

某医院建筑的电气设计案例浅析

梁 爽

(中国中元国际工程有限公司, 北京 100089)

摘要: 对某综合三级甲等医院电气设计的负荷等级、供电措施、供电电源、主要电气机房设置、供配电系统、照明系统、防雷与接地系统的设计进行总结分析。确保医院各场所供电的可靠性、合理性和经济性, 并给医疗建筑电气设计同行们一些参考。

关键词: 医院建筑; 负荷等级; 供电措施; 供电电源; 供配电系统; 照明系统; 防雷与接地

A brief analysis of the electrical design case of a hospital building

LIANG Shuang

(China Zhongyuan International Engineering Co., Ltd., Beijing 100089, China)

Abstract: The load level, power supply measures, power supply source, main electrical room setting, power distribution system, lighting system, lightning protection and grounding system design of comprehensive third-class A-level hospital electrical design are summarized and analyzed. The reliability, rationality and economy of power supply in all places of the hospital are ensured, and some references given to the peers in electrical design of medical buildings.

Keywords: hospital building; load level; power supply measures; power supply source; power supply and distribution system; lighting system; lightning protection and grounding

0 引言

随着医疗技术的不断进步和人们对医疗服务需求的日益增长, 医院建筑设计面临着越来越高的要求。电气设计作为其中的重要组成部分, 其合理性和安全性直接关系到医院的正常运营和患者的安全。目前, 国内医疗建筑电气设计标准主要是GB (国家标准) 及行业标准JGJ 312《医疗建筑电气设计规范》, 国外参考的标准主要有IEC (国际电工委员会) 标准、NFPA (美国国家消防协会) 标准和EN (欧洲标准), 国内医疗建筑电气设计标准是通过负荷等级进行分类, 从而提出相应等级的供电措施。ICE 60364-7-710《医疗场所电气安全》主要是通过对医院

内各场所进行分类, 进而选择供电方案。本文结合GB 51039—2014《综合医院建筑设计标准》2024年新修订版, 总结分析某综合三级甲等医院建筑的电气设计要点, 为医疗建筑电气设计同行提供一些参考信息。

1 工程概况

本项目总建筑面积21.55万 m^2 , 地下2层, 地上10层, 停车位总数为1 593个, 其中地上760个, 地下833个。整个项目主要有医疗综合楼、发热门诊、液氧站、污水处理站、垃圾站和环网室共六个建筑单体, 总平面图如图1所示。其中, 医疗综合楼地上的主要使用功能为各门诊、医技、病房等医疗功能用房和行政、教学、会议

及餐厅厨房等；地下为设备机房、汽车库及人防中心医院等功能。医疗综合楼为一类高层公共建筑。发热门诊为多层民用建筑，液氧站为乙类火灾危险性建筑，污水站和垃圾站为单层民用建筑，环网室为工业附属建筑。



图 1 总平面图

Fig. 1 General layout

2 供配电系统

2.1 负荷等级

医疗建筑用电负荷等级十分复杂，依据的规范主要有：GB 51348—2019《民用建筑电气设计标准》附录A民用建筑中三级、二级医院及第3.2章节相关条文；JGJ 312—2013《医疗建筑电气设计规范》表4.2.1医疗建筑用电负荷等级；GB 51039—2014《综合医院建筑设计标准》（2024年版）表8.1.2医疗场所分类及安全设施供电系统分级、负荷分级；GB 50016—2014《建筑设计防火规范》（2018版）中10.1.1~10.1.3条。本项目的负荷分级总结见表1。

表 1 负荷分级汇总

Tab. 1 Load level summary

负荷等级类别	用电负荷名称
特级负荷	急诊抢救室、血液病房净化室、产房、重症监护室、早产儿室、手术室、术前准备室、术后复苏室、麻醉室、心血管造影检查室、导管介入室、MRI扫描室等场所涉及患者生命安全的设备及照明用电；直线加速器控制电源和控制吸引泵电源；大型生化仪器、重症呼吸道感染区的通风系统

(续)

负荷等级类别	用电负荷名称
一级负荷	消防用电（包括消防控制室内的火灾自动报警及控制设备、消防电梯、防烟排烟设施、消防水泵、自动灭火系统、应急照明、疏散指示标志和电动的防火门、卷帘、阀门等）；安防系统、通信系统、计算机系统；变电所用电；生活水泵、排污泵用电 急诊抢救室、血液病房净化室、产房、重症监护室、烧伤病房、早产儿室、手术室、术前准备室、术后复苏室、麻醉室、血液透析室、心血管造影检查室、导管介入室、MRI扫描室等场所中除了特级负荷的其他用电设备；急诊诊室、急诊观察室及处置室、急诊检查设备、术中检查设备、婴儿室、放射治疗室、核医学室、内镜检查室、影像科等场所的诊疗设备及照明用电；病理科的取材室、制片室、镜检室的用电设备；书库、培养箱、恒温箱、高压氧舱用电，门诊医技病房楼的主要走道照明用电，百级洁净度手术室空调系统用电，真空吸引、空气压缩机、制氧机及其控制与报警系统设备用电等
二级负荷	日间病房、普通病房中的主要监控和治疗设备、肺功能检查室、电生理检查室、超声检查室；热交换站、锅炉房、中心供应、物流系统、空气净化机组、诊断用CT及X光机等大型医疗影像设备用电、贵重药品冷库等
三级负荷	其他电力负荷及一般照明等

其中容易错误判断负荷等级的场所有术中的检查设备和急诊检查设备，比如CT等诊断用的大型医疗设备如果设置在影像科，通常按二级负荷设计，而在手术中及急诊检查中使用，则被定义为一负荷；手机放大信号5G配电，随着智慧医院的发展，手机信号在就医过程中的重要性也与日俱增。因此笔者认为5G配电的负荷等级应提高为一级负荷。

根据GB 51348—2019《民用建筑电气设计标准》第3.2.4条规定可知，主体建筑中有一级负荷中的特别重要负荷时，确保其正常运行的空调设备宜为一级负荷；当主体建筑中有大量一级负荷时，确保其正常运行的空调设备宜为二级负荷。

医院中必须保证空调运行的场所主要有手术室、重症监护室、检验科、病理科等净化空调，手术室、重症监护室等场所的净化空调宜为一级负荷，检验科、病理科等场所的净化空调宜为二

级负荷。

2.2 供电措施

对GB 50052—2009《供配电系统设计规范》中第3.0.2、3.0.3、3.0.7条对不同负荷等级的供电要求总结如下。

1) 一级负荷应由双重电源供电，当一路电源发生故障时，另一电源不应同时受到损坏。

2) 特级负荷除应由双重电源供电外，还应增设应急电源，设备供电电源的切换时间应满足设备允许中断供电要求，其中独立于正常电源的发电机组、蓄电池可作为应急电源。GB 51039—2014《综合医院建筑设计标准》（2024年版）8.1.1 A及表8.1.2按照自动恢复供电时间分成C、E、F级，其中C级需要0.5 s内有效恢复供电，而应急电源需要选择不间断电源（UPS），其他特级负荷可采用柴油发电机作为应急电源。

3) 当市政电源为双重电源供电，且两台变压器低压侧设置联络开关时，二级负荷可由一段低压母线单回路供电。

根据上述要求，本项目特级负荷中自动恢复供电时间等级为C级的负荷采用双电源+柴油发电机+UPS的供电方案，其余特级负荷采用双电源+柴油发电机的供电方案；一级负荷中的消防负荷用电采用双电源+柴油发电机的供电方案，其余一级负荷采用双电源供电；二级负荷采用单电源供电；三级负荷采用树干式或放射式单电源供电。

2.3 负荷指标

图集19DX101-1《建筑电气常用数据》表3.31医院的用电指标为30~70 W/m²，随着医院的发展、不同医院功能结构的差异、充电桩设置的增加以及智能化需求的提升，用电指标也会有所增加。笔者对该项目各功能区域用电指标进行总结，可供综合医院项目初步设计总体负荷估算时参考，具体见表2。

表 2 医疗建筑不同功能区域的负荷用电指标

Tab. 2 The load power consumption indicators for different functional areas in medical buildings

序号	功能区域	用电指标
1	手术室/(kW/间)	10
2	手术室净化空调/(kW/间)	40
3	重症监护室/血透/(kW/床)	2.5
4	重症监护室净化空调/(kW/床)	10
5	内镜/B超/(W/m ²)	2
6	中心供应/(W/m ²)	100
7	病理科/(W/m ²)	180
8	检验科/(W/m ²)	400
9	照明/(W/m ²)	6.5（非功能房间）
10	插座/(W/m ²)	10~15（非功能房间）
11	应急照明/(W/m ²)	1.5（公共区域）
12	走廊照明/(W/m ²)	5（公共区域）
13	风机盘管/(W/m ²)	4
14	信息中心/(kW/机柜)	5
15	信息中心空调/(W/m ²)	700
16	厨房/(W/m ²)	600

2.4 电气机房管井的设置

（1）变电所和柴油发电机房的选址

变电所的选址是电气设计的重要部分，关系到整个项目供电方案的可靠性和经济性。选址需要满足GB 55024—2022《建筑电气与智能化通用规范》第2.0.3相关条文，以及地方供电局的相关要求。医疗建筑多为特级、一级和二级负荷，从变电所放射供电的电缆比较多，因此在选址方面，除了满足供电半径在250 m内，还需要考虑缩短直接放射供电的电缆敷设长度。本项目医疗综合楼的北侧和南侧功能分别见表3和表4。

表 3 医疗综合楼北侧功能

Tab. 3 Functional layout diagram of the north side of the medical complex

楼层	区域一	区域二	区域三
10F	标准护理单元	标准护理单元	
9F	标准护理单元	标准护理单元	
8F	标准护理单元	标准护理单元	

(续)

楼层	区域一	区域二	区域三
7F	标准护理单元	标准护理单元	
6F	标准护理单元	标准护理单元	
5F	标准护理单元	设备层	设备层
4F	病理科	ICU	门诊
3F	CCU	DSA	门诊
2F	信息中心	输血科 / 检验科	门诊
1F	急诊病房	急诊	儿科急诊
B1	厨房	车库 / 设备机房	车库
B2	冷冻机房	车库 / 人防	车库 / 人防

表 4 医疗综合楼南侧功能示意

Tab. 4 Functional layout diagram of the south side of the medical complex

楼层	区域四	区域五	区域六
10F	标准护理单元	标准护理单元	
9F	标准护理单元	标准护理单元	
8F	标准护理单元	标准护理单元	
7F	标准护理单元	标准护理单元	
6F	标准护理单元	标准护理单元	
5F	标准护理单元	设备层	设备层
4F	产房 / NICU	手术室	报告厅 / 办公
3F	日间病房	内镜中心	门诊
2F	血透	超声 / 检验科	体检
1F	办公	影像中心	门诊 / 药房
B1	核医学	车库	车库
B2	放疗中心 / 锅炉房	车库 / 人防	车库 / 人防

根据表3和表4可知，本项目的负荷中心分别位于南北两侧的区域一、二、四、五，因此结合建筑规模、功能科室分布、市政进线条件及供电半径距离的要求，本项目在地下一层北侧区域一和区域二之间，以及南侧区域四和区域五之间各设置一个变电所，地下一层南侧区域六靠近影像中心位置设置一个变电所。具体位置如图2所示。

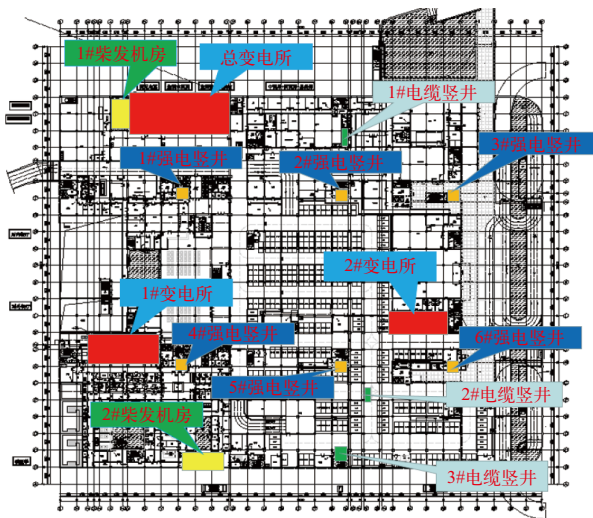


图 2 电气主要机房管井布置示意图

Fig. 2 Schematic diagram of electrical equipment room

由于环网室位于医疗综合楼北侧空地，为了便于市政电源进线，将北侧变电所作为整个项目的总变电所，其余两个为分变电所。具体变压器配置及各变电所供电局域见表5。

表 5 变电所设置情况

Tab. 5 Substation layout

序号	变电所名称	变电所主要供电区域	面积 /m ²	变压器台数、容量 / (kV·A)	备注
1	总变电所	冷冻机房，北侧医技，北侧住院楼	720	4×1 600+ 2×2 000	下进下出，设置电缆夹层，夹层层高 2.19 m
2	1#变电所	南侧医技功能，充电桩	500	4×1 600	下进下出，设置电缆夹层，夹层层高 2.19 m
3	2#变电所	南侧门诊区域，设备层净化空调，影像中心大型医疗设备	260	2×1 600	下进下出，设置电缆沟，净深 1 m

柴油发电机房通常与变电所一一对应设置，并宜设置在对应变电所附近靠建筑外墙位置，同时要保证供电半径小于250 m的要求，主要为保障负荷（特级负荷和部分一级负荷）和消防负荷供电。本项目的保障负荷全部分布在总变电所和1#变电所，2#变电所只有消防负荷需要由柴油发电机提供应急电源，且负荷较小。因此本项目

在总变电所及1#变电所附近设置两座柴油发电机房，其内部分别设置1台常用功率为1 200 kW和800 kW的柴油发电机。

(2) 电气竖井的设置

强电竖井通常兼作配电间，并根据用电设备的性质和功能分别设置一般照明、应急照明、一般动力、走道照明、空调及消防负荷配电箱。强电竖井的数量和位置设置原则通常与防火分区及功能科室划分一致，本项目医疗综合楼共设置6个强电竖井，具体位置如图3所示。

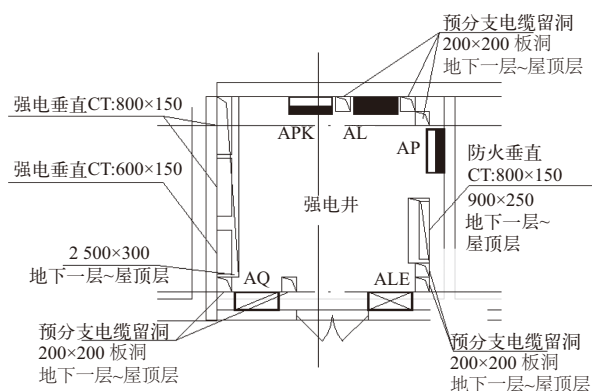


图3 强电井布置大样图

Fig. 3 Equipment layout in electrical shaft

根据JGJ 312—2013《医疗建筑电气设计规范》第6.1.2、6.2.2条文可知，大型医疗设备需从变电所单独敷设电缆，其辅机设备（如MRI的水冷机）也需要从配电室再单独敷设双路电缆供电。本项目MRI、CT、DR、DSA等大型医疗设备共48台，相对集中设置在首层的影像中心、地下二层的核医学及四层的介入中心。据统计，本项目仅为大型医疗设备及辅机设备供电的电缆的数量多达100根，均为大截面电缆。诊疗设备的电源应满足设备对电源内阻或线路允许压降的要求，而电缆长度越长，内阻越大。为降低内阻，需要放大电缆截面积。为缩短电缆长度，减小电缆截面积，除了在配电室选址上充分考虑靠近大型医技科室外，在变电所至影像中心、介入中心还单独设置电缆井，医疗设备电缆通过电缆

井直通相关区域，减少了电缆投资。

为减轻强电井内竖向桥架敷设压力，本项目在北侧区域二和南侧区域五单独设置电缆井，从首层贯通到五层，缩短设备层净化空调及功能科室的电缆长度。

2.5 线缆选择

三级医院电缆的选择可依据的规范主要有GB 50217—2018《电力工程电缆设计标准》、JGJ 312—2013《医疗建筑电气设计规范》和GB 51348—2019《民用建筑电气设计标准》相关条文。

GB 50217—2018《电力工程电缆设计标准》电力电缆护层选择应符合下列规定：在人员密集场所或有低毒性要求的场所，应选用聚乙烯或乙丙橡皮等无卤外护层，不应选用聚氯乙烯外护层；应符合电缆耐火与阻燃的要求。

阻燃电缆的选用应符合下列规定：电缆多根密集配置时的阻燃电缆，应采用符合现行行业标准《阻燃及耐火电缆 塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级及要求 第1部分：阻燃电缆》规定的阻燃电缆，并应根据电缆配置情况、所需防止灾难性事故和经济合理的原则，选择适合的阻燃等级和类别。

JGJ 312—2013《医疗建筑电气设计规范》二级及以上医院应采用低烟、低毒阻燃类线缆，二级以下医院宜采用低烟、低毒阻燃类线缆。

GB 51348—2019《民用建筑电气设计标准》耐火电缆和矿物绝缘电缆布线可适用于民用建筑中有耐火要求的场所，耐火电缆和矿物绝缘电缆应具有不低于B1级的难燃性能；交流充电桩电源进线宜选用燃烧性能不低于B2级，产烟毒性为t1级，燃烧滴落物/微粒等级为d1级的电线电缆；为防止火灾蔓延，应根据建筑物的使用性质，发生火灾时的扑救难度，选择相应燃烧性能等级的电力电缆、通信电缆和光缆。

民用建筑中的电力电缆选择除应符合本标准

要求外,还应符合下列规定:避难层(间)明敷的电线和电缆应选择燃烧性能不低于B1级,产烟毒性为t0级,燃烧滴落物/微粒等级为d0级的电线和A级电缆;其他一类公共建筑应选择燃烧性能不低于B2级,产烟毒性为t2级,燃烧滴落物/微粒等级为d2级的电线和电缆;长期有人滞留的地下建筑应选择烟气毒性为t0级,燃烧滴落物/微粒等级为d0级的电线和电缆;建筑物内水平布线和垂直布线选择的电线和电缆燃烧性能应一致。

本项目属于人员密集场所,根据上述规范要求,需要采用低烟、无卤、无毒且阻燃的线缆,不同场所阻燃线缆的特性要求见表6。

表6 本项目不同场所阻燃线缆的特性

Tab. 6 Flame-Retardant cable specifications for different areas in the project

场所	线缆		
	阻燃性能	产烟毒性	燃烧滴落物微粒等级
避难间	B1级	t0	d0
地下室	B1级	t0	d0
交流充电桩	B2级	t1	d1
地上	由地下放射至地上	B1级	t0
	水平放射	B1级	t1

3 照明设计

医疗建筑的照明设计主要有正常照明、备用照明和安全照明。医疗建筑功能复杂,人员密集。其中一些重要科室(如手术室、重症监护室、血液透析室、门诊和病房等场所)的照明负荷等级、照明种类及自动恢复供电时间等级的设计对于这些场所的正常使用也极为重要。本文针对医疗建筑内典型场所的照明设计进行总结。

3.1 手术室、重症监护室

这类场所为二类医疗场所,自动恢复供电时间等级为C级,照明负荷等级为特级负荷,备用照明的照度应为正常照明照度值。因此,正常

照明的供电所采用的措施是双电源+柴油发电机+UPS,同时正常照明兼作备用照明。方案一如图4所示。

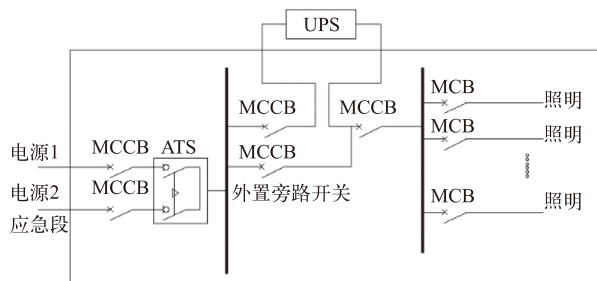


图4 方案一（双电源+柴油发电机+UPS）

Fig. 4 Option 1 (dual power supply from grid + generator+UPS)

3.2 检验科、病理科

这类场所属于0类医疗场所,自动恢复供电时间等级为F级,照明负荷等级为一级负荷,正常照明供电措施采用的是双电源,正常照明兼作备用照明。方案二如图5所示。

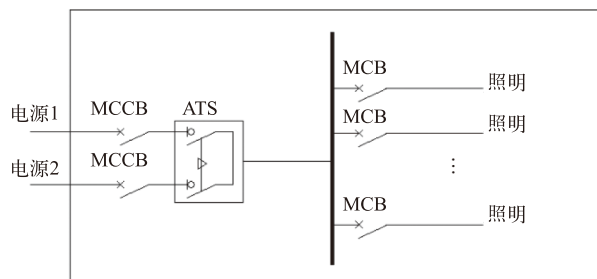


图5 方案二（双电源）

Fig. 5 Option 2 (dual power)

3.3 超声检查、功能检查

这类场所属于一类医疗场所,自动恢复供电时间等级为E级,照明负荷等级为三级负荷,正常照明的供电所采用的措施是双电源,正常照明和备用照明共用灯具,其中电源1和电源2各50%。方案三如图6所示。

3.4 门诊诊室、病房

门诊诊室为0类医疗场所,自动恢复供电时间无要求,照明负荷等级为三级负荷;病房为一类医疗场所,自动恢复供电时间等级为F级,照

明负荷等级为三级负荷，门诊诊室和病房的照明供电方案四如图7所示。

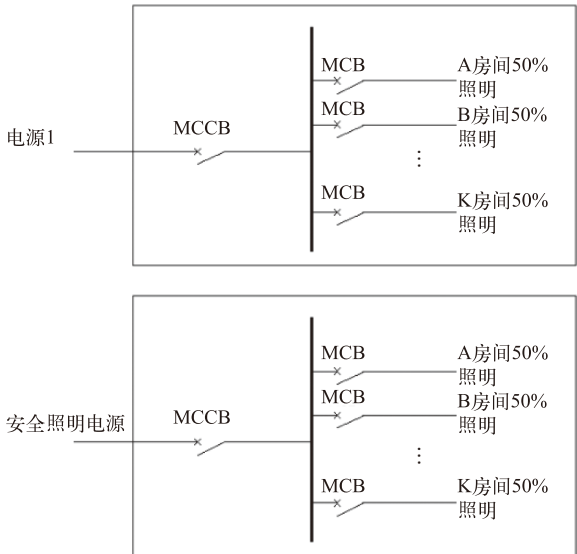


图 6 方案三（两路电源各带 50%）

Fig. 6 Option 3 (two independent of power sources sharing 50% load each)

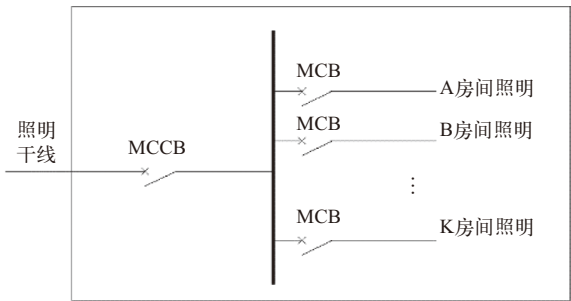


图 7 方案四（单电源）

Fig. 7 Option 4 (single power supply)

4 防雷与接地安全

本项目医疗综合楼建筑轮廓如图8所示。其中，C和E区域为塔楼，建筑高度为53.3 m；其他区域均为裙房，建筑高度为23.9 m。裙房区域为不规则形状，将其划分成A、B、D、F、G五个规则的长方形。根据GB 50057—2010《建筑物防雷设计规范》中附录A建筑物年预计雷击次数的计算公式，可以得到区域A～G区域的每边扩大宽度分别为

$$\begin{aligned} D_1 &= \sqrt{H_1(200 - H_1)} \\ &= \sqrt{53.3 \times (200 - 53.3)} \\ &= 88.4 \text{ m} \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} D_2 &= \sqrt{H_2(200 - H_2)} \\ &= \sqrt{23.9 \times (200 - 23.9)} \\ &= 64.9 \text{ m} \end{aligned} \tag{2}$$

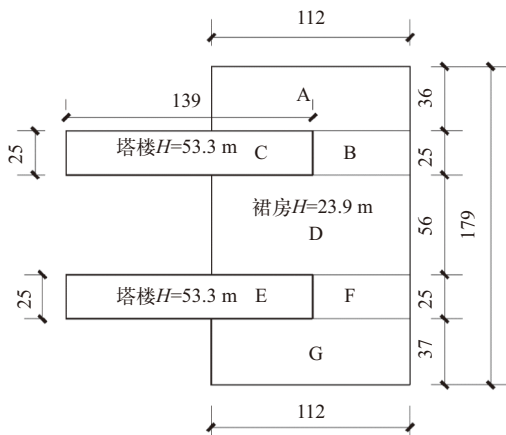


图 8 建筑物外轮廓图

Fig. 8 Building silhouette drawing

在总平面图中采用CAD作图的方式，将建筑物轮廓外扩后，裁剪掉圆弧外多余线条，得到建筑扩大后的等效面积，如图9所示。

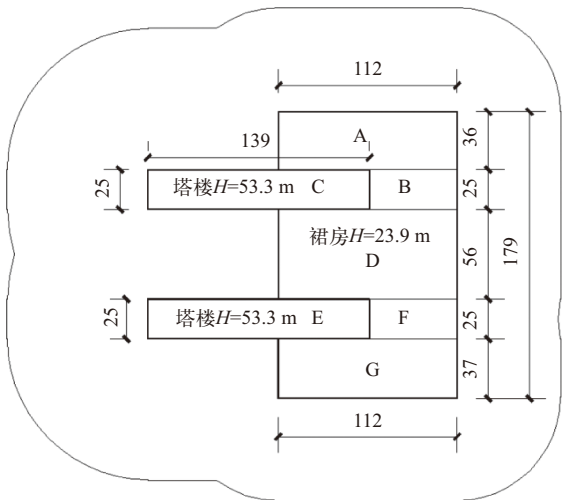


图 9 建筑物等效面积

Fig. 9 Equivalent lightning collection area of struture

在C A D 图纸中可测量出等效面积 $A_e=0.097 \text{ km}^2$ 。年雷击次数为0.151 3次，医疗综合楼年雷击计算见表7。

表 7 医疗综合楼年雷击计算

Tab. 7 Calculation of annual lightning strikes on medical complex

建筑物数据	等效面积 /km ²	0.097
	建筑物属性	省部级办公建筑物和其他重要或人员密集的公共建筑物以及火灾危险场
气象参数	地区	西安市
	年平均雷暴日 /d	15.6
	年平均密度 / (次 /km ²)	1.56
计算结果	预计年雷击次数 / 次	0.151 3
	防雷类别	第二类防雷

5 结束语

医疗建筑因其建筑功能和工艺需求复杂，同时是关系患者生命安全的重要场所，对供电可靠性、安全性及经济性有着更高的要求。本文通过对一座大型综合三级甲等医院的配电设计进行分析，希望能给同行提供一些参考。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 民用建筑电气设计标准: GB 51348—2019[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 电力工程电缆设计标准: GB 50217—2018[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 供配电系统设计规范: GB 50052—2009[S]. 北京: 中国建筑

工业出版社, 2010.

- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 供配电系统设计规范: GB 50052—2009[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 医疗建筑电气设计规范: JGJ 312—2013 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 综合医院建筑设计标准: GB 51039—2014[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [7] 池江伟. 浅论大型综合性三级甲等医院电气设计需求分析[J]. 四川建筑, 2023, 43(4): 53-54.
- [8] 薛伟. 某综合医院的电气设计要点[J]. 现代建筑电气, 2023, 14(4): 49-52.
- [9] 杨峰, 李宇飞. 国家区域医疗中心武汉协和重庆医院电气设计要点[J]. 建筑电气, 2024, 43(3): 56-63.
- [10] 姚坤. 利用计算机作图法求建筑物年预计雷击次数[J]. 建筑电气, 2004, 23(4): 30-32.
- [11] 陈兴忠. 医疗建筑照明设计探讨[J]. 建筑电气, 2020, 39(4): 44-48.

作者简介

梁爽 (1991—), 女, 硕士, 高级工程师, 研究方向为建筑电气。

(收稿日期: 2025-04-19)