

工程建设国家级工法汇编

(2007~2008年度)

中册

住房和城乡建设部工程质量安全监管司 主编
中国建筑业协会

中国建筑工业出版社

工程建设国家级工法汇编 (2007~2008 年度)

中 册

住房和城乡建设部工程质量安全监管司 主 编
中国建筑业协会

中国建筑工业出版社

目 录

中 册

塔式建(构)筑物钢筋混凝土悬空结构施工工法 GJEJGF046—2008	1329
双向不同预应力现浇混凝土空心楼盖施工工法 GJEJGF047—2008	1344
核电站倒 U 形预应力钢束整体穿束施工工法 GJEJGF048—2008	1360
高层建筑结构转换层叠合施工工法 GJEJGF049—2008	1367
蜂巢芯楼盖工程施工工法 GJEJGF050—2008	1377
型钢与 $\phi 48$ 钢管组合支模工法 GJEJGF051—2008	1383
反力墙与反力台座加载孔加工与安装工法 GJEJGF052—2008	1396
纤维石膏空心大板复合墙体结构体系施工工法 GJEJGF053—2008	1405
玻璃钢外模异型混凝土结构施工工法 GJEJGF054—2008	1411
ZKYM—1 可回收预应力锚索施工工法 GJEJGF055—2008	1418
建筑结构喷射混凝土施工工法 GJEJGF056—2008	1426
钢筋混凝土桁架转换层结构施工工法 GJEJGF057—2008	1431
高层建筑分段渐变翻搭悬挑式外脚手架施工工法 GJEJGF058—2008	1441
超厚(2.6m)医用直线加速器室现浇钢筋混凝土结构施工工法 GJEJGF059—2008	1452
设置后浇带的高层建筑高空大跨连体结构施工工法 GJEJGF060—2008	1464
自撑式钢支架单侧支模施工工法 GJEJGF061—2008	1477
清水饰面混凝土钢大模板施工工法 GJEJGF062—2008	1485
现浇混凝土结构柱作中间支承柱的逆作法施工工法 GJEJGF063—2008	1492
新型 65 系列模板制作安装施工工法 GJEJGF064—2008	1503
托梁换柱施工工法 GJEJGF065—2008	1516
闪光对焊封闭箍筋施工工法 GJEJGF066—2008	1521
现浇混凝土聚苯泡沫组合平台施工工法 GJEJGF067—2008	1534
幕墙槽式埋件免焊接预埋施工工法 GJEJGF068—2008	1545
箱型结构丝极电渣焊施工工法 GJEJGF069—2008	1550
双向交叉、螺旋式上升斜圆柱测量定位施工工法 GJEJGF070—2008	1560
泵送重晶石混凝土施工工法 GJEJGF071—2008	1565
大跨度下弦不连续钢屋架吊装施工工法 GJEJGF072—2008	1571
穹顶形钢结构屋架制作安装施工工法 GJEJGF073—2008	1579
空间网架光纤光栅施工检测技术施工工法 GJEJGF074—2008	1589
大吨位大跨度钢结构快捷安装施工工法 GJEJGF075—2008	1593
球面大型钢结构开合屋顶驱动系统安装施工工法 GJEJGF076—2008	1601
钢结构预应力钢拉杆施工工法 GJEJGF077—2008	1609
异形多面体组合钢屋盖结构施工工法 GJEJGF078—2008	1619
筒仓上部钢结构滑模托带施工工法 GJEJGF079—2008	1628
SRC 大悬挑及大悬挂结构施工工法 GJEJGF080—2008	1635
山岭地区长距离通廊结构吊装工法 GJEJGF081—2008	1646

高空连廊悬臂滑移平台施工工法 GJEJGF082—2008	1653
复杂多变空间结构大型多分支铸钢件测量施工工法 GJEJGF083—2008	1665
大型轮辐式摩天轮轮盘牵引旋转立式逐段拼装安装施工工法 GJEJGF084—2008	1672
索梁体系无站台柱雨棚钢结构安装工法 GJEJGF085—2008	1682
古建筑群共用轨道单体平移整体就位施工工法 GJEJGF086—2008	1693
仿古建筑叠合式木制装饰斗拱制作安装施工工法 GJEJGF087—2008	1705
仿明清建筑结构施工工法 GJEJGF088—2008	1716
仿古建筑唐式瓦屋面施工工法 GJEJGF089—2008	1723
大型场馆钢结构安装工法 GJEJGF090—2008	1735
种植屋面施工工法 GJEJGF091—2008	1756
开放式防水保温干挂石材幕墙施工工法 GJEJGF092—2008	1760
大型镂空浮雕中空石柱施工工法 GJEJGF093—2008	1773
组合式石材幕墙施工工法 GJEJGF094—2008	1784
PUF 喷涂外墙外保温施工工法 GJEJGF095—2008	1793
活动轨道法控制楼（地）面平整度施工工法 GJEJGF096—2008	1805
增强粉刷石膏聚苯板外墙内保温系统施工工法 GJEJGF097—2008	1810
外墙外保温石材干挂—粘贴结合施工工法 GJEJGF098—2008	1819
高大柔结构中轻质整体式节能墙板施工工法 GJEJGF099—2008	1828
聚氨酯夹芯薄板承插式对接施工工法 GJEJGF100—2008	1835
双曲面外饰板施工工法 GJEJGF101—2008	1841
隐框玻璃幕墙施工工法 GJEJGF102—2008	1862
干挂成品木饰墙面板施工工法 GJEJGF103—2008	1868
浮筑地面施工工法 GJEJGF104—2008	1875
高层建筑外墙发泡水泥玻化微珠外保温块体饰面施工工法 GJEJGF105—2008	1881
细石混凝土面层露天看台原浆一次成型施工工法 GJEJGF106—2008	1895
LG 无机超泡保温板外墙外保温施工工法 GJEJGF107—2008	1900
混凝土门窗洞口的企口模板施工工法 GJEJGF108—2008	1910
复杂纹饰混凝土装饰板幕墙施工工法 GJEJGF109—2008	1917
上人屋面内檐沟（排水沟）侧壁保温排气孔施工工法 GJEJGF110—2008	1923
冷库现喷聚氨酯隔热层施工工法 GJEJGF111—2008	1933
面砖效果真石漆施工工法 GJEJGF112—2008	1937
铝合金窗钢副框施工工法 GJEJGF113—2008	1943
仿古青砖贴面施工工法 GJEJGF114—2008	1948
饰面板植钉锚固挂贴施工工法 GJEJGF115—2008	1958
混凝土与抹灰界面喷砂处理施工工法 GJEJGF116—2008	1966
ZL 粉刷石膏聚苯板外墙内保温系统施工工法 GJEJGF117—2008	1971
软膜天花装饰施工工法 GJEJGF118—2008	1983
内置保温混凝土结构工程施工工法 GJEJGF119—2008	1991
现浇发泡混凝土层施工工法 GJEJGF120—2008	1996
弧形幕墙的测量放线及安装控制技术施工工法 GJEJGF121—2008	2002
点式玻璃幕墙施工工法 GJEJGF122—2008	2007
自动消防水炮灭火系统施工工法 GJEJGF123—2008	2013
模块化同层排水节水系统安装工法 GJEJGF124—2008	2023

中央空调水系统防腐阻垢再生处理施工工法 GJEJGF125—2008	2029
低压电力电缆绝缘穿刺线夹 (IPC) 分支施工工法 GJEJGF126—2008	2035
悬空式塔吊基础施工工法 GJEJGF127—2008	2045
球墨铸铁管止脱胶圈施工工法 GJEJGF128—2008	2054
酚醛复合风管制作、安装施工工法 GJEJGF129—2008	2065
大型精密厂房地板采暖混凝土地坪施工工法 GJEJGF130—2008	2075
大型动臂式塔机安装拆卸和爬 (顶) 升工法 GJEJGF131—2008	2081
高层住宅卫生间柔性铸铁排水管组合安装施工工法 GJEJGF132—2008	2089
空调系统聚氨酯直埋保温管施工工法 GJEJGF133—2008	2102
节能型海滩架线施工工法 GJEJGF134—2008	2110
辐射安全防护系统安装、调试工法 GJEJGF135—2008	2118
橡胶沥青混凝土施工工法 GJEJGF136—2008	2127
综合管沟预制拼装工法 GJEJGF137—2008	2144
高性能复合改性沥青路面施工工法 GJEJGF138—2008	2156
大粒径透水性沥青混合料摊铺离析控制施工工法 GJEJGF139—2008	2170
公路泡沫沥青就地冷再生基层施工工法 GJEJGF140—2008	2179
水泥混凝土路面三轴式摊铺整平施工工法 GJEJGF141—2008	2188
沥青路面复合柔性基层施工工法 GJEJGF142—2008	2195
沥青混凝土厂拌冷再生基层施工工法 GJEJGF143—2008	2205
浅海水域公路工程施工工法 GJEJGF144—2008	2210
沥青路面多步法就地热再生工法 GJEJGF145—2008	2229
宽幅抗离析大厚度摊铺水泥稳定碎石技术施工工法 GJEJGF146—2008	2245
风景旅游区公路仿松波形防撞护栏制作安装工法 GJEJGF147—2008	2250
岩盐地区耐腐蚀性混凝土施工工法 GJEJGF148—2008	2258
水泥级配碎石填筑高速铁路路基过渡段施工工法 GJEJGF149—2008	2267
CRTS II 型无砟轨道板长线台座制造工法 GJEJGF150—2008	2276
长大隧道内 CRTS I 型板式无砟轨道施工工法 GJEJGF151—2008	2286
铁路客运专线 CRTS I 型双块式无砟轨道 CJT 型粗调机轨排粗调施工工法 GJEJGF152—2008	2302
困难条件下 75kg/mSC381 重载道岔施工工法 GJEJGF153—2008	2308
利用组合式轨排夹具铺设地铁整体道床轨道施工工法 GJEJGF154—2008	2318
客运专线综合环保贯通地线施工工法 GJEJGF155—2008	2329
迂回通道法铁路信号设备过渡开通施工工法 GJEJGF156—2008	2341
轨道交通 TETRA 系统施工调试工法 GJEJGF157—2008	2346
单拱暗挖车站上穿既有地铁线施工工法 GJEJGF158—2008	2353
城铁钢弹簧浮置板道床施工工法 GJEJGF159—2008	2363
双块式无砟轨道组合式轨道排架法施工工法 GJEJGF160—2008	2374
大直径泥水平衡盾构抗剪型浆液同步注浆施工工法 GJEJGF161—2008	2384
地铁盾构隧道冰冻法进洞施工工法 GJEJGF162—2008	2390
高地应力顺层偏压软岩地层条件下隧道施工工法 GJEJGF163—2008	2407
可移动仰拱栈桥在隧道施工中的应用工法 GJEJGF164—2008	2417
JQ900A 型架桥机小解体穿越隧道施工工法 GJEJGF165—2008	2424
大断面黄土隧道弧形导坑法施工工法 GJEJGF166—2008	2432

复杂地层浅埋水下隧道土压平衡盾构施工工法 GJEJGF167—2008 2441

通透肋式拱梁傍山隧道施工工法 GJEJGF168—2008 2452

大跨度分岔隧道施工工法 GJEJGF169—2008 2458

滨海地区软土地质网格式水冲法双排大口径顶管施工工法 GJEJGF170—2008 2469

混合花岗岩固结灌浆施工工法 GJEJGF171—2008 2478

站场咽喉区顶进超大框构桥及拆除旧桥施工工法 GJEJGF172—2008 2485

Y形沉管灌注桩软基处理施工工法 GJEJGF173—2008 2494

大断面圆弧底节段梁短线预制工法 GJEJGF174—2008 2501

大断面预制节段梁拼装工法 GJEJGF175—2008 2508

简支梁转换为连续梁的后浇隐盖梁施工工法 GJEJGF176—2008 2514

高架桥斜柱锚绳拉杆支模施工工法 GJEJGF177—2008 2524

库区深水裸岩嵌岩桩的浮式平台“栽桩”工法 GJEJGF178—2008 2533

底板可拆除式单壁钢套箱围堰施工工法 GJEJGF179—2008 2541

蓄水预压桥梁模板支架施工工法 GJEJGF180—2008 2549

预应力混凝土斜拉桥塔梁同步施工工法 GJEJGF181—2008 2554

复合止水帷幕沉井施工工法 GJEJGF182—2008 2561

长大体积钢箱梁整体浮运、转向、安装施工工法 GJEJGF183—2008 2567

既有铁路钢桁梁换架施工工法 GJEJGF184—2008 2577

模板支撑体系蓄水预压施工工法 GJEJGF185—2008 2585

铁路客运专线 900t 级简支箱梁运输架设施施工工法 GJEJGF186—2008 2593

步履式架桥机架设铁路客运专线 32m/900t 级整孔箱梁施工工法
GJEJGF187—2008 2603

铁路客运专线 900t 架桥机及 13.4m 宽箱梁过隧道施工工法 GJEJGF188—2008 2619

塔式建（构）筑物钢筋混凝土悬空结构施工工法

GJEJGF046—2008

南通建工集团股份有限公司

易兴中 李光 邱海兵 王金峰 陈建清

1. 前 言

悬索结构具有经济、结构形式多样、布置灵活、能满足大跨度的需要等特点，越来越多地应用到桥梁和房屋建筑之类永久性结构中，但其施工难度一般很大，需要大量的临时支撑结构来满足悬索结构的建造需要。由于悬索结构在荷载作用下会产生较大的变形，呈现明显的几何非线性特征，一般工程技术人员将其归类为柔性结构，因而在模板支撑施工技术领域应用非常狭窄。对于工业或国民经济基础项目的塔式构筑物，由于其使用工艺与功能上的特殊需要，其高空设计布置厚重钢筋混凝土悬空结构；在筒式民用建筑中由于其功能或结构稳定性要求，中庭上空布置有高空大跨钢筋混凝土悬空结构；这类悬空钢筋混凝土结构，布置高度高、自重荷载大，其模板支撑结构设计与布置，传统上采用高支架模板支撑体系或钢桁架支撑系统，以压或压弯构件控制设计，其施工难度大、施工成本高、施工周期较长、不安全因素较多；与刚性模板支撑系统空间安全性密切相关的剪刀撑、侧向支撑一般仅作为构造措施，理论计算上较模糊，较易被施工人员所忽视，布置亦相当困难。

近年来，南通建工集团在复肥造粒塔内径 18m、悬空 74.97m 钢筋混凝土喷淋装置层结构施工中以及在民用建筑八角形中庭悬空 95.3m、跨径 18.128m~23.518m 高空大跨钢筋混凝土顶盖结构的施工中开展了施工技术创新，将悬索结构体系成功应用于悬空支模施工中，所形成的塔式建（构）筑物钢筋混凝土悬空结构施工工法，工艺新颖、技术先进，具有明显的社会和经济效益。“悬空结构模板支撑体系施工工艺创新”QC 成果荣获了全国工程建设优秀 QC 成果奖，形成了“造粒塔悬空结构模板支撑体系”（专利号：ZL200820116327.5）、“可调钢筋拉索装置”（专利号：ZL200920035940.9）、“可调、可卸式钢筋拉索装置”（专利号：ZL200920035942.8）、“预埋式可调式钢筋拉索装置”（专利号：200920035941.3）等四项国家实用新型专利；“空间悬索结构式模板支撑平台的施工方法”申请国家发明专利（申请号：200910025443.5），工法的关键技术通过了省级鉴定，达到了国际先进水平，填补了模板支撑施工技术领域空白。

2. 工 法 特 点

2.1 本工法突破了塔式建（构）筑物中高空大跨钢筋混凝土结构传统的高架支模或桁架支模方式，采用螺纹钢筋拉索（承力索）环向吊拉中心刚性环筒，结合搁置平面轮辐式钢构架，形成空间悬索结构式模板支撑平台，通过合理的设计与施工工艺措施，实现适宜的刚度、良好的强度与稳定性能，满足塔式建（构）筑物高空大跨钢筋混凝土悬空结构模板支撑施工使用，充分体现高大支模安全性与经济性的良好结合，其失效过程呈现优越的延性特征。

2.2 空间悬索结构式模板支撑平台的水平钢梁与钢管斜撑组合成的钢构架（简易桁架），形成上部结构模板支撑受力基座，兼作平台稳定构件，与承重拉索一起，保证了支撑平台体系的空间安全稳定性，简易桁架上的侧向水平支撑构件可简单地得到布置，实现了在施工过程中极端不利荷载作用

下的模板支撑体系安全可靠性。

2.3 本工法将空间悬索钢结构式模板支撑平台合理划分构件制作单元，安装用索与承力索分离设置，分步骤实施安装，装配成一体，最终形成空间悬索钢结构式模板支撑平台；每步骤安装的构件自重均较轻，每步骤安装后形成的临时支撑体系，均成为适用于下道工序安装人员安全操作使用或后步骤安装构件的临时支撑平台结构，提供了安装过程所需安全作业空间，保证了安装质量。

2.4 支撑平台的主要构件间节点构造均采用装配式，充分体现临时支撑结构所需便于安装与拆除这一重要特性，做到安全、简便、快速。

2.5 通过索力监测及套筒扭紧力矩的调控，对模板支撑平台体系实施适宜的预应力，有效改善支撑平台的强度、刚度及空间稳定性能；通过对平台支座钢筋混凝土构件的局部配筋加强，及采取钢筋可调拉索对平台支座的卸载变形协调措施，确保了支撑荷载有效传递至承力可靠的建筑物钢筋混凝土构件内。

3. 适用范围

本工法适用于塔式建（构）筑物结构中悬空高度不小于 20m 的高空、大跨钢筋混凝土结构的施工，同时适用于塔式建（构）筑物结构中悬空刚性安全施工隔离平台或悬空结构施工用操作平台的布置。

4. 工艺原理

为满足塔式构筑物及筒式建筑物中高空大跨钢筋混凝土悬空结构的施工需要，利用塔式建（构）筑周边钢筋混凝土结构作为支撑体，辅助采用必要的吊装工具，将钢结构刚性环筒、水平钢梁构件、钢管斜撑构件、螺纹钢钢筋拉索（承力索）、钢梁及斜撑水平侧向支撑等构件通过合理分步组装程序，高空装配成一体，对承力索实施适量的预应力，形成一种适用于厚重钢筋混凝土悬空结构施工使用的空间悬索结构式模板支撑平台；在平台上部铺设固定木方及胶合板，实现上下安全施工隔离防护；然后在平台上搭设模板支架，完成悬空钢筋混凝土结构施工；按照模板支撑体系安装的相反步骤，实现安全拆除。空间悬索结构式支撑平台见图 4-1、图 4-2 所示。

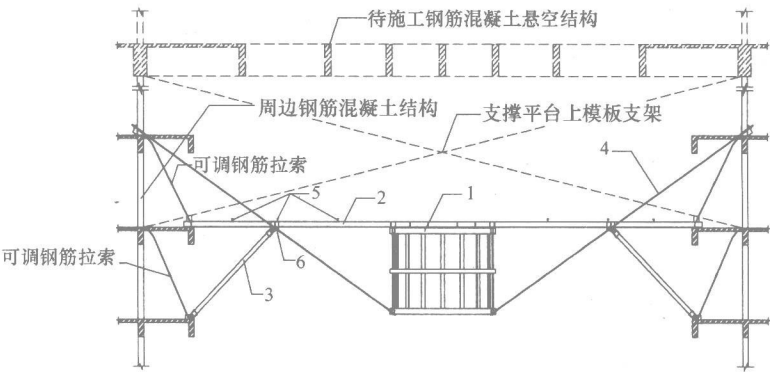


图 4-1 空间悬索结构支撑平台立面示意图

- 1—钢结构刚性环筒；2—水平工字钢梁构件；3—钢管斜撑构件；
4—螺纹钢钢筋拉索；5—钢梁侧向支撑构件；
6—斜撑上节点处侧向支撑

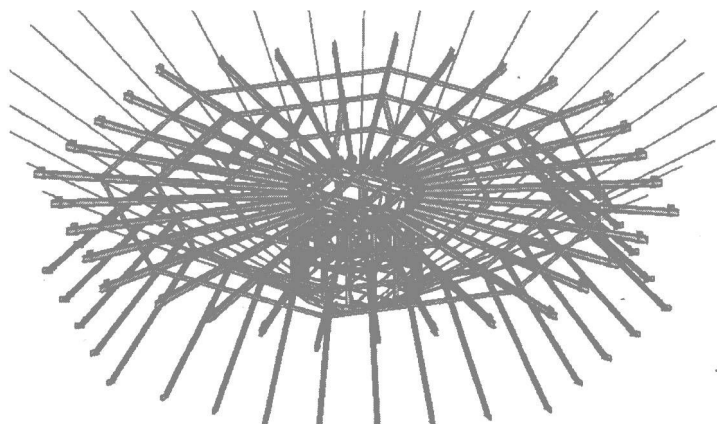


图 4-2 空间悬索结构支撑平台空间透视图

5. 施工工艺流程及操作规程

5.1 工艺流程

本工法的工艺流程见图 5.1。

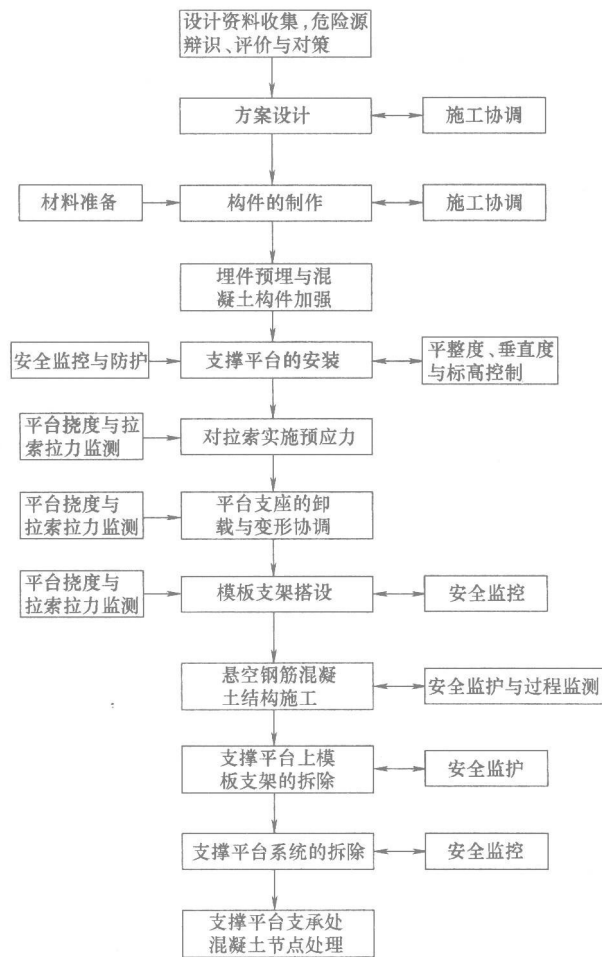


图 5.1 塔式建（构）筑物钢筋混凝土悬空结构施工工艺流程图

5.2 施工设计要点

5.2.1 悬索结构式支撑平台系统设计时应充分考虑施工过程中各复杂工况条件，确保其在均衡荷载条

件下及在极端不均衡荷载工况条件下均具有可靠的强度、稳定性能；应保证中心刚性环筒的刚度，通过各种不利工况条件的有限元分析，控制简易桁架、拉索材料的品种、规格与数量、预应力状态，以及其有机组合的技术经济对比分析，来实现悬索结构式模板支撑平台满足厚重钢筋混凝土施工所需适宜的刚度。

5.2.2 应对构成悬空结构模板支撑系统一部分的永久结构进行承载能力验算，必要时对钢筋混凝土构件进行配筋加强，及采取卸载与变形协调等控制措施。

5.2.3 宜采用计算机模拟仿真技术，模拟施工过程，优化施工方案，充分考虑到施工过程操作的简便性与安全性，尽量做到减少悬空作业量、降低危险源数量及风险等级。

5.2.4 施工设计方案实施前须通过相关专家的方案评审论证，严格履行审核、审批程度，并取得工程师的认可。

5.3 操作要点

5.3.1 构件的制作

1. 本工法的空间悬索结构式模板支撑平台主要由中心钢结构刚性环筒、水平工字钢梁构件、钢管斜撑构件、螺纹钢钢筋拉索、水平工字钢梁上翼缘平面上工字钢侧向水平支撑及斜撑上节点处（水平工字钢梁下翼缘处）侧向水平支撑等构件组成。应根据本工法规定、施工设计及相关标准规范要求要求进行制作并验收。

2. 中心刚性环筒是体系平衡、稳定的中心环节，其由上钢圈内撑、上钢圈、上钢圈处安装用吊环、竖杆、中钢圈内撑、中钢圈、下钢圈内撑、下钢圈、下钢圈处拉索锚固端装置、下钢圈处安装用吊环等部件组成，对称焊接组合成的刚性体。在周边混凝土结构承载能力确保的前提下，适当减小环筒的高度，可提高环筒的竖向刚度，并减小环筒的自重。上钢圈与下钢圈采用同规格槽钢与钢板组合而成；上钢圈为压环，上钢圈内撑采用槽钢制作，同时兼作上部结构模板支撑基座构件，为减轻吊装时环筒的自重，环筒上钢圈内撑宜后安装；下钢圈为拉环，下钢圈内撑采用 $\phi 48 \times 3$ 钢管，铺板后形成承力索安装时的人员操作平台；下钢圈上设拉索锚固端装置，拉索中心线通过下钢圈形心；竖杆采用槽钢或工字钢，其中心线与上下钢圈中心线应垂直并相交；中钢圈采用槽钢，布置于竖杆外侧，中钢圈内撑采用 $\phi 48 \times 3$ 钢管，中钢圈及其内撑减小了竖杆的长细比，同时方便操作人员在拉索安装时的上下操作作业。中心刚性环筒制作时，应保证钢圈（或钢箍）的等强连接。中心刚性环筒构造如图 5.3.1-1 所示。

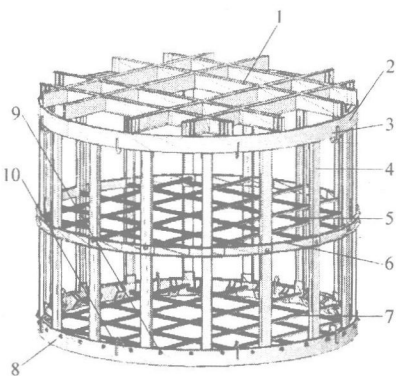


图 5.3.1-1 中心刚性环筒构造示意图
1—上钢圈内撑（后安装）；2—上钢圈；
3—安装用吊环；4—竖杆；5—中钢圈内撑；
6—中钢圈；7—下钢圈内撑；8—下钢圈；
9—拉索锚固端装置；10—安装用吊环

3. 水平钢梁采用工字钢，斜撑采用钢管制作，如图 5.3.1-2 所示；水平工字钢梁与斜撑构成简易桁架，既是上部结构模板支撑的承重钢构架，又是悬索式支撑平台的稳定构件，如图 5.3.1-3 所示；斜撑中心线与工字钢中心线构成的平面应与工字钢梁水平面相垂直。

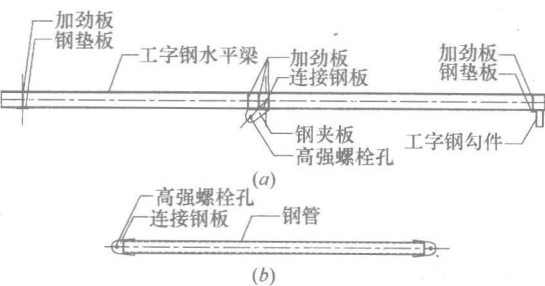


图 5.3.1-2 简易桁架构件
(a) 水平工字钢梁构件；(b) 钢管斜撑构件

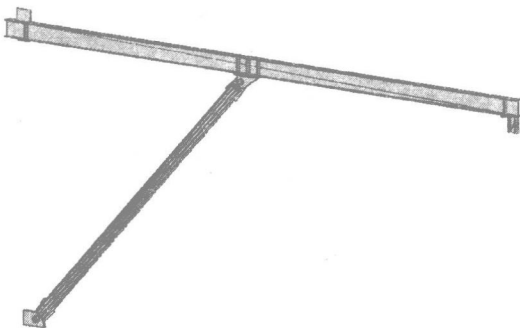


图 5.3.1-3 简易桁架
空间示意

1) 水平工字钢梁与钢管斜撑节点采用高强度螺栓铰节点,如图 5.3.1-4 所示。为保证斜撑的侧向稳定性能,应在该节点处工字钢梁上翼缘及下翼处布置水平侧向支撑。

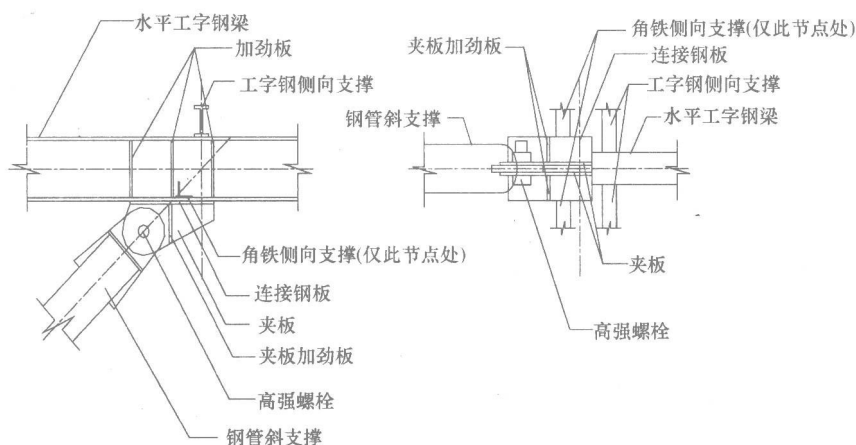


图 5.3.1-4 钢管斜撑与水平钢梁节点构造示意图

2) 斜撑与钢筋混凝土结构支座节点, 采用高强度螺栓铰节点, 斜撑与钢筋混凝土梁支座埋件通过夹板现场焊接连接, 与剪力墙支座穿墙螺栓连接, 如图 5.3.1-5 所示。穿墙螺栓墙节点处夹板与混凝土墙的接触面应打磨平整。

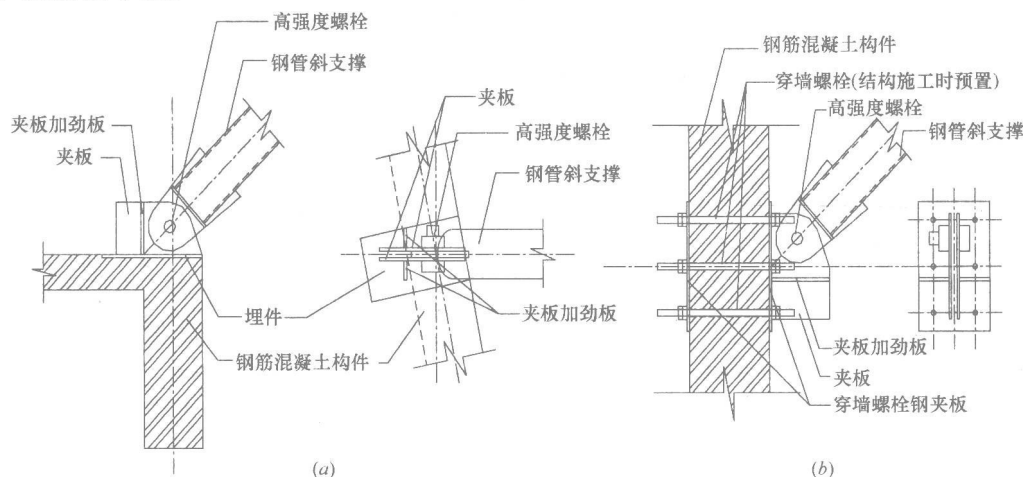


图 5.3.1-5 钢管斜撑与钢筋混凝土支座节点构造示意

(a) 适用于梁支座; (b) 适用于剪力墙支座

3) 水平钢梁与混凝土结构支座埋件采用现场焊接连接节点,如图 5.3.1-6 所示。制作时应与钢管斜撑支座安装的位置相协调。

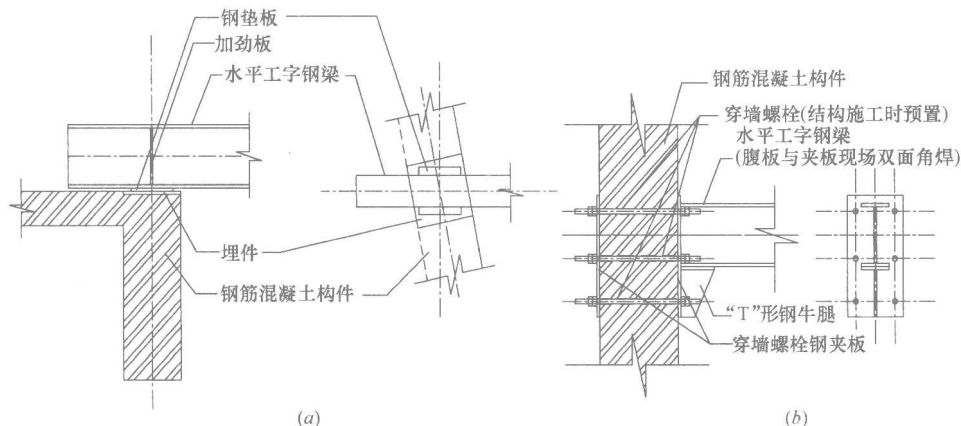


图 5.3.1-6 水平钢梁与钢筋混凝土支座节点构造示意

(a) 适用于梁支座; (b) 适用于剪力墙支座

4) 水平钢梁与环筒上钢圈连接采用装配式铰结点。水平钢梁端头设工字钢勾件勾住上钢圈, 通过“U”形普通螺栓及夹板与上钢圈夹紧, 形成了水平方向主要可承拉、侧向稳定的铰支座, 以减小上钢圈压环负担, 其节点构造如图 5.3.1-7 所示。

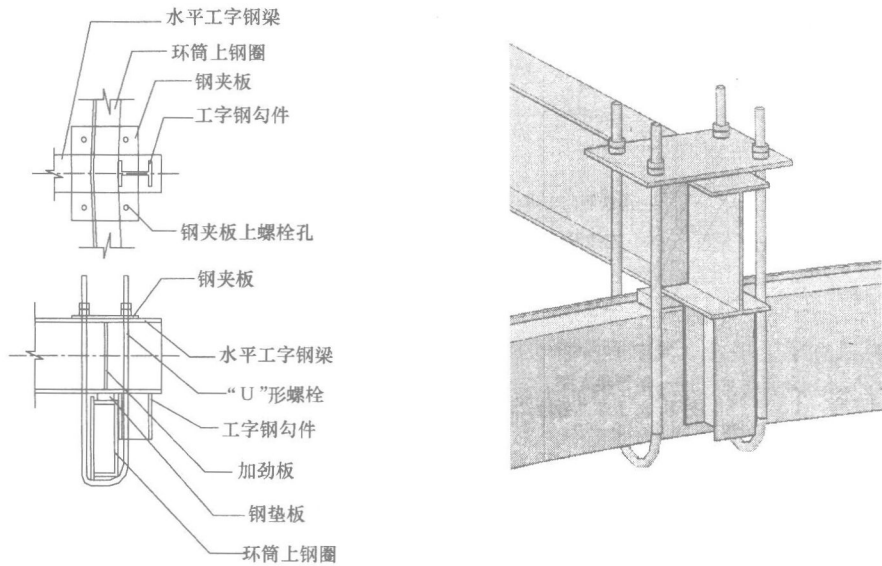


图 5.3.1-7 水平钢梁与中心刚性环筒连接节点构造示意

4. 钢筋承重拉索 (简称承力索) 宜采用 HRB400 螺纹钢筋制作, 拉索在混凝土结构上的张拉端装置及在下钢圈上的锚固端装置均采用穿芯装配式, 穿过预埋套管部位的钢筋应剥肋, 方便穿索并减少套管内的摩阻力。应根据螺纹钢筋拉索锚固端装置、张拉端装置、调节装置等不同形式, 进行检验试验检测, 保证拉索在拉力达到 100% 钢筋设计屈服强度时, 重复五次, 卸载后专用套筒可重复使用, 在超过其抗拉强度时, 钢筋先受拉破坏而专用套筒不破坏。拉索长短及钢筋拉索的初始受力状态通过扭矩扳手控制直螺纹套筒的扭矩值予以调节; 钢筋拉索张拉索设 120mm 长直螺纹, 钢筋锚固端设 80mm 长直螺纹, 钢筋拉索端头螺纹进入直螺纹套筒内深度应不小于 40mm。装配式拉索锚固锁紧节点装置方

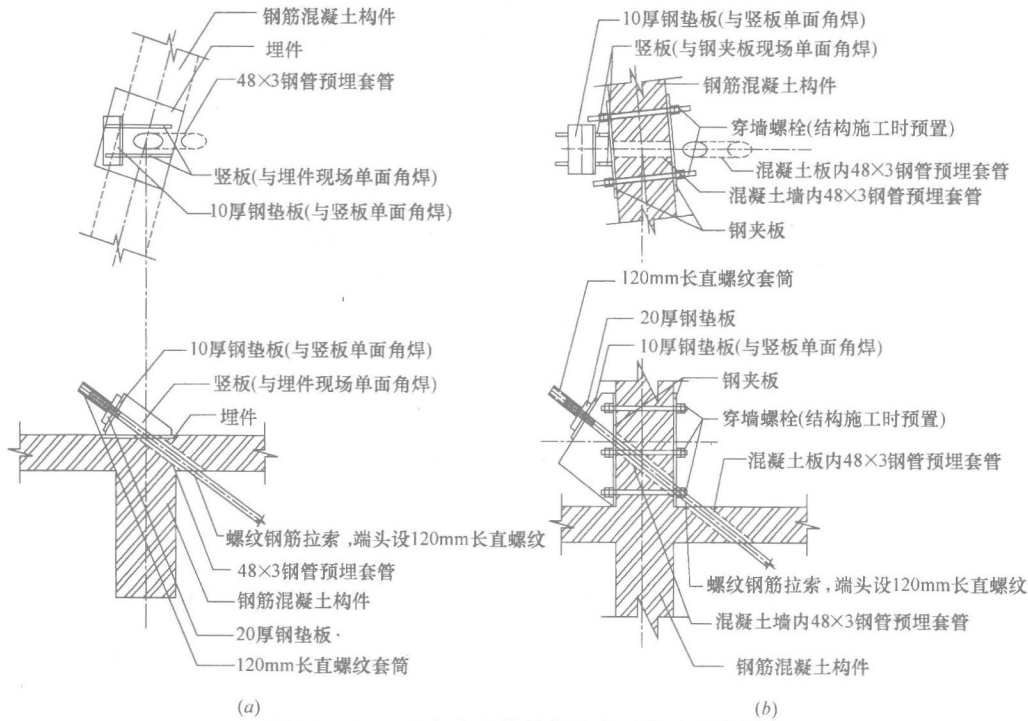


图 5.3.1-8 承力索张拉锁紧端装置构造示意图
(a) 适用于钢筋混凝土梁板结构; (b) 适用于钢筋混凝土剪力墙结构

便了拉索的安装与拆除,保证了拉索的直线受力,亦保证了节点受力的最佳状态及其受力分析的清晰可靠性。拉索张拉锁紧端装置及锚固端装置如图 5.3.1-8、图 5.3.1-9 所示。

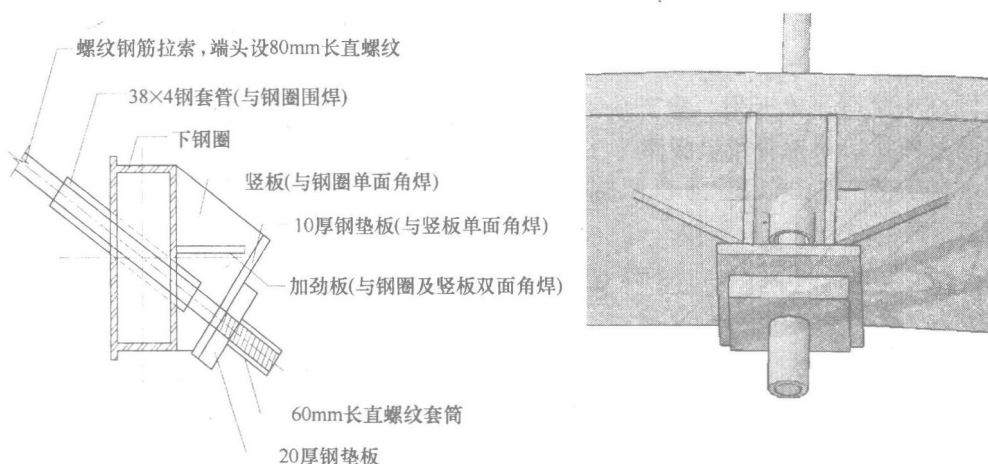


图 5.3.1-9 承力索在环筒下钢圈处锚固端装置构造示意图

5. 应根据施工设计方案制作好安装用稳定索以及安装用承重索。安装索采用 HPB235 钢筋制作,匹配卸扣接长或连接构件吊环,匹配花篮螺丝调节松紧度;吊环应依据深化设计要求、根据环筒中心线均匀对称布置在环筒上、下钢圈上以及周边受力可靠的钢筋混凝土结构内。安装用索构造如图 5.3.1-10 所示。

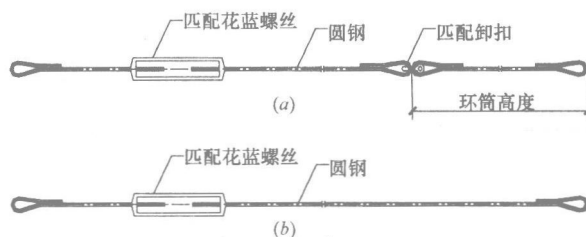


图 5.3.1-10 安装用索示意图

(a) 安装用承重索; (b) 安装用稳定索

5.3.2 施工预埋与混凝土构件加强

混凝土结构施工时,应严格按施工方案设计位置要求,进行埋件、吊环、套管的预埋;装配式埋件的穿墙螺栓孔,宜采用匹配钢套管,利用钢夹板及螺栓,在钢筋混凝土结构施工时预置穿墙螺栓孔,保证其相对位置的精确性;并根据施工设计要求,对相应支座混凝土构件进行配筋加强,预留卸载与变形协调拉索设施。

5.3.3 支撑平台的安装

1. 组成空间悬结构式模板支撑平台的构件应沿环筒中心线对称布置;应将支撑平台系统合理划分构件制作单元,分步骤实施安装,每步骤安装后形成的临时支撑体系,均应成为适于后步骤安装人员安全操作使用或后步骤安装构件临时支撑平台结构,最后装配成一体,对承力索实施适宜的预拉力,形成空间悬索钢结构式模板支撑平台;平台安装前,应在支撑平台下部空间铺设安全平网,平网应采用双向距不大于 6m 的钢丝绳网承托。

2. 支撑平台安装顺序为:挑台安装→吊装中央环筒、采用安装索就位→对称安装承重钢筋拉索→对称安装简易桁架→安装简易桁架侧向水平支撑及环筒上钢圈内撑→水平工字钢梁上铺设木方,木方上铺钉胶合板→支撑体系检查调节→验收。安装过程中应做好安全防护与监护、以及过程监测工作。其安装过程主要内容如下:

1) 平台安装第一步:安装挑台

以相邻两组简易桁架根据其设计尺寸位置组合成一体,工字钢梁上布置钢管扣件栏杆,吊装固

定于钢筋混凝土结构上相应支座位置，端头采用两组斜拉钢丝绳斜拉固定于钢筋混凝土结构预埋吊环内，从而形成适用于操作人员操作使用的安全挑台，挑台结构如图 5.3.3-1；左右对称各布置一个临时操作挑台，如图 5.3.3-2 所示。临时挑台的布置，有利于环筒空间的初步限位，有利于环筒的安装。

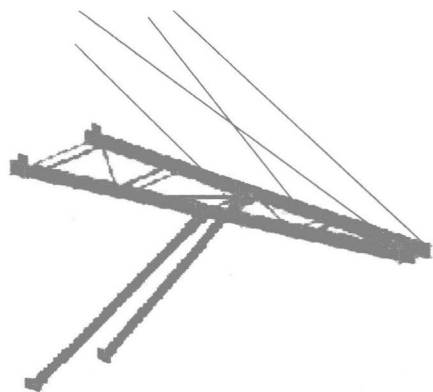


图 5.3.3-1 挑台空间示意图

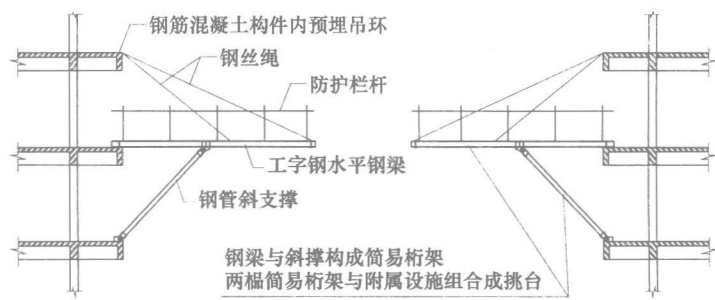


图 5.3.3-2 平台安装第一步（安装挑台）示意图

2) 安装第二步：安装中心刚性环筒

环筒吊装前，准备好临时安装用承重索、安装用稳定索及其连接配件，环筒吊装时，将安装用承重索的环筒高度段下端与环筒下钢圈吊环匹配卸扣连接，并临时固定于上钢圈上；环筒吊装至位置后，根据挑台位置初步定好环筒的安装空间位置，采用卸扣接长安装用承重索，挂于周边钢筋混凝土结构相应的吊环上，然后安装临时安装用稳定索；通过对称调节安装索上的花蓝螺丝结合水准仪及经纬仪监测控制中心刚性环筒的标高、中心线位置及其垂直度，并实现中心刚性环筒 $2L/1000 \sim 3L/1000$ 的起拱。安装索的设置，有效保证了对环筒的定位精度，并使环筒成为稳定的临时受力平台，为承力索安装提供了安全操作空间。同时，安装索的使用为支撑平台提供一定的安全储备（整体设计时不考虑）。如图 5.3.3-3、图 5.3.3-4 所示。

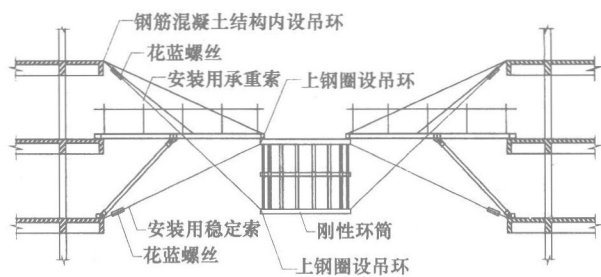


图 5.3.3-3 平台安装第二步（安装中心刚性环筒）示意图

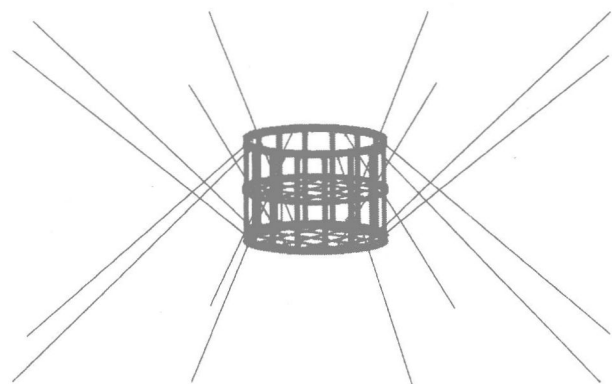


图 5.3.3-4 安装索临时固定环筒后空间效果图

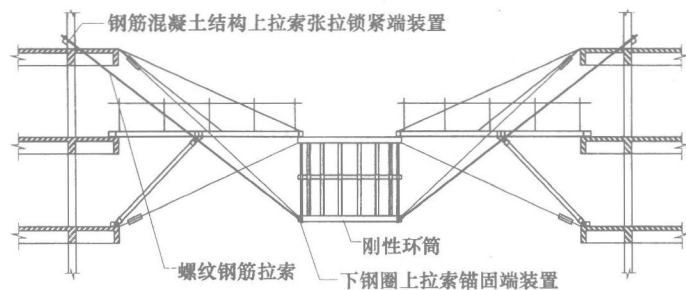


图 5.3.3-5 平台安装第三步（安装承重拉索）示意图

3) 安装第三步：安装螺纹钢筋承重索（承力索）

依靠临时固定的环筒，作为支撑平台，对称安装承力索，先安装环筒上的锚固端装置，后对称安装张拉锁紧端装置；宜根据承力索的位置与规格的不同，选择典型拉索，各安装一套拉索拉力检测仪，以掌握拉索拉力与套筒拧紧扭矩的关系，

通过扭矩控制承力索的初始拉力。承力索的安装，保证了后序简易桁架安装的安全可靠性。如图 5.3.3-5 所示。

4) 安装第四步：安装简易桁架

简易桁架应对称安装。安装时，上下支座安装位置应协调，应先将水平工字钢梁贴紧并勾住环筒上钢圈，先安装斜撑支座，后根据斜撑支座位置安装水平钢梁支座，保证水平钢梁中心线与斜撑中心线组成的平面与水平面相垂直，偏差应不大于 3mm。水平工字钢梁与钢管斜撑构成的平面轮辐式钢构架支撑结构适于上人操作布置简易桁架上的侧向支撑。如图 5.3.3-6、图 5.3.3-7 所示。

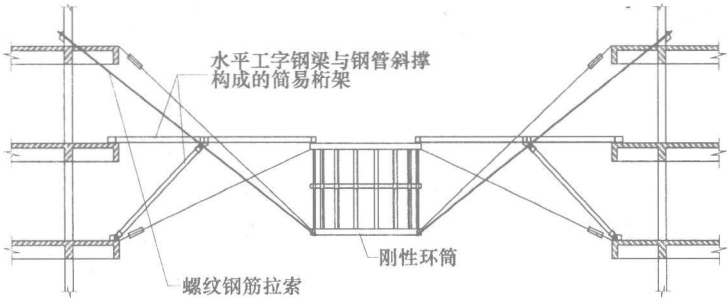


图 5.3.3-6 平台安装第四步（安装简易桁架）示意图

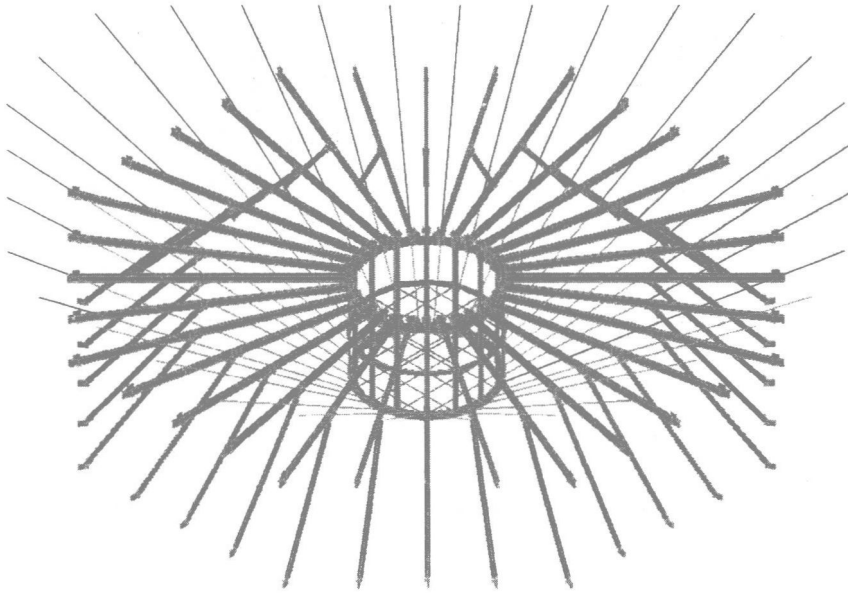


图 5.3.3-7 简易桁架安装后空间效果图

5) 安装第五步：安装简易桁架上的侧向支撑及中心刚性环筒上钢圈内撑

如图 5.3.3-8 所示。此步骤完成，整体形成了空间悬索式钢结构模板支撑平台。在其钢构架平面上铺设固定木方及胶合板，实施封闭，形成上下安全施工刚性隔离平台，预防高空坠物伤害事故的发生。

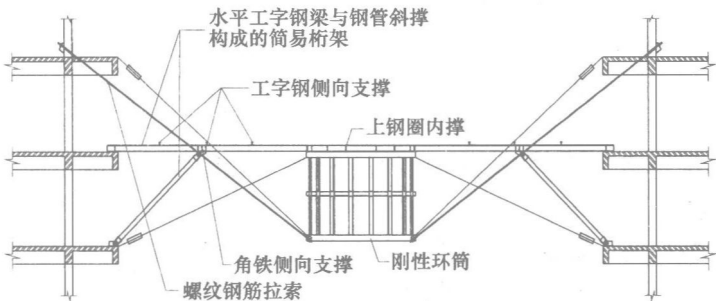


图 5.3.3-8 平台安装第五步（安装侧向支撑及上钢圈内撑）示意图

5.3.4 对拉索实施预应力

通过拉力检测仪对典型承力索拉力的监测，推定出各规格拉索套筒的扭紧力矩对应的近似扭矩——拉力曲线，确定施工方案设计所要求各拉索预应力所对应套筒扭矩值，对拉索对称实施适宜的预应力。拉索预应力的实施改善了整体支撑平台体系的刚度、强度及稳定性能，提高了轮幅式钢构架的承载能力。

5.3.5 平台支座的卸载与变形协调

应根据施工设计方案要求，对支撑平台钢筋混凝土支座进行卸载与变形协调。操作前，应在试验室或在施工现场采用拉索拉力检测仪，确定拉索预紧张力所对应的套筒扭矩值；现场采用专用扭矩扳手，通过控制扭矩，实现卸载拉索的初始张力，以对支撑平台钢筋混凝土支座进行卸载与变形协调。如图 5.3.5 所示，图（a）适用于卸载拉索上锚固端固定于钢筋混凝土墙柱内的情况，图（b）适用于卸载拉索上锚固端固定于钢筋混凝土梁板内的情况，此时应对卸载拉索上锚固点支座梁进行校核与验算，采用必要的配筋加强措施或图 5.3.5（b）所示的再次卸载措施。钢筋混凝土支座构件的卸载与变形协调的完成，使空间悬索结构式支撑平台成为一个适用上部厚重钢筋混凝土结构施工的完整支撑平台体系。

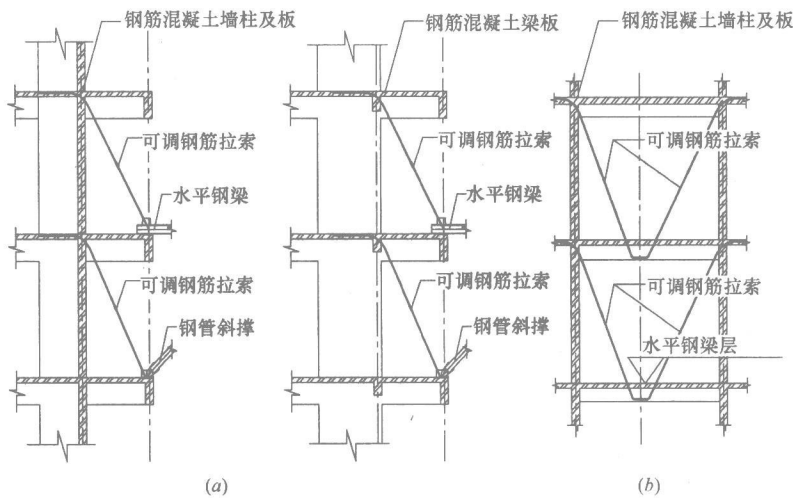


图 5.3.5 支撑平台支座卸载及变形协调示意

(a) 适用于卸载拉索锚固于墙柱内；(b) 适用于卸载拉索锚固于梁板内

5.3.6 模板支架搭设

应根据相关标准规范及施工设计方案要求，在支撑平台上搭设布置钢筋混凝土悬空结构模板支撑，模板支架应有足够的强度、刚度和稳定性；支撑立杆应支承在水平工字钢梁上、工字钢侧向支撑上或工字钢垫梁上，以保证模板支撑立杆荷载有效传递至简易桁架或环筒；钢管扣件支撑系统中所采用的扣件应保证 100%合格，扣件拧紧扭矩值控制在 50～55N·m 间；支架应按两步两跨范围与周边钢筋混凝土结构刚性拉结。

5.3.7 钢筋混凝土悬空结构浇筑施工

1. 悬空结构混凝土应采用预拌混凝土，通过掺加外加剂配制成微膨胀型，坍落度控制在 14～16cm，混凝土的初凝时间控制不小于 8h；应做好施工准备工作，保证浇筑过程中混凝土的连续供应，避免施工冷缝的产生。

2. 悬空混凝土结构浇筑施工前，应做好施工缝的处理，保证新老混凝土间结合严密，界面间抗剪承载能力应符合设计要求。

3. 应做好施工荷载的控制，荷载变化工况条件应满足施工设计方案要求。悬空混凝土的浇筑应对称浇筑，宜由中心向两侧对称浇筑施工，严禁由一侧向另一侧顺序浇筑施工，以保证混凝土浇筑时的荷载作用在支撑平台上呈基本对称布置。

4. 根据气候条件确定合适的保湿、保温的养护方法，做好混凝土终凝后的养护工作，养护时间不少于 14d。

5.3.8 支撑平台上模板支架的拆除

钢筋混凝土悬空结构混凝土强度达到设计强度的 100% 后，方可拆除悬空结构下模板支架。可利用模板支撑平台作为安全施工隔离平台，进行悬空结构顶棚部位及支撑平台上空周边的装饰与安装施工。模板支架拆除时，应根据“先支后拆”、“由上至下”的顺序，将拆除下的模板及支架杆件传递至悬空结构顶平面，或水平方向传递至转运平台，及时吊运至堆放场地，严禁将拆除下的材料直接抛置于支撑平台上。

5.3.9 支撑平台的拆除

在空间悬索结构式支撑平台上部相关作业完毕，模板支架拆除并清理完成，支撑平台下部做好安全防护与监护工作后，即可采用塔吊或卷扬机等吊装设备及辅助工具，拆除支撑平台。拆除顺序应严格按照支撑平台安装相反的步骤，确保后拆的平台构件组成的临时结构体系成为先行拆除构件安全可靠的支撑平台体系或安全操作空间。拆除作业应对称进行，拆除下的装配式节点处小型构配件，应采用工具袋装袋，及时传递至安全堆放位置。

5.3.10 支撑平台支承处混凝土节点处理

应根据建（构）筑功能及使用要求，依据相关标准规范及工程设计要求，做好钢筋混凝土结构上的螺栓套管、拉索套管孔洞的封堵与防水工作，做好埋件等铁件露明处的防锈蚀及防腐处理。

5.3.11 过程监测

做好施工过程的监测，与施工设计计算数值相比较，及时反馈指导设计与施工，保障施工安全，是本工法应用的重要一环。悬索结构支撑平台安装过程中，在中央刚性环筒竖杆上粘贴标尺，对称设置 4~8 个平台挠度监测点，并在剪力墙或框架柱上依环筒中心线对称设置两个水准参照点；上下钢圈间设垂线，布置四个均布对称的平台垂直度监测点；在拉索张拉端装置上，按不同规格尺寸与受力特点归类，选择典型拉索，各布置一套拉索拉力检测装置。通过承力索拉力的现场检测，推定与其对应的扭矩值关系，确定满足施工设计方案要求所对应的拉索预应力套筒扭矩值；并通过试验室或现场拉力检测仪检测，确定平台支座卸载变形协调拉索套筒预紧拉力所对应的扭矩值。施工过程中，应做好支撑体系环筒垂向挠度变形监测、环筒的垂直度变化监测、拉索拉力监测，推测支撑体系的安全状况，以验证施工设计方案的正确性与支撑系统的安全可靠性，为本工法工艺的进一步推广应用提供准确的参考数据。主要过程监测内容如表 5.3.11 所示。

施工过程监测项目一览表

表 5.3.11

序号	监测项目	测量仪器	监测频率	监测目的
1	环筒垂向挠度变化	DS1 水准仪	混凝土浇筑期间 1 次/h, 其余 1 次/d	掌握支撑荷载的分布与变化对支撑平台的影响
2	环筒的垂直度变化	J2 经纬仪	混凝土浇筑期间 1 次/h, 其余 1 次/d	掌握支撑荷载的分布与变化对支撑平台的影响
3	拉索拉力	拉索拉力检测仪	混凝土浇筑期间 1 次/h, 其余 1 次/d	确定拉索预张力扭矩值, 掌握施工过程中荷载的分布与变化对拉索受力的影响

6. 材料与设备

本工法无需特别说明的材料，所使用主要机具设备如表 6 所示。