

# Safety Performance Analysis of New Attached Aluminum Alloy Scaffolding Frame

Wenkai Xu

School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei, 056038, China

## Abstract

As a new type of alloy scaffolding, attached aluminum alloy scaffolding is gradually replacing the position of steel attached lifting scaffolding in the market because of its light weight, strong corrosion resistance and high reusability. In order to determine the safety performance of the attached aluminum alloy scaffolding under different working conditions and complex loads; the force mechanism and deformation law of the frame under complex load. The finite element software is used to simulate the stress distribution and deformation of attached aluminum alloy scaffolding under different working conditions and complex loads. And through the anti-fall test, the maximum braking distance of the anti-fall device when working at height is obtained.

## Keywords

attached aluminum alloy scaffolding; finite elements; safety performance

# 新型附着式铝合金脚手架架体安全性能分析

许文凯

河北工程大学土木工程学院, 中国 · 河北 邯郸 056038

## 摘要

附着式铝合金脚手架作为新型的合金型脚手架, 因其自重较轻、耐腐蚀性强、可重复利用率高正逐步取代钢制附着式升降脚手架在市場中的地位。为确定附着式铝合金脚手架在不同工况和复杂荷载作用下的架体安全性能; 架体在复杂荷载作用下的受力机理和变形规律。利用有限元软件模拟不同工况和复杂荷载作用下附着式铝合金脚手架出现的应力分布情况和变形情况。并通过防坠落试验, 得到了其在高空作业时, 防坠装置的最大制动距离。

## 关键词

附着式铝合金脚手架; 有限元; 安全性能

## 1 引言

随着中国经济快速发展及城市化不断推进, 可使用建筑用地的面积不断减少; 越来越多的农业用地被迫转变为城市用地, 从而衍生出了诸如城市用地不足及建筑用地及农业用地使用不平衡等一系列问题。因此, 现代建筑结构不得不从横向二维空间低层建筑转向纵向三维空间的高层建筑及超高层建筑。针对高层建筑及超高层建筑, 如何高效安全地完成高空作业则是重中之重。附着式铝合金脚手架作为新型合金型高空作业设施, 因其施工安全系数高、施工便利等优势正逐步取代钢制附着式升降脚手架。

卢龙玉<sup>[1]</sup>等以 SP2000 以及 ABQUS 等有限元软件对附着式铝合金脚手架的支座节点进行了模拟计算; 裴兴旺等构建了基于综合权重 - 灰色相对欧几里得加权关联度理论的全钢型附着升降脚手架安全性评价模型; 白凤美, 李佳洋<sup>[2]</sup>

以 17 种风险因素为前提, 基于集对分析法和层次分析法提出了附着式升降脚手架的防倾覆和坠落事故风险等级; 潘为民<sup>[4]</sup>等利用 Davenport 谱和线性滤波法中的自回归 (Auto-Regressive, AR) 模型推导出四阶 AR 模型实现了脚手架风速时程的精确模拟; 中国和其他国家学者对铝合金脚手架的受力构件已经有所研究, 但对附着式铝合金脚手架架体整体的研究较少, 因此论文将对附着式铝合金脚手架架体整体在不同工况和荷载下进行有限元分析, 得出其最大变形和应力强度, 确定其在使用时的安全性和可靠性。

## 2 架体建模和荷载选取

### 2.1 三维架体参数及模型建立

为确保模拟结果的准确性, 将采取 1 : 1 大小还原建模; 模型与实际尺寸均为高 14m, 长 6m, 宽 0.65m 的双排 6061-T6 导轨附着式铝合金脚手架。并利用 BIM 软件 Revit 代替 ANSYS Workbench 进行三维建模; 利用 SolidWorks 进行模型转换, 将 Revit 模型导入 ANSYS。具体步骤如图 1 所示。

【作者简介】许文凯 (1998-), 男, 中国浙江衢州人, 硕士, 从事结构工程研究。

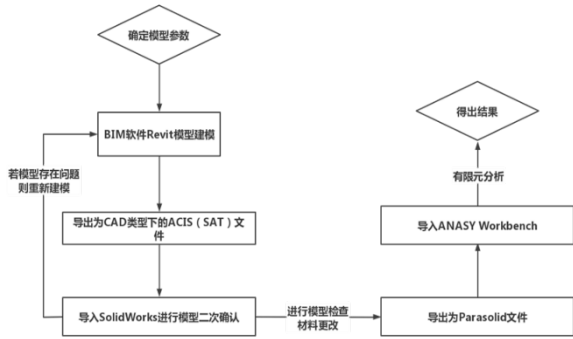


图 1 三维建模步骤

## 2.2 单一荷载选取

在进行架体有限元模拟时，所施加的主要荷载由自重荷载、工况荷载和环境荷载等组成。工况荷载分为施工工况和升降工况，各工况荷载如表 1 所示。

表 1 施工均布活荷载标准值

类别	标准值 (kN/m <sup>2</sup> )	同时作业层
装修施工	2.0	3 层
结构施工	3.0	2 层
升降工况	0.5	2 层

环境荷载主要为风荷载、雪荷载、雨水荷载和温度等。由于在建模过程中简化了钢板网，因此将放大风荷载用以弥补因受力面积减小而损失的荷载，实际应扩大 8.3 倍，为确保架体安全性，选择扩大倍数为 10 倍。其他环境荷载大小如表 2 所示。

表 2 环境荷载大小

类别	荷载大小 (kN/m <sup>2</sup> )	作用区域
基本风压	0.35	
施工风压	0.70	十字支撑
升降风压	0.50	
雪荷载	0.40	走道板、十字支撑
雨水荷载	0.10	全部架体

## 3 结果与分析

### 3.1 不同工况下架体变形和应力强度变化规律

表 3 无风荷载下各楼层走道板施工荷载模拟结果

	变形 /mm	应力强度 /MPa
一二层	1.719	59.184
三四层	1.720	59.188
五六层	1.724	59.339

由表 3 可知：施工活荷载布置于不同楼层走道板会对架体的最大变形和最大应力强度产生一定的影响。为保证架体的安全性，后续施加活荷载均布置于五六层，并额外施加风荷载。

在三种工况下，附着式铝合金脚手架架体的最大变形和最大应力强度均出现在施工工况下；最大变形为 1.724mm，最大应力强度为 90.08MPa。架体最大变形和最大应力强度

的大小主要随着风荷载的增加而增加；均布活荷载对最大变形和最大应力强度影响较小，但会将架体变形和应力强度进行重分布，使得相同位置的变形和应力强度发生变化。温度对架体的最大变形和最大应力强度并无明显影响，但通过对架体进行变形和应力重分布，温度对于架体稳定性的影响更多的体现在材质本身<sup>[5-10]</sup>。

### 3.2 复杂工况下架体安全性能分析

通过对雨水荷载及雪荷载的不同模拟结果可知：架体的最大变形和最大应力强度会随着雨水荷载和雪荷载的增加而增加，并且增长幅度逐渐平缓。当雨水荷载不变时，雪荷载在 0.40~0.50kN/m<sup>2</sup> 增长速率较快，大于 0.50kN/m<sup>2</sup> 后增幅逐渐平稳，最大变形和最大应力强度处于稳定增加阶段。纵向对比相同雪荷载下雨水荷载对于架体的变形和应力强度的影响较小，并且增幅较为固定。

## 4 结论

论文对不同工况和不同荷载下的附着式铝合金脚手架架体进行了稳定性及安全性能进行了有限元模拟研究。得到的主要结论为：

- ①风荷载是最主要的架体的变形和应力强度的因素；并且架体所产生的变形与最大应力强度均与风荷载的大小呈正向线性关系增长。
- ②确定了在施工工况和升降工况下，架体的稳定性及安全性。施工工况对架体变形和最大应力强度有较大影响。
- ③通过对极端温度条件下的架体进行模拟，确定了架体对于温度的敏感性较弱；温度的高低对最大变形和最大应力强度无较大影响，但会将应力强度进行重新分布；可适用于中国大部分地区。

### 参考文献

- [1] 卢龙玉,曲彦铭,曲淑英,等.一种新型铝合金附着式升降脚手架的力学性能分析[J].烟台大学学报(自然科学与工程版),2021,34(1).
- [2] 裴兴旺,赵向东,周崇刚,等.基于灰色欧几里得的全钢型附着升降脚手架安全性评价[J].安全与环境学报,2020,20(2).
- [3] 白凤美,李佳洋.附着式升降脚手架倾覆和坠落事故风险评价模型[J].土木建筑与环境工程,2016,38(S2):35-39.
- [4] 潘为民,孔宁宁,李国华,等.附着式整体升降脚手架的风荷载研究[J].机械设计与制造,2018(9):33-35.
- [5] Wang F, Tamura Y, Yoshida A. Wind loads on clad scaffolding with different geometries and building opening ratios[J]. Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics,2013,120(5):37-50.
- [6] 杨光祥.附着升降脚手架同步升降控制方法研究[J].工业建筑,2011,41(1):26-28+56.
- [7] 王秀丽,胡隆德,冉永红,等.附着式升降脚手架不同步运动时结构的响应分析[J].沈阳建筑大学学报(自然科学版),2018,34(4):666-675.
- [8] GB 50009—2012 建筑结构荷载规范[S].
- [9] JGJ 202—2010 建筑施工工具式脚手架安全技术规范[S].
- [10] GB 50429—2007 铝合金结构设计规范[S].