

医疗建筑结构设计常见问题分析

秦后安

贵州省建筑设计研究院有限责任公司

摘要:作为抵御疾病、维护身体健康的医院,医院的建设和环境质量与人们的日常生活有着密切的关系。建筑结构作为一种承载和满足空间环境与功能的力学系统,进行合理的结构设计显得尤为重要。

关键词:医疗建筑;空间结构;设计分析;常见问题
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.17.103

医院是一种具有特殊性功能需求的重要公共建筑,它必须满足医疗、医学科研、救死扶伤的需求,因此,必须满足就医流程、医疗设备、空间利用、功能设计等要求。通俗来讲,结构就是由梁、板、柱、剪力墙等不同结构构件构成的受力体系,是建筑得以实现其功能并具备安全保障的基础。本文结合医疗建筑特点,对其结构设计所需要注意的要点进行总结和探讨。

一、医疗建筑结构设计要点及建议

(一)抗震性能设计

1. 结构抗震单元的划分

不同的医院规模有不同的建筑功能布置,可以简单的分为两大类,一类是门诊、医技、住院楼各为一栋单体建筑,抗震单元也就以各栋为一个计算单元。另一类是门诊、医技、住院设置在同一栋大楼内,这样的综合大楼通常是“地下室+裙房+塔楼”的形式,结构上就以塔楼与裙房的竖向分隔为界设置变形缝,将一栋单体建筑划分为两个及以上的抗震单元。针对建筑医疗结构中存在的超长结构不设缝的问题,一般采用以下方法:

1) 加强结构设计,提高楼面厚度、加强钢筋强度等参数; (2) 考虑到使用后浇带和扩展加固带,在有限元计算中,考虑温度变化对混凝土温度应力的影响,在应力大的部位应采取加强措施; (3) 在混凝土中加入化学添加剂,如膨胀剂,以弥补其收缩; (4) 为了抵御温度应力,使用无黏结预应力技术。上述方法在实际工程中都得到了良好的应用。

2. 结构抗震设计

医院大楼作为一项生命线,在地震和灾害救援中起到了无可替代的作用。根据国家住房和城乡建设部发布的GB50223-2008《建筑工程抗震设防分类标准》,将其分为“重点”和“特别”两类。在设计思想上,由于基地地震的峰值加速度不同, (1) 应采用在局部地震加速度小于 $0.2g$ 的情况下,采用增加剪力墙、框架柱等抗侧力构件的截面的方法; (2) 当局部地震峰值加速度大于 $0.3g$ 时,仅靠增大构件的截面尺寸是不经济的,可以采用减震和隔震的方式来减少工程造价。按要求选用隔震支座、软钢阻尼器、抗屈曲支座等。根据“小震

不坏、中震可修、大震不塌”的设计目标,在进行小震弹性计算后,进行弹塑性变形的计算。在具体的结构计算和分析中,采用SATWE和PMSAP等结构分析软件进行空间结构分析与计算。在结构设计上,根据“强柱弱梁,强剪弱弯”的设计思想,以提高结构的延性为目标,尽可能地利用梁铰来吸收地震能。其具体措施是:限制柱轴压比,对梁柱节点进行加固,以保证柱端部的强度。合理设计剪力墙的边部,增强抗震性能,合理选取连梁的大小,以保证连梁在地震中的抗震性能。

(二) 医疗大楼的特定负荷计算

医疗楼的生产流程很复杂,里面有很多功能各异的房间,里面的仪器和设备也是五花八门。因而,在医学建筑中,对结构承载能力的要求是有其特殊性的。对结构设计专业来说,应尽量详细、合理地确定各个功能房的荷载。结构设计专业根据建筑图纸和设备图的要求,为房间的特殊负荷和屋顶重型设备的负荷做好预留,以防止出现因承载力不足而导致的开裂、破损甚至楼板坍塌等现象。其中,CT、DR、MRI、高压氧舱等室内负荷比较大,通常布置在较低楼层处,如地下室楼顶或裙房低楼层。此外,医疗大楼的设备经过厂商的深度加工,会有一些调整;随着医院的发展,医院的机械和医疗器械也会随之扩充。从医院可持续发展的观点出发,在医疗大楼的机电设备用房、大型医疗设备用房以及屋顶设备集中堆放的地方,其对应的荷载取值或结构配筋应适当提高。

(三) 结构体系

1. 楼盖体系的选择

门诊楼和住院楼的柱网尺寸通常在 $7.5\sim 8.5m$ 之间,两个方向的网状结构相似。井字梁结构是楼顶常用的一种形式。井字梁结构在两个方向上都受到相同的受力,而且由于其跨距较小,因此在承受荷载方面有很大的优势。由于板中需要铺设管道,所以楼板的厚度不能低于 $100mm$ 。普通的医疗大楼,标准层高约 $4m$,因为有很多管道及其桥架,所以走廊的高度要超过 $2.5m$,因此对梁高有严格的要求,此时,走道部分的框架梁可以做宽扁梁,而楼顶可以用密肋板。

2. 结构缝的设置

在住院大楼里,通常有一排或两排病房,因此,建筑物的平面多为狭长型。在构造上,也就是,它的长度和宽度比例通常会超过 6 。由于建筑物长度太长,结构受到混凝土的限制,容易发生温度开裂;长宽比太大,在地震中,由于梁端的地震波位差,导致了结构的不规则振动,造成了很大的破坏。因此,在此情形下,一

般都会在中间设一条抗震缝和一条伸缩缝，把大楼分成两个区域。然而，医疗大楼的用途十分复杂，在医疗技术的设计中，为了避免污染和交叉感染，往往不能在结构的中间设置缝隙，因此，造成了结构超长的情况，在没有设置变形缝的情况下，应充分考虑到温度应力对结构的影响。在进行结构设计时，可以采用如下加强措施：①在30~50米之间，设置后浇带或膨胀加强带；②屋顶的隔热加固，屋顶板应采用双层双向钢筋；③对高温应力高的内外纵墙、山墙、端开间等进行保温隔热处理，在设计时要考虑到温度应力的影响，增设钢筋和构造措施；④在混凝土中加入适量的化学助剂，对混凝土的收缩进行补偿。

3. 楼板结构设计

由于医院的主体建筑完成后，各房间的功能往往会发生变化，所以结构设计师在进行设计时要充分考虑到这些因素。首先，可以将结构楼面改为厚板，以减少多余的次梁，防止因平面调整而出现承载力不足的问题。其次，在楼面配筋设计中，应注意到钢筋数量不宜过多，不宜采用弹塑性计算，因为医院是公共建筑，如果楼面出现开裂或楼面变形，会引起患者及工作人员的心理恐慌，影响患者的恢复和医疗工作的顺利进行。第三，医院的医疗器械繁多，板上有较多的孔洞，由于医疗流程的深入，在混凝土结构楼板浇注后，楼板会出现新的孔洞，这会严重影响楼板的承载力，因此，结构设计师要充分考虑，采用加厚楼板、加密配筋等措施。医疗大楼因其医疗流程、设备、工艺等方面的特殊性，采用的大量降板对其结构高度的设计有特别的要求。

（1）口腔科：口腔科的医疗器械需要专门的排水和找坡，因此在结构上通常要预留300毫米的整体降落板，以达到实际应用的要求。（2）洁净室：如住院部等需要清洁的地方，如果这个房间的上方有洗手间，那么洗手间就应设计为同层排水。（3）大型医疗设备用房：CT室，DR室，DSA室，因需专用设备维修管道，地面需降低300mm，MRI室，则需450mm；因设备笨重，设备区应设计设备基础，不设设备的部位应采用轻质混凝土回填。（4）厕所：医疗大楼的厕所有座式、蹲式、无障碍式等，根据不同的厕所，其排水管布置不同，降板要求就不同。通常，为达到使用要求，应确保座式降板50毫米，蹲式及无障碍厕所的降板350~400mm。

4. 主楼与裙房基础沉降控制

综合医院分为门诊大楼和住院大楼，住院大楼以高层为主，门诊大楼多为4~6层。从功能上讲，医院大楼与门诊大楼是相互联系的。由于多层和高层之间的荷载差别很大，地基容易出现明显的沉降差，从而造成结构不能承受的内力和变形。为防止结构出现过度开裂，可在高层与多层间设置沉降缝，将其划分为两个单独的沉降区。设置沉降缝后，虽然因建筑物沉降不同而造成的大裂缝问题得到了解决，但由于上部结构需要在沉降缝的两边分别设置一个独立的受侧力构件，形成双梁、双

柱、双墙等，不仅会对工程的使用和功能造成影响，而且还会造成基础埋深、整体稳定等问题。所以，是否设置沉降缝，就得看具体的情况了。在不设置沉降缝的情况下，各层与各层之间的沉降协调是非常关键的。在不设置永久沉降缝的情况下，在设计时应采取如下措施，以减小主裙楼的沉降差：①在施工时，应首先进行主楼的建设，然后再进行裙楼的建设；②在主楼和裙楼之间设置沉降后浇带，在主楼下沉稳定后浇注混凝土；③增加主楼与裙楼之间的连接梁的刚度和强度。

（四）人文化的结构设计

1. 减振隔声

隔声不仅是建筑专业的设计，也应包括结构设计。病房楼的设计要充分考虑病人的静音要求，楼面厚度不宜过薄，厚度为一般不小于120毫米。设备室应尽可能远离病房，并对设备基础进行减振和隔声处理。

2. 细部构造

医院应该为患者创造良好的医疗卫生环境，并按建筑的功能要求，对各构件的剖面高度进行了详细的设计。如楼梯台阶应与建筑物完工面等分平齐，卫生间蹲位应与地面平齐，产房消毒间、餐室等有防水设计的房间应按防水层做法下沉结构楼板。

3. 隔墙

在选用隔板材料时，既要考虑隔板的防震性能和隔声性能，又要注意其使用方便。如住院楼、医技楼等，需采用部分设备管道，并要求隔离墙具有足够的强度。此外，门诊大楼也要考虑到房间的改变，最好选用轻质隔板，便于砌筑和拆装。

（五）防辐射结构专项设计

在医院的放射科里，有CT机，有X射线，有核磁共振，有胃肠造影，有DSA，有ECT，有射线，因为射线会对身体造成损伤，所以在工程建设中，要做好射线的防护。在建筑结构设计时，应选用240毫米的实心砖（MRI、CT室为370mm），房间六个面不允许有任何空隙（除门洞和必要的窗洞外），如果有设备安装孔，则必须在设备安装完毕后衬以铅板。另外，外墙保护层的涂刷必须由专门的生产厂家进行。核医直线加速器室，其主辐射方向的钢筋混凝土墙体厚度2600毫米，顶部厚度2600毫米，副射线方向混凝土墙体厚度1300毫米，顶部厚度1300毫米。由于直线加速器是一种大型钢筋混凝土结构，它的厚度可以起到一定的防护作用，但也有可能造成墙体的穿透裂纹，从而造成辐射泄漏。（1）施工时，合理的分段留出施工缝，可按底板、厚墙、顶板分三次浇筑，施工缝根据现场实际情况预留，以消除施工缝对混凝土防护结构的削弱，施工缝采用阶梯形式，并安装止水板，以避免光线的渗入。（3）在机房及顶板施工中，施工中应参照大体积混凝土施工工艺，从材料、配合比、施工方案、养护等多个方面采取综合防治措施。此外，因机房墙厚，需紧密配合各专业预留墙洞，管道预留沿墙厚纵、横方向倾斜45°，室内应避免

主要辐照区。

（六）严格控制施工质量

在医疗工程建设中，工程质量受到多种因素影响，随着医学技术的不断发展，医院功能日益复杂，使得工程建设难度不断加大，所以一定要合理建设。工程项目各环节的问题将会对其他工程的质量产生影响。由于建筑结构是一个整体的系统，而不是各个组成部分单独存在的个体，这就决定了整个建筑具有整体性，而且它还受材料性能的限制。因此，建筑材料一定要严格把关，为保证建筑材料统一管理，要在建筑工程施工中做好材料采购工作，提高材料采购人员的专业素养，建立完善材料管理制度，加强施工现场的监督与检查力度。使用国家指定建材，从根本上消除劣质建材。在建筑工程施工前，应认真做好施工现场的安全管理工作。避免过热，倾覆，失稳等事故、腐蚀及其他原因引起工程质量问题，以及按规定的施工程序及选用的施工技术实施施工作业等。同时还应该做好施工现场安全管理工作，加强施工人员安全意识，提高施工人员素质。在建设中，对施工设备、施工物料使用情况，以及对危险源的严格控制，尽量避免质量事故。

二、医疗建筑设计常见问题

（一）框架梁钢筋不足

由于医院功能布局的复杂多变，在实际工程中，往往出现主体完成后改变平面布置的情况，若结构设计时仅依据当时的建筑布置进行荷载取值计算并配筋，那么很可能会出现梁配筋不够的情况，此时就需要耗费大量时间及造价进行加固处理。但如果在开始设计时，就考虑到房间功能改变的可能性，合理放大荷载及配筋，那么就能在一定程度上避免大费周章进行加固的局面。当然，设计不能一味放大来换取“以不变应万变”的安逸，而应在以往工程经验的指导下合理设计，例如，门诊楼多为诊室，但诊室的分隔往往会多次调整，结构设计时就可以将隔墙设计为轻质隔墙，并且将隔墙荷载折算为楼板荷载，加强楼板厚度及配筋，如此，就可满足日后诊室隔墙调整的需求。

（二）竖向构件轴压比超限、超筋

在框架剪力墙和框架结构的计算中，底层墙体和柱子构件往往会出现轴压比超限、超筋，但由于建筑的需要，结构构件不能被扩大，所以可以采用高强度混凝土。既满足建筑需求，也节约混凝土用量，符合国家对绿色建筑的要求。

（三）短柱问题

按《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016版）第6.3.9的要求，剪跨比不大于2的柱、因设置填充墙等形成的柱净高与柱截面高度之比不大于4的柱、框支柱、一级和二级框架的角柱，取全高。剪跨比不大于2的柱宜采用复合螺旋箍或井字复合箍，其体积配箍率不应小于1.2%，9度一级时不应小于1.5%。对于医疗建筑，容易形成短柱的有这些地方：1、地下室顶板室

内外交界处，由于室外楼板通常低于室内楼板，高差大时形成短柱；2、地下室车道斜板位于楼层间，将柱子划分为两段，形成短柱；3、设备夹层层高矮，而柱截面较大，形成短柱。遇到以上这些情况，就应按规范加强短柱设计。

（四）功能布局频繁调整

在施工之前，没有对各个楼层的使用功能进行细致的核准确认，在施工中随意变动调整。如果建筑的降板区域已经完工，一旦调整就会出现房间净高不满足要求的问题。若是将原设计无降板的区域改成需要降板的房间，那将是更大的改造工程。同理，将有防辐射要求的房间做调整，也会带来不小的时间成本和经济成本的耗费。

（五）设计专业能力不足

鉴于医院建筑结构是一种具有社会性质的特殊建筑结构，且医学科学的发展日新月异，因此，提高设计师的专业水平显得尤为重要。首先，应提高医院建筑设计的信息共享能力，积极获取国内甚至其他国家先进医疗建筑的设计理念，以确保达到医疗建筑结构设计的人性化标准。但目前的实际状况是，大多数设计师没有提高对医疗建筑设计的重视，仅是按照院方需求，依葫芦画瓢的进行设计，缺乏前瞻性的综合思考，又或者在对医疗流程毫不了解的情况下机械设计，使得设计成果漏洞百出。

结束语

总之，医疗建筑是一种复杂多变的建筑类型，在设计过程中，必须与设备制造商共同决定其实际的医疗负荷；针对医院大楼的特点，进行结构系统的合理选取，并进行基础的设计；同时，通过对建筑结构的防震设计及楼面结构的设计，使其在发生地震等灾难时能够得到有效的保护。

参考文献

- [1] 宋德杰. 现代医院建筑的结构设计分析[J]. 幸福生活指南, 2020(26): 8-8.
 - [2] 袁理明, 侯国求, 罗海兵, 等. 武汉雷神山医院结构设计[J]. 建筑结构, 2020, 50(8): 1-8.
 - [3] 傅志颖. 浅析医疗建筑空间无障碍设计——现状调研与改进设计[J]. 建筑与文化, 2018(8): 101-103.
 - [4] 阴寅宏, 王秋利. 预制装配式混凝土结构在医疗建筑中的设计分析与应用[J]. 建筑·建材·装饰, 2017(14): 177-177.
 - [5] 李宁. 医院建筑结构设计要点及探讨[J]. 低碳世界, 2019, 9(8): 187-188.
 - [6] 何熹. 新建医疗建筑结构设计要点探讨[J]. 广东土木与建筑, 2022, 29(1): 43-45, 74.
- 作者简介：秦后安（1989-），女，汉族，贵州贵阳，大学本科，工程师，主要从事结构设计方面。