

# 自动旅客运输系统车辆全自动钩缓装置设计

包佳健<sup>1</sup> 钱名鑫<sup>1</sup> 勾洪浩<sup>2</sup> 赵金宝<sup>2</sup>

(1. 中车浦镇庞巴迪运输系统有限公司, 241060, 芜湖;  
2. 中车青岛四方车辆研究所有限公司, 266031, 青岛//第一作者, 工程师)

**摘 要** 根据自动旅客运输 (APM) 系统对车辆的要求, 设计开发了适用于 APM 车辆的全自动钩缓装置。对 APM 全自动钩缓装置的部件从设计到分析验证做了完整的介绍, 重点阐述了该装置的连挂系统、电气车钩、推送控制系统及安装吊挂系统等核心模块的组成、工作原理及功能。展示了一款适用于 APM 系统车辆灵活编组、线路水平曲线半径小、线路坡度大等特点的全自动钩缓装置。

**关键词** 自动旅客运输; 车辆; 全自动钩缓装置

**中图分类号** U270.34; U239.8

**DOI**: 10.16037/j.1007-869x.2019.10.024

## Design of Automatic Hook Buffer Device for APM Vehicles

BAO Jiajian, QIAN Mingxin, GOU Honghao, ZHAO Jinbao

**Abstract** According to the requirements of APM vehicles, an automatic hook buffer device suitable for APM vehicle is designed and developed. The parts of APM automatic hook buffer device are completely introduced from design to analysis and verification, the composition, working principle and functions of core modules, such as the connecting system, electric coupler, feed control system, installation and hanging system are mainly elaborated. On this basis, a new automatic hook buffer device suitable for APM vehicle with flexible marshalling, small radius of horizontal curve and large gradient of line requirements is demonstrated.

**Key words** APM; vehicle; automatic hook buffer device

**First-author's address** CRRC Puzhen Bombardier Transportation Systems Ltd., 241060, Wuhu, China

根据自动旅客运输 (APM) 系统对车辆的要求, 本文设计开发了一款适用于 APM 车辆特点的全自动钩缓冲装置。

### 1 APM 车辆钩缓装置的要求

车辆钩缓装置作为轨道交通车辆的安全配置, 必须具备足够的强度、简单可靠的连挂和解钩功

能, 并能很好地吸收车辆牵引和缓冲过程中产生的能量。常规轨道交通车辆的钩缓装置系统通常由半/全动车钩、半永久车钩组成, 其车辆的钩缓配置如图 1 所示。



图 1 常规轨道交通车辆钩缓配置示意图

APM 系统的车辆设计和线路设计有其特殊要求: ①需满足车辆灵活编组要求; ②需满足最小水平曲线半径 22 m 的线路设计; ③需满足线路最大持续坡度 10% 等设计需求。

为满足以上 APM 需求, 本文重新设计开发了一套适合 APM 车辆的全自动钩缓装置。

### 2 APM 车辆钩缓装置总体设计

PBTS 胶轮路轮 APM 车辆的编组可由 1 节至 6 节灵活设置, 在车辆两端分别采用全自动钩缓装置。1~4 节编组的 APM 列车如图 2 所示。

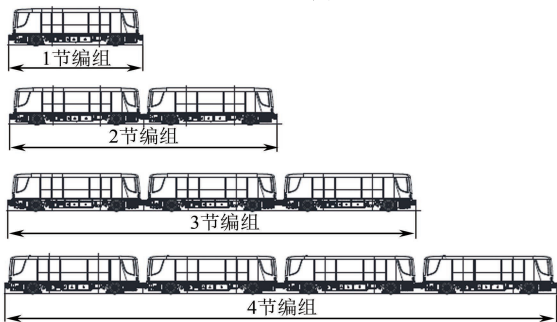


图 2 APM 列车编组形式示意图

## 2.1 总体方案

APM 车辆全自动钩缓装置采用模块化的设计,主要由连挂系统、缓冲系统、安装吊挂系统等模块组成,如图 3 所示。

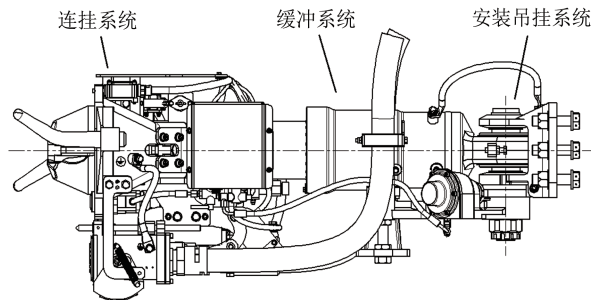


图 3 APM 全自动钩缓装置示意图

APM 车辆全自动钩缓装置主要由机械钩头、电气车钩及缓冲器 3 部分组成,能满足以下技术要求:

- 1) 连挂时自动实现机械、电气和风路的连接;分解时操作者按解钩按钮后,可自动实现分解。
- 2) 电气车钩在连挂时自动伸出,分解时自动缩回,需配备以太网通信接口。
- 3) 非连挂模式下车钩保持自动对中。
- 4) 满足 1 列超载状态(AW3)的列车以 5 km/h 或 8 km/h 的速度与 1 列处于停放制动状态的 AW3 列车连挂的碰撞工况;
- 5) 纵向压缩屈服强度 $\geq 400$  kN,纵向拉伸屈服强度 $\geq 300$  kN。

## 2.2 与常规地铁车辆钩缓装置的区别

APM 车辆全自动钩缓冲装置与常规地铁车辆全自动钩缓装置的基本功能相同。二者的区别主要有以下方面:

- 1) 与常规地铁车辆钩缓装置压缩屈服强度 $\geq 1\,250$  kN、拉伸屈服强度 $\geq 850$  kN 相比,APM 车辆全自动钩缓装置的设计强度要求较低。
- 2) APM 车辆钩缓装置更加紧凑,长度仅 1 130 mm;而地铁车辆全自动钩缓装置长度通常约为 1 700 mm。
- 3) 为增大自动连挂范围,APM 车辆钩缓装置钩头增加了导引杆。
- 4) APM 车辆钩缓装置的电气车钩更为复杂,增加了以太网模块及动态触点接触组件,且触点芯数较多。
- 5) APM 车辆钩缓装置的推送控制系统更加复杂。

## 3 APM 车辆全自动钩缓装置组成及功能

### 3.1 连挂系统

APM 车辆全自动钩缓装置的连挂系统集成了机械车钩、电气车钩和风管连接器,实现机械、电气和风路的自动连接和分解。

#### 3.1.1 机械车钩

机械车钩内部主要由钩舌、连挂杆、回复弹簧、解钩气缸等组成,如图 4 所示。工作状态有连挂位(同时也是待挂位)和全开位 2 种状态,如图 5 所示。

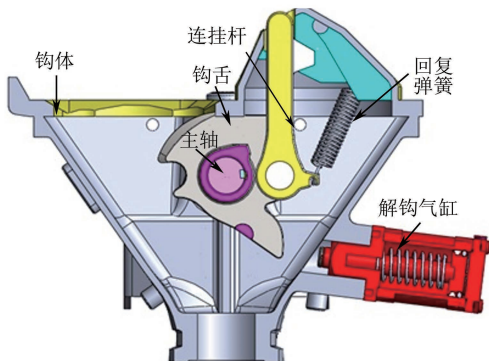


图 4 机械车钩内部结构示意图

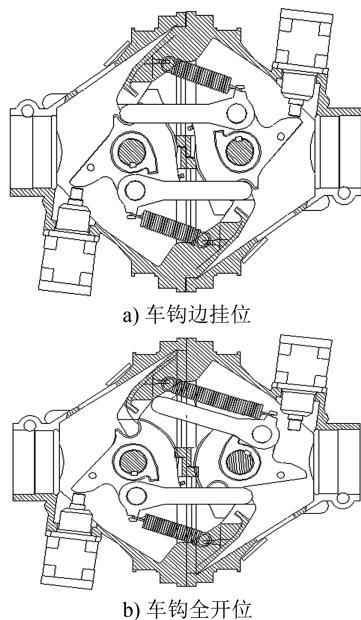


图 5 机械车钩连挂和全开状态示意图

连挂时,两车钩相互撞击,钩体内部的钩舌等机构发生顺时针旋转。在两钩相互连挂过程中,对方钩体的凸锥推动本钩钩舌等连挂机构旋转到最大角度,到达全开位,然后在回复弹簧的作用下迅速回复到锁定位,完成机械连接。

解钩时,向解钩气缸充风或者人工拉动解钩手

柄,使内部的钩舌及其它机构旋转到最大角度,到达全开位,此时两车钩可以正常分离。释放解钩手柄后,在回复弹簧力的作用下,钩舌等其它内部机构回复到待连挂位。

3.1.2 风管连接器

机械车钩下部集成有自闭塞式的主风管连接器,如图 6 所示。风管连接器可以在列车连挂时自动连通列车管路,在列车分解时自动关断列车管路。

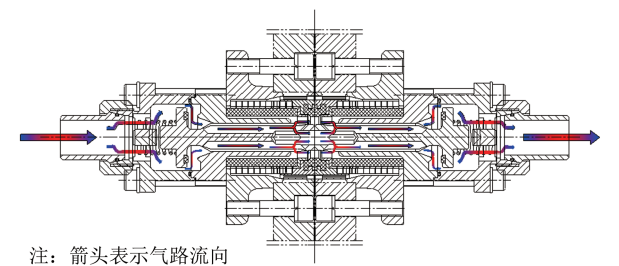


图 6 风管连接器连挂后风路示意图

3.1.3 电气车钩及推送控制系统

针对 APM 车辆要求所设计研发的电气车钩及推送控制系统,其电气车钩可在推送控制系统的作用下实现两列车电气线路的自动连挂和分离。当车钩处于非连挂状态时,电气车钩在推送控制系统的作用下,处于回缩状态,前盖关闭保持密封;当车钩处于连挂状态时,先完成机械车钩的连挂,随后推送控制系统将电气车钩向前推出,同时打开前盖,使电气车钩连挂面紧靠在一起,实现连挂。

如图 7 所示,电气车钩主要由壳体、绝缘面板、前盖、插针及插孔等接触组件组成,其中,绝缘面板包含 56 对插针插孔接触组件、12 对动态触头以及 4 组 8 芯以太网模块。非连挂状态时,配对的动触点与静触点实现短接;连挂时动触点与静触点的短接自动断开。车体端的哈丁连接器内采用了相应的 8 芯以太网模块,用于传输以太网信号。

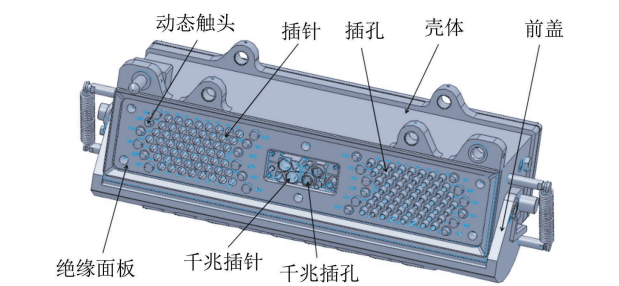


图 7 APM 车辆电气车钩示意图

推送控制系统由推送机构和控制系统构成。推送机构是电气车钩的驱动执行机构。控制系统

采用了电气控制的方式,其元器件如表 1 所示,控制原理如图 8 所示。

表 1 车钩连挂/解钩控制系统元器件列表

标记	元器件名称
1	双控 2 位 5 通电磁阀
2	单控 2 位 3 通电磁阀
3	节流阀
4	气动控制手动截止阀
5	过滤器
6	气动对中手动截止阀
S1	主轴限位开关
S2	连挂面限位开关
S3	电钩缩回反馈开关
EV1	电气车钩伸出电磁阀
EV2	电气车钩缩回电磁阀
EV3	解钩电磁阀
MRP	主风管

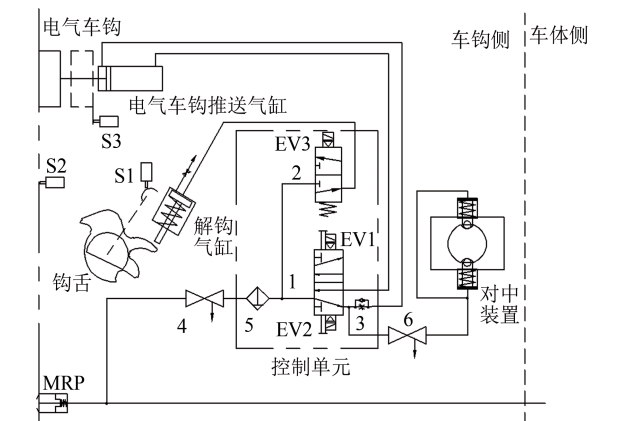


图 8 车钩连挂/解钩控制系统气路原理图

车钩连挂时,两车撞击完成机械连挂,限位开关 S1 和 S2 反馈机械车钩连挂完成信号,将连挂到位信号反馈至车辆控制端;同时给电磁阀 EV1 通电,双控 2 位 5 通电磁阀转换方向,电气车钩推出,对中气缸无气路通过,气动对中切除,从而完成自动连挂。

车钩解钩时,按下解钩按钮,连挂反馈信号立即消失,电磁阀 EV2 通电,双控 2 位 5 通电磁阀转换方向,电气车钩缩回,对中气路恢复连通,车钩对中功能恢复;同时电钩缩回到位后触发限位开关 S3 闭合,电磁阀 EV3 通电,单控 2 位 5 通电磁阀换向,解钩气缸充气;解钩气缸顶推钩舌完成解钩动作,随后可分离两车。

关闭气动控制手动截止阀,可将整个气动控制回路关闭,电气车钩伸缩动作、机械解钩动作失效,气动对中切除。保持气动控制手动截止阀

打开,只关闭气动对中手动截止阀,可只切除气动对中。

### 3.2 缓冲系统

缓冲系统主要由缓冲器壳体、缓冲器芯子、环簧等组成,如图 9 所示。钩缓装置采用拉压独立的缓冲方式,受拉时环弹簧起到缓冲作用,受压时缓冲器芯子起到缓冲作用。

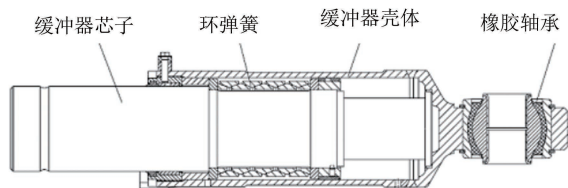


图 9 缓冲系统结构示意图

### 3.3 安装吊挂系统

安装吊挂系统主要有 3 个作用,分别是:将全自动钩缓装置连接到车体,并传递力;通过垂向支撑设施为整个钩缓装置提供垂向支撑及调节钩高的功能;通过气动对中设施使非连挂状态下的钩缓装置保持在对中位置,便于车钩的连挂。

## 4 能量吸收性能仿真分析

按照列车纵向动力学理论,可将整列车视为由钩缓装置连接的若干单自由度(纵向)质点。通过对质点系运动微分方程组的逐步求解,计算整个碰撞过程各个车位的加速度、车钩力、速度等指标,研究不同工况下钩缓装置的受力情况和能量吸收情况。

通过仿真计算得出:1 列 4 辆编组的 AW3 列车以 5 km/h 速度与另 1 列静止并处于停放制动状态的 4 辆编组 AW3 列车冲击后,最大车钩力为 223.5 kN;1 列 4 辆编组的 AW3 列车以 8 km/h 速度与另 1 列静止并处于停放制动状态的 4 辆编组 AW3 列车冲击后,最大车钩力为 315.7 kN,如图 10 所示。这 2 种工况下的最大车钩力均小于纵向压缩屈服强度 400 kN。

图 10 为 2 列列车以 8 km/h 碰撞时的分析模型和车钩最大受力断面图。其结果表明,全自动钩缓装置能够完全吸收列车低速( $v \leq 8$  km/h)碰撞过程中产生的冲击能量,满足设计要求。

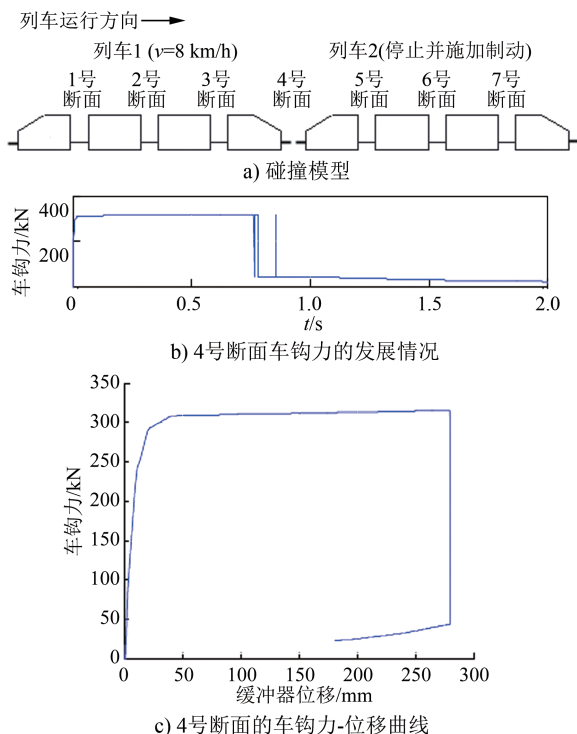


图 10 2 列车碰撞的分析模型

## 5 结语

本文根据 APM 车辆要求,设计开发了一套适用于 APM 车辆的全自动钩缓装置。介绍了该钩缓装置的连挂系统、电气车钩、推送控制系统及安装吊挂系统等核心模块的组成、工作原理及功能。通过采用列车纵向动力学仿真计算可知,全自动钩缓装置能够吸收要求的碰撞工况冲击能量,满足设计要求。

## 参考文献

- [1] 王伯铭.城市轨道交通车辆总体及转向架[M].北京:科学出版社,2013: 186.
- [2] 连苏宁.城市轨道交通车辆构造[M].北京:机械工业出版社,2010: 111.
- [3] 欧洲标准学会(EN).铁路设备-铁路车辆车体构造要求 第 1 部分:机车和客车:BS EN 12663-1—2010[S]. Brussels: The British Standard was published under the authority of the Standard Policy and Strategy Committee,2010: 16.
- [4] 美国土木工程协会.旅客捷运系统 第二部分:车辆:ANSI/ASCE/T&DI 21.2—2008[S]. Reston: American Society of Civil Engineers,2008: 31.

(收稿日期:2019-05-28)