

The Construction Technology of Super High-Rise Building Core Tube Wall Cap and Hollow Steel Tube Concrete Composite Floor

Chengyang Wang¹, Rong Bai^{1,2}, Shaoxin Jiang², Fangrong Sun²

¹Anhui University of Science and Technology, Huainan

²China Construction Fourth Engineering Division Corp. Ltd., Guangzhou
Email: wangchengyang416@163.com

Received: Jan. 18th, 2013; revised: Jan. 30th, 2013; accepted: Feb. 9th, 2013

Abstract: It clears the requirements of the difficulty of construction technology and bring forward the actual construction process according to the analyse and characteristic introduction of super high-rise building core tube wall cap and hollow steel tube concrete composite floor. At the same time, the construction process, key points and quality control and so on detailed description, make the technology more and more mature. The new technology makes wide prospect and extensive popularized significance.

Keywords: Wall Cap; Hollow Steel Pipe; Composite Floor; Construction Technology

超高层核心筒墙帽与空心钢管劲性复合楼盖施工技术

王成洋¹, 白蓉^{1,2}, 蒋韶鑫², 孙方荣²

¹安徽理工大学, 淮南

²中国建筑第四工程局, 广州
Email: wangchengyang416@163.com

收稿日期: 2013年1月18日; 修回日期: 2013年1月30日; 录用日期: 2013年2月9日

摘要: 通过对超高层核心筒墙帽与空心钢管劲性复合楼盖的分析及特点介绍, 明确了施工技术的难点, 结合工程实例总结出了符合现场实际的施工工艺。同时对施工流程、要点及质量控制等方面进行详细的叙述, 使该项技术越来越成熟。新技术具有良好的发展前景和广泛的推广意义。

关键词: 墙帽; 空心钢管; 复合楼盖; 施工技术

1. 引言

目前随着建筑设计水平的不断提高, 人们对于超高层楼层净空有了更高的要求, 在保证结构稳定性的同时, 增大梁的跨度、减小梁的高度能为建筑提供更大的使用空间, 而超高层核心筒墙帽与空心钢管劲性宽扁梁复合楼盖体系恰好能满足人们的要求。同时此复合楼盖体系施工技术难度大, 工序复杂, 施工质量要求较高。特别是: 空心钢管梁的加工、制作、吊运及安装, 通过空心钢管梁与墙帽及钢管混凝土柱独特

的连接方式, 行成整体的复合楼盖结构。

广州市珠江新城 F2-4 地块是集商业、办公、高级公寓、五星级酒店于一身的多功能综合性大型公共建筑, 南塔楼 49 层高 280 m, 北塔楼 46 层高 206.8 m。在工程南、北塔楼中都运用了核心筒墙帽与空心钢管劲性宽扁梁复合楼盖施工工艺, 根据现场实际情况及设计对施工的要求, 总结出符合此类工程施工技术, 将推动此类复合楼盖体系施工的广泛应用。此类复合楼盖体系中新技术、新材料、新工艺、新措施的应用

尚属首次。根据具体的工程实例进行总结与创新，使得这项施工技术更加成熟。

2. 新型复合楼盖体系

2.1. 新型复合楼盖体系介绍

新型复合楼盖体系通过核心筒墙帽与钢筋混凝土空心钢管梁、钢筋混凝土空心钢管梁与钢管混凝土柱的有效连接，形成整个复合楼盖体系，达到减小梁高，增大楼层净空的效果。墙帽环绕核心筒外圈一周；墙帽高 450 mm，自核心筒往外宽度 2100 mm；宽扁梁尺寸为 1350 mm × 450 mm，一端连接核心筒墙帽，另一端连接钢管混凝土柱。根据设计要求，空心钢管梁伸入墙帽长度大于 1000 mm。空心钢管劲性宽扁梁与钢管混凝土柱及核心筒墙帽组成复合楼盖体系示意图如图 1 所示。建筑边线周边为钢管混凝土圆柱，中间矩形为核心筒墙帽结构。

在进行超高层核心筒墙帽与空心钢管劲性宽扁梁复合楼盖体系施工时，宽扁梁内并排安装三根空心钢管梁，空心钢管梁在与钢管混凝土柱的牛腿连接的一端设置有开孔耳板，牛腿上开设螺栓孔，通过高强螺栓将空心钢管与牛腿进行连接；空心钢管另一端以核心筒墙帽为支座，端口焊接钢管支座，保证钢管伸入墙帽 1000 mm；墙帽钢筋锚入核心筒墙，宽扁梁钢筋锚入墙帽。保证空心钢管劲性宽扁梁与钢管混凝土

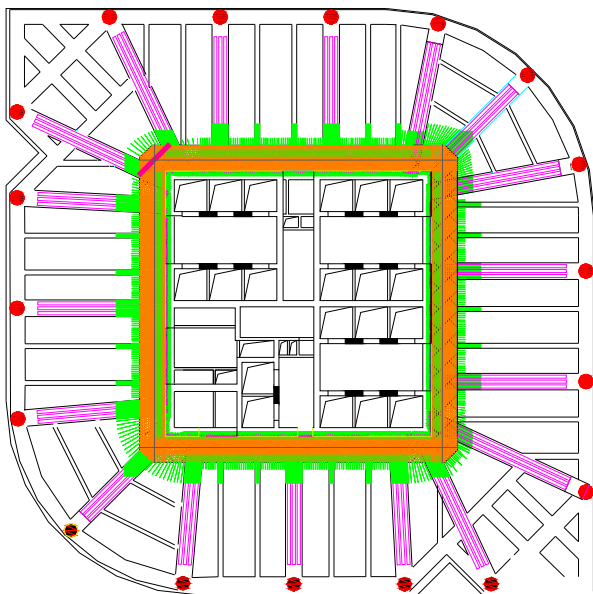


Figure 1. The plan sketch of a new kind of compound floor system
图 1. 新型复合楼盖体系平面示意图

柱及核心筒墙帽形成一个整体复合楼盖体系。

2.2. 新型复合楼盖体系的建模及受力分析

选取标准层的梁进行建模并根据钢与混凝土组合梁的设计原则，组合梁可以简化成以简支梁或连续梁为简单模型不承受直接动力荷载作用^[1]。因为钢梁靠近柱头端是采用高强螺栓进行连接，并与混凝土一起浇筑，所以我们可以简化此节点为钢节点进行模拟受力。空心钢管宽扁梁另一端的空心钢管伸进墙帽，从钢结构角度出发其实是铰接，但是因为与混凝土与钢筋共同浇筑使得墙帽与核心筒形成一个整体，从这个节点的整体性出发我们任然可以把这个节点看做刚性节点。如下是两端刚性连接节点的简图、弯矩及剪力图^[2]如图 2~4 所示。

根据上述弯矩图可知，梁端整段负弯矩最大，因一般的梁不能满足设计受力要求。固需在梁的支座处配置负筋来抵抗梁端负弯矩，我们在支座靠近柱一端处，加工制作钢结构牛腿使牛腿与空心钢管通过高强螺栓连接增加支座处负弯矩，具体连接如图 5 所示。

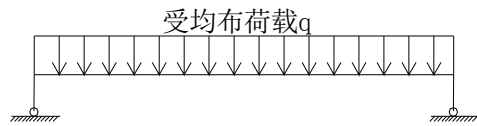


Figure 2. The diagram of beam subjected to uniformly distributed load
图 2. 梁受均布荷载简图

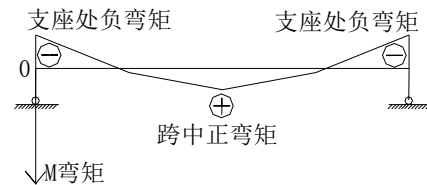


Figure 3. The bending moment diagram of beam subjected to uniformly distributed load
图 3. 梁受均布荷载弯矩示意图

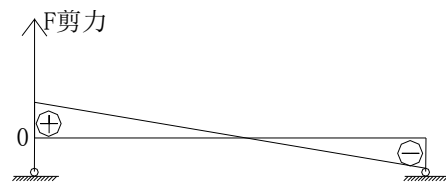


Figure 4. The shear diagram of beam subjected to uniformly distributed load
图 4. 梁受均布荷载弯矩示意图



Figure 5. The connection diagram of hollow steel tube and steel column bracket
图 5. 空心钢管与钢柱牛腿连接图

在另一端墙帽处，将空心钢管伸入墙帽不少于 1000 mm，并配置钢筋。使得钢筋、空心钢管和混凝土墙帽共同作用也可以大大减少了该处的负弯矩受力，如下图 6 所示。

梁跨中正弯矩较大，因为梁的跨中中部混凝土对结构抗拉和抗压的贡献很小，固在宽扁梁中放置空心钢管，并不对钢管中部灌注混凝土^[3]。在不降低梁的承载力的情况下大大减小了梁的自重，约可减小 25% 的自重。空心钢管宽扁梁截面形式如下图 7 所示。

2.3. 空心钢管梁介绍

空心钢管梁在钢结构工厂加工，是由 $\Phi 299$ 壁厚 8 mm 的空心钢管上通长焊接 4 根 $\Phi 14$ 加强筋，两端焊接 8 mm 厚 $D = 320$ mm 圆形封口板，与钢管混凝土柱的牛腿连接的一端的管壁上焊接 10 mm 厚开孔耳板。另一端的圆形封口板上焊接 $\Phi 32$ 钢管支座。该空心钢管梁^[4]的结构示意图如图 8、图 9 所示。

图 8 中空心钢管 A-A 剖面图如图 10 所示，图中加强筋与空心钢管的水平切线齐平。

空心钢管梁的制作从施工中的实际情况出发，在保证结构稳定性的同时，也充分考量了施工的便捷性，增大梁的跨度、减小梁的高度，可以将核心筒墙



Figure 6. The connection diagram of hollow steel tube and wall cap
图 6. 空心钢管与墙帽连接图

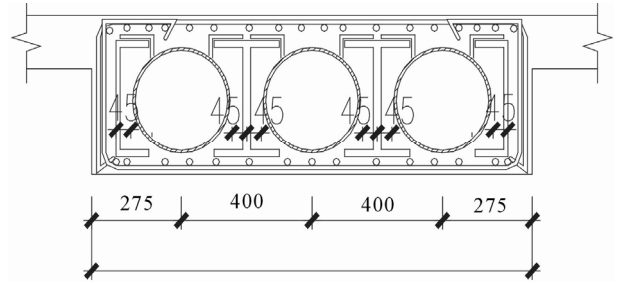


Figure 7. The section diagram of hollow steel pipe wide flat beam
图 7. 空心钢管宽扁梁截面图

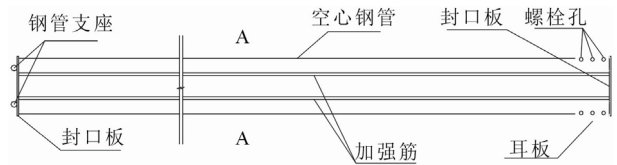


Figure 8. The plan view diagram of hollow steel pipe
图 8. 空心钢管梁俯视图

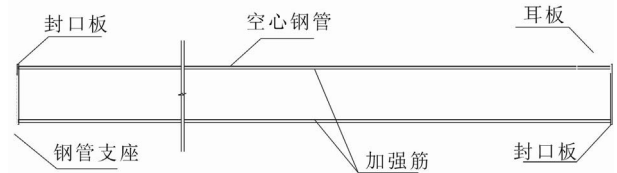


Figure 9. The side view diagram of hollow steel pipe
图 9. 空心钢管梁侧视图

帽和钢管混凝土柱有效的连接起来。

2.4. 新型复合楼盖体系的特点

此种新型复合楼盖体系的特点满足大跨度、大空间的设计要求。与普通钢筋混凝土梁相比相同的梁高，其跨度可以增加一倍之多。

空心钢管宽扁梁通过高强螺栓与钢管混凝土柱

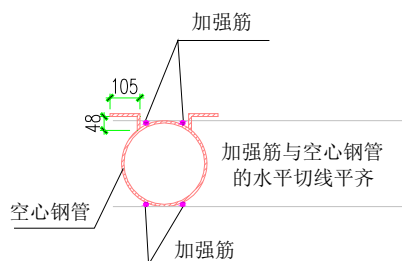


Figure 10. The profile diagram of hollow steel pipe A-A
图 10. 空心钢管梁侧视图

的牛腿连接,保证了结构稳定性的同时,提高了施工效率,缩短了工期;同时在空心钢管上通长焊接了 4 根加强筋,使得梁的刚度增强,净跨增大。

空心钢管梁与钢管柱、核心筒墙帽连接示意图如下图 11 所示。

3. 工艺流程及施工要点

3.1. 工艺流程

搭设梁板支模架、铺设模板→根据钢筋布置顺序,铺设墙帽底筋→铺设下部 U 型箍及梁底筋→安装空心钢管→安装、绑扎上部 U 型箍、梁面筋→绑扎次梁、板筋→进行钢筋及钢结构相关验收→浇筑混凝土→混凝土的养护及成品保护。

3.2. 施工要点

1) 搭设梁板支模架、铺设模板

按照图纸和方案核对模板尺寸,明确墙帽及宽扁梁模板的尺寸,墙帽高 450 mm,自核心筒往外 2100 mm,宽扁梁尺寸为 1350 mm × 450 mm,可以并排安装 3 根空心钢管梁,确认无误后进行测量放线及模板铺设,控制好模板工程的质量,尤其是墙帽与宽扁梁交接处的垂直度、平整度。

2) 铺设墙帽底筋、下部 U 型箍及梁底筋

根据钢筋布置顺序,先铺设墙帽底筋,再铺设下部 U 型箍及梁底筋,在铺设工程中按照图纸和方案核对钢筋要求,经反复核对无误后下料加工。原材料堆放及制作在钢筋加工车间里进行,钢筋加工包括调直与除锈、断料、弯曲、直螺纹套丝。铺设时要注意控制墙帽与核心筒墙体的钢筋搭接长度,宽扁梁与墙帽的钢筋搭接长度,如下图 12 所示。铺设宽扁梁下部 U 型箍及梁底筋如下图 13 所示。

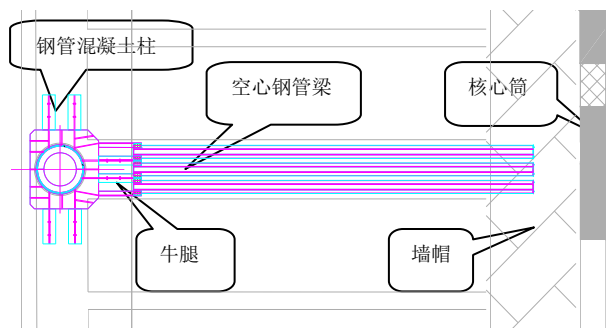


Figure 11. The connection diagram of hollow steel beam and steel tube column and core barrel wall cap
图 11. 空心钢管梁与钢管柱及核心筒墙帽连接示意

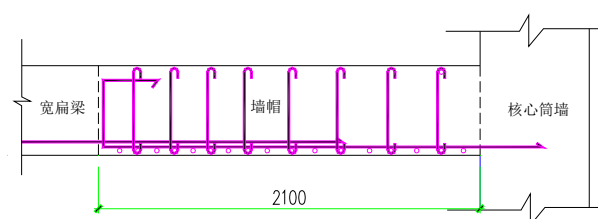


Figure 12. The reinforced lap diagram of wall cap and core barrel wall, beam and tableting
图 12. 墙帽与核心筒墙、梁与墙帽钢筋搭接示意图



Figure 13. Laid wide flat beam bottom U band and beam bottom bar
图 13. 铺设宽扁梁下部 U 型箍及梁底筋

3) 安装空心钢管梁

空心钢管梁运输至现场,堆放在塔吊吊运区域,在梁底筋铺设完毕后,通过塔吊吊装至作业层进行安装,安装时将 3 根空心钢管梁并排逐个放入搭设好的宽扁梁模板,安装时要先将焊接耳板的一端接入牛腿的槽口里,将螺栓孔对齐,用高强螺栓将空心钢管梁与钢管混凝土柱的牛腿连接,另一端伸入墙帽 1000 mm,端口的钢管支座落在核心筒墙帽上,空心钢管梁与钢管混凝土柱的牛腿连接示意图如下 14 图所示。空心钢管梁与钢管柱、核心筒墙帽连接如下图 15 所

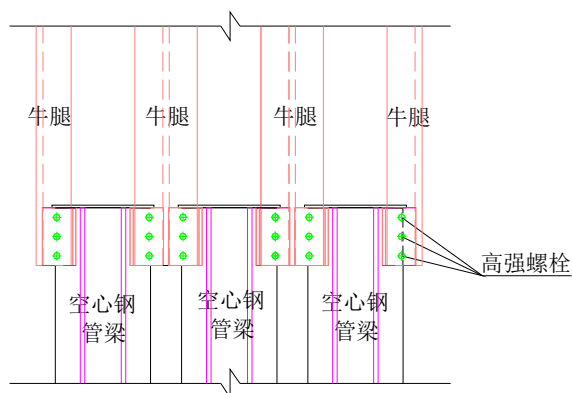


Figure 14. The connection diagram of hollow steel beam and concrete filled steel tube column bracket
图 14. 空心钢管梁与钢管混凝土柱的牛腿连接示意图

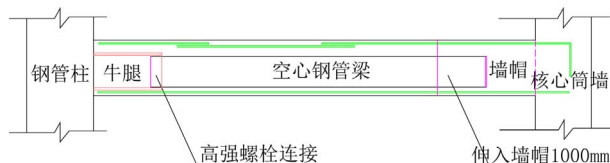


Figure 15. The connection diagram of hollow steel beam and steel tube column, core tube wall cap
图 15. 空心钢管梁与钢管柱、核心筒墙帽连接示意图

示。

4) 安装、绑扎上部 U 型箍、梁面筋及次梁、板筋

在空心钢管梁安装完成后,先安装绑扎上部 U 型箍、梁面筋,在绑扎次梁、板筋。注意绑扎空心钢管梁之间拉钩时,需要将拉钩拉到位。然后进行钢筋及钢结构的相关检查及验收。空心钢管梁配筋示意图如下图 16 所示。绑扎好所有钢筋平面图如下图 17 所示。

5) 浇筑混凝土

泵送混凝土进行连续浇筑工作,在浇筑工序中,采用插入式振捣棒振捣混凝土,快插慢拔,插点均匀排列,逐点移动,顺序进行,振捣棒移动方式采用“行列式”移动,移动间距不大于有效振捣作用半径的 1.5 倍(300 mm~400 mm),尤其是核心筒与墙帽、墙帽与宽扁梁、宽扁梁与钢管混凝土柱的交接处要做到均匀振实,保证施工质量^[5]。浇筑期间,钢筋工、木工、安装工跟班观察,钢筋工看护好钢筋,保证钢筋的正确位置,及时清理粘在下次浇筑部位钢筋上的水泥浆,木工看护好模板,如发现跑、漏、涨模现象应及时汇报并处理,安装工看护好管线,如发现管线位移,应立即加固和纠正。

6) 混凝土养护及成品保护

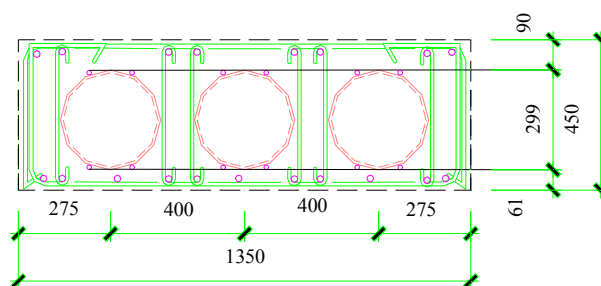


Figure 16. The reinforcement diagram of hollow steel beam
图 16. 空心钢管梁配筋示意图

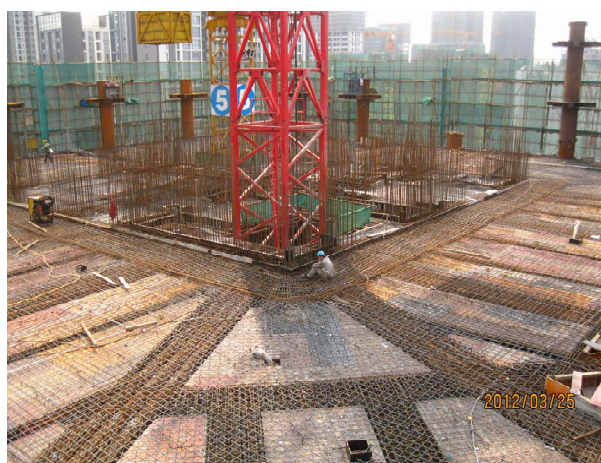


Figure 17. The diagram of floor system bar all tie in place
图 17. 楼盖体系钢筋全部绑扎到位图

在混凝土浇筑两小时后按标高用长刮尺初步刮平后,在初凝前用木抹搓面两遍后进行收光并覆盖一层塑料布,塑料布的搭接不少于 100 mm,在钢筋头周围再覆盖一层塑料布,将混凝土表面盖严,以减少水分的损失,保温保湿^[6]。当混凝土强度等级达到人行走时,再在塑料布下面进行润水养护,并将 50 mm 的草垫覆盖在塑料布上。也可根据现场实际情况采取蓄水养护的方法,但无论采取何种方法,必须派专人负责,混凝土保湿养护期不得少于 14 天^[7]。

已浇筑完的混凝土面上,其强度未达到上人强度以前,决不允许在其上践踏或安装模板及支架。

3.3. 质量控制点

新型超高层核心筒墙帽与空心钢管劲性复合楼盖施工技术质量控制要点,依据现行国家及地方颁发的相关外架及活动脚手架施工质量验收规范、建筑装饰装修工程质量验收规范、钢结构工程检测质量验收规范的要求执行。

1) 模板施工的模板接缝宽度应符合规范要求, 模板与混凝土的接触面应清理干净, 并采取防粘结措施。

2) 钢筋施工钢筋缺扣、松扣的数量不超过绑扣数的 10%, 绑扎接头应符合施工规范的规定, 搭接长度不小于规定值^[8]。

3) 墙帽高 450 mm, 自核心筒往外 2100 mm, 通过自核心筒剪力墙申出的钢筋与核心筒连结。空心钢管劲性宽扁梁尺寸为 1350 mm × 450 mm, 自核心筒往外呈辐射状分布。

4) 空心钢管一端设置有开孔耳板, 钢管混凝土柱的牛腿上开设螺栓孔, 通过高强螺栓将空心钢管与牛腿进行连接, 在浇筑混凝土前必须检查各个螺栓是否拧紧^[4]。

5) 未经许可严禁随意切割钢构件、钢筋, 未经同意不得热弯钢筋。宽扁梁内焊渣等杂物需清理干净后方可浇筑梁内部混凝土。

6) 混凝土浇筑施工后需无露筋和缝隙、夹层、裂缝。同时要求采用铺设薄膜并洒水养护, 且至少需 14 天, 确保混凝土养护及时、到位。

4. 结语

随着国内超高层建筑及城市综合体的日渐增多, 人们对大跨度、大空间及楼层净高的要求也会越来越高^[9]。本文对新型超高层核心筒墙帽与空心钢管劲性

复合楼盖体系施工工艺做了简要的总结。宽扁梁内置空心钢管使得梁净跨增大, 减少砼用量, 减轻自重, 增强刚度, 优化结构, 降低梁高, 增大楼层净空^[10]。新型超高层核心筒墙帽与空心钢管劲性复合楼盖体系以其独特的优点, 实现工程中的大跨度, 大空间, 满足建筑功能的要求。此种复合楼盖体系将在日后超高层、大跨度结构中, 特别对楼层净空要求较高的梁板施工中将会得到广泛应用。

参考文献 (References)

- [1] GB50017-2003, 钢结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [2] 刘鸿文. 材料力学(第4版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [3] GB50010-2010, 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [4] GB50205-2001, 钢结构工程施工质量验收规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [5] GB5024-2011, 混凝土结构工程质量验收规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [6] GB50210-2002, 建筑装饰装修工程质量验收规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [7] GB/T50107-2001, 混凝土强度检验评定标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [8] 王静, 韩昆. GBF 高强复合薄壁管空心楼盖的设计与施工[J]. 山西建筑, 2008, 34(12): 94-96.
- [9] 方小中. 宽扁梁与肋梁楼盖体系的抗震性与经济性比较[J]. 上海建设科技, 2007, 6: 13-15.
- [10] 蔡庆军, 王荣涛, 韩冲, 阮锋, 王大迎. 大跨度钢管空心混凝土楼板下挂式钢筋桁架模板施工技术[J]. 施工技术, 2011, 40(9): 78-80.