

DOI:10.14044/j.1674-1757.pcrpc.2025.01.012

全自动全膜卷绕机实现元件收尾自动整形改造

杨枝林, 谢晓云, 黄炳舜, 莫国平, 黄桂发
(桂林电力电容器有限责任公司, 广西 桂林 541004)

摘要: 本文介绍了应用于电力电容器制造行业的一种全自动全膜卷绕机收尾整形改造方案, 详细描述了具体改造细节, 包括总体改造方案、设计收尾整形机构、气动控制系统改造、电控系统改造、控制程序设计、安装调试及应用效果等各方面内容。文中还公布了具体的实施参数, 程序代码等, 展示了一个完整的系统改造过程, 方便进行技术交流, 并启发更具创意、有益的优化实践。经过改造后应用证明: 对收尾的整形改造可使全自动全膜卷绕机自动实现收尾整形和粘结, 较好地解决了元件卷绕收尾的问题和困难, 提高了元件质量, 降低了劳动强度。

关键词: 整形改造; 收尾膜; 全膜卷绕机; 全自动; 粘结; 卷绕; 电容器; 元件

Realization of Automatic Shaping Transformation of Element Closure by Fully Automatic Full Film Winding Machine

YANG Zhilin, XIE Xiaoyun, HUANG bingshun, MO Guoping, HUANG Guifa
(Guilin Power Capacitor Co., Ltd., Guangxi Guilin 541004, China)

Abstract: In this paper, a kind of shaping transformation scheme of closure of automatic film wrapping machine for power capacitor manufacturing industry is introduced, and the specific transformation details, including such contents as overall transformation plan, design of the closure shaping mechanism, innovation of pneumatic control system, innovation of electronic control system, design of control program, installation and commissioning and application effect, are described in detail. The specific implementation parameters and program code are published also in this paper, a complete system transformation process is shown, facilitating technical exchanges, and inspiring more creative and beneficial optimization practices. It has been proved after the transformation that the transformation of the closure film shaping can make the automatic full film rolling machine automatically realize the shaping and bonding, which better solves the problems and difficulties of element rolling, improves the quality of the element and reduces the labor intensity.

Keywords: shaping transformation; closure film; full film winding machine; automatic; bonding; winding; capacitors; element

0 引言

油浸式电力电容器是一种广泛用于电力系统和其他领域的重要设备。对油浸式电力电容器而言, 元件卷绕是制造的关键工艺之一, 关系到电容器性能、质量、技术经济指标和可靠性^[1-2]。随着行业的发展和技术进步, 元件卷绕工序越来越多的采用全自动全膜卷绕机, 元件的质量得到了大幅度地提高^[3]。但部分全自动全膜卷绕机存在设计缺陷或者应用实践差异等情况, 在元件卷绕收尾阶段时,

收尾膜被切断后瞬间失去张力, 在卷绕收尾后容易造成元件外包膜松弛、错位、端面不平整等缺陷^[4-6], 卷绕出的成品元件还需人工进行整形, 否则难以达到产品质量要求, 这就增加了卷绕工序的劳动强度, 也使生产效率没有达到理想的全自动加工要求。

本文介绍了一种全自动全膜卷绕机收尾整形改造方案(简称收尾整形改造, 下同), 在卷绕元件收尾时自动实现先收尾整形, 然后粘结, 可较好地解决上述电容器产品元件卷绕收尾的问题和困难, 提高卷绕生产效率, 降低劳动强度。

收稿日期: 2024-11-15

1 总体改造方案

为最大限度减少改动量,改造思路是保持原卷绕机的大体结构,控制方式、操作方法均不变,只对相应结构进行必要的调整^[7]。通过对卷绕的元件存在尾部外包缺陷主要原因进行分析,基本确认问题还是在设备收尾结构不够完善上。确定改造方案如下:1)先设计收尾整形机构,附装在全自动卷绕机原有粘结机构上,实现对收尾进行整形后再粘结;2)对粘结机构气动系统、相关的电控系统及控制程序进行升级改造,使收尾膜整形动作能自动完成,并与设备原动作协调一致。

2 设计收尾整形机构

收尾整形机构充分利用原有粘结机构的结构特点,并充分考虑粘结机构粘结臂升起时与卸载平台之间的空间进行机构布置^[8],防止干涉。设计收尾整形机构重要一步就是设计合适的压辊轮,见图1,轴辊材料选用铝镁合金^[9],保证强度同时减轻重量。在设备进行收尾粘结前的卷绕心轴收膜旋转期间,压辊轮轻压元件表面完成整形,装置结构及工作原理见图2。

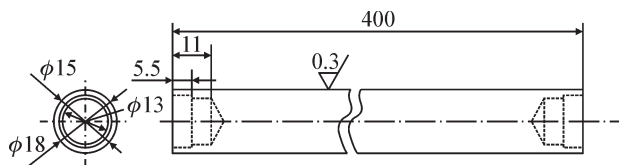


图1 压辊轮
Fig. 1 Press Roller

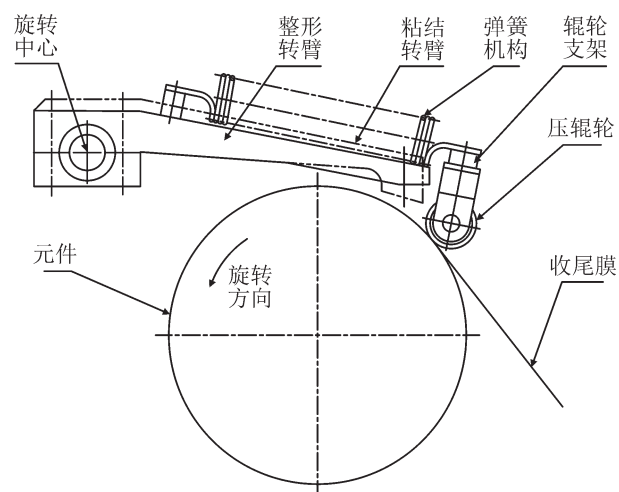


图2 收尾整形机构结构及工作原理图
Fig. 2 Structure and working principle diagram of the finishing and shaping mechanism

为实现整形与粘结作业协调,或者说粘结机构工作时可以带动整形转臂同步动作^[10-12],用整形转

臂将压辊轮与粘结转臂的旋转中心的转轴相连。整形转臂通过弹簧机构与压辊轮相连,方便调整整形力度^[13]。也设置了辊轮支架用于支撑压辊轮实现随元件转动。

当元件收尾时,气缸下行,整形转臂和粘结转臂围绕旋转中心^[14]逆时针旋转一定角度,带动压辊轮轻压元件,元件在卷绕过程中便可自动整形。整形结束,气缸工作压力加大,整形转臂和粘结转臂围绕旋转中心再次逆时针旋转一定角度,粘结转臂的电阻丝完成元件粘结动作,此时压辊轮被心轴顶开,并贴紧元件表面。当完成整形和粘结动作后,气缸上行,整形转臂和粘结转臂围绕旋转中心顺时针旋转一定角度复位,同时压辊轮在弹簧机构的作用下复位,整个过程均在压辊轮压紧元件状态^[15-16]下进行,保证整形和粘结实施的可靠性。

3 气动控制系统改造

整形操作和粘结操作的转换通过改变气缸工作压力的大小来实现,从而将原有粘结操作机构改造成整形粘结操作机构。原粘结机构气动系统只是由一个2位5通电磁阀和气缸组成,为了进行压辊轮压力调节,实现整形操作和粘结操作的转换,需控制气缸活塞的输出压力,在气路上设置电压—气压转换比例阀以控制流入气缸的压缩空气的气压^[17]。另外,原有2位5通电磁阀的控制气源在内部引自主气路上,而由于主气路的气压是变化的,因此,必须要对2位5通电磁阀进行改装,将控制气源引入口引出至气压调节之前。同时,在气缸气路两端加装流量控制,以控制机构动作速度,避免因气压不稳定出现冲击情况而影响元件质量,气动系统原理见图3。

4 电控系统改造

将新增电控系统设计为整形操作与卷绕机原有的完成轴收尾膜的收卷并行执行,这样整形操作就不额外占用卷绕周期,不影响设备原来的运行效率。同时将原系统中的粘结机构气动系统电磁阀和比例阀的控制权转移给新增电控系统,并把原系统对粘结机构气动系统控制输出指令接入到新增电控系统,并由其控制粘结机构在适时完成粘结操作,为了让新增电控系统能很好的与原系统协调,将原系统相关输入输出装置取得卷绕机实时相关的工作状态数据,输入到新增电控系统中,完成所有的电气联接,电控原理图见图4^[18]。

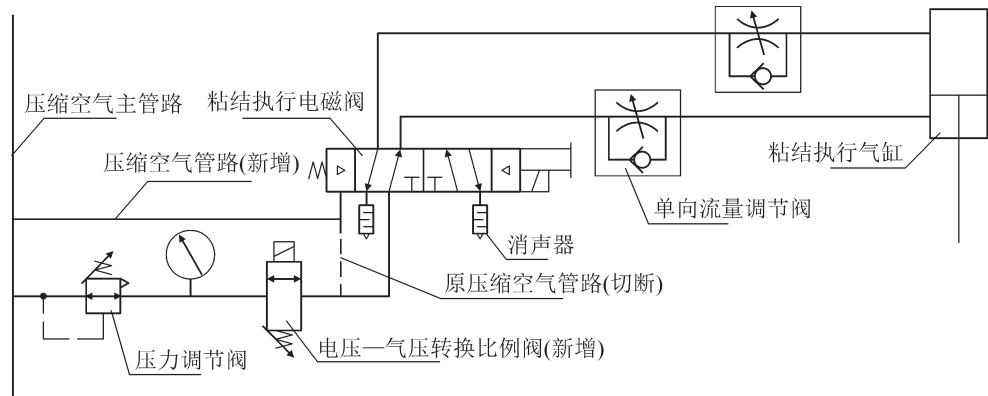


图3 气动系统原理图
Fig. 3 Pneumatic system schematic diagram

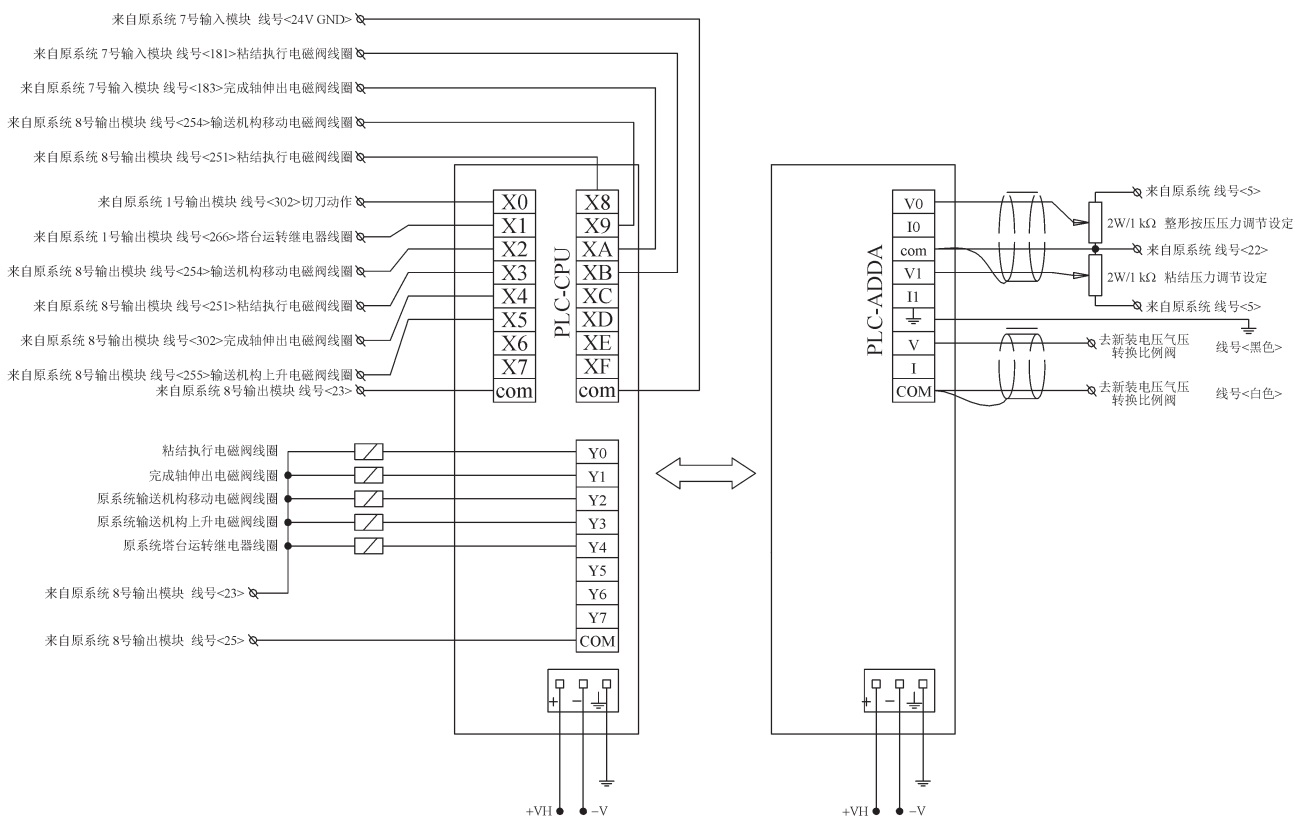


图4 PLC电控原理图
Fig. 4 PLC electrical control schematic diagram

5 控制程序设计

确定正确的动作工艺流程:当裁膜刀完成裁膜操作后,由原系统发出的信号一路用于驱动完成轴开始收卷;另一路信息由新增电控系统提取后,驱动整形粘结机构压辊轮靠上元件表面,实现收卷及整形操作。因此,当原系统发出粘结指令后,由新增电控系统接收并驱动粘结机构执行粘结操作。当原系统发出结束粘结指令时,由新增电控系统接收并驱动整形粘结机构复位,具体的程序清单^[19-21]见图5。

6 安装及调试

将整套整形机构的加工配件附装在原粘结操作机构上,有以下要求:1)整形转臂的长度应保证压辊轮在卷绕元件上的接触点与粘结机构在卷绕的元件上的粘结点的间距 $\leq \pm 30\text{ mm}$,以保证可靠整形;2)整形转臂上设置的弹簧,须保证辊轮支架与弹簧为弹性连接^[22-23];3)辊轮支架下方的压辊轮转动灵活^[24]。

整套整形机构动作达到效果后再加装电控系统,改变及增加电控线路、完成程序设计。总装完

0	ST	R	0	101	AN	T	12	201	ST	R	1F
1	AN	X	4	102	OR	R	2E	202	PSHS		
2	AN/	X	2	103	AN/	T	6	203	AN	T	19
3	OR	R	10	104	OT	R	2E	204	AN	X	3
4	OT	R	8	105	TMX		13	205	AN/	C	1012
5	TMX		8		K		3	207	OT	Y	4
	K		4	108	ST	X	0	208	POPS		
8	ST/	R	8	109	OR	R	1A	209	AN/	R	1D
9	TMX		18	110	AN/	R	2E	210	TMX		19
	K		3	111	OT	R	1A		K		5
12	ST	X	0	112	ST	T	0	213	ST	R	1F
13	OR	R	0	113	AN	R	1E	214	DF		
14	AN/	T	10	114	TMX		1	215	OR	R	1D
15	AN/	X	2		K		3	216	AN/	T	18
16	AN/	T	0	117	ST	R	2	217	AN	R	1F
17	OT	R	0	118	OR	T	2	218	OT	R	1D
18	TMX		0	119	AN	R	1E	219	ST	R	1D
	K		80	120	AN	T	1	220	OR	R	2D
21	ST	X	3	121	TMX		2	221	TMX		16
22	OT	R	10		K		40		K		5
23	TMX		10	124	ST	R	1E	224	ST	T	16
	K		1	125	AN	T	2	225	TMX		17
26	ST	T	8	126	AN/	R	1A		K		5
27	OT	Y	5	127	TMX		3	228	ST	T	17
28	ST	T	8		K		80	229	AN	X	6
29	AN/	X	3	130	ST	R	1E	230	TMX		18
30	AN/	R	32	131	AN	T	2		K		20
31	AN/	R	33	132	AN	R	1A	233	ST/	R	1F
32	OT	R	31	133	AN/	X	0	234	PSHS		
33	ST	X	3	134	TMX		33	235	AN	T	20
34	AN	T	8		K		300	236	AN	X	3
35	AN/	R	31	137	ST	T	3	237	AN/	C	1012
36	AN/	R	33	138	OR	T	33	239	OT	Y	5
37	OT	R	32	139	OR	R	2E	240	POPS		
38	ST	T	18	140	TMX		4	241	AN/	R	2D
39	AN/	X	3		K		2	242	TMX		20
40	AN/	R	32	143	ST	T	4		K		5
41	AN/	R	31	144	TMX		5	245	ST	R	1F
42	OT	R	33		K		2	246	DF/		
43	ST	R	31	147	ST	T	5	247	OR	R	2D
44	AN/	R	32	148	TMX		6	248	OR	R	9013
45	AN/	R	33		K		10	250	AN/	T	18
46	F	0 (MV)		151	ST	R	1E	251	AN/	R	1F
	K		600	152	AN/	T	5	252	OT	R	2D
	WY		2	153	AN/	T	17	253	ST	Y	4
51	ST	R	32	154	OT	Y	3	254	OR	Y	5
52	AN/	R	31	155	ST	T	1	255	ST/	Y	1
53	AN/	R	33	156	AN/	T	4	256	OR/	Y	6
54	F	0 (MV)		157	AN	Y	3	257	ANS		
	K		800	158	OR	T	16	258	AN/	Y	3
	WY		2	159	AN	X	3	259	AN/	X	4
59	ST	R	33	160	AN/	C	1012	260	TMX		40
60	AN/	R	31	162	OT	R	100		K		20
61	AN/	R	32	163	ST	R	100	263	ST	T	40
62	F	0 (MV)		164	PSHS			264	ST	C	1011
	K		900	165	AN/	T	22	266	CT		1012
	WY		2	166	OT	Y	7		K		1
67	ST	Y	4	167	POPS			270	ST	X	0
68	OR	Y	5	168	TMX		22	271	ST	T	1001
69	TMX		0		K		10	273	CT		1011
	K		20	171	ST	R	100		K		6
72	ST	T	0	172	AN	T	22	277	ST/	X	0
73	AN/	C	1012	173	OT	Y	1	278	TMX		1001
75	OT	Y	0	174	ST	T	2		K		30
76	ST/	Y	2	175	AN/	T	3	282	ST	C	1012
77	AN	X	4	176	AN/	R	2E	284	ST	R	66
78	OT	R	2	177	AN	Y	3	285	AN/	T	66
79	ST	R	1E	178	AN	Y	1	286	ORS		
80	AN/	R	2	179	AN/	R	1D	287	OT	Y	6
81	AN/	T	2	180	AN	X	3	288	ST	R	9010
82	TMX		32	181	AN/	C	1012	290	TMX		66
	K		30	183	OT	Y	2		K		50
85	ST	X	1	184	ST	X	2	293	ST	R	9010
86	OR	X	0	185	DF			295	OT	R	66
87	DF			186	OR	R	1F	296	ED		
88	AN	R	2	187	AN/	R	2F				
89	OR	R	1E	188	OT	R	1F				
90	AN/	T	6	189	TMX		14				
91	AN	T	0		K		5				
92	AN	X	3	192	ST	X	2				
93	AN/	T	32	193	DF						
94	OT	R	1E	194	AN	T	14				
95	TMX		12	195	OR	R	2F				
	K		3	196	AN/	T	15				
98	ST	X	1	197	OT	R	2F				
99	OR	X	0	198	TMX		15				
100	DF				K		5				

图5 程序指令表清单

Fig. 5 Program instruction list

成后,在现场再进行机构动作统调,程序调试修改,气路流量调试,整机工作统调,以调到最稳定可靠的状态。



图6 收尾整形机构安装效果
Fig. 6 Installation effect of the finishing and shaping mechanism

7 实施效果

全自动全膜卷绕机收尾整形改造是在原设备上上进行小范围改动,不影响原有设备性能。每台全自动全膜卷绕机的工装制造、电控系统和气动系统安装费用约为7 500元,投入较少,但在元件收尾时自动实现收尾整形后粘结,确保收尾膜的整齐,极大提高了卷绕元件的质量。经过对6台进口全自动卷绕机和4台国产全自动卷绕机进行改造,各动作可靠、稳定,效果好,可完全替代元件压扁后的人工整形,降低劳动强度。



图7 成品元件图
Fig. 7 Diagram of finished element

8 结语

全自动全膜卷绕机收尾整形改造使全自动全膜卷绕机自动实现收尾整形和粘结,提高元件质量,降低劳动强度。全自动全膜卷绕机收尾整形改造不影响设备原有性能,不占用生产周期,保持了原有工作效率。全自动全膜卷绕机收尾整形改造是根据应用实践进行的技改,可对有类似应用缺陷的全自动全膜卷绕机进行优化,以改善设备使用性能。收尾整形机构已申请专利并获得实用新型专利授权^[25],全自动全膜卷绕机收尾整形改造对卷绕技术改造及新卷绕机设计具有一定的借鉴意义。

参考文献

- [1] 陈积斌. 漫谈卷绕工艺[C]//电力电容器论文集,2006.
- [2] 陈积斌. 国产卷绕机改造更新的几点意见[C]//电力电容器论文集,2006.
- [3] 宋森. 并联电容器装置技术及应用[M]. 北京:中国电力

出版社,2011.

- [4] 周桂兰,徐发才. 卷制工艺学[M]. 电力电容器行业职教研究会,1990.
- [5] 景新文,刘向. 电容器卷制机中张力控制的研究[J]. 重型机械,2013(5):42-44.
JING Xinwen, LIU Xiang. Tension control system of a capacitor winding machine[J]. Heavy Machinery, 2013(5): 42-44.
- [6] 赵鹏. 从全自动卷制机的应用论电容器卷绕设备的发展[J]. 电力电容器,2003(z1):76-80.
ZHAO Peng. Discussion on development of capacitor winding machine based on experiences of its application[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2003(z1): 76-80.
- [7] 杨金勇,苏习琴,张云蒙,等. 壳式变压器线圈整形用400 t油压机阶段式加压改造技术方法[J]. 制造技术与机床,2015(3):140-143.
YANG Jinyong, SU Xiqin, ZHANG Yunmeng, et al. Staged compression upgrading technical method for 400 t oil hydraulic machine of shell-type transformer winding shaping[J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2015(3): 140-143.
- [8] 唐旺先,黄育平,谢晓云,等. 半自动卷制机三爪结构材料轴的研究与应用[J]. 电力电容器与无功补偿,2016, 37(1):32-36.
TANG Wangxian, HUANG Yuping, XIE Xiaoyun, et al. Study and application of three jaw structure material spindle of semi-automatic winding machine[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2016, 37(1): 32-36.
- [9] 刘天模,徐幸梓. 工程材料[M]. 北京:机械工业出版社,2001.
- [10] 张春林. 机械原理[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [11] 于辉,崔岩. 结构设计原理[M]. 北京:北京理工大学出版社,2009.
- [12] 濮良贵,纪名刚. 机械设计[M]. 第7版. 北京:高等教育出版社,2001.
- [13] 刘鸿文,吕荣坤. 材料力学实验[M]. 第4版. 北京:高等教育出版社,2017.
- [14] 杨枝林,李皓昀,颜红艳,等. 电力电容器现场维修更换装置[J]. 电力电容器与无功补偿,2024, 45(2):1-5.
YANG Zhilin, LI Haoyun, YAN Hongyan, et al. Power capacitor replacement device for field maintenance and replacement[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2024, 45(2): 1-5.
- [15] 李仲. 卷绕机接触辊与卷装接触动力学参数的频变特性研究[D]. 上海:东华大学,2017.
- [16] 冯培,杨崇倡,孟超群,等. 基于Matlab的卷绕机构中接触压力的优化设计[J]. 合成纤维,2010, 39(9):36-39.
FENG Pei, YANG Chongchang, MENG Chaoqun, et al.

- Optimization design of the contact pressure around the winding apparatus based on Matlab[J]. Synthetic Fiber in China, 2010, 39(9): 36-39.
- [17]李新德. 液压与气动技术[M]. 第2版. 北京:清华大学出版社,2015.
- [18]向晓汉. PLC 编程手册[M]. 北京:化学工业出版社,2022.
- [19]图书帮. PLC 编程从零基础到实战[M]. 北京:中国水利水电出版社,2021.
- [20]赵春生. 西门子S7-1200 PLC从入门到精通[M]. 北京:化学工业出版社,2019.
- [21]韩雪涛. 零基础学西门子PLC编程[M]. 北京:化学工业出版社,2021.
- [22]黎刚生,魏方杰,王东强,等. 高速卷绕机关键部件的动力学分析与减振研究[J]. 中原工学院学报,2022, 33(6): 42-48.
- LI Gangsheng, WEI Fangjie, WANG Dongqiang, et al. Research on dynamic analysis and vibration reduction of key components of high speed winding machine[J]. Journal of Zhongyuan University of Technology, 2022, 33(6): 42-48.
- [23]闫江,王永兴,李姝佳,等. 卷绕机接触辊与卷装法向接触刚度计算及时变性分析[J]. 合成纤维工业,2016, 39(1):53-57.
- YAN Jiang, WANG Yongxing, LI Shujia, et al. Normal contact stiffness calculation and time variation analysis between winder contact roller and package[J]. China Synthetic Fiber Industry, 2016, 39(1): 53-57.
- [24]邢闾芳. 互换性与技术测量[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
- [25]莫国平. 一种电力电容器元件卷绕收尾整形机构: ZL202420371055. 2[P]. 2024-03-07.
- 作者简介:**
- 杨枝林(1983—),男,高级工程师,从事电力电容器制造工艺的研究与设计。E-mail:1975193367@qq.com。
- 谢晓云(1979—),女,工程师,从事电力电容器制造工艺的研究与设计。
- 黄炳舜(1999—),男,助理工程师,从事电力电容器制造工艺的研究与设计。
- 莫国平(1972—),男,高级工程师,从事电力电容器制造工艺的研究与设计。
- 黄桂发(1976—),男,高级工程师,从事电力电容器技术研究与设计。