

倒梯形外立面高层建筑施工技术难点与对策分析

——以东莞松山湖科学城生物医药新兴产业项目为例

梁光珠

东莞松山湖科学智汇城有限公司 广东东莞 523000

摘要：本研究聚焦倒梯形外立面高层建筑施工阶段高大支模技术的难点问题展开分析，结合东莞松山湖科学城生物医药新兴产业项目的具体工程条件，制定具有针对性的施工技术解决方案，研究从高大模板的结构设计优化、现场搭设工艺、施工质量管控及安全管理等维度展开系统探讨，着力破解支模高度超限、外立面倾斜特性、作业空间局限、荷载条件复杂等核心技术难题，所得研究结论能够为同类高层异形建筑的高大模板施工提供切实可行的技术指导，有效保障工程施工安全与结构实体质量。

关键词：倒梯形外立面；高大模板；施工技术；支模安全；质量控制

引言

高大模板施工技术在高层异形建筑工程领域应用频次较高，然而受外立面造型多样、支模高度偏大、受力体系特殊等因素影响，施工期间面临较高技术风险，倒梯形外立面高层建筑因立面呈逐层外扩形态，对支模架体的稳定性、承载能力及施工安全标准提出更高要求，本研究以具体工程实例为依托，从施工技术视角深入解析高大模板应用中的技术难点，构建针对性的设计方案、施工流程与管理机制，力求提升高支模体系的安全性能与经济效益，为同类工程项目提供可参考的施工实施路径。

一、高大模板施工的结构特点与技术挑战

1. 倒梯形外立面对支撑体系的特殊影响

倒梯形外立面建筑的突出特点是外墙随建筑层数逐步向外扩展，该结构形态直接造成支撑体系在搭设环节需应对特殊的受力状态与稳定性挑战，立面外倾会使立杆受力方向发生偏移，立杆竖向传力与建筑物重力方向不再完全重合，进而产生附加水平分力，这一变化提升了架体整体失稳的可能性。

随着外立面不断外扩，架体支撑点与主体结构之间的距离增大，整体稳定性随之明显降低，为保障高大支模架体具备足够抗侧移能力，施工过程中需设置额外水平拉结构件与竖向剪刀撑，构建空间稳定体系，若未落实相应加固措施，在混凝土浇筑荷载作用下，架体极易

出现局部失稳现象，严重时甚至可能引发整体倒塌事故。

倒梯形外立面与外防护体系之间常存在交叉干扰问题，高支模架体向外延伸过程中，易与外围脚手架、临边防护栏杆产生位置冲突，导致施工空间受到限制，这一情况使得材料堆放、人员作业及吊装运输等环节的组织难度显著增加。

2. 高支模高度与大跨度的承载控制

倒梯形外立面高层建筑中，支模高度通常超过8m，部分区域甚至达到20m以上，此类超高支模场景对承载设计提出更高标准，支模高度增加会大幅扩大立杆长细比，导致立杆更易发生屈曲失稳问题。

大跨度梁板在该类建筑中较为普遍，其跨度通常超过6m，且板厚与梁截面尺寸相对较大，对模板支架系统的承载能力形成严苛考验，板厚增加会使施工荷载呈倍数增长，而大跨梁则对大楞与小楞的刚度提出更高要求。

荷载传递路径的复杂性进一步提升了施工难度，传统平面建筑中，施工荷载多以竖向传递为主，而倒梯形建筑因存在外挑结构与变截面结构，荷载传递路径更为复杂，设计与施工阶段需同步考虑水平推力与偏心荷载的影响。如图1所示。

3. 外悬挑与变截面构件的支撑难点

倒梯形外立面建筑常伴随大量外悬挑结构与变截面梁柱，这一特征为模板支撑施工带来新的挑战，外悬挑部位通常需设置工字钢悬挑架，工字钢的布置方式、预埋流程及锚固措施均需通过专项计算确定。

边梁与超高梁的侧模加固工作难度较高，当梁高超过1m时，需增加穿梁螺栓数量并对其进行合理布置，同

作者简介：梁光珠（1984.10——），男，汉族，广东肇庆人，本科学历，研究方向：建筑工程管理。



图1

时优化背楞设置；当梁截面面积达到 0.6m^2 以上时，通常需在梁底增设双立杆，并加密大楞间距，以此防止模板在浇筑过程中出现胀模或扭曲变形问题。

节点构造处理同样是施工难点之一，倒梯形外立面建筑中，梁柱节点常呈现变截面、角度不规则等特点，导致支模节点处空间狭窄，钢管、扣件、木楞等构件的安装位置受到限制，为确保施工精度达到要求，现场通常需通过加设定制钢构件或局部调整木方间距的方式，实现节点部位的有效支撑。

二、高大模板施工设计与计算要求

1. 支架体系选择与布置原则

高大模板的施工设计需先依据建筑物的结构特性及施工条件，科学选用支架体系，当前工程领域常用的支架类型主要为套扣式钢管脚手架与扣件式钢管脚手架，套扣式支架凭借连接稳固、整体性能优、施工效率高的特点，适用于层高超 8m 、承载需求较高的区域；扣件式钢管支架则具备更强灵活性，能适配外挑、变截面梁柱等复杂部位，尤其在悬挑工字钢支撑体系中应用频次较高。

在布置参数设定上，立杆排距与步距需结合荷载规模、支撑高度及现场空间条件综合判定，通常情况下，套扣式支架立杆纵横间距需控制在 1.05m 范围内，步距不超过 1.2m ，而扣件式支架可依据受力状况进行局部加密处理。

另外，支架布置需与结构布置保持协调，梁板支撑顺序一般遵循“先主梁、后次梁、再楼板”的准则，使各支撑体系在平面与竖向上相互贯通，形成整体框架，杜绝孤立支撑或局部薄弱点的出现。

2. 荷载计算与稳定性验算

高大模板设计的核心在于承载力与稳定性计算。模板及支架在施工阶段承受的荷载主要包含模板自重、钢筋及混凝土恒载，以及施工荷载与浇筑产生的侧压力等，

依据《建筑施工承插型套扣式钢管脚手架安全技术规程》，总荷载计算公式如下：

$$P=G_m+G_c+Q$$

其中， P 代表总荷载， G_m 为模板与支架自重， G_c 为混凝土及钢筋重量， Q 为施工活荷载，计算过程中还需考量偏心荷载与倾覆荷载对体系稳定性的影响。

高大模板架体的高宽比是评估稳定性的关键指标，通常要求 $H/B \leq 3$ ，当超出该数值时，必须通过增加水平拉结构件、设置连墙件或钢丝绳拉固等方式强化稳定性，同时，需对支座反力与基础承载力开展验算，确保立杆下部楼板或底板具备充足承载能力；当支撑于楼板上时，还需实施回顶加固，避免局部冲切破坏。

针对大荷载梁与厚板，应开展专项计算，当梁截面超 0.6m^2 时，需在梁底布置双立杆并加密大楞支撑；当板厚超 200mm 时，立杆纵距需缩小至 1.0m 以内，并在顶部增设水平加固层，保障施工过程中不发生变形与失稳。

3. 特殊构件的模板设计参数

倒梯形外立面建筑中，常出现梁高超 1m 或截面面积超 0.6m^2 的超大构件，这些部位对模板支撑提出更高要求，对于高梁侧模，需增加穿梁螺栓的布置数量，通常按每 500mm 竖向间距设置一道 $M14$ 对拉螺栓，防止浇筑时出现胀模。

外挑板与异形梁的支撑构造更为复杂，由于其承载路径不规则，往往需结合悬挑工字钢平台设置立杆，利用钢丝绳或预埋件实施上拉加固，避免支撑位移，针对斜交梁、扭曲梁等异形构件，木楞与大楞的间距需结合梁底曲线调整，并通过双扣件与立杆牢固连接。

在连接方式上，木楞间距一般控制在 250mm ，采用 $40 \times 90\text{mm}$ 木方，底部由双钢管支撑，大楞多采用双钢管布置，必要时辅以顶托调节高度，以满足模板安装的高精度，连接扣件必须达到抗滑移承载力要求，双扣件共同作用时计算抗滑移力不低于 10.8kN ，确保混凝土浇筑过程中不产生相对滑移。

三、解决施工技术难点的对策

1. 高精度模板支撑系统的设计与应用

模板支撑系统的精度控制是倒梯形外立面施工期间面临的技术难点之一，受倒梯形外立面设计独特性影响，模板支撑系统的设计与应用需依据建筑外立面复杂的几何形态进行定制，在东莞松山湖科学城生物医药新兴产业项目中，建筑最高高度达 54.5m ，且外立面每层尺寸呈逐步收缩状态，这一条件要求模板支撑系统在较高高度下仍能维持精度与稳定性，对此，该项目采用高精度

模板支撑系统，通过精细化设计保障模板与支撑架的对接精度，并根据施工进度逐层进行调整，项目中的模板支撑系统采用钢管脚手架与自调节支架相结合的设计方案，将模板支架系统的水平和垂直偏差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 范围内，进而保障模板支撑的稳定性与准确性。

2. 钢筋绑扎工艺的优化与实施

在倒梯形外立面施工技术体系内，钢筋绑扎工艺的改进是核心环节，该项目主体为框架剪力墙结构，钢筋绑扎操作需严格依照设计图纸精准执行，为保障倒梯形外立面的结构强度，项目组对钢筋绑扎工艺进行改进，通过定制化钢筋预制工艺，减少现场钢筋剪切与弯曲作业量，在缩短施工时间的同时提升操作精度，尤其在钢筋交叉点及弯折点的处理环节，项目选用专业钢筋连接器与绑扎工具，使钢筋连接达到牢固可靠的标准，针对施工期间可能出现的钢筋错位问题，项目部署数字化钢筋定位系统，该系统可精确记录每根钢筋的布置位置与规格参数，有效降低人工操作带来的误差，在东莞松山湖项目中，所采用的钢筋直径范围为 16mm 至 32mm ，且钢筋的间距设置与排布方式均严格遵循抗震要求设计，以此确保结构具备足够的强度与稳定性。

四、高大模板施工的质量与安全控制

1. 施工前技术交底与方案审查

在倒梯形外立面高层建筑施工中，高大模板属于危险性较大的分部分项工程，施工前需完成专项方案编制与专家论证工作，方案内容应涵盖支架布置参数、工字钢悬挑锚固方式、荷载计算及防倾覆措施等关键要素，经监理单位及专家评审通过后，方可开展后续施工操作。

架体材料与配件需逐一进行验收，钢管外径需符合 $\phi 48\text{mm} \times 3.2\text{mm}$ 的规范标准，壁厚偏差不得超出 $\pm 0.32\text{mm}$ ；扣件拧紧力矩应控制在 $40\sim 65\text{N}\cdot\text{m}$ 范围内，确保抗滑移承载力不低于 10.8kN ，木方需选用 $40 \times 90\text{mm}$ 规格，含水率控制在 20% 以下，禁止使用存在开裂或变形问题的构件。

2. 施工过程安全监测

施工期间需实施全过程动态监测，针对架体沉降与水平位移设置固定观测点开展观测，沉降量不得超过 5mm ，水平位移需控制在 $H/400$ 以内；一旦监测数据超出限值，必须立即停止混凝土浇筑作业，并采取相应加固措施。

高空作业需设置防坠落措施，立杆外侧应同步搭设外脚手架与安全网，同时在作业层设置临边防护栏杆，

保障作业人员安全，荷载分布控制至关重要，混凝土浇筑需按照分层、对称、均匀的原则进行，浇筑速度不超过 1.5m/h ，严禁在局部区域集中堆放荷载。

3. 拆除工艺与风险防控

模板拆除需满足混凝土强度要求，承重模板需在混凝土强度达到设计强度的 75% 以上时方可拆除；当板跨度超过 8m 或梁跨度超过 6m 时，混凝土强度必须达到 100% 设计强度，才能开展拆除作业。

拆模顺序应遵循“先支后拆、先非承重后承重”的基本准则，按层分段完成卸载，严禁上下同时进行拆除作业，局部拆模时需保留必要的临时支撑结构，确保上部荷载不会直接作用于已拆除区域，对于具有外倾立面的高支模架体，拆除过程中易形成悬臂段，当拆至自由高度超过两步架时，必须加设临时拉结构件或钢丝绳进行固定，防止架体倾覆。

结束语

倒梯形外立面高层建筑因存在外倾造型及高支模施工特性，使得施工过程中面临立杆受力偏移、悬挑构件支撑复杂、荷载传递路径不规则等一系列技术难题，本文从结构特点与技术挑战、施工设计与计算、施工工艺措施及质量与安全控制等方面展开系统分析，提出针对性解决对策，实践结果表明，只有通过合理选取支撑体系、精准完成荷载计算、严格把控安装精度，同时配合全过程安全监测与规范化拆除工艺，才能有效保障高大模板施工的安全性及质量，确保倒梯形高层建筑施工顺利推进，为同类异形建筑施工提供可行的技术参考。

参考文献

- [1] 李改改. 高层建筑施工技术难点与对策分析[J]. 城市开发, 2025, (04): 171-173.
- [2] 李开树. 超高层建筑机电工程施工重难点分析与优化对策[J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23(12): 180-182. DOI: 10.20080/j.cnki.ISSN1671-3362.2024.12.061.
- [3] 杨宗勉. 某超高层建筑钢结构工程施工技术重点难点分析[J]. 建设科技, 2024, (10): 86-88. DOI: 10.16116/j.cnki.jskj.2024.010.023.
- [4] 陈润. 高层建筑施工技术难点分析[J]. 城市住宅, 2019, 26(05): 167-168.
- [5] 程高宇. 建筑施工技术的应用难点及对策分析[J]. 建材与装饰, 2017, (51): 25-26.