

# 团 体 标 准

T/CAMET XXXXX—XXXX

## 城市轨道交通电动客车牵引系统 第 8 部分：牵引电传动系统

Traction system of electric vehicle for urban rail transit—  
Part 8: Traction electric driving system

（征求意见稿）

（本稿完成时间：2022 年 11 月）

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国城市轨道交通协会 发布



## 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 使用条件 .....	2
4.1 环境条件 .....	2
4.2 供电条件 .....	2
4.3 特殊条件 .....	3
5 系统构成 .....	3
6 技术要求 .....	3
6.1 一般要求 .....	3
6.2 性能要求 .....	4
6.3 特性曲线 .....	6
6.4 系统保护 .....	7
7 检验要求 .....	8
7.1 总则 .....	8
7.2 检验分类 .....	8
7.3 检验项目及检验方法 .....	8
8 标志、包装、运输和贮存 .....	8
8.1 标志 .....	9
8.2 包装 .....	9
8.3 运输和贮存 .....	9
附录 A（资料性） 车辆牵引/电制动特性曲线示例 .....	10
附录 B（资料性） 牵引电机特性曲线示例 .....	11
参考文献 .....	13

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

T/CAMET 04002《城市轨道交通电动客车牵引系统》已发布5个部分：

- 第1部分：牵引逆变器技术规范；
- 第2部分：辅助变流器技术规范；
- 第3部分：充电机技术规范；
- 第4部分：异步牵引电动机技术规范；
- 第5部分：牵引系统组合试验方法；

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会牵引电气设备与系统分技术委员会提出。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中车株洲电力机车研究所有限公司、南京地铁建设有限责任公司、上海申通地铁集团有限公司、重庆市轨道交通(集团)有限公司、南宁轨道交通集团有限责任公司、福州地铁集团有限公司、中车株洲电力机车有限公司、中车南京浦镇车辆有限公司、北京鉴衡认证中心有限公司、中铁检验认证中心有限公司、中铁检验认证株洲牵引电气设备检验站有限公司。

本文件主要起草人：陈文光、刘雄、王龙、张超、瞿海平、韦苏来、何玉琴、周炯、文登、吴晶、罗志骁、周根华、吴桂林、丁朝奉、王亚龙、李会南、姜伟、黄永刚、蔡万银、鲁秀龙。

# 引 言

城市轨道交通电动客车牵引系统主要包括牵引电传动系统和辅助供电系统两部分。其中，牵引电传动系统一般由高压电器、牵引逆变器、牵引控制单元、牵引电机、制动电阻或过压吸收电阻等构成，辅助供电系统一般由辅助变流器、充电机、紧急通风逆变器、蓄电池组、配电网等构成。牵引电传动系统主要为列车提供牵引动力和电制动力，实现列车的牵引和电制动运行。辅助供电系统主要为列车的交流负载和直流负载供电，实现列车的辅助用电电源的供给。牵引系统性能的优劣直接影响列车的正常运行。

T/CAMET 04002《城市轨道交通电动客车牵引系统》拟由以下十个部分组成。

- 第1部分：牵引逆变器技术规范。目的在于规定城市轨道交通车辆牵引逆变器的使用条件、技术要求、试验方法、试验规则、标识、包装、运输和贮存，为其设计、制造、检验、试验和认证提供依据。
- 第2部分：辅助变流器技术规范。目的在于规定城市轨道交通车辆辅助变流器的使用条件、技术要求、试验方法、试验规则、标志、包装、运输和贮存，为其设计、制造、检验、试验和认证提供依据。
- 第3部分：充电机技术规范。目的在于规定城市轨道交通车辆独立的具有完整功能的充电机的使用条件、技术要求、试验方法、试验规则、标志、包装、运输和贮存，为其设计、制造、检验、试验和认证提供依据。
- 第4部分：异步牵引电动机技术规范。目的在于规定城市轨道交通车辆异步牵引电动机的使用条件、技术要求、试验方法、试验规则、标志、包装、运输和贮存，为其设计、制造、检验、试验和认证提供依据。
- 第5部分：牵引系统组合试验方法。目的在于规定城市轨道交通车辆牵引系统组合试验的试验方法、试验规则，为其认证提供依据。
- 第6部分：辅助供电系统。目的在于规定城市轨道交通车辆辅助供电系统的使用条件、系统组成、技术要求、检验方法和检验规则，为其设计、制造、检验和认证提供依据。
- 第7部分：电传动系统组装后投入使用前的试验。目的在于规定电传动系统组装后投入使用前的试验，包括检验规则和检验方法。
- 第8部分：牵引电传动系统。目的在于规定城市轨道交通车辆牵引电传动系统的使用条件、系统构成、技术要求、检验要求、标志、包装、运输和贮存，为其设计、制造、检验和认证提供依据。
- 第9部分：制动电阻和过压吸收电阻。目的在于规定城市轨道交通车辆制动电阻和过压吸收电阻的使用条件、技术参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存，为其设计、制造、检验、试验和认证提供依据。
- 第10部分：永磁同步电机。目的在于规定城市轨道交通车辆永磁同步电机的使用条件、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存，为其设计、制造、检验、试验和认证提供依据。



# 城市轨道交通电动客车牵引系统 第8部分：牵引电传动系统

## 1 范围

本文件规定了城市轨道交通电动客车牵引电传动系统的使用条件、系统构成、技术要求、检验要求、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于采用交流牵引旋转电机（包括但不限于异步牵引电机、永磁同步电机）驱动的城市轨道交通电动客车牵引电传动系统（以下简称“牵引电传动系统”）的设计、制造和检验，其他类型车辆的牵引电传动系统可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T 2900.33 电工术语 电力电子技术
- GB/T 2900.36 电工术语 电力牵引
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 7928 地铁车辆通用技术条件
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 21413.1—2018 轨道交通 机车车辆电气设备 第1部分：一般适用条件和通用规则
- GB/T 21413.2 轨道交通 机车车辆电气设备 第2部分：电工器件 通用规则
- GB/T 21413.3 铁路应用 机车车辆电气设备 第3部分：电工器件 直流断路器规则
- GB/T 21413.5 铁路应用 机车车辆电气设备 第5部分：电工器件 高压熔断器规则
- GB/T 21414 轨道交通 机车车辆 电气隐患防护的规定
- GB/T 21562 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例
- GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验
- GB/T 23431 城市轻轨交通较接车辆通用技术条件
- GB/T 24338.3 轨道交通 电磁兼容 第3-1部分：机车车辆 列车和整车
- GB/T 24338.4 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分：机车车辆 设备
- GB/T 25119 轨道交通 机车车辆电子装置
- GB/T 25120 轨道交通 机车车辆牵引变压器和电抗器
- GB/T 25122.1 轨道交通 机车车辆用电力变流器 第1部分：特性和试验方法
- GB/T 25123.2 电力牵引 轨道机车车辆和公路车辆用旋转电机 第2部分：电子变流器供电的交流电动机
- GB/T 25123.4 电力牵引 轨道机车车辆和公路车辆用旋转电机 第4部分：与电子变流器相连的永磁同步电机
- GB/T 28029（所有部分） 轨道交通电子设备 列车通信网络（TCN）
- GB/T 32347.1—2015 轨道交通 设备环境条件 第1部分：机车车辆设备
- GB/T 32577 轨道交通有人环境中电子和电气设备产生的磁场强度测量方法
- CJ/T 417 低地板有轨电车车辆通用技术条件

TB/T 1484.1 机车车辆电缆 第1部分:额定电压3kV及以下标准壁厚绝缘电缆

TB/T 1484.3 机车车辆电缆 第3部分:通信电缆

TB/T 3213 高原机车车辆电工电子产品通用技术条件

T/CAMET 04002.1 城市轨道交通电动客车牵引系统 第1部分:牵引逆变器技术规范

T/CAMET 04002.2 城市轨道交通电动客车牵引系统 第2部分:辅助变流器技术规范

T/CAMET 04002.3 城市轨道交通电动客车牵引系统 第3部分:充电机技术规范

T/CAMET 04002.5 城市轨道交通电动客车牵引系统 第5部分:牵引系统组合试验方法

T/CAMET 04002.7 城市轨道交通电动客车牵引系统 第7部分:电传动系统装车后投入使用前的检验

T/CAMET 04002.9 城市轨道交通电动客车牵引系统 第9部分:制动电阻和过压吸收电阻

IEC 62848-1 轨道交通直流避雷器和限压装置 第1部分:无间隙金属氧化物避雷器(Railway applications—DC surge arresters and voltage limiting devices—Part 1: Metal-oxide surge arresters without gaps)

### 3 术语和定义

GB/T 2900.33、GB/T 2900.36、GB/T 21413.1—2018、GB/T 25122.1、GB/T 25123.2界定的术语和定义适用于本文件。

### 4 使用条件

#### 4.1 环境条件

在以下环境条件下应能正常工作:

- a) 海拔不超过1400m。在更高的海拔使用时,应考虑介电强度降低和空气冷却效果并符合TB/T 3213的规定;
- b) GB/T 32347.1—2015规定的T3级工作环境温度,范围为-25℃~+45℃,并能在-40℃环境下存放,基准温度宜选择TR2级(25℃);
- c) GB/T 21563规定的冲击和振动条件;
- d) 月平均最大相对湿度不大于95%(该月月平均最低温度为25℃);
- e) GB/T 32347.1—2015中4.5~4.11规定的风、沙、雨、雪、雾、冰、雷以及其他化学、生物活性物、机械、污染物的侵蚀及污染,污染等级根据设备的不同位置,应符合GB/T 21413.1—2018中8.9的规定。

#### 4.2 供电条件

##### 4.2.1 高压供电方式

高压供电方式主要有以下三种:

- a) 通过受电弓从接触网供电或通过受流器从接触轨供电;
- b) 车载储能系统供电;
- c) a)和b)的混合供电。

##### 4.2.2 高压供电电压

高压供电电压要求如下:

- a) 标称电压:DC 1500V或DC 750V,电压特性符合GB/T 32347.1—2015中4.14的规定;



- b) 车载储能系统供电电压：标称电压及其容许的极限工作电压由车载储能系统的集成方案确定，不宜高于 4.2.2a) 规定的电压。

#### 4.2.3 控制电源供电方式

控制电源由辅助电源和/或蓄电池供电。

#### 4.2.4 控制电源供电电压

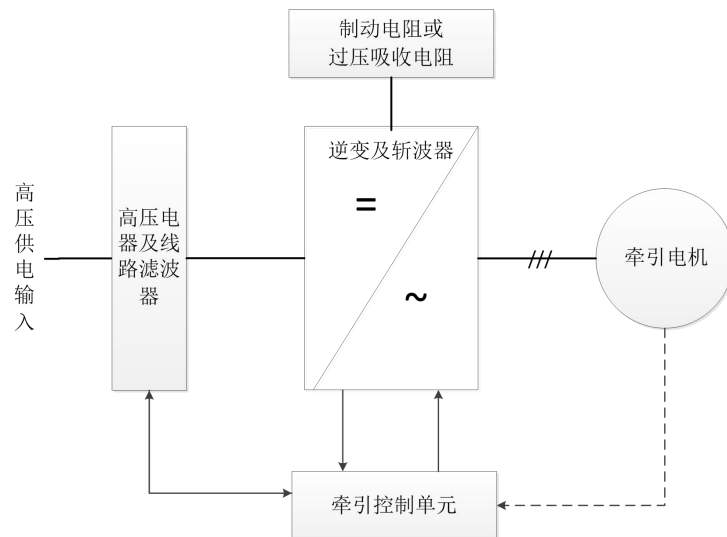
控制电源的标称电压宜为DC 110V或DC 24V，电压特性应符合GB/T 25119的规定。

#### 4.3 特殊条件

当工作条件与4.1和4.2的规定有差别时，由供需双方协商确定。

### 5 系统构成

牵引电传动系统主要由牵引电机、逆变及斩波器、牵引控制单元、高压电器及线路滤波器、制动电阻或过压吸收电阻等构成。其构成示意图1。



注：逆变及斩波器、牵引控制单元和/或部分高压电器及线路滤波器等可组成牵引变流器。

图1 牵引电传动系统构成示意图

### 6 技术要求

#### 6.1 一般要求

6.1.1 牵引电传动系统为车辆的子系统，应符合 GB/T 7928、CJ/T 417 或 GB/T 23431 等车辆通用技术条件的相关规定。

6.1.2 应采用变频调压的交流电传动系统，具有牵引/电制动功能，在正常或规定的使用条件下，应能正常工作在其额定或给定工况。

6.1.3 应能进行牵引及电制动顺序逻辑控制、转矩特性输出控制等，驱动电机获得所需的牵引/电制动转矩，实现列车牵引及电制动运行。

- 6.1.4 应具有系统监测、故障诊断、保护功能，并与相关系统协调配合，应具有故障显示、故障复位或隔离功能。
- 6.1.5 应具有网络通信、状态及故障记录功能，能接受通过车辆通信网络及硬线传输的控制指令，能进行运行状态、故障信息的存储及上传。
- 6.1.6 当与空气制动或液压制动等制动系统配合时，应优先采用电制动，电制动应优先使用再生制动。
- 6.1.7 应具备硬线紧急牵引功能。
- 6.1.8 可具备车载储能装置应急牵引功能。
- 6.1.9 应充分利用轮轨粘着条件，能按照车辆载荷自动调整牵引力或电制动力的大小，并应具有粘着控制功能。
- 6.1.10 牵引电传动系统部件选型及参数设置应与线路及车辆段的供电参数匹配。
- 6.1.11 宜具有轻微电制动功能，在列车过无电区供电电压短暂丢失等情况下能使直流侧电压稳定。
- 6.1.12 应采取措施避免牵引电传动系统运行时对电机轴承造成电腐蚀，牵引电传动系统的接地、回流连接电路应使电机及各设备接地回路低感和接触良好。
- 6.1.13 应按照 GB/T 21562 的规定进行 RAMS 分析和管理的。

## 6.2 性能要求

- 6.2.1 牵引电传动系统的牵引力—速度特性和电制动力—速度特性应能满足车辆技术条件规定的列车动力性能及电制动能力要求（如最高运行速度、加速度、电制动减速度、旅行速度、技术速度等）及故障运行、救援能力的要求。
- 6.2.2 牵引电传动系统性能及容量应进行线路仿真计算和试验，满足用户指定线路的运营要求。
- 6.2.3 牵引电传动系统应能在列车零速下发挥最大起动牵引力，并应能满足坡道起动和后溜检测的要求。
- 6.2.4 牵引电传动系统在调节牵引力或电制动力大小及进行牵引—电制动转换时，应具有防冲击控制功能，满足车辆冲击限值要求。
- 6.2.5 牵引电传动系统应能在规定的供电电压范围内正常工作，应能根据供电电压调节和控制系统输出特性，应能根据线路供电/吸收能力来调节和/或限制系统的功率，使系统功率与线路供电能力相匹配。
- 6.2.6 牵引电传动系统的控制电源在规定范围内发生变化时，均能正常工作而不受任何系统干扰或无故障迹象。当控制电源中断时，系统能正常脱离工作状态，而无任何故障或功能紊乱。当控制电源重新恢复时，系统能重新按照正常的顺序启动。
- 6.2.7 牵引变流器应符合 T/CAMET 04002.1 的规定，牵引控制单元应符合 GB/T 25119 的规定，高压电器应符合 GB/T 21413.1—2018、GB/T 21413.2、GB/T 21413.3、GB/T 21413.5 的规定，制动电阻或过压吸收电阻应符合 T/CAMET 04002.9 的规定，线路滤波电抗器应符合 GB/T 25120 的规定，异步牵引电机应符合 T/CAMET 04002.4 的规定，永磁同步电机应符合 GB/T 25123.4 的规定。
- 6.2.8 当采用永磁同步电机时，应考虑永磁同步电机的感应电压与系统的匹配和对系统的影响。
- 6.2.9 主电路应设避雷装置，避雷装置的保护值应与相关参数相匹配。接触网受电列车的避雷装置宜安装在车顶受电弓附近。避雷装置应符合 IEC 62848-1 的规定。
- 6.2.10 通信网络应符合 GB/T 28029（所有部分）的规定。
- 6.2.11 各设备的非金属结构材料、零部件应采用阻燃或低烟、无卤、无毒材料，防火应满足 EN 45545 的规定。
- 6.2.12 各设备使用的电缆联结导线应采用多股铜芯电缆，其规格及结构、物理机械性能、电气性能、阻燃性能均应符合 TB/T 1484.1 的规定，电缆所用材料在燃烧和热分解时不应产生有害和危险的烟气；通信电缆的规格及结构、物理机械性能、电气性能、垂直燃烧性能及卤素含量均应符合 TB/T 1484.3 的规定，使用的光缆应符合产品技术条件要求。

- 6.2.13 车体外安装的需要防尘和防水的电气设备箱的防护等级不应低于 GB/T 4208 中规定的 IP54 的要求。
- 6.2.14 当多台牵引电机由一个牵引变流器并联供电时，其额定功率的设计应考虑轮径差与牵引电机特性差异引起的负荷分配不均以及轴重转移的影响。
- 6.2.15 制动电阻根据车辆技术条件的规定进行设置，其容量应根据车辆技术条件的需求具有全部或部分满足吸收系统电制动能量的能力。电制动时，根据直流侧电网和/或车载储能系统吸收能力，牵引电传动系统能进行再生制动和电阻制动的混合制动以及平稳地进行转换。不设置制动电阻时可根据系统需要设置过压吸收电阻。
- 6.2.16 高压电气设备应具有人身安全防护措施和警示标识。各设备应具有可靠的保护性接地措施，具有储能元件的电路中储能元件所储存的能量能通过固定放电电阻或其他特定设备进行释放。在规定的时间内，电压应降低到规定的安全电压以下，以保证检修人员的人身安全。电气隐患防范措施应符合 GB/T 21414 的规定。
- 6.2.17 各设备能承受 GB/T 21563 规定的冲击和振动而无损坏和失效。
- 6.2.18 各设备器件的温升应符合 GB/T 21413.1—2018 的规定。
- 6.2.19 设备及其部件的介电强度性能应符合 GB/T 21413.1—2018 的规定。
- 6.2.20 系统及各部件的电磁兼容性应符合 GB/T 24338.3 及 GB/T 24338.4 的限值规定，满足车辆及线路运营要求。
- 6.2.21 系统及各部件应满足车辆的静磁场及低频交变磁场的综合要求，车辆的静磁场及低频交变磁场的测量方法应按 GB/T 32577 的规定执行。
- 6.2.22 系统的输入电流谐波大小应使车辆在所有运行条件下，在电网和轨道电路中产生的干扰不应超过允许值，以避免影响车载和轨旁的列车自动控制（ATC）设备以及通信设备正常工作。具体限值应根据轨道电路类型确定，部分轨道电路的干扰电流限值可参考 GB/T 28807.2—2017 中的附录 A。
- 6.2.23 系统各设备的噪声水平应满足整车对各设备的噪声水平要求。
- 6.2.24 在定员情况、平直干燥轨道、车轮为半磨耗状态及额定供电电压时，牵引加速性能要求如下：
- 动拖比为2:1、3:1和1:1时，应满足表1的要求；
  - 其他动拖比时，由供需双方协商确定。

表1 不同动拖比下的牵引加速性能

最高运行速度 km/h	动拖比	起加加速度 $m/s^2$	平均加速度 $m/s^2$
80	2:1	$\geq 1.0$ (0 km/h~40 km/h时)	$\geq 0.6$ (0 km/h~80 km/h时)
	3:1	$\geq 1.0$ (0 km/h~40 km/h时)	$\geq 0.6$ (0 km/h~80 km/h时)
	1:1	$\geq 0.83$ (0 km/h~40 km/h时)	$\geq 0.5$ (0 km/h~80 km/h时)
100	2:1	$\geq 1.0$ (0 km/h~40 km/h时)	$\geq 0.55$ (0 km/h~100 km/h时)
	3:1	$\geq 1.0$ (0 km/h~40 km/h时)	$\geq 0.6$ (0 km/h~100 km/h时)
120	2:1	$\geq 0.9$ (0 km/h~50 km/h时)	$\geq 0.5$ (0 km/h~120 km/h时)
	3:1	$\geq 0.9$ (0 km/h~50 km/h时)	$\geq 0.5$ (0 km/h~120 km/h时)

- 6.2.25 在定员情况、在平直干燥轨道上，车轮为半磨耗状态，网压 DC825 V（DC750 V 系统）/DC1650 V（DC1500 V 系统）条件下，电制动减速性能要求如下：
- 动拖比不小于2:1时，应满足表2的要求；
  - 动拖比小于2:1时（如动拖比1:1）时，平均减速度不应小于 $1.0 m/s^2$  (60 km/h~转换点时)，转换点速度不宜高于6 km/h；
  - 电制动时的粘着系数不宜超过0.16。

表 2 电制动减速性能

最高运行速度 km/h	平均减速度 m/s <sup>2</sup>
80	≥1.0 (80 km/h~转换点 <sup>a</sup> 时)
100	≥1.0 (80 km/h~转换点 <sup>a</sup> 时)
120	≥1.0 (90 km/h~转换点 <sup>a</sup> 时)
<sup>a</sup> 转换点速度不宜高于 6 km/h。	

6.2.26 列车在故障状态下的运行能力要求如下：

a) 动拖比2:1时：

- 1) 列车在超员状态下，当损失 1/4 牵引动力时，列车应能在正线最大坡道上起动，并能以正常运行方式运行到线路终点，退出运营；
- 2) 列车在超员状态下，当损失 1/2 牵引动力时，列车应能在正线最大坡道上起动，并能以降级模式运行至下一站，清客后自行返回车辆段，退出运营；
- 3) 列车在空车状态下，当损失 1/2 牵引动力时，列车应能在线路最大坡道上起动，并返回车辆段。

b) 其它动拖比或其它特殊要求时，可参考动拖比2:1时的要求或由供需双方协商确定。

6.2.27 列车的坡道救援能力要求如下：

- a) 一列空载列车救援一列相同编组的无动力超员载荷列车，应具有在正线最大坡道上起动并推送至坡顶和运行至下一站的能力；
- b) 一列空载列车救援一列相同编组的无动力空载列车，应具有在线路最大坡道上起动并推送至坡顶和运行至车辆段的能力。

### 6.3 特性曲线

#### 6.3.1 牵引/电制动特性曲线

牵引/电制动特性曲线用列车轮周牵引力/电制动力和列车速度来表示，是牵引电传动系统的基本特性和应满足的前提条件。

特性设计应充分考虑列车的基本参数、编组型式、动力性能要求、冲击率限制、牵引电传动系统部件容量、允许的轮轨粘着、供电电压变化的影响、功率限制、使用线路正常和故障运行、救援能力等诸多因素。城市轨道交通车辆典型的牵引/电制动特性曲线示例见附录A。

典型的牵引/电制动特性具有恒转矩段、恒功率段和/或自然特性段，根据供电电压的下降或上升，特性曲线的各拐点基于规定的供电电压特性曲线一般与供电电压成正比下降或上升。

#### 6.3.2 牵引电机特性曲线

牵引电机特性曲线基于牵引电传动系统牵引/电制动特性而设计，通过传动比、轮径和传动效率而计算确定的电机转矩对转速曲线为基本特性曲线，其设计生成的曲线（基波值）为：电机电压、电流、效率、功率因数、基波频率、输出功率等对电机转速曲线。这些特性曲线应在电机定子绕组的基准温度（150℃）下来绘制。牵引电机牵引特性曲线示例见附录B，其中典型的异步牵引电机牵引/电制动特性曲线示例见图B.1和图B.2，典型的永磁同步电机牵引/电制动特性曲线示例见图B.3和图B.4。

牵引电机特性曲线应在牵引电机的产品技术规格书中规定。

## 6.4 系统保护

### 6.4.1 总体要求

牵引电传动系统应具有完善的保护功能，由牵引控制单元、保护装置或器件及有需要时与网络控制系统配合来实现，各种保护的整定值、作用时间、动作程序应正确无误。当故障发生时能及时触发保护动作或控制策略，以避免设备损坏或故障范围扩大。设备能承受故障发生至保护装置起作用期间过载的冲击。可根据故障严重程度对牵引电传动系统进行分级保护。

不同的牵引电传动系统，所选择的保护项目可存在差异，当采用永磁同步电机时，应考虑永磁同步电机的感应电压对牵引系统的影响。具体保护功能至少包括但不限于6.4.2~6.4.14规定的功能，其他保护功能由供需双方协商确定。

### 6.4.2 过流保护

牵引电传动系统应具有直流输入过流、制动电阻或过压吸收电阻斩波过流、牵引变流器输出过流等保护。直流输入过流的相关保护参数还应与牵引变电站的保护参数相协调。

### 6.4.3 过压保护

牵引电传动系统应具有输入回路过压、牵引变流器中间电压过压等保护。

### 6.4.4 欠压保护

牵引电传动系统应具有输入回路欠压、牵引变流器中间电压欠压等保护。

### 6.4.5 短路保护

牵引电传动系统应具有输入回路短路、输出短路等保护。

### 6.4.6 接地保护

牵引电传动系统应具有输入回路接地、牵引变流器接地和牵引电机接地等保护。

### 6.4.7 过热保护

牵引电传动系统应具有牵引变流器过热、制动电阻过热、牵引电机过热等保护。

### 6.4.8 超速保护

牵引电传动系统应具有牵引电机的超速保护。

### 6.4.9 转速信号/位置信号异常保护

如有转速信号（异步牵引电机）/位置信号（永磁同步电机），牵引电传动系统应具有牵引电机转速信号/位置信号出现异常的保护。

### 6.4.10 冷却系统故障保护

如有冷却系统（如冷却风机、水冷系统等），牵引电传动系统应具有冷却系统故障保护。

### 6.4.11 控制设备供电故障保护

牵引电传动系统应具有对系统控制设备电源供电中断的故障保护。

### 6.4.12 防滑、防空转保护

牵引电传动系统应具有防空转、防滑行保护，并应能充分利用粘着，提高系统的粘着利用率。

#### 6.4.13 卡分/卡合故障保护

当接触器等器件出现卡分或卡合故障时，牵引电传动系统应具有器件卡分/卡合的故障保护。

#### 6.4.14 错误指令保护

当收到错误指令时（如方向指令错误、牵引制动指令错误及网络硬线方向不一致等），牵引电传动系统应具有以安全为导向的保护措施。

### 7 检验要求

#### 7.1 总则

牵引电传动系统试验应在与实际工况相等效或接近的条件下，或在能保证设备性能可满足使用条件的情况下进行。

牵引电传动系统各部件，如高压电器、牵引变流器、牵引电机、电抗器、制动电阻或过压吸收电阻等应按各自技术标准通过型式检验，在装车前应具有有效的型式检验报告并通过出厂检验，在装车后投入使用前应配合车辆一起综合进行与牵引电传动系统有关的车辆试验。

牵引电传动系统应在制造商或供货商工厂内完成并通过系统组合试验，在装车前具有有效的组合试验报告，在装车后投入使用前，应配合车辆一起进行车辆试验。

牵引电传动系统装车后车辆进行验收之前，系统制造商或供货商可以要求进行不能在制造商或供货商工厂内进行的调整试验，包括在用户的线路上进行负载或空载试验。

#### 7.2 检验分类

检验分为：

- a) 装车前的牵引电传动系统组合试验；
- b) 装车后投入使用前的检验，即牵引电传动系统装车后投入使用前，配合车辆一起进行的车辆试验。

组合试验在牵引电传动系统制造商或供货商工厂进行，为系统型式检验。在供需双方协商一致的前提下，组合试验可替代牵引变流器、牵引电机的部分试验，或者已经进行过的部件试验不必在系统组合试验中重复。

系统装车后投入使用前，配合车辆一起进行车辆试验。车辆试验包括调整试验、出厂检验、型式检验和研究性试验，在车辆制造商工厂和用户现场进行。

#### 7.3 检验项目及检验方法

##### 7.3.1 组合试验

牵引电传动系统组合试验项目及试验方法按照T/CAMET 04002.5的规定进行。

##### 7.3.2 装车后投入使用前的检验

牵引电传动系统装车后投入使用前的检验项目及检验方法按照T/CAMET 04002.7的规定进行。

### 8 标志、包装、运输和贮存

## 8.1 标志

### 8.1.1 产品标志

各部件均应在易见部位牢固安装有耐久、不易腐蚀、标注清晰的铭牌和其他标志，在产品寿命周期内应能清楚辨识。铭牌应至少标明以下内容：

- a) 产品名称；
- b) 型号；
- c) 主要参数；
- d) 出厂编号（包括出厂年月及产品唯一性的序号）；
- e) 重量；
- f) 供应商名称。

### 8.1.2 安全标志

在产品的相应位置上应有安全标志，如“高压危险”、“有电”等。

## 8.2 包装

8.2.1 应符合 GB/T 13384 的规定，产品包装应符合防水、防潮及防震的要求，并保证在正常运输中不损坏。

8.2.2 包装箱内应至少附有以下文件：

- a) 装箱单：注明产品装箱日期；
- b) 产品检验合格证、出厂检验报告；
- c) 产品使用维护说明书。

8.2.3 包装箱外应至少注明以下内容：

- a) 供应商名称；
- b) 产品名称、型号、数量及制造日期；
- c) 注明“小心轻放”、“请勿倒置”、“勿受潮湿”、“倾斜度限值”等标志；
- d) 收货单位、名称及地址。

## 8.3 运输和贮存

产品在运输过程中，不应倒放，并不应有剧烈振动、撞击，运输过程中不应对产品造成任何损伤。

正常情况下，产品应贮存在通风良好，有防潮、防腐、防尘措施及干燥的室内环境中，不应日晒和雨淋，不应露天存放。

永磁同步电机在解体、组装或将永磁同步电机转子进行单独贮存、运输时，应采取必要的防护措施，应使用非导磁材料的贮存装置和运输工具。

附录 A

(资料性)

车辆牵引/电制动特性曲线示例

城市轨道交通车辆典型的牵引/电制动特性曲线示例见图A. 1。

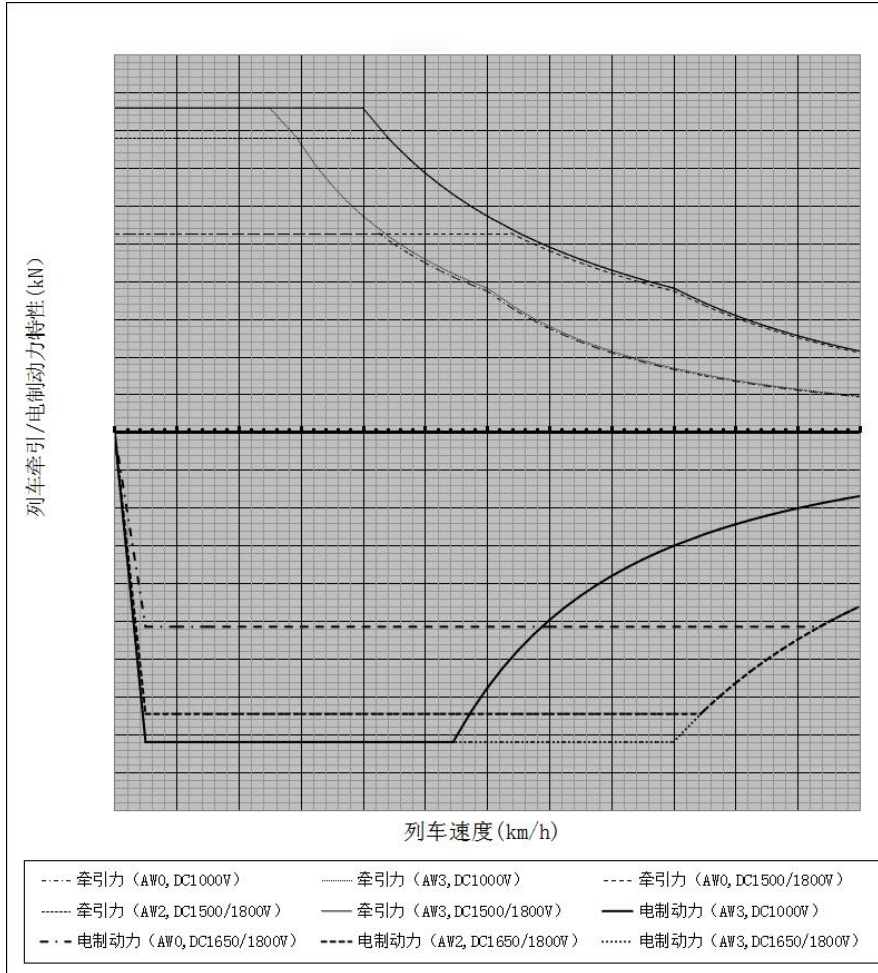


图 A. 1 车辆牵引/电制动特性曲线示例



附录 B  
(资料性)  
牵引电机特性曲线示例

异步牵引电机牵引特性曲线示例见图B.1。

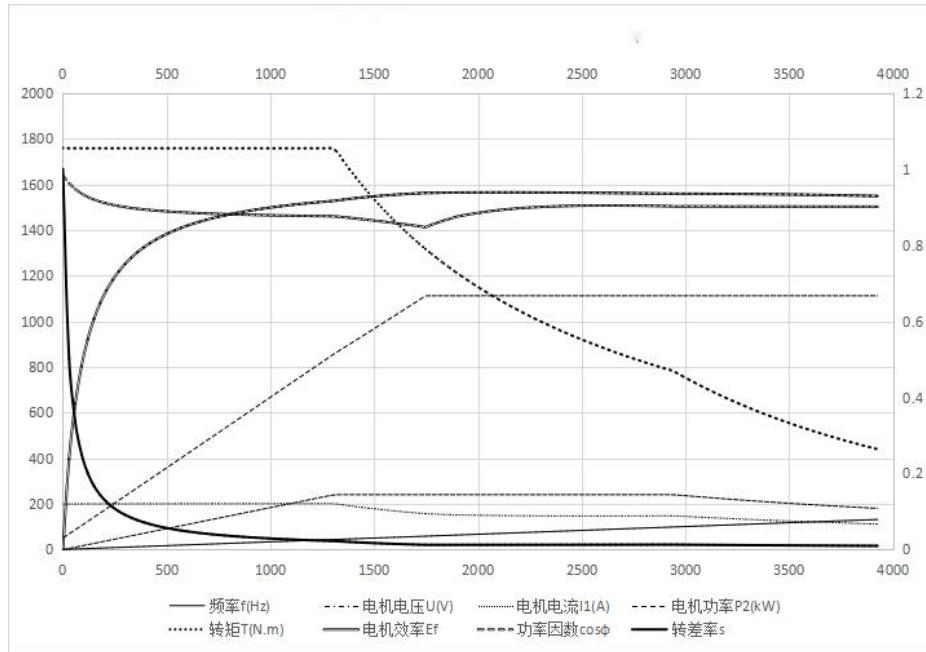


图 B.1 异步牵引电机牵引特性曲线示例

异步牵引电机电制动特性曲线示例见图B.2。

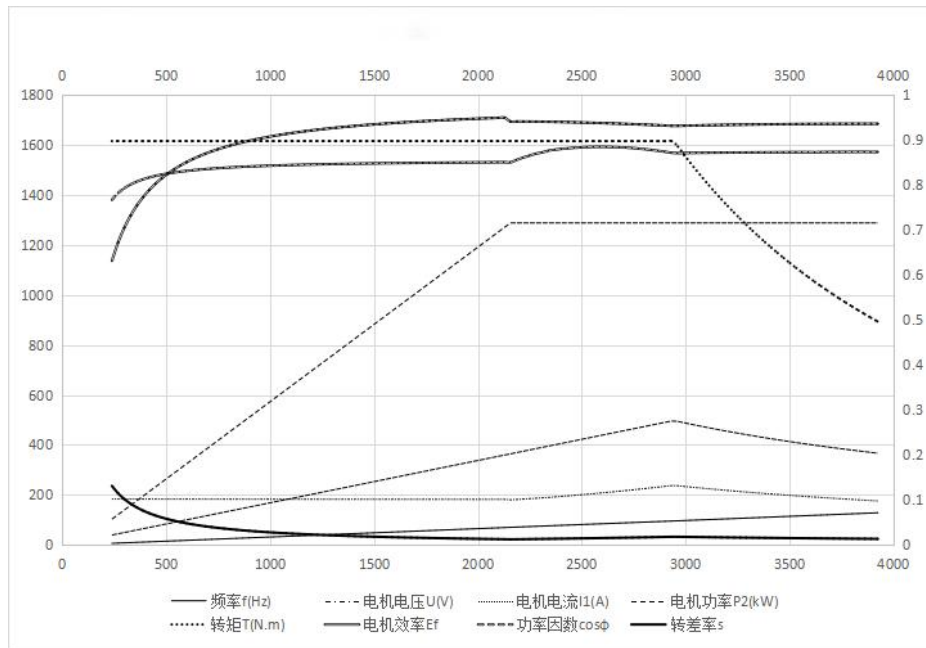


图 B.2 异步牵引电机制动特性曲线示例

永磁同步电机牵引特性曲线示例见图B.3。

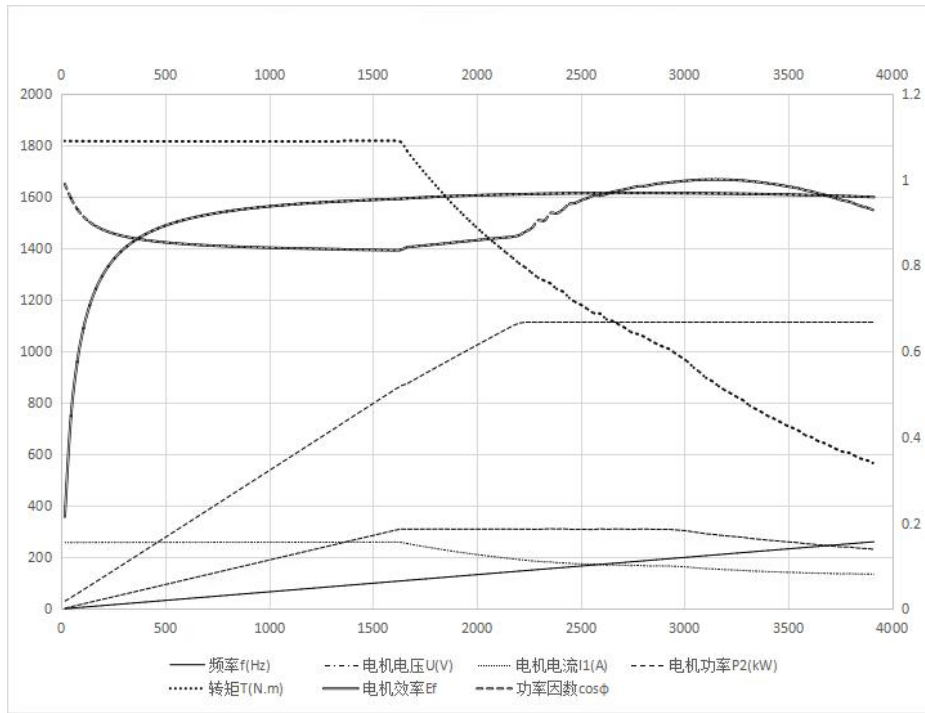


图 B.3 永磁同步牵引电机牵引特性曲线示例

永磁同步电机电制动特性曲线示例见图B.4。

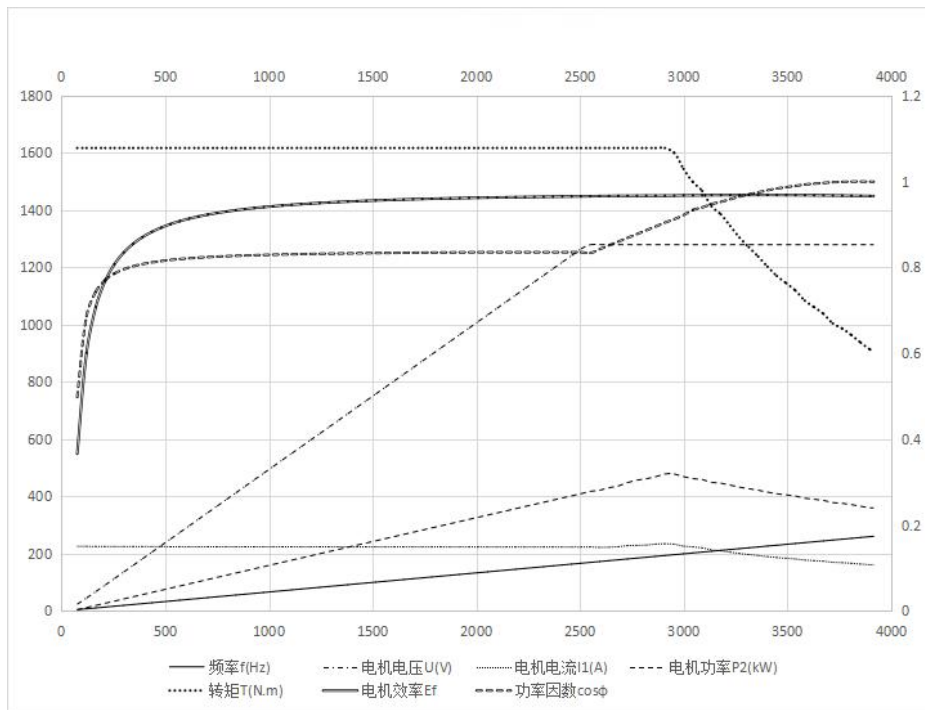


图 B.4 永磁同步牵引电机制动特性曲线示例

参 考 文 献

- [1] GB/T 28807.2—2017 轨道交通 机车车辆和列车检测系统的兼容性 第2部分：与轨道电路的兼容性
-