

医院建筑物流系统规划、布设及应用研究

韩 宁 张英鹏 孙加硕

中国中元国际工程有限公司 北京 100089

摘 要：国内医院传统人工转运模式存在人流物流交叉、效率低下、院感风险突出等问题，智能物流系统是现代化医院建设的核心基础设施。本文系统梳理七类主流医院物流系统的性能参数、适配场景与布设标准，结合医院床位规模、机构类型制定差异化选型方案，测算物流系统投资占医院总投资比例为0.87%~2.90%，总结当前规划设计的常见问题并提出优化策略。研究成果可为医院新建、改扩建工程的物流专项设计、设备选型与施工落地提供理论支撑和实践指导。

关键词：医院建筑；物流系统；医疗流程；点位布设；规划选型；投资分析

引言

国外大中型医院已普及复合型智能物流体系，我国自2002年引入轨道小车物流后，气动、箱式、AGV、真空污物等物流技术逐步落地。但当前行业依然存在物流规划介入滞后、系统选型盲目、点位布设不合理、消防与院感配套不完善等问题，严重影响系统运行效能。

本文依托行业规范与工程案例，从物流系统特性、医疗流程适配、差异化应用、点位布设、建设条件及投资测算维度，构建系统化的医院物流规划体系，为医院新建、改扩建物流工程提供理论与实践支撑。

1 医院主流物流系统类型及特性

当前国内医院主流智能物流系统共七类，各系统载重、运力、空间需求与适配场景差异显著，核心特性与适用范围如下：

1.1 气动物流传输系统

为医院基础通用物流系统，以压缩空气实现点对点密闭转运，传输速度2.5~8m/s，单瓶载重5~8kg，最大传输横向1800m、竖向120m。主要转运检验标本、急救药品、病历胶片等小件紧急物资，具备占地小、造价低、24小时不间断运行、运维简便的优势，唯一短板为载重有限，广泛适配各级医院，尤其适用于中小型医院门诊与医技科室。

1.2 轨道小车物流传输系统

依托吊顶专用轨道运行，有效弥补气动物流载重缺陷，单车载重15~30kg，轨道可灵活转弯爬坡，适用于批量药品、中小型输液、小型手术器械转运。设备自带消杀功能、安全性高、可转运毒麻药品、能耗低；但转运速度偏慢、轨道易磨损、层高要求高、运维成本较高，适配500~1000床位中型综合及中医医院。

1.3 中型箱式物流传输系统

由竖向提升机、水平输送线与专用传输箱组成，是大型医院主力转运系统，单箱载重50kg，小时运力达1000箱，物资全程水平放置、稳定性强，适配整箱药品、大批量输液、大型器械、洁净被服等大件物资^[1]。该系统运力大、扩展性强，但需专用竖井与水平通道，空间占用及建设成本偏高，主要用于800床位及以上大型综合医院。

1.4 AGV 机器人物流系统

为无轨柔性转运设备，依靠激光导航自主行驶，无需固定管道与轨道，载重100~500kg，续航8小时，行驶速度 $\leq 1\text{m/s}$ 。主要转运餐食、整箱被服、大型后勤物资及医疗垃圾，可灵活调整路线、实现洁污分流。运行易受人流、地面条件干扰，需专属通道与电梯，设备造价高，适配大型三甲医院、传染病医院及多院区医疗机构。

1.5 真空收集系统

分为垃圾与污衣被服收集两类，依靠负压管道实现污物全封闭转运，分为适配500床以下医院的重力式与500床以上医院的负压式。系统自动化程度高、无二次污染、节省人工与暂存空间，缺点是需专用竖井与机房，负压机房占地面积较大。

1.6 智能仓储系统

包含医用多层分拣机器人、数字化仓库、手供一体化仓储等，主要应用于药库、消毒供应中心、手术室。实现物资无人化存储、分拣、对接转运系统，打通“仓储-转运”全流程。

1.7 厨垃圾处理系统

针对医院餐厅餐厨垃圾，集成真空收集、除臭与生物降解模块，实现源头密封收集与就地资源化处理。

2 医院物流系统与医疗流程、转运物资的适配关系

2.1 物流系统与医疗流程的关联性

物流系统是医疗工艺流程的重要延伸，规划建设需贯穿项目全周期，匹配三级医疗流程：院区整体布局决定物流主干管线与机房布局；科室平面布局确定终端站点数量与位置；科室内部动线决定设备安装形式与使用便捷性。

物流专项需与建筑工程同步推进，从可研到施工各阶段同步完成选型、点位锁定、管线配套与预埋安装。若设计滞后主体施工，易引发管线冲突、净高不足、防火缺失等不可逆问题。

物流规划需遵循七大核心原则：统筹全院物流衔接、适配物资转运需求、预留远期扩容空间、优化诊疗动线、提前预留建筑空间、对接医院信息化、降低整体运维成本。

2.2 医院主要转运物品及对应功能科室

院内物资分为洁净物资与污染污物两类，物资属性、重量、时效及消杀要求不同，是物流选型与点位布设的核心依据。洁净物资含各类药品、标本、器械、被服等，需高效安全转运；污物含医疗垃圾、污衣、餐厨垃圾，需全封闭防泄漏转运。

2.2.1 转运物资分类

洁净物资：药品、检验病理标本、血液制品、手术器械、无菌敷料、病历胶片、餐食、洁净被服；

污染污物：生活垃圾、污衣、医疗废弃物、餐厨垃圾。

小件物资侧重高速密闭转运，大件物资侧重平稳大载重，污物侧重密闭防污染。

2.2.2 核心转运科室及物流量特征

药品与静配科室：物流核心始发端，转运频次最高，1500床位医院静配中心日均转运421次；

医技科室：以小件、高时效标本和血液转运为主，转运密集；

手术室与消毒供应中心：洁污器械双向转运，院感分流要求严格；

护理病区：主要物资接收端，全天双向收发物资与污物；

后勤科室：转运被服、餐食、垃圾，运量大、载重需求高。

一般医疗物品使用科室、物品形态、传输量与频次如下表：

表2-1 一般医疗物品使用科室、物品形态、传输量与频次表

科室	物品	日传输次数			
		1500床位	1000床位	800床位	500床位
药库	药品、液体	210	140	112	70
药房	药品、液体	130	86	69	43
静配中心	大液体、药品	421	280	224	140
消毒供应室	辅料、器械	210	140	112	70
耗材/后勤库	耗材、一次洁品等	120	80	64	40
医技科室	标本、血液、试剂	230	153	122	76
洗衣房	白衣、病服	83	55	44	27
营养配餐	营养配餐	130	86	69	43
每天物品配送量		1534次（23吨）	1022次（15吨）	818次（12吨）	511次（8吨）

由以上工程案例提取数据可知，医院床位规模与物资转运总量呈显著正相关，床位越多，对物流系统运力、载重及冗余储备的要求越高。

3 不同规模、类型医院的物流系统应用

结合国内多个典型医院案例，按床位规模、医院类型划分，分析物流选型、点位配置、应用特点。

3.1 按床位规模划分应用方案

3.1.1 400~600 床位小型医院（含二级医院）

多采用单套气动物流或气动+轨道小车组合^[2]，搭配重力式真空污物系统，布设20~30个气动站点，覆盖核心

诊疗科室。此类医院物流量小，以小件转运为主，选型侧重低成本、易运维，不配置大型复杂物流系统。

3.1.2 800~1000 床位中型医院

主流配置为中型箱式物流或轨道小车+气动物流组合，搭配负压真空污物系统，布设40~45个核心站点，在静配中心、消毒供应中心设置双站点缓解拥堵，兼顾小件急送与中型批量物资转运，平衡运力与建设成本。

3.1.3 1500 床位以上大型综合医院

采用复合型多系统联动方案，配置中型箱式、气动物流、AGV机器人、负压真空污物系统，配套智能仓储

与手供一体化设备, 布设80个以上箱式站点、90个以上气动站点及60余个污物投放口, 依托多系统分工, 实现极速小件、批量大件、密闭污物的全品类高效转运。

3.2 按医院类型划分应用方案

综合医院: 物流量大、科室齐全, 大型医院采用多系统复合模式, 中小型医院选用轨道或箱式与气动组合系统;

中医医院: 适配中药饮片、煎药成品转运, 优先采用轨道或箱式物流, 重点覆盖中药房、煎药室;

传染病医院: 以洁污完全隔离为核心, 选用AGV+负压真空污物系统, 规避管道气流交叉风险, 实现流线物流分区。

3.3 5G与智慧物流发展前景

依托5G、物联网技术, 医院智慧物流实现动态调度、全流程溯源与智能管控, 可在隔离病区、发热门诊替代人工转运, 降低院感风险。未来物流系统将深度融合智慧医院与公共卫生应急平台, 成为医院应急保障的重要支撑。

4 物流系统在各科室的点位布设与建设条件

科学的点位布设、空间预留及机电消防配套, 是物流系统落地运行的关键。各系统需结合科室功能、建筑条件与院感消防规范精准设计。

4.1 各系统点位布设原则与方案

4.1.1 气动物流

站点紧贴护士站、药房、采血窗口等核心点位, 急救、标本科室加密布设, 覆盖病区、手术室、ICU、检验科等科室。管道转弯半径 $\geq 800\text{mm}$, 吊顶阶段预埋施工, 单台风机服务5~8个站点^[3], 千床医院机房总面积30~60m², 需防尘通风。

4.1.2 轨道小车

物流轨道沿吊顶布设, 不占用地面空间, 在静配中心、中心供应室设置双站点防拥堵, 覆盖药房、手术室、各护理单元。需预留竖向井道与吊顶空间, 配套25m²专用机房, 采用380V三相五线供电, 单配电箱功率5KW。

4.1.3 中型箱式物流

优先在物资批量收发科室布设, 水平管线布置于地下车库、设备层。垂直井道内径 $\geq 1600\text{mm} \times 1600\text{mm}$, 单向通道宽 $\geq 1.1\text{m}$, 双向通道 $\geq 1.7\text{m}$, 仅需20~25m²控制中心, 适配大型物资批量转运。

4.1.4 AGV机器人物流

严格实行洁污路线分离, 避开人流密集区, 配套专属通道、电梯与充电区。建筑需满足单行通道 $\geq 1.0\text{m}$ 、

双行 $\geq 2.2\text{m}$, 地面坡度 $\leq 8^\circ$, 电梯载重 $\geq 1000\text{kg}$, 通道上的门需为自动门, 配套220V专用充电电源。

4.1.5 真空污物收集系统

真空污物投放口设于病区污洗间、处置室, 总站布置于院区下风向。垃圾竖井直径460mm, 污衣竖井500mm, 管道转弯半径 $\geq 1800\text{mm}$, 配套独立收集站房, 实现污物全封闭收集转运。

4.1.6 手供一体化系统

专属手术室与消毒供应中心配套, 设备高度最高可达38m, 占地不足10m², 依托上下楼层对位空间安装, 实现无菌器械直达手术室, 打通科室物资流转闭环。

4.2 通用建设条件与规范要求

4.2.1 建筑空间条件

建筑空间需按需预留。箱式、真空物流需专用竖井, 气动、轨道物流利用吊顶空间; 大型物流水平管线优先布置于设备层、地下车库; 所有物流系统严格落实洁污、医患分流, 杜绝流线交叉。

4.2.1 消防与专项规范

穿越防火分区的物流设备需设置联动防火门, 管道穿墙缝隙做防火封堵; 尽量避开净化手术室、PCR实验室, 穿越时全程密封; 穿越建筑变形缝需采用柔性连接件, 保障运行安全。

4.2.3 电气与信息化配套

大型物流设备采用380V供电, ICU、手术室配套物流设备按一级负荷设计, 配备UPS应急电源。信息化层面, 所有系统对接HIS、LIS系统实现物资溯源, AGV设备需全覆盖WiFi网络, 保障智能调度。

5 物流系统投资分析与规划

5.1 不同物流系统造价与投资占比

5.1.1 单系统市场单价 (2022-2026 年市场区间)

气动物流: 单站点约6万元;

箱式物流: 单站点37~40万元;

AGV机器人: 单套约80万元;

真空污物系统: 重力式15~20万元/口, 负压式30~40万元/口;

手供一体化系统 (标准8m井道): 300~400万元。

5.1.2 物流投资占医院总投资比例

400~600床小型医院: 物流投资占总投资0.87%~2.15%;

800~1000床中型医院: 物流投资占总投资1.69%~2.12%;

1500床以上大型医院: 物流投资占总投资2.06%~2.90%。

整体来看,物流系统投资占比与医院规模、系统复杂度直接相关,医院物流专项投资可控制在总投资3%以内,规模越大、配置越完善,投资占比小幅提升。

5.2 规划设计主要影响因素及优化策略

从建筑条件来看,高层病房适配箱式物流,层高受限建筑不宜采用轨道物流,感染型医院建筑适配AGV柔性转运,分期项目需预留扩容接口;从项目定位来看,三甲医院采用多系统复合配置^[4],基层医院选用低成本基础物流;从业务需求来看,静配、手术室规模大则强化大件物流,医技科室密集则加密小件物流点位。

前期规划中需经过系统研判,避免出现以下问题:选型照搬案例,未适配本院床位、物流量与建筑条件,出现运力过剩或不足;点位布设不合理,核心站点拥堵、闲置站点过多,造成资源浪费;物流规划介入滞后,主体完工后补建设计,引发管线冲突、空间缺失等问题;消防、院感规范落实不到位,无法通过竣工验收。

医疗物流系统需要提前进行规划,设计过程不断优化。前期进行全维度调研,结合建筑、科室、物流量数据精准选型;中期采用仿真软件对比多套方案,择优确定最优配置;物流设计与建筑、机电、弱电同步开展,预留扩容空间与信息化接口;最终落地严格落实消防、院感规范,提前对接主管部门审核。

6 结论

智能物流系统是串联医院医疗流程、物资流转的核心基建,其规划、布设与选型必须贴合医疗需求、物资属性与建筑条件。各类物流系统适配场景明确,多系统组合可实现院内物资全品类、分层次高效转运。

气动物流适配小件极速转运,轨道、箱式物流适配

中大型物资批量输送,AGV与真空污物系统分别解决柔性后勤转运与污物密闭处理难题,各系统各司其职、互补适配。

物流站点需贴合岗位布设,严格执行洁污分流,各类系统所需竖井、通道、供电、消防等配套条件,需在建筑设计阶段同步预留,避免后期改造缺陷。

医院床位规模直接决定物流配置标准,小型医院适配单一基础系统,大型三甲医院需多系统复合配置,物流投资占比稳定在0.87%~2.90%,与站点数量、系统复杂度正相关。

对于当前行业经常存在的选型盲目、设计滞后、布设失衡、规范缺失等问题,可通过前期调研、仿真比选、同步设计、合规施工四大策略优化。结合5G与物联网技术,可进一步提升物流智能化水平,降低院感风险。

在智慧医院与平疫结合建设背景下,医院物流系统将向智能化、集成化、应急化升级,深度融合医疗业务与公共卫生应急体系,对全流程规划、施工、运维提出更高标准。

参考文献

- [1]住房和城乡建设部,国家发展改革委.综合医院建设标准:建标 110-2021 [S].北京:中国计划出版社,2021.
- [2]沈崇德.医院轨道式物流传输系统的构成与应用维护[J].医疗卫生装备, 2009(05):104-105.
- [3]沈崇德.浅谈医院物流传输系统[J].医疗卫生装备, 2009(06):28-30.
- [4]中国医学装备协会.医院物流传输系统设计与施工规范T/CAME 27-2021 [S].北京:中国标准出版社,2021.