

# 双筒同步翻模施工工艺在高耸结构中设计和施工研究

罗 燕

成都环境工程建设有限公司 四川 成都 610000

**【摘要】**：高耸结构烟囱因高度超限、受力复杂、施工空间受限等特点，对施工工艺提出严格要求。双筒同步翻模施工工艺作为结合液压提升技术与模块化模板体系的先进工艺，在解决垂直度控制、高空作业安全、施工效率提升等核心问题上具有显著优势。本文以成都万兴环保发电厂三期 132m 高双筒结构型烟囱项目为例，介绍双筒式同步翻模施工工艺的设计原理与关键技术。该工艺创新通过液压提升系统带动内外筒整体同步提升翻模，解决了一体化翻模体系设计、同步提升控制、精度协同等技术难题。工程实践验证表明，该工艺在结构整体性、施工精度、安全效率等方面优势显著，可为同类高耸双筒结构施工提供参考。

**【关键词】**：双筒式翻模；高耸结构；双筒同步施工；翻模体系设计；一体化操作平台；烟囱-电梯井施工

DOI:10.12417/2705-0998.26.02.010

## 1 绪论

### 1.1 研究背景与意义

随着工程建设的发展，“外筒功能结构+内筒电梯井”的双筒高耸结构设计仍居于国内的前言，其结构存在高度大、空间交错、受力复杂、精度要求严格等特点，传统单筒筒体结构翻模施工难度远低于双筒高耸结构，传统单筒结构施工工艺上存在同步性差、整体性不足、安全风险高等问题，双筒结构施工同步性、整体性、安全性要求进一步提高了施工的难度。成都万兴环保发电厂 132m 烟囱工程，外筒直径 16.2m、壁厚 200mm~600mm 渐变，内筒为 2.8m×2.5m 剪力墙结构，双筒间设 17 层楼隔层，施工难度突出。本文研究双筒式翻模工艺，有效实现了内外筒同步施工，填补了双筒一体化施工技术的空白，具有重要的实践意义。

### 1.2 国内外研究现状

国外翻模工艺研究起步较早，德国、日本等国开发的液压翻模系统在单一筒壁结构的垂直度控制、自动化程度等方面具有优势，但针对“外筒+内筒”双筒同步施工的一体化翻模体系研究较少，多采用分筒施工后拼接模式，存在结构整体性不足的问题。

国内近年来在翻模工艺的本土化应用与创新方面取得显著进展，但针对双筒结构型高耸结构的研究多聚焦于分筒施工的流程优化，对双筒一体化翻模的体系设计、同步提升控制、双筒精度耦合等关键技术研究不足。因此，本文基于实际工程案例，开展双筒式翻模施工工艺的设计与施工研究，填补相关研究空白。

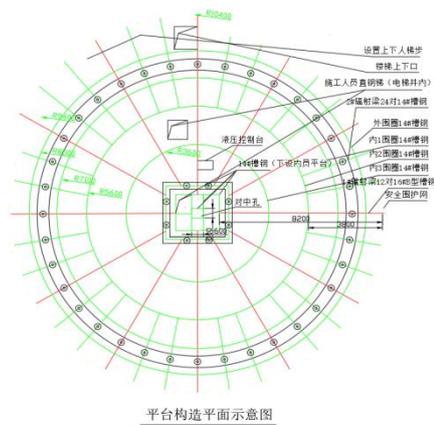
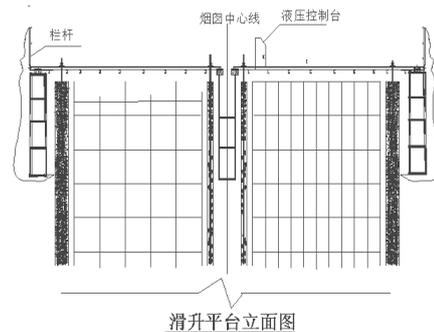
### 1.3 研究内容与技术路线

核心研究内容：（1）双筒式翻模工艺核心内涵与技术难点；（2）双筒一体化翻模体系设计与力学验算；（3）双筒同步施工关键技术；（4）工程实例应用验证。技术路线：文献调研→难点分析→体系设计→技术制定→实践验证→经验总结。

## 2 双筒式翻模施工工艺的核心内涵与技术难点

### 2.1 工艺核心内涵

（1）模板体系一体化：外筒采用模块化定型钢模板，内筒采用定制化钢模板，通过辐射梁、环梁连接形成整体；（2）提升系统同步化：采用集中液压控制台驱动内外筒 44 台千斤顶（外筒 36 台+内筒 8 台），实现双筒同步提升；（3）施工流程协同化：完成“钢筋绑扎+混凝土浇筑+同步提升”一体化循环，协调楼隔层穿插施工；（4）安全防护立体化：构建“操作平台+内外吊架+双筒间防护网”立体防护体系。

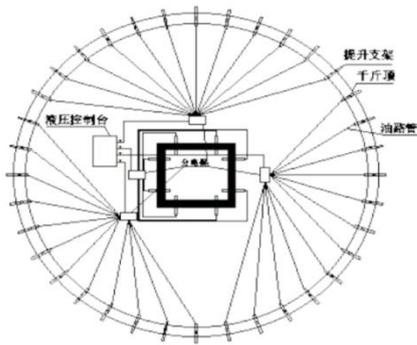


### 2.2 核心技术难点

结合成都万兴环保发电厂 132m 双筒烟囱工程特点，核心

技术难点主要体现在：

(1) 模板体系设计：外筒为圆形截面（直径 16.2m）、壁厚渐变（200mm~600mm），内筒为矩形截面（2.8m×2.5m）、壁厚固定（350mm），需设计可适配双筒截面差异、荷载分布不均的一体化模板支撑体系；；(2) 同步提升控制：双筒结构荷载差异显著，提升过程中易出现水平偏差与扭转偏差，需解决 44 台千斤顶同步性控制问题；；(3) 外筒全高垂直度允许偏差≤50mm，电梯井全高垂直度允许偏差≤30mm，需建立双筒协同的精度控制体系；；(4) 双筒间设有 17 层楼隔层，需穿插在双筒翻模施工过程中进行，需解决工序衔接问题。



油路布置图

### 3 双筒一体化翻模体系设计

#### 3.1 液压提升系统设计

(1) 千斤顶配置：用 GYD-60 型滚珠式千斤顶（最大起重量 6t），共计 44 台（外筒 36 台+内筒 8 台）。外筒千斤顶沿 16.2m 直径均匀布置，间距 1.41m；内筒千斤顶布置在矩形截面四角及长边中点。针对外筒壁厚渐变，设计千斤顶可调节移动机构，每改模一次将外筒边缘千斤顶向中心推近 100mm；

(2) 支承杆设计：采用  $\Phi 48 \times 3.5\text{mm}$  Q235B 钢管，第一节分 1.5m、3m、4.5m、6m 四种长度交叉布置，第二节及以上采用 6m 标准节，接头采用缩径焊接。针对楼隔层施工导致的支承杆脱空问题，当脱空高度超过 1.5m 时，采用  $\Phi 48 \times 3.0$  钢管加固，用  $\Phi 14$  钢筋焊成格构柱形式；(3) 液压控制：采用 YKT-36 型液压控制台，配置独立油路系统（外筒 36 台分为 6 组油路，内筒 8 台分为 2 组油路），通过分油器实现分组同步控制。当相邻千斤顶高差超过 20mm 时自动报警并调整

#### 3.2 双筒模板体系设计

(1) 外筒模板设计：选用 Q235 钢模板（P8015 型，800×1500mm），分 8 等单元拼装，每节模板设置两排  $\Phi 14$  对拉螺栓（水平间距 800mm），内外背枋采用 8# 槽钢。针对壁厚渐变特点，设计可调节模板支撑丝杆；(2) 内筒模板设计：选用 Q235 钢模板（P6015 型，600×1500mm），背枋采用 8# 槽钢，横向间距 700mm，通过对拉螺栓与外筒模板形成受力协同；(3) 双筒模板连接设计：通过 12 根 1# 辐射梁（两根[16

槽钢组合，长 8.2m）和 24 根 2# 辐射梁（两根[14 槽钢组合，长 3.8m）连接内外筒模板，中间电梯井区域采用[14 槽钢双拼组成方形钢架，形成“外筒环形框架+内筒方形框架”的一体化支撑结构。

#### 3.3 一体化操作平台设计

平台由辐射梁、环梁、平台铺板组成，1# 辐射梁（12 根）沿外筒直径布置，2# 辐射梁（24 根）均匀分布于 1# 辐射梁之间，内外环梁采用[14 槽钢制作。平台铺板采用 50mm 厚优质木板，外筒区域铺板覆盖至外筒外侧 500mm，双筒间区域预留楼隔层施工开口。

内外吊架采用  $\angle 63 \times 6$  角钢制作，共 36 榀，外侧挂设双层安全网。平台外部搭设 1.8m 高防护栏杆，双筒间通道设置防护栏杆与安全网封闭。

#### 3.4 力学性能验算

(1) 千斤顶数量验算：根据《滑动模板工程技术规范》（GB/T50113-2019）， $n=N/P=739.634/24 \approx 31$  台，实际布置 44 台，安全系数 1.42，满足要求；(2) 双筒模板体系强度与刚度验算：有限元分析表明，外筒模板最大应力  $65.3\text{N/mm}^2$  ( $<205\text{N/mm}^2$ )，最大挠度  $0.8\text{mm}$  ( $<1.6\text{mm}$ )；内筒模板最大应力  $72.1\text{N/mm}^2$ ，最大挠度  $0.6\text{mm}$  ( $<1.2\text{mm}$ )；(3) 双筒同步提升稳定性验算：当相邻千斤顶最大高差为 20mm 时，外筒模板最大附加应力  $18.5\text{N/mm}^2$ ，内筒模板最大附加应力  $22.3\text{N/mm}^2$ ，均小于材料允许应力；双筒结构最大水平位移 3mm，满足垂直度控制要求。四、双筒同步施工关键技术

### 4 双筒同步施工关键技术

#### 4.1 施工总体流程

施工准备→一体化翻模组装→系统调试→双筒同步施工循环（钢筋绑扎→楼隔层穿插→预埋件安装→混凝土浇筑→养护→同步提升）→模板周转→封顶施工→翻模拆除。

#### 4.2 核心施工技术

##### 4.2.1 双筒一体化组装技术

采用激光垂准仪确定双筒中心控制点，偏差≤3mm；先拼装内筒矩形模板，再拼装外筒圆形模板，确保双筒同心度；44 台千斤顶顶面标高一致，偏差≤2mm，垂直度偏差≤2%。

##### 4.2.2 双筒同步提升控制技术

采用“分组同步→整体微调”模式，将 44 台千斤顶分为 8 组（外筒 6 组+内筒 2 组），确保全系统同步误差≤20mm。在双筒外壁设置 6 个垂直度监测点，每提升 500mm 记录一次数据，当水平偏差超过 10mm 时，通过调整对应区域千斤顶提升速度进行纠偏。

### 4.2.3 双筒精度协同控制技术

采用“双基准、双监测”控制技术：以基础顶面双筒中心控制点为基准，在外筒模板上口设置环形控制圈（半径 8.1m），在内筒模板上口设置矩形控制框（2.8m×2.5m）。外筒垂直度采用“激光垂准仪+线锤法”双重监测，内筒垂直度采用电梯井内垂准仪专项监测。

### 4.2.4 楼隔层穿插施工技术

每完成 4~5 个翻模节段（高度 6~7.5m）穿插一层楼隔层施工。混凝土楼隔层采用盘扣式钢管架搭设，架体与双筒壁顶紧固定；钢结构楼隔层采用临时支撑与双筒壁预埋件连接。楼隔层与双筒壁连接处混凝土凿毛处理，铺设 30~50mm 厚同配合比水泥砂浆。

## 5 工程实例应用与效果验证

### 5.1 工程概况

成都万兴环保发电厂三期项目烟囱工程，结构总高度 132m，采用“外筒钢筋混凝土烟囱壁+内筒观光电梯井”双筒构型。外筒为圆形截面，直径 16.2m，壁厚从 600mm 渐变至 200mm；内筒为矩形剪力墙结构，净空尺寸 2.8m×2.5m，壁厚 350mm；双筒间设置 17 层楼隔层。工程于 2024 年 10 月开工，2025 年 2 月完成主体结构施工，总工期 120 天。

### 5.2 施工效果

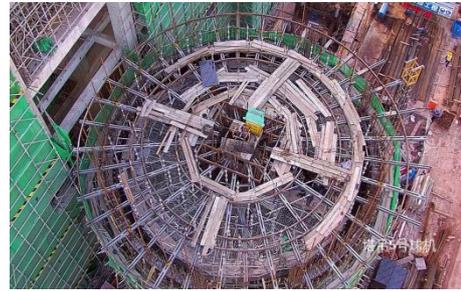
质量控制效果：外筒全高垂直度偏差 35mm（允许偏差≤50mm），内筒全高垂直度偏差 22mm（允许偏差≤30mm），楼隔层与双筒壁结合紧密，无裂缝、渗漏等质量缺陷，满足优质工程质量要求。

安全保障效果：整个施工过程未发生重伤、死亡及设备损坏等安全事故，实现“零投诉”目标，达到“成都市安全文明施工标准化工地”要求。

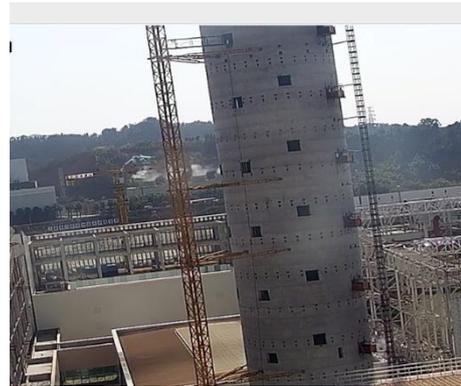
进度与成本控制效果：每完成 1.5m 高度施工仅需 1.5~2 天，相比传统分筒施工工艺效率提升 40%以上；实际工期 120 天，与计划工期一致；通过一体化模板与液压系统的重复利用，成本降低 20%~25%。

### 参考文献：

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.滑动模板工程技术规范(GB/T50113-2019)[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.烟囱工程技术标准(GB/T50051-2021)[S].北京:中国建筑工业出版社,2021.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.混凝土结构工程施工质量验收规范(GB50204-2015)[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.



平台安装



主体完成外观

### 5.3 技术创新点

(1) 创新提出“双筒一体化翻模体系”，设计可适配双筒截面差异、荷载分布不均的模板与支撑结构；(2) 研发“分组同步+实时反馈”的双筒提升控制技术，实现 44 台千斤顶同步误差≤20mm；(3) 建立“双基准+双监测”的精度控制体系，实现外筒整体垂直度与内筒独立精度的协同控制；(4) 优化“双筒翻模+楼隔层穿插”的施工流程，确保结构整体性。

## 6 结论与展望

### 6.1 研究结论

(1) 双筒式翻模工艺通过一体化设计，有效解决双筒结构型施工难题，优势显著；(2) 翻模体系设计需适配双筒特点，力学验算保障稳定性；(3) 同步提升、精度控制、穿插施工是核心技术，保障工程质量安全；(4) 工程实践验证工艺可行性，可为同类工程参考。

### 6.2 展望

未来可通过 BIM+物联网实现智能化升级，研发轻量化材料与智能液压系统，推广绿色施工，完善技术标准体系，推动工艺广泛应用。

- [4] 王要武.建筑施工技术[M].北京:高等教育出版社,2020.
- [5] 刘建航,侯学渊.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [6] 成都环境工程建设有限公司.成都万兴环保发电厂三期项目烟囱翻模专项施工方案[Z].2024.
- [7] 张勇.高耸结构液压翻模施工技术研究[J].施工技术,2022,51(12):89-93.
- [8] 李明.大跨度高耸烟囱翻模施工工艺优化与应用[J].建筑技术开发,2021,48(8):65-67.
- [9] 王丽.双筒式翻模在桥梁高墩施工中的应用[J].公路交通科技,2020,37(6):145-150.
- [10] Smith J,Jones R.Hydraulic Climbing Formwork for High-Rise Structures[J].Journal of Construction Engineering and Management,2019,145(5):04019023.