

手工焊接在钢结构安装中的应用与质量保证

辛德明

昌吉职业技术学院, 新疆 昌吉 831100

DOI:10.61369/ETQM.2026060038

摘 要 : 在钢结构安装施工现场, 手工焊接是应用最普遍、灵活性最强的一种连接工艺, 广泛用于各类钢构件拼接、节点连接以及缺陷补强等施工环节。现场焊接施工的好坏, 直接关系到钢结构整体结构安全、使用稳定性和长期服役寿命。结合钢结构现场安装的实际施工工况, 本文梳理手工焊接在钢结构安装工程里的实际应用形式, 剖析施工材料、工艺参数、操作人员及现场环境等多方面对焊接质量的影响, 从焊前准备、施焊过程、焊后检测以及后期运维四个维度, 制定全流程质量管控办法。研究成果可为现场手工焊接施工提质增效提供实际参考, 也能推动该项工艺在钢结构安装施工中走向规范化、标准化落地应用。

关 键 词 : 手工焊接; 钢结构安装; 施工应用; 质量影响因素; 质量管控

Application and Quality Assurance of Manual Welding in Steel Structure Installation

Xin Deming

Changji Vocational and Technical College, Changji, Xinjiang 831100

Abstract : Manual welding is the most widely used and flexible connection process in steel structure installation and construction sites, widely used in various construction processes such as steel component splicing, node connection, and defect reinforcement. The quality of on-site welding construction directly affects the overall structural safety, stability, and long-term service life of steel structures. Based on the actual construction conditions of on-site installation of steel structures, this article summarizes the practical application forms of manual welding in steel structure installation engineering, analyzes the impact of construction materials, process parameters, operators, and on-site environment on welding quality, and formulates a full process quality control method from four dimensions: pre welding preparation, welding process, post welding inspection, and post operation and maintenance. The research results can provide practical reference for improving the quality and efficiency of on-site manual welding construction, and can also promote the standardization and application of this technology in steel structure installation and construction.

Keywords : manual welding; installation of steel structures; construction application; quality influencing factors; quality control

引言

钢结构自身具备力学强度高、抗震性能优越、施工周期短、绿色环保等突出优势, 如今已大量应用在工业厂房、民用高层建筑、市政桥梁等工程场景中。手工电弧焊作为钢结构安装现场的关键施工工序, 和自动化机械焊接相比, 所需设备简易、场地适应性强、操作灵活便捷, 面对复杂异形节点、高空受限位置以及狭小作业面等特殊工况, 都能顺利完成施焊作业, 在钢结构安装施工中有着不可替代的实用价值。

但从现场实际情况来看, 手工焊接受人为操作、材料工况、环境条件等多重变量制约, 质量容易出现波动, 经常出现焊缝裂纹、表面气孔、内部未焊透、夹渣等常见缺陷。这些质量隐患若不能及时排查整改, 会直接削弱钢结构受力性能, 埋下安全隐患。因此, 深入梳理手工焊接在钢结构安装中的实际施工用法, 找准质量隐患成因并配套落地管控措施, 对提升钢结构安装整体施工品质有着十分重要的工程现实意义。

一、手工焊接在钢结构安装中的具体应用方法

（一）钢结构构件对接焊接方法

钢构件对接焊接是现场手工焊接最常用的形式，主要用来完成型钢、钢板等构件的接长和截面拼接，保证拼接位置受力均匀、连接整体牢固。正式施焊前，必须做好接口预处理工作，把接口表层铁锈、油污、氧化皮及杂质彻底清理干净，保证接口板面平整无磕碰、无缺损。结合构件板材厚度合理预留接口间隙，常规间隙控制在 2-4mm，厚板构件还要按规范开设焊接坡口，从根源上避免出现焊接未焊透问题。

现场多采用手工电弧焊施工，选用和构件材质相匹配的专用焊条，遵循由中间向两端、对称分段施焊的施工原则。作业过程中精准把控焊接电流和行走速度，电流过大会造成板材烧穿、晶粒粗大，焊接速度过快又容易熔合不充分，形成未焊透缺陷。施焊时要维持熔池饱满状态，保证焊缝外观成形规整均匀，每一道焊缝完成后及时敲除焊渣，检查无缺陷后再开展下一层施焊，直至焊缝高度、宽度达到设计标准，确保对接接头力学强度不低于母材自身强度^[1]。

（二）钢结构构件角接焊接方法

角接焊接多用于钢构件直角、斜角交汇位置，像钢梁与钢柱节点、钢柱底部与基础预埋板、支撑构件和主体钢结构的连接都属于这类工况，角接焊缝施工质量直接决定钢结构节点承载能力和整体稳定性。施焊前期要清理角接接口周边杂物杂质，校准构件拼接角度，常规受力节点保持 90° 直角对接；对于大荷载、高受力关键节点，需在接口位置开设单边或双边坡口，提升焊缝熔合效果。

采用手工电弧焊作业时，焊条倾斜角度大致控制在 45°，让电弧能够均匀覆盖两个构件接触面。焊接电流依据板材厚薄实时微调，规避夹渣、未熔合等常见质量通病。施工采用分层多道焊接方式，单层焊缝厚度控制在 3-5mm，每层焊完后彻底清理层间焊渣，保证层间结合紧密。最终角焊缝焊脚高度严格遵循设计及规范要求，原则上不小于构件最小壁厚，切实保障节点连接稳固可靠^[2]。

（三）钢结构节点补强焊接方法

钢结构节点是整体受力传递的核心关键部位，安装施工阶段常会出现受力集中、构件安装偏差、原有焊缝不足等问题，必须通过补强焊接进行加固处理。手工焊接凭借操作灵活、不受场地和空间限制的优势，成为现场节点缺陷修补、结构加固的首选工艺。

补强施工前，先对节点整体外观及焊缝进行全面排查，精准划定补强范围和施工标准，打磨清理节点表层氧化层和杂物，根据缺陷实际类型制定针对性补强方案。针对焊缝厚度不足、局部未焊透等小范围缺陷，采用分层补焊方式，选用与原焊缝同材质、同型号焊条，沿缺陷边缘逐层熔焊，确保新老焊缝融合密实，不产生新的气孔、夹渣隐患。对于高受力易变形节点，可增设加劲板辅助加固，将加劲板与主体构件贴合密实后再手工施焊，保证板面无空隙、焊缝饱满均匀，有效提升节点承载能力，

防止后期使用过程中出现变形、开裂等病害。

二、手工焊接在钢结构安装中的质量影响因素

（一）焊接材料对焊接质量的影响

焊条是手工焊接最核心的耗材，其型号规格、材质性能必须和钢构件母材材质、设计焊接要求精准匹配。一旦焊条选型错误，会直接造成焊缝金属与母材熔合性差，诱发焊接裂纹、未熔合等缺陷，大幅降低焊缝整体力学强度。

同时，焊条存放保管条件也不容忽视，若长期放置在潮湿、通风不畅的环境中，焊条药皮容易吸潮变质，施焊过程中水汽进入熔池，极易形成气孔、夹渣，破坏焊缝致密性。另外部分工况配套使用保护气体，若气体纯度不达标，也会造成焊缝表层氧化严重、气孔数量增多，拉低整体焊接品质。可以说，焊接材料的选型、仓储保管和现场使用规范，是保障手工焊接质量稳定的基础前提，必须严格按设计及行业规范落地执行^[3]。

（二）焊接工艺对焊接质量的影响

焊接工艺参数及施工流程，是手工焊接作业的核心依据，工艺方案是否科学合理、现场执行是否规范，直接决定焊接质量的稳定性。焊接电流、行走速度、焊条倾角、施焊层数等关键参数，都要结合母材材质、板材厚度、接口拼接形式综合确定，任意一项参数偏离合理区间，都大概率诱发各类焊接缺陷。

电流偏大易造成构件局部过热、板材烧穿，焊缝内部晶粒变粗，韧性大幅下降；电流偏小则熔深不足，出现未焊透、未熔合，焊缝受力强度达不到标准。焊接行进速度过快，熔池成型不充分，杂质来不及浮出，容易留存夹渣、气孔；速度过慢又会造成焊缝余高过大，出现咬边、焊瘤等外观缺陷。焊条角度偏移会改变电弧走向和熔池形态，造成焊缝两侧熔合不均、局部夹渣。施焊层数偏少达不到设计焊缝厚度，层数过多又会累积焊接应力，增大裂纹产生概率。由此可见，科学设定工艺参数、严格规范施工流程，是把控手工焊接质量的核心环节。

（三）作业人员操作对焊接质量的影响

手工焊接属于高度依赖人工实操的工序，施工人员的专业技能水平、现场操作规范性和责任意识，对焊接成品质量起着决定性作用。若作业人员未经过系统专业培训，不熟悉不同钢材的焊接特性和工艺要求，无法精准把控电流、速度、焊条角度等实操细节，施工中很容易出现各类质量缺陷^[4]。

日常施工中，部分作业人员责任心不强，不按施工规范清理接口杂质、不提前核查焊条完好性，施焊时随意更改工艺参数，都会造成焊缝质量参差不齐。从业年限久、实操熟练的焊工，能够实时观察熔池形态、色泽变化，灵活调整施焊手法，焊缝成型规整、缺陷发生率低；而新手焊工手法不稳定，极易出现操作失误，留下质量隐患。因此，焊工的专业素养、实操熟练度和岗位责任心，是不可忽视的人为影响因素。

（四）施工环境对焊接质量的影响

施工现场外部环境条件，也是影响手工焊接品质的重要外因。环境温度过低时，熔池冷却凝固速度过快，极易产生冷裂

纹，尤其是厚板钢结构冬季施焊，裂纹发生概率会明显上升，同时低温还会弱化焊缝韧性和塑性。

空气湿度过大的工况下，空气中游离水汽会混入焊接熔池，进而诱发焊缝气孔、氢致裂纹，破坏焊缝致密性和受力强度。现场风速过大，会吹散电弧周边保护氛围，造成焊缝表层氧化严重，伴随气孔、夹渣生成，干扰焊缝正常成型。此外，作业区域粉尘漂浮、杂物散落，也会污染焊接接口和焊条电弧稳定性，间接引发夹渣、未熔合问题。做好施工现场环境监测与防护，是保障手工焊接质量不可或缺的外部条件^[5]。

三、手工焊接在钢结构安装中的质量保证措施

（一）焊接前质量控制措施

焊前质量管控是提前规避焊接缺陷、筑牢施工质量基础的关键，需从材料管控、接口预处理、人员资质、环境条件四个方面全面落实。

焊接材料方面，严格依照设计图纸及规范要求甄选焊条，逐一核对型号规格、出厂日期及质量合格证明，严禁过期、受潮、劣质焊条进场使用。焊条仓储需安置在干燥通风、防潮密闭库房，库房温度维持在 10–25℃，相对湿度控制在 60% 以内；现场使用前按规定恒温烘干，彻底去除药皮内部吸附水分。

构件接口方面，施焊前全面打磨清理接口区域，彻底清除铁锈、油污、氧化皮及附着物，保证板面平整无破损。根据板材厚度和接头形式规范开设坡口、调整对接间隙，全部达标后方可进入施焊工序^[6]。

（二）焊接过程中质量控制措施

施焊过程要聚焦工艺参数执行、现场操作规范和焊缝实时成型三大重点，第一时间发现并处置施工中的质量隐患。

工艺参数管控上，严格按照前期审定的工艺方案执行，结合母材材质、板厚、接头形式固定焊接电流、行走速度、焊条角度和分层层数，施工中途不允许随意更改参数，安排专人全程旁站监测，确保参数始终处在合理区间。

操作规范管控上，作业人员严格遵循安全及焊接操作规程，保持焊条倾角稳定、匀速平稳行进，保证熔池充盈饱满、焊缝成型自然均匀。每完成一道焊道，及时清理表层及层间焊渣，确认无夹渣、气孔隐患后再继续施焊，杜绝焊渣残留遗留质量问题^[7]。

焊缝成型管控上，焊工实时观察熔池形态、颜色变化，灵活微调操作手法，主动规避咬边、焊瘤、未焊透、密集气孔等通病。施工中出現轻微表面缺陷时，当场打磨补焊整改，确保每一道焊缝同步达标。同时做好施工台账记录，详细登记施焊时间、工艺参数、作业人员、构件部位等信息，为后期质量溯源留存依据^[8]。

（三）焊接后质量检测与整改措施

全部施焊作业完成后，及时开展全方位质量检测，全面排查内外缺陷，对不合格焊缝制定专项方案返修整改，确保成品质量满足设计及现行规范标准。

检测工作坚持“全面普查、重点抽检”原则，采用外观目视检查与无损内部检测相结合的方式推进。外观检查重点观察焊缝成型平整度、过渡顺滑度，排查有无咬边、焊瘤、表面裂纹、气孔、夹渣等可视缺陷，精准测量焊缝余高、焊脚宽度，核对尺寸是否符合设计限值。

对于主次受力节点、大荷载关键焊缝，采用超声波、射线等无损检测技术，深入排查焊缝内部未焊透、未熔合、隐性裂纹等深层缺陷，检测比例和评定标准严格执行行业规范。针对检测判定不合格的焊缝，精准标记缺陷位置、缺陷类型和危害程度，编制专项返修方案，由持证熟练焊工进行割除、打磨、重新补焊。返修完成后必须二次复检，检测合格后方可验收，坚决杜绝不合格焊缝投入工程使用^[9]。

（四）焊接质量后期维护措施

焊接成型后的后期运维，要结合钢结构工程使用场景、服役环境建立常态化巡检养护机制。定期重点排查高受力节点焊缝、室外露天暴露焊缝，重点检查有无开裂、锈蚀、局部脱焊等病害。巡检周期按工程类型区分，工业厂房、桥梁等重点钢结构工程，每半年至少全面巡检一次；普通民用建筑钢结构，每年开展一次专项检查即可^[10]。

四、结语

手工焊接凭借适用性强、操作灵活、设备简易等优势，在工业及民用钢结构安装工程中应用场景广泛，是现场施工无法替代的关键工序。其施工规范性和全流程质量管控水平，直接关系到钢结构工程结构安全、服役性能和使用年限。

参考文献

- [1] 吕文志. 钢结构与大体混凝土协同施工在工业厂房中的应用 [J]. 散装水泥, 2026, (02): 151–153.
- [2] 吴一鸣. 监理视角下钢结构工程质量通病防治策略 [J]. 大众标准化, 2026, (04): 91–93.
- [3] 庄轩. 钢结构建筑高强螺栓安装及防腐处理探讨 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2026, (04): 68–70.
- [4] 王永红. 钢结构厂房建设质量管理与优化策略研究 [J]. 工程设计与设计, 2026, (02): 242–244.
- [5] 蒋志武. 手工焊接中焊点工艺与质量控制分析 [J]. 新型工化, 2020, 10 (02): 92–95.
- [6] 刘恩福, 成猛, 张其政. 无铅手工焊接及常见缺陷 [J]. 新技术新工艺, 2019, (12): 58–61.
- [7] 闫树兵. 手工电子焊接辅助夹具的研制 [J]. 中国发明与专利, 2019, 16 (S1): 156–159.
- [8] 于帅, 高中来. 印制板手工焊接缺陷分析 [J]. 电子世界, 2019, (17): 31–32.
- [9] 李锐军, 韦文伟. 基于地钻头焊接技术的机器人焊接研究与应用 [J]. 轻工科技, 2019, 35 (09): 43–44.
- [10] 潘云丹. 建筑结构设计值得注意的若干问题 [J]. 黑龙江科技信息, 2010, (03): 264.

尾注

- 1 ^[1] Ding H L, Kahraman A. Interactions between nonlinear spur gear dynamics and surface wear[J]. Journal of Sound and Vibration, 2007, 307 (3-5) : 662-679.
- 2 ^[1] Kahraman A, Singh R. Non-linear dynamics of a geared rotor-bearing system with multiple clearances [J]. Journal of Sound and Vibration, 1991, 144 (3) : 469—506..
- 3 ^[1] Yuan B, Chang S, Liu G, et al. Quasi-static and dynamic behaviors of helical gear system with manufacturing errors [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2018, 31 (2) : 106-114.
- 4 ^[1] 汪中厚, 何中原, 等. 直齿轮的高精度插齿仿真加工与有限元分析 [J]. 机械强度, 2021,43(05):1221-1227. (2021) .
- 5 ^[1] 王奇斌, 张义民. 考虑齿距偏差的直齿轮转子系统振动特性分析 [J]. 机械工程学报, 2016, 52 (13) : 131-140.
- 6 ^[1] 张俊, 卞世元, 鲁庆, 等. 准静态工况下渐开线直齿轮齿面磨损建模与分析 [J]. 机械工程学报, 2017, 53 (5) : 136-145.
- 7 ^[1] 王延, 田志敏, 姚志国. 正交面齿轮传动系统啮合动力学仿真 [J]. 机械传动, 2013, 37 (11) : 57 — 60.
- 8 ^[1] 皇甫一樊, 董兴建, 等. 考虑齿距累积误差的圆柱齿轮动态磨损分析 [J]. 振动工程学报, 2023,36(06):1706-1713.
- 9 ^[1] 王有成, 刘检华, 等. 考虑齿面微观形貌和热变形的齿轮动态传动误差预测及影响因素分析 [J]. 机械传动, 2025,49 (10):10-21. (2025) .

