

基于 TRIZ 理论的 D 型打结器设计与试验

马 赛 李凤鸣 钱 旺

(中国农业机械化科学研究院呼和浩特分院有限公司, 呼和浩特 010020)

摘要: 发明问题解决理论(TRIZ)是指导人们进行发明创新、解决工程问题的系统化的方法学体系。打结器是捡拾打捆机的核心部件,它的主要功能是将包络草捆的捆绳打成牢固可靠的绳结。针对捡拾压捆机打结器架体在损坏后拆装麻烦、难于维修更换,生产率急剧下降的问题,应用 TRIZ 理论对打结器进行了分析。通过对存在问题的描述,利用鱼骨图进行因果分析,找到问题发生的原因;通过功能分析法找到初步解决问题的思路,进一步应用矛盾分析法得到问题的最终解决方案。试验证明,新型打结器平均每 11.5 万捆损坏一次,超出了国家标准和设计要求。

关键词: 压捆机; 打结器; TRIZ; 设计

中图分类号: S817.11*5; F062.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2018)S0-0327-05

Design of D-type Knotter Based on TRIZ Theory

MA Sai LI Fengming QIAN Wang

(Hohhot Branch of Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences Co., Ltd., Huhhot 010020, China)

Abstract: Invention problem solving theory (TRIZ) is a systematic methodology system that guides people to innovate and solve engineering problems. The knotter is the core part of the forage picking and baling machine. Its main function is to tie the baling rope of enveloping grass into a solid and reliable knot. Each picking and baling machine is equipped with multiple sets of knotter as required and installed on the main shaft of the knotter together. Knot for picking and baling machine frame body dismantling trouble and difficult to repair and replacement after damage, arising from resulting work stoppage, slowdown productivity fell sharply, and application of the theory of TRIZ innovative methods were analyzed. Through the description of the existing problems, the causality analysis was carried out by using fishbone diagram to find out the cause of the problems and point out the direction for further solving the problems. Through functional analysis, the initial solution of the problem was found out, and then the contradiction analysis method was applied to get the final solution of the problem. By TRIZ theory analysis, the final solution of simple described as knot in the shaft hole of the frame body were inlaid self-lubricating bushings, an engineering plastics with engineering plastics for the collar base makings, joining the reinforcing fiber and solid uniform synthetic grease, wear-resisting effect, and increasing the whole strength of the fiber can improve the bearing and edge under the pressure of ability, and realizing the high pressure resistance, high heat dissipation and creep force, at the same time, it had a good friction performance. Tests results showed that the average failure-free time of the new knotter was raised to 115 000 bales, which greatly exceeded national standards and design requirements. It was proved by practice that the application of TRIZ can greatly accelerate the process of invention and creation and obtain high-quality innovative products.

Key words: pick-up baler; knotter; TRIZ; design

0 引言

发明问题解决理论 (TRIZ) 是指导人们进行发明创新、解决工程问题的系统化的方法学体系。TRIZ 不仅提供了分析工程问题所需的方法,包括功能分析、资源分析和物场分析等,同时还提供了相应

的问题求解工具,包括解决技术矛盾的发明原理、解决物理矛盾的分离原理、科学原理知识库和发明问题标准解法等^[1-2]。实践证明,运用 TRIZ 可以大大加快人们创造发明的进程,而且能得到高质量的创新产品。

打结器是捡拾压捆机的核心部件,其结构较复杂,设计制造困难。捡拾压捆机将置于地面上的散状牧草压制成长方形草捆,打结器将方草捆自动打结,以便于装卸、运输、储存等。打结器可在 0.6 ~ 0.7 s 内完成送绳、夹绳、绕绳、抓绳、割绳、回位、脱扣等动作,这些动作由构成打结器的凸轮盘、齿轮等机构来实现,此套机构的准确性、协调性、可靠性保证了 99% 的成捆率^[3]。

针对捡拾压捆机使用过程中,打结器架体损坏后拆装麻烦、难于维修更换等问题,本文应用 TRIZ 理论,通过对存在的问题进行分析,以找到解决问题切实可行的优化设计方案。

1 D 型打结器的结构

打结器是牧草捡拾压捆机的核心部件,其主要功能是将包络草捆的捆绳打成牢固可靠的绳结^[4]。在每一个打捆机上根据需要配备多组打结器,共同安装在打结器主轴上。打结器架体是整个打结器所有部件的安装支撑件。

图 1 为 D 型打结器结构简图。它主要由打结器架体、夹绳器、打结钳嘴组件、小锥齿轮、驱动夹绳盘的蜗轮、蜗杆、脱绳杆和齿盘等组成,其模仿人手打结的动作进行运动设计,实现机械式的自动打结,具有传动灵活、工作协调性好的特点^[5-7]。

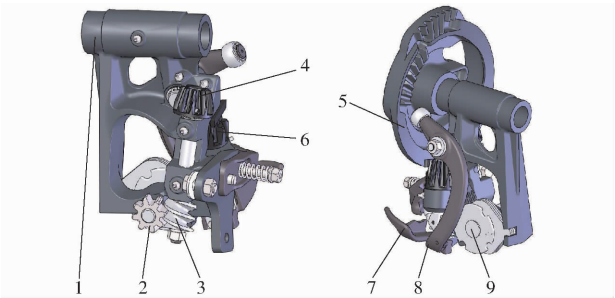


图 1 D 型打结器结构简图
Fig.1 Structure of type D knotter

- 1. 打结器架体 2. 驱动夹绳器的蜗轮 3. 蜗杆 4. 蜗杆轴小锥齿轮 5. 齿盘 6. 打结钳轴小锥齿轮 7. 脱绳杆 8. 打结钳嘴 9. 夹绳器

2 待解决的问题

在实际作业过程中,打结器架体经常出现断裂和磨损严重的现象,由于多组打结器共同安装在一个主轴上,如图 2 所示,而轴的两端分别固定安装在

打结器支撑架上,当其中一个打结器架体发生损坏需要更换时,必须先将主轴拆卸下来,之后再从主轴上拆卸损坏的打结器架体。打结器属于精密配合运动部件,出厂时经过严格的安装调试方能达到最佳的打结效果。由于现在打结器架体结构限制,当有一组打结器架体出现损坏时,需要将多组打结器同时拆卸后进行更换,更换后多组联动调试费时费力。

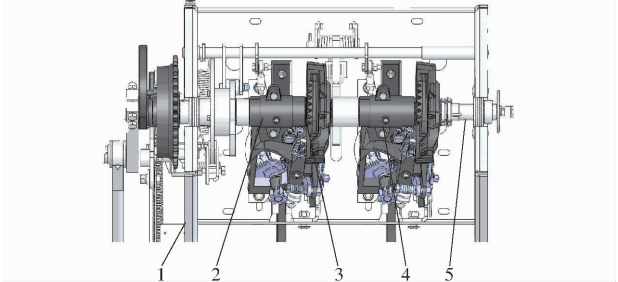
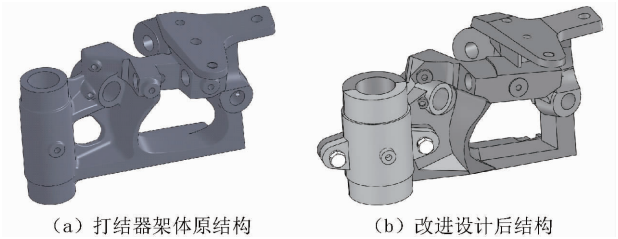


图 2 D 型打结器安装图
Fig.2 Installation diagram of type D knotter
1. 机架 2. 打结器架体 3. 齿盘 4. 润滑系统 5. 打结器主轴

在前期改进设计中,为了提高打结器的维修方便性,将打结器架体设计成了一分为二的形式,如图 3 所示。



(a) 打结器架体原结构 (b) 改进设计后结构
图 3 D 型打结器架体结构对比图
Fig.3 Structure comparison diagram of type D knotter

虽然经过一分为二的设计,提高了打结器的维修方便性,但降低了打结器架体的整体结构安全性和稳定性。若想从根本上解决打结器架体容易出现断裂磨损的问题,必须找到导致打结器架体磨损断裂的根本原因。

3 利用 TRIZ 理论分析问题

3.1 因果分析法

利用鱼骨图对可能导致打结器架体损坏的原因进行分析^[8-10],如图 4 所示。

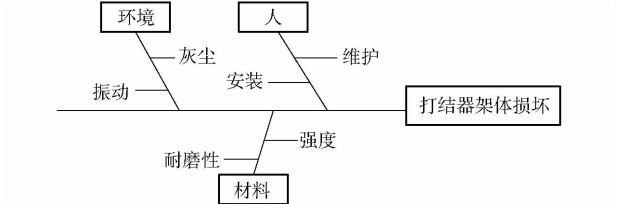


图 4 打结器的鱼骨图
Fig.4 Fishbone diagram of knotter

通过鱼骨图可以清晰地看出,打结器架体损坏

的主要原因集中在人、材料、环境 3 方面。人的因素包括安装打结器时调整不到位,后期对打结器的维护不到位;环境因素主要有作业环境灰尘大、作业过程震动大;材料因素主要有材料的强度、耐磨性是否达标。

环境中的灰尘与震动是无法改变的,材料的强度、耐磨性出场检验也是合格的,那么能解决的影响因素就是在安装与维护上。打结器的安装由机械手臂按照严格的工艺顺序完成,经过严格的质检,合格后方可投入使用。所以需解决的只有维护这一方面。

在跟踪调研过程中发现如下对比数据,如果用户维护保养到位,打结器架体平均每 10 万捆发生一次故障,如果维护不到位,则为 5~6 万捆。由于现场作业环境灰尘大,要求必须要每 8 h 对每组打结器的 6 个注油孔进行注油作业,市面上的方捆机最少配备两组打结器,国外大型方捆机配备了 6 组甚至 8 组打结器,每次维护所要耗费的人力成本是巨大的。定时维护对于降低打结器架体损坏率有很大的帮助,但由于维护耗时费力,导致打结器维护保养不到位。综上分析,打结器架体润滑不到位是导致打结器架体损坏的主因,打捆机处在恶劣的作业环境下,如果打结器架体润滑不到位,很快就会出现灰尘颗粒研磨架体的现象。被灰尘颗粒研磨后的打结器架体,在打结器快速打结过程时极易发生应力集中,从而导致打结器架体断裂。

3.2 功能分析

为了进一步细化问题,对打结器系统进行功能分析^[11-12],如图 5 所示。

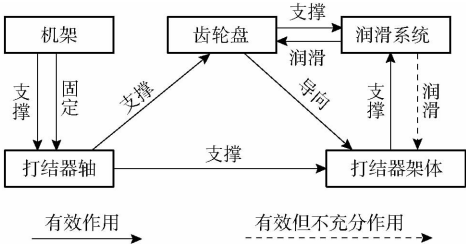


图 5 功能分析

Fig. 5 Function analysis

从打结器功能系统分析上来看,由于润滑系统有效的作用不足,打结器架体经常出现损坏。

利用功能分析模型将问题点转换为物-场模型,如图 6 所示。从物-场模型分析看,润滑系统对打结器架体的润滑作用有效但不充分,如图 6a 所示,根据工程实际,结合 TRIZ 对于物-场模型分析的 76 个标准解,当出现有效但不充分作用时需要通过有效手段来强化这个场,但由于工程实际不允许将系统复杂化,那么可以引入双物-场模型解决方案。如果

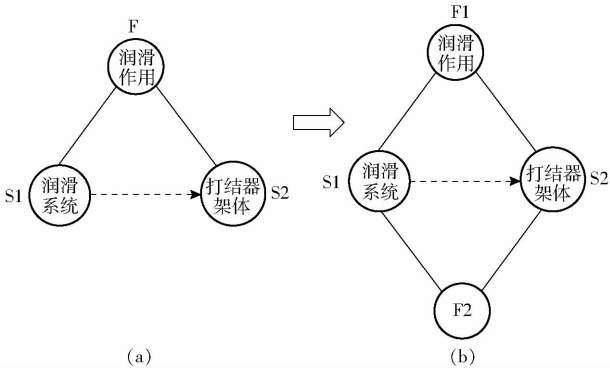


图 6 物-场模型

Fig. 6 Matter-field model

需要强化一个难以控制的物-场模型,而且禁止替换元素,可以加入第 2 个易控制的场来建立一个双物-场模型来解决问题,如图 6b 所示。

根据物-场模型分析提示,得到一个解决方案,可以引入自润滑系统,来弥补原有润滑系统润滑作用不足,以降低打结器的损坏频率。但引入的自润滑系统会增大系统的复杂性,增加制造成本,这就使解决问题的方案产生新的矛盾。

3.3 矛盾分析法

由于前述解决方案带来了新的矛盾,现利用 TRIZ 理论矛盾分析法进一步分析。根据上面的分析,可以将问题进一步转换为技术矛盾进行分析处理^[13]。解决技术矛盾问题的基本模型如图 7 所示。

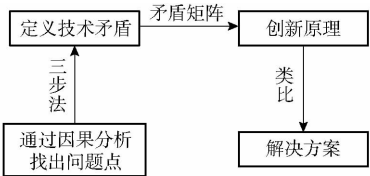


图 7 技术矛盾的解题流程

Fig. 7 Process of solving technical contradictions

利用 TRIZ 理论 39 个通用技术参数将问题描述为:改善物体的可靠性,增大了物体的复杂性。这是 TRIZ 中典型的技术矛盾。

查阅阿奇舒勒矛盾矩阵,查询结果如表 1 所示。

可以得到以下创新原理提示:

创新原理 13——反向作用原理,具体描述:用相反的动作,代替问题定义中所规定的动作;将物体上下或内外颠倒过来;使物体或者环境,可动部分不动,不动部分可动。

创新原理 35——物理或化学参数改变原理,具体描述:系统或对象属性包括许多物理或化学参数,可通过多种方法改变其物态、浓度、密度、柔度和温度等属性,使一个系统或属性与希望实现的新功能性之间存在满足需要的联系。

表 1 矛盾矩阵

Tab.1 Contradiction matrix

改善的通用工程参数	恶化的通用工程参数			
	1 运动物体 的重量	2 静止物体 的重量	36 系统的 复杂性	37 控制和测 量的复杂性
1 运动物体 的重量	+	—	26,30, 36,34	28,29, 26,32
2 静止物体 的重量	—	+	1,10, 26,39	25,28, 17,15
27 可靠性	3,8, 10,40	3,10, 8,28	13,35, 1	27,40, 28
28 测量精度	32,35, 26,28	28,35, 25,26	27,35, 10,34	26,24, 32,28
29 制造精度	28,32, 13,18	28,35, 27,9	26,2, 18	—

注:表内各数字表示 40 个创新原理的代号;“—”表示暂无可适用的创新原理;“+”表示相同参数。

创新原理 1——分割原理,具体描述:分割原理是以虚拟方式或实物方式将一个物体分成相互独立的或容易组装和拆卸的部分,提高系统的可分性,可对各部分进行重组合并,以执行某些新的功能,并消除某一问题。

通过创新原理 35 可以将原有润滑油由液态更改为固态,置于打结器架体与打结器轴中间,省去人工注油的过程,避免了因未注油而引起的润滑不到位导致的打结器架体断裂的现象。

4 最终解决方案

在打结器架体的各轴孔内均镶嵌一个工程塑料自润滑轴套,该轴套以工程塑料为基料,加入了增强纤维和固体润滑脂均匀合成,基料起到耐磨作用,增强纤维提高了轴承的整体强度和承受边缘压强的能力,实现了高抗压性、高散热性和抗蠕变力,同时其本身具有良好的摩擦性能。而固体润滑脂起润滑作用,会在运行时减小摩擦。轴套内的固体润滑脂作为细微的小粒嵌入无数个增强纤维组成的微网格结构中,当轴正常运转时,这些海量的微小固体润滑脂颗粒就会从网格中被释放出来,在轴的表面形成一层致密的耐磨润滑保护膜,非常有效地保护了各轴

不被磨损^[14-18]。

该打结器自润滑架体在结构上取消了各轴孔法向设置的所有人工注油孔,使架体的结构更为简单,制造时模具的设置也更为方便。新型打结器架体如图 8 所示。

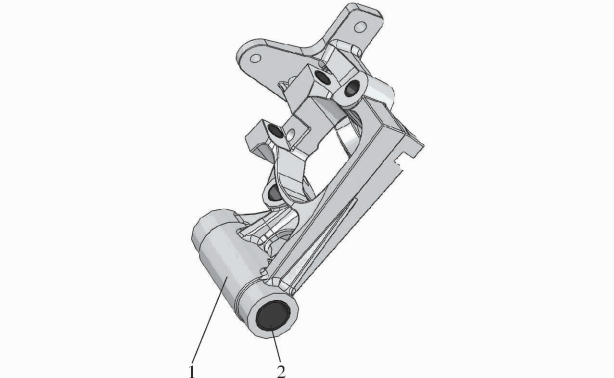


图 8 新型 D 型打结器架体结构图

Fig. 8 New type D knotter frame

1. 打结器架体 2. 自润滑轴套

5 试验验证

新型打结器架体设计生产完成后,于 2017 年初在 9YFQ-1.9 型方草捆捡拾压捆机上试装,并在内蒙古自治区呼伦贝尔市扎兰屯进行了为期 35 d 的可靠性试验考核,共打包玉米秸秆 12 万捆左右,未发生打结器架体损坏情况。2017 年 5 月将新设计的打结器架体适配在 9YFG-2.2 型秸秆切割揉碎方捆机和 9YJS-2.2 型双刀轴秸秆粉碎压捆机上,各适配了 50 台,在新疆、安徽等地进行实地打捆作业。根据统计数据显示,新型打结器架体平均 11.5 万捆左右损坏一次,远高于设计要求与整机标准要求^[19-20]。

6 结束语

运用 TRIZ 创新方法的解决问题流程对 D 型打结器架体进行优化创新设计,不仅使设计思路更加开阔,也使得设计方案的可行性大大提高,而且极大地缩短了设计周期。基于 TRIZ 创新方法进行的打结器架体优化设计,最终形成的解决方案切实可行,具有很强的生产指导意义。

参 考 文 献

1 创新研究会,中国 21 世纪议程管理中心. 创新方法教程[M]. 北京:高等教育出版社,2012:37-39,108-150.

2 赵敏,史晓凌,段海波. TRIZ 入门及实践[M]. 北京:科学出版社,2009: 11-12.

3 杨世昆,苏正范. 饲草生产机械与设备[M]. 北京:中国农业出版社,2009:243-247.

4 黄伟. D 型打结器动作功能分析研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.

HUANG Wei. Research on attion anh efficiency of deering-knotter[D]. Huhhot:Inner Mongolia Agricultural University,2009. (in Chinese)

5 李双,尹建军,李耀明. D 型打结器及其辅助机构的运动特性[J]. 机械设计与研究,2011,27(1):18-21.

- LI Shuang, YIN Jianjun, LI Yaoming. Kinematic characteristic analysis of D-knotter and its anclliary [J]. Machine Design and Research, 2011, 27(1): 18 – 21. (in Chinese)
- 6 万其号, 布库, 张志毅, 等. D 型打结器的结构及运动分析[J]. 农机化研究, 2009, 31(4): 17 – 19.
WAN Qihao, BU Ku, ZHANG Zhiyi, et al. The analysis of configuration and movement for twine knotter[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009, 31(4): 17 – 19. (in Chinese)
- 7 尹建军, 李双, 李耀明. D 型打结器及其辅助机构运动仿真与时序分析[J]. 农业机械学报, 2011, 42(6): 103 – 107.
YIN Jianjun, LI Shuang, LI Yaoming. Kinematic and time series analysis of D-knotter and its ancillary mechanisms [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(6): 103 – 107. (in Chinese)
- 8 杨清亮. 发明是这样诞生的[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010: 34 – 67.
- 9 TAN R H, MA J H, LIU F, et al. UXDs-driven conceptual design process model for contradiction solving using CAIs[J]. Computers in Industry, 2009, 60(8): 584 – 591.
- 10 TAN R H, MA L H, YANG B J. Systematic method to generate new ideas in fuzzy front end using TRIZ[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2008, 21(2): 14 – 19.
- 11 檀润华, 杨伯军, 张建辉. 基于 TRIZ 的产品创新模糊前端设想产生模式研究[J]. 中国机械工程, 2008, 19(6): 1990 – 1995.
TAN Runhua, YANG Bojun, ZHANG Jianhui. Study on patterns of idea generation for fuzzy front end using TRIZ [J]. China Mechanical Engineering, 2008, 19(6): 1990 – 1995. (in Chinese)
- 12 檀润华, 马建红, 陈子顺, 等. 基于 TRIZ 中需求进化定律的一类原始创新过程研究[J]. 中国工程科学, 2008, 10(11): 52 – 58.
TAN Runhua, MA Jianhong, CHEN Zishun, et al. Study on the process model of an original innovation based on needs evolution laws of TRIZ [J]. Engineering Sciences, 2008, 10(11): 52 – 58. (in Chinese)
- 13 张平, 罗金海, 马赛, 等. TRIZ 理论在能源循环体系上的应用[J]. 科学管理研究, 2016, 34(2): 5 – 8.
ZHANG Ping, LUO Jinhai, MA Sai, et al. Establishment of circulation energy system based on TRIZ theory [J]. Scientific Management Research, 2016, 34(2): 5 – 8. (in Chinese)
- 14 翟改霞, 包德胜, 王志军, 等. 牧草播种机排种装置关键部件设计[J]. 农业机械学报, 2014, 45(增刊): 47 – 51. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=2014s108&flag=1. DOI: 10. 6041/j. issn. 1000-1298. 2014. S0. 008.
ZHAI Gaixia, BAO Desheng, WANG Zhijun, et al. Design for metering device key parts of pneumatic grass seeder [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(Supp.): 47 – 51. (in Chinese)
- 15 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- 16 于永泗, 齐民. 机械工程材料[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2003.
- 17 邓文英. 金属工艺学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- 18 田启华. 基于公理设计的机械产品设计方法研究及应用[D]. 武汉: 华中科技大学, 2009.
TIAN Qihua. Reseach on approach of mechanical product dseign based on axiomatic design and its application [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2009. (in Chinese)
- 19 赵选民. 试验设计方法[M]. 北京: 科学技术出版社, 2001: 58 – 60.
- 20 宋保维. 系统的可靠性设计与分析[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2000: 60 – 61.

(上接第 326 页)

- 17 GILMAN P. Solar advisor model user guide for version 2.0 [R]. Sandia National Laboratories, 2008.
- 18 张耀明, 王军, 张文进, 等. 太阳能热发电系列文章(1)聚光类太阳能热发电概述[J]. 太阳能, 2006(1): 39 – 41.
- 19 LUPFERT E, GEYER M, SCHIEL W, et al. EUROTROUGH design issues and prototype testing at PSA [C] // Solar energy: the power to choose. Proceedings of Solar Forum, 2001: 387 – 392.
- 20 Paneltec-Corp. Structural facet fabrication-phase II manufacturability study [R]. Lafayette, CO: SNL, 2000.
- 21 BENDT P, RABL A. Optical analysis of point focus parabolic radiation concentrators [J]. Applied Optics, 1981, 20(4): 674 – 683.
- 22 杜胜华, 夏新林, 唐尧. 太阳光不平行度对太阳能聚集性能影响的数值研究[J]. 太阳能学报, 2006, 27(4): 387 – 393.
DU Shenghua, XIA Xinlin, TANG Yao. Numerical investigation on effects of non-parallelism of solar rays on concentrating solar power [J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2006, 27(4): 387 – 393. (in Chinese)
- 23 钱旺, 杨世昆, 刘贵林, 等. 太阳能牧草干燥成套设备干燥工艺参数优化[J/OL]. 农业机械学报, 2018, 49(8): 110 – 118. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20180813&flag=1. DOI: 10. 6041/j. issn. 1000-1298. 2018. 08. 013.
QIAN Wang, YANG Shikun, LIU Guilin, et al. Optimization of drying process parameters of solar herbage dry equipment [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(8): 110 – 118. (in Chinese)
- 24 RIFFELMANN K J, NEUMANN A, ULMER S. Performance enhancement of parabolic trough collectors by solar flux measurement in the focal region [J]. Solar Energy, 2006, 80(10): 1303 – 1313.