

洁净手术室气流组织优化设计方法

欧阳宇航

重庆明言通科技有限公司 重庆 400000

【摘要】：洁净手术室是医院感染控制的核心区域，气流组织作为维持手术室洁净环境的关键环节，直接影响手术感染率与医疗质量。本文基于洁净手术室气流组织的基本要求，分析当前常用气流组织形式的特点与不足，从气流形式选型、送回风系统设计、气流参数调控、辅助设施协同等方面，提出一套系统的优化设计方法，为提升洁净手术室环境质量、降低手术感染风险提供技术支持。

【关键词】：洁净手术室；气流组织；优化设计；感染控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.07.045

1 引言

随着医疗技术的不断发展，外科手术的精准度与复杂性日益提升，对手术室洁净环境的要求也更为严格。洁净手术室通过合理的气流组织，可有效控制室内尘埃粒子、细菌浓度，减少空气传播性感染的发生。相关数据显示，优化的气流组织能使手术部位感染率降低，可见气流组织设计的科学性至关重要。当前部分医院洁净手术室在实际运行中，存在气流分布不均、局部涡流、洁净度不达标的问题，根源在于气流组织设计缺乏系统性与针对性。传统设计多依赖经验选型，未能充分结合手术室功能布局、手术类型等实际需求，导致气流组织无法充分发挥净化作用。因此，深入研究洁净手术室气流组织优化设计方法，具有重要的现实意义与应用价值。

2 洁净手术室气流组织的基本要求

洁净手术室气流组织设计需以满足医疗需求、控制感染为核心，遵循以下基本要求。首先是洁净度达标，需根据手术类型划分洁净等级，其中 I 级洁净手术室主要用于器官移植、心脏手术等，要求手术区浮游菌浓度极低，气流组织需能形成稳定的洁净气流覆盖；II-IV 级手术室则需结合对应手术需求，保障室内尘埃粒子与细菌浓度符合国家标准。其次是气流均匀性，室内气流需平稳流动，避免出现涡流或气流短路现象。涡流易导致尘埃粒子与细菌积聚，而气流短路会降低空气净化效率，两者均会增加感染风险。同时，气流需优先覆盖手术台、器械台等关键区域，形成“洁净核心区”，确保手术操作环境的洁净度。再者是温湿度适宜，气流组织设计需协同空调系统，维持室内温度在 22-25℃、相对湿度在 40%-60%。适宜的温湿度不仅能提升医护人员的操作舒适度，还能避免因温湿度异常导致的细菌滋生或人体应激反应。此外，气流组织还需满足静音要求，避免气流噪声影响手术操作与患者恢复。

3 洁净手术室常用气流组织形式及特点

目前洁净手术室常用的气流组织形式主要包括垂直层流、

水平层流与乱流三种，不同形式在净化效果、适用场景上存在显著差异。

3.1 垂直层流气流组织

垂直层流气流组织主要由手术室顶部高效过滤器送风，气流垂直向下流动，经地面回风口排出。该形式能形成稳定的气流幕，有效隔离手术区与周边区域的污染物，净化效果最优，适用于 I 级洁净手术室。但垂直层流存在造价较高、能耗较大的问题，且顶部送风装置会限制手术室照明与医疗设备的安装布局。

3.2 水平层流气流组织

该组织由一侧墙面高效过滤器送风，气流沿水平方向流动，从另一侧墙面回风口排出。其优势在于气流覆盖范围广，能快速降低室内污染物浓度，适用于 II 级洁净手术室。但水平层流易受手术台、医护人员站位等因素影响，气流均匀性较差，靠近回风口区域的洁净度易下降。

3.3 乱流气流组织

乱流气流组织通过分散式送风口送风，气流在室内形成不规则流动，利用稀释作用降低污染物浓度。该形式造价低、施工简便，适用于 III-IV 级洁净手术室。但乱流存在气流分布不均、局部涡流明显的问题，净化效率较低，难以满足高洁净度手术的需求。

4 洁净手术室气流组织优化设计方法

4.1 基于手术类型的气流形式精准选型

气流组织优化设计的核心是根据手术类型与洁净等级要求，选择适配的气流形式，并进行针对性改进。对于 I 级洁净手术室，优先采用垂直层流气流组织，优化顶部送风装置设计，采用“满布式高效过滤器+均流膜”结构，确保送风气流均匀性。同时，在手术台上方设置可调节送风区域，根据手术范围

精准控制气流覆盖面积,减少气流浪费。对于II级洁净手术室,可采用“垂直层流+局部乱流”混合气流形式,手术台核心区域采用垂直层流保障高洁净度,周边区域采用乱流降低能耗。对于III-IV级洁净手术室,在采用乱流气流组织的基础上,优化送风口布置位置,将送风口靠近手术台与器械台区域,提升关键区域的气流净化效果。

4.2 送回风系统优化设计

送回风系统的合理性直接影响气流组织效果,需从送风口布局、回风口设置、风管设计三方面进行优化。送风口布局需遵循“核心区域优先覆盖”原则,I-II级手术室采用顶部满布或半满布送风口,确保手术台区域气流速度均匀稳定;III-IV级手术室采用分散式送风口,每个送风口负责特定区域的气流供给,避免气流交叉干扰。回风口设置需避免气流短路,采用“下送风上回风”或“上送风下回风”的合理循环模式。对于垂直层流手术室,采用地面满布回风口,确保气流垂直向下流动无阻碍;对于水平层流手术室,回风口设置在送风墙面的对侧墙面下部,形成稳定的水平气流循环。同时,回风口需安装可拆卸式过滤网,便于清洁维护,防止污染物积聚。风管设计需减少气流阻力,采用圆形风管替代矩形风管,降低风管内壁粗糙度。在风管转弯处设置导流叶片,避免气流涡流产生。同时,在风管内安装静压箱与均流装置,确保送风气流稳定,提升送风口出风均匀性。

4.3 气流参数精准调控

气流参数的合理设置是气流组织优化的关键,需根据洁净等级要求,精准调控送风速度、换气次数与温湿度参数。送风速度方面,I级洁净手术室垂直层流送风速度控制在0.25-0.30m/s,水平层流送风速度控制在0.30-0.35m/s;II级手术室核心区域送风速度不低于0.20m/s;III-IV级手术室送风速度控制在0.15-0.20m/s。换气次数需结合洁净等级与手术室体积确定,I级手术室换气次数不低于60次/h,II级手术室不低于30次/h,III级手术室不低于20次/h,IV级手术室不低于15次/h。同时,根据手术过程中的人员数量、设备运行情况,设

置可调节换气次数模式,在手术高峰期提高换气次数,非手术时段降低换气次数,实现节能与净化效果的平衡。温湿度调控需协同气流组织与空调系统,采用“送风温度分区控制”模式,根据手术室不同区域的热负荷差异,精准调节送风口温度。在手术台区域设置温度传感器,实时监测温度变化,通过控制系统自动调节送风参数,确保温湿度维持在适宜范围。

4.4 辅助设施协同优化

洁净手术室气流组织优化需与辅助设施协同配合,提升整体净化效果。医疗设备布局需避免遮挡气流,手术台、麻醉机、器械台等设备需合理摆放,与送风口、回风口保持一定距离,防止设备阻挡气流流动,形成局部气流死角。在手术台两侧设置可调节挡板,引导气流向手术区域汇聚,减少气流扩散。洁净手术室门窗设计需保障密封性,采用气密式门窗,减少外界污染物渗入。在门窗缝隙处安装密封胶条,定期检查更换,确保手术室气密性达标。同时,合理控制手术室人员进出频率,减少人员进出带来的气流扰动与污染物带入。此外,定期对气流组织系统进行维护保养,定期清洁更换高效过滤器、过滤网,检查送回风管道是否存在泄漏现象。通过气流检测设备实时监测室内气流速度、洁净度等参数,根据检测结果及时调整气流组织参数,确保气流组织始终处于最优状态。

5 结论

洁净手术室气流组织优化设计是提升手术室洁净质量、降低手术感染风险的关键举措。其核心在于以手术类型与洁净等级需求为导向,通过精准的气流形式选型、科学的送回风系统设计、精准的气流参数调控以及辅助设施的协同优化,构建稳定、均匀、高效的气流组织体系。本文提出的优化设计方法,兼顾了净化效果、能耗控制与实际应用需求,可为洁净手术室的设计与改造提供参考。未来,随着智能化技术的发展,可将物联网、大数据等技术融入气流组织设计中,实现气流参数的实时监测与智能调控,进一步提升洁净手术室环境管理的智能化水平。

参考文献:

- [1] 刘祥瑞,丁亮,张硕.医疗船用III级洁净手术室的气流组织优化设计[J].机电设备,2016,33(04):19-23+29.
- [2] 李长线.某洁净手术室空调系统设计新探索[J].中国西部科技,2012,11(09):19-20+12.
- [3] 王洪飞.洁净手术室优化设计及研究[D].北京化工大学,2011.