

团体标准

T/CAMET XXXXX—XXXX

城市轨道交通供电系统资源共享

设计规范

（征求意见稿）

编制说明

《城市轨道交通供电系统资源共享设计规范》

（征求意见稿）编制说明

1 任务来源、协作单位

1.1 任务来源

2020年4月，根据中国城市轨道交通协会《关于下达中国城市轨道交通协会2020年第一批团体标准制修订计划项目的通知》（中城轨〔2020〕22号）的要求，由中国城市轨道交通协会设计咨询专业委员会组织北京城建设计发展集团股份有限公司等单位起草编写《城市轨道交通供电系统资源共享设计规范》，计划编号为2020001-T-01，项目周期1年。

1.2 协作单位

《城市轨道交通供电系统资源共享设计规范》编制协作单位包括：北京城建设计发展集团股份有限公司、北京市轨道交通建设管理公司、福州地铁集团有限公司、厦门轨道交通集团有限公司、西安轨道交通有限责任公司。

2 编制工作组简况

2.1 编制工作组及其成员情况

| 序号 | 姓 名 | 单 位 | 职务/职称 | 分工 |
|----|-----|------------------|-----------|---------|
| 1 | 于松伟 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 副总经理/教高 | 技术顾问 |
| 2 | 杨兴山 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 院副总工/教高 | 主编 |
| 3 | 韩连祥 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 轨道院副总工/教高 | 审查人 |
| 4 | 陈德胜 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 所长/教高 | 协调人/审查人 |
| 5 | 孙名刚 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 所总/教高 | 审查人 |
| 6 | 周菁 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 所总/教高 | 审查人 |
| 7 | 王绍勇 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 分院院长/高工 | 审查人 |
| 8 | 胡伟然 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 高工 | 副主编/联络人 |
| 9 | 陈海辉 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 高工 | 编写人 |
| 10 | 樊建辉 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 高工 | 编写人 |
| 11 | 高东升 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 高工 | 编写人 |
| 12 | 梁玉娟 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 室主任/高工 | 编写人 |
| 13 | 邱小梅 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 高工 | 编写人 |
| 14 | 杨锐 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 高工 | 编写人 |
| 15 | 韩志杰 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 高工 | 编写人 |

| | | | | |
|----|-----|------------------|------------|------|
| 16 | 郭志奇 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 高工 | 编写人 |
| 17 | 雷芳 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 工程师 | 编写人 |
| 18 | 高扬 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 工程师 | 编写人 |
| 19 | 朱雨婷 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 工程师 | 编写人 |
| 20 | 于木里 | 北京城建设计发展集团股份有限公司 | 工程师 | 编写人 |
| 21 | 王颖 | 北京市轨道交通建设管理有限公司 | 供电部部长 | 技术顾问 |
| 22 | 蔡波 | 厦门轨道交通集团有限公司 | 副总经理 | 技术顾问 |
| 23 | 杨波 | 厦门轨道交通集团有限公司 | 建设分公司副总经理 | 审查人 |
| 24 | 姚崇武 | 福州地铁集团有限公司 | 高工 | 编写人 |
| 25 | 何俊伟 | 福州地铁集团有限公司 | 工程师 | 编写人 |
| 26 | 卢国仪 | 福州地铁集团有限公司 | 工程师 | 编写人 |
| 27 | 林清 | 福州地铁集团有限公司 | 工程师 | 编写人 |
| 28 | 胡建侠 | 西安市轨道交通集团有限公司 | 建设分公司副总经理 | 技术顾问 |
| 29 | 夏付炳 | 西安市轨道交通集团有限公司 | 建设分公司副总工程师 | 技术顾问 |

2.2 标准主要起草人及其所做的工作

| 序号 | 章节 | 起草人 |
|----|-------------------|--|
| 1 | 第 1 章、第 2 章、第 3 章 | 杨兴山、胡伟然 |
| 2 | 第 4 章 | 雷芳、朱雨婷 |
| 3 | 第 5 章 | 于松伟、杨兴山、韩连祥、陈德胜、胡伟然、陈海辉、高东升、杨锐、高扬、郭志奇、樊建辉、王颖、蔡波、杨波、胡建侠、夏付炳、姚崇武、何俊伟 |
| 4 | 第 6 章 | 梁玉娟、周菁、孙名刚、王绍勇 |
| 5 | 第 7 章 | 邱小梅、于木里 |
| 6 | 第 8 章 | 韩志杰、孙名刚 |
| 7 | 第 9 章 | 樊建辉、朱雨婷 |
| 8 | 第 10 章 | 卢国仪、林清 |

3 起草阶段的主要工作内容

至 2021 年 4 月，编制组经广泛调查研究，认真梳理了多个城市的资源共享研究报告，总结了近年来城市轨道交通供电系统资源共享规划、设计、建设和运营管理经验，期间 10 余次组织工作组内部讨论会，重点分析讨论了“供电系统资源共享”定义、资源共享主变电所站址选择、资源共享主变电所外电源电压等级以及主变压器台数与容量选择等内容，最终修改完善形成标准征求意见稿及编制说明。

4 标准编制原则及与国家法律法规和强制性标准及有关标准的关系

4.1. 编制原则

经过起草工作组成员讨论认证，确定标准编制遵循下列基本原则：

(1) 承接性原则。标准术语应与相应国家、行业和地方标准的规定内容相一致，杜绝条文自相矛盾。标准技术内容应与国家、国际、行业和地方标准兼容，防止出现冲突，确保一致性。标准技术内容中引用其他标准时，需明确指出所引用标准内容，增强标准的可读性和可操作性。

(2) 科学技术性原则。标准编制以保障城市轨道交通供电系统资源共享的合理推进为目标，充分考虑标准内容的科学性和技术性，规定城市轨道交通供电系统资源共享的相关要求。

(3) 可操作性原则。标准在充分考虑广泛适用性的基础上，重点吸收相关建设和运营单位的经验，同时在编写过程中充分征求相关单位的意见，提高标准在实际应用中的可操作性。

4.2. 国家法律法规和强制性标准及有关标准的关系

本规范规定了城市轨道交通供电系统资源共享相关内容，指导城市轨道交通供电系统资源共享设计，适用于直流、交流牵引制式城市轨道交通线路。本规范执行国家有关土地、电力资源的法规和方针政策，充分响应国家“十三五”规划中推进资源节约、集约利用，提高资源利用综合效益的号召。

本规范在编制过程中，参考、引用了《地铁设计规范》、《铁路电力牵引供电设计规范》、《35kV~110kV 变电站设计规范》、《电力工程电缆设计标准》、《电能质量公用电网谐波》、《电力装置电测量仪表装置设计规范》等规范、标准，其中相关条款是本规范必不可少的组成部分。

5 标准主要技术内容的论据或依据

本规范按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求编写，在充分调研的基础上，明确城市轨道交通供电系统资源共享所面临的主要问题，并参考已实施的相关规范内容，以此作为编制的依据。

(1) “供电系统资源共享”定义确定

该术语曾定义为“对城市轨道交通供电系统电力设施、管理资源、土地资源的共用和分享”，因为考虑到主变电所的资源共享包含土地资源的共享，供电车间资源共享属于组织机构管理资源共享。但经查找资料，“设施”的含义为“满足某种需要而建立起来的机构、组织、系统以及建筑等”，因此电力设施已包含电力设备及相关的组织机构管理资源、房屋建筑等设施资源。经讨论研究，“供电系统资源共享”定义为“多条城市轨道交通线路、多个城市轨道交通系统或多个电力用户对城市轨道交通供电系统电力设施的共用和分享”。

(2) 关于资源共享主变电所站址标高宜在 100 年一遇高水位上问题

根据《35~110kV 变电站设计规范》变电所站址标高宜在 50 年一遇高水位上，而对于资源共享主变电所，资源共享线路建设时序前后差距不等，远期共享线路可能与初期建设时相隔 20~30 年。又考虑到资源共享主变电所的重要性，将站址标高防洪等

级提高一级。

(3) 关于资源共享主变电所外电源电压等级可选择问题

本规范适用于直流牵引制式及交流 25kV 牵引制式城市轨道交通,外电源电压等级考虑了系统需求及我国电网电压等级现状。适用于轨道交通外电源的 220kV、110kV 电压等级在我国各地应用较普遍,可用于直流牵引制式及交流 25kV 牵引制式城市轨道交通。我国东北部分城市外电源存在 66kV 电压等级,由于交流 25kV 牵引制式时负序电流较大,而 66kV 电压等级短路容量较低,因此 66kV 建议用于直流牵引供电制式轨道交通。随着电网的发展,35kV 电压等级逐步退出运行,但在青岛等个别城市仍存在,35kV 电压等级适用于直流牵引制式城市轨道交通线路,比自建 110/35kV 主所节省投资,因此建议城市电网 35kV 外电源可用时,优先选择 35kV 外电源。

(4) 关于主变压器台数与容量选择问题

深圳、成都等城市部分线路出现开通初期客流即达到远期水平,主变压器容量应按远期客流一次到位实施。除却轨道交通线路客流增加等因素导致用电负荷变化外,轨道交通线路分期建设亦致使资源共享主变电所负荷变化,主变压器台数和容量应结合既有资源共享线路和规划资源共享线路用电负荷容量、等级、计费原则、损耗、分期扩建难度及成本等因素确定。

6 主要试验(验证)的分析、综述报告,技术经济论证,预期的经济效果

6.1 主要试验(验证)的分析

(1) 关于 5.2.3 同一座资源共享主变电所承担的城市轨道交通线路不宜多于 3 条线路的验证分析

主变电所资源共享带来投资减少、效益增加的同时也存在一定的弊端。资源共享主变电所由原来承担一条轨道交通线路供电,变成同时承担多条轨道交通线路供电。供电范围扩大了,当该共享主变电所故障解列时,停电影响范围也扩大了,供电支援的难度也增加了。考虑到供电系统的可靠性,资源共享应有一定限度,因此,规定同一座资源共享主变电所承担的城市轨道交通线路不宜多于 3 条线路。

另一方面,轨道路交通常用的主变压器容量一般不大于 63MVA。根据线网分布情况,一条中等运量,25~35km 的线路主变压器容量约 2*20~25MVA,2 条资源共享线路主变压器容量约 2*31.5~40MVA,3 条资源共享线路主变压器容量约 2*50~63MVA。资源共享线路不超过 3 条时,主变压器容量大小适中。资源共享线路多于 3 条时,主变压器容量增大,变压器短路阻抗增大,其本身损耗增加,不利于节能。主变压器容量增大,外线规格增加也会引起投资增加。

(2) 关于 5.6.3 资源共享主变电所至共享线路馈线的计量装置准确度等级的验证分析

GB/T50063-2017 4.1.2 条,关于计量装置准确度等级的相关要求,电能计量装置应符合现行标准《电能计量装置技术管理规程》DL/T448 的规定。DL/T448-2016 第 6.1.b) 条规定如下。

b) II类电能计量装置。

110（66）kV～220kV 贸易结算用电能计量装置，220kV～500kV 考核用电能计量装置。计量单机容量 100MW～300MW 发电机发电量的电能计量装置。

a) 各类电能计量装置应配置的电能表、互感器准确度等级应不低于表 1 所示值。

表 1 准确度等级

| 电能计量装置类别 | 准确度等级 | | | |
|-----------------------|-------|----|-------|--------|
| | 电能表 | | 电力互感器 | |
| | 有功 | 无功 | 电压互感器 | 电流互感器* |
| I | 0.2S | 2 | 0.2 | 0.2S |
| II | 0.5S | 2 | 0.2 | 0.2S |
| III | 0.5S | 2 | 0.5 | 0.5S |
| IV | 1 | 2 | 0.5 | 0.5S |
| V | 2 | — | — | 0.5S |
| * 发电机出口可选用非 S 级电流互感器。 | | | | |

按 DL/T448-2016 要求，城市轨道交通属于 II 类电能计量装置，考虑到轨道交通用电量较大，资源共享的主变电所也可能为不同运营公司供电，因此，建议有功电能计量等级提高一级，按 0.2S 级要求。电流互感器、电压互感器的准确度等级要求据此分别选择 0.2S 级和 0.2 级。

无功电度计量不收费，准确度等级要求不高。根据 DL / T 448-2016《电能计量装置技术管理规程》第 6.2 条要求，I~V 类电能计量装置无功计量准确度均为 2 级，因此无功计量准确度等级要求为 2 级。

(3) 关于 5.6.5 资源共享主变电所电流互感器二次侧电流宜采用 1A 的验证分析

根据 GB/T 50063-2017《电力装置电测量仪表装置设计规范》7.1.6 条，测量用电流互感器的额定二次电流可选用 5A 或 1A。110kV 及以上电压等级的电流互感器宜选用 1A。但在实际应用中 1A 的电流互感器比 5A 的有不少优越之处。

1) 1A 的电流互感器功耗小，节约电能，可采用小容量电流互感器

以导线截面为 2.5mm^2 电线长度为 10m 的铜导线为例，采用 1A 电流互感器线路功耗为 0.14VA，采用 5A 电流互感器功耗为 3.57VA，即用 1A 电流互感器的功耗仅为 5A 电流互感器的 4%。

表 2 电流互感器二次侧电流 1 A 和 5 A 时同长度和同截面的铜导体功耗对比
Tab. 2 Comparisons of power consumptions on cooper conductors with the same length and section for current transformers with secondary current of 1 A and 5 A

| 导线 截面 /mm ² | 二次 侧电流 /A | 导线固有功耗 (在不同电线长度时) | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | 1 m /VA | 2 m /VA | 3 m /VA | 4 m /VA | 5 m /VA | 6 m /VA | 7 m /VA | 8 m /VA | 9 m /VA | 10 m /VA | 20 m /VA | 50 m /VA | 100 m /VA |
| 1.5 | 1 | 0.02 | 0.05 | 0.07 | 0.10 | 0.12 | 0.14 | 0.17 | 0.19 | 0.21 | 0.24 | 0.48 | 1.19 | 2.38 |
| | 5 | 0.60 | 1.19 | 1.79 | 2.38 | 2.98 | 3.57 | 4.17 | 4.76 | 5.36 | 5.95 | 11.9 | 29.76 | 59.52 |
| 2.5 | 1 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.06 | 0.07 | 0.09 | 0.1 | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.29 | 0.71 | 1.43 |
| | 5 | 0.36 | 0.71 | 1.07 | 1.43 | 1.79 | 2.14 | 2.5 | 2.86 | 3.21 | 3.57 | 7.14 | 17.85 | 35.71 |
| 4 | 1 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.18 | 0.45 | 0.89 |
| | 5 | 0.22 | 0.45 | 0.67 | 0.89 | 1.12 | 1.34 | 1.56 | 1.79 | 2.01 | 2.23 | 4.46 | 11.16 | 22.32 |
| 5 | 1 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.12 | 0.30 | 0.60 |
| | 5 | 0.15 | 0.30 | 0.45 | 0.60 | 0.74 | 0.89 | 1.04 | 1.19 | 1.34 | 1.49 | 2.98 | 7.41 | 14.88 |
| 10 | 1 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.07 | 0.18 | 0.36 |
| | 5 | 0.09 | 0.18 | 0.27 | 0.36 | 0.45 | 0.54 | 0.63 | 0.71 | 0.80 | 0.89 | 1.79 | 4.46 | 8.93 |

在相同截面和相同长度的导体条件下,二次侧电流为 1A 电流互感器的容量可以较小,不仅降低电流互感器价格,而且由于电流互感器体积减小,还可以减小开关柜的尺寸。

2) 1A 的电流互感器传输距离远、允许带更多负荷

表 3 二次侧电流为 1 A 与 5 A 的电流互感器允许传输距离
Tab. 4 Allowable transmission distances for current transformers with secondary current of 1 A and 5 A

| 额定容量 /VA | 电流规格 /A | 电线截面 /mm ² | | | |
|-------------|------------|-----------------------|-------|------|------|
| | | 1 | 1.5 | 2.5 | 4 |
| 2.5 | 1 | 71 | 106.5 | 178 | 284 |
| | 5 | 2.8 | 4.3 | 7.1 | 11.4 |
| 5 | 1 | 142 | 213 | 355 | 586 |
| | 5 | 5.7 | 8.5 | 14.2 | 22.7 |
| 10 | 1 | 284 | 426 | 710 | 1136 |
| | 5 | 11.4 | 17 | 28.4 | 45.5 |

从表 3 可以看出,以额定容量为 2.5VA,电线截面为 2.5mm²的电流互感器为例,1A 电流互感器的传输距离为 178m,5A 电流互感器的传输距离为 7.1m。在相同额定负荷和相同导线截面的情况下,1A 互感器传输距离是 5A 互感器传输距离的 25 倍。

3) 在相同条件下,1A 的电流互感器可采用小截面导线,降低工程投资。

GB/T 50063-2017《电力装置电测量仪表装置设计规范》第 8.1.5 条规定:对一般测量回路电缆线芯截面,当二次电流为 5A 时,不宜小于 4mm²,二次电流为 1A 时,不宜小于 2.5mm²。因此,在电流互感器相同容量和导线长度相同的条件下,当电流互感器二次电流为 1A 可以用小截面导体,降低了工程造价。

综上所述,规范第 5.6.5 条规定:资源共享主变电所电流互感器二次侧电流应采用 1A。

6.2 综述报告

无。

6.3 技术经济论证

在轨道交通进入网络化建设阶段，供电系统资源共享在国内各大中城市的轨道交通建设中已开展研究多年，并编制城市轨道交通供电系统资源共享专题研究报告，已积累丰富的工程经验。本规范在总结各地供电系统资源共享工程经验的的基础上进行提炼、编制而成，可有效指导供电系统资源共享规划、设计方案。在全国范围轨道交通行业内推广有利于提高供电系统资源共享设计的规范性，降低建设、运营投资。

6.4 预期的经济效果

城市轨道交通供电系统资源共享可以实现电力资源、土地资源的合理利用、综合配置、高效使用，可以减少电力设施、土地资源占用，减少对城市规划的影响。可以降低建设投资，节省运营维护成本，响应国家推进资源节约、集约利用，提高资源利用综合效益的号召，树立共享的发展理念，落实节约能源和保护环境基本国策。

7 采用国际标准的程度及水平的简要说明

本标准未参考国际标准。

8 重大分歧意见的处理经过和依据

在规范编制过程中，对于资源共享主变电所高压侧主接线形式曾存在意见分歧。直流牵引制式轨道交通建设较早，部分城市在直流牵引制式轨道交通建设过程中，主变电所高压侧主接线采用桥式接线，认为可靠性比线路变压器组接线方式更高。但采用桥式接线变压器的投入、切除运行方式复杂，投资大大增加。直流牵引制式轨道交通一条线路一般设2座及以上主变电所，至少4路外电源，可靠性已相当高。线路变压器组接线简单，投资低，完全满足轨道交通用电需求，因此，首先建议采用线路变压器组接线方式。

9 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）

本规范作为国内第一本针对轨道交通供电系统的专门规范，适用于直流、交流牵引制式城市轨道交通线路，建议在全国城市轨道交通工程设计中推广应用。

标准贯彻的相关措施建议：成立标准实施工作领导小组，编制单位技术骨干组成技术组，组织标准培训、宣贯和答疑。

10 其他应予说明的事项，如涉及专利的处理等

本规范所涉及的技术内容不涉及任何产品的专利技术。