

双机抬吊大跨度钢结构桁架施工技术

毛向前

南通建工集团股份有限公司 江苏 南通 226000

摘要: 本文介绍了大跨度空间钢结构桁架使用双机抬吊吊装施工技术, 桁架进行整体一次性的吊装, 涉及到对吊装各种工况进行分析、机械设备的选型、双机抬吊过程中负荷分配计算和桁架稳定性加固措施等方面问题, 必须保证整体吊装以及在移位过程中的受力合理, 负荷均匀, 最终安装到位。

关键词: 大跨度钢结构桁架; 双机抬吊; 荷载计算; 机械选型;

引言

钢结构具有施工方法简单、工期较短, 可实现工厂标准化生产、现场拼装, 造价相对低廉等优势。因此对钢结构的制作、安装以及施工技术的研究, 符合当下的产业结构。

1 项目概况

江苏东江环境服务有限公司二期刚性库填埋场项目位于江苏南通市如东县洋口镇如东沿海经济开发区化学工业园区内, 北临海堤路, 南临匡河、东侧衔接一期固体废物填埋工程, 西侧为水塘。

二期刚性库填埋场项目用地面积: 规划总用地面积 94820m², 合142.2亩。含64座填埋库, 总库容33.28万m³。设计危险废物填埋处置规模为2万t/a。本项目为单层钢结构工业厂房, 建筑设计安全等级1级, 刚性填埋场设计使用年限为50年, 结构的安全等级为一级, 钢结构设计使用年限为50年。钢结构厂房檐口高度为11.8m, 钢结构构件主要有: 钢桁架、吊车梁、钢框架、钢柱等, 主要结构材料材质均为Q355B, 调节杆及钢索锚具材质均为20#钢。高强螺栓采用国标10.9级扭剪型高强螺栓摩擦型连接。

2 钢结构吊装的难点和特点

本工程64座填埋库, 施工战线长, 施工区域广, 对施工人员、设备机具配要求较高。

本工程工期紧张, 同时厂房内各专业进行交叉作业多, 包括: 土建、钢结构、水电安装、基础施工等, 施工过程中各专业需紧密配合, 相互协调, 进行穿插施工, 对管理提出了新要求。

本工程钢结构的构件种类及数量多, 型号复杂, 要求在加工图深化设计、制作、运输和现场拼装及吊运过程中协调配合, 保持构件编号、安装顺序一致, 避免返工。

厂房设有吊车梁, 对工厂的加工、制作、安装等精度要求较高, 现场施工中严格把控施工质量。

3 吊装方案的选择分析

结合图纸中关于屋盖结构的分析, 有整榀提升、整榀吊装、分段吊装等多种吊装方案, 考虑到桁架超长, 桁架榀数多, 构件量大且重, 应最大限度地在地面进行预拼装, 同时尽量减少在高空的作业量。通过对各种吊装方案的梳理, 综合结构的变形量、安全性、经济性、施工的进度要求、设备吊装能力、场地条件等因素, 本工程采用两台130吨位汽车吊进行双机抬吊方式, 将单榀桁架进行整体安装, 使用两台吊机作为拼装的主吊机, 对吊装的单榀桁架重量在两台吊机之间进行合理的分配, 保证各自吊机所承受的重量在允许的吊装能力范围内, 安全可靠进行吊装作业。按自东向西进行安装, 屋面的主桁架吊装就位后, 进行垂直度找正, 同时设风缆绳进行临时稳固, 再安装桁架间的纵向支撑、拉条以及屋面檩条, 确保屋面桁架的稳定性, 使得已安装的构件形成稳定结构, 防止危险产生。

4 吊车选型

两个桁架组合体自重约25.0t。以桁架组合体为研究对象, 进行吊车选择。在桁架吊装过程中, 最大吊装半径为24.0m。

采用2台130t汽车吊进行吊装。吊索采用Φ24mm的钢丝绳进行吊装。

构件总重量: 25.0t, 单根重量约12.5t

吊装重量: 构件+吊钩(绳索) = 12.5+0.5 = 13.0t

动力系数: 取1.2 $1.2 \times 13.0 = 15.6t$

《钢结构工程施工规范》GB50755-2012, 第4.2.7条规定, 对吊装状态的构件或结构单元, 动力系数宜取1.1-1.4。

回转半径: 24.0m

安装高度: 17.2m

起重高度: 安装高度+绳索高度: $17.2m+9.0m = 26.2m$

130t汽车吊在杆长48.5m, 回转半径24m的状况下, 起吊高度达42.14m, 可起重16.8t > 15.6t, 回转半径及吊装高度都有较大余量, 所以130T汽车吊满足构件吊装要求^[1]。

5 钢丝绳的选择及吊耳

5.1 钢丝绳计算

钢丝绳所受最大拉力为: $F = 41.6\text{KN}$;

选用 $\Phi 24\text{mm}$, 6×37-1670钢芯钢丝绳;

查表得最小破拉力为: 342KN ;

用作吊索, 无弯曲选安全系数 K 为6;

$[F] = 342\text{KN}/6 = 57\text{KN} > 41.6\text{KN}$;

$[F] > F$, 因安全拉力大于实际拉力, 所以此型号钢丝绳满足吊装要求。

5.2 桁架的吊点做法及验算

(1) 桁架吊装时, 采用板厚为12mm的吊耳进行吊装, 吊耳与桁架上弦连接板相连(一个整体的钢板), 吊装完成后, 采用专用工具将吊耳切除即可。

(2) 吊耳的计算

吊耳材质选用Q355B级钢材(同母材), 厚度 $t = 12\text{mm}$ 。焊缝质量等级不小于二级。根据计算, 钢丝绳最大拉力为41.6KN。

① 抗剪承载力验算

取以上计算中钢丝绳的最大拉力作为吊耳的最小抗剪承载力进行验算, $FQ = 41.6\text{kN}$,

$\tau = FQ/A = 41.6 \times 103/[12 \times (90-30)] = 57.78\text{N}/\text{mm}^2 < fV = 175\text{N}/\text{mm}^2$, 符合钢板抗剪要求。

② 端面承压承载力验算

取钢丝绳最大拉力作为吊耳孔处最大压力进行验算 $FN = 41.6\text{kN}$,

$fc = FN/A = 41.6 \times 103/(12 \times 36) = 96.3\text{N}/\text{mm}^2 < fce = 400\text{N}/\text{mm}^2$, 符合钢板承压要求。

③ 净截面抗拉承载力

$FN = 183\text{kN}$, $f = FN/Ae = 41.6 \times 103/[12 \times (200-60)] = 24.76\text{N}/\text{mm}^2 < fy = 295\text{N}/\text{mm}^2$, 符合钢板净截面抗拉强度要求。

(3) 吊环保护措施

吊耳的圆孔制孔后应进行抛光打磨, 保证圆孔内壁光滑无棱角无毛刺。

每次吊装前, 需检查吊耳的焊接焊缝质量和吊环是否完好。吊环安装完毕后, 安排专人检查吊环的螺栓杆紧固程度。

5.3 卡环选择

根据D型卸扣性能参数表, 选择产品编码为S-DW12-1 1/4, 额定荷载为12.0t > 4.16t, 满足吊装要求。

6 地基承载力验算

现场地基为回填土, 易产生不均匀沉降现象、沉降量过大现象。

据力臂原理: 动力×动力臂 = 阻力×阻力臂

$$130.0\text{KN} \times 24.0\text{m} = F \times 4\text{m} \quad F = 780\text{KN}$$

支腿所承受的总的压力为:

$$130.0\text{KN} + 780\text{KN} + 550\text{KN}/2 = 1185\text{KN}$$

(550KN为130T汽车吊的自身重力)

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1185}{1.5 \times 2.0 \times 2} = 197.5\text{kpa}$$

地基承载力需夯实至197.5kpa方可吊装。

处理措施: 材料及吊装机械进入吊装区域前对场区地面进行平整夯实, 在吊车站位处夯实地面, 然后铺设200mm厚的碎石子。吊车支腿下铺设尺寸为1.5m×2.0m, 厚度为200mm的路基板。在吊车起吊过程中, 安排专人对吊车支腿的沉降进行观测。在钢桁架试吊时先吊离地面100mm, 观察测量四个支腿的沉降量是否超30mm或四个支腿的沉降量差超过10mm, 应立即停止吊装作业。

土的变形是塑性的, 比较慢。土的破坏过程是先隆起, 吊车向下沉降。土具有一定的压缩性, 在实际工程中, 只要达到均匀沉降也是可以的^[2]。

7 钢桁架吊装

桁架整体跨度60m, 整体运输无法实现。计划每榀钢桁架分四段在加工厂制作, 然后分段运至现场焊接组装。构件出厂前进行编号。

钢桁架在起吊前必须试吊, 钢桁架构件吊离地面200mm左右, 使得钢桁架的重量负载在吊车上, 通过观察吊车, 检查各运转钢丝绳的受力是否均匀, 持续时间1分钟, 符合要求后可正式起吊。抬吊时, 吊车驾驶员熟练掌握双机抬吊的配合, 两台吊车起升和下降时, 保持速度一致。

起吊过程中, 吊车驾驶员时刻注意指挥人员的哨音、旗语, 严格遵守其命令, 密切关注钢桁架。

钢桁架的两端系好麻绳, 用于牵制溜绳以便于调整方向。拉拽缆风绳的人员, 通过对讲机传递信息, 保证桁架平稳提升。人员站位按照指定位置站立, 严禁在起吊中的钢桁架下方站立及行走。人员站立位置距离钢桁架水平距离保证在6m之外。

现场吊装指挥人员、电焊工、起重工、驾驶员等相关人员必须有相应的上岗证书, 吊同时必须经过项目部安全培训教育, 否则严禁进入施工现场^[3]。

现场指挥吊装人员必须是经验丰富之人, 现场设置正副两人指挥, 正指挥在下面负责全面指挥, 所有安装

人员及机械按照正指挥哨音和旗语施工，副指挥在上面指挥桁架的就位工作。

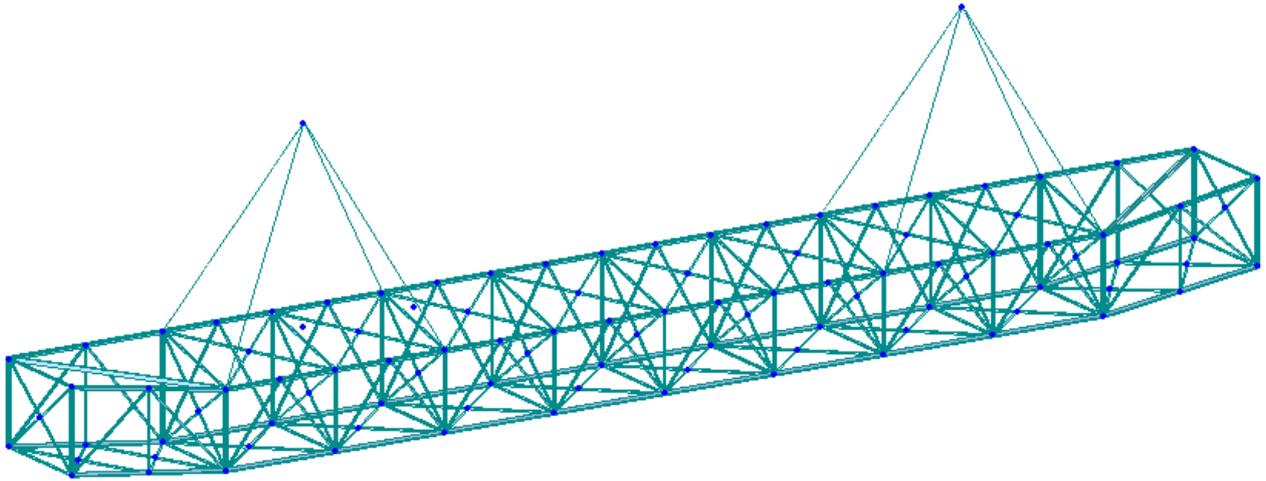


图1 桁架吊装模型图

8 负荷分配及吊装验算
8.1 变形计算

钢桁架吊装的位移详见下图所示，在吊装过程中最大变形为9.71mm。

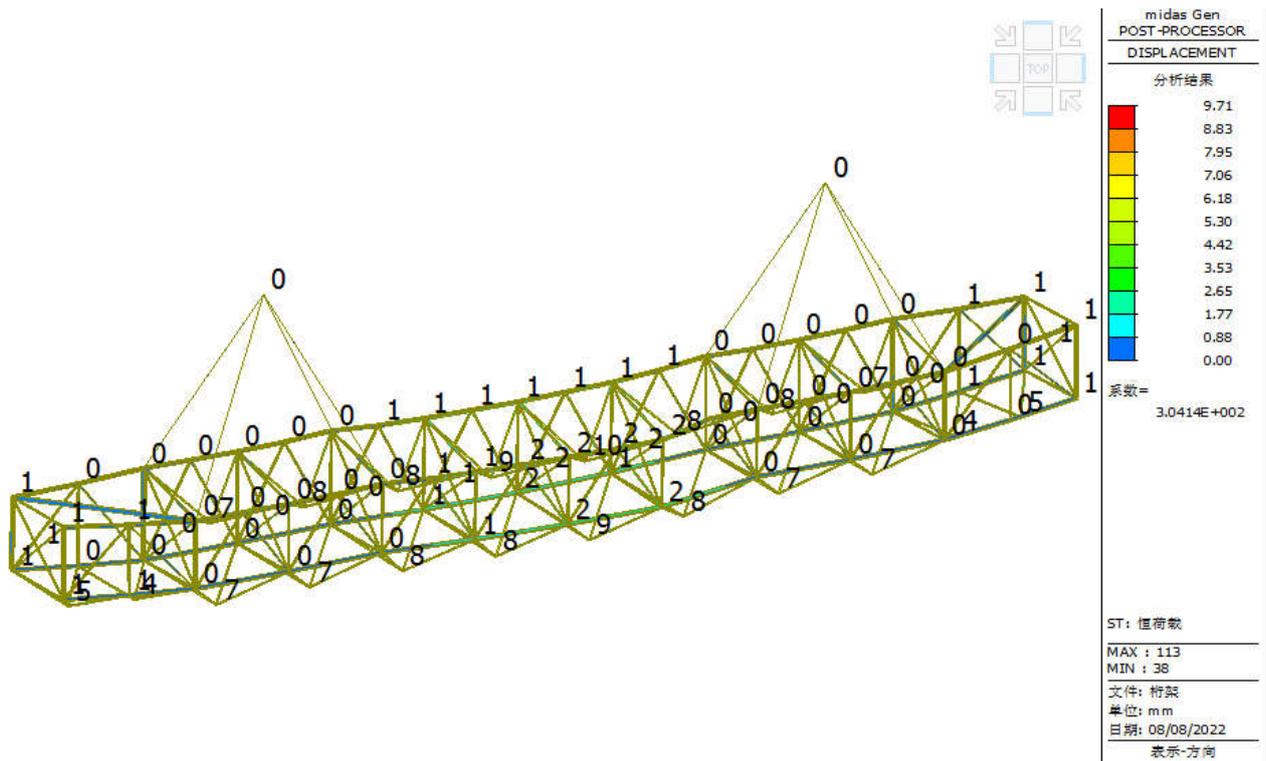


图2 钢桁架吊装变形图 (单位: mm)

根据《钢结构设计标准》GB50017-2017 附录B.1.1 结构或构件的变形容许值规定得出最大变形限值为 $2 \times 7650 / 400 = 38.25\text{mm}$ ，钢桁架吊装变形在允许范围内。

根据图得知，桁架的变形最大值为1.0mm，桁架间支撑的变形为9.0mm。支撑的长度为7400mm，最大变形限

值为 $7400 / 400 = 18.5\text{mm}$ ，满足规范要求。

8.2 应力计算

桁架吊装时应力详见下图所示，在吊装过程中桁架的应力为49.5MPa。远小于Q355B钢材的屈服设计强度310MPa。

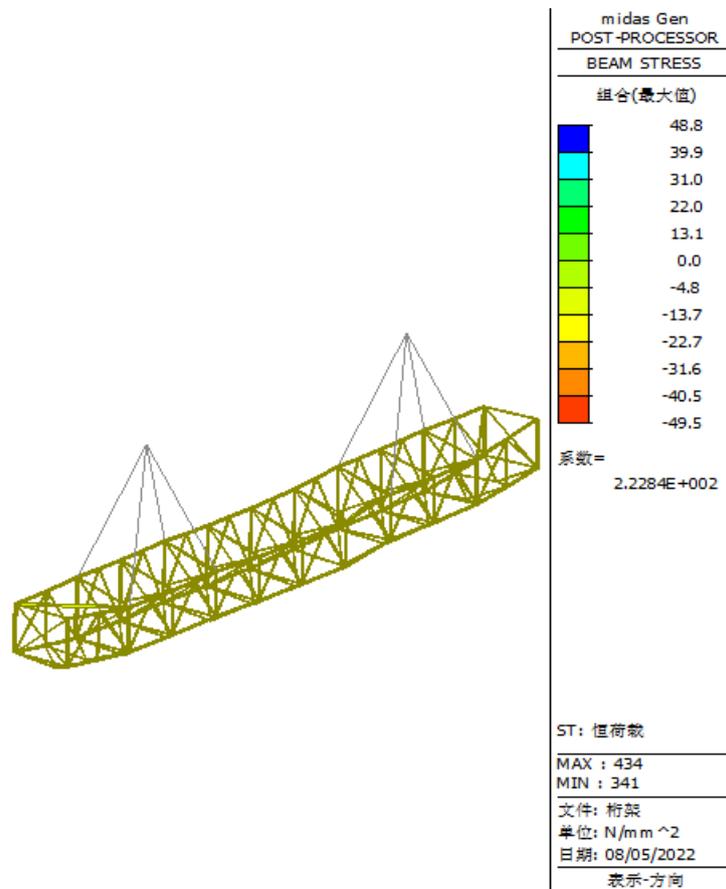


图3 钢柱在45°时的变形 (单位: mm)

结束语

对于大跨度、大吨位钢桁架结构,通过对工程特点、施工难点、重点进行吊装方案的分析、比较及优化。通过对计算模型的合理性简化,确定桁架的重心、双机抬吊的负荷分配值,进而选择合理的吊点位置。薄弱环节需要采取加固措施,防止局部有受力不均、失稳现象。通过双机抬吊的施工方法,能够解决施工场地受限、单机吊装能力不足、吊装时间长等问题,总体上质量可靠、安全可控、工期缩短,同时取得了一定的经济

效益以及社会效益。

参考文献:

- [1] 阙荣,黄云,王永刚.高层装配式钢结构厂房墙板与柱梁连接节点施工技术[J].建材发展导向(下),2021,19(9):178-179.
- [2] 刘兴炜.钢结构工业厂房施工技术及质量控制要点[J].城镇建设,2021(1):109-111+134.
- [3] 赵勇.大跨度工业厂房钢结构安装施工分析[J].资源信息与工程,2018,(3)54-55.