

钢结构劲性柱钢筋连接施工技术

张 俊 朱林峰

浙江大东吴建筑科技有限公司 浙江 湖州 313017

摘 要：本文依托上海交通大学闵行北校区未来技术策源创新区项目施工实践，系统分析劲性柱钢筋排布与连接的施工难点，详细阐述 tekla 深化前置、直螺纹机械连接、型钢焊接连接、复杂节点箍筋补强等全套施工工艺，细化各工序操作标准与技术参数，归纳现场高频质量通病并提出针对性防控措施，形成一套标准化、精细化的劲性柱钢筋连接施工技术体系。工程实践表明，该技术体系可有效规避钢骨与钢筋施工冲突，显著提升钢筋接头施工质量与节点整体性，保障劲性柱协同受力性能，可为同类大型建筑劲性结构施工提供可靠的技术参考与工程借鉴。

关键词：钢结构劲性柱；钢筋连接；直螺纹套筒；节点施工；质量控制；tekla 深化

引言：钢结构劲性柱是钢结构中常用的构件，其在建筑结构中具有重要作用。而钢筋连接是劲性柱中的关键构造之一，其质量直接关系到整个钢结构的安全性和稳定性。因此，钢筋连接的施工技术显得尤为重要。本文旨在对钢结构劲性柱钢筋连接施工技术进行浅析，以期对相关工程实践提供一定的参考和指导。

1 工程概况

上海交通大学闵行北校区未来技术策源创新区项目地下室采用箱型、圆管、十字型劲性柱，地上部分采用箱型、圆管柱、焊接 H 型梁、焊接箱型梁。地下 1 层，地上 17 层，钢材材质为 Q355B 和 Q390B，最大板厚 50mm。

2 施工难点分析

本工程钢结构劲性柱梁柱节点处钢筋排布较密集，钢结构劲性柱与钢筋连接处设置搭接板，钢筋与搭接板交错布置，梁柱节点处钢筋与搭接板焊接施工空间狭小，工人焊接受限制，钢结构劲性柱与钢筋连接作业时相应区域土建作业难以进行交叉。工程使用钢筋直径较大，钢筋硬度大、重量大、钢筋密，遇到钢结构劲性柱难以避让，钢筋与钢结构劲性柱的连接位置和劲性柱腹板开孔位置要求精度高^[1]。型钢劲性柱节点类型较多，在复核原结构设计安全的前提下，还需满足钢结构加工与现场施工便利。

3 施工总体方案与前期准备

3.1 施工方案选型

结合劲性柱钢筋规格、节点构造及施工工况，本工程采用机械连接为主、焊接连接为辅的组合施工方案。对于直径 $\geq 16\text{mm}$ 的纵向主力受力钢筋，全部采用直螺

纹套筒机械连接，配套可焊套筒与钢骨翼缘、腹板固定连接驳，保障接头高强度、高稳定性；对于直径 $\leq 14\text{mm}$ 的箍筋、分布筋、拉结筋及狭小空间无法机械连接的钢筋，采用双面搭接焊、帮条焊工艺连接^[2]。

3.2 tekla 前置深化设计

为从源头解决钢骨与钢筋碰撞问题，施工前采用 tekla 技术建立劲性柱节点三维模型，对钢骨、纵筋、箍筋、梁筋进行全维度建模模拟。通过模型排查钢筋与钢骨的碰撞冲突，优化钢筋排布路径、套筒预埋位置、箍筋分段形式，提前确定钢筋穿插顺序、接头错开位置、节点补强方案。针对复杂梁柱节点，通过三维可视化交底，明确每一根钢筋的安装位置、连接方式、施工顺序，避免现场盲目施工导致的钢筋返工、排布混乱问题。同时根据模型优化结果出具深化施工图，精准指导现场标准化施工^[3]。

3.3 材料与设备准备

所有进场材料必须具备出厂合格证、力学性能检测报告、型式检验报告，进场后按规范要求抽样复检。钢筋采用国标热轧带肋钢筋，表面无锈蚀、弯折、裂纹、油污等缺陷；直螺纹套筒选用优质碳素结构钢加工而成，套筒内外丝牙均匀、无毛刺、无变形，规格与钢筋精准匹配；焊接选用低氢型焊条，杜绝劣质焊条影响焊接质量。施工设备提前调试校验，主要包括直螺纹套丝机、扭矩扳手、交流弧焊机、钢筋切断机、全站仪、激光定位仪等。其中扭矩扳手、检测仪器必须经专业机构校验合格并在有效期内使用，套丝机定期更换磨损刀具，保证丝头加工精度，所有设备调试完成后方可投入施工^[4]。

3.4 测量定位与放线

依据结构控制线、标高控制点,采用全站仪精准测设劲性柱钢骨中心线、柱外边线、钢筋排布控制线、套筒预埋标高及接头位置,使用墨线、油漆做好醒目标记。定位过程严格控制偏差,钢筋定位中心线偏差 $\leq 3\text{mm}$,套筒标高偏差 $\leq 5\text{mm}$,确保钢骨安装、钢筋连接位置精准,从源头控制钢筋偏移、接头错位问题。

4 关键施工工艺与详细操作要点

4.1 钢筋直螺纹套筒连接施工工艺

直螺纹套筒机械连接是劲性柱主力纵筋的核心连接工艺,整体施工流程标准化、流程化,具体为:钢筋下料调直 $\rightarrow$ 端面打磨 $\rightarrow$ 丝头加工 $\rightarrow$ 丝头质检 $\rightarrow$ 套筒预埋焊接 $\rightarrow$ 钢筋对接安装 $\rightarrow$ 扭矩紧固 $\rightarrow$ 接头复检 $\rightarrow$ 标识保护^[5]。钢筋下料阶段,必须采用砂轮切割机进行切断作业,严禁使用气割、钢筋切断机剪切,避免钢筋端面凹凸不平、产生马蹄口,影响丝头加工精度。下料后对钢筋端部进行调直、打磨,清除端面毛刺、铁锈、杂物,保证钢筋端面与轴线垂直,垂直度偏差不超过 1° 。丝头加工严格按照钢筋规格匹配对应刀具与加工参数,常见HRB400钢筋丝头加工长度控制在 $55\sim 65\text{mm}$,丝牙饱满、螺距均匀,无断牙、烂牙、偏丝等缺陷。加工完成后,逐一进行外观检查与卡尺测量,不合格丝头立即切除重新加工。合格丝头及时佩戴专用防护帽,防止运输、吊装过程中磕碰变形、受潮锈蚀。套筒与钢骨连接采用预埋焊接工艺,根据tekla深化定位标记,将可焊接套筒精准固定在钢骨翼缘、腹板预设位置,采用对称点焊临时固定,校准垂直度与位置偏差后进行满焊施工。焊接采用分层分段对称施焊工艺,单次焊接长度不宜过长,有效控制焊接热输入量,避免钢骨产生弯曲、扭曲变形。焊接完成后彻底清理焊渣,检查焊缝成型质量,确保焊缝饱满、无缺陷^[6]。钢筋对接安装时,人工配合吊装将纵筋缓慢对位,将钢筋丝头平稳旋入套筒,确保两侧丝头伸入套筒长度基本一致,外露丝头不超过2牙。对接完成后使用标定合格的扭矩扳手按照规范扭矩紧固, $\Phi 16$ 钢筋扭矩值控制在 $80\text{N}\cdot\text{m}$ 、 $\Phi 20$ 钢筋控制在 $100\text{N}\cdot\text{m}$ 、 $\Phi 25$ 钢筋控制在 $130\text{N}\cdot\text{m}$,杜绝漏拧、超拧、假拧问题。紧固完成后统一做好标识,避免后续工序扰动接头。

4.2 钢筋焊接连接施工工艺

焊接连接主要适配箍筋、小型纵筋及狭小节点钢筋接驳,常用工艺为双面搭接焊、帮条焊。施工前必须完成焊接工艺评定,根据钢筋规格、钢材材质确定最优焊

接电流、焊条型号、焊接速度与层道数,焊接作业人员必须持证上岗,严禁无证施焊^[7]。施焊前彻底清理钢筋接头、钢骨焊接区域的铁锈、油污、氧化皮,保证焊接面洁净干燥、无杂物。搭接焊钢筋搭接长度严格按规范执行,双面焊搭接长度 $\geq 5d$,单面焊搭接长度 $\geq 10d$,焊缝厚度、宽度满足设计要求。施焊过程中采用短弧、匀速、分层焊接,避免电弧过长导致焊缝产生气孔、夹渣,杜绝快速施焊造成的未熔合、未焊透缺陷。为规避钢骨热变形,严格遵循“对称、分段、间歇”施焊原则,同一区域禁止长时间连续焊接,每焊接一段暂停散热,减少局部高温应力集中。焊接完成后严禁浇水急速冷却,让焊缝自然降温养护,防止焊缝表层骤冷产生微裂纹。冷却后人工清理全部焊渣,对焊缝外观进行全面检查,缺陷焊缝必须彻底铲除后重新焊接。

4.3 复杂节点箍筋安装与补强工艺

劲性柱钢骨阻断箍筋贯通路径,是箍筋施工的主要难点。针对钢骨遮挡部位,采用开口箍筋分段制作、现场焊接封闭的施工方式,严禁随意减小箍筋间距、删减箍筋数量。箍筋制作尺寸精准,弯钩角度、平直段长度符合抗震规范要求,保证箍筋对核心混凝土的约束效果。箍筋安装自下而上逐层进行,与纵向钢筋逐点绑扎、焊接固定,保证箍筋间距均匀、排布规整。梁柱节点核心区属于抗震关键部位,钢筋密集、应力集中,需额外增设附加箍筋、拉结筋进行节点补强,加密箍筋布置,强化节点整体性与抗剪性能。同时采用定型塑料垫块、高强水泥垫块均匀布置,严格控制钢筋保护层厚度,杜绝钢筋外露、保护层超标问题,保障混凝土与钢筋、钢筋的粘结锚固性能。

5 全过程质量控制与验收标准

5.1 工序过程质量管控

建立“班组自检、工区互检、项目部专检”的三检制度,实现每道工序全过程可控、可追溯。丝头加工实行“逐根检查、逐批验收”,每加工50个丝头随机抽检外观、尺寸,不合格批次全部返工;套筒焊接、钢筋对接工序完成后,班组先行自检,整改合格后上报质检人员复检,验收通过后方可进入下道工序。严格管控钢筋接头排布,同一截面内钢筋接头面积百分率严格符合抗震设计要求,受力钢筋接头相互错开,接头间距、搭接长度满足规范标准,禁止接头集中布置在节点核心区、柱身加密区等关键受力部位。施工全过程做好成品保护,钢筋连接完成后严禁随意踩踏、撬动、碰撞,防止接头松动、钢筋偏移、丝头损伤^[8]。

5.2 外观质量验收标准

机械连接接头外观要求：接头紧固到位，无松动、错扣、歪斜现象，两侧丝头外露均匀，外露牙数控制在1~2牙，接头顺直、无明显弯折变形。焊接接头外观要求：焊缝成型平整饱满，焊波均匀，无气孔、夹渣、咬边、裂纹、未熔合等质量缺陷，焊渣清理干净，钢筋无明显烧伤、弯曲变形。钢筋整体排布横平竖直、间距均匀，保护层厚度达标，箍筋加密区布置规范，节点补强钢筋齐全到位。

5.3 力学性能试验检测

严格按照规范要求开展抽样送检，钢筋机械连接接头每500个为一个验收批，不足500个按一批计，每批随机抽取3组试件进行单向拉伸力学试验，接头抗拉强度、残余变形必须满足JGJ107-2016中I级接头标准，确保接头强度高于钢筋母材强度。钢筋焊接接头每300个为一个验收批，抽样开展拉伸与弯曲试验，检测不合格的批次加倍复检，复检仍不合格则全部返工处理。

6 常见质量通病及专项防控措施

6.1 丝头加工质量缺陷

现场常见丝头长短不均、牙型破损、螺距偏差、毛刺过多等问题，易造成套筒对接不严、连接强度不足、接头松动等隐患。防控措施：严格采用砂轮切割机下料，保证端面平整垂直；定期检修套丝设备、更换磨损刀具，统一加工参数；加工后逐根检测丝头质量，破损、偏差丝头全部返工；成品丝头全程佩戴防护帽，严防磕碰锈蚀。

6.2 套筒焊接偏移与钢骨变形

套筒焊接过程中易出现位置偏移、套筒歪斜、钢骨局部弯曲变形，导致钢筋对接错位、受力偏心。防控措施：采用专用定位夹具固定套筒，精准校准位置与垂直度后再施焊；采用对称分段短时焊接工艺，降低焊接热变形；焊接完成后及时复核位置偏差，对轻微变形的钢骨进行校正，偏差超标部位返工重新焊接。

6.3 焊接接头内部缺陷

现场焊接易出现焊缝夹渣、气孔、未焊透、微裂纹等隐蔽缺陷，大幅降低接头承载力与耐久性。防控措施：严格执行持证上岗与工艺评定制度，禁止无工艺参数随意施焊；彻底清理焊接接触面，严控焊接电流与施焊速度，保证焊缝熔合充分；低温天气做好预热保温措施，避免焊缝冷脆开裂。

6.4 钢筋排布混乱与保护层偏差

受钢骨遮挡影响，钢筋穿插施工易出现间距不均、

排布歪斜、保护层厚度超标或不足等问题，影响结构耐久性与受力性能。防控措施：依托tekla深化方案确定钢筋穿插顺序，提前规划排布路径；采用钢筋定型支架固定纵筋、箍筋位置，全程跟踪校正；均匀布置高强度垫块，严控保护层偏差，确保钢筋排布规整、参数达标。

7 结语

钢结构劲性柱钢筋连接施工是型钢混凝土结构施工的核心重难点工序，其施工质量直接决定竖向构件的承载能力、抗震性能与整体结构稳定性。劲性柱钢骨与钢筋空间干涉严重、节点构造复杂、施工精度要求高，传统施工工艺存在质量可控性差、通病多发、节点可靠性不足等问题。本文通过工程实践总结，形成了以tekla前置深化为基础、直螺纹机械连接为主导、焊接连接为辅助、节点精细补强为核心的全套施工技术体系。

该技术体系通过前期三维建模优化排布方案，从源头规避施工冲突；通过标准化机械与焊接工艺，保障接头力学性能达标；通过全过程三检制度与专项通病防控，有效解决丝头缺陷、焊接变形、钢筋偏移、保护层超标等常见问题，大幅提升劲性柱钢筋连接施工质量与施工效率。实践证明，该施工技术方案适用性强、质量稳定性高、安全可控，可有效实现钢骨、钢筋、混凝土的协同受力，保障劲性柱结构安全与耐久性能。

相较于传统施工方法，该精细化施工体系有效降低了返工率、提升了节点施工精度、强化了结构抗震性能，综合经济效益与工程效益显著，可为超高层、大型公共建筑、大跨度工业建筑劲性结构钢筋连接施工提供成熟、可靠的技术借鉴，具备极高的工程推广应用价值。

参考文献

- [1]JGJ107-2016 钢筋机械连接通用技术规程[S].
- [2]GB50205-2020 钢结构工程施工质量验收标准[S].
- [3]JGJ138-2016 型钢混凝土组合结构技术规程[S].
- [4]GB50204-2015 混凝土结构工程施工质量验收规范[S].
- [5]薛韧,张炳宏.劲性结构钢骨与钢筋连接节点施工技术[J].山西建筑.
- [6]王晓宝.超高层劲性混凝土结构中多排梁纵筋与箱型钢骨混凝土柱的连接技术[J].工程技术研究.
- [7]李建军.BIM技术在超高层劲性柱复杂节点施工中的应用[J].施工技术.
- [8]张磊.型钢混凝土柱钢筋连接质量通病及防控措施[J].建筑科技.