

城市轨道交通供电系统运营技术规范

(试行)

1 总则

1.1 编制依据

为进一步提高城市轨道交通供电系统的可靠性、可用性、可维护性和安全性,根据《国务院办公厅关于保障城市轨道交通安全运行的意见》《城市轨道交通运营管理规定》等有关要求,制定本规范。

1.2 适用范围

新建地铁、轻轨的供电系统,除符合国家现行有关规定和要求外,适用于本规范。其他城市轨道交通制式的供电系统参照本规范执行。

1.3 系统构成

供电系统是为城市轨道交通提供电能的关键系统,主要包括外部电源,以及牵引网、变配电、动力与照明、电力监控、杂散电流防护等子系统。

2 术语

2.1 外部电源

为城市轨道交通提供电能的城市电网电源。

2.2 牵引网子系统

与受电弓、集电靴接触为列车提供电能的系统,包括接触网和回流网。

2.3 变配电子系统

包括变电子系统和配电子系统。其中,变电是通过变压器变换电压等级的过程,配电是将电能自电源分配至用电设备的过程。

2.4 动力与照明子系统

为车站、区间、车辆基地等区域的电气设备提供低压电源和照明的设备总称。

2.5 电力监控子系统

对供电设备状态进行远程监视和控制的自动化系统。

2.6 杂散电流防护子系统

防范和监测杂散电流的系统。

3 总体要求

3.1 供电系统能力应与线路远期运输能力相适应,满足列车载重、行车密度、运行速度,以及低压设备用电的要求。

3.2 主变电所、电源开闭所引入的两路外部电源应由城市电网不同变电所或同一变电所不同母线分别接入,确保双回路电源互为备用。两路外部电源至少有一路为专线电源。相邻电源开闭所外部电源原则上引自城市电网不同变电所。

3.3 供电系统网络结构、系统容量、运行方式等应确保正常情况下为列车牵引及低压用电设备提供稳定可靠的电能,并满足下

列要求：

(1)当变电所失去一路电源等非正常情况时，应自动调整负荷分配，满足供电范围内列车牵引及其他一级、二级负荷设备的可靠供电，维持正常行车要求。

(2)当一座主变电所退出运行时，相邻主变电所应越区供电，并应具备向退出运行的主变电所供电范围提供电源支援能力。支援供电原则上不降低行车能力，长大线路和区间等特殊情况能力降低的，应明确支援区段最大行车能力。

(3)当一座电源开闭所退出运行时，相邻电源开闭所应越区供电，并应满足供电范围内列车牵引及其他一级、二级负荷设备的可靠供电，维持正常行车要求。

3.4 供电中压网络结构和电压等级应结合外部电源、用电容量、供电距离、与其他线路资源共享等因素综合确定。中压网络应采用双回路互为备用方式向牵引变电所、降压变电所供电。中压电压等级可分为 35kV、20kV 和 10kV 等。

3.5 牵引和低压配电网结构根据负荷等级确定，负荷等级分为一级、二级和三级，牵引负荷为一级负荷。一级负荷应采用双电源双回路供电，其中特别重要的负荷还应有应急电源供电。

直流牵引供电的正线接触网(轨)正常运行方式下应采用双边供电。交流牵引供电的正线接触网一般采用单边供电方式。车辆基地接触网(轨)应采用单边供电，供电分区间应具备互相支援供电的条件。

3.6 牵引网制式应考虑列车运行速度、牵引电压等级、运行环境、资源共享、线路敷设、经济性等因素综合确定。

3.7 变电所内直流牵引供电设备基础施工、设备安装等工艺应采取绝缘措施,对地绝缘电阻不宜小于 $2M\Omega$ 。整流器、直流开关柜、再生制动能量吸收装置(如有)、双向变流装置(如有)的框架保护宜分别设置,减小故障影响范围。

3.8 供电设备应符合电磁兼容性要求,通过电磁兼容测试并验收合格,不得影响其他专业设备正常运行。

3.9 供电设备应具有防火、防水、防尘、防潮、防腐蚀、抗震、防雷等性能。供电系统优先选用高强度、少维修、智能化的设备和通用性零部件及元器件,做到布设合理,并具有便于操作维护的空间。供电系统软件应具有完整的授权。

3.10 供电设备应具备机械防误操作机构或电子防误操作装置,防止维修人员误触带电设备、误入带电间隔、误操作开关分合闸而造成人身伤害或影响系统正常运行。

3.11 供电设备机房环境应满足设备对温湿度的要求。蓄电池、不间断电源(UPS)主机等机房可根据当地环境条件具备空调系统温湿度独立调节功能或设置独立空调系统。变电所设备房间的温湿度可根据需要实现远程监测。

3.12 供电系统可根据需要通过共用外部电源、跨线支援供电或其他方式实现资源共享。采用共用外部电源方式的,主变电所同时供电的线路不宜超过3条。

3.13 供电系统在确保安全可靠前提下,应充分考虑节能效果和经济性等因素选用节能设备。供电系统应具备能耗监测和管理功能。

4 牵引网子系统

4.1 牵引网应具有良好的授流回流条件和弓网(靴轨)关系,保证不间断行车的可靠供电,满足列车最高运行速度的行车要求。

4.2 接触网(轨)分为架空接触网和接触轨两种形式。架空接触网分为柔性架空接触网和刚性架空接触网。接触轨按照集电靴授流位置分为上部授流、侧部授流、下部授流。回流方式分为走行轨回流(含并联回流线)、专用轨回流。

4.3 接触网(轨)的电分段、接触网电分相应满足列车运行和调车作业的需要,并充分考虑减少故障停影响范围和提高检修停电便利性。

直流供电接触网(轨)的牵引变电所处、正线与其配线的衔接处、车辆基地和正线在出入段线上的衔接处、车辆基地电化库入口处应设置电分段。车辆基地和正线在出入段线上的衔接点宜设在车辆基地侧,并与轨道绝缘节位置相匹配,以便划分车辆基地和正线的管理界面。

交流供电接触网的电分相应确保列车(含救援列车)能通过断电区和通过后维持正常运行,避免设置在进出站和变坡点区段。交流供电接触网具有断电合电标识和接触网终点标识。

4.4 架空接触网电分段绝缘锚段关节、分段绝缘器等因列车停车可能造成拉弧、烧蚀断线的区域，应设置禁停标识、颜色标记或其他禁止停车提示，并宜将该区域纳入信号系统移动授权禁停区。

4.5 接触网(轨)应考虑供电分区、检修需要和减小故障影响范围等因素，设置断路器开关、隔离开关或负荷开关。

车辆基地内出入段线、场区、检修库宜分别独立设置供电分区。试车线应设置独立馈线供电。出入段线宜设置独立馈线供电，减少出入段线供电故障对正线运营的影响。

车辆基地和正线在出入段线上的电分段处应设置电动隔离开关，实现对车辆基地支援供电，条件具备时还可实现车辆基地对正线支援供电。

4.6 架空接触网供电线路的地面上和高架区段，除特殊地段外应采用柔性架空接触网，地下区段宜采用刚性架空接触网。柔性架空接触网和刚性架空接触网的衔接处应平滑过渡，宜采用切槽式过渡设备。

4.7 柔性架空接触网满足下列要求：

(1)车站、区间、车辆基地出入线和试车线宜采用全补偿简单链型悬挂，车辆基地其他线路宜采用简单链型悬挂。

(2)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。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。曲线区段拉出值选取应根据曲线半径、

线路超高、接触悬挂跨距、风偏值等因素确定，拉出值方向宜拉向曲线外侧。小曲线处定位装置宜采用软定位。在满足跨距、强度的前提下，车辆基地交叉渡线处定位点应尽可能减少，以提高接触线调整范围。定位器与定位环之间宜增加等电位连接线。

(3) 锚段长度应根据补偿器补偿位移范围、环境温度变化、接触网最高计算温度等因素确定，锚段补偿可采用滑轮组、棘轮补偿装置或弹簧补偿装置等。

(4) 地面和高架段的跨距应根据悬挂类型、线路曲线半径、受电弓工作宽度、张力组合、接触线的风偏值、运营条件等因素确定，最大跨距一般不大于 50m。

(5) 高架段下锚拉线垂直投影超出桥面范围时，应采取设置检修平台、加宽桥面或其他辅助措施，便于人员检修作业。

(6) 接触网带电部分与人员易接触区域应有 1m 以上的安全距离，受工程条件限制难以满足安全距离的，应采取绝缘或隔离措施。

(7) 单支柱(或吊柱)上布置不同供电分区的接触网时，应具有所属不同供电分区的提示信息。

(8) 架空地线与承力索交叉的，在交叉点及两侧裸露的接地线处宜加装总长不小于 2m 的绝缘护套。

(9) 高架段柔性架空接触网的导线张力驰度、下锚补偿行程、腕臂偏移量应综合考虑当地气象条件和桥梁伸缩设置。对于跨越非标准桥梁伸缩缝的中心锚结下锚、接触悬挂下锚、附加导线驰度

等应进行核算,满足列车正常取流和行车安全的要求。

(10)鸟类筑巢高发的区段应具有防鸟害措施。

4.8 刚性架空接触网满足下列要求:

(1)悬挂支撑结构应采用垂直悬挂装置或水平腕臂悬挂装置,实现水平、垂直双向调节。列车最高运行速度 120km/h 及以上线路宜采用水平腕臂悬挂装置。

(2)接触线宜采用折线形布置,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。拉出值应周期布置,直线段相邻拉出值变化斜率应保持一致。

(3)电分段应采用分段绝缘器或绝缘锚段关节,其中列车最高运行速度 120km/h 及以上线路,正线应采用绝缘锚段关节,减少拉弧情况。

(4)锚段关节处电连接线的载流量应满足列车牵引需求,电连接线尽可能减少并联供电导线数量。

(5)汇流排性能和参数应满足夹口夹持性能、拉伸强度、挠度等要求,避免出现汇流排变形、断裂等情况。汇流排两侧应具有排水孔,便于内腔凝露水的排出。

(6)上网电缆的隧道壁固定点与汇流排连接点的距离不宜大于 1m,现场安装条件不满足间距要求时,应采取增加托架、吊架或其他绝缘固定措施,防止电缆应力过大造成汇流排变形或电缆脱落。

(7)化学锚栓不得植入管片接缝处,植入点与管片边缘的距离

不宜小于 6 倍锚栓直径,且不宜小于 100mm,并应全部通过拉拔试验。

(8)接触线安装高度允许偏差应为±3mm,相邻悬挂点接触线的相对高差不应大于所在跨距值的 0.5‰,变坡段不应大于所在跨距值的 1‰。

4.9 接触轨满足下列要求:

(1)接触轨支撑间距应根据支架结构型式、道床型式、轨枕间距、短路电动力和运营条件等因素确定。绝缘支架或绝缘子安装面应平整,预制基础高度误差±2mm。上/下部授流接触轨的工作高度允许偏差为±5mm,其中,相邻两支撑点接触轨工作高度的高差不宜大于 3mm,困难条件下不应大于 5mm。绝缘支座或绝缘子基础底座下安装调节垫片的,垫片大小应与底座安装面保持一致,且数量不宜大于 3 片。

(2)接触轨跨距应根据授流方式、接触轨挠度、支架结构型式确定,接触轨跨距不宜大于 5m。

(3)正线接触轨布置应减少断口,当无法避免断轨时,断电区的设置应与列车编组型式和受流装置的布置相匹配,确保车辆在正线行驶的任意时刻至少有一个集电靴能够正常取流,确实无法满足时应设置禁停标识、颜色标记或其他禁止停车提示。

(4)道岔区段接触轨的布置应根据接触轨的安装位置、车辆集电靴外轮廓尺寸、道岔型号、转辙机位置等因素确定,并满足列车正常安全行驶的要求。

(5) 锚段长度应根据环境温度、载流温升、材料线性膨胀系数、伸缩要求等因素确定。线路纵向坡度大于等于 40‰ 时，一般设置 3 处中心锚结。

(6) 上部授流和下部授流接触轨应设置防护罩。车辆基地接触轨防护罩应采取不同颜色、编号或其他方式区分不同供电分区，并设置警示标志。下部授流接触轨的支架防护罩搭接长度不宜小于 200mm，应采用免拆式定位防护罩、设置观察窗、位置标线或其他便于观察防护罩位移的措施。下部授流接触轨的防护罩支撑卡与防护罩应采取限位措施，防止因气温变化、振动等出现移位。接触轨电连接处防护罩应便于电缆检修。

(7) 接触轨连接应满足对接头端正，接缝紧密贴合，曲线段接缝宽度不应大于 2mm，授流面过渡平滑。

4.10 接触网(轨)与车辆受电弓(靴)具有良好的动态相互作用性能，接触力和燃弧等关键指标应满足下列要求：

(1) 直流 1500V 制式：弓网动态平均接触力的最大值 $F_{m,max} < 0.00097v^2 + 140$ ，平均接触力的最小值 $F_{m,min} > 0.00112v^2 + 70$ ；标准偏差 $\sigma \leq 0.3 \times F_{m,max}$ 。

(2) 交流 25kV 制式：弓网动态平均接触力的最大值 $F_{m,max} < 0.00047v^2 + 90$ ，平均接触力的最小值 $F_{m,min} > 0.00047v^2 + 60$ ；标准偏差 $\sigma \leq 0.3 \times F_{m,max}$ 。

上式中：v—速度(km/h)；

$F_{m,max}$ —平均接触力的最大值(N)；

$F_{m,\min}$ —平均接触力的最小值(N);

σ —标准偏差。

(3) 直流 1500V 和 750V 制式靴轨接触面积、接触力应满足牵引供电电流负载的要求。

(4) 弓网燃弧次数应小于 1 次 / 160m, 燃弧率应小于 5%, 一次燃弧最大时间应小于 100ms。

(5) 受电弓垂向加速度应小于 490m/s^2 。

4.11 走行轨回流网应保持回流通路畅通，并满足下列要求：

(1) 连接牵引变电所与走行轨之间的回流电缆不应少于两个回路，当其中一个回路的一根电缆出现故障时应仍能满足回流的要求。

(2) 直流牵引供电回流网的导体应对地、对结构绝缘，回流网各导体间的连接必须牢固，移动相关连接件时应使用专用工具；走行轨对地电压，在正常运行条件下正线不应大于 DC120V，车辆基地不应大于 DC60V，具有电压超标时的防电击保护措施，并满足人体耐受电压要求。

(3) 均回流箱(如有)安装位置应合理布局，有良好的维护操作空间。

(4) 上、下行轨道间应设置均流线，且每处不应少于 2 根电缆。均回流电缆与走行轨的连接方式宜采用铜排低温冷钎焊加电气胀钉或单独采用电气胀钉的方式。均回流电缆与走行轨采用电气胀钉方式连接的，走行轨应根据电缆截面积、数量等要求预留连

接孔点位；采用焊接方式连接的，焊接不应对走行轨造成损伤；岔心处预留连接位置应方便均回流电缆安装和维护检修。均回流电缆和走行轨的连接点与应答器、计轴的间距一般大于 2m。

4.12 接触网(轨)宜配置可视化验电接地装置，具备对接触网(轨)状态的实时监视、自动验电、放电、接地功能，应满足下列要求：

(1)采用分层分布式结构，可根据运营需要在控制中心、车站控制室和车辆基地设置终端，方便远程监视和操作。

(2)显示接触网(轨)带电状态、接地状态和隔离开关设备状态，并显示异常报警信息。

(3)实时监视现场工况，设备操作时应主动推送对应设备视频画面，装置动作时应自动录制视频并储存。

(4)具备本站供电设备的防误闭锁以及站间供电设备的安全联锁、接触网(轨)验电与接地的安全联锁、远方和就地操作的软硬件防误闭锁功能。

(5)可视化验电接地装置单独设置时，具备从电力监控子系统接收隔离开关遥控防误校核请求，并返回防误校核结果的功能。

(6)可视化验电接地装置柜应设有泄压通道，防止故障时对人员的伤害。

4.13 正线上网隔离开关(柜)的位置尽量临近电分段处。直流隔离开关柜(如有)应设置便于查看开关刀闸位置的观察窗，正线停车线和车辆基地停车列检库线、试车线的隔离开关柜观察窗

应采用防爆玻璃。

4.14 车辆基地库内应设置可靠的股道带电显示装置,清晰醒目显示接触网(轨)带电/无电状态。

4.15 接触网(轨)及其零部件连接用螺母应采取双螺母、防松螺母或其他防松措施,采用双螺母时应具有易于识别松动的标记。

5 变配电子系统

5.1 变压器的容量和运行方式满足下列要求:

(1) 主变压器正常运行方式下两台分列运行,当一台主变压器退出运行时,另一台主变压器应能承担供电范围内一级和二级负荷需求。

(2) 直流牵引变压器正常运行方式下两台并列运行,当一台直流牵引变压器退出运行时,另一台直流牵引变压器在允许过负荷下可继续运行,并应能承担供电范围内牵引负荷需求。采用双向变流技术的,应确保单套双向变流装置退出运行后剩余双向变流装置或直流牵引变压器能承担供电范围内牵引负荷需求。交流牵引变压器正常运行方式下一台运行一台备用,每台交流牵引变压器应能承担供电范围内牵引负荷需求。

(3) 配电变压器正常运行方式下两台分列运行,当一台配电变压器退出运行时,另一台配电变压器应能承担供电范围内一级和二级负荷需求。

5.2 变压器隔离网栅或外壳门板应安装电磁锁或柜门行程开

关，并与变压器电源侧开关联锁，防止带电开门。隔离网栅或门板的材质和厚度应能防止变形导致电磁锁或柜门行程开关的误动作。

直流牵引变压器、配电变压器的高、低压侧应设置可用于悬挂接地线的检修端子。需要登高作业的变压器，上方建筑结构应设置可挂扣安全带的固定挂环。

5.3 变压器温控装置应能实时监测三相绕组及铁芯的温度，具备过温报警、超温跳闸等功能。温控装置可采用光纤、电阻双重采样元件(PT100 和 PTC)、红外等测温方式，使用的通信电缆应具有抗干扰能力。油浸式变压器原则上具有油色谱在线监测功能。

5.4 变电所气体绝缘开关设备的压力状态应上传至电力监控子系统，当绝缘气体压力降低至报警值时，电力监控子系统应发出报警信息，降低至低于最小运行值时，处在分位的断路器应闭锁合闸。

主变电所气体绝缘开关设备的机房外宜设置气体泄漏闪光报警装置。气体绝缘组合电器、气体绝缘开关柜的一次侧、二次侧宜分别设置试验专用电缆插座、试验专用端子排。

5.5 交流 0.4kV 开关设备满足下列要求：

(1) 馈出开关应根据安装条件、负荷、可维护性等合理布局，开关柜上部的大容量开关应配有升降辅助装置。

(2) 进线和母线分段断路器的小车和开关位置等信息宜通过

保护装置采集。

(3)进线开关、三级负荷总开关(如有)、照明母线、通风设备、冷水机组、站台门、电(扶)梯、不间断电源(UPS)、商业用电等开关柜应设置能耗计量装置。

5.6 整流器壳体、门板材质和厚度等应确保无变形，电磁锁应与整流器电源侧、直流侧开关联锁，防止带电开门。整流器电源模块原则上应单独设置，条件不具备时可集成在电路板卡上。整流器柜内宜单独设置二次室，便于人员检修作业。

5.7 高客流强度、小间隔行车线路的纵向联络(越区)开关可根据需要采用断路器，实现故障时快速倒闸操作维持正常运营。

5.8 牵引变电所的框架电流保护动作信号应采用就地复归方式，其他故障信号应实现远方复归，远方复归合闸次数超过设定次数后开关应自动闭锁，避免频繁动作损伤设备。

5.9 变电所操作电源为变电所保护装置、开关操作等提供电源，并满足下列要求：

(1)交流操作电源应采用单母线接线或单母线分段接线方式，由0.4kV两段母线分别引入一路电源，互为备用且能自动切换。

(2)直流操作电源应具有两路交流电源，馈出采用单母线接线或单母线分段接线方式。直流操作电源的整流充电装置正常运行时应满足变电所直流负荷用电需要。直流操作电源的进线电源失电后自动切换至蓄电池供电。整流充电装置和蓄电池的最大冲击负荷可按4台断路器同时动作考虑。

5.10 采用综合不间断电源(UPS)的,应为一级负荷中的特别重要负荷提供应急电源,为其他负荷提供备用电源。

5.11 蓄电池总容量按照失电后各用电设备负荷的后备时间需求计算,并选择安全可靠的蓄电池类型。蓄电池正负极应有颜色标识区分。蓄电池组应设置放电开关和总开关,总开关应独立设置告警干接点。

5.12 蓄电池应设置在线监测装置或电池管理系统,具有检测电池单体电压、系统总电压、充/放电电流、电池温度等功能。监测信息可根据需要上传至电力监控子系统、综合监控系统或其他管理系统。设有电池管理系统的,还应具备蓄电池的充电限流管理、过压欠压保护、放电过流管理、高温低温保护、短路保护等功能。

5.13 供电设备和线路应具有继电保护和自动装置,应能自动应对设备和线路的故障和异常运行状态,并切除故障和恢复供电。

继电保护装置具备就地和远方投退软压板、切换定值区、信号复归等操作功能,并能按时间顺序记录操作信息。继电保护装置支持装置断电、软硬件故障、通信异常等本体异常报警,支持远方调取故障录波功能。继电保护装置联跳逻辑应采用正逻辑。继电保护装置宜具备非故障录波功能,触发条件、采样间隔、储存方式根据运营需要确定。

5.14 0.4kV馈线断路器的容量不应小于下级0.4kV配电断

路器的容量,上下级继电保护级差应相互协调合理配置,有效控制故障影响范围。当无法满足级差要求时,0.4kV馈线断路器应优先保护馈线电缆。0.4kV馈线断路器宜选用电子脱扣器。

6 动力与照明子系统

6.1 动力与照明负荷分为一级负荷、二级负荷和三级负荷,并满足下列要求:

(1)一级负荷包括:通信、信号、应急照明、火灾自动报警系统、线网清分系统、线路中央计算机系统、自动售检票系统、综合监控系统(含环境与设备监控系统)、变电所操作电源、站台门,以及防排烟、事故通风、应急疏散、主排水泵、雨水泵、防淹门、消防和公共安全防范等用电设备。

其中,通信、信号、火灾自动报警系统、地下车站和区间隧道的应急照明为一级负荷中的特别重要负荷。

(2)二级负荷包括:乘客信息系统、变电所检修电源、地上站厅站台等公共区照明、附属房间照明、普通风机、排污泵、电梯、非消防疏散用自动扶梯和自动人行道,以及保障通信、信号、不间断电源(UPS)、蓄电池等机房正常运行所必需的通风空调设备。

(3)其他用电负荷为三级负荷。

6.2 一级负荷中的特别重要负荷应由3个电源供电,分别由满足一级负荷要求的两个电源和一个应急电源组成。应急电源严禁其他负荷接入。

6.3 动力与照明的配电网结构应安全可靠,接线简单并具

有灵活性,可选用放射式、树干式或放射式和树干式相结合的配电结构。

6.4 照明配电终端回路应设短路保护、过负荷保护和接地故障保护,室外照明配电终端回路还应设置剩余电流动作保护电器作为附加防护,防止人员触电。

6.5 站厅、站台公共区的疏散照明应急点亮的响应时间不应大于0.25s,其他场所的转换时间不应大于5s。

6.6 车站和区间照明应选用节能型光源和高效灯具,并具有分回路控制、时间控制、照度控制等控制模式。

照明灯具的选型和安装应满足后期运行维护的便捷性与安全性要求,高大空间灯具宜设置检修马道或采用升降车进行维修操作,出入口地面厅、站台至站厅楼梯顶部照明宜设置壁装灯具或预留人员检修、更换灯具条件。

6.7 区间每隔不大于100m和道岔附近原则上应设置检修箱,为维护作业提供电源。

7 电力监控子系统

7.1 电力监控子系统由控制中心电力调度、变电所综合自动化(含供电复示)等系统及其数据传输通道组成,具有电力运行监视、远程控制、故障诊断、数据分析等功能和向外部安全传输数据的接口,支撑电力调度和维修人员的运行操作和维护作业。

电力监控子系统应符合网络安全等级保护和商用密码应用要求,能够防范计算机病毒和网络攻击、网络侵入,采用的网络安全

防护措施不应影响系统的正常运行。

7.2 运行监视应具备遥信、遥测功能，覆盖系统设备运行和状态信息、网络运行监视等内容，还可根据需要具备验电接地可视化等巡视功能。遥信、遥测功能满足下列要求：

(1) 遥信功能应对设备开关动作、位置信号等状态进行实时监视，对象至少包括遥控对象的位置信号、故障报警及断路器跳闸信号、有载调压器的档位信号、自动装置的运行位置和动作信号、电力监控子系统设备及通信网络的运行状态及故障信号、变电所中压进线电源带电显示信号、所用交/直流设备的电源故障信号、钢轨电位限制装置的动作及自动恢复信号、断路器手车位置信号、控制转换开关位置信号、气体绝缘柜气体压力信号。

(2) 遥测功能应实现对设备运行参数的测量，对象至少包括变电所进出线的电压、电流、有功电能、无功电能、功率因数；母联电流；变电所交流高压、中压及低压的母线电压；变电所 0.4kV 进线及馈线电压、电流、有功功率、无功功率、有功电能、无功电能；牵引整流变压器电流、有功功率、无功功率、有功电能、无功电能；配电变压器电流、有功功率、无功功率、有功电能、无功电能；各类变压器绕组及铁芯温度；直流牵引母线及馈线电压、进线及馈线电流；所用直流操作电源的母线电压；蓄电池组电压、电流；控制母线电压；再生制动能量吸收装置(如有)电压、电流、有功功率、有功电能；排流柜极化电位及排流电流；钢轨电位限制装置动作电压、电流。

(3) 遥信变位传送时间不应大于 2s, 遥信正确率应大于 99.9%。

7.3 远程控制主要包括遥控和遥调功能，并满足下列要求：

(1) 遥控功能实现对遥控对象的单独操作、程序控制、模式控制等，对象至少包括变电所 0.4kV 及以上等级的断路器、负荷开关、电动隔离开关；必要的启动和复归开关功能；保护及自动装置的远方投入与退出功能；母联备自投装置功能的远方投入与退出功能；牵引系统联跳功能的远方投入与退出功能。

(2) 遥调功能实现对有载调压变压器的调压开关、中压和牵引继电保护整定值组等进行调整。

(3) 遥控命令传送时间不应大于 2s, 遥控成功率应大于 99.99%。

7.4 故障诊断功能主要对异常开关位置、参数指标超过阈值等非正常状态进行识别诊断和分级报警，并满足下列要求：

(1) 报警信息至少包括等级、时间、地点、设备、内容，信息应简明扼要、具有可读性。报警信息宜具有故障处置建议。

(2) 报警等级按照影响程度从高到低分为四级：

1) 一级报警是指造成供电运行方式改变或通信、信号电源冗余失效的关键开关跳闸、设备保护动作或其他故障报警，如变压器超温跳闸；中高压设备、牵引设备开关跳闸；0.4kV 进线开关跳闸；通信、信号负荷的馈线开关跳闸等。

2) 二级报警是指可能造成供电运行方式改变的关键设备零部

件故障的报警，如保护装置异常、设备通讯异常、跳闸回路断线、合闸回路故障等。

3)三级报警是指不造成供电运行方式改变但会降低设备冗余、参数接近阈值或其他影响范围较小的报警，如 0.4kV 一/二/三级负荷馈出开关跳闸、钢轨电位限制装置的电压三段告警、越限告警等。

4)四级报警是指其他异常事件的报警。

(3)报警信息应有相应图标和声音提示。不同等级报警应采用不同颜色图标，一级报警与其他等级报警采用不同音色进行区分。声音报警是否投用、声音持续时间等可设置。

(4)报警信息应实时传输至控制中心电力调度工作站、相应维修工区复示工作站和变电所综合自动化工作站。一级报警和二级报警触发时，控制中心电力调度工作站、维修工区复示工作站应同步推送故障点所在变电所的一次系统图，便于及时定位故障，多个点位同时故障时按照报警等级和报警时间确定推图优先级。

供电系统具体故障分级分类另行规定。

以上所称供电运行方式改变是指直流接触网(轨)单边供电和单机组供电、蓄电池投入、中压网络电源条件发生改变等非正常运行方式。

7.5 数据分析功能实现对供电设备运行状态和电能质量进行统计、分析，并满足下列要求：

(1)记录遥测设备的电流、电压、功率等数据，并能按设定的周

期(秒、分、时、天、周、月、季、年等)进行统计和分析,具备按照图形、数据等形式自动生成报表功能。

(2)具备故障录波功能的保护装置,应支持波形数据、事件的调取和分析,辅助故障原因研判。

(3)支持按线路级、车站级、配电回路等对牵引用能和动力负荷用能的能耗数据进行分类统计。支持电压、波形等电能质量分析。支持变电所满表或换表后系统数据的正常续接。

电力监控子系统无法实现上述(2)和(3)功能的,可根据需要在电能管理、智能运维或其他相关系统中实现。

7.6 电力监控子系统主/备数据传输通道的数据传输速率不宜小于 200Mbps。电力监控子系统应采用时钟系统的标准时钟信号进行校时。

7.7 供电设备与电力监控接口连接使用光纤传输时,宜采用光交换机,减少光电转换器的数量。

7.8 供电复示工作站应考虑人员值守、维修工区等因素进行设置,原则上每个维修工区设有供电复示工作站。供电复示工作站可与综合监控系统合并设置。

7.9 电力监控子系统的遥信、遥控数据,以及系统操作、系统登录等日志,存储时间不应少于 6 个月,遥测数据存储时间不应少于 1 年,遥视数据存储时间不应少于 1 个月。

7.10 电力监控子系统人机界面应满足下列要求:

(1)界面语言使用中文,重要信息应在界面突出显示。界面显

示元素、字体、颜色应简洁直观、清晰明确，易于运行监控和操作。

(2) 动态显示监控系统图、变电所主接线图、记录、报警、程控等用户画面，显示状态变化时不应有断续卡滞、无序重叠，切换界面时不应出现卡滞、延迟现象。

(3) 能集中显示被监视设备的运行状态和关键参数，显示方式应便于监视、跟踪和分析，故障及报警信息应分级显示、含义明确。

8 杂散电流防护子系统

8.1 直流供电、走行轨回流的线路，应综合本体防护和周边环境建立杂散电流防护技术体系，并采用加强绝缘防护或绝缘与排流相结合防护方案，减少杂散电流腐蚀影响。

8.2 供电、轨道、土建结构、通信、信号、机电等专业应协同开展杂散电流整体性防护，并满足下列要求：

(1) 走行轨应与沿线金属结构、金属管线、设备设施及大地保持绝缘。当采取加强绝缘防护方案时，走行轨的过渡电阻值不应小于 $150\Omega \cdot km$ ；当采取绝缘与排流相结合防护方案时，走行轨的过渡电阻值不应小于 $15\Omega \cdot km$ 。

(2) 走行轨应具有良好的电流导通性能，走行轨上行和下行并联后的纵向电阻值应小于 $0.01\Omega /km$ 。

(3) 轨行区土建结构排流网(如有)应具有良好的电气连接。地下车站、区间隧道、高架桥面、过渡段、地路面应有良好的排水措施。

(4)执行区各种金属结构、临时存放的钢轨、备用材料和设备等与走行轨之间不得导通。道床表面敷设的各种管件应具有绝缘防护。

(5)钢轨导通装置应具有自动灭弧功能，当列车通过绝缘结后，接触器应能及时自动断开。

8.3 杂散电流防护应具有监测和分析功能，并满足下列要求：

(1)监测指标包括走行轨对地电位、走行轨下排流网极化电位、结构钢筋极化电位和各排流支路电流。

(2)能够从运行时间内的平均值、高峰小时内的平均值、含10%峰值的平均值、瞬时最大值等方面分析监测数据变化情况，自动生成报表。

(3)监测装置应具备来电自恢复功能。

9 其他

9.1 变电所满足下列要求：

(1)变电所运行应满足无人值守要求，变电所房间、通讯、消防、给排水等方面应兼顾考虑设备调试和运营初期、应急保障期间有人值守的条件。地面变电所选址应避开易燃易爆、有腐蚀性气体等场所，封闭区域内地面应做硬化处理，区域外进出道路应与市政道路接驳并满足消防、维修等车辆进出和停靠的条件。

(2)变电所内的设备布置、房间高度，以及房间开门位置、方向和尺寸等应满足方便设备安装和搬运、设备操作和维修抢修的要求，并预留更新改造期过渡设备的空间。变电所内电气设备或母

线的上方不应布设通风口、管道管线或其他可能产生滴水的设施设备。

(3)车站为变电所大型设备运输预留的通道应考虑设备重量、体积、运输方式等因素,运输路径上管线安装完成后满足设备高度要求,不得遮挡运输用吊环。运输路径上不得设置混凝土结构墙,当设有可拆卸轻质砖墙时,应明确标注拆卸范围,拆卸范围内禁止安装设施设备及管线,便于墙体快速拆卸与恢复。

(4)变电所电缆夹层应设置人孔和爬梯,便于电缆敷设和检修,人孔盖板应采用便于维修人员开启的轻量化设计,具有简易拉手,满足人员承重、防滑等要求,爬梯应有扶手。变电所电缆夹层与外部连通处可根据需要设置防盗隔离设施。变电所电缆夹层照明应使用不高于36V的低压防潮灯,照明开关宜设置在变电所人孔附近的设备层墙面上。

(5)变电所内应通风良好,通风口可根据需要增加过滤棉等防尘设施。主变电所电缆夹层内应设置通风设备,通风设备开关宜设置在电缆通道的入口附近。

(6)变电所内高压气体绝缘组合电器绝缘套管(羊角处)周边的墙面上应设置可挂扣安全带的固定挂环。

(7)当变电所成排布置的电气装置长度大于6m时,电气装置后面的通道应至少设置两个出口;低压电气装置后面通道的两个出口之间距离不应大于15m。

9.2 电缆敷设、构筑物和防护满足下列要求:

(1) 电缆敷设宜采用电缆支(桥)架方式,不应安装在轻质砖墙上。电缆刚性固定应使用非导磁性抱箍,防止电缆和绝缘垫位移、掉落。电缆固定扎带应通过颜色或其他方式区分安装年份或批次,以便后期检查和更换。地面和高架区段电缆采用明敷时,可根据当地气象条件选择采用设置遮阳板(罩)、选用防紫外线电缆等措施,设置的遮阳板(罩)应安装牢固。

(2) 交流中压电缆的中间接头不应设置在站台夹层内,不宜设置在轨道曲线段。中间接头应牢靠固定在接头支架上,底部应加托盘。直流牵引电缆不应设置中间接头,户外架空接触网的直流上网电缆终端头宜采用带伞裙的电缆终端头型式。

(3) 单芯交流中压环网电缆在支架上敷设时,同一层上不宜超过2回路6根电缆,并宜采用品字形敷设。直流上网电缆在支架上敷设时,同一托臂上不宜敷设超过2个回路。电缆与金属支持物之间宜设置绝缘衬垫。直流电缆埋地敷设时,应采取防积水措施。

(4) 电缆不宜与墙体、墙角直接接触,易发生机械损伤的位置应增加绝缘护套。过顶、过人防门等处的电缆支架应采用“U”型桥(吊)架,固定螺栓应全部通过拉拔试验。电缆在穿越过轨道交通、电缆竖井口、进出夹层洞口位置、侧墙爬升等处悬空时,应采取设置桥架、支架或其他防电缆脱落损伤措施,当采用支架时,托臂与立柱间应采用焊接方式连接,托臂形式宜为“U”型折弯无棱角结构。

(5) 电缆沟、电缆井、电缆夹层应具备检修维护的空间,做到排水畅通,电缆沟标高最低处、电缆井处宜设置固定式排水泵,变电所电缆夹层的地面和四周墙壁应做防水处理。电缆孔洞应按要求实施封堵。

(6) 外部电源两路电缆在条件具备时应分开布置,防止受外力同时破坏造成供电中断。

9.3 车站应设置综合接地网,车站内变电所应与其他各类强弱电设备系统共用接地装置,接地电阻不应大于 1Ω 。

接触网所有不带电金属部分应连接至接地线,接地线应与牵引变电所的接地母排连接。沿线电缆支架应通过敷设接地金属体予以连通,接地金属体与电缆支架间应可靠连接,相关连接螺栓、焊接点等应考虑结构柱跨、活塞风力、高盐高湿环境等因素采取强化措施。

9.4 供电系统宜具有或预留智能感知装置的接口条件。具备智能运维功能的,宜满足下列要求:

(1) 实时监测电气设备和接触网绝缘性能、机械性能和运行状态,以及变电所环境状态。其中,至少包括中/高压开关柜绝缘性能、直流开关柜机械特性、变压器绝缘性能和温度、中/高压电缆终端头绝缘性能和温度、整合不间断电源(UPS)设备的整流/逆变模块等关键部件运行状态、弓网状态、六氟化硫气体泄漏状态等。

(2) 支持根据设备状态、运行环境等联动触发维修工单,工单内容至少包含告警内容、原因、维修策略建议等。

(3)综合设备状态、运行环境、检修数据、录波数据等关键信息，自动分析系统和各设备健康状况，形成状态评估报告。支持历史数据查询和下载，具备按照图形、数据等形式导出功能。运行数据存储不少于1年。

(4)支持查询各设备名称、主要元器件型号、安装位置、软件版本号、设备图纸等信息。

9.5 每条线路可根据需要配置具有弓网检测、靴轨检测能力的检测装备，实现对接触网(轨)几何参数、燃弧、动态接触力等状态的检测。

9.6 供电设备应建立统一的命名和分类编号规则，便于维修人员快速定位设备和资源检索、查询。

10 附则

既有线路不满足本规范要求的，应充分辨识安全风险和制定相应管控措施，并结合更新改造周期逐步满足本规范要求。