

ICS 45.020
S 61

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3485—2017

应答器传输系统技术条件

Technical specification of balise transmission system

2017-09-29 发布

2018-04-01 实施

国家铁路局 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 应答器传输系统 4

5 一般设计要求 7

6 接口 7

7 应答器 15

8 地面电子单元 LEU 16

9 BTM 及天线单元 17

10 运用环境 20

11 RAMS 需求 21

附录 A(规范性附录) 报文编码规则 22

附录 B(资料性附录) 编码与解码背景 29

附录 C(规范性附录) 应答器安装及环境要求 32

附录 D(规范性附录) 应答器“过车”信号输出(接口“C4”) 41

附录 E(规范性附录) 天线单元安装及环境要求 42

附录 F(资料性附录) 应答器传输系统危害源分析与分解 45

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由北京全路通信信号研究设计院集团有限公司归口。

本标准起草单位：北京全路通信信号研究设计院集团有限公司、中国铁道科学研究院通信信号研究所、北京和利时系统工程有限公司、北京交大思诺科技股份有限公司、西安西门子信号有限公司。

本标准主要起草人：袁栩、罗松、杨光伦、郑桂燕、徐宁、王连福、赵会兵、魏力。

应答器传输系统技术条件

1 范围

本标准规定了应答器传输系统、接口、应答器、地面电子单元、BTM 及天线单元的基本功能、技术要求,并规定了运用环境和 RAMS 要求。

本标准适用于应答器传输系统研究、设计、制造。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)(IEC 60529:2013,IDT)

GB/T 21562—2008 轨道交通 可靠性、可用性、可维护性和安全性规范及示例(IEC 62278:2002,IDT)

GB/T 24338.4—2009 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分:机车车辆 设备(IEC 62236-3-2:2003,MOD)

GB/T 24338.5—2009 轨道交通 电磁兼容 第4部分:信号和通信设备的发射与抗扰度(IEC 62236-4:2003,IDT)

GB/T 24339.1—2009 轨道交通 通信、信号和处理系统 第1部分:封闭式传输系统中的安全相关通信(IEC 62280-1:2002,IDT)

GB/T 25119—2010 轨道交通 机车车辆电子装置(IEC 60571:2006,MOD)

TB/T 2846—2015 铁路地面信号产品振动试验方法

TB/T 3074 铁道信号设备雷电电磁脉冲防护技术条件

TB/T 3100.6—2008 铁路数字信号电缆 第6部分:应答器数据传输电缆

TB/T 3251.1—2010 轨道交通 绝缘配合 第1部分:基本要求 电工电子设备的电气间隙和爬电距离(IEC 62497-1:2010,MOD)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

应答器 balise

使用磁感应技术的地面传输单元。

3.2

无源应答器 fixed balise

向车载设备发送自身存储的数据信息。

3.3

有源应答器 controlled balise

通过电缆与地面电子单元 LEU 连接,通常向车载设备传输来自于 LEU 的数据信息,当电缆传输通道失效,传输自身存储的数据信息。

3.4

大尺寸应答器 largesize balise

有效参考区域为 358 mm × 488 mm 的应答器。

TB/T 3485—2017

3.5

标准尺寸应答器 **normalsize balise**

有效参考区域为 200 mm × 390 mm 的应答器。

3.6

应答器组 **balise group**

应答器组由一个或多个应答器组成,车载主机单元设备将其各应答器信息进行综合,生成位置参考点、数据方向有效性、列车防护信息。

3.7

应答器参照标记 **balise reference marks**

对应应答器发射线圈的电气中心位置。

3.8

位置参照 **location reference**

在轨道中的方位。

3.9

地面电子单元 **lineside electronic unit(LEU)**

向有源应答器发送可变信号数据的设备。

3.10

应答器传输模块 **balise transmission module(BTM)**

用于地—车间数据传输的车载模块,处理与应答器间的上行链路信号和报文,并与车载主机单元设备通信。

3.11

天线单元 **antenna unit**

应答器车载传输单元。

3.12

天线单元参照标记 **antenna reference marks**

表示天线单元的电气中心。

3.13

用户报文 **user data**

按照规定的格式编制的、未经过编码处理的的数据。

3.14

传输报文 **transmitted telegram**

对用户报文按照规定的规则进行编码后形成用于地—车传输的应答器数据。

3.15

有效报文 **valid telegram**

满足编码规则且能够被正确解码的报文。

3.16

默认报文 **default telegram**

当 LEU 与外部设备通信故障时 LEU 向有源应答器传输的报文,或当有源应答器与 LEU 之间通信故障时有源应答器传输的报文。

3.17

作用范围 **contact length**

车载天线可以与应答器进行通信并达到规定通信质量的范围(水平方向的距离)。

3. 18

作用区 contact zone

应答器上方的区域,在此区域内应答器磁场分布满足与参考磁场的一致性要求。

3. 19

旁瓣区 side lobe zone

围绕作用区以外指定的区域。

3. 20

串扰保护区 cross-talk protected zone

旁瓣区以外的区域,以下简称串扰区。

3. 21

接口“A” interface ‘A’

应答器与车载设备之间的空气间隙接口。

3. 22

接口“B” interface ‘B’

BTM 与车载主机单元之间的接口。

3. 23

接口“C” interface ‘C’

LEU 与应答器之间的接口。

3. 24

接口“D” interface ‘D’

BTM 与天线单元之间的接口。

3. 25

接口“S” interface ‘S’

LEU 与外部设备(如列控中心设备)的接口。

3. 26

接口“V” interface ‘V’

BTM 与外部测试和校验装置的测试接口。

3. 27

上行链路 up-link

从 LEU 或者从无源应答器到车载主机单元的数据通信。

3. 28

下行链路 down-link

车载天线发送激活应答器的射频能量。

3. 29

参考轴 reference axis

以钢轨为参照物,定义应答器和天线单元各自坐标轴如下:

- a) X 轴:与钢轨平行的坐标轴;
- b) Y 轴:与钢轨呈直角、与轨面水平的坐标轴;
- c) Z 轴:垂直向上、与轨面垂直的坐标轴。

3. 30

角度偏移 angular deviation

为描述与正常方向的角度偏移,定义以下三种旋转角:

- a) 倾斜角:旋转 X 轴发生的角度偏移;

TB/T 3485—2017

- b) 俯仰角:旋转 Y 轴发生的角度偏移;
- c) 偏转角:旋转 Z 轴发生的角度偏移。

4 应答器传输系统

4.1 用途与构成

4.1.1 应答器传输系统是安全点式信息传输系统,通过应答器实现地面设备向车载设备传输信息。

4.1.2 应答器可根据应用需求向车载设备传输固定的(通过无源应答器)或可变的(通过有源应答器)上行链路数据。

4.1.3 当天线单元通过或者停在相应的应答器上方时,构成应答器与车载设备间的信息传输通道。

4.1.4 应答器传输系统由地面设备和车载设备组成,地面设备包括有源应答器、无源应答器和地面电子单元(LEU);车载设备包括天线单元和应答器传输模块(BTM)。

4.1.5 应答器传输系统设备构成见图1,应答器传输系统各设备通过接口“A”、接口“B”、接口“C”、接口“D”、接口“S”进行连通与连接,BTM 还应具备测试接口“V”,各接口要求如下:

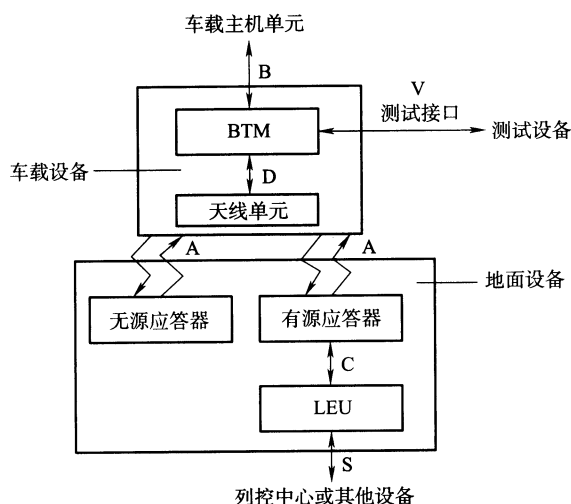


图1 应答器传输系统设备构成

- a) 接口“A”是地面应答器与车载天线单元间的信息传输接口,该接口采用电磁感应方式,用于地—车间的数据传输,还用于对应答器报文进行读写操作,接口“A”在功能上分为以下“A1”、“A4”、“A5”三个子接口:
 - 1) 接口“A1”是应答器向天线单元传输上行链路应答器报文的接口;
 - 2) 接口“A4”是天线单元向地面应答器传输射频能量的接口,用以激活应答器工作;
 - 3) 接口“A5”是采用电磁感应方式对无源应答器的报文写入或对有源应答器的默认报文写入时的接口。
- b) 接口“C”是LEU与有源应答器间的信息传输接口。LEU从列控中心或其他设备获得报文或信息,通过接口“C”传送给有源应答器,有源应答器将信息传送给经过的车载设备。接口“C”在功能上分为以下“C1”、“C4”、“C6”三个子接口:
 - 1) 接口“C1”是LEU向有源应答器传输上行链路应答器报文的接口;
 - 2) 接口“C4”是天线单元经过有源应答器期间,由有源应答器产生的信号,用于在规定时间内阻止LEU进行报文转换的接口,接口“C4”为可选功能;
 - 3) 接口“C6”是LEU向有源应答器接口“C”电路提供电源的接口。
- c) 接口“S”是LEU与列控中心或其他外部设备之间的接口,作为上行链路信息的数据输入。
- d) 接口“B”是BTM与车载主机单元之间的接口,BTM向车载主机单元传输上行链路的信息,并

接收车载主机单元发送的信息。

e) 接口“D”是 BTM 与天线单元间的接口,由设备制造商自行规定。

f) 接口“V”是对 BTM 进行测试和校验的接口,可在 BTM 设备内实现,也可通过接口适配器实现,接口协议由测试规范或车载设备相关规范进行规定。

4.2 系统基本功能和性能

4.2.1 探测应答器功能

4.2.1.1 当天线单元经过应答器时(或之后),BTM 应向车载主机单元提供探测到应答器的信息。探测应答器是安全相关功能。

4.2.1.2 当 BTM 丧失探测应答器功能时,应向车载主机单元报告。

4.2.2 上行链路报文传输功能

4.2.2.1 从地面向车载设备传输报文是安全相关功能,报文编码规则应符合附录 A 的规定,编码与解码背景参见附录 B。

4.2.2.2 在天线单元经过应答器上方时,连接到 LEU 的有源应答器应将从接口“C”接收到的报文透明地传输到接口“A”,无源应答器传输固定的、预先存储的报文。

4.2.2.3 BTM 应对接收到的应答器报文进行过滤,提供满足时延要求的已解码用户报文。

4.2.3 提供列车位置参照功能

4.2.3.1 BTM 应能分析上行链路信号特性与数据,向车载主机单元提供天线单元参照标记通过应答器参照标记时的时间和/或里程数据,供车载主机单元计算应答器参照位置,此功能为安全相关功能。地面通过布置至少两个连续链接的应答器(如两个单独的应答器或多个应答器构成的应答器组)供车载主机单元确定位置参照。

4.2.3.2 BTM 以车载主机单元提供的时间和里程数据为基准。

4.2.4 提供列车运行方向信息功能

应答器传输系统应能正确确定天线单元经过应答器的顺序(时间顺序和位置顺序),并按照此顺序向车载主机单元传送相应的应答器数据信息,此功能为安全相关功能。车载主机单元通过接收至少两个连续链接的应答器报文(如两个单独的应答器或多个应答器构成的应答器组)判定列车经过应答器时的运行方向。

4.2.5 串扰防护功能

4.2.5.1 应答器传输系统不应在应答器的串扰区发生有效的数据传输。

4.2.5.2 在满足所有安装约束条件下,应答器传输系统应保证基于信号强度的串扰防护。在应答器报文设计中,还应考虑串扰防护功能(应答器链接信息、应答器组中的应答器数量信息等),供车载主机单元识别应答器串扰。

4.2.5.3 应答器传输系统应符合以下串扰防护的要求:

- a) 应答器磁场一致性满足要求;
- b) 应答器输入输出特性满足要求;
- c) 应答器附近其他设备电缆或金属物满足安装要求;
- d) 有源应答器接口“C”电缆满足电气安装要求;
- e) BTM 接收机的磁场强度最小阈值 V_{th} 足以正确处理在串扰区被激活的应答器发出的上行链路信息;
- f) 由天线单元产生的射频能量磁场,在最不利条件下不应激活串扰区的应答器。

4.2.5.4 应综合考虑应答器输入/输出特性、应答器磁场一致性、车载设备磁场辐射的最不利情

况下,在表 1 所示的范围内不应出现串扰,对于安装两个天线单元的情况下只防护上行链路不受串扰。

表 1 串扰区的定义

串扰类型	包含的设备	不应发生串扰的区域
横向 (Y 方向)	一个应答器和一个天线单元	应答器和天线单元之间 1.4 m 及以上(Z 轴参照标记之间的距离)
横向 (Y 方向)	一个或两个应答器和两个天线单元	串扰应答器和干扰天线单元之间 3.0 m 及以上(Z 轴参照标记之间的距离)
垂直 (Z 方向)	一个应答器和一个天线单元	4.8 m 及以上(X 和 Y 轴参照标记之间的距离)
纵向 (X 方向)	两个应答器和一个天线单元。两个相邻大尺寸应答器之间 2.6 m 及以上;两个标准尺寸应答器之间 2.3 m 及以上(Y 轴参照标记之间的距离)。如果是两种应答器结合使用,则适用 2.6 m	天线单元在沿着与应答器相同轨道上的任何位置
纵向 (X 方向)	一个应答器和两个天线单元。两个天线单元之间的距离为 4.0 m 及以上	天线单元在沿着与应答器相同轨道上的任何位置

4.2.5.5 其他串扰相关的条件见表 2。

表 2 其他串扰条件

内 容	要 求
轨道中的电缆	应答器周边的电缆应符合附录 C 中干扰电缆的规定
车辆金属物反射	天线单元周边的金属物应满足制造商提出的无金属空间要求
轨道中金属物反射	轨道中金属物应符合附录 C 中无金属空间的规定
护轮轨	应符合附录 C 中护轮轨安装规定

4.2.5.6 一个应答器与一个天线单元时,在最不利条件下(如应答器输入输出效率最高,以及附近存在电缆、护轮轨和杂物覆盖),天线单元发出的射频能量至上行链路接收信号电平的比值,应大于天线单元最大射频能量与上行接收器磁场强度最小阈值 V_{th} 的比值。

4.2.5.7 一个应答器与两个天线单元时,在最不利条件下(如存在电缆、护轮轨和杂物覆盖等),从串扰应答器接收到的信号电平应小于 BTM 接收器磁场强度阈值 V_{th} 的最小值。

4.2.6 数据传输通道质量要求

4.2.6.1 应答器传输系统应满足长格式报文和短格式报文的传输。

4.2.6.2 在每个应答器作用区的中心位置,系统的误码率应小于 10^{-6} 。

4.2.7 数据传输时间延迟

4.2.7.1 每一数据位从接口“C1”到接口“A1”的最大延时为 10 μ s。

4.2.7.2 天线单元参照标记经过应答器参照标记之后不超过 1.3 m,BTM 应已准备好该应答器信息(用户报文和定位信息)。

4.2.8 定位精度

4.2.8.1 在安全应用中,应答器传输系统对应答器的定位精度要求为 ± 1 m,在低速通过应答器时(天线单元与应答器的作用时间超过 BTM 设定的报告周期),BTM 可提供预定位信息,预定位信息精度要求为 ± 1 m。

4.2.8.2 在非安全应用中,应答器传输系统对应答器的定位最大误差(不含外部里程信息的误差)见

公式(1)。

$$|L_{\text{err}}| = \begin{cases} 0.20 \text{ m} & 0 \text{ km/h} < v < 40 \text{ km/h} \\ 1.1 \times 10^{-3} \times v + 0.15 \text{ m} & 40 \text{ km/h} \leq v \leq 500 \text{ km/h} \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$|L_{\text{err}}|$ ——应答器传输系统对应答器的定位最大误差;

v ——列车速度,单位为千米每小时(km/h)。

5 一般设计要求

5.1 参考轴及坐标原点

5.1.1 应答器的外表面应有参照标记,以标明应答器电气中心在 X 、 Y 、 Z 三个轴的位置。

5.1.2 天线单元的外表面应有参照标记,以标明天线单元电气中心在 X 、 Y 、 Z 三个轴的位置。本标准中天线单元的底边作为高度的参照标记。

5.2 材料要求

5.2.1 设备壳体和外部引线应使用阻燃材料。

5.2.2 应说明设备设计中用到的所有有害材料,并提供适当的警告。

5.3 铭牌和产品标识要求

5.3.1 设备应通过标签予以标识设备名称、序列号等内容。

5.3.2 所有警示标志应注明危险条件的类别。

5.4 电源要求

5.4.1 BTM 及天线单元由车载蓄电池供电,电源应符合 GB/T 25119—2010 中第 5 章相关要求。

5.4.2 LEU 由信号电源屏供电,输入电压标称值宜为 DC 24 V 或 AC 220 V,LEU 应满足在 19 V ~ 30 V 直流电压输入范围内或 175 V ~ 240 V 交流电压输入范围内正常工作。

5.4.3 有源应答器和无源应答器向接口“ A ”传输上行链路数据时,不需要地面设备供电,所需能量由天线单元提供。

5.4.4 有源应答器除由天线单元供电外,还由 LEU 提供接口“ C ”电路电源,为了不降低串扰防护能力,接口“ C ”电路电源不应泄漏到应答器上行链路发送电路中。

6 接口

6.1 接口“ A ”

6.1.1 上行链路数据传输信号(接口“ $A1$ ”)

6.1.1.1 上行链路信号电气指标

6.1.1.1.1 上行链路磁场应产生两种用于上行链路数据 FSK 的频率,这两种频率分别是逻辑“0”(f_L)的 3.951 MHz 和逻辑“1”(f_H)的 4.516 MHz。两种频率相互转换时,载波信号应具有连续相位。中心频率应为 $4.234 \text{ MHz} \pm 0.175 \text{ MHz}$,频率偏移应为 $282.24 \times (1 \pm 7\%) \text{ kHz}$ 。

6.1.1.1.2 平均数据速率定义为 1 500 除以 1 500 个连续数据位的时间长度。对任意连续 1 500 位,平均数据速率应为 564.48 kbit/s,整体公差为 2.5%,见公式(2)。

$$\frac{1\,500}{T(\text{bit}_{i+1\,500}) - T(\text{bit}_i)} = 564.48 \times 10^3 \times (1 \pm 2.5\%) \quad \forall i \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$T(\text{bit}_{i+1\,500})$ ——发送 i 位 + 1 500 位数据所需时间长度;

$T(\text{bit}_i)$ ——发送 i 位数据所需时间长度;

bit_i ——发送的第 i 位数据;

i ——发送数据的序号。

6.1.1.1.3 在定义的启动时间周期 T_{BAL} 之后,数据速率变化和应答器发出的数据抖动应满足如下最大时间间隔误差 MTIE 需求 1(与理论数据速率相关)或 MTIE 需求 2(与传输的平均速率相关):

a) MTIE 需求 1 要求见公式(3)及图 2,其中 τ 为位数的测试区段,数据速率为 564.48 kbit/s。

$$MTIE(1) = \begin{cases} 272 \times 10^{-9} \text{ s} & 1 \text{ bit} \leq \tau \leq 16 \text{ bit} \\ 396 \times 10^{-9} \text{ s} & 16 \text{ bit} < \tau \leq 140 \text{ bit} \\ \tau \times 10^{-6} / 564.48 + 148 \times 10^{-9} \text{ s} & 140 \text{ bit} < \tau \leq 1\,000 \text{ bit} \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

式中:
 τ ——比特数。

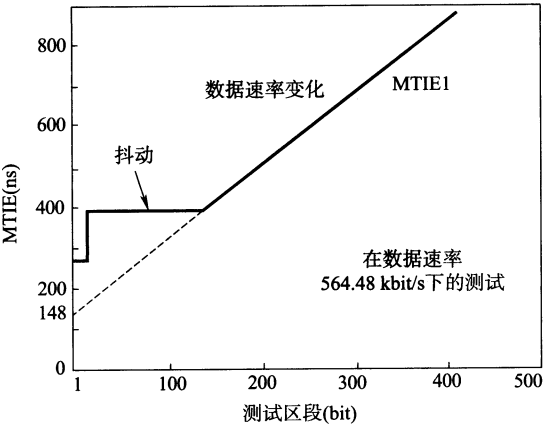


图 2 MTIE 需求 1

b) MTIE 需求 2 要求见公式(4)及图 3,其中 τ 为位数的测试区段,数据速率为实测的平均数据速率。

$$MTIE(2) = \begin{cases} 236 \times 10^{-9} \text{ s} & 1 \text{ bit} \leq \tau \leq 5 \text{ bit} \\ 370 \times 10^{-9} \text{ s} & 5 \text{ bit} < \tau \leq 50 \text{ bit} \\ 2.5 \times \tau \times 10^{-6} / 564.48 + 148 \times 10^{-9} \text{ s} & 50 \text{ bit} < \tau \leq 1\,000 \text{ bit} \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

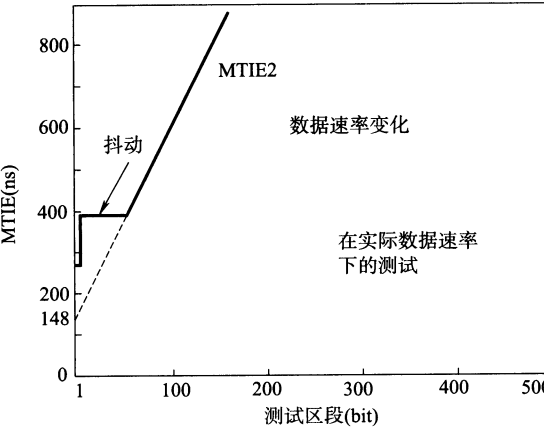


图 3 MTIE 需求 2

6.1.1.1.4 对于每个任意周期 1.77 μs 间隔(独立于位转换),允许幅度抖动为平均幅度值偏差 $^{+1.5}_{-2.0}$ dB, 见图 4。

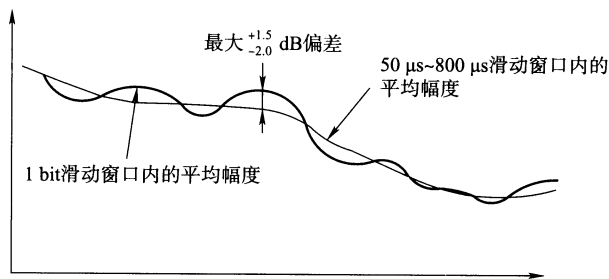


图4 幅度抖动

6.1.1.1.5 传输随机用户数据时,以实测中心频率为中心,1 MHz 带宽内的信号功率(均方根值)应比以下两频带内信号功率(均方根值)之和 高 10 dB:

- a) 以实测中心频率上移 1 MHz 为中心,带宽 1 MHz;
- b) 以实测中心频率下移 1 MHz 为中心,带宽 1 MHz。

6.1.1.2 报文运用长度与应答器类型、最大线路速度

报文运用长度与应答器类型、最大线路速度的限制要求见表 3。

表 3 报文运用长度与应答器类型、最大线路速度关系

应答器类型	最大线路速度	
	$v \leq 350 \text{ km/h}$	$350 \text{ km/h} < v \leq 500 \text{ km/h}$
大尺寸应答器	长格式报文(1 023 位)和短格式报文(341 位)	长格式报文(1 023 位)和短格式报文(341 位)
标准尺寸应答器	长格式报文(1 023 位)和短格式报文(341 位)	短格式报文(341 位)

6.1.1.3 应答器参考区域

6.1.1.3.1 应答器的参考区域分大尺寸和标准尺寸两种规格,参考区域应以 Z 轴为中心,与应答器 X 和 Y 轴在相同平面。两种规格应答器参考区域为:

- a) 大尺寸应答器参考区域应为:358 mm × 488 mm;
- b) 标准尺寸应答器参考区域应为:200 mm × 390 mm。

6.1.1.3.2 由天线单元输出、穿过参考区域的信号,被定义为总磁通量 Φ_d 。

6.1.1.3.3 由应答器输出的磁场强度,被定义为环绕参考区域的电流 I_u 。

6.1.1.3.4 两种不同尺寸的参考环可用于测量天线单元发出的磁通量以及应答器发出的磁场强度。参考环应符合定义的参考区域。

6.1.1.3.5 输入到应答器的磁通量应与从参考区域测量到的磁通量一致。应答器输出的磁场应与参考区域的电流产生的磁场一致。

6.1.1.4 磁场分布

6.1.1.4.1 上行链路应答器的磁场强度垂直分量应与参考磁场一致。

6.1.1.4.2 参考磁场是在自由空间中围绕参考区域的恒定电流产生的垂直分量。当参考区域的磁场强度分别低于 $R_0 - C$ 和 $R_0 - D$ (见图 6、图 7)时,参考磁场分别被限定为 $R_0 - C$ (在靠近作用区的凹陷处)和 $R_0 - D$,其中 R_0 为 $Z = 220 \text{ mm}$ 时作用区的最大磁场强度。应答器输出的信号强度与参考磁场的差值构成上行链路的一致性偏差,用 dB 表示。

6.1.1.4.3 磁场被定义为三个区域:作用区、旁瓣区和应答器串扰区。

6.1.1.4.4 应答器的输入信号是通过应答器参考区域的磁通量,由天线单元产生。该输入信号与参考区域接收到的磁通量的磁场一致性偏差要求,应与上行链路磁场一致性偏差要求相同。本一致性要

求仅适用于作用区和旁瓣区。

6.1.1.4.5 作用区定义为16角的柱状型,见图5。

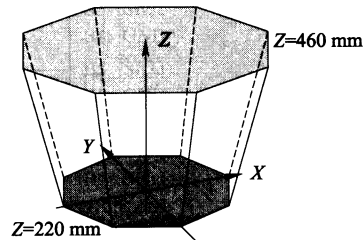


图5 作用区

6.1.1.4.6 柱状作用区的范围见表4。

表4 作用区范围

单位为毫米

垂直距离	参考区域横向安置		参考区域纵向安置	
Z = 220	X = 0	Y = ± 250	X = 0	Y = ± 200
	X = ± 200	Y = 0	X = ± 250	Y = 0
	X = ± 150	Y = ± 200	X = ± 200	Y = ± 150
Z = 460	X = 0	Y = ± 350	X = 0	Y = ± 350
	X = ± 350	Y = 0	X = ± 350	Y = 0
	X = ± 300	Y = ± 300	X = ± 300	Y = ± 300

6.1.1.4.7 在作用区内,对一致性的要求是,应答器产生的磁场与参考磁场差值应在 ± 1.5 dB 内,见图6,射频能量磁场与参考磁场差值应在 ± 1.5 dB 内,见图7。

6.1.1.4.8 围绕应答器作用区以外的一定区域定义为旁瓣区,其范围为: $-1\,300\text{ mm} < X < +1\,300\text{ mm}$; $-1\,400\text{ mm} < Y < +1\,400\text{ mm}$; $+220\text{ mm} < Z < +460\text{ mm}$ 。

6.1.1.4.9 在临近作用区的旁瓣区位置,上行链路信号和射频能量的参考磁场不大于 $R_0 - C$ 。在临近串扰区的旁瓣区位置,仅射频能量适用此要求。

6.1.1.4.10 在旁瓣区内,参考磁场不低于参考磁场沿 X 轴平移 $\pm 5\text{ cm}$ (X_T) 及沿 Y 轴平移 $\pm 5\text{ cm}$ (Y_T) 后得到的值。

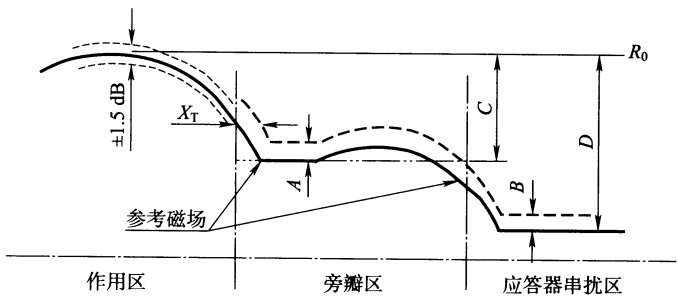
6.1.1.4.11 对旁瓣区的一致性要求是:由应答器产生的磁场与参考磁场之间的偏差应在 $+5\text{ dB}$ 与 $-\infty\text{ dB}$ 之间,见图6,应答器接收的射频能量磁场与参考磁场之间的偏差应在 $+5\text{ dB}$ 与 $-\infty\text{ dB}$ 之间,见图7。

6.1.1.4.12 在串扰区内,参考磁场限制为不超过 $R_0 - D$ 。

6.1.1.4.13 对串扰区的一致性要求是:由应答器产生的磁场与参考磁场之间的偏差应在 $+5\text{ dB}$ 与 $-\infty\text{ dB}$ 之间,见图6,应答器接收的射频能量磁场与参考磁场之间的偏差应在 $+5\text{ dB}$ 与 $-\infty\text{ dB}$ 之间,见图7。

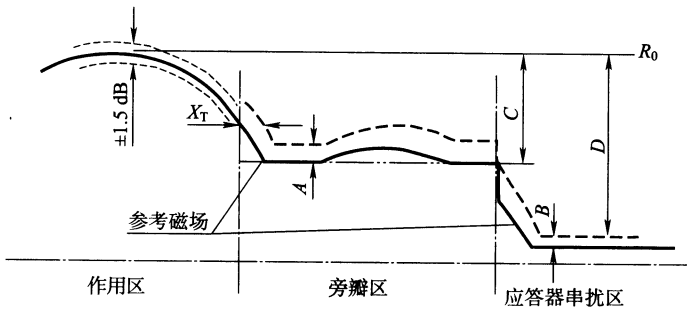
6.1.1.4.14 应答器产生的磁场以及穿过应答器的磁通量,由于杂物覆盖和周边存在导磁材料,与自由空间的磁场型式相比会产生偏差,在设计天线单元时应考虑此偏差的影响。

6.1.1.4.15 杂物覆盖和导磁材料会影响应答器自身的效率,此影响应包含在应答器性能的限制说明中。



说明：
 $A = 5\text{ dB}$ ； $B = 5\text{ dB}$ ； $C = 35\text{ dB}$ ； $D = 60\text{ dB}$ ； $X_T = 5\text{ cm}$ 。

图 6 上行链路参考磁场和限定

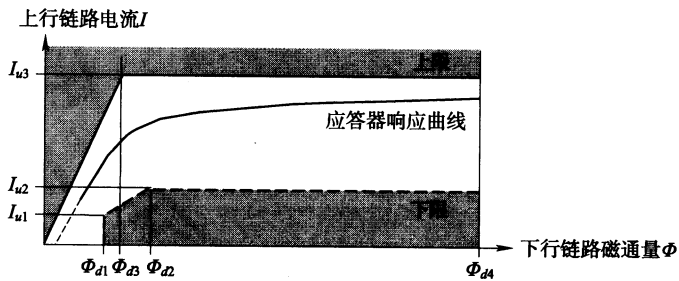


说明：
 $A = 5\text{ dB}$ ； $B = 5\text{ dB}$ ； $C = 35\text{ dB}$ ； $D = 60\text{ dB}$ ； $X_T = 5\text{ cm}$ 。

图 7 射频能量参考磁场和限定

6.1.1.5 作用区的传输

6.1.1.5.1 应答器的输入输出特性应符合图 8 要求,该要求包含杂物覆盖、地面金属结构、安装装置以及电缆带来的影响。



说明：
 I 为应答器产生的电流,表示上行链路磁场强度； Φ 为应答器感应的磁通量。

图 8 应答器输入输出特性

6.1.1.5.2 大尺寸应答器特性见表 5。

表 5 大尺寸应答器特性

名 称	下行链路磁通量				
	$\Phi_{d1} = 7.7$ nWb	$\Phi_{d2} = 12.2$ nWb	$\Phi_{d3} = 9.2$ nWb	$\Phi_{d4} = 200$ nWb	$\Phi_{d5} = 300$ nWb
上行链路电流 mA	$I_{u1} = 23$	$I_{u2} = 37$	$I_{u3} = 116$	$I_{u3} = 116$	非永久毁坏

6.1.1.5.3 标准尺寸应答器特性见表6。

表6 标准尺寸应答器特性

名 称	下行链路磁通量				
	$\Phi_{d1} = 4.9$ nWb	$\Phi_{d2} = 7.7$ nWb	$\Phi_{d3} = 5.8$ nWb	$\Phi_{d4} = 130$ nWb	$\Phi_{d5} = 250$ nWb
上行链路电流 mA	$I_{u1} = 37$	$I_{u2} = 59$	$I_{u3} = 186$	$I_{u3} = 186$	非永久毁坏

6.1.1.5.4 当天线单元发出的磁通量在所定义的参考区域内超过 Φ_{d1} 时,应答器应开始工作,应答器发出的磁场强度应高于由环路电流 I_{u1} 表示的磁场强度。

6.1.1.5.5 当天线单元发出的磁通量在所定义的参考区域内超过 Φ_{d2} 时,应答器发出的磁场强度应高于环路电流 I_{u2} 表示的磁场强度。

6.1.1.5.6 当输入信号小于 Φ_{d1} 时,应答器的输出应被认为是非指定的属性。

6.1.1.5.7 当天线单元磁通量在所定义的参考区域内足够高时,应答器应工作在饱和状态。对继续增加的磁通量输入,上行链路的磁场强度应基本稳定,允许有一定程度的下降,磁通量每增加 1 dB,上行链路的磁场强度下降不超过 0.5 dB。

6.1.1.5.8 天线单元不应在所定义的参考区域内产生超过 Φ_{d4} 的磁通量,否则不能保证应答器的正常功能。

6.1.1.5.9 当应答器从天线单元接收到 Φ_d 磁通量,应答器的接收环路产生感应电压,并在接收环路中产生电流 $I_{\text{reflected}}$ 。如果距天线单元很近,该电流可能会影响天线单元。这种相互作用可以表示为阻抗 $Z_{\text{reflected}}$ (感应电压 $\omega\Phi_d$ 除以电流 $I_{\text{reflected}}$),两种规格应答器阻抗为:

- a) 当应答器接收到的磁通量达到 Φ_{d4-3}^0 dB 时,大尺寸应答器的阻抗 $Z_{\text{reflected}}$ 的绝对值应大于 60 Ω ;
- b) 当应答器接收到的磁通量达到 Φ_{d4-3}^0 dB 时,标准尺寸应答器的阻抗 $Z_{\text{reflected}}$ 的绝对值应大于 40 Ω 。

6.1.1.6 应答器启动时间

当磁通量达到 Φ_{d1} 时,应答器应在 150 μs (T_{BAL}) 内采用 FSK 调制方式向接口“A”发送数据,见图9。

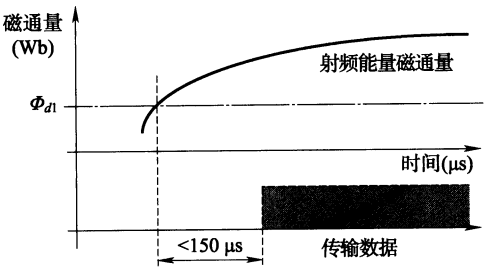


图9 应答器启动时间

6.1.2 射频能量(接口“A4”)

6.1.2.1 由天线单元产生磁场将能量传送给地面应答器,使大尺寸和标准尺寸两种应答器均能获得足够的能量并提供输出信号,与发出磁场的天线单元形成作用范围。

6.1.2.2 射频能量信号为连续(CW)信号,磁场频率为 27.095 MHz \pm 5 kHz。当频偏不小于 10 kHz 时,载波噪声应小于 -110 dBc/Hz。

6.1.2.3 BTM 及天线单元应在各种操作条件下,当应答器阻抗满足要求时,在应答器(大尺寸、标准

尺寸以及标准尺寸横向安装)的参考区域中的磁通量不应大于 Φ_{d4} 。

6.1.3 应答器报文读写(接口“A5”)

6.1.3.1 对应答器进行报文写入的过程(包括工具)应保证每个应答器写入了预期的报文并存储在正确的位置。

6.1.3.2 在正常运用和储存期间,应答器不应因受到电磁干扰而错误激活报文写入操作。

6.1.3.3 报文写入过程应满足本标准定义的安全要求。

6.1.3.4 该接口的内容由应答器设备厂商确定。

6.2 接口“B”

6.2.1 接口“B”通信方式

接口“B”采用串行主从通信方式,车载主机单元为主机,BTM 为从机,可采用 RS422、CAN 总线、MVB 总线、Profibus 总线或其他串行数据总线方式,具体方式由系统设计确定或由车载设备制造商确定。

6.2.2 接口“B”通信协议

6.2.2.1 接口“B”通信协议应符合 GB/T 24339.1—2009 的规定。

6.2.2.2 BTM 向车载主机单元传输的用户报文数据和定位信息,还应考虑其他的保护措施。

6.2.3 BTM 与车载主机单元信息交换内容

6.2.3.1 BTM 向车载主机单元传输的信息应至少包含解码后的用户报文、位置数据、错误报告、设备工作状况等内容。

6.2.3.2 车载主机单元向 BTM 传输的信息应至少包含时间数据、里程数据、列车运行速度、射频能量开/关指令等。

6.3 接口“C”

6.3.1 接口“C”要求

6.3.1.1 接口“C”适用的电缆最大长度为 2 500 m。

6.3.1.2 接口“C”所规定的电气特性,如果不做特别说明,均指对 LEU 输出端的规定。

6.3.1.3 接口“C1”、“C4”、“C6”应共用相同的一对电缆芯线。

6.3.1.4 电缆芯线不限时的意外短路或开路不应造成所连接设备的永久损坏。

6.3.1.5 接口“C”传输的信号无极性要求,即交换两根输入线不应影响接口功能。

6.3.1.6 接口“C”所采用的电缆应符合 TB/T 3100.6—2008 的要求。

6.3.2 上行链路数据输入(接口“C1”)

6.3.2.1 连接 120 Ω 阻性负载时,信号幅度(如图 11 中所示 V_2)应符合表 7 的规定。

表 7 接口“C1”信号幅度

信号幅度 V_2	LEU 输出端要求 V_{pp}
最小值	14
最大值	18

6.3.2.2 连接 120 Ω 阻性负载,频率范围 0.2 MHz ~ 0.6 MHz 时,在 LEU 连接器上的回波损耗应优于 6 dB。

6.3.2.3 传输的基带信号应采用差分双相电平码(DBPL)的编码方式,见图 10,位值由两个阶段而确定,第一阶段是将每个位单元中的相位转移翻译成字符,从“+1”到“-1”翻译成 A,“-1”到“+1”翻译成 B;第二个阶段是将当前字符与以前的字符相比较,如果相同,当前位值是“1”,如果不同,当前位值为“0”。

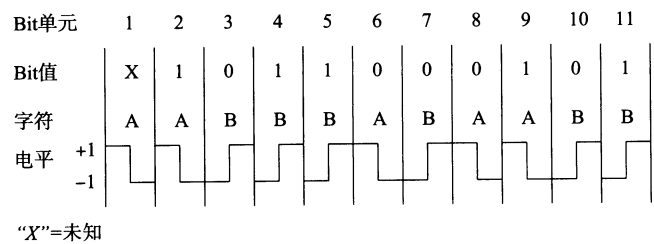


图 10 差分双相电平编码图示

- 6.3.2.4 平均数据速率为 $564.48 \times (1 \pm 0.02\%)$ kbit/s,平均数据速率定义为:1 500 除以 1 500 个连续数据位持续时间。
- 6.3.2.5 连接 120 Ω 阻性负载时的信号眼图应满足图 11 所示的要求,信号不应进入阴影区域(考虑实际平均数据速率以及实际 V_2 信号幅度),眼图参数见表 8。

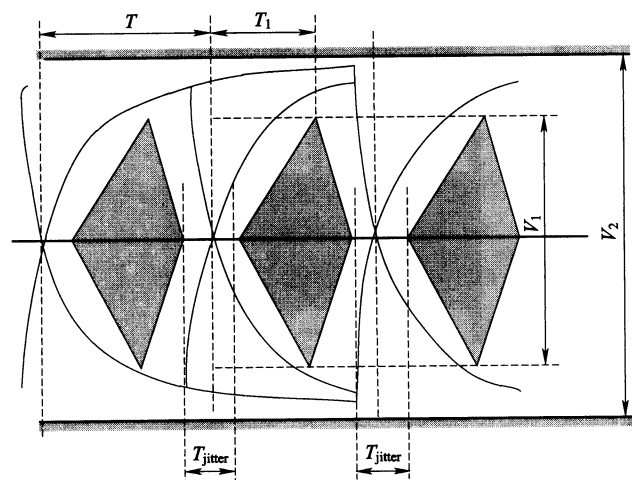


图 11 上行链路眼图

表 8 上行链路眼图参数

参 数	LEU 输出端要求
T	$1/(2 \times \text{实际平均数据速率})$
T_{jitter}	60 ns
T_1	$0.6 \times T$
V_1	$0.74 \times V_2$

- 6.3.2.6 连接 120 Ω 阻性负载时,上升沿和下降沿(10%~90%)的时间应大于 100 ns。
- 6.3.3 接口电源输入(接口“C6”)
- 6.3.3.1 接口“C6”由 LEU 向应答器上行链路串行接口输入电路提供电源。当实现接口“C4”时,接口“C6”用于传输“过车信号”的载波。
- 6.3.3.2 连接 170 Ω 阻性负载时,信号幅度应符合表 9 的规定。

表 9 接口“C6”信号幅度

信号幅度(连接 170 Ω 负载)	LEU 输出端要求 V_{PP}
最小值	20
最大值	23

- 6.3.3.3 连接 $170\ \Omega$ 负载,频率范围为 $8.82\ \text{kHz} \pm 0.1\ \text{kHz}$ 时,LEU 输出端的回波损耗应优于 $4\ \text{dB}$ 。
- 6.3.3.4 信号为正弦波,频率为 $8.82\ \text{kHz} \pm 0.1\ \text{kHz}$ 。
- 6.3.3.5 二次谐波应小于 $-20\ \text{dBc}$ ($170\ \Omega$ 阻性负载);高次谐波 RMS 应小于 $-40\ \text{dBc}$ ($120\ \Omega$ 阻性负载, $0.1\ \text{MHz} \sim 1\ \text{MHz}$ 间)。

6.4 接口“S”

6.4.1 接口“S”通信方式

6.4.1.1 报文透明传输型 LEU 接口“S”采用串行主从通信方式,外部设备为主机,LEU 为从机,可采用 RS485、CAN 总线、以太网或其他串行数据总线方式,具体方式由系统设计确定或由制造商确定。

6.4.1.2 报文存储型 LEU 接口“S”可采用串行主从通信方式,也可通过采集外部开关量输入条件。采用串行主从通信方式时,外部设备为主机,LEU 为从机,可采用 RS485、CAN 总线、以太网或其他串行数据总线方式,具体方式由系统设计确定或与制造商商定;采用开关量输入条件采集方式时,LEU 应具备至少 16 路输入信号,其类型和方式由系统设计确定或由制造商确定。

6.4.1.3 LEU 采用串行通信方式时,应具备独立冗余的两个物理通信通道,单通道故障不应影响 LEU 正常工作。

6.4.2 接口“S”通信协议

6.4.2.1 接口“S”串行通信协议应符合 GB/T 24339.1—2009 的规定。

6.4.2.2 采用开关量输入条件采集方式时,应确定输入信号与报文的对应关系。

7 应答器

7.1 应答器基本功能

7.1.1 接收射频能量功能

7.1.1.1 应答器应以电磁感应方式接收天线单元发出的射频能量,并将其转换为电能,建立上行链路传输的工作电源。

7.1.1.2 应答器应具备对输入功率的限制能力,以免输入信号过强而损坏应答器。

7.1.2 发送上行链路信号功能

7.1.2.1 应答器建立上行链路传输的工作电源后,应以电磁感应方式向天线单元发送上行链路信号。

7.1.2.2 上行链路传输的数据来源于应答器中的非易失存储器,或来源于接口“C”的串行数据流。

7.1.2.3 应答器在作用区之前或之后(旁瓣区)被激活,不应影响作用区的信号传输。

7.1.2.4 应答器应在允许的环境条件下(杂物覆盖、温度等)正常发送上行链路信号。

7.1.3 数据管理功能

7.1.3.1 应答器应产生正确的上行链路数据发送速率。

7.1.3.2 无源应答器发送自身存储的固定数据时,应正确将存储的数据串行、连续不间断输出。

7.1.3.3 有源应答器应正确处理与发送源于接口“C”的串行数据,正确处理发送默认报文的操作与时机。

7.1.4 启动时的模式选择功能

应答器在启动时,应检测当前射频能量的类型,对于符合本标准要求的射频能量,应答器应在图 9 规定的启动时间内予以响应;对于其他模式的射频能量,应答器可不予响应。

7.1.5 上行链路磁场的限制功能

应答器对其输出的磁场信号强度应具备限制功能,输出信号不应超过所允许的最大值。

7.1.6 支持编程和管理操作/编程模式功能

7.1.6.1 应答器应具备通过专门工具进行报文读写的功能,即采用专门工具对应答器进行报文写入、报文改写、报文读取校验的功能。

7.1.6.2 应答器应正确处理报文写入操作和报文发送操作,不应出现操作模式错误和混淆。

7.1.7 对接口“C”的数据接收功能

7.1.7.1 有源应答器应对接口“C”数据进行 DBPL 解码操作。

7.1.7.2 有源应答器在启动时,应对接口“C”输入的数据信号、接口供电信号进行检查,判断接口“C”的有效性,当接口“C”有效时,发送来源于接口“C”的串行数据;当接口“C”无效时,发送自身存储的默认报文,直至本次工作结束。有源应答器每一次被车载设备激活时,都应重新确定接口“C”是否有效。

7.1.7.3 有源应答器在上行链路信号发送接口“C”数据过程中,如果接口“C”信号中途失效,应在等价于 341 位数据传输的时间内(最大允许的时间),由传输源于接口“C”的数据正确转换到传输自身存储的默认报文。

7.1.7.4 一旦有源应答器开始发送默认报文,只要车载设备提供了足够的能量,即使接口“C”恢复了有效信号,有源应答器也应该继续发送默认报文,直至本次工作结束。

7.1.8 I/O 特性控制功能

应答器应在允许的运行环境条件下(杂物覆盖、温度等)正常接收射频能量,并正常控制上行链路信号强度。

7.1.9 串扰防护功能

7.1.9.1 在满足安装限制条件下,应答器应具备串扰防护能力。

7.1.9.2 应答器应符合以下串扰防护的要求:

- a) 应答器满足作用区内输入输出特性要求;
- b) 应答器在自由空间中满足一致性需求;
- c) 满足上行链路电流对附近电缆和接口“C”电缆感应的要求;
- d) 设备安装满足对电缆、护轮轨等约束条件。

7.2 有源应答器可选功能

应答器在启动工作时,通过接口“C”向 LEU 发送阻抗变化的信号,该信号应符合附录 D 的规定。

7.3 应答器运用与安装

7.3.1 应答器组中应答器最小数为 1,最大数为 8。

7.3.2 不被链接的应答器组应至少由两个应答器组成。

7.3.3 同一应答器组中两个相邻应答器之间最小距离应符合附录 C 的规定,最大距离不大于 12 m。

7.3.4 安装装置应便于应答器的安装、更换、位置和角度调整,并具有一定的防盗措施。

7.3.5 安装装置金属部件对磁场的影响应在应答器设计中考虑。

7.3.6 应答器安装高度、横向误差、角度误差以及环境要求等应符合附录 C 的规定。

8 地面电子单元 LEU

8.1 LEU 类型

8.1.1 LEU 从功能上分为两种类型,即报文透明传输型 LEU 和报文存储型 LEU,两种类型 LEU 可以是相同的硬件采用不同的软件配置,也可以是不同的硬件和软件。

8.1.2 报文透明传输型 LEU 通过串行通信接口周期从外部设备(地面列控中心等)接收传输报文,按照接口“C”规定连续向有源应答器传输。

8.1.3 报文存储型 LEU 通过采集外部开关量输入条件或通过串行通信接口周期从外部设备(列控中心、联锁设备等)接收外部设备输入条件,选取已存储在 LEU 内部的与输入条件相对应的报文,按照接口“C”规定连续向有源应答器传输。

8.1.4 每台 LEU 均应具备不少于四路输出能力,能同时向不少于四台有源应答器发送各自相对应的报文。

8.2 LEU 基本功能

8.2.1 数据接收与采集功能

8.2.1.1 报文透明传输型 LEU 通过安全通信协议接收受保护的报文数据。

8.2.1.2 报文存储型 LEU 采集外部开关量输入条件时,该输入信号及采集应符合故障—安全原则;通过串行通信接口接收外部设备输入条件时,应采用安全通信协议。

8.2.1.3 采用串行通信方式的 LEU,在 2 s 时间内没有收到正确有效的数据时,应向有源应答器输出默认报文。

8.2.1.4 采集外部开关量的 LEU,在 2 s 时间内没有采集到正确有效的数据时,应向有源应答器输出默认报文。

8.2.1.5 LEU 接收到正确有效的数据后,在 600 ms 时间内,应开始发送与接收数据相对应的报文。

8.2.2 报文存储与调用功能

8.2.2.1 报文透明传输型 LEU 应能存储不少于 4 条与有源应答器相对应的默认报文。

8.2.2.2 报文存储型 LEU 对应每一路输出,应能存储不少于 256 条长格式报文(含默认报文)。

8.2.2.3 LEU 存储的报文应准确无误,并正确存放在 LEU 存储单元的相应位置,报文调用时不得有误,且应有相应的安全措施。

8.2.2.4 存储的报文应对随机数据错误进行防护,应能检测到数据错误并得到及时处理。

8.2.2.5 存储的报文(含默认报文)应能通过报文读写工具进行检查、修改。

8.2.3 报文输出功能

8.2.3.1 一般条件下一根电缆只供一个有源应答器使用,如果多个数据通道合用一根电缆中的不同芯线,则应进行测试与确认。

8.2.3.2 LEU 应实时向有源应答器发送报文,LEU 与有源应答器间的电缆极限长度不小于 2 500 m。

8.2.3.3 当 LEU 转换报文时,在新老报文之间应插入 75 位至 128 位逻辑“1”(或“0”)的序列。

8.2.3.4 LEU 输出信号应满足 6.3 规定的接口“C”的要求。

8.2.3.5 LEU 应具备输出过流和过压保护功能,与有源应答器连接的电缆出现开路和短路时,LEU 不应受到永久性损坏。

8.2.4 电缆开短路检测功能

应具备监测与有源应答器间电缆的开路和短路状态,并能通过串行通信接口向其他外部设备提供电缆故障信息。允许在 LEU 外部设置模块或部件,与 LEU 相配合完成长距离电缆状态监测功能。

8.2.5 阻止报文转换功能(可选)

LEU 收到有源应答器发出的接口“C4”信号后,应阻止报文转换,阻止时间至少为 10 ms 或按系统需求规定的时间内阻止报文转换。

8.3 LEU 运用与安装

8.3.1 LEU 设备一般设置在室内机械室,可放置在专门的 LEU 设备柜内,也可放置在列控中心或其他设备柜内的合适位置。

8.3.2 按系统设计要求,LEU 应能热备冗余,由列控中心或其他设备对 LEU 的输出通道进行切换控制。

8.3.3 LEU 设置在室外时,可通过光缆与其他设备通信。

9 BTM 及天线单元

9.1 BTM 及天线单元基本功能

9.1.1 产生射频能量功能

9.1.1.1 BTM 应提供射频能量,天线单元应通过“A”接口将该射频能量传输给应答器,用于激活应

答器。

9.1.1.2 射频能量特性应满足 6.1.1.4 及 6.1.2 的要求。

9.1.1.3 射频能量强度应得到保证, BTM 应予以进行监测, 强度过高或过低均应向车载主机单元报告。

9.1.1.4 BTM 设备应根据车载主机单元的命令, 开启或关断射频能量。

9.1.2 探测应答器功能

9.1.2.1 当车载主机单元在正常操作模式下, BTM 及天线单元就应具备探测应答器功能。

9.1.2.2 在车载主机单元没有向 BTM 发出停止功能检测指令的情况下, BTM 应周期性检测探测应答器的功能。

9.1.2.3 BTM 设备应向车载主机单元传输关于地面设备故障的信息, 包括传输探测到应答器而没有收到有效报文的信息。

9.1.2.4 如果探测到应答器而没有收到有效报文, BTM 应向车载主机单元报告探测到应答器。

9.1.2.5 当 BTM 及天线单元丧失探测应答器功能时, 应向车载主机单元报告。

9.1.2.6 在列车低速运行条件下天线单元还没有越过应答器时, BTM 可在超过报告周期时, 将预定位信息和用户报文发送给车载主机单元。

9.1.2.7 BTM 对于接收的磁场强度应具有合适的阈值电压 V_{th} 。当接收到的磁场强度低于 V_{th} 阈值时, BTM 不应向车载主机单元传送接收到的报文。 V_{th} 值应设定为对应于指定参考区域在最不利位置的电流 I_{uth} , 与电流 I_{uth} 对应的磁场强度取决于指定参考区域的尺寸和方向(对于标准尺寸的参考区域应考虑横向和纵向安装)以及天线单元的设计。

9.1.2.8 当来自应答器的磁场强度高过 V_{th} 时, 在制造商规定的时间 T_{DET} 以内, BTM 应探测到应答器。 T_{DET} 值的确定应适合不同的速度变化。

9.1.2.9 BTM 应能在作用区内接收到来自应答器的报文。

9.1.2.10 在应答器上方 X 轴方向发生可靠数据传输的距离应大于最小作用范围, 并应考虑解码需求和应答器启动时间。作用范围长度 S 应符合公式(5)的要求。

$$S > V \times (R \times T_{BL} + T_{BAL} + T_{BTM} + T_{REL}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

V ——综合天线单元、应答器和报文长度的最大规定速度;

R ——安全接收报文的系数, 对应解码所需的附加位数;

T_{BL} ——长短报文的传输时间;

T_{BAL} ——应答器的启动时间;

T_{BTM} ——BTM 和天线单元的反应时间;

T_{REL} ——可靠传输所需的附加时间。

注: R 、 T_{BTM} 和 T_{REL} 由设备制造商定义, 时间 T_{REL} 由系统层根据系统期望的可用性以及外部影响传输的噪声水平予以设定。

9.1.2.11 天线单元的设计应适用于 A 级和 B 级应答器。

9.1.3 上行链路信号的滤波和解调功能

9.1.3.1 BTM 及天线单元应接收上行链路频带的信号, 并滤除其他的带外信号。

9.1.3.2 BTM 及天线单元应对上行链路信号进行解调, 将 FSK 信号还原为数字信号。

9.1.4 物理串扰防护功能

9.1.4.1 BTM 应保证基于信号强度的串扰防护。

9.1.4.2 BTM 串扰防护基于下述条件:

- a) 天线单元的安装(在自由空间的高度、横向偏移和角度偏移);
- b) 最大磁场强度;

- c) 最小接收阈值;
- d) 应答器最大输入输出特性;
- e) 应答器串扰区内上行链路信号最大的一致性偏差;
- f) 在串扰区的射频能量一致性偏差符合旁瓣区规定;
- g) 有关护轮轨的规定足以避免串扰的影响;
- h) 在各种条件下轨道上的电缆均符合约束条件;
- i) 设备满足安装规则。

9.1.5 旁瓣传输的物理防护,以及数据和位置影响的管理功能

9.1.5.1 BTM 应能依据时间里程信息、运行速度以及从接口“A1”接收的信号,对旁瓣进行处理,滤除旁瓣产生的上行链路信号。

9.1.5.2 在经过一个应答器时,即使收到多个波瓣,BTM 应向车载主机单元报告只通过了一个应答器。

9.1.6 环境噪声的抗扰功能

BTM 及天线单元应具有足够的环境噪声抗扰能力,以适应安装在各类动车组及机车上且在其环境下(包括过分相区的环境)正常工作。

9.1.7 依据编解码要求检查上行链路输入数据功能

9.1.7.1 应符合附录 A 的规定进行解码,对于不符合要求的输入数据应废弃。

9.1.7.2 如果所进行的解码不符合附录 A 规定,则应对其安全性进行分析与计算。

9.1.8 检测报文类型并解码的功能

9.1.8.1 BTM 应能识别所接收的数据是长格式报文还是短格式报文。

9.1.8.2 BTM 应具备对两种格式的报文进行正确解码功能。

9.1.9 提取用户数据功能

提取解码后的长报文格式 830 位数据或短报文格式 210 位数据按通信协议向车载主机单元传送。

9.1.10 报文过滤功能

BTM 应对接收的数据进行过滤,提供满足时延要求并已解码的有效报文。

9.1.11 在通过应答器时上行链路报文转换的管理功能

BTM 在接收到报文转换的情况下,通常把转换后的有效报文及位置信息传送给车载主机单元,在某些情况下,如列车低速通过应答器时,可向车载主机单元传送多条有效报文及预定位信息。

9.1.12 输出数据加入时间戳和里程戳功能

BTM 向车载主机单元传送的数据包含时间戳和/或里程戳数据,该时间戳和里程戳应是天线单元参照标记经过应答器参照标记的数据。

9.1.13 支持应答器定位功能(安全和非安全应用)

经过每一个应答器时,BTM 应向车载主机单元提供能判定应答器参照标记的有效数据,这些数据可以是以时间的方式和/或以位置的方式,并以车载主机单元提供的时间和位置数据为基准,BTM 计算的时间和位置数据的误差应满足系统定位的误差需求。

9.1.14 误码检测功能

BTM 应对上行链路数据进行误码检测,并能记录或提供评估数据接收质量的相关数据。

9.1.15 启动测试功能

BTM 在上电启动时应进行自检测试,并对天线单元进行检测,出现故障或异常时,应向车载主机单元报告。

9.1.16 设备自检功能

BTM 在运行中,应周期性进行自检测试,并对天线单元进行检测,出现故障或异常时,应向车载主机单元报告。

9.2 BTM 及天线单元运用与安装

- 9.2.1 BTM 应安装在能防止风、沙、雨、雪直接侵入的车体内合适位置,天线单元安装在列车底部。
- 9.2.2 接口“D”电缆安装及电缆走线路径应避开电力牵引装置、电力电缆、电动机等,并保持一定距离。
- 9.2.3 天线单元安装应符合附录 E 的规定。
- 9.2.4 制造商应按照附录 E 中表 E.3 和表 E.4 规定的内容,提出最大允许的天线单元杂物覆盖、静态和动态偏移。
- 9.2.5 在符合附录 E 规定的线路金属物体条件下,BTM 及天线单元应能正常探测到应答器,且不发报警信息;在经过规定范围以外的金属物时,允许 BTM 向车载主机单元发出报警信息。

10 运用环境

10.1 环境温度

- 10.1.1 应答器工作环境温度: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 10.1.2 LEU 工作环境温度: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 10.1.3 BTM 工作环境温度: $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 10.1.4 天线单元工作环境温度: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

10.2 大气压力

应答器、LEU、BTM 及天线单元应适应大气压力 $70\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ (海拔不超过 $3\text{ }000\text{ m}$)。

10.3 密封、防尘和湿度

- 10.3.1 应答器应在 GB 4208—2017 定义的 IP67 环境等级中正常工作。
- 10.3.2 LEU 至少允许在 GB 4208—2017 定义的 IP20 环境等级中正常工作。
- 10.3.3 BTM 至少允许在 GB 4208—2017 定义的 IP20 环境范围内正常工作,并符合 GB/T 25119—2010 中 4.1.4 规定的相对湿度要求。
- 10.3.4 天线单元至少允许在 GB 4208—2017 定义的 IP65 环境范围内正常工作。

10.4 机械应力

- 10.4.1 应答器应符合 TB/T 2846—2015 中第三种分类规定的相关振动要求。
- 10.4.2 LEU 应符合 TB/T 2846—2015 中第一种分类规定的相关振动要求。
- 10.4.3 BTM 及天线单元应符合 GB/T 25119—2010 中 4.1.3 规定的冲击和振动相关要求。

10.5 电磁兼容

- 10.5.1 应答器、LEU 应满符合 GB/T 24338.5—2009 中规定的相关要求,其中浪涌、静电放电性能判据为 B,其他相关指标的性能判据为 A。
- 10.5.2 BTM 及天线单元应符合 GB/T 24338.4—2009 规定的相关要求,其中浪涌、静电放电性能判据为 B,其他相关指标的性能判据为 A。
- 10.5.3 应答器、BTM、天线单元射频场感应的传导骚扰试验的免测频段为 $2.5\text{ MHz}\sim 6\text{ MHz}$ 以及 $27.095\text{ MHz}\pm 0.5\text{ MHz}$ 。

10.6 绝缘配合

- 10.6.1 应答器、LEU 应符合 TB/T 3251.1—2010 中规定的 OV3 类相关要求。
- 10.6.2 BTM 及天线单元应符合 GB/T 25119—2010 中 12.2.9 规定的绝缘试验要求。

10.7 雷电防护

- 10.7.1 应答器数据传输通道电缆的室内引入端应采取防雷设计。
- 10.7.2 在采取了必要的防电磁干扰和防雷措施之后,LEU 应符合 TB/T 3074 中规定的相关要求,且不应产生指标下降和功能上非期望的偏差。
- 10.7.3 LEU 设备接地电阻不应大于 $4\text{ }\Omega$ 。

11 RAMS 需求

11.1 可靠性

11.1.1 无源应答器设备 MTTF 不应小于 3×10^5 h。

11.1.2 有源应答器设备 MTTF 不应小于 2×10^5 h。

11.1.3 LEU 设备 MTBF 不应小于 2×10^5 h。

11.1.4 BTM 设备(含天线单元)MTBF 不应小于 2×10^5 h。

11.2 可维护性

LEU、BTM 设备应具备功能易测性,在正常运行、自检或诊断操作中,应能提供故障记录或错误报告。

11.3 安全性

11.3.1 应答器传输系统应符合故障—安全原则,符合 GB/T 21562—2008 中规定的要求,系统应达到安全完整性 SIL4 级要求。

11.3.2 可参照附录 F 进行危害源分析。

附录 A

(规范性附录)

报文编码规则

A.1 编码特性

报文格式的特性如下：

- a) 兼容长格式(1 023 位)和短格式(341 位)两种报文长度；
- b) 信息量大,两种长度报文的用户信息分别为 830 位和 210 位；
- c) 对各种类型传输错误有安全证明；
- d) 报文所有位的反转都可以由解码器识别；
- e) 传输不需要从报文首位开始(或结束),对于报文循环移位的检测过程是完全透明的；
- f) 预留格式变化。

报文格式允许定量计算由于随机误码、突发错误、位丢失、位插入及其组合误码所造成的影响,以及报文转换和长短报文格式误译所造成的潜在问题。

任何安全相关的计算仅针对特定的接收器,如果不使用本规则规定的接收器,则需给出完整的安全相关的计算。

A.2 报文格式

报文格式见表 A.1,有长报文和短报文两种格式,长报文的长度为 $n_L = 1\,023 (93 \times 11)$ 位,短报文的长度 $n_S = 341 (31 \times 11)$ 位。报文位序表示为 $b_{n-1}, b_{n-2}, \dots, b_1, b_0$ ($n = n_L = 1\,023$ 或者 $n = n_S = 341$),位序递减(从左到右)与表 A.1 中的从“左”到“右”一致,传输顺序也是从左到右(但不需要从最左位 b_{n-1} 开始)。

表 A.1 报文格式

整形后的数据	控制位 cb	加扰位 sb	额外修正位 esb	校验位
83 × 11 = 913 位或 21 × 11 = 231 位	3 位	12 位	10 位	85 位

报文开始于“整形后的数据”块,它包括“加扰”和“整形”后的用户数据。在长格式中,包含了 913 位(83 个 11 位长的字),即, $b_{1\,022}, \dots, b_{110}$;在短格式中,该数据块包含 231 位(21 个字),即 b_{340}, \dots, b_{110} , (在下面描述中如无特别说明,一个“字”均表示 11 位),每个字包含了 10 个用户位,因此,长报文包含了 830 个用户位,短报文包含了 210 个用户位。

b_{109}, \dots, b_{107} 是三位“控制位”(cb),第一个控制位 b_{109} 是“反转位”,将其设置成 0。其他两个控制位 (b_{108} 和 b_{107}) 作为将来格式变化的预留,对于现在的格式,设成 $b_{108} = 0, b_{107} = 1$ 。

b_{106}, \dots, b_{95} 是 12 位的“加扰位”(sb),它们存储了在整形前对数据进行操作的加扰器初始值。

b_{94}, \dots, b_{85} 是 10 位“额外修正位”(esb),它们用于使校验位满足整形的要求而不依赖于加扰,接收器仅在校验整形约束条件时使用。

最后 85 位, b_{84}, \dots, b_0 , 是“校验位”,包含 75 位奇偶校验位以及 10 位同步位。

A.3 编码过程

A.3.1 多项式说明

对于任何二进制 n 元组 $v = [v_{n-1}, v_{n-2}, \dots, v_1, v_0]$, 等价于二进制多项式 $v(x) = v_{n-1}x^{n-1} + v_{n-2}x^{n-2} + \dots + v_1x + v_0$ (数学术语中,“位”是有限域 GF(2) 中的元素,“二进制多项式”是一个封闭域 GF

(2)[2]中的元素)。对于任意两个二进制多项式 $c(x)$ 和 $d(x)$, $Rc(x)[d(x)]$ 表示 $d(x)$ 除以 $c(x)$ 的余子式 $r(x)$, 对于某些多项式 $q(x)$, $d(x) = q(x)c(x) + r(x)$ 成立(所有加法都是模 2 运算)。

A. 3.2 加扰

按照以下三个步骤进行加扰:

a) 步骤 1: 用所有用户位的函数替换第一个 10 bit 用户位。

对于长格式设 $m = 830$, 短格式设 $m = 210$, 设 $u_{m-1}, u_{m-2}, \dots, u_0$ 为用户位, 用户位从左到右每 10 位分为一组, $u_{k-1} = (u_{m-1}, \dots, u_{m-10})$, $u_{k-2} = (u_{m-11}, \dots, u_{m-20})$, \dots , $u_0 = (u_9, \dots, u_0)$, 长格式 $k = 83$, 短格式 $k = 21$ 。形成每 10 位构成一个字的新序列 $u'_{k-1}, u'_{k-2}, \dots, u'_0$, $u'_i = u_i, i = 0, \dots, k-2$, 其中第一个字与原来不同, 用下面公式 (A. 1) 替换。公式中所有 10 位字都认为是整数, 左边为最高有效位 (MSB)。序列 u'_{k-1}, \dots, u'_0 被还原为位流 u'_{m-1}, \dots, u'_0 , 除了第一个 10 位 $u'_{m-1}, \dots, u'_{m-10}$ 以外, 其他与 u_{m-1}, \dots, u_0 相同。

$$u'_{k-1} = \sum_{i=0}^{k-1} u_i \bmod 2^{10} \quad \dots\dots\dots (A. 1)$$

b) 步骤 2: 由 12 位加扰位计算 32 位整数 S 。

将 12 位加扰位 (sb) $b_{106} \dots b_{95}$ 作为一个整数, 最高有效位 (MSB) 为 b_{106} , 最低有效位 (LSB) 为 b_{95} , 表示为 $B = b_{106} \times 2^{11} + \dots + b_{96} \times 2 + b_{95}$ 。

32 位整数 S 按公式 (A. 2) 定义, 其中 $2\,801\,775\,573 = 69\,069^3 \bmod 2^{32}$, 后面的数是此类随机数发生器的通常选择。

$$S = (2\,801\,775\,573 \times B) \bmod 2^{32} \quad \dots\dots\dots (A. 2)$$

c) 步骤 3: 使用初始状态为 S 的 32 位线性反馈移位寄存器进行加扰。

使用图 A. 1 所示移位寄存器电路, 图中方框是延时单元, 加号表示异或操作。系数 $h_{31}, h_{30}, h_{29}, h_{27}, h_{25}$ 和 h_0 等于 1 (表示连接), 所有其他系数都为 0 (表示不连接)。延时单元的总数是 32 个, S 值以二进制方式作为移位寄存器的初始状态 (左边为 MSB)。然后电路被时钟驱动 $m-1$ 次, 同时输入 u'_{m-1}, \dots, u'_0 , 便生成加扰后的码位 $s_{m-1}, s_{m-2}, \dots, s_0$ (在第一个时钟之前读取第一个输出 s_{m-1})。以多项式符号表示, 图 A. 1 的电路在每一个时钟内均完成 $\sigma(x) \mapsto R_{h(x)}[x \times \sigma(x) + u_i x^{32}]$ 操作, 其中 $\sigma(x) = \sigma_{31} x^{31} + \dots + \sigma_1 x + \sigma_0$ 是移位寄存器的内容 (σ_0 在右边), $h(x) = x^{32} + x^{31} + x^{30} + x^{29} + x^{27} + x^{25} + 1$, u_i 是数据流输入 ($i = m-1, \dots, 0$)。

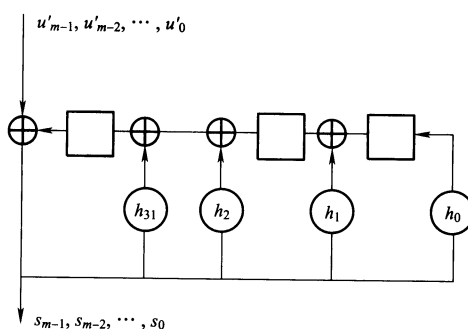


图 A. 1 数据加扰

A. 3.3 10 位到 11 位转换

加扰后的数据每 10 位分为一组, 按序号递减, 第一组由 $s_{m-1}, s_{m-2}, \dots, s_0$ 组成, m 定义与前面相同。长格式中有 83 个这样的数据组, 短格式有 21 个这样的数据组。每个这样的数据组都按照替换表转换成 11 位的字, 1 024 个值的替换表 (11 位字) 列于 A. 6。替换规则是, 数据组被作为整数 i (0 到 1 023 之间, 左边为 MSB), 被转换为列表中的第 i 个字 (字的编号从 0 开始)。因此, $i+1$ 的替换字总是比 i 的替换字更大。

A. 3.4 计算校验位

在经过上述加扰和转换之后, 通过选择“额外修正位” (esb) b_{94}, \dots, b_{85} , 完成候选报文位 b_{n-1}, \dots ,

b_{85} , 剩下的工作是计算校验位 b_{84}, \dots, b_0 , 校验位定义为公式 (A.3) 的多项式, 其中 $f(x), g(x)$ 和 $o(x)$ 取决于报文格式。

$$b_{84}x^{84} + \dots + b_1x + b_0 = R_{f(x)g(x)}[b_{n-1}x^{n-1} + \dots + b_{85}x^{85}] + o(x) \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

对于长格式, 则 $f(x) = f_L(x), g(x) = g_L(x), o(x) = g_L(x)$, 应使用下列多项式:

$$\begin{aligned} f_L(x) &= x^{10} + x^9 + x^7 + x^6 + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1 \\ g_L(x) &= x^{75} + x^{73} + x^{72} + x^{71} + x^{67} + x^{62} + x^{61} + x^{60} + x^{57} + x^{56} + x^{55} + x^{52} + x^{51} + \\ &\quad x^{49} + x^{46} + x^{45} + x^{44} + x^{43} + x^{41} + x^{37} + x^{35} + x^{34} + x^{33} + x^{31} + x^{30} + x^{28} + \\ &\quad x^{26} + x^{24} + x^{21} + x^{17} + x^{16} + x^{15} + x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^9 + x^4 + x + 1 \end{aligned}$$

对于短格式, 则 $f(x) = f_S(x), g(x) = g_S(x), o(x) = g_S(x)$, 应使用下列多项式:

$$\begin{aligned} f_S(x) &= x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + x + 1 \\ g_S(x) &= x^{75} + x^{72} + x^{71} + x^{70} + x^{69} + x^{68} + x^{66} + x^{65} + x^{64} + x^{63} + x^{60} + x^{55} + x^{54} + \\ &\quad x^{49} + x^{47} + x^{46} + x^{45} + x^{44} + x^{43} + x^{42} + x^{41} + x^{39} + x^{38} + x^{37} + x^{36} + x^{34} + \\ &\quad x^{33} + x^{32} + x^{31} + x^{30} + x^{27} + x^{25} + x^{22} + x^{19} + x^{17} + x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + \\ &\quad x^6 + x^3 + x + 1 \end{aligned}$$

多项式 $g_L(x)$ 和 $g_S(x)$ 满足下面公式 (A.4), 这表明三重循环重复的短报文满足长格式的奇偶校验。

$$R_{g_L(x)}[g_S(x) \times (x^{682} + x^{341} + 1)] = 0 \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

A.3.5 候选报文测试

A.3.5.1 概述

每个报文均应满足下列所有的条件, 否则候选报文将被拒绝, 通过调整额外修正位 (只影响校验位) 或通过改变加扰位 (影响整个报文), 以获得新的候选报文。

下列所有的条件也都保持“首尾相接”, 即循环重复的报文。所有序号都默认进行模 n 处理 (对应于长格式和短格式, n 分别为 1 023 或 341)。

如果 11 位字是 A.3.3 中 1 024 个替换值其中的一个, 则该 11 位字被称作“有效”字。

A.3.5.2 字母表条件

任何 11 位字 b_{i-1}, \dots, b_{i-11} (其中 i 为 11 的倍数) 均应为“有效”字。显然, “整形后的数据”自动满足该条件, 除此之外, 报文的其余部分也应全部满足字母表条件。

A.3.5.3 同步偏离解析条件

该条件测试 11 位字的序列: $(b_{i-1}, \dots, b_{i-11}), (b_{i-12}, \dots, b_{i-22}), (b_{i-23}, \dots, b_{i-33}), \dots$, 其中 i 不为 11 的倍数。在这样的序列中, 对连续有效字的数量进行了限制。

如果 $i+1$ 或者 $i-1$ 是 11 的倍数, 连续有效字最多不能超过 2 个; 其他情况下且 i 不是 11 的倍数, 则长报文连续有效字最多不超过 10 个、短报文最多不能超过 6 个。

该条件在报文的任何部分都不是自动满足的, 而当 $i+1$ 或 $i-1$ 是 11 的倍数时, 字母转换表可提供帮助。

A.3.5.4 长格式报文的非周期条件

该条件只适用于长格式报文。通过测试两个由 341 位进行分隔的 11 位字序列之间的汉明距, 以保证即使出现噪声和位丢失情况下, 长格式报文不会被误认为是短格式报文。

设 i 是 11 的倍数, b_{i-1}, \dots, b_{i-22} 与 $b_{i-341-1}, \dots, b_{i-341-22}$ 的汉明距至少为 3; 当 $k = \pm 1, \pm 2, \pm 3$ 时, b_{i-1}, \dots, b_{i-22} 与 $b_{i-341-k-1}, \dots, b_{i-341-k-22}$ 的汉明距至少为 2。

A.3.5.5 漏取样条件

漏取样系数为 2, 即报文序列改变成 $b_{n-2}, b_{n-4}, \dots, b_1, b_{n-1}, b_{n-3}, \dots, b_2, b_0$, 导致变成另一个循环码字, 而不能被校验位检测, 该情况有可能是由于硬件的错误而造成的, 因此, 应对每条报文进行检测, 以保证此种变化的码字肯定会违背字母表条件。

设 $V_j = b_{j-2k}, j=0, \dots, n-1$, 对于 $k=1, 2, 3, 4$ 和任意 i , 序列 $(V_{i-1}, \dots, V_{i-11}), (V_{i-12}, \dots, V_{i-22}), (V_{i-23}, \dots, V_{i-33})$ 连续有效的码字最多不能超过 30 个。换言之, 漏取样的短报文、漏取样的长报文中的 341 位段不应满足字母表条件。

A.4 报文转换

通常情况下, 在列车通过的整个持续时间内, 报文是连续重复发送的, 即: $b_{n-1}, \dots, b_0, b_{n-1}, b_{n-2}, \dots$, 如果发送器要转换发送一条新的报文, 应在旧报文的最后一个传输位和新报文的第一个传输位之间, 插入一个长度为 75 位至 128 位的全“0”或全“1”字符串。最后一个传输位和第一个传输位可以是报文的任何一位, 而不一定是 b_0 和 b_{n-1} 位。

A.5 解码需求

A.5.1 基本的接收器操作

接收器有用于长格式 ($n=1\ 023$) 和短格式 ($n=341$) 的两种版本。

接收器至少应满足下列条件:

- 考虑 $n+r$ 连续接收位的窗口 (长格式: $r=77$; 短格式: $r=121$ 。如果窗口已经移动超过了 7 500 位, 则设置 $r=n$);
- 判断是否满足奇偶检验要求, 即第一个 n 位 (按照多项式考虑) 可以被 $g(x)$ 整除, 如果不满足, 则移动窗口, 并且返回到条件 a);
- 附加位 r (在窗口的最右边) 应与第一个 r 位 (在窗口的最左边) 相符, 否则移动窗口, 并且返回到条件 a);
- 利用 $f(x)$ 找到报文的起始位 (b_{n-1} 位), 参见附录 B.2.1, 如果 $R_{f(x)}[v(x)]$ 是一个“不可能”的值, 则返回到条件 a);
- 所有的 11 位字 ($b_{n-1}, \dots, b_{n-11}), (b_{n-12}, \dots, b_{n-22}), \dots, (b_{10}, \dots, b_0)$ 均应有效, 否则移动窗口, 并且回到条件 a);
- 到此, 报文认为是安全的;
- 判断反转位 b_{109} 是否为 1, 如果是, 参见 A.5.2;
- 检查其他两个控制位, 如果 $b_{108}=1$ 或者 $b_{107}=0$, 中断并判定为“未知报文格式”;
- 将 11 位字还原为 10 位字;
- 解扰;
- 输出用户位和反转位 (b_{109}) 的初始状态。

A.5.2 检查控制位

每个接收器都要检查“控制位”(cb)。如果发现反转位 b_{109} 为 1, 所有接收到的位都要反转后方可使用, 也可以被接收器拒绝。这两种情况下, 反转位的设置信息都应送至车载主机单元。

其他两个“控制位” b_{108} 和 b_{107} 都被检查 (在报文解码并认为是有效之后), 如果没有分别被设为 0 和 1, 则接收器应判定为“未知报文格式”。

A.5.3 检查漏取样条件

接收器不检查漏取样条件。

A.5.4 检查附加位

基本接收器需要一定的附加位 (即大于报文长度) 没有错误。要求对于长格式为 77 位, 短格式 121 位。任何安全相关的接收器均应考虑至少如此数量的附加位。

A.6 10 位到 11 位转换置换字

以下为按八进制列出的字, 该表中的 1 024 个字是有效的。所有其他的 11 位字为无效 (为便于检查, 前 512 个字的累加和为 267 528, 所有 1 024 个字的累加和为 $512 \times 2\ 047 = 1\ 048\ 064$)。

00101, 00102, 00103, 00104, 00105, 00106, 00107, 00110, 00111, 00112,
00113, 00114, 00115, 00116, 00117, 00120, 00121, 00122, 00123, 00124,

00125, 00126, 00127, 00130, 00131, 00132, 00133, 00134, 00135, 00141, 00142, 00143, 00144, 00145, 00146, 00147, 00150, 00151, 00152, 00153, 00154, 00155, 00156, 00157, 00160, 00161, 00162, 00163, 00164, 00165, 00166, 00167, 00170, 00171, 00172, 00173, 00174, 00175, 00176, 00201, 00206, 00211, 00214, 00216, 00217, 00220, 00222, 00223, 00224, 00225, 00226, 00231, 00233, 00244, 00245, 00246, 00253, 00257, 00260, 00261, 00272, 00273, 00274, 00275, 00276, 00301, 00303, 00315, 00317, 00320, 00321, 00332, 00334, 00341, 00342, 00343, 00344, 00346, 00352, 00353, 00357, 00360, 00374, 00376, 00401, 00403, 00404, 00405, 00406, 00407, 00410, 00411, 00412, 00413, 00416, 00417, 00420, 00424, 00425, 00426, 00427, 00432, 00433, 00442, 00443, 00445, 00456, 00457, 00460, 00461, 00464, 00465, 00470, 00471, 00472, 00474, 00475, 00476, 00501, 00502, 00503, 00504, 00505, 00506, 00507, 00516, 00517, 00520, 00521, 00522, 00523, 00524, 00525, 00530, 00531, 00532, 00533, 00534, 00535, 00544, 00545, 00546, 00547, 00550, 00551, 00552, 00553, 00554, 00555, 00556, 00557, 00560, 00561, 00562, 00563, 00571, 00573, 00576, 00601, 00602, 00604, 00605, 00610, 00611, 00612, 00613, 00614, 00615, 00616, 00617, 00620, 00621, 00622, 00623, 00624, 00625, 00626, 00627, 00630, 00634, 00635, 00644, 00645, 00646, 00647, 00650, 00651, 00652, 00653, 00654, 00655, 00656, 00657, 00660, 00661, 00662, 00663, 00666, 00667, 00672, 00674, 00675, 00676, 00701, 00712, 00713, 00716, 00717, 00720, 00721, 00722, 00723, 00730, 00731, 00732, 00733, 00734, 00735, 00742, 00743, 00744, 00745, 00746, 00747, 00750, 00751, 00752, 00753, 00754, 00755, 00756, 00757, 00760, 00761, 00764, 00765, 00766, 00767, 00772, 00773, 00776, 01001, 01004, 01005, 01016, 01017, 01020, 01021, 01022, 01023, 01024, 01025, 01030, 01031, 01032, 01033, 01034, 01035, 01043, 01044, 01045, 01046, 01047, 01054, 01057, 01060, 01061, 01062, 01075, 01076, 01101, 01102, 01103, 01110, 01114, 01115, 01116, 01117, 01120, 01121, 01122, 01123, 01124, 01125, 01126, 01127, 01130, 01131, 01132, 01133, 01142, 01143, 01144, 01145, 01146, 01147, 01151, 01152, 01153, 01154, 01155, 01156, 01157, 01160, 01164, 01166, 01167, 01176, 01201, 01214, 01217, 01220, 01221, 01222, 01223, 01224, 01225, 01226, 01227, 01230, 01231, 01232, 01233, 01243, 01244, 01245, 01253, 01254, 01255, 01256, 01257, 01260, 01261, 01272, 01273, 01274, 01275, 01276, 01301, 01302, 01303, 01305, 01306, 01307, 01317, 01320, 01321, 01332, 01334, 01335, 01342, 01343, 01344, 01345, 01350, 01351, 01352, 01353, 01355, 01356, 01357, 01360, 01361, 01364, 01365, 01370, 01371, 01372, 01373, 01374, 01376, 01401, 01403, 01406, 01407, 01414, 01415, 01416, 01417, 01420, 01424, 01425, 01431, 01433, 01434, 01435, 01443, 01445, 01456, 01457, 01460, 01462, 01474, 01475, 01476, 01501, 01502, 01503, 01504, 01505, 01516, 01517, 01520, 01524, 01532, 01533, 01544, 01546, 01550, 01551, 01552, 01553, 01554, 01557, 01560, 01561, 01562, 01563, 01566, 01567, 01576, 01601, 01603, 01604, 01605, 01606, 01607, 01610, 01611, 01612,

01613, 01614, 01615, 01616, 01617, 01620, 01621, 01622, 01623, 01624,
01625, 01626, 01630, 01631, 01632, 01633, 01635, 01643, 01644, 01645,
01650, 01651, 01652, 01653, 01654, 01655, 01656, 01657, 01660, 01661,
01672, 01674, 01675, 01676, 01701, 01720, 01744, 01745, 01746, 01747,
01750, 01751, 01752, 01753, 01754, 01755, 01756, 01757, 01760, 01761,
01762, 01763, 01764, 01765, 01766, 01767, 01770, 01771, 01772, 01773,
01774, 01775, 02002, 02003, 02004, 02005, 02006, 02007, 02010, 02011,
02012, 02013, 02014, 02015, 02016, 02017, 02020, 02021, 02022, 02023,
02024, 02025, 02026, 02027, 02030, 02031, 02032, 02033, 02057, 02076,
02101, 02102, 02103, 02105, 02116, 02117, 02120, 02121, 02122, 02123,
02124, 02125, 02126, 02127, 02132, 02133, 02134, 02142, 02144, 02145,
02146, 02147, 02151, 02152, 02153, 02154, 02155, 02156, 02157, 02160,
02161, 02162, 02163, 02164, 02165, 02166, 02167, 02170, 02171, 02172,
02173, 02174, 02176, 02201, 02210, 02211, 02214, 02215, 02216, 02217,
02220, 02223, 02224, 02225, 02226, 02227, 02231, 02233, 02244, 02245,
02253, 02257, 02260, 02261, 02272, 02273, 02274, 02275, 02276, 02301,
02302, 02303, 02315, 02317, 02320, 02321, 02332, 02334, 02342, 02343,
02344, 02346, 02352, 02353, 02357, 02360, 02361, 02362, 02363, 02370,
02371, 02374, 02376, 02401, 02403, 02404, 02405, 02406, 02407, 02412,
02413, 02416, 02417, 02420, 02421, 02422, 02424, 02425, 02426, 02427,
02432, 02433, 02434, 02435, 02442, 02443, 02445, 02456, 02457, 02460,
02470, 02471, 02472, 02474, 02475, 02476, 02501, 02502, 02503, 02504,
02505, 02516, 02517, 02520, 02521, 02522, 02523, 02524, 02532, 02533,
02534, 02544, 02545, 02546, 02547, 02550, 02551, 02552, 02553, 02554,
02555, 02556, 02557, 02560, 02563, 02576, 02601, 02610, 02611, 02613,
02617, 02620, 02621, 02622, 02623, 02624, 02625, 02626, 02630, 02631,
02632, 02633, 02634, 02635, 02644, 02645, 02646, 02647, 02650, 02651,
02652, 02653, 02654, 02655, 02656, 02657, 02660, 02661, 02662, 02663,
02667, 02674, 02675, 02676, 02701, 02702, 02715, 02716, 02717, 02720,
02723, 02730, 02731, 02732, 02733, 02734, 02742, 02743, 02744, 02745,
02746, 02747, 02752, 02753, 02754, 02755, 02756, 02757, 02760, 02761,
02772, 02773, 02776, 03001, 03004, 03005, 03010, 03011, 03012, 03013,
03016, 03017, 03020, 03021, 03022, 03023, 03024, 03025, 03026, 03027,
03030, 03031, 03032, 03033, 03034, 03035, 03042, 03043, 03044, 03045,
03046, 03047, 03054, 03055, 03056, 03057, 03060, 03061, 03064, 03065,
03076, 03101, 03102, 03103, 03105, 03110, 03111, 03114, 03115, 03116,
03117, 03120, 03121, 03122, 03123, 03124, 03125, 03126, 03127, 03130,
03131, 03132, 03133, 03142, 03143, 03147, 03150, 03151, 03152, 03153,
03154, 03155, 03156, 03157, 03160, 03161, 03162, 03163, 03164, 03165,
03166, 03167, 03172, 03173, 03175, 03176, 03201, 03204, 03206, 03214,
03215, 03216, 03217, 03220, 03221, 03222, 03223, 03224, 03225, 03226,
03227, 03230, 03231, 03232, 03233, 03242, 03243, 03244, 03245, 03246,
03247, 03252, 03253, 03254, 03255, 03256, 03257, 03260, 03261, 03270,

03271, 03272, 03273, 03274, 03275, 03276, 03301, 03302, 03303, 03305,
03306, 03307, 03312, 03313, 03316, 03317, 03320, 03321, 03332, 03334,
03335, 03344, 03345, 03350, 03351, 03352, 03353, 03357, 03360, 03361,
03364, 03365, 03366, 03367, 03370, 03371, 03372, 03373, 03374, 03376,
03401, 03403, 03417, 03420, 03424, 03425, 03431, 03433, 03434, 03435,
03436, 03443, 03445, 03456, 03457, 03460, 03462, 03474, 03476, 03501,
03502, 03503, 03504, 03505, 03516, 03517, 03520, 03524, 03531, 03532,
03533, 03544, 03546, 03551, 03552, 03553, 03554, 03555, 03557, 03560,
03561, 03563, 03566, 03571, 03576, 03601, 03602, 03603, 03604, 03605,
03606, 03607, 03610, 03611, 03612, 03613, 03614, 03615, 03616, 03617,
03620, 03621, 03622, 03623, 03624, 03625, 03626, 03627, 03630, 03631,
03632, 03633, 03634, 03635, 03636, 03642, 03643, 03644, 03645, 03646,
03647, 03650, 03651, 03652, 03653, 03654, 03655, 03656, 03657, 03660,
03661, 03662, 03663, 03664, 03665, 03666, 03667, 03670, 03671, 03672,
03673, 03674, 03675, 03676

附录 B

(资料性附录)

编码与解码背景

B.1 编码

B.1.1 编码过程

按下列步骤进行编码：

- a) 选择 12 位加扰位；
- b) 对数据位进行加扰；
- c) 按 10 位一组将扰码后数据进行分组,然后扩展成为每组 11 位的字；
- d) 尽可能地检查修正约束条件,如果不满足,返回到 a)；
- e) 选择 10 位额外修正位(如果所有的 2^{10} 组合穷举完,返回到 a)；
- f) 产生校验位；
- g) 检查修正约束条件,如果报文通过则停止,否则返回到 e)。

第 d) 步的测试在逻辑上是没有必要的,所有的测试可以在步骤 g) 完成,然而为效率考虑,应尽可能早地剔除不合格候选报文,内循环 e)、f)、g) 仅改变额外修正位。

每条报文是循环码中的一个编码字,循环码对于随机位错误和突发错误提供足够的防护,10 到 11 位转换改善了对位丢失和位插入的防护,并排除了连续的 0 和连续的 1。候选报文测试步骤 d) 和 g) 排除了潜在的对位丢失不易检查的报文,以及长报文与短报文的码型过近的报文,对于给定的用户数据,扰码保证了形成足够多的可供选择的候选报文,直到其中一条通过了最终的测试。

这种随机反复编码方案的优点是,候选报文安全证明所需的特性容易被测试,这对于确定性的编码过程而言是非常困难的(除非牺牲大量重要的信息位)。然而,理论上存在有些用户数据不能成功编码,在候选报文通过所有的测试前已经穷举完修正位,但这样的概率非常低(对于随机数据小于 10^{-100})。如果发生这种情况,只需要微调用户数据就足以使数据编码有效。也应指出,在确定可接受的报文之前所产生的候选报文数量相当大,而接收器则相对简单和快速。

B.1.2 10 位到 11 位转换的说明

数据转换有以下几个作用：

- a) 使连续的“0”或“1”最多不超过 8 位；
- b) 使附加位和窗内对应的位最多移 4 位时能被接收器检测到；
- c) 被选定的字母表支持同步偏离解析条件,左移或右移任何有效字的一位、插入任意的新位都不会生成有效字。左移所有有效字并插入任意的新位所形成的新字,只有 316 个有效,而右移只有 324 个字有效；
- d) 反转有效字的所有位能形成另一个有效字。

因此下面的 270 个字都是无效的：

00000xxxxxx,xxxxxx00000,10000000001,
 11111xxxxxx,xxxxxx11111,01111111110,
 01010101010,10101010101,
 00100100100,01001001001,10010010010,
 11011011011,10110110110,01101101101,
 00010001000,00100010001,01000100010,10001000100,00110011001,01100110011,
 11101110111,11011101110,10111011101,01110111011,11001100110,10011001100。

B.2 解码

B.2.1 同步

由应答器发出的长度为 n 位的数组 $v = [v_{n-1}, \dots, v_0]$ (对于长、短报文分别为 $n = 1\,023$ 和 $n = 341$), 数组 v 是传输报文的循环移位形式, 在多项式符号中, $v(x) = R_{x^{n-1}}[x^S \times b(x)]$, 其中 $b = [b_{n-1}, \dots, b_0]$ 是传输的报文, 整数 S 是距报文头的偏移位数, 见图 B.1。

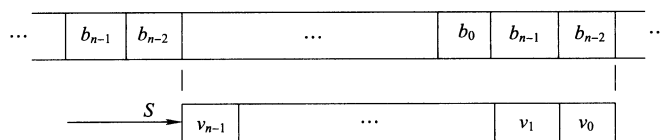


图 B.1 窗口长度为 n 的接收数据

S 的取值范围 $0 \leq S < n$, 函数 $S_f(x)$ 计算按公式 (B.1) 计算。

$$S_f(x) = R_{f(x)}[v(x)] \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

其中, 对于长格式 $f(x) = f_L(x)$; 短格式 $f(x) = f_S(x)$, 可按公式 (B.2) 表示。

$$S_f(x) = R_{f(x)}[x^S \times O(x)] \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

$O(x) = g(x)$, 此外, $S_f(x)$ 的值唯一确定了 S 的值, 使用 S 即可识别同步。最后, 可按公式 (B.3) 表示 [注: $f(x)$ 不是 $x-1$ 的倍数]。

$$R_{f(x)}[v(x) + x^{n-1} + x^{n-2} + \dots + x^2 + x + 1] = R_{f(x)}[v(x)] \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

这意味着, 同步对所有位的反转也是透明的。

对于一个无错报文, (B.2) 式的值不为 0, 然而, 如果 $v(x)$ 是任意长度 n 的周期性向量元素, 其周期被除以 n (但小于 n), 可按公式 (B.4) 表示。

$$R_{f(x)}[v(x)] = 0 \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

特别是, 如果一个长格式报文接收器输入了重复的短报文, 则公式 (B.1) 始终为 $S_f(x) = 0$ 。

B.2.2 接收器操作说明

短格式报文接收器的附加位数量比较大, 是为了安全排除长电报。当检测 7 500 位后仍没有找到无错报文时, 设 $r = n$, 目的是设定一个确定的上限范围, 当 $r = n$ 时, 接受一个错误报文的概率为 0。

“移位窗”长度应涵盖附加位, 移位可以是一次一位或一次多位。

测试附加位目的是, 对于短报文, 可以保证安全、排除长报文, 对于两种格式, 是检测位丢失和位插入的根本。

“不可能”值: 对于短格式, 无错报文只有 341 (总数 1 024) 个可能值, 在长格式接收器中, 无错报文不会产生 $R_{f(x)}[v(x)] = 0$, 但是重复的无错短报文总是 $R_{f(x)}[v(x)] = 0$ 。

在实际的执行解码时, 对于 A.5.1 接收器操作, 很自然地步骤 i) “11 位转 10 位”与步骤 e) 结合, 且步骤 e) 应将报文的所有部分都进行有效字检查。

B.3 安全考虑

B.3.1 概述

以下概述基本接收器的防护, 未涉及概率方面的内容。

对于每次通过应答器, 报文格式和基本接收器被设计为接受错误报文概率的上限为 10^{-18} , 考虑了以下危害:

- 随机位错误;
- 突发错误;
- 位丢失或位插入及其理论上的全部组合;
- 报文转换和格式误译 (长、短报文) 的潜在问题;
- 一些更深层的特殊的错误模式。

B.3.2 随机位错误和突发错误

由 $g(x)$ 确定的循环码对于随机位错误和(附加的)突发错误提供了防护,对于长格式的最小码距至少为 15,短格式至少为 17,移位窗内少于此位数的错误能被基本接收器检测。

任何长度不大于 75 位的突发错误能得到检测,多个较短突发错误的组合也能得到检测,例如,任何两个长度不超过 41 位和 24 位的突发错误均能得到检测。

B.3.3 位丢失和插入

移位窗内(长度 $n+r$)位丢失和插入的总和不超过 3 个事件,能被基本接收器检测。

B.3.4 报文转换

在转换的两条报文间插入至少 75 位“0”或“1”,根据在接收器窗口 $n+r$ 中的位置,考虑以下两种报文转换情况:

- 在窗口开始(或结束)处转换,最多包含 75 位“0”或“1”,这样,至少有 n 个连续位不受报文转换的影响,该 n 位受循环码保护;
- 窗口叠加转换或转换时包含多于 75 位,在转换时考虑 75 位“0”或“1”(没有传输错误),该 75 位以外接收到的数据确定了唯一码字,只有一种 75 位码型可以被接收器认可,如果唯一认可的码型少于 13 个 1,就不会发生错误,因为在接收器的步骤 e)中将被拒绝(检查有效字),因此,任何不可测错误码型在此 75 位中至少有 13 个 1。

B.3.5 格式混淆

长报文和短格式接收器:长短格式的识别依赖于 121 位附加位的检查,如果没有位丢失,非周期条件给出汉明距至少为 15,如果发生 3 个位丢失或插入,汉明距至少为 4。

短报文和长格式接收器:重复的短报文“几乎”相当于有效的长报文,满足对长格式的奇偶校验以及字母表条件、同步偏离解析条件、漏采样条件,但有两个条件不满足,即非周期条件和“不可能”同步值 $S_f(x)=0$,在长格式接收器中他们均不是任何安全关键,换言之,重复的短报文如同长报文一样被处理和防护,而“不可能”同步值 $S_f(x)=0$ 将导致同步失败。

B.3.6 过取样和漏取样

系数为 K 的过取样对每一位进行 K 次取样,漏取样定义参见 A.3.5.5。这样的情况在正常操作时未必发生,但也会因为硬件故障而引发。考虑此错误模型的原因是,循环码对于权重为 2 的过取样和漏取样有其体系的缺点(因为对任何二元多项式 $a(x)$, $a(x^2)=a(x)^2$)。

字母表条件可以对由于过取样引起的大于 8 位的连续 0 和连续 1 进行检测,系数为小于 8 的偶数时,过取样被附加位覆盖(报文中对应的前 r 位被移位)。

系数为 2、4、6、8、16 的漏取样由漏取样条件覆盖,此情况下不需要大的汉明距,由循环码防护。

附 录 C
(规范性附录)
应答器安装及环境要求

C.1 一般情况下应答器安装要求

C.1.1 应答器安装高度

在不同杂物覆盖应用等级条件下,不同杂物覆盖等级的应答器安装高度见表 C.1,表 C.1 中的数值对应 Z 轴坐标。

表 C.1 应答器杂物覆盖等级、杂物覆盖应用等级对应的安装高度

单位为毫米

应答器尺寸	应答器杂物覆盖等级	杂物覆盖应用等级	
		A	B
大尺寸	A	-93~-190	-93~-210
大尺寸	B	不允许	-93~-210
标准尺寸	A	-93~-150	-93~-193
标准尺寸	B	不允许	-93~-193

C.1.2 应答器安装的横向误差和角度误差

应答器安装的横向误差和角度误差要求见表 C.2,适用于大尺寸和标准尺寸应答器。

表 C.2 应答器安装的横向误差和角度误差

内 容	允许误差	说 明
应答器 Z 轴参照标记与轨道中心轴之间的最大横向偏差	$\pm 15\text{ mm}$	一般应用的公差
旋转 X 轴允许的倾斜角	$\pm 2^\circ$	
旋转 Y 轴允许的俯仰角	$\pm 5^\circ$	
旋转 Z 轴允许的偏转角	$\pm 10^\circ$	

C.1.3 组内应答器之间的最小距离

最大线路速度为 180 km/h 时,两个标准尺寸应答器的最小中心距应为 2.3 m;两个大尺寸应答器的最小中心距为 2.6 m。

最大线路速度为 300 km/h 时,两个应答器的最小中心距应为 3.0 m。

最大线路速度为 500 km/h 时,两个应答器的最小中心距应为 5.0 m。

C.2 杂物覆盖

C.2.1 A 级应答器是当施加 A 级杂物覆盖条件时满足本标准的应答器,B 级应答器是当施加 B 级杂物覆盖条件时满足本标准的应答器。

C.2.2 应答器应符合表 C.3 规定的杂物覆盖指标。

表 C.3 应答器上的杂物覆盖层和等级

单位为毫米

材 料	描 述	在应答器上方的厚度	
		A 级	B 级
水	清澈的	200	100
	含 0.1% NaCl(重量)	100	10
雪	新鲜的,0℃	300	300
	部分融化的(含水 20%)	300	300
冰	无孔	100	100
道砟	石头	100	100
沙子	干或湿	20	20
泥浆	不含盐	50	50
	含 0.5% 盐 NaCl(重量)	50	10
铁矿石	赤铁矿石 Fe_2O_3	20	20
	磁铁矿石 Fe_3O_4	20	2
铁粉	列车制动产生的铁粉	10	10
煤粉	含 8% 硫黄	10	10
油及油脂	—	50	50

C.2.3 在施加杂物覆盖条件下,应按表 C.4 所示增加磁通量 Φ_{d1} 和 Φ_{d2} 的值。

表 C.4 磁通量增量(Φ_{d1} 和 Φ_{d2})

单位为分贝

材 料	描 述	磁通量增量	
		A 级	B 级
水	纯净	3.0	2.0
	含 0.1% NaCl(重量)	2.5	1.0
铁矿石	磁铁矿(Fe_3O_4)	2.0	1.0

C.3 周边金属物和电缆

C.3.1 无金属空间

C.3.1.1 应答器安装时,在其周边一定范围的空间内应避免存在金属物(被确认的安装装置除外),见图 C.1 和图 C.2,对应答器四边及下方(X、Y、Z 轴方向)的限制以应答器参照标记为基准点,该坐标系的原点垂直穿过应答器参照标记,向上的 Z 轴方向无金属空间延伸至高于应答器位置的轨面。在定义无金属空间范围内以及高于应答器的位置上,不应存在电气闭合回路。

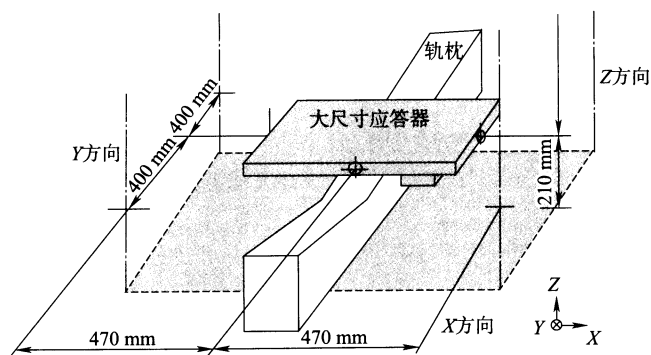


图 C.1 大尺寸应答器无金属空间

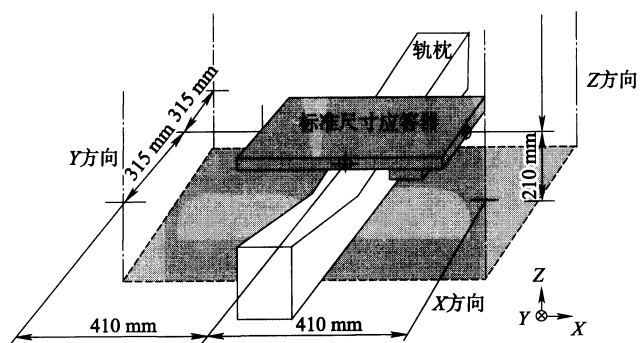


图 C.2 标准尺寸应答器无金属空间

C.3.1.2 无金属空间限制条件适用于正常操作情况。对于横向安装标准尺寸应答器,将图 C.2 中的应答器旋转 90° ,因此 Y 方向的无金属距离为 410 mm,X 方向的无金属距离为 315 mm。

C.3.1.3 当不能满足该无金属空间限制条件时,应按照 C.3.6 的要求调整安装高度。

C.3.2 钢枕

C.3.2.1 对于在钢枕上安装应答器,将根据周边金属量调整安装高度 Z_b ,见图 C.3。

C.3.2.2 大尺寸应答器参照标记应距离钢枕表面不小于 45 mm,最高位置为轨面以下 93 mm。

C.3.2.3 标准尺寸应答器参照标记应距离钢枕表面不小于 60 mm,当 $-160\text{ mm} \leq Z \leq -139\text{ mm}$ 时,最高位置为轨面以下 79 mm;当 $Z < -160\text{ mm}$ 时,最高位置为轨面以下 93 mm。

C.3.2.4 钢枕的最高位置为轨面以下 139 mm。

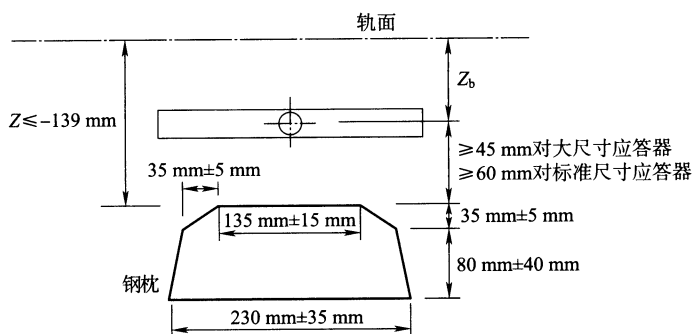


图 C.3 钢枕上安装应答器

C.3.3 其他轨枕

安装装置以及混凝土轨枕紧固件不应构成或产生传导回路,如果有的话,应使用 C.3.1 和 C.3.2 所述的要求。安装装置、紧固件、安装型式应由应答器制造商确认。

C.3.4 护轮轨

C.3.4.1 单侧或双侧放置护轮轨

C.3.4.1.1 为确保串扰防护和可靠传输,在应答器Z参照标记沿X方向 ± 300 mm范围内(图C.4中的 d_x),应将靠近应答器位置的护轮轨全部截断,并保留至少20 mm的缝隙。

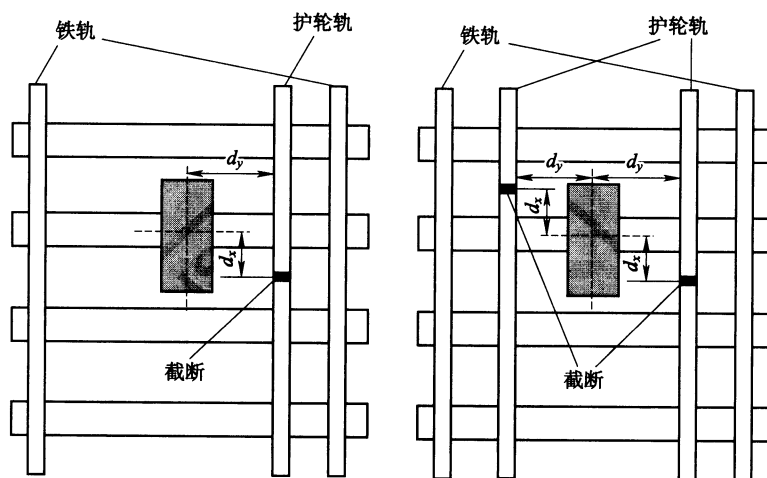


图 C.4 单侧或双侧护轮轨条件下应答器安装

C.3.4.1.2 从应答器Z参照标记沿Y方向进行测量,无金属空间至少为以下数值:

- 对于大尺寸应答器, $d_y \geq 300$ mm;
- 对于标准尺寸应答器横向安装时, $d_y \geq 320$ mm;
- 对于标准尺寸应答器纵向安装时, $d_y \geq 220$ mm,在X和Y参照标记之上100 mm的平面上,无金属空间应至少为 ± 190 mm。

C.3.4.1.3 如果护轮轨与应答器不是平行的,则最短距离应符合上述要求。

C.3.4.2 中间放置护轮轨

在一些应用中,轨道中间放置两根护轮轨。如果要安装应答器,则护轮轨应断开,见图C.5,并满足以下条件:

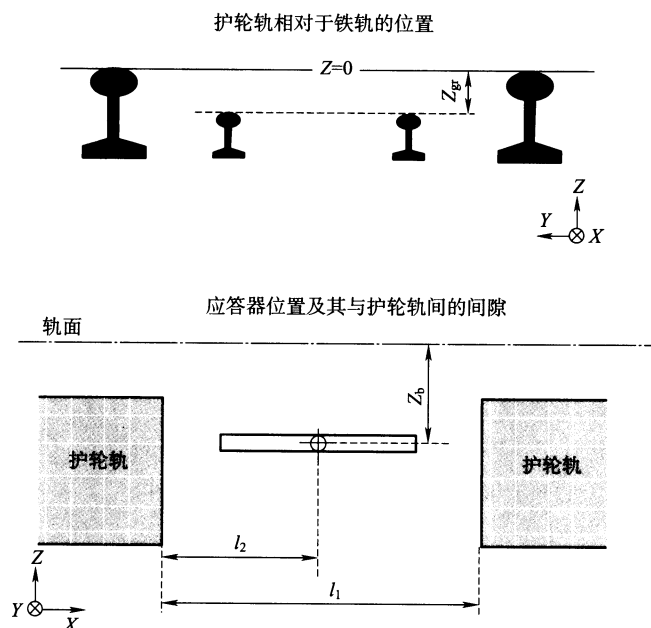


图 C.5 中间放置护轮轨

- a) $Z_{gr} \geq 0 \text{ mm}$;
- b) Z_b 应满足定义的应答器安装规则;
- c) $l_1 \geq 0.94 \text{ m}$;
- d) $l_2 \geq 0.47 \text{ m}$ 。

C.3.5 脱轨器底座

在一些应用中,轨道中间放置混凝土脱轨器底座(金属紧固件)。如果要安装应答器,则脱轨器底座应有空档,见图 C.6,并应满足以下数值:

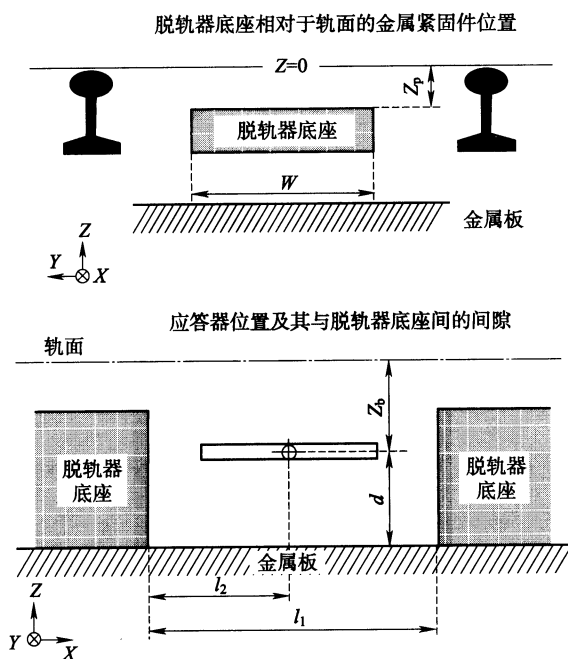


图 C.6 脱轨器底座

- a) $Z_p \geq 80 \text{ mm}$;
- b) $W \leq 500 \text{ mm}$;
- c) $93 \text{ mm} \leq Z_b \leq 138 \text{ mm}$;
- d) $d \geq 140 \text{ mm}$;
- e) $l_1 \geq 1 \text{ m}$;
- f) $l_2 \geq 0.5 \text{ m}$ 。

C.3.6 其他干扰传导的材料

如果应答器下面包含传导材料,例如金属板、在交叉点连接的导体网,且距离应答器小于 210 mm,则应调整安装高度 Z_b ,见图 C.7。安装高度 Z_b 以及与轨面的距离 d 应考虑钢轨磨损。

C.3.7 极端靠近金属平面的安装

C.3.7.1 对于应答器极端靠近金属平面的安装,应根据金属量来调整安装高度。此要求是可选的,并仅适用于金属平面位于轨面以下 186 mm~233 mm 的安装条件,见图 C.8。

C.3.7.2 应答器与轨面的距离 Z_b 应符合图 C.9 和图 C.10 所示的要求。

C.3.7.3 只在钢轨曲线半径大于 1 000 m 的地方使用此安装条件。

C.3.7.4 对此安装条件,速度超过 300 km/h 的条件下只使用短报文(同时适用于大尺寸和标准尺寸应答器)。

C.3.7.5 对此安装条件,横向安装标准尺寸应答器时,运用最大速度为 180 km/h。

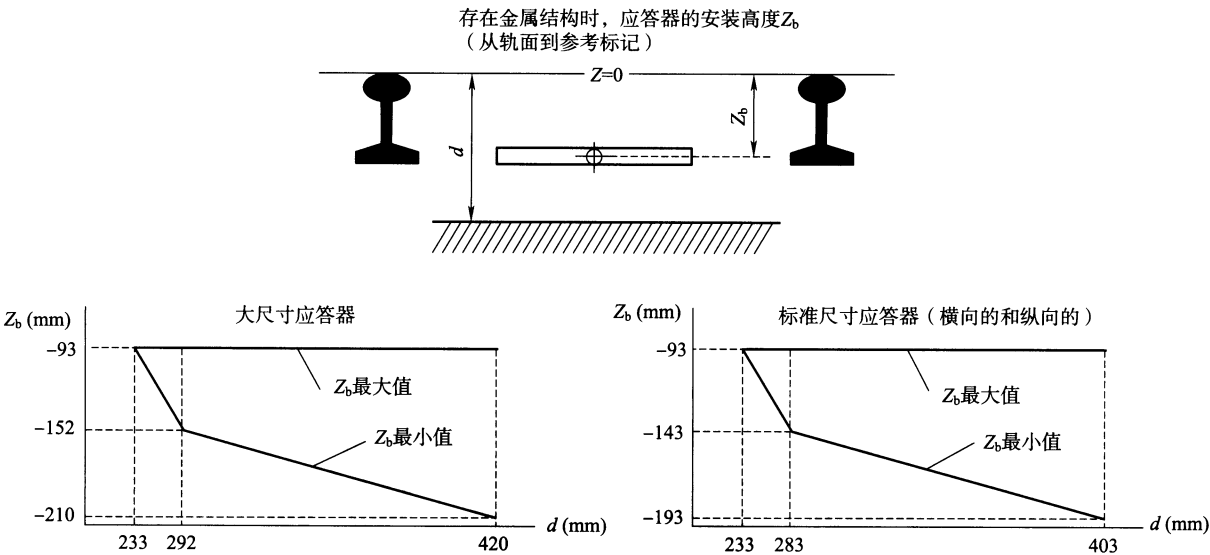


图 C. 7 存在金属结构时应答器安装高度

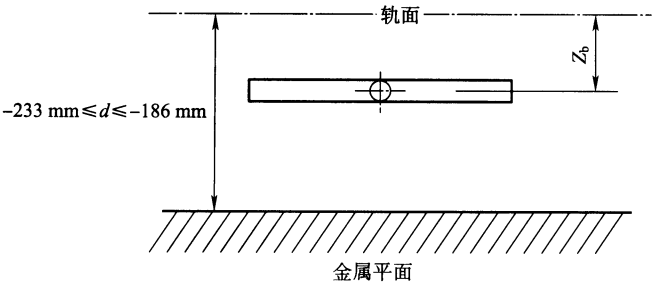


图 C. 8 极端靠近金属平面的应答器安装位置

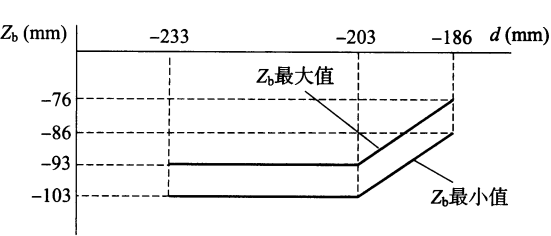


图 C. 9 大尺寸应答器安装高度

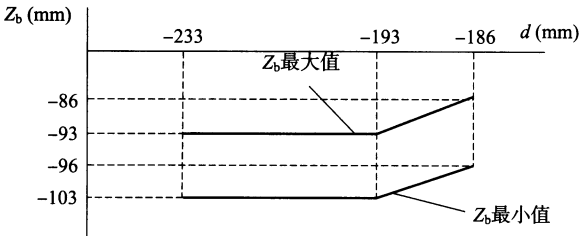


图 C. 10 标准尺寸应答器安装高度

C. 3. 8 干扰电缆

C. 3. 8. 1 应答器的安装应与其他电缆产生的相互作用最小,应答器应尽量远离电缆,以保证与电缆的相互作用保持在下面定义的水平以下。

C. 3. 8. 2 当定义距离 A 、 B 、 C 时(见图 C. 11),应符合 C. 3. 1 规定的无金属空间要求。

C. 3. 8. 3 应答器的安装应使附近电缆感应上行链路信号的感应电流符合以下要求:

- a) 当电缆在轨面以下 93 mm 或更低位置通过本轨或邻轨时,在通过位置的上行链路频带内感应电流应小于 2 mA;
- b) 当电缆在轨面以下 493 mm 或更低位置通过本轨或邻轨时,在通过位置的上行链路频带内感应电流应小于 10 mA。

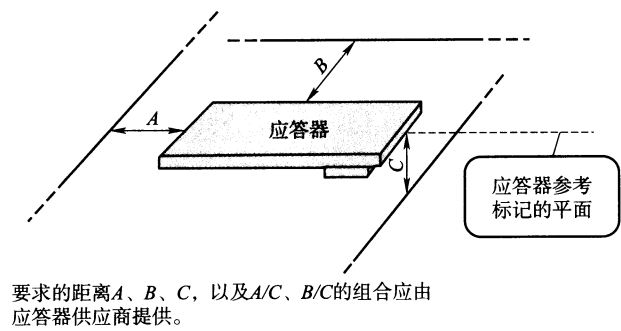


图 C.11 电缆的位置

- C.3.8.4 应考虑所有应答器产生的最大的上行链路电流。
- C.3.8.5 应答器安装应保证临近的电缆从射频能量感应的最大电流值不会造成应答器故障(输入/输出特性)。
- C.3.8.6 制造商提出的安装规则应能应对临近应答器的电流上升情况(上行链路信号和射频能量),以达到上述无串扰或无故障的要求。
- C.3.8.7 对电缆位于轨面以下等于或大于 93 mm 位置的情况,如电缆位于距应答器 2 m 以外的地方,可以认为达到要求,对电缆位于轨面以下等于或大于 493 mm 位置的情况,电缆位于距应答器 1 m 以外的地方,可以认为达到要求。在一般情况下同时适用于上行链路信号和射频能量。
- C.3.8.8 此安装规则应考虑由于对周边的电磁耦合而引起沿电缆的合成电流波动(例如反射、驻波等)。

C.3.9 在小曲线半径线路上的安装

C.3.9.1 工程原则

表 C.5 列出纵向曲线(凸面或凹面)和横向曲线的组合条件下的应答器安装限制条件索引,详细限制条件内容在 C.3.9.2 中描述。

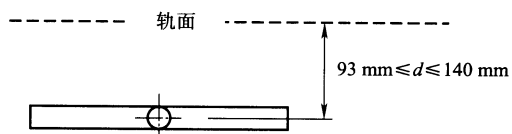
表 C.5 曲线半径对应的安装限制条件

纵向曲线半径	横向曲线半径			
	$R \geq 300\text{ m}$	$300\text{ m} > R \geq 260\text{ m}$	$260\text{ m} > R \geq 200\text{ m}$	$200\text{ m} > R \geq 180\text{ m}$
$R \geq 9\,000\text{ m}$	无额外限制条件	C.3.9.2.1 C.3.9.2.2 C.3.9.2.3 C.3.9.2.4 C.3.9.2.6	C.3.9.2.1 C.3.9.2.2 C.3.9.2.3 C.3.9.2.5 C.3.9.2.6	C.3.9.2.1 C.3.9.2.2 C.3.9.2.3 C.3.9.2.5 C.3.9.2.6 C.3.9.2.7
$9\,000\text{ m} > R \geq 3\,000\text{ m}$	C.3.9.2.9	C.3.9.2.1 C.3.9.2.2 C.3.9.2.3 C.3.9.2.4 C.3.9.2.6 C.3.9.2.9	C.3.9.2.1 C.3.9.2.2 C.3.9.2.3 C.3.9.2.5 C.3.9.2.6 C.3.9.2.9	C.3.9.2.1 C.3.9.2.2 C.3.9.2.3 C.3.9.2.5 C.3.9.2.6 C.3.9.2.7 C.3.9.2.9
$3\,000\text{ m} > R \geq 2\,000\text{ m}$	C.3.9.2.9	不支持	不支持	不支持
$2\,000\text{ m} > R \geq 1\,100\text{ m}$	C.3.9.2.8 C.3.9.2.9	不支持	不支持	不支持
$R < 1\,100\text{ m}$	不支持	不支持	不支持	不支持

C.3.9.2 安装限制条件

C.3.9.2.1 垂直安装高度

小曲线半径线路上应答器垂直安装高度为轨面以下 93 mm ~ 140 mm, 见图 C.12。



C.12 小曲线半径线路上应答器安装高度

C.3.9.2.2 纵向安装

小曲线半径线路上不允许纵向安装标准尺寸应答器。

C.3.9.2.3 金属平面

小曲线半径线路上, 应答器下方 400 mm 内应没有金属平面, 见图 C.13。

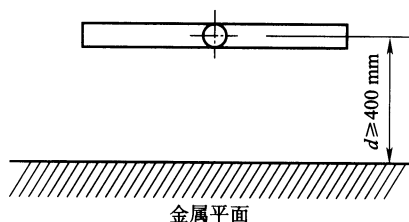


图 C.13 小曲线半径线路上应答器距金属平面最小距离

C.3.9.2.4 最高允许速度 1

最高允许速度为 100 km/h。

C.3.9.2.5 最高允许速度 2

最高允许速度为 85 km/h。

C.3.9.2.6 钢枕

不允许在钢枕上安装应答器。

C.3.9.2.7 应答器横向偏移

应答器安装应向曲线圆心方向偏移 15 mm, 见图 C.14。

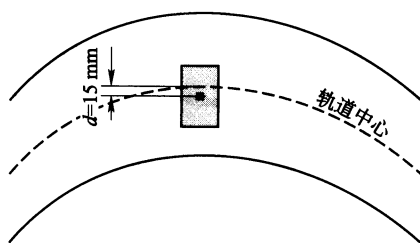


图 C.14 小曲线半径线路上应答器横向安装位置

C.3.9.2.8 杂物覆盖运用等级

不适用 A 级杂物覆盖运用等级。

C.3.9.2.9 缩小垂直安装高度范围

当纵向曲线为 1 100 m ~ 9 000 m 范围内时, 应答器允许安装的最高位置和最低位置应缩小 $[(45\,000/R) - 5]$ mm, 曲线半径与缩小值见图 C.15。

例如,当纵向曲线为 3 000 m 且横向曲线小于 300 m 时,允许的安装高度范围为轨面以下 103 mm ~ 130 mm。

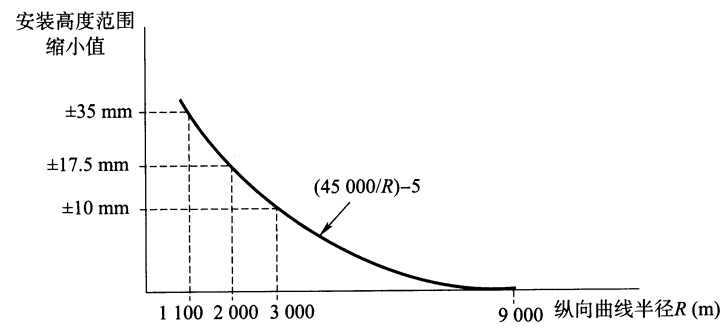


图 C. 15 小曲线半径线路上应答器垂直高度缩小的范围

附 录 D

(规范性附录)

应答器“过车”信号输出(接口“C4”)

D.1 概述

接口“C4”是可选的,不是强制的。在实施中,用于向 LEU 传输应答器被列车上电的信息,要求 LEU 至少在 10 ms 内不转换报文。

信号是由瞬间降低应答器的输入阻抗而形成,阻抗变化可以由 LEU 通过其接口“C6”的信号输出变化而得到检测。

接口“C1”信号不应因该阻抗变化而被干扰。

D.2 物理传输

D.2.1 传输媒介

信号是极性独立的,即相互交换两个输入导线不会影响接口的功能。

基于电导体上的基带信号传输,导线为平衡、屏蔽的双绞电缆,电缆电气参数符合 TB/T 3100.6—2008 规定的要求。

D.2.2 信号参数

D.2.2.1 信号持续时间

阻抗变化持续时间(阻抗低于“信号动作”负载阻抗的时间)最小 150 μs ,最大 350 μs 。

D.2.2.2 应答器的负载阻抗

“信号不动作”负载阻抗(相应频带 8.82 kHz \pm 0.1 kHz)为: $150\ \Omega < |Z| < 300\ \Omega$ 。

“信号动作”负载阻抗(相应频带 8.82 kHz \pm 0.1 kHz)为: $|Z| \leq$ “信号不动作”负载阻抗的 10%。

D.3 应用层的信息传输

D.3.1 信息描述

当应答器通过接口“A”得到足够的能量时,由应答器发出此信息。LEU 接收此信息后,在规定的时间内阻止报文发生转换。

D.3.2 重复速率

每次应答器通过接口“A”获得能量就发送接口“C4”信息,当磁通量水平在 $\Phi_{d1} - 10\ \text{dB}$ 到 Φ_{d1} 的窗口内,开始发出脉冲。在达到 Φ_{d1} 后允许最大延时时间 150 μs 。

D.3.3 多次触发

LEU 在阻止转换时间内不能被多次触发。

D.4 安全性

接口“C4”无安全相关要求,失效与可用性有关,与安全性无关。

附录 E
(规范性附录)
天线单元安装及环境要求

E.1 限定范围内的金属物

BTM 及天线单元应能容忍以下三种类型的金属物(即不发出报警)并能正常探测到应答器,见图 E.1,三种类型金属物为:

a) 类型 1:金属物的长度不大于 10 m,位于表 E.1 指定的最大高度与低于此高度 50 mm 范围内。

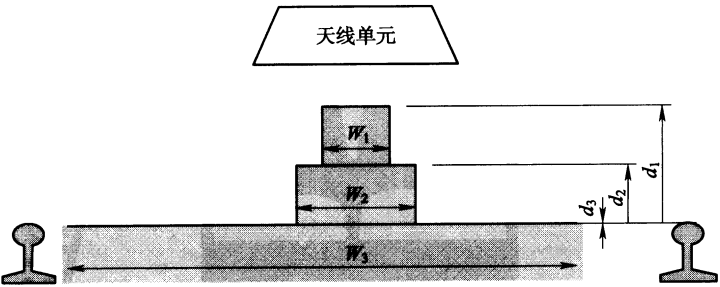


图 E.1 轨道上的金属块

表 E.1 轨道上的金属块,类型 1

单位为毫米

宽 度	与轨面最大距离
$W_1 \leq 120$	$d_1 = 92$
$W_2 \leq 200$	$d_2 = 50$
$W_3 > 200$	$d_3 = 0$

b) 类型 2:不限制金属物的最大长度,但宽度大于 100 mm 的,位于表 E.2 指定的最大高度与轨面以下 80 mm 的范围内。

表 E.2 轨道上的金属块,类型 2

单位为毫米

宽 度	与轨面最大距离
$W_1 \leq 120$	$d_1 = 42$
$W_2 \leq 200$	$d_2 = 0$
$W_3 > 200$	$d_3 = -50$

c) 类型 3:类型 1 和类型 2 以外的、比其条件有利的情况,归为类型 3。

E.2 限定范围内的金属物与应答器的距离

类型 1 金属物边缘至最近应答器中心点的距离 d_{object} 应符合公式(E.1)的要求。

$$d_{\text{object}} \geq 0.35 \times \sqrt{l_{\text{object}}} + 1.1(\text{m}) \quad \dots\dots\dots (\text{E.1})$$

式中:

l_{object} ——金属物长度。

类型 2 金属物边缘至最近应答器中心点的距离 d_{object} 应符合公式(E.2)的要求。

$$d_{\text{object}} \geq 1.1(\text{m}) \quad \dots\dots\dots (\text{E.2})$$

在类型 3 金属物条件下,应答器安装应符合附录 C 中 C.3.1 的规定。

E.3 限定范围以外的大块金属

限定范围以外的大块金属应包含以下情况：

- a) 位置高于表 E.1 所列数值；
- b) 宽于表 E.1 所列数值,并且位于给出的最大高度及其下方 50 mm 的范围内；
- c) 长度超过 10 m,并且位于给出的最大高度及其下方 50 mm 的范围内。

E.4 限定范围以外的金属物与应答器的距离

限定范围以外的金属物边缘至应答器中心的距离 d_b 应符合公式(E.3)的要求。

$$d_b \geq 0.2 \times v/3.6 \text{ (m)} \dots\dots\dots \text{(E.3)}$$

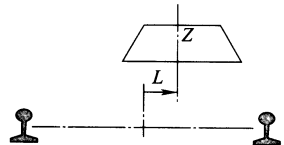
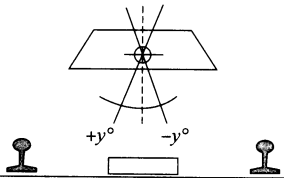
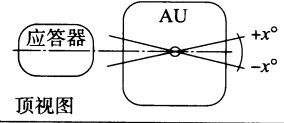
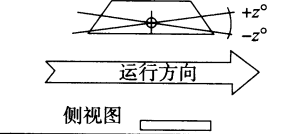
式中：

v ——最大线路速度,单位为千米每小时(km/h)。

E.5 天线单元静态和动态偏移

天线单元安装需求说明书中应对表 E.3 的内容,提出允许的静态和动态偏移。

表 E.3 天线单元安装允许的静态和动态偏移

内 容	动态偏移	静态位置	总偏移	注 释
从天线单元的参照标记到轨面的最小垂直距离	$ddd \text{ mm}$	$sss \text{ mm}$	$ttt \text{ mm}$	—
从天线单元的参照标记到轨面的最大垂直距离	$ddd \text{ mm}$	$sss \text{ mm}$	$ttt \text{ mm}$	—
天线单元的 Z 轴参照标记与钢轨中心间的最大横向偏移总合	$\pm ddd \text{ mm}$	$\pm sss \text{ mm}$	$\pm ttt \text{ mm}$	
天线单元最大倾斜角	$\pm y^\circ$	$\pm y^\circ$	$\pm y^\circ$	
天线单元最大偏转角	$\pm x^\circ$	$\pm x^\circ$	$\pm x^\circ$	
天线单元最大俯仰角	$\pm z^\circ$	$\pm z^\circ$	$\pm z^\circ$	

E.6 杂物覆盖

设备制造商应对表 E.4 的内容,给出天线单元性能得到保证的最大允许的杂物覆盖。

表 E.4 天线单元下允许的杂物覆盖

单位为毫米

材 料	描 述	在天线单元底部下方允许的厚度
雪	新鲜的,0 ℃	
	部分融化的,含 20% 水	
冰	—	
泥浆	不含盐	
	含盐,0.5% NaCl(重量)	

表 E.4 天线单元下允许的杂物覆盖(续)

单位为毫米

材 料	描 述	在天线单元底部下方允许的厚度
铁矿石	赤铁矿石(Fe_2O_3)	
	磁铁矿石(Fe_3O_4)	
铁尘	列车制动产生的铁粉	
煤尘	含 8% 硫黄	
油和油脂	—	

E.7 电缆

天线单元下方不应安装电缆。

天线单元周围安装的电缆应满足制造商提出的安装规则,不应影响其他车载设备或不受其他设备的影响。

BTM 及天线单元应能处理由于串扰在轨道中的电缆产生的以下感应电流:

- a) 当电缆高度在轨面以下 93 mm 通过轨道,且上行链路频带电流小于 2 mA;
- b) 当电缆高度在轨面以下 493 mm 通过轨道,且上行链路频带电流小于 10 mA。

上述的电流等级适用于在上述电缆以下小于 0.5 m 范围内的回流。

BTM 及天线单元应限制对测试电缆的感应,假定通过的回流在电缆 0.5 m 以下,这样在天线单元下构成一个垂直的环路,并呈 400 Ω 特性阻抗。该回路应与天线单元进行纵向和横向校验,最佳位置耦合的电流最大值,以及在天线单元的最小规定高度,应符合表 E.5 中的一个等级。等级 1 适用于电缆低于轨面以下 493 mm 的安装条件,等级 2 适用于电缆低于轨面以下 93 mm 的安装条件。

表 E.5 最大感应电流(不包括环线电缆)

单位为毫安

等 级	电 流
1	< 10
2	< 25

附 录 F

(资料性附录)

应答器传输系统危害源分析与分解

F.1 顶层安全相关功能

应答器传输系统的顶层安全相关功能见表 F.1, 相关的危害见 F.2。

表 F.1 安全相关功能列表

编 号	功 能 描 述	相 关 的 危 害
F1	探测应答器	H1, H2, H3
F2	地面向预定的车载设备传输被保护的数据	H4, H5, H6, H9
F3	提供用于列车定位数据	H7
F4	提供用于判定列车运行方向的信息	H8

F.2 系统级危害源

依据系统安全相关功能, 对应的系统级危害的可能来源见表 F.2, 故障源中的应答器包含电缆等安装规则。

表 F.2 系统级危害列表

序 号	危 害 描 述	相关功能	故 障 源
H1	未探测到应答器	F1	应答器 接口“A” 车载设备
H2	车载设备错误报告探测到应答器	F1	接口“A” 车载设备
H3	车载设备错误报告出现不同制式(KER)应答器	F1	接口“A” 车载设备
H4	传输错误报文但被译为正确报文	F2	应答器 车载设备 LEU 接口“A” 接口“C” 编程
H5	对于完整性能而言丢失部分应答器报文	F2	应答器 车载设备 LEU 接口“A” 接口“C” 编程

表 F.2 系统级危害列表(续)

序 号	危 害 描 述	相关功能	故 障 源
H6	地面设备故障未传输默认报文	F2	应答器 车载设备 LEU 接口“A” 接口“C” 编程
H7	接收到有效报文,但应答器错误定位(如由地面纵向串扰引起,或车载设备位置/时间参照错误)	F3	应答器 接口“A” 车载设备
H8	接收到有效报文,但应答器顺序错误	F4	应答器 接口“A” 车载设备
H9	错误报告临轨应答器有效报文	F2	应答器 接口“A” 车载设备
<p>注 1:KER 为 KVB、Ebicab、RSDD 的缩写,是欧洲使用的不同制式的 ATP 系统。</p> <p>注 2:如果相关功能的可用性能将任务分解到不同的模块中,对于系统级而言,H2、H3、H5、H6 可不被认为是危害,可不进行量化;危害 H7、H8、H9 是由于技术故障而引起的,在进行量化时不考虑潜在的违背安装规则的情况。</p>			

F.3 分解原理

依据安全目标相关要求,错误侧故障 WSF 可能来源于硬件和/或软件故障以及所有类型的信息错误。WSF 可导致事故。

安全完整性是由可量化的元素(一般与硬件相关,即设备在使用寿命内对随机故障的防护)和不可量化的元素(一般与系统故障的防护相关,如不完善的规范、残留的设计错误和生产工艺等造成的)共同构成。

系统级危害的定义和分解与表 F.2 所列一致,如图 F.1 中所示的每一种危害都有多种来源。命名为 HX 的危害是指应答器系统级危害,HX_B 为地面应答器危害,HX_{LEU} 为 LEU 危害,HX_{OB} 为 BTM 及天线单元危害,HX_{AG} 为接口“A”的危害,HX_{other} 是指本标准以外所产生的危害(例如编程),它不包含在本标准中,但应在其他情况中考虑。

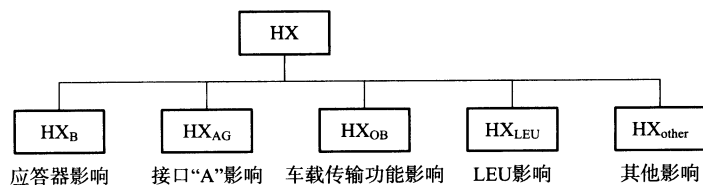


图 F.1 分解原理

依据 GB/T 24339.1—2009,H4 包含了不可信通道,不可信通道的边界由制造商界定,但应遵循以下原则:

- 制造商应基于 GB/T 24339.1—2009 定义的所有可能故障,对不可信通道部分和可信通道部分的边界进行定义;
- 车载部分应优于或等同本标准定义的基本接收器,并对所有接收数据进行连续校验,则可以假定本标准定义的编码需求和基本接收器能防护不可信通道中的所有可能的故障(GB/T

24339.1—2009 中定义的故障)；

- c) 对于信道中的可信部分,需要提供可以满足最小危害容忍率的证明。

对于不可信通道的正式批准,在系统级文件中定义的任务范围内,需要满足故障率达到 $10^{-11}/h$ 的安全证明。

指标量化值可能来源于硬件故障和瞬时故障(如由牵引噪声引起),取决于 MTTR(含检测时间)和实际故障频率,应考虑所有方面的组合。

F.4 接口“A”影响

HX_{AG} 表示由接口“A”对 HX 产生的危害,说明如下:

- a) $H1_{AG}$ 是指由于接口“A”噪声等使得不能探测到应答器。在计算应答器影响($H1_B$)的相关过程中应考虑环境条件,同样,也要求车载设备的设计应能足以抵抗接口“A”的干扰, $H1_{OB}$ 也会受到接口“A”的干扰所带来的相关影响。
- b) $H2_{AG}$ 是指接口“A”干扰将导致错误探测应答器(应答器实际不存在)。这就要求车载设备的设计应能足以抵抗接口“A”的干扰, $H2_{OB}$ 也会受到接口“A”的干扰所带来的相关影响。
- c) $H3_{AG}$ 是指接口“A”干扰导致激活 KER 应答器。这个可能性被认为是极低的。
- d) $H4_{AG}$ 是指接口“A”干扰会把一个报文变成另一个正确的报文。
- e) $H5_{AG}$ 是指接口“A”干扰会破坏一个报文。这就要求车载设备的设计应能足以抵抗接口“A”的干扰, $H5_{OB}$ 也会受到接口“A”的干扰所带来的相关影响。
- f) $H6_{AG}$ 是指接口“A”干扰会破坏默认报文。这就要求车载设备的设计应能足以抵抗接口“A”的干扰, $H6_{OB}$ 也会受到接口“A”的干扰所带来的相关影响。
- g) $H7_{AG}$ 是指接口“A”干扰可能会是应答器以外设备的传输(如通过电缆),导致在另外的位置探测到应答器传输。鉴于应答器的安装规则能处理定义的串扰条件,可忽略此种情况发生的概率。
- h) $H8_{AG}$ 是指接口“A”干扰可能会是应答器以外设备的传输(如通过电缆),导致在另外的位置探测到应答器传输。鉴于应答器的安装规则能处理定义的串扰条件,可忽略此种情况发生的概率。
- i) $H9_{AG}$ 是指接口“A”干扰可能会是应答器以外设备的传输(如通过电缆),导致在另外的位置探测到应答器传输。鉴于应答器的安装规则能处理定义的串扰条件,可忽略此种情况发生的概率。

F.5 应答器危害源

依据应答器基本功能,与之对应的系统功能以及系统危害见表 F.3(不包括可选功能)。

表 F.3 应答器功能和相关系统顶层危害

应 答 器 功 能	相关系统层功能	相关系统顶层危害
接收射频能量信号	F1, F2	H1, H5, H6
产生上行链路信号	F1, F2	H1, H4, H5, H6
数据管理	F2	H4, H5, H6
启动时的模式选择	F1	H1
上行链路磁场的限制	F2, F3, F4	H7, H8, H9
支持编程和操作管理/编程模式	F2	H4, H5, H6
从接口“C”接收数据	F2	H4, H5, H6
I/O 特性控制	F1, F2, F3, F4	H1, H7, H8, H9
与其他电缆的串扰防护	F2, F3, F4	H7, H8, H9

应答器危害源包含以下内容：

- a) 接收射频能量功能包含接收能量、磁场一致性、AC/DC 转换和输入功率限制。在高于 I/O 特性最小磁通量条件下,影响应答器被激活的所有操作、环境和故障条件,均应被认为是危害情况。
- b) 上行链路信号的产生功能包含上行链路信号的调制、控制、传输,以及上行链路磁场一致性。影响应答器产生允许公差范围内的上行链路信号的所有操作、环境和故障条件,均应被认为是危害情况。
- c) 数据管理功能包含保持固定的或默认报文、数据速率生成,存储管理和数据串行化。影响应答器以正确的速率向上行链路发送预期数据的所有操作、环境和故障条件,均应被认为是危害情况。
- d) 启动时的模式选择功能包含在启动瞬间检测当前射频能量条件、建立对应操作模式和控制。影响应答器建立所需的模式以及在最大延迟时间内予以响应的所有操作、环境和故障条件,均应被认为是危害情况。
- e) 上行链路磁场的限制功能包含在允许的操作和环境条件下(杂物覆盖、温度等)上行链路信号幅度的上限限制。影响应答器将上行链路信号限制在低于 I/O 特性最大幅度的所有操作、环境和故障条件,均应被认为是危害情况。
- f) 支持编程和管理操作/编程模式功能包含从正常操作模式转换到编程模式、从编程模式转换到正常操作模式、外部编程工具可控、编程数据的接收、存储与校验。产生已损坏存储器数据传输的所有操作、环境和故障条件,均应被认为是危害情况。
- g) 对接口“C”的数据接收功能包含检查输入数据的质量并管理由接口“C”数据向默认报文转换、DBPL 解码、主时钟管理、不同应答器电缆的串扰防护、产生“过车”信号(如果具备该功能)、对输入电路供电(包括从接口“C”到上行链路发送电路的电源泄漏防护)。影响应答器从正确转换输入数据到上行链路信号产生功能,或在最大允许时间内从传输接口“C”数据正确转换到默认报文的所有操作、环境和故障条件,均应被认为是危害情况。
- h) I/O 特性控制功能包含在允许的操作和环境条件下(杂物覆盖、温度等)综合控制输入的射频能量和上行链路信号幅度。影响应答器以高于 I/O 特性最小允许幅度以及低于最大允许幅度传输上行链路信号的所有操作、环境和故障条件,均应被认为是危害情况。
- i) 对于电缆串扰防护功能,应答器制造商应提供合适的电缆布线说明,这样可以将可能出现的串扰风险降到最低,当应答器和车载系统正确运行时,定义的规则应避免串扰,如果部件发生故障,存在该规则不能有效防护的潜在风险。对于靠近应答器并穿越邻轨的未定义的电缆及布线,其可能的串扰效应不在应答器层面描述。

F.6 应答器危害分解

F.6.1 应答器对 H1 的分解

应答器对 H1 的分解见图 F.2。

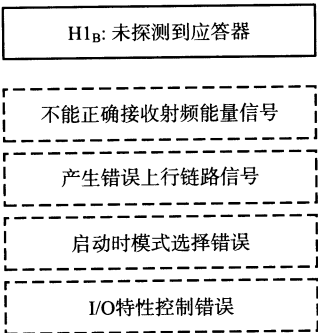


图 F.2 应答器对 H1 的分解

F. 6. 2 应答器对 H4 的分解

应答器对 H4 的分解见图 F. 3。

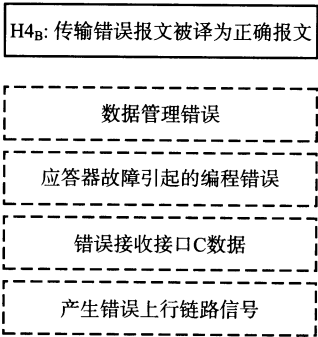


图 F. 3 应答器对 H4 的分解

F. 6. 3 应答器对 H5 的分解

应答器对 H5 的分解见图 F. 4。

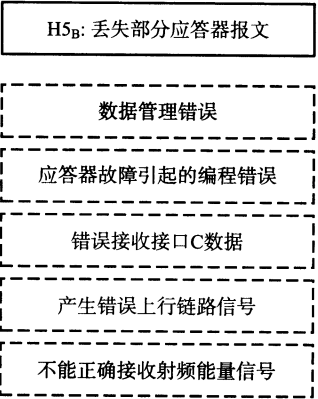


图 F. 4 应答器对 H5 的分解

F. 6. 4 应答器对 H6 的分解

应答器对 H6 的分解见图 F. 5。

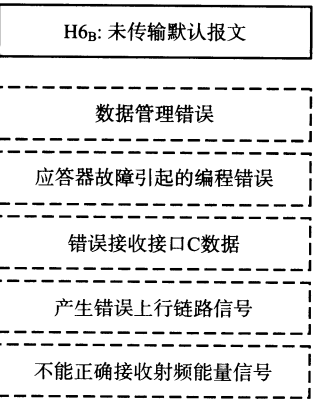


图 F. 5 应答器对 H6 的分解

F. 6. 5 应答器对 H7 的分解

应答器对 H7 的分解见图 F. 6。

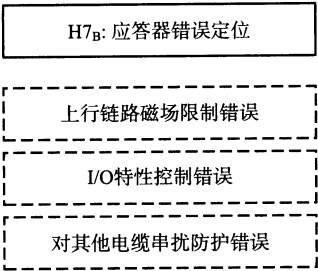


图 F.6 应答器对 H7 的分解

F.6.6 应答器对 H8 的分解

应答器对 H8 的分解见图 F.7。

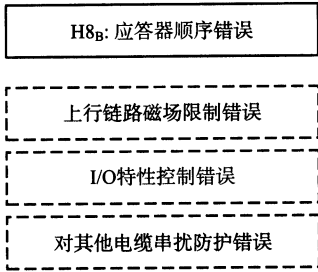


图 F.7 应答器对 H8 的分解

F.6.7 应答器对 H9 的分解

应答器对 H9 的分解见图 F.8。

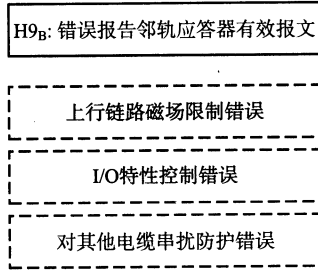


图 F.8 应答器对 H9 的分解

F.7 LEU 危害源

依据 LEU 基本功能,与之对应的系统功能以及系统危害见表 F.4(不包括可选功能)。

表 F.4 LEU 功能和相关系统顶层危害

LEU 功能	相关系统层功能	相关系统顶层危害
数据接收与采集	F2	H4 ,H5
报文存储与调用	F2	H4 ,H5 ,H6
报文输出	F2	H4 ,H5 ,H6

F.8 LEU 危害分解

F.8.1 LEU 对 H4 的分解

LEU 对 H4 的分解见图 F.9。

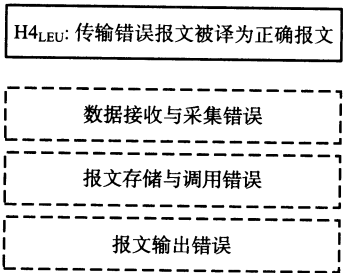


图 F.9 LEU 对 H4 的分解

F.8.2 LEU 对 H5 的分解

LEU 对 H5 的分解见图 F.10。

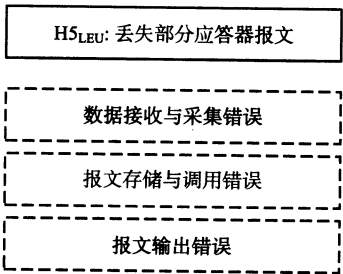


图 F.10 LEU 对 H5 的分解

F.8.3 LEU 对 H6 的分解

LEU 对 H6 的分解见图 F.11。

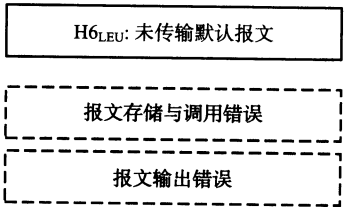


图 F.11 LEU 对 H6 的分解

F.9 BTM 及天线单元危害源

表 F.5 列出 BTM 及天线单元的功能、相关顶层功能以及顶层危害。

表 F.5 BTM 及天线单元功能和相关顶层危害

车 载 功 能	相关顶层功能	相关顶层危害
产生正确的射频能量信号	F1 , F2	H1 , H3 , H5 , H6
探测上行链路应答器	F1	H1 , H2 , H3
上行信号滤波和解调	F1 , F2	H1 , H3 , H4 , H5 , H6
物理串扰防护	F1 , F2 , F3 , F4	H2 , H7 , H8 , H9
旁瓣传输物理防护、旁瓣效应对数据和位置影响的管理	F2 , F3 , F4	H5 , H7 , H8
对环境噪声的免疫	F1 , F2	H1 , H2 , H4 , H5 , H6
按照解码需求校验上行链路输入数据	F2	H4 , H5 , H6
检测报文类型和解码	F2	H4 , H5 , H6

表 F.5 BTM 及天线单元功能和相关顶层危害(续)

车 载 功 能	相关顶层功能	相关顶层危害
提取用户数据	F2	H4, H5, H6
报文过滤	F2	H4, H5, H6
通过应答器时处理上行链路报文转换	F2	H4, H5, H6
输出数据的时间戳和里程戳	F3, F4	H7, H8
支持应答器定位(安全和非安全运用)	F3, F4	H7, H8
误码检测	F2	H4, H5, H6

F.10 BTM 及天线单元危害分解

F.10.1 BTM 及天线单元对 H1 的分解

BTM 及天线单元对 H1 的分解见图 F.12。

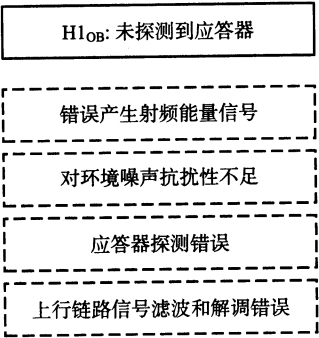


图 F.12 BTM 及天线单元对 H1 的分解

F.10.2 BTM 及天线单元对 H2 的分解

BTM 及天线单元对 H2 的分解见图 F.13。

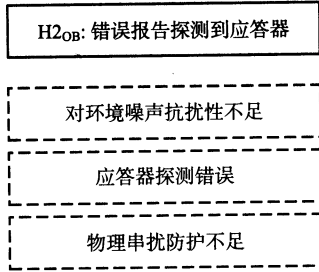


图 F.13 BTM 及天线单元对 H2 的分解

F.10.3 BTM 及天线单元对 H3 的分解

BTM 及天线单元对 H3 的分解见图 F.14。

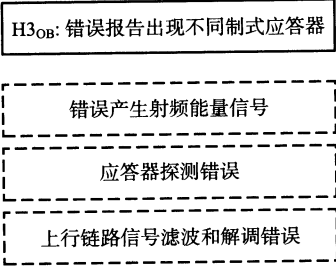


图 F.14 BTM 及天线单元对 H3 的分解

F. 10.4 BTM 及天线单元对 H4 的分解

BTM 及天线单元对 H4 的分解见图 F. 15。

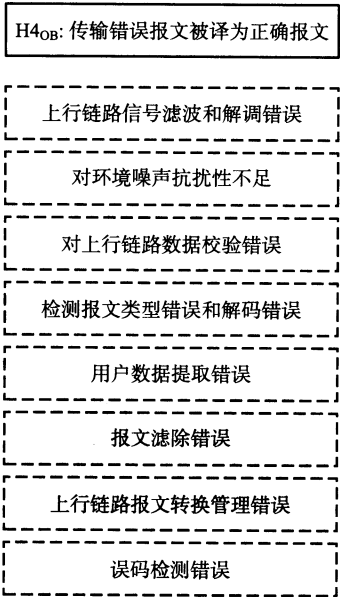


图 F. 15 BTM 及天线单元对 H4 的分解

F. 10.5 BTM 及天线单元对 H5 的分解

BTM 及天线单元对 H5 的分解见图 F. 16。

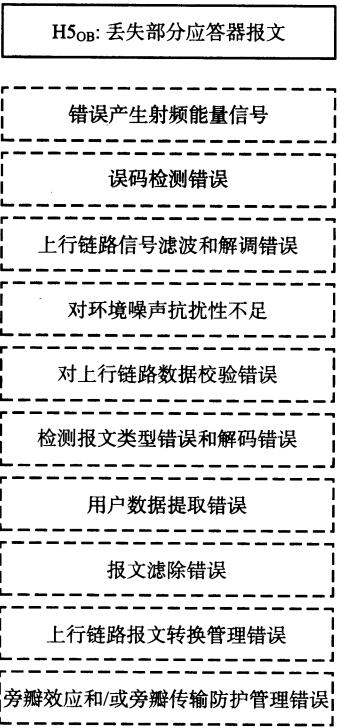


图 F. 16 BTM 及天线单元对 H5 的分解

F. 10.6 BTM 及天线单元对 H6 的分解

BTM 及天线单元对 H6 的分解见图 F. 17。

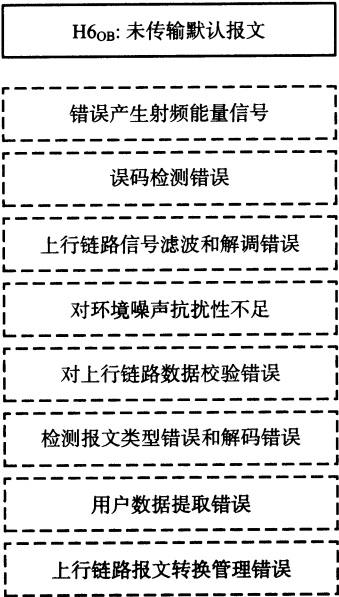


图 F. 17 BTM 及天线单元对 H6 的分解

F. 10. 7 BTM 及天线单元对 H7 的分解

BTM 及天线单元对 H7 的分解见图 F. 18。

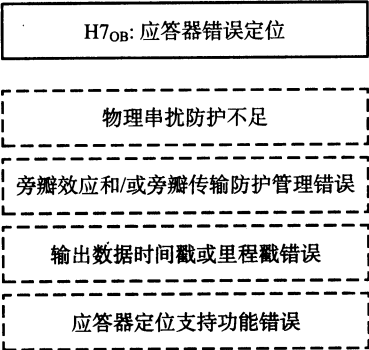


图 F. 18 BTM 及天线单元对 H7 的分解

F. 10. 8 BTM 及天线单元对 H8 的分解

BTM 及天线单元对 H8 的分解见图 F. 19。

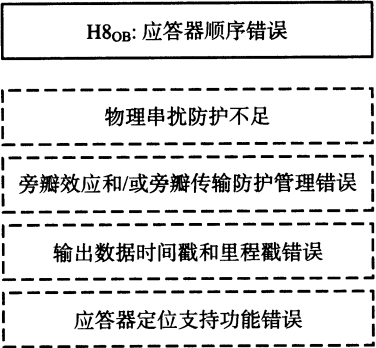


图 F. 19 BTM 及天线单元对 H8 的分解

F. 10.9 BTM 及天线单元对 H9 的分解

BTM 及天线单元对 H9 的分解见图 F. 20。

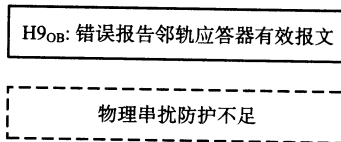


图 F. 20 BTM 及天线单元对 H9 的分解