

深圳市工程建设地方标准

SJG

SJG 134 – 2023

建设工程施工脚手架安全技术标准

Safety and Technical Standard of Scaffolding in Construction

2023 - 11 - 15 发布

2024 - 02 - 15 实施

深圳市住房和城乡建设局 发布

深圳市工程建设地方标准

建设工程施工脚手架安全技术标准

Safety and Technical Standard of Scaffolding in Construction

SJG 134 – 2023

2023 深 圳

前 言

根据深圳市住房和建设局关于《2020年深圳市工程建设标准制订、修订计划项目（第二批）》的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，结合深圳市的实际，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 材料、构配件；5. 荷载；6. 设计；7. 结构试验与分析；8. 构造要求；9. 搭设与拆除；10. 高大支模架安全自动监测；11. 质量控制；12. 安全管理。

本标准由深圳市住房和建设局批准发布，由深圳市住房和建设局业务归口并组织深圳市龙岗区建设工程质量检测中心等编制单位负责技术内容的解释。本标准实施过程中如有意见或建议，请寄送深圳市龙岗区建设工程质量检测中心（地址：深圳市龙岗区和谐路8号，邮编：518172），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：深圳市龙岗区建设工程质量检测中心
深圳市建筑工程质量安全监督总站
深圳市市政工程质量安全监督总站

本标准参编单位：东南大学
深圳市交通工程质量安全监督站
深圳市水务工程质量安全监督站
深圳市房屋安全和工程质量检测鉴定中心
中建二局第一建筑工程有限公司
中铁一局广州公司
深圳市天健第三建设工程有限公司
中国建筑第四工程局
中交（深圳）工程局有限公司
中国华西企业有限公司
湖南五恒模架股份有限公司
深圳市恒浩建工程项目管理有限公司
万科地产实业开发有限公司
华北易安德脚手架制造有限公司
上海宏金设备工程有限公司
天津鼎维固模架工程股份有限公司
深圳市华晟建设集团股份有限公司
杭州品茗安控信息技术股份有限公司
深圳太科技有限公司
深圳市精恒检测技术有限公司
深圳市博广源模架技术有限公司
深圳市铁木科技发展有限公司

本标准主要起草人员：李澄宙 刘小斌 李 波 周楚荣 张道修
田明华 汪全信 吴永钦 王永泉 郭 锋

	朱明亮	吴松涛	吕照君	蒋进波	刘 辉
	李 静	张译天	江 峰	舒国志	罗晓生
	龚 颖	梁 世	庄小学	郭云来	李攀文
	文献江	王亚强	龙绍章	徐 涛	刘 君
	吴 航	季建国	李衍航	马 明	陈兆荣
	徐 凯	刘建林	刘晓旭	何青长	陈志强
	张菊连	李泰炯	吴申申	魏建强	靳庆峨
	邓文梓	王小康	曾成刚	叶琳远	陈 剑
	杨国荣	肖明明	游彩艳	陈正照	陈 辉
	刘 伟	邓志飞	纪楚龙		
本标准主要审查人员：	葛兴杰	景 万	高 峰	韩明亮	梁伟桥
	陈英杰	张志铭			
本标准主要指导人员：	郑晓生	申新亚	李伟波	李伟雄	丁正红
	张之雁	曾志平	张 平		

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	基本规定	8
3.1	一般规定	8
3.2	安全等级和安全系数	8
4	材料、构配件	10
5	荷载	12
5.1	荷载的分类及标准值	12
5.2	荷载组合	14
6	设计	16
6.1	一般规定	16
6.2	作业脚手架承载力计算	20
6.3	满堂作业脚手架计算	23
6.4	支撑脚手架计算	24
6.5	悬挑脚手架支撑结构计算	28
6.6	立杆地基承载力验算	30
7	结构试验与分析	32
7.1	一般规定	32
7.2	架体试验与分析	33
7.3	构配件试验与分析	34
8	构造要求	36
8.1	一般规定	36
8.2	作业脚手架	37
8.3	悬挑脚手架	39
8.4	支撑脚手架	42
8.5	满堂作业脚手架	47
8.6	地基	48
9	搭设与拆除	49
10	高大支模架安全监测	50
10.1	一般规定	50
10.2	监测实施	51
10.3	监测周期及频率	52
10.4	数据处理和信息反馈	52
11	质量控制	54
11.1	一般规定	54

11.2	预压.....	55
11.3	样板引路验收制度.....	56
12	安全管理.....	57
12.1	一般规定.....	57
12.2	安全要求.....	57
附录 A	脚手架力学性能试验方法.....	59
附录 B	测点安装布设示意图.....	69
附录 C	脚手架的材料送检指南.....	71
附录 D	脚手架检查验收用表.....	72
附录 E	轴心受压构件的稳定系数.....	77
附录 F	盘扣式钢管支架重量表.....	81
	本标准用词说明.....	82
	引用标准名录.....	83
	附：条文说明.....	84

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	4
3	Basic Provisions	8
3.1	General Provisions	8
3.2	Safety Grade and Coefficient	8
4	Materials, Components and Accessories	10
5	Load Capacity	12
5.1	Classification and Standard of Loads	12
5.2	Loading Combinations	14
6	Design	16
6.1	General Provisions	16
6.2	Calculation for Working Scaffolding	20
6.3	Calculation for Birdcage Scaffolding or Shoring	23
6.4	Calculation for Shoring Scaffold	24
6.5	Calculation for Scaffolding Cantilever and Structure	28
6.6	Calculation for Vertical Component of Scaffolding Foundation Load Capacity	30
7	Structural Test and Analysis	32
7.1	General Provisions	32
7.2	Scaffolding Structure Load Test and Analysis	33
7.3	Test and Analysis of Components and Accessories	34
8	Requirement of Scaffolding Structure	36
8.1	General Provisions	36
8.2	Working Scaffolding	37
8.3	Cantilever Scaffolding	39
8.4	Shoring	42
8.5	Birdcage Scaffolding or Shoring	47
8.6	Foundation	48
9	Erection and Dismantling	49
10	Automatic Safety Monitoring of Template Engineering	50
10.1	General Provisions	50
10.2	Layout of the Monitoring Points	51
10.3	Cycle of the Monitoring Points	52
10.4	Data Processing and Information Feedback	52
11	Quality Control	54
11.1	General Provisions	54
11.2	Preloading	55

11.3	Inspection Requirements and Standards of Basic Sample Unit Guiding	56
12	Safety Management	57
12.1	General Provisions.....	57
12.2	Safety Requirements	57
Appendix A	Test Method for Scaffolding Mechanical Performance.....	59
Appendix B	Schematic Diagram of Installation and Layout of Measuring Points	69
Appendix C	Guidelines for Material Inspection	71
Appendix D	Check Table of Components Quality	72
Appendix E	Stability Coefficient of Axially Compressed Members	77
Appendix F	Disk Lock Steel Tubular Scaffold Weight Table (Reference)	81
	Explanation of Wording in the Standard.....	82
	List of Quoted Standards.....	83
	Addition: Explanation of Provisions.....	84

1 总 则

1.0.1 为规范深圳市建设工程施工脚手架设计、搭设与拆除、使用、质量和安全管理，做到技术先进、安全适用、经济合理，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于深圳市建设工程施工用脚手架的设计、施工、使用、质量和安全管理。

1.0.3 脚手架工程搭设和拆除作业前，应按本标准的规定对架体结构、结构件及立杆地基承载力进行设计计算，并应编制专项施工方案。

1.0.4 深圳市建设工程施工用脚手架的设计、施工、使用、质量和安全管理，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 脚手架 scaffold

由杆件或结构单元、配件通过节点可靠连接而组成，能承受相应荷载，具有安全防护功能，为建筑施工提供作业条件的结构架体，包括作业脚手架和支撑脚手架。

2.1.2 作业脚手架 working scaffolding

由杆件或结构单元、配件通过可靠连接而组成，支撑于地面、建筑物上或附着于工程结构上，为建筑施工提供作业平台和安全防护的脚手架；包括以各类不同杆件（构件）和节点形式构成的落地作业脚手架、悬挑脚手架、附着式升降脚手架等。简称作业架。

2.1.3 支撑脚手架 shoring scaffolding

由杆件或结构单元、配件通过节点可靠连接而组成，支撑于地面或结构上，可承受各种荷载，具有安全保护功能，为建筑施工提供支撑和作业平台的脚手架；包括以各类不同杆件（构件）和节点形式构成的结构安装支撑脚手架、混凝土施工用模板支撑脚手架等。

简称支撑架。

2.1.4 外挂防护架 safety guardrail and platform

由钢管扣件单排架体、钢结构连接件及预埋件组成，用于建筑主体结构施工的临边防护而分片设置的外防护架。

2.1.5 综合安全系数 comprehensive safety factor

脚手架结构或主要构配件总的安全系数，为脚手架结构或构配件极限承载力与其设计承载力的比值。

2.1.6 几何参数标准值 nominal values of geometrical parameters

设计确定的几何参数公称值，或根据实测结果经统计概率分布确定的几何参数的平均值。

2.1.7 架体构造 scaffolding structural form

由架体杆件、结构单元、配件组成的脚手架结构形式、连接方式及其相互关系。

2.1.8 脚手架结构试验 scaffolding structure test

通过施加荷载的检验方法评定脚手架结构或主要构配件力学性能的试验。

2.1.9 脚手架足尺结构试验 scaffolding application structure test

采用与实际使用脚手架典型结构单元尺寸大小及构造相同的原型样本所进行的脚手架结构性试验。

2.1.10 脚手架单元结构试验 scaffold structure unit test

采用与工程所用的脚手架相同的材料、构配件按特定构造要求搭设的试验架体所进行的脚手架结构试验。

2.1.11 高大支模架 massive shoring and forming structure in heights and load bearing

建设工程施工现场搭设高度 8m 及以上，或搭设跨度 18m 及以上，或门洞支架过梁跨度 6m 及以上，或施工均布荷载（设计值）15kN/m² 及以上，或线荷载（设计值）20kN/m 及以上，或点荷载（设计值）7kN/点及以上的混凝土模板支撑架。

2.1.12 连接件 connecting components

面板与楞梁的连接、面板的拼接、支撑架结构自身的连接和其中二者相互连接所用的构配件，包括卡销、螺栓、扣件、卡具、拉杆、销钉等。

2.1.13 单元框架 unit structure

由立杆、水平杆和竖向、水平向剪刀撑围成脚手架的矩形稳定单元结构架体。

2.1.14 立杆轴力 axial force of vertical components

作用方向与立杆轴线相重合的内力。

2.1.15 整体失稳 systematic instability

在荷载作用下，整个脚手架或单元框架发生不能再连续承载的变形或屈曲的状态。

2.1.16 局部失稳 partial instability

在荷载作用下，脚手架局部或部分杆件、构配件发生不能再继续承载的较大变形或屈曲的状态。

2.1.17 基准点 datum mark

为进行变形监测而布设的稳定的、不受外界环境干扰的测量控制点。

2.1.18 监测点 monitoring point

布设在支撑架上并能反映在外力作用下支撑系统变化特征的观测点。

2.1.19 模板自动监测 automatic monitoring of formwork and shoring structure

采用自动控制技术、通信技术、计算机网络技术、物联网技术、数据库技术等对模板支撑系统的受力、变形进行持续的数据采集、处理、分析和预警的自动控制方法。

2.1.20 应急处理预案 emergency plan

对潜在的或可能发生的突发事件而事先制定的应急处理方案。

2.1.21 立杆 vertical standard

在脚手架中竖向设置的杆件，为脚手架承担竖向力的杆件。

2.1.22 水平杆 horizontal standard

在脚手架中水平设置，为纵横向连接脚手架立杆的水平向杆件。

2.1.23 剪刀撑 diagonal brace

在脚手架竖向或水平向成对设置的交叉斜杆。

2.1.24 连墙件 wall tie

将脚手架架体与建筑主体结构连接，能够传递拉力和压力的刚性构件。

2.1.25 托座 u-head & screw u-head

安插在脚手架立杆顶端，承接上部荷载的构件，分为可调托座和固定托座。又称顶托、顶撑。

2.1.26 底座 base plate & screw base jack

安插在脚手架立杆下端，将立杆轴力传给基础的构件，分为可调底座和固定底座。又称底托、底撑。

2.1.27 加固杆 reinforcing member

用于增强脚手架空间刚度而设置的杆件，包括剪力撑、水平加固杆、斜撑杆、扫地杆。

2.1.28 扫地杆 bottom horizontal member

贴近楼（地）面设置，连接立杆根部的纵、横向水平杆件，包括纵向扫地杆、横向扫地杆。

2.1.29 连墙件间距 spacing of wall tie

脚手架相邻连墙件之间的距离，包括连墙件竖距、连墙件横距。

2.1.30 脚手架高度 scaffold height

作业脚手架为立杆底坐下皮至架顶栏杆上皮之间的垂直距离；支撑脚手架为立杆底坐下皮至架顶托坐上皮之间的垂直距离。

2.1.31 脚手架长度 scaffold length

脚手架纵向两端立杆外皮之间的水平距离。

2.1.32 脚手架宽度 scaffold width

脚手架横向两端立杆外皮之间的水平距离。

2.1.33 步距 scaffold lift height

在同一跨距内，上下相邻水平杆轴线间的距离。

2.1.34 立杆间距 scaffold bay width & bay length

相邻立杆间的水平距离。

2.1.35 扣件式钢管脚手架 tube and coupler scaffold

以扣件、钢管为主要材料搭设的，能承受荷载，为建筑施工提供安全作业条件的钢管脚手架。

2.1.36 盘扣式钢管脚手架 ringlock steel tubular scaffold

架体的水平杆和斜杆以杆端扣接头卡入立杆连接盘，采用楔形插销固定连接，能承受相应荷载，为建筑施工提供安全作业条件的钢管脚手架。

2.2 符 号

2.2.1 荷载、荷载效应

F_k ——永久荷载、可变荷载的荷载标准值；

F_{Jd} ——作用于脚手架杆件连接节点的荷载设计值；

F_{Wk} ——风荷载作用在作业层围挡（含模板）计算单元上产生的水平力标准值；

G_{Jk} ——支撑脚手架计算单元上集中堆放的物料自重标准值；

g_{1k} ——均匀分布的架体面荷载自重标准值；

g_{2k} ——均匀分布的架体上部的模板等物料面荷载自重标准值；

M_d ——脚手架受弯杆件弯矩设计值；

M_{Gk} ——受弯杆件由永久荷载产生的弯矩标准值；

M_O ——脚手架的倾覆力矩设计值；

M_{Ok} ——支撑脚手架计算单元在风荷载作用下的倾覆力矩标准值；

ΣM_{Qk} ——脚手架受弯杆件由可变荷载产生的弯矩标准值总和；

M_r ——脚手架的抗倾覆力矩设计值；

M_{Wd} ——脚手架立杆由风荷载产生的弯矩设计值；

M_{Wk} ——脚手架立杆由风荷载产生的弯矩标准值；

N_{ad} ——脚手架结构或构配件的荷载设计值；

N_{cd} ——永久荷载、可变荷载的荷载设计值；

N_d ——脚手架立杆轴向力设计值；

N_{Gk} ——脚手架立杆由永久荷载产生的轴向力标准值；

ΣN_{G1k} ——立杆由结构件及附件自重产生的轴向力标准值总和；

ΣN_{G2k} ——立杆由 N_{G1k} 以外的其他永久荷载产生的轴向力标准值总和；

N_{Ld} ——连墙件杆件由风荷载及其他作用产生的轴向力设计值；

N_0 ——由于连墙件约束作业脚手架的平面外变形所产生的轴向力设计值；

ΣN_{Q1k} ——立杆由施工荷载产生的轴向力标准值总和；

ΣN_{Q2k} ——立杆由其他可变荷载产生的轴向力标准值总和；

N_{Rjd} ——脚手架杆件连接节点的承载力设计值；

N_{RLd} ——连墙件与作业脚手架、连墙件与建筑结构连接的抗拉（压）承载力设计值；

N_{gK} ——作业脚手架沿架体高度方向每根立杆所承受的每米结构（含脚手板、栏杆、挡脚板、安全网等）自重标准值（kN/m）；
 N_{Wfk} ——支撑脚手架立杆由风荷载产生的最大附加轴力标准值；
 N_{WLd} ——连墙件杆件由风荷载产生的轴向力设计值；
 P ——脚手架立杆基础底面的平均压力设计值；
 P_k ——脚手架立杆基础底面的平均压力标准值；
 q_{Wk} ——风线荷载标准值；
 R_d ——脚手架结构、构配件的抗力设计值；
 R_u ——脚手架结构、构配件力学性能试验所得承载力极限值；
 ω_{fk} ——支撑脚手架风荷载标准值；
 ω_{mk} ——竖向封闭栏杆（模板）的风荷载标准值；
 ω_k ——风荷载标准值；
 ω_0 ——基本风压值；
 σ ——连墙件杆件应力值；
 v_{max} ——永久荷载标准组合作用下脚手架结构或构配件的最大变形值；
 v ——挠度。

2.2.2 材料、构件物理性能和抗力

f_a ——修正后的地基承载力特征值；
 $f_{cu.i}$ ——试件的强度实测值；
 $f_{cu.min}$ ——试件的最小强度值；
 f_d ——材料、杆件的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；
 f_k ——材料、构配件的抗拉、抗压和抗弯强度标准值；
 R_c ——扣件抗滑承载力设计值（kN），一个直角扣件应取 8.0kN；
 f_{mcs} ——试件的强度平均值；
 S_{fcu} ——试件强度标准差；
 $[v]$ ——脚手架结构或构件的变形规定限值。

2.2.3 几何参数

A ——脚手架立杆、连墙件杆件毛截面面积；
 A_c ——连墙件杆件净截面面积；
 A_d ——立杆底座底面积；
 A_n ——脚手架迎风面挡风面积；
 A_w ——脚手架迎风面面积；
 B ——支撑脚手架横向宽度；
 a ——支撑脚手架顶部立杆伸出顶层水平杆的长度（mm）；
 α_d ——脚手架几何参数设计值；
 α_k ——脚手架几何参数标准值；
 $\Delta\alpha$ ——脚手架几何参数附加量值；
 b_j ——支撑脚手架计算单元上集中堆放的物料至倾覆原点的水平距离；
 D ——钢管直径；
 H ——支撑脚手架高度；

- H_l ——连墙件竖向间距；
 H_m ——作业层竖向封闭栏杆（模板）高度；
 h ——步距；
 h' ——架体顶层步距（mm）；
 L_l ——连墙件水平间距；
 l_a ——立杆纵向间距；
 l_0 ——计算长度；
 i ——回转半径；
 θ ——立杆倾角监测报警值；
 d ——水平位移监测报警值；
 n ——计算单元跨数或试件组数；
 S ——钢管壁厚；
 W ——受弯杆件、立杆截面模量。

2.2.4 计算系数

- K_S ——钢丝绳安全系数；
 Φ ——脚手架挡风系数；
 φ ——立杆、连墙杆件的轴心受压构件的稳定系数；
 β ——脚手架结构、构配件综合安全系数；
 γ_G ——永久荷载分项系数；
 γ_m ——材料抗力分项系数；
 γ'_m ——材料强度附加系数；
 γ_n ——荷载分项系数；
 γ_0 ——结构重要性系数；
 γ_Q ——可变荷载分项系数；
 γ_u ——永久荷载和可变荷载分项系数加权平均值；
 μ_S ——风荷载体型系数；
 μ_{stw} ——支撑脚手架整体风荷载体型系数；
 μ_z ——风压高度变化系数；
 ψ_C ——施工荷载、其他可变荷载组合值系数；
 ψ_W ——风荷载组合值系数；
 ξ_1 ——作业脚手架立杆由风荷载产生的弯矩折减系数；
 ξ_2 ——支撑脚手架立杆由风荷载产生的弯矩折减系数；
 K_{12} ——立杆计算长度附加系数；
 μ_{11} ——扣件式钢管作业脚手架立杆计算长度系数；
 μ_{12} ——盘扣式钢管作业脚手架立杆计算长度系数；
 k_{21} ——扣件式钢管满堂作业脚手架立杆计算长度附加系数；
 μ_{21} ——考虑扣件式钢管满堂作业脚手架整体稳定因素立杆计算长度系数；
 β_H ——盘扣式钢管满堂作业脚手架高度调整系数；
 η ——盘扣式钢管满堂作业脚手架立杆计算长度修正系数；
 γ ——架体顶层步距修正系数；

- k_{31} ——扣件式钢管支撑脚手架立杆计算长度附加系数；
- μ_{31} 、 μ_{32} ——扣件式钢管支撑脚手架立杆计算长度系数；
- κ ——盘扣式钢管支撑脚手架顶部立杆伸出长度折减系数；
- f_a ——修正后的地基承载力特征值；
- K_c ——地基承载力修正系数；
- f_{ak} ——地基承载力特征值。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 在脚手架搭设和拆除作业前，应根据工程特点编制专项施工方案，并应经审批后组织实施。超过一定规模的脚手架工程专项施工方案应按有关规定组织专家论证。专项施工方案应包括下列内容：

- 1 工程概况和编制依据；
- 2 脚手架类型选择；
- 3 所用材料、构配件类型及规格；
- 4 结构与构造设计、施工图；
- 5 设计计算书；
- 6 安装、拆除施工计划；
- 7 安装、拆除技术要求；
- 8 质量控制措施；
- 9 安全控制措施；
- 10 应急预案。

3.1.2 脚手架的构造设计应能保证脚手架结构体系的稳定。

3.1.3 脚手架的设计、搭设、使用和维护应满足下列要求：

- 1 应能承受设计荷载，立杆地基承载力应满足设计要求。脚手架应构造合理、连接牢固搭设与拆除方便、使用安全可靠；
- 2 结构应稳固，不得发生影响正常使用的变形；
- 3 应满足使用要求，并应具有安全防护功能；
- 4 在使用中，脚手架结构不应发生明显改变；
- 5 当遇意外作用和偶然超载时，不得发生整体破坏；
- 6 脚手架所依附、承受的工程结构不应受到损害。

3.2 安全等级和安全系数

3.2.1 脚手架结构设计应根据脚手架种类、搭设高度和荷载采用不同的安全等级。脚手架安全等级的划分应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 脚手架的安全等级

落地作业脚手架		悬挑脚手架		满堂作业脚手架		支撑脚手架		安全等级
搭设高度 (m)	荷载标准值 (kN)	搭设高度 (m)	荷载标准值 (kN)	搭设高度 (m)	荷载标准值 (kN)	搭设高度 (m)	荷载标准值 (kN)	
≤40	—	≤20	—	≤16	—	≤8	≤15kN/m ² 或≤20kN/m或≤7kN/点	II
>40	—	>20	—	>16	—	>8	>15kN/m ² 或>20kN/m或>7kN/点	I

注：1 支撑脚手架的搭设高度、荷载中任一项不满足安全等级为 II 级的条件时，其安全等级应划为 I 级；

2 附着式升降脚手架安全等级均为 I 级。

3.2.2 在脚手架结构或构配件抗力设计值确定时，综合安全系数指标应满足下列要求：

表 3.2.2 综合安全系数指标

构配件、节点连接强度:	$\beta \geq 1.5$
作业脚手架稳定承载力:	$\beta \geq 2.0$
支撑脚手架、新研制的脚手架稳定承载力:	$\beta \geq 2.2$

$$\beta = \gamma_0 \cdot \gamma_u \cdot \gamma_m \cdot \gamma' \quad (3.2.2)$$

式中:

- β ——脚手架结构、构配件综合安全系数;
- γ_0 ——结构重要性系数,应根据本标准表 3.2.3 的规定取值;
- γ_u ——荷载分项系数加权平均值,对于作业脚手架取 1.395,对于支撑脚手架取 1.318;
- γ_m ——材料抗力分项系数;对于钢管脚手架应按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的有关规定取 1.165;
- γ' ——材料强度附加系数;构配件、节点连接强度取 0.923;作业脚手架稳定承载力取 1.231,支撑脚手架稳定承载力及新研制的脚手架稳定承载力取 1.433。

3.2.3 脚手架结构重要性系数 γ_0 ,应按表 3.2.3 的规定取值。

表 3.2.3 脚手架结构重要性系数 γ_0

结构重要性系数	承载力极限状态设计	
	安全等级	
	I	II
γ_0	1.1	1.0

3.2.4 脚手架所使用的钢丝绳承载力应具有足够的安全储备,钢丝绳安全系数 K_s 取值应符合下列规定:

- 1 重要结构用的钢丝绳应取 $K_s \geq 9$;
- 2 一般结构用的钢丝绳应取 $K_s = 6.0$;
- 3 用于手动起重设备的钢丝绳应取 $K_s = 4.5$;用于机动起重设备的钢丝绳应取 $K_s \geq 6.0$;
- 4 用作吊索,无弯曲时的钢丝绳应取 $K_s \geq 6.0$;有弯曲时的钢丝绳应取 $K_s \geq 8.0$;
- 5 缆风绳用的钢丝绳应取 $K_s = 3.5$ 。

4 材料、构配件

4.0.1 脚手架所用钢管宜采用符合现行国家标准《直缝电焊钢管》GB/T 13793 或《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091 中有关规定的普通钢管，其材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 中 Q235 级钢或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 中 Q355 级钢的有关规定。钢管外径、壁厚、外形允许偏差应符合表 4.0.1 的规定。

表 4.0.1 钢管外径、壁厚、外形允许偏差

偏差项目 钢管直径 (mm)	外径 (mm)	壁厚	外形偏差		
			弯曲度 (mm/m)	椭圆度 (mm)	管端截面
≤20	±0.3	±10%×S	1.5	0.23	与轴线垂直、无 毛刺
21~30	±0.5			2	
31~40					
41~50					
51~70	±1.0%×D		7.5/1000×D		

注：S 为钢管壁厚；D 为钢管直径。

4.0.2 脚手架所使用的型钢、钢板、圆钢应符合现行国家相关标准的有关规定，其材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 中 Q235B 级钢或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 中 Q355 级钢的有关规定。

4.0.3 铸铁或铸钢制作的构配件材质应符合现行国家标准《可锻铸铁件》GB/T 9440 中 KTH-330-08 或《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352 中 ZG270-500 的有关规定。

4.0.4 用于支撑脚手架的立杆材质应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 中 Q355 级钢的有关规定。建筑面积不小于 10000m²或政府投资的重点基础设施项目的作业脚手架的立杆材质应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 中 Q355 级钢的有关规定。

4.0.5 脚手板应满足强度、耐久性和重复使用要求，钢脚手板材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 中 Q235 级钢的有关规定。冲压钢板脚手板的钢板厚度不宜小于 1.5mm，板面冲孔内切圆直径应小于 25mm。

4.0.6 可调底座和可调托座应经设计计算后加工制作，其材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 中 Q235 级钢或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 中 Q355 级钢的有关规定，并应符合下列规定：

1 底座的钢板厚度应按产品标准规定设置，钢板与螺杆应采用环焊，焊缝高度不应小于钢板厚度，并宜设置加劲板；可调托撑应设置开口挡板，挡板高度应不低于 40mm；

2 可调底座和可调托座螺杆插入脚手架立杆钢管内的长度不得低于 150mm，螺杆与立杆钢管内径的配合公差必须小于 2.5mm；

3 可调底座和可调托座螺杆与可调螺母啮合的齿数，不得小于 4 扣，螺母厚度不得小于 30mm，承载力应高于立杆承载力。

4.0.7 材料、构配件几何参数的标准值，应采用设计规定的公称值；工厂化生产的构配件几何参数实测平均值应符合设计公称值。

4.0.8 钢筋吊环或预埋锚固螺栓材质应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010

的有关规定。

4.0.9 脚手架所用钢丝绳应符合现行国家标准《一般用途钢丝绳》GB/T 20118、《重要用途钢丝绳》GB 8918、《钢丝绳用普通套环》GB/T 5974.1 和《钢丝绳夹》GB/T 5976 的有关规定。

4.0.10 金属类脚手架的结构连接材料应符合下列规定：

1 手工焊接所采用的焊条应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117 或《热强钢焊条》GB/T 5118 的有关规定，选择的焊条型号应与所焊接金属物理性能相适应；

2 自动焊接或半自动焊接所采用的焊丝应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110、《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045、《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493 的有关规定，选择的焊丝和焊剂应与被焊金属物理性能相适应。

4.0.11 普通螺栓应符合现行国家标准《六角头螺栓—C级》GB/T 5780 的有关规定，其机械性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能、螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 的有关规定。

4.0.12 脚手架挂扣式连接、承插式连接的连接件应有防止退出或防止脱落的措施。

4.0.13 周转使用的脚手架杆件、构配件应制定维修检验标准，每使用一个安装拆除周期后，应及时检查、分类、维护、保养，对不合格品应及时报废，并形成文件记录。

4.0.14 脚手架构配件应具有良好的互换性，且可重复使用。构配件出厂质量应符合国家现行相关产品标准的要求，杆件、构配件的外观质量应符合下列要求：

1 不得使用带有裂纹、折痕、表面明显凹陷、严重锈蚀的钢管；

2 铸件表面应光滑，不得有砂眼、气孔、冷隔、裂纹、浇冒口残余等缺陷，表面粘砂应清除干净；

3 冲压件不得有毛刺、裂纹、明显变形、氧化皮等缺陷；

4 焊接件的焊缝应饱满，焊渣应清除干净，不得有未焊透、偏焊、夹渣、咬肉、裂纹等焊接缺陷。

4.0.15 脚手架所用扣件应符合现行国家标准《钢管脚手架扣件》GB 15831 的有关规定。

4.0.16 盘扣式钢管脚手架所用的构配件应符合行业标准《承插型盘扣式钢管支架构件》JG/T 503-2016 的有关规定。盘扣式钢管脚手架构件型号、规格、质量可按本标准附录 F 采用。

4.0.17 工厂化制作的构配件应有生产厂商的标志及材质标注。

4.0.18 脚手架材料与构配件应有产品质量合格证明文件。

5 荷 载

5.1 荷载的分类及标准值

- 5.1.1 作用于脚手架的荷载应分为永久荷载和可变荷载。
- 5.1.2 作业脚手架的永久荷载应包含下列内容：
- 1 作业脚手架结构件自重；
 - 2 其他构配件与防护设施自重。
- 5.1.3 支撑脚手架的永久荷载应包含下列内容：
- 1 架体结构自重；
 - 2 支撑脚手架上的模板及模板支承楞梁的自重；
 - 3 防护设施自重；
 - 4 支撑脚手架之上的建筑材料、存放物品的自重。
- 5.1.4 作业脚手架的可变荷载应包含下列内容：
- 1 施工荷载；
 - 2 风荷载。
- 5.1.5 支撑脚手架的可变荷载应包括下列内容：
- 1 施工荷载：包括施工作业人员、施工设备、浇筑和振捣混凝土时产生的荷载；
 - 2 水平荷载：包括作用在支架结构顶部的混凝土泵送荷载、倾倒混凝土、不均匀堆载等未预见因素产生的水平荷载；
 - 3 其他可变荷载：如支撑脚手架上振动设备产生的荷载；
 - 4 风荷载。
- 5.1.6 脚手架永久荷载标准值的取值应符合下列规定：
- 1 材料和构配件的自重荷载标准值可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定的自重值取值；
 - 2 工具和机械设备等产品可按通用的理论重量及相关标准的规定取其自重荷载标准值；
 - 3 可采取有代表性的抽样实测，并进行数理统计分析，可将实测平均值加上 2 倍的均方差作为其自重荷载标准值。
- 5.1.7 脚手板自重标准值宜按表 5.1.7 的规定取用。

表 5.1.7 脚手板自重标准值

类别	自重标准值 (kN/m ²)
冲压钢板脚手板	0.30
竹串片脚手板	0.35
木脚手板	0.35
竹笆脚手板	0.10
带框龟网钢脚手板带框麻纹钢板脚手板	0.15

- 5.1.8 栏杆与挡脚板自重标准值宜按表 5.1.8 的规定取用。

表 5.1.8 栏杆与挡脚板自重标准值

类别	自重标准值 kN/m ²
栏杆与冲压钢脚手板挡板	0.16
栏杆与竹串片脚手板挡板	0.17
栏杆与木脚手板挡板	0.17

5.1.9 脚手架上设置的安全网的自重标准值应按实际情况取值，密目式安全网、穿孔彩钢板安全网宜按表 5.1.9 的规定取值。

表 5.1.9 安全网的自重标准值

类别	自重标准值 kN/m ²
密目式安全网	0.01
带框穿孔彩钢板安全网厚度 0.7mm~1.2mm	0.05~0.08
带框穿孔铝板安全网厚度 0.7mm~1.5mm	0.04~0.05

注：穿孔彩钢板、穿孔铝板厚度界于表中所给的数据之间时，可按插入法取值。

5.1.10 对于模板及模板支撑楞梁自重标准值应根据模板设计图纸确定。对于一般无梁楼板结构、有梁楼板结构模板自重标准值，可按表 5.1.10 取用。

表 5.1.10 楼板模板自重标准值

类别	木模板 kN/m ²	组合钢模板 kN/m ²	铝合金模板 kN/m ²	塑料模板 kN/m ²
无梁楼板结构模板、楞梁	0.30	0.50	0.25	0.25
有梁楼板结构模板、楞梁（含结构梁）	0.50	0.75	0.30	0.35

5.1.11 脚手架可变荷载标准值的取值应符合下列规定：

1 作业脚手架作业层上的施工荷载标准值应根据实际情况确定，且不应低于表 5.1.11-1 的规定：

表 5.1.11-1 作业脚手架施工荷载标准值

序号	作业脚手架用途	施工荷载标准值 kN/m ²
1	砌筑工程作业	3.0
2	其他主体结构工程作业	2.0
3	装饰装修作业	2.0
4	防护	1.0

注：斜梯施工荷载标准值按其水平投影面积计算，取值不应低于 2.0kN/m²。

2 当作业脚手架上同时存在 2 个及以上作业层作业时，在同一跨距内各操作层的施工荷载标准值总和取值不得小于 5.0kN/m²；

3 支撑脚手架作业层上的施工荷载标准值应根据实际情况确定，且不应低于表 5.1.11-2 的规定：

表 5.1.11-2 支撑脚手架施工荷载标准值

类别		施工荷载标准值 (kN/m ²)
混凝土结构 模板支撑脚手架	一般	2.0 (桥梁 4.0)
	有水平泵管、布料机设置	4.0
	预制叠合板	1.5
钢结构安装 支撑脚手架	轻钢结构、轻钢空间网架结构	2.0
	普通钢结构	3.0
	重型钢结构	3.5
其它		≥2.0

4 支撑脚手架上移动的大型设备、大型工具等物品应按其自重计算可变荷载标准值。

5.1.12 脚手架上振动、冲击物体应按物体自重乘以动力系数取值计入可变荷载标准值，动力系数可取值为 1.35。

5.1.13 作用于脚手架上的水平风荷载标准值，应按下列式计算：

$$\omega_k = \mu_z \cdot \mu_s \cdot \omega_0 \quad (5.1.13)$$

式中：

ω_k ——风荷载标准值 (kN/m²)；

ω_0 ——基本风压值 (kN/m²)，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定取重现期 n=10 对应的风压值；

μ_z ——风压高度变化系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定取用；

μ_s ——风荷载体型系数，应按表 5.1.13 的规定取用。

表 5.1.13 脚手架风荷载体型系数 μ_s

背靠建筑物的状况	全封闭墙	敞开、框架和开洞墙
全封闭作业脚手架	1.0 Φ	1.3 Φ
敞开式支撑脚手架	μ_{stw}	

注：1 Φ 为脚手架挡风系数， $\Phi=1.2A_n/A_w$ ，其中： A_n 为脚手架迎风面挡风面积 (m²)， A_w 为脚手架迎风面面积 (m²)；

2 当采用密目安全网全封闭时，取 $\Phi=0.8$ ， μ_s 最大值取 1.0； μ_s 其他情形按实际取值计算；

3 μ_{stw} 为按多榀桁架确定的脚手架整体风荷载体型系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定计算。

5.1.14 高耸塔式结构、悬臂结构等特殊脚手架结构在水平风荷载标准值计算时，应计入风振系数。

5.2 荷载组合

5.2.1 脚手架设计应根据正常搭设和使用过程中在脚手架上可能同时出现的荷载，应按承载力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载组合，并应取各自最不利的荷载组合进行设计。

5.2.2 脚手架结构及构配件承载力极限状态设计时，应按下列规定采用荷载的基本组合：

1 作业脚手架荷载的基本组合应按表 5.2.2-1 的规定采用。

表 5.2.2-1 作业脚手架荷载的基本组合

计算项目	荷载的基本组合
水平杆强度； 悬挑脚手架悬挑支承结构强度、稳定承载力	永久荷载+施工荷载
立杆稳定承载力；	永久荷载+施工荷载+风荷载
连墙件强度、稳定承载力	风荷载+N ₀
立杆地基承载力	永久荷载+施工荷载

注：N₀为连墙件约束架体平面外变形所产生的轴向力设计值；

2 支撑脚手架荷载的基本组合应按表 5.2.2-2 的规定采用。

表 5.2.2-2 支撑脚手架荷载的基本组合

计算项目	荷载的基本组合
水平杆强度	永久荷载+施工荷载+其他可变荷载
立杆稳定承载力	永久荷载+施工荷载+其他可变荷载+风荷载
支撑脚手架倾覆	永久荷载+施工荷载及其他可变荷载+风荷载
立杆地基承载力	

注：1 表中的“+”仅表示各项荷载参与组合，而不表示代数相加；

2. 强度计算项目包括连接强度计算；

3. 立杆稳定承载力计算在室内或无风环境不组合风荷载；

4. 倾覆计算时，抗倾覆荷载组合计算可不计入可变荷载。

5.2.3 荷载组合值系数应按现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 的有关规定取用。

5.2.4 脚手架结构及构配件正常使用极限状态设计时，应按下列规定采用荷载的标准组合：

1 作业脚手架荷载的标准组合应按表 5.2.4-1 采用。

表 5.2.4-1 作业脚手架荷载标准组合

计算项目	荷载标准组合
水平杆挠度	永久荷载
悬挑脚手架水平型钢悬挑梁挠度	

2 支撑脚手架荷载的标准组合应按表 5.2.4-2 采用。

表 5.2.4-2 支撑脚手架荷载标准组合

计算项目	荷载标准组合
水平杆挠度	永久荷载

注：适用于支撑脚手架顶水平杆承重时的挠度计算。

6 设 计

6.1 一 般 规 定

6.1.1 脚手架设计应采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以分项系数设计表达式进行计算，按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

6.1.2 当脚手架出现下列状态之一时，应判定为超过承载能力极限状态：

1 结构件或连接件因超过材料强度而破坏，或因连接节点产生滑移而失效，或因过度变形而不适于继续承载；

2 整个脚手架结构或其一部分失去平衡；

3 脚手架结构转变为机动体系；

4 脚手架结构整体或局部杆件失稳；

5 地基失去继续承载的能力。

6.1.3 当脚手架出现下列状态之一时，应判定为超过正常使用极限状态：

1 影响正常使用的变形；

2 影响正常的其他状态。

6.1.4 脚手架应按正常搭设和正常使用条件进行设计，可不计入短暂作用、偶然作用、地震荷载作用。

6.1.5 脚手架应根据使用功能和环境进行设计，根据架体构造、搭设部位、使用功能、荷载等因素确定设计计算内容。

6.1.6 落地作业脚手架计算应包括下列内容：

1 水平杆件抗弯强度、挠度，节点连接强度；

2 立杆稳定承载力；

3 地基承载力；

4 连墙件强度、稳定承载力、连接强度；

5 缆风绳承载力及连接强度。

6.1.7 当采用型钢悬挑梁作为悬挑脚手架架体的支承结构时，应进行下列设计计算：

1 水平型钢悬挑梁的抗弯强度、整体稳定性和挠度；

2 型钢悬挑梁锚固件及其锚固连接的强度；

3 型钢悬挑梁下建筑结构的承载能力验算。

6.1.8 支撑脚手架计算应包括下列内容：

1 水平杆件抗弯强度、挠度，节点连接强度；

2 立杆稳定承载力；

3 架体抗倾覆能力；

4 地基承载力；

5 连墙件强度、稳定承载力、连接强度；

6 缆风绳承载力及连接强度。

6.1.9 脚手架结构设计时，应先对脚手架结构进行受力分析，明确荷载传递路径，选择具有代表性的最不利杆件或构配件作为计算单元。计算单元的选取应符合下列要求：

1 应选取受力最大的杆件、构配件；

2 应选取跨距、间距增大和几何形状、承力特性改变部位的杆件、构配件；

3 应选取架体构造变化处或薄弱处的杆件、构配件；

4 当脚手架上有集中荷载作用时，尚应选取集中荷载作用范围内受力最大的杆件、构配件。

6.1.10 当按脚手架承载能力极限状态设计时，应采用荷载设计值和强度设计值进行计算；当按脚手架正常使用极限状态设计时，应采用荷载标准值和变形限值进行计算。基本变量的设计值宜符合下列规定：

1 荷载设计值 N_{cd} 可按下式确定：

$$N_{cd} = \gamma_n F_k \quad (6.1.10-1)$$

式中：

N_{cd} ——荷载设计值 (kN)；

F_k ——荷载标准值 (kN)；

γ_n ——荷载分项系数。

2 材料强度设计值 f_d 可按下式确定：

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (6.1.10-2)$$

式中：

f_d ——材料强度设计值 (N/mm²)；

f_k ——材料强度标准值 (N/mm²)；

γ_m ——材料抗力分项系数。

3 几何参数设计值 a_d 可采用几何参数的标准值 a_k ；当几何参数的变异性对结构性能有明显影响时，几何参数设计值可按下式确定：

$$a_d = a_k \pm \Delta a \quad (6.1.10-3)$$

式中：

a_d ——脚手架材料、构配件、结构的几何参数设计值 (mm)；

a_k ——脚手架材料、构配件、结构的几何参数标准值 (mm)；

Δa ——脚手架材料、构配件、结构的几何参数附加量值 (mm)，应按实际测量值与标准值误差的加权平均值取值。

4 结构抗力设计值应根据脚手架结构和构配件试验与分析确定。

6.1.11 脚手架杆件连接节点的承载力设计值应符合下列规定：

1 立杆与水平杆连接节点的承载力设计值应不低于表 6.1.11-1 的规定值。

表 6.1.11-1 脚手架立杆与水平杆连接节点承载力设计值

节点类型	承载力设计值					
	转动刚度 (kNm/rad)	水平向抗拉 (压) (kN)	竖向抗压 (kN)		抗滑移 (kN)	
直角扣件 旋转扣件	30	8	单扣件	8	单扣件	8
			双扣件	12	双扣件	12
碗扣	20	30	25		—	
盘扣	20	30	40		—	
其他	根据试验确定					

注：1 表中数据是根据 $\phi 48\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 钢管和标准节点连接件经试验确定。

2 立杆与立杆连接节点的承载力设计值不应小于表 6.1.11-2 的规定值。

表 6.1.11-2 脚手架立杆与立杆连接节点的承载力设计值

节点连接形式	节点受力形式		承载力设计值 (kN)
承插式连接	压力	强度	与立杆抗压强度相同
		稳定	大于 1.5 倍立杆稳定承载力设计值
	拉力		15
对接扣件连接	压力	强度	大于 1.5 倍立杆稳定承载力设计值
		稳定	
	拉力 (滑移)		4

注：承插式连锁销宜采用直径 $d = 10$ 以上的钢筋。

6.1.12 受弯构件的挠度不应超过表 6.1.12 中规定的容许值。

表 6.1.12 受弯构件挠度容许值

构件类别	容许挠度 (v)
脚手板, 脚手架纵向、横向水平杆	Min (1/150, 10mm)
脚手架悬挑受弯构件	1/400
型钢悬挑脚手架悬挑钢梁	1/250

注： l 为受弯构件跨度，对悬挑杆件为其悬挑长度的 2 倍。

6.1.13 受压、受拉杆件的长细比不应超过表 6.1.13 中规定的容许值。

表 6.1.13 受压、受拉杆件的容许长细比

杆件类别	容许长细比 (λ)	
立杆	作业脚手架、支撑脚手架	210
	满堂作业脚手架	250
斜撑杆、剪刀撑斜杆		250
拉杆		350

6.1.14 底座、可调底座、托座、可调托座的设计承载力值不应低于 40kN。

6.1.15 钢管脚手架的钢材强度设计值等技术参数取值，应符合下列规定：

- 1 型钢、钢构件应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定；
- 2 焊接钢管、冷弯成型的厚度小于 6mm 的钢构件，应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的有关规定；
- 3 不应采用钢材冷加工效应的强度设计值，也不应采用钢材的塑性强度设计值。

6.1.16 脚手架构配件强度应按构配件净截面计算；构配件稳定性和变形应按构配件毛截面计算。

6.1.17 荷载分项系数取值应符合表 6.1.17 的规定。

表 6.1.17 荷载分项系数

脚手架种类	验算项目	荷载分项系数			
		永久荷载 γ_G		可变荷载	γ_Q
作业脚手架	强度、稳定承载力	1.3		1.5	
	地基承载力				
	挠度	1.0		0	
支撑脚手架	强度、稳定承载力	1.3		1.5	
	地基承载力				
	挠度	1.0		0	
	倾覆	有利	0.9	有利	0
不利		1.3	不利	1.5	

6.1.18 当脚手架按承载能力极限状态设计时，应符合下列要求：

1 脚手架结构或构配件的承载能力极限状态设计，应满足下式要求：

式中：

γ_0 ——结构重要性系数；

N_{ad} ——脚手架结构或构配件的荷载设计值（kN）；

R_d ——脚手架结构或构配件的抗力设计值（kN）。

2 脚手架抗倾覆承载能力极限状态设计，应满足下式要求：

$$\gamma_0 M_0 \leq M_r \quad (6.1.18-1)$$

式中：

M_0 ——脚手架的倾覆力矩设计值（kN·m）；

M_r ——脚手架的抗倾覆力矩设计值（kN·m）。

3 地基承载能力极限状态可采用分项系数法进行设计，地基承载力值应取特征值，并应满足下式要求：

$$P_k \leq f_a \quad (6.1.18-2)$$

式中：

P_k ——脚手架立杆基础底面的平均压力标准值（N/mm²）；

f_a ——修正后的地基承载力特征值（N/mm²）。

6.1.19 脚手架杆件连接节点承载力应满足下式要求：

$$\gamma_0 F_{Jd} \leq N_{RJd} \quad (6.1.19)$$

式中：

F_{Jd} ——作用于脚手架杆件连接节点的荷载设计值（kN）；

N_{RJd} ——脚手架杆件连接节点的承载力设计值（kN），应按本标准表 6.1.11-1、表 6.1.11-2 的规定取用。

6.1.20 脚手架所使用的钢丝绳应采用荷载标准值按容许应力法进行设计计算，钢丝绳的容许拉力值应按国家现行相关标准确定，安全系数应按本标准第 3.2.4 条的规定取用。

6.1.21 当脚手架搭设、依附在建筑结构上时，应按国家现行相关标准的有关规定对建筑结构进行强度和变形验算，当验算不能满足安全承载要求时，应根据验算结果采取相应的加固措施。

6.1.22 脚手架设计计算参数可按本标准附录 E 取用。

6.2 作业脚手架承载力计算

6.2.1 作业脚手架受弯杆件的强度应按下列公式计算：

$$\frac{\gamma_0 M_d}{W} \leq f_d \quad (6.2.1-1)$$

$$M_d = \gamma_G \sum M_{GK} + \gamma_Q \sum M_{QK1} \quad (6.2.1-2)$$

式中：

M_d ——作业脚手架受弯杆件弯矩设计值 (N·mm)；

W ——受弯杆件截面模量 (mm³)；

f_d ——杆件抗弯强度设计值 (N/mm²)；

γ_G ——永久荷载分项系数；

γ_Q ——施工荷载分项系数；

$\sum M_{GK}$ ——作业脚手架受弯杆件由永久荷载产生的弯矩标准值总和 (N·mm)；

$\sum M_{QK1}$ ——作业脚手架受弯杆件由作业层施工荷载产生的弯矩标准值总 (N·mm)。

6.2.2 作业脚手架纵向、横向水平杆挠度应符合下式规定：

$$v = [v] \quad (6.2.2)$$

式中：

v ——挠度；

$[v]$ ——容许挠度，应按本标准表 6.1.12 采用。

6.2.3 计算作业脚手架纵向水平杆的内力和挠度时，应符合下列规定：

1 对于扣件式钢管作业脚手架，纵向水平杆宜按三跨连续梁计算，计算跨度取立杆纵距；横向水平杆宜按简支梁计算，计算跨度取立杆横距；

2 除扣件式钢管作业脚手架外的其他类装配工具式脚手架，纵向、横向水平杆均应按简支梁计算，计算跨度分别取立杆纵距、立杆横距。

6.2.4 纵向、横向水平杆与立杆连接节点应符合本标准第 6.1.19 条的要求，对于扣件式钢管脚手架连接节点应满足下式规定：

$$N_R = R_c \quad (6.2.4)$$

式中：

N_R ——水平杆传给立杆的竖向作用力设计值；

R_c ——扣件抗滑承载力值，应按本标准表 6.1.11-1 取用。

6.2.5 作业脚手架立杆稳定承载力计算，应符合下列规定：

1 室内或无风环境搭设的作业脚手架立杆稳定承载力应按下式计算：

$$\frac{\gamma_0 N_d}{\varphi_A} \leq f_d \quad (6.2.5-1)$$

2 室外搭设的作业脚手架立杆稳定承载力应按下式计算：

$$\frac{\gamma_0 N_d}{\varphi_A} + \gamma_0 \frac{M_{Wd}}{W} \leq f_d \quad (6.2.5-2)$$

式中：

- N_d ——作业脚手架立杆的轴向力设计值 (N)，应按本标准式 (6.2.6) 计算；
- j ——立杆的轴心受压构件的稳定系数，应根据反映作业脚手架整体稳定因素的立杆长细比 λ 按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的有关规定取用；
- A ——作业脚手架立杆的毛截面面积 (mm²)；
- M_{wd} ——作业脚手架立杆由风荷载产生的弯矩设计值 (N·mm)，应按本标准式 (6.2.7-1) 计算；
- W ——作业脚手架立杆主截面模量 (mm³)；
- f_d ——立杆的抗压强度设计值 (N/mm²)。

6.2.6 作业脚手架立杆的轴向力设计值，应根据立杆的负荷面积按下式计算：

$$N_d = \gamma_G \sum N_{G1K} + \gamma_Q \sum N_{Q1K} \quad (6.2.6)$$

式中：

- $\sum N_{G1K}$ ——作业脚手架立杆由永久荷载产生的轴向力标准值总合 (N)；
- $\sum N_{Q1K}$ ——作业脚手架立杆由作业层施工荷载产生的轴向力标准值总和 (N)。

6.2.7 作业脚手架立杆由风荷载产生的弯矩设计值应按下列公式计算：

$$M_{wd} = \psi_w \gamma_Q M_{wk} \quad (6.2.7-1)$$

$$M_{wk} = 0.05 \xi_1 w_k l_a H_1^2 \quad (6.2.7-2)$$

式中：

- M_{wk} ——作业脚手架立杆由风荷载产生的弯矩标准值 (N·mm)；
- ψ_w ——风荷载组合值系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定取值；
- l_a ——立杆纵距 (mm)；
- H_1 ——连墙件竖向间距 (mm)；
- ξ_1 ——作业脚手架立杆由风荷载产生的弯矩折减系数，应按表 6.2.7 取用。

表 6.2.7 作业脚手架立杆由风荷载产生的弯矩折减系数

连墙件步距	扣件式	碗扣式	盘扣式
二步距	0.6	0.6	0.6
三步距	0.4	0.4	0.4

6.2.8 各类作业脚手架立杆轴心受压构件稳定系数 φ ，应根据其立杆长细比 λ 确定并应符合下式规定：

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad (6.2.8)$$

式中：

- λ ——长细比；
- l_0 ——立杆计算长度 (mm)；
- i ——立杆截面回转半径 (mm)，应根据钢管直径计算或查表选用。

6.2.9 扣件式钢管作业脚手架、盘扣式钢管作业脚手架的立杆计算长度值应按下列规定计算：

1 扣件式钢管作业脚手架的立杆计算长度应按下列式计算：

$$l_0 = K_{11} \mu_{11} h \quad (6.2.9-1)$$

式中：

- K_{11} ——立杆计算长度附加系数，取 1.155，当验算立杆容许长细比时，取 $K_{11}=1.0$ ；
 μ_{11} ——扣件式钢管作业脚手架立杆计算长度系数，应按表 6.2.9-1 取用；
 h ——步距。

表 6.2.9-1 扣件式钢管作业脚手架立杆计算长度系数 μ_{11}

类别	立杆横距	连墙件布置		
		二步二跨	二步三跨	三步三跨
双排作业脚手架	1.05	1.35	1.50	1.70
	1.30	1.43	1.55	1.75
	1.55	1.50	1.60	1.80

2 盘扣式钢管作业脚手架的立杆计算长度应按下列公式计算：

$$l_0 = \mu_{12}h \quad (6.2.9-2)$$

式中：

- μ_{12} ——盘扣式钢管作业脚手架立杆计算长度系数，应按表 6.2.9-2 取用；
 h ——盘扣式钢管作业脚手架最大步距。

表 6.2.9-2 盘扣式钢管作业脚手架立杆计算长度系数 μ_{11}

类别	连墙件布置	
	二步三跨	三步三跨
盘扣式双排作业脚手架	1.45	1.70

6.2.10 作业脚手架连墙件杆件的强度及稳定承载力应按下列公式计算：

强度：

$$\sigma = \frac{N_{Ld}}{A_c} \leq 0.85f_d \quad (6.2.10-1)$$

稳定承载力：

$$\sigma = \frac{N_{Ld}}{\varphi A} \leq 0.85f_d \quad (6.2.10-2)$$

$$N_{LD} = N_{WLD} + N_0 \quad (6.2.10-3)$$

式中：

- σ ——连墙件杆件应力值 (N/mm^2)；
 A_c ——连墙件杆件的净截面面积 (mm^2)；
 A ——连墙件杆件的毛截面面积 (mm^2)；
 N_{Ld} ——连墙件杆件由风荷载及其他作用产生的轴向力设计值 (N)；
 N_{WLD} ——连墙件杆件由风荷载产生的轴向力设计值 (N)；
 φ ——连墙件杆件的轴心受压构件的稳定系数，应根据其长细比 λ 按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的有关规定取用，详情参考附录 E；
 N_0 ——由于连墙件约束作业脚手架的平面外变形所产生的轴向力设计值，双排作业脚手架取 3.0kN。

6.2.11 风荷载作用于连墙件产生的轴向力设计值应按下列公式计算：

$$N_{WLD} = r_Q \omega_k \cdot L_1 \cdot H_1 \quad (6.2.11)$$

式中：

L_1 ——连墙件水平间距 (mm);

H_1 ——连墙件竖向间距 (mm)。

6.2.12 作业脚手架连墙件与架体、连墙件与建筑结构连接的连接强度应符合下式要求:

$$N_{Ld} \leq N_{RLd} \quad (6.2.12)$$

式中:

N_{RLd} ——连墙件与作业脚手架、连墙件与建筑结构连接的抗拉(压)承载力设计值(N),应根据国家现行相关标准规定计算。

6.2.13 当采用钢管扣件做连墙件时,扣件抗滑承载力的验算应满足下式要求:

$$N_{Ld} \leq R_c \quad (6.2.13)$$

式中:

R_c ——扣件抗滑承载力设计值(kN),应按本标准表 6.1.11-1 取用。

6.2.14 作业脚手架的容许搭设高度应按下列公式计算,并应取其计算结果的较小者:

无风环境时:

$$[H] = \frac{\varphi A f_d - r_0 r_Q \sum N_{Q1K}}{r_0 r_G N_{gK}} \quad (6.2.14-1)$$

有风环境时:

$$[H] = \frac{\varphi A \left(f_d - \frac{r_0 M_{Wd}}{W} \right) - r_0 r_Q \sum N_{Q1K}}{r_0 r_G N_{gK}} \quad (6.2.14-2)$$

式中:

$[H]$ ——作业脚手架容许搭设高度(m);

N_{gK} ——作业脚手架沿架体高度方向每根立杆所承受的每米结构(含脚手板、栏杆、挡脚板、安全网等)自重标准值(kN/m)。

6.3 满堂作业脚手架计算

6.3.1 满堂作业脚手架承受荷载的受弯水平杆的计算应符合本标准第 6.2.1 条~第 6.2.4 条的规定。

6.3.2 满堂作业脚手架立杆稳定承载力计算应按本标准式(6.2.5-1)、式(6.2.5-2)计算。由风荷载产生的立杆弯矩设计值 M_{Wd} ,可按本标准式(6.2.7-1)计算。由风荷载产生的立杆弯矩标准值 M_{Wk} 应按下式计算:

$$M_{Wk} = \frac{l_a W_k h^2}{10} \quad (6.3.2)$$

式中:

M_{Wk} ——满堂作业脚手架立杆由风荷载产生的弯矩标准值(N/mm²);

W_k ——满堂作业脚手架风荷载标准值(N/mm²),应以单榀桁架体型系数 μ_{st} 按标准式(5.1.13)计算;

l_a ——立杆纵距(mm);

h ——步距(mm)。

6.3.3 满堂作业脚手架计算立杆段的轴向力设计值 N_d 应按本标准式(6.2.6)计算,施工荷载产生的轴向力标准值总和 $\sum N_{Q1K}$,可按所选取计算部位立杆的负荷面积计算。

6.3.4 满堂作业脚手架立杆轴心受压构件稳定系数 φ ,应按本标准第 6.2.8 条的规定确定,脚手架立杆计算长度应按下列规定计算:

1 扣件式钢管满堂作业脚手架的立杆计算长度应按下式计算:

$$l_0 = k_{21} \mu_{21} h \quad (6.3.4-1)$$

式中：

- k_{21} ——扣件式钢管满堂作业脚手架立杆计算长度附加系数应按表 6.3.4-1 取用；
- μ_{21} ——考虑扣件式钢管满堂作业脚手架整体稳定因素立杆计算长度系数，应按本标准表 6.3.4-2 取用；
- h ——步距。

表 6.3.4-1 扣件式钢管满堂作业脚手架立杆计算长度附加系数

架体高度 H (m)	H ≤ 20	20 < H ≤ 30	30 < H ≤ 36
21k	1.155	1.191	1.204

表 6.3.4-2 扣件式钢管满堂作业脚手架立杆计算长度系数 u_{21}

步距 (m)	立杆间距 (m)			
	1.5×1.5	1.2×1.2	1.0×1.0	0.9×0.9
1.8	2.270	2.176	2.079	2.017
1.5	2.765	2.505	2.377	2.335
1.2	3.211	2.971	2.825	2.758

注：1 步距和立杆间距在两组之间时， u_{21} 可按线性插值；
2 架体高宽比不应大于 3。

2 盘扣式钢管满堂作业脚手架立杆计算长度应按下列公式计算，并应取较大值：

$$l_0 = \beta_H \eta h \quad (6.3.4-2)$$

$$l_0 = \beta_H \gamma h' \quad (6.3.4-3)$$

式中：

- β_H ——盘扣式钢管满堂作业脚手架高度调整系数，按表 6.3.4-3 取用；
- η ——盘扣式钢管满堂作业脚手架立杆计算长度修正系数 h 为 1.0m 及以下时取 1.5； h 为 1.5m 时，取 1.05； h 为 2.0m 时，取 1.15；
- γ ——架体顶层步距修正系数， h' 为 1.5m 及以下时，取 0.9m； h' 为 0.5m 时，取 1.5；
- h' ——架体顶层步距。

表 6.3.4-3 盘扣式钢管满堂作业脚手架高度调整系数 β_H

高度 (m)	H ≤ 8	8 < H ≤ 16	16 < H ≤ 24	H > 24
β_H	1.00	1.05	1.10	1.20

6.3.5 满堂作业脚手架的施工荷载值宜控制在 2kN/m² 以内。

6.4 支撑脚手架计算

6.4.1 支撑脚手架可根据施工场所选择的脚手架类型、建筑结构和荷载情况确定架体的结构、构造和布置方式，并应根据架体的不同布置方式分别选取有代表性的最不利的计算单元进行计算。

6.4.2 支撑脚手架承受荷载的受弯杆件应按本标准第 6.2.1 条～第 6.2.4 条的规定进行计算。

6.4.3 支撑脚手架立杆稳定承载力计算，应符合下列规定：

1 室内或无风环境搭设的支撑脚手架立杆稳定承载力，应按本标准式 (6.2.5-1) 计算，立杆的轴向力设计值应按本标准式 (6.4.4-1) 计算；

2 室外搭设的支撑脚手架立杆稳定承载力，应分别按本标准式（6.2.5-1）、式（6.2.5-2）计算，并应同时满足稳定承载力要求。应符合下列规定：

- 1) 当按式（6.2.5-1）计算时，立杆的轴向力设计值应按本标准式（6.2.4-2）计算；
 - 2) 当按式（6.2.5-2）计算时，立杆的轴向力设计值应按本标准式（6.2.4-1）计算；
- 立杆由风荷载产生的弯矩设计值应按本标准 6.4.5 条计算；

6.4.4 支撑脚手架立杆轴向力设计值计算，应符合下列规定：

- 1 不组合由风荷载产生的立杆附加轴向力时，应按下列式计算：

$$N_d = \gamma_G(\sum N_{G1K} + \sum N_{G2K}) + \gamma_Q(\sum N_{Q1K} + \psi_c \sum N_{Q2K}) \quad (6.4.4-1)$$

- 2 组合由风荷载产生的立杆附加轴向力时，应按下列式计算：

$$N_d = \gamma_G(\sum N_{G1K} + \sum N_{G2K}) + \gamma_Q(\sum N_{Q1K} + \psi_c \sum N_{Q2K} + \psi_w N_{wfk}) \quad (6.4.4-2)$$

式中：

- N_d ——支撑脚手架立杆的轴向力设计值（N）；
- $\sum N_{G1K}$ ——支撑脚手架立杆由结构件和附件的自重产生的轴向力标准值总和（N）；
- $\sum N_{G2K}$ ——支撑脚手架立杆由施工荷载产生的轴向力标准值总和（N）；
- $\sum N_{Q1K}$ ——支撑脚手架立杆由其他可变荷载产生的轴向力标准值总和（N）；
- N_{wfk} ——支撑脚手架立杆由风荷载产生的最大附加轴向力标准值（N），应按本标准式（6.2.16）计算。

6.4.5 支撑脚手架立杆由风荷载产生的弯矩设计值应按本标准式（6.2.7-1）计算，弯矩标准值应按本标准式（6.3.2）计算。

6.4.6 支撑脚手架立杆轴心受压构件的稳定系数 j ，应根据反映支撑脚手架整体稳定因素的立杆长细比入按现行国家标准《冷弯壁型钢结构技术规范》GB 50018 的有关规定取用。立杆长细比入应按本标准式（6.2.8）进行计算。

6.4.7 支撑脚手架立杆计算长度的确定，应符合下列规定：

- 1 扣件式钢管支撑脚手架的立杆计算长度应按下列公式计算，并应取较大值：

顶部立杆段：

$$l_0 = k_{31} \mu_{31} (h + 2a) \quad (6.4.7-1)$$

非顶部立杆段：

$$l_0 = k_{31} \mu_{32} h \quad (6.4.7-2)$$

式中：

- k_{31} ——扣件式钢管支撑脚手架立杆计算长度附加系数，应按表 6.4.7-1 取用；
- a ——立杆伸出顶层水平杆的长度（含顶托），应不大于 0.5m；
- μ_{31} 、 μ_{32} ——扣件式钢管支撑脚手架立杆计算长度系数，按表 6.4.7-2、表 6.4.7-3 取用。

表 6.4.7-1 扣件式钢管支撑脚手架立杆计算长度附加系数 k_{31}

高度（m）	$H \leq 8$	$8 < H \leq 10$	$10 < H \leq 20$	$20 < H \leq 30$
k_{31}	1.155	1.185	1.217	1.291

注：当验算立杆长细比时，取 $k = 1.000$ 。

表 6.4.7-2 扣件式钢管支撑脚手架立杆计算长度系数 μ_{31}

步距（m）	立杆间距（m）											
	1.2×1.2		1.0×1.0		0.9×0.9		0.75×0.75		0.6×0.6		0.4×0.4	
	$a=0.5$ (m)	$a=0.2$ (m)	$a=0.5$ (m)	$a=0.2$ (m)	$a=0.5$ (m)	$a=0.2$ (m)	$a=0.5$ (m)	$a=0.2$ (m)	$a=0.5$ (m)	$a=0.2$ (m)	$a=0.5$ (m)	$a=0.2$ (m)
1.8	1.226	1.507	1.165	1.432	1.131	1.388	1.097	1.340	1.058	1.299	1.021	1.253
1.5	1.298	1.649	1.241	1.574	1.215	1.540	1.188	1.505	1.162	1.471	1.136	1.435
1.2	1.403	1.869	1.352	1.799	1.301	1.719	1.257	1.669	1.207	1.579	1.156	1.579
0.9	1.599	2.282	1.532	2.153	1.473	2.066	1.422	2.005	1.599	2.251	1.599	2.257
0.6	1.872	2.821	1.769	2.711	1.699	2.622	1.629	2.526	1.839	2.846	1.839	2.846

注：1 步距在上表数值之间时， μ_{31} 值按线性插入值；

- 2 立杆纵向、横向间距不同时取较大间距对应的 μ_{31} 值；
 3 立杆间距为 $0.9\text{m}\times 0.6\text{m}$ 时，与立杆间距 $0.75\text{m}\times 0.75\text{m}$ 时的 μ_{31} 值相同。

表 6.4.7-3 扣件式钢管支撑脚手架立杆计算长度系数 m_{32}

步距 (m)	立杆间距 (m)					
	1.2×1.2	1.0×1.0	0.9×0.9	0.75×0.75	0.6×0.6	0.4×0.4
1.8	1.841	1.750	1.697	1.617	1.535	1.454
1.5	2.089	1.993	1.951	1.879	1.807	1.735
1.2	2.492	2.399	2.292	2.225	2.140	2.055
0.9	3.124	3.109	2.985	2.896	2.251	2.166
0.6	4.547	4.531	4.371	4.211	4.201	4.201

注：同表 6.4.7-2。

2 盘扣式钢管支撑脚手架立杆计算长度应按下列公式计算，并应取较大值：

$$l_0 = \beta_H \eta h \quad (6.4.7-3)$$

$$l_0 = \beta_H \gamma h' + 2ka \quad (6.4.7-4)$$

式中：

- a ——立杆伸出顶层水平杆的长度（含托座）（mm）；
 h ——步距，取最大值（mm）；
 h' ——架体顶层步距（mm）；
 ν ——立杆计算长度修正系数， $h \leq 1.0\text{m}$ 时，取 1.5； $h=1.5\text{m}$ 时，取 1.05；
 γ ——架体顶层步距修正系数， h' 为 1.5m、1.0m时，取 0.9； h' 为 0.5m时，取 1.5；
 β_H ——盘扣式钢管支撑脚手架高度调整系数按本标准表 6.3.4-2 取值；
 k ——盘扣式钢管支撑脚手架顶部立杆伸出长度折减系数，取 0.6。

6.4.8 除混凝土模板支撑脚手架以外，室外搭设的支撑脚手架在立杆轴向力设计值计算时，应计入由风荷载产生的立杆附加轴向力，但当同时满足表 6.4.8 中某一序号条件时，可不计入由风荷载产生的立杆附加轴向力。

表 6.4.8 支撑脚手架可不计算由风荷载产生的立杆附加轴向力条件

序号	基本风压值 w_0 (kN/m^2)	架体高宽比 (H/B)	作业层上竖向封闭栏杆 (模板) 高度 (m)
1	≤ 0.2	≤ 2.5	≤ 1.2
2	≤ 0.3	≤ 2.0	≤ 1.2
3	≤ 0.4	≤ 1.7	≤ 1.2
4	≤ 0.5	≤ 1.5	≤ 1.2
5	≤ 0.6	≤ 1.3	≤ 1.2
6	≤ 0.7	≤ 1.2	≤ 1.2
7	≤ 0.8	≤ 1.0	≤ 1.2
8	按构造要求设置了连墙件或采取了其他防倾覆措施		

6.4.9 支撑脚手架连墙件杆件的强度及稳定承载力应按本标准第 6.2.10 条的规定进行计算， N_0 应取 3.0kN；并应符合下列规定：

1 当连墙件用来抵抗水平风荷载时，应按本标准第 6.2.11 条的规定计算连墙件所承受的水平风荷载标准值 N_{wLd} ，并按多榀桁架整体风荷载体型系数 μ_{stw} 计算支撑脚手架风荷载标准值 w_{fk} ；

2 当连墙件用来抵抗其他水平荷载时， N_{wLd} 应取其他水平荷载标准值；

3 当采用钢管抱箍等连接方式与建筑结构固定时，尚应对连接节点进行连接强度计算。

6.4.10 风荷载作用在支撑脚手架上的倾覆力矩计算（图 6.4.10），可取支撑脚手架的一列横向（取短边方向）立杆作为计算单元，作用于计算单元架体的倾覆力矩宜按下列公式计算：

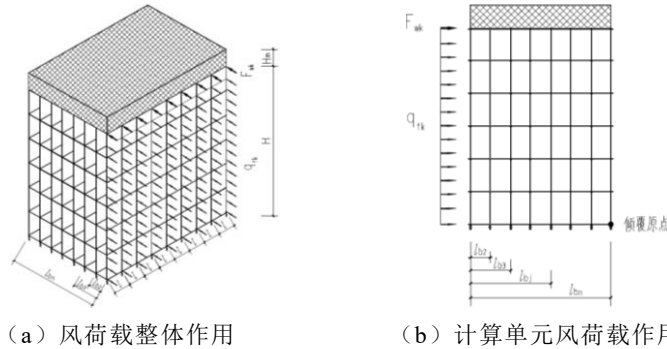


图 6.4.10 风荷载作用示意

$$M_{Ok} = \frac{1}{2} H^2 q_{wk} + H F_{wk} \quad (6.4.10-1)$$

$$q_{wk} = l_a w_{fk} \quad (6.4.10-2)$$

$$F_{wk} = l_a H_m w_{mk} \quad (6.4.10-3)$$

式中：

M_{Ok} ——支撑脚手架计算单元在风荷载作用下的倾覆力矩标准值（N·mm）；

H ——支撑脚手架高度（mm）；

H_m ——作业层竖向封闭栏杆（模板）高度（mm）；

q_{wk} ——风线荷载标准值（N/mm）；

F_{wk} ——风荷载作用在作业层栏杆（模板）上产生的水平力标准值（N）；

l_a ——立杆纵距（mm）；

w_{fk} ——支撑脚手架风荷载标准值（N/mm²），应以多榀桁架整体风荷载体型系数 μ_{stw} 按本标准式（5.1.13）计算；

w_{mk} ——竖向封闭栏杆（模板）的风荷载标准值（N/mm²），应按本标准式（5.1.13）计算。

6.4.11 支撑脚手架在风荷载作用下，计算单元立杆产生的附加轴向力可近似按线性分布确定，并可按下式计算立杆最大附加轴向力（图 6.4.11）：

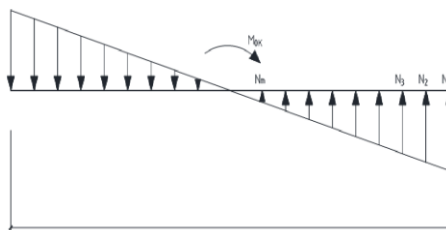


图 6.4.11 风荷载作用下立杆附加轴向力分布示意

$$N_{wfk} = \frac{6n}{(n+1)(n+2)} \times \frac{M_{Ok}}{B} \quad (6.4.11)$$

式中：

- N_{Wfk} ——支撑脚手架立杆在风荷载作用下的最大附加轴向力标准值 (N)；
- n ——计算单元跨数；
- B ——支撑脚手架横向宽度 (mm)。

6.4.12 在水平风荷载的作用下，支撑脚手架抗倾覆承载力应满足下式要求：

$$B^2 l_a (g_{1k} + g_{2k}) + 2 \sum_{j=1}^k G_{jk} b_j \geq 3\gamma_0 M_{ok} \quad (6.4.12)$$

式中：

- g_{1k} ——均匀分布的架体面荷载自重标准值 (N/mm²)；
- g_{2k} ——均匀分布的架体上部的模板等物料面荷载自重标准值 (N/mm²)；
- G_{jk} ——支撑脚手架计算单元上集中堆放的物料自重标准值 (N)；
- b_j ——支撑脚手架计算单元上集中堆放的物料至倾覆原点的水平距离 (mm)。

6.4.13 支撑脚手架同时满足表 6.4.13 某一序号条件时，可不进行风荷载作用下的抗倾覆验算。

表 6.4.13 支撑脚手架可不进行抗倾覆验算条件

条件序号	基本风压值 kN/m ²	架体高宽比	作业层上竖向封闭栏杆（模板）高度 (m)
1	0.3	≤2.0	≤1.2
2	0.5	≤1.5	≤1.2
3	采取抗倾覆措施		

注：基本风压值，架体高宽比介于中间值时，可取插值。

6.5 悬挑脚手架支撑结构计算

6.5.1 悬挑脚手架应根据建筑结构情况布置架体的支撑结构，支撑结构布置宜连续、间距均等，并应选取有代表性的支撑结构单元进行计算。

6.5.2 悬挑脚手架作用于立杆上的轴向力设计值 N_d ，应根据悬挑脚手架分段搭设高度和立杆负荷面积按本标准式 (6.2.6) 计算。

6.5.3 型钢悬挑梁的抗弯强度应按下列公式计算：

$$\sigma = \frac{\gamma_0 M_{\max}}{W_n} \leq f \quad (6.5.3-1)$$

$$M_{\max} = N_d (l_{c1} + l_{c2}) + 0.6ql_{c1}^2 \quad (6.5.3-2)$$

式中：

- σ ——型钢悬挑梁应力值 (N/mm²)；
- M_{\max} ——型钢悬挑梁计算截面最大弯矩设计值 (N·mm)；
- W_n ——型钢悬挑梁净截面模量 (mm³)；
- f ——钢材的抗弯强度设计值；
- N_d ——悬挑脚手架立杆的轴向力设计值 (N)；
- l_{c1} ——悬挑脚手架外立杆至建筑结构楼层板边支承点的距离 (mm)，可取外立杆中心至板边距离加 100mm；
- l_{c2} ——悬挑脚手架内立杆至建筑结构楼层板边支承点的距离 (mm)，可取内立杆中心至板边距离加 100mm；

q ——型钢梁自重线荷载标准值 (N/mm)。

6.5.4 型钢悬挑梁的整体稳定性应按下列公式验算：

$$\frac{\gamma_0 M_{\max}}{\varphi_b W} \leq f \quad (6.5.4)$$

式中：

φ_b ——型钢悬挑梁的整体稳定性系数，应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定采用；
 W ——型钢悬挑梁毛截面模量。

6.5.5 型钢悬挑梁的挠度 (图 6.5.5) 应按下列公式计算：

$$v_{\max} \leq [v_T] \quad (6.5.5-1)$$

$$v_{\max} = \frac{N_k}{6EI} (2l_{c1}^3 + 2l_c l_{c1}^2 + 2l_c l_{c1} l_{c2} + 3l_{c1} l_{c2}^2 - l_{c2}^3) \quad (6.5.5-2)$$

$$N_k = \sum N_{G1K} + \sum N_{Q1K} \quad (6.5.5-3)$$

式中：

$[v_T]$ ——型钢悬挑梁挠度允许值，取 $l_{c1}/200$ ；
 v_{\max} ——型钢悬挑梁最大挠度 (mm)；
 N_k ——悬挑脚手架立杆的轴向力标准值 (N)；
 E ——钢材弹性模量；
 I ——型钢悬挑梁毛截面惯性矩 (mm^4)；
 l_c ——型钢悬挑梁锚固点中心至建筑结构楼层板边支承点的距离 (mm)，可取型钢悬挑梁锚固点中心至板边距离减 100mm。

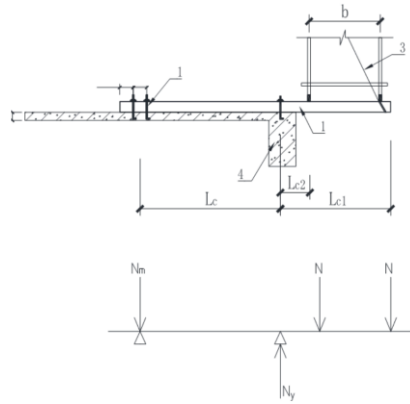


图 6.5.5 悬挑脚手架型钢悬挑梁构造与计算示意

1—型钢悬挑梁；2—压点钢板；3—钢丝绳；4—建筑主体结构

6.5.6 将型钢悬挑梁锚固在主体结构上的 U 型钢筋拉环或螺栓的强度应按下列公式计算：

$$\sigma = \frac{N_m}{A_1} \leq f_1 \quad (6.5.6-1)$$

$$N_m = \frac{N_d(l_{c1} + l_{c2})}{l_c} \quad (6.5.6-2)$$

式中：

σ ——U 型钢筋拉环或螺栓应力值 (N/mm^2)；
 N_m ——型钢悬挑梁锚固段压点 U 型钢筋拉环或螺栓拉力设计值 (N)；
 A_1 ——U 型钢筋拉环净截面面积或螺栓的有效截面面积 (mm^2)；

f_1 ——U 型钢筋拉环或螺栓抗拉强度设计值，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定取 $f_1=50\text{N/mm}^2$ 。

6.5.7 当型钢悬挑梁锚固段压点处采用 2 个（对）及以上的 U 型钢筋拉环或螺栓锚固连接时，其钢筋拉环或螺栓的承载能力应乘以 0.85 的折减系数。

6.5.8 当型钢悬挑梁与建筑结构锚固的压点处楼板未设置上层受力钢筋时，应经计算在楼板内配置用于承受型钢梁锚固作用引起的负弯矩的受力钢筋。

6.5.9 对承受型钢悬挑梁支撑荷载的建筑结构混凝土梁（板）应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行混凝土局部抗压承载力、结构承载力验算，当不满足要求时，应采取可靠的加固措施。

6.5.10 当采用型钢桁架下撑式等其他结构形式作为悬挑脚手架的支承结构时，应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017、《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，对其结构、构件及与建筑结构的连接进行设计计算。

6.6 立杆地基承载力验算

6.6.1 脚手架立杆基础底面的平均压力，应满足下列要求：

$$p = \frac{N_k}{A_d} \leq f_a \quad (6.6.1-1)$$

$$N_k = \frac{N_d}{\gamma_u} \quad (6.6.1-2)$$

式中：

p ——立杆基础底面的平均压力；

N_k ——作业脚手架或支撑脚手架作用于立杆轴向力标准值；

N_d ——作业脚手架或支撑脚手架作用于立杆轴向力设计值；

A_d ——底座底面积；

f_a ——修正后的地基承载力特征值，应按本标准式（6.6.2）计算；

γ_u ——永久荷载和可变荷载分项系数加权平均值，对于作业脚手架取 1.395；对于支撑脚手架取 1.318。

6.6.2 修正后的地基承载力特征值应按下式计算：

$$f_a = K_c \cdot f_{ak} \quad (6.6.2)$$

式中：

K_c ——地基承载力修正系数，应按本标准表 6.6.3 取值；

f_{ak} ——地基承载力特征值，按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定，可由载荷试验或其他原位测试、公式计算并结合工程实践经验等方法综合确定。

6.6.3 地基承载力修正系数 K_c 应按表 6.6.3 的规定取值。

表 6.6.3 地基承载力修正系数

地基土类别	修正系数 K_c	
	原状土	分层回填夯实土
多年填积土	0.6	—
碎石土、砂土	0.8	0.4
粉土、黏土	0.7	0.5
岩石、混凝土	1.0	—

7 结构试验与分析

7.1 一般规定

7.1.1 脚手架的结构分析应包括脚手架结构、构配件及杆件连接节点的荷载作用效应分析和抗力分析。

7.1.2 新研制的脚手架应通过结构试验确定其在不同结构、构造状态下的结构抗力设计值，并验证架体构造的合理性和适用性，应进行下列试验：

- 1 作业脚手架结构极限承载力试验；
- 2 支撑脚手架结构极限承载力试验；
- 3 其他影响脚手架结构性能因素的试验。

7.1.3 脚手架构配件应通过试验确定或验证其物理力学性能，并确定构配件的抗力设计值，脚手架构配件在型式检验时，应进行下列试验：

- 1 构配件强度和承载力试验；
- 2 杆件连接节点承载力试验；
- 3 挂扣式连接件抗脱落承载力试验；
- 4 其他影响构配件性能因素的试验。

7.1.4 在脚手架结构和脚手架构配件试验前，应制订试验方案。试验方案内容应包括试验目的、试验用材料、试验设备、试验方法、试验结果的采集和分析等。脚手架力学性能试验方法应符合本标准附录 A 的规定。

7.1.5 脚手架结构和脚手架构配件试验应采用随机取样的方法抽取试件，所抽取的检测样品应能代表受检材料、构配件的技术质量特性。

7.1.6 脚手架结构试验场地应为平整的混凝土地面或钢质平台，场地应无积水，试验架体应干燥，环境温度宜为 5℃~30℃。脚手架构配件试验宜在环境温度为 5℃~30℃的室内进行。

7.1.7 在脚手架结构和脚手架构配件试验前，应对所取检测样品进行测量，并应对测量结果进行记录，应符合下列规定：

1 脚手架结构试验的架体结构尺寸应采用钢尺测量，测量误差不应大于 1/1000，且不应大于 5mm；

2 脚手架构配件试验的试件长度尺寸应采用钢尺测量，测量误差不应大于 1/1000，且不应大于 2mm；

3 脚手架构配件试验的试件厚度、直径尺寸应采用精密测量工具测量，测量误差不应超过 0.02mm。

7.1.8 脚手架结构和脚手架构配件试验的加荷性质应与其工作状态时所承受荷载的性质相同。

7.1.9 脚手架结构和脚手架构配件试验所得出的极限承载力值与其设计承载力值应符合下式要求：

$$R_u \geq \beta R_d \quad (7.1.9)$$

式中：

R_u ——脚手架结构试验、脚手架构配件试验所得承载力极限值 (N)；

R_d ——脚手架结构、脚手架构配件的抗力设计值 (N)；

β ——综合安全系数。

7.1.10 脚手架结构稳定承载力设计计算模型，应以脚手架结构试验所得到的极限承载力值及

对架体破坏形态的总结为基础，并应以立杆受压稳定承载力的设计表达式表述，应符合下列要求：

- 1 应根据脚手架在不同结构和构造状态下的极限承载力值计算出相应的脚手架结构抗力设计值；
- 2 应根据脚手架结构抗力设计值分析确定不同结构和构造状态下脚手架的稳定承载力设计计算参数；
- 3 应对建立的脚手架结构设计计算公式进行验证。

7.1.11 在脚手架构配件生产过程中，生产厂家应对脚手架构配件及其组成的脚手架结构进行型式检验。在脚手架构配件出厂时，生产厂家应提供产品合格证和型式检验报告。脚手架构配件进入施工现场时，使用单位应查验产品合格证和型式检验报告。

7.1.12 在工程施工过程中，按设计和工程施工需要需对脚手架结构试验时，应根据工程实际情况编制试验方案，宜进行下列试验：

- 1 架体结构承载力设计值检验；
- 2 在荷载设计值作用下，架体结构变形检验；
- 3 其他按工程需要应检验的项目。

7.2 架体试验与分析

7.2.1 脚手架结构分析所采用的基本假定和计算模型，应根据脚手架的结构、构造及工作状态时的受力特点确定，当脚手架的结构、构造发生改变时，应通过架体结构试验重新确定脚手架的计算参数。分析计算结果的应用应计入综合安全系数。脚手架应按架体结构处于弹性状态进行分析。

7.2.2 在进行脚手架结构分析时，应包括下列因素：

- 1 架体结构类型及用途；
- 2 材料和构配件性能、规格、几何缺陷；
- 3 受力特点及传力路径；
- 4 节点连接方式和约束状况；
- 5 架体的构造形式。

7.2.3 脚手架结构试验应采用足尺结构试验的方法进行试验，应以足尺结构试验的结果为依据。也可采用单元结构试验的方法进行试验，但应将单元结构试验结果与其足尺结构试验结果进行对比分析，并以足尺结构试验结果为依据综合判定脚手架结构的承载力值。单元结构试验应符合下列规定：

1 作业脚手架结构试验可采用 B 系列单元结构试验，试验结果应与本标准附录 A 中第 A.2.9 条所规定的作业脚手架足尺结构试验结果进行对比分析；

2 支撑脚手架结构试验可采用 C 系列单元结构试验，试验结果应与本标准附录 A 中第 A.2.11 条所规定的支撑脚手架足尺结构试验结果进行对比分析；

3 作业脚手架、支撑脚手架单元结构试验结果与其足尺结构试验结果进行对比分析时，当二者检测数据偏差小于或等于 $\pm 15\%$ 时，可以单元结构试验结果作为其承载力值；当二者检测数据偏差大于 $\pm 15\%$ 时，应查明原因，重新进行试验，或根据足尺结构试验结果对单元结构试验结果进行修正。

7.2.4 脚手架结构试验结果的分析评估应符合下列要求：

- 1 应将试验样本的性能和失效模式与理论预测值和失效模式进行对比验证，当二者结果存

在过大差异时，应分析原因，必要时应补充试验；

2 应根据已取得的试验数据按数理统计的方法对试验结果进行评估，试验结论应与试验评估结果一致；

3 脚手架结构试验的评估结果，应仅对相同条件、相同结构和构造的架体有效。

7.2.5 当试验条件与实际使用条件不同时，可采用换算系数对试验结果进行修正，换算系数应通过试验或根据经验分析确定，主要因素可包括尺寸效应、时间效应、试件的边界条件、环境条件、施工工艺条件、试验加载条件等。

7.2.6 当按试验结果确定脚手架结构抗力设计值及确定或验证计算方法时，应计入试验数量和精度的影响。

7.3 构配件试验与分析

7.3.1 脚手架构配件分析应根据脚手架构配件工作状态时的受力特点确定基本假定条件和计算模型，应能真实反应其工作状态的荷载作用效应。分析计算结果的应用应计入综合安全系数。对于无法通过结构分析、外观检查和测量检查确定性能的材料与构配件，应通过试验确定其受力性能。

7.3.2 脚手架节点连接件的力学性能应根据试验结果确定，节点连接件定型时应提供下列指标：

1 立杆与水平杆连接节点：

- 1) 抗竖向荷载承载力设计值；
- 2) 抗滑移承载力设计值；
- 3) 水平杆轴向拉（压）承载力设计值；
- 4) 转动刚度值。

2 立杆对接连接节点：

- 1) 抗拉承载力设计值；
- 2) 抗压承载力设计值；
- 3) 抗压稳定承载力设计值。

7.3.3 根据试验结果确定脚手架构配件的强度标准值时，应符合下列规定：

1 当样本的组数小于 10 组时，应符合下式要求：

$$f_k = f_{cu.min} \quad (7.3.3-1)$$

式中：

f_k ——脚手架构配件的强度标准值（N/mm²）；

$f_{cu.min}$ ——试件的最小强度值（N/mm²）。

2 当样本的组数在 10 组及以上时，脚手架构配件强度标准值应按下列公式计算：

$$f_k = f_{mfcu} - 1.645S_{f_{cu}} \quad (7.3.3-2)$$

$$f_{mfcu} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}}{n} \quad (7.3.3-3)$$

$$S_{f_{cu}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i} - f_{mfcu})^2}{n-1}} \quad (7.3.3-4)$$

式中：

$f_{m\text{cu}}$ ——所检测批试件强度平均值 (N/mm²);

S_{fcu} ——所检测批试件强度标准差 (N/mm²);

n ——试件组数;

$f_{\text{cu},i}$ ——试件的强度实测值 (N/mm²)。

7.3.4 在进行脚手架杆件连接节点承载力分析时,应计入架体结构可能存在的弹性变形对节点承载力的影响,必要时应通过试验或理论分析进行修正。

7.3.5 对于无法通过结构分析,外观检查和测量检查确定性能的材料与构配件应通过试验确定其受力性能,并确定其抗力设计值。

8 构造要求

8.1 一般规定

- 8.1.1 脚手架的构造和组架工艺应能满足施工需求，并应保证架体牢固、稳定。
- 8.1.2 脚手架杆件连接节点应满足其强度和转动刚度要求，应确保架体在使用期内安全，节点无松动。
- 8.1.3 脚手架所用杆件、节点连接件、构配件等应能配套使用，并应能满足各种组架方法和构造要求。
- 8.1.4 钢管脚手架立杆应在同一轴线位置上，立杆竖向连接的轴线偏差不应大于 1mm。
- 8.1.5 钢管脚手架的底部可设置底托，顶部可设置顶托，底托和顶托插入立杆的长度不应小于 150mm，可调底托调节螺杆伸出扫地杆的长度不应大于 500mm；可调顶托调节螺杆伸出架顶水平杆的长度不应大于 500mm。
- 8.1.6 脚手架的竖向和水平剪刀撑应根据其架体种类、荷载、结构和构造要求设置，剪刀撑斜杆应与相邻立杆连接牢固并应符合下列规定：
- 1 剪刀撑斜杆的倾角应为 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ；
 - 2 每道剪刀撑的宽度不应大于 6 个跨距，且不应大于 9m；也不应小于 4 个跨距，且不应小于 6m；
 - 3 每道竖向剪刀撑均应由底至顶连续设置；
 - 4 对于扣件式钢管脚手架剪刀撑斜杆的接长，其钢管的搭接长度不应小于 1000mm，搭接处宜采用 2 个及以上旋转扣件扣紧。

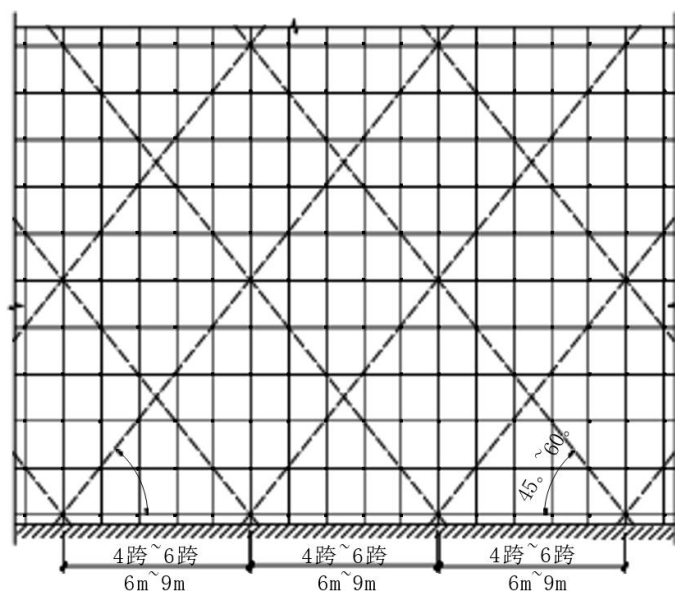


图 8.1.6 脚手架竖向、水平剪刀撑布置示意

- 8.1.7 供作业人员上下钢管脚手架的斜道宜采用挂扣式钢梯，并宜采用之字形设置，一个梯段宜跨越两步或三步架体后转折，应符合下列规定：
- 1 斜道的宽度不宜小于 1m，坡度宜为 1:3；
 - 2 拐弯处应设置平台，其宽度不应小于斜道宽度；

3 斜道两侧及平台外围均应设置栏杆及挡脚板，栏杆高度应为 1.2m，挡脚板高度应为 0.18m；

4 斜道两端应采用连墙件与建筑结构可靠连接；

5 斜道及平台应满铺脚手板，并应铺设固定牢固，外侧应挂设安全防护网。

8.1.8 脚手架连墙件设置的位置、间距应经计算确定，并应符合下列规定：

1 连墙件应是既能承受压力，又能承受拉力的刚性杆件；

2 连墙件应与建筑结构、架体连接固定牢固，应靠近脚手架主节点与架体连接，连接点与主节点的距离宜小于 300mm，并与脚手架立杆连接固定牢固；

3 连墙件宜水平设置，当不能水平设置时，与脚手架连接的一端应低于与建筑结构连接的一端，连墙杆的坡度宜小于 1:3。

8.1.9 脚手架的底部立杆上应设置纵向、横向扫地杆。

8.1.10 脚手架的立杆接长应符合下列规定：

1 当立杆采用对接接长时，相邻立杆的接头不应设置在同一步距内，间隔距离不应小于 500mm；

2 扣件式钢管作业脚手架立杆除顶层步距外，其接头必须采用对接扣件连接。当顶层步距立杆采用搭接接长时，立杆搭接长度不应小于 1m，并应采用不少于 2 个旋转扣件固定。

8.2 作业脚手架

8.2.1 作业脚手架的宽度不应小于 0.8m，且不宜大于 1.2m。作业层高度不应小于 1.8m，且不宜大于 2.0m。

8.2.2 作业脚手架的内侧立杆离建筑工程墙面净距大于 150mm 时，应采取内设挑架板或其他隔离防护的安全措施，并且应隔离防护严密。

8.2.3 作业脚手架顶部防护栏杆应高出女儿墙上端或檐口上端 1.5m 以上。

8.2.4 作业脚手架连墙件的设置应符合下列要求：

1 同一层连墙件宜设置在同一水平面，水平间距不得超过 3 跨，竖向间距不得超过 3 步，连墙点之上架体的悬臂高度不应超过 2 步；

2 在架体的转角处、开口型作业脚手架端部应增设连墙件，连墙件的垂直间距不应大于建筑物层高，且不应大于 4.0m；

3 连墙件宜从底层第一道水平杆处开始设置；

4 连墙件宜采用菱形布置，也可以采用矩形布置，且连墙点应均匀分布。

8.2.5 作业脚手架连墙件的设置除应满足本标准的计算要求外，尚应满足表 8.2.5 的要求。

表 8.2.5 连墙件最大间距或最大覆盖面积

序号	脚手架搭设方式	脚手架高度 (m)	连墙件间距 (m)		每根连墙件覆盖面积 (m ²)
			竖向	横向	
1	落地、密目式安全网全封闭	≤40	3h	3l	≤33
2		>40	2h	3l	≤22
3					
4	悬挑、密目式安全网全封闭	≤40	3h	3l	≤33
5		40-60	2h	3l	≤22
6		>60	2h	3l	≤15

注：1 序号 4~6 为架体位于地面上高度；
 2 按每根连墙件覆盖面积选择连墙件设置时，连墙件的竖向间距不应大于 6m；
 3 表中 h 为步距； l 为跨距。

8.2.6 在作业脚手架的纵向外侧立面上应设置竖向剪刀撑，并应符合下列要求：

- 1 搭设高度在 24m 以下时，应在架体两端、转角及中间每隔不超过 15m 各设置一道剪刀撑，并由底至顶连续设置；搭设高度在 24m 及以上时，应在全外侧立面上由底至顶连续设置；
- 2 悬挑脚手架、附着式升降脚手架应在全外侧立面上由底至顶连续设置。

8.2.7 当采用竖向斜撑杆、竖向交叉拉杆替代作业脚手架竖向剪刀撑时，应符合下列规定：

- 1 在作业脚手架的端部、转角处应各设置一道；
- 2 搭设高度在 24m 以下时，应每隔 5 跨~7 跨设置一道；搭设高度在 24m 及以上时，应每隔 1 跨~3 跨设置一道；相临竖向斜撑杆应朝向对称呈八字形设置（图 8.2.7）；
- 3 每道竖向斜撑杆应在作业脚手架外侧相临纵向立杆间由底至顶按步连续设置。

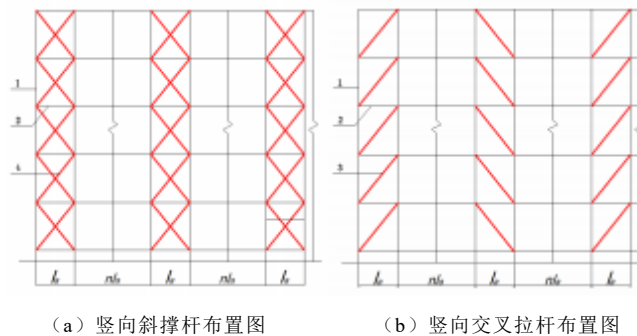


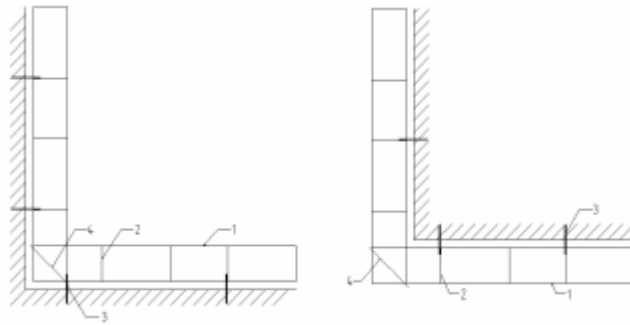
图 8.2.7 作业脚手架竖向斜撑杆布置示意

1—立杆；2—水平杆；3—斜撑杆；4—交叉拉杆

8.2.8 作业脚手架作业层应连续满铺脚手板，脚手板应与水平杆固定牢固。

8.2.9 在建筑物的转角处，作业脚手架内、外两侧立杆上应按步设置水平斜撑杆，将转角处的立杆连成一体（图 8.2.9），并应符合下列规定：

- 1 水平斜撑杆所采用钢管规格应与水平杆相同；
- 2 当采用钢管扣件作为水平斜撑杆时，应与作业脚手架立杆扣紧。



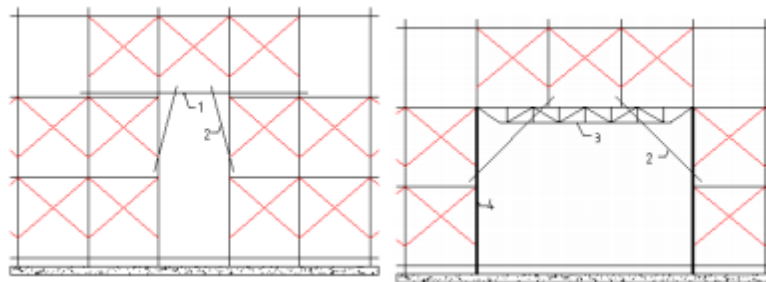
(a) 阳角转角处作业脚手架连接；(b) 阴角转角处作业脚手架连接

图 8.2.9 转角处作业脚手架连接

1—水平杆；2—横杆；3—连墙件；4—斜撑杆

8.2.10 作业脚手架通道口高度不宜大于 2 步架体高度，对作业脚手架通道口应采取加固措施，并应符合下列规定：

- 1 当通道口宽度为一个跨距时，在通道口上方两个上角内侧应架设斜撑杆（图 8.2.10-a）；
- 2 当通道口宽为两个及以上跨距时，在通道口上方应经计算设置托架梁，并应加强洞口两侧的立杆，托架梁及洞口两侧的加强杆应经专门设计和制作（图 8.2.10-b）；
- 3 洞口顶部应满铺封闭的硬防护板，洞口两侧应设置安全网封闭；
- 4 通行机动车的洞口，必须设置安全警示标志和限宽限高的防撞设施。



(a) 通道口宽度为一个跨距

(b) 二个及以上跨距

图 8.2.10 通道口加固示意

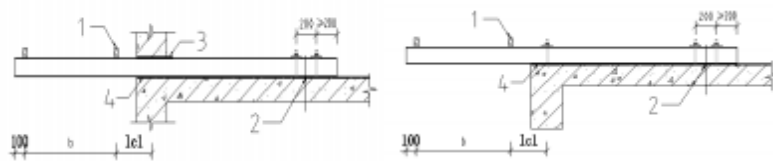
1—水平杆；2—斜撑杆；3—托架梁；4—加强杆

8.2.11 采用三脚架搭设作业脚手架外侧防护棚时，三脚架立杆应与作业脚手架的立杆固定牢固，三脚架横杆上应沿作业脚手架的纵向设置水平杆，将相邻三脚架连接固定。

8.3 悬挑脚手架

8.3.1 悬挑脚手架的悬挑支承结构应根据施工方案布设，其位置宜与作业脚手架立杆位置对应，每一跨距宜设置一根型钢悬挑梁，并按确定的位置设置预埋件。

8.3.2 型钢悬挑梁锚固段长度不宜小于悬挑段长度的 1.25 倍，悬挑支承点应设置在建筑结构的梁板上，并应根据混凝土的实际强度进行承载能力验算，不得设置在外伸阳台或悬挑楼板上（有加固措施的除外）（图 8.3.2）。



(a) 型钢悬挑梁穿墙设置 (b) 型钢悬挑梁楼面设置

图 8.3.2 型钢悬挑梁在主体结构上的设置

1—短钢管与钢梁焊接；2—锚固段压点；3—木楔；4—钢板（150mm×100mm×10mm）

8.3.3 型钢悬挑梁宜采用双轴对称截面的型钢，所用型钢截面型号应经设计计算确定。

8.3.4 锚固型钢悬挑梁应符合下列规定：

1 对锚固型钢悬挑梁的楼板应进行设计计算，当承载能力不满足时，应采取在楼板内增配钢筋、对楼板进行反支撑等措施；

2 型钢悬挑梁的锚固段压点宜采用不少于 2 个（对）预埋 U 型钢筋拉环或螺栓固定；

3 锚固位置的楼板厚度不应小于 100mm，混凝土强度不应低于 25MPa；

4 U 型钢筋拉环或螺栓应埋设在梁板下排钢筋的上边，用于锚固 U 型钢筋拉环或螺栓的锚固钢筋应与结构钢筋焊接或绑扎牢固，其锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中钢筋锚固的有关规定（图 8.3.4）。

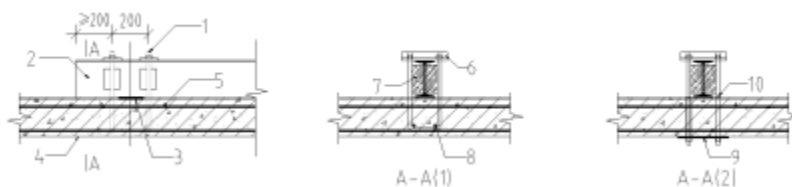


图 8.3.4 型钢悬挑梁与楼板固定

1—锚固螺栓；2—工字钢；3—钢板；4—建筑结构楼板；5—负弯矩钢筋；

6—角钢；7—木楔；8—锚固钢筋（ $2\phi 18$ 长 1500mm）；9—锚固垫板；10—PVC 套管

8.3.5 用于型钢悬挑梁锚固的 U 型钢筋拉环或螺栓应采用冷弯成型，钢筋直径不应小于 16mm。

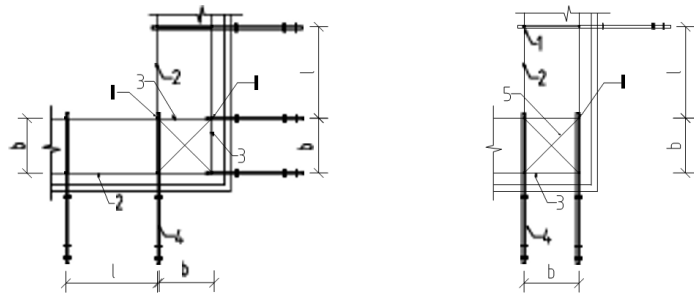
8.3.6 当型钢悬挑梁与建筑结构采用螺栓钢压板连接固定时，钢压板宽、厚尺寸不应小于 100mm×10mm；当压板采用角钢时，角钢的规格不应小于 63mm×63mm×6mm。

8.3.7 型钢悬挑梁与 U 型钢筋拉环或螺栓连接应紧固。当采用钢筋拉环连接时，应采用钢楔或硬木楔塞紧；当采用螺栓钢压板连接时，应采用双螺帽拧紧，严禁型钢悬挑梁晃动。

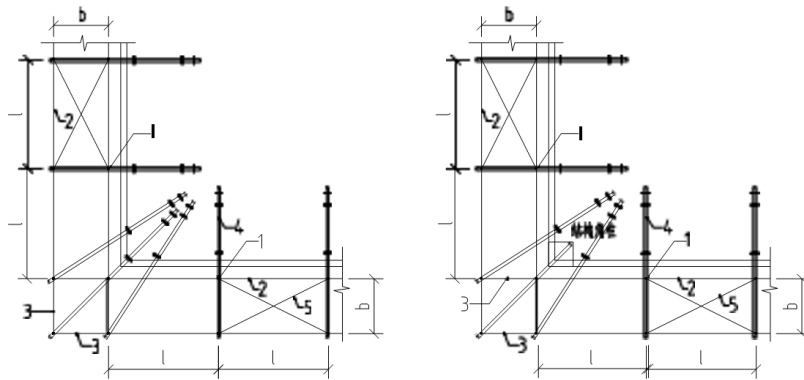
8.3.8 悬挑脚手架底层作业脚手架立杆与型钢悬挑梁应可靠连接，立杆不得滑动或窜动。型钢梁上应设置定位销，定位销的直径不应小于 30mm，长度不应小于 100mm。立杆插入定位销，定位销应与型钢梁焊接牢固，并与立杆的间隙不宜大于 3mm。

8.3.9 悬挑脚手架的底层立杆上应设置纵向通长扫地杆，并应在脚手架的转角处、开口处和中间间隔不超过 15m 的底层立杆上各设置一道单跨距的水平剪刀撑，剪刀撑斜杆应与作业脚手架立杆底部紧扣。

8.3.10 在建筑平面转角处（图 8.3.10），型钢悬挑梁应经单独设计后设置；架体应按本标准第 8.2.9 条的规定设置斜撑杆。



(a)



(b)

(a) 型钢悬挑梁在阳角处设置；(b) 型钢悬挑梁在阴角处设置

图 8.3.10 建筑平面转角处型钢悬挑梁设置

1—作业脚手架立杆；2—水平加固杆；3—连接杆；4—型钢悬挑梁；5—水平剪刀撑

8.3.11 每个型钢悬挑梁外端宜设置钢拉杆或钢丝绳与上一层建筑结构斜拉结（图 8.3.11），并应符合下列规定：

1 钢性拉杆可参与型钢悬挑梁的受力计算，钢丝绳不宜参与型钢悬挑梁的受力计算，钢性拉杆与钢丝绳应有张紧措施。钢性拉杆的规格应经设计确定，钢丝绳的直径不宜小于 15.5mm；

2 钢性拉杆或钢丝绳与建筑结构拉结的吊环宜采用 HPB300 级钢筋制作，其直径不宜小于 $\phi 18\text{mm}$ ，吊环预埋锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；

3 钢丝绳绳卡的设置应符合现行国家标准《钢丝绳卡》GB/T 5976 的有关规定，钢丝绳与型钢悬挑梁的夹角不应小于 45° 。

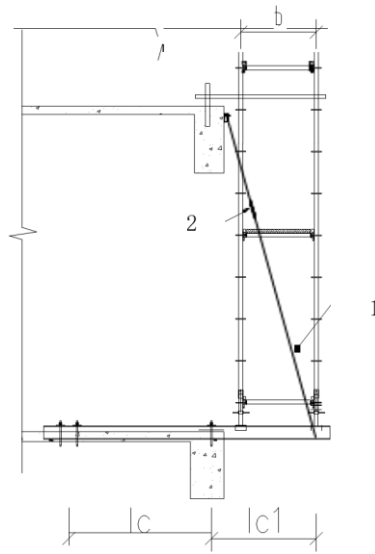


图 8.3.11 型钢悬挑梁端钢丝绳与建筑结构拉结

1—钢拉杆或钢丝绳；2—花篮螺栓

8.3.12 悬挑脚手架的架体结构应符合本标准第 8.2 节的要求，并应符合下列规定：

- 1 连墙件的竖向间距宜按不大于两步设置；
- 2 剪刀撑的设置应符合本标准第 8.2.6 条、第 8.2.7 条的规定。

8.3.13 悬挑脚手架应在底部的型钢悬挑梁上满铺脚手板，并将脚手板固定牢固。

8.4 支撑脚手架

8.4.1 支撑脚手架的立杆间距和步距应按设计计算确定，步距不宜大于 1.5m，立杆间距应符合下列规定：

- 1 Z 型盘扣式支撑脚手架立杆间距不宜大于 1.8m，B 型盘扣式支撑脚手架立杆间距不宜大于 1.5m；
- 2 其他支撑脚手架立杆间距不宜大于 1.5m。

8.4.2 支撑脚手架独立架体高宽比不应大于 3.0。对于高宽比可能大于 3.0 的支撑架应采取扩大架体底部宽度或按本标准 8.4.3 条的规定与既有结构做刚性连接等措施。

8.4.3 当有既有建筑结构时，支撑脚手架应与既有建筑结构可靠连接，连接点至架体主节点的距离不宜大于 300mm，应与水平杆同层设置，并应符合下列规定：

- 1 连接点竖向间距不宜超过 2 步；
- 2 连接点水平向间距不宜大于 8m。

8.4.4 支撑脚手架应设置竖向剪刀撑，并应符合下列规定：

- 1 安全等级为 II 级的支撑脚手架应在架体周边、内部纵向和横向每隔不大于 9m 设置一道；
- 2 安全等级为 I 级的支撑脚手架应在架体周边、内部纵向和横向每隔不大于 6m 设置一道。

8.4.5 盘扣式支撑脚手架应根据搭设高度、型号及立杆轴力设计值合理布置竖向斜杆。对标准步距 1.5m 支撑脚手架，竖向斜杆布置类型宜符合表 8.4.5-1、表 8.4.5-2 及图 8.4.5-1、图 8.4.5-4 的要求。

表 8.4.5-1 标准型 (B 型) 盘扣式支撑架竖向斜杆布置形式

立杆轴力设计值 N (kN)	搭设高度 H (m)			
	$H \leq 8$	$8 < H \leq 16$	$16 < H \leq 24$	$H > 24$
$N \leq 25$	间隔 3 跨	间隔 3 跨	间隔 2 跨	间隔 1 跨
$25 < N \leq 40$	间隔 2 跨	间隔 1 跨	间隔 1 跨	间隔 1 跨
$N > 40$	间隔 1 跨	间隔 1 跨	间隔 1 跨	每跨

表 8.4.5-2 重型 (Z 型) 盘扣式支撑架竖向斜杆布置形式

立杆轴力设计值 N (kN)	搭设高度 H (m)			
	$H \leq 8$	$8 < H \leq 16$	$16 < H \leq 24$	$H > 24$
$N \leq 40$	间隔 3 跨	间隔 3 跨	间隔 2 跨	间隔 1 跨
$40 < N \leq 65$	间隔 2 跨	间隔 1 跨	间隔 1 跨	间隔 1 跨
$N > 65$	间隔 1 跨	间隔 1 跨	间隔 1 跨	每跨

注: 1 立杆轴力设计值和脚手架搭设高度为同一独立架体内的最大值;
 2 每跨表示竖向斜杆沿纵横向每跨搭设 (图 8.4.5-1); 间隔 1 跨表示竖向斜杆沿纵横向每间隔 1 跨搭设 (图 8.4.5-2); 间隔 2 跨表示竖向斜杆沿纵横向每间隔 2 跨搭设 (图 8.4.5-3); 间隔 3 跨表示竖向斜杆沿纵横向每间隔 3 跨搭设 (图 8.4.5-4)。

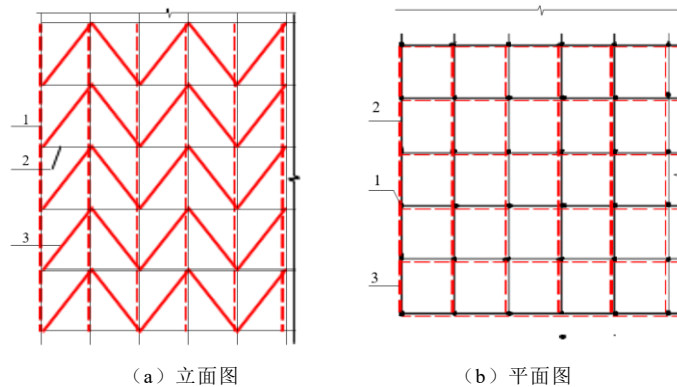


图 8.4.5-1 每跨形式支撑架斜杆设置

1—立杆; 2—水平杆; 3—竖向斜杆

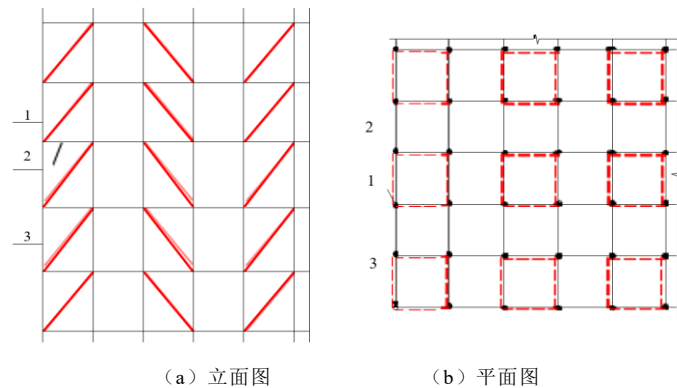
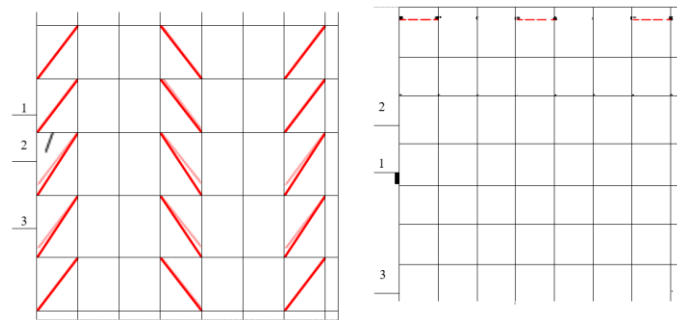


图 8.4.5-2 间隔 1 跨形式支撑架斜杆设置

1—立杆; 2—水平杆; 3—竖向斜杆

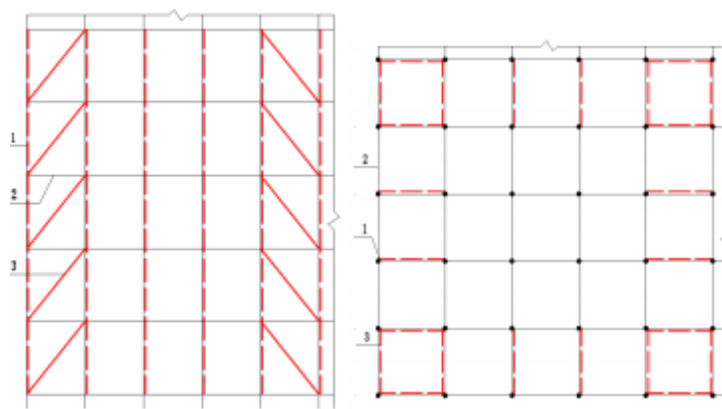


(a) 立面图

(b) 平面图

图 8.4.5-3 间隔 2 跨形式支撑架斜杆设置

1—立杆；2—水平杆；3—竖向斜杆



(a) 立面图

(b) 平面图

图 8.4.5-4 间隔 3 跨形式支撑架斜杆设置

1—立杆；2—水平杆；3—竖向斜杆

8.4.6 支撑脚手架应设置水平剪刀撑，并应符合下列规定：

- 1 安全等级为 II 级的支撑脚手架宜在架顶处设置一道水平剪刀撑；
- 2 安全等级为 I 级的支撑脚手架应在架顶、竖向每隔不大于 6m 各设置一道水平剪刀撑；
- 3 每道水平剪刀撑应连续设置，剪刀撑的宽度宜为 6m~9m。

8.4.7 支撑脚手架的水平杆应按步距沿纵向和横向通长连续设置，不得缺失。在支撑脚手架立杆底部应设置纵向和横向扫地杆，水平杆和扫地杆应与相临立杆连接牢固。

8.4.8 安全等级为 I 级的支撑脚手架顶层步距宜比标准步距缩小 0.5m，宜可在架体顶层 1-3 个步距内将步距均缩小 0.5m。

8.4.9 当支撑脚手架局部所承受的荷载较大时，架体的局部立杆应加密设置，加密区的水平杆应向非加密区延伸不少于一跨；非加密区立杆的水平间距应与加密区立杆的水平间距互为倍数。

8.4.10 当可调托座调节螺杆的伸出顶层水平杆长度超过 0.5m 时（图 8.4.10），宜在水平方向设有限位措施，其可调螺杆的外伸长度应按计算确定。

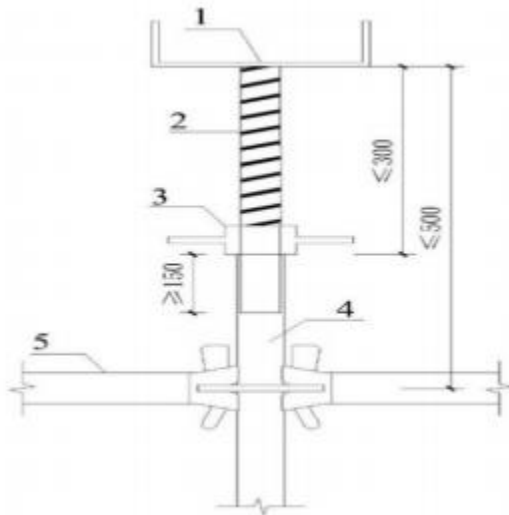


图 8.4.10 可调托撑伸出顶层水平杆的悬臂长度

1—可调托撑；2—螺杆；3—调节螺母；4—立杆；5—水平杆

8.4.11 当采用盘扣式钢管支撑脚手架时，梁模板支撑可直接采用双槽钢托梁搁置在梁两侧支撑架立杆的连接盘上，作为梁模板的支撑托梁。当采用连接盘承担竖向抗剪承载力时，单个连接盘所承受的设计荷载值不应超过 40kN。

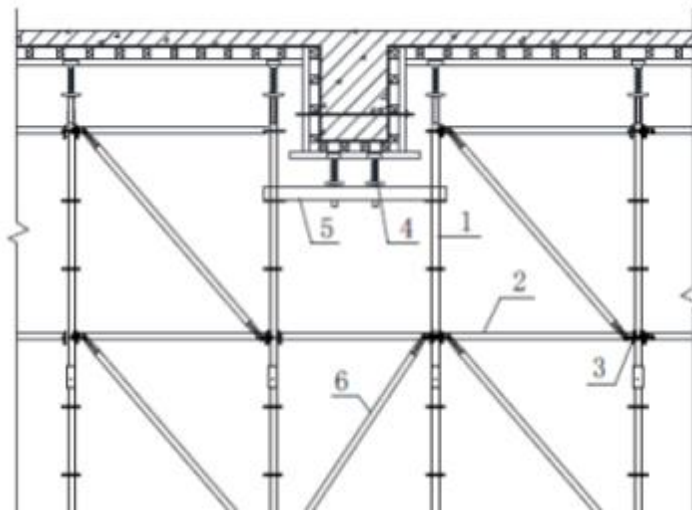


图 8.4.11 双槽钢托梁节点示意

1—立杆；2—水平杆；3—盘扣节点；4—可调托撑；5—双槽钢托梁；6—竖向斜杆

8.4.12 对于边梁，当梁底无法设置多根立杆时，可采用图 8.4.12 形式进行设置。

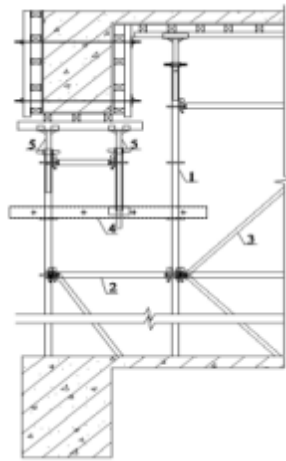


图 8.4.12 边梁双槽钢托梁节点示意

1—立杆；2—水平杆；3—竖向斜杆；4—双槽钢托梁；5—可调顶托撑

8.4.13 支撑架上托梁宜采用双槽钢梁或铝梁，托梁之间应设置横向连接，托梁长度应覆盖立杆连接盘的圆盘面，托梁上部杆件间宜设置纵横方向水平杆约束（图 8.4.13）。

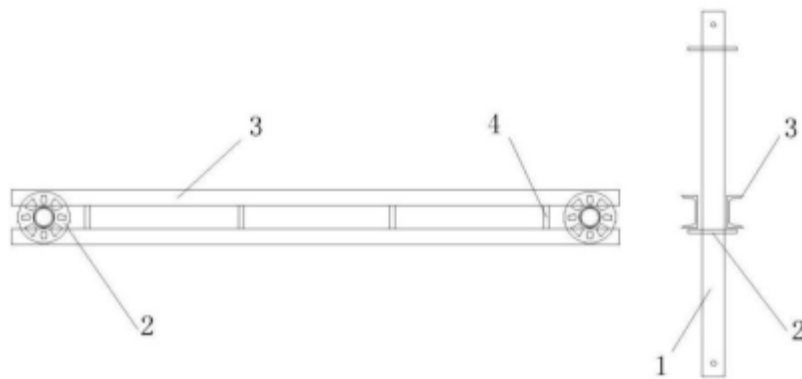


图 8.4.13 可调底座调整立杆连接点示意

1—立杆；2—连接盘；3—托梁；4—连接件

8.4.14 盘扣式支撑脚手架的内部设置通道时，应满足如下要求：

- 1 当架体内设置与单支水平杆同宽的通道时，可间隔抽除第一层水平杆和斜杆形成施工人员进出通道，与通道正交的两侧立杆间应设置竖向斜杆；
- 2 当架体内设置与单支水平杆不同宽通道时，应在通道上部架设支撑横梁（图 8.4.14），横梁的型号及间距应依据设计确定；
- 3 通道相邻跨支撑横梁的立杆间距应根据计算设置，通道周围的支撑架应连成整体。洞口顶部应铺设封闭的防护板，相邻跨应设置安全网；
- 4 通行机动车的洞口，必须设置安全警示和限宽限高的防撞设施。

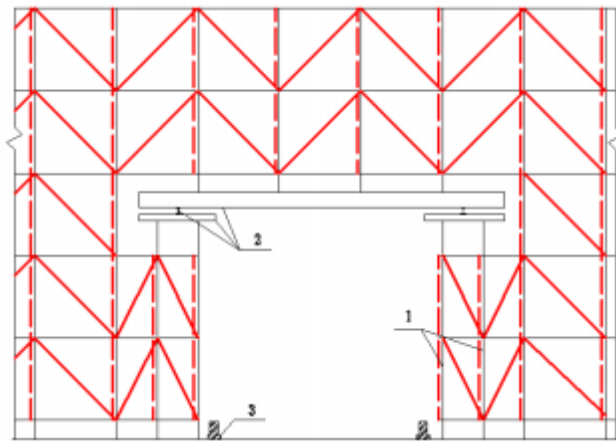


图 8.4.14 支架人行通道设置

1—立杆；2—支撑横梁；3—防撞设施

8.4.15 当地基高差较大时，可利用立杆节点位差配合可调底座进行调整（图 8.4.15）。

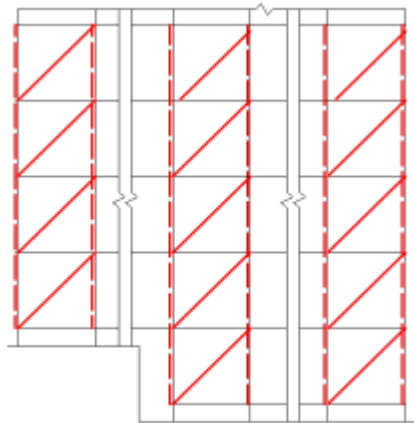


图 8.4.15 调底座调整立杆连接点示意

8.5 满堂作业脚手架

8.5.1 满堂作业脚手架的步距不宜超过 2m，并应符合下列规定：

- 1 应在架体周边、内部纵向和横向每隔 6m~9m 由底至顶连续设置一道竖向剪刀撑；
- 2 应在架体的顶部和竖向每间隔 4 步设置一道水平剪刀撑；
- 3 满堂作业脚手架纵向和横向水平杆应连续设置。

8.5.2 满堂作业脚手架应在架体顶部作业区满铺脚手板，并应采用可靠的连接方式固定。作业层上的孔洞应按现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80 的有关规定防护。作业层周边应设置栏杆和挡脚板，并应设置安全防护网。

8.5.3 满堂作业脚手架架体上应设置爬梯，供施工人员上下架体使用。

8.5.4 用于装饰装修、维修、设备管道安装的可移动满堂作业脚手架搭设高度不宜超过 12m，高宽比不应大于 2，施工荷载不应大于 1.5kN/m^2 。

8.5.5 可移动满堂作业脚手架架体宜搭设成平面为方形结构，当搭设成平面为矩形结构时，长短边之比不宜大于 3:2。应在底部立杆上满设纵向和横向扫地杆。

8.5.6 可移动满堂作业脚手架应在外侧周边、内部纵向和横向间隔不大于 4m 由底至顶连续设

置竖向剪刀撑，应在顶层、扫地杆层和竖向间隔不超过 2 步分别设置一道水平剪刀撑。

8.5.7 可移动满堂作业脚手架应设有万向轮。在架体移动时，应有架体同步移动控制措施；在架体使用时，应有防止架体移动的固定措施。

8.6 地 基

8.6.1 搭设脚手架的地基承载力和变形应满足设计要求。

8.6.2 根据不同地基土质和搭设高度条件，脚手架的地基应符合表 8.6.2 的规定。

表 8.6.2 地基要求

搭设高度 (m)	地基土质		
	中低压缩性且压缩性均匀	回填土	高压缩性或压缩性不均匀
≤24	夯实原土，干重力密度要求 15.5kN/m ³ 。立杆底座置于面积不小于 0.075m ² 的垫木上	土夹石或素土回填夯实，立杆底座置于面积不小于 0.10m ² 垫木上	夯实原土，铺设通长垫木
>24 且 ≤40	垫木面积不小于 0.10m ² ，其余同上	砂夹石回填夯实，其余同上	夯实原土，在搭设地面满铺 C15 混凝土，厚度不小于 150mm
>40 且 ≤55	垫木面积不小于 0.15m ² 或铺通长垫木，其余同上	砂夹石回填夯实，垫木面积不小于 0.15m ² 或铺通长垫木	夯实原土，在搭设地面满铺 C15 混凝土，厚度不小于 200mm

注：垫木厚度不小于 50mm，宽度不小于 200mm；通长垫木的长度不小于 1500mm

8.6.3 脚手架的搭设场地应平整坚实，并应符合下列规定：

- 1 回填土场地应分层回填，逐层夯实；
- 2 场地排水应顺畅，不应有积水；
- 3 附着式升降脚手架的建筑物结构应满足安全承载的要求。

8.6.4 搭设作业脚手架的地面标高宜高于自然地坪标高 50mm~100mm。

8.6.5 当脚手架搭设在楼面等建筑结构上时，立杆下宜铺设垫板。

9 搭设与拆除

9.0.1 脚手架搭设和拆除作业应按专项施工方案施工，当脚手架专项施工方案需要修改时，应经过审批后实施。

9.0.2 脚手架搭设作业前，应将脚手架专项施工方案向施工现场管理人员及作业人员进行安全技术交底。

9.0.3 对进入施工现场的脚手架材料及构配件，在使用前应进行质量检验。

9.0.4 脚手架应按顺序搭设，并应符合下列要求：

1 落地作业脚手架、悬挑脚手架的搭设应与工程施工同步，一次搭设高度不应超过最上层连墙件两步，且自由高度不应大于 4m；

2 支撑脚手架应逐排、逐层进行搭设；

3 剪刀撑、斜撑杆等加固杆件应随架体同步搭设，不得滞后安装；

4 构配件组装类脚手架的搭设应自一端向另一端延伸，自下而上按步架设，并应逐层改变搭设方向；

5 每搭设完一步架体后，应按有关规定校正立杆间距、步距、垂直度及水平杆的水平度。

9.0.5 作业脚手架连墙件的安装应符合下列规定：

1 连墙件的安装必须随作业脚手架搭设同步进行，并连接牢固；

2 当作业脚手架操作层高出相邻连墙件以上 2 步时，在上层连墙件安装完毕前，必须采取临时拉结措施。

9.0.6 当在多层楼板上连续搭设支撑脚手架时，应分析多层楼板间荷载传递对支撑脚手架、建筑结构的影响，上下层支撑脚手架的立杆宜对位设置。

9.0.7 当脚手架搭设过程中临时停工，应采取安全稳固措施。

9.0.8 脚手架在使用过程中不应人为改变其结构体系，应分阶段进行检查、监护、维护、保养。

9.0.9 脚手架的拆除作业应符合下列规定：

1 架体的拆除应从上而下逐层进行，不得上下同时作业；

2 同层杆件和构配件必须按先外后内的顺序拆除；剪刀撑、斜撑杆等加固杆件必须在拆卸至该部位杆件时再拆除；不得内外同时作业。不得先拆除下部部分杆件，后拆卸上部结构的行

为；

3 作业脚手架连墙件必须随架体逐层拆除，严禁先将连墙件整层或数层拆除后再拆架体。拆除作业过程中，当架体的自由端高度超过 2 步时，必须加设临时拉结。

9.0.10 模板支撑脚手架的安装与拆除作业应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

9.0.11 脚手架的拆除作业不得重锤击打、撬别。

9.0.12 拆除的杆件、构配件应采用机械或人工运至地面，严禁抛掷。

9.0.13 拆除前应清理脚手架上的器具、多余的材料和杂物。

9.0.14 脚手架搭设和拆除作业时，应设置安全警戒线、警戒标志，并应派专人监护，严禁非作业人员入内。

10 高大支模架安全监测

10.1 一般规定

10.1.1 高大支模架应进行连续、实时监测，并根据工程现场工况建立监测站，构建监测自动化系统，可配置网络平台实施同步远程监测。

10.1.2 高大支模架工程混凝土浇筑施工前，应由建设单位委托第三方监测单位对高大支模架实时安全监测。

10.1.3 监测单位应编制监测方案，监测方案应包括工程概况、监测目的和依据、监测内容和项目、监测方法和精度、监测周期和监测频率、监测报警和应急预案、监测数据处理和信息反馈、监测人员和仪器、作业安全和其他管理制度等。

10.1.4 对于非常复杂和重要的高大支模监测方案，必要时应进行专家评审，保证监测方案的可行性和有效性。

10.1.5 第三方监测单位应实时处理、分析监测数据，并将监测结果和评价等信息即时向委托方及相关单位反馈。当监测数据达到监测报警值时，必须立即通知现场负责人及相关单位负责人处置。

10.1.6 对高大支模架的监测项目应根据工程规模、搭设形式、基础形式、周边环境及监测方法的适用性等综合确定，监测报警值宜由高大支模架设计单位确定。监测项目及报警值可按表 10.1.6 的规定选用。

表 10.1.6 高大支模架监测项目及报警值

序号	监测对象	监测项目	报警值
1	支撑结构	立杆轴力	1.2 倍后加荷载设计值
2		倾斜	3‰
3		顶部水平位移	12mm
4		竖向位移	Min (0.1%H、8mm)
5	立杆基础	差异沉降	L/1000

注：1 “后加荷载设计值”为轴力传感器安装调试完成并初始化后增加的荷载，一般包括混凝土、施工人员、振捣机械、冲击荷载及风荷载等；

2 差异沉降可由上部支撑结构竖向位移进行计算，“L”为相邻测点距离；H为架体高度；

3 根据项目具体情况，支撑结构变形监测项目（倾斜、水平位移、竖向位移）报警值可适当调整，一般调节系数不超过 50%；

4 对于门洞支架、悬挑支架等特殊支撑结构，应由设计方通过计算确定报警值；

5 当使用既有梁板作为立杆基础时，需综合考虑梁板的挠度；

6 当监测项目的累计变化量达到表中规定值的 80%，应预警。

10.1.7 当出现下列情况之一时，必须立即进行危险报警，并启动应急措施：

- 1 监测数据达到报警值；
- 2 模板支撑出现明显变形、结构松动、有异常响声等情况时；
- 3 模板支撑的杆件出现过大大变形、倾斜、断裂或弯曲等明显破坏迹象；
- 4 模板断裂，混凝土泄漏；
- 5 基础开裂或下陷；
- 6 根据当地工程经验判断，出现其他必须进行危险报警的情况。

10.2 监测实施

10.2.1 高大支模架监测点的布置应能反映高大支模架的受力状态、变形特征和变化趋势，监测点应布设在支架薄弱、荷载较大等关键部位。

10.2.2 高大支模架监测点平面位置宜按网格形式布设，水平间距宜为 10m~15m。同部位各监测项目宜布设在同一构件或邻近构件上，以便数据分析、相互验证。

10.2.3 支撑结构监测点宜设在荷载较大、自由边中部或其他具有代表性的部位，对于架体长宽比较大、荷载较大、计算变形较大和内力变化显著的部位，应增加监测点。当有连墙件与稳定的既有建筑结构做可靠连接时，可适当减少监测点。立杆基础沉降监测点宜布设在支架的四角、设计荷载较大、基础承载能力较低的部位及其他具有代表性的部位。

10.2.4 高大支模架监测点的布置应符合下列要求：

1 使用全站仪监测时，基准点应设置在施工影响区域外，基准点数量应不少于 3 个，基准点应设置稳固；使用位移传感器监测时，参考点可设置在既有混凝土结构上或其他稳固的结构上，参考点应稳定可靠；

2 立杆轴力监测点宜布设在立杆可调托撑与主楞之间，轴力计与立杆、模板或楞梁间应保持紧密接触，接触面应平整，应保证接触均匀；

3 水平位移及倾斜监测点应在高大支模架的不同高度设置监测点，监测点竖向间距宜根据水平剪刀撑高度布设，但不宜大于 6m；水平位移及倾斜监测宜量测水平面上两个相互垂直方向的位移变化；沉降监测点的布设位置应与水平位移、倾斜监测点的平面位置相对应；

4 立杆基础沉降监测点宜结合支架竖向位移监测点和立杆轴力监测点的位置布设，并能反映基础的整体沉降和不均匀沉降，监测点的水平间距宜为 10m~15m，且每边不少于 2 个。在基础条件变化处及支架搭设形式变化处，宜增加监测点；当基础稳定、可靠时，可适当减少测点；

5 监测点的布设位置可参考本标准附录 B 实施。

10.2.5 立杆轴力自动化监测宜采用荷载传感器进行；水平位移自动化监测宜采用位移传感器进行；竖向位移自动化监测宜采用位移传感器或静力水准仪进行；倾斜自动化监测宜采用倾斜传感器进行。在满足监测要求的前提下可采用其它监测方法。

10.2.6 传感器的性能应符合下列规定：

1 荷载传感器量程应大于后加荷载设计值的 2 倍~3 倍，其精度不宜低于 0.5% F·S，分辨率不宜低于 0.2%F·S；

2 位移及倾斜传感器量程宜为报警值的 3 倍~6 倍，水平位移、竖向位移监测精度不应低于 1.0mm，倾斜观测精度不应低于 0.01°。

10.2.7 传感器的设置应符合下列规定：

1 荷载传感器安装完成后应处于受压状态，立杆受压的轴心力与传感器受力重合，确保受力面与压力方向垂直并紧贴被监测对象；

2 倾斜传感器应安装在同一立杆上且上下对应，倾斜测量方向宜与水平杆设置方向一致，初始安装位移值应根据支架倾斜报警值及位移方向综合确定，量程余量应满足监测要求；

3 水平位移传感器应稳定安装在能反映支架整体变形的部位，初始安装位移值应根据支架水平位移的变形报警值及位移方向综合确定，量程余量应满足监测要求；

4 竖向位移传感器应安装在能够反映模板整体沉降的部位，应安装于顶层水平杆、立杆等构件上，初始安装位移值应根据竖向位移的报警值及位移方向综合确定，量程余量应满足监测要求；

5 静力水准传感器的安装位置应能够体现被测对象的变形，应符合现行行业标准《建筑变

形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

10.2.8 监测点宜设置保护设施，监测过程中应加强监测点的保护。

10.2.9 监测仪器、传感器和监测自动化系统应符合下列规定：

- 1 应满足观测精度、量程和线性度的要求，且具有良好的稳定性、可靠性和可替换性；
- 2 监测仪器宜配备后备电源，监测传感器应具备身份识别功能；
- 3 监测自动化系统应能接收、处理、显示现场各项监测数据，应具备超限预警功能及数据存储、传输功能；
- 4 监测仪器应在校准或检定有效期内使用；
- 5 监测过程中宜适时进行监测仪器、传感器和软件的检查和维护。

10.2.10 监测项目初始值采集前，应进行监测仪器、传感器、通讯硬件和数据系统的稳定性和可靠性检查，满足要求后方可实施监测。

10.2.11 监测项目初始值应在混凝土浇筑前测定，并在现场工况稳定情况下获取监测初始值。

10.2.12 监测期间，监测结果应与现场施工工况适时对比分析，当监测数据异常时，应及时对监测系统进行核查。

10.3 监测周期及频率

10.3.1 高大支模架实时安全监测应贯穿混凝土浇筑施工全过程。监测应从混凝土浇筑施工前进行初始值采集，至混凝土施工完成后，施工机械、人员清场，且监测数据无持续增大趋势为止。

10.3.2 监测项目的监测频率应综合模板工程的规模、周边环境、自然条件、施工阶段等因素确定；在无数据异常和事故征兆的情况下，混凝土浇筑期间监测频率不宜低于 2 次/min。

10.3.3 当出现下列情况之一时，应提高监测频率：

- 1 基础条件差异较大，采用门洞、型钢悬挑支架等作为基础时；
- 2 采用跨空或悬挑支撑结构时；
- 3 周边环境复杂、人流较多、交通繁忙、存在重要保护建（构）筑物等情况；
- 4 监测数据达到报警值或监测数据变化较大；
- 5 存在可能影响基础安全的沟槽开挖等施工情况时；
- 6 出现其他影响监测对象及周边环境安全的异常情况。

10.4 数据处理和信息反馈

10.4.1 高大支模监测人员应具有工程测量、结构工程施工的综合知识和工程实践经验，具有较强的综合分析能力，能及时提供可靠的综合分析建议。

10.4.2 现场监测人员应对监测数据的真实性负责，报告编写人员应对监测报告的可靠性负责，第三方监测单位应对整个项目监测质量负责。监测记录和监测报告均应有责任人签字，监测报告应加盖报告专用章或公章。

10.4.3 监测数据的处理与信息反馈应通过监测自动化系统实现数据采集、传输、处理、分析、查询及管理，实时显示电子数据及图表，实时自动报警提示，实现监测成果可视化。

10.4.4 监测报告提供的内容应真实、准确、完整，并宜用文字阐述与绘制变化曲线或文图相结合的形式表达。监测报告应包括项目概况、监测依据、监测项目、监测点布置、监测仪器及监测方法、监测周期及频率、监测报警值、监测结论、监测点变化与时间关系曲线图等。

10.4.5 监测完成后，第三方监测单位应向委托方提供下列资料，并按档案管理规定进行组卷归档：

- 1 高大支模架实时安全监测方案；
- 2 监测报告；
- 3 其他需要留存的资料。

11 质量控制

11.1 一般规定

11.1.1 施工现场应建立健全脚手架工程的质量检查验收制度。

11.1.2 脚手架工程应按下列规定进行质量控制：

- 1 搭设和拆除作业前，应审核专项施工方案；
- 2 脚手架搭设过程中应分步检查，并应进行阶段施工质量验收；
- 3 脚手架搭设完工后和在阶段使用前应进行验收，并应在验收合格后方可使用。

11.1.3 搭设脚手架的材料、构配件和设备应按进入施工现场的批次分品种、规格进行检验，检验合格后方可搭设施工，应符合下列要求：

- 1 材料、构配件和设备质量应符合本标准及国家现行相关标准的规定；
- 2 材料、构配件、设备应有产品质量合格证，主要承力杆件、涉及结构安全的构件应具有型式检验报告；
- 3 对进场材料的表观质量进行检查验收，检验合格后方可使用；
- 4 按规定应进行施工现场抽样复验的构配件，应经抽样复验合格方可使用（抽样送检数量详见附录 C）；
- 5 周转使用的材料、构配件和设备，应经维修检验合格方可继续使用。

11.1.4 在对脚手架材料、构配件和设备进行现场检验时，应在监理工程师的见证下，随机抽取样品进行外观检验、实量实测检验、功能测试检验。抽样比例应符合下列规定：

- 1 按材料、构配件和设备的品种、规格应抽检 1%~3%；
- 2 经过维修的材料、构配件抽检比例不应少于 3%。

11.1.5 脚手架在搭设过程中和阶段使用前应进行阶段施工质量检查，确认合格后方可进行下道工序施工或阶段使用，在下列阶段应进行阶段施工质量检查：

- 1 搭设场地完工后及脚手架搭设前，应对地基承载力、场地坡度、排水等进行检查验收；
- 2 落地作业脚手架每搭设一个楼层高度，阶段使用前；高度超过 8m 的落地支撑脚手架，每搭设完成 6m 高度后；
- 3 搭设达到设计高度后；
- 4 作业层施加荷载前；
- 5 样板工程完成后。

11.1.6 在对脚手架进行阶段施工质量检查时，应依据本标准及脚手架相关的国家现行标准的要求，采用外观检查、实量实测检查、性能测试等方法进行检查。

11.1.7 在脚手架达到设计高度后，应对脚手架搭设施工质量进行完工验收。脚手架搭设施工质量合格判定应符合下列要求：

- 1 所用材料、构配件和设备质量应经现场检验合格；
- 2 搭设场地、支承结构件固定应满足稳定承载的要求；
- 3 阶段施工质量检查合格，应符合本标准及脚手架相关的国家现行标准、专项施工方案的要求；
- 4 专项施工方案、产品合格证及型式检验报告、检查记录、测试记录等技术资料应完整。

11.1.8 脚手架搭设完毕，经检验确认合格后，应悬挂绿色《脚手架安全检查确认牌》，方可容许使用；如检验不合格的，则应悬挂红色《脚手架安全检查确认牌》，并禁止使用。

11.1.9 已验收合格的脚手架，在使用过程中不得擅自拆除或改动。由于施工需要需对架体作局部调整时，应由专业技术人员进行安全确认，在保证结构架体安全和采取相应措施的情况下，应由脚手架搭设人员进行修改。

11.1.10 对于使用周期较长的脚手架，施工单位现场负责人应组织相关人员定期对脚手架的质量和安​​全情况进行检查。

11.1.11 在脚手架使用过程中，若发现脚手架立杆沉陷或悬空、连接节点松动、架子歪斜变形等现象，应立即停止使用，由脚手架搭设人员整改合格后方可继续使用。

11.1.12 检查验收记录表宜按本标准附录 D 采用。

11.2 预 压

11.2.1 脚手架的预压应包括支撑脚手架基础预压与支撑脚手架架体预压，应按现行行业标准《钢管满堂支架预压技术规程》JGJ/T 194 的有关规定实施。

11.2.2 支撑脚手架基础预压与支撑脚手架架体预压应根据设计要求以及工程结构形式、荷载大小、基础类型、施工工艺等条件制定脚手架预压测试专项实施方案。预压范围应由项目参建各方共同讨论确定。

11.2.3 预压前，预压过程应进行验算与安全检验，应符合国家现行有关标准的规定。

11.2.4 在支撑脚手架基础及支撑脚手架验收合格后，应按照批准的脚手架预压测试专项实施方案确定的分级加载程序、荷载分布和加载量进行预压。

11.2.5 支撑脚手架基础预压应符合下列规定：

- 1 预压荷载不应小于支撑脚手架基础承受荷载的 1.2 倍；
- 2 预压范围不应小于混凝土结构实际投影面及周边外扩 1m 的面积；
- 3 加（卸）载可采用一次性加（卸）载。

11.2.6 支撑脚手架架体预压应符合下列规定：

- 1 应在脚手架基础预压合格后进行；
- 2 预压荷载宜为支撑脚手架所支撑荷载的 1.2 倍；
- 3 预压加载范围不应小于现浇混凝土结构的实际投影面积；
- 4 加载时，宜从混凝土结构跨中开始向四周处进行对称布载；
- 5 应对预压单元进行分级加载，且不应少于 3 级，依次为单元内预压荷载值的 60%、80%、100%；
- 6 每级加载完成后，应每间隔 12h 对支撑脚手架沉降量进行一次监测。当 12h 内架顶监测点的沉降量平均值小于 2mm 时，可进行下一级加载；

7 支撑脚手架架体预压可一次性卸载，预压荷载应对称、均衡、同步卸载。

11.2.7 加载的材料应有防水措施，并应防止被水浸泡后引起加载重量变化。

11.2.8 预压前，应加强安全生产教育、制定安全隐患预防应急措施，并应采取下列安全措施：

- 1 应进行安全技术交底，并应落实安全技术措施；
- 2 参与预压测试的作业人员应按规定佩戴劳动保护用品；
- 3 当采用吊装压重物方式预压时，应编制预压吊装方案。且在吊装时，应有专人统一指挥，参与吊装的人员应有明确分工；

4 吊装作业前应检查起重设备的可靠性和安全性，并应进行试吊。在吊装时，应防止吊装物撞击支架。

11.2.9 支撑脚手架基础及架体预压前应布置沉降监测点，预压过程中应进行沉降监测。预压监

测应包括下列内容：

- 1 预压荷载加载之前监测点的标高；
- 2 预压荷载每级加载后监测点的标高；
- 3 预压荷载加载至 100%，每间隔 24h 监测点的标高；
- 4 预压荷载卸载后监测点的标高。

11.2.10 在全部加载完成后的预压监测过程中，当满足下列条件之一时，应判定预压合格：

- 1 各监测点最初 24h 的沉降量平均值小于 1mm；
- 2 各监测点最初 72h 的沉降量平均值小于 5mm。

11.2.11 对于无法满足预压合格标准的支撑脚手架基础或者支撑脚手架，应查明原因后对同类支撑脚手架基础或者支撑脚手架全部进行处理，处理后应重新选择代表性区域进行预压。

11.3 样板引路验收制度

11.3.1 施工单位应建立健全样板引路验收制度。

11.3.2 脚手架搭设前，施工单位应先行样板工程施工。样板工程应包括地基处理样板、脚手架搭设样板、安全防护样板等。

11.3.3 样板引路验收应符合下列规定：

1 材料构配件验收时，应对原材料、构配件等检验，并按进场批次和验收标准规定的抽样检验方案执行；

2 架体结构和构造验收时，应对架体的结构和构造的合理性及与施工专项方案符合性，节点连接牢固度、安全防护设施设置齐全等进行验收；

3 资料验收时，应包括原材料、构配件等质量证明文件、质量合格证、规格、型号及性能检测报告，施工过程中重要工序的自检和交接检记录、平行检测报告、见证取样检测报告和隐蔽工程验收记录等。

12 安全管理

12.1 一般规定

- 12.1.1 施工现场应建立脚手架工程施工安全管理体系和安全检查、安全考核制度。
- 12.1.2 脚手架工程安全管理应符合下列规定：
- 1 搭设和拆除作业前，应审核专项施工方案；
 - 2 应查验搭设脚手架的材料、构配件、设备检验和施工质量检查验收结果；
 - 3 使用过程中，应检查脚手架安全使用制度的落实情况。
- 12.1.3 脚手架的搭设和拆除作业应由专业架子工担任，并应持证上岗。上岗人员应定期进行体检，凡不适合高处作业者，不得上脚手架操作。
- 12.1.4 搭设和拆除脚手架作业应有相应的安全设施，操作人员应佩戴个人防护用品，穿防滑鞋。
- 12.1.5 脚手架在使用过程中，应定期进行检查，检查项目应符合下列规定：
- 1 主要受力杆件、剪刀撑等加固杆件、连墙件应无缺失、无松动，架体应无明显变形；
 - 2 场地应无积水，立杆底端应无松动、无悬空；
 - 3 安全防护设施应齐全、有效，应无损坏缺失；
 - 4 附着式升降脚手架支座应牢固，防倾、防坠装置应处于良好工作状态，架体升降应正常平稳；
 - 5 悬挑脚手架的悬挑支承结构应固定牢固。
- 12.1.6 当脚手架遇有下列情况之一时，应进行检查，确认安全后方可继续使用：
- 1 遇有6级及以上强风或大雨过后；
 - 2 架体遭受外力撞击作用后；
 - 3 停用超过1个月；
 - 4 架体部分拆除；
 - 5 其他特殊情况。

12.2 安全要求

- 12.2.1 脚手架作业层上的荷载不得超过设计允许荷载。
- 12.2.2 不得将支撑脚手架、缆风绳、混凝土输送泵管、卸料平台及大型设备的支承件等固定在作业脚手架上。不得在作业脚手架上悬挂起重设备。
- 12.2.3 雷雨天气、6级及以上强风天气应停止架上作业；雨、雾等恶劣天气应停止脚手架的搭设和拆除作业；雨、雾、霜后上架作业应采取有效的防滑措施。
- 12.2.4 作业脚手架外侧和支撑脚手架作业层栏杆应采用密目式安全网或其它措施全封闭防护。密目式安全网应为阻燃产品。
- 12.2.5 作业脚手架临街的外侧立面、转角处应采取硬防护措施，硬防护的高度不应小于1.2m，转角处硬防护的宽度应为作业脚手架宽度。
- 12.2.6 作业脚手架同时满载作业的层数不应超过2层。
- 12.2.7 在脚手架作业层上进行电焊、气焊和其他动火作业时，应采取防火措施，并应设专人监护。

12.2.8 在脚手架使用期间，立杆基础下及附近不得进行挖掘作业。

12.2.9 在搭设和拆除脚手架作业时，应设置安全警戒线、警戒标志，并应派专人监护，不得非作业人员入内。

12.2.10 脚手架与架空输电线路的安全距离、工地临时用电线路架设及脚手架接地、防雷措施，应符合现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46的有关规定。

12.2.11 支撑脚手架在施加荷载的过程中，架体下严禁有人。当脚手架在使用过程中出现安全隐患时，应及时排除；当出现可能危及人身安全的重大隐患时，应停止架上作业，撤离作业人员，并应由工程技术人员组织检查、处置。

12.2.12 架体门洞、过车通道，应设置明显警示标识及防超限栏杆。

12.2.13 高大支模架工程施工前，应按本标准要求由建设单位委托第三方监测单位对高大支模架工程进行实时安全监测。

12.2.14 当有下列情况之一时，宜按现行行业标准《钢管满堂支架预压技术规程》JGJ/T 194的有关规定对模板支撑架及地基进行预压：

- 1 承受重载或设计有特殊要求时；
- 2 地基为不良地质条件时；
- 3 拟浇筑混凝土的构件跨度大，对构件表面成型线形有要求时。

12.2.15 在对支撑脚手架架体预压施加荷载的过程中和加载后，架体下面严禁有人员出入，对监测点的测量应采用远程自动采集测量，或在支撑脚手架外围测量的方法进行。

12.2.16 支撑脚手架预压时，应对预压区域设置警戒线、警示标志，应禁止非作业人员入内。在对支撑脚手架施加预压荷载时及预压荷载施加后，架体下严禁有人。

附录 A 脚手架力学性能试验方法

A.1 构配件力学性能试验方法

A.1.1 试验所用的液压式万能材料试验机和百分表的精度应为 $\pm 1\%$ ，测力式扭矩扳手精度应为 $\pm 5\%$ 。

A.1.2 构配件强度试验时，加荷速度应小于 400N/s 。

A.1.3 脚手架构配件应按下列步骤进行试验：

- 1 试件尺寸测量：需作标定的，在试件上做出标记；
- 2 夹持试件：将试件直接夹持在试验设备或设施上，当试件不能直接夹持时，应采用适宜的试验工装夹持；
- 3 检查试验设备：检查试验设备运转情况，确认试验设备运转正常；
- 4 加载：按等增量法进行均匀、缓慢加载，直至构配件失去承载能力；
- 5 记录；
- 6 数据整理、分析：确认有效数据，在对有效检测数据统计分析的基础上判定检测最终结果；
- 7 试验报告。

A.1.4 对金属类构件试验，每组试验所取试件的数量不应少于 3 个单体试件，有效数据和检测结论的判定应符合下列规定：

- 1 当单个试件检测结果与该组试件平均值的偏差不超过 $\pm 10\%$ 时，应取该组 3 个单体试件的检测结果为有效数据，并应取有效数据的最小值为该构件的极限承载力值；
- 2 当单个试件检测结果与该组试件平均值的偏差超过 $\pm 10\%$ 时，应加倍取样试验；在两组试件的检测结果中，去掉超过两组检测数据平均值 $\pm 10\%$ 部分，取两组剩余部分各单体试件的检测结果为有效数据，并应取有效数据的最小值为该构件的极限承载力值。

A.1.5 脚手架立杆与水平杆连接节点力学性能试验，应符合下列规定：

- 1 竖向抗压承载力试验应取立杆与水平杆连接节点（图 A.1.5-1）进行竖向极限抗压承载力试验。应按下列方法进行试验：
 - 1) 可选择万能材料试验机为检测设备；
 - 2) 应采用定型试验工装将试件夹持在试验机上；
 - 3) 应等速施加荷载。荷载由 0kN 增加，当荷载增加至节点竖向抗压承载力设计值时，观察节点连接件应无塑性变形、无滑移、无破坏；继续增加荷载，直至连接件破坏，记录极限压力值 R_u 。

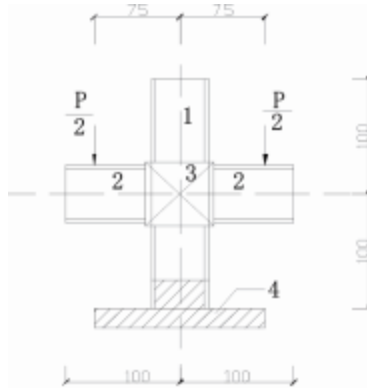


图 A. 1. 5-1 竖向抗压承载力试验示意

1—立杆；2—水平杆；3—连接件；4—工装

2 水平杆轴向拉力、压力试验应取立杆与水平杆连接节点（图 A. 1. 5-2）分别进行水平杆轴向极限抗拉承载力和极限抗压承载力试验。应按下列方法进行试验：

- 1) 应对试件尺寸进行测量，抗拉试验应计入水平杆的钳口夹持长度；
- 2) 应选择万能材料试验机为检测设备；
- 3) 将试件水平杆两端夹持在万能试验机的钳口上。抗拉试验时，钢管夹持段可压扁或插入直径与钢管内径相当的圆钢棒；
- 4) 应等速施加荷载，荷载由 0kN 增加，当水平杆上的拉（压）力增加至节点水平向抗拉（压）承载力设计值时，观察节点连接件应无塑性变形、无滑移、无破坏；继续增加荷载，直至连接件破坏，记录极限拉（压）力值 R_u 。

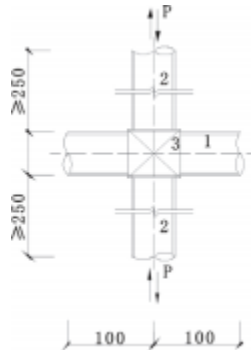


图 A. 1. 5-2 水平杆轴向拉、压力试验示意

1—立杆；2—水平杆；3—连接件

3 转动刚度试验应取立杆与水平杆连接节点（图 A. 1. 5-3）进行转动刚度试验。应按下列方法进行试验：

- 1) 水平杆长度应大于 1000mm；
- 2) 将立杆上下端固定牢固，使立杆垂直，立杆与水平杆夹角应为 90° ；
- 3) 测量出水平杆至立杆中心 1000mm 的位置，并应做好标记；
- 4) 在水平杆标记点的位置依次悬挂砝码 P ，在预加砝码 P 为 20N 时，应将测量仪表调至零点，第一级加砝码 80N，然后每次增加砝码 100N，并应分别记录每次悬挂砝码后水平杆标记点处的下沉位移累计值，直至节点连接件严重变形，失去承载能力；
- 5) 绘制扭矩-转角位移曲线图，应取曲线图直线段正切值的 2 倍为节点转动刚度标准值（图 A. 1. 5-4）。

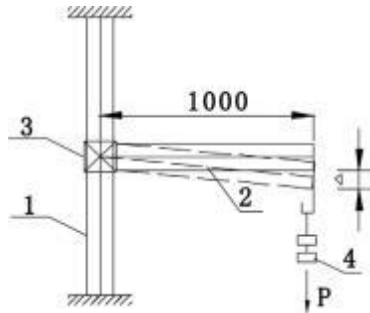


图 A. 1. 5-3 转动刚度试验示意

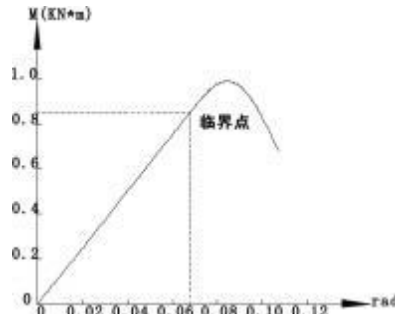


图 A. 1. 5-4 扭矩 - 转角位移曲线

1—立杆；2—水平杆；3—连接件；4—砝码

A. 1. 6 脚手架立杆对接连接节点力学性能试验方法应符合下列规定：

1 抗拉强度试验应取立杆对接连接节点（图 A. 1. 6-1）进行极限抗拉承载力试验。应按下列方法进行试验：

- 1) 应对试件尺寸进行测量，测量时应计入立杆的钳口夹持长度；
- 2) 将试件夹持在万能材料试验机的钳口上；
- 3) 应等速施加荷载。拉力 P 由 0kN 增加，当 $P=15\text{kN}$ ，对接杆件应无滑移，继续增加 P 值，直至连接件破坏，记录极限拉力值 R_u 。

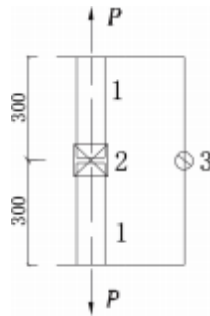


图 A. 1. 6-1 立杆对接节点抗拉强度试验示意

1—立杆；2—连接件；3—百分表

2 抗压强度试验应取立杆对接连接节点（图 A. 1. 6-2）进行极限抗压承载力试验。应按下列方法进行试验：

- 1) 应对试件尺寸进行测量；
- 2) 采用试验工装将试件夹持在万能试验机上；
- 3) 应等速施加荷载。压力 P 由 0kN 增加，当 P 增加至立杆抗压承载力设计值时，节点连接件应无塑性变形；继续增加 P 值，直至连接件破坏，记录极限压力值 R_u 。

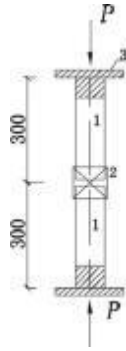


图 A. 1. 6-2 立杆对接节点抗压强度试验示意

1—立杆；2—连接件；3—工装

3 抗压稳定承载力试验应取立杆对接连接节点（图 A. 1. 6-3）进行抗压稳定极限承载力试验。应按下列方法进行试验：

- 1) 应对试件尺寸进行测量；
- 2) 采用试验工装将试件夹持在万能试验机上；
- 3) 应等速施加荷载。压力 P 由 0kN 增加，直至破坏，记录极限压力值 R_u 。

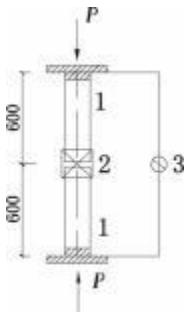


图 A. 1. 6-3 立杆对接节点抗压稳定承载力试验示意

1—立杆；2—连接件；3—百分表

A. 1. 7 扣件式钢管脚手架杆件连接节点的试验方法应符合现行国家标准《钢管脚手架扣件》GB 15831 的有关规定。

A. 1. 8 工具式连墙件力学性能试验方法应符合下列规定：

1 抗拉强度试验应取连墙件（图 A. 1. 8-1）进行极限抗拉承载力试验。应按下列方法进行试验：

- 1) 应采用试验工装将试件夹持在万能试验机的钳口上；
- 2) 应在连墙杆与被连接件之间夹角为 180° 时，等速施加拉伸荷载。 P 由 0kN 增加至 10kN，完全卸荷后，再由 0kN 继续增加，直至连墙件破坏，记录极限拉力值 R_u 。

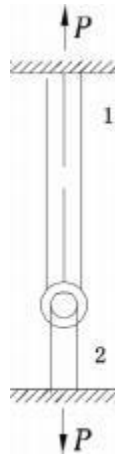


图 A. 1. 8-1 连墙件抗拉强度试验示意

1—连墙杆；2—被连接件

2 抗压稳定承载力试验应取连墙件（图 A. 1. 8-2）进行极限抗压承载力试验。应按下列方法进行试验：

- 1) 应采用试验工装将试件夹持在万能试验机的钳口上；
- 2) 应在连墙杆为最大使用长度，并与被连接件之间夹角为 180° 时，等速施加压缩荷载。 P 由 0kN 增加至 10kN ，完全卸荷后，再由 0kN 继续增加，直至连墙件破坏，记录极限压力值 R_u 。



图 A. 1. 8-2 连墙件抗压试验示意

1—连墙杆；2—被连接件；3—工装；4—加压板

A. 1. 9 可调底座应进行极限抗压承载力试验。应按下列方法进行试验：

- 1 用刀口支承、刀口座、立杆钢管和可调底座组成试件（图 A. 1. 9）；
- 2 将可调底座调节至最大使用高度，在中心线上施加等速压缩荷载 P ；
- 3 P 由 0kN 增加至 40kN ，完全卸荷后，再由 0kN 继续增加，直至试件破坏，记录极限压力值 R_u 。

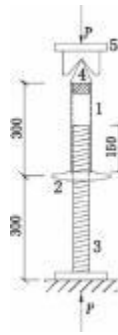


图 A. 1. 9 可调底座抗压强度试验示意

1—钢管；2—调节螺母；3—调节螺杆；4—刀口支承；5—刀口座

A. 1. 10 可调托座应进行极限抗压承载力试验。应按下列方法进行试验：

- 1 用刀口支承、刀口座、立杆钢管和可调托座组成试件（图 A. 1. 10）；
- 2 将可调托座调节到最大使用高度，在中心线上施加等速压缩荷载 P ；
- 3 P 由 0kN 增加至 40kN，完全卸荷后，再由 0kN 继续增加，直至试件破坏，记录极限压力值 R_u 。

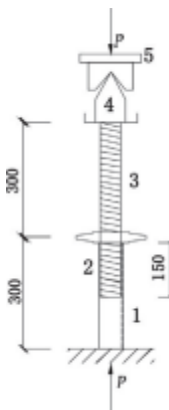


图 A. 1. 10 可调托座抗压强度试验示意

1—钢管；2—调节螺母；3—调节螺杆；4—刀口支撑；5—刀口座

A. 2 架体结构力学性能试验方法

A. 2. 1 脚手架结构试验宜采用立杆中心传力的方式传递荷载，可采用专用试验机、分配梁千斤顶装置、堆载等适合的方法加载。加载装置不应产生对试验架体的变形约束。

A. 2. 2 脚手架结构试验时，试验架体的构造应按试验方案搭设，各类杆件、构配件的安装固定应符合本标准和脚手架相关的国家现行标准的有关规定。

A. 2. 3 脚手架结构试验应按下列步骤进行：

- 1 编制试验方案；
- 2 选择试验场地、设备；
- 3 随机抽取搭设试验架体的材料、构配件，对其进行尺寸测量及外观质量检验并记录；
- 4 搭设试验架体，当进行脚手架足尺结构试验时，按脚手架的构造不同而分别搭设，并分别进行试验；
- 5 对试验架体尺寸进行测量，并做好位移变形标记；
- 6 安装加载装置和试验数据采集、传递、存储系统；

7 采用分级加荷的方法加载，观察每级荷载施加后试验架体的变形情况，并依次记录，直至试验架体失稳破坏，记录试验架体的极限承载力值；

8 确认有效数据，对试验数据整理、分析，并得出架体结构设计承载力值；

9 试验报告。

A.2.4 在进行脚手架结构试验时，应逐级加荷，每级荷载值宜为架体极限承载力的 1/10，每级荷载持荷时间不应少于 5min；当加荷至临界荷载的前两级荷载时，应减半加荷。每级荷载加荷速度宜控制在 20kN/min~40kN/min 之间。

A.2.5 采用单元结构试验方法进行的落地作业脚手架和支撑脚手架的结构试验，应符合下列规定：

1 应先进行一组脚手架 A 类单元结构试验，得出脚手架 A 类单元结构单立杆极限承载力值、标准值；

2 落地作业脚手架应按步距的不同划分为若干个试验组，每个试验组至少进行一组 B 类单元结构试验，应得出相应立杆极限承载力值；并应将 B 类单元结构试验结果与至少一个作业脚手架足尺结构试验结果进行对比分析，判定检测结论；

3 支撑脚手架结构试验应按步距的不同划分为若干个试验组，每个试验组应至少进行一组 C 类单元结构试验，应得出相应立杆极限承载力值，并应将 C 类单元结构试验结果与至少一个支撑脚手架足尺结构试验结果进行对比分析，判定检测结论；

4 对每组单元结构试验，应搭设相同的 3 个单元结构架体进行试验，当各个单体试验数据与该组试验数据平均值的偏差小于或等于 $\pm 10\%$ 时，应取各单体试验结果为有效数据，并应取该组试验数据的平均值作为该种类（该步距）脚手架立杆的承载力极限值。

当某个单体试验数据与该组试验数据平均值的偏差大于 $\pm 10\%$ 时，应适当增加相同单元结构架体的试验数量；在去掉单体试验数据超过该组试验数据平均值的 $\pm 10\%$ 部分后，应取剩余 3 个单体试验数据为有效数据，并应取有效数据的平均值作为该种类（该步距）脚手架立杆的承载力极限值。

A.2.6 脚手架 A 类单元结构试验方法步骤应符合下列规定：

1 应采用 4 根待试验脚手架立杆，应按（图 A.2.6）搭设 A 类单元结构试验架体。其步距应与实际架体的步距相同，底部宜设可调底座，立杆垂直度偏差不应超过架体高度的 1/300，且不应大于立杆直径；

2 对试验架体结构尺寸应进行测量；

3 应安装加载装置和检测数据采集、传递、存储系统；

4 应采用分级、匀速的加载方式对 4 根立杆施加等量荷载，直至试验架体破坏，记录极限承载力值 R_u ；

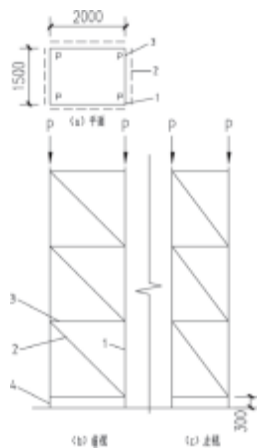


图 A. 2. 6 A 系列单元结构试验示意

1—立杆；2—斜撑杆；3—水平杆；4—可调底座

5 应按极限承载力值计算出 A 类单元结构试验架体单立杆稳定承载力设计值、标准值。

A. 2. 7 脚手架 B 类单元结构试验方法步骤应符合下列规定：

1 应采用 6 根待试验脚手架立杆，应按（图 A. 2. 7）搭设 B 类单元结构试验架体。其步距应与实际架体的步距相同，底部宜设可调底座。立杆垂直度偏差不应超过架体高度的 1/300，且不应超过立杆直径；

2 对试验架体结构尺寸应进行测量；

3 应安装加载装置和检测数据采集、传递、存储系统；

4 应采用分级、匀速的加载方式对 6 根立杆施加等量荷载，当 6 根立杆均匀加载至 A 类单元结构试验架体单立杆承载力标准值时，应停止加载 2min，观察试验架体的变化；继续对中间 2 根立杆加载，直至破坏。应记录中间 2 根立杆的极限承载力值；

5 应取中间两根立杆的极限承载力平均值作为 B 类单元结构试验架体的单立杆极限承载力值。

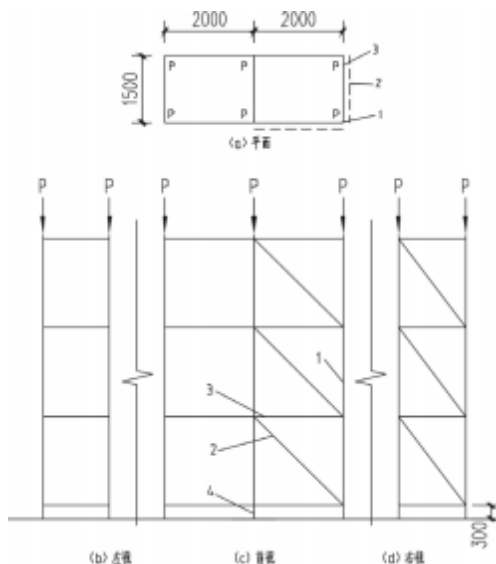


图 A. 2. 7 B 系列单元结构试验示意

1—立杆；2—斜撑杆；3—水平杆；4—可调底座

A. 2. 8 脚手架 C 类单元结构试验方法步骤应符合下列规定：

1 应采用 9 根待试验脚手架立杆，应按（图 A. 2. 8）搭设 C 类单元结构试验架体。其试验

架体步距应与实际架体的步距相同，底部宜设可调底座。立杆垂直度偏差不应超过架体高度的1/300，且不应超过立杆直径；

- 2 应对试验架体尺寸应进行测量；
- 3 应安装加载装置和检测数据采集、传递、存储系统；
- 4 应采用分级、匀速的加载方式对9根立杆施加等量荷载，当9根立杆均匀加载至A类单元结构试架体单立杆承载力标准值时，应停止加载2min，观察试验架体变化；继续对中间立杆加载，直至破坏。应记录中间立杆极限承载力值 R_u ；
- 5 应取中间立杆的极限承载力值作为C类单元结构试验架体的单立杆极限承载力值。

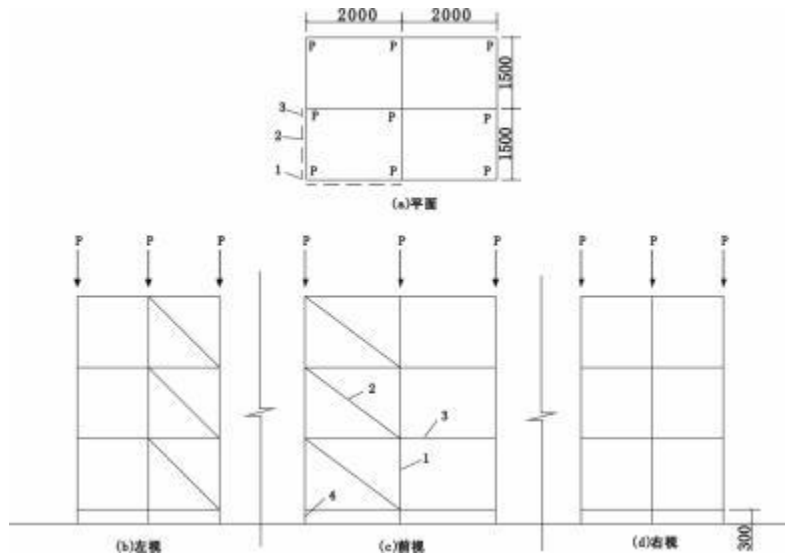


图 A. 2. 8 C 系列单元结构实验示意

1—立杆；2—斜撑杆；3—水平杆；4—可调底座

A. 2. 9 作业脚手架足尺结构试验应选取典型结构单元架体进行试验，宜对比分析连墙件不同设置方式、架体不同构造设置时的极限承载力值，试验架体的搭设应符合下列要求：

- 1 高度不应少于6步；纵向长度不应少于3跨；
- 2 连墙件宜分别按3步3跨、2步3跨设置；
- 3 纵、横向水平杆应按步设置，并可在架体外侧设竖向剪刀撑或竖向斜撑杆；
- 4 在底层立杆上应设纵向扫地杆和横向封口杆。

A. 2. 10 在施工过程中，需对作业脚手架进行结构试验时，可选用单跨、3步~6步高的架体进行试验。

A. 2. 11 支撑脚手架足尺结构试验可选取典型结构单元进行试验，宜对比分析架体在不同高宽比、不同步距、不同构造设置时的极限承载力值，应符合下列要求：

- 1 可选取一个或多个典型稳定结构单元做为试验架体；
- 2 架体纵向、横向的立杆数量宜分别为偶数，架体的高度（步数）可根据试验方案选择；
- 3 架体的纵向长度宜为3跨~7跨（单数跨），且不宜小于3m；横向宽度不宜少于2跨，宜为2跨~6跨；
- 4 架体外侧周边应布设竖向剪刀撑或竖向斜杆；在底部立杆上设纵向和横向扫地杆；
- 5 高支撑脚手架试验架体的高度不应小于10m；
- 6 当在立杆上设置可调底座或可调托座时，其可调部分伸出长度不宜大于300mm。

A. 2. 12 脚手架结构试验应取架体失去承载能力的前一级荷载作为脚手架的极限承载力。

A. 2. 13 在进行脚手架结构试验时，应详细记录架体随施加荷载而产生变形的过程、破坏形态及特征等情况，并应对其进行分析。

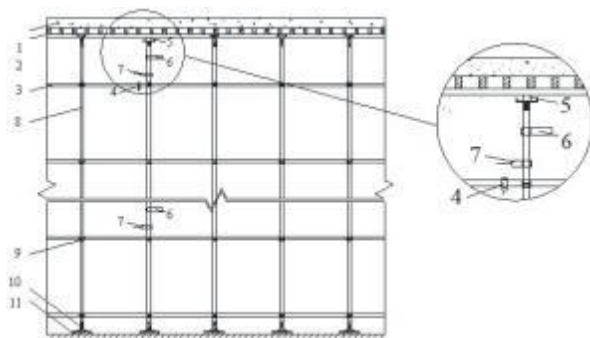
A. 2. 14 脚手架结构力学性能试验的试验报告应包含下列内容：

- 1 试验目的；
- 2 试验方案，试验设备、设施的描述；
- 3 试件的选取、试件的几何参数和物理参数；
- 4 试验单元架体结构；
- 5 加荷方法，架体变形过程描述，架体破坏的特征和形态；
- 6 试验结果及分析。

A. 2. 15 在进行脚手架结构试验时，应采取安全保护措施，应设置安全警戒线，并应设专人监护。

附录 B 测点安装布设示意图

B.0.1 支撑脚手架监测点的布设可参考图 B.0.1 布设。

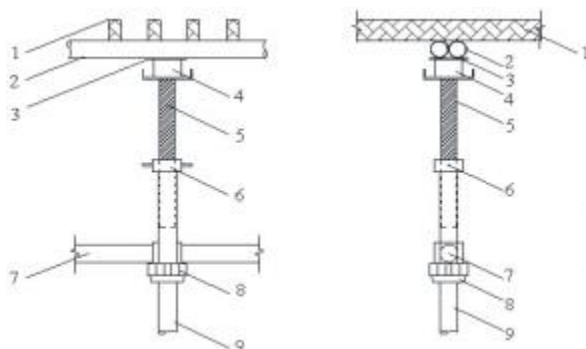


B.0.1 监测点布设示意图

1—结构层；2—模板楞梁；3—水平杆；4—竖向位移传感器；5—轴力传感器；6—倾斜传感器

7—水平位移传感器；8—立杆；9—节点连接件；10—可调节支座；11—基础垫块

B.0.2 支撑脚手架立杆抗压轴力监测点布设可参考图 B.0.2 布设。

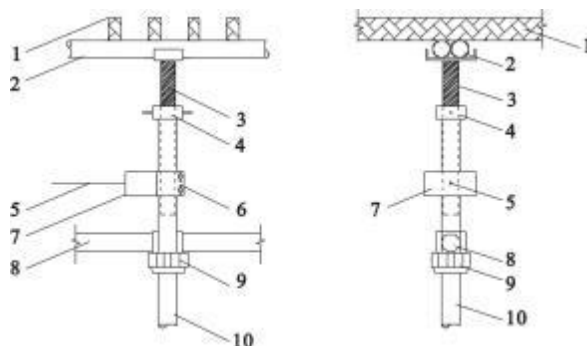


B.0.2 轴力监测布设示意图

1—模板楞梁；2—双钢管龙骨；3—刚性垫板；4—轴力传感器；

5—可调托撑；6—调位螺母；7—水平杆；8—节点连接件；9—立杆

B.0.3 支撑脚手架水平位移监测点布设可按图 B.0.3 布设。

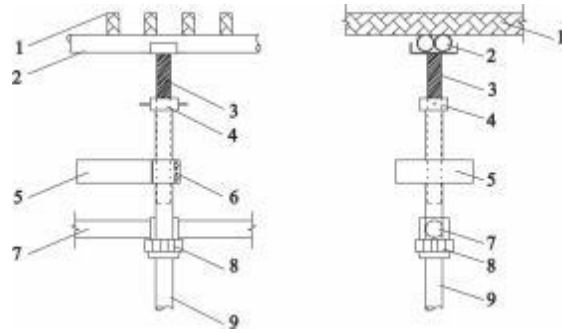


B.0.3 水平位移监测布设示意图

1—模板楞梁；2—双钢管龙骨；3—可调托撑；4—调位螺母；5—拉线；

6—固定卡扣；7—水平位移传感器；8—水平杆；9—节点连接件；10—立杆

B.0.4 支撑脚手架倾斜监测点布设可按图 B.0.4 布设。

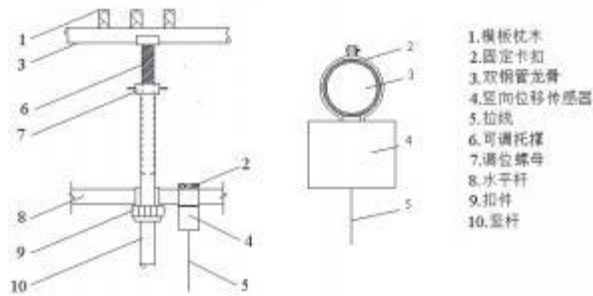


B.0.4 倾斜监测布设示意图

1—模板楞梁；2—双钢管龙骨；3—可调托撑；4—调位螺母；

5—倾斜传感器；6—固定卡扣；7—水平杆；8—节点连接件；9—立杆

B.0.5 支撑脚手架竖向位移监测点布设可按图 B.0.5 布设。



B.0.5 竖向位移监测布设示意图

1—模板楞梁；2—固定卡扣；3—双钢管龙骨；4—竖向位移传感器；5—拉线；

6—可调托撑；7—调位螺母；8—水平杆；9—节点连接件；10—立杆

附录 C 脚手架的材料送检指南

C.0.1 承插型盘扣式钢管脚手架构配件监测抽样应符合表 C.0.1 的要求。

表 C.0.1 承插型盘扣式钢管支架检测抽样要求

序号	检测依据	项目	抽样数量 (个)	材质要求	备注
1	GB/T 1591、GB/T 700、GB/T 111352、JGJ 231-2020	立杆	4	Q355A	
2		扣接头	4	ZG230-450	
3		连接盘	4	ZG230-450 或 Q235B	铸钢或钢板热锻制作的连接盘厚度不小于 8mm，允许尺寸偏差±0.5mm；钢板冲压制作的连接盘厚度不小于 10mm，允许尺寸偏差±0.5mm
4		可调底座	4	Q235	厚度不小于 5mm，允许尺寸偏差±0.2mm；承力面钢板长度和宽度均不小于 150mm
5		立杆连接套管	4	ZG230-450 或 20 号无缝钢管	采用铸钢套管形式的立杆连接套长度不小于 90mm，可插入长度不小于 75mm；采用无缝钢管形式的立杆连接套长度不小于 160mm，可插入长度不小于 110mm；

C.0.2 扣件式钢管脚手架监测抽样应符合表 C.0.2 的要求

表 C.0.2 扣件式钢管检测抽样要求

序号	项目	检测依据	批量范围	抽样数量	备注
1	钢管	GB/T 228、GB/T 3091	新低压流体输送用焊接钢管每批数量不超过 750 根	4 根	1、每根钢管去掉端部 10cm 后再截取 40cm 长一段；2、新旧钢管混杂按旧钢管处理。
			新直缝电焊钢管每批数量不超过 400 根	4 根	
			旧钢管 40 吨以下为一批，40-100 吨为二批，100 吨以上，每 100 吨增加一批	4 根	
2	扣件	GB 15813	281~500 只	8 只	1、批量小于 281 只，按 281 只抽样； 2、当批量大于 10000 只，超过部分应做另一批抽样； 3、直角、旋转、对接扣件分别抽样。
			501~1200 只	13 只	
			1201~10000 只	20 只	

附录 D 脚手架检查验收用表

D.0.1 扣件式钢管脚手架材料、构配件质量检查验收可按表 D.0.1 记录

表 D.0.1 扣件式钢管脚手架主要构配件验收记录表

检查项目	质量要求	允许偏差	检查方法与工具	抽检结果
钢管	焊接钢管尺寸 (mm) 外径 33\38\42\48mm	外径 $\pm 0.5\text{mm}$, -0.1mm ; 壁厚 $\pm 0.15\text{mm}$	游标卡尺	
	焊接钢管尺寸 (mm) 外径 60mm	外径 $+0.3\text{mm}$, -0.1mm ; 壁厚 $\pm 0.1\cdot S$	游标卡尺	
	钢管两端面切斜偏差	1.7mm	塞尺、拐角尺	
脚手板	冲压钢脚手板 a 板面扰曲 $L \leq 4\text{m}$, $L > 4\text{m}$	$L \leq 4\text{m}$ ($\leq 12\text{mm}$)	钢板尺	
		$L > 4\text{m}$ ($\leq 16\text{mm}$)		
	板面扭曲 (任一脚翘起)	$\leq 5\text{mm}$	钢板尺	
顶托	可调托撑支托板变形	1mm	钢板尺、塞尺	
底座	可调底座的底板和可调托座托板厚度不应小于 5mm, 承力面钢板, 承力面钢板与丝杆应采用环焊, 并应设置加劲板或加劲拱度	允许尺寸偏差应为 $\pm 0.2\text{mm}$, 长度和宽度均不应小于 150mm	游标卡尺、钢尺	
可调托座、可调底座	可调底座及可调托座丝杆与螺母旋合长度, 螺母厚度, 不可调托座和可调底座插入立杆内的长度	旋合长度不得小于 5 扣, 螺母厚度不得小于 30mm	游标卡尺、钢尺	
杆端扣接头		接触面积不小于 500mm ²		
立杆与立杆连接套管		铸钢套管长度应不小于 90mm, 无缝钢管长度不小于 160mm		
防拔销孔径不应大于 14mm		$\pm 0.1\text{mm}$		
立杆连接件直径应为 12mm		$\pm 0.1\text{mm}$		
施工单位 检查结论	结论:			
	检查人员: 检查日期:			
	项目技术负责人		项目负责人	
监理单位 检查结论	结论: 检查日期:			
	专业监理工程师		总监理工程师	

D.0.2 盘扣式作业脚手架、盘扣式支撑架施工验收可按表 D.0.2-1、表 D.0.2-2 记录

表 D.0.2-1 盘扣式支撑架施工验收记录表

项目名称							
搭设部位	架体高度/m	架体跨度/m	架体宽度/m	最大荷载/kN			
搭设班组	班组长						
架体验收内容	技术要求	抽检要求	评判条件	合格(Y)	不合格(N)	备注	
可调底托	插入立杆深度 $\geq 150\text{mm}$	全部核查					
	可调底托与地基接触良好，无虚接触现象	架体外围底托全检					
可调顶托	插入立杆深度 $\geq 200\text{mm}$ ，可调顶托与钢梁接触良好，无悬空现象	每跨抽检数量不少于 30 个					
立杆	立杆综合间距是否与方案一致	全部核查					
	竖向接长位置处接触情况，要求无错位	检查数量不少于 30 个					
横杆	横杆纵向横间距是否与方案一致	全部核查					
	横杆插销是否敲紧，横杆铸钢头是否与立杆紧贴	每层节点抽检数量 30 个					
竖向斜杆	竖向斜杆布置位置是否与方案一致	全部核查					
	竖向斜杆插销是否敲紧，斜杆铸钢头是否与立杆面紧贴	每层节点抽检数量 30 个					
扫地杆高度	扫地杆高度 $\leq 400\text{mm}$	全部核查					
其他	抱柱层数满足方案要求	全部核查					
	水平剪刀撑层数与方案要求一致，水平斜杆夹角满足 $45^\circ\sim 55^\circ$	全部核查					
检查验收结论							
施工单位责任人签字			验收日期				
支架验收人签字			验收日期				

表 D. 0. 2-2 盘扣式作业脚手架施工验收记录表

项目名称								
搭设部位		架体高度/m		架体跨度/m	架体宽度/m		最大荷载/kN	
搭设班组				班组长				
架体验收内容	技术要求			抽检要求	评判条件	合格(Y)	不合格(N)	备注
可调底托	插入立杆深度 $\geq 150\text{mm}$			全部核查	100%			
	可调底托与地基接触良好, 无虚接触现象			架体外围底托全检	100%			
可调顶托	插入立杆深度 $\geq 200\text{mm}$, 可调顶托与钢梁接触良好, 无悬空现象			每跨抽检数量不少于 30 个	100%			
立杆	立杆综合间距是否与方案一致			全部核查	100%			
	竖向接长位置处接触情况, 要求无错位			检查数量不少于 30 个	100%			
横杆	横杆纵向横间距是否与方案一致			全部核查	100%			
	横杆插销是否敲紧, 横杆铸钢头是否与立杆紧贴			每层节点抽检数量 30 个	合格率 > 90%			
竖向斜杆	竖向斜杆布置位置是否与方案一致			全部核查	100%			
	竖向斜杆插销是否敲紧, 斜杆铸钢头是否与立杆面紧贴			每层节点抽检数量 30 个	合格率 > 90%			
扫地杆高度	扫地杆高度 $\leq 400\text{mm}$			全部核查	100%			
连墙件	是否符合方案要求			全部核查	100%			
护栏设置	是否符合方案要求			全部核查	100%			
脚手板设置	是否符合方案要求			全部核查	100%			
挡脚板设置	是否符合方案要求			全部核查	100%			
人行梯架设置	是否符合方案要求			全部核查	100%			
其它	抱柱层数满足方案要求			全部核查	100%			
	水平剪刀撑层数与方案要求一致, 水平斜杆夹角满足 $45^\circ \sim 55^\circ$			全部核查	100%			
检查验收结论								
施工单位责任人签字				验收日期				
支架验收人签字				验收日期				

D.0.3 脚手架基础验收可按表 D.0.3 检查记录。

表 D.0.3 脚手架基础施工验收记录

编号:

工程名称				施工负责人	
基础型式			架体类型		架体总高度
序号	验收项目	专项方案设计要求		实际检查情况	符合性
1	基础承载力				
2	地基顶面平整度				
3	垫板与底座				
4	排水措施				
5	其他				
施工单位检查结论		结论:			
		检查人员: 检查日期:			
		项目技术负责人		项目负责人	
监理单位检查结论		结论: 检查日期:			
		专业监理工程师		总监理工程师	

注: 1 本表为脚手架基础验收通用表格;

2 对要求量化的参数应填实测值;“符合性”栏根据检查情况分别填写“符合”或“不符合”。

D.0.4 脚手架检查验收可按表 D.0.4 记录

表 D.0.4 脚手架验收记录表

搭设部位				最大荷载	
高度				跨度	
操作人员持证人数				证书符合性	
方案合规性				技术交底情况	
钢管支撑 脚手架	进场前质量验收情况				
	材质、规格与方案的符合性				
	使用前质量检测情况				
	外观质量检查情况				
检查内容		允许偏差 (mm)	方案要求 (mm)	实际情况	符合性
地基 基础	表面	坚实平整			
	排水	不积水			
	垫板	不晃动			
	底座	不晃动			
不沉降		10mm			
立杆垂直度 $\leq H/500$ 且 ± 50		± 5			
水平杆水平度		± 5			
可调 托座	垂直度	± 5			
	插入立杆深度 ≥ 150	-5			
可调 底座	垂直度	± 5			
	插入立杆深度 ≥ 150	-5			
立杆组合对角线长度		± 6			
立杆	梁底纵、横向间距				
	板底纵、横向间距				
	竖向接长位置				
	基础承载力				
水平杆	纵横向水平杆设置				
	梁底 纵横向步距				
	板底纵、横向步距				
	插销销紧情况				
斜向斜杆	最底层步距处设置情况				
	最顶层步距处设置情况				
剪刀撑	垂直纵横向设置				
	水平向				
安全网设置					
扫地杆设置					
与已建结构物拉结设置					
其他					
施工单位检查结论	结论:				
	检查人员:				
	检查日期:				
	项目技术负责人		项目负责人		
监理单位检查结论	结论:				
	检查日期:				
	专业监理工程师		总监理工程师		

附录 E 轴心受压构件的稳定系数

E. 0. 1 Q235 钢管轴心受压构件的稳定系数 φ 应按表 E. 0. 1 取值。

表 E. 0. 1 Q235 钢管轴心受压构件的稳定系数

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.000	0.997	0.995	0.992	0.989	0.987	0.984	0.981	0.979	0.976
10	0.974	0.971	0.968	0.969	0.963	0.960	0.958	0.955	0.952	0.949
20	0.947	0.944	0.941	0.938	0.936	0.933	0.930	0.927	0.924	0.921
30	0.918	0.915	0.912	0.909	0.906	0.903	0.899	0.896	0.893	0.889
40	0.886	0.882	0.879	0.875	0.872	0.868	0.864	0.861	0.858	0.855
50	0.852	0.849	0.846	0.843	0.839	0.836	0.832	0.829	0.825	0.822
60	0.818	0.814	0.810	0.806	0.802	0.797	0.793	0.789	0.784	0.779
70	0.775	0.770	0.765	0.760	0.755	0.750	0.744	0.739	0.733	0.728
80	0.722	0.716	0.710	0.704	0.698	0.692	0.686	0.680	0.673	0.667
90	0.661	0.654	0.648	0.641	0.634	0.626	0.618	0.611	0.603	0.595
100	0.588	0.580	0.573	0.566	0.558	0.551	0.544	0.537	0.530	0.523
110	0.516	0.509	0.502	0.496	0.489	0.483	0.476	0.470	0.464	0.458
120	0.452	0.446	0.440	0.434	0.428	0.423	0.417	0.412	0.406	0.401
130	0.396	0.391	0.386	0.381	0.376	0.371	0.367	0.362	0.357	0.353
140	0.349	0.344	0.340	0.336	0.332	0.328	0.324	0.320	0.316	0.312
150	0.308	0.305	0.301	0.298	0.294	0.291	0.287	0.284	0.281	0.277
160	0.274	0.271	0.268	0.267	0.262	0.259	0.256	0.253	0.251	0.248
170	0.245	0.243	0.240	0.237	0.235	0.232	0.230	0.227	0.225	0.223
180	0.220	0.218	0.216	0.214	0.211	0.209	0.207	0.205	0.203	0.201
190	0.199	0.197	0.195	0.193	0.191	0.189	0.188	0.186	0.184	0.182
200	0.180	0.179	0.177	0.175	0.174	0.172	0.171	0.169	0.167	0.166
210	0.164	0.163	0.161	0.160	0.159	0.157	0.156	0.154	0.153	0.152
220	0.150	0.149	0.148	0.146	0.145	0.144	0.143	0.141	0.140	0.139
230	0.138	0.137	0.136	0.135	0.133	0.132	0.131	0.130	0.129	0.128
240	0.127	0.126	0.125	0.124	0.123	0.122	0.121	0.120	0.119	0.118
250	0.117	—	—	—	—	—	—	—	—	—

E. 0. 2 Q355 钢管轴心受压构件的稳定系数 φ 应按表 E. 0. 2 取值。

表 E. 0. 2 Q355 钢管轴心受压构件的稳定系数

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.000	0.997	0.994	0.991	0.988	0.985	0.982	0.979	0.976	0.973
10	0.971	0.968	0.965	0.962	0.959	0.956	0.952	0.949	0.946	0.943
20	0.940	0.937	0.934	0.930	0.927	0.924	0.920	0.917	0.913	0.909
30	0.906	0.902	0.898	0.894	0.890	0.886	0.882	0.878	0.874	0.870
40	0.867	0.864	0.860	0.857	0.853	0.849	0.845	0.841	0.837	0.833
50	0.829	0.824	0.819	0.815	0.810	0.805	0.800	0.794	0.789	0.783
60	0.777	0.771	0.765	0.759	0.752	0.746	0.739	0.732	0.725	0.718
70	0.710	0.703	0.695	0.688	0.680	0.672	0.664	0.656	0.648	0.640
80	0.632	0.623	0.615	0.607	0.599	0.591	0.583	0.574	0.566	0.558
90	0.550	0.542	0.535	0.527	0.519	0.512	0.504	0.497	0.489	0.482
100	0.475	0.467	0.460	0.452	0.445	0.438	0.431	0.424	0.418	0.411
110	0.405	0.398	0.392	0.386	0.380	0.375	0.369	0.363	0.358	0.352
120	0.347	0.342	0.337	0.332	0.327	0.322	0.318	0.313	0.309	0.304
130	0.300	0.296	0.292	0.288	0.284	0.280	0.276	0.272	0.269	0.265
140	0.261	0.258	0.255	0.251	0.248	0.245	0.242	0.238	0.235	0.232
150	0.229	0.227	0.224	0.221	0.218	0.216	0.213	0.210	0.208	0.205
160	0.203	0.201	0.198	0.196	0.194	0.191	0.189	0.187	0.185	0.183
170	0.181	0.179	0.177	0.175	0.173	0.171	0.169	0.167	0.165	0.163
180	0.162	0.160	0.158	0.157	0.155	0.153	0.152	0.150	0.149	0.147
190	0.146	0.144	0.143	0.141	0.140	0.138	0.137	0.136	0.134	0.133
200	0.132	0.130	0.129	0.128	0.127	0.126	0.124	0.123	0.122	0.121
210	0.120	0.119	0.118	0.116	0.115	0.114	0.113	0.112	0.111	0.110
220	0.109	0.108	0.107	0.106	0.106	0.105	0.104	0.103	0.101	0.101
230	0.100	0.099	0.098	0.098	0.097	0.096	0.095	0.094	0.094	0.093
240	0.092	0.091	0.091	0.090	0.089	0.088	0.088	0.087	0.086	0.086
250	0.085	—	—	—	—	—	—	—	—	—

E. 0. 3 对于平坦或稍有起伏的地形，风压高度变化系数应根据地面粗糙度类别按表 E. 0. 3 确定。地面粗糙度可分为 A、B、C、D 四类：

- A 类指近海海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区；
 B 类指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇和城市郊区；
 C 类指有密集建筑群的城市市区；
 D 类指有密集建筑群且房屋较高的城市市区。

表 E. 0.3 风压高度变化系数 μ_z

地面粗糙度 类别 mz 离地面或 海拔高度 (m)	A	B	C	D
5	1.09	1.00	0.65	0.51
10	1.28	1.00	0.65	0.51
15	1.42	1.13	0.65	0.51
20	1.52	1.23	0.74	0.51
30	1.67	1.39	0.88	0.51
40	1.79	1.52	1.00	0.60
50	1.89	1.62	1.10	0.69
60	1.97	1.71	1.20	0.77
70	2.05	1.79	1.28	0.84
80	2.12	1.87	1.36	0.91
90	2.18	1.93	1.43	0.98
100	2.23	2.00	1.50	1.04
150	2.46	2.25	1.79	1.33
200	2.64	2.46	2.03	1.58
250	2.78	2.63	2.24	1.81
300	2.91	2.77	2.43	2.02
350	2.91	2.91	2.60	2.22
400	2.91	2.91	2.76	2.40
450	2.91	2.91	2.91	2.58
500	2.91	2.91	2.91	2.74
≥ 550	2.91	2.91	2.91	2.91

E. 0.4 钢材的强度和弹性模量取值应符合表 E. 0.4 的要求。

表 E. 0.4 钢材的强度和弹性模量 (N/mm²)

Q345 钢材抗拉、抗压、抗弯强度设计值	300
Q235 钢材抗拉、抗压、抗弯强度设计值	205
Q195 钢材抗拉、抗压、抗弯强度设计值	175
弹性模量	2.06×10^5

E. 0.5 钢管的设计计算参数宜按表 E. 0.5 取用。

表 E.0.5 钢管截面特性

外径 ϕ (mm)	壁厚 t (mm)	截面积 A (cm ²)	惯性矩 I (cm ⁴)	截面模量 W (cm ³)	回转半径 i (cm)
60.3	3.2	5.71	23.10	7.70	2.01
48.3	3.2	4.50	11.36	4.73	1.59
48.3	2.5	3.57	9.28	3.86	1.61
42	2.5	3.10	6.07	2.89	1.40
38	2.5	2.79	4.41	2.32	1.26
33	2.3	2.22	2.63	1.59	1.09

附录 F 盘扣式钢管支架重量表

序号	构件名称	型号	规格 (单位 mm)	材质	单件重量 (单位 Kg)
1	B 型立杆	PKJBLG250	φ48×3.2×2500	Q355	13.05
2		PKJBLG200	φ48×3.2×2000	Q355	10.68
3		PKJBLG150	φ48×3.2×1500	Q355	8.28
4		PKJBLG100	φ48×3.2×1000	Q355	5.88
5		PKJBLG50	φ48×3.2×500	Q355	3.48
6		PKJBJG250	φ48×3.2×2500	Q355	11.84
7		PKJBLG37	φ48×3.2×375	Q355	1.90
8		PKJBLG25	φ48×3.2×250	Q355	1.80
9	B 型水平杆	PKJBSG30	φ48×2.75×252	Q235	1.45
10		PKJBSG60	φ48×2.75×552	Q235	2.41
11		PKJBSG90	φ48×2.75×852	Q235	3.37
12		PKJBSG120	φ48×2.75×1152	Q235	4.33
13		PKJBSG150	φ48×2.75×1452	Q235	5.29
14		PKJBSG180	φ48×2.75×1752	Q235	6.25
15		PKJBSG210	φ48×2.75×2052	Q235	7.21
16		PKJBSG240	φ48×2.75×2352	Q235	8.17
17		PKJBSG300	φ48×2.75×2952	Q235	10.09
18	B 型竖向斜杆	PKJBXG0620	φ33×2.3×2097	Q195	4.84
19		PKJBXG0920	φ33×2.3×2181	Q195	4.99
20		PKJBXG1220	φ33×2.3×2302	Q195	5.20
21		PKJBXG1520	φ33×2.3×2455	Q195	5.47
22		PKJBXG1820	φ33×2.3×2634	Q195	5.78
23		PKJBXG2120	φ33×2.3×2833	Q195	6.13
24		PKJBXG0615	φ33×2.3×1612	Q195	3.99
25		PKJBXG0915	φ33×2.3×1721	Q195	4.18
26		PKJBXG1215	φ33×2.3×1873	Q195	4.45
27		PKJBXG1515	φ33×2.3×2058	Q195	4.77
28		PKJBXG1815	φ33×2.3×2269	Q195	5.14
29		PKJBXG2115	φ33×2.3×2499	Q195	5.55
30	B 型竖向斜杆	PKJBXG0610	φ33×2.3×1141	Q195	3.16
31		PKJBXG0910	φ33×2.3×1291	Q195	3.42
32		PKJBXG1210	φ33×2.3×1489	Q195	3.77
33		PKJBXG1510	φ33×2.3×1718	Q195	4.17
34		PKJBXG1810	φ33×2.3×1967	Q195	4.61
35		PKJBXG2110	φ33×2.3×2228	Q195	5.07
36	Z 型立杆	PKGZLG200	φ60×3.2×2000	Q355	13.18
37		PKGZLG150	φ60×3.2×1500	Q355	10.21
38		PKGZLG100	φ60×3.2×1000	Q355	7.23
39		PKGZLG50	φ60×3.2×500	Q355	3.56
40		PKGZLG20	φ60×3.2×200	Q355	2.16
41	Z 型基础立杆	PKGZJG200	φ60×3.2×2000	Q355	11.95
42		PKGZJG150	φ60×3.2×1500	Q355	8.98
43		PKGZJG100	φ60×3.2×1000	Q355	6.00
44	Z 型水平杆	PKJZSG300	φ48×2.75×2940	Q235	10.05
45		PKJZSG240	φ48×2.75×2340	Q235	8.13
46		PKJZSG210	φ48×2.75×2040	Q235	7.17
47		PKJZSG180	φ48×2.75×1740	Q235	6.21
48		PKJZSG150	φ48×2.75×1440	Q235	5.25
49		PKJZSG120	φ48×2.75×1140	Q235	4.29
50		PKJZSG90	φ48×2.75×840	Q235	3.33
51		PKJZSG60	φ48×2.75×540	Q235	2.37
52		PKJZSG30	φ48×2.75×240	Q235	1.41
53	Z 型竖向斜杆	PKJZXG0615	φ42×2.5×1612	Q195	5.36
54		PKJZXG0915	φ42×2.5×1721	Q195	5.64
55		PKJZXG1215	φ42×2.5×1873	Q195	6.04
56		PKJZXG1515	φ42×2.5×2058	Q195	6.53
57		PKJZXG1815	φ42×2.5×2269	Q195	7.09
58		PKJZXG2115	φ42×2.5×2499	Q195	7.71
59		PKJZXG0920	φ42×2.5×2181	Q195	6.88
60		PKJZXG1220	φ42×2.5×2302	Q195	7.20
61		PKJZXG1520	φ42×2.5×2455	Q195	7.60
62		PKJZXG1820	φ42×2.5×2634	Q195	8.08
63		PKJZXG2120	φ42×2.5×2833	Q195	8.61
64	B 型可调底座	PKJBKTC50	Tr38*5*480	Q235B	3.73
65	B 型可调托撑	PKJBKTC60	Tr38*5*580	Q235B	4.74
66	Z 型可调底座	PKJZKTC50	Tr48*6.5*480	Q235B	4.35
67	Z 型可调托撑	PKJZKTC60	Tr48*6.5*580	Q235B	5.55

本标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑施工脚手架安全技术统一标准》 GB 5120-2016
- 2 《重要用途钢丝绳》 GB 8918
- 3 《钢管脚手架扣件》 GB 15831
- 4 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 5 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 6 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 7 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》 GB 50018
- 8 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 9 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 10 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 11 《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》 GB/T 3098.1
- 12 《低压流体输送用焊接钢管》 GB/T 3091
- 13 《非合金钢细晶粒钢焊条》 GB/T 5117
- 14 《热强钢焊条》 GB/T 5118
- 15 《六角头螺栓—C级》 GB/T 5780
- 16 《钢丝绳用普通套环》 GB/T 5974.1
- 17 《钢丝绳夹》 GB/T 5976
- 18 《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》 GB/T 8110
- 19 《可锻铸铁件》 GB/T 9440
- 20 《碳钢药芯焊丝》 GB/T 10045
- 21 《一般工程用铸造碳钢件》 GB/T 11352
- 22 《直缝电焊钢管》 GB/T 13793
- 23 《熔化焊用钢丝》 GB/T 14957
- 24 《低合金钢药芯焊丝》 GB/T 17493
- 25 《一般用途钢丝绳》 GB/T 20118
- 26 《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46
- 27 《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》 JGJ/T 231-2021
- 28 《高大模板支撑系统实时安全监测技术规范》 DBJ/T 15-197-2020

深圳市工程建设地方标准

深圳市建设工程脚手架安全技术标准

SJG 134 - 2023

条文说明

目 次

1	总则	87
2	术语和符号	88
3	基本规定	89
3.1	一般规定	89
3.2	安全等级和安全系数	90
4	材料、构配件	92
5	荷载	93
5.1	荷载的分类及标准值	93
5.2	荷载组合	94
6	设计	97
6.1	一般规定	97
6.2	作业脚手架承载力计算	98
6.3	满堂作业脚手架计算	101
6.4	支撑脚手架计算	101
6.5	悬挑脚手架支撑结构计算	103
6.6	立杆地基承载力计算	103
7	结构试验与分析	104
7.1	一般规定	104
7.2	架体试验与分析	105
7.3	构配件试验与分析	107
8	构造要求	108
8.1	一般规定	108
8.2	作业脚手架	109
8.3	悬挑脚手架	110
8.4	支撑脚手架	111
8.5	满堂作业脚手架	113
9	搭设与拆除	114
10	高大支模架安全自动监测	115
10.1	一般规定	115
10.2	监测实施	117
10.3	监测周期及频率	119
10.4	数据处理和信息反馈	119
11	质量控制	121
11.1	一般规定	121
11.2	预压	121
11.3	样板引路验收制度	122
12	安全管理	123
12.1	一般规定	123
12.2	安全要求	123

附录 A 脚手架力学性能试验方法..... 125

1 总 则

1.0.1 本标准规定了深圳市各类脚手架的设计、施工、使用及管理的基本原则、基本要求和基本方法，其目的是使应用的各类脚手架能够确保安全，满足施工要求，并符合国家技术经济政策的要求。条文中所述管理，包含对脚手架安全管理、搭设质量管理、日常使用维护管理和对脚手架材料、构配件的保养管理等。

1.0.2 本条规定了标准的适用范围。本标准所规定的基本原则、基本要求和基本方法适用于各类脚手架的设计、搭设、拆除、使用和管理。

1.0.3 各类脚手架搭设和拆除作业前，编制专项施工方案并用于指导施工作业非常重要，不可无专项施工方案并盲目作业。专项施工方案的编写应符合本标准 3.1.1 条的要求。

2 术语和符号

本章的术语和符号主要依据现行国家标准《建筑结构设计术语和符号》GB/T 50083 和《建筑结构可靠度设计标准》GB 50068 及广东省标准《高大模板支撑系统实时安全监测技术规范》DBJ/T 15-197-2020 的有关规定编写的。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 脚手架的安装和拆除作业是一项技术性、安全性要求很高的工作，专项施工方案是指导脚手架安装和拆除作业的技术文件。如果无专项施工方案而盲目进行脚手架的安装和拆除作业，极易引发安全事故。

编制专项施工方案的目的，是要求在脚手架安装和拆除作业前，根据工程的特点对脚手架安装和拆除进行设计和计算，编制出指导施工作业的技术文件，并按其组织实施。

根据工程特点是指编制的专项施工方案应符合工程实际，满足施工要求和安全承载、安全防护要求；应根据工程结构形状、构造、总荷载、施工条件、环境条件等因素，经过设计和计算确定脚手架安装和拆除施工方案。

应经过审批是强调对专项施工方案进行审核把关，按专项施工方案的审批程序进行审查批准。对于按住房和城乡建设部《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（住房和城乡建设部令第37号）和《住房城乡建设部办公厅关于实施〈危险性较大的分部分项工程安全管理规定〉有关问题的通知》（建办质〔2018〕31号）和《建设工程高大模板支撑系统施工安全监督管理导则》建质〔2009〕254号文件规定需进行审核论证的专项施工方案，应组织专家审核论证，并应按专家的意见对专项施工方案进行修改。

实施是指脚手架搭设、检查验收、使用、维护与安全管理、拆除，强调按方案指导施工。

施工图是指可用于指导脚手架安装、拆除施工的平面图、立面图、剖面图、节点图、大样详图等。

应急预案应根据危险因素编制，在应急预案中应对所应用的脚手架进行施工风险分析，并在此基础上编制应急预案。

3.1.2 脚手架是由多个稳定结构单元组成的。对于作业脚手架，是由按计算和构造要求设置的连墙件和剪刀撑、斜撑杆、连墙件等将架体分割成若干个相对独立的稳定结构单元，这些相对独立的稳定结构单元牢固连接组成了作业脚手架。对于支撑脚手架，是由按构造要求设置的竖向（纵、横）和水平剪刀撑、斜撑杆及其他加固件将架体分割成若干个相对独立的稳定结构单元，这些相对独立的稳定结构单元牢固连接组成了支撑脚手架。只有当架体是由多个相对独立的稳定结构单元体组成时，才可能保证脚手架是稳定结构体系。脚手架的承力结构件基本上都是长细比较大的杆件，其结构件必须是在组成空间稳定的结构体系时，才能充分发挥作用。架体的构造设计应注意的是：①脚手架的构造应满足设计计算基本假定条件（边界条件）的要求。脚手架设计计算的基本假定是脚手架设计计算的前提条件，是靠构造设置来满足的。对于作业脚手架而言，边界条件主要是连墙件、水平杆、剪刀撑（斜撑杆）、扫地杆的设置；对于支撑脚手架而言，边界条件主要是纵向和横向水平杆、竖向（纵、横）剪刀撑、水平剪刀撑、斜撑杆、扫地杆的设置。②脚手架的设计计算模型与脚手架的构造相对应。当构造发生变化时，设计计算的技术参数也要发生变化。③当剪刀撑、水平杆、扫地杆、节点连接形式等按不同构造方式设置时，架体的稳定承载力会存在很大差别。基于上述原因，本标准提出对架体构造应进行设计。

3.1.3 脚手架是根据施工需要而搭设的施工作业平台，必须具有规定的性能。能承受设计荷载是指在搭设和使用期内的预期荷载，将哪些荷载作为预期荷载应在设计时考虑。不发生影响正常使用的变形，是指使架体承载力明显降低的变形；根据哈尔滨工业大学等单位多年研究，在荷载作用下，架体初期的变形对脚手架承载力没有明显的影响，只有当变形发展到一定程度时，脚手架

的承载力才会明显下降。在使用中，脚手架结构性能不得发生明显改变，是对脚手架使用过程中保持基本性能的要求。脚手架是采用工具式周转材料搭设的，且作为施工设施使用的时间较长，在使用期间，节点及杆件受荷载反复作用，极易松动、滑移而影响脚手架的承载性能。因此，本标准要求架体的节点连接性能及承载力不能因上述原因而降低。不得发生整体破坏是指连续倒塌、整体坍塌、坠落破坏。脚手架遭受意外作用和偶然超载都是局部的作用，可能会引起脚手架局部构件损坏，但不应发生连续破坏。脚手架所依附、承受的工程结构不应受到损害是指脚手架搭设在建筑结构上或附着在建筑结构上时，对工程结构不应造成损害。

3.1.3 条文所述是对脚手架结构、构造、连接、搭设与拆除、使用的总体要求，也是今后脚手架的发展方向。

3.2 安全等级和安全系数

3.2.1 对脚手架安全等级的划分主要是基于以下几个方面考虑：

1 现行脚手架的稳定承载力计算均是将对脚手架的整体计算转化为步距为 h 的单立杆的稳定承载力计算，无论架体搭设多高，无论荷载多大均采用相同的结构重要性系数和计算方法，这是不合适的。

2 脚手架稳定承载力设计计算参数是通过架体结构试验推导出来的，但试验架体不可能搭设很高，试验架体与实际架体存在一定的差异，试验加荷方法与架体实际受荷也存在一定差异，特别是架体搭设的越高，初始缺陷等不可预见的因素影响越大，理论与实际的差异也越大。在现行脚手架的设计计算公式中，虽然设置了脚手架搭设高度调整系数 k ，但该系数未充分体现荷载越大、搭设的高度越高则脚手架的危险性越大的概念。

3 表 3.2.1 安全等级的划分界限是在总结我国脚手架应用技术及施工经验的基础上，参考住房和城乡建设部《关于印发〈危险性较大的分部分项工程安全管理办法〉的通知》建质[2009]87号文件的规定划分的。

综上所述，根据脚手架种类、搭设高度、荷载的不同，将脚手架划分为两个安全等级。

表 3.2.1 支撑脚手架栏目中，当荷载和搭设高度二者均满足安全等级为 II 级的条件时，方可按安全等级为 II 级采用，当荷载或搭高度二者有任一项不满足安全等级为 II 级的条件时，应按 I 级采用。

3.2.2 本条规定的目的是强调脚手架结构、构配件的承载力必须要有足够的安全储备。

本标准中综合安全系数 β 值的取值是依据原建设部《关于〈编制建筑施工脚手架安全技术标准的统一规定〉（修改稿）的批复》[97]建标工字第 20 号文件的规定及近十年来建筑施工脚手架的设计和施工经验确定的。

综合安全系数 β 值的计算公式明确了综合安全系数与结构重要性系数、荷载分项系数（加权平均值）、材料抗力分项系数、材料强度附加系数之间的关系。在对本条规定的执行中应注意以下三个方面：

1 脚手架结构及构配件承载力必须具有足够的安全储备，这样才能保证脚手架的使用安全，因此本条规定了具体的安全储备 K_S 值，这是保证脚手架稳定承载的根本；

2 值是通过试验评定脚手架结构、构配件承载力能否达到设计要求的依据；

3 新研制的脚手架综合安全系数应增大取值是因为工程应用缺少经验，试验不够充分，理论分析计算可能存在一定的局限性。

3.2.3 脚手架结构重要性系数是脚手架结构计算的重要参数，脚手架结构重要性系数是根据脚手架种类、搭设高度、荷载所划分的脚手架安全等级而确定的。规定脚手架结构重要性系数的目

的是为了保证脚手架具有足够的安全储备。

在执行中应注意的是脚手架的安全等级分别为 I 级、II 级，相对应的结构重要性系数取为 1.1、1.0。本标准未设置安全等级为 III 级，结构重要性系数为 0.9 的级别。这是因为脚手架虽然是临时工程，但在搭设施工时，不确定的因素较多，综合分析脚手架安全事故产生的原因及全国建筑施工安全生产的形势，取消原脚手架结构设计计算中结构重要性系数为 0.9 的级别。

3.2.4 脚手架工程中钢丝绳的应用较多，钢丝绳在应用时应按规定调紧、锁定。重要结构用钢丝绳是指施工平台、物料平台等在施工过程中载人结构，并以钢丝绳作为受力件用的钢丝绳。一般结构用钢丝绳是指悬挑脚手架及其他结构按构造设置的钢丝绳。

4 材料、构配件

4.0.1~4.0.17 各类材料、构配件的品种、规格、技术要求、试验方法、检验规则、产品标志及型号规格表示方法等在现行国家标准或其他相关标准中均有规定。新研制的构配件技术性能应通过试验确定，是因为脚手架的构配件受力比较复杂，很难通过理论计算准确确定其承载力，有些构配件即使通过理论计算得出承载力等技术指标，也须要通过试验来验证。

铸铁或铸钢制作的构配件材质是按架体管材为 Q235 级钢时考虑的，当架体用管材为 Q355 级钢时应适当提高。

应说明的是：一般情况下，结构件受力较复杂或超重脚手架钢管方选择 Q355 级钢，一般脚手架钢管均选择 Q235 级钢，这是因为脚手架破坏均为稳定破坏，选择 Q235 级钢较为适宜，如选择 Q355 级钢，其钢材的潜力不能充分发挥利用。我国在引进扣件式脚手架时炼钢水平低，钢管采用标号较低的 Q235 钢，在后期尝试采用 Q355 钢，但由于种种原因，高强度钢材没有得到大量应用。与此相反，国外很多国家钢管都采用低合金高强度钢材制作，如日本采用 YAW-TEN450（相当于我国 Q34E 钢）以上的钢材，英国采用 S420NL（相当于我国 Q420 钢）的钢材，美国门式脚手架钢材标号为 Type7 和 Gr.E（相当于我国 Q345 钢和 Q390 钢），俄罗斯为 15r2c 中（相当于我国 Q390 钢）以上。综上所述，应借鉴国外发达国家的材质选用标准。

钢管的直径和壁厚可在脚手架相关标准中具体规定，本标准中表 4.0.1 是依据现行国家标准《直缝电焊钢管》GB/T 13793、《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091 的有关规定制定的，对钢管的直径和壁厚应严格限制。

钢丝绳在脚手架工程中的使用逐渐增多，应根据用途通过设计计算来选择。脚手架所用螺栓一般为普通螺栓，对于附着式升降脚手架结构如选择高强螺栓，应按现行国家相关标准执行。

挂扣式和承插式连接件要求采取防止退或防脱落措施，是为了防止其松动和退出。

脚手架杆件、构配件制定周转使用维修检验标准，是要求在每使用一个安装拆除周期后，应对其进行检验、分类、维修，并及时淘汰受损变形的杆件、构配件。维修检验标准应在脚手架专业规范中制定，包括杆件、构配件的分类标准、维修标准、检验标准等。对周转使用的杆件、构配件的检验，是采用外观检验的方法全数检验。

要求脚手架所用构配件具有良好的互换性，是因为脚手架的构配件必须规格、型号一致，配套统一，才能保证搭设方便快捷，满足各种组架工艺和施工要求，这对构配件制作精度提出了较严格的要求，因为构配件制作精度如果达不到标准，则会出现组配困难、搭设的架体超过允许误差等现象。

工厂化制作的构配件应有生产厂商的标志及材质标注，便于质量问题的可追溯性。

5 荷 载

5.1 荷载的分类及标准值

5.1.1~5.1.5 根据国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定，将脚手架的荷载划分为永久荷载和可变荷载两大类。

脚手板、安全网、栏杆等划为永久荷载，是因为这些附件的设置虽然随施工进度变化，但对用途确定的脚手架来说，它们的重量、数量也是确定的。

建筑材料及堆放物含钢筋、模板、混凝土、钢结构件等，将其划分为永久荷载，是因为其荷载在架体上的位置和数量是相对固定的，但对于超过浇筑面高度的堆积混凝土建议按可变荷载计算。

可变荷载分为施工荷载、风荷载、其他可变荷载。其中施工荷载是指人及随身携带的小型机具自重荷载；其他可变荷载是指除施工荷载、风荷载以外的其他所有可变荷载，包括振动荷载、冲击荷载、架体上移动的机具荷载等，应根据实际情况累计计算。

5.1.6~5.1.10 条文中对永久荷载和可变荷载标准值取值的确定方法，具有普遍意义。

永久荷载标准值的取值原则上是按材料、构配件的自重值取值，如果采用抽样实测的方法测定其荷载标准值，一般是采用自重检测法进行测量。

5.1.11 条第1款、第2款是作业脚手架施工荷载取值的规定，通过广泛的调研，对作业脚手架施工荷载标准值取值做了一定调整，主要是依据以下理由：

1 原作业脚手架结构施工荷载标准值取值为 $3.0\text{kN}/\text{m}^2$ ，是根据主体砌筑用脚手架制定的。墙体砌筑作业时，脚手架作业层上需堆放砖块，摆放砂浆桶，甚至是推车，因此规定取施工荷载标准值为 $3.0\text{kN}/\text{m}^2$ ；随着科学技术的发展，现行的建筑主体结构施工工艺已发生了重大改变，已不在作业脚手架上大量堆放建筑材料。

2 混凝土结构和其他主体结构施工时，作业脚手架主要是作为操作人员的作业平台，作业层上一般只有作业人员和其使用的工具及少量材料荷载，如果仍取 $3.0\text{kN}/\text{m}^2$ 就显然偏大了。

3 考虑到施工时的具体情况，本标准确定在混凝土结构施工和装修施工时，作业脚手架施工荷载标准值为其施工荷载标准值取值为 $2.0\text{kN}/\text{m}^2$ ；

本标准强调脚手架施工荷载标准值的取值要根据实际情况确定，对于特殊用途的脚手架，应根据架上的作业人员、工具、设备、堆放材料等因素综合确定施工荷载标准值的取值。

条第3款是支撑脚手架施工荷载标准值取值的规定，通过广泛调研，在传统的支撑脚手架施工荷载标准值的取值水平基础上有所调整和增加，如增加了预制叠合板施工时的施工荷载标准值 $1.5\text{kN}/\text{m}^2$ ，这与施工现场的实际情况是符合的。本标准规定了支撑脚手架施工荷载标准值最低不应低于 $2.5\text{kN}/\text{m}^2$ ，应遵照执行。

应注意的是，支撑脚手架施工荷载标准值的取值大小，与施工方法相关。如空间网架或空间桁架结构安装施工，当采用高空散装法施工时，施工荷载是均匀分布的；当采用地面组拼后分段整体吊装法施工时，分段吊装组拼安装节点处支撑架所承受的施工荷载是点荷载，应单独计算，并对支撑架局部应采取加强措施。

5.1.12 振动冲击荷载标准值是按物体的自重乘以动力系数取值，这是将动荷载转化为静荷载来处理的一种方法。

5.1.13 根据国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定并参考国外同类标准给出式(5.1.13)；《建筑结构荷载规范》有关规定，建筑物表面的风荷载标准值(w_k)按下式

计算:

$$w_k = \beta_z \cdot \mu_z \cdot \mu_s \cdot w_0 \quad (1)$$

式中:

- β_z ——z 高度处的风振系数,用于考虑风压脉动对结构的影响,脚手架是附在建筑物上的,取 $\beta_z=1.0$;
- μ_z ——风压高度变化系数;
- μ_s ——风荷载体型系数;
- w_0 ——基本风压 (kN/m^2)。

条文中 w_0 值是按重现期 10 年确定,脚手架使用期一般为 1~3 年,相对来说,遇到强风的概率要小的多,是偏于安全的。

作业脚手架是附在主体结构上设置的框架结构,风对其作用分布比较复杂,与作业脚手架的背靠建筑物的状况及作业脚手架采用的围护材料、围护状况有关,表 5.1.13 给出的全封闭作业脚手架风荷载体型系数,是根据《建筑结构荷载规范》的有关规定给出的。

根据有关试验表明,脚手架采用密目式安全网全封闭状况下,其挡风系数 $\Phi \approx 0.7$,考虑到密目式安全网挂灰等因素,标准中取 $\Phi=0.8$ 。

目前外脚手架常采用的钢板网、穿孔铝板网等防护安全网,由于缺乏试验数据,偏安全的取 $\Phi=1.0$ 。

当脚手架背靠全封闭墙时, $\mu_s=1.0\Phi$; 当脚手架背靠敞开、框架和开洞墙时, $\mu_s=1.3\Phi$ 。 μ_s 最大值超过 1.0 时,取 $\mu_s=1.0$ 。

按照《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定,风对敞开式支撑脚手架整体作用的水平荷载标准值,应按空间桁架整体风荷载体型系数 μ_{stw} 计算, μ_{stw} 计算表达式为:

$$\mu_{stw} = \mu_{st} \cdot \frac{1-\eta^n}{1-\eta} \quad (2)$$

式中:

- μ_{st} ——单榀桁架的体型系数, $\mu_{st}=\Phi\mu_s$;
- Φ ——挡风系数, $\Phi = \frac{1.2A_n}{A_\omega}$;
- μ_s ——桁架构件的体型系数,由《建筑结构荷载规范》GB 50009 中查得;
- A_n ——挡风面积 (mm^2);
- A ——桁架外轮廓面积 (mm^2);
- η ——系数,据 Φ 及值由《建筑结构荷载规范》GB 50009 查得;
- n ——桁架榀数;
- b ——脚手架的宽度 (mm);
- l ——脚手架的跨距 (mm)。

应注意的是,表 5.1.13 中所列的脚手架封闭状态,其中:作业脚手架只有全封闭一种状态,而无敞开、半封闭状态,这也意味着今后不允许使用敞开、半封闭作业脚手架;支撑脚手架的架体是敞开式的,架上作业层栏杆是封闭的。

5.1.14 一般脚手架结构在风荷载标准值计算时,均不需计入风振系数 β_z ,对于高耸作业脚手架、悬挑和跨空支撑脚手架、搭设在超高部位的脚手架等应考虑风振系数的影响。

5.2 荷载组合

5.2.1~5.2.2 根据国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定,脚手架按承载

能力极限状态设计，应取荷载的基本组合进行荷载组合，而不考虑短暂作用、偶然作用、地震荷载作用组合，只要是按本标准的规定对荷载进行基本组合计算，脚手架结构是安全的。

1 对作业脚手架荷载基本组合的列出，其主要依据有以下几点：

- 1) 对于落地作业脚手架，主要是计算水平杆抗弯强度及连接强度、立杆稳定承载力、连墙件强度及稳定承载力、立杆地基承载力；对于悬挑脚手架，除上述架体计算内容外，主要是计算悬挑支承结构强度、稳定承载力及锚固。对于附着式升降脚手架，除架体计算与落地作业脚手架相同外，主要是计算水平支承桁架及固定吊拉杆强度、竖向主框架及附墙支座强度、稳定承载力。理论分析和试验结果表明，当搭设架体的材料、构配件质量合格，结构和构造应符合脚手架相关的国家现行标准的规定，剪刀撑等加固杆件、连墙件按要求设置的情况下，上述计算内容满足安全承载要求，则架体也满足安全承载要求；
- 2) 水平杆件一般只进行抗弯强度和连接强度计算，可不组合风荷载；
- 3) 理论分析和试验结果表明，在连墙件正常设置的条件下，落地作业脚手架破坏均属于立杆稳定破坏，故只计算作业脚手架立杆稳定项目。悬挑脚手架除架体的悬挑支承结构外，其它计算都与落地作业脚手架相同，作用在悬挑支承结构上的荷载即为作业脚手架底部立杆的轴向力；
- 4) 根据理论分析表明，悬挑脚手架悬挑支承结构的强度、稳定应同时满足才能够满足安全承载。当采用型钢作为悬挑梁时，只要型钢梁的抗弯强度和稳定承载力满足，既可满足安全承载要求。其抗剪强度、弯剪强度不起控制作用；
- 5) 连墙件荷载组合中除风荷载外，还包括附加水平力 N_0 ，这是考虑到连墙件除受风荷载作用外，还受到其他水平力作用，主要是两个方面：①作业脚手架的荷载作用对于立杆来说是偏心的，在偏心力作用下，作业脚手架承受着倾覆力矩的作用，此倾覆力矩由连墙件的水平反力抵抗。②连墙件是被用作减小架体立杆轴心受压构件自由长度的侧向支撑，承受支撑力；

综合以上两个因素，因精确计算以上两项水平力目前还难以做到，根据以往经验，标准中给出固定值 N_0 。

2 支撑脚手架荷载基本组合的列出，其主要依据有以下几点：

- 1) 对于支撑脚手架的设计计算主要是水平杆抗弯强度及连接强度、立杆稳定承载力、架体抗倾覆、立杆地基承载力，理论分析和试验结果表明，在搭设材料、构配件质量合格，架体构造符合本标准和脚手架相关的国家现行标准的要求，剪刀撑或斜撑杆等加固杆件按要求设置的情况下，上述 4 项计算满足安全承载要求，则架体也满足安全承载要求；
- 2) 规定模板支撑脚手架立杆地基承载力计算时不组合风荷载，是因为在混凝土浇筑前，风荷载对地基承载力不起控制作用，当混凝土浇筑后，风荷载所产生的作用力已通过模板及混凝土构件传给了建筑结构；
- 3) 支撑脚手架整体稳定只考虑风荷载作用的一种情况，这是因为对于如混凝土模板支撑脚手架，因施工等不可预见因素所产生的水平力与风荷载产生的水平力相比，前者不起控制作用。如果混凝土模板支撑脚手架上安放有混凝土输送泵管，或支撑脚手架上有较大集中水平力作用时，架体整体稳定应单独计算。

3 未规定计算的构配件、加固杆件等只要其规格、性能、质量符合脚手架相关的国家现行标准的要求，架体搭设时按其性能选用，并按标准规定的构造要求设置，其强度、刚度等性能指标均会满足要求，可不另行计算。

必须注意，本标准给出的荷载组合表达式都是在以荷载与荷载效应存在线性关系为前提，对于明显不符合该条件的涉及非线性问题时，应根据问题的性质另行设计计算。

根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定，荷载的基本组合按下列公式进行计算：

$$S_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{Gj} S_{Gkj} + \gamma_{Q1} \gamma_{11} S_{Qk1} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \gamma_{1i} \psi_{ci} S_{Qki} \quad (3)$$

式中：

- γ_{Gj} ——第 j 个永久荷载的分项系数，取 1.3；在整体稳定计算时，永久荷载对结构有利时，取值不应大于 1.0；
- γ_{Qi} ——第 i 个可变荷载的分项系数，其中 S_{Qk1} 为主导可变荷载的分项系数，对于脚手架结构 γ_{Qi} 取 1.5；
- S_{Gkj} ——第 j 个永久荷载标准值 (N)；
- S_{Qki} ——第 i 个可变荷载标准值 (N)，其中 S_{Qk1} 为诸可变荷载中起控制作用者，对于作业脚手架取施工荷载为 S_{Qk1} ；对于支撑脚手架一般情况时取施工荷载为 S_{Qk1} ，当其他可变荷载大于施工荷载时，取其他可变荷载为 S_{Qk1} ；
- ψ_{ci} ——第 i 个可变荷载的组合值系数，对于起控制作用的可变荷载取 1.0；对于不起控制作用的可变荷载取 0.7，对于风荷载取 0.6；
- m ——参与组合的永久荷载数；
- n ——参与组合的可变荷载数；
- γ_h ——可变荷载考虑设计使用年限调整系数，取 1.0。

根据上述规定，可以得出脚手架的荷载组合式，对本标准荷载组合计算公式介绍如下：

$$S_d = 1.3 \sum_{j=1}^m \gamma_{Gj} S_{Gkj} + 1.5 S_{Qk1} + 1.5 \left(0.7 \sum_{i=2}^n S_{Qki} + 0.6 S_{wk} \right) \quad (4)$$

对于作业脚手架而言，是可变荷载控制的组合起控制作用，一般架上无其他可变荷载，只有施工荷载和风荷载；因此，在计算水平杆和立杆承载力时，按下式进行荷载组合计算：

$$S_d = 1.3 \sum_{j=1}^m S_{Gkj} + 1.5 \sum S_{Qk} \quad (5)$$

在支撑脚手架水平杆强度计算时，按下列公式进行荷载组合计算：

$$S_d = 1.3 \sum_{j=1}^m S_{Gkj} + 1.5 \left(\sum S_{Qk} + 0.7 \sum_{i=2}^n S_{Qki} \right) \quad (6)$$

式中：

- S_{Qk} ——施工荷载标准值 (N)；
- S_{wk} ——风荷载标准值 (N)。

在支撑脚手架立杆稳定承载力计算时，按式 (5)、式 (6) 进行荷载组合计算。

应说明的是，式 (5)、(6) 组合计算的是脚手架立杆轴向力设计值，对于由风荷载引起的立杆弯矩设计值应单独计算，并应分别乘以可变荷载分项系数 1.5 和风荷载组合值系数 0.6。

5.2.4 根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定，对脚手架正常使用极限状态，应按荷载的标准组合进行荷载组合。

脚手架正常使用极限状态的设计计算只涉及到水平受弯杆件挠度，在进行荷载组合计算时，可变荷载和风荷载不参与组合。

6 设 计

6.1 一 般 规 定

6.1.1 根据现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068、《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定，脚手架结构设计采用以概率理论为基础的极限状态设计法进行设计，设计表达式采用分项系数法进行表达。因为目前我国对脚手架的试验数据还不够多，以试验数据为基础的理论统计分析还不够充分，所以目前我国在脚手架结构设计理论上实际是处于半概率、半经验的状态。

6.1.2~6.1.3 脚手架承载能力极限状态可理解为架体结构或结构件发挥最大允许承载能力的状态，结构件由于连接节点滑脱或由于塑性变形而使其几何形态发生显著改变，虽未达到最大承载能力，但已彻底不能使用，也属于这一状态。

脚手架正常使用极限状态可理解为架体结构或结构件变形达到使用功能上允许的某个限值的状态，主要是针对架体结构或某些结构件的变形必须控制在满足使用要求的范围而言。过大的变形会造成使用的不安全和心理上的不安全，支撑脚手架如发生过大变形可能会影响建筑结构质量。

6.1.4 脚手架是施工过程中使用周期较长的临时结构，设计时不考虑短暂、偶然、地震状态设计，只考虑按正常搭设正常使用状态的设计。

6.1.5~6.1.7 脚手架的设计是按承载能力极限状态进行设计，并按正常使用极限状态复核检验其是否满足要求。条文中给出了一般情况下脚手架设计计算内容，但不仅仅局限于条文所列内容，设计时应根据架体结构、工程概况、搭设部位、使用功能要求、荷载等因素具体确定。需要说明的是脚手架的设计计算内容是因架体的结构和构造等因素不同而变化的，在设计计算内容选择时，应具体分析确定。

6.1.8 对于脚手架的设计步骤，一般是根据工程概况和有关技术要求先进行初步方案设计，之后，是对初步方案进行验算、调整，再验算、再调整，直至满足技术要求后而最终确定架体搭设方案。计算时，先对架体进行受力分析，在明确荷载传递路径的基础上，再选择有代表性的最不利杆件或构配件作为计算单元进行计算。有代表性的最不利的计算单元主要是指下述情况：

1 荷载最大的杆件或构配件；

2 跨距、间距增大部位的杆件和构配件，杆件或构配件的荷载不是最大，但其自身的几何形状或承力特性（计算长度、截面、抵抗矩、回转半径等）与其他杆件或构配件相比发生改变的杆件或构配件；

3 架体结构构造改变处、薄弱处及架体需加强部位等处的杆件、构配件；

4 荷载性质发生改变处杆件，如由拉力转变为压力的杆件，荷载集中作用处杆件。

6.1.9 本条文规定了设计计算所采用的荷载设计值、材料强度设计值、几何参数设计值、结构抗力设计值等基本变量的设计值确定方法和原则。

荷载的设计值 N_d ，一般表示为荷载的代表值与荷载的分项系数 γ_n 的乘积。对于可变荷载，其代表值包括标准值和组合值。组合值可通过对可变荷载标准值的折减来表示，即对可变荷载的标准值乘以组合值系数后求和。

脚手架结构按不同极限状态设计时，在相应的荷载组合中对可能同时出现的荷载，应采用不同的荷载设计值。荷载分项系数 γ_n 的取值，应按本标准第 6.1.11 条的规定取用。

在脚手架的实际使用中经常会遇到几何参数的附加 $\Delta\alpha$ 为零的情况，此时，几何参数的设计值与几何参数的标准值相同。

6.1.10~6.1.14 表 6.1.11-1、表 6.1.11-2 脚手架杆件连接节点承载力设计值，是经试验和查阅有关标准规定给出的。对脚手架杆件连接节点承载力设计值的规定，主要是提出如下要求：

1 表中规定的是脚手架杆件连接节点承载力的最低设计值，各类脚手架可根据其节点连接件的改进提出高于本标准的规定值；

2 脚手架杆件节点连接件必须具有规定的连接强度和转动刚度；

3 不允许出现因施工荷载的反复作用而使脚手架杆件连接节点失效或承载力降低的情况；

4 对于某一类脚手架，必须经试验给出节点连接件承载力设计值。

规定立杆与水平杆连接节点必须具有一定的转动刚度，是为了保证脚手架的整体性和杆件连接强度。因脚手架在工作状态时水平杆中存在轴向力，因此，立杆与水平杆的连接节点必须能够传递水平杆轴向力。

目前，脚手架立杆接长是采用两种方式对接，一种是采用对接扣件连接；另一种是采用内套筒或外套筒对接连接，既承插式连接。立杆主要是承受压力荷载，但在某种特定情况下个别立杆有时也会出现一定的拉力，因此规定立杆对接连接节点不但要承受压力，也要承受一定的拉力，避免个别立杆在承受拉力荷载时脱开。立杆对接连接节点抗压稳定承载力设计值不应小于立杆抗压稳定承载力设计值的 1.5 倍，是要求立杆对接连接节点的抗压稳定承载力设计值必须满足脚手架稳定承载的需要。

6.1.15 有关钢材的强度设计值等技术参数的取值规定，主要应从以下几个方面注意把握：

1 型钢、一般钢构件的原材料都是经热轧生产的，在使用过程中也未经冷加工处理，应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定取用；

2 脚手架结构所用的焊接钢管、焊接方钢管、卷边槽钢等材料均是采用热轧钢板经冷加工成型工艺制作的，材料的厚度（壁厚）一般均不大于 6mm，因此，应根据现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的有关规定取用；

3 脚手架构配件在制作时，钢材经冷加工后强度能够有一定的提高，但脚手架的架体结构破坏均是失稳破坏，而不是强度破坏，对于钢材的冷加工强度能够提高多少，钢材的冷加工强度能发挥多大作用很难确定。因此，本标准规定对脚手架构配件制作过程中产生的冷加工强度不予考虑。又因为脚手架结构只在线弹性范围内研究，因此，本标准也规定不采用钢材的塑性强度。

6.1.17 表 6.1.17 所规定的荷载分项系数取值范围是根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 和《建筑结构荷载规范》GB 50009 确定的。

6.1.18 本条列出了三种承载能力极限状态设计表达式，应根据三种状态性质不同，采用相应的设计表达式及相应的分项系数进行设计。式（6.2.1-1）中 N_d 含荷载系数， R_d 含材料系数（或抗力系数）。地基的承载能力极限状态设计时，如取荷载的标准组合值，相应的地基承载力值应取特征值。

6.1.19 脚手架杆件连接节点的承载力计算，应根据节点的构造和受力特征具体确定。因不同种类脚手架杆件连接节点构造不同，存在着一定差异，其所受荷载的性质也不相同，这要在连接节点承载力计算时具体分析确定。

6.2 作业脚手架承载力计算

6.2.1 作业脚手架横杆应计算抗弯强度和节点连接强度，抗弯强度是分别按单跨简支梁（单跨）、2跨连续梁（2跨）、3跨连续梁（3跨以上）来计算的。各类受弯杆件的强度计算按式（6.2.1-1）计算。受弯杆件弯矩设计值的荷载组合计算公式如本标准式（6.2.1-2）所示，式中，永久荷载和可变荷载产生的弯矩值应分项计算后累计。

6.2.6~6.2.10 作业脚手架立杆稳定承载力按室内或无风环境搭设和室外搭设两种工况分别进行计算。室内或无风环境搭设的作业脚手架不需组合风荷载值，室外搭设的作业脚手架应组合风荷载值。因是两种不同工作环境下的作业脚手架，所以需单独计算各自的立杆稳定承载力。

式（6.2.4-2）左端可分为两项来理解，其中： $\frac{\gamma_0 N_d}{\varphi A}$ 项为立杆轴向力产生的立杆应力值；

$\gamma_0 \frac{M_{wd}}{W}$ 项为立杆在风荷载作用下产生的应力值。

计算单元立杆段的轴向力设计值组合计算按本标准式（6.2.5）计算。其中： $\sum N_{Gk1}$ 含架体结构件和安全网、脚手板、栏杆等附件自重标准值。

作业脚手架计算立杆段由风荷载产生的应力值计算，是以架体顶部最大风荷载标准值为依据。

本标准式（6.2.6-1）、式（6.2.6-2）是经对作业脚手架在水平风荷载的作用下模拟计算分析并与各类作业脚手架原公式计算结果比较分析的基础上给出的。作业脚手架在水平风荷载的作用下，外立杆通过水平横杆将一部分水平力传递给内立杆，内外立杆共同抵抗水平风荷载，并通过连墙件将水平风荷载的水平力传递给建筑结构。因此，内外立杆与水平杆是组成了一个桁架，共同承担风荷载，并形成以连墙件为支点的竖向多跨连续桁架梁。经分析研究，作业脚手架立杆由水平风荷载产生的弯矩设计值与连墙件竖向间距的平方成正比，连墙件竖向间距越大，立杆由风荷载产生的弯矩值也越大。应说明的是，因为有的作业脚手架部分内外立杆跨间设有竖向斜杆，对水平风荷载在立杆中产生的弯矩值有减小作用，因此在计算时，应选择无斜杆的部位作为计算单元。

应该特殊说明的是：脚手架立杆在轴向压力和水平风荷载的共同作用下，是按压弯构件计算的。在现行国家规范《钢结构设计规范》GB 50017中，弯矩作用在对称轴平面内（绕X轴）的实腹式压弯构件，其稳定承载力是按下列公式计算：

1 弯矩作用平面内的稳定承载力：

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{r_x W_{1x} (1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}})} \leq f \quad (10)$$

2 弯矩作用平面外的稳定承载力：

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \eta \frac{\beta_{mx} M_x}{\varphi_b W_{1x}} \leq f \quad (11)$$

式中：

- N ——所计算构件段范围内的轴心压力（N）；
- N'_{Ex} ——参数， $N'_{Ex} = \pi^2 EA / (1.1 \lambda_x^2)$ ；
- j_x ——弯矩作用平面内的轴心受压构件稳定系数；
- A ——毛截面面积（ mm^2 ）；
- M_x ——所计算构件段范围内的最大弯矩（ $\text{N}\cdot\text{mm}$ ）；
- r_x ——与截面模量相应的截面塑性发展系数；
- W_{1x} ——在弯矩作用平面内对较大受压纤维的毛截面模量（ mm^3 ）；
- β_{mx} ——等效弯矩系数（弯矩作用平面内），对于脚手架钢管，两端弯矩相同，可取 $\beta_{mx} = 1.0$ ；
- φ_y ——弯矩作用平面外的轴心受压构件稳定系数；
- φ_b ——均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数；
- η ——截面影响系数，钢管可取 0.7；

β_{tx} ——等效弯矩系数（弯矩作用平面外），脚手架钢管可取 1.0。

钢结构压弯构件稳定承载力极限值，不仅与构件的长细比和偏心率 e 有关，且与构件的截面形式和尺寸、构件轴线的初弯曲、截面上残余应力分布和大小、材料的应力——应变特性以及失稳的方向等因素有关，也与轴心力与弯矩的联合作用有关。式（10）是实腹式截面压弯构件，当弯矩作用在对称轴平面内时（绕 X 轴），其弯矩作用平面内的稳定承载力计算式。式（11）是双轴对称截面压弯构件，其弯矩作用平面外的稳定承载力计算式。在现行国家规范《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中，对于双轴对称截面的压弯构件，当弯矩作用于对称平面内时，压弯构件弯矩作用平面内的稳定承载力是按下式计算：

$$\frac{N}{\varphi A_e} + \frac{\beta_m M}{\left(1 - \frac{N}{N'_E}\right) W_e} \leq f \quad (12)$$

式中：

N ——轴向力设计值（N）；

M ——弯矩设计值（N·mm）；

φ ——轴心受压构件的稳定系数；

A ——有效截面面积（mm²）；

β_m ——等效弯矩系数；

N'_E ——系数， $N'_E = \frac{\pi^2 EA}{1.65\lambda^2}$ ；

E ——钢材弹性模量（N/mm²）；

λ ——构件在弯矩作用平面内的长细比；

W_e ——构件对最大受压边缘的有效截面模量（mm³）。

式（12）是根据构件边缘屈服准则，假定钢材为理想弹塑性体，构件两端简支，作用着轴心压力和两端等弯矩，并考虑了初始弯曲和初始偏心的影响，构件的变形曲线为半个正弦波，在这些理想条件均满足的前提下导出的。在此基础上，又计入长度系数来考虑构件端部约束的影响，

以等效弯矩系数 β_m 来考虑其他荷载的影响，又以 $1 / \left(1 - \frac{N}{N_E}\right)$ （压力和弯矩联合作用下的弯矩放大系数）考虑了轴心力和弯矩的联合作用下，轴心力对弯矩的放大作用。式（12）适用于各类薄壁双轴对称截面压弯构件弯矩作用平面内的稳定承载力计算。其中， N_E 为欧拉临界力。

根据钢结构压弯构件稳定承载力计算公式和有关钢结构压弯构件稳定承载力计算理论，在不考虑钢材塑性展开情况下，可推导出钢管脚手架立杆在竖向轴向力和水平风荷载产生的弯矩联合作用下的稳定承载力计算公式：

$$\frac{N}{\varphi A} + \frac{M}{W \left(1 - 1.1\varphi \frac{N}{N'_E}\right)} \leq f \quad (13)$$

式中：

- N ——立杆轴向力设计值 (N);
 φ ——轴心受压构件的稳定系数;
 A ——立杆毛截面面积 (mm^2);
 M ——风荷载引起的立杆弯矩设计值 ($\text{N}\cdot\text{mm}$);
 W ——立杆截面模量 (mm^3);
 N'_E ——立杆欧拉临界力 (N);
 λ ——计算长细比, $\lambda=10/i$;
 l_0 ——立杆计算长度 (mm);
 i ——立杆截面回转半径 (mm);
 E ——钢材弹性模量 (N/mm^2);
 f ——钢材的抗压强度设计值 (N/mm^2)。

本标准规定：轴向压力和水平风荷载产生的弯矩共同作用下的脚手架立杆稳定承载力是按本标准式 (14) 计算：

$$\frac{\gamma_0 N_d}{\varphi A} + \frac{\gamma_0 M_{wd}}{W} \leq f_d \quad (14)$$

6.3 满堂作业脚手架计算

6.3.4 满堂脚手架有两种可能的失稳形式：整体失稳和局部失稳。整体失稳破坏时，满堂脚手架呈现出纵横立杆与纵横水平杆组成的空间框架，沿刚度较弱方向大波鼓曲现象。一般情况下，整体失稳是满堂脚手架的主要破坏形式。

由于整体失稳是满堂脚手架主要破坏形式，应按公式 (6.2.5-1)、(6.2.5-2) 对整体稳定进行计算。为了防止局部立杆段失稳，本规范除对步距限制外，尚需对可能出现的薄弱的立杆段进行稳定性计算。

6.4 支撑脚手架计算

6.4.2 支撑脚手架横杆应计算抗弯强度、节点连接强度，其计算方法应和作业脚手架相同，一般多是需计算架体顶部直接承受荷载的水平杆件。应注意的是，支撑脚手架横向水平杆的弯矩设计值组合计算与作业脚手架不同，其分为由永久荷载控制的组合和由可变荷载控制的组合两种情况，这是根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定调整的。

6.4.3~6.4.5 支撑脚手架立杆稳定承载力计算，按室内或无风环境搭设和室外搭设两种不同工况分别单独计算。室内或无风环境搭设的支撑脚手架不需组合风荷载值，室外搭设的支撑脚手架应组合风荷载值。因是两种不同工作环境下的支撑脚手架，所以需单独计算其各自的立杆稳定承载力。

6.4.6~6.4.7 失稳坍塌破坏是支撑架的主要破坏形式，考虑到支撑架的设计计算一般由施工现场工程技术人员进行，因此采用单立杆稳定性验算的形式来验算支撑脚手架的整体稳定性。因此，保证脚手架的整体稳定问题简化为保证单根立杆的稳定问题。

钢管脚手架结构本质上是一种半刚性空间框架钢结构，水平杆和立杆之间是介于“铰接”与“刚接”之间的一种连接形式。

6.4.8~6.4.9 支撑脚手架立杆稳定承载力计算，按室内或无风环境搭设和室外搭设两种不同工况分别单独计算。室内或无风环境搭设的支撑脚手架不需组合风荷载值，室外搭设的支撑脚手架应组合风荷载值。因是两种不同工作环境下的支撑脚手架，所以需单独计算其各自的立杆稳定

承载力。在计算时，应注意以下几点：

1 室内或无风环境搭设的支撑脚手架按本标准式（6.2.5-1）计算立杆稳定承载力，按本标准式（6.4.4-1）、式（6.4.4-2）计算立杆轴向力设计值，不组合风荷载；

2 室外搭设的支撑脚手架立杆稳定承载力按本标准式（6.2.5-1）、式（6.2.5-2）分别计算，并应同时满足承载能力要求，计算时应注意：

1) 按本标准式（6.2.5-1）计算立杆的稳定承载力时，立杆的轴向力设计值分别按本标准式（6.4.4-1）、式（6.4.4-2）计算，并应取较大值。计算公式中组合了由风荷载在立杆中产生的最大附加轴向力值 N_{wk} ，而不组合由风荷载在立杆中产生的弯矩值；

2) 按本标准式（6.2.5-2）计算立杆稳定承载力时，立杆的轴向力设计值分别按本标准式（6.4.4-1）、式（6.4.4-2）计算，并应取较大值。此时，计算公式中组合了由风荷载在立杆中产生的弯矩值，而不组合由风荷载在立杆中产生的最大附加轴向力值。

经理论分析表明，支撑脚手架在水平风荷载的作用下，立杆产生的最大附加轴向力与最大弯曲应力不发生在同一个位置，可视为不同时出现在所选择的计算单元内，因此，在上述风荷载组合计算时，应分别进行组合计算。

3 支撑脚手架稳定承载力计算所采用的稳定系数 j 是根据支撑脚手架结构试验所取得的承载力极限值和综合理论计算分析得出的，所以，支撑脚手架单立杆稳定承载力计算结果，实际反映出来的是支撑脚手架的整体承载力。

4 支撑脚手架立杆由风荷载产生的弯曲应力值计算时，应注意以下两点：

1) 弯矩标准值计算是按三跨连续梁支座负弯矩计算公式进行计算。在进行风荷载标准值计算时，应取单榀桁架的体型系数 μ_{st} 按本标准式（5.1.13）计算。此处应理解为使支撑脚手架产生弯曲作用的风荷载，是作用在单榀桁架（支撑脚手架）上的风荷载，而不是作用在整体桁架（支撑脚手架）上的风荷载。

2) 根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定，风荷载组合值系数均取 0.6。

5 混凝土模板支撑脚手架在轴向力设计值计算时不计入由风荷载产生的立杆附加轴向力，是因为模板支撑脚手架在浇筑混凝土前，立杆轴向力较小，此时增加的附加轴向力不起控制作用，只要架体整体稳定能够满足抗倾覆要求，架体就是安全的。在混凝土浇筑后，通过模板、建筑构件已将风荷载水平作用力传给了建筑结构，此时，支撑脚手架立杆已不存在风荷载产生的附加轴向力。

表 6.4.8 中提出的不计入由风荷载产生的立杆附加轴向力的条件，是按序号分别独立的。只要施工现场所搭设的支撑脚手架分别同时满足某一个序号所列基本风压值、架体高宽比、作业层上竖向封闭栏杆（模板）高度这三个条件，即可不计入风荷载产生的支撑脚手架立杆附加轴向力。其中：设置了连墙件或采取了其他防倾覆措施，即可消除风荷载作用下的立杆附加轴向力，也可增强架体抗倾覆能力。当支撑脚手架符合序号 1~7 所列情况时，经分析计算风荷载产生的立杆附加轴向力较小，可不计入。应注意的是附加轴向力受架体高宽比影响较大，在其他条件无变化的情况下，附加轴向力随架体高宽比变化比较明显。

6.4.10 支撑脚手架由风荷载作用而产生的倾覆力矩，是风对支撑脚手架的整体作用。一是风对支撑脚手架上部竖向封闭栏杆或模板的作用；二是风对架体的作用。为计算方便，取支撑脚手架一列横向立杆作为计算单元。风作用在架体上所产生的风荷载标准值，应以支撑脚手架整体体型系数 μ_{stw} 按本标准式（5.1.13）计算。

当支撑脚手架的横向立杆排数较多时，按上述公式计算所得 μ_{stw} 的值也较大。

6.4.11 在风荷载的作用下，计算单元立杆产生的附加轴向力值是近似（看做是）按线性分布的，因为支撑脚手架有竖向剪刀撑斜杆等杆件作用，使立杆产生的轴向力分布比较复杂。本标准是为了使计算方便、简化，给出了支撑脚手架立杆在风荷载作用下的最大附加轴向力标准值计算公式。应该说明的是，这个公式计算的结果是一个近似值。

立杆在风荷载作用下产生的附加轴向力，可作如下理解：支撑脚手架在水平风荷载的作用下，使支撑脚手架的架体和竖向栏杆（模板）分别产生一个水平力，两个水平力共同作用使架体产生了顺风向倾覆力矩，支撑脚手架为抵抗倾覆力矩，在立杆内产生了对应的轴力，这些轴力行成了相应的力偶矩。架体的立杆距倾覆圆点的距离不同，其相应的轴力值也不同，架体倾覆圆点连线处的轴力最大，此轴力即为立杆在风荷载作用下产生的最大附加轴向力。

6.5 悬挑脚手架支撑结构计算

6.5.1 对于悬挑式钢管脚手架的设计步骤，一般是根据工程概况和有关技术要求先进行初步方案设计，之后是对初步方案进行验算、调整，再验算、再调整，直至满足技术要求后而最终确定悬挑架的布置方案。计算时，先对架体进行受力分析，在明确荷载传递路径的基础上，再选择有代表性的最不利杆件或构配件作为计算单元进行计算。

6.5.3~6.5.5 参考 JGJ 130，型钢悬挑脚手架即使采用了上拉钢丝绳，钢丝绳仅作为二道防线，不考虑其参与受力计算。

6.5.10 悬挑脚手架支撑结构除挑梁式或钢丝绳辅助吊拉的挑梁式悬挑承力架外，还包括上拉式悬挑承力架和下撑式悬挑承力架。其相关结构、构配件和连接节点的计算应符合相关设计规范的有关规定。

6.6 立杆地基承载力计算

6.6.1~6.6.3 本条公式根据国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定确定。对于临时性结构，只对立杆基础底面的地基承载力进行计算，不必验算地基变形。地基承载力特征值可按照地质勘察报告建议值进行验算。当地质勘察报告未提供该值时，也可由荷载试验或其他原位测试、公式计算并结合工程实践经验等方法综合确定。

6.6.4 当脚手架搭设在地下室顶板、混凝土楼面等建筑结构上时，应按照国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定进行验算。

7 结构试验与分析

7.1 一般规定

7.1.1 脚手架结构分析是准确建立脚手架设计计算模型及对脚手架正确设计计算的基础，对脚手架的设计计算和研究非常重要，只有对脚手架结构、节点连接等进行正确分析，才能准确地把握不同种类脚手架的特性。脚手架结构分析包括对脚手架构配件分析和对架体结构分析。对架体的结构分析主要是对架体结构和构造分析、荷载及荷载传递路径分析、结构抗力及其他性能分析等。对构配件的分析，主要是对构配件结构分析、荷载及作用效应分析等。对脚手架结构分析可有多种方法，可通过计算或计算机建模计算分析，也可通过模型试验和结构试验分析，但无论采用怎样的分析方法，架体结构试验和构配件试验是基础。常用的分析方法是通过计算机建模计算分析与架体结构试验、构配件试验相结合的方法进行分析。这样，即可满足一定的分析精度要求，也可避免大量的试验消耗。

在脚手架设计时，也应对架体结构进行分析，既：分析架体结构是不是稳定结构体系，分析荷载的传递路径并选择最不利的计算单元，分析架体承载能力和变形特性等。应特别注意的是，对脚手架的设计计算，实际上是将对架体整体承载力的计算转化为对单元杆件的计算，所以，对架体的稳定性分析，并且通过采取构造措施，使架体成为稳定的结构体系，以及对荷载传力路径分析并选择最不利的计算单元是脚手架设计计算的关键。

7.1.2~7.1.8 新研制的脚手架应通过试验确定架体和构配件的抗力设计值，并通过试验验证脚手架的构造是否科学合理。条文中主要强调对于新研制的脚手架必须通过架体结构试验得出其极限承载力。对于附着式升降脚手架的试验项目，主要是指新研制的产品应进行的试验。

构配件应通过试验确定或验证其物理力学性能，对于工厂制作的产品，在出厂前，应按本标准要求进行试验测试。脚手架构配件产品标准中规定了产品型式检验、出厂检验的试验检测项目，但在产品型式检验、出厂检验时，本标准要求的检验项目，也应进行检验。

脚手架和构配件试验前制定试验方案，是要求试验要有条理进行，特别是脚手架结构试验。脚手架足尺结构试验的试验架体结构和构造应与实际搭设的架体相同。因为脚手架是由杆件与构配件通过不同的构造连接方式组成的，对于同一种类脚手架，其杆件分布和设置的位置不同，架体的承载力也不相同；因此，对脚手架的结构分析，应是某种类脚手架的多种不同架体构造情况下的分析。当采用试验方法对架体进行结构分析时，应按不同构造的架体分别进行试验分析。

要求脚手架结构试验和构配件试验施加荷载的方向、作用点、荷载种类应和其工作状态时所承受的荷载作用相同，这样，方可使试验结果能够真实反映脚手架和构配件工作状态时的承载能力。

对于脚手架结构和构配件试验所用材料、构配件样本的选取，本标准主要强调选取的样本要有代表性，虽然金属类脚手架材料具有同质性，但制作时由于焊接、杆件平直度等因素影响，样本间也会存在一定的差异。

脚手架结构试验的场地及环境主要是要求场地坚实、干燥，便于脚手架安装和加载试验。构件试验一般都在试验室进行，一般建材试验室的环境条件均可满足。

脚手架结构和构配件试验前，应对构配件、脚手架结构尺寸进行测量，测量工具应经检验合格，并在检验的有效期内使用。试验架体的结构尺寸、构配件的长度尺寸可采用钢尺测量，对于构配件的厚度等较小的尺寸应采用游标卡尺、千分尺测量。

7.1.9 本条对脚手架设计中采用的结构承载力设计值和构配件承载力设计值与其试验所得极限

承载力值之间的关系作出了明确规定，其目的是要求：

1 新研制的脚手架结构、构配件的承载力设计值确定应以试验结果为基础；

2 脚手架结构试验、构配件试验测得的极限承载力必须大于等于 β 值乘以脚手架结构、构配件承载力设计值，方可确认其可靠性；

3 脚手架是一门应用技术，新研制的脚手架结构设计计算，应通过将脚手架。结构试验、构配件试验所得承载力极限值除以 β 后取得其承载力设计值，以承载力设计值作为依据推导出相关设计计算参数，并在此基础上建立脚手架设计计算公式。极限承载力值是指对脚手架结构、构配件进行极限承载力试验所得到的最大承载力。

7.1.10 条文中所述是新研制的脚手架稳定承载力设计计算公式及计算简图建立所必须遵守的方法。建立脚手架稳定承载力计算公式，一般应按下述步骤实施：

1 根据施工需求和本标准要求对架体结构和构造进行设计，并进行分析；

2 通过计算机建模计算分析，对架体结构和构造进行调整，再进行计算分析；并预测其极限承载力值；

3 按设计取架体典型结构单元进行极限承载力测试，将试验测试结果与计算机建模计算结果进行对比分析；

4 根据试验所得承载力极限值计算架体抗力设计值；

5 根据脚手架立杆稳定承载力计算公式 $N_d/\varphi A = f$ ，计算得出立杆压杆稳定系数 φ ；

6 根据 φ 值查表计算分析得出脚手架稳定承载力计算公式的设计计算参数。

脚手架稳定承载力计算，是将复杂的多次超静定的空间架体结构计算，转化为单根立杆的稳定承载力计算，实现这一转化，是以脚手架结构试验所得出的极限承载力值为基础的。对于某一种脚手架而言，是通过架体结构试验的方法，得出系列反映脚手架整体稳定承载力特性的稳定系数 φ ，并根据 φ 值计算分析得出脚手架单立杆稳定承载力计算的系列计算参数，从而达到以单根立杆（单榀门架）稳定承载力计算代替架体整体结构稳定承载力计算的目的。这样，便将复杂的多次超静定的空间架体结构竖向承载力计算，转化为了单根立杆（单榀门架）的稳定承载力计算，实现了工程应用上的计算简化。

7.1.11 本条规定了脚手架构配件生产厂和施工现场对脚手架构配件的检验责任。目前，工具式、装配式脚手架不断增多，这是脚手架应用技术和进步。生产厂在新型脚手架研制和产品定型时必须进行型式检验。通过型式检验，测试构配件的技术性能，分析确定设计计算参数。对于脚手架主要受力杆件，通过型式检验，尚应提供出各种组架结构工况下单根杆件的承载力设计值。

7.1.12 在施工过程中，对脚手架结构所进行的试验，一般都是搭设特殊脚手架的情况，试验的目的也是为了检验其承载能力是否能达到设计承载力值，架体在设计承载力作用下其变形值是否在允许的范围内。试验荷载一般取不大于 1.2 倍的荷载设计值。

7.2 架体试验与分析

7.2.1 脚手架设计计算时，所采用的基本假定条件、计算简图、计算公式应与脚手架的结构、构造、承受荷载的性质相对应；否则，计算结果就会出现较大偏差。当脚手架的结构、构造发生改变时，架体极限承载力也将发生改变，而根据架体极限承载力计算分析得出的设计计算参数也将发生改变。因此，本标准提出当脚手架的结构、构造发生改变时，应重新确定计算参数。新研制的脚手架分析计算结果应与试验结果对照，综合分析判定分析计算结果的精度，应计入综合安全系数值。

脚手架结构分析仅考虑架体处于弹性状态，这是因为如果架体处于塑性区工作，结构将会发生过大的变形，这样不利于脚手架安全。另外，如果允许利用脚手架的塑性强度，能够利用多少、架体变形有多大也很难说，因此本标准规定应按架体结构处于弹性状态进行计算和分析。

7.2.2 脚手架结构分析需要考虑的因素是涉及脚手架材料、设计、搭设、使用的全部内容，是对脚手架搭设、使用、拆除的全过程进行分析研究，从而把握其特点和规律。

脚手架结构分析首先要考虑的是脚手架的种类、用途。不同种类脚手架，其特点均不相同，应注意根据其特点选择和分析。脚手架的杆件连接节点和杆端约束在本标准中虽有原则要求，但不同种类的脚手架的杆端约束差别较大。脚手架杆端约束的强弱，对架体的承载能力和刚度影响很大，在架体分析研究时应特别重视。脚手架的传力路径是否简捷合理，既可反映出荷载对架体作用效应的大小，也可反映出架体构造是否合理。应尽可能地选择杆件中心传力的构造方式。脚手架的侧向稳定对保证脚手架具有预期承载能力非常重要，特别是搭设高度较高的脚手架更是如此。脚手架的侧向稳定主要是依靠设置连墙件、竖向剪刀撑、增加节点抗扭刚度、减小架体的高宽比等构造措施来保证，必要时可采取设置斜撑杆、缆风绳等措施。

对脚手架组成结构进行构造分析，主要是分析和判断架体是不是稳定的结构体系，在荷载的作用下架体能不能够保证整体稳定和使用安全。

7.2.3 本标准所规定的脚手架结构及构配件试验方法是参考了美国国家标准《脚手架结构及构配件试验和评定标准》（《Standards for Testing and Rating Scaffold Assemblies and Components》）和加拿大国家标准《建筑施工脚手架》（《CAN/CSAS269.2-M87, Access Scaffolding for Construction Purposes》）制订的。过去，我们国家对于脚手架结构试验，多采用足尺结构试验的方法进行试验，试验架体的结构也多种多样，没有一个统一的试验方法。采用脚手架足尺结构试验的方法对脚手架结构进行承载力检测，其检测结果比较准确，但耗费材料、资金巨大，费工、费时，不同种类脚手架的承载能力及优缺点不易相互比较。

本标准将脚手架结构试验分为两大类，一类是单元结构试验，另一类是足尺结构试验。脚手架结构试验时，以单元结构试验为主，以适当的足尺结构试验为附，以单元结构试验取得基本数据，对照足尺结构试验数据进行分析。这主要是考虑，如果我国的脚手架结构也完全采用加拿大、美国的单一的单元试验方法进行试验，在目前还缺少成熟的经验。因此，本标准规定的脚手架结构试验方法是一种向完全单元结构试验法过度的方法。希望广大科研工作者及脚手架的生产、使用单位认真总结这方面的经验，进一步完善脚手架结构的检测试验方法。

单元结构试验与足尺结构试验结果在进行对比分析时，主要是看二者试验结果的偏差，需重新试验时，是按本标准附录 A 第 A.2.5 条的规定适当增加单元结构试验数量，也可直接以足尺结构试验结果对单元结构试验数据进行修正，判定脚手架结构的极限承载力值。

7.2.4~7.2.6 因为脚手架的架体结构试验和构配件试验成本较高，材料消耗量大，试验所需时间长，试验往往受条件和场地限制，对同一种类的脚手架，很难做到不同结构和构造、不同平面尺寸和高度的架体均进行试验，而得出众多组有效试验数据后对架体性能进行评估，实践中常用的方法是将某一种类的脚手架，按其不同构造、不同结构及尺寸（高度）分为若干组，采用架体试验与计算机建模计算分析相结合的方法，并参考以往试验结果和应用经验，对架体力学性能进行评估。在进行架体力学性能评估时，应以试验结果为基础，理论计算分析为参考，当理论计算分析与试验结果差别很大时，应分析查找原因，必要时应经过再次试验验证。

由于脚手架的极限承载力受脚手架杆件分布、杆件位置、杆件间距、节点约束等脚手架结构和构造因素影响，对于同一种类脚手架，不同构造和不同结构的架体承载力实际上存在着很大的差别，所以，不宜以某一种结构和构造的架体试验结果替代和推断其他种结构和构造的架体承载力。

采用试验方法对脚手架进行分析时，由于试验场地、环境条件、加载方式、架体的约束等方面和施工现场实际使用的架体存在着一定的差别，因此应对试验结果进行一定的修正。一般是通过不同的试验方法对所获得的结果进行比对分析后，获得修正系数。

因受脚手架结构试验数量和批次影响，使得对脚手架抗力设计值和设计计算方法的确定存在着一定的不确定性，有的虽然做了一定数量的试验，但因为受环境和场地条件等限制，也很难做到精确。由于架体结构试验偏少，特别是超高架体没有也不可能进行试验，使得脚手架抗力设计值的确定存在一定的风险，应予以充分重视。

7.3 构配件试验与分析

7.3.1 脚手架构配件分析是确定构配件在荷载作用下所产生的效应，判别构配件的承载能力和安全性。在构配件分析时，所设置的基本假设条件、计算公式、计算简图都应与其工作状态时所承受荷载的性质相同。分析计算结果可能与构配件设计承载力值存在一定的偏差，应通过试验验证，并应计入构配件强度综合安全系数值。

7.3.2 脚手架立杆与水平杆连接节点、立杆与立杆对接连接节点的力学性能对保证脚手架安全使用、稳定承载特别重要。脚手架杆件连接节点在荷载作用下，其受力状态较为复杂，而且随着荷载的增加及架体变形的发展而改变，很难以理论计算的方式准确确定杆件连接节点的承载力，因此，本标准提出应根据试验结果确定杆件连接节点的力学性能，并且规定了新研制的脚手架连接节点在定型时应提供相关力学性能指标。

抗滑移承载力极限值是针对扣件类连接节点而言，其他类连接节点不做此项要求。对于扣件式连接节点，抗滑承载力值即为水平杆轴向抗拉（压）承载力值。立杆对接连接节点要求具有抗拉承载力值，是因为一旦局部立杆出现拉力时，避免出现连接节点脱开。

7.3.3 当架体杆件发生弹性变形时，架体杆件连接节点的承载力会降低，这是因为在杆件发生弹性变形后，杆件对节点施加了一定的扭矩作用，而使架体节点抵抗荷载的能力有所降低。

8 构造要求

8.1 一般规定

8.1.1 脚手架的架体结构与钢结构桁架相比，有相同之处，但又有本质上的区别，主要体现在以下几个方面：①脚手架杆件之间的约束弱；②架体杆件连接节点远不如桁架节点强势；③由于杆件间距大、杆件长细比大等因素影响，使得架体整体刚度远不如桁架结构；④架体杆件受力不如桁架杆件受力明确；⑤架体搭设受施工条件、环境影响，存在一定的不确定性。

基于上述对比分析和架体试验结果，本标准对脚手架构造重点提出了如下要求：①架体必须具有完整的组架方法和构造体系，使架体形成空间稳定的结构体系，保证脚手架能够安全稳定承载。架体各部分杆件的组成方法、结构形状及连接方式等必须完整、配套、准确、合理；②架体杆件的间距、位置等必须符合施工方案设计和本标准的构造要求；③架体杆件连接节点要有规定的强度和刚度，保证节点传力可靠；④架体的结构布置要满足传力明晰、合理的要求；⑤架体的搭设依据施工条件和环境变化，满足安全施工要求。这是本条对脚手架构造的总体要求。

8.1.2 不同种类的脚手架，其杆件连接方式存在着一定差异，但无论何种类脚手架均应满足此条的原则要求。连接节点的强度、刚度，一般是指：水平杆与立杆连接节点的抗滑移承载力；水平杆与立杆连接节点竖向抗压承载力；水平杆与立杆连接节点水平抗拉承载力、水平抗压承载力；水平杆与立杆连接节点转动刚度；立杆对接节点的抗压承载力、抗压稳定承载力、抗拉承载力；节点的其他强度要求。节点无松动是要求在脚手架使用期间，杆件连接节点不得出现由于施工荷载的反复作用而发生松动。

8.1.3 脚手架所用杆件、节点连接件、安全装置等材料 and 构配件、设备应能配套使用，是保证架体搭设时能够顺利组配、安装，并能够满足架体构造要求和搭设质量的必然要求。脚手架的材料、构配件、设备配套，一般是指下列内容：①脚手架的各类杆件、构配件规格型号配套；②杆件与连接件配套；③安全防护设施、装置与架体配套；④索具吊具、设备与架体使用功能、荷载配套；⑤底座、托座、支座等承力构件与架体结构及立杆、承载力配套等。

8.1.4 为保证立杆荷载传递效率，防止立杆在竖向荷载作用下产生偏心弯矩，从而导致立杆屈曲失稳，应严格控制立杆接长后的轴线偏差。

8.1.5 钢管脚手架立杆顶、底部插入可调托座，其伸出顶、底层水平杆的悬臂长度过大会导致支撑架立杆因局部失稳而导致整体坍塌。

8.1.6 脚手架竖向和水平剪刀撑的极大提高支架整体承载能力和稳定性，剪刀撑设置应符合现行行业标准《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ 130中有关规定，作为支撑用盘扣式钢管脚手架严禁使用扣件式钢管脚手架搭设的剪刀撑代替专用竖向斜杆。

8.1.7 本条规定了竖向通道构造及安全防护措施，对斜道的设置宽度、坡度、平台以及两侧的栏杆、挡脚板、安全挂网等防护措施做了规定。

8.1.8 脚手架受到风荷载通过连墙件传给结构，连墙件起着支座的作用。双排脚手架失稳都主要发生在横向，设置连墙件是防止脚手架失稳的重要构造措施。连墙件设置位置、间距应经计算确定，并符合本条规定的构造要求。

8.1.9 水平杆、斜杆是架体的主要结构杆件，在支撑架中具有重要作用，是支撑架设计计算必须满足的基本假定条件。支撑架水平杆、斜杆设置作出规定的目的是控制支撑架的失稳破坏形态，保证架体达到专项施工方案设计规定的承载力。

8.1.10 脚手架立杆接头采用交错布置是为了加强架体的整体刚度，避免软弱部位处于同一高

度。

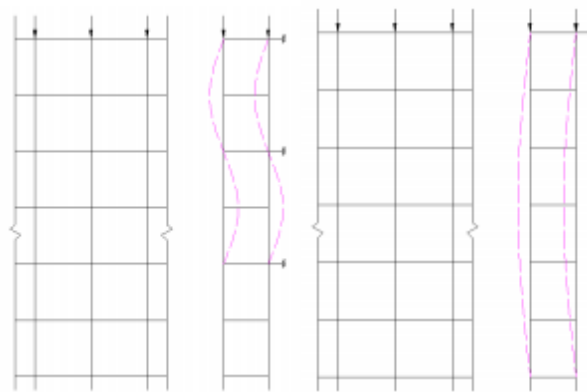
8.2 作业脚手架

8.2.1 本条是对作业脚手架搭设基本尺寸的要求，条文的规定是根据调查研究，总结人员架上作业活动规律而提出的。应当指出的是，作业脚手架的宽度如果小于 0.8m，可能存在不安全因素，不能满足操作人员下蹲、弯腰操作活动空间的要求；作业层高如果大于 2.0m，也同样存在不安全因素，人员操作时，脚下可能要垫起，不利于操作安全。

8.2.2~8.2.3 本条对作业脚手架靠墙立杆与墙面间距进行了限定，当间距大于 150mm 时，需要对空隙内悬挑或者采取安全隔离措施；作业脚手架顶部防护栏杆应高出女儿墙或檐口上端不低于 1.5m，且保证防护抗倾覆稳定性。

8.2.4 作业脚手架连墙件是保证架体侧向稳定的重要构件，是作业脚手架设计计算的主要基本假定条件，对作业脚手架连墙件设置做出规定的目的是控制作业脚手架的失稳破坏形态，保证架体达到专项施工方案设计规定的承载力。

当连墙件按竖向间距 2 步或 3 步设置时，作业脚手架的主要破坏形式是在抗弯刚度较弱的方向（纵向或横向）呈现出多波鼓曲失稳破坏[图 1（a）]；当连墙件作稀疏布置，其竖向间距大到 4~6 步时，作业脚手架是在横向大波鼓曲失稳破坏[图 1（b）]，这种失稳破坏的承载力低于前一种破坏形式。作业脚手架的计算公式是根据连墙件按小于或等于 3 步的条件确定的；否则，计算公式的应用条件也不再成立。



(a) 多波鼓曲失稳破坏 (b) 横向大波鼓曲失稳破坏

图 1 作业脚手架失稳破坏示意图

要求连墙件既能够承受拉力也能够承受压力，是要求连墙件为可承受拉力和压力的刚性杆件。因为连墙件的受力较为复杂，而且其受力性质经常随施工荷载、风荷载、风向的变化而变化，所以要求连墙件要有足够的强度和刚度。连墙件设置的位置、数量是根据架体高度、建筑结构形状、楼层高度、荷载等因素经设计和计算确定的；

架体与建筑结构可靠连接，是作业脚手架在竖向荷载作用下的整体稳定和在水平风荷载作用下的安全可靠承载的保证。架体顶层连墙件以上的悬臂高度不允许超过 2 步，是从操作安全的角度来考虑的，否则架体不稳定。在作业脚手架的转角处，开口型作业脚手架端部都是架体的薄弱环节，因此应增加连墙件的设置。

8.2.5 脚手架受到风荷载通过连墙件传给结构，连墙件起着支座的作用。双排脚手架失稳都主要发生在横向，设置连墙件是防止脚手架失稳的重要构造措施，连墙件布置需经过设计计算确定，按照脚手架搭设方式、搭设高度的不同，本条规定了连墙件最大间距及单根连墙件最大覆盖

面积。

8.2.6~8.2.7 作业脚手架的外侧设置竖向剪刀撑或斜撑杆、交叉拉杆是保证架体稳定的重要构造措施，应按要求设置。竖向剪刀撑和斜撑杆、交叉拉杆在作业脚手架 24m 高度上下区分为不同设置是根据施工经验确定的。在欧美等国家，杆（构）件组装式作业脚手架外侧多设斜撑杆、交叉拉杆代替竖向大剪刀撑。在我国构件组装式作业脚手架也不断增多，斜撑杆、交叉拉杆也有应用。应注意总结相关经验。

以斜撑杆或交叉拉杆替代作业脚手架大剪刀撑时，可按大剪刀撑斜杆的配置率来确定斜撑杆、交叉拉杆的间距，既可按斜撑杆、交叉拉杆的覆盖面积与大剪刀撑斜杆的覆盖面积相等的原则来确定斜撑杆、交叉拉杆的间隔距离。当作业脚手架搭设高度在 24m 以下时，斜撑杆或交叉拉杆的覆盖面积可按作业脚手架外立面的 1/6~1/8 布设；当作业脚手架搭设高度在 24m 以上或需要满布大剪刀撑时，斜撑杆或交叉拉杆的覆盖面积可按作业脚手架外立面的 1/3~1/4 布设。斜撑杆、交叉拉杆是在相临两个立杆间竖向由底至顶连续布设，水平向间隔一定跨数后再行布设；也可采用其他保证覆盖率的连续设置的布设方式。

条文所述“搭设高度在 24m 以下时，应每隔 5~7 跨设置一道；搭设高度在 24m 以上时，应每隔 1~3 跨设置一道。”应按搭设高度高者执行上线，搭设高度低者执行下线控制。

脚手架底部立杆上设置扫地杆，一般在距地面 200mm 的位置设置纵向扫地杆；横向扫地杆紧靠纵向扫地杆下方设置。设置扫地杆具有两个作用，一是增强架体的整体性；二是减小底部立杆的计算长度。

8.2.8 作业层应满铺钢脚手板，钢脚手板的挂钩必须完全扣在水平杆上，挂钩必须处于锁紧状态，严禁浮放，其脚手板承载力需满足设计要求。

8.2.9 本条规定建筑物转角位置作业脚手架构造措施，当采用扣减式钢管脚手架作为水平斜撑杆时，应与作业脚手架立杆扣紧。

8.2.10 本条规定了人行通道口的构造要求与加固措施。

8.2.11 本条规定了三脚架的构造措施。

8.3 悬挑脚手架

8.3.1 本条规定每一脚手架立杆纵距设置一根型钢悬挑架，不提倡间隔 1 列或数列立杆设置一根型钢悬挑梁，尽量采用一纵距一根悬挑梁的结构形式。

8.3.2 本条规定悬挑梁的长度取 1.25 倍的悬挑长度是为了合理减少平衡段的支座反力，降低支座处楼板的负弯矩。

8.3.3 双轴对称截面型钢宜使用工字钢，工字钢结构性能可靠，双轴对称截面，受力稳定性好，较其它型钢选购、设计、施工方便。

8.3.4~8.3.7 型钢悬挑锚固楼板承载力需根据设计计算确定，不满足要求的需要采取加固措施，以保证楼板的承载能力；用于型钢悬挑的 U 型钢筋拉环或螺栓、螺栓压板等附属配件的尺寸、规格型号、质量、设置位置等应满足设计要求。

8.3.8 悬挑脚手架底部与型钢梁应设置可靠连接，防止因风荷载、外部冲击力作用下产生的滑动或窜动，施工现场常规做法在悬挑钢梁上焊接定位销，通过定位销作用实现立杆位置固定。

8.3.10 本条规定了平面转角位置阳、阴角型钢悬挑梁常规设置措施，其型钢悬挑梁布置位置、悬挑长度、规格尺寸等应进过单独设计计算后确定。

8.3.11 在施工现场为钢丝绳拉紧程度和本身变形较大，不应参与计算，仅作为安全储备措施。外墙阳角处、楼梯间、悬挑结构构件等处每根钢梁外端均匀设置上拉保险钢丝绳。

8.3.12 悬挑脚手架设置连墙件及外立面设置剪刀撑，是保证悬挑脚手架整体稳定性的条件。悬挑脚手架受到风荷载通过连墙件传给结构，连墙件起着支座的作用。双排悬挑脚手架失稳都主要发生在横向，设置连墙件是防止脚手架失稳的重要构造措施。

8.3.13 悬挑脚手架底部宜采取硬防护措施，防止物体坠落，确保人员安全。

8.4 支撑脚手架

8.4.1~8.4.2 条文中对立杆的间距和架体步距提出限制，是由于支撑脚手架的立杆纵向和横向间距过大时，会明显降低杆端约束作用而使支撑脚手架的承载能力降低。条文中提出的立杆间距、步距的数据是根据实践经验提出的。考虑支架承载能力及作业人员搭设安全，对盘扣式钢管脚手架按照类型进行限定：**B**型为标准型，立杆直径为48mm，最大间距不超过1.5m；**Z**型为重型，立杆直径为60mm，立杆间距不大于1.8m；其它类型支架，比如扣件式钢管脚手架、碗扣式钢管脚手架等最大间距不超过1.5m。

支撑脚手架的高宽比是指其高度与宽度（架体平面尺寸中的短边）的比。支撑脚手架高宽比的大小，对架体的侧向稳定和承载力影响很大，随着架体高宽比的增大，架体的侧向稳定变差，架体的承载力也明显降低。经过试验验证，当高宽比在3.0以下时，架体的承载力没有明显的变化，当高宽比在5.0以上时，架体的承载力出现明显的大幅度下降。本标准通过对试验和实践经验的总结，提出支撑脚手架高宽比限值要求。

条文中所述“独立架体”是指与既有建筑无连结、无任何侧向拉结措施的架体，其侧向稳定只依靠自身杆件来提供。

8.4.3 对于各种支撑脚手架，应首选采用连墙件、抱箍等连接方式将架体与既有建筑结构连接，这样可大幅度增强支撑脚手架的侧向稳定。

8.4.4~8.4.6 剪刀撑或斜撑杆、交叉拉杆是保证支撑脚手架整体稳定、传递水平荷载、增强架体整体刚度的主要杆件，也是架体的加固件，不可缺失。竖向剪刀撑的宽度与立杆间距、水平杆间距相关，竖向剪刀撑的一对斜杆宜交汇在水平杆设置层位置。

竖向斜撑杆、交叉拉杆按竖向塔型桁架矩阵式设置，即在支撑脚手架角上、外侧边及内部纵向和横向间隔设置；竖向塔型桁架是指平面形状为矩形框，矩形框周边立杆间沿竖向连续按步设置斜撑杆、交叉拉杆的结构。

以斜撑杆或交叉拉杆替代支撑脚手架大剪刀撑时，可按大剪刀撑斜杆的配置率来确定斜撑杆、交叉拉杆的间距，既可按斜撑杆、交叉拉杆的覆盖面积与大剪刀撑斜杆的覆盖面积相等的原则来确定每道剪刀撑所设斜撑杆、交叉拉杆的间隔距离。

应注意的是，剪刀撑或斜撑杆、交叉拉杆布置密度大小，对支撑脚手架的承载力存在较大影响，在立杆间距和水平杆间距不变的情况下，剪刀撑或斜撑杆、交叉拉杆加密设置可显著提高架体的承载力。

盘扣式钢管脚手架，标准型（**B**型）和重型（**Z**型）两种体系，针对不同斜杆布置方式、不同高度进行有限元分析，同时以现有工程案例作考证，结合德国 Layher 公司盘扣产品使用说明书，最终确定竖向斜杆布置类型。

8.4.7 水平杆、扫地杆在支撑脚手架中具有重要作用，都是架体的主要结构杆件，其按本标准设置也是支撑脚手架设计计算必须满足的基本假定条件。对支撑脚手架水平杆、扫地杆设置做出规定的目的是控制支撑脚手架的失稳破坏形态，保证架体达到专项施工方案设计规定的承载力。

在支撑脚手架的搭设中，当水平杆是按步纵向、横向通长连续设置，扫地杆也是按纵向、横

向通长连续设置，且水平杆、扫地杆与相临立杆连牢固时，在顶部竖向荷载的作用下，架体的主要破坏形态是在抗弯刚度较弱的方向（纵向或横向）呈现出以水平杆连接层为反弯点的小波鼓曲失稳破坏；当水平杆不连续设置，或一个方向水平杆连续设置，而另外一个方向间隔设置时，在顶部竖向荷载的作用下，架体的主要破坏形态是在不设水平杆或少设水平杆的方向呈现出大波鼓曲失稳破坏，架体的承载力比前一种破坏形态的承载力将大幅度降低。水平杆、扫地杆必须与立杆连接牢固，否则形同虚设。水平杆和扫地杆在支撑脚手架中主要有以下三个作用：

1 连接并约束立杆，降低立杆的计算长度。当架体立杆的某个方向（如纵向）满设水平杆，而另一个方向（如横向）不设水平杆时，就会使立杆在不设水平杆方向的计算长度增加，而降低架体承载力。

2 传递并抵抗水平荷载。在支撑脚手架中，水平杆中存在着轴向力，该轴向力主要是外部水平风荷载和水平施工荷载产生的水平力及水平杆作为立杆的支撑而产生的支撑力所构成。水平杆中的支撑力是由于水平杆约束立杆侧向变形而被动产生的。

3 与其他杆件共同构成架体的整体稳定结构体系，并且使架体纵横向具有足够的联系和约束，保证架体的刚度。

8.4.8 安全等级为 I 级的支撑脚手架顶层缩小一个步距，是为了增强架顶的整体性和约束，有利于传递荷载。对于安全等级为 I 级的支撑脚手架，特别是模板支撑脚手架，在施加荷载时，架顶立杆受力是不均匀的，架顶水平杆间距加密设置，可提高架体顶部刚度，改善架体受力状况。

8.4.9 支撑脚手架顶层水平杆常用作模板支撑梁使用，此时水平杆的悬挑长度不宜过长，否则宜发生危险。要求支撑脚手架立杆加密区的水平杆向非加密区延伸，是为了保证加密区的稳定。

8.4.10 用于支撑脚手架的可调底座、可调托座调节螺杆的外伸长度不宜过长，否则会降低立杆的稳定承载力，建议控制在 500mm 以内，如外伸长度大于 500mm 时，则需要在纵、横向采取加固措施，缩短自由端长度，以保证立杆稳定承载能力。

8.4.11 承插型盘扣式钢管脚手架作为支撑架时可利用水平杆承受荷载，承受荷载能力通过强度及挠度校核确定；采用双槽托梁搁置在连接盘上作为支撑模板面板及楞木的托梁时，需要验算盘扣节点抗剪承载力，根据东南大学对八角盘进行的单侧弯剪、双侧弯剪以及内侧焊缝受剪极限承载力计算结果，并考虑材料抗力系数 1.087，取整得到连接盘抗剪承载力设计值；同时应另外验算双槽托梁的强度、挠度。双槽托梁作为受弯构件，应具有自身稳定性，搁置在连接盘上，应有防脱落装置。

采用双槽托梁搁置在立杆连接盘上进行支撑梁模板的构造做法，在满足结构安全前提下，可大大提高施工效率，降低施工成本；

大量工程实践应用证明，采用双槽托梁搁置在立杆连接盘上支撑梁模板的构造做法能够解决梁底立杆布置不合模数的情况。

双槽梁托梁所能承受的梁类构件横断面面积受梁宽、梁高、两侧立杆间距、双槽托梁型号等众多因素的影响，使用双槽托梁托梁时，架体设计人员不仅需要对盘扣节点抗剪承载力进行验算，还需根据现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中对于受弯构件的相关规定对双横梁托梁的强度、挠度和稳定性进行计算。

8.4.12 本条规定了边梁采用双槽托梁支撑的一种方式，为防止边梁侧翻，要求最外排立杆必须超过梁中心线宿，双槽托梁使用满足 8.4.1 条约定。

8.4.13 托梁可采用双槽钢、双铝合金梁等形式，托梁间可通过螺栓或构件间通过焊接进行横向连接，防止托梁平面外失稳。托梁所能承受的梁荷载受梁宽、梁高、两侧立杆间距、双槽托梁型号等众多因素的影响。使用双槽托梁时，架体设计人员不仅需要根据现行行业标准《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》JGJ/T 231-2021 相关计算对盘扣节点抗剪承载力、立

杆承载力进行验算，还需根据现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中受弯构件的相关规定对双横梁托梁的承载能力和变形进行计算。

8.4.14 本条规定支撑架人行通道设置措施，要求洞口顶部应铺设封闭的防护板，相邻跨应设置安全网。通行机动车的洞口，必须设置安全警示和防撞设施，确保通行安全。

8.4.15 脚手架搭设基础出现台阶时，需要采用可调丝杆底座及立杆组合调整，以确保高低跨部位纵、横向水平杆高拉通形成整体，保证支架稳定性。

8.5 满堂作业脚手架

8.5.1~8.5.2 满堂作业脚手架是用做作业架，不是用来支撑结构荷载，在构造和设计计算上与支撑脚手架有相同之处，但在使用上与作业脚手架相同。

8.5.3 满堂作业脚手架架体上应设置专用爬梯，供施工人员上下通行使用，爬梯承载力能力满足荷载要求。

8.5.5~8.5.7 可移动的满堂支撑脚手架应特别注意加强其整体性，加强杆件约束，竖向、水平剪刀撑设置应连续、封闭；移动时应同步移动。

9 搭设与拆除

9.0.1 脚手架的搭设与拆除施工，是一项技术性很强的工作，本标准强调应按专项施工方案施工，超过一定规模的应经专家论证后实施。

9.0.2 在搭设作业前，对操作人员进行技术安全交底，是为了保证架体搭设质量和搭设与拆除作业安全。

9.0.3 通过加强现场管理，杜绝不合格产品进入现场，保证脚手架的安全使用。复检方式详见附录 A.1。

9.0.4 脚手架每搭设一步架后，应进行检查、校正，避免产生积累误差。

9.0.5 规定连墙件安装与作业脚手架同步进行、作业脚手架操作层高出相邻连墙件以上 2 步（含 2 步）时应设置临时拉结措施，其目的是为了防止架体在搭设过程中出现严重变形或倒塌，危及作业安全。

作业脚手架的连墙件如果不是随架体搭设进度同步安装，而是滞后安装，则已搭好架体处于悬空状态，会产生严重变形，并且有倒塌的危险。当作业层高出相临连墙件以上 2 步（含 2 步）时，架体的上部悬臂段过高，会危及架体安全。

9.0.6 在多层楼板上连续搭设支撑脚手架，是将顶层支撑脚手架上部的荷载逐层向下分配，分别传递给各层楼板或地基，在多层楼板上连续搭设支撑脚手架时，上下层立杆要求对准位置设置，是为了避免出现安全事故及损坏楼层板。

9.0.7 在施工过程中，脚手架使用的时间较长，加强使用过程中的检查维护，是为了保证脚手架始终处于良好的工作状态。特别是一些特殊构造的脚手架，如悬挑支撑脚手架、跨空支撑脚手架、高宽比较大的支撑脚手架等，在使用过程中进行监护更为重要，一旦发现异常情况，及时采取应对措施。

9.0.8 作业脚手架连墙件拆除必须同架体拆除同步进行，如果将连墙件整层或数层先行拆除后再拆架体，极易产生架体倒塌事故。拆除作业中，当连墙件以上架体悬臂段高度超过 2 步（含 2 步）时，采取临时固定措施是为了保证作业安全。

9.0.9 脚手架的杆件、构配件多数是薄壁结构，拆除施工中应注意保护，不得野蛮施工。

9.0.10 将脚手架拆除的杆件、构配件抛掷到地面，既容易损坏杆件、构配件，也极不安全。

9.0.11 规定了拆除脚手架前必须完成的准备工作，是防范拆除时发生安全事故的重要工作环节。

9.0.12 规定了现场警戒及看管的要求，是保证脚手架拆除过程中安全的重要管理举措。

9.0.13 本条明确规定了附着式升降脚手架拆除工作必须在白天进行，遇有恶劣天气时严禁进行拆除作业。

10 高大支模架安全自动监测

10.1 一般规定

10.1.1 监测仪器、传感器和软件应符合下列规定：

1 精度与量程存在线性关系，应结合高大支模的各监测参数容许值来确定其量程，再结合其线性关系来确定传感器的精度选型。良好的稳定性、可靠性是选择仪器的基础条件；

2 后备电源是提升监测仪器续航能力的有力保障，可避免在施工过程中出现设备因断电而无法进行数据采集的情况，从而保障监测数据实时、连续。传感器的自动识别功能便于作业人员通过设备编号查找设备现场安装位置，利于监测数据分析；

3 监测自动化系统的应用有利于实现数据实时采集和及时处理，避免过多的人工干扰，及时预警；

4 监测中投入使用的设备应保证其处于正常状态。须定期核查和报送具有资质的计量单位检定。核查记录、计量单位出具的有效检定或校准证书应妥善保管备查；

5 仪器需指定专门人员进行管理并建立设备台账，定期定时维护、清洁保养。

10.1.2~10.1.4 本条是对本标准应用对象的界定。本标准中的高大支模参照住房和城乡建设部《危险性较大的分部分项工程安全管理办法》（第37号）中附件2第二条第二款，与《深圳市高大支模自动化实时监测技术导则》（试行）中第4章第4.0.1条对应，具体为：模板支架高度8m及以上，或模板支架高度5m及以上且支架可靠水平支撑的距离18m及以上，或门洞支架过梁跨度6m及以上，或施工均布荷载设计值 15kN/m^2 及以上，或线荷载设计值 20kN/m 及以上的支撑混凝土结构。对于《危险性较大的分部分项工程安全管理办法》（第37号）中附件1第二条第二款对应的混凝土模板支撑，若施工过程中采用实时安全监测可参考本标准相关要求执行。

高大支模工程浇筑过程中虽然施工单位采取相应的监测措施，但根据现行调研情况，目前，施工单位主要采用全站仪、水准仪、经纬仪、吊锤等人工作业方式对支架、基础的变形进行观测，观测时间间隔一般为30min。这种监测方式主要存在以下问题：

1 观测条件不具备。非自动照准型全站仪、水准仪、经纬仪等光学观测设备需具备通视、可视条件，而高大支模工程浇筑施工大部分在夜间施工，且施工时支架外挂安全防护网，观测条件极难达到要求；

2 监测内容不完整。目前大部分的施工监测主要采用光学设备进行支架的整体变形观测，主要为支架四角、中部的垂直度观测，而支架内部变形则无法观测，支架应力一般不设观测项；

3 监测人员不安全。现场监测人员在保证数据精度前提下，为实现通视的视野，需靠近支架下方进行观测，观测作业往往在支架1倍高度范围内甚至支架内部进行，一旦出现支架倒塌情况，监测人员将无法及时安全撤离；

4 监测数据不连续。为达到对支架整体变形进行观测的目的，作业人员需建立多个工作基站进行观测，观测中需经常对设备进行迁移、安置、调平、校准等操作，导致相邻两次监测时间间隔较长。

高大支模工程实时安全监测项目中的综合传感器应用技术、通讯组网技术、监测数据处理技术及监测工作的实施对监测人员的技术知识水平要求较高。为保证监测质量，国内外加强了对监测人员的培养，使得监测管理逐渐走向专业化。多年的工程实践证明专业化可以有力地促进监测行业的健康发展；此外，实施第三方监测有利于保证监测的客观性和公正性。因此，本条规定高大支模实时监测应由第三方监测单位实施。但第三方监测并不能取代施工单位自己开展有必要的

施工监测及巡视检查。

高大支模专项施工方案应包含施工监测相关内容。根据住建部《危险性较大的分部分项工程安全管理办法》（第 37 号）第三章第十条：危大工程实行分包的，专项施工方案可以由相关专业分包单位组织编制。根据本标准 9.1.2 条相关规定，高大支模需委托有能力的机构进行第三方监测，因此，第三方监测实施方案须由第三方监测机构编制。

为保证监测方案切实可行、质量达标，本条概括出了监测方案需包含的 9 个主要方面。第三方监测单位现场监测实施方案主要包含的资料有主体结构设计图、论证通过的专项施工方案以及施工周边环境信息等。本条要求监测单位收集工程概况，主要包含项目概况、支架概况及施工顺序等信息。其中，项目概况方面的资料收集过程需要明确以下信息：工程地址，具体建筑类别（住宅、写字楼、医院、跨线桥及隧道等），建筑物梁板尺寸、跨度、荷载等信息以及重点关注项目中各施工部位的高危大特征。支架概况方面主要包括：支架类别、搭设高度、纵横杆间距、步距、剪刀撑设置、支架基础形式及局部差异设置等信息，其中支架基础需要明确具体的基体形式（既有梁板、处理过的土地基、贝雷架或悬挑型钢等）。施工顺序需要做以下方面信息收集：明确墙、柱、梁、板等的施工顺序；明确墙、柱是否先行施工；明确隧道底板、中柱、侧墙、顶板等的先后施工顺序；明确桥梁腹板、顶板、翼板等的施工流程。本条规定了监测作业的安全措施及要求。模板监测测点安装、拆卸属于高空作业，甚至部分同时为密闭、有限空间作业，具有较大的安全风险隐患。因此，监测作业中，需同时遵守施工现场防火、放电、防高空坠物等其他现场管理制度。

高大支模实时监测方案在整个监测过程中起到重要作用，必要时，下列高大支模工程的监测方案经监理审核通过后，在混凝土浇筑前应结合施工方案进行专项方案评审：

- 1 邻近重要建筑、设施等破坏后果很严重的高大支模工程；
- 2 现场实际工况与设计工况相差较大的高大支模工程；
- 3 已发生严重事故，重新组织施工的高大支模工程；
- 4 采用新技术、新工艺、新材料、新设备的高大支模工程；
- 5 其他需要论证的高大支模工程。专项评审的主要目的为：
 - 1) 保证监测方案的可行性。高大支模实时安全监测以自动化监测为主，监测方案中设备配置应与测点数量适应，测量精度与传感器精度匹配，测量周期与设备续航能力适配；同时，监测设备的安装、拆除需与监测站、监测自动化系统相协调，并同时考虑作业安全、传输信号屏蔽等多种影响因素，通过专项方案评审，保证监测方案的可行性；
 - 2) 保证监测方案的有效性。高大支模实时安全监测涉及结构、测量、通讯、岩土、等专业知识，现场测点布设应能反应支架结构、支架基础薄弱环节的变形情况，监测周期应能覆盖施工过程中最危险阶段，监测频率应能保证数据的连续性，监测报警值应能根据工况的差异达到有效预警的目的，因此，须通过专项方案评审对方案相关内容进行有效性评价，以保证方案的有效性。

10.1.5 实施动态化管理和信息化施工的关键是监测成果的准确与及时反馈。第三方监测单位应严格依据监测方案进行监测，为模板支撑实施动态化管理和信息化施工提供可靠依据，并建立有效的信息化处理和信息反馈机制，将监测成果准确、及时地反馈到建设、监理、施工等有关单位。当监测数据达到监测报警值时，第三方监测单位必须立即通报委托方及相关单位，并对现场作业人员发出区域警示，以便委托单位和有关各方及时分析原因、采取措施。

10.1.6 本标准中的监测项目及报警值与广东省标准《高大模板支撑系统实时安全监测技术规范》DBJ/T 15-197-2020 第 8 章第 8.0.4 条对应。

10.1.7 当监测数据达到监测报警值时，第三方监测单位必须立即通报委托方及相关单位，并对现场作业人员发出区域警示，以便委托单位和有关各方及时分析原因、采取措施。参建单位应认真对待第三方监测单位的报警，以避免事故发生。本条提出的1~6预设性情况，在实际工程中，当出现其中任何一个或者几个情况时，应触发危险报警，启动应急避险措施。

10.2 监测实施

10.2.1 本条是标准对测点布设的原则性规定，测点的位置应尽可能地反映监测对象的实际受力、变形状态，以保证对监测对象的状况作出准确的判断。测点布设于关键位置包含两层含义：支撑结构、立杆基础构造薄弱或复杂位置；施工荷载较大或施工流程复杂部位，其中：

1 支撑结构。支撑结构薄弱点一般为支架四角；超限梁1/4、1/2及3/4跨部位；双向板板中；主、次梁相交部位；梁悬挑、边梁中部；支架基础、顶部标高差异大，如斜坡屋面等；无稳定固定连接件部位；支架顶部、中部位置；

2 立杆基础。基础薄弱点一般为处理土地基、基础承载力差异变化过渡段、悬挑型钢、悬挑贝雷架、多层连支浇筑施工下层既有结构梁板。

10.2.2 本条为高大支模测点布设指导性规定，适用于非特殊形式或荷载变化的高大支模。对于支架高度较高、梁板荷载超限较多、基础较弱等特殊情况在相应部位应予以增加布设。另外，测点水平间距10~15m为范围值，对于浇筑施工构件荷载整体较大，如混凝土板厚度较大，或者基础承载力较弱，如处理土地基等，建议采用水平间距小值。

为便于监测数据分析，本条建议相同监测部位的各监测项目按组布设：布设于同一构件或邻近构件；同一部位测点安装做到平面集中、上下对应。

10.2.3 高大支模监测点的布置应符合下列要求：

1 采用全站仪进行位移观测时，基准点是进行高大支模监测工作的基础和参照，对基准点的最基本要求就是在监测全过程中应保持稳定可靠，因此应尽量选择远离监测对象的稳定点。同时，基准点数量应满足稳定性观测的最低要求。工作基点是为了便于实施监测而在监测对象邻近位置埋设的相对固定点。基准点及工作基点的布设，应便于保护，同时兼顾测量作业的安全问题。采用传感器方式进行位移监测时，传感器宜设置于建（构）筑物本身的既有混凝土柱、剪力墙等固定结构或稳定设施的基准桩上。对于高大支模邻近有承载力特征值满足设计要求的岩石山体、钢筋混凝土地（构）筑物，可作为位移传感器的参考点使用；

2 本条为立杆轴力传感器安装要求。轴力计上下承力面若接触不均匀，会导致轴力计偏心受压、设备失稳，进而导致轴力测量值失真或者轴力计掉落的情况发生。因此，现场测量中需注意托撑与轴力计接触面一般较为平整，不存在问题，但轴力计顶部楞梁往往为双拼钢管或其他型钢，导致轴力计与楞梁接触面不平整，受力不均匀。根据工程经验，可在轴力计顶部增加垫块，垫块可为预制钢板或现场木模板切割的方板。轴力计安装前，需将托撑拧松下调，轴力计、垫板放置完成后，再将托撑上调至垫板与楞梁紧密接触为止。该过程应注意托撑不应过分调高，否则会导致周边立杆与楞梁接触面松动甚至脱离，该轴力计安装立杆会过度分担其周边立杆的荷载，导致轴力检测值异常；

3 水平位移、倾斜监测主要量测支撑结构水平方向变形，鉴于支架高度较大，为准确反应支架变形，标准要求对支架竖向线性布置测点，且竖向各测点间距不宜大于6米（常规支架水平杆步距为1.5m，在支架竖向一般3~5个步距）。高大支模在浇筑过程中平面上具有两个方向（X、Y）变形，因此本标准建议对支架的平面变形采用双向变形测量。目前，高大支模自动化测量设备中倾斜测量传感器倾角仪具备双轴测量功能，可同时实现双向测量；

4 立杆基础沉降测点间距宜为 10~15m，从而与支撑结构上下对应，便于支架变形整体分析。当以岩石地基、地下室底板或稳固的既有梁板为立杆基础时，可适当减少测点，但为便于分析基础不均匀沉降，建议沉降点布设以 2 点为一组进行布设，且 2 点间距不大于 10~15m。

10.2.4 本条文对监测仪器选型给出指导性建议，一般情况下应优先选择荷载传感器、位移传感器或静力水准进行自动化观测。若现场无既有固定结构或稳定点作为位移传感器参考点时，在满足监测精度、频率等要求的前提下，可采用其他方法进行观测，带自动照准功能的测量机器人以及激光测距仪等也都可采用。根据现场应用环境选择合适的测量设备，有利于高大支模变形的监测，也有利于多种测量方法进行互鉴、互补。高大支模倾斜监测是所有监测项目中现场实施受限最少的项目，也是最为直接的监测参数，与水平位移监测互补、互鉴。

10.2.5 传感器的性能应符合下列规定：

1 本条对监测仪器的监测参数提出具体要求，同时也对其量程提出要求，旨在满足任何条件下仪器的分辨率和精度指标，荷载传感器精度即为线性度误差，以保证传感器能在极端情况下测得有效数据；

2 本条对位移及倾斜传感器的量程、精度等作出指导性规定。一般来说，模板工程临时支撑结构基础沉降监测报警值为 10mm~15mm，因此，传感器量程应在 30mm~60mm。目前，传感器多为满量程精度，量程与精度之间存在线性关系为： $n\% \times F \cdot S$ ，其中： n 为常数。

10.2.6 传感器的设置应符合下列规定：

1 对监测仪器的安装位置提出具体要求，以保证监测结果的可靠性；

2 本条对倾斜传感器的安装位置、安装方向、安装初始值等提出了具体要求；

3 本条对水平位移传感器的安装位置、安装方向、安装初始值等提出了具体要求。测点安装时，安装初始值应考虑支架正负变形的情况，正负方向量程余量均应满足支架变形报警值的要求，因此，水平位移传感器量程宜为报警值的 3 倍~6 倍；

4 本条主要对竖向位移传感器的安装过程中的关键点提出了具体要求，实际生产活动中需严格遵守其作业流程，以保证其安装科学合理，从基本上确保监测数据的有效性；

5 本条主要对静力水准传感器的安装过程中的关键点提出具体要求。

10.2.7 本条为本标准对监测设备、传感器的保护要求。高大支模施工过程中，支架内部在施工情况下一般不允许测量人员进行测点维保，但施工过程中往往存在水泥浆，混凝土渗漏及施工振动等因素使测量传感器出现松动、损坏等情况，导致测量数据不连续、不完整甚至失误报警等情况。因此，在测量传感器安装过程中，应拧紧传感器连接扣件，宜对传感器、天线、连接线等用保鲜膜、塑料袋等防水材料进行包裹，同时悬挂颜色明显的反光标识牌，便于测点查找和提醒其他施工单位作业人员协助维保。

10.2.8 高大支模事故发生的时间延展性大大低于其他诸如基坑类项目，本标准内所有监测参数的设置均围绕保证监测时效性这一目的。为保障监测时效性，监测信息化必不可少。通过建立监测站及自动化系统，可实现连续、实时的测量数据采集，同时，为迅速进行数据反馈及协作联动，可配置网络平台实施同步远程监测。

10.2.9 监测初始值的采集是全过程中的最基础工作，直接关系到监测项目累计值的可靠性，也关系到项目预警值的合理性。因此，初始值采集工作应得到足够重视。而监测仪器、传感器、通讯硬件和数据系统的稳定性及可靠性是监测初始值采集质量的决定性因素。因此，监测硬件应通过疲劳检验、耐久检验等稳定性测试，监测软件应当通过一定时间的试运行以测试其可靠性。

10.2.10 初始值采集需满足两个条件：

1 现场工况稳定。现场支架、模板、钢筋、预压及其他工作已经完成，在无其他荷载明显增加且支架变形相对稳定情况下，可进行初始值采集；

2 初始值需多次采集。初始值应在稳定工况下进行多次数据采集，该数据不仅是后继监测数据的计算基准，也是工况稳定的判断依据。

10.2.11 本条出现场工况与监测结果建立联系，并对监测数据异常时的工作程序提出了程序性要求，以保证监测数据的有效性。

10.3 监测周期及频率

10.3.1 本条对模板的监测周期提出具体要求，明确开始监测与结束监测节点，明确模板工程现场监测结束时间节点需同时符合两种工况：

1 混凝土浇筑施工完成，无新增荷载且作业面施工人员清场。

混凝土浇筑完成后，支架固定荷载施加完成，支架顶部荷载达到最大，但混凝土结构尚未具备强度，支架变形接近峰值，整个模板系统处于危险阶段。施工人员清场一方面是避免人员作业对支模系统增加其他可能引起支架突变的因素，另一方面是避免即使在支架坍塌过程中的人员伤亡；

2 监测数据无持续增大趋势。支架变形、立杆基础沉降及立杆轴力在浇筑施工完成后变化曲线一般趋向于平缓，本条要求监测数据需无持续增大趋势或趋向于稳定时，才能结束现场监测工作，避免因其他因素如降雨、大风等导致的支架坍塌事故。

10.3.2 本条对模板工程监测频率确定方法提出具体意见，应在实际工作中切实遵守，并对监测数据未出现异常情况下的各施工节点的监测频率给出参考值。目前普遍采用自动化测量传感器进行各参数数据采集，为达到监测数据连续的目的，本标准建议自动化测量设备监测频率不低于2次/min；同时，对于因场地受限导致部分自动化设备无法使用的，采用智能型全站仪等设备进行补充测量的，该项目测量频率建议不低于1次/10min，该项目测量只是特殊条件下的增补措施，不能完全替代其他监测项目采用自动化测量。

10.3.3 当高大支模浇筑过程中出现本条1~6款的假设性条件时，应在常规监测频率的前提下加密观测。

10.4 数据处理和信息反馈

10.4.1~10.4.3 本条对高大支模监测从业技术人员提出具体要求，以保证监测数据得到及时有效分析。

对高大支模监测工作的现场测量人员、数据分析人员岗位职责、第三方监测单位职责、技术成果的出具等提出具体要求，以保证监测成果的严谨性。明确监测报告的盖章要求。

对监测数据的获取方式提出具体要求，以保证监测数据的时效性及合理性。

10.4.4 本条对监测成果表格式给出可行性建议，一般情况下应具备格式中提到的基本内容，还对监测报告的内容提出具体要求，维持独立性和完整性，保证其存档价值。

10.4.5 第三方监测单位在监测结束后，应向建设方提供监测成果资料，其中：

1 监测方案应是各方审核批准后的最终实施方案，包括方案正文、专家评审表、修改意见以及监测方案现场各方审核流程表；

2 监测报告可以根据合同的要求按照施工进度编写。监测报告应包含各施工部位的阶段性简报及项目完工后的整体报告，监测报告应与监测方案要求内容对应。实时安全监测中各监测项目监测频率可达1Hz，数据量庞大，可在平稳阶段增长原始数据表列间隔，但两次表列数据最长间隔不宜超过30min。

建设方应按照有关档案管理规定，将监测成果资料组卷归档。另外，监测过程的原始记录和

数据处理资料是唯一能反映当时真实状况的可追溯性文件，第三方监测单位也应归档留存。

11 质量控制

11.1 一般规定

11.1.1 脚手架工程的质量检查验收制度应包含脚手架搭设前的准备工作、搭设过程中的质量控制以及分阶段的验收，以及使用前的最终检查验收，同时还需包含使用过程中各种突发状况下的再次检查验收，将上述工作以制度形式进行确定，固化工程流程。

11.1.2 脚手架工程是技术性和安全性很强的作业内容，因此过程中的质量控制要根据专项方案进行审核，并对进场的材料、构配件及设备进行现场检验。

11.1.3 脚手架的材料、构配件和设备检验时，合格证、检验报告、产品上的标志均由生产厂家或者租赁单位提供，施工单位主要在基本尺寸、材料厚度、外观质量检查以及抽样送检的基础上，依判断进场材料的质量和性能。检查表可参照附表1进行。

11.1.4 在对脚手架材料、构配件和设备进行现场检验时，应在监理的见证下，采用随机抽样的方法抽取样品进行检验。

11.1.5 脚手架在搭设过程中和阶段使用，应进行阶段施工质量检查及验收，未完成相应的检查及验收，不能进行下一道工序。

11.1.6 脚手架在进行阶段施工质量检查时，应依据相应的规范进行。

11.1.7 脚手架完工验收应包含专项方案、合格证、检验报告、检查记录等资料，以及过程中的阶段检查验收记录。检查表可参照附表3进行。

11.1.8 脚手架搭设完毕，应根据检查验收结果，悬挂相应的标识牌。

11.1.9 验收合格的脚手架，在使用过程中需要进行变更时，须有专业技术人员编制相应的专项方案。

11.1.10~11.1.11 使用阶段的脚手架检查，应由施工单位现场负责人组织相关人员进行；出现各项质量问题时，应立即停工整改。

11.2 预 压

11.2.1 预压类型包含基础预压以及支架预压。

11.2.2 预压范围及频次应根据设计要求，并参照结构形式、荷载、基础类型、施工工艺等情况，由项目参建方共同决定；支撑脚手架预压是为了消除地基非弹性变形和支撑脚手架体系的弹性及非弹性变形，通过在有代表性的部分支撑脚手架模拟实际工况进行加载，以检验支撑脚手架是否能够满足施工需要。

11.2.3 预压方案应纳入支架施工专项方案里，共同完成报批手续。

11.2.4 预压过程应严格按照预压方案进行。

11.2.5 对支撑脚手架基础预压做了相关规定。

11.2.6 对支撑脚手架预压做了相关规定。

11.2.7 预压加载的材料可根据实际情况选择，如选择砂袋等材料，应做好防水措施，防止加压材料重量变化。

11.2.8 预压施工过程应注意做好相应的安全措施。

11.2.9 应编制专项预压方案，预压方案里应对监测点的布设、各项监测内容做详细说明。

11.2.10 确定了预压合格标准，以及不合格后处理流程。

11.3 样板引路验收制度

11.3.1~11.3.2 通过样板引路验收制度，明确各工序的关键点、流程及质量标准，以及脚手架最终的验收标准，为脚手架的施工质量提供重要保障。

11.3.3 样板引路验收应包含内业资料验收、现场实地验收。

12 安全管理

12.1 一般规定

12.1.1 对脚手架工程的安全管理是脚手架搭设、使用、拆除过程中的重要工作。脚手架作为施工过程中的施工设施，既是人员集中的施工作业平台，又是施工和建筑材料等荷载的支撑体系，在现场使用的周期也比较长，易受施工环境、场地条件、施工进度等因素影响，也易受恶劣的自然天气和外力撞击等侵害。所以，对脚手架工程必须建立安全生产责任制，建立安全检查考核制度，应该对项目部、班组及各类人员的安全管理责任做出规定。

12.1.2 本条是脚手架工程安全管理实施内容的规定。主要是提出如下三项要求：

1 脚手架搭设、拆除作业前，应对专项施工方案进行审核检查。

2 对搭设脚手架的材料、构配件和设备及搭设施工质量验收进行控制，这是脚手架安全管理的主要内容，只有搭设质量合格，才能给脚手架的安全使用提供基本保障。

3 对脚手架使用过程中安全管理的要求。落实使用阶段安全管理制度主要是要求承力杆件、保证结构安全和重要功能的构件在施工过程中不得拆除；场地不应有积水；支座、锚固固定件应保持牢固，无缺失；安全防护设施在施工过程不应出现损坏、缺失；等等。

12.1.3~12.1.4 脚手架搭设与拆除作业由经过培训考核合格的架子工操作是为了保证脚手架的施工质量，避免发生安全事故。搭设和拆除脚手架的作业均是高处作业，不符合高处作业条件的人员，不应上架作业。

搭设、拆除脚手架的高空作业具有一定危险性，应在操作面上铺设供作业人员站立的手脚板，操作人员应佩戴安全帽、安全带、防滑手套，穿防滑鞋。

12.1.5~12.1.6 使用过程中的检查是脚手架安全管理的重要内容，应坚持定期检查，并及时消除影响脚手架安全的各种隐患，使脚手架始终处于良好的工作状态。特别是遇有第 12.1.6 条所列情况时，对架体应进行必要的检查，确认安全后，方可继续使用。

规定不允许缺失的杆件，是因为这些杆件都是主要承力杆件和保证架体稳定杆件，不可随意拆除。考虑到施工过程中脚手架的个别杆件可能对施工操作存在影响，如施工需要临时拆除个别杆件时，要有相应的加固措施，以保证架体安全。

12.2 安全要求

12.2.1 控制脚手架作业层的荷载，是脚手架使用过程中安全管理的重要内容，规定脚手架作业层上严禁超载的目的，是为了在脚手架使用中控制作业层上永久荷载和可变荷载的总和不应超过荷载设计值总和，保证脚手架使用安全。在脚手架专项施工方案设计时，是按脚手架的用途、搭设部位、荷载、搭设材料、构配件及设备搭设条件选择了脚手架的结构和构造，并通过设计计算确定了立杆间距、架体步距等技术参数，这也就确定了脚手架可承受的荷载总值。脚手架在使用过程中，永久荷载和可变荷载值总值不应超过荷载设计值，否则架体有倒塌危险。

12.2.2 在作业脚手架上固定支撑脚手架、拉缆风绳、固定架设混凝土输送泵管道等设施或设备，会使架体超载、受力不清晰、产生振动等，而危及作业脚手架的使用安全，本条文规定的目的是为了消除危及作业脚手架使用安全的行为发生。作业脚手架是按正常使用的条件设计和搭设的，在作业脚手架的专项方案设计时，是未考虑也不可能考虑在作业脚手架上固定支撑脚手架、拉缆风绳、固定混凝土输送泵管、固定卸料平台等施工设施、设备的，因为如果一旦将支撑脚手

架、缆风绳、混凝土输送泵管、卸料平台等设备、设施固定在作业脚手架，作业脚手架的相应部位承受多少荷载很难确定，会造成作业脚手架的受力不清晰、超载，且混凝土输送泵管、卸料平台等设备、设施对作业脚手架还有振动冲击作用，因此，应禁止条文所列危及作业脚手架安全的行为发生。

12.2.3 脚手架多是在室外搭设使用，易受雷雨、强风等恶劣气候影响，应采取必要的防护措施。雷雨天气、强风天气在架上作业存在一定的危险，应停止架上作业。

12.2.4~12.2.5 在脚手架作业层栏杆上设置安全网或采取其它措施封闭防护，是为了保证作业层操作人员安全，也是为了防止坠物伤人。根据近年脚手架火灾事故调查显示，脚手架上的安全防火越来越重要，因此本标准要求密目式安全网应为阻燃产品。12.2.5条所规定的硬防护措施，主要是为了防止落物伤人，避免尖硬物体穿透安全网。

12.2.6 要求作业脚手架同时满载作业的层数不应超过2层，主要是为了控制作业脚手架上的施工荷载不超过允许值。

12.2.7 在脚手架作业层上进行电焊、气焊、烘烤等作业，极易引发火灾，规定必须采取防火措施和设置专人监护的目的是为了避免灾害事故发生。

脚手架作业层上可燃物较多，在主体施工时，作业层上常存放有模板、枋木等易燃材料；在装饰和涂装施工时，作业层上经常存放易燃装饰材料、油漆桶等。如果在动火作业时，不采取防火措施，极易引起火灾。要求采取防火措施，是要求设置接火斗、灭火器、将易燃物分离等措施，并设专人监护。以免发生火灾。

12.2.8 在脚手架使用的期间，经常遇有需在脚手架搭设场地及附近开挖管沟、窨井等情况。如果在脚手架基础下及附近挖掘作业，会影响脚手架整体稳定，应采取必要的安全措施。

12.2.9 搭设和拆除脚手架作业的操作过程中，由于部分杆件、构配件是处于待紧固（或已拆除待运走）的不稳定状态，极易落物伤人，因此，搭设拆除脚手架作业时，需设置警戒线、警戒标志，并派专人监护，禁止非作业人员入内。

12.2.11 在脚手架的使用过程中，经常遇有意外的情况，如部分架体或个别构件发生严重变形或架体出现某种异常情况。当架体出现可能危及人身安全的重大安全隐患时，其产生的原因比较复杂，可能是多种因素的叠加而产生的，因此，遇有此种情况时，应果断停止架上作业，由专业技术人员进行处置。千万不可采取边加固、边施工的作法，形成架体上部和架体下部都有作业人员的情况，这是极其危险的。对于支撑脚手架，在施加荷载的过程中，架体杆件处于受力变形的不稳定状态，此时架体下部有人是极不安全的。

附录 A 脚手架力学性能试验方法

A.1 构配件力学性能试验方法

A.1.1~A.1.2 规定试验设备、工具精度和加荷速度,是为了保证试验的准确性。构件试验时加荷速度不宜过快,最理想的状态是控制在 300N/s~400N/s 之间。

A.1.3 构配件试验应选择适宜的检测设备,有些试件夹持在检测设备上需要借助特定的试验工装。有的试验,在记录构件承载力值的同时还需要记录变形位移值。

A.1.4 单个试件检测结果与该组试件平均值的偏差在±10%以内是按式(15)计算的:

$$\frac{R_p - R_u}{R_p} \times 100\% \leq \pm 10\% \quad (15)$$

式中:

R_p ——该组试件检测结果平均值;

R_u ——单个试件检测结果;

R_p 、 R_u 的单位应根据检测内容确定。

A.1.5~A.1.6 对脚手架杆件连接节点进行力学性能试验,通过试验来检测节点的力学性能,是脚手架技术研究的重点内容。在进行脚手架杆件连接节点力学性能试验时,主要应注意以下几点:

1 杆件节点连接件试验时,施加荷载的性质(荷载种类、方向、作用点、大小)应与节点工作状态时承受荷载的性质相同;

2 试验前,应准备必要的工装,将测试件安装在检测设备上。转动刚度检测采用水平杆加砣码的方法主要是对节点连接件施加扭矩值,也可采用其他方法加载;

3 检测时注意观察节点连接件在设计荷载作用下是否有明显塑性变形,本标准要求的节点连接件在设计荷载作用下应无明显塑性变形;

4 对采用新材料、新技术、新工艺、新设备的脚手架,在进行立杆与水平杆连接节点力学性能试验时,应加载直至连接件破坏,测得节点连接件的极限承载力值。并根据极限承载力值计算节点连接件的承载力设计值。

A.1.9 本条是工具式连墙件试验方法。在测试时,连墙杆应调节到最大长度。做抗压试验时,施加荷载的方向应通过连墙杆轴心线。

A.1.10~A.1.11 可调底座和可调托座试验时,应注意以下两点:

1 可调底座和可调托座插入试验短钢管内的长度应大于等于 150mm,可调螺杆伸出长度为 300mm,短钢管取 300mm;

2 试件及试验工装应调整至同一轴线,并与施加荷载的作用线重合。

A.2 架体结构力学性能试验方法

A.2.1 脚手架结构试验采用立杆中心传力的方式施加荷载更能准确判定架体的承载力。脚手架结构试验加载装置应优先选用专用加载设备、专用加载装置。当采用同步液压千斤顶加荷时,一般在试验场地设地锚,架顶设分配梁,用钢索将地锚与分配梁相连接。此时,分配梁对试验架体有一个嵌固作用,可在立杆顶端与分配梁之间设工装、滑动支座,以减小分配梁对试验架体的约束。

A.2.2 脚手架结构试验架体的搭设应注意以下几点。

1 架体的结构、构造应根据脚手架相关国家现行标准的规定搭设，立杆间距、步距、连墙件、剪刀撑设置等应符合本标准的要求；

2 加载设备及加载装置应使试验架体的受力状态符合试验方案的要求，避免因加载设备及加载装置的刚度、承载力、稳定性不足而影响试验结果。同时加载设备及加载装置在试验时的受力变形应不影响试验架体在加载过程的受力、变形；

3 杆件、构配件的安装、紧固应符合脚手架相关国家现行标准的规定；

4 应方便试验过程中的观察、测量。

A.2.3 脚手架结构试验中主要注意下列事项：

1 外观质量检验包括：

a) 脚手架钢管无弯曲、锈蚀、压扁或者有裂缝，材质符合要求；

b) 金属管脚手架的接头，应用特制的铰链相互搭接，连接各个构件间的铰链螺栓必须拧紧，脚手架杆件的连接牢固，扣件螺栓无松动并有垫片；

c) 对脚手架所有部件进行外观检查，脚手架搭设稳固，手动推拉时不应发生晃动。

2 数据采集、传递、存储系统安装。在试验前，根据数字模拟计算分析、经验判断找出受力最大的杆件和变形最大部位的杆件，将数据采集装置安装到上述部位杆件上和需要测试部位的杆件上；

3 分级加荷时，注意观察每级荷载对应的架体变形，与变形相对应的应力值，并认真记录，对变形应进行测量；

4 按有效数据确认规则确定有效数据，对试验数据进行分析计算，确定架体结构的极限承载力。

A.2.4 脚手架结构试验时，采用逐级加荷的方式施加荷载，分十级依次施加。最后两级时减半加荷，是将最后两级荷载分为四次施加，以便于更精确地测定架体的极限承载力，并充分观察架体的变形和在荷载作用下的最终反映。本标准所确定的加荷速度，与加拿大、美国国家标准的规定相当。

A.2.5 本条规定了落地作业脚手架、支撑脚手架结构试验的方法，应注意如下事项：

1 本标准所规定的脚手架结构试验的理念是以单元结构试验为主，以足尺结构试验为辅，用少量的足尺结构试验结果验证、修正单元结构试验的结果，待取得一定经验后，过渡到单一的单元结构试验；

2 A类单元结构试验，是要得出A类单元结构架体的极限承载力值和架体抗力标准值。其中标准值将作为B类、C类单元结构试验的加载依据；

3 B类单元结构试验结果与至少一个足尺作业脚手架结构试验结果对比分析、判定作业脚手架极限承载力；

4 C类单元结构试验结果与至少一个足尺支撑脚手架结构试验结果对比分析、判定支撑脚手架极限承载力；

5 某个单体试验数据与该组试验数据平均值的偏差不超±10%的计算方法按公式（16）计算；

$$\frac{R_p - R_u}{R_p} \times 100\% \leq \pm 10\% \quad (16)$$

式中：

R_p ——该组试件检测结果平均值；

R_u ——单个试件检测结果。

(该公式依据《建筑施工脚手架安全技术统一标准 GB 51210-2016》条文说明 A. 1. 4)

6 当某个单体试验数据与该组试验数据平均值的偏差超过±10%时，可先增加一个单元结构试验，之后，以四个单元结构试验结果的平均值按公式(16)计算偏差值，如果有三个单元结构试验结果的偏差值在平均值的±10%以内时，则取这三个单元结构试验结果为有效数据，如果按公式(16)计算只有两个单元结构试验结果的偏差值在平均值的±10%以内时，则再增加一个单元结构试验。

A. 2. 6 A类单元结构试验：采用4根待试验脚手架主杆，按本标准图A. 2. 6搭设3步高待试验架体，并按规定的加荷方法施加荷载所进行的脚手架结构试验。

A类单元结构试验架体是采用4根立杆所搭成的平面为长方形的塔架，3步高度，纵横向均为单跨距。立杆横距为1.5m，立杆纵距为2m。步距根据待测试的架体步距确定，为计算分析不同步距下的立杆计算长度系数，需对试验架体采用不同步距。斜撑杆是在试验架体的外侧周边沿4根立杆由底至顶按步距满布设置。立杆底部可调底座调节螺杆伸出长度为300mm。试验架体单立杆稳定承载力设计值、标准值是按下列公式计算：

$$\frac{R_u}{4\beta} = R_d \quad (17)$$

$$R_d \cdot \gamma_m \cdot \gamma'_m = N_k$$

式中：

R_p ——试验架体承载力极限值；

β ——综合安全系数；

R_d ——单立杆稳定承载力设计值；

N_k ——单立杆稳定承载力标准值；

γ_m ——材料抗力分项系数；

γ'_m ——材料强度附加系数。

A. 2. 7 B类单元结构试验：采用6根待试验脚手架立杆，按本标准图A. 2. 7搭设3步高待试验架体，并按规定的加荷方法施加荷载所进行的脚手架结构试验。

B类单元结构试验架体是采用6根立杆搭成的平面为长方形的塔架，3步高度，纵向3排立杆，横向2排立杆，纵向2跨距，横向单跨距。立杆横距为1.5m，立杆纵距为2m步距根据待测试的架体步距确定。斜撑杆是在试验架体的一个角上沿纵向、横向单跨距从底至顶按步布置。立杆底部可调螺杆伸出长度为300mm。

在试验时，是6根立杆均匀加载至A类单元结构试验得出的单立杆承载力标准值后，再对中间两根立杆继续加载，直到破坏，其他立杆不再加载。

A. 2. 8 C类单元结构试验：采用9根待试验脚手架立杆，按本标准图A. 2. 8搭设3步高试验架体，并按规定的加荷方法施加荷载所进行的脚手架结构试验。

C类单元结构试验架体是9根立杆搭成的平面为长方形的塔架，3步高度，纵向和横向各3排立杆。立杆纵距为2m，横距为1.5m。步距根据待测试的架体步距确定。斜撑杆是在试验架体的一个角上沿纵向和横向单跨距从底至顶按步布置。立杆底部可调螺杆伸出长度为300mm。

在试验时，是9根立杆均匀加载至A类单元结构试验得出的单立杆承载力标准值后，再对中间立杆继续加载，直至破坏，其他立杆不再加载。

A. 2. 9~A. 2. 10 作业脚手架的足尺结构试验架体高度、纵向长度主要是依据连墙件的布置能

够使试验架体形成稳定结构单元来考虑的，同时也考虑可对连墙件为3步3跨、2步3跨架体的试验结果进行对比，其试验结果与施工现场实际情况也最接近。试验单元架体连墙件的设置与施工现场的常规设置相同，剪刀撑、扫地杆、水平杆等按常规构造设置。施工过程中对作业脚手架的试验，因试验的目的是检验作业脚手架的设计承载力和在设计承载力作用下的变形，因此可对试验架体简化处理。

A. 2. 11 支撑脚手架足尺结构试验架体是选取实际支撑脚手架的典型结构单元架体进行试验。试验架体纵向、横向立杆宜为偶数是考虑分配梁设置的方便。应注意架体高宽比对架体承载力的影响，宜选择不同的高宽比进行对比试验。试验架体结构和构造应与实际架体相同。

A. 2. 12~A. 2. 13 脚手架结构试验，是取架体破坏前一级的试验荷载作为脚手架的极限承载力。试验的过程中，在施加每级荷载后的持荷时间内，应观察并记录架体的变形，最后一级荷载使架体发生破坏后，应对架体破坏形态和特征进行定性和定量描述。

A. 2. 15 脚手架试验具有一定危险性，在试验加荷过程中，设警戒线并设专人监护是为了防止闲杂人员入内发生危险。