

202X-XX-XX实施

2023-XX-XX发布

城市轨道交通直流牵引供电系统

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

（征求意见稿）

（本稿完成日期：2023年06月30日）

GB/T 10411-\*\*\*\*

代替GB/T 10411-2005

DAID

中华人民共和国国家标准

**ICS 29.280**

**S 80**

目 录

[前言 1](#_Toc130823400)

[**1.** **范围** 3](#_Toc130823401)

[**2.** **规范性引用文件** 3](#_Toc130823402)

[**3.** **术语、定义** 3](#_Toc130823403)

[**4.** **总体原则** 5](#_Toc130823458)

[**5.** **供电方式及外部电源** 5](#_Toc130823459)

[5.1 供电方式 5](#_Toc130823460)

[5.2 外部电源 5](#_Toc130823461)

[**6.** **牵引变电所** 5](#_Toc130823462)

[6.1牵引变电所设备的容量 5](#_Toc130823463)

[6.2牵引变电所分布距离的确定 5](#_Toc130823464)

[6.3牵引变电所接线方式 5](#_Toc130823465)

[6.4牵引供电技术指标 6](#_Toc130823466)

[6.6牵引变电所继电保护装置 6](#_Toc130823467)

[**7.** **电缆** 7](#_Toc130823468)

[**8.** **接触网** 7](#_Toc130823473)

[8.1 接触网通则 7](#_Toc130823474)

[8.2接触轨 7](#_Toc130823475)

[8.3 架空接触网 8](#_Toc130823476)

[**9.** **牵引供电系统接地、回流及过电压保护** 8](#_Toc130823477)

[9.1 牵引供电系统接地 8](#_Toc130823478)

[9.2 轨道回流 9](#_Toc130823479)

[9.3 过电压保护 9](#_Toc130823480)

[**10.** **电力监控系统** 9](#_Toc130823481)

[10.1 调度原则 9](#_Toc130823482)

[10.2 调度通讯 9](#_Toc130823483)

[10.3 监控设备 9](#_Toc130823484)

附录A（规范性附录）牵引整流变压器主要技术要求 11

附录B（规范性附录）整流器主要技术要求 13

附录C（规范性附录）再生制动能量回馈型装置主要技术要求 14

附录D（规范性附录）双向变流器主要技术要求 15

附录E（规范性附录）直流断路器主要技术要求 16

1. 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。

本文件代替 GB/T 10411—2005《地铁直流牵引供电系统》，与 GB/T 10411—2005相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

1. 更改了文件适用范围（见第1章，2005版的第1章）；
2. 更改了规范性引用文件（见第2章，2005版的第2章）；
3. 更改了术语和定义（见第3章，2005版的第3章）；
4. 增加了总体要求（见第4章，2005版的5.4和5.6.1）；
5. 增加了外部电源的要求（见5.2）；
6. 更改了牵引变电直流母线要求（见6.3.3，2005版的5.3.1）；
7. 更改了牵引变电所的供电效率（见6.4.4，2005版的5.5.4）；
8. 更改了牵引变电所设备房温度和噪声要求（见6.4.6，2005版的5.5.6）；
9. 增加了双向变流器的选用要求（见6.5.4）；
10. 增加了双向变流器的负荷等级要求（见6.5.6，2005版的5.6.5）；
11. 更改了牵引变电所蓄电池容量要求（见6.5.8，2005版的5.6.7）；
12. 删除了过电压保护要求（见2005版的8.2.3）；
13. 更改了馈线继电保护的设置要求（见6.6.4，2005版的8.3.2）；
14. 增加了再生制动能量回馈装置或双向变流器的保护设置要求（见6.6.5）；
15. 增加了再生制动能量回馈装置或双向变流器的信号报警设置要求（见6.6.6，2005版的8.6）；
16. 更改了地下建筑物电缆选用要求（见7.2，2005版的6.2）；
17. 增加了直流牵引电缆要求（见7.3）；
18. 更改了牵引供电系统过电压保护要求（见9.3，2005版的8.5）；
19. 更改了接触网通则分类要求（见8.1，2005版的7.1）；
20. 更改了接触接触受流方式要求（见8.2.5，2005版的7.2.5）；
21. 更改了架空接触网接触导线坡度要求（见8.3.2，2005版的7.3.2）；
22. 更改了柔性悬挂布置要求（见8.3.4，2005版的7.3.4）；
23. 更改了隧道内接触线高度要求（见8.3.5，2005版的7.3.5）；
24. 更改了地下牵引变电所人工接地网材料要求（见9.1.4，2005版的5.7.3）；
25. 合并了牵引变电所人工接地网设置要求（见9.1.5，2005版的5.7.4和5.7.5）；
26. 更改了钢轨电位设置要求（见9.1.8，2005版的7.4.2）；

aa）更改了轨道回流要求（见9.2，2005版的7.4）；

ab）更改了过电压保护要求（见9.3，2005版的8.2.3和8.5）；

ac）更改了电力监控不间断电源要求（见9.3.4，2005版的10.3.4）；

ad）更改了电力监控装置MTBF时间要求（见10.3.6，2005版的9.3.6）；

ae）更改了电力监控事件分辨率要求（见10.3.7，2005版的9.3.7）；

af）更改了监控设备功能要求（见10.3.10，2005版的9.3.10）；

ag）更改了资料性附录中直流断路器附录（见附录E，2005版的附录A）；

ah）更改了资料性附录中整流器附录（见附录B，2005版的附录B）；

ai）更改了资料性附录中牵引整流变压器附录（见附录A，2005版的附录C）；

aj）增加了规范性附录的再生制动能量回馈装置附录（见附录C）；

ak）增加了规范性附录的双向变流器附录（见附录D）。

本文件由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

本文件由全国城市轨道交通标准化技术委员会（SAC/TC 290）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1988年首次发布为GB/T 10411—89，2005年第一次修订。

——本次为第二次修订。

城市轨道交通直流牵引供电系统

1. **范围**

本文件规定了城市轨道交通直流牵引供电系统中供电方式、外部电源、牵引变电所、电缆、接触网、接地、回流、过电压保护、电力监控系统的主要性能指标和设备运行指标等。

本文件适用于城市轨道交通直流牵引供电系统。

1. **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 2900.36 电工术语 电力牵引

GB 3096 声环境质量标准

GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波

GB/T 28026.2 轨道交通 地面装置 电气安全、接地和回流 第2部分 直流牵引供电系统杂散电流的防护措施

GB/T 28429 轨道交通1500V及以下直流牵引电力电缆及附件

GB/T 50062 电力装置的继电保护和自动装置设计规范

GB/T 50064 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范

GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范

GB/T 50157 地铁设计标准

GB 50217 电力工程电缆设计标准

CJJ/T 49 地铁杂散电流腐蚀防护技术标准

JB/T 10693 城市轨道交通用干式牵引整流变压器

1. **术语、定义**

GB/T 2900.36界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

* 1.

**系统最高电压 highest voltage of a system**

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。

* 1.

**系统最低电压 lowest voltage of a system**

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。

* 1.

**设备最高电压 highest voltage for equipment**

系统正常运行时，设备所承受的最高运行电压。

* 1.

**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额定容量等级。

* 1.

**接触网 contact line system**

经过受电器向电动客车供给电能的导电网。

* 1.

**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。

* 1.

**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。

* 1.

**馈线 feeder**

从牵引变电所向接触网输送直流电的供电线。

**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。

* 1.

**单边供电 one—way feeding**

一个供电区间只由一路馈线供电。

* 1.

**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。

* 1.

**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。

* 1.

**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。

* 1.

**电流变化率及增量保护装置 current variance ratio al nd 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。

* 1.

**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。

* 1.

**集中式供电centralized power supply mode**

由本线或其他线路的主变电所为本线牵引变电所供电的外部供电方式。

* 1.

**分散式供电distributed power supply mode**

由引入沿线城市中压电源为牵引变电所供电的外部供电方式。

* 1.

**混合式供电combined power supply mode**

由主变电所和城市中压电源共同为牵引变电所供电的外部供电方式。

1. **总体要求**

4.1 城市轨道交通直流牵引供电系统应采用DC750V或DC1500V直流供电。

4.2 城市轨道交通直流牵引供电系统应安全适用、技术先进、经济合理，并应立足节能、环保、绿色，宜推进数字化和智能化。

4.3 城市轨道交通直流牵引供电系统的设计、安装、施工及验收应符合有关国家标准或行业标准的规定。

1. **供电方式及外部电源**

5.1 供电方式

5.1.1 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。

5.1.2 牵引供电网络可与动力照明供电网络共用同一个供电网络，也可采用与动力照明供电网络相对独立的供电网络。

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

5.1.4 牵引供电系统直流标称电压及其波动范围应符合表1 的规定。

**表1 系统标称电压及其波动范围表**

单位为伏

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 电压分类 | 系统标称电压 | 系统最低电压 | 系统最高电压 |
| DC750V牵引供电系统 | 750 | 500 | 900 |
| DC1500V牵引供电系统 | 1500 | 1000 | 1800 |

5.1.5 直流供电系统的正、负极均不应接地。

5.2 外部电源

5.2.1 采用集中式供电方式时，外部电源电压等级应结合城市电网电压等级确定，宜采用110kV或220kV电压等级。每座主变电所应设置两回独立可靠的进线电源，其中应至少有一回为专线电源，两回电源宜来自不同的上级城市变电站，也可来自上级同一城市变电站的不同段母线。

5.2.2 采用分散式供电方式时，外部电源电压等级应结合城市电网电压等级确定，可采用35kV 、20 kV或 10 kV电压等级。引入的外部电源数量和可靠性要求应根据线路用电负荷等级确定。向一级负荷供电的开闭所应设置两回独立可靠的进线电源，其中应至少有一回为专线电源，两回电源宜来自不同的上级城市变电站，也可来自上级同一城市变电站的不同段母线。

5.2.3 采用混合式供电方式时，外部电源设置原则按集中供电和分散供电的相关要求执行。

1. **牵引变电所**

6.1牵引变电所设备的容量

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。

6.2牵引变电所分布距离

牵引变电所分布距离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。

6.3牵引变电所接线方式

6.3.1 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

6.3.2 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分段或单母线接线。对于低运量系统可经技术经济比较后确定牵引变电所的电源回路数。

6.3.3 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。

6.4牵引供电技术指标

6.4.1 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。

6.4.2 供电单体设备及成套装置应满足电磁兼容的要求。

6.4.3采用增加整流脉波数或脉宽调制的方法抑制谐波应符合GB/T 14549的有关规定。

6.4.4 牵引变电所（包括所内用电）供电效率不低于98%。

6.4.5 功率因数应符合国家的有关规定。

6.4.6 地下牵引变电所应防止隧道粉尘污染；控制室最高温度不应高于26℃，噪声不应大于 60 dB(A)；开关柜室最高温度不应高于40℃，噪声不宜大于 60 dB(A)。

6.5设备选择原则

6.5.1 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，并应向无维修或少维修、小型化、无油化、智能化方向发展。

6.5.2 牵引整流变压器应采用干式变压器。

6.5.3 牵引整流机组的冷却方式宜采用空气自然冷却式，牵引整流变压器主要技术要求应符合附录A的规定，牵引整流器主要技术要求应符合附录B的规定，再生制动能量回馈装置主要技术要求应符合附录C的规定。

6.5.4 技术经济合理时可选用双向变流器，双向变流器主要技术要求应符合附录D的规定。

6.5.5 设备最高电压应不小于系统最高电压。

6.5.6 牵引整流机组及双向变流器的负荷等级应满足牵引负荷特性的要求：

a) 100%额定输出连续；

b) 150%额定输出2h；

c) 300%额定输出1min。

注：特殊情况下，经技术经济比较后可采用200%额定输出1min的牵引负荷特性。

6.5.7 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，直流断路器主要技术要求应符合附录E的规定。

6.5.8 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2h的需要。

6.6牵引变电所继电保护装置

6.6.1 设置保护装置原则

6.6.1.1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系统的要求。各级保护整定应相互协调配合。

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

6.6.1.3 应优先采用规范化的保护接线、保护方式和自动装置。

6.6.2 交流高压设备保护装置

6.6.2.1交流高压设备保护装置的设置，应按GB/T50062的要求执行。

6.6.2.2 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。

6.6.3 牵引整流机组保护

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

6.6.3.2 牵引整流机组的保护包括：电流速断保护、过电流保护、过负荷保护、牵引整流变压器温升保护、整流器温升保护和整流元件故障保护等。

6.6.4 馈电设备、接触网保护装置

6.6.4.1 接触网保护应由馈线直流快速断路器实现。

6.6.4.2 馈线继电保护设置包括：电流速断保护(含大电流脱扣)、电流变化率及增量保护、双边联跳保护、过电流保护等。

6.6.4.3 馈线应设接触网故障判别自动重合闸装置。

6.6.4.4 馈线继电保护应与车辆的主保护相互协调配合。

6.6.4.5 牵引直流设备应设框架泄漏保护装置。

6.6.4.6 接触网保护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。

6.6.5 再生制动能量回馈装置或双向变流器保护装置

6.6.5.1 再生制动能量回馈装置或双向变流器保护应包括：电流速断保护、过电压保护、过电流保护、温度保护、元件短路保护、交流电网失电保护等。

6.6.5.2 再生制动能量回馈装置或双向变流器保护应充分考虑与馈线继电保护的配合。

6.6.6 信号报警装置

6.6.6.1 牵引整流变压器应装有温升异常报警装置。

6.6.6.2 整流器应装设元件损坏及温升异常报警装置。

6.6.6.3 再生制动能量回馈装置应装故障异常报警装置。

6.6.6.4 再生制动能量回馈变压器应装有温升异常报警装置。

6.6.6.5 双向变流装置应装设故障异常报警装置。

6.6.6.6 双向变流的牵引变压器应装有温升异常报警装置。

1. **电缆**

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

7.2地下建筑物内应选用低烟无卤阻燃型电缆。

7.3 直流牵引电缆应符合GB/T 28429的规定。

7.4电缆的敷设及接地方式应按照GB 50217 执行。

1. **接触网**

8.1通则

8.1.1 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。

8.1.2 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馈电。

8.1.3 正常运行方式下正线接触网应采用双边供电方式。

8.1.4 车辆段、停车场的接触网，应以单独的馈线供电。

8.1.5 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GB 50157的规定。

8.2接触轨

8.2.1 接触轨的支撑件应满足机械强度和绝缘耐压的要求。

8.2.2 在牵引变电所所在车站，接触轨应设置分断区或断电区。

8.2.3 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。

8.2.4 列车受电器与接触轨接触部分的材料硬度应低于接触轨授流面部分材料的硬度。

8.2.5 接触轨应结合列车受流条件选择接触授流方式。

8.2.6 安装在道床上的供电接触轨应设置防护罩，专用回流轨可不设置防护罩。

8.3 架空接触网

8.3.1 架空接触网类型应根据技术、经济及运营条件综合比较确定。

8.3.2 当正线柔性架空接触网接触线高度发生变化时，其最大坡度及变化率应符合表2的规定；正线刚性架空接触网接触线的最大坡度不应大于1‰。

**表2** 柔性架空接触线最大坡度及变化率

| 列车速度（km/h） | 接触线最大坡度（‰） | 接触线最大坡度变化率（‰） |
| --- | --- | --- |
| 10 | ≤40 | ≤20 |
| 30 | ≤20 | ≤10 |
| 60 | ≤10 | ≤5 |
| 90 | ≤6 | ≤3 |
| 100 | ≤5 | ≤2 |
| 120 | ≤4 | ≤2 |

8.3.3 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，应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。

8.3.4 柔性悬挂接触线在直线区段及曲线半径不小于4000m区段应按“之”字形布置，其它曲线区段宜采用曲外布置拉出值，刚性悬挂接触线的拉出值宜采用折线形布置。接触线相对受电弓中心线的最大偏移量不应大于受电弓工作宽度的1/2。

8.3.5 露天区段正常情况下接触线距轨面的最低高度应为4400mm。隧道内接触线距轨面的最低高度应为4040 mm。

1. **牵引供电系统接地、回流及过电压保护**

9.1 牵引供电系统接地

9.1.1 供电系统中电气装置与设施的外露可导电部分除有特殊规定外均应接地。

9.1.2 当供电系统与其他系统共用接地装置时，其接地电阻应不大于接入设备中要求的最小值。

9.1.3 变电所接地装置应能降低接触电位差和跨步电位差，并应符合GB/T 50065的有关规定。

9.1.4 地下牵引变电所的人工接地网应采用铜质材料。

9.1.5 变电所应利用车站结构钢筋或变电所结构基础钢筋等自然接地极作为接地装置，并宜敷设以水平接地极为主的人工接地网。自然接地装置和人工接地网间应采用不少于两根导体在不同地点相联接。自然接地极与人工接地网的接地电阻值应能分别测量。

9.1.6接地装置至变电所的接地线的截面，不应小于系统中保护地线截面的最大值。

9.1.7牵引变电所中的直流牵引供电设备应绝缘安装。

9.1.8 正常双边供电运行时，站台处走行轨对地电位不应大于120V，车辆基地库线走行轨对地电位不应大于60V。当走行轨对地电压超标时，应采取短时接地措施。

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

9.2 轨道回流

9.2.1 采用走行钢轨回流的牵引供电系统，杂散电流腐蚀防护的原则应为抑制杂散电流产生，并应减少杂散电流向城市轨道交通外部扩散。兼做回流的走行轨与隧洞主体结构(或大地)之间的过渡电阻值，以及杂散电流腐蚀防护的其他要求，应符合GB/T 28026.2和CJJ 49的有关规定。

9.2.2 对杂散电流及防护对象应进行自动监测。

9.2.3 无砟道床中应设置排流钢筋网，并应与其他结构钢筋、金属管线、接地装置非电气连接。不应利用主体结构钢筋作为排流网。

9.2.4 牵引变电所应设置杂散电流监测及排流设施，应根据杂散电流的监测情况，决定是否将排流设施投入使用。

9.2.5 上、下行轨道间应设置均流线，且每处不应少于2根电缆。

9.2.6 连接牵引变电所的回流电缆不宜少于2回，当其中1个回路中的1根电缆发生故障时应满足回流的要求。

9.3 过电压保护

9.3.1 交流高压设备的过电压保护和绝缘配合的设置，应按GB 50064的要求执行。

9.3.2牵引整流机组的正、负母线之间应设置过电压防护措施。

9.3.3 整流器、再生制动能量回馈装置及双向变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。

9.3.4 地面区段牵引网(含架空馈线)应采取有效的大气过电压保护措施，在雷暴日超过40d区段宜设置避雷线或将架空地线升高兼做避雷线。

9.3.5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。

1. **电力监控系统**

10.1 调度原则

10.1.1 牵引供电系统应设有电力调度机构，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。

10.1.2 电力调度机构的设置应与线路的划分和行车调度机构的设置相适应。

10.2 调度通讯

10.2.1 电力调度室与所辖变电所、同级电力调度室、行车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。

10.2.2 调度电话应配备录音装置。

10.2.3 工程应急维修车应配备无线电通讯装置。

10.3 监控设备

10.3.1 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。

10.3.2 监控设备至少应包括遥信、遥测和遥控功能。

10.3.3 电力调度室应装设系统模拟显示装置。

10.3.4 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2h的需要。

10.3.5 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3s，其误码率应小于10—3，变电所应有远动备用通道。

10.3.6 监控装置平均无故障工作时间应大于50000h。

10.3.7 事件分辨率，站间应不大于5ms,站内应不大于1ms。

10.3.8 遥测综合误差应不大于 1.5%。

10.3.9 画面调用响应时间应不大于3s。

10.3.10电力监控设备宜设置具有提升牵引变电所无人化和智能化水平的智能监测、巡检装置。

**附 录 A**

（规范性附录)

**牵引整流变压器**

**表A.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) | 630/800/1000/1250/1600/2000/2500/2750/3000/3300/3600/4000 |
| 额定高压侧 | 10 kV/20 kV/35 kV |
| 额定低压侧 | 2×0.59 kV/2×1.18kV |
| 额定频率 | 50 Hz |
| 相 数 | 3 |
| 连接组别 | 应按JB/T10693规定 |
| 温升限值 | 应按JB/T10693规定 |
| 相位角偏差 | 应按JB/T10693规定 |
| 短路阻抗 | 6%或8% |
| 无励磁调压范围 | ±2×2.5% |
| 绝缘等级 | F或H |
| 阀侧两个y、d联结分裂线圈的电压与额定电压差 | -0.2%~+0.2% |
| 阀侧两个y、d联结分裂绕组短路阻抗不平衡率 | ≤3% |
| 等效24脉波整流的两台整流变压器短路阻抗不平衡率 | ≤2.0% |
| 局部放电 | 10kV:≤5pC20kV≤10pC35kV:≤10pC |
| 设计寿命 | 30年 |

注：低运量系统根据工程实际情况设置。

**表A.2牵引整流变压器损耗参数**

| 额定容量(kVA) | 电压等级(kV) | 空载损耗(W) | 负载损耗(W)(120℃) | 短路阻抗(%) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 630 | 10 | ≤1380 | ≤6350 | 6 |
| 20 | ≤1660 | ≤7500 |
| 35 | ≤1850 | ≤8090 |
| 800 | 10 | ≤1530 | ≤6950 |
| 20 | ≤1800 | ≤8370 |
| 35 | ≤2060 | ≤8930 |
| 1000 | 10 | ≤1700 | ≤7720 |
| 20 | ≤2000 | ≤9300 |
| 35 | ≤2300 | ≤9870 |
| 1250 | 10 | ≤1880 | ≤8580 |
| 20 | ≤2140 | ≤10180 |
| 35 | ≤2550 | ≤10970 |
| 1600 | 10 | ≤2220 | ≤10230 |
| 20 | ≤2530 | ≤12070 |
| 35 | ≤2970 | ≤13360 |
| 2000 | 10 | ≤2600 | ≤12360 |
| 20 | ≤2990 | ≤14000 |
| 35 | ≤3400 | ≤16250 |
| 2500 | 10 | ≤2950 | ≤13810 |
| 20 | ≤3330 | ≤15500 |
| 35 | ≤3710 | ≤17950 |
| 2750 | 10 | ≤3210 | ≤15260 |
| 20 | ≤3660 | ≤17000 |
| 35 | ≤4010 | ≤19150 |
| 3000 | 10 | ≤3510 | ≤16700 | 8 |
| 20 | ≤4060 | ≤18650 |
| 35 | ≤4380 | ≤21150 |
| 3300 | 10 | ≤3780 | ≤18130 |
| 20 | ≤4270 | ≤20300 |
| 35 | ≤4670 | ≤22940 |
| 3600 | 10 | ≤4160 | ≤19950 |
| 20 | ≤4690 | ≤22300 |
| 35 | ≤5140 | ≤24240 |
| 4000 | 10 | ≤4400 | ≤21200 |
| 20 | ≤4900 | ≤23550 |
| 35 | ≤5450 | ≤25610 |

附录**B**

(规范性附录)

牵引整流器

表B.1牵引整流器主要技术要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 整流器类型 | 1500V整流器 | 750V整流器 |
| 额定直流电压(V) | 1500 | 750 |
| 最高直流电压(V) | 1800 | 900 |
| 绝缘耐压 | 主电路5.6 kV,50 Hz,1min辅助电路2 kV,50 Hz,1 min 冲击耐压18kV(波形1.2/50μs) | 主电路3.8kV,50 Hz,1 min辅助电路2kV,50 Hz,1 min 冲击耐压12kV(波形1.2/50 μs) |
| 额定功率时整流器效率 | ≥99% |
| 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 |
| 温度保护 | 整流元件温度保护 |

**附 录 C**

(规范性附录)

**再生制动能量回馈装置**

**表C.1 再生制动能量回馈变流器主要技术要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 能量回馈变流器类型 | 1500V能量回馈变流器 | 750V能量回馈变流器 |
| 直流侧标称电压 | 1500V | 750V |
| 直流侧最高电压 | 1950V | 1000V |
| 绝缘耐压 | 主电路5.6kV，50Hz，1min；辅助电路2kV，50Hz，1min；冲击耐压18kV（波形1.2/50µs） | 主电路 3.8kV，50Hz，1min辅助电路 2kV，50Hz，1min冲击耐压 12kV（波形 1.2/50µs） |
| 负荷等级 | 间歇周期工作制（工作30秒，停90秒） |
| 效率 | ≥98% |
| 交流侧功率因数 | ≥0.98 |
| 交流侧谐波 | THD ≤3% |
| 冷却方式 | 强迫风冷 |
| 从直流电压达到启动门槛值到变流器有电流输出的时间 | ≤10ms |
| 变流器输出电流从零到到额定电流所需的时间 | ≤1s |
| 噪音 | ≤70dB（A）(应满足GB 3096规定) |
| 保护类型 | 过电压保护、过电流保护、温度保护、电力电子元件保护 |
| 设计寿命 | 30年 |

**附 录 D**

(规范性附录)

**双向变流器**

**表D.1双向变流器主要技术要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 双向变流器类型 | 1500V双向变流器 | 750V双向变流器 |
| 直流侧标称电压 | 1500V | 750V |
| 直流侧最高电压 | 1950V | 1000V |
| 绝缘耐压 | 主电路5.6kV，50Hz，1min；辅助电路2kV，50Hz，1min；冲击耐压18kV（波形1.2/50µs） | 主电路 3.8kV，50Hz，1min辅助电路 2kV，50Hz，1min冲击耐压12kV（波形 1.2/50µs） |
| 负荷等级 | 见6.5.6 |
| 效率 | ≥98% |
| 交流侧功率因数 | ≥0.98 |
| 交流侧谐波 | THD ≤3%（电压谐波及电流谐波） |
| 直流纹波系数 | ≤3% |
| 冷却方式 | 强迫风冷 |
| 从直流电压达到启动门槛值到变流器有电流输出的时间 | ≤10ms |
| 变流器输出电流从零到到额定电流所需的时间 | ≤1s |
| 噪音 | ≤70dB（A）(应满足GB3096规定) |
| 保护类型 | 过电压保护、过电流保护、温度保护、IGBT短路保护 |
| 设计寿命 | 30年 |

附录**E**

(规范性附录)

直流断路器

表E.1直流断路器主要技术要求

|  |  |
| --- | --- |
| 额定电压*Ue* | 750V/1500V |
| 绝缘电压*Ui* | 1500V/3000V |
| 额定持续电流*Ie* |  |
| 2h持续电流(40℃) | 1.2*Ie* |
| 1min持续电流(40℃) | 3*Ie* |
| 10s持续电流(40℃) | 4*Ie* |
| 短路开断能力 | ≥100 kA/70kA(时间常数10ms)；≥115 kA/80kA(时间常数10ms) |
| 限流系数 | ≤0.65 |
| 开断过电压 | ≤2.5*Ue* |
| 固有动作时间 | ≤5 ms |
| 机械寿命 | ≥20000次 |

注：直流短路开断能力结合系统短路电流计算结果进行选择。