

一种包装烟机机组搬运工装

罗攸坤, 李红林, 李含蕊, 李 军, 林春研

红塔烟草(集团)有限责任公司玉溪卷烟厂, 云南 玉溪

收稿日期: 2024年7月20日; 录用日期: 2024年8月28日; 发布日期: 2024年9月25日

摘 要

包装烟机机组搬运工装能够实现安全且高效地搬运烟机机组, 对于车间技改和设备搬运有着重大意义。在安全高效的基础上, 本次设计的包装烟机机组搬运工装结构简单, 安装方便, 可以根据不同烟机机组设备的形状、尺寸调节搬运工装大小, 有着较强的适用性, 该设计可为设备搬运和车间技改提供支持帮助。

关键词

包装烟机机组, 搬运工装, 设备搬运

The Equipment for Lifting and Transporting Packaging Tobacco Machines

Youkun Luo, Honglin Li, Hanrui Li, Jun Li, Chunyan Lin

Yuxi Cigarette Factory, Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd., Yuxi Yunnan

Received: Jul. 20th, 2024; accepted: Aug. 28th, 2024; published: Sep. 25th, 2024

Abstract

Packaging tobacco machine unit handling equipment can achieve safe and efficient handling of tobacco machine units, which is of great significance for the technical reform of the workshop and equipment handling. On the basis of safety and efficiency, the design of the packaging machine unit handling tooling structure is simple, easy to install, can adjust the size of the handling tooling according to the shape and size of the different machine unit equipment, has strong applicability, the design can provide support and help for equipment handling and workshop technical reform.

Keywords

Packaging Tobacco Machine Unit, Handling Tooling, Equipment Handling

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

烟草包装烟机机组是用于烟草制品生产线上的设备，能够大大提高生产效率，确保产品包装的质量和一致性，是烟草制品生产的必备工具和重要设备。烟草包装烟机机组的自身重量较重，体积较大，设备细长，底板不在同一平面，导致机组的重心分布不均匀，在搬运过程中，容易发生侧翻、倾倒等情况，且容易出现底板的变形乃至断裂等问题。以往的烟机搬运领域的相关研究，其中一种是利用升降平台和简单的固定实现搬运，比如搬运烟机机组分离轮的搬运工装便是采用升降平台与小车配合进行搬运，另一种则是人工拆解与搬运工装相配合，如 YP113 型封箱机，大部分结构通过人工拆解，通过简单的搬运工装对主要部件和人工拆卸的部件进行搬运，还有一种思路是采用专用工装对烟草包装烟机机组进行初期的搬运安装，通过专用工装将整个设备固定，便于吊装搬运，但这种专用工装结构复杂，安装繁琐，搬运效率较低，同时，该工装不适于大规模、短时间内的搬运作业。所以，本申请设计了一种包装烟机机组搬运工装，结构简单，安装方便，大大提高搬运工作的效率和安全性。

2. 问题分析

传统的专用工装一般用于包装烟机机组的初期搬运安装，这种工装在设计时只需考虑如何在保证烟机机组正常功能性情况下进行搬运即可，用于一次性搬运安装，且不需考虑人力和安全性，不适合用于技改项目，技改项目需要高效率，具备稳定性和安全性的搬运工装，最好是能够利用叉车进行设备搬运，这样既方便安全又能大大提高搬运效率，因此需要以适配叉车搬运为基础，对搬运工装进行设计。

此外，整机搬运^[1]是烟机设备搬运工作的全新着力点，整机搬运节省时间、缩减工序步骤，已有不少国家烟草专卖局发布的文章说明了整机搬运的优点，但结合实际考虑和综合测试下来，整机搬运虽然大大减少了工作量，且保证了烟机设备整体的结构和功能稳定性，但仍有缺陷，比如在烟机设备进行整体搬运时，烟机设备的辅料更换结构暴露在结构之外，使烟机设备的重心偏移，导致搬运过程不稳定，不安全，且由于烟机设备的细微结构较多，如何设计搬运工装，使得烟机设备在不受到较大影响的情况下进行高效率搬运就成立迫切需要解决的难题。本文设计的搬运工装就是在前人研究的基础上，以整机搬运存在的部分缺陷与问题为主要研究方向，帮助烟机设备搬运提高效率，保证烟机设备搬运的安全性与稳定性。

3. 方案设计

本次申请是一种包装烟机机组搬运工装，用于设备搬迁，与传动的专用工装相比有明显优势，属于设备运输领域，设计方向是与叉车相配合，进行高效搬运，保证安全性，因此选取结构简单的支撑杆设计。

3.1. 结构组成

包装烟机机组搬运工装由第一支撑杆、第二支撑杆、第三支撑杆、第四支撑杆、第五支撑杆组成，见图 1，在图中依次标注为 1~5。

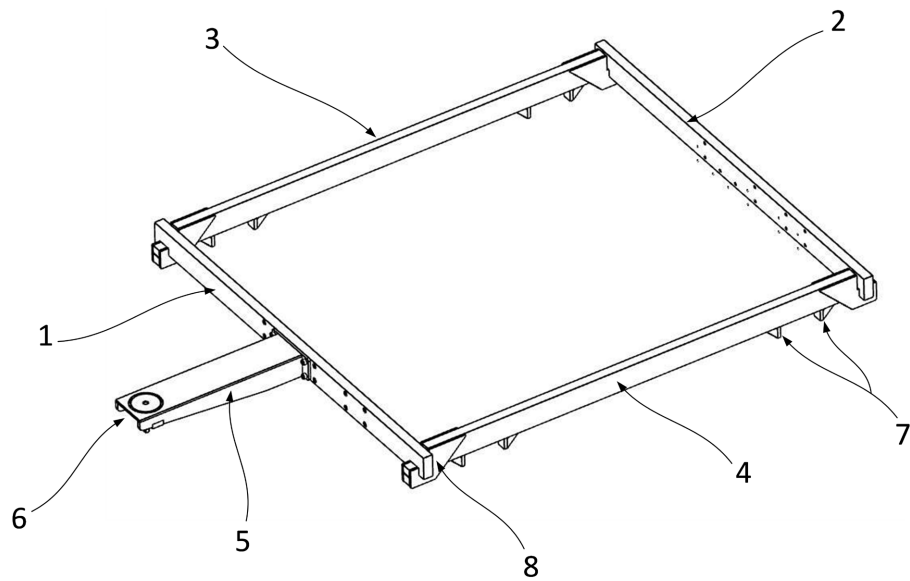


Figure 1. Structure diagram of handling equipment
图 1. 搬运工装结构示意图

3.2. 实施方式

包装烟机机组搬运工装通过第一、第二支撑杆与烟机机组的安装，第三、第四支撑杆与叉车的安装，实现基本的搬运作业，第五支撑杆也起到了重要作用，下图 2 是搬运工装实际应用于烟机机组的示意图。

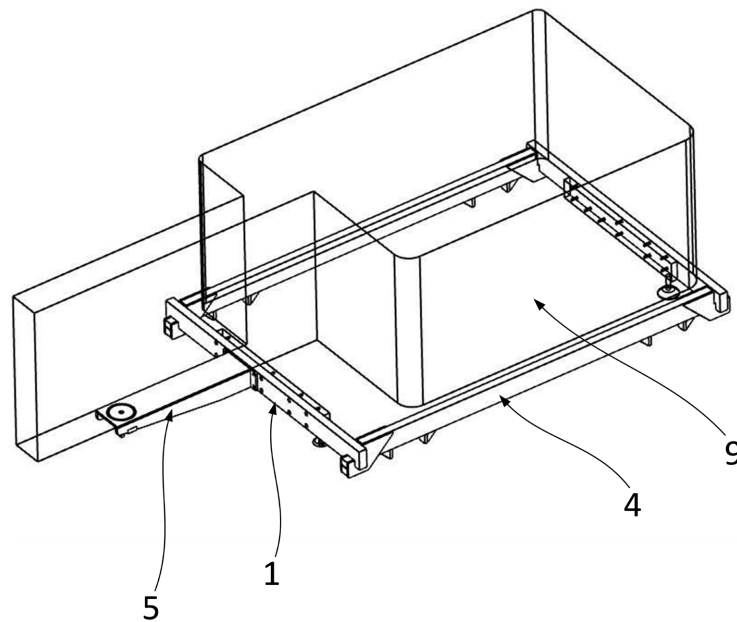


Figure 2. Schematic diagram of handling equipment
图 2. 搬运工装示意图

包装烟机机组(图中标注为 9)的重量主要由第一支撑杆和第二支撑杆承载，第三与第四支撑杆完成搬运工作。第一支撑杆安装在烟机机组的前支撑板上，第二支撑杆安装在烟机机组的后支撑板上，第一、第二支撑杆上分别设有对应烟机机组的前后支撑板的安装孔位(图 3)，通过螺栓实现固定。

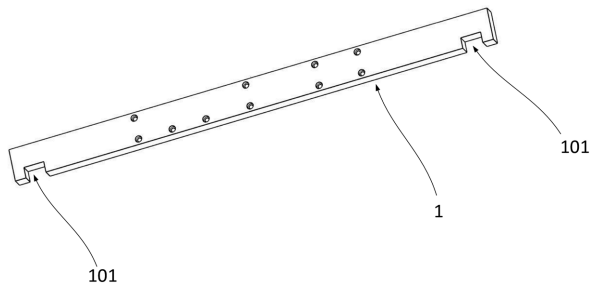


Figure 3. Schematic diagram of the first strut
图 3. 第一支撑杆示意图

第一、第二支撑杆上分别设有对应的固定凹槽，而第三、第四支撑杆前后两端设有安装缺口，安装缺口与固定凹槽能够相互配合实现固定。

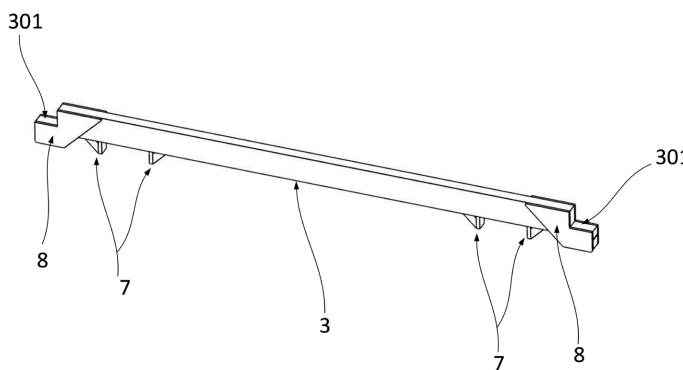


Figure 4. Schematic diagram of the third support rod
图 4. 第三支撑杆示意图

在与叉车配合安装时，如图 4 所示，在第三支撑杆和第四支撑杆底部安装了叉车限位块 7，用来限位叉车双臂，而限位块的安装位置是灵活可变的，可根据实际情况，找到叉车插取烟机机组的重心，作为限位块安装位置，通过焊接安装固定，叉车限位块大大提高了叉车操作的安全性，保障了操作人员和设备在搬运工程中的安全。

第五支撑杆安装在第一支撑杆的前壁上，第五支撑杆上设置有调节孔，也安装了调节装置，在调节杆的顶部安装了调节圆板(图中标注为 6021)，调节杆的底部安装了调节方块(图中标注为 6022) (图 5)，具体的实施方式通过扳手旋转调节杆底部的调节方块，使调节杆底部的调节圆盘上升，实现对烟机机组悬空一侧的抬升，以此实现对整体烟机机组的重心调节，使得不同烟机机组在搬运时更加稳定安全。

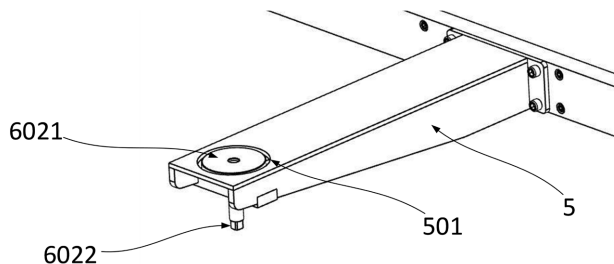


Figure 5. External diagram of the adjustment device
图 5. 调节装置外部示意图

4. 有限元分析与仿真计算

有限元分析是一种用于计算偏微分方程真实解近似值的方法，它通过模拟物理系统或工程问题中的行为，来预测和分析其在特定条件下的性能。有限元分析的核心原理包括位移、矩阵等概念，适用于解决复杂工程问题。对于搬运工装承受弯曲应力的杆进行有限元分析，主要是通过建立有限元模型来模拟和分析杆在不同结构和条件设置和受力情况下的行为，包括应力、变形等，也可以由此进行安全校核，保证搬运工装的安全性[2]。

根据搬运工装实际运用的情况，搬运工装的运输对象分为两类，这两类包装机的整体结构有所不同，一种是携带螺旋提升器搬运的包装烟机结构，而另一种是将螺旋提升器拆卸后进行搬运的包装烟机结构。

4.1. 搬运工装的结构与受力分析

携带螺旋提升器进行搬运的包装烟机，如图6所示。

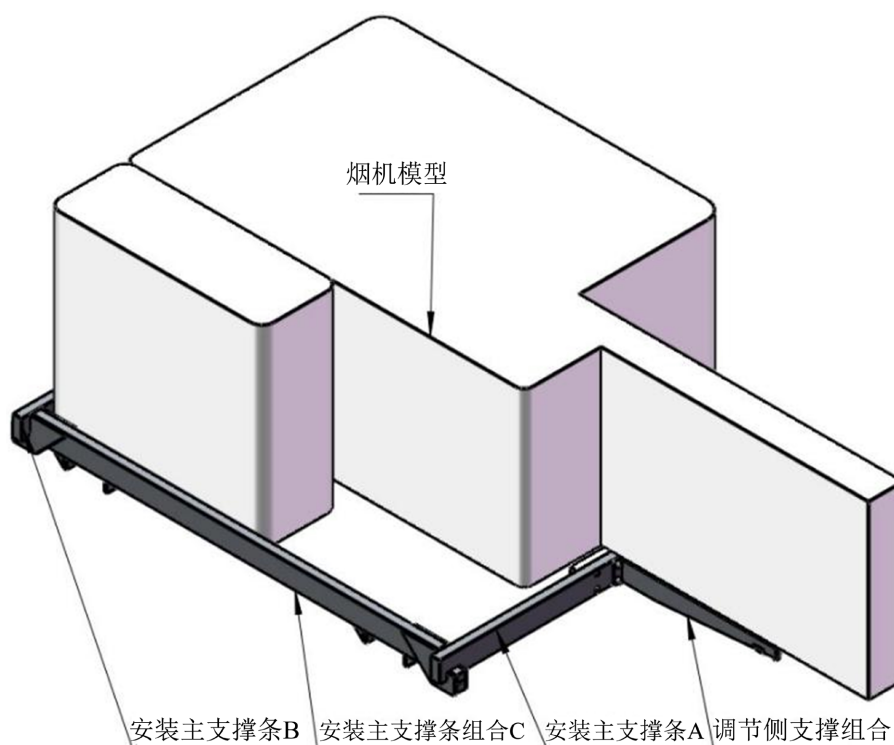


Figure 6. Schematic diagram of packing tobacco machine (with spiral lift) handling
图 6. 包装烟机(带螺旋提升)搬运示意图

前文所述的第一支撑杆，第二支撑杆，第三、四支撑杆，第五支撑杆。第一支撑杆对应图中的主支撑条 A，第二支撑杆对应主支撑条 B，第三、四支撑杆对应主支撑条组合 C，第五支撑杆对应调节侧支撑组合。

没有携带螺旋提升装置的包装烟机，如图7所示。

螺旋提升器是 BV600 包装烟机设备中的重要部件，因此在搬运时，需考虑是否将其拆卸，在此处分情况进行结构分析，不难看出拆卸与否，影响的是搬运工装主支撑条 A 和主支撑条 B 的具体安装位置。因此在实际应用中，应根据包装烟机设备的辅料更换部件位置和整体结构，灵活变通，找到最稳定且安全的主支撑条安装位置，再对包装烟机进行搬运。

根据两种不同的包装机搬运结构进行分析, 不难看出主支撑条 C 受到位于杆两端的压应力, 而主支撑条 A 和 B 受到烟机机组整体的压应力, 包装机重量约为 5000 kg, 搬运工装本身压在主支撑条 A 和 B 上的重量为 1000 kg, 由此可以计算出主支撑条分别受到的应力。

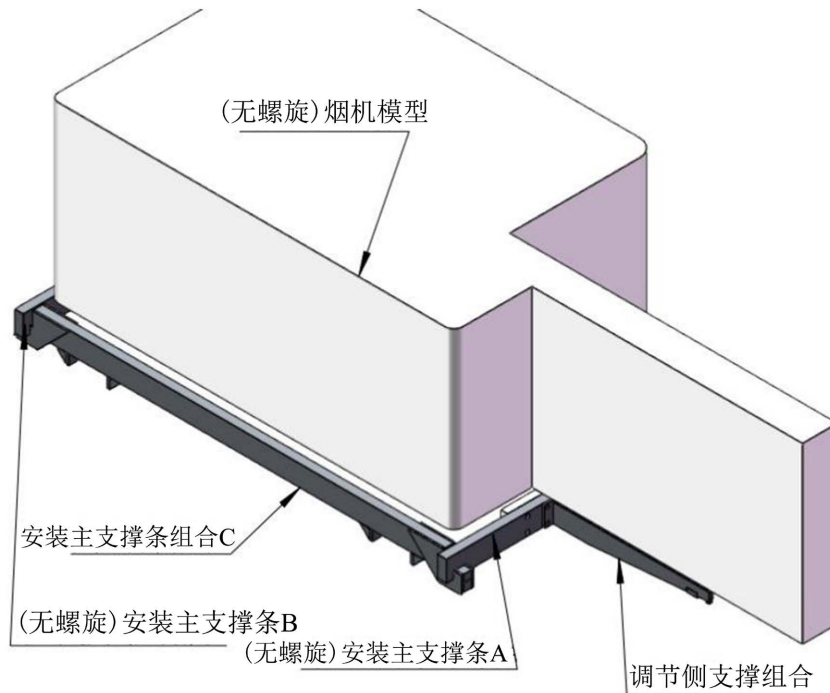


Figure 7. Schematic diagram of packing tobacco machine (without spiral lift) handling
图 7. 包装机(无螺旋提升)搬运示意图

4.2. 模型建立与网格划分

利用 SOLIDWORK 的模型文件转换功能和 ANSYS 模型导入功能, 可以将有限元分析的对象直接导入到软件中, 而在对支撑条进行有限元分析前, 还需要对模型进行网格划分, 先选择实体单元 Solid235, 材料为 Q235 钢, 弹性模量 200 GPa, 泊松比为 0.25。采用自由网格划分技术与手动网格划分技术联合的方式对支撑条结构进行划分[3]。

4.3. 约束与载荷设置

网格划分完成后, 根据应用场合和实际情况, 对支撑条添加约束, 主支撑条 C 的约束位置是螺栓螺母所固定的安装位置, 添加一个固定约束, 在此处进行约束定义, 方便后续有限元分析进行[4]; 主支撑条 A 和主支撑条 B 的两端与另一支撑条相配合, 在连接处添加固定约束, 与实际情况相符。

在完成约束定义后, 对主支撑条 C 施加竖直向上的载荷, 大小为 50,000 N, 对主支撑条 A 和 B 施加垂直向下的载荷, 大小为 60,000 N。

4.4. 分析结果与安全校核

在完成基本设置后, 选择静态分析方式查看日志[5], 得到支撑条组合的有限元分析云图, 如图 8~11 所示, 不难看出, 应力集中区域为杆的中间位置, 最高应力值与最大位移也出现在杆的中间位置。

在材料力学中, 受弯曲应力的杆, 其安全校核的计算公式[6]:

$$\sigma = \frac{My}{I_z}$$

公式中 I_z 为惯性矩, 根据材料种类查表可知, M 为力矩, y 为静态位移。

最终安全校核通过, 需满足 $\sigma < \sigma_{\max}$ 。

因此安全校核需要对材料受力以后的静态位移和静应力进行分析。

详细了解搬运工装的实际应用情况和结构以后, 根据有限元分析的结果, 对其进行静应力分析和静态位移分析, 通过简单计算即可完成安全校核。

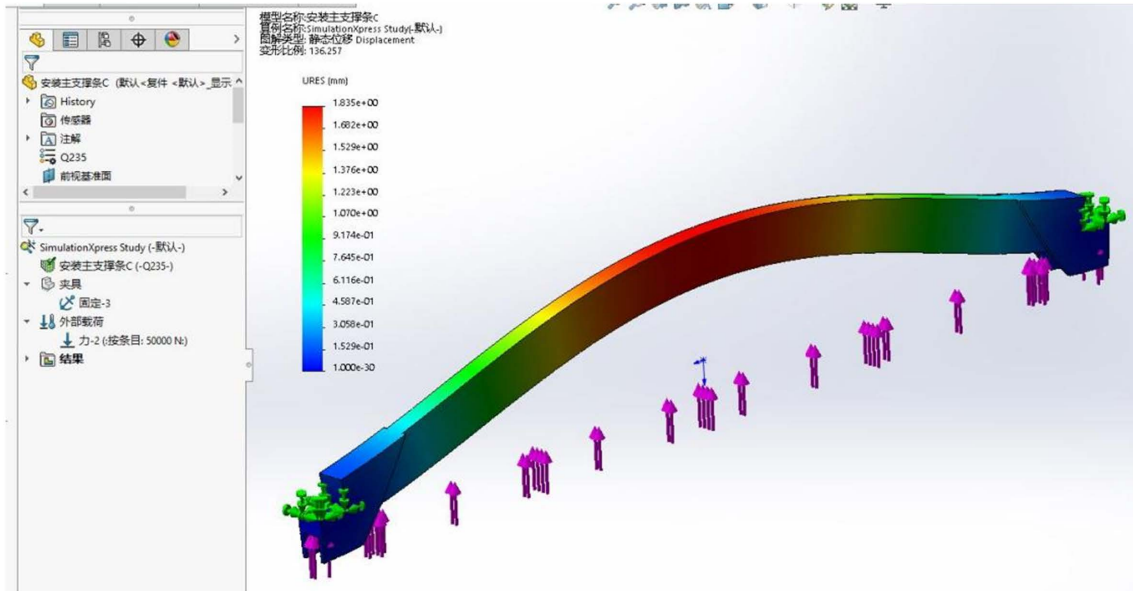


Figure 8. Static displacement analysis diagram of main support strip combination C
图 8. 主支撑条组合 C 静态位移分析图

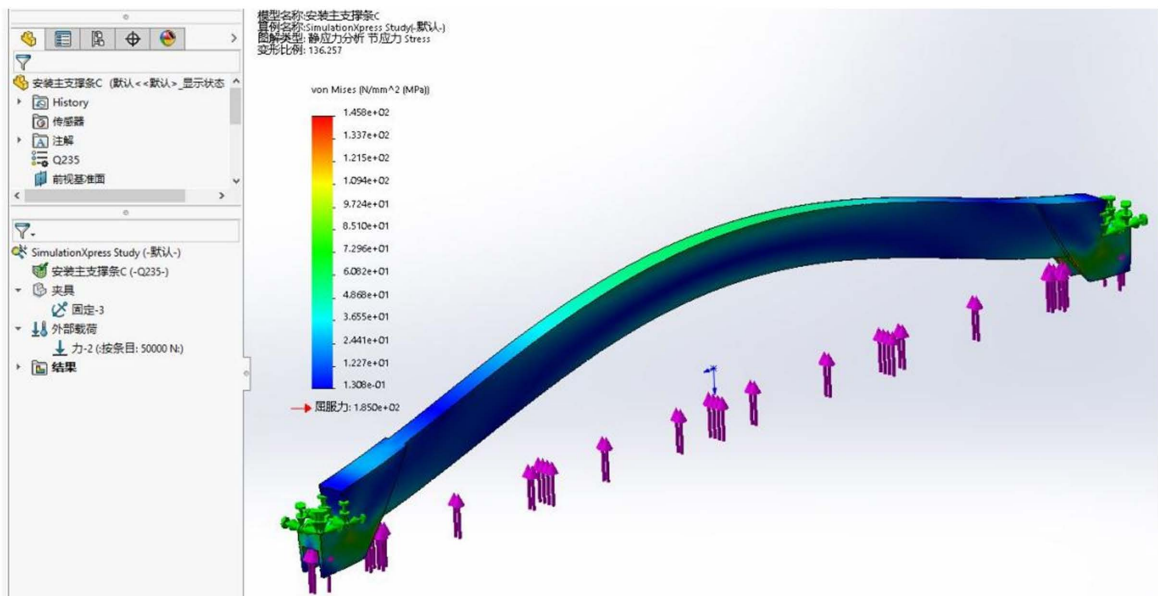


Figure 9. Static stress analysis diagram of main support strip assembly C
图 9. 主支撑条组合 C 静应力分析图

从主支撑条组合 C 的静态位移和静应力分析图可以看出，静态位移的最大值并未超过通过最大弯曲应力计算得出的最大静态位移，静应力峰值 $1.458e+02 < 1.850e+02$ (屈服力)，由此可得出主支撑条组合 C 的安全校核通过。

主支撑条 A 和 B，任选其一对其进行安全校核即可，两者材料相同、受力情况相同。

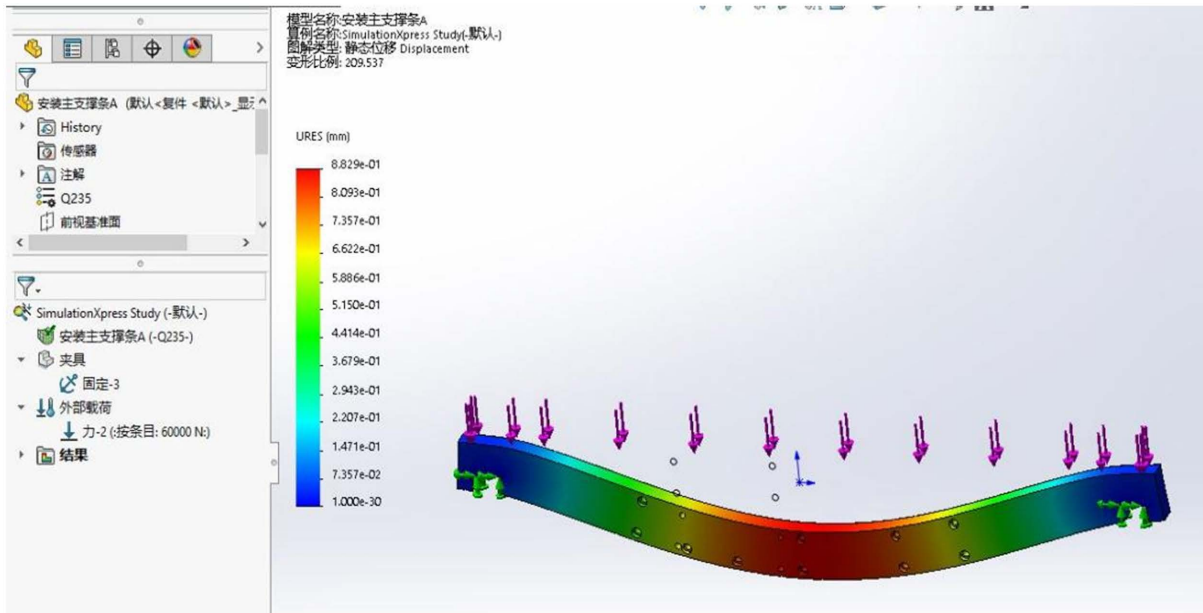


Figure 10. Static displacement analysis diagram of main support strip A
图 10. 主支撑条 A 静态位移分析图

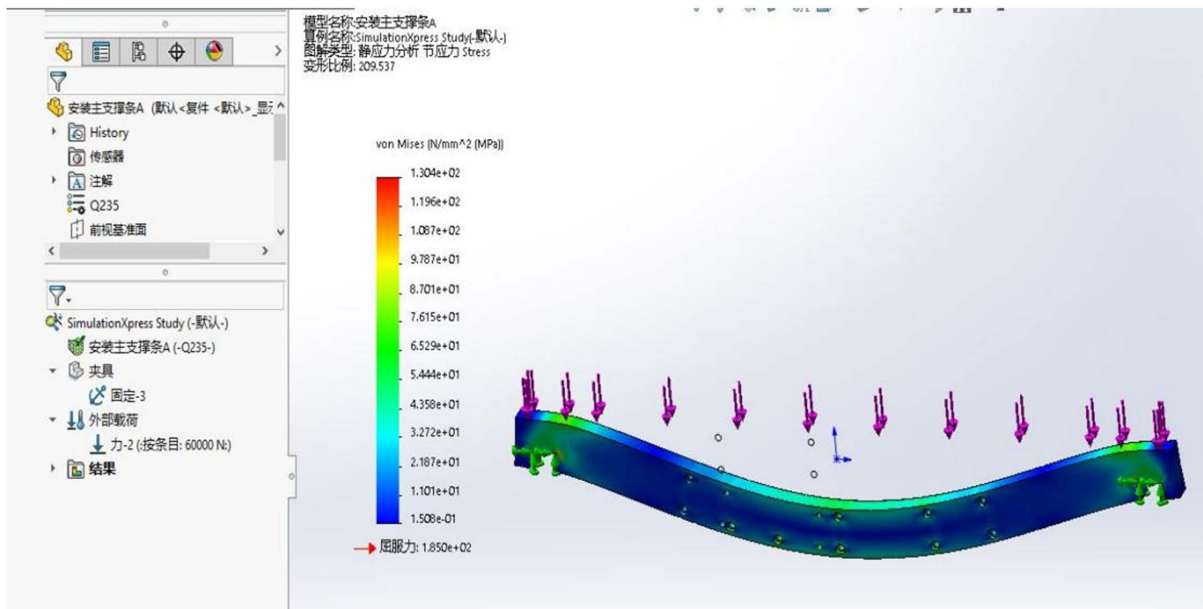


Figure 11. Static stress analysis diagram of main support strip A
图 11. 主支撑条 A 静应力分析图

同理，根据 solid works 静态位移和静应力分析图可知，静态位移的最大值并未超过通过最大弯曲应

力计算得出的最大静态位移, 静应力峰值 $1.304e+02 < 1.850e+02$ (屈服力), 由此可得出主支撑条组合 A 和 B 的安全校核通过。

5. 应用效果

利用该搬运工装有很多有益效果, 其中最为重要的是在搬运工装安装完成后, 能够通过叉车叉取抬起第三支撑杆和第四支撑杆, 实现烟机机组的搬运, 搬运效率高、安全性高, 同时结构简单, 安装方便, 大大减少搬运时间和搬运难度, 且能够根据不同烟机机组设备的形状、尺寸调节搬运工装大小, 适用性强。

通过第五支撑杆, 能够支撑烟机机组的重心悬空一侧, 加强对烟机机组的支撑性, 并且通过调节装置, 能够控制调节杆的高度, 从而调整调节圆盘的高度, 最终调整烟机机组的重心, 进一步提升烟机机组搬运时的稳定性。

利用搬运工装, 能大大提高搬运的效率, 减少搬运工作的时间。通过实际搬迁工作测试, 在不使用搬运工装的情况下, 对设备进行搬迁的各工序及耗时的时间如表 1 所示:

Table 1. Equipment relocation schedule (without handling equipment)

表 1. 设备搬迁时间表(不使用搬运工装)

工序	电气控制元件拆卸	机械部件拆卸	正常搬运
用时	8 h	12 h	14 h
总计用时		34 h	

不使用搬运工装的情况下, 搬运所需时间最长, 因为电气控制元件和机械部件繁多, 且形状大小各异, 拆卸后进行搬运, 复杂程度过高, 搬运所需次数过多, 搬运过程中还会遇到部件受损, 从表中可以得出正常搬运的总计用时为 34 h。

在使用搬运工装的情况下, 搬运的时间大幅度减少, 同时, 由于使用了搬运工装, 包装烟机设备能够以整体结构较为完整的形式进行搬运, 所以电气控制元件的拆卸和机械部件的拆卸的工作量大幅减少, 也为设备搬迁减少了大量时间, 最终, 通过搬运工装进行设备搬迁的总计用时减少到了 18 h, 如表 2 所示。

Table 2. Equipment relocation schedule (using handling equipment)

表 2. 设备搬迁时间表(使用搬运工装)

工序	电气控制元件拆卸	机械部件拆卸	搬运工装搬运
用时	5 h	8 h	5 h
总计用时		18 h	

从两个设备搬迁时间表不难看出, 搬运工装在实际使用测试效果来看, 大大提升了搬迁效率, 减少了搬运工作所需时间。

6. 结论

本申请提供一种包装烟机机组搬运工装, 安装在烟机机组上, 涉及包装烟机设备技术领域, 包括: 第一支撑杆、第二支撑杆、第三支撑杆、第四支撑杆和第五支撑杆, 通过连接、焊接固定烟机机组, 通过叉车叉取抬起第三支撑杆和第四支撑杆, 实现烟机机组的搬运, 搬运效率高且安全性高, 结构简单、安装方便, 适用性强, 是车间技改搬迁工作的基本工具, 对搬迁工作有着很大帮助。

参考文献

- [1] 国家烟草专卖局. YC/T 271.10-2008 烟草机械 形态设计 第 10 部分: 搬运[S]. 北京: 中国质检出版社, 2008.
- [2] 单辉祖. 材料力学(I) [M]. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [3] 李昂, 杨昆, 齐兵兵, 等. 基于 ANSYS 的管卡有限元分析设计[J]. 中国设备工程, 2024(13): 6-8.
- [4] 许志敏, 黄志强, 阙华长. 基于 ANSYS 的门式起重机结构有限元分析[J]. 机械研究与应用, 2023, 36(2): 12-15.
- [5] 汤达伟, 吴旭, 方鑫. 基于 ANSYS 的烟组推手有限元分析和优化设计[J]. 烟草科技, 2018, 51(4): 87-93.
- [6] 单辉祖. 材料力学(II) [M]. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2002.