

ICS 29.280
S 80



中华人民共和国国家标准

GB/T 10411—2005
代替 GB/T 10411—1989

城市轨道交通直流牵引供电系统

D. C. traction power supply system for urban rail transit

2005-05-25 发布

2005-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 供电方式	2
5 牵引变电所	2
6 电缆	3
7 接触网	4
8 牵引供电保护装置	5
9 电力调度	6
附录 A (资料性附录) 直流断路器主要技术要求	7
附录 B (资料性附录) 整流器主要技术要求	8
附录 C (资料性附录) 牵引整流变压器主要技术要求	9

前 言

本标准代替 GB/T 10411—1989《地铁直流牵引供电系统》。

本标准与 GB/T 10411—1989《地铁直流牵引供电系统》相比主要内容变化如下：

- 1) 标准名称根据本标准的适用范围进行了修改,将《地铁直流牵引供电系统》改为《城市轨道交通直流牵引供电系统》。
- 2) 将 GB/T 10411—1989 中“2 引用标准”改为“2 规范性引用文件”,增加了 GB/T 14549《电能质量 公用电网谐波》、GB 50217《电力工程电缆设计规范》、GB/T 2900.36《电工术语 电力牵引》、CJJ 49《地铁杂散电流腐蚀防护技术规程》的引用,删除了 GB 5951《城市无轨电车和有轨电车供电系统》和 GB 50054《低压配电装置及线路设计规范》。
- 3) 将 GB/T 10411—1989 中“3 术语”改为“3 术语和定义”,GB/T 2900.36《电工术语 电力牵引》中已经确立的术语和定义不再列出,新增“框架泄漏保护装置”术语和定义。
- 4) 将 GB/T 10411—1989 中“4 供电制式”改为“4 供电方式”,对本章的部分条文进行了修改。
- 5) 将 GB/T 10411—1989 中“6 电缆网络”改为“6 电缆”,对本章的部分条文进行了修改。
- 6) 增加了主要设备的技术参数作为资料性附录。

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 为资料性附录。

本标准由中华人民共和国建设部提出。

本标准由建设部标准定额研究所归口。

本标准由铁道第二勘察设计院负责起草,北京地铁总公司、北京市城建设计研究总院有限公司、广州市地下铁道总公司、中铁电气化局集团有限公司、中国南车集团株洲电力机车研究所、顺特电气有限公司、北京和利时系统工程股份有限公司、建设部地铁与轻轨研究中心等单位参加起草。

本标准主要起草人:周建、赵力、于松伟、秦国栋。

本标准于 1988 年 10 月首次发布。

城市轨道交通直流牵引供电系统

1 范围

本标准规定了城市轨道交通直流牵引供电系统中供电方式、牵引变电所、电缆、接触网、牵引供电保护装置及电力调度的主要性能指标和设备运行指标等。

本标准适用于城市轨道交通直流牵引供电系统。

本标准不适用于城市有轨电车供电系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2900.36 电工术语 电力牵引

GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波

GB 50062 工业与民用电力装置的继电保护和自动装置设计规范

GB 50217 电力工程电缆设计规范

GBJ 64 工业与民用电力装置的过电压保护设计规范

CJJ 49 地铁杂散电流腐蚀防护技术规程

3 术语和定义

GB/T 2900.36 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

系统最高电压 highest voltage of a system

指系统正常运行过程中，在任何一点上出现的最高电压。不包括系统的暂时状态和异常电压。

3.2

系统最低电压 lowest voltage of a system

指系统正常运行过程中，在任何一点上出现的最低电压。不包括系统的暂时状态和异常电压。

3.3

设备最高电压 highest voltage for equipment

指系统正常运行时，设备所承受的最高运行电压。

3.4

整流机组负荷等级 load level of rectifier unit

根据负荷曲线的性质特征所划分的整流机组负荷等级。

3.5

接触网 contact line system

经过受电器向电动客车供给电能的导电网。

3.6

接触网最小短路电流 minimum short-circuit current of contact line system

在供电系统的最小运行方式下，接触网中离馈入点最远端发生正负极间短路时的电流。

3.7

接触网最大短路电流 maximum short-circuit current of contact line system

在供电系统的最大运行方式下,接触网的馈入点处发生正负极间短路时的电流。

3.8

双边供电 two-way feeding

一个供电区间由相邻两牵引变电所各经一路馈线同时供电。

3.9

单边供电 one-way feeding

一个供电区间只由一路馈线供电。

3.10

馈线 feeder

从牵引变电所向接触网输送直流电的供电线。

3.11

末端电压 terminal voltage

单边供电时,接触网馈电区中离馈入点最远端的电压。

3.12

均流线 rail-to-rail and track-to-track cross bond

连接回流轨间使其均匀回流的导线。

3.13

联跳保护装置 two-way inter-trip protection device

在一个双边供电区段内发生短路时,使本区段两端馈电断路器联动跳闸的装置。

3.14

电流变化率及增量保护装置 current variance ratio and incremental protection device

根据短时间内电流变化率及增量的不同自动区分工作电流与故障电流,实行选择动作的保护装置。

3.15

框架泄漏保护装置 frame leakage protection device

由直流配电装置框架对地泄漏的电流和负极对地电位作为激励量的保护装置。

4 供电方式

4.1 城市轨道交通的外部电源供电方式有集中式、分散式和混合式三种。

4.2 牵引供电网络,可以与动力照明供电网络共用同一个供电网络,也可以采用与动力照明供电网络相对独立的供电网络。

4.3 牵引用电负荷为一级负荷,牵引变电所的受电电压有 35 kV、20 kV 和 10 kV 三种。

4.4 牵引供电系统直流标称电压应采用 750 V 或 1 500 V,其波动范围应符合表 1 的规定。

表 1

系统标称电压(V)	系统最低电压(V)	系统最高电压(V)
750	500	900
1 500	1 000	1 800

4.5 直流供电系统的正、负极均不接地。

5 牵引变电所

5.1 牵引变电所设备的容量

应按设计最大通过能力、供电质量、变电所运行方式变化等因素决定。

5.2 牵引变电所分布距离的确定

除满足接触网的电压水平外,还应考虑线路功率损失、钢轨对地电位和杂散电流的影响。

5.3 牵引变电所接线方式

5.3.1 牵引变电所应由两个及两个以上相互独立的电源供电,交流母线宜采用单母线或单母线分段接线。

5.3.2 牵引变电所的主接线在安全、可靠及灵活的基础上应力求简单。

5.3.3 牵引变电所的直流母线宜采用单母线,并可根据运行灵活性要求增设备用母线或分段母线。

5.4 牵引变电所的设计、安装、施工及验收应符合有关国家标准或行业标准的规定。

5.5 牵引供电技术指标

5.5.1 供电设备的技术参数应满足过负荷和最大运行方式下系统短路时动稳定和热稳定的要求。

5.5.2 供电设备应满足电磁兼容的要求。

5.5.3 宜采用增加整流脉波数的方法抑制谐波以符合 GB/T 14549 的有关规定。

5.5.4 牵引变电所(包括所内用电)供电效率不低于 96%。

5.5.5 功率因数应符合国家的有关规定。

5.5.6 地下牵引变电所应防止隧道粉尘污染;控制室、计算机机房、值班室等最高温度不高于 30℃,噪声不大于 60 dB(A)。

5.6 设备选择原则

5.6.1 供电系统在选用先进技术和设备时,应采用质量可靠、技术先进、节约能源的产品,并向无维修或少维修、小型化方向发展。

5.6.2 牵引整流变压器应采用干式变压器。

5.6.3 牵引整流机组的冷却方式宜采用空气自然冷却式。

5.6.4 设备最高电压应不小于系统最高电压。

5.6.5 牵引整流机组的负荷等级应满足下列条件时的牵引负荷特性:

- a) 100%额定输出连续;
- b) 150%额定输出 2 h;
- c) 300%额定输出 1 min。

5.6.6 直流快速断路器应能分断可能出现的最大短路电流和感性小电流。

5.6.7 牵引变电所直流自用电系统,其蓄电池组容量应满足事故停电 1 h 的需要。

5.7 牵引变电所接地

5.7.1 牵引变电所接地应保证设备工作可靠和人身安全,同时满足杂散电流腐蚀防护要求,当杂散电流腐蚀防护与安全接地有矛盾时应以安全接地为主。

5.7.2 牵引变电所中的直流设备应绝缘安装。

5.7.3 地下牵引变电所接地装置宜采用铜质材料。

5.7.4 牵引变电所应敷设以水平接地极为主要的人工接地网,此外宜采用自然接地体作为接地装置。自然接地体与人工接地网的接地电阻值应能分别测量。

5.7.5 当人工接地网和自然接地体同时利用时,两者间应采用不少于两根导体在不同地点相联结。

6 电缆

6.1 电缆应按负荷容量和电压等级进行选择,并考虑环境温度和敷设方式的影响。

6.2 地下建筑物内应选用无卤素低烟阻燃型电缆,对一些重要负荷应选用无卤素低烟耐火型电缆。

6.3 电缆的敷设应按照 GB 50217 执行。

7 接触网

7.1 接触网通则

7.1.1 接触网分为接触轨和架空接触网。架空接触网又可分为柔性悬挂和刚性悬挂,并以城市轨道交通的走行轨或专用回流轨作为牵引电流的回流电路。电压在直流 1 500 V 及以上的接触网宜采用架空形式。

7.1.2 接触网应保证在规定的列车行车速度内,可靠地向列车的受电器供电。

7.1.3 正常情况下正线接触网应采用双边供电方式。

7.1.4 车辆段、停车场的接触网,应以单独的供电线供电。

7.1.5 接触网的带电裸导体与建筑物、车体的最小安全净距应符合表 2 的规定。在污染较严重的环境中(如近海、内燃机的严重排气、工业污染以及多雾环境),应适当增加净距。

表 2

系统标称电压(V)	带电体与建筑物、车体间最小安全净距(mm)		
	静 态	动 态	绝对最小动态
直流-750	25	25	25
直流-1 500	150	100	60

7.2 接触轨

7.2.1 接触轨的支撑件应满足机械强度和绝缘耐压的要求。

7.2.2 在牵引变电所所在车站,接触轨应设置分断区或断电区。

7.2.3 接触轨断电区应有技术措施减少列车受电器在断电区拉弧。

7.2.4 列车受电器与接触轨接触部分的材料硬度必须低于接触轨授流面部分材料的硬度。

7.2.5 接触轨宜采用下部接触授流方式。

7.2.6 接触轨应设置防护罩。

7.3 架空接触网

7.3.1 选用架空接触网类型应由技术、经济及运营条件综合比较确定。

7.3.2 接触导线的悬挂高度要求一致。当高度变化时,其导线最大坡度不应超过表 3 的规定。

表 3

列车速度(km/h)	接触导线最大坡度(‰)
10	40
30	20
60	10
90	6
120	5

7.3.3 隧道内架空接触网的布置,应按照隧道断面的建筑限界和车辆限界以及受电弓的升降范围综合考虑,保证带电导体与隧道建筑物之间的最小距离不小于最小安全净距。

7.3.4 柔性悬挂接触线在直线区段按“之”字形布置,曲线区段采用拉出值布置;刚性悬挂按“S”形曲线布置。

7.3.5 露天正常线路接触线距轨面的最低高度为 4 400 mm。隧道内接触线距轨面的最低高度为 4 000 mm。

7.3.6 架空接触网的金属支持结构物的接地,需考虑对信号和杂散电流的影响。

7.4 轨道回流

7.4.1 城市轨道交通的直流牵引回流电路由走行轨及其电气连接件和回流电缆组成。也可用专用回流轨回流。

7.4.2 利用走行轨回流,且在最大负载时,轨上任意一点对地电位差应不大于 90 V。

7.4.3 对于非焊接回流轨的轨缝,应有轨道连接导线将其可靠连接,其接头电阻值不大于回流轨 1 m 长度电阻值的 3 倍。

7.4.4 新建线路,走行轨对地电阻值,分段测量时每公里不小于 15 Ω 。

7.4.5 上、下行走行轨间应设对地绝缘的均流线,其设置不应干扰向列车显示的信号。

7.4.6 隧道体结构钢筋如采用焊接,每公里结构钢筋电阻值应不大于上下行走行轨电阻值的 30 倍。

7.4.7 当直流牵引供电系统利用走行轨作回流网时,应采取技术措施减少并回收杂散电流。杂散电流腐蚀的防护,应满足 CJJ 49 的要求。

8 牵引供电保护装置

8.1 设置保护装置原则

8.1.1 牵引变电所的进线继电保护装置的设置和整定应符合电力部门的要求。各级保护整定应相互协调配合。

8.1.2 在满足系统保护及自动化技术指标前提下,装置接线应力求简单、可靠、灵活,维护方便。

8.1.3 应优先采用规范化的保护方式、保护接线和自动装置。

8.1.4 各种数字保护装置应具有与牵引变电所计算机监控系统进行数字通信的通信接口。

8.2 交流高压设备保护装置

8.2.1 交流高压设备保护装置的设置,按 GB 50062 的要求执行。

8.2.2 进线交流高压断路器过电流保护整定值应大于各种运行方式下可能出现的最大工作电流。

8.2.3 高压电器装置的过电压保护应按 GBJ 64 执行。

8.3 牵引整流机组保护

8.3.1 牵引整流机组的过负荷及短路故障,包括直流母线短路,由牵引整流变压器一次侧交流高压断路器实现保护。

8.3.2 牵引整流机组的保护包括:电流速断保护、过电流保护、牵引整流变压器温升保护、整流器温升保护及整流元件故障保护等。

8.4 馈电设备、接触网保护装置

8.4.1 接触网保护由馈线直流快速断路器实现。

8.4.2 馈线继电保护宜设置:电流速断保护(含大电流脱扣)、电流变化率及增量保护、双边供电联跳保护等。

8.4.3 馈线应设接触网故障判别自动重合闸装置。

8.4.4 馈线继电保护应与车辆的主保护相互协调配合。

8.4.5 牵引直流设备应设框架泄漏保护装置。

8.4.6 宜装设可供列车司机和行车调度员使用的紧急停电保护装置。

8.5 直流系统的过电压保护

8.5.1 整流器的设计应考虑到元件上可能出现的最大操作过电压及大气过电压。

8.5.2 地面架空接触网(含架空馈线)应采取有效的大气过电压保护措施。

8.5.3 当直流牵引供电系统利用走行轨作为回流网时,车站和车辆段检修库应设置钢轨电位限制装置。

8.6 信号报警装置

8.6.1 牵引整流变压器应装有温升异常报警装置。

8.6.2 整流器应装设元件损坏及温升异常报警装置。

9 电力调度

9.1 调度原则

9.1.1 牵引供电系统必须设有电力调度机构,指挥和监控变电所和接触网的正常运行以及事故处理,最大限度地保证对列车连续供电。

9.1.2 电力调度机构的设置应同线路的划分和车辆运营调度机构的设置相适应。

9.2 调度通讯

9.2.1 电力调度室与所辖变电所、同级电力调度室、运营调度及有重要关系的部门之间,以及与市供电局调度室之间均应设专线电话。

9.2.2 调度电话应配备录音装置。

9.2.3 工程急修车应配备无线电通讯装置。

9.3 监控设备

9.3.1 利用计算机进行远距离数据采集和监控应作为对牵引供电系统进行监控和提高调度运行管理水平的主要手段。

9.3.2 监控设备至少应包括遥信、遥测和遥控功能。

9.3.3 电力调度室应装设系统模拟显示装置。

9.3.4 电力调度室应设置可靠的不间断电源,其蓄电池组容量应满足事故停电 1 h 的需要。

9.3.5 远动通道应具备必要的传输质量,遥控、遥信的一次传输响应时间应不大于 3 s,其误码率应小于 10^{-5} ,变电所应有远动备用通道。

9.3.6 监控装置平均无故障工作时间(MTBF)应大于 10 000 h。

9.3.7 事件分辨率,站间应不大于 20 ms,站内应不大于 10 ms。

9.3.8 遥测综合误差应不大于 1.5%。

9.3.9 画面调用响应时间应不大于 3 s。

9.3.10 监控设备宜增加视频监控功能。

附录 A
(资料性附录)
直流断路器主要技术要求

表 A.1 直流断路器主要技术要求

额定电压 U_e	750 V/1 500 V
绝缘电压 U_i	1 500 V/3 000 V
额定持续电流 I_e	
2 h 持续电流(40℃)	$1.2I_e$
1 min 持续电流(40℃)	$3I_e$
10 s 持续电流(40℃)	$4I_e$
短路开断能力	$\geq 100 \text{ kA}/75 \text{ kA}$ (时间常数 10 ms)
限流系数	≤ 0.65
开断过电压	$\leq 2.5U_e$
固有动作时间	$\leq 5 \text{ ms}$
机械寿命	$\geq 20\,000$ 次

附录 B
(资料性附录)
整流器主要技术要求

表 B.1 整流器主要技术要求

整流器类型	1 500 V 整流器	750 V 整流器
额定直流电压(V)	1 500	750
最高直流电压(V)	1 800	900
绝缘耐压	主电路 5.6 kV, 50 Hz, 1 min 辅助电路 2 kV, 50 Hz, 1 min 冲击耐压 18 kV(波形 1.2/50 μ s)	主电路 3.8 kV, 50 Hz, 1 min 辅助电路 2 kV, 50 Hz, 1 min 冲击耐压 12 kV(波形 1.2/50 μ s)
额定功率时整流器效率	$>98\%$	
桥臂并联元件均流系数	≥ 0.9	
冷却方式	空气自然冷却	
设计寿命	30 年	
过电压保护	换相过电压保护, 交流侧电压保护, 直流侧电压保护	
短路保护	内部短路保护, 逆流保护	
温度保护	整流元件温度保护	

附 录 C
(资料性附录)
牵引整流变压器主要技术要求

表 C.1 牵引整流变压器主要技术要求

类型	干式、户内、自冷
额定容量(kVA)	
额定电压	10 kV/20 kV/35 kV
额定频率	50 Hz
相数	3
无励磁调压范围	$\pm 2 \times 2.5\%$
阀侧两个 y、d 联结分裂线圈的电压与额定电压差	$\leq \pm 0.2\%$
阀侧两个 y、d 联结分裂绕组短路阻抗不平衡率	$\leq 3\%$
等效 24 脉波整流的两台整流变压器短路阻抗不平衡率	$\leq 2.0\%$
局部放电	10 kV _i ≤ 5 pC 20 kV _i ≤ 10 pC 35 kV _i ≤ 10 pC
设计寿命	30 年