

国产化 A 型地铁列车与铁路干线
列车制动匹配性研究

高全庆, 海邦军, 郭祥贵

(上海轨道交通设备发展有限公司 研发中心, 上海 200233)



摘 要: 针对国产化 A 型地铁车辆回送过程的特点, 将其回送功能集成在 EP2002 制动机内部, 以达到节省回送设备的目的。通过修改 EP2002 制动软件参数来实现其在制动指令、响应时间、缓解时间以及制动减速度等参数与铁路干线列车制动参数相匹配, 从而实现其通过铁路干线来回送的功能。

关键词: EP2002 制动机; 地铁列车; 制动指令; 制动速度; 干线列车; 制动匹配性

中图分类号: U260.33+.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2011)03-0052-04

作者简介: 高全庆 (1979-), 男, 工程师, 现从事城市轨道交通车辆制动系统的设计与调试工作。

Study on Brake Matching Between Domestic A-Type Metro Train
and Main Line Train

GAO Quan-qing, HAI Bang-jun, GUO Xiang-gui

(R&D Center, Shanghai Rail Traffic Equipment Development Co., Ltd., Shanghai 200233, China)

Abstract: According to returning features of domestic A-type metro vehicles, towing function was integrated into EP2002 brake to save returning equipment cost. Some parameters of brake software EP2002 was modified to match main line train, such as braking command, braking response time, braking release and time, so that the metro train could be returned through the main line.

Key words: EP2002 brake; metro train; braking command; braking speed; main line train; braking matching

0 引言

地铁列车由制造工厂所在地送到实际运营城市的运输过程叫做地铁列车的回送。地铁列车在国内的回送方式主要有 2 种: 一种是通过大型运输汽车进行回送, 另一种就是通过铁路干线进行回送。通过铁路干线回送比汽车回送方式具有经济性好的特点, 是国内城市轨道交通车辆回送的主要方式。

铁路干线回送是将地铁列车通过“过渡车”连挂在列车尾部, 绕过机械化驼峰, 在一定的速度范围内运输的。根据《铁路技术管理规程》对“关门车”的要求, 地铁列车在回送过程中需要有制动力, 而其制动系统与铁路干线列车的制动系统不同, 需要解决二者之间制动性能匹配问题。

1 2 种制动机工作原理介绍

1.1 铁路干线列车制动机

铁路干线列车采用压力控制模式的自动制动机。

制动指令一般由机车制动机发出, 司机操纵手柄产生一定的列车管减压量, 空气压力信号通过列车管逐车传递, 各车辆制动机根据减压量产生相应的制动力, 如图 1 所示。

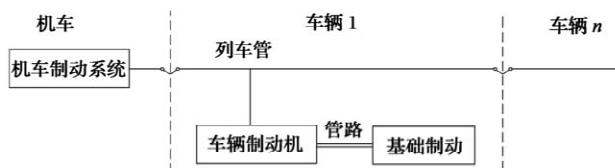


图 1 铁路干线列车自动制动机简图

制动缸压力随减压量的变化趋势如图 2 所示。当列车管的减压量按照一定的速率达到一定值时, 制动缸的压力开始上升; 当列车管的减压量保持不变时, 制动缸的压力亦保持恒定; 当列车管的减压量达到最大有效减压量时, 制动缸的压力达到最大制动压力; 当列车管的减压量大于最大有效减压量时, 制动缸的压力仍然是最大制动压力; 当列车管按照一定的速率开始增压到一定值时, 制动缸则必须缓解。

收稿日期: 2010-08-03; 收修改稿日期: 2011-03-05

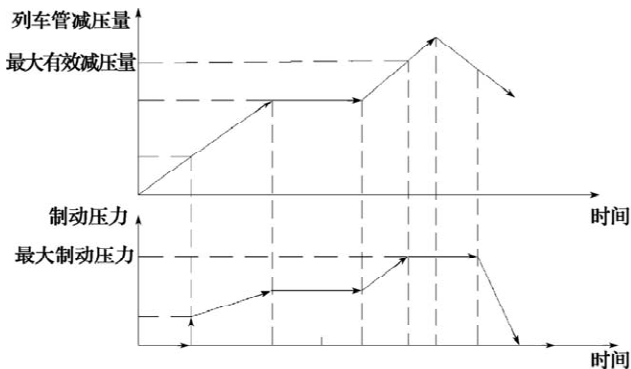


图 2 铁路干线列车自动制动机特性

1.2 EP2002 制动机

EP2002 制动机有 2 个核心产品：一个为 EP2002·智能阀，该阀能够通过 CAN 总线接收制动需求，并产生相应的制动力；另一个为 EP2002·网关阀，该阀除了具有 EP2002·智能阀的所有功能外还提供与列车管理系统之间的接口和执行制动管理功能。图 3 显示了国产化 A 型地铁列车一个单元的制动系统结构，当一个 EP2002·网关阀故障后，另一个 EP2002·网关阀将取代故障阀而起到制动管理作用。



图 3 EP2002 制动系统结构

国产化 A 型地铁列车 EP2002 制动机的调速和停车采用减速度控制模式，即制动需求指令和减速度的大小是成比例的，具有常用制动和紧急制动功能。常用制动一般优先采用网络信号，当网络故障时，激活备用模式列车线，采用硬线传输制动指令和 PWM（脉宽调制）指令。紧急制动是通过列车安全环线控制来实现的，基于“故障导向安全”原则，采用环线失电实施紧急制动。回送时，激活回送模式列车线，EP2002 制动机则采集列车管减压量指令经过处理后作为制动指令而不采集网络或者硬线制动指令，控制功能如图 4 所示。

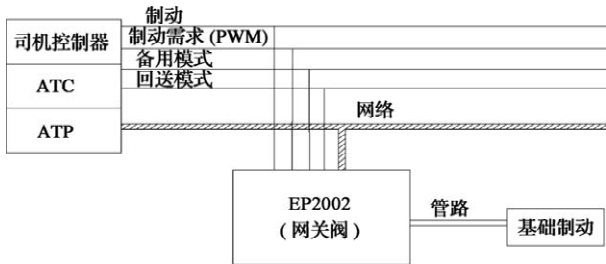


图 4 EP2002 制动机简图

2 制动匹配研究

由前述介绍可以看出，2 种制动机的控制方式不

同，因此如果通过铁路干线列车进行回送国产化 A 型地铁列车，EP2002 制动机则必须能够识别铁路干线自动制动机的制动指令，并在制动响应时间、制动缓解时间和制动减速度的控制上与铁路干线列车匹配。

2.1 制动指令的识别

铁路干线列车的制动作用是由列车管的减压速率和减压量共同决定的，图 5 为列车管减压速率关系图。紧急制动时，列车管减压速率应该大于 70 kPa/s；常用制动时，列车管最小减压量为 60 kPa，减压速率在 10~40 kPa/s 之间。当列车管减压速率不大于 60 kPa/min，制动机不产生制动作用。

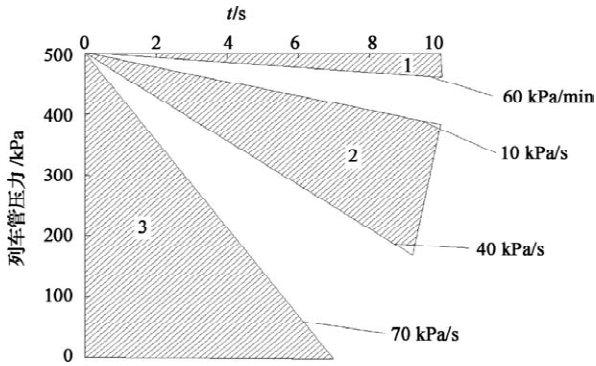


图 5 列车管减压速率关系图

1 —— 不发生制动作用区域；2 —— 常用制动作用区域；3 —— 紧急制动作用区域

由图 6 可以看出，为了使地铁车辆识别铁路干线列车的制动指令，铁路干线列车的列车管连接到地铁的 EP2002 制动机的气路接口上。回送时，激活回送模式列车线，EP2002 制动机将禁止保持制动功能并且根据列车管的减压速率和减压量来识别铁路干线列车的制动指令，根据该制动指令来施加与铁路干线列车匹配的减速度的制动力。

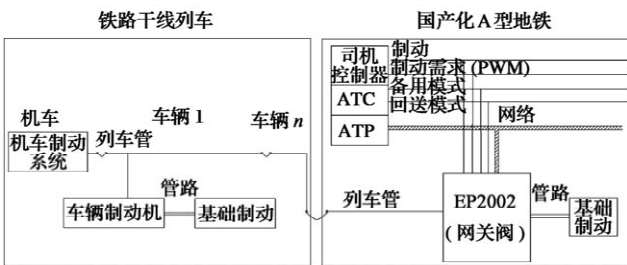


图 6 国产化 A 型地铁列车的回送原理

2.2 响应时间的匹配

根据标准 TB/T 2420—93，并结合不同铁路干线列车所用的不同制动机特性，现按制动响应时间和缓解响应时间的参数进行选取：常用制动时，制动缸压力升至最大压力 90% 的时间为 6~9 s，缓解时，制动缸压力降至最大压力的 10% 的时间为 5~9 s；紧急制动时，制动缸压力升至最大压力 90% 的时间为 4~6 s，缓解时，制动缸压力降至最大压力的 10% 的时间为 4 s。

2.3 制动减速度的匹配

铁路干线列车分为货运列车和客运列车。货运列

车列车管的定压为 5 bar ,最大有效减压量为 140 kPa ;客运列车列车管的定压为 6 bar ,最大有效减压量为 170 kPa。

2.3.1 与货运列车制动减速度的匹配

根据《铁路技术管理规程》规定:最高运行速度 90 km/h 的货物列车,紧急制动距离限值为 800 m;最高运行速度 120 km/h 的货物列车,紧急制动距离限值为 1 400 m。通过计算得出相应最高运行速度的铁路干线货运列车紧急制动减速度分别为 0.391 m/s^2 和 0.397 m/s^2 。考虑到国产化 A 型地铁列车联挂在铁路货运列车的尾部,为了减小制动时的冲击和保证安全,国产化 A 型地铁车辆的制动减速度取值较铁路干线货运列车略大,设定为 0.5 m/s^2 。根据 EP2002 制动机的 PWM 接收装置满足的制动有效信号占空比调制范围为 10% ~ 45% 以及 EP2002 制动机的最大常用平均减速度为 1 m/s^2 ,设定国产化 A 型地铁列车回送模式下 EP2002 制动机制动指令与铁路干线列车列车管减压量的对应关系如图 7 所示,EP2002 制动机制动力与制动指令的对应关系如图 8 所示。

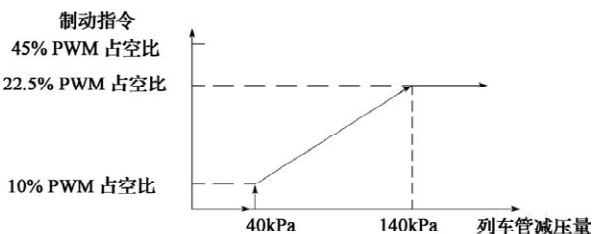


图 7 EP2002 制动机制动指令与列车管减压量对应关系

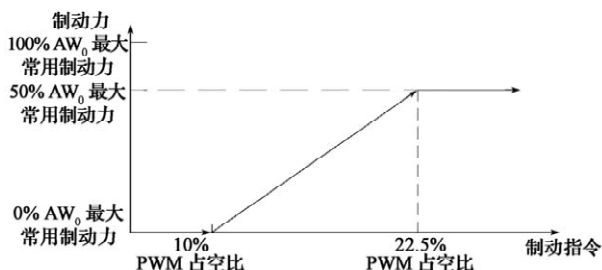


图 8 EP2002 制动机制动力与制动指令的对应关系

2.3.2 与铁路客运列车制动减速度的匹配

根据《铁路技术管理规程》规定:最高运行速度 120 km/h 的客运列车,紧急制动距离限值为 800 m;通过计算得出最高运行速度的铁路干线客运列车紧急制动减速度为 0.694 m/s^2 。国产化 A 型地铁列车在回送过程中设定其紧急制动减速度为 0.7 m/s^2 。根据 EP2002 制动机的 PWM 接收装置满足的制动有效信号占空比调制范围为 10% ~ 45% 以及 EP2002 制动机的最大常用平均减速度为 1 m/s^2 ,设定国产化 A 型地铁回送模式下 EP2002 制动机制动指令与铁路干线列车列车管减压量的对应关系如图 9 所示,EP2002 制动机制动力与制动指令的对应关系如图 10 所示。

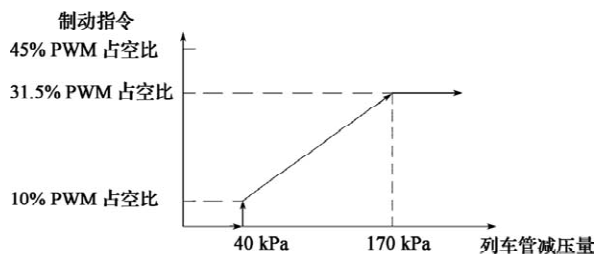


图 9 EP2002 制动机制动指令与列车管减压量对应关系图

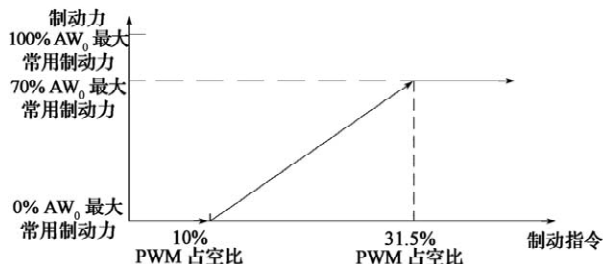


图 10 EP2002 制动机制动力与制动指令的对应关系

2.4 EP2002 制动机回送功能

当 EP2002 制动机检测到列车管最大压力为 5 bar 时,根据图 7 和图 8 所示的关系来施加制动力;当检测到列车管的最大压力为 6 bar 时,根据图 9 和图 10 所示的关系来施加制动力。当列车管的增加量达到 40 kPa 时,地铁列车应一次性完全缓解。

3 与地铁列车传统制动机回送原理的比较

传统制动机回送原理如图 11 所示。采用传统制动机的地铁列车的回送一般将回送装置通过网络或者硬线与对应的网络或者硬线相连,该回送装置通过压力传感器将列车管内的空气压力信号转化为电压信号,然后通过装置内的模式匹配微机微处理器对该信号进行计算和处理,转变成对应不同制动指令的制动指令编码信号输出至需回送的地铁车辆。

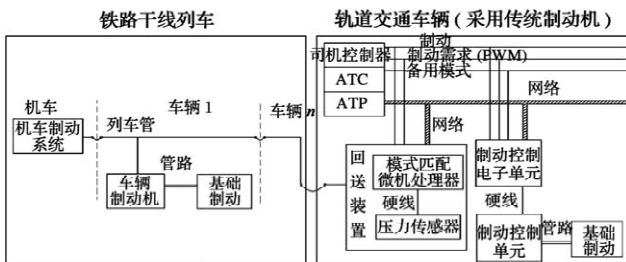


图 11 地铁列车传统制动机回送原理

通过比较可以看出,国产化 A 型地铁列车的回送是通过回送模式列车线来激活 EP2002 制动机的回送功能。而采用传统制动机的地铁列车在回送时需要采用单独的回送装置来识别铁路干线列车的制动指令,并将该指令转换为与铁路干线列车等减速度的指令信号传输给需要回送的地铁车辆。

4 结语

国产化 A 型地铁列车将回送功能集成在 EP2002 制

动机内部，相对传统城市轨道交通车辆的回送只增加了一根贯穿列车的回送模式列车线和列车管路而节省了一个回送装置，节省了回送费用。

根据对国产化 A 型地铁列车 EP2002 直通制动机与铁路干线列车自动制动机的制动指令、制动响应时间、制动缓解时间以及制动减速度的研究，只需通过修改国产化 A 型地铁列车 EP2002 制动软件参数就可实现其在制动性能上与铁路干线列车制动的匹配，从而实现

国产化 A 型地铁列车通过铁路干线来回送的功能。

参考文献：

[1] 伞宇春.地铁车辆的编组回送[J] 铁道车辆 ,2002 ,10(10) : 19-21.

[2] 胡跃文,段继超,彭海清.城市轨道交通车辆与铁路干线车辆制动适应性研究[J] 城市轨道交通研究 ,2009 ,12(11) : 30-33.

(上接第 51 页) 此外，当乘客触碰到屏蔽门结构时，轨道与车站地 (U_{TS}) 之间的电势差也可能伤害乘客。

图 9 表示了为避免乘客触电，所必需的元件及其参数。

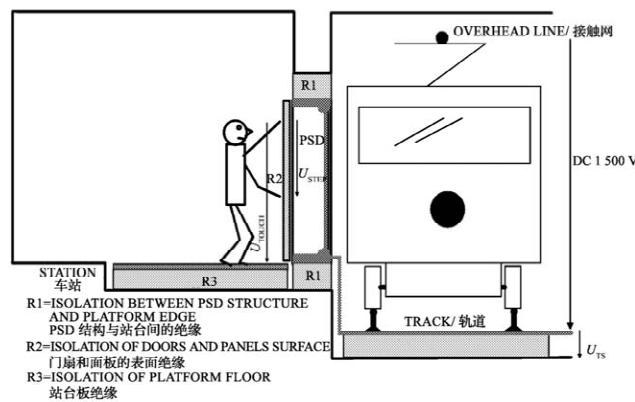


图 9 考虑接触网事故而备的元件

- 1)绝缘分类
- 绝缘系统的绝缘类型主要可以分以下 3 类：
- 屏蔽门结构与站台边缘(车站地)之间的绝缘；
 - 门扇及面板表面的绝缘；
 - 站台板绝缘。
- 2)绝缘系统的元件设计
- 为了达到设计的要求，在设计的过程中，必须对以下设计关键点进行控制：
- 假设每侧站台上的顶箱数量不超过 40 个，在 DC 500 V 测试下单个顶箱单元(大约 4.5 m)与站台结构

之间的额定绝缘阻值不应小于 20 MΩ。精确计算待先确定绝缘点数量后进行。

滑动门与相邻的端门单元之间的绝缘阻值至少应为 2 MΩ。

在 DC 500 V 测试下单侧站台屏蔽门系统与站台结构之间的额定绝缘阻值不应小于 500 kΩ。

此外，顶箱和门扇的可接触表面需设绝缘涂层。在 DC 500 V 电压下，1 m 距离内两点间阻值至少应为 100 kΩ。

站台板绝缘带阻值大约为 10 kΩ(非屏蔽门专业工作范围)。

由于屏蔽门项目间的差异性，具体绝缘系统所采用的绝缘件需要按照各项目的设计要求完成，这里不做具体介绍。

4 结语

本文围绕了地铁屏蔽门等电位及绝缘系统的技术要求、功能性及设计 3 个方面进行了详细描述与研究，并展示了一套切实可行的技术解决方案，充分说明了地铁屏蔽系统的安全性、可靠性。

参考文献：

[1] 陈韶章.地下铁道站台屏蔽门系统[M] 北京：科学出版社,2005.

[2] GB 50490—2009 ,城市轨道交通技术规范[S]