

# 气承式基坑气膜防护体系绿色施工关键技术研究

谢哉警 向阳 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】**：针对传统基坑防护施工环保不达标、资源浪费、施工效率低、安全管控薄弱等工程实际问题，本文以气承式基坑气膜防护体系为研究对象，深入探究其绿色施工全过程关键技术，剖析体系结构与工作原理，重点提炼膜体精准安装、智能闭环管控、全生命周期周转、异形基坑适配四大创新关键技术，总结施工难点与技术优化措施。研究创新点在于：提出 BIM+全站仪一体化精准安装技术，实现气膜精细化施工；构建多参数联动智能闭环管控体系，提升施工智能化与环保管控水平；研发全生命周期可周转技术，契合绿色施工节材降耗理念；创新柔性锚固技术，突破异形基坑施工局限。通过工程实例验证，该体系创新关键技术可有效实现基坑扬尘、噪音闭环管控，提升施工安全性与资源利用率，契合绿色施工要求，可为同类深基坑绿色。

**【关键词】**：气承式气膜；基坑防护；绿色施工；关键技术；技术创新

DOI:10.12417/2811-0528.26.12.103

## 1 绪论

### 1.1 研究背景

随着建筑工程绿色施工标准化推进，深基坑施工面临的环保、安全、效率要求日益严苛。传统基坑防护技术难以解决扬尘扩散、噪音扰民、耗材浪费等问题，已无法适配城市工程施工需求。气承式基坑气膜防护体系作为新型绿色防护技术，凭借全封闭、可周转、智能化等优势，逐步应用于深基坑工程，但施工过程中关键技术把控不足、工艺不规范、异形场景适配性差、智能化程度低等问题，制约了其绿色施工效能的发挥。因此，系统研究气承式基坑气膜防护体系绿色施工关键技术，提炼技术创新点，对提升工程施工质量、落实绿色施工要求具有重要的工程实际意义。

### 1.2 研究目的与意义

本研究旨在梳理气承式基坑气膜防护体系绿色施工流程，提炼各环节创新关键技术，明确技术参数与管控标准，解决施工中的技术痛点，优化施工工艺，填补现有施工技术的创新空白。研究成果可直接指导工程现场施工，提升基坑绿色施工水平，降低施工成本与安全风险，推动气承式气膜防护技术在深基坑工程中的规范化、规模化、智能化应用。

### 1.3 研究内容与方法

本文主要研究气承式基坑气膜防护体系组成及工作原理；提炼绿色施工创新关键技术，剖析技术核心与创新点；总结施工技术难点与优化方案；结合工程实例验证关键技术应用效果。研究采用文献分析法、现场实证法、技术总结法、对比验证法，贴合工程实际开展研究。

## 2 气承式基坑气膜防护体系概述

### 2.1 体系工作原理

气承式基坑气膜防护体系通过专用送风设备，向 PVDF 柔性膜材围成的封闭空间内持续送风，使膜内维持 250~300Pa 微正压，依靠内外气压差支撑膜体成型，形成无梁无柱、大跨度全封闭防护空间，将基坑施工区域完全包裹，从源头实现施工污染隔离、施工环境管控，为绿色施工提供基础条件。

### 2.2 体系核心组成

(1) 气膜围护系统：采用高强度 PVDF 膜材，具备阻燃、自洁、抗老化、隔音、抗风（12 级）、抗雪荷载等性能，是绿色施工污染防控的核心载体。

(2) 锚固密封系统：基坑周边设置钢筋混凝土地梁、预埋锚栓与密封压条，保证膜体固定牢固、整体密封，杜绝扬尘、噪音外泄。

(3) 送风稳压系统：由主风机、备用风机、变频控制系统组成，维持膜内气压稳定，双路供电保障系统不间断运行。

(4) 智能监测控制系统：集成膜内气压、扬尘浓度、噪音、基坑位移、有害气体监测模块，实现施工参数实时监测、自动调控与异常报警。

(5) 密闭通行与辅助系统：设置人员气密门、车辆密闭通道，配套通风、消防、雨水导排装置，满足施工通行与安全作业需求。

## 3 气承式基坑气膜防护体系绿色施工创新关键技术

### 3.1 基于 BIM+全站仪的气膜精准安装关键技术（创新点 1）

技术核心

针对传统人工安装膜体张拉不均、密封性差、异形基坑适配度低的痛点,采用 BIM 建模预演+全站仪坐标放样一体化精准安装技术,实现膜体标准化、精细化施工。

#### 技术内容

(1) 依托 BIM 技术建立基坑、膜体、锚固基础三维模型,模拟膜体展开、张拉、密封全过程,优化张拉顺序与受力点位,提前规避安装冲突;

(2) 采用全站仪对地梁锚固点位进行精准放样,点位定位误差控制在±3mm 以内,保证膜体受力均匀;

(3) 采用对称分段张拉工艺,通过变频绞车同步张拉,控制张拉应力恒定,避免膜材局部应力集中破损,拼接缝采用双层高频焊接,密封漏风率控制在 5L/min 以内。

#### 技术创新

突破传统经验式施工弊端,实现数字化精准安装,提升膜体密封性 30%以上,安装工期缩短 20%,适配各类规则及异形基坑安装需求。

### 3.2 多参数联动智能闭环管控关键技术(创新点 2)

#### 技术核心

构建“监测-分析-调控-预警”一体化智能闭环管控体系,实现环保、安全、气压参数自动化调控,解决人工管控滞后、环保超标风险高的问题。

#### 技术内容

(1) 多参数实时监测:集成膜内气压、PM2.5/PM10 浓度、施工噪音、基坑边坡位移、有害气体传感器,数据实时上传云端平台;

(2) 气压智能稳压:设定气压阈值,低于 220Pa 自动补压,极端天气自动微调泄压,备用风机 5s 内应急启动,保障膜体结构稳定;

(3) 环保联动调控:当膜内扬尘超标时,自动启动内部雾化喷淋系统;噪音超标时,降低风机运行频率,实现扬尘、噪音双达标管控;

(4) 安全分级预警:设定位移、气体浓度预警值,异常情况实时声光报警+远程推送,同步触发应急处置流程。

#### 技术创新

实现施工全过程无人化智能管控,环保指标达标率提升至 98%以上,安全隐患排查效率提升 40%,避免人工管控失误带来的施工风险。

### 3.3 全生命周期可周转绿色施工关键技术(创新点 3)

#### 技术核心

围绕“节材、节能、降耗”绿色施工目标,构建模块化拆装-运维养护-周转复用全生命周期施工技术,实现材料循环利用,降低施工能耗。

#### 技术内容

(1) 模块化拆装技术:膜体、风机、监控设备采用模块化设计,按编号有序拆装,避免部件损坏,拆装损耗率控制在 2%以内;

(2) 节能降耗技术:风机采用变频节能模式,根据施工需求自动调节功率,降低能耗 15%-25%;利用膜体透光性,减少内部照明用电;

(3) 周转养护技术:施工完成后对膜材进行清洗、修补、防潮收纳,建立周转台账,实现膜材与设备 8-10 年反复周转使用;

(4) 固废零排放技术:施工垃圾分类回收,废水三级沉淀后循环利用,杜绝建筑垃圾与污水随意排放。

#### 技术创新

颠覆传统防护一次性耗材弊端,材料循环利用率提升 90%,综合施工成本降低 35%以上,真正实现绿色施工“节材、节能、环保”目标。

### 3.4 柔性锚固异形基坑适配关键技术(创新点 4)

#### 技术核心

针对弧形、梯形、L 形等异形基坑密封难、适配性差的工程难题,研发柔性锚固+变截面密封技术,拓展气膜防护体系应用范围。

#### 技术内容

(1) 采用柔性橡胶锚固带替代传统刚性压条,可随基坑轮廓弯曲变形,完美贴合异形基坑边缘,保证膜体与基础无缝衔接;

(2) 变截面密封结构:针对基坑边角、高差部位,采用楔形密封胶条+多层密封工艺,消除密封死角;

(3) 三阶段密封性检测:充气前、充气中、成型后分段进行气密性检测,及时修补漏点,保障封闭效果。

#### 技术创新

解决异形基坑气膜防护施工难题,工程适配性提升 60%以上,打破气膜防护仅适用于矩形基坑的局限,拓宽工程应用

场景。

## 4 施工技术难点与优化措施

### 4.1 主要技术难点

- (1) 大跨度基坑膜体张拉受力不均, 易出现密封不严、膜体破损问题;
- (2) 极端大风、暴雪天气下, 膜体结构稳定性与稳压控制难度大;
- (3) 膜内施工环境通风与气压平衡难以精准把控;
- (4) 异形基坑膜体适配性差, 施工安装精度难以控制。

### 4.2 技术优化措施

- (1) 优化 BIM 张拉模拟算法, 细化张拉点位与应力参数, 提升膜体安装稳定性;
- (2) 增设抗风拉索、电融雪装置, 升级智能稳压系统, 提升极端天气抗灾能力;
- (3) 优化通风与送风联动控制算法, 实现膜内温湿度、气体浓度自动精准调控;
- (4) 完善柔性锚固密封结构, 采用定制化膜体裁剪, 提升异形基坑适配精度。

## 5 工程实例应用

### 5.1 工程概况

某城市深基坑工程, 基坑长 100m、宽 60m、局部异形, 深 10.7m, 地处城市核心区, 环保与安全要求严苛, 采用气承式基坑气膜防护体系施工。

### 5.2 创新关键技术应用效果

- (1) 采用 BIM 精准安装+柔性锚固技术, 完美适配异形

基坑, 膜体密封性 100%达标, 无扬尘、噪音外泄, 环保监测零投诉;

- (2) 依托智能闭环管控技术, 实现 24h 无人化监控, 施工全过程无安全事故, 安全管控效率大幅提升;

- (3) 应用全生命周期周转技术, 膜体与设备完整拆除后周转至下一个工程, 材料损耗降低 90%, 施工工期缩短 20%, 综合成本降低 38%。

## 6 结论与创新点总结

### 6.1 结论

本文系统研究了气承式基坑气膜防护体系绿色施工全过程, 提炼出 BIM 精准安装、多参数智能闭环管控、全生命周期可周转、柔性锚固异形适配四大创新关键技术, 针对性解决了传统施工技术痛点与工程难题。工程实践表明, 各项创新关键技术成熟可行, 可有效实现基坑绿色施工污染防治、安全管控、资源节约目标, 具备显著的环保、经济、社会效益, 工程推广价值突出。

### 6.2 主要创新点

- (1) 提出 BIM+全站仪一体化精准安装技术, 实现气膜数字化精细化施工, 解决膜体张拉不均、密封性差难题;
- (2) 构建多参数联动智能闭环管控体系, 实现施工环保、安全、气压参数自动化调控, 提升施工智能化水平;
- (3) 研发全生命周期可周转施工技术, 实现材料循环复用, 契合绿色施工“四节一环保”核心理念;
- (4) 创新柔性锚固适配技术, 突破异形基坑施工局限, 拓宽气膜防护体系工程应用范围。

## 参考文献:

- [1] CECS 158:2015,膜结构技术规程[S].
- [2] GB/T 50640-2010,建筑工程绿色施工评价标准[S].
- [3] 王亮.气承式气膜基坑防护施工关键技术研究[J].施工技术,2023,52(10):89-92.
- [4] 王健.深基坑气膜防护体系绿色施工技术应用实践[J].建筑安全,2024,39(02):56-59.
- [5] 刘浩.气承式膜结构基坑防护施工工艺及质量控制[J].绿色建筑,2023(05):112-115.