

高层钢框架结构深化设计要点及建议

胡俊 刘玄 黄新宇 徐子康 王成
中建三局第一建设工程有限责任公司 湖北 武汉 430040

摘要：长鑫存储研发楼项目主体为钢框架+中心支撑结构，钢结构主要分布于地下一层、地上1~8层，建筑高度42.5m，平面尺寸249m×62.79m。钢构件形式有箱型柱、圆管柱、H型柱、H型梁，钢柱最大截面D1200×50mm，钢梁最大截面H1600×600×25×50mm。在钢结构深化设计管理工作实践中，对常见的问题和要点进行梳理和分析，形成一些建议。

关键词：高层；钢框架；深化设计；要点；楼承板

1 工程概况

长鑫存储研发楼项目，位于中国安徽省合肥市经开区启德路以西，光福路以北，为丙类生产厂房。项目总建筑面积14.4万m²。其中地上约10万m²，地下约4.3万m²。钢结构主要分布于主楼、智慧树、连廊。



图1 研发楼效果图

长鑫存储研发楼项目主体为钢框架+中心支撑结构，钢结构主要分布于地下一层、地上1~8层，建筑高度42.5m，平面尺寸249m×62.79m。钢构件形式有箱型柱、圆管柱、H型柱、H型梁，钢柱最大截面D1200×50mm，钢梁最大截面H1600×600×25×50mm。

中心支撑结构为3个独立布置的智慧树（呈漏斗形），最大高度41.3m，智慧树由箱型梁柱组成下部结构，上部结构为管桁架组成的圆形结构（直径31.4m），管桁架最大截面D273×10mm。

2 钢结构深化设计要点

2.1 钢结构节点优化

高层钢框架结构常见节点有：柱脚节点、梁柱节点、梁梁节点、斜撑节点、钢楼梯节点等。从节点的重要性来看，梁柱节点、梁梁节点常作为首要优化的对象。

1) 梁柱节点

梁和箱型柱节点设计图为栓焊连接（双夹板加高强度螺栓，上下翼缘及连接板熔透焊接，图2），梁和圆管柱节点为栓焊连接（双夹板加高强度螺栓，上下翼缘板熔透焊接，图3）。

度螺栓，上下翼缘及连接板熔透焊接，图2），梁和圆管柱节点为栓焊连接（双夹板加高强度螺栓，上下翼缘板熔透焊接，图3）。

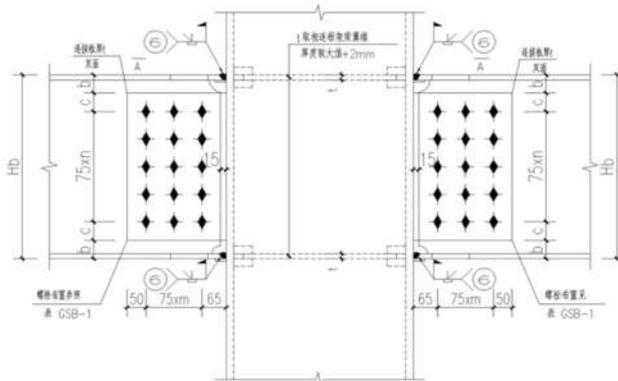


图2 原结构图梁和箱型柱节点

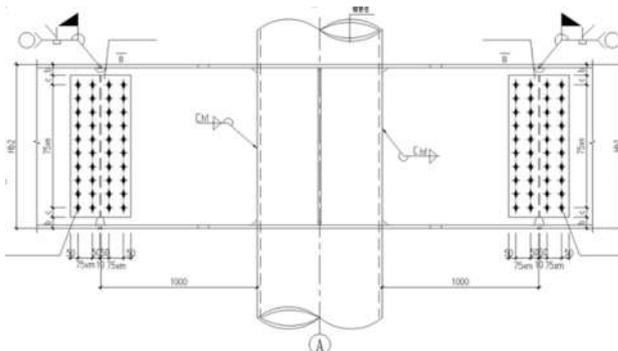


图3 原结构图梁和圆管柱节点

结构图中绝大多数的梁柱节点为刚接，从安装的便利性和成本角度考虑可以对梁柱节点进行深化优化，原双夹板梁柱节点可优化为安装螺栓加焊接的形式^[1]。除悬挑梁之外，箱型柱的梁柱节点可改为安装螺栓加焊接（图4）。当悬挑梁长度较短（1.5m以内）时，悬挑梁可和钢柱合并后加工。圆管柱的梁柱节点可以改成纯焊接的形式，在钢梁上翼缘加设安装马板以方便安装钢梁。

经优化后的梁柱节点可以节省连接板、高强度螺栓的用量，同时方便现场安装，提高施工效率。

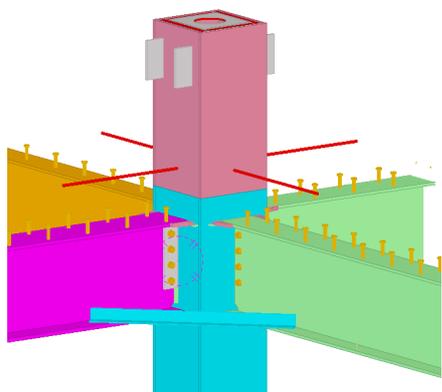


图4 梁和箱型柱节点优化后做法

2) 梁梁节点

梁梁铰接原设计图为单排高强螺栓加双夹板，外夹板与主梁现场焊接。

梁梁节点双夹板优化为单连接板螺栓连接，减少夹板焊接工作量、提高安装效率。经测算，高强螺栓数量增加和连接板用钢减少的整体经济效益为正，节点优化有利。

3) 其他节点

其他节点设计应从安装便利性、节省用钢的角度考虑，如钢楼梯休息平台钢梁可以深化连接到结构钢柱上，就可以减少钢梯柱。休息平台的花纹板如果深化成一整块，现场安装不好就位，实际安装前还得现场分

割，直接进行分块设计就可避免现场分割。

深化设计前期确认钢筋连接方式时，可供选择的连接方式有钢筋连接器、加劲板+钢筋连接板、开孔连接等形式。各种形式均按不同节点位置进行设计，并反映在深化设计图纸上，以避免现场临时加焊连接器或钢筋连接板^[2]。

2.2 构件分段分节

对于高层钢框架结构，主要以塔吊作为构件吊装机械，塔吊的作业半径和最大起重量都是固定的，这就决定了每个安装位置的最大吊重。每个柱位对应塔吊的最大起重量都需计算，每个钢梁都需要进行工况分析（当钢梁重量小于塔吊最小起重量且在塔吊覆盖范围内时，可不进行分析）。

根据每个柱位的最大起吊重量和每根钢梁重量，结合构件结构特点和运输尺寸限制要求，进行钢柱和钢梁的分节分段。

钢柱分节还要结合现场的安装计划，分节后便于加工和安装进度的控制。

由于场地、道路的限制，构件的分段分节还需要考虑卸货时塔吊的覆盖能力，要保证卸货塔吊、转运塔吊的吊装重量大于构件重量，构件最大重量不能超过塔吊的吊装范围交集区域对应的起重量，见图5。构件倒运要考虑楼层中无足够大的楼板用来转运的情况。塔吊的说明书显示的起重量要减去一个余量（吊钩、钢丝绳、富裕值之和至少约0.5t）才是构件的最大允许重量。

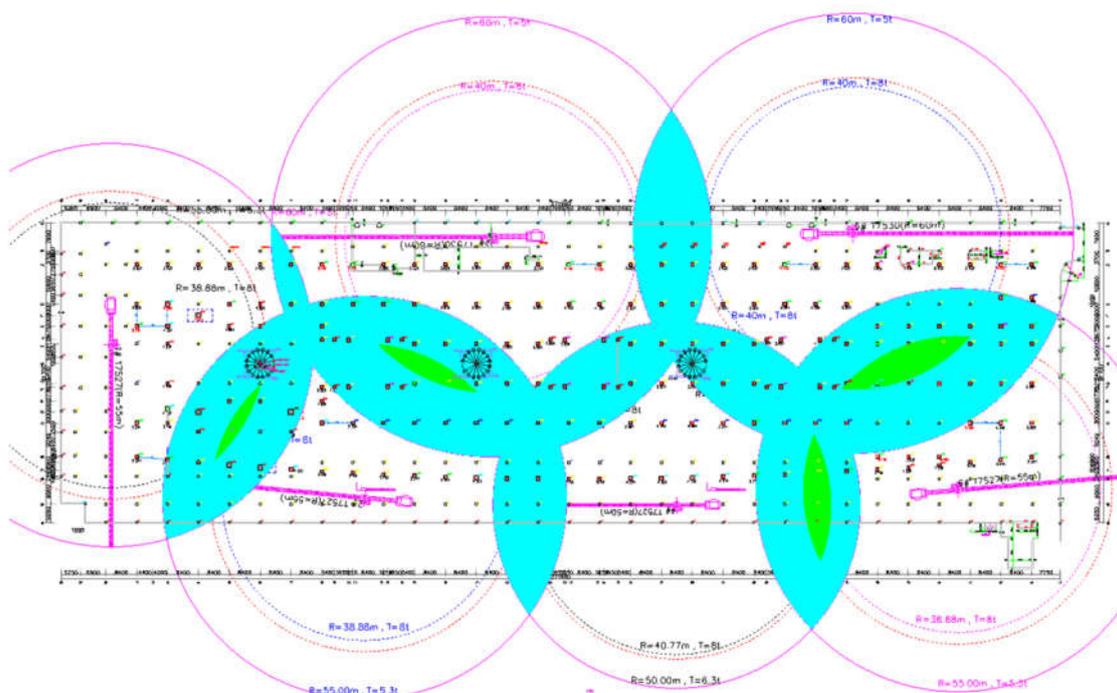


图5 塔吊间构件倒运工况示意

由于高层钢框架结构钢梁规格多，每一层的钢梁布置也不相同，需要对每一根钢梁进行重量计算以分析工况，工作量较大。可以对所有的钢梁规格进行统计，结合线重量计算出当钢梁重量超出最小塔吊吊重时的最小长度，以此长度筛选需要进行单独分析的钢梁范围，减少钢梁工况分析的工作量。

当钢梁单根重量超出塔吊的吊装性能而需要进行塔吊倍率转换时，需先尽可能地将钢梁重量分配到其连接的钢柱上。倍率转换后，钢梁的重量不能超过塔吊吊重的0.9倍。

由于高层钢框架的钢梁安装高度较高，现场道路场地空间有限，移动式吊车使用不便，一般尽量现场塔吊设备进行钢梁吊装。无法进行整根吊装的钢梁，可分成两段，由两个塔吊分别吊装，在空中使用连接板对接，吊装过程需要严密监控确保安全，对大跨度钢梁是一种较为经济实用的吊装方法。

2.3 安装措施及安防措施的深化

高层钢框架结构常见的安装措施有：吊装孔、吊耳、马板、托板、临时对接连接板、钢柱灌浆孔垫板。常见的安防措施有：钢梁水平安全网挂钩、钢柱生命线挂环。

钢柱、钢梁吊耳的设置与计算：在深化设计前期，应和安装单位沟通协调，对每种构件吊装措施设计进行交底。钢柱、钢梁的吊耳板的设置和规格，在各方同意后按规定设置^[3]。

吊耳尺寸需要根据构件重量进行选择，大于3吨的构件，吊耳尺寸需要加大保证吊装的安全，大于10吨的构件，吊耳需要加厚并开焊接坡口。

钢梁水平安全网挂钩：水平安全网挂钩深化在钢梁下翼缘，随构件加工，减少安装及拆除安全网卡扣的工作量和降低安全风险。安全网挂钩通常在框架梁下翼缘上表面，在靠近梁柱节点位置，挂钩需要加密避免角落位置开口过大。

钢柱生命线挂环：钢柱上深化生命线挂环，挂环宜用 $\phi 8\text{mm}$ 的圆钢冷弯形成。生命线直接通过挂环穿过钢柱，减少了现场安装生命线卡扣的工作量，方便了生命线安装。

2.4 深化建模及出图常见错误

由于深化设计人员对钢构件加工工艺、现场安装工艺的了解有限，加上深化出图工期紧张，深化人员水平各异，建模及出图出现的错误较多，以下为高层钢框架深化设计常见问题：

1)对原设计图理解偏差

深化设计人员对原设计图的理解偏差，常见的有埋

件标高错误；

2)未进行碰撞检查

钢结构和土建衔接位置，往往需要进行2个专业的模型进行碰撞校核才能提前发现一些设计冲突的地方，实际情况中发现楼梯钢梁和混凝土楼梯梁发生碰撞，造成钢梯梁埋件无法安装。

3)坡口漏开

高层构件钢梁数量巨大，钢梁坡口漏开现场在深化前期比较普遍；

4)悬挑梁没有双夹板加高强度螺栓

深化设计人员疏忽，造成个别悬挑梁没有双夹板或是直接是刚接节点，对现场安装造成影响。悬挑梁安装需要靠高强螺栓进行固定，必须要有多排高强螺栓加双夹板；

5)螺栓规格错误

由于栓接节点较多，深化人员未对所有的节点进行碰撞检查，造成有些螺栓长度不够。生成的螺栓清单不准确，导致现场螺栓采购规格数量与实际不符，最终形成材料采购的浪费和混乱局面。

6)零件归类错误造成加工错误

钢柱上的连接板归类到钢梁上，造成加工的钢柱缺少连接板，钢梁到场后无法直接安装钢梁，给现场吊装工作造成很大麻烦，原因是建模时深化人员没有仔细检查连接板的归属；

7)建模零件遗漏

梁梁连接的节点连接板缺失，加劲板缺失，造成现场钢梁安装受阻，后续还得补焊劲板、连接板。

8)深化图标注缺失

楼梯花纹板的花纹面朝向未标注，车间工人难以判断朝向，造成花纹板切割面反了，现场安装花纹面都不一致。深化图中材料表中有的连接板是现场件未标注，造成现场缺少连接板。

9)安装工艺措施、安环措施深化遗漏

由于钢柱钢梁都需要吊装措施、安环措施，需要深化设计大量的吊耳、马板、挂钩等措施，因数量多，故容易遗漏，需要审图人员花费较多的时间去排查深化模型。

2.5 制作厂反馈深化设计的常见问题

图纸标识不全，标识的字体、图幅大小不方便打印看图，标注的尺寸不实用、尺寸不齐全，

更新的图纸标注不清晰，图纸、清单的替代关系不清晰，备注不详细。

2.6 深化设计工作的总体思路



图6 钢框架结构深化设计流程

3 钢筋桁架楼承板深化设计要点

3.1 临边、洞口位置的深化

临边、洞口位置的楼承板深化需要将结构图和建筑图结合起来检查，看是否存在板边线不一致、洞口不一致的情况，这些检查可以提前发现原设计的一些不合理、遗漏的问题，可避免后续施工再出现问题难以处理的情况。

3.2 屋面洞口的处理

高层钢框架结构屋面有集水井，集水井标高低于楼承板，需对楼承板进行开洞。楼承板深化设计将此部分归到现场处理，在楼承板深化图上应标识出楼承板现场开洞尺寸及定位，并标明支撑措施需求、开洞的前提条件等。

3.3 楼承板超跨度位置的反顶

高层钢框架结构楼面钢梁布置情况较为复杂，不可避免有些部位楼承板的跨度超过施工时允许的最大安全跨度，这就需要对局部楼承板进行反顶支撑。楼承板深化图需要用云线标记出需要反顶支撑的区域范围，并进行文字标记说明。

对于截面较小而跨度大于8m的次梁，为避免楼板浇筑过程中钢梁下挠太大，楼板浇筑前需要对次梁进行支撑，跨度小于8m的楼板，待混凝土强度达到设计强度的75%以上方可拆除支撑，大于8m的楼板，待混凝土强度达到设计强度后方可拆撑^[4]。

3.4 楼承板铺设方向和跨度的选择

楼承板铺设方向一般垂直于次梁，大面上楼承板铺设方向尽量相同，方便附加钢筋的穿插。跨度上保证尽量出现连续跨，尽量避免简支跨度的出现。

3.5 楼承板图纸的标注要点

楼承板标注力求简洁明了，同一跨内编号一样的楼承板可以集中标记，写上数量和编号。长度相近的楼承板规格尽量统一，方便归类标记。楼承板编号体现出楼层号、分区号、序号。如CX-8A-1。

4 结语

长鑫存储研发楼项目总用钢量约1.4万吨，构件数量达2.5万件，在前期深化策划、建模审核、工厂加工、现场安装问题反馈等多个环节的考验下，项目技术部对高层钢框架结构深化设计工作总结出一些深化设计要点及建议，以期对后续类似的高层钢框架结构深化设计提供参考，使深化设计更好地服务于建设项目的实施。

参考文献

- [1] 中国建筑标准设计研究院 16G519多、高层民用建筑钢结构节点构造详图. 北京: 中国计划出版社, 2016.24-26.
- [2] 冉涛.超高层钢结构工程深化设计的几点做法[J]. 建筑技术,2019年12月,第50卷第12期:1472.
- [3] 赵建国.超高层钢结构深化设计与管控[J].建筑施工,2016年5月.第38卷第5期.592.
- [4] 刘佳,熊壮,陈敏敏,胡志军,田旭.钢筋桁架自承式楼板施工技术[J].施工技术.2013年10月下第42卷第20期:79.