



# [12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200920154438. X

[45] 授权公告日 2010年2月10日

[11] 授权公告号 CN 201400196Y

[22] 申请日 2009.5.13

[21] 申请号 200920154438. X

[73] 专利权人 北京大成通号轨道交通设备有限公司

地址 100044 北京市海淀区西直门北大街45号4号楼501室

[72] 发明人 左贵民 杜雪生 王焱 刘玉霞  
张卫宁 刘建春 袁媛

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司  
代理人 孙长龙

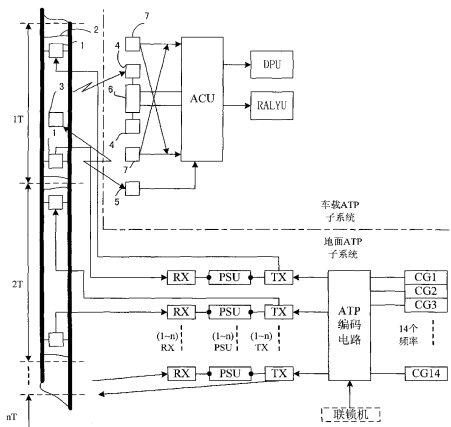
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 2 页

## [54] 实用新型名称

固定闭塞模式列车自动防护系统

## [57] 摘要

本实用新型公开了固定闭塞模式列车自动防护系统，地面子系统包括：各个码发生器内的芯片采用 ZoomFFT 算法和 GOERTZEL 算法处理控制信号并采用 ASK 调制，所述各个码发生器通过编码电路将所述 ASK 控制信号发送至连接的轨道电路发送器，所述轨道电路发送器重新调制成 FSK 控制信号传送到具有电容的轨道上的调谐单元，所述调谐单元与轨道电感形成 LC 调谐传输；所述车载子系统包括：接收控制信号的天线，连接车轮的测速电机，控制机柜内的芯片将天线的信号进行算法验证后进行逻辑运算，并按照运算结果向安全继电器单元输出控制信号，或，向显示单元发送运算结果。本实用新型采用提高了安全性能和安全防护能力，增加了轨道机车的信号传输的可靠性。



1、一种固定闭塞模式列车自动防护系统，包括车载子系统和地面子系统，其特征在于，

所述地面子系统包括：各个码发生器内的芯片采用小波傅里叶 ZoomFFT 算法和哥兹柔 GOERTZEL 算法处理控制信号并采用 ASK 调制，所述各个码发生器通过编码电路将所述 ASK 控制信号发送至连接的轨道电路发送器，所述轨道电路发送器重新调制成 FSK 控制信号传送至具有电容的轨道上的调谐单元，所述调谐单元与轨道电感形成 LC 调谐传输；

所述车载子系统包括：接收轨道上控制信号的天线，连接车轮的测速电机，控制机柜内的芯片将天线的信号进行 ZoomFFT 算法和 GOERTZEL 算法验证后和测速电机的信号进行逻辑运算，并按照运算结果向连接的安全继电器单元输出控制信号，或，通过 RS422 串行接口、RS485 接口和 RS232C 接口向显示单元发送运算结果。

2、根据权利要求 1 所述的固定闭塞模式列车自动防护系统，其特征在于，所述控制机柜还连接接收轨旁位置信标数据的位置信标读写器。

3、根据权利要求 1 所述的固定闭塞模式列车自动防护系统，其特征在于，所述控制机柜包括：互为冗余的两套子控制机柜，每个子控制机柜内包括：

连接测速电机的测速电机接口单元，和，检测控制信号并安装有 ZoomFFT 算法和 GOERTZEL 算法验证芯片的轨道码信号检出单元，测速电机接口单元和轨道码检出单元连接冗余设置的安全输入通信单元、逻辑运算的安全计算机单元、安全输出通信单元和连接安全继电器单元的安全模块。

4、根据权利要求 1 所述的固定闭塞模式列车自动防护系统，其特征在于，所述地面子系统的调谐单元还连接有 ZoomFFT 算法和 GOERTZEL 算法验证芯片的轨道接收器。

## 固定闭塞模式列车自动防护系统

### 技术领域

本实用新型涉及轨道交通应用通信信号技术领域，特别涉及固定闭塞模式列车自动控制系统（简称：TBTC）中的固定闭塞模式列车自动防护系统。

### 背景技术

城市轨道交通系统中，通过分割轨道区段，控制列车在各个区段的运行速度，这样的列车控制方式被称为固定闭塞模式。固定闭塞模式下，在各个轨道区段内列车的运行速度被地面信号所限制，通常的做法是在进入一个轨道区段的端口处设置铁路信号机，通过色灯信号显示，引导列车的运行，色灯所表示出的信号显示信息含意预先在技术规则中规定。伴随列车运行速度提高，需要铁路信号自动控制列车的运行，因此，现代铁路信号系统中列车控制广泛应用列车自动控制系统（简称：ATC 系统），该系统由三个主要子系统构成，列车自动防护系统（简称 ATP 系统）、列车自动操作系统（简称 ATO 系统）与列车自动监督系统（简称 ATS 系统）。其中，列车自动防护系统为最关键的安全系统，根据中国国家标准 GB/T 21562-2008《轨道交通——可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例》、欧洲安全标准 EN50128:2001《轨道交通——通信信号传输和处理系统——铁路控制和防护系统的软件》（Railway applications, Software for railway control and protection systems）和 EN50129:2003《轨道交通——通信信号传输和处理系统——信号的相关电子系统安全》（Railway applications, Safety related electronic systems for signalling），定义其安全完整性等级为 4 级（SIL4）。

尽管，现代轨道运输系统，特别是城市轨道交通线也并存其它方式的控制与防护系统制式，例如，基于无线通信方式的列车控制系统（简称：CBTC）、记轴方式的点式列车占用检查系统。但是，固定闭

塞模式的列车防护系统仍旧与其可靠性、安全性高，造价低廉被大量应用在城市、城郊轨道交通运输系统中，特别适用于列车运行速度小于 100 公里/小时，列车之间的追踪间隔大于 150 秒的应用条件。

所述的固定闭塞模式列车自动防护系统采用了对轨道区段出口检查方式，因此，ATP 信号给出了列车的两类速度信息。其一，表明列车在本轨道区段内所允许的最大运行速度，其二，表明了列车在下一个轨道区段进入的目标速度。列车通过自身的测速电机还表明了列车的实际运行速度。列车自动防护的作用在于，如果列车的实际运行速度超出了 ATP 信号所给定的限制速度，该系统将发出列车制动命令，直到列车的实际运行速度小于了 ATP 信号限制速度以后，这个制动命令才被解除；如果列车处于运行状态，列车实际运行速度大于零的状态下，该系统将发出不允许列车车门打开的防护命令；如果列车已经停车，发生了不希望的溜车情况，该系统将发出列车制动命令。所述的固定闭塞模式列车自动防护系统由地面 ATP 子系统与车载 ATP 子系统构成。北京地铁 1 号线于上世纪 90 年代改造时，引进了英国西屋铁路信号有限公司提供的固定闭塞模式列车自动防护（ATP）系统，包括地面 FS2500 型轨道电路和 FS2000 型车载 ATP 系统。北京地铁 13 号线依然采用 FS2500 型轨道电路制式，并配合引进了 TBS100 型车载 ATP 系统。该系统技术属于上世纪 80 年代，所应用的“车载 ATP 计算机”主要构成的核心处理器是 MOTOROLA 公司早期 6800 系列 CPU 产品，运算速度慢、存储器空间小，接口落后，多数电子元器件已经停产，用于运营维修的备品备件供应不能得到保障。该系统属于早期的技术，不能够与列车车辆提供合适的接口，由于过多地采用分立电路元器件，减弱了系统设备的抗电磁干扰能力。地面 ATP 系统中的 ATP 码发生器、轨道电路接收器的信号处理电路大量使用模拟滤波器电路，不可避免运用到铁氧体磁性电感、变压器、槽路谐振电容，这类元器件属于易于碎裂损坏、电气参数易变化，易于受温度、振动、冲击、沙尘、和盐雾等环境影响，由于设备故障引起的交通运营中断事件时有发生。由于可靠性与安全性要求高、应用环境综合技术构成

与接口复杂。长期以来我国城市轨道交通应用到该系统都依赖进口。

上述的 ATP 系统中普遍存在由于信号的调制方式简单，ATP 系统的安全性能较低的问题。

## 实用新型内容

有鉴于此，本实用新型在于提供固定闭塞模式列车自动防护系统，以解决上述的 ATP 系统由于信号的调制方式简单，ATP 系统的安全性能较低的问题。

为解决上述问题，本实用新型提供固定闭塞模式列车自动防护系统，包括车载子系统和地面子系统，

所述地面子系统包括：各个码发生器内的芯片采用 ZoomFFT 算法和 GOERTZEL 算法处理控制信号并采用 ASK 调制，所述各个码发生器通过编码电路将所述 ASK 控制信号发送至连接的轨道电路发送器，所述轨道电路发送器重新调制成 FSK 控制信号传送至具有电容的轨道上的调谐单元，所述调谐单元与轨道电感形成 LC 调谐传输；

所述车载子系统包括：接收轨道上控制信号的天线，连接车轮的测速电机，控制机柜内的芯片将天线的信号进行 ZoomFFT 算法和 GOERTZEL 算法验证后和测速电机的信号进行逻辑运算，并按照运算结果向连接的安全继电器单元输出控制信号，或，通过 RS422 串行接口、RS485 接口和 RS232C 接口向显示单元发送运算结果。

优选的，所述控制机柜还连接接收轨旁位置信标数据的位置信标读写器。

优选的，所述控制机柜包括：互为冗余的两套子控制机柜，每个子控制机柜内包括：

连接测速电机的测速电机接口单元，和，检测控制信号并安装有 ZoomFFT 算法和 GOERTZEL 算法验证芯片的轨道码信号检出单元，测速电机接口单元和轨道码检出单元连接冗余设置的安全输入通信单元、逻辑运算的安全计算机单元、安全输出通信单元和连接安全继电

器单元的安全模块。

优选的，所述地面子系统的调谐单元还连接有 ZoomFFT 算法和 GOERTZEL 算法验证芯片的轨道接收器。

本实用新型采用 ASK、FSK 调制功能的模块，并内置“ZFFT 和 GEROEZEL”算法芯片，提高了安全性能和安全防护能力，增加了轨道机车的信号传输的可靠性。

## 附图说明

附图 1 是固定闭塞模式列车自动防护系统构成；

附图 2 是车载 ATP 控制柜内部模块构成。

## 具体实施方式

为清楚说明本实用新型中的方案，下面给出优选的实施例并结合附图详细说明。

本实用新型描述的固定闭塞模式列车自动防护（ATP）系统包括了车载 ATP 子系统与地面 ATP 子系统”。

参见图 1，车载 ATP 子系统包括：车载 ATP 控制机柜(ACU)、车载 ATP 天线(4)、位置信标读写器(5)、天线接线盒(6)、测速电机(7)、安全继电器单元(RALYU)、ATP 显示单元(DPU)。所述的车载 ATP 控制机柜(ACU)通过天线接线盒(6)与车载 ATP 天线(4)之间信号电缆连接，车载 ATP 天线(4)感应来自轨道或沿轨道铺设电缆的无线载波 ATP 信号，通过信号电缆将此信号传送给车载 ATP 控制机柜(ACU)。所述的车载 ATP 控制机柜(ACU)与测速电机(7)之间由信号电缆连接，测速电机(7)的转子部分与列车驱动轴机械连接，测量列车车轮的角频率脉冲，通过信号电缆将此测量脉冲传送给车载 ATP 控制机柜(ACU)，由柜内的 ATP 安全计算机根据车轮轮径与角频率脉冲计算出列车速度。所述的车载 ATP 控制机柜(ACU)通过天线接线盒(6)与位置信标读写器(5)之间由信号电缆连接，位置信标读写器(5)感应方式读取轨旁的位置信标(3)数据，由信号电缆将此数据传送给车

载 ATP 控制机柜(ACU),由柜内的 ATP 计算机计算出列车停车位置准确度与速度准确度。所述的车载 ATP 控制机柜(ACU)与安全继电器单元(RALYU)之间由信号电缆连接,车载 ATP 控制机柜(ACU)输出列车制动与列车车门允许继电器励磁电压,由安全继电器单元(RALYU)之中的安全继电器接点提供给列车电路,执行控制列车的实际动作。所述的 ATP 显示单元(DPU)安装在司机驾驶台上,车载 ATP 控制机柜(ACU)与 ATP 显示单元(DPU)之间由信号电缆连接,ATP 控制机柜(ACU)输出并通过信号电缆,将列车速度与 ATP 信号传送给 ATP 显示单元(DPU)并显示。

所述的地面 ATP 子系统包括:轨道电路接收器(RX)、轨道电路发送器(TX)、ATP 码发生器(CG)、ATP 编码电路、电源单元(PSU)、谐振单元(1)、轨道终端棒(2)与位置信标(3)。所述的 ATP 码发生器(CG)通过信号电缆与 ATP 编码电路连接,ATP 编码电路提供了接口电路,此接口与车站联锁机通过电缆并接受来自车站联锁机的逻辑指令。所述的 ATP 编码电路是一个矩阵电路,通过信号电缆与轨道电路发送器(TX)相连接,被联锁所选择的 ATP 码发生器(CG)输出切换连接到对应的轨道电路发送器(TX)输入端。所述的轨道电路发送器(TX)输出一个指定特征载波频率的 FSK 载波 ATP 信号,通过信号电缆与安装在轨道区段一端的调谐单元(1)相连接。所述的调谐单元(1)、调谐区轨道和轨道终端棒(2)之间采用多芯专用电缆连接,构成 LC 调谐区,并谐振在轨道区段指定的特征载波频率上,将来自轨道电路发送器(TX)输出的 FSK 载波 ATP 信号沿轨道(或电缆环路)传输到轨道区段另外一端。轨道区段的另外一端也设置了相同的调谐单元(1)、调谐区轨道和轨道终端棒(2),该调谐单元(1)通过信号电缆与信号室安装的轨道电路接收器(RX)连接。所述的轨道电路接收器(RX)接收到来自调谐单元(1)传送的 FSK 载波 ATP 信号,对该信号解调、识别,并输出驱动一个安全继电器。如果轨道区段没有列车进入,则轨道接收器(RX)就可以完整地接收、解调、识别到一个正确的 ATP 信号,输出安全继电器励磁,表示一个轨道区段“空闲”

状态，如果该轨道区段进入了列车，列车的轮轴将会分路 FSK 载波 ATP 信号，处于轨道区段另一端的调谐单元（1）所连接的轨道电路接收器就不能输出一个正确的安全继电器励磁电压，导致安全继电器失磁，表示该轨道区段处于列车“占用”状态。

由于所述的车载 ATP 天线（4）被安装在列车轮轴的前方，列车轮轴对轨道的分路作用不会削弱车载 ATP 天线（4）对 FSK 载波 ATP 信号的感应，使得车载 ATP 控制接柜（ACU）依然能够得到一个符合规定参数的 ATP 信号。车载 ATP 天线（4）由多于一组的磁棒绕组构成冗余结构，每组绕组分为主绕组与次绕组。

所述的车载 ATP 子系统的车载 ATP 控制机柜（ACU）包括轨道码信号检出单元（9）、测速电机接口单元（8）、安全计算机单元（12）、安全输入通信单元（10）、安全输出通信单元（14）、安全输出通信单元的安全模块（16），安全模块之间由总线连接。所述安全计算机单元（12）、安全输入通信单元（10）、安全输出通信单元（14）采用 A、B 机冗余方式。

所述的安全模块之间以分布式 A 机、B 机双机结构构成 ATP 组，多于一组的 ATP 组相互构成 ATP 通道，多于一个 ATP 通道相互构成安全控制器。所述的车载 ATP 控制机柜（ACU）将载波形式的 ATP 信号分配给安全组的输入端，安全组模块的组合独立输入、处理、输出一个同时刻、同种类的 ATP 信号。

所述的轨道码信号检出单元（9）包括输入电路、故障检测电路、DSP 处理器、故障-安全驱动电路。ATP 信号经过一个接口变压器隔离、一个机械带通滤波器后被送入 DSP 处理器，同时被送入的还有本模块自身产生的一个标准频率脉冲，DSP 处理器采用小波傅里叶 ZoomFFT 算法和哥兹柔 GOERTZEL 算法”对载波形式的 ATP 信号解调与识别。

对输入信号的处理过程为：数字滤波、FFT+GEROTZEL 运算、载频识别、zoomFFT 运算、调频识别、安全逻辑判决。所述的故障检测电路将一个标准脉冲信号输出给车载 ATP 天线（4）的副线圈，因此，车载 ATP 天线（4）主线圈之中就被交调了所混入的标准脉冲信



号，如果发生天线断线故障，则接收输入既不能检测到 ATP 信号，也不能检测到标准检测脉冲的验证信号；如果故障来自地面 ATP 子系统，则接收输入仅仅能够检测到标准检测脉冲的验证信号，而不能检测到 ATP 信号。所述的 ATP 码发生器（CG）、轨道电路接收器（RX）采用了与轨道码信号检出单元（9）相同的结构与信号处理。

所述的测速电机接口单元（8）包括输入电路、故障检测电路、脉冲解调电路和轮径补偿电路。由一组隔离变压器对输入的测速电机（7）角速度脉冲信号，这个信号同时叠加了故障检测电路的检查频率信号，由解调电路和轮径补偿电路处理计算出列车的实际运行速度。

所述的安全计算机单元（12）、安全输入通信单元（10）、安全输出通信单元（14）及其它们的冗余部分，安全计算机单元（13）、安全输入通信单元（11）、安全输出通信单元（15）共同构成了冗余的车载 ATP 安全计算机核心部件通过总线方式连接，处理 ATP 安全逻辑，所述的安全逻辑提供了列车超速防护、列车车门防护、列车运行方式防护和故障防护判断。

所述的安全输出单元（16）由冗余的故障-安全电路构成，所述的故障-安全电路预置了一个有约束条件的电压电平输出状态，当所述的安全逻辑判定输出一个防护指令或判断出发生了故障时，故障-安全电路关断，进入有约束条件的电压电平输出状态。

所述的位置信标读写器（5）感应接收来自轨旁安装的位置信标（3）数据，位置信标（3）是个无源装置，在列车经过其区域时，车辆底部安装的位置信标读写器（5）首先通过无线感应激励使得位置信标（3）进入工作状态，发送内部数据。所述的位置信标读写器（5）与车载 ATP 控制机柜（ACU）之间电缆连接，该装置将位置信标（3）数据传送给车载 ATP 控制机柜（ACU）用于判断列车的进站停车位置准确度与速度准确度，给出列车车门防护信号。

所述地面 ATP 子系统内的 ATP 码发生器（CG1）至 ATP 码发生器（CG14）各产生一个 28 Hz 至 80 Hz，间隙为 4Hz 的 ATP 信号码频率，此 ATP 信号码在 ATP 码发生器的内部调制一个 2920 Hz 的载频，

成为 ASK 频波，通过 ATP 编码电路连接到相对应的轨道电路发送器。所述 ATP 码发生器内部由 DSP 处理器以“ZoomFFT+GEROEZEL”算法构成验证电路，对所产生的 ATP 信号载波进行验证。首先，采用 ZoomFFT 算法检验验证载波的频率，然后，采用“ZoomFFT+GEROEZEL”算法解调出 ATP 信号码，也就是调制频率，比较规定值，当满足精度与相对功率谱电平规定指标后，由“故障—安全驱动电路输出，车站联锁机决定 ATP 信号载波的送达目的地，通过选择路径，切换送到相应的轨道电路发送器 (TX) 的输入端，首先，该装置将接收到的 ASK 载波解调还原成 ATP 信号码，然后，进行二次调制，产生 ATP 信号的 FSK 载波，该载频的特征是，由分成 12 个种类的载波频率构成，分成为“2K”与“5K”两个波段，“2K”波段的载波频率为：1700Hz、2000Hz、2300Hz、2600Hz，“5K”波段的载波频率为：4080Hz、4320Hz、4560Hz、4800Hz、5040Hz、5280Hz、5520Hz、6000Hz，每个轨道电路发生器 (TX) 仅能够产生输出其中之一的 ATP 信号 FSK 载波，由信号电缆传送给轨旁设备调谐单元 (TU)，该装备安装在分割的轨道区段的一个端口处，与终端棒及封闭区域的钢轨构成调谐区，谐振在与轨道电路发送器 (TX) 相对应的 FSK 特征载波频率上，该调谐单元 (TU) 装置共有 12 个种类，每对应一种载频就构成该种载频的调谐单元。ATP 信号 FSK 载波的传输有两个方向，其一，通过轨道传输给轨道区段另外一端的调谐单元 (TU)，再由信号电缆传回给轨道电路接收器 (RX)，该轨道电路接收器 (RX) 采用与 ATP 码发生器相同的 DSP 处理器，“ZFFT+GEROEZEL”算法解调 ATP 信号 FSK 载波的技术，并驱动一个安全继电器使其励磁，表示轨道区段没有列车“占用”。其二，如图二所示，由轨道传输的 ATP 信号载波由车载 ATP 天线感应，继而通过列车内部信号电缆传送到车载 ATP 控制机柜 (ACU)，该装置包括的轨道码输出单元 (9) 采用了与 ATP 码发生器相同的 DSP 处理器，“ZFFT+GEROEZEL”算法解调 ATP 信号 FSK 载波的技术，对接收的 ATP 信号载波解调，识别，验证正确后，作为列车自动防护 ATP 信号指令使用。

所述的车载 ATP 子系统的测速电机(7),传动转子与列车的轮轴连接,实际测量列车运行中轮轴的实际转动角速度脉冲,并由列车信号电缆传递给车载 ATP 控制机柜(ACU),该装置包括的测速电机接口单元(8)预先设定了列车的车轮直径参数,根据列车车轮直径参数与角频率脉冲,计算出列车的实际运行速度,并以总线方式依次传输给安全通信单元(10)、安全计算机单元(12)、安全输出通信单元(14)、安全输出单元(16)。安全输出单元(16)的“故障—安全”驱动电路将安全输出结果输出给与列车接口的安全继电器单元(RALYU),提供给列车自动防护功能。安全输出单元(16)的另一个输出通过信号电缆传输给 ATP 显示信息给 ATP 显示单元(PPU),该装置安装在司机操作控制台上,为司机提供驾驶信息。

所述的车载 ATP 子系统包括的位置信标读写器(5),以无线感应方式接收轨旁位置信标的(3)的数据,并由列车信号电缆传输给车载 ATP 控制机柜(ACU)。

所述的安全计算机单元(12)、由一个分布式 A 机与 B 机构成安全组,独立输入、处理、输出对列车超速时制动、车门控制、非控制溜车与故障的防护安全逻辑。任何一个 ATP 组中存在一个持续、循环安全的“2 非健康链路”信号,频率为 1024Hz 方波,由安全计算机单元(MPM)产生并发出,以串联接力方式依次传递到其它相关模块,排列次序位于首位的相关模块接收“2 非健康链路”信号,验证自身处于健康状态下,以接力方式将“2 非健康链路”信号输出给排列次序位于第二位的相关模块,并重复首位模块的信号处理,直至轮回“2 非健康链路”信号发出者安全计算机单元(MPM)模块,当“2 非健康链路”信号连续、完整、频率正确,则表示车载 ATP 控制机柜(ACU)装置处于健康状态。任何一个安全模块中存在一个持续、循环安全的“1 非健康链路”信号由信号处理电路产生并发出,以串联接力方式依次传递到模块的输入电路、信号处理电路与输出电路。输入电路、信号处理电路与输出电路验证自身处于健康状态下,轮回“1 非健康链路”信号发出者信号处理电路,验证了“1 非健康链路”信号连续、

完整、频率正确，则表示相关安全模块处于健康状态。

本实用新型采用 ASK、FSK 调制功能的模块，并内置“ZFFT 和 GEROEZEL”算法芯片，提高了安全性能。

对于本实用新型各个实施例中所阐述的系统，凡在本实用新型的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本实用新型的保护范围之内。

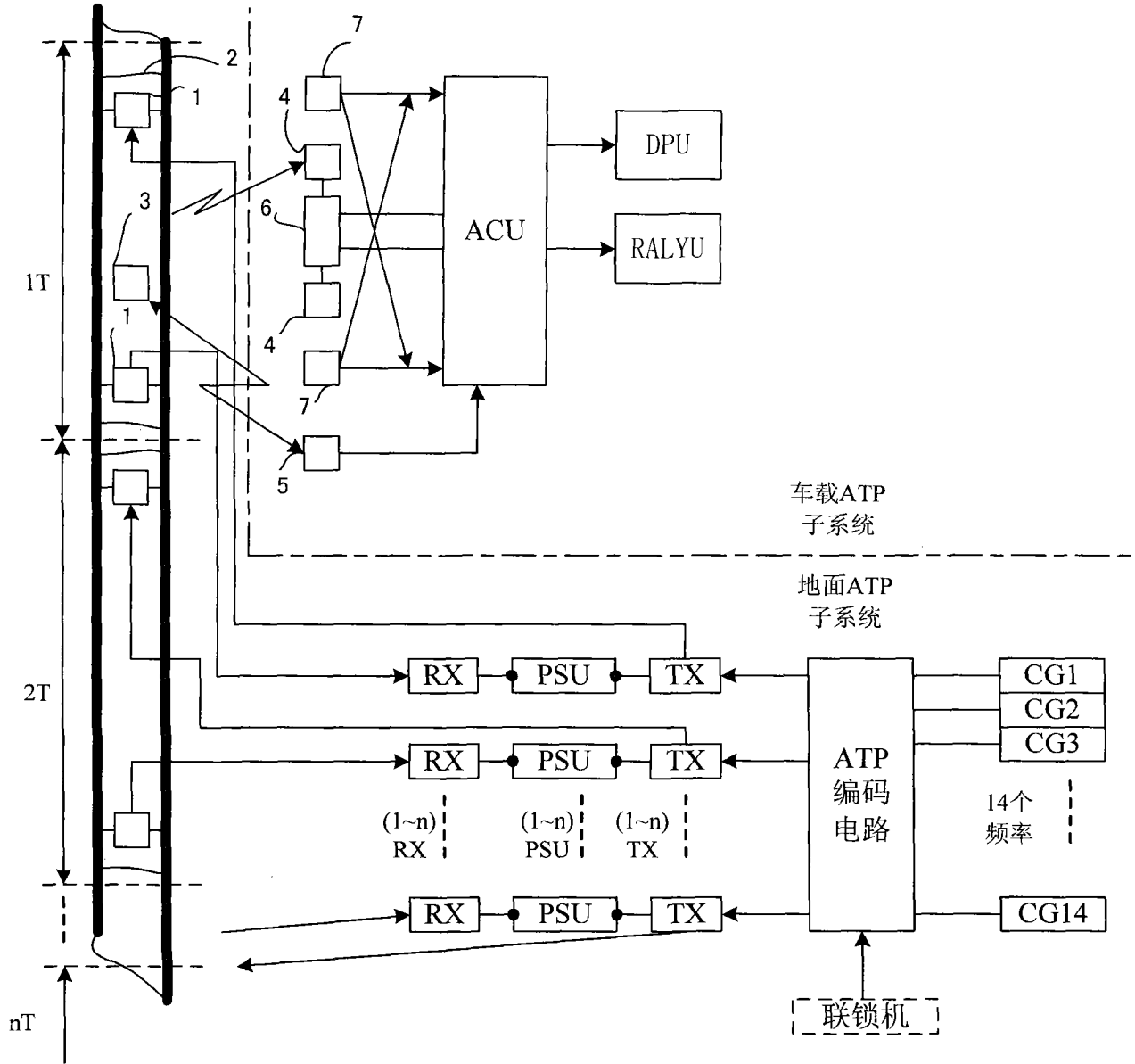


图 1

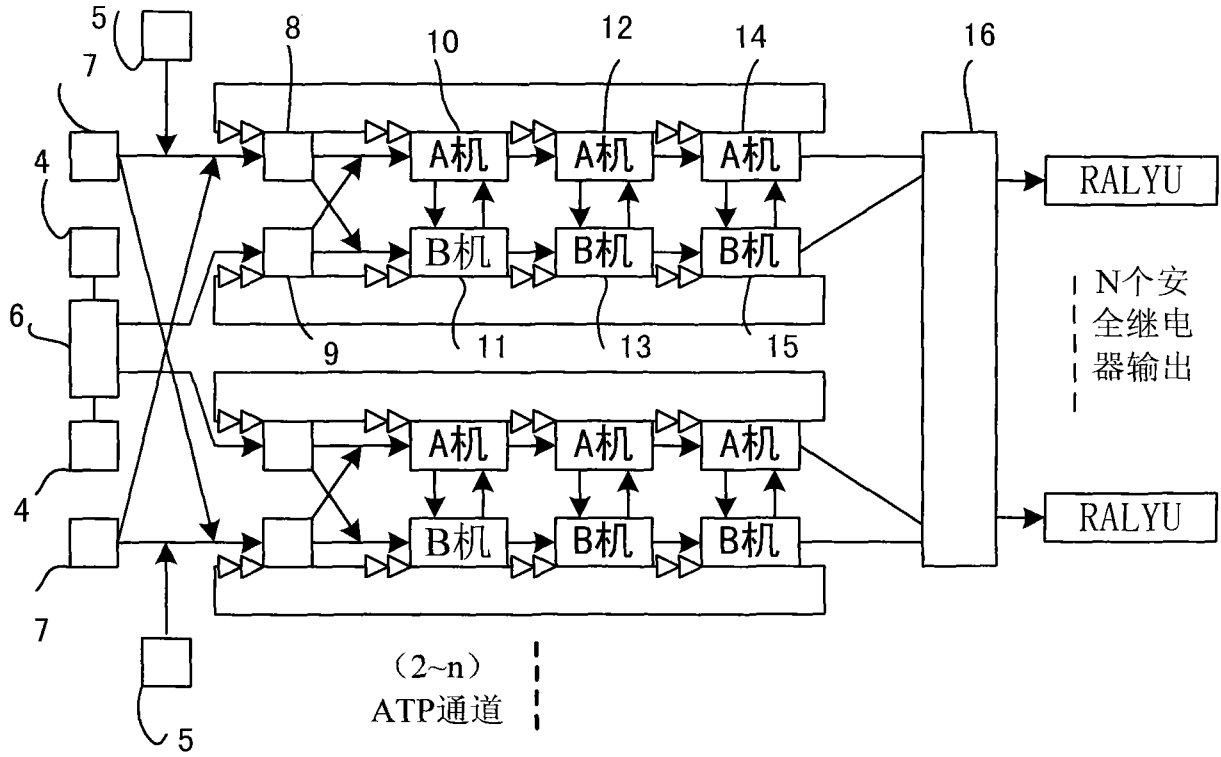


图 2