

第一章 机车信号车载设备概况

第一节 机车信号概况

一、机车信号定义

机车信号是指设在司机室内反映列车前方运行条件的信号显示，通常实现机车信号功能的车载设备也被简称为机车信号设备。如图 1-1 所示为实现机车信号而装设的整套技术设备，称为机车信号设备。



(a) 机车信号机



(b) 机车驾驶室

图 1-1 机车信号设备

列车按照地面信号显示行车时，由于风、雪、雨、雾等不良气候条件或隧道、弯道等地形条件的影响，司机往往不能在规定距离内确认信号显示，存在冒进信号的危险。尤其是在行车密度大、列车速度快及载重量大的区段，发生冒进信号的可能性更大。机车信号能复示前方地面信号机的显示（见图 1-2），改善司机的瞭望条件。当机车上采用机车信号后，就能较好地避免自然条件的干扰，提高司机接受信号的可靠性。在机车信号的基础上配套列车运行超速防护系统，可促使司机提高警惕，并在司机丧失警惕而有可能冒进信号或超速时强迫列车停车或减速，以防止列车冒进信号或超速运行。安装机车信号和列车运行超速防护系统后大大提高了行车安全程度，其效果十分显著。

机车信号是单方向的控制设备，只能从地面向车上传递信息。为使车上设备和地面设备间保持不间断的联系，地面必须设有有源的发送设备，向钢轨发送行车信息的电信号。

该电信号在钢轨中传输，钢轨周围即形成磁场，机车上的接收线圈中就感应出电势，经译码使机车信号机显示相关信号。连续式机车信号能在整条线路上连续不断地反映线路状态和运行条件，用于自动闭塞区段，大大改善司机的劳动强度，保证了行车安全。



图 1-2 机车信号复示前方地面信号

随着机车信号可靠性的提高，机车信号已从辅助信号转为主体信号。160 km/h 的列车速度，是司机能确认地面信号机显示的临界速度。超过这个速度虽然其正方向仍设地面信号机，但在正常情况下以机车信号为主，反方向则按机车信号运行。列车速度超过 200 km/h 时，司机确认地面信号已不可能，只能凭机车信号行车。

二、机车信号的发展

机车信号发展初期，其功能是为了改善司机瞭望条件而向司机复示地面信号。随后在机车信号设备的基础上增加了自动报警、自动停车设备，机车信号设备不仅向司机提供信号显示，同时向后级设备提供信号来源，机车信号成为提高运输安全、实现车上自动报警、自动停车功能所必备的重要车载设备，被作为机车“三大件”之一。

(一) 机车信号的应用

我国铁路从 1959 年开始安装机车信号和列车自动停车装置。最初,由于历史的原因,我国铁路建设出现了不同线路、不同区段建有不同制式的自动闭塞。不同的自动闭塞制式,配套相应制式的机车信号,相互之间不能兼容。电气化区段与非电气化区段的机车信号也不兼容。列车在只安装一套机车信号时,不能保证机车信号连续不间断的显示,给机车长交路运行带来一定的影响,所以一台机车有时需要安装两种以上的车载设备。

(二) 机车信号的通用化

北京交通大学于 1980 年首先提出了采用微机系统来解决机车信号多制式兼容问题的方法,于 20 世纪 80 年代中期开始通用式机车信号的研究。

1991 年第一代通用式机车信号“非电化区段通用式机车信号”通过铁道部的技术鉴定,1992 年第二代通用式机车信号“电化区段通用式机车信号”通过铁道部的技术鉴定,1995 年第三代“JT1-A/B 型(即 SJ-93/SJ-94 型)数字化通用式机车信号”通过铁道部技术鉴定。

从铁路运输的要求来看,列车速度越来越高,机车交路越来越长,对机车信号的要求也越来越高。JT1-A/B 型通用式机车信号较好地解决了机车交路在不同自动闭塞制式下的

问题，即多制式通用的问题以及与运行监控记录装置结合、提供信息的问题。但是，通用式机车信号可靠性不高，未按主体化进行设计，不能成为主体信号使用。

（三）机车信号的主体化

随着机车信号地位的提高，我国《铁路技术管理规程》（以下简称《技规》）提出了机车信号主体化的概念，规定：“作为行车凭证的机车信号为主体机车信号，是由车载信号和地面信号设备共同构成的系统，必须符合故障安全的原则，车载设备应具有运行数据记录的功能；地面信号设备应能正确发送信息。”

2002年，北京交通大学完成了第四代 JT1-CZ2000 型机车信号车载系统的研制，2003年10月，通过了铁道部的技术鉴定。JT1-CZ2000 型机车信号采用多项先进技术和系统化的安全设计方案，满足铁路信号“故障—安全”原则，具有数据记录功能，在地面信号具备条件时可作为主体化机车信号应用。机车信号主体化彻底改变了机车信号只能用作列车运行辅助信号的被动局面，大大提高了列车运行速度和效率。

2006年，铁道部召开全路机车信号整治工作会议，按照铁道部授权，北京交通大学起草制定《JT1-C 系列机车信号车载系统设备技术规范（暂行）》（科技运 2006 82 号）及《JT1-C 系列机车信号车载系统设备安装规范（暂行）》（运基信号 2006 243 号），于 2006 年 7 月底全路颁发。《规范》制定的目的是为了进一步提高设备的可靠性标准，并对机车信号系统车载设备的安装、接口、规格、使用操作等方面做出统一规定。按照《规范》要求，2006 年 9 月重新设计制造出了一体化 JT1-CZ2000 机车信号车载系统设备。

第二节 JT1 型通用式机车信号设备概况

一、JT1 系列机车信号车载系统概况

北京通交大学“八五”期间开发的新一代数字化通用机车信号，采用现代数字信号处理技术，在可靠性、抗干扰性方面较之前设备有大幅提高。JT1 通用式机车信号分为 JT1-A 型（SJ-93 型）及 JT1-B 型（SJ-94 型）两种，如图 1-3 与 1-4 所示。前者为单套主机，后者为双套主机。

JT1 通用式机车信号接收各种制式机车信号，全数字化处理与控制，具有接收和处理各种制式机车信号的功能。它能自动识别和接收 UM71 移频信号，4 信息、8 信息、18 信息电化和非电化移频自动闭塞信号，25 Hz、50 Hz、75 Hz 交流计数和微电子交流计数自动闭塞信号，译码后在机车信号机显示，同时为列车运行记录装置和列车运行超速防护系统提供信息。

通用机车信号适用于各种制式的自动闭塞和半自动闭塞区段，适于安装在国内已有的各种型号的电力机车和内燃机车上，能满足机车长交路的要求，不仅解决了在空间有限的机车司机室无法安装多种制式机车信号设备的困难，而且实现了信息采集、识别自动化，大大提高了可靠性，为列车提速创造了条件。

JT1 通用式机车信号在技术条件规定的范围内，可以根据用户要求使用各种机车接收感应器，并统一采用八色灯信号显示器复示前方信号。

通用式机车信号可与超速防护设备相结合，向超速防护设备提供所需信息，如速度等级、制式、过绝缘节等信息。列车超速防护装置发生故障时，不影响机车信号的正常使用。

JT1 通用式机车信号装置符合铁路信号“故障-安全”原则。

JT1-A/B 型通用式机车信号，是采用数字信号处理技术及高速超大规模集成电路设计而成的新一代通用式机车信号装置。JT1-A 型为单套，JT1-B 型为双套，设备能够自动接收移频 4 信息、8 信息、18 信息、交流计数（25 Hz、50 Hz、75 Hz 和微码化）信息、极频信息、UM71 信息及 ZPW2000（UM 系列）等自动闭塞信息。通过制式自动识别并处理后，将相应的信息显示在八显示机车信号机上。

JT1 通用式机车信号的技术特点包括：

- （1）采用高速 DSP 数字信号处理技术，减少了信号反应识别时间，抗干扰能力增强。
- （2）JT1-B 型机车信号设备主机的每块主机板内采用二取二容错安全结构，并采用双机热备提高系统的可靠性。
- （3）使用双面 8 色灯 LED 机车信号显示器，提高了显示器的可靠性。
- （4）为监控装置提供机车信号灯位、速度等级、绝缘节等信息。



图 1-3 JT1-A（93）型主机



图 1-4 JT1-B（94）型通机整套设备

JT1-A/B 数字化通用式机车信号的主要功能是：与辅助信号结合，较好地解决了多制式通用的问题，和运行监控结合提供信息。

JT1 通用式机车信号设备主要由机车信号接收线圈、机车信号主机、八显示机车信号机及机车信号接线盒和电缆等部分组成,系统框图如图 1-5 所示。

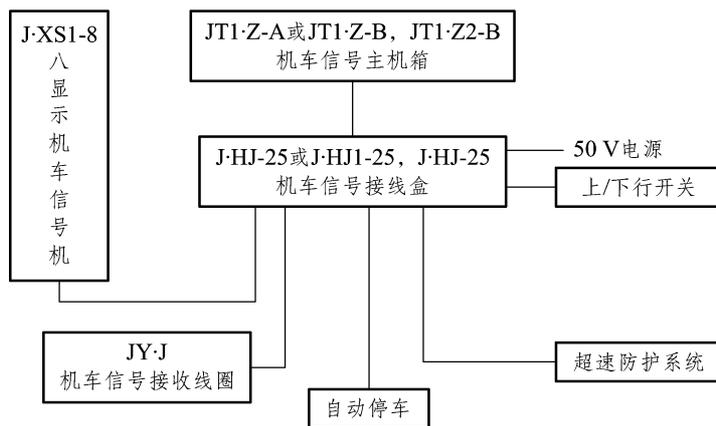


图 1-5 JTI 通用式机车信号系统框图

(一) 机车信号接收线圈

从地面向机车上传输移频信号，是由与钢轨有电磁耦合的接收线圈来实现的。接收线圈是机车信号接收地面信息的传感设备，它采用的是电磁感应的方法。在移频自动闭塞区段的钢轨中，通有移频电流，此电流在钢轨周围形成交变磁场，该磁场的磁力线穿过接收线圈的铁芯，使绕在铁芯上的线圈中产生交变的感应电势，从而将地面信号机的显示传递到机车信号设备上，使机车信号设备和地面信号设备保持不间断的联系。

两接收线圈的连接如图 1-6 所示。两线圈按异名端串联连接，此连接方式能得到 2 倍的信号感应电势，并可将两根钢轨同方向的牵引电流所产生的感应电势互相抵消，从而提高了设备的抗干扰能力。

与感应器信号有关的电缆必须使用屏蔽电缆。为了接收通过钢轨的信号电流，JTI 通用式机车信号的接收线圈安装在机车导轮前方，吊装在机车前方轮对与排障器之间的槽钢上，对应于两根钢轨中心的上方各设一个。

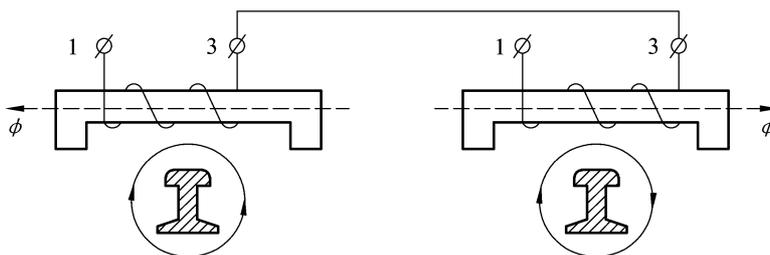


图 1-6 接收线圈与钢轨周围磁场耦合及连线

(二) 机车信号点灯电路

机车信号点灯电路如图 1-7 所示。

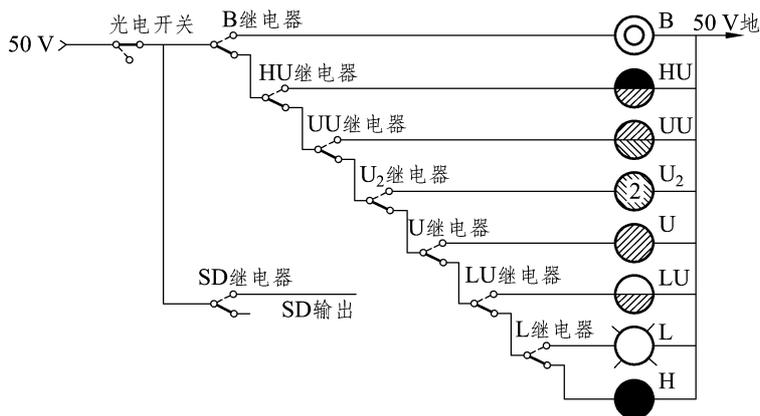


图 1-7 机车信号点灯电路

机车信号点灯电路电源由+50 V 的直流供电电源提供。机车信号点灯受光电开关控制。机车信号点何种灯由执行继电器接点状态决定。JT1 通用式机车信号的点灯电源由 50 V 的供电电源提供。

速度继电器 SDJ 接点构成速度 SD 输出，该条件输入至列车运行监控记录装置或列车运行超速防护设备。使用方法是由 8 位色灯信号条件与速度等级 SD 输出相互组合，向超速防护装置提供完整的速度信号。

通用式机车信号工作时，一方面控制执行继电器接通机车信号点灯，同时又要将执行继电器接点状态及点灯情况反馈给机车信号主机参与运算。

执行继电器为长方形小型继电器，安装在通用式机车信号主机板上。通用式机车信号共使用 8 个小型执行继电器。每个继电器内部设有 1 个线圈，两组前后接点。该继电器接点一组用于点灯，一组用于向主机传递反馈信号。

(三) 信号处理过程

通用式机车信号主机板信号处理过程是在软件作用下完成的。

开机后首先进行初始化。由动态监督电路输出信号对 DSP 芯片进行复位。复位后即进入程序自检状态。在自检过程中，DSP 芯片要对 EPROM、RAM 输出电路进行自检。自检时间约 4 s。自检完毕后使白灯继电器 BJ 吸起，机车信号显示白灯。

接收信息经 A/D 变换后得到数字信号输入至 DSP 芯片。DSP 芯片在程序作用下对输入信号进行频率测量。当输入的若干个周期信号测量结果均为 400 ~ 1 000 Hz 时，则可判定接收的是国产移频信号。然后进入移频信号译码程序。若测量结果输入信号为 1 650 ~ 2 650 Hz，则可判定为接收的是 UM71 信息，便可进入 UM71 译码程序。

下面以接收 UM71 信息为例进行分析。

UM71 也是一种移频信息，其信号处理过程分为带通滤波、解调、低频译码三部分。

UM71 的四个载频 f_0 分别为 1 700 Hz、2 000 Hz、2 300 Hz 和 2 600 Hz，频偏 Δf 为 11 Hz。首先通过程序分别设置 4 个带通滤波器。通带范围为 $f_0 \pm 30$ Hz 以内，阻带范围为 $f_0 \pm 42$ Hz 以外。其部分幅频特性图如图 1-8 所示。

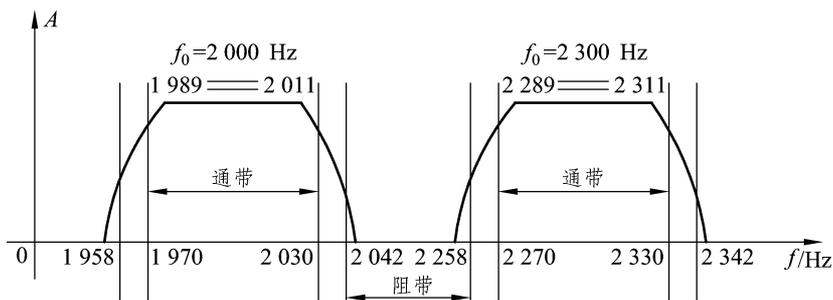


图 1-8 UM71 滤波器幅频特性图

图 1-8 中选取了 $f_0=2\ 000\ \text{Hz}$ 和 $f_0=2\ 300\ \text{Hz}$ 两个带通滤波器。当 $f_0=2\ 000\ \text{Hz}$ 时，通带范围为 $1\ 970\sim 2\ 030\ \text{Hz}$ ，阻带范围为低于 $1\ 958\ \text{Hz}$ 和高于 $2\ 042\ \text{Hz}$ 。当 $f_0=2\ 300\ \text{Hz}$ ，通带为 $2\ 270\sim 2\ 330\ \text{Hz}$ ，阻带为 $2\ 042\sim 2\ 258\ \text{Hz}$ 及 $2\ 342\ \text{Hz}$ 以外。

当 $f_0=2\ 000\ \text{Hz}$ 时，钢轨信息为 $1\ 989\sim 2\ 011\ \text{Hz}$ ；当 $f_0=2\ 300\ \text{Hz}$ 时，钢轨信息为 $2\ 289\sim 2\ 311\ \text{Hz}$ 。由图 1-8 可见，UM71 钢轨上传输的信息均在通带之内，而其他干扰信号受到阻带衰减为零。

对 UM71 低频信号的译码也是采用测频周期的办法实现。由程序指定，低频信号被解调出后对每个低频方波连续不断地测量周期。方波被测量一定个数后得到的结果与软件内的标准码周期进行比较，比较一致后通过输出接口发出控制命令动作相应的执行继电器。

(四) JT1 通用式机车信号系统的使用

1. 通用式机车信号设备的使用

JT1 通用式机车信号设备正确安装与调试后即可正常使用。当接通机车信号的 DV 110 V 电源时，主机电路的电源的开关逆变电源模块将 DC 110 V 转换为 DC 50 V 供电。

数字化通用机车信号有两种，JT1-A 型主机内只有一块主机板；JT1-B 型主机内有两块主机板，双机热备，上电时双机中哪一主机投入工作是随机的，双机故障切换是自动进行的。在机车信号检测时才按压面板上两个人工转换按钮，其中一个实现主、备机人工切换，以便检测某一指定主机板。

JT1 通用式机车信号一经通电，经过 4 s 自检时间，自检正常后点亮机车信号机的白灯。

2. 通用式机车信号灵敏度调整

JT1 通用式机车信号在生产调试时灵敏度已按上述指标调整好，实际值与指标值误差小于 $\pm 10\%$ ，在安装、使用时一般无需再调整。机车信号接收灵敏度除与主机有关，还与机车信号接收线圈安装位置、接收线圈性能及接收线圈输出的信号电缆状况是否良好有关，因此机车信号接收灵敏度应定期通过环线进行检查。

JT1 通用式机车信号系统使用的接收线圈无论在何区段，其安装高度都必须按照要求执行。在实际测量灵敏度不符合要求的情况下，可适当调整接收线圈的高度。

二、JT1-C 系列机车信号车载系统概况

从铁路运输的要求看,列车速度越来越快,交路越来越长,对机车信号的要求越来越高,并且随着机车信号重要性的提高,如何解决提速区段机车信号的主体化问题,变得十分突出,经过各方对机车信号的深入研究,统一认识,认为提速区段的机车信号必须走主体化的道路。铁道部令第 29 号颁布,2007 年 4 月 1 日起施行的《技规》第 93 条规定“机车信号作为行车凭证时,由车载信号和地面信号设备共同构成,必须符合故障导向安全原则。车载信号设备应具有运行数据记录的功能;地面信号设备应具有闭环检查功能,提供正确信息。”

2000 年,科技司设立“主体化机车信号设备的研制”项目,要求北京交通大学从整个车载的故障安全性、可靠性、可用性角度出发,全面研制包括主机、机车感应器、电源系统在内的全新的机车信号系统,满足提速区段列控设备的需要。2001—2002 年,北京交通大学研制了两批样机,2002 年 7 月进行审查,2003 年 10 月,通过了铁道部技术鉴定,2004 年“4.18 铁路提速”开始,JT1-CZ2000 型一体化车载系统装备于六大干线 2 000 余台客运提速机车上,正式进入批量应用。

为满足列车提速对机车信号的要求,在总结通用式机车信号的基础上对机车信号车载设备进行了改进和提高,研制出了新一代机车信号车载系统,即 JT1-CZ2000 型机车信号。JT1-CZ2000 型机车信号解决了通用式机车信号车载设备存在的问题,创新性地采用先进 DSP 技术和多项先进的安全技术措施,极大地提高了设备的安全性和可靠性,符合铁路信号“故障-安全”原则。车载系统设备满足机车信号主体化即机车信号作为行车凭证的严格要求,通过了铁道部技术鉴定,技术已达到国际先进水平。

作为列车运行控制系统中关键的车载安全性设备,JT1-CZ2000 型机车信号车载系统为我国铁路急需解决的既有线机车信号主体化提供了完善的车载设备,在解决通用性的同时又达到了主体化的要求,能更好地保证列车运行安全。

2006 年,铁道部《JT1-C 系列机车信号车载系统设备技术规范(暂行)》及《JT1-C 系列机车信号车载系统设备安装规范(暂行)》颁发后,按照《规范》的要求,2006 年 9 月又重新设计制造出一体化 JT1-CZ2000 机车信号车载系统设备。

JT1-CZ2000 型一体化机车信号车载系统,吸取了 JT1-A/B 型通用式机车信号十多年来大面积推广运用的经验,它采用尖端的 DSP 译码技术、创新性的安全冗余技术、完备的海量数据记录技术,充分满足了铁路信号设备“故障导向安全”原则,具备高度可靠与高度可用的特点。该系统于 2002 年 7 月通过铁道部技术审查,2003 年 10 月通过铁道部科技成果鉴定,并已在全路推广使用,为保障中国铁路的提速与发展发挥着重要的作用。

JT1-CZ2000 型一体化机车信号车载系统由主体化机车信号接收主机(含机车信号记录器)、机车信号带电源接线盒、机车信号双路接收线圈、机车信号显示器构成,如图 1-9 与图 1-10 所示,显示器可选用双面 8 色灯 LED 机车信号显示器或双面点阵式机车信号显示器。



(a) 主机



(b) 信号机



(c) 开关盒



(d) 接线盒

图 1-9 JT1-CZ2000 型主体化机车信号车载系统

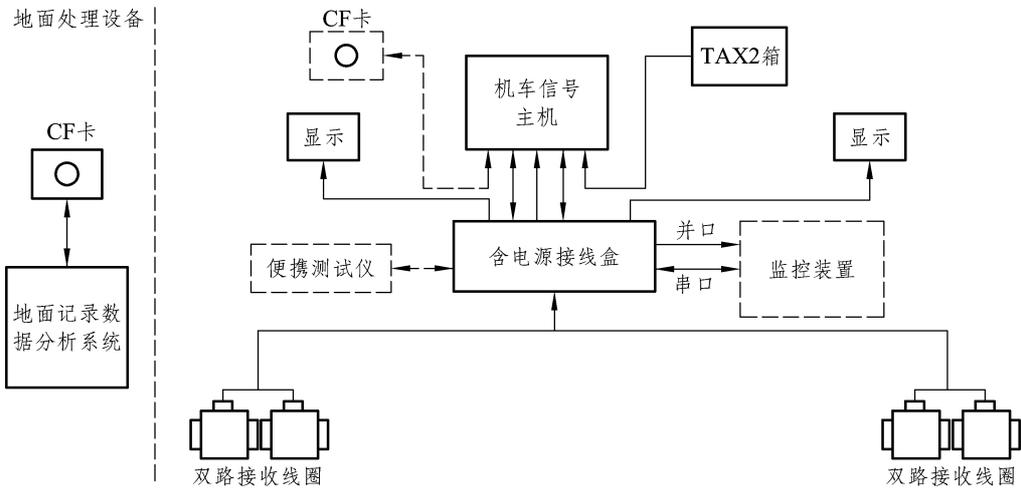


图 1-10 主体化机车信号车载系统设备构成框图

JT1-CZ2000 型机车信号技术特点是：

- (1) 采用“二乘二取二”的容错安全结构，提高了设备的安全性。
- (2) 采用 32 位浮点高速 DSP 运算，频域处理和时域处理相结合的技术，提高了系统

的抗干扰能力。使其抗干扰性能比 JT1-A/B 型有较大提高，移频干信比满足用钢轨电流迭加法测试的 3 : 1 的要求，UM71 信息接收干信比比 TVM300 略有提高。

(3) 具备 UM2000 数字编码信息接收功能。

(4) 采用主机双套热备、双套电源、双路接收线圈接收等冗余技术和 LED 机车信号显示器，提高了系统的可靠性。

(5) 该系统的多制式并行接收处理、动态控制安全点灯电源、双路线圈同时接收、系统冗余结构、记录信号原始波形、地面数据处理软件等技术具有创新性。

(6) 预留 CAN 总线和 RS485 输出，为机车计算机系统一体化、远程监测等设备提供了条件。

JT1-CZ2000 型机车信号车载系统设备，是根据 2000 年铁道部科技司“主体化机车信号的研制”项目要求开发设计的新一代机车信号设备。JT1-CZ2000 型一体化机车信号车载系统设备采用了“二乘二取二”的冗余容错安全结构，满足铁路信号设备的“故障 - 安全”要求。其技术已经广泛应用于轨道车机车信号领域，并在城市轨道交通领域得到应用。JT1-CZ2000 型一体化机车信号车载系统在全路使用，其系列产品占全路机车信号保有量的 90% 以上，在多次铁路大提速中起到了重要作用，创造了巨大的经济效益和社会效益，获得了各个路局的广泛认可。2008 年 11 月，JT1-CZ2000 型机车信号车载系统获得铁道部科技进步一等奖。

该设备符合科技运函 2006〔82〕号《JT-C 系列机车信号车载系统设备技术规范(暂行)》和运基信号 2006〔243〕号《JT-C 系列机车信号车载系统设备安装规范(暂行)》。

该设备适用于运行速度 160 km/h 及以下的内燃机车、电力机车、动车组。

(一) 设备构成

JT1-C 系列机车信号车载系统由机车信号主机(含机车信号记录板)、机车信号双路接

收线圈、机车信号机、带电源接线盒及连接电缆等构成，如图 1-11 所示。JT1-C 系列机车信号车载系统通过安装在机车第一轮对前面的接收线圈接收轨面信息，送给机车信号主机。主机通过模数变换、数字信号处理等一系列译码处理过程将译码结果显示在安装在司机室的机车信号机上，指导司机行车，同时把机车信号信息输出到监控装置作为控车基本条件。

机车信号记录板可对机车信号运行状态及地面信息进行记录，并可通过地面处理系统对机车信号运行过程中采集的有关动态信息进行读取分析。JT1-C 系列机车信号车载系统设备的构成如图 1-12 所示。



主机



信号机

图 1-11 JT1-CZ2000 型一体化机车信号车载系统

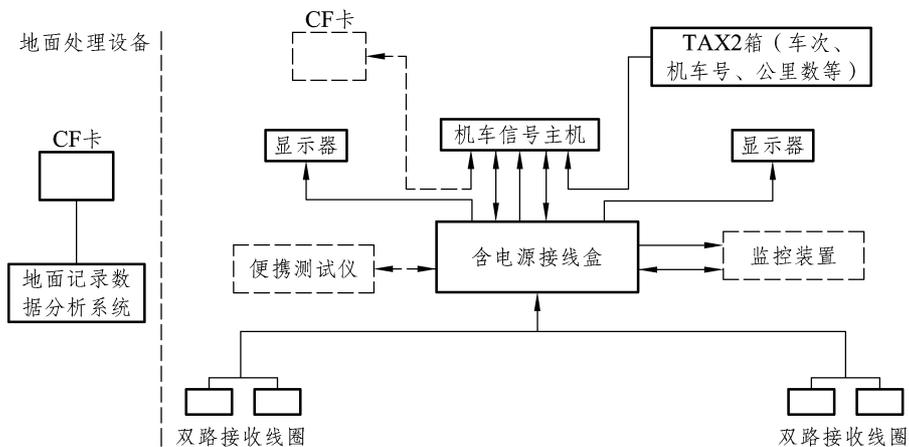


图 1-12 JT1-C 系列一体化机车信号车载系统构成框图

轨道电路信号通过机车信号双路接收线圈感应接收。双路接收线圈中的每路信号各对应一个主机板，由主机板中的两路接收电路同时接收。进入主机板的信号由隔离放大器进行隔离，然后经 A/D 转换，由 DSP 芯片进行处理、译码。

JT1-C 系列机车信号车载系统与 JT1 通用式机车信号相比，作了一系列的改进。

(1) 采用新型双路并绕接收线圈，在一路接收线圈断线，或因中间连线故障而无法接收到地面信号时，另外一路接收线圈仍能保证机车信号主机正常译码输出。

(2) 主机单机采用“二取二”故障安全结构，同时采用双套热备冗余来提高可靠性。

每套主机对应一路接收线圈绕组。

- (3) 接线盒做了相应的改进，支持双线圈感应器引入。
- (4) 采用 LED 新型显示器，功耗小、可靠性高，与现有机车信号机使用兼容。
- (5) 增加了机车信号记录器。
- (6) 全部使用屏蔽电缆。

(二) 系统工作原理

1. 机车信号主机

机车信号主机将从两路接收电路同时接收到的轨面信息由隔离放大器进行隔离，经 A/D 转换，由 DSP 芯片进行处理、译码，控制相应的输出显示。

主机机箱外观如图 1-13 所示。



图 1-13 机车信号主机前视图

1) 主机工作原理及结构特征

主机的原理框图如图 1-14 所示。双路接收线圈的一路接主机板 A，另一路接主机板 B，主机输出除原来并行输出外，预留了 CAN 总线输出或 RS485 输出，可支持双向信息传输。

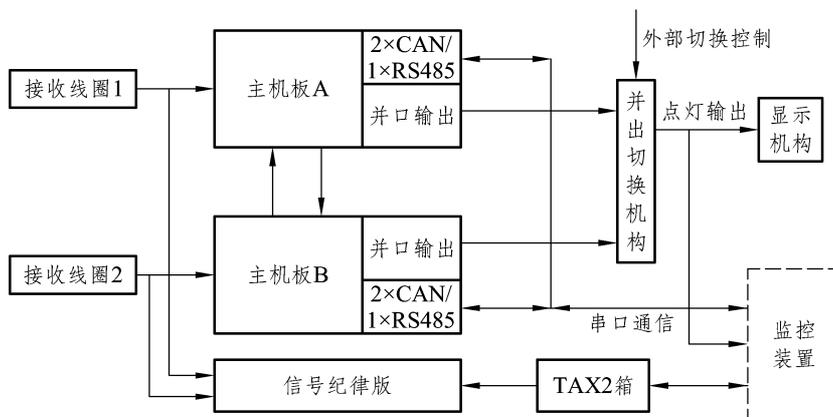


图 1-14 接收主机结构原理框图

主机内部采用 6 槽机箱结构，自左至右分别为记录板插板、主机板 A、主机板 B、连

接板、电源板一、电源板二，如图 1-15 所示。



图 1-15 机箱前面板示意图

主机板完成信号的接收及输出工作，由两块主机板、两块电源板、双路接收线圈构成双套热备冗余系统。

连接板实现电源分配、主机状态显示、并口输出的双套切换等功能。

连接板前面板设有 8 个指示灯。2 个正常指示灯在双套主机板均无故障时点亮。2 个工作指示灯正常状态下只亮一个，表示某主机处于输出工作状态。2 个电源指示灯分别表示两套主机的输入 50 V 电源是否正常。2 个上下行指示灯显示上下行开关操作正常。另外设有 2 个人工转换按钮，在机车信号检测时按压这 2 个按钮，可以实现主、备机人工切换，以便检测某一指定主机板。双套机热备故障切换是自动的，上电时双机中的哪一套主机投入工作是随机的。

两块电源板中，各含一套电源模块，电源模块每路输入为 110 V，输出为双路 50 V。一路为接收主机电路提供 50 V 工作电源，另一路为动态控制安全点灯电路提供 50 V 点灯电源。点灯电源由主机输出的动态信号来激励，动态消失时点灯电源关闭，保证电路的安全性。

记录板实现在机车运行过程中的有关动态信息的采集、记录，并以 U 盘为转存介质进行读取。记录板上插有能实时记录机车运行过程中各种动态信息的大容量 CF 卡和用于完成信息转录的 USB 接口。通过大容量 CF 卡作为记录介质的记录器能真实反映机车信号动态运行中各种变化状态，对机车信号相关信息进行全面的实时记录。

机车信号记录板功能由两大部分组成：一是车载部分，主要功能是对机车信号运行过程中的有关动态信息进行采集；二是地面数据处理部分，以 U 盘为转存介质，通过 USB 接口进行读取、转换、显示、回放、分析，再以文本及图形方式提供友好的人机界面，并提供自动统计、分析列表、打印输出等功能。

记录板共 8 个指示灯，排列和命名如图 1-16 所示。主机启动时记录板 8 个指示灯同时闪烁 2 次表示记录板

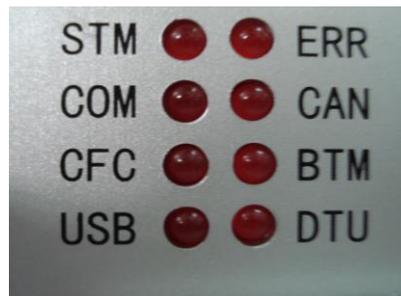


图 1-16 记录板指示灯示意图

进行初始化。指示灯的具体含义如表 1-1 所示。

表 1-1 记录板面板指示灯含义

指示灯	指示灯含义	正常情况	异常情况
STM	主机板 状态指示	0.25 s 亮, 1.75 s 灭 (2 s 周期)	0.125 s 亮, 0.875 s 灭 (1 s 周期) 表示主机 A 或 B 重启复位或已损坏
COM	主机、TAX2 串 口状态指示	0.125 s 亮, 0.875 s 灭 (0.5 s 周期) 表示主机和 TAX2 信息都 正常	0.125 s 亮, 0.875 s 灭 (1 s 周期) 表示主机串口正常 (无 TAX2 信息)
			0.875 s 亮, 0.125 s 灭 (1 s 周期) 表示 TAX2 信息正常 (无主机信息)
			常亮 (3.975 s 亮, 0.025 s 灭) 表 示无串口信息
CFC	CF 卡 状态指示	转储时快速闪烁 (0.025 s 亮, 0.025 s 灭, 0.05 s 周期) 表示正 在操作 CF 卡, 包括初始化 (检 查上电时 8 个灯同时闪烁 2 次 后)、读/写 CF 卡	常亮 (3.975 s 亮, 0.025 s 灭) 表 示 CF 卡有问题或无卡
		CF 卡正常 (每 2 s 亮 25 ms), 没有操作	
USB	U 盘 状态指示	插入 U 盘、U 盘检测及转储数 据到 U 盘, 转储完毕指示灯快速 闪烁 (0.025 s 亮, 0.025 s 灭, 0.05 s 周期)	USB 常亮(3.975 s 亮, 0.025 s 灭), 即转储失败
		CF 就绪(每 2 s 亮 25 ms), USB 就绪, 表示 U 盘正常, 转储操作 完成, 可以拔出	CFC 有两种可能状态: CFC 常亮表示 CF 卡坏导致转储失 败; CFC 就绪则表示 U 盘错误导致转 储失败。 转储失败拔除 U 盘系统重启
ERR	异常指示	正常时灭灯	2 s 一 闪, 指 示 铁 电 存 储 器 (FM1808) 操作故障
			快 闪, 表 示 系 统 时 钟 源 错 误 (DS17487 故 障)
			一 秒 两 闪, 表 示 在 转 储 前 操 作 CF 卡 故障 (只能重新更换 CF 卡)

2) 双套热备冗余方式

JT1-C 系列机车信号的安全性和可靠性主要由“二取二”原理和双机热备原理实现。“二取二”原理指系统中有两台计算机同时工作, 两台计算机的输出结果必须完全一致, 系统才输出。否则认为系统出现故障, 必须故障导向安全侧。JT-C 系列机车信号每块主机板上

均有两路独立接收译码通道。两路译码通道的译码输出要进行比较，比较一致才有有效输出。JT-C 系列机车信号设备的双套热备是指由机车信号主机内双套主机板、双路电源、双路接收线圈共同组成的双套热备系统。由机车信号主机完成双套热备输出的切换。

机车信号主机的双套切换继承了 JT1-B 型机车信号主机切换电路，即主机上电后随机由双套主机板中的一套占据输出位置，即处于工作状态，另外一套处于备用状态。当占据输出位置的主机故障时，将自动关断点灯电源失去输出位置状态，而由各机获得输出位置状态，从而实现双机的自动切换。然而对于 JT1-B 型机车信号主机而言，当工作主机的接收线圈信号输入部分、前级放大部分故障时，机车信号主机误以为线路无码而“掉灯”，并不切换到正常工作的备机，造成双套热备份不起作用的情况。主机双套主机板之间有动态方波信号进行信息交换，当工作主机前级故障“掉灯”时，备机正常，“有码”信息会传递到工作主机，工作主机会短时自动切掉输出，使得系统自动转到备机工作，实现完全双套热备份的功能。另外，通过外部切换控制（来自面板或测试仪），可以强行设置工作机，为系统自动测试提供了基础。

2. 机车信号双路接收线圈

机车信号接收线圈安装位置在机车排障器后与第一轮对之间，距第一轮对轴心水平距离大约 1.5 m 处安装架上，必须要保证接收线圈底部与轨面距离为 (155 ± 5) mm，接收线圈中心与轨面中心偏移小于 ± 5 mm，安装时必须使线圈外壳上方箭头指向一致，以免同名端接反。机车信号双路接收线圈内部设计为双路冗余接收线圈，通过与钢轨的电磁耦合接收钢轨上的信号，然后传送给机车信号主机。每个接收线圈盒内设有两个独立的接收线圈。每路接收线圈与另一线圈盒内线圈串联后对应机车信号主机中的一路主机板。接收线圈中某一路发生故障时，主机可以自动切换控制电路，将对应正常接收线圈的主机转换成工作机，提高了系统可靠性。

新的双路接收线圈在设计时考虑了双路线圈断路、短路对系统接收电路电气参数的影响，保证因一路线圈断线造成的另外一路线圈接收的幅度变化不超过 15%。另外双路接收线圈可实现车载设备的闭环自动检测。测试时一路线圈作为测试线圈发送信号，另一线圈接收信号，并控制与接收线圈相连接的主机进行译码接收，从而实现车载设备的闭环测试，同时又省去了测试线圈。

3. 机车信号机

机车信号机采用双面 8 显示，从机车信号主机箱取得电源，额定电压 48 V，功耗为 6 W，如图 1-17 所示。

机车信号机与载频切换（上下行）开关及 UM71 模式选择开关采用一体化设计。信号机安装在司机室前挡风玻璃中间或两侧，保证司机方便观察。信号机显示机车信号主机译码后的点灯输出及制式输出；其下端设有载频切换（上下行）开关和载频组指示灯，指示灯可显示机车信号主机正在接收的载频组（上下行）状态。司机可在操作台直接进行上下行的转换和制式的选择，并可看到面板指示灯直观的指示。



图 1-17 双面 8 显示机车信号机

三、机车信号设备维护

机车信号系统由地面信号、接收线圈、电缆、接收主机、信号机等设备构成，系统中任何部分故障都可能导致机车信号显示输出异常。机车信号主要故障现象及原因如表 1-2 所示。

表 1-2 机车信号主要故障现象及原因

序号	故障现象	车上原因	地面原因
1	上电后不点灯	电源故障 机车信号机故障 主机故障 电缆或电缆插头故障 点灯线上负载过大	无
2	某一灯位故障	机车信号机故障 主机故障 电缆或电缆插头故障 输出线上负载过大	无
3	熔断器熔断	主机故障 电源故障 机车电源故障接地	无
4	点白灯后不译码	上/下行开关电路故障 前后端切换电路故障 主机故障 电缆或插头故障	地面信号故障
5	上行或下行某一方向不译码	上/下行开关电路故障 主机故障 某一端接收线圈及线路故障	无
6	机车接收灵敏度不合格	接收线圈安装位置、参数不对或接线错误 主机故障	无

7	使用中闪白灯	电缆及插头接触不良 上/下行开关接触不良 前后端切换条件不稳 主机不良故障 接收线圈安装位置、参数不对 接收线圈电缆屏蔽层没有单点接地	地面信号故障
---	--------	--	--------

当设备出现异常情况时，维修人员针对故障现象进行分析，如发生故障的是个别机车还是多台机车，是固定地点还是随机发生等。维修人员可以通过以下手段对故障进行定位。

- (1) 通过机车信号记录板的记录数据进行一般分析，确定故障类型。
- (2) 采用便携式机车信号系统测试仪对车载设备进行测试，判断故障位置。
- (3) 通过人工测试替换设备的办法确定故障位置，具体操作如下：

① 主机的自动测试：可利用 BT-01T/H 型机车信号测试台进行设备基本功能的自动测试，来检查主机是否良好。

② 接收线圈的测试：用万用表测量线圈电阻，兆欧表测量线圈绝缘，初步检查接收线圈是否良好。

③ 机车信号机的测试：根据机车信号机电路原理图，检查显示器内部是否故障，更换或修复内部器件电路。

列车在行进过程中，当地面设备能保证连续可靠地向列车提供机车信号信息时，JT1-C 系列机车信号可作为行车凭证，即实现机车信号的主体化功能。提速后，装备 CTCS-2 级列控系统的列车，原来的机车信号信息作为提供目标距离的列车移动许可凭证。

复习思考题

1. 机车信号的定义是什么？
2. 简述机车信号的发展。
3. 简述 JT1-CZ2000 型主体化机车信号技术特点。
4. 简述 JT1-C 系列机车信号车载系统设备的组成。