

DOI: 10.7672/szjs2025200079

超高层住宅铝模拉片施工应用研究*

饶少华¹, 李泽乐¹, 朱怀涛¹, 龙思宇¹, 官妤颖¹, 胡兴鹏², 鲁风华²

(1. 深圳市安居集团有限公司, 广东 深圳 518000; 2. 深圳市盐田安居有限公司, 广东 深圳 518000)

[摘要] 铝模加固方式分为螺杆体系和拉片体系。螺杆体系通过穿墙螺杆、螺母和钢管背楞加固墙柱模板;拉片体系则无需打孔,拆模后墙体不留孔,显著降低外墙渗漏风险,且施工质量好、安装效率高、成本低。结合工程实例,对比传统螺杆体系,指出铝模拉片体系在超高层住宅中具有施工质量优、安装效率高、模板损伤小等优势;针对拉片易锈蚀的耐久性问题,依据国家防水规范给出解决方案,同时对其选型、安装及质量控制提出具体建议。

[关键词] 高层建筑;住宅;铝模;拉片体系;防水;防锈蚀;安装

[中图分类号] TU755

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)20-0079-06

Application Research of Aluminum Alloy Formwork Pull Piece Construction for Super High-rise Residential Buildings

RAO Shaohua¹, LI Zele¹, ZHU Huaitao¹, LONG Siyu¹, GONG Yuying¹,
HU Xingpeng², LU Fenghua²

(1. Shenzhen Public Housing Group Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518000, China;

2. Shenzhen Yantian Public Housing Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518000, China)

Abstract: The reinforcement of aluminum alloy formwork is divided into screw system and pull piece system. The screw system reinforces the wall and column formwork through the through-wall screw, nut and steel pipe back corrugated. The pull piece system does not need to be drilled, and there is no hole in the wall after the formwork is removed, which significantly reduces the risk of leakage of the external wall, and has good construction quality, high installation efficiency and low cost. Combined with engineering examples, compared with the traditional bolt system, it is pointed out that the aluminum alloy formwork pull piece system has the advantages of excellent construction quality, high installation efficiency and small formwork damage in super high-rise residential buildings. Aiming at the durability problem of easy corrosion of the pull piece, the solution is given according to the national waterproof specification, and specific suggestions are put forward for type selection, installation and quality control.

Keywords: tall buildings; residential; aluminum alloy formwork; pull piece system; waterproof; anti-rust; installation

1 工程概况

盐田区沙头角梧桐路棚户区改造项目是盐田区首个棚改项目,主体工程包括 5 栋高层住宅及裙房,其中 1 栋 46 层、高 142.75m;2 栋 47 层、高 146.7m;3 栋 1 单元 45 层、高 142.9m,3 栋 2 单元 46 层、高 146.3m,3 栋 3 单元 44 层、高 139.8m。项目总建筑面积 17.36 万 m²,建成后将提供 900 余套

保障性住房,如图 1 所示。将主体建筑 6 层设为架空花园,融合裙房屋顶花园与地面前庭,打造立体多层次的居住空间。

本工程采用组合铝模施工工艺,其中墙柱等竖向构件铝模采用外侧斜撑和内部拉片组合支撑拉结固定形式,拉片为薄高强度锰钢,每片拉片可承受>28kN 拉力,长度根据墙柱厚度决定。在浇筑混凝土时,将两侧铝模紧紧拉住,防止施工过程中胀模、爆模,保证施工质量。拉片不再穿透模板面板,而是在铝模边肋上铣出槽口,再用销钉固定于模板拼缝处,实现两侧模板的连接。当混凝土凝固后,

* 国家重点研发计划资助项目(2023YFC3806605)

[作者简介] 饶少华,高级工程师,E-mail:raoshao@szzrcj.com

[通信作者] 李泽乐,高级工程师,E-mail:lizel@szzrcj.com

[收稿日期] 2025-04-20



图 1 项目效果

Fig. 1 Effect of the project

将墙身铝模拆除,拉片则留在混凝土,两端伸出墙面。在拆除所有铝模后,再将拉片伸出部分打断^[1-3]。相较于螺杆体系,无需打孔,拆模后墙体不会留孔,大大降低了外墙渗漏的风险,具有施工质量好、安装效率高、成本低等特点^[4]。

2 铝模拉片体系

2.1 拉片选择参数

2.1.1 厚度选择

常见铝模拉片厚 1.5~3mm。对于规模较小或楼层较低的项目,1.5~2mm 厚拉片即可满足要求。这种厚度拉片自重小,安拆便捷,且能保证模板连接强度。对于大型建筑项目,高层、超高层住宅建筑或对模板连接强度要求较高的工程,建议选择 2~3mm 厚拉片。较厚拉片能提供更高的抗拉强度和稳定性,减少模板在混凝土浇筑过程中的变形风险。

混凝土侧压力随着浇筑高度的增加而增大,因此在较高楼层施工中,需选择更厚的拉片承受更大侧压力。可通过计算混凝土侧压力,并参考相关设计规范和经验数据,确定合适的拉片厚度。

2.1.2 拉片类型

1) 普通钢拉片。该类型拉片由普通碳素钢制成,成本相对较低,具有一定的强度和刚度,能满足一般建筑工程的需求,适用于中低层建筑或对成本控制要求较高的项目。对于混凝土侧压力较小部位,如非承重墙体等,也可使用普通钢拉片^[5]。

2) 高强度合金钢拉片。这种类型拉片通常由高强度合金钢制成,具有极高抗拉强度和硬度。其能承受较大拉力,适用于大型建筑项目和对模板连接强度要求极高的工程。高强度合金钢拉片强度高、稳定性好,可有效保证模板连接强度,减少变形和漏浆风险,但价格较高、自重大,安拆较费力。

3) 不锈钢拉片。不锈钢拉片具有良好的耐腐蚀性能,能在潮湿、腐蚀性环境中使用。其适用于沿海地区、地下工程等对耐腐蚀要求较高的项目。不锈钢拉片耐腐蚀、美观、寿命长,但价格高、强度较低,受力较大时可能需要更大的厚度才能满足工

程要求^[6]。

4) 铝合金拉片。铝合金拉片是目前应用较为广泛的一种类型,具有自重小、强度高、耐腐蚀等优点,安装和拆卸方便,能提高施工效率。可通过合理的设计和加工工艺提高铝合金拉片强度,如采用加强筋、优化截面形状等方式。同时,铝合金拉片表面可进行阳极氧化等处理,进一步提高其耐腐蚀性能,缺点为价格高^[7]。

5) 塑料拉片。其由高强度塑料制成,自重小、成本低、耐腐蚀。一次性使用,免拆除,施工简便,适用于小型或临时建筑及非承重隔墙等低强度连接部位。在混凝土达到一定强度后,应及时拆除拉片,长时间留置拉片在空气中会增加锈蚀的可能性。

2.2 拉片设计方案

铝模拉片采用 50 号锰钢制的 2mm 厚一次性拉片。拉片对拉沿竖向构件由底至顶的分布高度为 0.15, 0.55, 1.15, 1.75, 2.55m, 水平向间距 $\leq 400\text{mm}$,即每道竖向墙柱模板拼缝处均需按间距由底至顶设置 5 道拉片。拉片体系加固点位如图 2 所示。

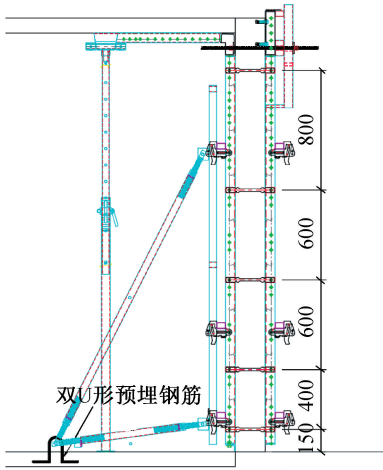


图 2 拉片体系加固点位示意

Fig. 2 Reinforcement position of pull piece system

3 铝模拉片体系技术分析

3.1 成本对比分析

将墙柱铝模采用螺杆对拉和拉片对拉进行成本对比分析。根据同类项目经验及 JGJ 386—2016《组合铝合金模板工程技术规程》,采用铝模对拉螺杆体系,对拉螺杆选用 M18 型,竖向应设置 4 道,沿背楞的水平间距 $\leq 800\text{mm}$,如图 3 所示。

根据市场采购价格估算,按拉片均价 1.81 元/片,对拉螺杆均价 10.8 元/根,2 种体系价格分析分别如表 1,2 所示。可以看出,拉片体系与螺杆体系成本比为 3.6:1,但拉片体系减少了穿墙孔和修补

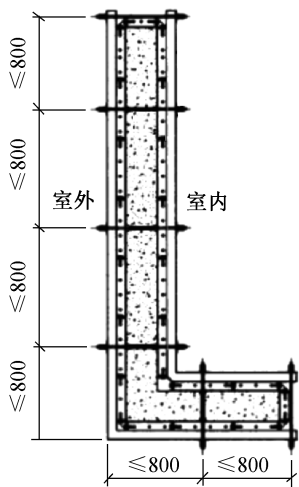


图3 螺杆布置

Fig. 3 Layout of screws

工作,模板开孔少,返场修补量小。螺杆体系需安装塑料护套、胶杯等配件,且外墙需进行防水处理,增加了工序和成本。综合成本分析,拉片体系较低。

表1 拉片体系价格分析

Table 1 Price analysis of pull piece system			
楼栋	单层 用量/片	单层 造价/元	单栋 造价/元
1 栋	3 137	5 677. 97	238 474. 74
2 栋	2 968	5 372. 08	225 627. 36
3 栋 1 单元	3 332	6 030. 92	223 144. 04
3 栋 2 单元	3 212	5 813. 72	226 735. 08
3 栋 3 单元	2 892	5 234. 52	193 677. 24

表2 螺杆体系价格分析

Table 2 Price analysis of screw system			
楼栋	单层 用量/片	单层 造价/元	单栋造 价/元
1 栋	1 140	124 262	64 615. 20
2 栋	1 130	123 172	64 048. 40
3 栋 1 单元	1 211	13 199. 92	62 039. 53
3 栋 2 单元	1 168	12 731. 22	62 382. 88
3 栋 3 单元	1 052	11 466. 82	53 893. 96

3.2 铝模拉片体系优缺点分析

3.2.1 优点

- 1)施工质量好。销钉穿过拉片两端圆孔,将两侧铝模紧固;拉片长度固定,可确保墙厚一致,避免螺杆体系因螺母拧紧程度不同造成的厚薄不均,提高了墙面垂平度;拆除后外墙不留洞口,降低了渗漏隐患。
- 2)安装效率高。拉片体系安装简便、易于工人上手。内墙仅需布置2道横向单管方通,而螺杆体系需4道横向双管背楞及竖向背楞,安拆及传递工作量显著降低。体系配套专用方通扣,锤击即可使楔片卡紧方通,进一步缩短安装时间。

3)对模板损伤小。拉片体系无需在模板面板上开孔,减少了对模板的损伤,延长了模板的使用寿命。

3.2.2 缺点

- 1)整体刚度大。拉片式铝模整体刚度大,调平困难,改动1处常需牵动整片区域,耗时较长。
- 2)设计及施工精度要求高。拉片成对对称布置,若与钢筋冲突,现场临时调整困难;加之拉片数量多,易延误工期,因此对前期模板设计精度及钢筋绑扎质量要求较高。
- 3)施工进度相对较慢。拉片式铝模操作比螺杆式铝模复杂。螺杆式铝模只需拧紧螺母即可固定背楞,工序简单;而拉片式铝模需用销钉逐片连接拉片,工作量更大。
- 4)易受扰动。拉片为薄壁拉结件,在混凝土自重、流动及振捣棒作用下易发生弯曲变形,影响墙体厚度与平整度。其向外拉伸变形较易控制,而向内弯曲变形较难控制。
- 5)灵活性低。铝模现场改制时,拉片式受到限制,而螺杆式不受限制。施工过程中常出现反坎、降板等设计变更。模板进场后需现场改制:拉片式铝模因侧边铣槽位置固定,现场无法改制或改制后无法对拉,只能返厂加工,来回运输常导致工期延误;而螺杆式铝模不受铣槽限制,条件许可即可现场改制。因此,拉片式铝模应对现场变更的灵活性不及螺杆式。

6)材料成本高。如采用一次性拉片,材料不可周转,一次性用量多。

7)一次性投入大。拉片式铝模需配备专用拉片、销钉、方通扣等配件,一次性投入成本相对较高。

3.3 拉片易锈蚀分析

3.3.1 材料材质问题

- 1)拉片采用的钢材质量不佳,如含杂质较多、抗腐蚀性能差,在与混凝土中的水分及其他化学物质接触后,容易发生锈蚀反应。特别是在潮湿环境中或混凝土中存在腐蚀性离子时,锈蚀速度会加快。
- 2)拉片表面处理不当也会导致锈蚀。若拉片表面未进行有效防腐处理或防腐涂层质量差,在施工中易被破坏,失去保护作用,拉片则会直接暴露在外界环境中,进而发生腐蚀。

3.3.2 施工过程控制不当

- 1)安装拉片时,如果操作不当导致拉片表面受损,如刮擦、碰撞等,会破坏拉片防腐层,埋下隐患。
- 2)在混凝土浇筑过程中,如果混凝土配合比不当,使混凝土碱性降低,或者混凝土中含有过多氯

离子等腐蚀性物质,会加速拉片锈蚀。同时,混凝土振捣不密实,导致混凝土内部存在孔隙和裂缝,水分和腐蚀性物质容易渗入与拉片接触,引发锈蚀。

3)拆模时,如果强行拆除拉片,可能会使拉片变形或表面受损,增加锈蚀风险。

4)拆模后若拉片端头处理不彻底,端头凸出墙面,会导致后续防水层及涂料层破损、脱落;若处理后的端头未采取防腐防锈措施,防水层封闭前水汽侵入,导致端头缓慢腐蚀。

3.3.3 环境因素

天气潮湿多雨,空气中水分含量高,易在拉片表面形成水膜而诱发锈蚀;若工程位于沿海地区,空气中盐分更高,将进一步加速拉片腐蚀。

3.4 拉片防锈处理

3.4.1 材料选择

选择耐腐蚀性能好的优质拉片材料,如采用经过特殊防腐处理的钢材或合金材料。这些材料在生产过程中添加了防锈元素或进行了表面处理,能有效抵抗锈蚀,确保拉片质量符合相关标准和规范,从源头上减小锈蚀的可能性。

3.4.2 存储保管

在存储拉片时,应选择干燥、通风良好的仓库或场地。避免将拉片放置在潮湿、阴暗或易受雨水侵蚀的地方。可使用货架或托盘存放拉片,使其与地面保持一定距离,防止地面潮湿对拉片的影响。对拉片进行包装保护,如采用塑料薄膜、防锈纸等材料进行包裹,减少与空气和水分的接触。

3.4.3 施工使用中防护

在施工过程中,尽量避免拉片与混凝土中的外加剂、化学物质等腐蚀性物质接触。这些物质可能会对拉片产生腐蚀作用。如果不可避免地要接触腐蚀性物质,可在拉片表面涂抹 1 层防锈剂或采取其他防护措施。

3.4.4 控制浇筑质量

确保混凝土配合比合理,避免使用过多外加剂和掺合料,这是因为某些外加剂可能会对拉片产生腐蚀作用。控制混凝土浇筑质量,避免出现漏浆、跑模、漏振等情况。漏浆会使拉片暴露在潮湿环境中,漏振可能会导致拉片处混凝土不严密,水分容易通过孔隙进入内部,增加锈蚀风险。

3.4.5 拉片拆除

在混凝土达到一定强度后,应及时拆除拉片。长时间留置拉片在空气中会增加锈蚀的可能性。拆除拉片时,应小心操作,避免对局部混凝土造成较大损坏。拆除后的拉片断口不得凸出墙面,以免

刺穿防水层,影响整体防水效果。针对上述问题,优化拉片截面形式,在拉片两端头设置变截面折断卡槽,折断点位于墙两侧保护层内,距离墙表面 6mm,避免拉片断头处于混凝土表面从而产生氧化锈蚀。以 200mm 厚墙体为例,拉片节点深化设计如图 4 所示。

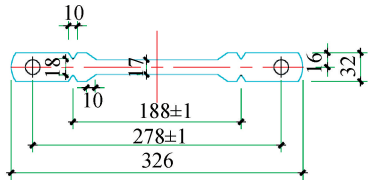


图 4 拉片节点深化设计

Fig. 4 Detailed design of pull piece joint

3.4.6 拉片防锈涂层

1)内墙面拉片断口封堵防锈蚀处理。内墙面处于一类干燥环境,对拉片断口采用防锈漆进行涂刷嵌实,将断口密封在墙体内,避免与空气接触产生的锈蚀,做法如图 5 所示。

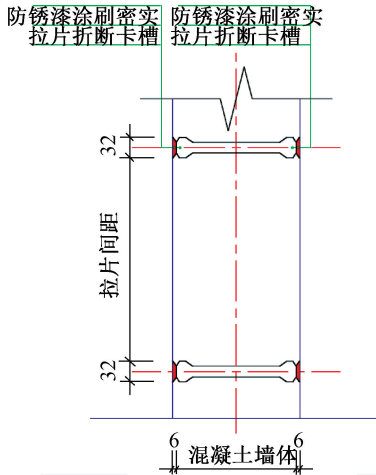


图 5 内墙面防锈蚀处理

Fig. 5 Anti-rust treatment of interior wall

2)外墙面拉片断口封堵防锈蚀处理。外墙面处于与雨水直接接触的环境,因此先用防锈漆涂刷拉片断口,再用益胶泥防水材料将拉片孔刮平并嵌实,最后施工外墙防水层,将断口完全密封,以防锈蚀,做法如图 6 所示。

4 国家防水新规范对铝模拉片技术的影响

4.1 外墙防水相关政策法规

1)国家强制规范。GB 55030—2022《建筑与市政工程防水通用规范》规定防水等级为一级的现浇混凝土外墙、装配式混凝土外墙板应设置≥1 道防水层。

2)省、市推荐标准。《深圳市住房和建设局关于严格加强房屋工程质量管控 严厉惩处工程质量违法违规行为的通告》规定住宅外墙应采用全混凝土

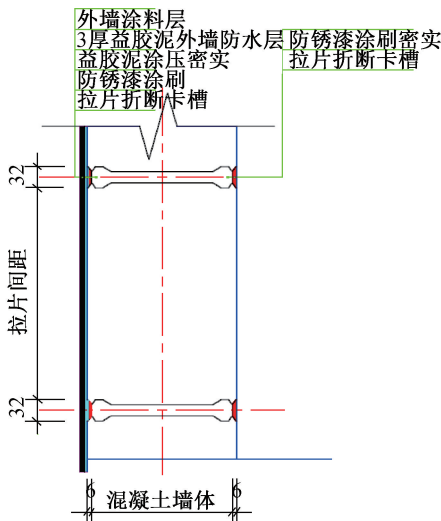


图 6 外墙面防锈蚀处理

Fig. 6 Anti-rust treatment for exterior walls

土外墙并至少设计 1 道防水层,防水层的选材应与基层结合牢固,并与饰面层相容。SJG 19—2023《建设工程防水技术标准》规定现浇混凝土或预制结构外墙采用 3.0mm 厚高分子益胶泥或 5.0mm 厚聚合物水泥防水砂浆或 10mm 厚预拌普通混凝土防水砂浆(防水等级 $\geq$ P6),或 1.5mm(或 2.0mm)厚聚合物水泥防水涂料(Ⅱ型)。

4.2 对铝模拉片技术的影响

4.2.1 防锈蚀问题处理

水分是金属锈蚀的主要原因之一,增设 1 道防水层,可在一定程度上阻隔水分与铝模拉片接触,降低锈蚀概率。即使有少量水分渗入,防水层也能延缓腐蚀进程。此外,部分防水材料本身具备耐腐蚀性能,可在一定时间内为拉片提供额外保护。然而,拉片本身质量缺陷及拆模后外露端头处理不彻底是锈蚀频发的根本原因。一旦端头清理不彻底、凸出墙面,可能划破防水层或造成搭接不严,使水分渗入;若截断后的断口未作防腐防锈处理,拉片直接暴露于空气和水汽中,更会迅速锈蚀。

4.2.2 外墙防水推荐做法

1) 过程控制。在混凝土浇筑过程中,严格控制混凝土和易性,振捣时不漏振、少振和过振,从而保证墙体特别是拉片设置位置不会出现局部有孔洞、蜂窝、麻面等缺陷,保证墙体内部的自密实度,减少空气水分渗入而引起锈蚀。

2) 拆模控制。拆模时,应尽量避免扰动或弯折拉片,否则会导致拉片与墙面交界处的水泥浆出现裂缝并脱落。

3) 拉片端头处理。模板拆除后,不应立即处理拉片外露端头。因混凝土前期强度较低,截断拉片

时产生的应力会在截断处对混凝土产生扰动,故应待混凝土达到设计强度后再进行外露段截断处理。拆除拉片时应小心操作,避免用力过猛造成混凝土墙面破损。如遇难以拆除的拉片,切忌强行撬动,可进行局部加热或切割处理,同时注意避免损伤墙面。拉片外露端头截断后,应确保端头不凸出墙面,并随即进行防腐防锈处理。拆除拉片后,会在混凝土墙面上留下拉片孔,应及时对这些拉片孔进行修补,防止水分渗入,影响外墙防水涂饰面层的质量。

4) 防水层、涂料层施工控制。施工防水腻子前,先对拉片端头进行修补找平,再进行大面积防水涂刷,以保证防水层的整体连续性。施工完成后,应进行质量检查,确保防水涂层无裂缝、起泡、剥落等缺陷。

5 结语

结合超高层住宅项目实际施工经验,针对铝模拉片体系提出以下建议。

1) 材料选择。选择质量可靠的铝模拉片,确保其符合相关标准,具有足够的强度和耐腐蚀性,并优先选用高强度合金钢、不锈钢或优质铝合金拉片。应对拉片进行严格的质量检测,重点检验抗拉强度、硬度及耐蚀性等指标,确保其性能满足工程要求。

2) 施工准备。施工前,对铝模进行全面检查和清理,确保模板表面平整、无损坏,拉片孔位准确无误。制定详细的施工方案,明确拉片安装顺序、间距和固定方法等,确保施工过程的规范化和标准化。对施工人员进行培训,使其熟悉铝模拉片施工的技术要点和操作流程,提高施工质量和效率。

3) 安装过程。严格按施工方案进行拉片安装,确保拉片间距均匀、位置准确。拉片应与铝模紧密贴合,不得有松动或间隙。在安装拉片时,应注意保护模板表面,避免划伤或损坏模板。对于大型或复杂的铝模结构,应采用分段安装、逐步固定的方法,确保模板稳定性和安全性。

4) 混凝土浇筑。在浇筑混凝土前,再次检查铝模拉片,确保拉片固定牢固,无松动或变形。控制混凝土浇筑速度和高度,避免混凝土对模板产生过大的侧压力,导致拉片变形或损坏。在混凝土浇筑过程中,应派专人进行观察和维护,及时发现并处理模板变形、漏浆等问题。

5) 拆除与处理。在混凝土强度达到设计要求后,方可拆除铝模拉片。拆除时应小心操作,避免损坏混凝土结构。若采用可回收式拉片,对拆除的

拉片进行分类回收和妥善保管,以便下次使用。对于损坏或变形的拉片,应及时进行维修或更换。若采用一次性拉片,需注意拉片断口处理的完整性,同时需做好断口防腐防锈和局部墙面修补措施。

综上,对于超高层住宅的竖向承重结构,拉片宜选用 2mm 厚高强度合金钢拉片。本项目采用 50 号锰钢制的 2mm 厚一次性拉片,拉片抗拉强度达 28kN 以上的保证率为 98%,达 30kN 以上的保证率为 90%。铝模拉片试验数据会因材质、规格、生产工艺及试验条件等因素而异,选用时应结合具体工程要求,参考相关试验数据,选取性能稳定可靠的产品。

参考文献:

[1] 黄锋辉,许彬,胡蒙蒙,等. 铝模加固体系最优选型研究 [J]. 施工技术(中英文), 2023, 52 (2): 108-113.
HUANG F H, XU B, HU M M, et al. Study on the optimal type of aluminum formwork reinforcement system [J]. Construction technology,2023, 52 (2): 108-113.

[2] 李林林,陈浩,刘平,等. 对拉螺杆式与拉片式加固体系应用对比分析[J]. 城市住宅,2017,24(7):125-128.
LI L L, CHEN H, LIU P, et al. Comparative analysis on the application of pull screw and pull sheet reinforcement system[J]. City & house,2017,24(7):125-128.

[3] 马欢. 拉片式铝模板体系力学分析及设计研究[D]. 西安:西安工业大学,2023.

(上接第 41 页)

[4] 罗永峰,王春江,陈晓明,等. 建筑钢结构施工力学原理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
LUO Y F, WANG C J, CHEN X M. Construction mechanics principle of building steel structure [M]. Beijing: China Architecture & Building Press,2009.

[5] 高颖,傅学怡,杨想兵. 济南奥体中心体育场钢结构支撑卸载全过程模拟[J]. 空间结构,2009,15(1):20-26,34.
GAO Y, FU X Y, YANG X B. Whole removal process simulation of temporary support of Jinan Olympic Stadium [J]. Spatial structures,2009,15(1):20-26,34.

[6] 郭彦林,刘学武. 大型复杂钢结构施工力学问题及分析方法[J]. 工业建筑,2007,37(9):1-8.
GUO Y L, LIU X W. Construction mechanical problems and computational methods of complex steel structures[J]. Industrial construction,2007,37(9):1-8.

[7] 杨建鹏,侯学勇. 大跨度双层网壳安装技术研究 [J]. 施工技术(中英文),2025,54 (5): 63-67.
YANG J P, HOU X Y. Research on installation technology of

MA H. Mechanical analysis of pull-sheet aluminum formwork systems and design study [D]. Xi ' an: Xi ' an Technological University,2023.

[4] 杨东,张慧杰,陈雅,等. 超高楼层铝合金模板满堂架支撑体系施工技术 [J]. 施工技术(中英文), 2025, 54 (2): 131-135.
YANG D, ZHANG H J, CHEN Y, et al. Construction technology of full framing support system for aluminum alloy formwork in super high-rise buildings [J]. Construction technology, 2025,54 (2): 131-135.

[5] 李林林,陈浩,李川江,等. 铝合金模板的对拉螺杆式与拉片式加固体系的应用对比分析[J]. 建筑施工,2017,39(10):1571-1573.
LI L L, CHEN H, LI C J, et al. Comparative analysis of application of opposite-pull screw type and pull tab type reinforcement system for aluminum alloy formwork [J]. Building construction,2017,39(10):1571-1573.

[6] 罗克嵩. 基于 ANSYS 铝合金模板拉片体系的力学性能分析及优化[D]. 南昌:南昌航空大学,2020.
LUO K S. Analysis and optimization of mechanical properties of aluminum alloy template pull-tab system based on ANSYS [D]. Nanchang: Nanchang Hangkong University,2020.

[7] 李膺宇,胡成,刘镒,等. 斜拉加固模板体系在片石混凝土桥台施工中的运用[J]. 重庆建筑,2022,21(10):69-71.
LI Y Y, HU C, LIU Y, et al. Application of cable-stayed reinforcement formwork system in construction of rubble concrete abutment [J]. Chongqing architecture,2022,21(10):69-71.

large-span double-layer reticulated shell [J]. Construction technology,2025,54 (5): 63-67.

[8] 肖从真. 高层建筑结构仿真分析技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2021.
XIAO C Z. The simulation analysis technology of high-rise building structures [M]. Beijing: China Architecture & Building Press,2021.

[9] 邓裕民,郑宏雨,彭江衡,等. 某铁路站房异形钢屋盖整体提升方案优化及非同步提升分析 [J]. 施工技术(中英文), 2025,54(2):65-70.
DENG Y M, ZHENG H Y, PENG J H, et al. Optimization of overall lifting scheme and non-synchronous lifting analysis of special-shaped steel roof of a railway station [J]. Construction technology, 2025,54 (2): 65-70.

[10] 郁政华. 某演艺中心船体异形钢结构施工技术[J]. 施工技术(中英文),2024,53(8):34-38.
YU Z H. Construction technology of hull special-shaped steel structure for a performing arts center [J]. Construction technology,2024,53(8):34-38.