人防工程供配电方案探讨

周玉婷

（北京市建筑设计研究院有限公司，北京 100045）

摘要：人民防空工程有多种工程类别，平时和战时结合形式多样，同时受平时和战时负荷分级影响，附建式人防工程供配电方案较为复杂。结合某公共建筑人防地下室工程实例，从平战结合、负荷等级、供电电源及供配电方案等方面对人防工程的供配电设计进行介绍、对比，分析不同方案的特性共性、适用范围及优化方式，确定具有救护站、防空专业队工程和物资库等不同工程类别及多个防护单元的人防工程供配电系统形式。

关键词：电源要求；固定电站；负荷分级；多个防护单元

Discussion on the power supply and distribution scheme of civil air defense project

ZHOU Yuting

(Beijing Institute of Architectural Design, Beijing 100045, China)

Abstract: There are many kinds of civil air defense works. The combination of peacetime and wartime has various forms. At the same time, due to the influence of peacetime and wartime load classification, the power supply and distribution scheme of the attached civil air defense project is more complex. Combined with a civil air defense basement engineering example of a public building, this paper introduces and compares the power supply and distribution design of civil air defense project from the aspects of combination of peacetime and wartime, load level, power supply and power supply and distribution scheme. Then, the paper analyzes the common characteristics, application scope and optimization mode of different schemes, and determines the power supply and distribution system form of civil air defense project with different engineering categories and multiple protection units, such as ambulance station, air defense professional team project and material warehouse.

Key words: power requirements; fixed power station; load classification; multiple protection units

0 引言

现阶段国家和地方对人防建设的重视不断提高，附建式平战结合人防工程日益增多，且功能复杂、面积较大。特别是公共建筑附设的人防工程往往结合大型地下车库，具有医疗救护工程、防空专业队工程、人员掩蔽工程及物资库等多种工程性质，人员掩蔽工程及物资库又会设置多个防护单元，面积较大。此外，医疗救护工程与平时车库结合较为困难，多与平时医院医疗储备或物业办公场所相结合，这种功能复杂的大型人防工程，对以平战结合、经济及合理为前提的供配电设计提出了更高的要求。

1 概况

结合公共建筑人防地下室工程对供配电方案进行讨论。某体育学院地上设有一栋体育文化活

动中心楼和两栋运动员体训楼，地下两层，人防区域位于地下一层，为甲类防空地下室，人防建筑面积为9 463 m²，共为5个防护单元。防护单元划分如表1所示。

人防工程设计除执行JGJ 16、GB 50052等标准规范外，重点执行《人民防空地下室设计规范》《人民防空医疗救护工程设计标准》和《人民防空工程设计防火规范》等人防规范，并结合相关图集进行设计。

表 1　人防明细表

Tab. 1 Civil air defense schedule

防护单元编号	防护单元建筑面积 / ㎡	战时用途	平时用途	抗力等级	防化等级
第一防护单元	1 499	医疗救护站	物业办公	甲类核 5 常 5 级	乙级
第二防护单元	998	专业队队员掩蔽	汽车库	甲类核 5 常 5 级	乙级
第三防护单元	3 857	专业队装备掩蔽	汽车库	甲类核 5 常 5 级	-
第四防护单元	2 767	物资库	汽车库	甲类核 6 常 6 级	丁级
第五防护单元	342	固定电站	机房	甲类核 5 常 5 级	乙级

2　供配电方案设计

2.1　负荷分级

本工程地上建筑属于二类高层建筑，地下车库属于I类汽车库，根据JGJ 16—2008《民用建筑电气设计规范》第3.2.2条和GB 50067—2014《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》第9.0.1条，平时常用设备电力负荷分级如表2所示。

表 2　平时常用设备电力负荷分级

Tab. 2 Power load classification of common equipment

平时用途	负荷等级	负荷名称
物业办公	一级	应急照明、消防风机和弱电安防等
	二级	污水泵
	三级	不属于一级和二级负荷的其他负荷
汽车库	一级	应急照明、消防风机和弱电安防等
	二级	污水泵
	三级	不属于一级和二级负荷的其他负荷
机房	一级	应急照明等
	三级	不属于一级负荷的其他负荷

根据GB 50038—2005《人民防空地下室设计规范》第7.2.3、7.2.4条及RFJ 005—2011《人民防空医疗救护工程设计标准》第6.2.3条，战时常用设备电力负荷分级如表3所示。

表 3　战时常用设备电力负荷分级

Tab. 3 Power load classification of common equipment in wartime

战时用途	负荷等级	负荷名称
救护站	一级	①应急照明；②基本通信设备、应急通信设备和通信电源配电箱；③防化设备电源插座箱；④三种通风方式信号装置系统；⑤主要医疗救护房间（手术室、放射科）内的设备和照明；⑥手术室空调设备
	二级	①正常照明；②重要风机、水泵；③医疗救护房间（除手术室外）的空调器、电热设备；④辅助医疗救护房间内的设备和照明；⑤一般医疗救护、设备房间插座；⑥洗消及医疗用的电加热淋浴器；⑦电动防护密闭门、电动密闭门和电动密闭阀门
	三级	不属于一级和二级负荷的其他负荷
专业队队员及装备掩蔽	一级	①应急照明；②基本通信设备、应急通信设备和通信电源配电箱；③防化设备电源插座箱
	二级	①正常照明；②重要风机、水泵；③三种通风方式信号装置系统；④洗消用的电加热淋浴器；⑤完成防空专业队任务必须的用电设备；⑥电动防护密闭门、电动密闭门和电动密闭阀门
	三级	不属于一级和二级负荷的其他负荷
物资库	一级	①应急照明；②基本通信设备、应急通信设备和通信电源配电箱
	二级	①正常照明；②重要风机、水泵；③电动防护密闭门、电动密闭门和电动密闭阀门
	三级	不属于一级和二级负荷的其他负荷
固定电站	一级	①应急照明；②柴油发电站配套附属设备
	三级	不属于一级负荷的其他负荷

表3中，救护站“三种通风方式装置系统”负荷归类在GB 50038—2005中为二级负荷，而在RFJ 005—2011中为一级负荷，存在冲突；“防化设备电源插座箱及医疗设备用电”负荷归类在GB 50038—2005中未明确。按照就严就新原则，以RFJ 005—2011为依据均定为一级负荷。

2.2 电源

人防工程内电力负荷设备按平时和战时两种情况分别配电。

针对平时情况，本工程为附建式人防工程，市电引入点为地面建筑变配电室，人防工程属于区域配电单元，根据JGJ 16—2008《民用建筑电气设计规范》第3.2.8条，为满足“平时一级负荷应由两个电源供电”要求，由地面建筑变配电室低压柜引两路220 V/380 V电力系统电源至人防地下室；依据GB 50016—2014《建筑设计防火规范》第10.1.6条“消防用电设备应采用专用的供电回路”和GB 50098—2009《人民防空工程设计防火规范》第8.1.3条“消防用电设备的供电回路应引自消防配电柜或专用供电回路”要求，由地面建筑变配电室消防配电柜引两路消防专用回路至人防地下室。该四路电力系统电源作为人防外部电源。

针对战时情况，GB 50038—2005《人民防空地下室设计规范》第7.2.15条规定：“战时一级负荷应有两个独立的电源供电，其中一个独立电源应是该防空地下室的内部电源；战时二级负荷应引接区域电源，当引接区域电源有困难时，应在防空地下室内设置自备电源；战时三级负荷引接电力系统电源。”根据第7.2.11条、7.2.12条和7.7.2条有关柴油电站的设置要求，本人防工程包含救护站、防空专业队等类别，建筑面积之和大于5 000 m^2，故在人防区域内设置柴油固定电站，内设两台200 kW柴油发电机组作为人防战时内部电源。四路电力系统电源（内含两路消防专用回路）亦能满足战时外部电源需求。

由于本工程设有内部电站，无须为一级负荷设置EPS、UPS，但有两点与蓄电池电源设置有关条文仍需注意。

1）根据GB 50038—2005《人民防空地下室设计规范》第7.5.5条第4款“战时应急照明的连续供电时间不应小于该防空地下室的隔绝防护时间”，条文说明提到当设有内部柴油发电机时，战时应急照明蓄电池组的连续供电时间同于平时消防疏散时间。故本工程仅需按照平时消防疏散要求设置EPS，持续供电时间为30～60 min。

2）根据RFJ 005—2011《人民防空医疗救护工程设计标准》第6.2.7条“战时不允许停电的特殊医疗设备应配置UPS应急电源装置，UPS的蓄电池组应为密封式蓄电池组，其应急供电时间不应小于10 min”，条文说明对不允许停电的医疗设备进行了举例，如手术设备、CT设备等，设计中应预留相应容量的UPS配置。

2.3 供配电要求

《人民防空医疗救护工程设计标准》第6.3.1条规定：“中心医院、急救医院的电力系统电源应引入柴油电站控制室内，并进行内外电源转换，宜在柴油电站控制室内分别对平时、战时的各级负荷配电”；第6.3.2条规定了救护站与移动柴油电站配合的供电形式，未说明与固定电站配合，并包含防空专业队、物资库等多个防护单元的供电方式。

《人民防空地下室设计规范》第7.2.14条第1款规定：“每个防护单元应设置人防电源配电柜（箱），自成配电系统”；第7.3.1条规定：“每个防护单元应引接电力系统电源和内部电源，电源回路均应设置进线总开关和内外电源转换开关”；第7.3.3条规定：“一级、二级和大容量的三级负荷宜采用放射式配电”。

常规供电方案有两种形式：一是在人防总进线柜处与内部电源进行内外电源的转换，然后给用电负荷配电；二是每个防护单元均分别引接电力系统电源与内部电源，在防护单元配电箱进线处进行内外电源的转化，为本防护单元配电。

针对配电形式，考虑人防平战结合，应注意以下几点。

1）为满足平时需求，公共建筑地下室多为

机房区，动力设备较多，从建筑节能、三相平衡和计量付费等角度考虑，照明动力应分别配电，方便监测与计量。故每个防护单元宜分别设置照明配电箱（AL）和动力配电箱（AP）。若平时存在一级照明、一级动力负荷，可分别从AL和AP箱引一回路进行配电或另引两路电源进行配电，设置ALT或APT配电箱。

2）根据GB 50016—2014《建筑设计防火规范》第10.1.7条规定：“消防配电干线宜按防火分区划分，消防配电支线不宜穿越防火分区”，第10.1.8规定：“消防负荷供电应在其配电线路的最末一级配电箱处设置自动切换装置”，即各防护单元均应有两路由地面建筑变配电室低压柜引至防护单元的消防专用回路，放射式配电，末端互投，并与内部电源手动转换。设置应急照明箱（ALE）和消防动力箱（APE）。

3）根据GB 50038—2005《人民防空地下室设计规范》第7.5.4条规定：“战时应急照明宜利用平时应急照明”，故应急照明电源平时由电力系统两路消防专用电源末端互投后供电，战时由人防内部电源馈出回路与电力系统一路电源回路末端互投后供电。此外，应急照明集中配电装置（EPS）宜设置在人防内，或采用分散电源方式。

4）战时送风兼平时消防补风机等平时、战时两用设备电源，平时由电力系统两路消防专用电源末端互投后供电；战时由人防内部电源馈出回路与电力系统一路电源回路末端互投后供电。

2.4 供配电方案

结合08FJ04《防空地下室固定柴油电站》、05SF10《人民防空地下室设计规范》图示（电气专业）和07FD01《防空地下室电气设计》图集，整理出如下供配电系统方案，如图1、图2所示。

1）方案一。两路电力系统电源引入柴油电站控制室内，与内部电源转换，设置低压配电柜分别给各防护单元配电，电力系统与柴油发电机组分列运行，两台柴油发电机组并列运行，消防负荷引自电力系统专用消防回路。其优点在于便于集中管理、节省配线投资以及避免线缆长期不带电的隐患，但存在诸多不足，供配电系统方案存在局限性，更适用于仅含单个防护单元的人防工程，如中心医院、急救医院。《人民防空地下室设计规范》第7.3.1条要求“每个防护单元应引接电力系统电源和内部电源。电源回路均应设置进线总开关和内、外电源转换开关”，即要求内外电源的转换必须在每个防护单元内完成，方案一不能实现。另外，由表3可知，各防护单元均有战时一级负荷设备。根据《人民防空医疗救护工程设计标准》第6.3.3条第一款规定：“战时一级负荷应采取双电源、双回路末端负荷侧自动切换”，05SF10《人民防空地下室设计规范》图示中7.2.15图示1“战时一级负荷在末端侧（防护单元内）切换”，方案一不能实现。

2）方案二。在方案一的基础上进行优化，为每个防护单元补充引入电力系统电源，完善其不足，实现为多个防护单元分别配电。其优点在于，能够在人防总进线处实现内外电源的转换，便于集中管理，但配电系统复杂，存在两级内外电源转换关系，且投资较大。

3）方案三。每个防护单元均引接电力系统电源与内部电源，在防护单元配电箱进线处进行内外电源的转化给本防护单元配电,两台柴油发电机组并列运行，消防负荷引自电力系统专用消防回路。其优点在于，满足战时一级负荷的配电要求（引入内外电源且末端切换）、配电系统清晰明确，便于战时快速转换并投入使用，但存在引入人防地下室线路较多，不利于防护密闭等不足，且各回路容量较小，线缆较细，均由地上建筑变配电室低压柜引来，不经济，人防与非人防区域配电分界点不清晰。

4）方案四。在方案一的基础上进行优化，在人防内部防护等级高且靠近地上建筑变配电室的防护单元设置人防总低压配电室，并设置照明配电柜、动力配电柜及两台应急配电柜，各防护单元的电力系统电源均由此放射式引出，且相互独立，各防护单元的内部电源均由柴发电站配电低压柜放射引出。该方案解决了人防与非人防间配线较多的问题，仅需四路电力系统电源进线

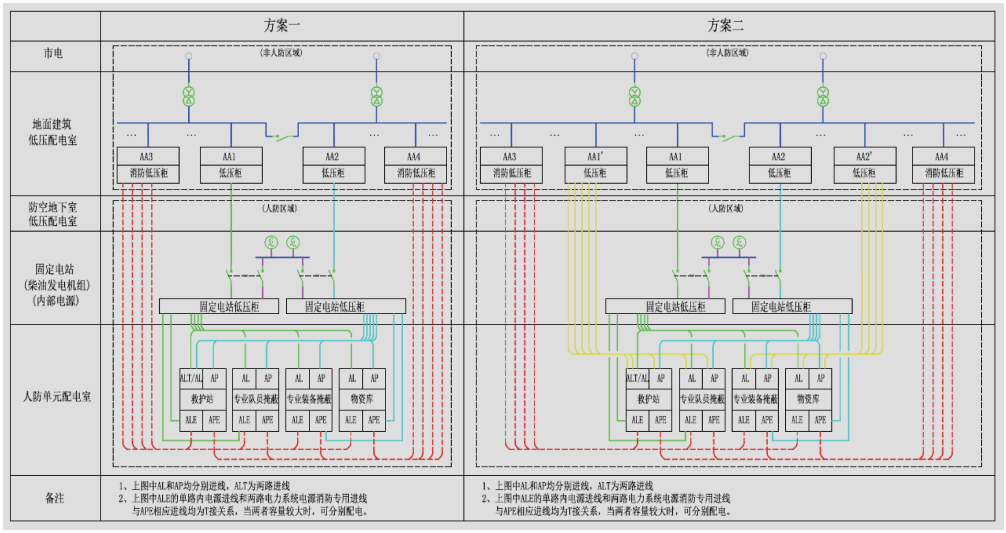

图 1　平战结合供配电方案示意图（方案一、方案二）

Fig. 1 Schematic diagram of power supply and distribution scheme for combination of peacetime and wartime (scheme 1 and scheme 2)

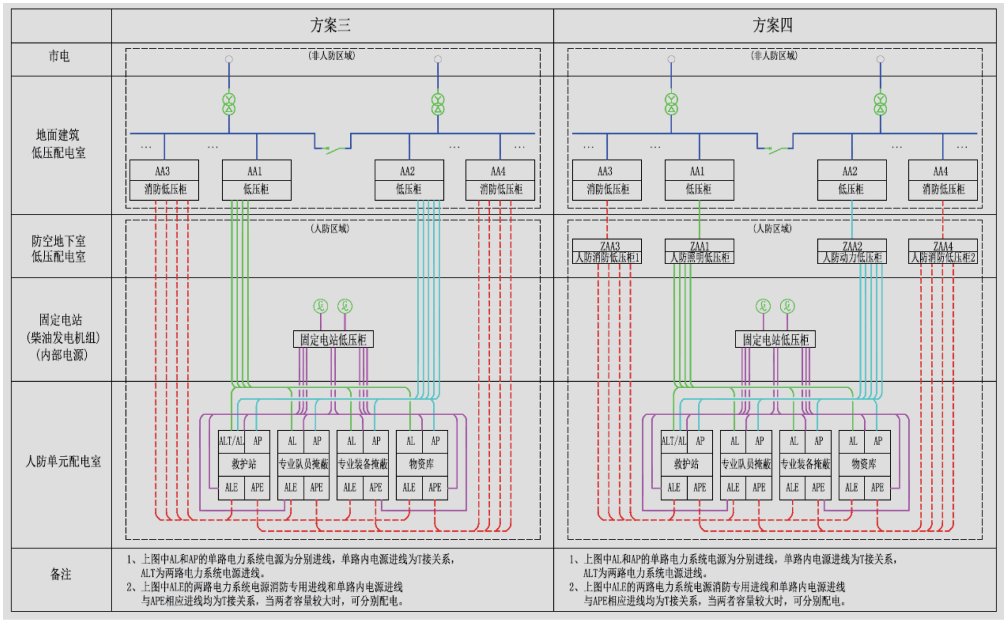

图 2　平战结合供配电方案示意图（方案三、方案四）

Fig. 2 Schematic diagram of power supply and distribution scheme for combination of peacetime and wartime (scheme3 and scheme 4)

（一路人防照明进线、一路人防动力进线和两路人防应急进线），内外电源配电系统明确，配电分界点清晰。尤其适用于防护单元较多的人防工程，可有效减少地上建筑变配电室的低压馈线回路，节省低压配电柜数量和变配电所面积。

3　供配电实例

具体到本工程，还有一些有关医疗救护工程（本工程含救护站）的配电要求需注意。

1）根据RFJ 005—2011《人民防空医疗救护工程设计标准》第6.6.1条“人防医疗工程宜按医疗功能分区设置照明配电箱，其中第一密闭区、第二密闭区应分别设置照明配电箱”，第6.3.5条“第一密闭区范围内的动力、照明负荷除在第一密闭区内设置控制箱外，还应在第二密闭区值班室内设置集中监控装置”。条文说明解释

为第一密闭区为轻度染毒区，染毒时人员不必进入，分别设置照明配电箱便于管理，并可在清洁区（第二密闭区）对其进行监控。设计时需注意此处配电箱的设置。

2）防火分区与防护分区存在差异，战时救护站作为独立防护单元，建筑面积最大为1 500 m^2，考虑工程平战结合时，救护站与物业办公相结合，根据GB 50016—2014《建筑设计防火规范》表5.3.1中规定地下或半地下设有自动灭火系统时防火分区最大允许面积为1 000 m^2，故战时作为独立防护单元的救护站在平时会分为两个防火单元，根据“消防配电干线宜按防火分区划分，消防配电支线不宜穿越防火分区”的规定，救护站应按防火分区分别设置应急照明配电箱。

3）救护站设有较多医疗设备，根据RFJ 005—2011《人民防空医疗救护工程设计标准》第6.3.4条第2、3款，“医疗设备应按负荷等级各有独立配电系统”“放射科、检验科、功能检查室等部门的医疗设备电源，应分别设置切换电源的开关电器”，即救护站一、二级负荷容量较大，故宜设置救护站重要设备用电配电箱，分别独立引入电力系统电源和内部电源，并在各主要医疗救护房间设置子配电箱，以保证重要医疗设备的配电可靠性，便于各医疗科室安全管理和使用。

综合上述内容，依据负荷等级、接线关系等因素，每个防护单元应有4～10路电力系统电源进线及1～2路内部电源进线。救护站负荷种类较多，配电要求严格，其供配电系统图如图3所示，防空专业队工程和物资库供配电系统同理参照。

考虑平战转换，应做到以下几点：

1）本工程为甲类人防工程，柴油电站中除柴油发电机组平时可不安装外，其他附属设备及管线均应安装到位，柴油发电机组应在15天转换时限内完成安装和调试。

2）为战时一级负荷供电设置的EPS、UPS

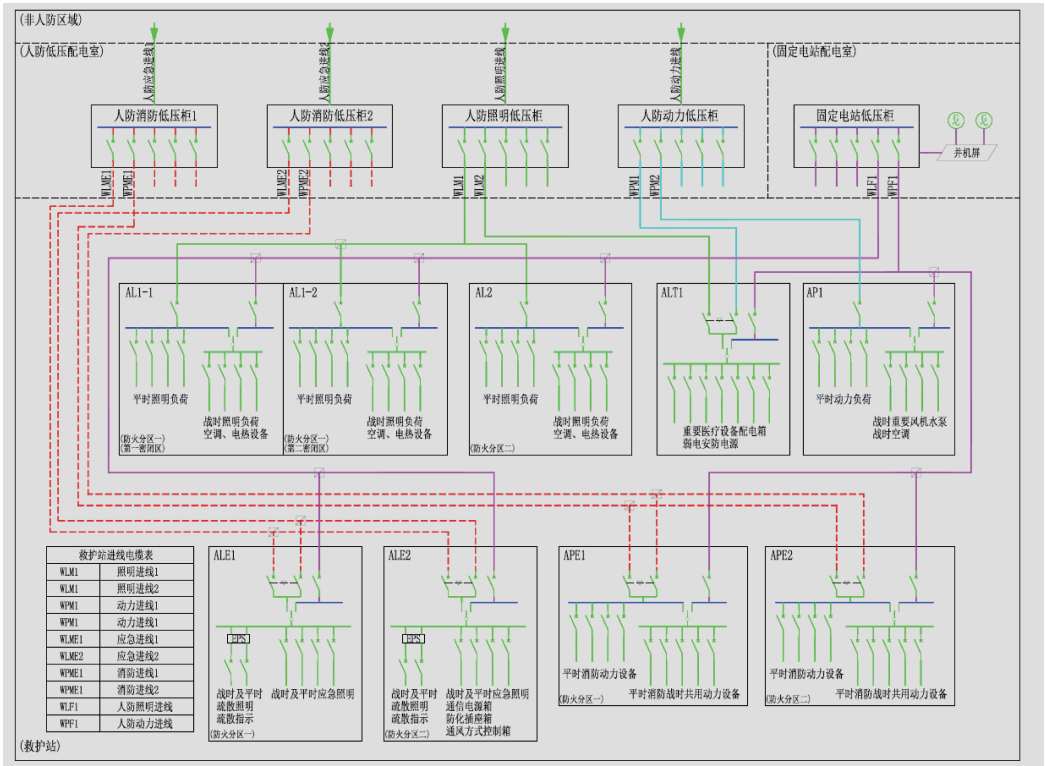

图3 救护站供配电系统图

Fig. 3 Power supply and distribution system diagram of ambulance station

自备电源设备设计到位，平时可不安装，但应留有接线盒安装位置，应在30天转换时限内完成安装和调试。

3）战时市电无法正常供电时，应能及时切除战时三级负荷的供电。

4 结束语

综上所述，地下室人防工程受平时负荷分级、人防规模和人防工程类别等影响较大，且相关标准规范较多，平战结合的供配电方案形式多样。文中针对具有救护站、防空专业队工程和物资库等不同工程类别、多个防护单元的人防工程供配电系统进行分析，重点考虑平战结合、负荷等级、供电电源及医疗救护工程的特殊性等方面内容，分析不同方案的特性共性、适用范围及优化方式，最终确定适合所述工程实例的供配电方案，并给出救护站各级供配电系统，以作参考。**EA**

参考文献

[1] 中国建筑设计研究院．人民防空地下室设计规范：GB 50038—2005 [S]．北京：国标图集出版社，2005.

[2] 中国建筑标准设计研究院．人民防空医疗救护工程设计标准：RFJ 005—2011 [S]．北京：中国计划出版社，2005.

[3] 总参工程兵第四设计研究院．人民防空工程设计防火规范：GB 50098—2009 [S]．北京：中国计划出版社，2012.

[4] 上海市地下建筑设计研究院，中国建筑标准设计研究院．05SFD10人民防空地下室设计规范图图示(电气专业)[M]．北京：中国计划出版社，2005.

[5] 中国建筑标准设计研究院．FD01～02防空地下室电气设计(2007年合订本)[M]．北京：中国计划出版社，2007.

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

[7] 公安部天津消防研究所．建筑设计防火设计规范：GB 50016—2014 [S]．北京：中国计划出版社，2018.

作者简介

周玉婷

周玉婷（1990—），女，硕士，建筑电气工程师，主要研究方向为建筑电气设计。

（收稿日期：2021-07-15）

(上接第49页)

参考文献

[1] 林福昌．高电压工程 [M]．北京：中国电力出版社，2006.

[2] 要焕年，曹梅月．电力系统谐振接地[M]．北京：中国电力出版社，2000.

[3] 刘红文，赵现平，黄星，等．配电网铁磁谐振原理及 防护[M]．北京：科学出版社，2019.

[4] 中华人民共和国电力行业标准：DL/T 620—1997 [S].

作者简介

彭潇楠

彭潇楠（1987—），工程师，主要从事电气系统运行工作。

(收稿日期：2021-06-12)