

图集 15D500 《防雷与接地设计施工要点》架构思考

李道本 (中国昆仑工程有限公司, 北京市 100037)

周卫新 (北京双圆工程咨询监理有限公司, 北京市 100080)

孙 兰 (中国建筑标准设计研究院有限公司, 北京市 100048)

Considerations on Structure of Atlas 15D500 Key Points for Design and Construction of Protection against Lightning and Earthing

LI Daoben (China Kunlun Contracting & Engineering Co. Ltd., Beijing 100037, China)

ZHOU Weixin (Beijing Shuangyuan Engineering Consultation & Supervision Co. Ltd., Beijing 100080, China)

SUN Lan (China Institute of Building Standard Design & Research, Beijing 100048, China)

Abstract: This paper introduces briefly the preparation background and principles, structure and contents and notes to the national standard atlas 15D500 Key Points for Design and Construction of Protection against Lightning and Earthing. Through studying and understanding current standards on protection against lightning and earthing, the following four points are clarified: ① same terminology in different standards have somewhat differences; ② requirements for lightning protection and grounding of equipment arranged in explosive open atmospheres; ③ safety measures for overvoltage of LV system in case of HV grounding failures at substations; ④ the function and setup of SPD disconnecter.

Key words: terminology; SPD disconnecter; earthing system; earth connection; earthing bus; earthing type; hazardous area; national standard atlas

摘 要: 简介国标图集 15D500 《防雷与接地设计施工要点》编制背景、原则、架构、内容、需说明的问题。通过对现行防雷与接地相关标准的学习和了解, 主要说明 4 个问题: ① 术语因摘自不同标准出现的差异现象; ② 爆炸危险环境中露天布置设备防雷接地的要求; ③ 变电站高压接地故障时低压系统中应对过电压的安全采取的措施; ④ SPD 脱离器的功能及设置。

关键词: 术语; SPD 脱离器; 接地系统; 接地装置; 接地干线; 接地型式; 爆炸危险区域; 国标图集

中图分类号: TU895

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1003-8493.2017.01.003

1 前言

1.1 标准、规范更新和变化

现行 GB/T 50065-2011《交流电气装置的接地设计规范》是 GBJ 65-83《工业与民用电力装置的接地设计规范》的修订本, 反映了近期国家发布标准的进步和发展。对采标 IEC 的部分有具体的要求, 对变电站高压不同接地方式时配电变压器功能接地、保护接地及单电源系统、多电源系统的接地做法作出了规定。

GB/T 16895.1-2008/IEC 60364-1: 2005《低压电气装置 第1部分: 基本原则、一般特性评估和定义》中将“配电系统的类型”更名为“导体配置和系统接地”, 并规定了应评估“系统接地的型式”的特性; “33.1 特性的兼容性”的评估内容增加了“在无故障情况下的过大的 PE 导体电流”; 图示为以满足电磁兼容性 (EMC) 要求为唯一目的的 TN

作者信息

李道本, 男, 中国昆仑工程有限公司, 原电气总工程师。

周卫新, 男, 北京双圆工程咨询监理有限公司, 教授级高级工程师, 副总工程师。

孙 兰, 女, 住房和城乡建设部建筑电气标准化技术委员会, 秘书长; 中国建筑标准设计研究院有限公司, 教授级高级工程师, 顾问总工程师。

系统的多电源系统、单电源系统、直流系统接地的要求等,并指出“系统接地的选择”是评估供电连续性的特性内容之一。

GB 16895.3-201X/IEC 60364-5-54:2011《低压电气装置 第5-54部分:电气设备的选择和安装 接地配置和保护导体》(替代GB 16895.3-2004/IEC 60364-5-54:2002)中澄清了保护导体的定义,明确了“用于电击防护时,保护导体包括保护联结导体、保护接地导体和接地导体”;增加了PEN导体在配电柜内连接示例;增加了“埋入混凝土基础内接地极的安装”及“埋入土壤内接地极的安装”资料性附录;重申“金属水管”“支撑线、电缆托盘、电缆梯架”不允许用作保护接地导体(PE)或保护联结导体;规定“多个接地端子配置场所,其接地端子应相互连接”;规定“当过电流保护器用作电击防护时,保护导体应合并到与带电导体组成同一的布线系统中,或放置在靠它们最近的地方”;对保护接地导体电流超过10mA的用电设备应满足加强型的保护导体要求;在资料性附录C中给出对埋入混凝土基础内接地极的做法及应对电化学腐蚀的要求等,反映了IEC标准新的变化。

GB/T 16895.10-2010/IEC 60364-4-44:2007《低压电气装置 第4-44部分:安全防护 电压骚扰和电磁骚扰防护》代替了GB 16895.11-2001、GB 16895.12-2001、GB/T 16895.10-2001、GB/T 16895.16-2002,有不少技术变化。增加了对多电源系统接地的要求、接地和等电位联结、采用旁路导体措施及等电位导体的截面积等规定;要求“宜限制来自电源线路的通过信号电缆或数据电缆接地的屏蔽层或芯线故障电流”,设置“一根加强屏蔽作用的旁路等电位联结导体”;高压接地故障引起的故障电压与持续时间曲线及相关条文资料性附录等内容。

GB 50057-2010《建筑物防雷设计规范》(代替GB 50057-94,2000年版)变更了防接触电压和跨步电压的措施;修改了防侧击雷的规定;详细规定了电气系统和电子系统选用电涌保护器的要求;相应调整了预计雷击次数判定建筑物的防雷分类的数值;要求“在敷设于土壤中的接地体连接到混凝土基础内起基础接地体作用的钢筋或钢材的情况下,土壤中的接地体宜采用铜质或镀铜或不锈钢导体”等。

GB 50343-2012《建筑物电子信息系统防雷技

术规范》(代替GB 50343-2004)对建筑物电子信息系统雷电防护等级的划分进行了调整;对第5章“防雷设计”的内容进行了修改补充。

GB/T 50064-2014《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》针对露天变电站、半露天变电站,户外交流电气装置、构架、支架,发电厂房、主控室、配电装置室等防雷措施有相关的具体规定。

GB 16895.20-2003/IEC 60364-5-551:1994《建筑物电气装置 第5部分:电气设备的选择和安装 第55章:其他设备 第551节:低压发电设备》中的“低压发电设备”规定了“电气装置中凡能独立于其他电源或电源组合而运行的每一个电源或电源组合,应有间接接触防护”。对发电设备作为公用电网替代电源(备用系统)时还附加规定了“当发电设备作为替代电源运行而接到TN系统时,其自动切断供电的防护不应依赖于与公用电网接地点的连接。应设一个适当的接地极”,即对低压发电设备作为TN系统公用电网的备用系统时尚需考虑其供电的电击防护应自成系统的问题。

GB 50650-2011《石油化工装置防雷设计规范》的相关规定符合石化行业的实际,与石化同属“大化工”的化工、纺织、轻工、制药等行业的露天装置防雷设计有许多通性,较GB 50057更具可操作性。

GB 50074-2014《石油库设计规范》适用于设计新建、扩建和改建的收发和储存原油、汽油、煤油、柴油、喷气燃料、溶剂油、润滑油和重油等整装、散装油品的独立或企业附属的仓库或设施。规范规定了其防雷、防静电的相关内容,更具针对性。

1.2 标准规范一些新规定在已有项目中的应用现状

a. A级、B级数据中心电源系统分别采用容错、冗余措施,因容量原因,低压柴油发电机采用多台机组并列运行方式构成了低压多电源系统;高压柴油发电机多台并列运行组成高压柴油发电系统。数据中心数据处理设备对地泄漏电流大的特性使低压多电源系统宜采用TN系统,多数尚没有按多电源系统要求“在诸电源中性点间相互连接的导体与PE导体之间,应只连接一次。这一连接应设置在总配电屏内”。

b. 主电源为公网,高压柴油发电机作为公网的备用系统时,柴油发电系统接地应按照发电机接地故障电流的大小确定其中性点接地方式,并应与高压配电系统的接地故障保护兼容。目前应对公网采用中性

点低电阻接地方式,多数高压柴油发电系统的接地方式也采用中性点低电阻接地方式。

c. 等电位联结导体与保护接地导体的截面积选择方法不同。

GB/T 16895.10-2010 要求“所有保护和功能接地导体宜接到同一个的总接地端子”“当为功能目的而设置接地母线时,可将建筑物内的总接地端子(MET)的延伸作接地母线”及“注1:接地母线可为裸露的或绝缘的。注2:接地母线推荐沿全部长度上可接近的方式安装,例如,明敷在线槽上。为防止腐蚀,裸导体在支撑处及贯穿墙体处采取必要措施”;“接地母线的效能取决于其路由和采用导体的阻抗。对容量为每相电流大于200 A的装置,接地母线截面应不小于50 mm²铜或依据444.4.2 k)标示的尺寸。注:本部分适用于10 MHz以下频率。接地母线用作直流返回电流通路一部分时,截面应根据返回电流确定其尺寸。每一用作直流配电返回导体的接地母线的最大直流电压降应小于1 V。”

GB/T 2900.71-2008/IEC 60050-826:2004《电工术语 电气装置》中“总接地端子”“总接地母线”术语是同一条。

已实施的GB 50303-2015第2.1.21条有接地干线的术语。

GB/T 50065-2011中有“配电变压器室内所有电气装置的外露导电部分应连接至该室内的接地母线,该接地母线应再连接至配电装置室的接地装置”“与户外箱式变压器和环网柜内所有电气装置的外露导电部分连接的接地母线,应与闭合环形接地装置相连接。”

总接地端子、总接地母线、接地干线其用作等电位联结导体、保护接地导体功能、混合导体的不同,其导体截面积应不同。

d. GB/T 50065-2011对与各种高压接地方式是否采用保护接地和低压系统接地共用接地配置有明确规定,特别提到“(含建筑物钢筋的)保护总等电位联结系统”,目前虽均提及等电位联结,但未必与建筑物钢筋做到了总等电位联结及构成了保护总等电位联结系统。

e. GB/T 16895.1-2008提出的多电源系统图指出仅为了满足TN多电源系统的电磁兼容性的要求;GB/T 16895.10-2010应对电磁骚扰规定了多电源系

统在总配电屏内电源中性点与PE导体之间连接的做法;GB/T 50065-2011对TN多电源系统的要求同GB/T 16895.10-2010,业内有专家建议推广和应用。

美国电气电子工程师学会标准IEEE 142-2007《IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems》,即《工业与商用电源系统接地IEEE操作规程建议》第1.6.6 b)条对多电源(多个发电机或电力变压器)接地,提出要求:每个电源中性点连接成一个共用中性母线,再接地,也是电源中性母线与PE导体之间只连接一次,与GB/T 16895.10-2010不同之处是没规定在总配电屏内。第1.6.6条中提出当各相关电源在接近的情况下即在同一变电站内,或为三相四线系统时,电源中性点与PE导体之间应只连接一次。与GB/T 16895.10-2010/IEC 60364-4-44:2007“保护和功能联结导体应各自连接到总接地端子上,这样当一根导体断开时,所有的其余导体仍保持固定的方式连接到总接地端子上”是一致的。北京中国工商银行方案是美国工程师设计的,该项目设计文件中北京市建筑设计研究院如实执行,在国家大剧院项目中也已应用。

f. GB/T 50065-2011、GB/T 16895.1-2008要求TN单电源系统在电源处一点直接接地。该要求与现行行业标准DL/T 621-1997《交流电气装置的接地设计规范》的要求一致,目前国内应用广泛,电力系统执行该规定。

GB 16895.3-201X/IEC 60364-5-54:2011示出了PEN导体是在低压配电装置内的一点接地做法。

g. 2008年北京奥运会设置的三相UPS输出中性线是利用配电变压器的系统接地,电击防护的故障电流计算时,电流返回路径需经公网系统至UPS输出中性线,与现行标准GB 16895.20-2003/IEC 60364-5-551:1994《建筑物电气装置 第5部分:电气设备的选择和安装 第55章:其他设备 第551节:低压发电设备》“不应依赖于与公用电网接地点的连接”的要求不符。

JGJ 16-2008《民用建筑电气设计规范》和国家建筑标准图集有平衡三相输出平衡的要求,在UPS输出端有设置隔离变压器的措施可解决中性线接地的问題,也满足GB 16895.20-2003第551.4.2条的要求。

h. GB/T 50065-2011《交流电气装置的接地设计规范》对高压配电装置的接地要求户外箱式变压器、

环网柜的接地装置宜围绕其做闭合环形的接地装置；配电变压器等电气装置安装在配变电室时要求所设接地装置应与建筑物基础钢筋等相连接；配电变压器室内所有电气装置的外露导电部分应连接至该室内的接地母线；高压中性点低电阻接地方式与低压系统不是总等电位联结系统时配电变压器功能接地需要与保护接地网分开，该部分电力系统做法在原图集中尚无体现。

i. GB 50057-2010《建筑物防雷设计规范》5.4.5 条规定了“在敷设于土壤中的接地体连接到混凝土基础内起基础接地体作用的钢筋或钢材的情况下，土壤中的接地体宜采用铜质或镀铜或不锈钢导体。”对接地电阻满足不了要求时另设接地体的材质提出了要求。

j. JGJ 16-2008《民用建筑电气设计规范》10.9.3 条第 3 款规定了室外景观照明“距建筑物外墙大于 20m 宜采用 TT 系统接地形式”，一些工程也按此规定应用于道路照明设计，但由于对规范的理解不同其做法存在差异，尚需提供其接地做法供参考应用。

2 编制原则

依照住建部建质函〔2012〕131 号文要求，本图集的编制与目前的国家标准、规范有关规定相符合，并吸纳当前国内外相关科研成果及工程实践经验，使其臻于完善，符合国家标准、规范及当前国情，并可按图施工。

2.1 采用的主要标准

① GB 12158-2006《防止静电事故通用导则》。
② GB 14050-2008《系统接地的型式及安全技术要求》。
③ GB 50057-2010《建筑物防雷设计规范》。
④ GB 50303-2015《建筑电气工程施工质量验收规范》。
⑤ GB 50343-2012《建筑物电子信息系统防雷技术规范》。
⑥ GB 50650-2011《石油化工装置防雷设计规范》。
⑦ GB 50952-2013《农村民居雷电防护工程技术规范》。
⑧ GB 51017-2014《古建筑防雷工程技术规范》。
⑨ GB 50058-2014《爆炸危险环境电力装置设计规范》。
⑩ GB/T 2900.71-2008/IEC 60050-826:2004《电工术语 电气装置》。
⑪ GB/T 2900.73-2008《电工术语 接地与电击防护》。
⑫ GB/T 50064-2014《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》。
⑬ GB/T 50065-2011《交流电气装置的接地设计规范》。
⑭ GB/T 50074-2014《石油

库设计规范》。
⑮ GB/T 16895.1-2008/IEC 60364-1:2005《低压电气装置 第 1 部分：基本原则、一般特性评估和定义》。
⑯ GB 16895.3-2004/IEC 60364-5-54:2002《建筑物电气装置 第 5-54 部分：电气设备的选择和安装 接地配置、保护导体和保护联结导体》。
⑰ IEC 60364-5-54:2011《低压电气装置 第 5-54 部分：电气设备的选择和安装 接地配置和保护导体》。
⑱ GB/T 16895.9-2000/IEC 60364-7-707:1984《建筑物电气装置 第 7 部分：特殊装置或场所的要求 第 707 节：数据处理设备用电气装置的接地要求》。
⑲ GB/T 16895.10-2010/IEC 60364-4-44:2007《低压电气装置 第 4-44 部分：安全防护 电压骚扰和电磁骚扰防护》。
⑳ GB/T 16895.20-2003/IEC 60364-5-551:1994《建筑物电气装置 第 5 部分：电气设备的选择和安装 第 55 章：其他设备 第 551 节：低压发电设备》。
㉑ GB/T 18802.12-2014/IEC 61643-12:2008《低压电涌保护器 (SPD) 第 12 部分：低压配电系统的电涌保护器 选择和使用导则》。
㉒ JGJ 16-2008《民用建筑电气设计规范》。
㉓ SH 3097-2000《石油化工静电接地设计规范》。

2.2 主要内容及编制方法

本图集有 5 部分组成：术语、设计要点、施工要点、典型示例、试验方案及数据。

2.2.1 术语部分

术语（包括防雷、接地、等电位等相关的术语）从常用的现行国家标准中摘录，并注明出处。对于多个标准、规范的不同术语解释均分别列出，并提示其不同处或差异。

例如：1.6-1 接地装置摘自 GB 50057-2010 第 2.0.10 条；1.6-2 接地装置，摘自 GB/T 50065-2011 第 2.0.9 条。在提示中指出了上述术语英文不同，中文相同；1.6-1 为防雷系统的接地装置，术语里的接地体包括了接地极；1.6-2 为电气系统的接地装置，1.6-2 里的接地导体（线）涵盖了 1.6-1 里的接地线；当防雷系统和电气装置共用时，接地装置术语可引用 1.6-2。为了方便查阅，术语按照防雷、接地、等电位分类编排。

2.2.2 设计要点部分

设计要点（包括防雷、接地、等电位连接/联结的设计要点）按照设计工作的流程编制。

设计前相关的资料收集及内容;设计开工后各相关专业间的互提设计资料、确认及签字;图纸交图前是否符合各专业所提条件,有无漏项、管线有无碰撞等图纸会签。

设计要点按照防雷设计、接地设计、等电位设计的顺序编写:①防雷设计包括建筑物防雷类别的分类、防直击雷的措施、防闪电感应的措施、防闪电电涌侵入的措施;露天布置的石化、化工、化纤、制药、燃料油储存设备、露天变配电设备等的防雷设计。②接地设计包括接地的分类、低压配电系统的接地型式的要求、防静电接地、直流地、UPS输出配电系统的接地,接地做法包括接地极、接地网、接地体/接地导体/接地线、总接地端子/总接地母线接地干线/接地母线、保护导体、接地装置、接地电阻。③等电位设计包括等电位连接/联结的类别(保护等电位、功能等电位、防电击等电位、降低电磁干扰的等电位、爆炸危险场所静电防护应用等电位)、等电位连接/联结的做法。

2.2.3 施工要点部分

施工要点(包括防雷、接地、等电位连接/联结的施工要点)按照基本要求、接地装置施工要点(自然接地体、人工接地体)、引下线施工要点、接闪器施工要点、等电位施工要点、测试编写。

2.2.3.1 基本要求

在基本要求中明确了防雷与接地施工的依据;对所用材料、设备提出了要求,并对其他共性的方面做出了规定。如施工要依据已批准的施工图纸,有变更时应由设计确认。施工选用的材料、设备应是合格产品,对于新型防雷与接地材料、设备的应用,应有国家认可检测机构出具的检验报告。

防雷与接地的施工,必须考虑结构安全,除设计特别要求外,严禁在承力钢结构上热加工连接。直接埋入土壤中的接地装置应采用焊接方式,跨越建筑物变形缝时,为防止其损坏,应采取适宜的补偿方式。隐蔽的部分,应进行验收,并形成隐检记录。

2.2.3.2 接地装置的施工要点

自然接地体一般利用建筑物基础内的钢筋网,钢筋与钢筋的连接采用土建施工的绑扎法或螺丝扣连接能够满足防雷要求。当电气装置的接地线与自然接地体连接时,为保证其可靠性,应采用熔焊连接方式。当既利用建筑物基础内钢筋网,又利用其他桩基(如

抗拔桩、抗压桩及护坡桩)时,应按设计要求将各部分可靠连接。当设计对利用其他桩基的数量无具体要求时,应本着尽量多的原则进行利用,这样有利于接地电阻的降低。基础底板的钢筋与施工图纸明确作为防雷引下线的柱筋(本图集中称为“专用引下线”),为保证可靠连接,特规定采用跨接焊接方式。其他的柱筋与底板钢筋可不作特殊处理。

为保证人工接地体的可维护性,其与建筑物外墙、基础或散水坡的最外沿之间的水平方向应保持一定距离,特规定不宜小于1m。

垂直接地极与水平接地体采用钢导体时,应采用熔焊连接。为提高连接处的防腐性能,规定应采用沥青防腐处理措施。当采用铜导体与铜导体或铜导体与钢导体连接时,应采用可靠性更高的放热焊接方式。

2.2.3.3 引下线施工要点

当建筑物遭受雷击时,为确保将雷电流顺利引入大地,引下线上与接闪器、下与接地装置应做可靠连接,宜优先选择焊接方式。当利用建筑物周边柱子钢筋做专用引下线时,其位置、数量应符合设计要求。

当利用幕墙竖向龙骨做引下线时,应保证竖向龙骨具有可靠的贯通性,如不能满足贯通性,应按设计要求采取跨接措施。贯通性的竖向龙骨之间的间距按国标图集15D503《利用建筑物金属体做防雷及接地装置安装》规定,不应大于3m,且竖向龙骨的顶端和底端应与做防雷装置的钢筋进行连接。

2.2.3.4 接闪器施工要点

在建筑外墙外表面(或屋檐)所设接闪带,为防止垂直落雷,应按国标图集15D503规定,设在建筑外墙外表面(或屋檐)的边垂线上,也可设在建筑外墙外表面(或屋檐)的垂直面外。

当设置的接闪带不能保护外墙角(或屋檐)时,可在接闪带上焊出斜向接闪杆,接闪杆长度应达到能保护外墙角(或屋檐)的要求。当利用金属栏杆做接闪器时,也应同样处理。

当建筑物为金属屋面时,宜优先利用其作为接闪器,但其厚度应符合国标图集15D503的规定。金属屋面板应与做防雷装置的金属型钢进行可靠连接。当屋面有旗杆、栏杆等金属物可利用其做接闪器时,应与防雷引下线或接闪器焊接。

2.2.3.5 等电位施工要点

为保证等电位端子箱的质量,应采用制造厂生产的

成品,并规定了端子箱内端子板为铜质材料且应镀锡。

针对工程中很多设置的局部等电位端子箱过小,不方便测量和维修的情况,特规定局部等电位端子箱的尺寸(长×宽×深)不应小于 $135\times 75\times 50$ 。还针对局部等电位端子箱内端子排宽度和厚度过小问题,特规定最小规格为 20×3 。

由于进出建筑物的各种金属管道较分散,自总等电位端子箱引至金属管道的联结线,可利用结构钢筋时,钢筋直径不应小于 10 mm ,钢筋之间应采用焊接或螺纹连接方式。当在结构内单独敷设圆钢(或扁钢)时,截面积不应小于 50 mm^2 ,并规定采用扁钢时,厚度不应小于 3 mm 。

当设计要求设置局部等电位的场所,如浴室(或具有洗浴功能的卫生间)、楼层电气竖井、设备机房等,应就近将本层的楼板钢筋网接至局部等电位端子箱。

当浴室内所有设备管道采用塑料管材时,由于其不可能将危险电位传至浴室内,其末端连接的金属物(如:散热器、地漏等)可不进行等电位联结。

2.2.3.6 测试

接地装置和等电位施工完成后,为检验接地和等电位联结效果,应采用专用仪器进行测试,接地电阻和等电位联结导通性应符合设计或本图集要求。

2.2.4 典型示例

典型示例给出了两个示例:一个是接地系统示例,摘自 IEC 60364-5-54:2011《低压电气装置第5-54部分:电气设备的选择和安装 接地配置和保护导体》;一个是防雷与接地示意图,根据现行标准及实际工程做法,将强电和弱电/智能化系统防雷、接地、等电位连接/联结绘制成一张图并加注说明,便于读者阅读。

防雷系统强调了专用引下线和均压环的设置;等电位强调了总等电位联结的做法,对进出建筑物的电气线路和给排水等设备金属管道,如就近连接到总接地端子或其延长金属体上,可认为与建筑物做了总等位联结。接地系统加注了强电竖井里的接地干线根据设计需要可作为保护接地导体(PE),也可作为保护联结导体(PB)。

2.2.5 单相接地故障电流测试

对电缆穿钢管、沿网格桥架敷设时,用扁钢或钢管模拟建筑物基础钢筋的电气通路,按扁钢置于桥架

内与电缆平行时接通电源,线导体、中性导体(N)、保护导体(PE)、扁钢、桥架和钢管在负荷末端处短接(测试故障回路路径的电流数据);N导体不接入,线导体、PE导体和钢管、扁钢桥架在负荷末端处短接(测试故障回路路径PE、钢管和扁钢回流数据);N导体和扁钢不接入,线导体、PE导体和桥架、钢管在负荷末端处短接(测试故障回路路径无PE专线,钢管和扁钢的数据);桥架内无扁钢、N导体不接入,线导体、PE导体和桥架、钢管在负荷末端处短接(测试故障回路路径PE专线、扁钢的数据);桥架内无扁钢、N和PE导体不接入,线导体和桥架、钢管在负荷末端处短接(测试故障回路路径PE、钢管的数据)。

3 需说明的几个问题

3.1 对术语因摘自不同标准、规范出现的差异现象的处理

术语中由于摘自不同标准、规范,存在中文称谓相同,英文表达相同,中文解释有差异;英文表达相同,中文称谓不同,中文解释有差异;英文表达相同,中文称谓不同,中文解释相同等现象。

例如:摘自 GB/T 50065-2011 第2.0.8条“2.1-1 接地系统 earthing system 系统、装置或设备的接地所包含的所有电气连接和器件”;摘自 GB 50057-2010 第2.0.23条“2.1-2 接地系统 earthing system 将等电位连接网络和接地装置连在一起的整个系统”;摘自 GB/T 2900.71-2008/IEC 60050-826:2004 第826-13-04条“2.1-3 接地配置 earthing arrangement; grounding arrangement (US) 接地系统 earthing system (deprecated) 系统、装置或设备的接地所包含的所有电气连接和器件”;摘自 GB/T 2900.73-2008 第195-02-20条“2.1-4 接地配置 earthing arrangement; grounding arrangement 接地系统 earthing system (deprecated) 系统、装置和设备的接地所包含的所有电气连接和器件”。因 GB/T 2900.71-2008、GB/T 2900.73-2008 提出和归口单位都有全国电工术语标准化技术委员会,GB/T 2900.73-2008 在“前言”中明确了与 GB/T 2900.71-2008 相关术语协调一致,所以二者都与 IEC 标准一致。GB/T 50065-2011 主编是中国电力企业联合会、GB 50057-2010 主编是中国中元国际工程公司,术语中文解释有差异,显然反映了标准在

编制过程中协调的不够或考虑不同。

标准图集不具有统一术语的功能,为此在图集中采用提示的方法,为“术语”应用提供意见。例如对上述术语提示了“2.1-1 定义广泛,适用于常见的电气(强电、弱电/智能化)系统的接地,包括防雷系统。2.1-2 主要突出防雷等电位连接网络和接地装置连在一起的整个系统”“接地系统和接地配置定义相同”“当采用共用接地系统时,上述术语应用没区别”。接地干线、接地母线、保护接地端子、等电位连接、等电位联结导体的术语也存在以上问题,图集中采用有差异的术语均列出并注出提示的方法来编制。

3.2 建筑物防雷分类、爆炸危险环境中露天布置设备防雷接地的建议

爆炸危险环境中雷电流、静电、短路电流、电气控制设备线路等产生的电火花、电弧或高温可能引发气体爆炸、粉尘爆炸、火灾,上述诱因涉及危险环境中防爆电器、电气控制设备的选用;各专业设备的电气设备是由工艺专业选用的;各专业开展设计都需要爆炸危险区域图,因与电有关,所以将电气防爆的爆炸危险区域内容列入电气标准中。

GB 50058-2014 第 3.2.5 条规定了爆炸性气体环境的“爆炸危险区域的划分应按释放源和通风条件确定,存在连续级释放源的区域可划为 0 区,存在一级释放源的区域可划为 1 区,存在二级释放源的区域可划为 2 区”,并要求应根据通风条件调整危险区域的划分。第 3.3.1 条规定“爆炸性气体环境危险区域范围应根据释放源的级别和位置、可燃物质的性质、通风条件、障碍物及生产条件、运行经验,经济技术比较综合确定”。

GB 50058-2014 第 4.2.2 条规定了爆炸性粉尘环境的“爆炸危险区域应根据爆炸性粉尘环境出现的频繁程度和持续时间分为 20 区、21 区、22 区”,第 4.3.1 条规定了爆炸性粉尘环境“在一般情况下,区域的范围应通过评价涉及该环境的释放源的级别引起爆炸性粉尘环境的可能来规定。”

显然无论是爆炸性气体环境、爆炸性粉尘环境,都与爆炸介质的特性、生产特点、释放源的位置、通风条件有关,电气设计人员在工艺和运行方面未必是专家,所以 GB 50058-2014 第 1.0.4 条规定“爆炸危险区域的划分应由负责生产工艺加工介质性能、设备和工艺性能的专业人员和安全、电气专业的工程技

术人员共同商议完成。”

化工、石化等设计院一般配备安全工程师,爆炸危险区域、火灾场所划分是由安全工程师来组织实施。鉴于其后果严重、安全责任重大,在设计要点中强调了电气专业的工程技术人员是共同商议人,不是决策人。因而,对于爆炸危险区域的划分电气设计人员不能大包大揽,应按照工艺专业提出的介质特性和运行条件、暖通专业对通风效果的评估、采取降低爆炸危险性措施的有效性和可靠性来开展设计工作。

铝粉、镁粉等金属爆炸性粉尘的爆炸事故其后果不言而喻,设计要点强调了应按照国家现行标准的相关规定执行。

火工品的制造、使用、存储的建筑物及生产环境,规定不允许带入和使用电气设备,照明也是专用的,设计要点中强调了应执行相关标准、规范的规定。

爆炸危险环境中的化工、石油化工、化纤、医药等露天布置的塔、容器、管道及户外燃料油储存设备等,因不在建筑物内布置,除应按照现行 GB 50057 和 GB 3836.14 的相关规定划分爆炸危险区域外,其燃料油储存设备部分的防雷设计应参见 GB 50074-2014;石油化工装置的防雷设计应符合现行标准 GB 50650-2011 的相关规定,化工、化纤的露天装置防雷设计可参考执行。

3.3 变电站高压接地故障时低压系统中过电压安全措施的认识

GB/T 16895.10-2010 “图 44. A1 变电所和低压装置可能对地的连接及故障时出现过电压的典型示意图”示出了高压接地系统和低压接地系统相互连接和高压接地系统和低压接地系统分隔时的系统图,“表 44. A1 低压系统内的工频应力电压和工频故障电压”示出了不同类过电压相关计算方法。按表 44. A1 计算得出的低压外露可导电部分与地之间出现的故障电压的幅值及持续时间不应超过“图 44. A2 变电所内高压侧发生接地故障时允许的故障电压值”示出的曲线值,根据表 44. A1 得出值的低压装置中的低压设备工频应力电压的幅值与持续时间不应超过“表 44. A2 允许的工频应力电压”的要求。

高压接地系统和低压接地系统相互连接在 GB/T 50065-2011 中对 110 kV 及以上发电厂和变电站接地网设计的第 4.2.1 条规定了有效接地系统和低电阻系统应符合接地网的接地电阻宜符合下列公式的要

求,且保护接地接至变电站接地网的站用变压器的低压侧应采用TN系统,低压电气装置应采用(含建筑物钢筋的)保护总等电位联结系统和公式4.2.1-1,即满足第4.2.1条的要求时,高压接地系统和低压接地系统可相互连接;在第4.3.3条对有效接地系统和低电阻系统“可能将接地网的高电位引向厂、站外或将低电位引向厂、站内的设备,应采取下列防止转移电位引起危害的隔离措施”中有“站用变压器向厂、站外低压电气装置供电时,其0.4kV绕组的短时(1min)交流耐压应比厂、站接地网电位升高40%。向厂、站外供电用低压线路采用架空线,其电源中性点不在厂、站内接地,改在厂、站外适当的地方接地”的规定,即属于第4.3.3条的情况时高压接地系统和低压接地系统需分隔。

GB/T 50065-2011第4.2.1条还规定了不接地、谐振接地和高电阻接地系统接地网的接地电阻应符合 $R \leq 120/I_g$ (I_g 为计算用的接地网入地对称电流)的要求,但不应大于 4Ω ,且保护接地接至变电站接地网的站用变压器的低压侧电气装置。应采用(含建筑物钢筋的)保护总等电位联结系统。即满足该要求,高压接地系统和低压接地系统可相互连接。

GB/T 50065-2011第7.2.5条规定了向低压电气装置供电的配电变压器的高压侧工作于不接地、谐振接地和高电阻接地系统,且变压器的保护接地装置的接地电阻符合本规范第6.1.1条的要求,建筑物内低压电气装置采用(含建筑物钢筋的)保护总等电位联结系统时,低压系统电源中性点接地可与该变压器接地保护共用接地配置。”第6.1.1条要求“工作于不接地、谐振接地和高电阻接地系统、向1kV及以下低压电气装置供电的高压配电电气装置,其保护接地的接地电阻应符合 $R \leq 50/I$ (I 为计算用单相接地故障电流;谐振接地系统为故障点残余电流)的要求,且不应大于 4Ω 。第6.1.2条规定了低电阻接地系统的高压配电电气装置,其保护接地的接地电阻应符合本规范公式(4.2.1-1)的要求,且不应大于 4Ω 。表明各种接地方式的高压配电电气装置其保护接地的接地电阻不应大于 4Ω 。

GB/T 50065-2011第7.2.6条规定了向低压电气装置供电的配电变压器的高压侧工作于低电阻接地系统,变压器的保护接地装置的接地电阻符合本规范第4.2.1条的要求,建筑物内低压采用TN系统且低

压电气装置采用(含建筑物钢筋的)保护总等电位联结系统时,低压系统电源中性点可与该变压器接地共用接地配置;还规定了当建筑物内低压配电装置虽然采用TN系统,但未采用(含建筑物钢筋的)保护总等电位联结系统,以及建筑物内低压配电装置采用TT或IT系统时,低压系统电源中性点严禁与该变压器保护接地共用接地配置,低压电源系统的接地应按工程条件研究确定。

不难看出,针对高压系统的接地故障在低压系统中的人员和设备的安全,GB/T 50065-2011的上述规定与GB/T 16895.10-2010第442.2节及附录A“有关442.1和442.2的注释说明”是一致的,但GB/T 50065-2011更明确和易于操作。

国网公司企业标准Q/GDW 738-2012《配电网规划设计技术导则》第8.8节规定了110kV系统采用直接接地方式,66kV系统采用经消弧线圈接地方式,35kV、10kV系统可采用不接地、消弧线圈接地或低电阻接地方式;10kV配电网中性点接地方式选择遵循的原则是单相接地故障电容电流在10A及以下,宜采用中性点不接地方式,单相接地故障电容电流在10A~150A,宜采用中性点经消弧线圈接地方式,单相接地故障电容电流达到150A以上,宜采用中性点低电阻接地方式,并应将接地电流控制在150A~1000A范围内(笔者注:经消弧线圈接地方式是谐振接地方式)。依据高压系统接地方式、配电变压器低压系统的接地型式和是否做到了含建筑物钢筋的保护总等电位联结系统来确定高压接地系统和低压接地系统采取互相连接还是分隔及相应措施避免高压系统的接地故障在低压系统造成的危害。

3.4 SPD的脱离器的功能及设置

SPD的电源侧一般设熔断器或断路器,往往供货商把该保护电器的保护功能称为“后备保护”,由于没有搞清楚其保护的對象,使一些设计人员在保护及保护配合出现钻牛角尖现象,为此通过学习标准来理清“SPD的脱离器”的含义及用途。

术语“SPD的脱离器”的中文说明是把SPD从电源系统断开所需要的装置(内部的和/或外部的)。注:这种断开装置不要求具有隔离能力,它防止系统持续故障并可用来给出SPD故障的指示。可具有多于一种的脱离器功能,例如过电流保护功能和热保护功能。这些功能可以组合在一个装置中或几个装置来

完成(摘自 GB/T 18802.12-2014/IEC 61643-12:2008 第 3.1.16 条),表明脱离器是 SPD 损坏时 SPD 从系统断开的装置及 SPD 脱离器至少有防热(例如压敏电阻的热崩溃等)、防内部短路和防间接接触的保护功能。

GB/T 18802.12-2014 在“6.3 辅助器件的特性”中对“脱离器”使用有如下表述:“一个单独的脱离器可能具有 3 个基本的脱离功能(热保护、短路保护和间接接触保护),或者有必要使用 1~3 个脱离器。

它们被安装在 SPD 里面或与 SPD 连接。通过系统的后备保护来考虑某些功能,后备保护安装在 SPD 的指定位置处,脱离器是装在 SPD 回路中还是主要连接线上,取决于与过电流保护器的配合,也取决于是否需要持续保护还是持续供电两者之间的平衡(见 J.2)。

可能也需要一些脱离器的其他功能,例如在很高的暂时过电压的情况下。

脱离器可能是一个熔断器、断路器、RCD 或一个具有这些用途的器件。”

GB/T 18802.12-2014“附录 J(资料性附录)选择 SPD 的判据”的“J.2 SPD 失效模式”中设定“若一个 SPD 的失效模式是开路(由 SPD 本身的一个非线性元件提供,或与 SPD 串联的内部或外部脱离器提供,且与供电系统是断开的),这样就保证了在 SPD 失效时供电的连续性,然而在系统后备保护动作之前,必须特别注意 SPD 的端口能力,必须仔细研究 SPD 脱离器及后备保护之间的配合。”二端口 SPD 中的内部脱离器见图 1(规范图 J.2)、并联 SPD 的说明见图 2(规范图 J.3)。

图 1 中,在情况 a 时的主要特点是脱离器动作后,设备仍在工作。但是,设备就不再受到保护了。若未用一个故障指示器(远程的和/或现场的)来给一个断开信号,用户就不知道设备不再受保护,这样将更易受到侵入电涌。在情况 b 时的主要特点是脱离器动作后设备和电源断开,但和电涌的主电源也断开了。

为了减少缺乏保护与电源断开的危险,将配备了脱离器的 SPD 并联使用,如图 2 所示。

图 2 中,若 SPD 的失效模式属于短路模式(由于 SPD 自己或是由于附加电器),引起后备保护跳闸,其状况与上述情况 b 类似。除非制造厂表明了一个特定的失效模式,可假定 SPD 可能是上述任意失

效模式。为了得到失效模式的单一模式(短路或开路条件),就要用一个附件电器(如用一个过流脱离器,见图 2)。

在 SPD 失效时,存在一个暂时的、不确定的状态,为了得到 SPD 失效后的确定状态(开路或短路),需要采用附加电器(如热熔式脱离器)。

上述规定表明对于 SPD 的热保护、短路保护和间接接触保护的脱离器可以选择满足其功能的保护电器。例如熔断器(或断路器)保护动作整定值满足过电流保护、短路保护、电击防护的故障保护要求,就可以采用一个 SPD 的脱离器;若按保护功能分别设置:熔断器作短路保护、断路器作过电流保护、RCD 保护电器作电击故障保护就需采用 3 个 SPD 的脱离器。SPD 的脱离器与 SPD 的安装位置不同,如图 1 所示:SPD 失效后,情况 a 时脱离器(D)动作不影响线导体(L)的供电连续性;情况 b 时脱离器(D)动作设备和电源断开,此处的脱离器对设备的主保护是保护,其不同点是情况 a 脱离器仅断开了 SPD 回路,情况 b 脱离器同时断开了 SPD 回路和设备回路;图 2 示出 SPD 因短路造成失效引起其脱离器动作,将故障回路断开,另一 SPD 不受影响,保护电涌不损坏设备,根据制造商的要求采用过流脱离器或热熔式脱离器。显然,厂家所说的后备保护是对采用 SPD 作为防电涌侵入保护的设备的主保护而言,不能将熔断器、断路器、RCD 保护电器理解为是 SPD 的后备保护。

显然,电气系统、电子系统采用电涌保护器时,设计前需明确 SPD 失效后被保护的设备是否继续运行,并根据使用要求选择 SPD 和确定 SPD 的脱离器的安装位置。配电装置为多路用电负荷配电,按照保

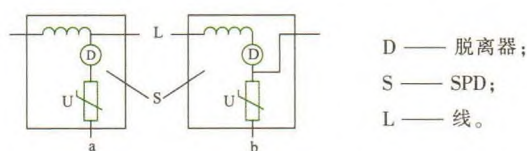


图 1 二端口 SPD 中的内部脱离器
Fig. 1 Internal disconnector of two-port SPD

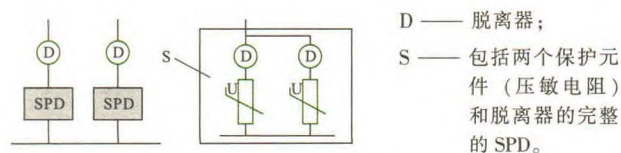


图 2 并联 SPD 的说明
Fig. 2 Illustration for parallel SPD

护需要设置 SPD 时不希望因 SPD 失效致使馈电回路断电, 其 SPD 的脱离器就需与上级保护电器具有保护选择性, 不允许出现越级跳闸的现象; 末端用电设备设置 SPD 时因影响面仅设备本身, 其 SPD 的脱离器可以同时切断设备的电源; 若末端用电设备设置不允许因 SPD 失效而断电, 则应采用 SPD 与 SPD 的脱离器并联使用的做法。

4 结语

本文通过介绍 15D500 编制的背景、编制原则、架构、内容、需说明的 4 个问题, 展现了编者的观点和想法, 期望与设计、施工、监理人员交流和沟通, 为设计、施工、监理人员运用图集提供参考和帮助。鉴于阅历、知识、理解的欠缺, 所谈观点仅供参考。

参考文献

- [1] 住房和城乡建设部建筑电气标准化委员会, 等. 15D500 防雷与接地设计施工要点 [M]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
- [2] 中国电力科学研究院. GB/T 50065-2011 交

流电气装置的接地设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.

[3] 中机中电设计研究院. GB/T 16895.10-2010 / IEC 60364-4-44: 2007 低压电气装置 第 4-44 部分: 安全防护 电压骚扰和电磁骚扰防护 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.

[4] 中国中元国际工程公司. GB 50057-2010 建筑物防雷设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.

[5] 中国建筑标准设计研究院, 四川中光防雷科技股份有限公司. GB 50343-2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.

[6] 中国轻工国际工程设计院. GB 16895.20-2003 / IEC 60364-5-551: 1994 建筑物电气装置 第 5 部分: 电气设备的选择和安装 第 55 章: 其他设备 第 551 节: 低压发电设备 [S]. 北京: 中国标准工业出版社, 2003.

[7] 中国建筑东北设计研究院. JGJ 16-2008 民用建筑电气设计规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.

[8] 西安高压电器研究院有限责任公司, 等. GB/T 18802.12-2014 低压电涌保护器 (SPD) 第 12 部分: 低压配电系统的电涌保护器选择和使用导则 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.

2016-11-05 来稿

新书快讯

——《工业与民用供配电设计手册》(第四版)

2016 年岁末, 《工业与民用供配电设计手册》第四版正式出版。手册由中国航空规划设计研究总院有限公司主编, 9 家设计院共同编写, 中国电力出版社出版。

手册第一版于 1983 年问世, 历经 33 年, 按照技术发展的需要, 三度修订改版, 共计印刷 32 次, 印数达 30 万册。33 年来, 受到全国工业与民用建筑设计院、大专院校、施工单位、维护单位和电器制造企业电气人员的厚爱和赞誉, 成为不可缺少的工具书。

2007 年被人力资源和社会保障部和住建部制定的《注册电气工程师 (供配电) 执业资格考试大纲》选定为参考书。第四版发行即成为 2017 年注册电气工程师考试的新版本。

鉴于技术的发展, 规范的修订, 新产品的涌现,

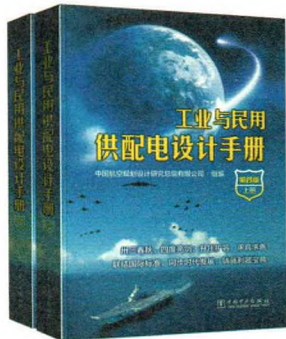
以及同行们热诚和中肯的意见、建议和期盼, 编写组于 2013 年初决定组织修订, 经过 4 年的艰辛努力, 终于完成了第四版, 奉献给广大读者。

手册第四版具有以下变化和特点:

- a. 扩展电压范围到 110 kV, 以适应注册考试的需要。
- b. 增加了节能章节, 包括能源评估、配电系统、变压器、电动机、照明节能、再生能源应用、能效管理系统, 使手册更完整、体现用电安全、可靠和节电三大原则。
- c. 内容和我国最新标准、规范统一。
- d. 紧跟国际电工委员会 (IEC) 的最新成果, 积极有效地引入国际新技术、新资料。
- e. 研究、编制实用的计算资料、图表, 方便设计应用。

第四版继承和发扬前三版的优良传统和严谨作风, 总结经验, 求真务实, 力求理论和实用结合, 工业与民用并重, 以求依据充分, 概念清晰, 方法可靠, 数据翔实, 以一套方便、实用的手册奉献给同行朋友!

中国航空规划设计研究总院有限公司任元会 供稿
本刊 摘编



《工业与民用供配电设计手册》
(第四版)