

某大型医院供配电系统设计探讨

钟 福, 朱 冠

(中冶长天国际工程有限责任公司, 湖南 长沙 410205)

摘要:随着国家经济的发展,医疗卫生条件日益改善,医疗水平也不断攀升,大型医院则成为我国医疗卫生体系中不可或缺的一环。对于大型医院而言,合理的供配电系统设计至关重要,它不仅能够保证医院的正常运营,还能够为患者提供优质的医疗服务。文章结合某大型医院的供配电设计实践,从负荷分级及计算、供电电源、变配电所设置、保护措施、应急电源系统等方面深入探讨了大型医院建筑供配电系统设计,提出实际应用中需要思考和解决的问题,为医疗建筑供配电系统设计提供可行性参考和建议。

关键词:供配电系统; 大型医院; 负荷分级; 保护措施; 应急电源; 接地系统

中图分类号: TU852

文献标识码: A

文章编号: 1673-8993(2024)03-0049-06

doi: 10.13402/j.gcjs.2024.03.037

Discussion on design of power supply and distribution system in a large hospital

ZHONG Fu, ZHU Guan

(Zhongye Changtian International Engineering Co., Ltd., Changsha 410205, Hunan, China)

Abstract: With the development of economy, the medical and health conditions are improving day by day, the medical level is also rising, and large hospitals have become an indispensable part of China's medical and health system. For large hospitals, the design of a reasonable power supply and distribution system is crucial, which can not only ensure the normal operation of the hospital, but also provide high-quality medical services to patients. Combined with the power supply and distribution design practice of a large hospital, the design of power supply and distribution system of large hospital buildings is deeply discussed from the aspects of stage load and calculation, power supply, substation setting, protection measures, emergency power supply system, etc., and the problems that need to be considered and solved in practical application are proposed. To provide feasible references and suggestions for the design of power supply and distribution systems in medical buildings.

Key words: power supply and distribution system; large hospitals; load classification; protective measures; emergency power supply; earthing system

随着医学科技的不断发展和医疗水平的逐渐提高,人们对医疗健康的要求也越来越高。对于大型医院而言,保证重要医疗设备、医疗服务设施等的安全、稳定运行,在任何情况下都不间断供电十分关键。因此,研究大型医院供配电系统如何更好地实现高效、可靠、安全的运行具有较高的现实意义^[1-2]。

大型医院建筑作为复杂的公共建筑,其用电设备繁多,电气负荷类型众多,各类医疗设备对供电系统的要求多样,保障其用电的可靠性、安全性尤为重要。本文结合河北省某大型医院项目的设计案例,阐述供配电系统设计的保障措施,提出在实际应用中的问题和解决方案,以期类似项目设计提供一点参考。

收稿日期: 2023-08-02

作者简介: 钟 福(1989—),男,工程师,从事建筑电气设计工作。

1 供配电系统的设计要求和原则

1.1 设计要求

大型医院属于人员密集型公共场所,对供配电系统要求极高。

(1) 医疗系统。医疗系统是医院开展诊疗服务的基础。当前,医疗系统的配电设计主要以手术室、急诊室、重症加强护理病房(intensive care unit, ICU)等重要科室为核心,采用双回路供电模式,断电后能自动切换供电线路并且配备不间断电源(uninterruptible power system, UPS),保证电力供应的连续性。

(2) 通风系统。医院对通风要求较高。为确保空调通风系统可靠运行,采用双回路供电模式,分别和正常母线、应急母线连接。

(3) 照明系统。照明系统能耗在医院电能消耗中占比相对较大,而诊疗设备的开机率是影响能耗大小的决定性因素。照明系统配电设计不仅要保证供电可靠性,还要分析各个科室的照明需求,合理设计配电线路,合理选择照明灯具,在系统正常运行的同时,方便巡查和检修工作。

(4) 应急系统。应急系统和常规照明系统相对立,当常规照明系统出现故障时,应急系统上线,以避免非计划性停电,保证服务管理正常进行^[3]。

(5) 接地系统。大型医院建筑的保护性接地和功能性接地一般采用共用接地装置,其接地电阻按照各类别要求的最小电阻值确定,同时应在建筑物内做总等电位联结。

1.2 设计原则

(1) 遵循现行国家规范和标准的规定,以确保电气系统和电气设备符合安全性、兼容性的要求,避免因安全隐患引起病人的不良反应、设备的损坏等。

(2) 遵循最佳电气原则,采用合适的电缆、插头等组件,以保证设备性能稳定可靠,避免因设备故障引起的停机、重大事故等。

(3) 注重设计足够的回路数量、多样化的电缆路径,降低单一故障点带来的影响,适应医院动态变化的需要。

(4) 不断探索新型材料、新型装置,不断提

高设计的质量和效率,以保证系统供电的稳定性和连续性的同时,降低系统的成本,提高供配电设备的利用率。

2 供配电系统的设计应用案例

2.1 项目概况

某大型医院项目地处京津走廊中心河北省廊坊市,总建筑面积为 58 万平方米,总建设规模为 2 600 床,其中地上为 40.5 万平方米,地下为 17.5 万平方米。项目统筹规划设计,分为一期、二期投资建设及运营,其中一期分为 A 期和 B 期。A 期(5[#]放疗楼、6[#]特需体检楼、7[#]医技扩展楼)建筑面积为 11.5 万平方米,建设规模为 600 床,主要功能为质子放疗中心、特需医疗部及癌症早筛体检中心;B 期(1[#]门诊楼、2[#]医技楼、3[#]综合住院楼、4[#]特需住院楼)建筑面积为 19.5 万平方米,建设规模为 1 000 床,建设以肿瘤诊疗为特色、医疗功能齐全、保证体系完整、可独立运行、达到三甲专科医院开办标准的医院。医疗服务中心(9[#])同期建设,建筑面积为 12.5 万平方米。二期(8[#]缓和医疗楼)建筑面积为 14.5 万平方米,建设规模为 1 000 张,建设以缓和医疗、临终关怀为主的缓和医疗中心。项目平面功能示意如图 1 所示。

2.2 负荷分级及计算

依据《建筑电气与智能化通用规范》(GB 55024—2022)^[4]和《医疗建筑电气设计规范》(JGJ 312—2013)^[5]相关规定,确定医疗、医技设备、净化设备及生活配套服务设施等用电负荷等级,项目负荷分级情况具体如下。

(1) 特级负荷:血液病房的净化室、ICU、手术室、术前准备室、术后复苏室、麻醉室、心血管造影检查室等场所中涉及患者生命安全的设备及其照明用电,应给予最高的优先级,从而保障病患的生命安全。

(2) 一级负荷:血液病房的净化室、ICU、手术室、术前准备室、术后复苏室、麻醉室、心血管造影检查室等场所中除特级负荷以外的其他用电设备;内镜检查室、影像科、放射治疗室、核医学室等场所的诊疗设备及照明用电;血库、培养箱、恒温箱用电;病理科的取材室、制片室、镜检室的设备用电;门诊部、医技部及住院部

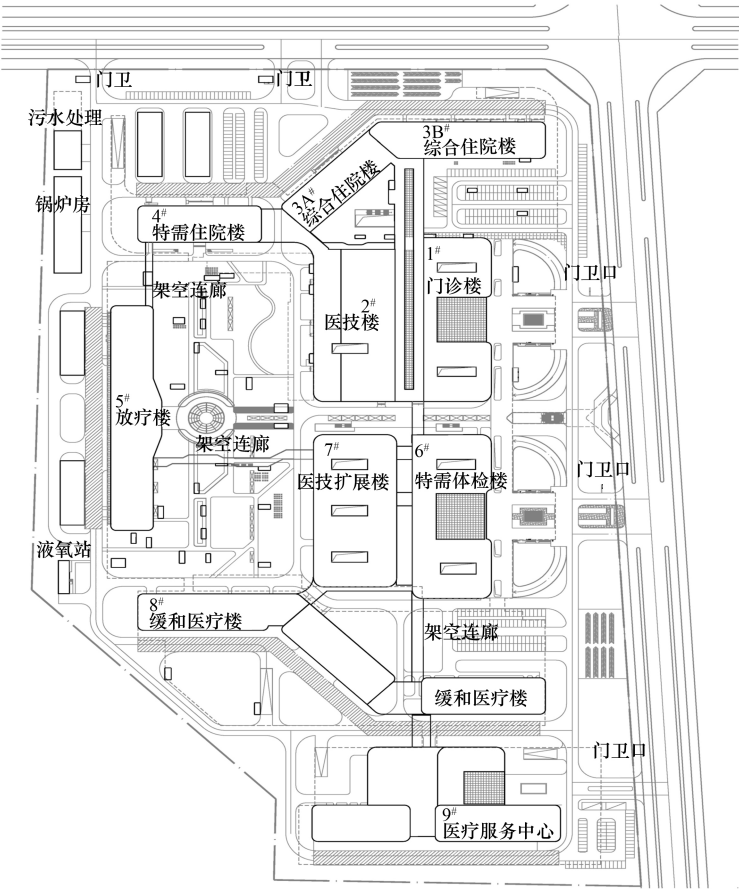


图 1 项目平面功能示意

30% 的走道照明；医用气体供应系统中的真空泵、压缩泵等设备及其控制与报警系统用电；防烟排烟设施、消防水泵、应急照明、消防电梯，变配电所、柴油发电机房、消防安防系统用电、走道照明、计算机系统用电等设备用电。

(3) 二级负荷：电子显微镜、影像科诊断用电设备、中心供应室、空气净化机组、贵重药品冷库、太平柜、客梯、生活水泵、采暖锅炉及换热站等用电负荷。

(4) 三级负荷：除特级、一、二级负荷以外的其他负荷。

采用需要系数法和单位面积功率法进行负荷统计，结果如表 1 所示。

表 1 负荷统计

用电范围	建筑面积/万平方米	用电容量/kVA
一期	31.0	25 000
二期	14.5	11 400
医疗服务中心	12.5	10 100

负荷密度为 80.2 VA/m^2 ，根据《全国民用建筑工程设计技术措施：电气(2009 版)》^[6] 要求，建筑物单位建筑面积用电指标按 56 W/m^2 ，平均每天使用时间为 10 h，总建筑面积为 58 万平方米。经计算，年用电量为 11 855.2 万千瓦时。

2.3 供电电源及变配电所设置

(1) 为确保供电的可靠性，一期采用 4 回路 10 kV 高压电源(每两路互为独立电源)供电，其中 A 期两路独立 10 kV 电源采用单母线分段，同时运行；B 期两路独立 10 kV 电源采用单母线分段，同时运行。二期两路独立 10 kV 电源采用单母线分段，同时运行。医疗服务中心两路独立 10 kV 电源采用单母线分段，同时运行。当一路电源检修或故障时，另一路电源供应全部二级以上负荷用电。

(2) 中心变电所在 5# 楼地下一层，设有高压配电室，层高为 5.0 m，在高压配电室地面下设有电缆沟，向一期、二期及医疗服务中心的各分变电所的变压器及高压电机供电。高压配电室上设配电夹层，层高为 3.9 m，以做 D - BDS 变电所，

其内设 4 台 1 250 kVA 及两台 1 000 kVA 变压器, 低压柜电缆沿下层顶板吊挂电缆桥架敷设, 向 5[#] 楼北塔楼及地下室动力中心供电。

(3) 在 B 期医技楼下设 A-BDS 变电所, 其内设 4 台 1 600 kVA 变压器, 向 1[#]、2[#] 楼及地下室供电。3[#] 楼下设 B-BDS 变电所, 其内设 4 台 1 600 kVA 变压器, 向 3[#] 楼及地下室供电。4[#] 楼下设 C-BDS 变电所, 其内设两台 2 000 kVA 变压器, 向 4[#] 楼及地下室动力中心供电。5[#] 楼地下夹层设 E-BDS 变电所, 其内设两台 1 250 kVA 变压器, 向 5[#] 楼南塔楼及地下室供电。7[#] 楼下设 F-BDS 变电所, 其内设两台 1 600 kVA 变压器, 向 6[#] 楼及地下室供电。7[#] 楼下设预留 G-BDS 变电所, 其内设两台 1 250 kVA 变压器, 向 7[#] 楼供电。一期 10 kV 配电系统如图 2 所示。

(4) 8[#] 楼地下一层设分变电所两座, 其中 H-BDS 变电所内设 4 台 1 600 kVA 变压器, I-BDS 变电所内设两台 1 250 kVA 变压器。9[#] 楼地下一层设分变电所两座, 其中 J-BDS 变电所内

设 6 台 1 250 kVA 变压器, K-BDS 变电所内设两台 1 250 kVA 变压器。二期及医疗服务中心 10 kV 配电系统如图 3 所示。

2.4 保护措施设计

制定医院接地系统规划及保护措施, 包括接地电阻的测量、设备接地的连通、设备的内部、外壳以及数据线、输电线等的接地。除此之外, 在二类医疗场所(指医疗电气设备接触部件需要与患者体内接触、手术室以及电源中断或故障后将危及患者生命的医疗场所)中维持患者生命、外科手术和其他位于“患者区域”范围内的电气装置和供电的回路, 按医用 IT 系统设计, 且配置绝缘监视器, 在任何故障条件下, 测试电流峰值不应大于 1 mA。每一个医用 IT 系统, 设置显示工作状态的信号灯和声光警报装置, 声光警报装置安装在便于永久性监视的场所^[7]。

对于供电过电压等电力异常情况, 在主变、断路器、接触器等设备上设置过电压保护装置, 以防止设备损坏和电力事故的发生。对于电气设备和线路设计负载过高、短路和漏电状况等, 配备相应的保护装

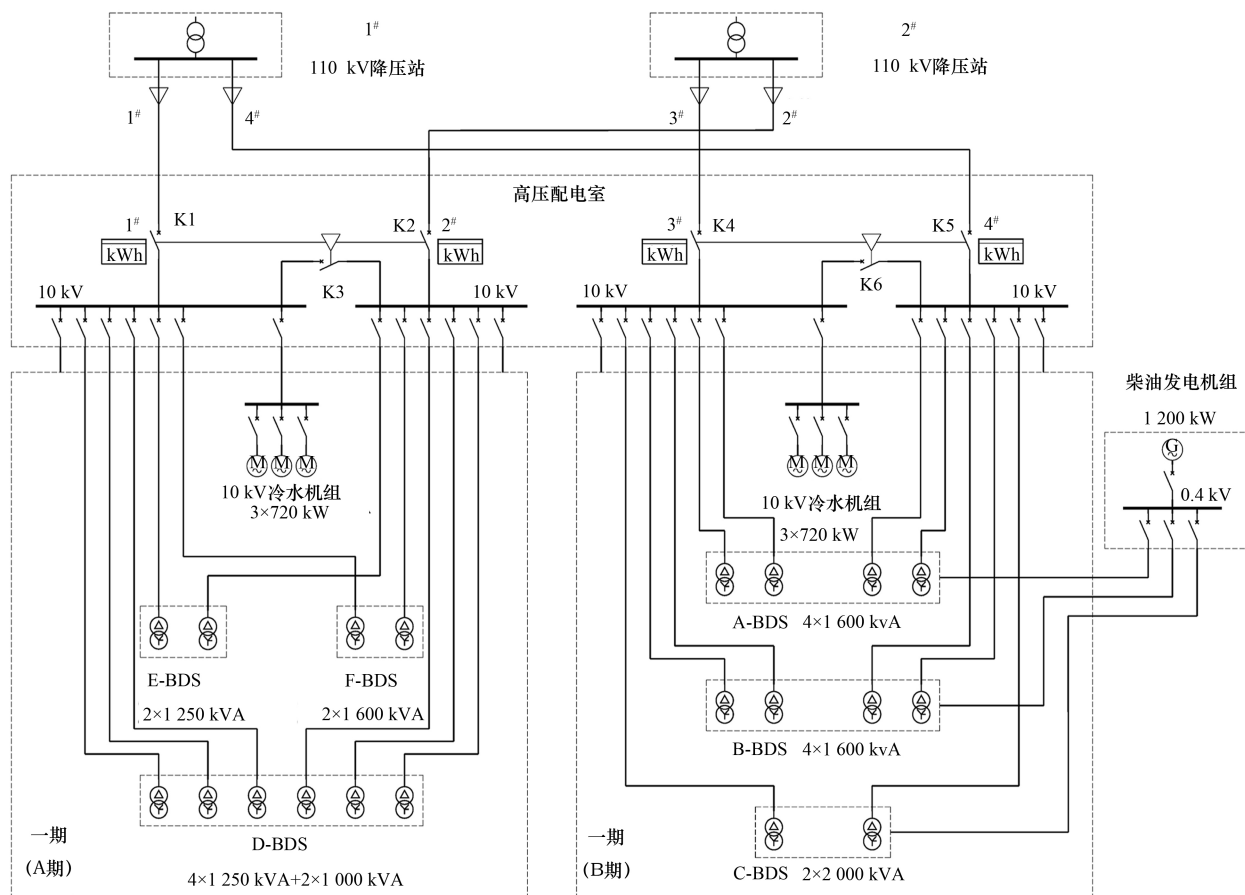


图 2 一期 10 kV 配电系统

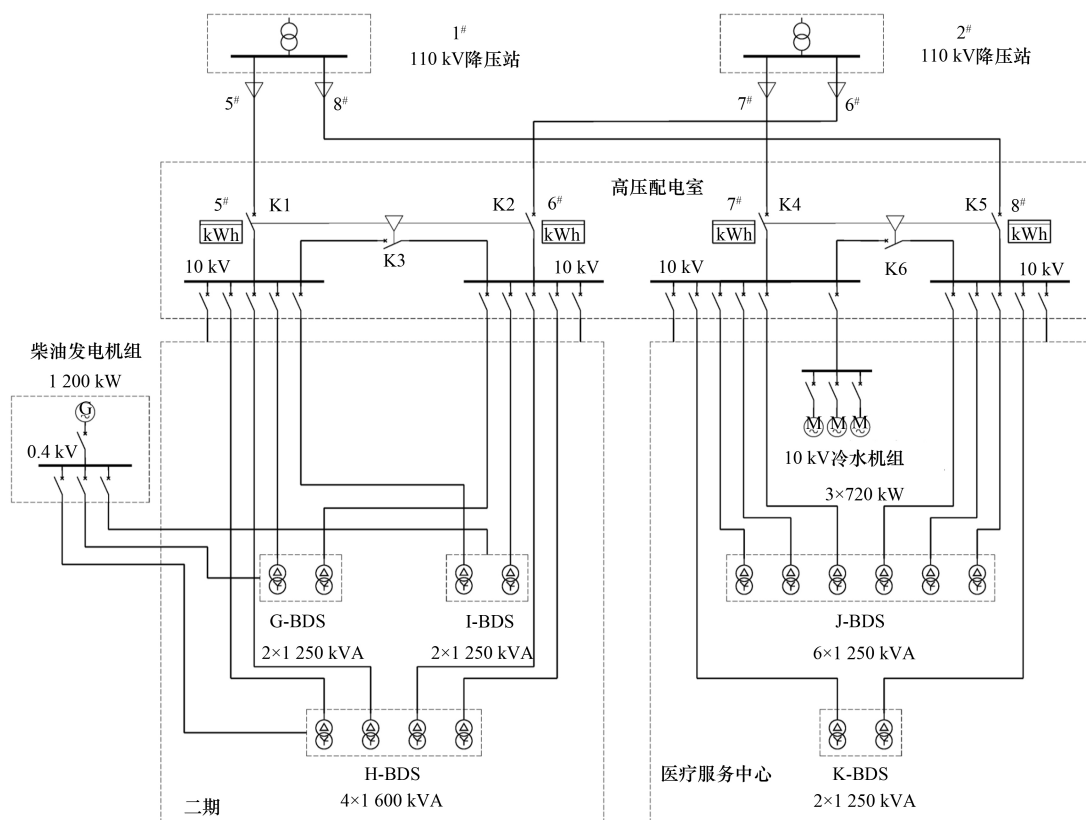


图3 二期及医疗服务中心 10 kV 配电系统

置, 确保电力系统长时间稳定运行。制定医院火灾预防和消防保护制度, 如设置火灾自动报警装置、排气装置、安全出口等。设置医院电气设备运行监控系统, 包括耐压检查、温升、设备运行负载、数据线路的监控、电气设备局部放电监测等多个方面, 及时发现问题并处理。拟定医院供电系统应急供电保护方案, 如应急电源和 UPS 电源等的设置, 并对方案的实施和切换进行模拟和演练^[8]。

2.5 应急电源系统设计

应急电源的类型包括柴油发电机组、UPS 电源等, 应急电源等级根据医院的业务特点、电力负荷等来确定, 应急电源的容量根据医院的用电负荷、并发症情况等因素综合考虑。

在一期(B 期)安装 1 台 1 200 kW 柴油发电机, 二期安装 1 台 1 200 kW 柴油发电机, 作为特级负荷的第三电源。对于血液病房的净化室、ICU、手术室、麻醉室、心血管造影检查室等 2 类医疗场所, 就地设置 UPS 作为应急电源, UPS 电源仅作为柴油发电机组的转换时间过渡, 电池供电时间按 30 min 考虑。

将应急电源设置在地下室靠外墙部位, 避免

与地上人员密集场所贴临, 其容量满足整个医院重要负荷用电需求。医疗场所及设备的自动恢复供电时间应满足 JGJ 312—2013 的相关规定。

2.6 接地系统设计

接地系统包括 TN 系统、TT 系统和 IT 系统。采用保护线 PE 与中性线 N 分开设置的 TN-S 系统, 在地下室设总等电位联接, 进出建筑的铠装电缆、各种金属管道在进户处就近与总等电位接地箱做等电位联接。有洗浴设备的卫生间、UPS 室、治疗室、抢救室、处置室、有医疗电气设备的诊室、CT 机房、病房、淋浴间等处设辅助等电位联接。采用联合接地方式, 电气系统的变压器中性点接地、防雷接地、保护接地、实验设备接地及弱电系统的工作接地等共用接地装置, 其接地电阻值不大于 $1\ \Omega$ 。需要单独接地的设备, 其接地装置由设备安装时一起设置。利用建筑物本身的钢筋进行接地, 在强电竖井内敷设 1 条 $40\ \text{mm} \times 4\ \text{mm}$ 镀锌扁钢, 在弱电竖井内敷设 1 条铜母线作为保护接地干线, 所有正常情况下不带电的外露可导电部分均应与保护接地线可靠连接。在电缆桥架上敷设 1

条 40 mm × 4 mm 镀锌扁钢作为保护接地干线。制冷机房内设防静电接地保护措施。对于所有需要作等电位接地的设备房间,设辅助等电位联结端子箱。对于特定的场所,如手术室、ICU 在就地配电箱末端设隔离变压器,采用医疗场所局部 IT 系统供电,以保障医院供配电系统的安全可靠。

3 供配电系统在实际应用中的问题及解决方案

(1) 大型医院电力需求较大,用电负荷复杂。同时接入城市市电、自备发电机组等多个电源,保证供电的可靠性和稳定性,降低停电可能造成的人身伤亡及财产损失的风险。

(2) 用电负荷波动较大。采用可调式配电系统,根据不同时段、不同场所的用电量需求进行调整。对于用电量大的场所,需要单独设计配电系统。

(3) 配电设备容量大。选择适合的设备规格和型号,并安装在干燥无积水、通风良好等条件较好的场所。

(4) 电力电子器件谐波电流畸变率高、频谱宽。对于自带隔离变压器的设备,在谐波源集中处设置对应的就地滤波装置,配电系统中增加有源滤波装置等。

(5) 设备维护和保养难度大。做好供配电设备的安装,同时定期对设备进行维护和保养,及时发现和排除设备故障。

(6) 故障或异常情况的发生。配备应急开关、备用电源等设备,以确保医院正常运行。定期进行全面检查和测试,及时发现并处理电气安全隐患,加强安全管理^[9]。

4 结 语

大型医院供配电系统设计,应全面考虑用电需求、设备特点、安全稳定和环保节能等因素,并结合实际情况制定具体的设计方案,以实现设计目标。同时,在具体实施过程中,应保证电气设备在满足现行规范和标准的前提下,具备经济性、可操作性和维修便捷性等特点,以确保供配电系统能够长时间稳定运行,为医院设施的正常运转提供可靠保障。

参考文献:

- [1] 刘建,陈海勇,罗鸿宇.大型综合医院配电系统方案优化设计探讨[J].中国医院建筑与装备,2012,13(10):78-80.
- [2] 徐宏.医院供配电系统优化设计与常见故障应对探讨[J].低碳世界,2014(3):84-85.
- [3] 陈定志.医院供配电系统的合理设计与应用[J].科技风,2014(3):64;84.
- [4] 建筑电气与智能化通用规范:GB 55024—2022[S].北京:中国建筑工业出版社,2022.
- [5] 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,2013.
- [6] 全国民用建筑工程设计技术措施:电气(2009版)[M].北京:中国计划出版社,2009.
- [7] 综合医院建筑设计规范:GB 51039—2014[S].北京:中国计划出版社,2014.
- [8] 周银双,张宏.大型综合医院配电系统优化设计探讨[J].低压电器,2009(22):51-55.
- [9] 查慧勤.大中型医院建筑供配电系统设计[J].安徽建筑,2016,23(3):214-216.
- [10] 三相相位信号控制及 VISSIM 仿真[J].青岛科技大学学报(自然科学版),2017,38(S1):180-183.
- [11] 姬利娜,晏永廷,晏子.城市道路平面交叉口交通组织优化设计[J].交通工程,2022,22(1):60-66.
- [12] 邓帅.位移型两相位交叉口设计方法研究[D].武汉:华中科技大学,2015.
- [13] 王晓安,熊坚,郭凤香,等.典型四相位信号交叉口交通组织优化应用研究[J].科学技术与工程,2010,10(23):5818-5822;5830.
- [14] 李普照,吕云凯,池燕虎.基于车辆延误的城市交叉

(上接第 48 页)

究[J].交通信息与安全,2009,27(3):35-38.

[14] 黄必栋.城市交通信号控制和优化系统研究[D].南京:东南大学,2007.

[15] 王晓安,熊坚,郭凤香,等.典型四相位信号交叉口交通组织优化应用研究[J].科学技术与工程,2010,10(23):5818-5822;5830.

[16] 李普照,吕云凯,池燕虎.基于车辆延误的城市交叉