

钢结构医院电气设计探讨

陈一鸣

浙江汉林建筑设计有限公司

摘要：这些年，我国社会经济发展速度加快，由经济发展带来的环境污染，能源短缺现象也逐渐凸显。因此，绿色节能环保理念被日益重视，成为国家重要发展策略之一，这一理念也同时进入建筑行业，在的设计和施工过程中得到关注。钢结构建筑由于主要钢构件的工厂化生产，又同时具备节能、环保、材料的可重复利用等优点，在建筑行业中得到了积极的推崇。作为建筑电气工程设计人员，也必须跟上行业的脚步，掌握钢结构建筑自身的材料特性和结构特点，考虑其差异性，保证电气设计的科学性、安全性、经济性和合理性。本文结合泰州钢框架—钢管混凝土束剪力墙体系医院的电气设计实例，对此类建筑的动力配电、照明系统、防雷接地、应急照明、节能措施及消防电气等设计等内容提出自己的设计思路，并就相关的注意要点进行论述探讨。

关键词：节能环保；钢结构建筑；电气设计；设计实例

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.11.102

前言

建筑电气设计在建筑设计中，是提供舒适的生活环境、必备的工作条件、人员的生命安全、财产保护的重要环节。这几年，随国家对节能环保理念的大力推崇，钢结构建筑数量不断增加。这类建筑与钢筋混凝土建筑相比，因为建筑材料、承重受力结构、土建施工方法的不同，给设计、施工带来诸多问题，对电气设计要求也有所不同。因此，我们需要进一步探索和研究钢结构建筑的电气设计。笔者希望通过本文的探讨，能为钢框架—钢管混凝土束剪力墙体系医院建筑电气设计提供一些思路，并为相关领域的研究和实践提供参考。最终，期望通过我们的努力促进钢结构建筑电气设计的发展，提高建设行业钢结构建筑的建造水平。

一、工程概况

本项目是泰州市海陵区卫生健康委员会属下的医院，建筑类型为一类公共建筑，结构体系为钢框架—钢管混凝土束剪力墙体系。该建筑地面十一层、地下一层、裙房二层。地上建筑面积为13115.2平方米，地下建筑面积为3772.23平方米，建筑高度44.55米。防雷等级为二类，电子信息系统雷电防护等级为D级。

（一）负荷分类及设计安装功率

本项目的总设计负荷2261.5KW，负荷分类如下：

1.一级负荷中特别重要的负荷：指涉及患者生命安全的设备和照明用电功率，此部分具体内容待二次装修设计完成。

2.一级负荷：指消防设备用电、电梯用电、备用照明、应急照明和疏散指示用电等，设计功率为692.5KW。

3.三级负荷：空调用电、充电桩等其他用电，设计功率为1569KW。

（二）供电电源及变配电所

1.供电电源。一级负荷由城市电网引入二路独立的10KV电源；一级负荷中特别重要的负荷除城市电网引入二路独立的10KV电源外，还需单独设置柴油发电机组；三级负荷由380V电源供电。

2.变配电所。在主楼一层设置一座10/0.4KV变配电所，选择2台干式变压器，供本建筑用电。设计总容量为2500KVA。

3.配电系统。低压配电电压为380/220V，接地形式采用TN-S系统，低压供电系统采用树干式和放射式相结合的供电方式。

二、设计中遇到的问题和解决的办法

（一）负荷设计问题和解决措施

本项目属于医院建筑设计。根据规范要求，在负荷设计中除常规的负荷外，“涉及患者生命安全的手术室、重症监护室等特殊功能房间中，医疗设备、设施为特别重要负荷”^[2]。在案例中特别重要负荷内容并未出现，待甲方对这部分内容的房间布局和设备采购方案确定后，进行二次设计。

（二）变配电所问题和解决措施

1.变配电所位置。按规范规定，项目变配电所设计要“满足供电半径 ≥ 150 米”^[1]。并在供配电系统中，“要求电井的位置应深入负荷中心，以缩短低压配电半径、降低电能损耗”^[2]，节约有色金属使用量、减少电压损失、满足供电质量要求等。为解决这个问题，设计考虑将变配电所设主楼在一层，尽量靠近用电中心。在辅房位置直接加设电井，以更好的满足供电半径要求。

2.低压配电的供电方式。医院建筑对供电可靠要求较高，设计考虑安全性高于经济性。因此本项目采用的供电方式见表2。

表 2

供电方式	供电设备	特点
放射式	CT机房、核磁共振机房等医疗检查检测设备；用电负荷比较大空调主机、水泵；消防供电系统、电梯等。	不同的供电负荷采用单独回路进行供电，各负荷之间供电方式独立，供电回路线路出现故障时不影响其他回路，可靠性高。出线电源回路数量多，线缆及管线消耗量大，投入费用高。
树干式	办公用电、小负荷的普通用电等。	保护设备数量较少、线缆及管线用量少，供电可靠性较差，但能大幅降低投资成本。

3.为了充分利用空间，变配电所内的变配电柜考虑双排布置，并预留重要负荷配电柜位置。

（三）管线的布置问题和解决的措施

1.本项目为钢框架—钢管混凝土束剪力墙体系，钢管束组合剪力墙是由几个标准化、模数化的钢管部件并排连接在一起，然后在它的内部浇筑混凝土形成结构的竖向承重构件。这种结构体系的受力构件若预留孔洞，

对构件的强度会有影响，因此一般不考虑在内部预埋电气设备和管线。为解决这个问题，在项目电气设计中选择桥架或钢管敷设。采用桥架敷设时，为满足消防要求，考虑普通电缆与应急消防电源电缆分桥架敷设，若一、二级负荷供电的两路电缆在同一桥架敷设时，中间以防火隔板隔开。采用钢管敷设时，保护电线套管管径 < SC40，在本项目中可以采用现浇楼面预埋或砌体墙内暗敷，其余明敷。

2.为了解决火灾发生时，烟气通过孔洞或穿线孔洞的空隙蔓延问题。本设计要求，当布线系统通过底板、墙壁、屋顶、天花板、防火分区隔墙等处时，选择防火隔板及防火堵料封堵，且封堵材料按一级耐火等级规定使用。孔洞也等同等处理。

(四) 电气管线材料选择问题和解决措施

本项目为一类高层医院建筑，属于人员密集场所，人员生命安全对管线材料提出了更高的要求。为解决这个问题，项目设计对电气管线材料选择如下：

1.电井内消防电缆与非消防电缆共用桥架，消防线路（电缆）与非消防线路（电缆）无法完全隔离。所以，电井内的消防负荷电缆全部采用矿物绝缘电缆。

2.因为普通电缆在燃烧时会产生了大量烟气和有毒氯化物。所以本项目在人员密集在医院建筑内，充分考

虑电线电缆的燃烧性能对环境和人员撤退的影响。项目中的电线电缆全部采用无烟低卤电缆。阻燃等级取B1级，燃烧时无产烟毒性为t1，燃烧滴落物/微粒等级为t1。

3.因为钢的燃点比塑料管高，为了避免塑料套管在着火时迅速融化燃烧。所以，项目内的电线电缆除桥架敷设外，其余管线均使用钢套管敷设。

(五) 防雷接地问题和解决措施

1.在钢筋混凝土结构中，防雷接地普遍采用柱内钢筋引下接地。本项目结构主体为钢结构，设计时会考虑充分利用钢结构建筑自身的优势和特点，采用组合钢板剪力墙的钢板及钢柱通长焊接引下方式，设置防雷引下线以及共用接地装置。这种防雷接地装置，可以降低施工成本。

2.本项目的屋面构造同钢筋混凝土结构，避雷网布置设计与钢筋混凝土建筑相同。

3.因为钢结构建筑物中的金属构件比较多，且均为良性导体，雷击或室内设备线路漏电时会使金属构件或设备带电，导致人体触电。为了解决这个问题，除常规的局部等电位设计外。作为钢结构医院建筑，项目设计除考虑一至顶层每隔三层利用结构钢梁焊接形成等电位体外。其余等电位接地位置和接地方法见表1。

表 1

序号	接地位置	接地方法
1	电梯机房地面	利用建筑物框架组合钢板剪力墙的钢板和钢柱通长焊接引上，在机房地面上0.2m引出后，用50X5镀锌扁钢在机房内距地0.2m作一圈接地装置，并且一端引入电源箱
2	强电、弱电井	采用一根50X5的镀锌扁钢下端溶接焊与基础接地极焊接，进竖井后垂直引上每层做局部等电位连接端子。接地端子上端引入井道配电箱。
3	消防控制室	采用型号为BVR-1x35mm ² PC32电线下端与基础接地焊接，上端引入消防控制主机。
4	弱电机房	采用型号为BVR-1x35mm ² PC32电线下端与基础接地焊接，上端引入弱电机房设备
5	变配电所	镀锌扁钢-50x5mm与配电柜相连。
6	管道井内金属管道、电梯井内金属导轨	在底端和顶端与接地网联结，所有管道井内金属管道每三层做接地干线，并与该层局部等电位端子连接。
7	金属电缆桥架及其支架	电缆桥架全长不大于30米时，不应少于2处与接地保护线相连。金属桥架接地应采取的措施，保持各节桥架接地连续贯通。电缆桥架全长大于30米时，应每隔20~30米增加与接地干线的连接点
8	带淋浴的卫生间	下端局部等电位箱的接地干线用镀锌扁钢-25X4就近与结构柱内钢柱或钢梁连接，上端与用电设备的金属外壳相连。
9	建筑物内保护干线、电气进户管、铠装电缆金属外皮、设备进户金属总管、建筑物金属构件等	总等电位连接线采用-40X4镀锌扁钢。

(六) 消防系统设计问题和解决措施

为了保障建筑内部的消防灭火能力，本项目在选用消防电源以及消防用电设备的供电方案时，充分考虑了消防供电装置在出现火灾火源时，能安全工作并有效抑制火势。以确保室内人员有足够的时间，在安全通道内撤离，并同时保护财物安全为目标。设计电气消防方案如下：

1.为“消防设施设置专门一级负荷供电和消防供电回路，避免与非消防电源设备混淆。”^[3]

2.将“消防设备的低电压线路直接引自变配电所

的低电压配电柜，防止在切断非消防电源时对其产生影响。”^[3]

3.设置自动报警联动控制系统，对建筑物进行实时在线监测、报警，并采取智能化措施，对火灾隐患进行控制。主要系统有火灾探测报警及消防联动控制系统。这些系统的作用能保证一旦建筑内发生火灾，传感器就会自动检测，发出火灾信号，并启动消防设备，扑灭初期火灾。

4.设置消防应急系统包括：消防应急广播系统；消防通讯系统；消防应急照明和疏散指示系统，以保证人

员的安全疏散。本项目为医院建筑，人员和设备紧急撤离时需要的照明用电要求比其他建筑高。因此，项目设计每层疏散通道以及出口，按规范设置数量不等的应急照明集中电源（型号为TY-D），提供最低照度的照明用电。并要求在主电源发生故障时，安全照明系统切换时间不超过15S。同时，在拟安装重要医疗设备的房间内，每个房间至少设置1个由安全电源供电的灯具。

5.消防监控系统包括：消防电源监控和电气火灾监控系统，防火门监控系统、余压监控系统等。这些监控内容同时传输到消防控制中心，以便工作人员及时确定火灾区域、报警级别，开展针对性的防治，实现对火灾的有效控制，减少火灾危害性。

（七）信号装置的布置及选择问题和解决措施

本项目为2类医疗场所，建筑使用功能对内部供电提出了以下特殊要求：

1.外科手术和其他位于“患者区域”范围，要求有明显的提示信号装置，并保证供电回路安全。因此，项目设计考虑在每一个手术和“患者区域”中采用医用IT系统，并配置合适绝缘监视器，布置显示工作状态的信号灯和声光报警装置。

2.为解决人员误入问题。考虑“在X线诊断室、加速器治疗仪、核医学扫描室、 γ 照相机室和手术室等用房，设置防止误入的红色信号灯”^[2]。

（八）孔洞及接线盒预留、预埋问题和解决措施

1.作为钢框架—钢管混凝土束剪力墙体系，她的自身重量比较轻，受力情况更加合理，施工流程比较简单，钢结构体系在整个建筑物中发挥着主要承重的作用。为此，本项目的电气设计中，必须保证钢结构它自身的强度不受影响。为解决这个问题。笔者在电气设计中，对钢结构受力部位和连接区域，不考虑预留孔洞以及接线位置，也不考虑安装弱电箱和相关的配电箱。在电梯井等受力结构本体上，也尽量避免孔洞预留。对必须设置的防水套管，则征求结构设计人员意见，与结构设计同步进行。

2.作为钢框架—钢管混凝土束剪力墙体系建筑。她的各种钢制预制构件在工厂生产，在施工现场装配，然后进行混凝土浇筑和墙体砌筑。这种类型建筑的现浇楼板厚度，一般能满足小管径电气管线保护套管的预埋要求。此时，本项目中楼面的保护套管预埋处理与钢筋混凝土建筑无异，需要在楼面钢筋绑扎、楼板混凝土浇筑前与土建配合进行。对于灯具和接线盒等孔洞的预埋，要确保底和楼板底的齐平。

3.医院建筑有大量插座、开关等电气点位需要暗装，为了解决钢管束剪力墙无法预埋电气设备及管线问题，项目设计时尽量避开这些位置安装插座、开关、电气设备等。若无法避开，则要求甲方定制薄型插座和开关等。

另外，在预制墙体和现浇的结构墙体上，为安装灯具开关及接线盒预留孔洞的问题，要求对插座、开关、接线盒、垂直管线进行精确定位，确保后期水平管线的对接，能够更加的精准。

（九）建筑节能问题与解决措施

在“建筑行业大力倡导节能环保的社会背景下，电气系统的设计不但要注重其功能性的体现，还必须积极引入绿色节能技术，以确保民用建筑在实际使用过程中

的环保价值。”^[4]本项目节能措施根据医院建筑的特点从以下几个方面着手解决：

1.配电系统设计。项目中三项配电干线的各单相负荷的尽可能维持三相平衡，减少各项的电压偏差，提高功率因数，减少线路损耗。对电感性负载采用无功补偿，减少线路压降，提高电源的使用效率，提高电源质量。

2.公共部位照明设计。在充分利用自然光源的前提下，项目设计均采用高效光源、节能灯具和控制措施。照明灯具尽量选用直射型、光通比例高、控光性能合理，符合国家的能效标准的LED灯具。另外，“对于24h不间断使用照明的医院建筑，能源消耗量巨大，当医院建筑内有些空间不存在医患人员时，不需要持续照明，传统的照明系统是整个系统同时照明，造成了大量不必要的能源损耗，能源的过量消耗，对于环境以及人体都有很大的损伤。”^[5]。本项目设计考虑除电梯厅的应急照明、特殊部位的信号灯外，公共部分照明灯具的开关，均采用声控打开和红外线节能自熄型开关。

3.电梯的设备选择，项目设计要求能耗设计符合国家节能标准，其“重点是选择节能型电梯电机。借助变频调速，优化电梯系统的自动控制模式，保证电机具备合理的转速，确保其在日常工作阶段具备较好的节能性。”^[6]

4.医院的病房楼、门诊楼、化验室等“在实际运营阶段对空调有着极大的依赖性，能耗较大”^[6]。因此，项目设计配合暖通专业，在空调选择、配电设计时不光注意能耗是否符合国家节能标准。还考虑借助变风量节能技术、变频电机等空调节能技术，合理管控空调房间的能量消耗。

5.建筑内部的送排风风机、生活水泵等设备的选型，除能耗符合国家节能标准外，也尽量考虑使用变频技术，使设备运行控制在经济高效范围内。

三、结束语

总而言之，钢结构作为建筑结构中比较成熟的装配式建筑技术，已经得到社会、政府广泛关注和重视。医院是民用建筑中专业性较强的建筑，有着独特的要求和专门的设计规范。笔者通过钢框架—钢管混凝土束剪力墙体系的医院建筑中的电气设计，合理选择电气设备、设计管线和预留洞槽。尝试进行一些探索，希望能适应钢结构建筑的特点。并结合建筑信息模型（BIM）技术，减少与其他设备专业的管线交叉，尽量减少现场施工的难度，满足工厂化生产及机械化安装的需求。

参考文献

- [1]《供配电系统设计规范》GB50052-2009
- [2]《综合医院建筑设计规范》GB51039-2014
- [3]瞿生斌. 芒市建筑设计有限公司《高层建筑电气设计存在的问题及针对性解决办法》Value Engineering, 2022-5
- [4]张凌锦. 中融固成建筑科技有限公司.《建筑电气节能设计及绿色建筑电气技术分析探讨》（环保技术），2023年02月
- [5]罗鸿宇. 四川大学华西医院，《基于节能降耗的医院建筑电气照明系统设计》电子设计工程，第30卷，第3期，2022年2月
- [6]许旭峰. 常州市第一人民医院.《医院病房楼建筑电气系统的节能设计探讨》网络信息工程，2020.22