

某国际机场航站楼钢结构焊接关键技术研究

唐兴时

连云港花果山机场建设投资有限公司

摘要：焊接技术属于钢结构施工中关键技术，有利于维护钢结构完整性，使之达成质量目标。本文具体以某国际机场航站楼工程为例，专门针对钢结构焊接关键技术要点予以分析，经过对分区对称焊接、典型节点焊接、钢件结构焊接、逐层无缝焊接技术相关阐述，为相关工程建设提供经验，并从细化焊接技术方案、优选焊接辅助工具方向明确焊接技术优化思路，以期获得满意的施工效果。

关键词：钢结构；焊接技术；典型节点；分区对称；无缝焊接；钢件

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.17.026

前言：钢结构因其具有易于移动、强度大、经济性强等优势，而被广泛应用于国际机场航站楼建设工程中，为促使钢结构在航站台运营作业中体现持稳特性，应当积极运用焊接技术改善钢结构施工条件，促使竣工后的航站楼拥有较长使用年限与优越性能，故而应根据焊接施工要求完善施工计划，以求在焊接技术助力下践行高质量施工目标。

一、工程概况

某国际机场航站楼工程，其占地面积40万m²，设有16个高架桥、建筑单体，采用大跨度钢管桁架屋盖单元式吊装技术建设航站楼，均为钢混结构，钢结构与铰支座紧密连接。其中在钢结构分项工程中，工程量为1900t，24.5m悬挑高度，空侧悬挑高度10m，桁架总高3m，钢柱以17.4m有序分布，形成的屋盖结构跨度为52.5m。整个现场施工期间内，需要针对钢结构桁架实施大量拼装与吊运，为促使该工程取得良好效益，预计以现场拼装联合分段吊装方式，充分利用焊接技术建立完整的钢结构。在连续箱梁施工环节，该航站楼高架桥具有29.5m的断面宽度，且桥墩以钢柱为主，用于支撑钢桥墩的支架至少具有100kPa承载力，为达成既定施工目标，通过焊接技术的综合应用，提升钢结构焊接质量。

二、某国际机场航站楼钢结构焊接关键技术要点

(一) 分区对称焊接技术

国际机场航站楼钢结构焊接过程中，具有多样焊接工法，如（图1）所示。分区对称焊接技术属于基础技术。通常来讲，在对钢结构使用分区对称焊接技术期间，需要先行对航站楼整体钢结构进行区域划分，在确保格构柱到达指定区域后，需吊装航站楼钢结构主梁，并在精准定位后，借助临时连接耳板予以固定或者点焊，考虑到钢结构焊接目的是为了实现在钢件稳定连接，即形成较强的稳定性和坚实度，故而应结合吊装等相关

工作的开展，保证焊接施工环境足够安全。同时，在点焊或者固定钢结构主梁后，还要对钢结构继续进行吊装，并核验主梁各个轴线是否在标记位置上，做好高度和方位的校正，进而对其进行完全焊接处理。

在确定焊接后两个区域形成完整结构后，需对航站楼钢结构次梁进行重复操作。在整个过程中，需要严密注意次梁结构的误差数据，始终在完全归零情况下完成，确保误差不会出现累积、叠加情况。吊装次梁并连接耳板对其进行固定之后，相关工作人员需要对主梁按照规定和要求进行焊接处理。在使用分区对称焊接技术期间，尽量保证焊接次序从固定一侧逐渐向另一侧进行推进和靠拢，可以有效减少主梁的拘束度，从而有效避免焊接过程出现变形的问题，减少因为双杆单焊而造成的热裂纹现象。通过分区对称焊接技术的有效应用，能够极大程度上避免了长距离误差的形成，同时也能够在较短的区域和时间段中，对部分钢结构进行并拢，从而避免结构内部出现较大应力，对航站楼钢结构的稳定性和安全性造成干扰。以往在对钢结构进行焊接的过程中，会因为热量的注入和传输，导致钢结构不同的构件或者整体出现明显变形，导致航站楼建筑的稳定性受到明显的影响，无法达到预期的施工标准。而使用分区对称焊接技术之后，可以在一定程度上隔绝热量的传输，有效减少因为焊接而产生的变形，更好维护航站楼钢结构的稳定程度。由此可知，分区对称焊接技术的使用，对于国际机场航站楼钢结构焊接工作而言，具有重要的稳定作用，需要结合实际情况，合理使用分区对称焊接技术，提高国际机场航站楼钢结构整体稳定性与可靠性^[1]。

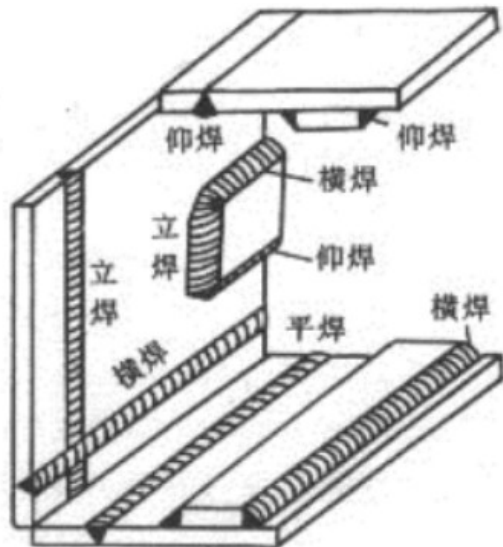


图1 焊接技术工法示意图

（二）典型节点焊接技术

除了分区对称焊接技术之外，在国际机场航站楼钢结构焊接工作中，能够受到普遍关注的另一项关键焊接技术则是典型节点焊接技术。这项核心焊接技术主要被应用在箱型或者菱形的钢梁结构或者圆管柱的对接焊缝中。其中在对圆管柱的对接焊缝进行处理时，通常会配备两名具有高超技术的焊接工作人员，焊接之前需对预期焊接位置进行反复检查，确保其质量能够达到国家规定安全标准。当检查其不符合要求之后，需对圆管柱进行磨损补焊操作，确保符合对缝焊接的参数标准。

在具体实施焊接的过程中，将坡口的表面进行打磨处理，确保其不会出现明显的杂质、污泥或者油污、氧化等阻碍或干扰焊接工作的物质。在对圆管柱进行焊缝焊接的过程中，需要搭配典型节点焊接技术来进行操作，两名焊接工人以对称的姿态，立于圆管柱的两侧，并按照起弧点相距30mm距离，以节点焊接的方式，对其进行处理。

需要注意的是，在焊接的过程中，工作人员要做好清渣工作，从而避免将所有的缺陷集中在同一个位置，造成圆管柱焊缝焊接不牢固等问题，延缓整体施工效率和工期进度。而对于焊接菱形或者箱型钢梁而言，需要四名掌握高超焊接技术的工作人员同时搭配操作才能完成。一名工人主要负责焊接钢结构的下翼边缘，搭配典型节点焊接技术，对其固定节点进行焊接操作。而另外两名技术人员同时立于主梁和次梁的外侧部位，同时对其向上焊接位置的两副板进行节点焊接，最后一名工作人员则是需要完成上翼边缘的焊缝对接，并将预留出的腹板和翼缘之间，通过焊接的方式将其进行固定。通过典型节点焊接工艺的使用，能够在短时间内，对具有一定规模和着力点的钢构件进行固定处理，从而有效提高整体工作效率，为国际机场航站楼钢结构焊接工作的达成，创造更高的价值和作用。

（三）钢件结构焊接技术

相关建设单位需对焊缝质量性能进行严格把控，对接焊缝、熔透坡口焊缝质量等级需达到一级标准，其余需达到二级标准，角焊缝质量等级应达到三级标准。值得注意的是，角焊缝在外观检查方面则需符合二级标准。开展钢结构焊接变形以及应变控制工作时可按照以下四个步骤进行。

第一，划分区域、每步归零。焊接人员需将每一根钢柱轴线位置作为吊装基本区域，在格构柱安装完毕后，施工人员需对两个主梁开展吊装工作，在主梁分段吊装后可先用临时连接耳板固定或者点焊，待将次梁精准地吊装在两个主梁之间，需对主梁轴线和标高二次校验，出现偏差需校正，而后再将主梁完全焊接起来。在各区域全部焊接结束后，吊装对次梁和檩条。在吊装次梁时进行临时性连接耳板，随后在焊接主梁过程中按照

从一侧向另一侧顺序推进，尽可能地防止主梁在焊接时发生变形的情况，有效规避因双杆单焊操作可能导致的热裂纹现象。

第二，单杆双焊、双杆单焊。施工人员对于连接在相同构件的两个对称焊缝实施两人对称焊的方式，使焊接速度、电流以及电压参数都保持一致性，此做法便是单杆双焊；而后施工人员在焊接两端都有较大拘束度杆件的时候，可以采取先焊接一端，等到这一端的温度降至常温的时候再焊接另一端，此做法为双杆单焊。

第三，先栓后焊。相关施工人员在焊接的过程中对连接节点开展栓焊作业，首先把高强螺栓初拧30%，在焊接完毕温度降至常温之后，再对其进行终拧。

第四，对称施工。由于在焊接的时候会出现热输入量，所以会导致构件和结构变形，施工人员在处理圆管柱柱脚的焊缝工作时，需要使用对称施工的技术，从而尽可能地减小因焊接导致的变形问题^[2]。

除此之外，在对国际机场航站楼进行钢结构焊接的时候，需要运用到节点焊接技术，较为常见的节点焊接技术可以分为圆管柱以及箱型、菱型钢梁的对接焊缝焊接技术。例如，从圆管柱的角度来看，焊接人员在正式焊接之前，需要仔细检查焊接部位的组装质量，一旦发现不合格的情况，需要及时对焊接部位进行修磨补焊，同时需要保证坡口表面足够洁净，优化焊接施工环境，以免其对焊接物体造成不利影响。在开展焊接工作的时候，焊工需要实施两人对称操作的方法，每层的起弧点都需要保持50mm的距离，防止缺陷的集中，并且在完成一层的焊接工作后要及时清理残渣。从箱型、菱型钢梁的角度来看，在焊接此类节点的时候所需的焊工数量较大，需要一名焊工进行下翼缘的对接焊缝，与此同时两名焊工在钢梁的外侧向上的焊接位置对箱型钢梁的两腹板进行对称焊接，还需要一名焊工焊接上翼缘，最后再将预留的腹板和翼缘之间的纵向俯仰角进行焊缝，尽快对过焊孔作焊接封闭处理。

（四）逐层无缝焊接技术

以上文提到的某国际机场工程为例，该机场塔台包含了剪力墙结构以及钢框架结构，外剪力墙也呈现正八边形的构造直至塔顶，平面形状是正八边形的筒状结构，不仅有逐层外扩悬挑板以及悬挑环梁，而且也具有钢框架结构，面对这种复杂性的结构，相关施工单位采取的是逐层无缝焊接技术。所谓“逐层”焊接是指对脚手架进行分阶段的安设，结合机场的实际结构，在7F以下搭设落地式双排单立杆脚手架，7F以上则搭设落地式多排单立杆脚手架，以此来满足其逐层外挑的构造，待原内排脚手架完工之后，工人便及时转换为支撑架体，将其作为悬挑环梁、斜墙和挑板的支撑架，并将7F上下的架体用钢管扣件搭接，此技术能够解决传统液压滑模在逐层外斜塔台上施工的难点，节省现场拼拆的时间，

提升了施工效率。而“无缝”焊接则是指当面临超长混凝土结构的时候，施工人员可以灵活设置一横两纵后浇带，不仅能够为其他专业融入施工环节提供便利的条件，有效解决施工步骤繁杂、工期较长的问题，同时运用分块流水的施工组织，还能够事前准备好充足的人力和物力资源，确保焊接工作的顺利完成^[3]。

三、某国际机场航站楼钢结构焊接关键技术优化路径

(一) 细化焊接技术方案

结合上述对某国际机场航站楼钢结构焊接技术要点的总结，从中可知晓：要想促使各项焊接技术得到深度落实，为钢结构拼装构件提供连接保障，还应在焊接作业前出具细致的技术方案，以此指引焊接人员参照方案要求进行标准化焊接。其中在焊接技术方案中应重点提及焊接机具、材料以及顺序以及具体方法。如该工程中因其具有严苛的焊接质量要求，故而可以选用二氧化碳气保焊机，对高空钢管混凝土柱焊接环节实施手工焊接。为保证大跨度钢结构顺利建成，还要提前准备好栓钉焊机、电弧螺柱焊机等设备，如（图2）所示，由此为现场人员创造有利的焊接条件。而在材料准备期间，应在方案中详细陈列材料规格、母材及其他关键点。如该工程中需使用 $\Phi 1.2$ 实心焊丝， $\Phi 3.2$ 低氢型焊条，这些材料与二氧化碳气保焊机以及手工焊等焊接方法应保持对应关系。焊接人员在焊接施工中结合工况，将二氧化碳气保焊机作为主要焊接机具，并保证熔敷率高于90%。针对此工程混凝土连续箱梁、桥台处端横梁处，应当把钢结构中钢柱连接点作为优先焊接部分，而后由下至上对钢结构翼缘予以焊接，始终根据吊装顺序确定焊接步骤。同时，还要注重节点对称焊接性，这些细节都要出现在技术方案中，继而规范焊接行为^[4]。



图2 电弧螺柱焊机现场作业图

(二) 优选焊接辅助工具

在航站楼钢结构焊接作业中，还可在条件允许前提下选择先进的焊接辅助工具，以便增加焊接技术精度。比如应用焊接机器人焊接钢结构，如（图3）所示，因其具备自动化焊接功能，可在焊接人员的操作下全方位完成钢配件焊接任务，并且可提高焊接效率。因此，可加大对焊接机器人实践应用力度。在对比焊缝质量时，发现针对坡口进行焊接，焊接后钢结构抗压强度为600MPa，高于预计550MPa标准，证明应用焊接机器人焊接技术也能提升焊接合格率。有关人员应按照20cm/min-35cm/min（电压20V-31V，电流220A-260A）速度优化钢结构焊接效果。与此同时，还要加强新焊接技术与焊接工具的研发。

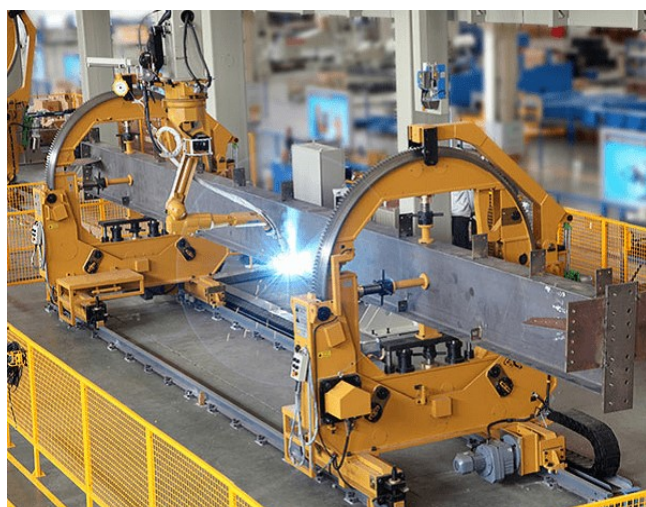


图3 焊接机器人钢结构焊接效果图

结论：综上所述，本文以某国际机场航站楼建设工程为主，深入阐述焊接关键技术要点，从分区对称焊接、典型节点焊接、钢件结构焊接以及逐层无缝焊接方面着手，进而在丰富的焊接技术应用经验中寻找技术优化方向，立足技术方案、辅助工具，促使航站楼在焊接技术指引下达到预期钢结构建设效果。

参考文献

- [1] 陈志华, 温锁林, 刘红波, 等. 北京大兴国际机场鼓形焊接空心球节点力学性能[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2020, 60(12): 967-976.
- [2] 付玉香, 常乃麟, 刘振洋. 北京大兴国际机场航站楼(指廊)工程钢结构焊接技术[J]. 建筑技术, 2019, 50(09): 1042-1044.
- [3] 赵文雁, 覃祚威, 娄峰. 广州白云国际机场扩建工程二号航站楼西指廊网架施工关键技术[J]. 施工技术, 2019, 48(08): 82-86.
- [4] 黄继强, 薛龙, 李浓云, 等. 北京新机场航站楼C形柱箱形结构的机器人焊接[J]. 焊接技术, 2018, 47(09): 63-65+7.