

T/EJCCCSE

团 体 标 准

T/EJCCCSE XXXX-XXXX

超高层建筑模版支撑系统动态稳定性分析 技术规范

Technical specification for dynamic stability analysis of stencil
support system for super tall buildings

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国商业股份制企业经济联合会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 1

5 荷载取值 3

6 动态稳定性分析方法 5

7 施工过程监测与控制 7

8 验收要求 8

9 维护与拆除 12

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由浙江城投建设有限公司提出。

本文件由中国商业股份制企业经济联合会归口。

本文件起草单位：浙江城投建设有限公司。

本文件主要起草人：×××

超高层建筑模版支撑系统动态稳定性分析技术规范

1 范围

本文件规定了超高层建筑模版支撑系统动态稳定性分析的基本规定、荷载取值、动态稳定性分析方法、施工过程监测与控制、验收要求、维护与拆除的要求。

本文件适用于建筑高度超过 100 m 的超高层建筑模板支撑系统在设计、施工及使用阶段的动态稳定性分析。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 700-2006 碳素结构钢
- GB/T 1591-2018 低合金高强度结构钢
- GB/T 3091-2015 低压流体输送用焊接钢管
- GB/T 13793-2016 直缝电焊钢管
- GB/T 15831-2023 钢管脚手架扣件
- GB 50009-2012 建筑结构荷载规范
- GB 50666-2011 混凝土结构工程施工规范

3 术语和定义

GB 50009-2012、GB 50666-2011 下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超高层建筑模板支撑系统 Super tall building formwork support system

为超高层建筑混凝土结构施工中支撑模板而搭建的临时性结构体系，包括钢管、扣件、脚手板、可调托撑等构配件组成的立杆、横杆、斜撑等构件构成的空间结构，用于承受模板自重、新浇筑混凝土自重、钢筋自重以及施工活荷载等，并在施工过程中保持其稳定性。

4 基本规定

4.1 设计原则

4.1.1 安全可靠原则

4.1.1.1 超高层建筑模板支撑系统的设计与施工须将安全放在首位。

4.1.1.2 在各种工况下，包括正常施工、极端天气以及可能出现的意外荷载作用下，支撑系统应能保持稳定，不发生倒塌、坍塌等安全事故。

4.1.1.3 结构稳定性应通过合理的力学分析和构造措施明确，如设置足够的斜撑、剪刀撑和连墙件等，以增强支撑系统的整体稳定性和抗侧移能力。

4.1.2 经济合理原则

4.1.2.1 在明确安全和功能要求的前提下，应优化模板支撑系统的设计方案，合理选择材料规格和布置形式，节省工程造价和施工成本。

4.1.2.2 应考虑材料的周转使用次数和可回收性，应选择耐久性好、易于维护和拆卸的材料和构配件，提高资源利用率。

4.1.3 施工便利原则

4.1.3.1 模板支撑系统的构造应便于施工人员安装、拆卸和调整。

4.1.3.2 设计应充分考虑施工现场的场地条件、垂直运输能力和施工顺序等因素。

4.1.3.3 模板支撑系统的搭建和拆除过程应与其他施工工序协调配合，避免相互干扰、延误工期。

4.1.4 动态适应性原则

4.1.4.1 应考虑超高层建筑施工过程中的动态因素，如混凝土浇筑顺序、速度和高度变化，施工设备的移动和振动，以及风荷载的脉动效应等对模板支撑系统稳定性的影响。

4.1.4.2 应建立动态监测系统，实时监测支撑系统的变形、内力和环境参数(如风速、温度等)，根据监测数据及时调整施工工艺或采取相应的加固措施，保障支撑系统在整个施工过程中的稳定性。

4.2 材料选用

4.2.1 钢材

4.2.1.1 钢管

4.2.1.1.1 应采用符合 GB/T 13793-2016、GB/T 3091-2015 中规定的 Q235 或 Q345 级普通钢管，且钢管的外径宜为 48.3 mm，壁厚不应小于 3.6 mm，对于高度超过 300 m 的超高层建筑，壁厚不应小于 4.0 mm。

4.2.1.1.2 钢管的材质应均匀，不得有裂缝、孔洞、锈蚀严重等缺陷，其表面锈蚀深度不应超过 0.5 mm。

4.2.1.1.3 进场时应进行抽样检查，每批次抽检数量应不少于 10 根，检查项目应包括但不限于下列各项：

- a) 管径；
- b) 壁厚；
- c) 外观质量；
- d) 力学性能。

4.2.1.2 扣件

4.2.1.2.1 扣件应采用可锻铸铁或铸钢制作，应符合 GB/T 15831-2023 中的规定。

4.2.1.2.2 直角扣件、旋转扣件和对接扣件的抗滑承载力标准值应分别不低于 8 kN、8 kN 和 6 kN (在实际设计计算中，考虑一定的安全储备，取值可适当降低)。

4.2.1.2.3 扣件在螺栓拧紧扭矩达到 65 N·m 时，不应发生破坏，且在使用前应进行抽样复试，复试数量应不少于 10 套，应检测其抗滑性能和破坏荷载等指标，合格后方可使用。

4.2.1.3 型钢

- 4.2.1.3.1 对于特殊部位或需要加强的部位，宜采用型钢作为模板支撑系统的组成部分，如工字钢、槽钢等。型钢的材质应符合 GB/T 700-2006、GB/T 1591-2018 中的规定。
- 4.2.1.3.2 型钢截面尺寸和力学性能应根据具体受力情况进行设计计算确定。
- 4.2.1.3.3 型钢表面应平整，无严重锈蚀、弯曲变形等缺陷，进场时应检查其质量证明文件，并按规定进行抽样检验。

4.2.2 木材

4.2.2.1 木方

- 4.2.2.1.1 木方宜选用强度高、材质均匀、纹理直的木材，如杉木、松木等，其含水率应控制 12% ~ 18% 之间。
- 4.2.2.1.2 木方的尺寸应根据模板支撑系统的设计要求确定。
- 4.2.2.1.3 木方应进行防腐、防虫处理，宜采用涂刷防腐剂、浸泡等方式，防腐剂的渗透深度应不小于 10 mm。

4.2.2.2 模板

- 4.2.2.2.1 模板宜选用包括但不限于胶合板、竹胶合板，其厚度应根据混凝土构件的类型和尺寸明确。
- 4.2.2.2.2 胶合板的胶合强度应不低于 1.5 MPa，且表面应平整光滑，无裂缝、孔洞等缺陷。
- 4.2.2.2.3 模板的周转次数应根据其材质和使用情况明确，使用过程中应注意保护，避免损坏，对于损坏严重的模板应及时更换。

4.2.3 铝合金

4.2.3.1 铝合金型式

- 4.2.3.1.1 铝合金模板支撑系统的型材应采用符合相应规范的高强度铝合金材料。
- 4.2.3.1.2 铝合金型材的抗拉强度不应低于 290 MPa，屈服强度不应低于 240 MPa，硬度不低于 95 HB。
- 4.2.3.1.3 铝合金型材的截面尺寸和壁厚应根据支撑系统的受力情况进行设计计算明确。
- 4.2.3.1.4 铝合金型材表面应进行阳极氧化处理，氧化膜厚度应不小于 10 μm 。

4.2.3.2 连接件

- 4.2.3.2.1 铝合金模板支撑系统的连接件应采用与型材相匹配的铝合金或不锈钢材质。
- 4.2.3.2.2 连接件的设计应便于安装和拆卸，且具有足够的强度和刚度，其承载能力应经过计算验证，满足模板支撑系统的受力要求。

5 荷载取值

5.1 荷载规范

除特殊规定外，荷载取值应符合 GB 50009-2012 中的规定。

5.2 恒荷载

5.2.1 模板及支架自重

- 5.2.1.1 应根据模板支撑系统所选用的材料和构造形式，精确计算其自重。

5.2.1.2 对于常见的胶合板模板,厚度为 18 mm 时,自重标准值宜按 0.3 kN/m^2 取值,木方(50 mm × 100 mm)宜按 0.08 kN/m^2 取值。

5.2.1.3 采用扣件式钢管脚手架支撑时,立杆、横杆及各类连接件的自重可根据实际搭设情况计算。

5.2.1.4 在设计计算中,应考虑模板及支架自重的不利分布情况(如在悬挑部位或局部集中荷载作用区域,可能因自重分布不均导致局部受力过大,此时应适当提高自重取值或采取加强措施)。

5.2.2 新浇筑混凝土自重

5.2.2.1 普通混凝土的重度标准值宜取值 24 kN/m^3 。

5.2.2.2 对于高强混凝土、轻质混凝土等特殊类型,应根据其实际重度取值。

5.2.2.3 超高层建筑混凝土重度标准值取值应根据配合比试验报告明确。

5.2.3 钢筋自重

5.2.3.1 应根据设计图纸确定的钢筋用量进行计算,宜按 1.1 kN/m^2 取值。

5.2.3.2 对于配筋率较高的结构部位,如超高层建筑的核心筒、转换梁等关键部位,应根据实际钢筋布置情况精确计算。

5.3 活荷载

5.3.1 施工人员及设备荷载

5.3.1.1 在计算模板及支撑系统时,取值不应小于 2.5 kN/m^2 。

5.3.1.2 对于人员和设备较为集中的区域,应根据实际情况增大取值。

5.3.1.3 对于一些大型设备,如布料机,其工作状态下的集中荷载较大,应根据设备的具体参数(如支腿间距、轮压等)进行局部荷载计算,并考虑其运行过程中的振动和冲击作用。

5.3.2 振捣混凝土时产生的荷载

5.3.2.1 水平模板宜取 2.0 kN/m^2 。

5.3.2.2 垂直面模板宜取 4.0 kN/m^2 。

5.3.3 倾倒混凝土时产生的荷载

根据倾倒方式和容器容量不同,取值范围应为 $2.0 \text{ kN/m}^2 \sim 6.0 \text{ kN/m}^2$ 。

5.4 风荷载

5.4.1 基本风压

5.4.1.1 重现期可取 50 年,基本风压为 0.6 kN/m^2 。

5.4.1.2 对于重要的超高层建筑(超过 300 m),宜考虑取 100 年重现期,基本风压为 0.75 kN/m^2 。

5.4.2 风荷载体型系数

5.4.2.1 应根据模板支撑系统的外形和结构特点明确取值。

5.4.2.2 对于敞开式脚手架,体型系数宜取值 1.3。

5.4.2.3 对于复杂模板支撑体系,如带有悬挑结构或非标准外形的支撑系统,则应通过风洞试验或数值模拟方法明确其风荷载体型系数。

5.4.3 风压高度变化系数

- 5.4.3.1 应根据模板支撑系统的高度明确取值。
- 5.4.3.2 高度 100 m ~ 200 m 范围内, 风压高度变化系数宜按 1.5 ~ 2.0 取值。
- 5.4.3.3 高度 200 m ~ 300 m 范围内, 风压高度变化系数宜按 2.0 ~ 2.5 取值。
- 5.4.3.4 风压高度变化系数具体数值应根据当地气象条件和规范精确计算。

5.4.4 风振系数

对于超高层建筑模板支撑系统, 风振系数取值范围为 1.8 ~ 2.8, 具体数值应根据结构的自振频率、阻尼比以及风的脉动特性等因素通过专门的风洞试验或理论计算明确。

6 动态稳定性分析方法

6.1 力学模型建立

6.1.1 结构简化与单元选择

- 6.1.1.1 应根据模板支撑系统的实际构造, 将其合理简化为空间杆系结构模型。
- 6.1.1.2 立杆、横杆和斜撑等主要受力构件宜采用梁单元模拟, 节点连接应根据实际情况宜考虑为半刚性连接。
- 6.1.1.3 对于特殊支撑部件, 如可调托撑、底座等, 宜采用弹簧单元或非线性连接单元模拟其受力特性。

6.1.2 材料参数确定

- 6.1.2.1 钢材的材料特性应根据实际采用的钢材等级明确。
- 6.1.2.2 木材弹性模量和强度参数应根据木材种类和含水率等因素明确。
- 6.1.2.3 在模型中应考虑材料的非线性特性, 如钢材的弹塑性行为, 宜采用理想弹塑性模型或双线性强化模型进行模拟, 根据构件的受力状态判断其是否进入塑性阶段, 以准确分析结构在极限荷载作用下的稳定性。

6.1.3 边界条件设置

- 6.1.3.1 模板支撑系统底部与基础的连接应根据实际情况设置边界条件。
- 6.1.3.2 若基础为刚性地基, 可将底部节点设置为固定铰支座, 限制其水平和竖向位移, 但允许绕支座转动。
- 6.1.3.3 若基础存在一定的弹性变形, 如在软弱地基上, 则宜采用弹簧单元模拟基础的弹性约束, 弹簧刚度应根据地基土的弹性模量和基础尺寸计算明确。
- 6.1.3.4 顶部与模板的连接应根据模板的支撑方式设置为铰接或刚接。
- 6.1.3.5 若模板通过可调托撑与支撑系统相连, 且托撑与模板之间的连接较为灵活, 则可近似视为铰接。
- 6.1.3.6 若采用焊接或其他可靠的刚性连接方式, 则应设置为刚接。

6.2 动力特性分析

6.2.1 模态分析方法

- 6.2.1.1 应采用有限元软件(如 ANSYS、SAP2000 等)对建立的力学模型进行模态分析, 求解系统的自振频率和振型。
- 6.2.1.2 在分析过程中, 应根据结构的特点和实际需求明确求解的模态数量。

6.2.1.3 在模态分析中,应考虑结构的质量分布情况,将模板、混凝土、施工设备以及人员等质量等效施加到相应的节点上,计算得到的自振频率和振型应能反映实际结构的动力特性。

6.2.2 频率与振型特征分析

6.2.2.1 分析所得自振频率应与常见的动荷载频率(如施工设备的运行频率、风荷载的脉动频率等)进行对比,判断是否存在共振风险。

6.2.2.2 若模板支撑系统的某阶自振频率接近设备运行频率,应采取相应措施,包括但不限于调整设备的运行参数、改变支撑系统的结构刚度。

6.2.2.3 应对各阶振型进行分析,明确结构在不同振型下的变形形态和薄弱部位。

6.3 时程分析

6.3.1 荷载时程曲线选取

6.3.1.1 风荷载时程曲线应根据当地风洞试验数据或采用随机模拟方法生成,应考虑包括 D 但不限于下列各项因素:

- a) 平均风速;
- b) 风向;
- c) 脉动特性;
- d) 风谱模型。

6.3.1.2 施工荷载时程曲线应根据施工工艺和进度计划明确,应包括但不限于下列各项:

- a) 混凝土浇筑速度;
- b) 施工人员和设备移动轨迹;
- c) 振捣荷载作用时间和位置。

6.3.1.3 对于施工人员和设备的移动,应采用移动荷载模型进行模拟,应根据其在支撑系统上的行走路线和停留时间,明确不同时刻的荷载分布情况,准确模拟施工过程中的动态荷载作用。

6.3.2 动力响应计算

6.3.2.1 在有限元模型中施加动荷载时程,应采用合适的直接积分法(如 Newmark- β 法、Wilson- θ 法等)求解结构在动力作用下的响应,计算各时刻的位移、速度、加速度、内力等参数。

6.3.2.2 在计算过程中,应根据结构的特性和荷载情况选择合适的积分参数。

6.3.2.3 应考虑材料的非线性特性和结构的几何非线性对稳定性的影响,在计算过程中应实时判断构件的应力状态和变形情况,当构件进入塑性阶段或发生大变形时,应采用相应的非线性计算方法进行迭代求解,计算结果应能准确反映结构在极限状态下的动力响应和稳定性。

6.3.3 稳定性评估准则

6.3.3.1 应根据时程分析结果,采用位移准则、应力准则或能量准则等判断模板支撑系统在动态荷载作用下的稳定性。

6.3.3.2 位移准则可设定结构的最大位移限值,宜取支撑系统高度的 $1/500 \sim 1/400$ 作为允许位移值,当计算得到的最大位移超过该限值时,认为结构发生失稳。

6.3.3.3 应力准则可根据构件的材料强度,设定应力限值,如钢材的屈服强度或混凝土的抗压强度,当关键部位构件的应力超过相应的强度限值时,判定结构失稳。

6.3.3.4 能量准则可通过计算结构在动力过程中的输入能量和耗散能量,当输入能量超过结构的耗能能力且结构变形持续增大时,认为结构发生失稳破坏。

7 施工过程监测与控制

7.1 监测内容

7.1.1 模板沉降监测

- 7.1.1.1 应在模板下方的支撑立杆上或附近地面设置沉降观测点。
- 7.1.1.2 采用高精度水准仪定期测量各观测点的高程变化。
- 7.1.1.3 混凝土浇筑过程中每次监测间隔宜不超过 15 min ~ 30 min。
- 7.1.1.4 浇筑完成后至终凝前宜每隔 30 min ~ 60 min 观测一次。
- 7.1.1.5 终凝后的监测频率应为每天 1 ~ 2 次，应连续观察 3 ~ 7 d。

7.1.2 支架变形监测

- 7.1.2.1 应在支架的关键部位，如立杆、横杆、剪刀撑等杆件上设置变形观测点，应采用全站仪或应变片等仪器测量其水平位移和竖向变形。
- 7.1.2.2 在混凝土浇筑时应实时监测，监测频率应与模板沉降监测频率相同。
- 7.1.2.3 应重点关注支架整体变形趋势及局部杆件的变形情况，防止因支架变形过大导致模板支撑系统失稳。

7.1.3 立杆轴力监测

- 7.1.3.1 应在立杆上安装轴力传感器，实时监测立杆所承受的轴向压力。
- 7.1.3.2 监测数据可用于评估模板支撑系统的承载能力是否满足设计要求，以及在施工过程中各立杆的受力分布是否均匀。
- 7.1.3.3 轴力监测应贯穿于整个施工过程，在混凝土浇筑期间须密切关注轴力变化。

7.2 预警值设定

7.2.1 模板沉降预警值

- 7.2.1.1 应根据模板的跨度、厚度以及支撑系统的类型等因素明确。
- 7.2.1.2 跨度不大于 4 m 的模板，沉降预警值可设定为 8 mm ~ 10 mm。
- 7.2.1.3 跨度大于 4 m 且不大于 8 m 的模板，沉降预警值可设定为 10 mm ~ 15 mm。
- 7.2.1.4 跨度大于 8 m 的模板，沉降预警值应控制在 15 mm ~ 20 mm 以内。
- 7.2.1.5 当监测到的模板沉降值接近或超过预警值时，应立即停止施工并采取相应的加固措施。

7.2.2 支架变形预警值

- 7.2.2.1 对于立杆的垂直度偏差，预警值宜设定为不超过立杆高度的 1/500 且不大于 15 mm。
- 7.2.2.2 横杆的变形预警值可根据其跨度和设计要求明确，不宜超过跨度的 1/1 000 且不大于 10 mm。
- 7.2.2.3 当支架变形超过预警值时，需及时对支架进行检查和加固。

7.2.3 立杆轴力预警值

- 7.2.3.1 应通过结构计算明确立杆的设计承载能力，应将其乘以一定的安全系数(如 0.8 ~ 0.9)作为轴力预警值。
- 7.2.3.2 当立杆轴力接近或超过预警值时，应立即停止混凝土浇筑，并对支撑系统进行评估和加固。

7.3 数据分析与反馈

7.3.1 数据整理与分类

应将监测得到的各类数据按照监测时间、监测点位置、监测项目等进行分类整理，建立详细的监测数据档案，便于后续的查询和分析。

7.3.2 数据分析方法

7.3.2.1 趋势分析

应通过绘制监测数据随时间的变化曲线，分析模板沉降、支架变形和立杆轴力等数据的变化趋势，判断其是否稳定或存在异常变化。

7.3.2.2 对比分析

应将不同监测点的数据进行对比，分析支撑系统不同部位的变形和受力差异。

7.3.2.3 相关性分析

应研究各监测项目之间的相关性（如模板沉降与立杆轴力之间的关系、支架变形与混凝土浇筑进度之间的关系等）全面了解支撑系统的工作状态。

7.3.3 结果反馈与处理

7.3.3.1 及时反馈

应将数据分析结果及时反馈给施工单位的技术负责人、项目经理以及监理单位等相关人员

7.3.3.2 决策依据

7.3.3.2.1 应根据数据分析结果，为施工过程中的决策提供依据。

7.3.3.2.2 当监测数据接近预警值时，应及时调整施工进度、优化荷载分布或采取临时加固措施。

7.3.3.2.3 当监测数据超过预警值时，必须立即停止施工，组织相关人员对支撑系统进行全面检查和评估，并制定相应的处理方案。

7.3.3.3 持续监测与评估

在采取相应的处理措施后，应继续对支撑系统进行监测，评估处理措施的效果，直至支撑系统的稳定性满足施工要求为止。

8 验收要求

8.1 验收程序

8.1.1 施工单位自检

8.1.1.1 超高层建筑模板支撑系统施工完成后，应由施工单位的项目技术负责人组织工长、质检员、安全员等相关人员进行自检。

8.1.1.2 自检应在模板支撑系统搭设完成后、混凝土浇筑前进行，检查内容应包括但不限于下列各项：

- a) 材料质量；
- b) 构配件安装；
- c) 支撑系统的整体构造。

8.1.2 监理单位初验

8.1.2.1 施工单位自检合格后，应向监理单位提交验收申请。

8.1.2.2 监理单位收到申请后，应组织专业监理工程师、安全监理工程师等人员对模板支撑系统进行初验。

8.1.2.3 初验应在施工单位自检完成后的 1 d ~ 2 d 内进行，应主要检查施工单位的自检记录和现场实际搭设情况是否相符，包括对关键部位和重要构配件进行抽检，如立杆的垂直度、扣件的拧紧力矩等。

8.1.3 联合验收

8.1.3.1 监理单位初验合格后，应由建设单位项目负责人组织施工单位、监理单位、设计单位等相关各方进行联合验收。

8.1.3.2 联合验收应在监理单位初验合格后的 2 d ~ 3 d 内进行，应对模板支撑系统进行全面检查和评估，包括支撑系统的稳定性、安全性、使用功能等方面，应形成验收意见。

8.1.4 验收记录与签字

8.1.4.1 每次验收过程中，验收人员应详细记录验收情况，包括但不限于下列各项：

- a) 验收时间；
- b) 验收人员；
- c) 验收内容；
- d) 验收问题。

8.1.4.2 验收情况应由各方验收人员签字确认。

8.1.4.3 验收合格的，应由施工单位项目技术负责人、监理单位总监理工程师、建设单位项目负责人等分别在验收记录上签字盖章，作为模板支撑系统合格的依据。

8.2 验收内容

8.2.1 材料验收

8.2.1.1 钢管

8.2.1.1.1 应检查钢管的产品质量合格证、质量检测报告等资料是否齐全。

8.2.1.1.2 钢管表面应平直光滑，不得有裂缝、结疤、分层、错位、硬弯、毛刺、压痕、深的划道及严重锈蚀等缺陷，严禁打孔。

8.2.1.1.3 钢管的外径及壁厚应符合设计要求，其偏差应在允许范围内，宜采用游标卡尺进行抽检，抽检数量应不少于 3%。

8.2.1.2 扣件

8.2.1.2.1 扣件应有生产许可证、产品质量合格证等资料。

8.2.1.2.2 扣件不允许有裂缝、变形、滑丝的螺栓存在。

8.2.1.2.3 扣件与钢管接触部位不应有氧化皮，活动部位应能灵活转动，旋转扣件两旋转面间隙应小于 1 mm。

8.2.1.2.4 扣件表面应进行防锈处理，抽检数量应为全数检查。

8.2.1.3 模板

8.2.1.3.1 模板应具有足够的强度、刚度和稳定性，表面应平整光洁，无明显的凹凸、变形、破损等缺陷。

8.2.1.3.2 木模板的材质应符合设计要求，不得使用腐朽、霉变的木材。

8.2.1.3.3 钢模板的焊缝应饱满、无夹渣、气孔等缺陷，其厚度和尺寸偏差应在允许范围内。

8.2.1.3.4 抽检数量宜按每批进场数量的 10% 进行。

8.2.1.4 其他构配件

8.2.1.4.1 其他构配件如可调托撑、脚手板、安全网等，也应检查其产品质量合格证、力学性能检验报告等资料，并对其外观质量和尺寸进行检查。

8.2.1.4.2 可调托撑丝杆与螺母捏合长度不得少于 4 扣 ~ 5 扣，丝杆直径不小于 36 mm，插入立杆内的长度不得小于 200 mm，可调托撑抗压承载力设计值应不小于 40 kN，支托板厚不应小于 5 mm。

8.2.1.4.3 脚手板不得有通透疤、扭曲变形、劈裂等影响安全使用的缺陷。

8.2.1.4.4 安全网绳不得损坏和腐朽，水平白色安全网宜使用锦纶安全网。

8.2.2 构配件安装验收

8.2.2.1 立杆

8.2.2.1.1 应检查立杆的间距、垂直度是否符合设计要求。

8.2.2.1.2 立杆间距的允许偏差为 ± 50 mm，宜采用钢卷尺进行测量。

8.2.2.1.3 立杆的垂直度偏差不得超过 ± 30 mm，宜采用经纬仪或吊线和卷尺进行测量。

8.2.2.1.4 在搭设过程中，每 2 m 高度的垂直度允许偏差为 ± 7 mm，10 m 高度的垂直度允许偏差为 ± 25 mm，20 m 高度的垂直度允许偏差为 ± 50 mm，30 m 高度的垂直度允许偏差为 ± 75 mm。

8.2.2.2 横杆

横杆的步距应符合设计要求，允许偏差为 ± 20 mm，水平杆的水平度偏差不得超过 3%，宜采用水平尺进行测量。

8.2.2.3 扫地杆

扫地杆应连续设置，距地面高度不应大于 200 mm，且应与立杆连接牢固，检查数量应为全数检查。

8.2.2.4 剪刀撑

8.2.2.4.1 剪刀撑的设置应符合设计及规范要求，应包括剪刀撑的角度、间距、与立杆的连接等。

8.2.2.4.2 剪刀撑每根斜杆须有 4 个与支撑架基本构件相连的固定点，且应周边交圈设置，并在架体内部设纵、横向的剪刀撑，在架体底部、中间和顶部设 3 道水平剪刀撑，检查数量应为全数检查。

8.2.2.5 扣件安装

8.2.2.5.1 主节点处各扣件中心点相互距离应 ≤ 150 mm。

8.2.2.5.2 同步立杆上两个相隔对接扣件的高差应 ≤ 500 mm。

8.2.2.5.3 立杆上的对接扣件至主节点的距离应 $\leq h/3$ (h 为步距)。

8.2.2.5.4 纵向水平杆上的对接扣件至主节点的距离应 $\leq$ 立杆间距/3。

8.2.2.5.5 扣件螺栓拧紧扭力矩应控制在 $40\text{ N}\cdot\text{m} \sim 65\text{ N}\cdot\text{m}$ 之间，宜采用扭力扳手进行抽检，抽检数量应按随机分布原则明确，且应不少于 10%。

8.2.3 整体稳定性验收

8.2.3.1 支撑系统的构造

应检查支撑系统的整体构造包括但不限于下列各项：

- a) 立杆的基础是否坚实、平整，有无不均匀沉降；
- b) 立杆底部与垫板是否有活动或悬空现象；
- c) 水平杆是否有松动现象；
- d) 支撑系统与框架柱等结构的连接是否牢固，是否进行抱柱拉接。

8.2.3.2 承载能力验算

8.2.3.2.1 应根据设计文件和相关规范，对模板支撑系统的承载能力进行验算。

8.2.3.2.2 应检查其是否能够满足施工过程中的各种荷载要求，包括混凝土自重、施工荷载、风荷载等。

8.2.3.2.3 验算时应考虑最不利荷载组合情况。

8.2.3.3 变形监测

8.2.3.3.1 应对模板支撑系统在施工过程中的变形情况进行监测。

8.2.3.3.2 模板的沉降预警值应根据跨度等因素明确。

8.2.3.3.3 跨度不大于 4 m 的模板，沉降预警值可设定为 8 mm ~ 10 mm。

8.2.3.3.4 跨度大于 4 m 且不大于 8 m 的模板，沉降预警值可设定为 10 mm ~ 15 mm。

8.2.3.3.5 跨度大于 8 m 的模板，沉降预警值应控制在 15 mm ~ 20 mm 以内。

8.2.3.3.6 当监测到的变形值接近或超过预警值时，应立即停止施工，采取相应的加固措施。

8.2.4 安全防护设施验收

8.2.4.1 临边防护

应检查模板支撑系统周边的临边防护设施是否设置齐全，防护栏杆的高度、间距、固定方式等是否符合安全要求，防护栏杆应牢固可靠，高度应不低于 1.2 m，横杆间距应不大于 0.6 m，且应设置挡脚板和防护网等。

8.2.4.2 洞口防护

对于模板支撑系统中的洞口，如楼梯口、电梯井口、预留洞口等，应检查其防护措施是否到位，防护盖板或防护栏杆的设置是否符合规范要求，防护设施应牢固可靠，能够防止人员和物体坠落。

8.2.4.3 安全网

应检查安全网的张挂是否严密、牢固，无破损、漏洞等缺陷，安全网的规格、材质应符合要求，水平安全网宜使用锦纶安全网，且应与支撑系统连接牢固，能够有效防止人员和物体坠落。

8.3 验收整改

8.3.1 问题记录与通知

8.3.1.1 在验收过程中，验收人员应将发现的问题详细记录下来，形成问题清单，并拍照或录像留证。

8.3.1.2 应根据问题的严重程度，由监理单位或建设单位向施工单位下达整改通知，明确整改内容、要求和期限。

8.3.1.3 整改通知应一式多份，分别由建设单位、监理单位、施工单位留存。

8.3.2 整改措施制定与实施

8.3.2.1 施工单位收到整改通知后,应立即组织相关人员对问题进行分析,制定切实可行的整改措施。

8.3.2.2 应按整改要求和期限组织实施整改工作。

8.3.2.3 整改措施应包括具体的整改方法、责任人、时间安排等内容。

8.3.3 整改跟踪与复查

8.3.3.1 监理单位应负责对施工单位的整改情况进行跟踪检查,督促施工单位按时完成整改工作。

8.3.3.2 在整改期限结束后,监理单位应组织相关人员对整改情况进行复查,复查时应对整改部位进行全面检查。

8.3.3.3 复查过程中应填写复查记录表,详细记录复查情况和结果,并由各方签字确认。

8.3.4 重新验收与处理

8.3.4.1 对于复查不合格的部位,监理单位应再次下达整改通知,要求施工单位继续进行整改,直至整改合格为止。

8.3.4.2 如经多次整改仍不合格,应组织相关专家对问题进行论证,制定专项整改方案,并经建设单位、监理单位批准后实施。

8.3.4.3 整改完成后,应重新组织验收,直至模板支撑系统通过验收为止。

9 维护与拆除

9.1 维护措施

9.1.1 日常检查

9.1.1.1 检查周期

应建立详细的定期检查计划,每周应至少一次全面检查,在浇筑混凝土前、浇筑过程中以及遭遇恶劣天气(如六级及以上大风、暴雨等)后,必须进行针对性检查。

9.1.1.2 检查人员

应明确检查责任人,应由工长及安全员等专业人员负责检查工作。

9.1.1.3 检查内容

9.1.1.3.1 应检查立杆、横杆、斜杆等杆件是否有松动、变形、弯曲、开裂或锈蚀等现象。

9.1.1.3.2 立杆垂直度偏差应控制在不超过 $1/500 H$ (H 为支撑架高度) 且不大于 50 mm。

9.1.1.3.3 横杆水平度偏差应不大于 $1/250 L$ (L 为横杆长度) 且不大于 20 mm。

9.1.1.3.4 应检查连接件如扣件等是否紧固,有无松动、缺损或锈蚀。

9.1.1.3.5 扣件拧紧力矩应控制在 $40 \text{ N} \cdot \text{m} \sim 65 \text{ N} \cdot \text{m}$ 之间。

9.1.1.3.6 应查看模板面板是否平整、无翘曲、无破损,接缝处是否严密,面板的平整度偏差应不超过 5 mm。

9.1.1.3.7 应检查安全防护设施如安全网、防护栏杆、踢脚板等是否完好、牢固。

9.1.2 清洁与除锈

应定期安排专业人员使用软毛刷或吸尘器清除模板支撑系统表面的灰尘和附着物,应至少每月进行一次全面清洁。

对于出现锈蚀的部分,应及时采用钢丝刷或砂纸进行除锈,并涂抹防锈漆进行保护,防锈漆的涂抹厚度应均匀,且不少于两道,每道厚度约为 $30\ \mu\text{m} \sim 40\ \mu\text{m}$ 。

9.1.3 润滑保养

9.1.3.1 应根据模板支撑系统的材质和使用环境,选择具有良好润滑性能和防锈性能的润滑油脂。

9.1.3.2 应定期对模板支撑系统的关键部位进行润滑油脂的更换,每三个月应进行一次。

9.1.3.3 每次使用前应检查润滑系统,如发现漏油、润滑不良等问题,应及时进行处理。

9.1.4 紧固件力矩检查与调整

9.1.4.1 应采用力矩扳手对模板支撑系统的紧固件进行力矩检查,每月应至少检查一次。

9.1.4.2 应对力矩不足的紧固件进行紧固,对力矩过大的紧固件应进行适当放松,避免对模板支撑系统造成损坏,并在调整后再次检查力矩。

9.2 拆除要求

9.2.1 拆除准备

9.2.1.1 拆除模板前,须进行针对性的安全技术交底,并做好记录,交底双方履行签字手续。同时,应办理拆除模板审批手续,经项目技术负责人、项目总监审批签字后方可拆除。

9.2.1.2 拆除前应检查所使用的工具有效和可靠,扳手等工具须装入工具袋或系在身上,并应检查拆模场所范围内的安全措施。

9.2.2 拆除顺序

9.2.2.1 应遵循先支后拆、后支先拆,先拆不承重模板、后拆承重部分的模板,自上而下,支架先拆侧向支撑,后拆竖向支撑的原则。

9.2.2.2 梁、板模板应先拆梁侧模,再拆板底模,最后拆除梁底模,并应分段分片进行,严禁成片撬落或成片拉拆。

9.2.2.3 在提前拆除互相搭连并涉及其他后拆模板的支撑时,应补设临时支撑,保障剩余模板支撑系统的稳定性。

9.2.3 高处作业要求

9.2.3.1 支拆模板时,2 m 以上高处作业须设置可靠的立足点,并配备相应的安全防护措施。

9.2.3.2 安全带应高挂低用,挂点应牢固可靠。

9.2.3.3 高处拆模板时,应符合有关高处作业的规定,严禁使用大锤和撬棍。

9.2.3.4 操作层上临时拆下的模板堆放不应超过 3 层,且应堆放整齐,防止滑落伤人。

9.2.4 混凝土强度要求

9.2.4.1 模板拆除前须有混凝土强度报告,强度达到规定要求后方可拆模。

9.2.4.2 对于超高层建筑的超高支模区域,模板须在混凝土强度达到设计要求的 100% 才拆除。

9.2.5 现场管理要求

模板的拆除工作应设专人指挥,作业区应设置围栏,其内不得有其他工种作业,并应设专人负责监护。

多人同时操作时，应明确分工、统一信号或行动，应具有足够的操作面，人员应站在安全处，严禁站在已拆或松动的模板上进行作业。

拆下的模板、零配件严禁抛掷，应妥善传递或用绳钩放下，及时清理并分类堆放，以便于后续的运输和保管。

9.2.6 特殊情况处理

拆模如遇到中途停歇，应将已拆松动、悬空、浮吊的模板或支架进行临时支撑牢固或相互连接稳固，对活动部件须一次拆除。
