医院洁净区域给水排水系统设计要点与运行优化研究

李 磊 张长红 苑博龙 路子业 徐宝战

中国中元国际工程有限公司 北京 100089

【摘 要】：医院洁净区域给水排水系统直接关系手术环境、医疗连续性及院内感染控制，其设计重点不能停留于流量、管径和排水能力核算，还应关注管网滞水、压力波动、水封失效、倒流污染及检修扰动。针对洁净手术部、重症监护区、消毒供应区域等场所，从用水负荷分区、供水水质、管线避让、排水组织及防污染节点入手，分析给排水系统关键控制因素，并提出低滞留管网布置、末端防回流、水封保护、间接排水及运行监测等措施。结合洁净区域连续运行特点，将设计参数、末端使用频率和维护数据纳入运行调整，可减少局部滞水、返味及非计划停水，提高系统卫生安全性、运行稳定性和检修可达性，为医院洁净区域给排水系统精细化设计与运维提供依据。

【关键词】：医院洁净区域；给水系统；排水系统；水质安全；运行优化

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.047

医院洁净区域具有空气洁净等级高、医疗活动连续、设备接口密集及卫生控制严格等特点，给排水设施一旦发生渗漏、滞水、倒流或水封破坏，影响往往超出管道系统本身。尤其在手术部、重症监护单元及无菌物品处理区域，低频末端形成的管内停留水、冷热水压力失衡、地漏水封蒸发及设备排水连接不当，均可能引起环境质量波动。传统设计较多关注设计秒流量、管径与排水坡度，对末端使用规律、污染传播路径及检修造成的洁净环境扰动考虑不足。医疗建筑运行管理向精细化发展后，给排水设计需将水力安全、卫生风险、空间布置和后期维护纳入技术控制，使系统在满足正常供排水功能基础上，保持较低滞水风险、稳定压力及可靠污染隔离能力。

1 洁净区域给排水设计基础

（1）明确区域用水需求：医院洁净区域用水负荷不宜沿用普通病房统一指标，而需按医疗行为、设备类型及使用时段分别核定[1]。洁净手术部重点考虑刷手池、清洗池、保洁用水及设备补水，ICU 还涉及洗手盆、治疗辅助用水和连续运行设备，消毒供应区域则存在清洗、漂洗、制水设备补水等集中负荷，设计时可按器具额定流量、同时使用概率和峰值工作时段计算支管流量，再核对干管设计秒流量及最不利点压力。对连续运行设备和不能中断的重点用水点宜划为独立支路，在区域入口设置控制阀、压力表及必要的流量监测装置，使单一器具检修不致扩大停水范围；集中用水时段还需校核立管及楼层支管的压力波动，避免刷手池、清洗设备同时启用后出现末端流量不足。低频使用的备用刷手点、设备预留接口不宜形成过长盲管，支管长度和管径依据实际需求压缩，并结合使用频率安排冲洗，使管内水体保持更新，从水力布置阶段控制长期滞水和局部水质劣化。

（2）控制供水水质风险：洁净区域供水管道选材需兼顾卫生性能、耐腐蚀性、耐温性和消毒耐受能力，生活给水及热水支管可采用薄壁不锈钢管等内壁光滑、析出物少的材料，连接节点宜减少死角、无效支管及不必要的异径组合，阀门位置同时兼顾排空、冲洗和检修条件。热水系统若设储水设备，储水温度宜维持在不低于 60℃的工况，循环管网温度宜保持在 50℃及以上，并核查最不利环路回水温度及循环流量，防止远端长期处于低温、低流速状态；刷手池等冷热水末端可配置非手动控制龙头和恒温混水装置，使出水温度在满足手卫生需求的同时降低烫伤风险。新建或维修后的支管宜进行充分冲洗和消毒，末端取样复核水质合格后再投入使用，避免施工残留物及停滞水影响洁净区域用水安全。医疗设备、清洗装置与生活给水管网连接处则依据污染危险等级配置空气间隙、真空破坏器或倒流防止器，接口附近预留检修空间，并定期检查止回部件工作状态，避免设备内部介质因负压、虹吸或压力倒置返回生活给水系统。

（3）协调洁净空间布置：洁净区域管线布置宜在建筑、暖通、医用气体和装饰深化阶段同步校核，排水立管、横支管及带压接头尽量避开洁净手术室、无菌物品存放区和重要医疗设备正上方，减少渗漏对核心医疗空间的直接影响[2]。洁净手术部给排水干管较多布置在设备层、技术夹层或专用管井内，利用外围辅助空间完成检修，并结合综合管线模型核对与风管、桥架和医用气体管道之间的净距，防止后期施工反复调整和交叉碰撞。管道穿越洁净围护结构时设置套管，管壁与套管间隙采用与墙体防火、气密要求相适应的密封材料连续封闭，避免形成积尘缝隙和空气渗漏通

道；阀门、过滤器和活接可集中布置于检修箱或技术夹道，并预留拆换长度。确实无法避开的上部给水管段，可在连接点、阀组和易渗漏节点配置泄漏监测探头，联动本地报警或设备管理系统，使微量渗漏在形成吊顶积水前被识别，减少维修对洁净环境造成的二次扰动。

2 给排水系统关键设计

（1）优化给水管网配置：洁净区域给水系统需把供水连续性与末端水龄同时纳入管网计算，洁净手术部宜采用可靠水源及连续正压供水方式，区域入口设置分区控制阀、压力表和检修节点，重要用水支路避免与大流量冲洗器具共用末端管段。刷手池集中布置时，可依据同时使用数量核定支管管径，再按器具额定工作压力校核最不利点，并结合沿程损失、局部阻力及高差复核实际余压；若楼层入口压力偏高，则在区域支路设置减压阀组，并预留旁通和检修条件，不宜依靠末端角阀长期节流，以免出现水流噪声、阀芯磨损及启闭瞬间压力突变。热水管宜靠近末端形成循环，回水点设置在实际用水端附近，避免只在走廊干管形成大循环而刷手支管长期存水；对备用手术间、低频治疗室及预留设备接口，可缩短支管长度并控制管径，必要时纳入定时冲洗清单，以出水温度、流量和持续时间作为冲洗结束判据，使水力平衡、热水循环和卫生控制保持一致。压力波动明显的支路可增设稳压装置和压力监测点，并便于运行阶段识别异常。

（2）规范排水系统设置：洁净区域排水设施不宜按普通公共建筑做法大量布置，无固定排水需求的高洁净度房间宜减少地漏，存在地面清洗、设备排水或冷凝水排放需求的辅助房间则采用密封性能较好的地漏，并使排水口避开无菌操作区、物品存放区和人员主要活动位置[3]。洁净手术部排水器具下部水封高度宜大于 50 mm，低频使用地漏还需考虑水封蒸发，可采用带机械密封功能的地漏、自动补水装置或纳入定期补水管理，避免排水管内气体进入洁净空间；横支管布置结合排水量、管径和建筑标高校核坡度，减少连续反弯、过长横管及隐蔽死角，并在转弯、汇合及检修需要较高的位置设置清扫口。清洗设备、空调冷凝水和纯水制备装置产生的排水需按介质性质确定接管方式，对存在倒灌风险的设备采用间接排水，使设备排口与受水器之间保持空气隔断，不以软管直接插入地漏代替正规连接；排水立管还需配置顺畅通气条件，防止瞬时排水引起水封抽吸、气泡返涌或局部异味。高峰排水房间还需复核立管负荷及通气能力。

（3）强化防污染设计：给排水系统的污染控制重点落在供水回流、排水返气和检修渗漏三个界面，设计时可沿水源、支管、器具、排水口逐点核查污染路径，并按风险等级确定隔离方式。刷手池、清洗设备以及可能接触污染液体的器具，与生活给水管连接时宜设置空气间隙或相应等级的防回流装置，对设备内部可能形成负压、虹吸或高压回流的接口还需单独校核；排水器具则依靠完整水封和通畅通气维持气体隔离，当长横支管、多器具同时排水或立管瞬时流量较大时，应核查管内正负压变化，避免水封被抽吸或喷溅破坏。管井内的可拆卸接头、阀组及排水清扫口宜与洁净房间保持实体分隔，检修口尽量朝向非洁净走廊或技术夹层；同一部位同时存在给水与排水管线时，给水管宜位于排水管上方，并控制交叉节点数量。穿越洁净围护结构的套管、封堵材料和检修孔还需保持气密与防渗性能，使渗漏、返味或维修产生的污染限制在可检查、可隔离区域内。关键节点可预留泄漏监测点，在渗漏污染扩散前识别异常并及时处置。

3 系统运行与维护优化

（1）加强水质与压力监测：洁净区域投入运行后，供水评价宜从有水可用转向压力、水温、水质和停留时间联合管理，在手术部入口、热水循环最不利点及重点末端设置压力、温度及必要的流量检测点，连续记录早晚高峰、手术集中时段及低负荷时段的运行变化，并将数据与设备启停状态对应。若同一区域频繁出现出水量下降，可结合入口压力、过滤器前后压差、减压阀开度和末端瞬时流量判断问题位置，区分供水不足、滤芯堵塞、阀门异常或局部管径偏小，避免直接更换末端器具；热水末端出水温度恢复时间明显延长时，则核查循环泵扬程、回水温度、水力平衡阀开度及支路是否存在气阻或滞流[4]。对备用手术间、低频治疗室等用水点，可依据实际停用时长制定冲洗周期，冲洗前后记录水温、浑浊度、余氯或其他水质指标，并观察异味、色度和出水稳定性；若同一支路长期低流速，可适当调整冲洗频次、优化回水组织或减少无效管段。运行台账进一步关联管段位置、末端使用频次、历次异常和维修记录，可形成重点支路清单，使水质风险在投诉或明显异常出现前得到识别。对波动原因不明的支路，可安排非高峰复测，核对数据重复性。

（2）改善排水维护管理：排水运行管理的重点并非单纯疏通管道，而是保持水封完整、排水顺畅、接口密闭及通气稳定。保洁人员巡查低频地漏时可同步检查水封存水状态、盖板密闭情况、周边积水及返味现象，对长时间不用的地漏按计划补水，并记录补水

后水封保持时间；若同一地漏短期内反复失水，则需进一步检查通气条件、排水立管压力波动、存水弯结构和连接坡度，判断是否存在自虹吸、诱导虹吸或蒸发过快，不能长期依赖人工加水掩盖系统缺陷。设备排水软管、冷凝水接口、清扫口及间接排水受水器同样属于重点检查部位，接口松动、软管插入过深、排水口被杂物遮挡或局部反坡均可能造成积水和污染；对消毒供应、设备间等排水负荷变化较大的区域，还需观察高峰排水时是否出现冒泡、回流或异响。对于反复堵塞的横支管，可调取管径、设计坡度和服务器具资料，配合管道内窥检查确认是否存在倒坡、沉积、接口错位或施工残留物，再决定局部改管、机械清洗或高压水清洗，减少反复疏通对管壁和连接件造成损伤。对存水弯和地漏连接处还可定期检查密封件老化、松动及裂纹情况，避免小缺陷逐步发展并形成持续渗漏。

（3）建立检修管理机制：洁净区域给排水维修需与医疗运行和环境控制同步安排，可按管井、支路、阀门、过滤器及末端器具建立编码台账，将渗漏、堵塞、阀门故障、压力异常、部件更换和停水范围对应到具体设备位置[5]。计划检修前先确认隔离阀控制边界，核对相邻手术室、治疗室和设备用水需求，必要时安排备用供水或调整医疗用房使用状态，再划定维修作业面；涉及吊顶开启、管道切割、焊接或器具拆换时，在作业区设置临时隔离，控制施工扬尘、污水、工具和废料流动，并对开放管口及时封堵，防止杂物进入系统。完工后依次完成管道冲洗、压力或严密性检查、阀门复位、末端放水及环境清洁，确认无渗漏、无异味且运行参数恢复后再交付使用。运行数据还可按月或按季度统计同类故障频次，若某一支路持续发生接头渗漏、温度不足、水封异常或阀件失灵，则从管材连接、支吊架受力、管径配置、循环条件和排水通气重新复核，而非仅更换故障部件。将维修结果回填至设备档案后，可为后续改造、备件配置和检修周期调整提供依据。对高频维修部位，可结合故障间隔、备件寿命及手术排期调整预防检修周期，减少临时停机。

4 总结

医院洁净区域给水排水系统的设计质量直接影响医疗环境稳定、水质安全及诊疗连续性。设计需结合区域功能与用水规律，划分供水支路，控制滞水和压力波动，并利用耐腐蚀管材、热水循环、防回流装置及可靠水封降低污染风险。排水系统需重视地漏设置、间接排水、通气条件和横管坡度，减少返味、倒灌及积水。运行阶段将压力、水温、水质、地漏水封和故障记录纳入常态监测，针对低频用水点、堵塞管段和高风险接口实施分级维护。将前期设计、施工和后期运维统一考虑，可增强系统运行稳定性和检修可达性，减少非计划停水及维修对洁净环境的干扰，为医院洁净区域长期安全运行提供可靠设施保障。

参考文献：

[1] 张艳红.医疗建筑给排水设计要点简述[J].建筑技术研究,2025,8(8):223-225.

[2] 董媛.医疗建筑给排水设计原则及关键要点分析[J].建材发展导向,2025,23(1):13-15.

[3] 李建东.现代医院建筑给排水设计要点探讨[J].城镇建设,2024(5):292-294.

[4] 胡军龙.现代综合医院建筑给排水设计分析与探讨[J].现代工程项目管理,2023,2(2):240-243.

[5] 韩佳彤,牛住元.层流洁净病房给排水设计技术要点探讨[J].中国医院建筑与装备,2022,23(7):65-67.