低空经济背景下医疗建筑的创新设计策略研究

张益华　常　雨　胡仓颉

中国中元国际工程有限公司 北京 100089

【摘　要】：低空经济作为国家战略性新兴产业，无人机、低空载人飞行器、垂直起降航空器 eVTOL 等装备技术快速成熟，为应急救援、院前急救、医疗物资转运开辟全新通道。医疗建筑作为城市医疗体系的核心载体，传统规划建设思路多依托地面道路交通体系，建筑布局、场地、竖向交通、应急通道均围绕地面车流、人流组织，难以适配低空飞行器起降、医疗快速转运的全新需求。当突发灾害、地面交通拥堵、偏远地区急救场景出现时，传统医院院前急救转运效率受到极大限制。本文立足于低空经济发展的时代背景，结合医疗建筑设计规范、低空飞行器运行安全要求，分析医疗建筑融入低空急救功能所面临的场地选址、竖向空间、安全防护、流线组织、多系统协同等方面的难点，探索医疗建筑在总体规划、屋顶起降平台设计、垂直交通衔接、急救流线重构、消防与降噪防护、智能化协同、弹性预留等维度的创新设计策略。研究旨在打通“空中急救—建筑转运—院内救治”一体化急救链条，构建空地协同的现代化医疗建筑体系，为新建、改扩建综合医院、急救中心融入低空医疗转运功能提供设计理论与工程实践参考。

【关键词】：低空经济；医疗建筑；空中急救；屋顶直升机坪；空地协同；建筑创新设计

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.018

引言

近年来国家密集出台政策扶持低空经济发展，持续放开低空空域管理，低空飞行器制造、运营配套产业加速落地。除物流运输、观光文旅等应用场景外，低空医疗救援被视作低空经济极具社会价值的应用方向。在重大交通事故、地质灾害、重症患者跨区域转运、山区急救等场景中，地面交通极易拥堵、阻断，依靠地面救护车难以实现快速送达，利用直升机、医疗无人机、eVTOL 垂直起降飞行器开展伤员投送、急救物资运输，能够大幅缩短急救黄金救治时间。医疗建筑是空中急救链条的终点，空中救援的效率，最终取决于医疗建筑是否具备接收空中转运病患的硬件条件。国内现有不少医院虽然建有屋顶直升机坪，但大多属于独立增设设施，建筑前期规划没有统筹考虑，普遍存在起降平台与急诊中心衔接不畅、竖向转运距离过长、空中急救流线与院内普通人流交叉、降噪防雷、消防防护不足等一系列问题。部分改扩建项目仅仅简单在屋面增加起降点位，没有重构院内急救流程，空地转运衔接出现断点，空中救援的优势无法充分发挥。传统医疗建筑设计理论重点关注地面交通组织，对于低空飞行器起降、病患快速转运、空域安全管控、多设备协同的建筑设计研究相对有限。随着低空经济产业化推进，未来新建医院、区域急救中心需要从方案策划阶段就纳入空中急救系统，将低空转运作为医院急救体系的有机组成部分，而不是后期附加配套设施。本文结合低空医疗应用场景特点，梳理医疗建筑适配低空急救功能的设计矛盾，从总平面规划、屋顶起降平台专项设计、院内急救流线重构、建筑防护设计、多专业智能化协同、远期弹性预留等层面提出创新设计策略，探索低空经济赋能下医疗建筑的转型路径，完善空地一体化急救体系的建筑支撑。

1 低空医疗应用类型与医疗建筑设计需求

（1）低空医疗装备与应用场景。低空医疗装备可以分为两大类，对应不同建筑接口需求。第一类是载人急救飞行器，包含医疗救援直升机、电动垂直起降飞行器 eVTOL，主要用于重症伤员、危重病人的长距离转运。飞行器将患者直接送达医院屋面起降平台，完成患者交接、紧急处置，快速送入急诊抢救室，适用于危重急症、灾害伤员转运。这类装备荷载大、旋翼范围大，对屋面荷载、净空、场地安全、起降尺寸有严格要求。第二类是医疗物流无人机，体积更小，用于血液样本、急救药品、疫苗、检测标本、小型医疗耗材的点对点运输。无人机不需要搭载人员，对建筑起降平台尺寸要求更低，可在屋面、地面配套小型停靠站点，实现医疗物资快速配送。两类低空装备对于建筑的空间、荷载、防护、流线要求差异明显，医疗建筑设计需要统筹两类装备的使用需求，预留多类型低空设施建设条件。（2）低空经济下医疗建筑的核心设计诉求。①空间衔接需求：实现从屋面起降点，到急诊抢救单元的无缝衔接，缩短病患在建筑内部的转运时长，最大化利用空中急救节省的时间。②安全管控需求：屋面起降区域需要满足空域安全、防雷、消防、坠物防护、降噪，隔离普通病患与探视人群，规避旋翼带来的安全风险。③流线分离需求：独立设

置空中急救专用流线，和门诊人流、普通住院人流、后勤物资流线分开，避免交叉干扰，同时满足院感管控要求。④弹性发展需求：现阶段低空 eVTOL 技术持续迭代，飞行器规格、运营模式仍在持续变化，建筑需要预留改造条件，适配未来新型低空装备。⑤多专业协同需求：建筑、结构、机电、通信、航空管制、急救运营多专业协同，建筑设计不能只考虑土建，还要兼顾航空运行、急救运营管理要求。

2 低空经济背景下医疗建筑设计现存矛盾与难点

（1）总体规划层面：场地净空条件重视不足。很多医院在规划选址阶段，仅评估地面交通，忽略低空视距、净空限制。医院周边高层建筑、通信塔、高压线缆密集，造成屋面起降平台存在障碍物，无法满足飞行器起降净空要求。部分医院屋面直升机坪选址随意，周边建筑立面突出构件、冷却塔、空调机组、天线遮挡飞行航线。同时，没有统筹规划飞行器噪声影响，起降平台临近病房、康复区，旋翼产生强噪音持续干扰住院患者休养。改扩建项目矛盾更加突出，老医院建成时没有考虑空中救援，屋面结构承载力不足，屋面设备管线密集，拆除改造成本高，很难增设直升机起降点位。（2）竖向衔接短板：空中落点和急诊单元脱节。最常见的工程痛点：屋顶直升机坪修建完成，但从屋面到急诊抢救室的转运路径冗长。病患落地之后，需要通过公共电梯、公共走廊穿越医院公共区域，才能抵达急诊。一方面转运距离长，耽误抢救时间；另一方面，空中急救病患、担架、急救设备和普通就医人流混行，容易拥堵，同时带来院感、安全隐患。不少项目缺少担架专用的大型急救电梯，普通医用电梯尺寸有限，转运重症担架不方便。（3）屋面起降平台专项设计缺陷。屋面平台设计常常只关注尺寸划线，忽略多项配套系统。结构荷载没有按照飞行器最大起飞重量验算；缺少配套的消防灭火系统、燃油泄漏收集设施；防雷、防静电系统不满足航空标准；夜间起降照明、风向标识、航空障碍灯配套不完善。部分平台缺少隔离防护栏杆，没有独立等候、临时急救处置空间，病患只能直接在露天屋面开展急救操作，受雨雪大风天气影响大。（4）噪声、振动与建筑环境冲突。旋翼飞行器起降阶段产生高强度噪声与振动。若平台紧邻病房、新生儿监护室、手术室、康复病房，持续噪声会干扰重症患者、婴幼儿休息，振动还会影响精密医疗设备稳定运行。屋面平台的噪声减振构造，是医疗建筑容易忽略的关键点。（5）多系统割裂，建筑设计和低空运营脱节。建筑设计师在方案阶段较少联合航空运营、空管、急救团队共同策划。建筑空间建成之后，才考虑空域申报、机组调度、地面指挥、病患交接流程。建筑内部缺少空管通信机房、飞行器地面指挥室、急救机组人员休息更衣空间。医疗信息系统、急救调度系统、低空飞行器监控系统相互独立，无法实现院前生命体征数据提前回传，院内团队不能提前做好救治准备。（6）远期发展预留不足，难以适配新型低空飞行器。当前国内大量直升机坪仅适配传统救援直升机，没有考虑未来 eVTOL、多旋翼载人飞行器、小型医疗无人机的使用需求。屋面荷载、停靠点位、充电接口、停靠区域没有预留，当低空装备更新换代，建筑无法快速升级，存在一次性建设、快速落后的问题。

3 低空经济赋能医疗建筑的创新设计策略

（1）总体规划策略：统筹净空、动静分区，前置空域评估。新建综合医院、区域急救中心在选址和总平方案阶段，优先开展低空净空评估，联合空管部门，分析周边障碍物、高压线、高层建筑，合理确定起降平台位置。起降平台优先布置在主楼屋面，避开建筑边角、设备集中区域，保证起降航线无障碍物。动静分区规划：将空中急救相关功能组团（急诊楼）作为低空功能载体，起降平台设置在急诊楼屋面，远离住院病房、新生儿病房、康复用房，利用建筑设备层、交通核作为噪声缓冲，降低旋翼噪音对病区的干扰。地面配套同步预留：在院区地面预留备选起降场地与无人机停靠站点，应对屋面无法使用的极端天气。合理规划机组车辆、燃油保障车辆地面停靠区域，设置独立出入口，机组、后勤车辆不与门诊车流共用主入口。（2）屋面起降平台专项创新设计。①平台分区与空间布局：屋面起降平台划分为飞行器起降区、病患交接处置区、等候缓冲区、设备存放区。不要仅预留一块起降划线区域，配套设置半封闭临时急救隔间，雨雪天气可以在隔间内完成伤员交接、生命体征监测、紧急处置，不受恶劣天气影响。平台周边设置防撞防护、安全隔离围栏，限制无关人员进入。区分载人飞行器起降区和小型无人机停靠站。无人机停靠点位占地小，可分散布置，用于医疗物资投送，和载人直升机区域物理隔离，避免相互干扰。②结构、消防、机电配套设计：屋面结构荷载需要按照飞行器最大满载重量，叠加动荷载、冲击荷载进行结构验算。平台设置燃油导流、收集设施，配套泡沫灭火系统，应对燃油泄漏火灾风险。整套防雷防静电系统，满足航空设施规范，避免雷击危险。配套航空障碍灯、起降照明、风向指示装置，满足夜间、低能见度条件下起降作业。配套预留 eVTOL 充电接口、电源点位，面向未来电动低

空飞行器，实现建筑基础设施超前预留。（3）重构院内空地急救流线，搭建竖向快速转运体系。设置独立空中急救专用交通核，是整套策略的核心创新点。在急诊主楼内，紧邻屋面起降平台，独立设置急救担架专用电梯，电梯轿厢尺寸满足担架、监护设备、医护团队同步转运。电梯直达屋面平台、急诊抢救层，中间不停靠普通楼层，形成一条垂直直达的急救通道。流线组织逻辑：飞行器落地屋面→平台临时处置→专用急救电梯直达急诊抢救大厅，整条流线独立闭环，不和门诊、住院、探视人流交叉。空中急救单元配套独立通道，配套污物出口、医护更衣、洗消空间，满足传染病患者空中转运的院感防护要求。护理单元、急诊大厅的平面布局同步优化，急救电梯出口直接对接抢救室区域，最大限度缩短担架水平推送距离，真正实现“落地即抢救”。（4）多专业一体化空间配套与智能化协同设计。在急诊主楼内配套低空运营辅助用房，包含空管通信机房、地面指挥控制室、机组人员休息室、更衣卫生间、急救物资储备间。建筑设计阶段预留机房位置、管线通道、通信天线基座。搭建空地一体化智慧平台，打通低空飞行器调度系统、院前急救系统、院内 HIS 系统。飞行器在飞行途中，患者生命体征、检查影像数据提前传回医院急诊，院内抢救团队提前做好救治准备。屋面平台布置视频监控、环境监测设备，实时监测风速、能见度，辅助判断起降条件。建立一体化应急联动系统，飞行器、建筑安防、消防、急诊调度统一联动，出现险情自动触发应急预案。

4 配套运营保障与规范协调建议

低空医疗建筑是建筑工程+航空运营的复合型工程，仅依靠建筑设计无法保障落地。项目前期，必须组建跨专业团队，包含建筑设计师、结构工程师、空管专业人员、急救医护、低空运营方共同参与方案策划。现阶段航空设施规范、医疗建筑规范存在交叉，屋面起降平台、消防、疏散、防护等内容需要提前对接审图、民航、应急管理部门，提前研判规范适用问题，规避后期验收风险。建筑方案同时要结合本地急救网络规划，明确医院在区域空地急救体系中的定位，确定转运病种、转运流程、机组交接制度，建筑空间服务于运营流程，避免空间建设与运营脱节。同时，建筑设计配套安全培训空间，用于医护、运维人员开展低空救援安全培训，熟悉旋翼危险区域、病患交接流程、应急避险操作。

5 结论

低空经济的快速发展，推动院前急救模式从传统地面急救，向空地协同一体化模式转型，也对医疗建筑的规划设计提出全新要求。传统医疗建筑以地面交通为核心的设计思路，已经难以匹配空中急救的需求。低空背景下医疗建筑创新，不是简单在屋顶增设直升机坪，而是从总体规划、净空评估、屋面平台、竖向急救交通、流线组织、降噪防护、智慧协同、远期预留的全流程系统性重构。在新建医疗建筑方案策划阶段，应当前置评估低空净空条件，将空中急救功能纳入整体规划；设置独立竖向急救交通核，打通屋面起降点到急诊抢救室的快速转运通道，构建独立、闭环的空中急救流线；通过专项结构、消防、降噪设计，解决低空飞行器带来的安全、环境问题；预留弹性空间和基础设施，适配未来 eVTOL、医疗无人机等新型低空装备的迭代发展。空地一体化医疗建筑可以充分发挥低空经济的急救优势，压缩危重病患转运时间，完善城市重大灾害应急救援体系。本文提出的设计策略，可以为国内综合医院、区域急救中心新建与改扩建项目提供设计思路，助力医疗建筑适应低空经济时代发展，推动国内空地协同急救网络建设。

参考文献：

[1] 孟凡浩.医疗建筑空中救援系统规划与建筑设计[M].中国建筑工业出版社,2023.(CIP 专著)

[2] 李兴钢.低空基础设施与公共建筑一体化设计[M].中国城市出版社,2024.(CIP 专著)

[3] 周典.现代急救中心建筑设计理论与实践[M].中国建筑工业出版社,2022.(CIP 专著)

[4] 王健,刘浩.屋顶直升机坪在综合医院建筑中的设计要点[J].建筑技艺,2023(07):78-82.

[5] 张远,陈曦.低空经济背景下城市应急医疗设施布局研究[J].城市建筑,2024,21(09):132-135.

[6] 中华人民共和国住房和城乡建设部.医院建筑设计规范 GB 51039-2014[S].北京:中国计划出版社,2014.

[7] 民用机场飞行场地技术标准 MH 5001-2021[S].北京:中国民航出版社,2021.