

导爆管成卷捆扎机的设计

杨秀英, 程玉来

(沈阳工学院, 抚顺 113122)

摘要: **目的** 设计一种导爆管自动捆扎机, 通过该设备实现导爆管的自动捆扎。**方法** 在分析捆扎工艺路线的基础上, 对实现其基本功能进行分解, 并将基本功能进行组合, 确定整机结构方案, 采用单根成卷, 10 根捆扎工艺, 以旋转构件实现缠绕成卷, 直动气动原件实现单根的推送及 10 根的捆扎、以胶带作为捆扎材料实现对成卷后的 2 处捆扎。**结果** 经 2 轮样机的试制、改进及实际生产考核, 完成了导爆管成卷捆扎机的设计、制造。该机每班捆扎的生产率为 700 捆/8 h, 达到预期设计目的和要求。**结论** 设计的导爆管自动捆扎设备可以提高生产率, 减轻劳动强度, 降低生产成本。

关键词: 导爆管; 自动捆扎; 设计

中图分类号: TJ45⁺7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)17-0172-05

Design of Binding Machine for Plastic Nonel

YANG Xiu-ying, CHENG Yu-lai

(Shenyang Institute of Technology, Fushun 113122, China)

ABSTRACT: The work aims to design an automatic strapping equipment to finish automatic strapping of the nonel. Based on analyzing process route and binding function, the whole structural scheme was made out through first decomposing and then integrating basic functions. A single nonel was rolled and 10 nonels were strapped. Winding and rolling were realized by rotating parts. Delivery of a single nonel and strapping of 10 nonels were realized by direct driven pneumatic elements. Adhesive tape was used as strapping material to strap the 2 positions after rolling. Design and manufacturing of binding machine for plastic nonel were finished through trial-manufacture, improvement and actual production assessment for 2 prototypes. The productivity of the machine was 700 bales/8 h which achieved the design objectives and requirements. In conclusion, the designed detonating tube automatic strapping equipment can increase productivity and reduce labor intensity and output cost.

KEY WORDS: plastic nonel; automatic strapping; design

我国现有的民爆企业约 400 多家, 塑料导爆管(简称导爆管)是广泛应用于民爆企业的非电起爆系统中的一种新器材, 是一种在挠性塑料内壁上附有极薄引爆药粉(也称猛炸药)的空心塑料软管。在爆破工程中, 导爆管与工业火雷管配合组成的非电起爆系统是定向爆破和顺序爆破的理想传爆媒介, 因此, 在冶金采矿、井巷挖掘等爆破作业中得

到广泛的应用, 受到世界各国的普遍重视。如美国导爆管雷管的生产使用量约占该国各类雷管的 50%, 而澳大利亚则接近 100%。目前, 国内有近百个民爆企业都在生产塑料导爆管, 其单班产量一般都在 100 km 以上。

在导爆管的生产中, 一般是将长 500 m 的导爆管卷绕成 1 卷, 然后包装出售。由于爆破网络规模

收稿日期: 2016-02-18

基金项目: 沈阳工学院重大科研基金(ZD201404)

作者简介: 杨秀英(1970—), 女, 辽宁营口人, 博士、沈阳工学院教授, 主要研究方向为机械工程、工程材料。

不同,使用场合不同,起爆要求不同,用户对导爆管长度的要求也不同,是在 1~500 m 之间的任意长度,要求几米、十几米长度的居多^[1-2]。例如,有很多用户根据其使用情况,大量订购 3~5 m 长的导爆管进行联网爆破,因此,生产厂家需要将导爆管按客户要求的长度进行大量的分切工作,并将其打成一把再捆扎起来。迄今为止,国内大部分民爆企业的导爆管生产过程中的分切、成卷和捆扎还需要手工完成,每台拉管机至少占用 1 个工人,每人每班只能分切数千米,而且分切的长度误差较大,由此产生浪费、劳动强度大而生产效率低等问题。

导爆管的生产属于军民两用,而且涉及爆炸,在国外相关资料中未见报道。导爆管的生产工艺为:采用导爆管成型机将塑料原料热熔后拉伸成型,同时在塑料管内注入高能炸药;将拉伸成型后的导爆管按工程要求的长度切断;人工将切断后的导爆管按一定根数一起缠绕成卷后捆扎(包装)。其中,前两道工序采用机械化生产设备,而第三道工序各生产企业均采用人工操作方法进行捆扎,劳动强度大,效率低,产品生产成本较高。国内河北科技大学金清肃等^[2]为了解决导爆管包装过程中存在的问题,研制了塑料导爆管自动分切机、塑料导爆管自动打把机,但只是分别完成导爆管的分切、自动打把和捆扎工作,因此,研究针对导爆管(塑料管)的制作和包装现状,设计一种集分切、打把和捆扎功能于一体的机械化和自动化程度高的导爆管自动捆扎机,以提高导爆管捆扎(包装)的效率。

1 整机工作原理设计

1.1 捆扎工艺路线的选择

通过分析人工捆扎的过程,采用机械捆扎时的工艺路线为:导爆管(从导爆管成型机拉伸成型后)夹持、缠绕成卷、捆扎、成品。考虑导爆管每 10 根一捆,因此,在夹持和缠绕成卷时采用的方案上要考虑是每根单独夹持后成卷,还是每 10 根一起夹持后统一成卷;这 2 种不同的工艺路线直接影响整机的设计。从夹持的角度上考虑,单根夹持比较容易实现,且可靠性高,因此,设计采用单根夹持工艺方案^[3-6]。

在采用单根夹持工艺方案过程中,夹持与缠绕成卷需要重复实现,且 2 次重复之间还需将单根缠绕成卷后的导爆管移出等待,因此,在工艺路线上

增加了移送工序。捆扎时具体的工艺路线见图 1。

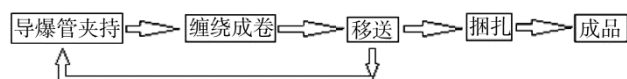


图 1 机械捆扎工艺路线

Fig.1 The process of mechanical strapping

1.2 功能分解

通过对导爆管成卷捆扎工艺过程的分析,能够将导爆管捆扎包装为合格成品的机械产品应包括以下功能。

1) 夹持功能。该功能是保证导爆管缠绕成卷起始时能够将导爆管的一端夹持住,以保证导爆管缠绕成卷的顺利进行。

2) 缠绕成卷功能。该功能是将导爆管成型机拉伸成型后的导爆管缠绕成环形(未实现捆扎)。

3) 推送功能。该功能按推送距离长短分为 2 种,其一是将单根导爆管缠绕成环形后短距离推出;其二是将 10 根导爆管缠绕成环形后长距离推出。

4) 捆扎功能。该功能是将缠绕成环形的数根(10 根)导爆管捆扎(包装)在一起,见图 2(人工捆扎形式),完成导爆管捆扎(包装)的最后一道工序。

5) 控制功能。该功能是实现整机所有功能的控制^[3]。



图 2 导爆管人工捆扎的形式

Fig.2 The form of manual strapping for nonel

1.3 功能实现的分析与整机结构方案的确定

从形态学的角度分析,导爆管捆扎(包装)总功能的实现是由部分功能的实现并经适当匹配和优化而形成的,因此,通过分析实现前述 5 种功能的各种方案,将其组合成能够实现系统总功能的不同方案,经过对这些方案的综合分析,将明显不合理或复杂难实现的方案去除,再经优化设计理论对剩下的方案进行优化后比较,最终确定导爆管捆扎

机的整机设计方案^[3-4],其整机设计方案见图3。

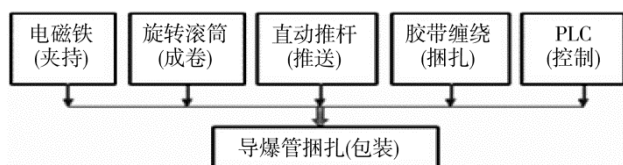


图3 捆扎机整体设计方案

Fig.3 The design scheme of mechanical strapping

2 机械及控制系统结构的设计和计算

2.1 传动系统的设计和计算

2.1.1 基本参数

导爆管成型机的速度可调,速度 ≤ 60 m/min,常用速度 45 m/min,将成型后的导爆管(外径 3 mm)按需要的不同长度切断(常用长度 3 m),10 根为一捆。

2.1.2 工作循环计算

按照导爆管捆扎的工艺路线,其工作循环包括:夹持、缠绕、推送、捆扎和推送(成品推送)。考虑本机与导爆管成型机的配套使用,经计算,工作循环参数如下^[4]:每根导爆管成型(缠绕)时间 $t=4$ s;选择(缠绕)成卷器直径 $D=200$ mm;导爆管所需缠绕圈数为 5 圈;成卷器转速,起始 1.5 转(线速度与导爆管速度相同), $n_1=71$ r/min,用时 $t_1=1.27$ s;导爆管切断后的转速为 $n_2=240$ r/min,用时 $t_2=0.88$ s;推送时间为 $t_3=t-t-t_2=1.56$ s

2.1.3 动力参数的选择

1) 电机的选择。电机用于带动成卷器旋转,需要准确控制转动角度(转数),因此,选择伺服电机。根据经验,带动导爆管缠绕成卷的拉力很小,初估拉力为 $F=50$ N;线速度为 $v=n_2 \cdot D/60=2.5$ m/s,则初估功率为 $P=Fv=125$ W。电机型号为 110ZYT154A3,直流 220 V,转速 3000 r/min;电源调速器(SK800BH 0~110 V 可调)。

2) 减速器的选择。根据成卷器转速的转速要求需要在电机与减速器之间加装减速器,减速器速比为 4:1。

3) 气动压力的选择。根据现有工厂中心泵站普遍提供的压力确定,取压力为 0.8 MPa。

2.2 机械系统的结构设计

2.2.1 机构运动简图

根据前述计算,机构运动示意图^[4]见图 4。由

导爆管成型机拉伸成型后的导爆管,经引导管(图中未显示)进入本机并被夹持(见图 5 零件 1)在成卷器 8(图 5 零件 2)中,然后由电机(减速器)9 带动成卷器转动,分别以 $n_1=71$ r/min(线速度与导爆管成型机的拉伸速度相同)和 $n_2=240$ r/min(为下一推送过程留下动作时间)的转速运动。

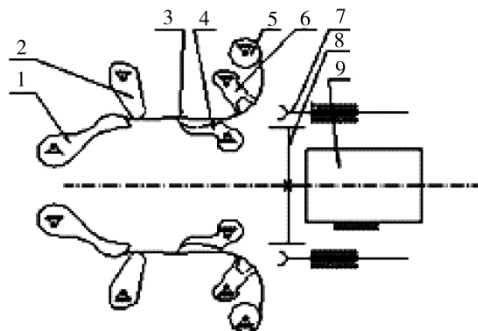


图4 机构运动

Fig.4 The diagram of mechanism motion

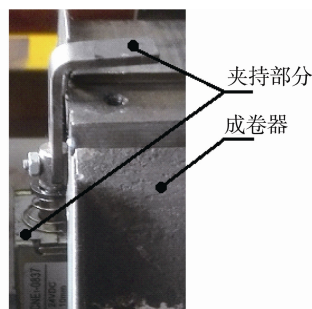


图5 夹持实物

Fig.5 The structure of gripper

2.2.2 传动结构的选择

1) 夹持结构的选择。将导爆管夹持(固定)在旋转的成卷器上是实现导爆管缠绕成形的关键,因此,采用的夹持结构应能保证可靠的夹持与松夹。通过分析^[6],实现该功能可以采用机械或电器装置,经反复试验,采用微型直动式电磁铁来实现夹持功能,见图 5。

2) 成卷器结构的选择。成卷器是实现缠绕成卷功能的部件,能够实现该功能的部件结构形式有多种,采用旋转体结构实现导爆管缠绕成形,见图 6。这种结构具有机构简单,运动可靠、易于实现的优点。

3) 推送结构的选择。根据前述工作循环计算的结果,单根导爆管缠绕成形后要将其推出成型器(待完成 10 根后捆扎),而这一推出动作要在 2 次成型间(成型器静止)实现,推送动作(往、返)

要在 1.56 s 内完成,再依据整机的结构设计,完成捆扎推送的行程约 500 mm,推送行程的速度不应小于 0.8 m/s。

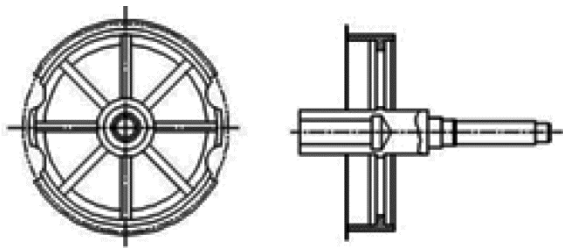


图 6 成卷器结构
Fig.6 The structure of roller

设计选用气动原件作为推送机构。由于单根导爆管在单根推送和整体结捆时的行程不同,因此,选用双行程气缸,同时为保证推送可靠,采用 4 套气缸联动,结构实物照片见图 7。

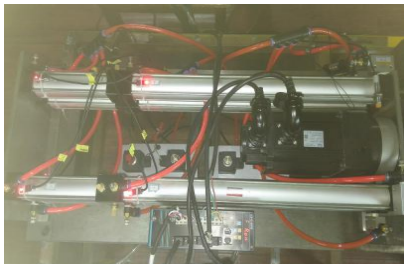


图 7 推送结构实物
Fig.7 The structure of pusher

4) 捆扎系统结构确定。根据捆扎原理,其的实质是将某材料(产品)用包装物(绳、钢带、塑料带)捆紧扎牢的一种包装作业^[5],因此,导爆管的捆扎是整机设计的关键。捆扎系统的结构直接影响整机的复杂程度,为了使捆扎系统结构简单实用,借鉴现有的包装结构,决定采用塑料胶粘带作为捆扎物^[7-9],结构见图 8。捆扎具体工作过程如下,

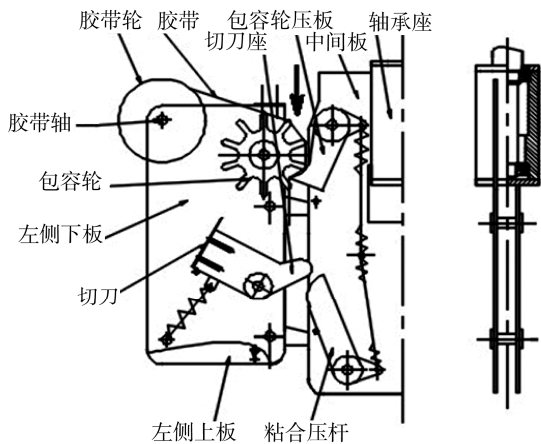


图 8 捆扎系统
Fig.8 The diagram of system bundling

缠绕成卷的塑料管由箭头方向推向包容压板和包容轮之间,胶粘带由胶带轮伸出绕在包容轮上,在直动推杆推送过程中缠绕成卷的塑料管被胶带粘上,推杆继续推送塑料管至切刀座并由粘合压杆压紧粘合,同时胶带被切刀切断,推杆继续推送塑料管至机外,完成整个捆扎过程。经该捆扎机捆扎后的导爆管见图 9。



图 9 该捆扎机实现的捆扎形式
Fig.9 The implementing form of strapping nonel

2.3 控制系统的设计

捆扎机控制系统采用 PLC 控制技术,分别对各个系统进行响应控制^[10-15],以达到整机的运行,工作流程见图 10。整机最终方案见图 11。

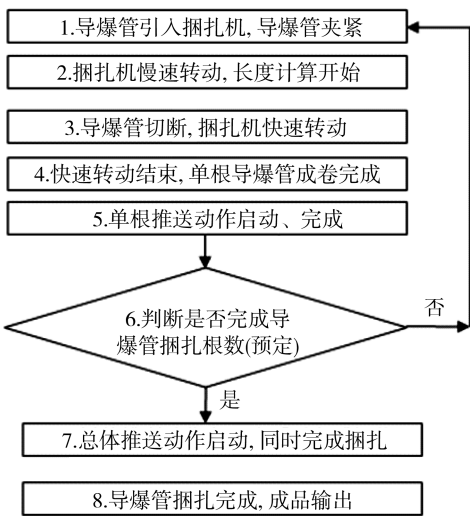


图 10 控制系统工作流程
Fig.10 The work process of control system



图 11 整机
Fig.11 The tube automatic strapping equipment

3 结语

文中所设计的导爆管成卷捆扎机,经方案论证、结构设计、2 轮样机的改进,通过了实际生产检验。该机每班(8 h)捆扎生产量为 700 捆,达到了导爆管生产单位的设计要求,实现了导爆管的自动捆扎,提高了导爆管的生产效率,为企业节省了生产成本,增加了企业的纯利润。文中设计的方案从原理上分析还存在可以进一步改进的地方,具体表现为以下 2 点。

1) 该方案在生产率方面效率还可以进一步提高,可以将单根夹持改变为每 10 根同时夹持,这样可以将生产率提高 10 倍。

2) 设计采用的气动推送机构结构比较简单,配套推送气缸成本低,但动作的一致性依赖于气体压力和流量的保证,可以考虑采用电动推杆,使推送机构的动作一致性更好。

对导爆管捆扎(包装)设备的研究还有待进一步的探索,以推动我国民爆器材生产行业更好发展。

参考文献:

- [1] 王海亮. 工程爆破[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2008.
WANG Hai-liang. Engineering Blasting[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2008.
- [2] 金清肃, 赵小明, 刘建业, 等. 塑料导爆管自动打把设备的研制[J]. 火工品, 2011(3): 53—56.
JIN Qing-su, ZHAO Xiao-ming, LIU Jian-ye, et al. An Automatic Winding Machine for Cup-type Lead[J]. Initiators & Pyrotechnics, 2011(3): 53—56.
- [3] 李贵轩. 设计方法学[M]. 世界图书出版公司, 1989.
LI Gui-xuan. The Theory of Design Method[M]. World Publishing Corporation, 1989.
- [4] 张祖立, 程玉来, 陶栋材. 机械设计基础[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
ZHANG Zu-li, CHENG Yu-lai, TAO Dong-cai. Fundamentals of Mechanical Design[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2004.
- [5] 孙智慧, 徐克非. 包装机械概论[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2007.
SUN Zhi-hui, XU Ke-fei. Generality of Packaging Machine[M]. Beijing: Printing Industry Press published, 2007.
- [6] 北京英科科技开发中心. 机械工程师设计手册(电子版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
Beijing Yingkeyu Technology Development Center. The Manual of Design for Mechanical engineers (electronic)[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.
- [7] 魏炳方, 杭鲁滨, 罗玉峰. 基于粘性胶带的缠绕捆扎机构设计[J]. 包装工程, 2013, 43(3): 68—71.
WEI Bing-fang, HANG Lu-bin, LUO Yu-feng. Design of Winding Packaging Mechanism Based on Adhesive Tape[J]. Packaging Engineering, 2013, 43(3): 68—71.
- [8] 杨清桃, 王雪, 李晓刚. 快速拆装钢丝捆扎箱结构优化设计[J]. 包装工程, 2014, 35(15): 35—39.
YANG Qing-tao, WANG Xue, LI Xiao-gang. Optimization of Structural Design of Quick Disassembling Wire Bound Box[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(15): 35—39.
- [9] 李晓光, 钟飞. 管道外防腐卷材自动缠绕机的设计[J]. 包装工程, 2015, 36(1): 89—93.
LI Xiao-guang, ZHONG Fei. Design of Automation Winding Machine for Anti-corrosion Coil on the External Surface of Pipeline[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(1): 89—93.
- [10] 席晓燕. 金属成形加工机械执行机构的仿真与动力学分析[J]. 包装工程, 2015, 36(7): 48—52.
XI Xiao-yan. Simulation and Dynamic Analysis of Metal Forming Machinery Actuator[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(7): 48—52.
- [11] 陈少克, 舒俊, 陈琼雁, 等. 全自动热成型机控制系统设计[J]. 包装工程, 2015, 36(1): 116—120.
CHEN Shao-ke, SHU Jun, CHEN Qiong-yan, et al. Application and Design of Automatic Control System for the Thermoforming Machine[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(1): 116—120.
- [12] 李晓娜, 刘宝顺, 刘瑞昌. 基于 PLC 和触摸屏技术的制袋设备控制系统及界面设计[J]. 包装工程, 2014, 35(5): 50—53.
LI Xiao-na, LIU Bao-shun, LIU Rui-chang. Design of Bag-making Equipment Control System and Interface Based on PLC and Touch Screen Technique[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(5): 50—53.
- [13] 樊勇, 徐海飞. 高速小袋包装机控制系统的设计[J]. 包装工程, 2016, 37(1): 125—129.
FAN Yong, XU Hai-fei. Design of Control System of High Speed Packaging Machine for Small Packages[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(1): 125—129.
- [14] 赵汉雨, 姬少龙, 刘存祥, 等. 新型纸箱包装机 PLC 控制系统设计[J]. 轻工机械, 2011, 29(3): 57—59.
ZHAO Han-yu, JI Shao-long, LIU Cun-xiang, et al. Design of PLC Control System of New Type Carton Packaging Machine[J]. Light Industry Machinery, 2011, 29(3): 57—59.
- [15] 张永林. 散粒料全自动包装机气动系统的设计与研究[J]. 液压与气动, 2004(11): 33—34.
ZHANG Yong-lin. Research and Design of Pneumatic System Full Automatic Packing Machine for Granular Material[J]. Chinese Hydraulics and Pneumatics, 2004(11): 33—34.