

钢结构工业厂房安装施工技术

王秀玲

中电建十一局工程有限公司

摘要：钢结构在工业厂房中有大量的应用，钢结构工业厂房具有面积大、施工周期短、可回收等多项优点。在进行钢结构工业厂房施工时选择合理的安装方式能够有效缩短工期，减小安全风险，增加社会效益。本文以某工业厂房为例，阐述了钢结构工业厂房的施工流程和关键工艺技术，以期能够为类似的建筑施工实例提供一定的借鉴。

关键词：钢结构；施工；安装

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.13.020

一、工程概况

某工业厂房为地上2层，一楼层高7.6m，二楼层高6.2m，建筑面积16089m²，屋面防水等级Ⅱ级，抗震设防烈度6度，建筑耐火等级二级，设计使用年限50年。厂房为独立基础，二层轻钢排架结构，柱距9m。焊接H型钢柱和钢梁，钢材材质均为Q355B；屋面系杆均为钢管Φ180×5mm，材质均为Q235B；柱间支撑为双角钢2L90×6mm/钢管Φ180×5mm，屋面檩条均为H型钢，墙面檩条为Φ12（M12）螺栓，材质均为Q235B；锚栓材质为M24/M30，材质均为Q355B，高强度螺栓采用10.9级，摩擦型连接。

该工业厂房钢结构安装内容主要有钢柱、屋面钢架梁、平台梁、钢檩条、拉条与支撑等，根据工程特点，结合设计图纸，综合考虑工程进度、现场安全管理、经济可行性等因素，选定汽车式起重机吊装，高强螺栓连接和焊接辅助施工的安装方案。

二、施工准备

（一）主要吊装设备及机具选择

该工业厂房结构钢柱最大重量为3.0t，钢柱最大高度15.46m，拼装完成钢架梁最大重量2.88t，钢架梁最大高度16.06m。考虑1.2的安全系数，钢柱最大重量为3.6t，钢架梁最大重量为3.456t。

最重钢柱与钢梁吊装时吊装半径取16m，吊臂均选用26.9m主臂，查询25吨汽车吊性能表，26.9m主臂在工作半径16m时最大起重量为4.1t>3.6t，厂房总高度最高13.8m，远小于吊车起升高度，因此拟选用25吨汽车吊进行钢结构吊装。

经过汽车式起重机稳定性验算和钢丝绳容许拉力计算，25吨汽车吊稳定性安全系数大于允许值。故选用25吨汽车吊和6×19Φ18.5mm（钢丝绳公称抗拉强度1700MPa）的钢丝绳进行吊装作业。

（二）钢构件进场

钢构件进场时由技术、质量检查以及库管员共同做好材料的外部检查，以及内在品质的核验等。现场构件验收主要是焊缝质量、螺栓孔大小和间距、摩擦面、构件数量规格、构件外观和外形尺寸检查，还有原材料的查验和对接。材料运到制定的地点之后，按照货车的顺

序清点每一辆车上所运载的构件的数量及编号究竟是不是相对应的，面对钢柱、钢节点这些重量较大的构件，应该将检查的步骤提前至即将卸载时，主要检查构件尺寸、板厚、外观等。

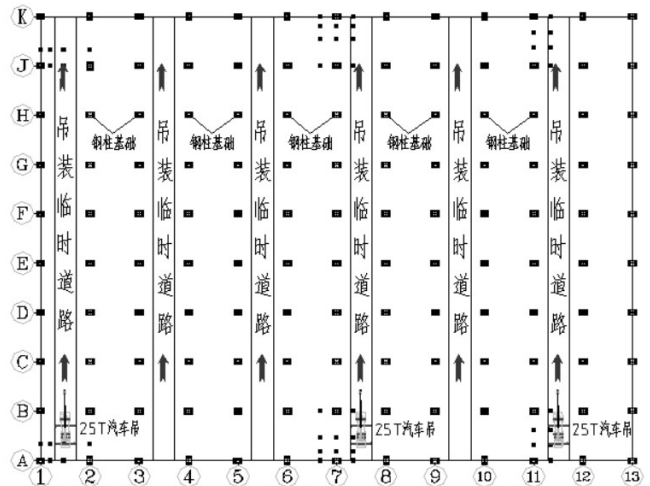
安装施工现场的钢结构构件放置场地一定要符合安装的要求，且必须预留出构件运输通道、地面起重机行走路线等。构件堆放应按照构件编号就近摆放在安装位置附近，防止二次倒运。构件摆放整齐，构件标识外露，以便核对、检查和施工。现场钢架拼装场地要求平整，吊车和运输货车行走通道要求压实。对现场地下、地上的障碍物进行清除，并做好对于场地的整顿，确保施工道路没有阻碍，满足文明施工要求。

三、施工工艺流程

整体施工按照从一端到另一端扩展的方式，先安装钢柱、柱间支撑及钢架梁，再安装梁间支撑体系，最后适时插入檩条、屋面板及维护系统的安装

具体工艺流程为：测量定位→地脚螺栓埋设→钢柱吊装（系杆、柱间支撑）→钢梁拼装→第一榀钢梁安装→第二榀钢梁安装→之间系杆、屋面支撑安装→其他钢梁安装→剩余次构件安装→屋面、墙面檩条、拉条安装→防腐防火涂装→屋面、墙面维护系统安装。

钢构件吊装施工如下图所示：



四、主要施工工艺

（一）钢柱安装

1. 地脚螺栓抄平

钢柱安装前，先将钢柱底面的找平螺母装配就位，测量人员依据土建提供的基准点，利用水准仪准确调平螺母上表面标高，同组调平螺母只需定位一只螺母的标高，其余螺母以此螺母为基准，用水平尺调节标高，最终达到设计标高。

2. 吊装准备

该工业厂房钢柱为H型钢柱。依据钢构件的情况的

不同（重量、吊点），做好相对应的长短不一，规格各异的卡环和钢丝绳索。将准备好的梯子固定在柱子上面，务必要焊好卡环，方便下一个环节的工人的通行，在每一道柱子和横梁的接缝处，还要做好安全防护。

3. 吊点设置

钢柱吊点的安设的位置主要的目的是为了实现在吊装更加方便，确保其安全性，钢构件是一定不能够被改变形状的，其一般都被安设在每段钢柱的最上部，并且使用更加专业的夹子固定住柱顶封头板。此外，为了保证钢柱吊起时候的安全，不会因为其与地面的摩擦而造成钢柱表面受损，应该事先就在其下面做好木质结构的铺垫。

4. 钢柱吊装就位

钢柱的安装基本上使用的是旋转法吊装。钢柱安装前应在柱底板上划出十字中心线。钢柱吊装时，钢丝绳应绑扎在柱子端部。它被立起来的时候，就要瞄准柱子基础部位的螺栓缓慢放下，使柱底板十字中心线与轴线重合。中心对正后，将柱子落到底，拧上螺母。在对钢柱进行垂直角度的微调时，应该使用经纬仪加线坠的方法，测试出钢柱垂直度偏差。当钢柱垂直度偏差超差时，再逐步调整钢柱底边的螺母的高低程度，使得它的垂直角度能够符合之前预定的设计及使用标准的数值。待到钢柱调整好垂直角度之后，再将地脚螺栓螺母拧紧（双螺母），将柱脚压板与柱底板点焊上，防止松动。

5. 钢柱校正

钢柱临时落位后，分别在两个不同的垂直方向放置经纬仪，用以纠正钢柱垂直度的偏差，每当区域内的钢柱吊装并校正后，立刻将填充液浇灌到柱子的底部，以便让钢柱达到设计要求。

6. 中柱安装时应特别注意相临钢柱间的标高偏差，应控制在5mm以内。

7. 由于钢柱与柱脚螺栓连接形式为刚接型式。单根钢柱安装好后应用钢丝绳牵拉做临时固定。两根钢柱安装调整好后，随即安装柱间系梁，使其相互连接，以增加稳定性。

（二）钢梁安装

1. 吊装单元地面组拼

以尽量减少高空作业为目的，实现吊装构件的稳定，钢梁按每个跨度组拼为一个吊装单元。屋面钢架梁拼装一定要在现场施工，并且保持场地没有起伏不平之处，屋面钢梁拼装可采用卧式或立式拼装，立式拼装时，构件两侧应加支撑。

切实做好每一个吊装单元的对接，再参考设计的要求进行放样，最后核对各个组装的部分，并将其记录在册。

2. 钢梁吊点设置与起吊

钢梁在地面上组拼好后，在梁上装好可拆式安全绳，并在梁两端各设置一条晃绳，由两人牵引，控制钢梁在空中的角度。

屋面钢架梁安装从A轴线屋面梁开始安装。吊装工具采用两根 $\phi 18\text{mm}$ 的钢丝绳和2吨倒链结合，钢丝绳与钢梁间要垫好软胶皮。吊点在中心两边对称设置，吊点

应该选择在较为稳定的位置，保证吊起构件时保持其原有的形状，不会使其扭曲。在起吊之前，还应该对于起吊机械和工具做好检查，如果发现异常情况，要马上暂停操作，等问题被完全解决之后再继续施工，将问题遏制在萌芽之中。

3. 钢梁吊装就位

钢架梁吊装前，检查钢柱是否固定牢靠，安装用长梯上端部应绑在钢柱上，长梯与地面夹角不得大于 60° ，安装人员登高时梯旁应有专人看护。安装人员利用长梯爬上钢柱，并将安全带挂钩挂于墙面预埋孔内，保证安全。

正式吊装前应先试吊，此时应该缓慢施力，确保吊索处于理顺的状态之下，再提起吊钩，待到吊钩逐渐拉直以后，先停下查看索具的牢固性。确认符合要求之后再逐渐提起吊钩，重复检查、调整吊点位置、构件受力等。

这其实就是试吊的程序，只有这样的操作合格之后，才能继续开启正式吊装的程序。并且在正式吊装时，钢架梁一端系两根揽风绳，它们的作用主要是调节钢梁在空中的方向及摆动，启动时先保持钢梁在距离地面一段距离，倘若此时肉眼检查钢梁的两端是相对平稳的，方可继续上吊，当屋面钢梁提升到柱顶标高以上后，还需放缓吊车的速度，两个钢柱端板连接时，先用冲钉将钢梁端面高强螺栓孔对齐，再将高强螺栓穿入螺栓孔内，顺势将其固定好，也就完成了第一榀钢梁的就位。

第一榀钢架梁初步就位后，再继续做好屋面钢梁的下一步矫正。屋面钢梁的轴线偏差应小于 5mm ，钢梁跨中垂直度不大于 2mm 。第一榀钢架梁矫正好后，应及时将抗风柱和钢架梁间连接螺栓拧紧。并将端部高强螺栓终拧。

第二榀钢架梁安装方法同上，第二榀钢架梁安装好后，随即将第一榀、第二榀屋面钢架梁间系梁、水平支撑及部分檩条安装好，使其形成空间刚性结构系统。

当相邻第二榀钢梁吊装好后，及时将两钢梁之间的系杆、水平支撑及屋面檩条等构件安装完成，并进行测量校正，合格后进行高强螺栓永久固定，以此作为稳定体系。

4. 钢梁的校正

钢梁的测量校正包含几个方面：轴线位置偏移的测量校正、跨中垂直度的测量校正，钢梁挠度的测量校正等。

（三）檩条及拉条安装

刚架吊装、调整及固定结束，随后可进行大批量檩条、水平支撑及拉杆等附件的安装。安装檩条、系杆时，由于是空中作业，为保证安全，在钢梁两端翼缘板上焊接上两个带孔 $[16\text{槽钢}]$ ，顺着钢梁方向将一根直径为 $\phi 8\text{mm}$ 的钢丝绳系于槽钢上，在安装檩条、系杆时，工人把安全挂钩连接到这段钢绳上，确保高空施工中人员安全。

附件安装时严格按照图纸施工，附件的吊装采用 25t 汽车吊。

檩条靠近檩托板后，采用钢冲钉将檩条孔与檩托孔对准，然后将檩条连接螺栓拧紧固定，完成一根檩条安装。

墙面檩条采用在柱顶设置滑轮组提升或吊车吊装安装。檩条靠近檩托板后，采用钢冲钉将檩条孔与檩托孔对准，然后将檩条连接螺栓拧紧固定，完成一根檩条安装。

安装是从屋面檐口开始的，保障每道拉条都是绷紧的，不能松懈，同步安装后的测试调节檩条的侧向弯曲度。

（四）高强螺栓安装

每当结束一个施工程序之后，将钢构变为较为稳定的一个框架后，再继续高强度螺栓的安装。在正式安装高强螺栓前，要采用临时螺栓固定构件。临时螺栓不能少于螺栓总数的30%，起码要在2个临时螺栓以上。将其组合在一起的时候，使用橄榄冲对准孔位，找到适合的位置安装，再使用扳手固定。不允许使用高强螺栓兼作临时螺栓，防止破坏上面的螺纹引起扭矩系数的变化。一个安装段完成后，经检查确认符合要求方可安装高强螺栓。

螺栓插入的位置应该是便于施工为目的，每个节点应整齐一致。穿入高强度螺栓再手动固定，之后将临时螺栓取下，替换以高强度螺栓。扭剪型高强度螺栓的注意事项是，在螺母侧安装螺栓垫圈，垫圈孔有倒角的一侧贴近螺母。将其固定两次，初拧紧到螺栓标准轴力（即设计预拉力）的50%，之后二次拧紧，终拧后要保证有2~3扣的余丝露在螺母外圈。第一次拧紧后的螺栓，要留好记号为了检测时辨认。避免遗漏的最好方法就是初拧之后即实施终拧。装配和紧固接头时，要从已经固定好的一端开始操作，再逐渐过渡到自由端。高强螺栓的初拧和终拧，应该严格遵循紧固顺序，始于螺栓群中央，依次由里向外、由中间向两边对称进行，逐个拧紧。如果遇到空间小，扳手不好操作等问题，一般使用加高套管或用手动扳手来操作。

（五）焊接施工

该工业厂房主要采用高强螺栓连接，焊接为安装施工的辅助性措施。主要采用气体半自动保护焊，局部采用手工电弧焊。焊接主材主要为气体保护焊焊丝，并配辅材气和手工电弧焊用焊条。

对钢构件出厂焊缝有瑕疵的，要现场进行补焊，补焊后的焊缝的外观尺寸质量应满足《钢结构焊接规范》（GB50661-2011）有关规定。对全溶透焊缝进行超声波无损检测，其内部缺陷检验应符合《焊缝无损检测超声波检测技术、检测等级和评定》（GB11345-2013）要求。

（六）涂装施工

1. 钢结构防腐涂装

钢构件除现场焊接、高强螺栓连接部位、埋入混凝土部分的构件等不在制作厂涂装外，其余部位均在制作厂内完成。

所使用的涂料应经具资质的检测部门进行第三方检

测，并进行涂层附着力、防腐油漆的机械性能（柔韧性、耐磨性能、耐冲击力性能）、环保性能、锌粉（或金属锌）含量测试。

施工中必须严格控制厚度，把控好涂装时候的使用量，经常使用湿膜测厚仪测定湿膜厚度，油漆干燥后采用超声波测厚仪测量，借此把控好干膜厚度并保证厚度的均匀。

2. 钢结构防火涂装

本工程耐火等级二级，与防火墙相连的钢结构梁、柱等构件的耐火极限不应小于3.0h，其余钢柱、柱间支撑耐火极限2.5h；钢梁、屋盖支撑及系杆耐火极限为1.5h；其他构件为1.0h。钢结构节点的防火保护应该等同于被连接构件中的防火保护要求最高者。柱梁采用厚型防火涂料，其他部位采用薄型防火涂料喷涂。

防火涂料施工前将钢结构表面清理干净并检查钢结构表面防锈涂层完整。

防火涂料施工一定是分几次完成的，每一次操作务必要等待上一次施工后的材料干透以后再动手。现场施工人员必须戴防毒面具或防毒口罩，穿工作制服，防止与溶剂直接接触。

施工完成后，涂层观感无脱层、不空鼓、不皱皮、颜色均匀、表面光滑、轮廓清晰、接搓平整，并使用电子涂层测厚仪检测涂层厚度。

涂装后4.0h内应保护免受雨淋、水冲等，并应防止机械撞击。

五、质量保证措施

施工现场确保拥有完善的质检系统，并做好相应的质保措施，完善岗位职责并贯彻落实。在施工前对施工人员进行全面的施工图交底和施工流程、施工技术、安全措施交底。所有作业人员要具备相应资格并经过安全技术培训后才能上岗。

施工前钢结构加工单位必须提供钢构件合格证和加工自检资料。钢构件厂家必须按规定的钢材吨位提供摩擦面试验报告。材料进场后，施工单位要进行钢材摩擦面复试，高强螺栓按国标规定进行现场抽查，达标后进行施工将试验结果上报甲方，试验合格后方可施工。钢构件吊装、高强螺栓安装和构件防腐防火涂装均应在适宜的天气和温度作业，避免在雨雪、大风等天气施工，防止气候影响施工质量和安全。

六、结束语

钢结构工业厂房施工的关键是安装方式的合理选择，因其建筑面积较大，建筑高度相对较低，一般才有自行式汽车起重机作为主要的吊装设备，构件的连接大量采用了高强螺栓，有效保证了施工质量，减小安全风险。

参考文献

- [1] 《建筑施工起重吊装安全技术规范》JGJ276-2012
- [2] 《起重吊装计算及安全技术》主编卜一德
- [3] 《建筑施工计算手册》江正荣编著