

工程建设标准宣贯培训系列丛书

建筑施工 碗扣式钢管脚手架 安全技术手册

于海祥◎主编

中国建筑工业出版社

工程建设标准宣贯培训系列丛书

建筑施工碗扣式钢管脚手架安全 技 术 手 册

于海祥 主编

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术手册/于海洋主编.
北京:中国建筑工业出版社,2017.9
(工程建设标准宣贯培训系列丛书)
ISBN 978-7-112-21071-8

I. ①建… II. ①于… III. ①脚手架-安全管理-技术手册 IV. ①TU731.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 189096 号

本书围绕新修订的工程建设行业标准《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范》JGJ 166—2016, 针对碗扣式钢管脚手架的设计、施工、验收与安全管理展开了系统讲解。书中对碗扣式钢管脚手架产品目录中的所有构配件进行了介绍, 并对其用途进行了全面而详细的阐述, 对广大施工企业工程技术人员正确认识、选用碗扣式钢管脚手架有很好的指导意义。本书将新标准的刚性条款转化为施工现场通俗易懂的操作指南, 作为一本专业技术用书, 对碗扣式钢管脚手架的试验研究、基本计算理论、架体设计和构造进行了全面讲解; 同时作为一本实用手册, 给出了详细的检查、验收和交底记录表格以及代表性的操作实例, 并给出了与脚手架相关的各类工程材料、构配件常用性能指标的附录表格。

本书不仅适用于碗扣式钢管脚手架的应用, 对所有的钢管脚手架的原理掌握及安全技术管理都具有参考意义; 不仅适合相关专业的工程技术人员使用, 同时也适合院校师生学习参考。

* * *

责任编辑: 何玮珂 王华月
责任设计: 李志立
责任校对: 焦乐 李美娜

工程建设标准宣贯培训系列丛书
建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术手册
于海洋 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 37 $\frac{1}{4}$ 字数: 942 千字
2017 年 12 月第一版 2017 年 12 月第一次印刷

定价: 88.00 元

ISBN 978-7-112-21071-8
(30699)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换
(邮政编码 100037)

本书编委会

主 编：于海祥

副主编：周雪梅 刘 源

编写人员：杨光余 叶宝明 王 平

廖 永 华建民 龚文璞

张定高 韩继琼 刘 忠

刘 群 吴建华 张百胜

孟 露 曹 畅 郑 曦

前 言

钢管脚手架是施工现场最常用的施工临时设施，脚手架在使用过程中依靠自身稳定承受着施工过程中作业层上的各类荷载，如架体设计不周全易引发坍塌事故，由于钢管脚手架的不正确使用导致的施工坍塌事故时有发生。碗扣式钢管脚手架自 1986 年由铁道部引进国内以来，作为一种节点构造合理、架体承载力高、施工速度快的脚手架体系，已在房屋建筑、市政工程、铁路和公路工程、水利工程中得到了广泛的应用。经过 30 年的实践经验，随着脚手架理论不断发展，新的碗扣式钢管脚手架构配件体系不断丰富，计算理论和构造措施已较为成熟。

住房和城乡建设部行业标准《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范》JGJ 166—2008 于 2016 年经修订发布，最新编号为 JGJ 166—2016（以下简称为《规范》）。《规范》的修订版本是在近几年国家脚手架标准体系不断完善，新的脚手架计算理论得以更新，并在结合有关单位的试验研究结论及相关意见反馈的基础上编制的。虽然规范体系不断完善，但目前广泛存在对规范理解不到位、原材料市场混乱、架体搭设不规范、管理缺失等问题，致使钢管脚手架坍塌事故依然频发，带来了严重的后果和不良社会影响。

为贯彻《中华人民共和国安全生产法》，规范碗扣式钢管脚手架的设计、施工、使用与安全管理，正确理解和执行《规范》及相关标准，我们编写了《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术手册》。本书作为《规范》的配套使用材料，结合目前碗扣式钢管脚手架在我国的应用实际，详细介绍了碗扣式钢管脚手架构配件体系及应用范围，系统介绍了目前国内外的试验研究结果，全面地讲解了近几十年脚手架计算理论的演变及规范所采用的计算模型的理论背景，细致地从荷载要求、设计要求、构造要求、施工要求、检查与验收要求、安全管理要求等方面讲解了碗扣式钢管脚手架从选材、设计、施工到验收全过程的安全技术规定。

本书在编制过程中强调“现场实用”，收集了国内外大量的应用案例和操作素材，重点对碗扣式钢管脚手架安全管理的底线要求进行讲述，既注重对《规范》技术条文的解读，又强调施工工艺和操作细节，对典型的工艺要求均配备通俗易懂的示意图，既摆事实又讲道理，力求科普与先进技术的结合，使工程实际、操作技巧、理论背景、试验研究有机结合。全书内容包括：建筑施工脚手架种类及综述、碗扣式钢管脚手架构配件产品体系及质量标准、碗扣式钢管脚手架的产品简介及工程用途、国内外碗扣式钢管脚手架构配件及架体结构的试验研究、钢管脚手架的计算理论发展阶段及现行规范的计算理论、碗扣式钢管脚手架的荷载确定、设计计算方法、碗扣式钢管脚手架的构造规定、施工与验收方法、满堂支撑架的预压方法、碗扣式钢管脚手架的使用与安全管理、事故防治安全技术规定。为帮助本书使用者增强对《规范》的理解，本书给出了经典应用案例，案例涵盖了碗扣式钢管脚手架在房屋建筑和桥梁工程中的应用，不仅介绍了普通碗扣式钢管脚手架的工程应用，也体现了新型高强碗扣式钢管脚手架的设计与施工。为了增强本书的实用性，附

录中给出了碗扣式钢管脚手架设计中常用的工程材料的截面特性和力学性能指标，并给出了常用的结构杆件静力计算表格。

本书的编制过程中，广泛参阅了国内外学者的论文著述及相关研究结果，书中的施工工艺操作细节及经典案例来源于全国各地施工企业、科研机构在长期使用、研究碗扣式钢管脚手架的实践过程中累积的宝贵经验，相关结论是国内外学者集体智慧的结晶。本书的编制过程中得到了重庆建工集团股份有限公司和重庆建工第九建设有限公司领导、广大工程技术人员的大力支持，云南大力神金属构件有限公司、住房和城乡建设部建筑施工安全标准化技术委员会、中国工程建设标准化协会施工安全专业委员会、重庆大学、重庆财信建筑工程（集团）有限公司、中国建筑科学研究院、浙江建设商贸物流有限公司、重庆市城市建设发展有限公司在编写此书的过程中也提出了宝贵的意见和建议，并提供了珍贵的素材，从而保证了该书的编制质量和实用性，作者从中受益匪浅。在此，对于热情关心和支持我们的领导、专家、相关单位，以及出版社的编辑一并致以诚挚的谢意。

在编写过程中，作者力求编写完美，以期达到建设行业使用碗扣式钢管脚手架的安全技术水平，满足广大工程技术人员对碗扣式钢管脚手架技术的要求，但社会在进步，建设科技和脚手架理论在不断发展，加之作者水平有限及经验不足，书中难免会有不足或疏漏，恳请读者提出宝贵建议，以资改进。

参与本书校对工作的人员：刘燕、周建元、韩辉、江红。

目 录

第 1 章 施工脚手架概述	1
1.1 施工脚手架的基本概念	1
1.2 国外脚手架技术的发展	2
1.3 我国脚手架的发展及常用型式	3
1.3.1 扣件式钢管脚手架	4
1.3.2 门式钢管脚手架	5
1.3.3 碗扣式钢管脚手架	6
1.3.4 插接式钢管脚手架	8
1.3.5 盘销式钢管脚手架	9
1.3.6 附着升降脚手架	11
1.3.7 电动桥式脚手架	12
1.4 碗扣式钢管脚手架在我国的应用与研究	13
1.4.1 碗扣式钢管脚手架在施工中遇到的问题	13
1.4.2 碗扣式钢管脚手架理论研究现状	14
本章参考文献	15
第 2 章 构配件及质量标准	16
2.1 碗扣式钢管脚手架产品演变	16
2.2 构配件规格及用途	17
2.2.1 碗扣式钢管脚手架产品体系	17
2.2.2 构配件构造及功能	21
2.3 构配件质量标准	39
2.3.1 材质要求	39
2.3.2 质量要求	41
2.4 维护与保养	43
2.4.1 退场验收	43
2.4.2 维修与保养	43
2.4.3 质量检验评定与报废	44
本章参考文献	46
第 3 章 碗扣式钢管脚手架应用	47
3.1 产品简介	47
3.1.1 产品特点	47

3.1.2 产品优缺点	48
3.2 产品用途	50
3.2.1 作业脚手架	50
3.2.2 提升架	54
3.2.3 塔梯与操作平台	55
3.2.4 支撑架	55
3.3 现行脚手架规范体系	57
3.3.1 相关国家标准	57
3.3.2 相关行业标准	58
本章参考文献	58
第4章 碗扣式钢管脚手架试验研究成果	59
4.1 构配件试验性能	61
4.1.1 WDJ 构配件试验	61
4.1.2 CUPLOK 构配件试验	64
4.2 双排脚手架试验性能（一）	66
4.2.1 试验设计	66
4.2.2 加载制度	67
4.2.3 试验结果	67
4.2.4 试验结论	68
4.3 双排脚手架试验性能（二）	68
4.3.1 试验设计	68
4.3.2 简化计算与有限元模拟	69
4.3.3 试验设备	73
4.3.4 加载制度	73
4.3.5 数据采集	74
4.3.6 试验结果	74
4.3.7 试验结论	78
4.4 WDJ 模板支撑架试验性能（一）	81
4.4.1 试验设计	81
4.4.2 加载制度	83
4.4.3 数据采集	84
4.4.4 试验结果	84
4.4.5 试验结论	87
4.5 WDJ 模板支撑架试验性能（二）	89
4.5.1 试验设计	89
4.5.2 试验设备	91
4.5.3 加载制度	93

4.5.4	数据采集	93
4.5.5	试验结果	94
4.5.6	试验结论	101
4.6	WDJ 碗扣方塔架试验	105
4.6.1	试验概述	105
4.6.2	试验方案	105
4.6.3	试验结果	105
4.6.4	试验结论	106
4.7	CUPLOK 模板支撑架试验性能	107
4.7.1	试验设计	108
4.7.2	加载制度及测试方法	111
4.7.3	试验结果	112
4.7.4	试验结论	114
4.8	节点转动刚度试验	114
4.8.1	试验方案	115
4.8.2	试验结果	117
4.9	CUPLOK 模板支撑架现场堆载试验	121
4.9.1	工程概况及支架设计概况	121
4.9.2	加载及测试方式	122
4.9.3	试验结果	123
4.9.4	试验结论	123
	本章参考文献	124
第 5 章	碗扣式钢管脚手架计算理论	125
5.1	脚手架的结构形式和计算简图	125
5.1.1	双排脚手架	126
5.1.2	模板支撑架	128
5.2	脚手架计算理论概述	129
5.2.1	单杆容许轴力理论	129
5.2.2	刚架理论	130
5.2.3	排架理论	133
5.2.4	铰接体系及几何不变体系原理	134
5.2.5	脚手架节点半刚性理论	149
5.2.6	满堂支撑架无支撑半刚性计算模型	152
5.3	有限元模拟	156
5.3.1	ANSYS 中计算模型的建立	157
5.3.2	无剪刀撑条件下节点转动刚度对架体承载力的影响	158
5.3.3	水平约束对架体承载力的影响	159

5.3.4	竖向剪刀撑设置对架体承载力的影响	160
5.3.5	构造因素对架体承载力的影响	163
5.3.6	设置剪刀撑条件下节点转动刚度对架体承载力的影响	165
5.3.7	有限元分析的总体结论	166
5.4	基于承载力试验的包络线理论	167
5.4.1	双排脚手架计算理论	167
5.4.2	模板支撑架计算理论	170
5.4.3	计算长度附加系数 k 的确定	180
	本章参考文献	181
第6章	荷载	182
6.1	概率极限状态设计法	182
6.1.1	脚手架结构设计理论的发展概况	182
6.1.2	可靠度理论	183
6.1.3	脚手架结构承载力设计表达式	185
6.1.4	脚手架正常使用设计表达式	189
6.1.5	结论	189
6.2	荷载的分类	191
6.2.1	脚手架上荷载种类	191
6.2.2	双排脚手架上荷载内容	191
6.2.3	满堂支撑架上荷载内容	192
6.2.4	荷载分类的相关说明	192
6.3	荷载标准值	193
6.3.1	双排脚手架荷载标准值	193
6.3.2	满堂支撑架荷载标准值	197
6.3.3	模板支撑架上其他可变荷载	206
6.3.4	风荷载	207
	本章参考文献	215
第7章	设计计算	216
7.1	碗扣式钢管脚手架受力模式	216
7.1.1	双排脚手架荷载传递模式	216
7.1.2	满堂支撑架荷载传递模式	217
7.2	碗扣式钢管脚手架的一般设计规定	218
7.2.1	设计原则	218
7.2.2	计算内容	219
7.2.3	计算部位的选择	220
7.2.4	杆件受力形态的确定	221
7.2.5	基本设计变量	221

7.2.6	基本设计指标	222
7.3	脚手架立杆压弯构件承载力计算表达式	225
7.4	双排脚手架设计计算	230
7.4.1	双排脚手架水平杆计算	230
7.4.2	双排脚手架立杆计算	236
7.4.3	双排脚手架允许搭设高度	240
7.5	满堂支撑架设计计算	241
7.5.1	满堂支撑架荷载传递及计算简图	241
7.5.2	水平受弯构件计算	245
7.5.3	立杆稳定性计算	246
7.5.4	悬挑与跨空支撑结构计算	252
7.5.5	四杆格构柱加强满堂支撑架计算	256
7.5.6	组合式支架(门洞支架)计算	260
7.5.7	架体抗倾覆计算	267
7.5.8	预拱度计算	268
7.5.9	支撑架下层楼面承载力计算	269
7.6	立杆地基承载力计算	271
7.6.1	地基承载力计算公式	271
7.6.2	地基承载力特征值的取值	272
7.6.3	楼层传力	273
7.7	计算实例	275
7.7.1	双排脚手架设计计算	275
7.7.2	楼板满堂模板支撑架设计计算	283
	本章参考文献	291
第8章	脚手架构造	292
8.1	碗扣式钢管脚手架的一般构造要求	292
8.1.1	地基基础构造	292
8.1.2	立杆接头构造	296
8.1.3	水平杆与扫地杆构造	296
8.1.4	剪刀撑杆件构造	297
8.1.5	作业层构造	298
8.1.6	上下通道构造	303
8.2	双排脚手架构造	305
8.2.1	双排脚手架常用尺寸及常用搭设高度	305
8.2.2	拐角及曲线布架	306
8.2.3	斜撑杆或剪刀撑设置	309
8.2.4	连墙件设置	314

8.2.5	常用的连墙件构造形式	315
8.2.6	门洞式设置	318
8.2.7	脚手架卸荷	319
8.2.8	悬挑脚手架	319
8.3	满堂支撑架构造	326
8.3.1	满堂支撑架搭设尺寸限值	326
8.3.2	顶部构造	326
8.3.3	水平杆构造	332
8.3.4	立杆构造	333
8.3.5	特殊组架方式	340
8.3.6	满堂支撑架常用搭设参数的选用	343
8.3.7	与既有结构的连接	346
8.3.8	斜撑杆或剪刀撑设置	347
8.3.9	架体高宽比要求	352
8.3.10	门洞设置	352
	本章参考文献	353
第9章	脚手架施工	354
9.1	施工准备	354
9.1.1	专项施工方案编制	354
9.1.2	技术交底	355
9.2	脚手架构配件进场	377
9.3	地基处理	379
9.3.1	地基类型	379
9.3.2	填土地基施工	380
9.3.3	灰土地基施工	382
9.3.4	地基表面处理	384
9.4	架体搭设	384
9.4.1	架体搭设基本规定	384
9.4.2	双排脚手架搭设步骤与方法	385
9.4.3	满堂支撑架搭设步骤与方法	389
9.5	架体拆除	395
9.5.1	拆除前的准备工作	395
9.5.2	双排脚手架拆除	396
9.5.3	模板支撑架拆除	397
	本章参考文献	399
第10章	检查与验收	400
10.1	验收阶段的划分及组织	400

10.1.1	验收阶段	400
10.1.2	验收需具备的资料	400
10.1.3	验收的组织	400
10.2	构配件进场验收	401
10.2.1	构配件检查及验收项目	401
10.2.2	构配件允许偏差	402
10.2.3	扣件进场复试	404
10.3	地基基础施工质量检查与验收	404
10.3.1	脚手架立杆基础	404
10.3.2	梁柱式门洞支架立柱基础	405
10.4	架体搭设质量检查与验收	406
10.4.1	脚手架架体	406
10.4.2	梁柱式门洞支架	407
10.5	安全防护设施施工质量检查与验收	408
10.6	验收记录	409
10.6.1	验收记录规定	409
10.6.2	验收记录表	409
第 11 章	模板支撑架预压	412
11.1	预压目的及原理	412
11.2	预压段选取	412
11.3	加载和卸载	413
11.3.1	预压荷载	413
11.3.2	加载与卸载分级	414
11.4	预压监测	414
11.4.1	监测内容	414
11.4.2	监测点布置	414
11.4.3	监测频率	414
11.4.4	监测方法	415
11.5	支架预压实例	415
11.5.1	工程概况	415
11.5.2	预压荷载	415
11.5.3	加载方法	418
第 12 章	脚手架安全管理与使用	425
12.1	脚手架事故频发的直接和间接原因	425
12.1.1	直接原因	425
12.1.2	间接原因	428
12.2	脚手架工程安全管理一般规定	429

12.3	脚手架安全使用	430
12.3.1	作业层超载控制	430
12.3.2	架体的完整性和独立性控制	431
12.3.3	模板支撑架安全施工	433
12.4	使用中的安全检查	435
12.4.1	定期检查	435
12.4.2	全面检查	435
12.4.3	安全检查评定	435
12.5	脚手架工程易发事故防治管理	445
12.5.1	坍塌事故防治	445
12.5.2	高处坠落事故防治	453
12.5.3	物体打击事故防治	454
第13章	碗扣式钢管脚手架应用案例	455
13.1	房屋建筑结构碗扣式钢管模板支撑架	455
13.1.1	WDJ 普通碗扣架	455
13.1.2	CUPLOK 高强碗扣架	460
13.2	桥梁碗扣式钢管模板支撑架	464
13.2.1	WDJ 普通碗扣架	464
13.2.2	CUPLOK 高强碗扣架	467
13.2.3	桥梁组合式支架	471
13.2.4	碗扣式钢管拱架	491
13.3	碗扣式钢管双排脚手架	510
13.3.1	工程概况	510
13.3.2	方案选择	510
13.3.3	施工方法及技术措施	511
13.3.4	荷载控制	515
13.3.5	实施效果	515
附录		516
附录 A	常用材料强度设计值和弹性模量	516
A.1	钢与混凝土的强度设计值和弹性模量	516
A.2	木材强度设计值与弹性模量	516
附录 B	脚手架钢管及分配梁截面几何特性	518
B.1	$\phi 48$ 系列常用钢管截面几何特性参数	518
B.2	钢管截面几何特性参数计算公式	518
B.3	木方截面几何特性参数	518
B.4	木方截面几何特性参数计算公式	519
B.5	工字木梁截面几何特性参数	519

B.6 铝梁截面几何特性参数	519
附录 C 型钢和钢管计算用表	520
C.1 热轧型钢	520
C.2 冷弯型钢	539
C.3 焊接 H 型钢	552
附录 D 常备式钢构件计算用表	556
D.1 万能杆件	556
D.2 贝雷梁	568
附录 E 杆件静力计算表	571
E.1 简支梁静力计算表	571
E.2 等截面连续梁静力计算表	572
E.3 各种边界条件下轴心受压杆计算长度	575
附录 F 钢构件轴心受压稳定系数	575
F.1 脚手架钢管及冷弯薄壁型钢构件轴心受压稳定系数	575
F.2 钢构件轴心受压稳定系数	577
附录 G 脚手架力学性能试验方法	582
G.1 构配件力学性能试验方法	582
G.2 架体结构力学性能试验方法	586

第 1 章 施工脚手架概述

1.1 施工脚手架的基本概念

施工脚手架 (scaffolding) 为建筑界的通用术语, 泛指施工现场为保证操作人员高处作业安全、顺利进行而搭设的工作平台、围护结构或作业通道。脚手架在建筑工地上主要用在外墙、内部装修或层高较高无法直接施工的地方, 主要功能是为施工人员高处作业提供操作平台或为临边作业提供临边防护。

脚手架的概念有狭义和广义之分, 上述定义主要针对传统意义上的作业脚手架, 广义的脚手架还包括各类用于混凝土结构现浇施工中的模板支撑架和钢结构安装中的临时支撑架体。作业脚手架和支撑脚手架是针对脚手架使用功能做出的划分, 其中作业脚手架又分为结构施工脚手架 (混凝土作业脚手架、砌筑用脚手架等)、装饰装修工程施工脚手架以及单纯用作外防护的脚手架。此外, 脚手架在广告业、市政、交通路桥、矿山等行业也广泛被使用。

作为施工现场最重要的施工临时设施, 脚手架制作材料通常有竹、木、钢管、铝材或合成材料等。按杆件形式、构配件材料和组装方式划分, 可分为钢管脚手架和工具式脚手架。其中钢管脚手架按照连接方式划分, 可分为扣件式钢管脚手架、碗扣式钢管脚手架、门式钢管脚手架、可调钢支柱和各类承插型脚手架; 工具式脚手架根据产品特点可分为高处作业吊篮、附着式升降脚手架、外挂防护架、电动桥式脚手架等, 且随着建筑科技的发展, 新型的工具式脚手架不断问世。随着各类工具式脚手架不断进入工业化成熟期, 这些工具式脚手架虽然仍然具有脚手架的工作属性, 但从管理和使用上更多的是作为施工设备而出现。值得注意的是, 随着工具式脚手架越来越广泛的应用, 传统的建 (构) 筑物外侧所搭设的施工作业脚手架已渐渐退出了作为施工操作平台的用途, 更多的是作为建筑外立面高处作业的临边防护, 即防护脚手架。

脚手架既要满足施工需要, 又要为保证工程质量和提高工效创造条件, 同时还应为组织快速施工提供工作面, 确保施工人员的人身安全。脚手架要有足够的牢固性和稳定性, 保证施工期间在规定的荷载和气候条件的影响下强度、刚度及稳定性满足要求, 确保作业人员的人身安全。从功能性考虑, 脚手架要有足够的面积满足堆料、运输、操作和行走的要求。此外, 脚手架构造应简单, 搭设、拆除和搬运应方便。

脚手架对于工程施工具有特殊的重要性, 是施工作业中必不可少的设施。没有它就难以进行施工作业和确保施工安全。在建筑施工中脚手架和模板支撑架的成本大约占到工程总造价的 30%, 脚手架和模板支撑架安装拆卸工时占总工时的 50% 以上。在现代建筑施工对脚手架技术要求越来越高的形势下, 由作业工人单凭经验搭设的做法已不能可靠地保证脚手架使用功能和安全要求, 必须向安全可靠、方便适用、经济性好、多功能和系列化

的方向发展。

同时,工程技术的进步也促进了脚手架的发展,在大量的脚手架工程实践中,许多新技术、新施工机具也被大量采用并取得显著效益。建筑形式的多样化促进了脚手架的性能的不断提升。在工程实际中,越来越要求脚手架拆装更加简单,移动更加方便,具有更高的承载性能、更高的安全性以及更舒适的操作性能。

1.2 国外脚手架技术的发展

20世纪初,英国首次尝试在工程中运用由连接件和钢管组成的钢管支架,并逐步完善发展为扣件式钢管支架。由于这种支架具有加工简便、拆装灵活、搬运方便、通用性强等特点,迅速推广应用到世界各国。目前在许多国家已形成各种形式的扣件式钢管作业脚手架,并成为当前房屋建筑施工中应用最普遍的模板支撑架之一。

20世纪30年代,瑞士首先研制成功了可调钢支柱,这是一种单管式支柱,利用螺管装置可以调节钢支柱的高度。由于这种支柱具有结构简单、拆装灵活等特点,在欧洲一些国家得到了广泛应用。其结构形式有螺纹外露式和螺纹封闭式两种。与螺纹外露式钢支柱相比,螺纹封闭式钢支柱具有防止砂浆等污物粘结螺纹,保护螺纹,并在使用和搬运中不被碰坏等优点。所以,螺纹封闭式钢支柱在欧洲一些国家应用较普遍。20世纪80年代以来,为增加钢支柱的使用功能,不少国家在钢支柱的转盘和顶部附件上作了改进,使钢支柱的使用功能大大增加,还有的在底部附设了可折叠的三脚架,使单管式支柱可以独立安装,更有利于钢支柱的拆装施工。

20世纪50年代,美国率先成功研制了门式脚手架(门型支架),由于它具有装拆简单、承载性能好,使用安全可靠等特点,所以发展速度很快,欧洲各国也先后引进并发展该脚手架,形成了各种规格的门架体系。后来经过不断完善,并且大量应用到实践当中。相比于以前脚手架结构,门式脚手架承载能力强,安全性能也可以进一步得到保障,所以到了20世纪60年代初,欧洲、日本等发达国家先后引进并发展了这种脚手架,并形成了各种不同新规格的门式脚手架体系。目前在这些国家,门式脚手架的用量占到50%以上,而且基本上都形成了专业生产公司。在法国、德国、意大利等国家还研制和应用了与门型支架结构、形式基本相似的梯形、四边形和三角形等模板支架体系,使用的数量超过先前的各种类型脚手架。目前在欧洲、日本等国家,门式脚手架的使用量最多,约占各类支架的50%左右,各国还成立了不少生产各种门式脚手架体系的专业公司。

同一时间,扣件式钢管脚手架也大量投入到使用当中,扣件式钢管脚手架主要由钢管、扣件(直角扣件、旋转扣件和对接扣件)组成。这种支架可任意搭设且间距不受限制,具有很强的通用性,但是由于竖、横、斜杆之间存在偏心且节点处力的传递受螺栓拧紧程度的影响,无形之中增加人为因素的影响。

自20世纪60年代以来,承插式钢管脚手架慢慢进入人们的视野,并且得到大量开发和应用,使用越来越广泛。这种支架结构型式与扣件式钢管脚手架基本相似,只是在立杆上焊接多个插座,替代了扣件,避免了螺栓作业和扣件丢失,用水平杆和斜杆插入插座,即可拼装成各种尺寸的模板支架。这种脚手架结构坚固耐用,而且具有足够的强度、刚度以及稳定性。承插式钢管脚手架的种类繁多,使用功能也不一样,目前在发达国家应用较