

毗邻既有建筑深基坑气膜全封闭系统关键技术及绿色施工方法研究

向阳 谢哉警 颜顶鑫 杨李强 邓浩然

中国建筑第八工程局有限公司 广东 广州 510660

【摘要】：针对城市中心区毗邻既有建筑深基坑施工中面临的扬尘污染、噪声扰民、气候干扰及安全风险等突出问题，提出了一种新型气膜全封闭系统解决方案。本文系统阐述了该系统的构成原理，包括封闭壳体系统、结构锚固与边部处理系统、智能环境控制系统以及安全与功能辅助系统。重点研究了其在敏感环境下的低影响施工方法，涵盖场地适应性处理、分区同步安装工艺、气压动态平衡控制及应急响应机制。通过某紧邻电网实训教学楼的深基坑工程实例，验证了该系统在实现全天候绿色施工、显著降低噪声与扬尘等环境干扰、确保毗邻建筑安全稳定方面的有效性，为复杂环境条件下深基坑工程提供了创新性技术路径。

【关键词】：深基坑；气膜结构；全封闭施工；毗邻建筑；绿色施工；环境控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.07.085

引言

随着城市更新向纵深发展，密集建成区内的深基坑工程日益增多。此类工程常毗邻重要既有教学楼、地铁隧道或历史保护结构，传统开放式施工方法导致的扬尘、噪声、振动及降水、严寒等气候影响，不仅严重干扰周边社会活动，更直接威胁毗邻结构的安全稳定³。因此，发展一种能实现全封闭、低影响、可调控的绿色施工技术具有迫切现实意义。本文提出研发一种适用于毗邻建筑深基坑的“智能气膜全封闭系统”，并形成配套的精细化施工工法。重点解决密闭空间下的作业安全、内部环境质量保障、对周边零扰动的结构体系。

1 基坑气膜全封闭系统设计

1.1 系统总体构成

系统由四大核心模块集成：封闭壳体系统、结构锚固与边部处理系统、智能环境控制系统以及安全与功能辅助系统。

(1) 封闭壳体系统：膜材为基布与涂层组成，基布：由聚脂纤维编织而成。涂层：高温环境下，在基布表面涂覆PVC（聚氯乙烯）基层+100%PVDF（聚偏氟乙烯）表面涂层+防紫外线涂层+防老化涂层。主要采用高强度、阻燃、自洁的PVC或PVDF涂层膜材，通过智能充气单元维持恒定内压，形成大跨度无柱作业空间。外形设计需适应基坑不规则平面以及开挖阶段动态变化。基坑气膜整体上设计需考虑人员上下深基坑的疏散应急通道、汽车通道、智能风机与备用电源等设备基础。

(2) 结构锚固与边部处理系统：设计轻型化周边锚固，如压膜梁+地锚螺栓，并与基坑支护冠梁或临时围檩创新结合。本应用案例为预埋于冠梁边的临时围墙上，围墙跨度350mm宽，高于室外地面350mm高。毗邻建筑一侧采用柔性缓冲连

接装置，实现物理隔离与应力释放¹。

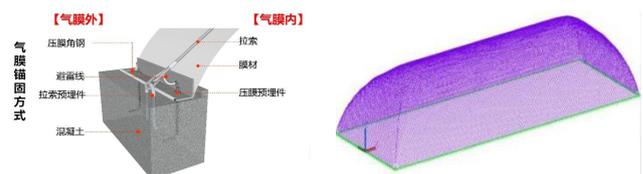


图1 索网、膜边锚固方式模型示意图

(3) 智能环境控制系统：包括：空气循环净化模块：低噪声风机组、高效过滤与排放系统，保证内部空气清新，维持微正压防外部粉尘渗入。温湿度调节模块：保障冬季施工温度，防止结露。智能监控模块：集成气压、空气质量、温度、湿度、风力传感器，数据实时传输至云平台与现场中控室。通过结合气膜室内功能布置、人流分析，利用计算机模拟室内空气的流动情况，通过气流组织实验，精准确定送风口及排风口的大小、数量及位置²。

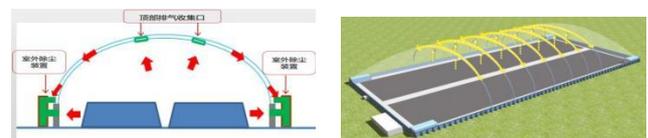


图2 气膜室内降温降尘示意图

(4) 安全与功能辅助系统：应急泄压阀、紧急出口、防雷接地、LED照明系统、防火分区与消防设施。

1.2 毗邻侧特殊设计

振动隔离设计：在气膜与毗邻建筑墙体间设置弹性隔离层，如充气垫或高分子缓冲材料，吸收施工微小振动。

视觉与结构监测：在毗邻建筑一侧设置透明观察窗，并安装自动化监测点，如沉降、倾斜、裂缝，数据联动至环境监控平台。

2 施工方法

2.1 总体工艺流程

勘察现场→气膜设计及定制→基础施工及气膜拉索预埋→控制柜、电气设备安装→钢结构汽车通道安装→膜体地面展开与预连接→门系统安装→钢索网安装→气膜充气前检查→同步充气成形→环境系统安装调试→封闭空间内基坑作业→智能监控与动态维护→工程收尾与膜体有序拆除回收。

2.2 关键施工技术

(1) 低影响基础施工技术：利用支护冠梁边上临时挡墙基础作为气膜拉索预埋的基础。

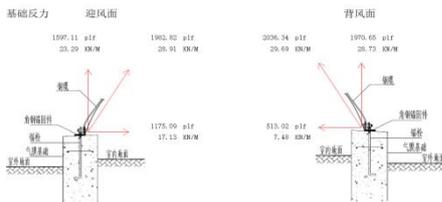


图3 气膜基础力学分析示意图

(2) 膜体分区同步安装技术：针对大型基坑，将膜体划分为若干单元，采用多台风机同步控制充气，提高效率并确保成形应力均匀。(3) 气压精细平衡控制技术：根据外部风载与内部设备启停，通过变频风机自动调节内压，确保结构稳定且膜体应力在安全范围内。(4) 封闭空间内物流与作业组织技术：规划专用物料进出口，设计为气密式双道门，内部采用小型化、低排放的电动施工机具，制定严格的动火与高空作业安全管理规程，结合外围交通条件、进出基坑的车型长宽高以及相关荷载设计汽车通道位置及尺寸。(5) 备用电源应急响应预案技术：制定断电、风暴、火灾、结构失压等应急预案，定期演练。备用电源确保风机不间断运行。

3 工程应用实例分析

3.1 工程概况

以“某实操用房项目深基坑工程”为例，基坑深度10.07m，其西侧紧邻一栋13层钢筋混凝土结构实训教学楼与1层钢结构实操用房，施工噪音控制、防尘以及安全要求极高。

参考文献：

- [1] 陈务军,关富玲,石井一夫.膜结构设计与应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [2] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册(第三版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2022.
- [3] 肖绪文,冯大阔.建筑工程绿色施工现状及展望[J].施工技术,2018,47(6):1-5.

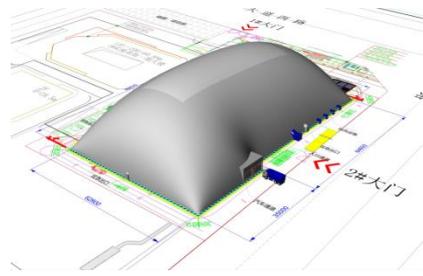


图4 气膜应用实例三维平面布置示意图

3.2 应用效果评价

工期效益：施工不受恶劣天气影响，在大风，大雨天气下工人均可正常施工，且毗邻实训教学楼实训可不用停工，可争取缩短深基坑施工工期。

环境效益：施工期间噪声昼间低于30dB。彻底杜绝了雨季天气对土方、支护作业的影响。气膜内的压力差，可以有效阻挡外部灰尘进入，显著降低粉尘的外溢，从而有效保护施工现场的环境，据计算评估，气膜方式可降低有害气体和粗颗粒物排放约90%以上。

安全效益：毗邻建筑沉降数据始终控制在预警值以内，未出现新增裂缝。气膜内部无安全事故。

综合效益：实现了24小时全天候施工，虽增加了一次性措施投入，但提高雨季施工工效，通过工期缩短约20%、降本减排罚款为零、社会投诉为零，取得了显著的综合效益。

4 结论与展望

本文提出的毗邻既有建筑深基坑气膜全封闭系统，创新性地大空间气膜技术应用于动态施工环境，有效解决了扬尘、噪声、气候及安全干扰难题。

配套的精细化施工方法，确保了系统在敏感环境下的可靠实施与高效运行。

工程实例证明，该技术具有良好的环境、安全与社会效益，是城市复杂环境下深基坑绿色施工、智慧施工的代表性发展方向。

未来研究可聚焦于更轻质智能的膜材料、可伸缩/可移动的模块化设计、光伏气膜相结合的施工废热回收利用等方面，进一步提升其可持续性与经济性。