节分配给相邻级联 VC-4、VC-4 和 VC-3 等级的串联连接监视，N1 字节的结构由表 D.1 给出：

- 第 1~4 比特用于输入差错计数 (IEC)，其编码由表 D.2 给出；
- 第 5 比特用于串联连接的 TC-REI 以指示在串联连接中造成的误块；
- 第 6 比特用于 OEI 以指示出口 VC-*n* 的误块；
- 第 7 和 8 比特用于 76 复帧；

— 串联连接接入点标识符 (TC-API)，与 9.2.2.2 节给出的通用 16 字节串格式一致；

— TC-RDI，指示在近端串联连接宿上串联连接中已检测到缺陷的远端；

— ODI，指示由于在串联连接之前或在串联连接中的缺陷在 TC 宿处已插入 AU/TU-AIS 到出口 AU-*n*/TU-*n* 的远端；

— 预留容量 (作将来标准化使用)。

复帧结构由表 D.3 和 D.4 给出。

表D.1 N1字节结构

b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8
IEC				TC-REI	OEI	TC-API、TC-RDI ODI、预留	

表D.2 IEC 编码

BIP-8 违例序号	b1	b2	b3	b4
0	1	0	0	1
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
输入 AIS	1	1	1	0

注：为保证非全“0”N1 字节独立于输入信号状态，IEC 码域包含至少一个“1”是必需的。当检测到输入信号的 BIP-8 中为零差错时，在 IEC 码内插入“1”。这样，对在串联连接链路末端的串联连接宿，使用 IEC 码域以标识在串联连接中或在串联连接之前启动未装载条件是可能的

### D.3 串联连接源的TCM功能

- 如果在 TC 源没有有效的 AU-*n*/TU-*n* 进入串联连接，插入有效的指针，它使 6.2.4.1.4 节所描述的

VC-AIS 信号被插入, IEC 设置为“输入 AIS”码 (见表 D.2);

- 如果有有效的 AU-*n*/TU-*n* 进入串联连接, 对前一帧的包括 B3 字节在内的 VC-*n* 每个字节的每个第 *n* 比特进行偶 BIP-8 计算, 并与从当前帧恢复的 B3 字节进行比较, 以确定到达串联连接源的 BIP 违例序号, 该值编码到第 1~4 比特, 如表 D.2 所示:

- 在这两种情况, 第 4~8 比特按表 D.1、D.3 和 D.4 组合和传输。如果在反向相关的 TC 宿检测到对应的异常或缺陷, TC-REI、TC-RDI、OEI 和 ODI 设置为“1”;

- 按照第 D.4 节所描述的算法进行 BIP-8 补偿。

注: 如果未装载或监控-未装载信号进入串联连接, N1 和 B3 字节的覆盖值不等于全“0”。

表D.3 b7~b8 复帧结构

帧序号	第 7 和 8 比特的定义
1~8	帧定位信号: 1111 1111 1111 1110
9~12	TC-API 第 1 字节 [ 1 C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> C <sub>3</sub> C <sub>4</sub> C <sub>5</sub> C <sub>6</sub> C <sub>7</sub> ]
13~16	TC-API 第 2 字节 [ 0 X X X X X X X ]
17~20	TC-API 第 3 字节 [ 0 X X X X X X X ]
:	:
:	:
:	:
65~68	TC-API 第 15 字节 [ 0 X X X X X X X ]
69~72	TC-API 第 16 字节 [ 0 X X X X X X X ]
73~76	TC-RDI、ODI 和预留容量 (见表 D.4)

表D.4 b7~b8 复帧的第 73-76 帧的结构

TC-RDI、ODI 和预留容量		
帧序号	第 7 比特的定义	第 8 比特的定义
73	预留 (默认值=“0”)	TC-RDI
74	ODI	预留 (默认值=“0”)
75	预留 (默认值=“0”)	预留 (默认值=“0”)
76	预留 (默认值=“0”)	预留 (默认值=“0”)

#### D.4 串联连接宿的TCM功能

- 如果在 TC 宿没有到达的有效 AU-*n*/TU-*n*, 表示在串联连接中造成对应的缺陷, TC-RDI 和 ODI 比特在反向设置为“1”, 在出口 AU-*n*/TU-*n* 中插入 AU/TU-AIS;

- 如果在 TC 宿出现有效的 AU-*n*/TU-*n*, N1 字节受监视:

- 全“0”N1 字节指示在串联连接中的无连接或误连接。在这种情况下, TC-RDI 和 ODI 在反向设置为“1”, 在出口 AU-*n*/TU-*n* 中插入 AU/TU-AIS;

- 恢复第 7 和 8 比特中的复帧, 并解释其内容。如果不能发现复帧, TC-RDI 和 ODI 在反向设置为“1”, 在出口 AU-*n*/TU-*n* 中插入 AU/TU-AIS;

- TC-API 被恢复, 并与期望的 TC-API 进行比较。在失配的情况下, TC-RDI 和 ODI 在反向设置为“1”, 在出口 AU-*n*/TU-*n* 中插入 AU/TU-AIS;

- IEC 域按照表 D.5 解释。

“输入 AIS”码指示在串联连接之前已出现缺陷。这种情况, 只有 ODI 比特在反向设置为“1”, 在出口 AU-*n*/TU-*n* 中插入 AU/TU-AIS;

偶 BIP-8 奇偶校验在前一帧的 VC- $n$  的每个字节（包括 B3 字节）的每个第  $n$  比特进行计算，并与从当前帧恢复的 B3 字节进行比较，以确定 BIP 违例的序号。如果所确定的 BIP 违例的序号大于 0，OEI 比特在反向设置为“1”。此外，该值与从当前帧的 IEC 恢复的 BIP 违例序号进行比较。如果它们的差别不是零，表示在串联连接中造成误块，在反向发送 TC-REI 比特信号；

如果串联连接宿没有插入 TU- $n$ /AU-AIS，N1 字节设置为全“0”，并按照 D.4 节所描述的算法进行 BIP 补偿。

#### D.5 BIP-8 补偿

由于 BIP-8 奇偶校验检查在 VC- $n$ （包括 N1 字节）上进行，在 TC 源或 TC 宿处写入 N1 将影响 VC-4-Xc/VC-4/VC-3 通道奇偶校验计算。因为 BIP-8 奇偶校验应始终与 VC- $n$  当前状态保持一致，对 N1 字节的每次修改，都必须补偿 BIP。由于一个给定帧中 BIP-8 值反映前一帧的奇偶校验检查，前一帧中 BIP-8 比特的改变也将在当前帧的 BIP-8 补偿予以考虑。因此，对 BIP-8 各个比特的补偿，采用如下方程：

$$B3[i]'(t) = B3[i](t-1) \oplus B3[i]'(t-1) \oplus N1[i](t-1) \oplus N1[i]'(t-1) \oplus B3[i](t)$$

其中： $B3[i]$ =输入信号中已存在的  $B3[i]$  值；

$B3[i]'$ =新的（已补偿的） $B3[i]$  值；

$N1[i]$ = 输入信号中已存在的  $N1[i]$  值；

$N1[i]'$ =写入  $N1[i]$  比特的新值；

$\oplus$ =异或 运算符；

$t$ =当前帧的时间；

$t-1$ =前一帧的时间。

表D.5 IEC 编码的解释

b1	b2	b3	b4	IEC 码的解释
0	0	0	0	0 BIP 违例
0	0	0	1	1 BIP 违例
0	0	1	0	2 BIP 违例
0	0	1	1	3 BIP 违例
0	1	0	0	4 BIP 违例
0	1	0	1	5 BIP 违例
0	1	1	0	6 BIP 违例
0	1	1	1	7 BIP 违例
1	0	0	0	8 BIP 违例
1	0	0	1	0 BIP 违例
1	0	1	0	0 BIP 违例
1	0	1	1	0 BIP 违例
1	1	0	0	0 BIP 违例
1	1	0	1	0 BIP 违例
1	1	1	0	0 BIP 违例 输入 AIS
1	1	1	1	0 BIP 违例

附录 E  
(资料性附录)

VC-12 串联连接监视算法

E.1 N2 字节结构

N2 字节分配给相邻级联 VC-12 的串联连接监视，N2 字节的结构由表 E.1 给出：

- 第 1~2 比特用于串联连接偶 BIP-2；
  - 第 3 比特固定为“1”。这保证了在 TC 源处 N2 字节的内容为非全“0”，使得在串联连接宿上能够检测未装载或监控-未装载信号，而不需要对 OH 字节进行进一步监视。
  - 第 4 比特用于“输入 AIS”指示；
  - 第 5 比特用于串联连接的 TC-REI，以指示在串联连接中造成的误块；
  - 第 6 比特用于 OEI，以指示出口 VC-n 的误块；
  - 第 7 和 8 比特用于 76 复帧：
    - 串联连接接入点标识符 (TC-API)，与 9.2.2.2 节给出的通用 16 字节串格式一致；
    - TC-RDI，指示在近端串联连接宿上串联连接中已检测到缺陷的远端；
    - ODI，指示由于在串联连接之前或在串联连接中的缺陷在 TC 宿处已插入 TU-AIS 到出口 TU-n 的远端；
    - 预留容量（作将来标准化使用）。
- 复帧结构由表 E.2 和 E.3 给出。

表E.1 N2 字节结构

b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8
BIP-2		“1”	输入 AIS	TC-REI	OEI	TC-API、TC-RDI ODI、预留	

表E.2 b7~b8 复帧结构

帧序号	第 7 和 8 比特的定义
1~8	帧定位信号：1111 1111 1111 1110
9~12	TC-API 第 1 字节 [ 1 C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> C <sub>3</sub> C <sub>4</sub> C <sub>5</sub> C <sub>6</sub> C <sub>7</sub> ]
13~16	TC-API 第 2 字节 [ 0 X X X X X X X ]
17~20	TC-API 第 3 字节 [ 0 X X X X X X X ]
:	:
:	:
:	:
65~68	TC-API 第 15 字节 [ 0 X X X X X X X ]
69~72	TC-API 第 16 字节 [ 0 X X X X X X X ]
73~76	TC-RDI、ODI 和预留容量（见表 E.3）

表E.3 b7~b8 复帧的第 73~76 帧的结构

TC-RDI、ODI 和预留容量		
帧序号	第 7 比特的定义	第 8 比特的定义
73	预留（默认值=“0”）	TC-RDI
74	ODI	预留（默认值=“0”）
75	预留（默认值=“0”）	预留（默认值=“0”）
76	预留（默认值=“0”）	预留（默认值=“0”）

## E.2 串联连接源的TCM功能

● 如果在TC源没有有效的TU-*n*进入串联连接,插入有效的指针,它使6.2.4.1.4节所描述的VC-AIS信号被插入,第4比特设置为“1”,对已插入的VC-AIS信号进行偶BIP-2奇偶校验计算,并写入N2字节第1和2比特;

● 如果在串联连接源处有效的TU-*n*进入串联连接,对输入的有效VC-*n*或已插入的VC-AIS信号进行偶BIP-2奇偶校验计算,并写入N2字节第1和2比特:

— 在这两种情况,第4-8比特按表E.1、E.2和E.3组合和传输。如果在反向相关的TC宿检测到对应的异常或缺陷,TC-REI、TC-RDI、OEI和ODI比特设置为“1”;

— 按照第E.4节所描述的算法进行BIP-2补偿。

注:在未装载或监控-未装载信号进入串联连接,N2和V5字节的覆盖值不等于全“0”。

## E.3 串联连接宿的TCM功能

● 如果在TC宿没有出现有效的TU-*n*,表示在串联连接中造成的缺陷,TC-RDI和ODI条件将应用,在串联连接出口插入TU-AIS;

● 如果在TC宿出现有效的TU-*n*,N2字节受监视:

— 全“0”N2字节指示在串联连接中的无连接或误连接。在这种情况下,TC-RDI和ODI比特在反向设置为“1”,在出口TU-*n*中插入TU-AIS;

— 接收到的N2字节第4比特设置为“1”,指示在串联连接之前已出现缺陷。在这种情况下,ODI比特在反向设置为“1”,在出口TU-*n*中插入TU-AIS;

— 恢复第7和8比特中的复帧,并解释其内容。如果不能发现复帧,TC-RDI和ODI比特在反向设置为“1”,在出口TU-*n*中插入TU-AIS;

— TC-API被恢复,并与期望的TC-API进行比较。在失配的情况下,TC-RDI和ODI比特在反向设置为“1”,在出口TU-*n*中插入TU-AIS;

偶BIP-2奇偶校验在前一个VC-*n*的每个字节(包括V5字节)的每个比特对进行计算,并与从V5字节恢复的BIP-2进行比较。不等于0的差别指示VC-*n*已劣化,将OEI比特在反向设置为“1”。此外,实际的BIP-2与从N2字节恢复的BIP-2进行比较,不等于0的差别指示VC-*n*在串联连接中已劣化,将TC-REI比特在反向设置为“1”。

如果串联连接宿没有插入TU-AIS,N2字节设置为全“0”,并按照E.4节所描述的算法进行BIP补偿。

## E.4 BIP-2补偿

由于BIP-2奇偶校验检查在VC-*n*(包括N2字节)上进行,在TC源或TC宿处写入N2将影响VC-12通道奇偶校验计算。除非补偿,BIP-2的差错监视机制将劣化。因为奇偶校验应始终与VC-*n*当前状态保持一致,对N2字节的每次修改,都必须补偿BIP。由于一个给定帧中BIP-2值反映前一帧的奇偶校验检查,前一帧中BIP-2比特的改变也将在当前帧的BIP-2补偿予以考虑。因此,对BIP-2各个比特的补偿,采用如下方程:

$$\begin{aligned} V5[1]'(t) &= V5[1](t-1) \oplus V5[1]'(t-1) \oplus N2[1](t-1) \oplus N2[3](t-1) \oplus N2[5](t-1) \oplus N2[7](t-1) \\ &\oplus N2[1]'(t-1) \oplus N2[3]'(t-1) \oplus N2[5]'(t-1) \oplus N2[7]'(t-1) \oplus V5[1](t) \end{aligned}$$

$$V5[2]'(t) = V5[2](t-1) \oplus V5[2]'(t-1) \oplus N2[2](t-1) \oplus N2[4](t-1) \oplus N2[6](t-1) \oplus N2[8](t-1) \\ \oplus N2[2]'(t-1) \oplus N2[4]'(t-1) \oplus N2[6]'(t-1) \oplus N2[8]'(t-1) \oplus V5[2](t)$$

其中：V5[i]=输入信号中已存在的 V5[i]值；

V5[i]'=新的（已补偿的）V5[i]值；

N2[i]= 输入信号中已存在的 N2[i]值；

N2[i]'=写入 N2[i]比特的新值；

⊕=异或 运算符；

t=当前帧的时间；

t-1=前一帧的时间。

附录 F

(规范性附录)

VC-4-64c 中 10 Gbit/s 以太网的传送

F.1 概述

IEEE 在 IEEE 802.3ae(2002)中已定义了 10 Gbit/s 以太网 WAN 接口，该接口基本是具有 VC-4-64c 的 STM-64 和采用 64B/66B 编码映射到 VC-4-64c 的以太网 MAC，见 IEEE 802.3ae (2002) 第 49 和 50 章。对开销字节的使用有一些限制见 IEEE 802.3ae (2002) 第 50 章。此外，10 Gbit/s 以太网 WAN 信号有不同的时钟精确度见 ITU-T G.707 (2007) 附录 XII。

F.2 采用 64B/66B 编码以太网 MAC 到 VC-4-64c 的映射

以太网 MAC 数据是 IEEE 802.3ae (2002) 49.2.4 节所定义的 64B/66B 编码，64B/66B 编码连续数据串映射到 VC-4-64c 净荷区，如图 F.1 所示。该映射与以太网块和包边界无关，比特再标记处理用于调节 IEEE 802.3 和 SDH 所采用的 (参见 IEEE 802.3 49.1.4.5 节和 50.3.1 节) 不同的比特编号方案

C2 通道信号标记设置为“1A”，如表 14 所示。

注：该映射是采用 GFP (参见第 10.6 节和 YD/T 1443) 的以太网 MAC 帧到 VC-4-64c 的映射的可选择方案。

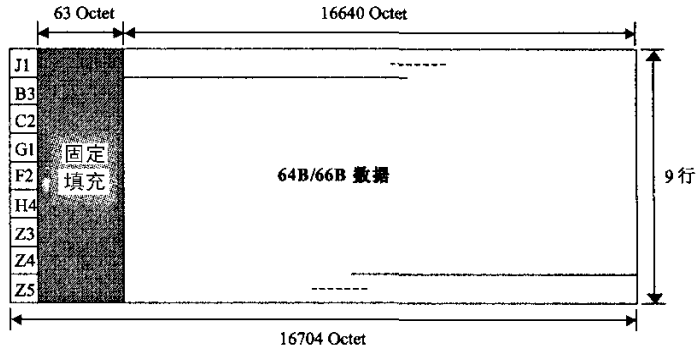


图 F.1 64B/66B 编码以太网 MAC 到 VC-4-64c 的映射

附录 G

(规范性附录)

在 M 对 SHDSL 线中映射 N×TU-12 (dSTM-12N*Mi*)

G.1 复用结构

G991.2 的 E.14 节规范了 N×TU-12 (N=1~9)映射入 M 对(M=1~4) SHDSL 虚级联线对,其中(M×i × 8) kbit/s DCC.作为可选项。

如图 G.1 所示,在 SDH 复用的通用框架(包括ITU-T G.708 中定义的 STM-0)内,G.991.2 附录 E.14 节定义的复用结构包含了支路单元组 d12N(TUG-d12N)到 dSTM-12N*Mi*(N=1~9,M=1~4 以及 i=0,~,7 (单对线模式), i=0,~,4 (两对线模式), i=0,~,3 (三对线模式), i=0,1,2 (四对线模式))不同的复用路径。

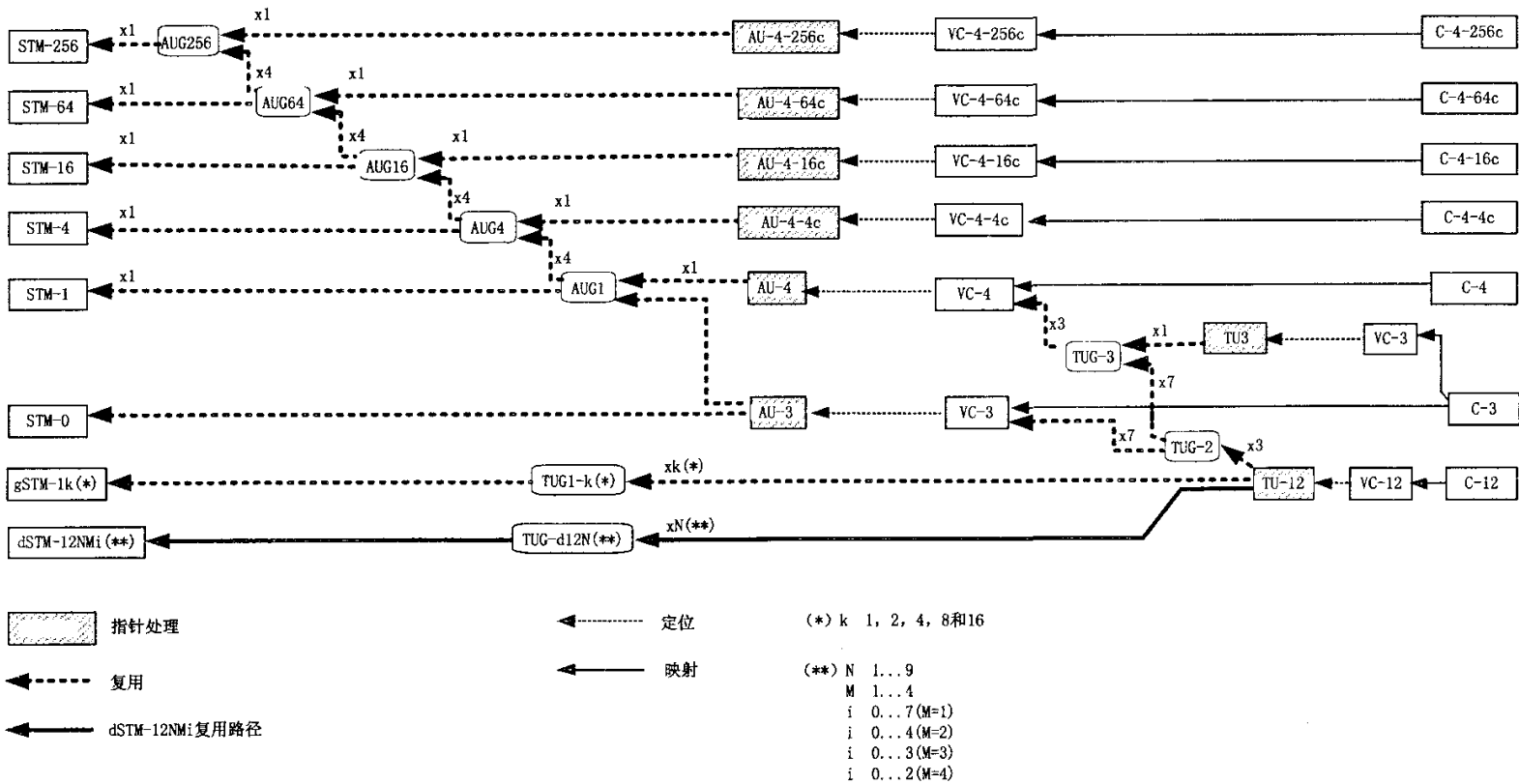
G.2 映射概述

表 G.1 给出了 dSTM-12N*Mi* 的信号集合,该表基于 E.41/G.991.2 制定。

表G.1 M对线上传送N×TU-12/VC-12的dSTM-12N*Mi*信号的名称定义

TU-12 / VC-12 的数目(N)	汇聚后的净荷比特速率[kbit/s]	1对SHDSL容量 1×k <sub>s</sub> 个净荷比特块 k <sub>s</sub> =i+n×8 [bits] M=1	2对SHDSL容量 2×k <sub>s</sub> 个净荷比特块 k <sub>s</sub> =i+n×8 [bits] M=2	3对SHDSL容量 3×k <sub>s</sub> 个净荷比特块 k <sub>s</sub> =i+n×8 [bits] M=3	4对SHDSL容量 4×k <sub>s</sub> 个净荷比特块 k <sub>s</sub> =i+n×8 [bits] M=4
1	2304 + M×i×8	n=36; i=0,~,7 dSTM-12110~ dSTM-12117	n=18; i=0,~,4 dSTM-12120~ dSTM-12124	n=12; i=0,~,3 dSTM-12130~ dSTM-12133	n=9; i=0,1,2 dSTM-12140~ dSTM-12142
2	4608 + M×i×8	n=72; i=0,~,7 dSTM-12210~ dSTM-12217	n=36; i=0,~,4 dSTM-12220~ dSTM-12224	n=24; i=0,~,3 dSTM-12230~ dSTM-12233	n=18; i=0,1,2 dSTM-12240~ dSTM-12242
3	6912 + M×i×8	-	n=54; i=0,~,4 dSTM-12320~ dSTM-12324	n=36; i=0,~,3 dSTM-12330~ dSTM-12333	n=27; i=0,1,2 dSTM-12340~ dSTM-12342
4	9216 + M×i×8	-	n=72; i=0,~,4 dSTM-12420~ dSTM-12424	n=48; i=0,~,3 dSTM-12430~ dSTM-12433	n=36; i=0,1,2 dSTM-12440~ dSTM-12442
5	11 520 + M×i×8	-	-	n=60; i=0,~,3 dSTM-12530~ dSTM-12533	n=45; i=0,1,2 dSTM-12540~ dSTM-12542
6	13 824 + M×i×8	-	-	n=72; i=0,~,3 dSTM-12630~ dSTM-12633	n=54; i=0,1,2 dSTM-12640~ dSTM-12642
7	16 128 + M×i×8	-	-	n=84; i=0,~,3 dSTM-1273~ dSTM-12733	n=63; i=0,1,2 dSTM-12740~ dSTM-12742
8	18 432 + M×i×8	-	-	-	n=72; i=0,1,2 dSTM-12840~ dSTM-12842
9	20 736 + M×i×8	-	-	-	n=81; i=0,1,2 dSTM-12940~ dSTM-12942
		如果未使用通信通道,那么 i=0。 如果通过 Z 比特实现管理,信令,控制和维护功能,每对线还需要附加的 i×8 kbit/s,其中 i=1,~,7 (1对), i=1,~,4 (2对), i=1,2,3 (3对), i=1,2 (4对)			





图G.1 dSTM的映射结构

附录 H  
(规范性附录)

在 GPON 的 GEM 连接中映射 TU-12, TU-3 信号

### H.1 复用结构

G.984.3 的 I.4 节规范了单个 TU-12, TU-3 映射到 G-PON 传送系统的 GEM 连接。本附录规范了信号的复用结构以及相应的 SDH 信号名称。

如图 H.1 所示, 在 SDH 复用的通用框架(包括 ITU-T G.708 中定义的 STM-0)内, G.984.3 的 I.4 节定义了新的复用结构, 包括了映射单个 TU-12 到支路单元组 g12 (TUG-g12) 的接口 gSTM-12, 映射单个 TU-12 到支路单元组 g3 (TUG-g3) 的接口 gSTM-3。

### H.2 映射概述

表 H.1 给出了定义的 gSTM-12, gSTM-2 和 gSTM-3 信号的集合。该表基于 G.984.3 的 I.4 节制定。

表H.1 映射 TU-x 到 GEM 连接的 gSTM-x

TU-x 连接类型	汇聚后的净荷比特速率[kbit/s]	每个 GEM 净荷容量[byte]
12	$144 \times 8 / 0.5 = 2304$	$4(4 \times 9) = 144$
2	$432 \times 8 / 0.5 = 6912$	$4(12 \times 9) = 432$
3	$774 \times 8 / 0.125 = 49536$	$86 \times 9 = 774$

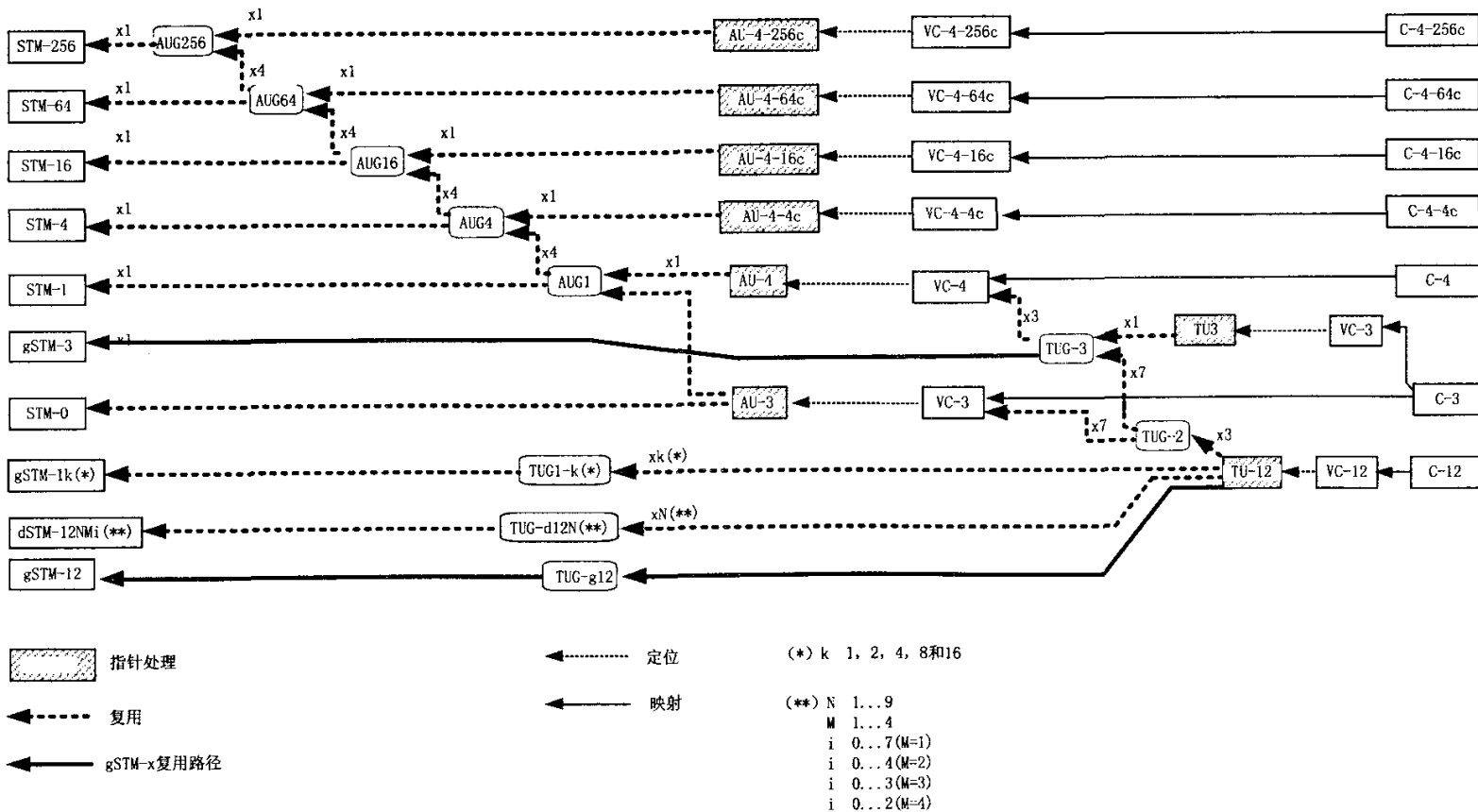


图 H.1 gSTM-x 的映射复用结构

附录 I  
(规范性附录)

STM-256 信号到多个并行通道的适配

使用这种机制的目的是允许适用于 IEEE 40GBase-R 接口的光学模块也可以用于短距离客户侧的 STM-256 接口。STM-256 信号可以通过 4 个并行数据通道承载，STM-256 帧按 16bit 大小切分并反向复用到物理/逻辑通道上，如图 I.1 所示。

1	1:16	17:32	33:48	49:64	...	69105:69120
2	69121:69136	69137:69152	69153:69168	69169:69184	...	138225:138240
3	138241:138256	138257:138272	138273:138288	138289:138304	...	207345:207360
4	207361:207376	207377:207392	207393:207408	207409:207424	...	276465:276480
5	276481:276496	276497:276512	276513:276528	276529:276544	...	345585:345600
6	345601:345616	345617:345632	345633:345648	345649:345664	...	414705:414720
7	414721:414736	414737:414752	414753:414768	414769:414784	...	483825:483840
8	483841:483856	483857:483872	483873:483888	483889:483904	...	552945:552960
9	552961:552976	552977:552992	552993:553008	553009:553024	...	622065:622080

图 I.1 STM-256 帧按每 16bit 切分

每个 STM-256 帧按每 16bit 循环增加，每个通道的比特分布如图 I.2 所示。

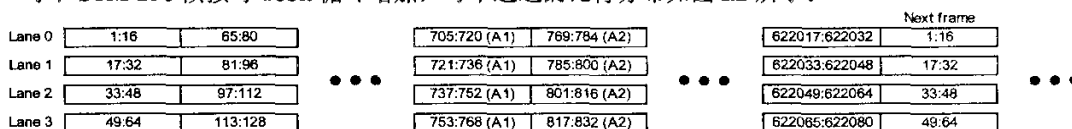


图 I.2 STM-256 信号到并行通道的比特分布

由于 STM-256 帧有 64 个未经扰码的 A1/A2 字节，即每个通道接收 16 个 A1/A2 字节。因此每个通道采用最后的一个 A2 字节作为逻辑通道标记字节。为了获得最大的比特错位检测范围，通道标记值每次值加 4（通道 1 为 0~252，通道 1 为 1~253，通道 1 为 2~254，通道 1 为 3~255，）。逻辑通道的顺序可以通过对该值由进行模 4 操作获得。

由于未来的接口应用可能会通过简单的 4 通道比特复用重新形成串行比特流，因此有必要对每个通道进行延时，以避免帧定位字节重叠，以及产生非常低的时钟信息。因此，任意两个通道间 A1 到 A2 之间的接续必须安排至少 32 字节的时间偏移量。

并行通道可以在宿端通过 16 个 A1 字节及其后的 15 个 A2 字节重新恢复原始信号。由于通道的位置信息可能不会被保存到使用的光模块中，因此通过第 15 个 A2 字节后的比特确定通道顺序，恢复错误定位字节，重新组合得到原始的 STM-256 帧。由于每个通道标记值按值 64 循环，只要总的偏差不超过 32 个 STM-256 帧周期（约 4ms），就可以通过通道标记恢复原始帧。在从通道比特块恢复 STM-256 帧时，用作通道标记的第 15 个 A2 字节后的比特恢复为原来 A2 的值。

这一机制可处理任何正常的 STM-256 帧序列。还需处理的帧序列是通用 AIS，它是一个 STM-256 速率的非成帧的 PN-11 序列。源端通过识别 PN-11 序列监测 AIS 告警。

当接收到 AIS 信息后，负责将 STM-256 信号转换为并行数据通道的源端按表 6.2 中的 STL 速率每 155520bit 产生一帧，结构为 16 × A1 + 15 × A2 + 0xFF。剩下的比特为按 16 字节在通道间递增的 PN-11 序列。当源端监测到任意一个通道的标记值均为 0xFF，它将出口方向产生一个速率为 STM-256 的 PN-11 序列。