

# 卷烟机设备搬迁工具的研制

范怀雄, 李亚东

红塔烟草集团有限责任公司, 云南 玉溪

收稿日期: 2024年7月19日; 录用日期: 2024年8月29日; 发布日期: 2024年9月25日

## 摘要

玉溪卷烟厂技术改造项目涉及卷包车间卷接设备搬迁工作, 以往方案使用叉车搬迁卷烟机设备。受限于设备底座高度, 需使用人工撬杠将设备抬升一定高度后再进行叉车运输。然而, 使用撬杠抬升设备具有以下不足: 一是需要大量的工作人员才能完成对设备的移动; 二是设备存在侧翻危险, 具有一定的安全隐患; 三是有些地方运输通道狭窄, 叉车无法进入, 需要工作人员用撬杠移动设备到较远的位置, 影响搬迁进程。为此, 工厂需要一种实用可靠的卷接设备搬迁工具, 减少施工人员的同时, 能减少耗时, 降低风险, 进而能够更安全、更高效地完成设备的起重和搬运。本搬迁工具拥有结构简单, 操作安全省力, 运用广泛等优点。

## 关键词

技术改造, 设备搬迁, 卷烟机, 搬迁工具

# Development of Relocation Tools for Cigarette Machine Equipment

Huaixiong Fan, Yadong Li

Hongta Tobacco Group Co., Ltd., Yuxi Yunnan

Received: Jul. 19<sup>th</sup>, 2024; accepted: Aug. 29<sup>th</sup>, 2024; published: Sep. 25<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

The technological renovation project at Yuxi Cigarette Factory involves the relocation of cigarette packaging and connecting equipment. Previously, forklifts were employed to relocate cigarette machine equipment. Due to the height limitations of the equipment base, manual pry bars were required to elevate the equipment to a certain height before transportation via forklifts. Moreover, the use of manual pry bars to elevate the equipment presents the following shortcomings: 1) A substantial number of workers are required to move the equipment; 2) There is a risk of the

equipment toppling over, which poses significant safety hazards. 3) In some confined spaces, forklifts cannot approach, necessitating the use of pry bars by workers to move the cigarette equipment to distant locations, significantly hindering the relocation progress. Therefore, there is a need for a new type of relocation tool for cigarette packaging and connecting equipment to reduce the number of workers, lower safety risks, decrease relocation time, and facilitate more efficient and safer lifting and transportation of the equipment. This relocation tool features a simple structure, safe and labor-saving operation, and broad applicability.

## Keywords

Technological Renovation, Equipment Relocation, Cigarette Machine, Relocation Tool

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

为保证玉溪卷烟厂技改项目顺利实施, 卷包车间设备搬迁工作需要有序、高效地完成。受限于厂房现有布局, 部分卷接设备所在的位置叉车无法进入, 需要人工将其移动至空间宽敞的位置, 才能进行搬运作业。为进一步制定相关解决方案, 工作人员借鉴同类大中型机械设备的起重和搬运解决方法。通过对龙门吊、汽车吊以及工程用起重千斤顶等装置进行现场适用性评估, 实地测算得出现有搬运设备和搬运方式难以适应卷包车间所有卷接设备搬运的结论。结合当前卷接设备搬迁现状和当前工厂技改形势下提出的需求, 对已有设备搬迁工具进行了参考借鉴, 以机构为单位进行创新、优化并整合。设计一种设备起重和搬运的专用工具对设备进行搬迁, 能够优化设备搬运流程, 节省施工成本的同时还能保障施工人员安全。本次研究的主要目的是在使用新型搬运装置后, 以往较难搬运的设备所需要的搬运人数和搬运耗时, 均能达到或低于较容易搬运的 PROTOS 2C 型号卷烟机所需要的搬运人数和搬运耗时[1]。

## 2. 存在问题

原有设备搬迁步骤分为“起重、装车、运输、卸车”四步。根据以往的设备搬迁数据, 地脚离地间隙较小的设备搬迁时间普遍大于三小时, 人数在十五人左右。目前车间设备搬迁工作存在部分卷接设备起重耗时长、移动困难的问题, 从而耗费了大量的人力和时间成本。同时在搬迁过程中, 将设备撬起升高时, 存在侧翻的危险, 而且在设备下垫入木方块时, 存在设备底部压到施工者手部的风险。上述问题将一定程度增加卷接设备在搬运过程中人力和时间消耗, 同时也潜藏了在搬运过程中带来的安全隐患。不满足叉车直接运输条件的设备只能采用人工撬杠方式进行起重, 搬运流程较为复杂[2]。

## 3. 方案设计

### 3.1. 工作原理

根据当前设备搬迁存在的问题和主要需求, 新型搬迁工具重点是要优化部分较难搬运设备的起重和搬运流程。如图 1 所示, 本卷接设备搬运工具主要由支撑板 2、万向移动轮 4、承力杆 1 和垫块 3 等组成。在搬运设备时, 需要在设备的地脚配合使用四个该装置进行。抬起设备前, 设备地脚两侧吊装孔内用两根承力钢管分别贯穿, 每根承力钢管两端分别穿入两个该起重移动装置, 保持两起重移动装置在承力钢

管上的安装位置左右对称, 即到设备的距离相等。同时转动四个该装置的传动螺母, 此时承力杆上的传动螺纹将承力杆连同承力钢管将设备抬起一定高度。注意四个起重移动装置上的传动螺母应当匀速转动, 以尽可能一致的速度抬起设备, 以防止设备歪斜侧翻。设备抬起后, 就可以利用起重装置推动设备到需要的位置, 再由叉车进行运输或进行短距离移动。

该装置适用于 PROTOS 系列卷烟机设备搬迁时的起重和移动, 相比以往的搬迁方式, 能够减少施工人员, 降低搬迁耗时。同时具有结构简单, 操作安全省力, 运用广泛等优点。

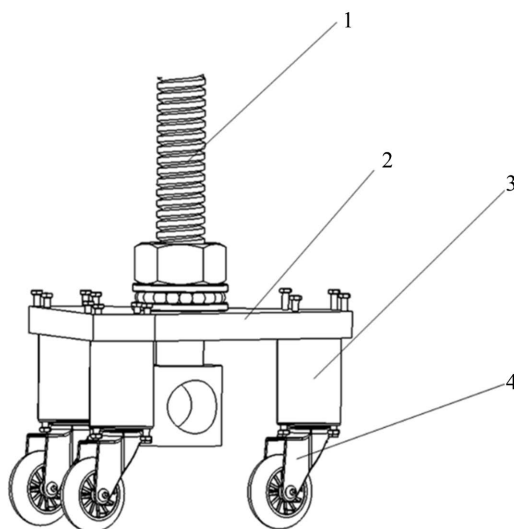


Figure 1. Schematic diagram of equipment handling tools  
图 1. 设备搬运工具示意图

### 3.2. 结构组成

该装置是一种烟草行业卷接设备搬迁工具, 广泛适用于 PROTOS 系列卷烟机设备搬迁过程中的设备移动。本工装主要由承力杆、支撑板、垫块、万向轮和升降螺母等部分组成。承力杆为一段梯型螺纹杆和一截带通孔的承重圆柱体组成的组合体, 通过连接螺母固定在支撑板上。支撑板为一类梯形平板, 其三个角分别布有四个通孔, 用于连接垫块, 其中心有一大通孔, 承力杆从其穿过与螺母连接。垫块为一长方体, 其表面均匀分布四个螺纹通孔, 用于连接支撑板和万向移动轮。万向移动轮主要由小轮、轮轴、轮轴承、轮支架、上转动轴承、下转动轴承和中心柳钉组成。

### 3.3. 结构参数

为保证该装置使用过程中的安全性和可靠性, 需对核心结构件和主要承力件进行强度校核。该装置中承力杆和螺母的传动方式为螺纹传动, 螺纹牙型为梯形螺纹, 材料为 40Cr; 确定承力杆的主要尺寸, 主要包括承力杆的中径、与之匹配的螺母高度、承力杆螺距和长度。

#### 3.3.1. 承力杆尺寸计算

螺纹磨损为滑动螺旋副的主要失效形式, 因此螺母高度和丝杆的直径通常由耐磨性计算来确定。所选用的材料根据承力杆所承受载荷和, 计算按照螺杆耐磨性要求:

$$d_2 = \zeta \sqrt{\frac{F}{\phi[p]}}$$

承力杆材料选用 40Cr, 传动用梯形螺纹  $\zeta = 0.8$ ; 承力杆 40Cr 的许用压强 $[p]$ 为(7.5 - 13) MPa, 按每圈螺旋副承力杆轴向载荷  $F = 8000$  N 进行计算,  $\varphi$  取 0.8~1.2, 计算得  $d_2$  为 28 mm; 则公称直径为  $d = d_2 + 0.5 P = 30$  mm

计算螺母高度  $H = \varphi d_2 = 25$  mm; 其中螺距  $P'$  为 4; 旋合圈数计算如下:

$$Z = \frac{H}{P'} = 7$$

按照耐磨性标准需满足旋合圈数  $Z \leq 10 \sim 12$ , 然后校核螺纹的工作压强如下:

$$P^* = \frac{F}{\pi d_2 h z}$$

计算螺纹的工作高度  $h = 0.5 P'$ , 其中,  $P^*$  为 10.1 MPa, 小于材料许用压强 $[p]$ 的(7.5 - 13) MPa, 因此满足设计要求。

### 3.3.2. 承力杆螺距的计算

梯形螺纹承力杆的头数与螺距决定了丝杆螺母传动机构能否自锁。根据《机械设计手册》, 满足梯形螺纹自锁条件的螺纹升角为  $1.5 \sim 5$  度, 所以选择 M30 单头螺纹, 螺距  $P_H$  为 4 mm, 校验螺纹升角: 其中径  $d_2$  为 28 mm,  $\tan = \frac{P_H}{\pi d_2} = 4.1^\circ < 5^\circ$ , 因此能够自锁。如图 2。

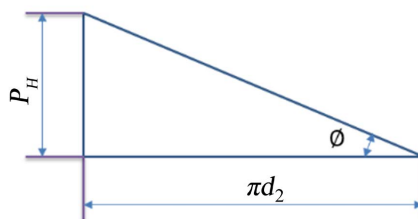


Figure 2. Schematic diagram of pitch calculation  
图 2. 螺距计算示意图

### 3.3.3. 承力杆长度选择

承力杆在螺母上段不宜过长, 为满足可操作性, 杆件在螺母下段需要小于 100 mm, 由于空间限制, 要求杆的整体长度小于 360 mm, 因此设计选用承力杆长度为 280 mm, 螺母下段与夹持机构选用焊接方式连接, 螺纹旋向选用右旋。

### 3.3.4. 承力杆强度校核

根据《机械设计手册》中滑动方式螺旋传动校核标准, 校核承力杆的当量应力如下:

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{4F}{\pi d_1}\right)^2 + 3\left(\frac{T}{0.2d_1^3}\right)^2}$$

其中, 拧动螺母时的转矩  $T = F_1 L = 40$  N  $\times$  50 mm = 2000 N·mm, 螺杆的许用应力  $[\sigma] = \frac{\sigma_s}{3}$ , 其中, 40Cr 的屈服极限  $\sigma_s$  为 785 MPa, 经核算, 承力杆当量应力  $\sigma$  为 682 MPa, 并且小于材料的屈服极限, 所以满足设计要求[3] [4]。

### 3.3.5. 主要工作部件的选用和安装要求

除了符合结构强度要求, 其他工作件还需要符合特定功能需求和尺寸安装需要, 既要保证各结构件

之间在装配时相互协调, 又要使整个装置在工作过程中不与其他装置和搬运件发生运动干涉, 同时还要考虑操作的可行性和便利性。

1) 支撑板: 要求有较强的承载力及抗弯刚度; 作为承载件需保证其他工作部件的安装位置, 为了不干涉, 在满足承载条件和安装条件的情况下, 结构尺寸尽可能减小。

结构尺寸: 支撑板长 480 mm, 宽 600 mm, 中心孔尺寸  $\Phi 40 \times 300 \times 230$  mm, 顶边长 100 mm, 侧边宽 100 mm, 安装孔尺寸为  $\Phi 5 \times 85 \times 70$  mm。

2) 垫块: 要求表面平整且符合配合件尺寸; 满足安装条件。

结构尺寸: 垫块为立方体, 尺寸为  $115 \times 100 \times 80$  mm, 安装孔尺寸为  $\Phi 5 \times 85 \times 70$  mm。

3) 螺母: 满足结构强度要求; 尺寸不宜过大, 否则后续使用扳手运行该装置时操作难度增大。

结构尺寸: 螺母直径  $L_3$  为 45 mm, 螺纹直径  $D_1$  为 30 mm, 螺距 4 mm, 厚度  $H_1$  为 25 mm。

4) 万向轮: 满足承载力要求, 具有较高的抗冲击性和强度, 保障装置平稳移动; 满足安装要求。

结构尺寸: 单只承重 500 kg, 安装高度 235 mm 的万向移动轮。

5) 平面轴承: 满足轴向载荷要求, 配合螺母转动承力杆; 满足结构尺寸需求和安装要求。

结构尺寸: 选择代号 51106 的平面推力球轴承, 轴承内径  $d = 30$  mm, 外径  $D = 47$  mm, 厚度  $T = 11$  mm, 轴向当量动载荷  $C_a = 16$  kN, 静载荷  $C_{0a} = 34.2$  kN。

## 4. 应用效果

### 4.1. 试验设计

实验装置: 卷接设备搬运工具

搬运设备: PROTOS 90S 型号卷烟机

操作方法: 选择 3 台即将停产封存的 PROTOS 90S 型号卷烟机, 按照技改过程中设备搬迁的路线, 将卷烟机设备由原来的厂房搬至新厂房, 验证该卷接设备搬运工具的实效性和可靠性, 重点记录搬运全过程所需的时间和操作人数(图 3)。

实验步骤: 1) 选择相同型号的 3 台卷接设备进行搬运实验; 2) 运用搬迁工具对卷接设备进行起重和搬运; 3) 记录时间及操作人数。

结论: 运用搬迁工具后, 搬运平稳, 安全, 简便, 操作人数为 6 人, 搬运耗时小于 1 小时。



Figure 3. Schematic diagram of transportation  
图 3. 搬运示意图

## 4.2. 数据分析

由实验数据可得(表 1), 在使用新型搬运工具后, 只需要六个人在一个小时内就能完成设备搬运。且搬运过程中, 操作难度有效降低, 设备运行平稳。相对以往的设备搬迁方法搬运所需时间大幅降低, 人数有效减少, 效率显著提高。

Table 1. Application effect verification data table

表 1. 运用效果验证数据表

实验次数	1	2	3
操作时间/min	57	58	53
平均时间/min		56	
操作人数/人	6	6	6
平均人数/人		6	

## 5. 结论

使用本搬运工具进行设备搬迁能顺利完成设备搬运任务。同时, 使用该装置进行卷接设备搬运, 操作更为便捷, 减少了搬迁人员及搬迁耗时, 降低了安全风险, 能够高效、安全地完成卷接设备的起重、搬运工作。经实验验证, 设备地脚低, 较难搬运的设备, 在使用搬运装置后所需要的搬运人数和搬运耗时, 均能达到或低于较容易搬运的 PROTOS 2C 型号卷烟机所需要的搬运人数和搬运耗时。使用本搬运工具进行设备搬迁相比以往的设备搬运方式还具有如下优势:

- 1) 顺应工厂技改的战略要求, 减少了设备搬迁所需要耗费的人力、物力;
- 2) 有效避免设备在搬迁起运过程中发生侧翻的风险, 能更好地保护机械设备的完整性和完好性;
- 3) 适应性广, 可用于多种搬迁场景, 降低搬迁起运难度;
- 4) 该装置结构简单, 方便快捷, 减少了搬迁起运所需时间, 提高了搬迁效率, 使机器能更快投入生产。

## 参考文献

- [1] 曹娟, 程彪, 洪广峰, 李阳. 《烟草科技》被引论文分析与研究[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2018.
- [2] 段好运. 机械加工设备搬迁和安装技术[J]. 内燃机与配件, 2021(10): 92-93.
- [3] 闻邦椿. 机械设计手册[M]. 第 5 版. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [4] 胡杰, 普林. PROTOS 系列卷烟设备搬迁方法探讨[J]. 城市周刊, 2022(15): 79-81.