

钢结构深化设计优化的探讨

黄云鹤

上海建浩工程顾问有限公司 上海 200030

摘要：随着建筑行业的快速发展，钢结构作为现代建筑的主要结构形式之一，其设计优化的重要性日益凸显。首先概述了钢结构深化设计的基本概念与原则，接着分析了当前钢结构深化设计中存在的问题和挑战，包括材料利用、节点设计、施工便捷性等方面的不足。在此基础上，文章提出了针对性的优化策略，优化节点连接方式、提升施工精度、施工效率等。通过具体案例分析，验证了这些优化策略在提高钢结构整体性能、降低成本、缩短工期等方面的积极作用。^[1]文章最后展望了钢结构深化设计优化的发展趋势，强调了多学科交叉合作在推动钢结构设计创新中的重要性。

关键词：钢结构；深化设计；优化；案例分析

前言

钢结构因其强度高、自重轻、施工速度快等优点，在桥梁、高层建筑、大跨度空间结构等领域得到了广泛应用。随着绿色建筑和可持续发展理念的深入人心，如何进一步提高钢结构的设计水平，实现其性能与成本的最优化，已成为当前建筑领域的研究热点。钢结构深化设计作为连接理论设计与实际施工的关键环节，其重要性不言而喻。本文旨在探讨钢结构深化设计的优化方法与实践，以期钢结构设计领域的创新发展提供有益参考。

1 钢结构深化设计优化的重要性

钢结构优化是通过初步设计方案进行多维度评价和迭代升级，最终形成综合性能最优的结构体系解决方案。它主要包括以下几个方面的内容：

1.1 方案的经济性评估

对备选方案进行经济性比选,重点考量：

1.1.1 主材采购与附属构件成本构成

1.1.2 装配式施工技术应用产生的功效提升

1.2 方案的可行性评估

1.2.1 工法复杂度与现有技术装备匹配度

1.2.2 配非标构件加工精度控制可行性

1.3 参数化协调优化

1.3.1 节点构造的自动碰撞检测与优化

1.3.2 出图深度与预制加工数据的无缝对接

1.3.3 充分考虑施工现场安装操作空间与深化图纸严谨性及专业性

1.4 深化设计与优化的重要性主要内容

在成本降低、性能提升、施工便利、环保节能、安全保障、长期效应、法规符合、可持续性等方面。一般现场钢结构的优化主要是优化结构安装方式等，主要

是节省施工工期和在保证工程质量的基础上降低施工难度、提高安全系数。常见的优化一般为结构分段、临时措施设计、节点连接设计等。结构分段的优化。

2 案例分析

2.1 劲性钢柱连接节点出楼层结构标高高度

由于劲性钢柱连接节点出楼层面高度过低。该劲性钢柱对接连接点横焊焊缝焊接难度大，上节柱翼腹板坡口受出结构标高影响，横焊就是焊缝成水平布置，大致与眼平齐，位置的不同主要是焊接时焊条或焊枪、熔池和焊缝的空间位置不同，在焊接过程中，焊缝施焊过程中熔池受环境及操作空间的影响，对焊接熔池的成型影响也不尽一样。焊接操作难度与焊接位置有直接关系，导致焊缝成形较差，内在焊接缺陷多，工作效率差。

2.1.1 现场处置方法：

1) 焊缝对接位置应选择在钢柱截面的强度最大处，以确保焊接接头的强度满足设计要求。

2) 刚度原则：焊缝对接位置应选择在钢柱刚度较大的区域，以保证焊接接头的刚度满足结构设计的要求。

3) 稳定性原则：焊缝对接位置应选择在钢柱稳定性较好的区域，避免焊接接头在使用过程中发生变形或失稳。

4) 焊接过程中，对接口的位置和高度对焊接质量产生显著影响。在低高度下，焊接操作可能受到楼面障碍物，施工环境和其他因素的影响，导致操作困难，焊接质量不稳定。在高高度下，虽然减少了这些干扰，但可能会增加焊接难度，如风力影响、热传导等。

5) 在实际施工中，除了考虑对接焊缝的焊接质量外，还需要考虑施工效率、施工安全、成本等因素。不同高度的焊接操作对工人的技能要求、施工设备的需

求、施工效率和安全保障都有所不同。此外,楼层的高度和布局,以及施工现场的环境条件也是决定最佳焊接高度的关键因素。

6) 综合考虑焊接质量、施工效率和安全等因素,建议劲性钢柱对接口距楼面的高度应在0.8米至1.2米之间。这个高度既能保证焊接操作的便利性和安全性,焊道观察清晰度又能保证焊接质量。当然,具体的高度还应根据实际施工环境和条件进行调整。

深化设计优化前后对比如图1、2所示



图1、图2优化前优化后对比图

2.2 交叉型钢牛腿连接节点

钢结构深化设计和审图单位未对钢结构箱梁的节点尺寸是否满足现场焊接工人操作空间,导致1号与2号箱型牛腿夹角角度过小,与后续对接钢梁的内侧焊缝无法实施焊接。(备注:原深化设计牛腿端部翼腹板均为外置坡口)若按此实施,该牛腿与连接箱型钢梁内侧焊缝无法连接。监理在深化设计时提出了解决方法,即牛腿长度方向延伸300~500mm,使牛腿间距扩大满足焊接要求。

2.2.1 现场处置措施:

- 1) 在构件未吊装前在箱型牛腿腹板火焰切割开设焊接人孔。人孔切割下来的钢板点焊固定于牛腿;
- 2) 人孔切割好后,沿人孔四周边缘开35°单面坡口;
- 3) 坡口边缘用打磨机对坡口边缘氧化铁进行清理打磨;
- 4) 在人孔内侧四周安装6*30*60扁钢衬垫板;
- 5) 在牛腿腹板端部外侧安装6*30*60扁钢衬垫板,衬垫板板最外端平齐,实施对原有坡口焊接填平;
- 6) 坡口填平后火焰切割开设内坡口;
- 7) 钢柱安装就位后,与后续钢梁实现对接合拢;
- 8) 焊工通过人孔对内置坡口对接焊缝进行焊接;
- 9) 内置坡口对接焊缝焊接完成后,人孔板安装于人孔,并与衬垫板紧密贴合点焊加固。
- 10) 人孔板四周焊缝全熔透焊接,待牛腿其余焊缝焊接完成后进行无损检测。

深化设计原图及现场处置措施如图3、4所示

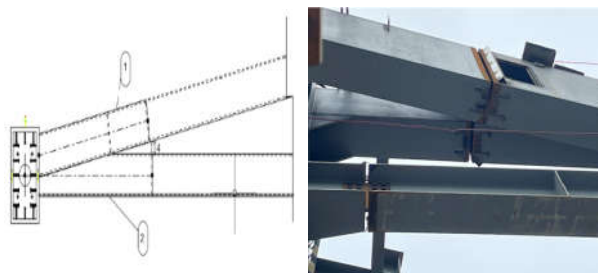


图3、4深化设计原图、现场措置措施

2.3 劲性钢柱与混凝土框架梁连接方式

2.3.1 核心筒外框有时采用钢柱+混凝土梁的结构形式

这种形式下设计时的框架梁承受荷载较大,设计时一般采用数量较多、直径较大的钢筋作为梁主筋。往往钢柱联系的框架梁一般数量也较多,一般至少3条梁以上。而且柱内有劲性钢柱或钢管柱占据了柱截面的较大位置。因此梁柱节点部位钢筋工程的施工以及施工质量的控制一直比较困难。此区域在混凝土浇筑过程中,由于混凝土骨料较大,极有可能骨料填堵在搭接板两侧,造成该区域混凝土出现空鼓断层现象,影响柱的承载力,危及结构安全。

2.3.2 钢管柱与框架梁钢筋的连接

一般来讲,钢管柱与框架梁钢筋的连接一般采用设置上、下两层连接板的方式进行钢筋连接,连接板事先在钢柱制作时焊接在钢柱上,连接板的焊接高度应考虑梁主筋分布和钢筋保护层的高度。现场框架梁主筋与连接板连接时采用双面焊或单面焊进行。

2.3.3 劲性钢柱与框架梁钢筋的连接方式

对于劲性钢柱与框架梁钢筋的连接方式,劲性钢柱两个正面与钢筋连接时可以采用连接板方式进行钢筋焊接。但由于劲性钢柱的不规则性,在两侧面时若采用连接板方式,可能会导致部分钢筋与连接板焊接时焊缝长度不能满足设计要求,此时可事先在劲性钢柱柱身与梁钢筋连接处采用钢筋直螺纹套筒方式进行,在优化时需严格把控好直螺纹套筒的平面布局和套筒方向,否则容易造成梁主筋无法与套筒连接。此外,劲性钢柱两侧面的钢筋连接方式也可以采用弯锚的方式解决,弯锚段的梁钢筋可以插入至劲性钢柱两侧空当处。

2.3.4 柱混凝土标号与梁混凝土标号不一致

此外由于劲性柱混凝土标号与梁混凝土标号不一致,若不采取适当措施,梁柱节点的混凝土工程施工时容易产生“夹心”的质量缺陷影响柱整体承载力。

2.3.5 劲性钢柱外围包裹混凝土

劲性钢柱外围包裹混凝土时,混凝土柱钢筋主筋与

劲性钢柱的连接方式与上文所说的框架梁连接方式较类似。在深化设计时，可以提前在劲性钢柱下方设置套筒或竖向连接板，这样可以方便现场施工

2.3.6 劲性钢柱与混凝土框架梁（钢筋搭接板连接）

1）搭接板与搭接板的间距及搭接板与劲性钢柱牛腿下翼板间距过小。

2）上下二层钢筋搭接板间距过小，导致混凝土框架梁主筋与搭接板间距小，受焊接操作面空间狭小，无法实施双面5D或单面10D焊接。

3）搭接板与搭接板及搭接板及钢牛腿下翼板与搭接板间距过窄，外加钢筋直径较大，此区域在混凝土浇筑过程中，由于混凝土骨料较大，极有可能骨料填堵在搭接板两侧，造成该区域混凝土出现空鼓断层现象，影响SRC柱承载力，危及结构安全。

2.3.7 优化方案：

1）上下两排钢筋搭接板由钢筋直螺纹套筒替代，水平向布置。

2）上下两排钢筋直螺纹套筒交替布置

钢筋搭接板间隙小如图5、6



图5、图6钢筋搭接板间隙小

2.4 钢柱节点设计优化

多高层钢结构工程中，钢柱贯通和梁贯通是两种常见的结构形式，它们在结构力学方面存在一些区别。

2.4.1 受力特点：钢柱贯通的结构形式中，柱子是主要的承重构件，通过与梁的连接承受垂直荷载和水平荷载。梁贯通的结构形式中，梁是主要的承重构件，通过与柱子的连接承受垂直荷载和水平荷载。

刚度要求：钢柱贯通的柱子通常需要具有较大的刚度，以提供足够的承载力和稳定性。梁贯通的梁通常需要具有较高的刚度，以抵抗弯矩和剪力的作用。

2.4.2 节点连接方式：钢柱贯通的柱子通常与梁采用焊接或螺栓连接，节点连接强度高，能够传递较大的力。梁贯通的梁通常采用焊接或螺栓连接，节点连接强度较高，能够传递一定的力。

2.4.3 适用范围：钢柱贯通适用于柱身个净高较大、

空间跨度较小的结构形式，确保钢柱承载力和结构稳定性。梁贯通适用于高度较低、跨度较大的结构形式，能够提供较好的抗弯和抗剪能力。

2.4.4 在钢结构前期深化时需先对节点进行受力特点、刚度要求分析，合理选取贯通方式。以工程某一节点图为例，现场采用的梁贯通的形式进行加工、安装。但此节点焊接节点多、且焊接节点多处于高空作业，不利于焊接质量控制，且施工效率低，焊接收缩量。建议钢结构深化设计时采用柱贯通的形式。现场钢柱实况如图7所示



图7 现场钢柱实况

2.4.5 当与钢柱四面连接的梁高不一致，又相差不多时，为了避免在梁柱节点处

把柱子切分得太碎，焊缝太多，增加工作量，并出现焊接应力集中现象，影响节点的承载能力，可以把高度和其他方向不一致的梁在端部做成变截面，连接到按另一个方向上梁高对应的隔板上，这样能有效减少梁柱节点处隔板的数量。

3 结语

钢结构工程设计优化有利于实现可持续发展的目标。钢结构具有轻质高强、可回收利用等特点，符合绿色建筑的发展趋势。通过优化设计，可以进一步减少钢材的用量和能耗，降低建筑物的碳排放和环境影响，从而有利于实现可持续发展的目标。通过对钢结构深化设计优化的系统探讨，我们可以清晰地认识到，设计优化在提高钢结构性能、降低工程造价、提升施工效率等方面具有显著作用。随着科技的进步和建筑行业的不断发展，钢结构深化设计的优化策略将不断得到更新和完善。未来，我们期待通过多学科交叉合作，不断推动钢结构设计理论的创新，为实现建筑行业的绿色可持续发展贡献。

参考文献

- [1]张伟，杜晓丽. 浅谈钢结构厂房仓库的优化设计[J].中国科技财富，2010（10）