

运用三维软件辅助的复杂钢骨梁柱节点施工技术

龙叶天 周佳军 雷晓勤 张振兴

(中建三局股份公司成都公司 成都 610041)

摘要:由于型钢混凝土结构结合了钢结构与混凝土结构的双重优点,在现代工程中应用广泛,在现代超高层复杂城市综合体建筑中,由于建筑设计上的要求,常会有多条梁与柱连接的复杂节点存在,其中的型钢钢骨会对钢筋的穿插会造成较大的不利影响,因此结合成都某工程实例,采用计算机三维深化软件技术下对此类复杂结构的钢骨梁柱节点进行深化设计及施工,此类软件的工程应用,可较好地处理复杂节点,并将对今后类似工程起到一个积极的借鉴示范作用。

关键词:土木建筑 工程施工 三维深化软件 复杂钢节点 施工技术

Tekla Structures 软件又名 XSTEEL 软件,是由芬兰 Tekla 公司开发的针对钢结构详图的设计软件,通过建立模型生成三维立体效果图、构件详图以及各构件之间的相互关系情况。通过采用此软件可以对复杂情况下的梁柱节点进行深化设计以及现场施工,对未来各种建筑更加复杂的工程节点施工具有积极的推广价值。

1 工程概况

华置广场项目位于四川省成都市青羊区太升南路地段,总建筑面积约为 430,000m²,地上共设酒店、办公楼、住宅 TC、住宅 TD 等 4 栋塔楼以及附属裙楼,地下

室为 4 层,塔楼最高建筑高度 194m,裙楼最高建筑高度 35.45m,为高层及超高层建筑。结构采用框架剪力墙形式,基础形式为筏形基础。

根据以城市绿洲花园为主题的目的,华置广场工程整体建筑设计中采用了梯田、山谷、流水、晶石等设计元素,并以现代手法溶于其中,因此在建筑设计中采用了大面积的弧线、外挑、中空、不规则等设计造型,要求柱数量尽量较少,以保证建筑功能空间开阔,对此多数柱以及梁采用了普通混凝土结构(Reinforced Concrete,简称 RC)与型钢混凝土结构(Steel Reinforced Concrete,简称 SRC)组合设计的方式。

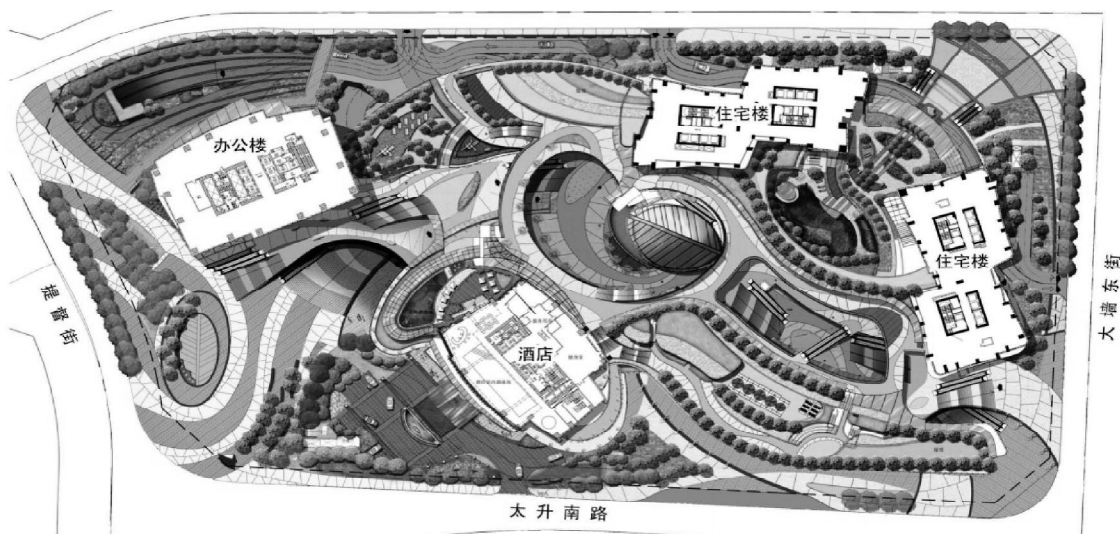


图1 复杂曲线的城市综合体建筑设计

作者简介:龙叶天 助理工程师

收稿日期:2012年5月

2 设计难点

由于建筑理念的要求,设计中框架柱较少且分布离散,悬挑结构众多,因此建筑的楼面荷载需要由较多根梁承担并传递到一根柱上,单根梁柱承担荷载较大,导致了多根梁与柱相交节点处的设计及其复杂,施工上会出现较多技术难题。

多数梁与型钢柱连接为斜向相交,框架梁钢筋与型钢柱连接数量多,框架梁钢筋与型钢柱构件连接的角度多,连接节点多。

由于多根梁斜向汇集于同一柱头之上,梁内钢筋数量密集,最大节点内有 82 根钢筋在柱头内锚固,导致在柱头节点内多层钢筋相互重叠,钢筋与钢柱连接处标高控制难度较大。且柱钢筋多为 HRB400 等级 32/40mm 大直径钢筋,梁柱钢筋相互避让困难。

较多梁钢筋同时需要连接于型钢柱同一标高,由于型钢柱表面空间有限,单纯的连接板连接、接驳器连接或者钢筋锚固方案均不能满足工程的要求。需要采用多种连接方式才能保证每一根梁钢筋连接就位。

部分与型钢柱相连的梁为型钢混凝土梁,柱纵向钢筋被梁翼缘阻挡截断,且翼缘不能开孔,需要在型钢内连续补强钢筋才能保证柱钢筋受力可靠有效。

3 解决思路

鉴于复杂节点在普通平面图上难以对各钢筋及构件进行空间位置以及相互关系的图例表述,所以借助三维设计软件对节点内的型钢构件、钢筋以及穿插、连接方式、相互位置关系等进行深化设计,产生一个可以 360°全范围视角直观表现的立体节点,根据直观效果图并结合实际进行优化调整,最终依据深化设计后的 3D 效果图编制零件加工图以及工艺流程,结构加工厂根据工艺流程,完成钢筋翻样、材料下料、加工以及安

装,确保复杂节点的施工质量达到规范以及设计的要求。

4 方案制定

华置广场工程中存在较多的复杂型钢梁柱节点,此类节点涉及到多根梁柱相交的情况,现在以酒店 B2 区中 18 轴交 1/T 轴线中涉及到 6 条梁与 1 根柱相交的典型复杂节点的深化设计以及施工作为本技术的简要说明。

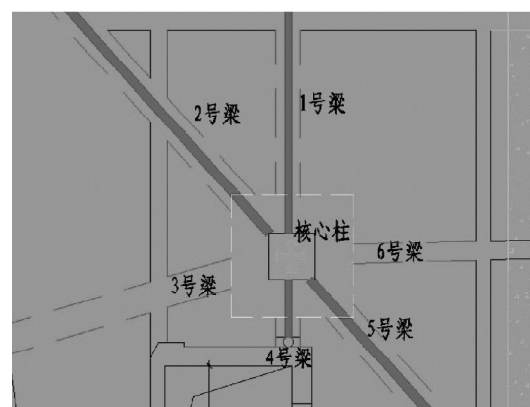


图2 18轴交 1/T轴复杂节点平面示意图

本技术主要采用以下流程进行施工:节点平面分解——3D 软件建模——模型优化及调整——确定钢筋接头连接方式及构件相互位置关系——绘制三维效果图——根据三维图深化零件图——钢结构零件加工及下料——现场安装及钢筋穿插绑扎——节点混凝土浇筑成型

5 方案实施

5.1 施工结构平面图构件分解

针对本工程中此节点结构平面图进行分析,此节点共计包含有 4 根钢骨混凝土梁、2 根普通混凝土梁以及 1 根钢骨混凝土连接,根据分析可以将各构件截面及参数分解如下:

表 1 节点中各构件分解表及参数

梁编号	类型	梁宽	梁高	梁面配筋	梁底配筋	型钢
1 号梁	钢筋混凝土梁	500	1000	12 Φ 32(6/6)	6 Φ 32	HB300×600×20×40
2 号梁	钢筋混凝土梁	600	1000	6 Φ 32	6 Φ 32	HB300×600×20×40
3 号梁	普通混凝土梁	600	1000	10 Φ 32(6/4)	12 Φ 32(6/6)	-
4 号梁	钢筋混凝土梁	500	1000	6 Φ 32	6 Φ 32	HB300×600×20×40
5 号梁	钢筋混凝土梁	600	1000	6 Φ 32	6 Φ 32	HB300×600×20×40
6 号梁	普通混凝土梁	400	1000	8 Φ 32 6/2	6 Φ 32	-

柱编号	类型	柱宽	柱高	主筋配筋	型钢
核心柱	框架混凝土柱	950	950	24 28	十字型钢:

5.2 采用 XSTEEL 软件建立初步模型

根据上述结构平面图分解的梁、柱构件构成以及组合参数,通过采用 XSTELL 软件首先建立绘图空间坐标系,通过坐标系对后期绘制模型进行精确定位,保证模型与实际构件尺寸及比例一致。

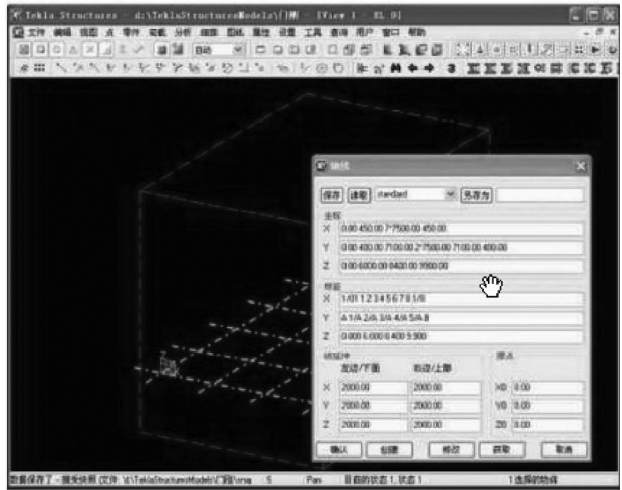


图 3 XSTEEL 软件内对模型的绘制界面

对梁柱构件分解表中的参数进行绘制,采用以选取坐标绘制点以软件中用梁生成、用柱生成、用多边形生成等技巧绘制结构平面图中的梁柱以及节点,然后通过设定材料参数以及属性对话框等生成平面视图。

此视图中包含了节点型钢、钢筋、连接板、开孔以及相互之间的关系,并可转化为三维图进行局部构造及碰撞关系分析。

根据结构平面布置图以及分解构件表,绘制出本节点的 XSTEEL 平面模型草图。

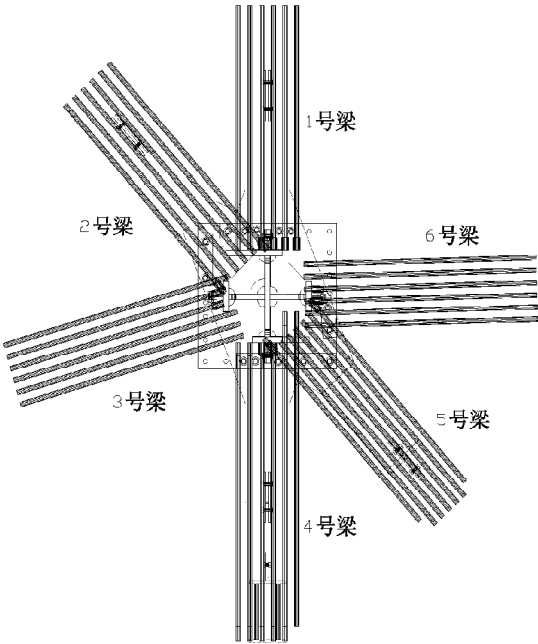


图 4 XSTEEL 软件建立的复杂节点平面模型

5.3 对节点连接方式分析以及相互关系的深化设计

在平面生成以后,需要将平面图转化成为三维效果图对节点各种连接方式的合理性进行分析,保证钢筋与节点的连接满足规范要求,同时又做到简单而便于施工操作,我们将通过下列细部节点的分析处理深化,完成整个节点的施工深化设计。

5.3.1 梁柱节点的刚性连接

由于本节点中存在4根钢骨混凝土梁,为了保证型钢梁与柱头节点的连接质量,此钢骨梁在端头处1m长的型钢与钢柱在工厂内预加工焊接,4根钢骨混凝土梁中的型钢翼缘采用贯通连接的方式与柱相连,将梁柱节点做成一个整体式节点,保证了梁与柱相交的部位无削弱点,既达到结构设计中要求的“强节点、弱构件”的要求,同时能较为方便保证焊接质量以及后续运输及吊运安装。

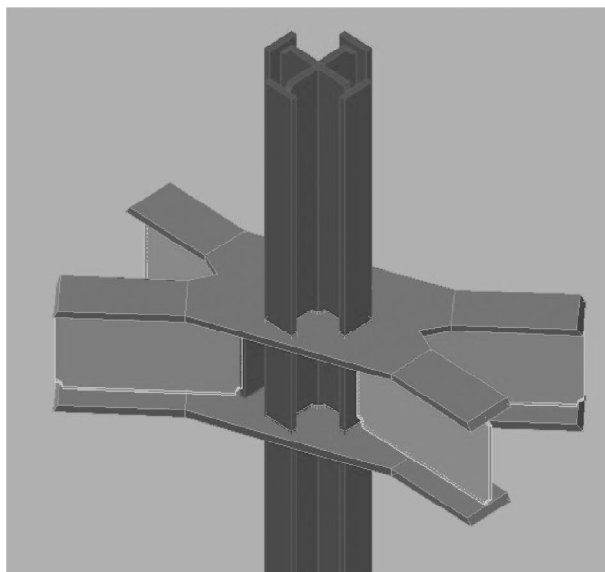


图5 深化设计中带有贯通翼缘的整体式梁柱节点

5.3.2 钢骨混凝土梁与节点的连接方式

因为考虑运输以及吊装的实际要求,除了整体式梁柱节点已在工厂进行焊接成型外,剩余钢梁需要分段在现场吊装并进行组装,对此在节点梁端和钢骨混凝土梁型钢相连外翼缘采用全融透焊缝连接,梁腹板与柱节点采用摩擦型高强螺栓进行连接,保证了现场施工工艺简便可靠。

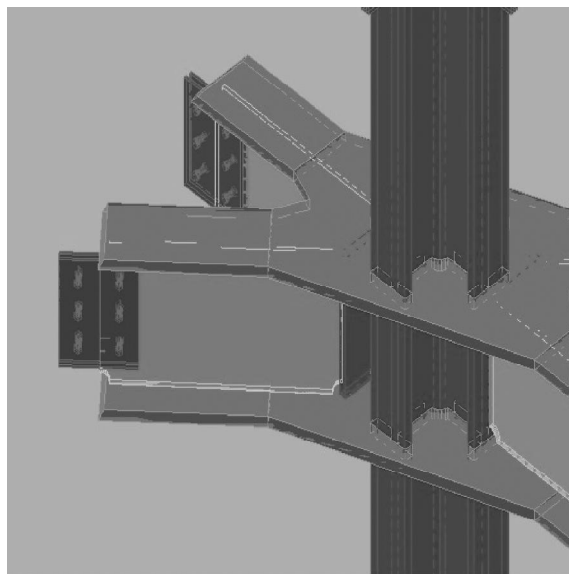


图6 型钢梁与节点端连接大样

5.3.3 柱纵向钢筋与型钢梁相遇处的处理方式

由于柱纵向钢筋多为HRB400等级的32钢筋,难以避让钢骨混凝土梁中的型钢翼缘,鉴于此情况,深化设计中采用在型钢的翼缘中进行开孔,开孔缺损率控制在20%以内,同时为了弥补翼缘开孔不对型钢梁造成破坏,在型钢上下翼缘板上焊接穿孔补强板,达到柱纵向钢筋可以由上到下连续贯通的目的。

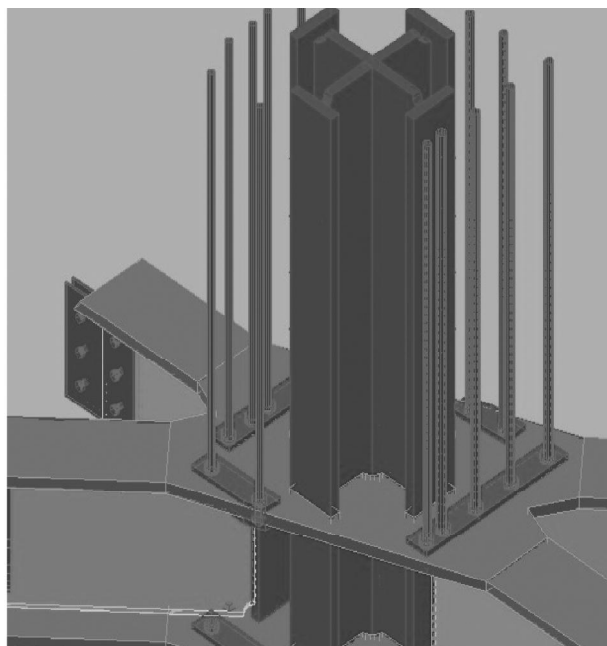


图7 型钢梁翼缘与柱纵向钢筋相交节点

5.3.4 梁钢筋与型钢柱的连接方式

混凝土土梁以及钢筋梁内均有较多梁主筋需与柱节点进行连接,由于钢柱内翼缘较大,对梁主筋造成阻挡,而如在型钢柱上焊接牛腿板将会对阻挡柱纵向钢筋的贯通,对此结合本节点的实际,深化图中将明确梁钢筋与钢结构柱的连接分为以下四类情况进行连接,梁内钢筋进行编号,分别深化并对连接方式进行确定。

1) 当梁纵筋可以从型钢以外混凝土范围穿过时,直接穿过并满足梁钢筋锚固长度要求。

2) 梁纵筋在型钢腹板附近,当水平锚固长度满足 $>0.4LaE$ 要求时,在柱中锚固;当不满足水平锚固要求时,焊接在加劲板上,焊接长度满足单面贴角焊缝 $10d$,双面贴角焊缝 $5d$ 。

3) 当梁纵筋在型钢翼缘范围内时,与焊接在翼缘上的钢筋连接器机械连接。

4) 当不满足水平锚固要求,又无法与加劲板焊接时,钢筋穿过型钢腹板,腹板应预留孔(工厂机械成孔)。

节点内箍筋采用预先在型钢内开孔方式进行穿插,局部少量箍筋如果由于主筋阻挡未能贯通,则采取焊接于腹板连接板上的方式。

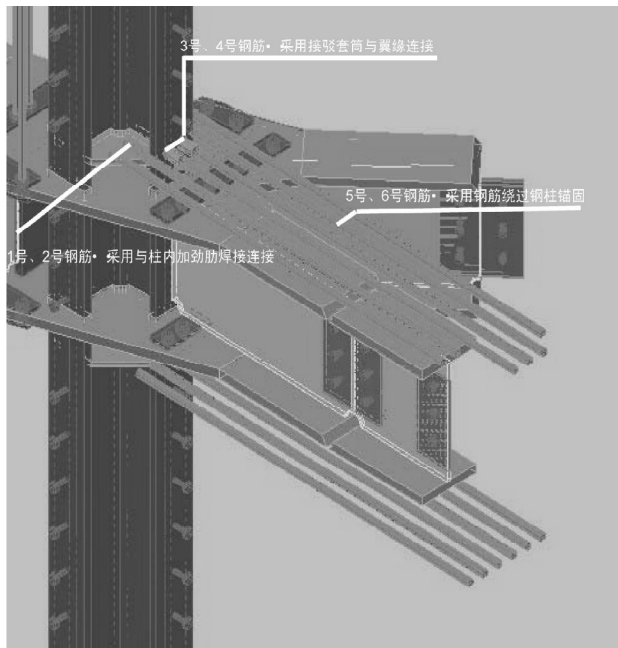


图8 梁钢筋与柱连接深化图

(梁柱钢筋连接深化图,1、2号钢筋采用与柱内加劲肋焊接连接,3、4号钢筋与钢柱翼缘采用型钢接驳套筒连接,5、6号钢筋采用钢筋绕过钢柱进行锚固)

5.3.5 柱与柱分段之间的连接节点

钢柱上下分段之间的连接,根据现场施工条件,采用在柱翼缘外增加耳板以及连接板,采用安装螺栓进行定位,采用翼缘、腹板均完全焊透的坡口对接焊缝的连接形式,焊接完成后,将耳板割除,钢柱焊接成型为一体。

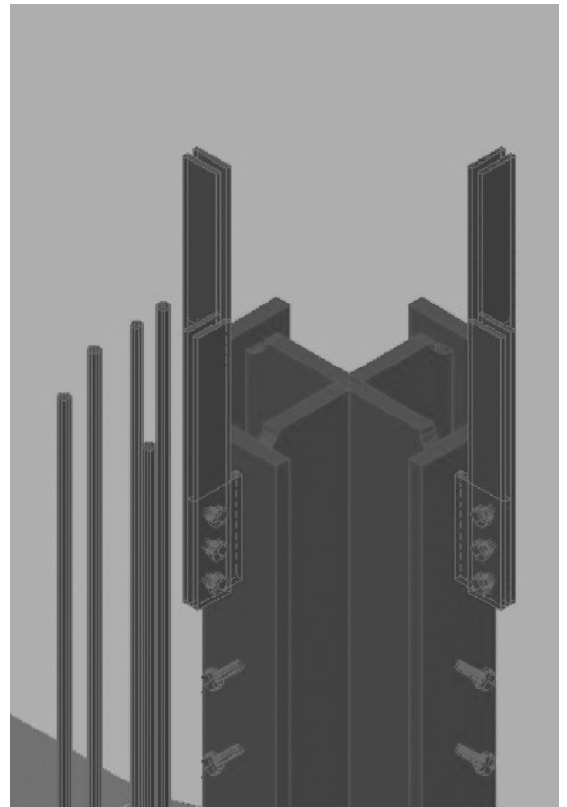


图9 柱与柱间连接节点构造大样

5.4 全状态三维效果图以及深化零件图出图

根据对各个节点细节进行深化设计后,最终得出梁柱复杂节点的全状态三维效果图,三维效果图可真实模拟现场施工情况下的钢筋穿插以及连接状态,对节点施工有着显著的直观操作效果。

根据三维效果图同时深化设计出零部件图,工厂可根据零部件图确定构件尺寸大小,并根据零件图进行构件的制作及安装,此节点采用三维软件深化完毕,其余节点同样依据此流程进行,利用软件完成剩余辅助深化设计任务。

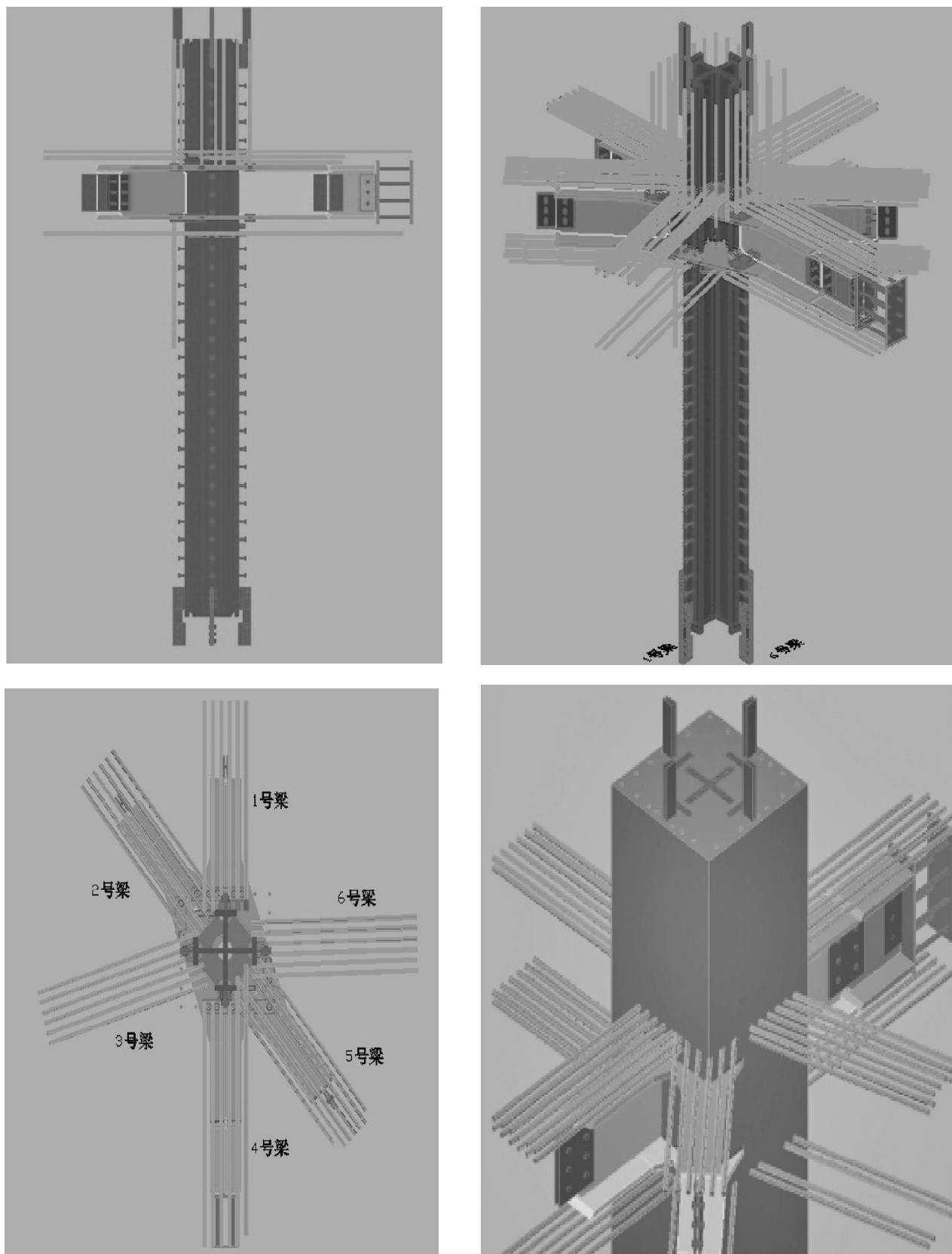


图 10 可以进行 360 度旋转及缩放的三维节点效果图

材 料 号							
软件号	零件号	截图规格	长度 mm	材质	数量	重量	
						单重(kg)	总重(kg)
KZQ3-11 件	c348	PL16*135	250.0	Q345B	4	4.2	17.0
	c1199	PL12*90	645.0	Q345B	8	5.5	43.7
	q105	PL25*200	280.0	Q345B	8	11.0	87.9
	q110	PL20*100	280.0	Q345B	6	4.4	26.4
	q112	PL20*100	280.0	Q345B	1	4.4	4.4
	q113	PL20*100	280.0	Q345B	1	4.4	4.4
	q115	PL16*135	250.0	Q345B	4	4.2	17.0
	q125	PL40*298	300.0	Q345B-Z15	1	28.0	28.0
	q126	PL40*298	300.0	Q345B-Z15	1	28.0	28.0
	q127	PL40*300	600.0	Q345B-Z15	1	56.5	56.5
	q135	PL40*291	300.0	Q345B-Z15	1	27.5	27.5
	q136	PL40*300	600.0	Q345B-Z15	1	56.5	56.5
	q137	PL40*300	600.0	Q345B-Z15	1	56.5	56.5
	q138	PL40*291	300.0	Q345B-Z15	1	27.5	27.5
	q139	PL40*300	600.0	Q345B-Z15	1	56.5	56.5
	q148	PL40*782	1425.3	Q345B-Z15	2	349.9	699.8
	q156	PL25*246	246.0	Q345B	4	11.9	47.5
	q157	PL25*246	246.0	Q345B	4	11.9	47.5
	q180	PL20*520	1000.0	Q345B	1	81.6	81.6
	q181	PL20*520	1000.0	Q345B	1	81.6	81.6
	q182	PL20*520	973.3	Q345B	1	79.5	79.5
	q183	PL20*520	972.9	Q345B	1	79.4	79.4
	q189	PL36*528	6366.0	Q345B	1	949.9	949.9
	q190	PL36*246	6366.0	Q345B	2	442.6	885.1
	q193	PL36*300	6366.0	Q345B	4	359.8	1439.2
						单件重量	4929.2
						总重量	4929.0
KZQ3-1		螺栓表构			件数量 1 件		
直径		长度	数量	标准	备注		
M20		80	6	C			
M20		80	6	C			
M24		80	3	C			
M24		80	6	C			
M24		80	6	C			
M24		80	6	C			
M24		80	23	C			
M19		80	98	栓钉	ML15		

备注:1. 本构件不需油漆。2. 本构件焊缝与细部构造详见节点通图,其余未尽事宜详见说明。3. 现场对接焊间隙已考虑,工厂间隙及垫板由制作工艺确定。

图 11 根据三维效果图深化的钢结构零件加工图

6 现场施工及总结



图 12 选用符合设计要求的钢板原材



图 13 采用先进数控切割机进行原材加工



图 14 根据零件图精确放样,采用埋弧自动焊保证构件质量



图 15 工厂内钢构件各零件焊接加工成型



图 16 钢结构柱节点进场吊装就位



图 17 翼缘开孔加强及柱纵向钢筋穿插

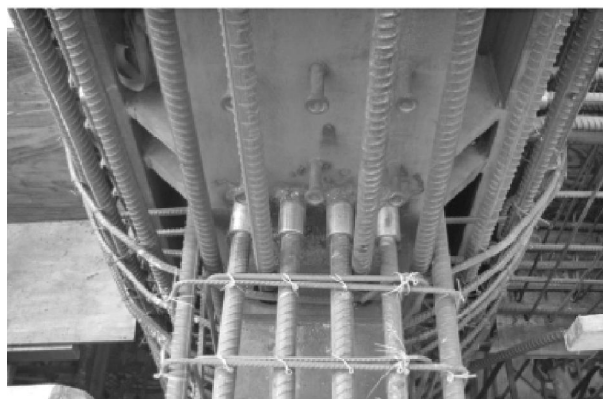


图 18 梁柱节点水平钢筋连接

(下转第 80 页)