

风电及高压电机用绝缘浸渍漆选型试验研究

王 健^{1,2}, 于英双^{1,2}

(1. 海上风力发电技术与检测国家重点实验室, 湖南 湘潭 411101;

2. 湘潭电机股份有限公司, 湖南 湘潭 411101)

摘 要: 选取国内常用的两种树脂与环氧酸酐浸渍树脂作对比测试。通过对树脂常规性能及浸渍模拟线圈电性能测试, 得出结论: 1 号树脂具有较好的储存稳定性, 电性能与环氧酸酐相当, 可作为环氧酸酐的替代品。

关键词: 风电电机; 高压电机; 浸渍树脂

中图分类号: TM 306 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-6540(2018)04-0116-06

Modelselection Research of Insulation Impregnating Resin for High Voltage Motor and Wind Generator

WANG Jian^{1,2}, YU Yingshuang^{1,2}

(1. State Key Laboratory for Offshore Wind Power Generation Technology and Detection, Xiangtan 411101, China;

2. Xiangtan Electric Manufacturing Group Corporation Ltd., Xiangtan 411101, China)

Abstract: The domestic commonly used two kinds of resin impregnated resin with epoxy anhydride comparison test was selected, based on the resin properties and conventional immersion simulation coil electrical properties test, draw the conclusion: 1 # resin has good storage stability and performance of epoxy anhydride and can be used as a substitute for epoxy anhydride.

Key words: wind power electric motor; high voltage motor; impregnation resin

0 引 言

绝大多数高压电机制造厂家, 电机绝缘浸渍处理均采用最先进的真空压力浸渍 (Vacuum Pressure Impregnating, VPI) 工艺, 采用 VPI 工艺制备的线圈紧密无气隙, 连续性整体性好, 电气及机械性能优异^[1]。要达到优异的电气机械性能, 离不开构成主绝缘的浸渍树脂及少胶云母带等关键材料。

随着电机向高电压等级、大容量、高性能等发展, 以及环保等要求, 对 VPI 树脂提出了如下技术要求: (1) 高耐热等级: 电机工作的电压等级提高、容量增大, 使得电机在工作时放出的热量大幅度增加, 因此必须提高绝缘材料的耐热等级才能保证电机的正常使用; (2) 高性能: 包括电气性

能、机械性能、耐化学性、耐环境性等; (3) 减薄绝缘厚度: 由于电机放热的增加, 为保证电机的使用要求, 必须要降低电机温升, 因此需要降低绝缘厚度; (4) 环保: 符合环保要求, 低毒或无毒, 挥发损失小; (5) 低成本: 包括使用低成本的原材料, 以及低成本的工艺技术和质量控制等方面^[2]。

目前国内高压及风电电机制造中, VPI 树脂主要有: 环氧酯体系、环氧改性聚酯/聚酯亚胺体系、聚酯改性环氧酸酐体系、环氧酸酐及单纯环氧体系^[3]。在几大类树脂体系中, 活性稀释剂有苯乙烯、乙烯基甲苯、丙烯酸酯及小分子环氧, 其中丙烯酸酯及小分子环氧是为了符合环保而代替苯乙烯的。单从电气性能和机械性能上来说, 公认以环氧酸酐树脂为最优, 国内外很多电机厂家都采用环氧酸酐的绝缘系统^[4]。只是在长期的

作者简介: 王 健(1984—), 男, 工程师, 研究方向为高压电机绝缘结构工艺设计。

使用中发现,在烘焙中,酸酐虽然沸点高但是极易汽化,容易进入烘箱保温层聚集,也很容易冷凝聚集到地面、烟囱及回收塔,挥发损失很严重;且对工人操作和设备的要求极高,因为酸酐容易吸潮,若是操作不当或设备气密性及使用环境的温湿度不达标,极易使得酸酐吸潮从而树脂黏度飞速增长^[5],最终报废,增加电机厂的使用及维护成本。

为规避环氧酸酐使用中的问题,本文寻找一种性能与环氧酸酐相差不大,但是对使用及维护要求不高的 VPI 树脂。以环氧酸酐为标杆,选取国内较为常用的两种树脂,与环氧酸酐做同比试验,分别从树脂性能、稳定性、干燥性及浸渍线圈(棒)后的性能同比,希望能找到较为优异的树脂,代替环氧酸酐浸渍树脂。

1 试验材料及方法

1.1 原材料

环氧酸酐:工业品;1号树脂:工业品;2号树脂:工业品;云母带:工业品;电磁线:工业品。

1.2 试验方法

按 GB/T 15022.2—2007《电气绝缘无溶剂可聚合树脂复合物试验方法》检测性能。按 JB/T 50133—1999《中大型高压电机整浸线圈质量分等》标准评判线圈质量等级。

1.3 试验仪器及设备

旋转黏度:Brookfield CAP 2000+;介质损耗因数:上海精密科学仪器有限公司产 QS37 型介质损耗测试仪;击穿电压:HT-50C 型击穿电压测试仪;温度指数:耐驰 TG209F3、玻璃化温度:耐驰 DSC209F3。

1.4 制备试验线圈材料及规格

电磁线:SBEMB-40/155 自粘性双玻璃丝包薄膜绕包铜扁线;SBEFB-70/155-2N 自粘性双玻璃丝包云母带绕包铜扁线;云母带:5446-1D(0.14×25)薄膜补强云母带,5442-1(0.15×25)玻璃布补强云母带;低阻带(0.08×25)。

1.5 试验线圈的绝缘结构

风电电机及 6 kV 高压电机的绝缘结构:SBEMB-40/155;对地绝缘采用 5446-1D 薄膜补强云母带半叠包;低阻带平包。

10 kV 高压电机绝缘结构:SBEFB-70/155-

2N;对地绝缘采用 5446-1D(0.14×25)薄膜补强云母带及 5442-1(0.15×25)玻璃布补强云母带按 1:1 混包,低阻带半叠包。

1.6 试验线圈浸渍工艺

浸渍均采用相同的 10 kV 电机浸渍工艺,只是保证在浸渍时树脂的黏度在 100 MPa·s 左右,所以黏度高的树脂需要加热浸漆。

预烘:线圈预烘 100 °C/2 h;

真空:抽真空至 100 Pa 以下计时,保真空 1 h;

输漆:将树脂预烘在达到黏度为 100 MPa·s 时的温度后,在负压状态下开始输漆,漆液面高于工件最高点 100 mm;

加压:干燥压缩空气 0.6 MPa/5 h;

卸压回漆,出罐滴漆,

烘焙工艺:130 °C/2 h,170 °C/8 h

烘焙结束后,冷却至室温后拆去模具及聚四氟乙烯薄膜,进行清理后测试。

1.7 线圈电老化试验

对线圈施加 2 倍额定电压的高压电,记录线圈因电因子而引起的主绝缘性能不可逆变化而导致绝缘失效的时间。

2 结果与讨论

2.1 常规性能测试

3 种树脂常规性能测试数据如表 1 所示。测试标准参照 GB/T 15022.2—2007,树脂固化条件按厂家提供。从测试的数据上看,环氧酸酐树脂黏度相对高,而固化挥发份也相对偏高,2 号树脂的挥发份最好;介质损耗因数的数据是 2 号树脂最优,尤其在热态条件下。

2.2 树脂稳定性测试对比

为了尽量模仿树脂实际使用时的工况,综合考虑,设计如下试验方法测试树脂的稳定性:(1)置于 100 °C 烘箱内,闭口存放 20 h 后取出测试树脂黏度的变化;(2)闭口室温放置,测试 96 h 后黏度变化,再测试继续放置 7 d 后的黏度变化;(3)60 °C 烘箱放置,测试 96 h 后黏度变化,再测试继续放置 7 d 后的黏度变化;(4)60 °C 烘箱放置且每天开口 1 h,测试 96 h 后黏度变化,再测试继续放置 7 d 后的黏度变化。测试数据如表 2 所示。

表 1 3 种树脂的常规性能测试数据

序号	指标名称	试验条件	单位	1 号	2 号	环氧酸酐
1	外观	目测	—	橘红色透明液体	棕褐色透明液体	水白色液体
2	黏度	25 °C, 旋转黏度计	MPa·s	157.5	143.7	391
		23 °C, 4 号杯	s	46	41	92
3	凝胶时间	135 °C	min	4 min 50 s	6 min 50 s	—
4	挥发份	150 °C/2 h 不鼓风	%	1.63	1.26	1.80
		鼓风		2.49	1.92	2.91
5	电气强度	常态	MV/m	30.89	30.58	28.6
		常态		0.58	0.32	0.34
6	介质损耗因数	155 °C±2 °C	%	3.13	1.61	1.86
		180 °C±2 °C		6.12	2.01	3.52
7	贮存稳定性(闭口法 60 °C 96 h)		倍	0.2	0.01	0.3(40 °C)

表 2 树脂稳定性测试数据

100 °C 闭口储存(4 号黏度杯, s)						
放置时间/h	环氧酸酐	增长率	1 号	增长率	2 号	增长率
0	82	—	75	—	73.3	—
20	83	0.012	165	1.2	凝胶	凝胶
60 °C 闭口储存(4 号黏度杯, s)						
放置时间/d	环氧酸酐	增长率	1 号	增长率	2 号	增长率
0	82	—	75	—	73.3	—
4	104.8	0.28	76.4	0.02	84.6	0.15
11	203.5	1.48	77.5	0.03	124.6	0.70
60 °C 闭口储存再每天开口 1 h(4 号黏度杯, s)						
放置时间/d	环氧酸酐	增长率	1 号	增长率	2 号	增长率
0	82	—	75	—	73.3	—
4	126.4	0.54	77	0.03	85.6	0.17
11	364	3.44	78.8	0.05	132.2	0.80

从表 2 中数据可看出, 相对来说, 1 号树脂稳定性最为优异, 2 号树脂次之。

2.3 树脂耐热性测试对比

热失重曲线作为评价耐热性的标准有局限性, 已经被材料常规老化试验所取代, 但在相同的条件下其能快速比较材料的耐热性, 在树脂筛选上具有快速、方便等优点, 常常被采用。将树脂固化后的漆片在 TG 209F3 仪器上测试, 氮气气氛, 升温速率为 5 K/min, 温度范围从室温到 700 °C, 结果如图 1 所示。可看出, 1 号树脂在失重 5% 及残碳率方面均优于 2 号及环氧酸酐树脂, 说明 1 号树脂相对耐热指数高一些。

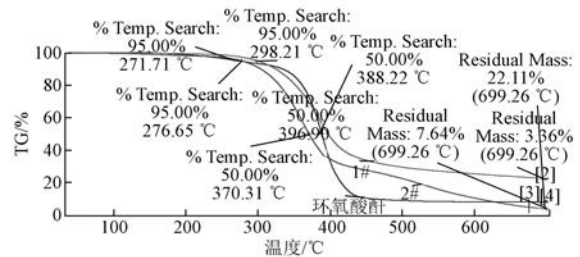


图 1 3 种树脂的耐热曲线图

2.4 玻璃化转变温度

玻璃化转变温度是表征高聚物性能的重要参数之一。浸渍树脂的玻璃化转变温度太高, 表明其树脂太硬, 刚性太大, 柔韧性差, 电机在制造和长期运行过程中容易产生微小裂纹; 而玻璃化转变温度太低, 树脂柔韧性好, 但刚性差, 其热态机械性能和电气性能不好。有文献[4-5]明确指出: “如果浸渍树脂玻璃转变温度较高, 则主绝缘破裂的危险性较大”。“大型电机所用的树脂的玻璃转变温度范围在 95~120 °C。”图 2 为 3 种树脂采用差示扫描量热仪测试的玻璃化转变温度, 对比可看出, 2 号树脂及环氧酸酐树脂的玻璃化温度偏高。

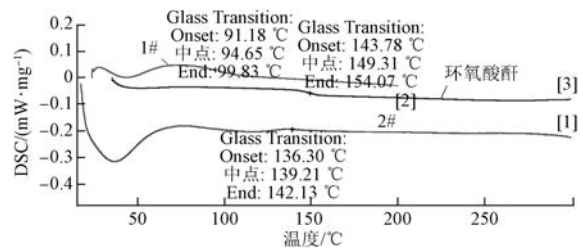


图 2 3 种树脂的玻璃化转变温度曲线

2.5 线圈常态介质损耗因数测试对比

3 种树脂浸渍的风电结构的线圈,其常态介质损耗因数及增量的测试数据对比如表 3

所示。

表 4 所示为 10 kV 绝缘结构线圈的常态介损及增量测试数据对比。

表 3 风电结构线圈常态介损及增量

编号	$0.2U_n$	$0.4U_n$	$0.6U_n$	$0.8U_n$	$1.0U_n$	$0.2U_n$ 等级	$\Delta \tan \delta$	等级	
	0.5 kV	0.8 kV	1.3 kV	1.6 kV	2.1 kV				
环氧酸酐	0-1	0.45	0.45	0.46	0.49	1.28	优等	0.002	优等
	0-2	0.44	0.44	0.48	0.55	1.09	优等	0.019	优等
	0-3	0.46	0.46	0.49	0.67	1.47	优等	0.015	优等
	0-4	0.55	0.55	0.56	0.71	1.96	优等	0.004	优等
	0-5	0.54	0.54	0.63	0.73	1.16	优等	0.043	优等
	0-6	0.52	0.52	0.61	0.71	1.5	优等	0.046	优等
1 号	1-1	0.81	0.89	0.94	1.31	1.66	优等	0.062	优等
	1-2	0.74	0.89	1.04	1.40	1.56	优等	0.149	优等
	1-3	0.86	0.94	1.13	1.40	1.65	优等	0.136	优等
	1-4	0.86	0.91	1.13	1.36	1.62	优等	0.134	优等
	1-5	0.80	0.80	1.03	1.41	1.62	优等	0.112	优等
	1-6	0.76	0.81	1.01	1.32	1.54	优等	0.125	优等
2 号	2-1	1.49	1.63	2.00	2.34	2.70	优等	0.255	一等
	2-2	1.49	1.49	1.78	2.10	2.34	优等	0.145	优等
	2-3	1.74	1.74	1.80	2.24	2.58	一等	0.030	优等
	2-4	1.42	1.58	2.05	2.30	2.59	优等	0.315	优等
	2-5	1.32	1.37	1.50	1.86	2.10	优等	0.090	优等
	2-6	1.51	1.52	1.86	2.45	2.56	一等	0.175	优等

表 4 10 kV 结构线圈常态介损及增量

编号	$0.2U_n$	$0.4U_n$	$0.6U_n$	$0.8U_n$	$1.0U_n$	$1.2U_n$	$0.2U_n$ 等级	$\Delta \tan \delta$	等级	
	2 kV	4 kV	6 kV	8 kV	10 kV	12 kV				
环氧酸酐	3-1	0.519 4	0.542 3	0.614 7	0.632 7	0.640 0	0.644 8	优等	0.047 7	优等
	3-2	0.512 8	0.521 4	0.559 2	0.576 8	0.597 8	0.603 4	优等	0.023 2	优等
	3-3	0.527 6	0.557 0	0.621 1	0.636 6	0.644 5	0.652 8	优等	0.046 8	优等
	3-4	0.543 7	0.555 1	0.593 5	0.644 4	0.671 8	0.702 4	优等	0.024 9	优等
	3-5	0.485 0	0.509 8	0.523 2	0.568 2	0.592 4	0.603 9	优等	0.019 1	优等
	3-6	0.494 5	0.511 5	0.527 5	0.583 3	0.597 6	0.617 5	优等	0.016 5	优等
1 号	4-1	0.756 8	0.788 1	0.871 8	1.143 3	1.204 7	1.419 8	优等	0.057 5	优等
	4-2	0.784 3	0.823 3	0.934 7	1.115 7	1.285 3	1.498 7	优等	0.075 2	优等
	4-3	0.872 6	0.954 2	1.018 8	1.136 9	1.211 5	1.435 9	优等	0.073 1	优等
	4-4	0.907 8	0.980 3	1.022 5	1.148 3	1.199 7	1.399 6	优等	0.057 4	优等
	4-5	0.841 8	1.011 5	1.110 3	1.223 7	1.295 2	1.510 9	优等	0.134 3	优等
	4-6	0.881 5	1.014 7	1.112 6	1.251 8	1.306 3	1.499 3	优等	0.115 6	优等
2 号	5-1	0.959 0	0.980 1	1.240 0	1.600 2	1.946 8	2.271 2	优等	0.140 5	优等
	5-2	1.140 1	1.211 0	1.400 1	1.790 3	2.131 4	2.352 8	优等	0.13	优等
	5-3	1.084 6	1.211 4	1.464 5	1.890 3	2.191 2	2.473 6	优等	0.19	优等
	5-4	1.024 8	1.090 2	1.314 8	1.780 3	2.191 4	2.503 5	优等	0.145	优等
	5-5	1.093 6	1.201 2	1.383 6	1.690 5	2.071 4	2.413 8	优等	0.145	优等
	5-6	1.093 5	1.190 8	1.373 5	1.780 4	2.150 6	2.321 3	优等	0.14	优等

从上述对比数据可看出,依据 JB/T 50133—1999《中大型高压电机整浸线圈质量分等》,环氧酸酐及 1 号树脂浸渍的线圈,全部指标均能够达到优等品标准,而 2 号树脂浸渍的风电线圈有部分指标只能达到一等品标准。

2.6 线圈热态介损及击穿强度测试对比

风电结构的热态介损、击穿强度及评判如表 5 所示。

表 6 所示为 10 kV 绝缘结构线圈的热态介损、击穿强度及评判测试数据对比。

表 5 风电结构热态介损、电气强度及评判

序号	$\tan\delta$ 155 °C	等级	厚度/mm	击穿电压/kV	等级	电气场强/(kV·mm ⁻¹)	等级	
环氧酸酐	0-1	3.81	优等	1.49	56.2	合格	37.7	优等
	0-2	4.22	优等	1.51	57.3	合格	37.9	优等
	0-3	3.56	优等	1.50	52.7	合格	35.1	优等
	0-4	2.86	优等	1.52	55.6	合格	36.6	优等
	0-5	3.65	优等	1.51	58.2	合格	38.5	优等
	0-6	4.36	优等	1.48	54.3	合格	36.7	优等
1 号	1-1	5.32	优等	1.52	59.4	合格	39.1	优等
	1-2	6.32	优等	1.51	58.3	合格	38.6	优等
	1-3	5.36	优等	1.46	63.2	合格	43.3	优等
	1-4	6.23	优等	1.52	60.4	合格	39.7	优等
	1-5	6.25	优等	1.49	55.4	合格	37.2	优等
	1-6	5.45	优等	1.51	59.8	合格	39.6	优等
2 号	2-1	8.3	一等	1.52	55.4	合格	36.4	优等
	2-2	8.4	一等	1.51	46.9	合格	31.1	优等
	2-3	7.7	优等	1.48	54.2	合格	36.6	优等
	2-4	7.5	优等	1.52	53.3	合格	35.1	优等
	2-5	8.1	一等	1.51	59.4	合格	39.3	优等
	2-6	8.3	一等	1.46	58.3	合格	39.9	优等

表 6 10 kV 绝缘结构热态介损、电气强度及评判

序号	$\tan\delta$ 155 °C	等级	厚度/mm	击穿电压/kV	等级	电气场强/(kV·mm ⁻¹)	等级	
环氧酸酐	3-1	5.86	优等	2.34	82.1	合格	35.1	优等
	3-2	5.58	优等	2.28	84.5	合格	37.1	优等
	3-3	5.65	优等	2.31	85.1	合格	36.8	优等
	3-4	4.04	优等	2.35	84.1	合格	35.8	优等
	3-5	6.56	优等	2.32	81.5	合格	35.1	优等
	3-6	5.92	优等	2.36	83.6	合格	35.4	优等
1 号	4-1	6.82	优等	2.35	82.1	合格	34.9	优等
	4-2	6.63	优等	2.38	78.3	合格	32.9	优等
	4-3	7.04	优等	2.35	79.5	合格	33.8	优等
	4-4	5.86	优等	2.39	76.2	合格	31.9	优等
	4-5	6.68	优等	2.36	82.1	合格	34.8	优等
	4-6	7.13	优等	2.38	83.5	合格	35.1	优等

续表 6

序号	$\tan\delta\%$ 155 °C	等级	厚度/mm	击穿电压/kV	等级	电气场强/(kV · mm ⁻¹)	等级	
2 号	5-1	8.52	一等	2.38	73.1	合格	30.7	优等
	5-2	7.68	优等	2.36	70.4	合格	29.8	一等
	5-3	9.12	一等	2.35	71.2	合格	30.3	优等
	5-4	10.3	一等	2.38	67.7	合格	28.4	一等
	5-5	7.65	优等	2.36	71.4	合格	30.3	优等
	5-6	8.24	一等	2.35	74.2	合格	31.6	优等

从表 5、表 6 中数据可看出,在所测试的项目中,环氧酸酐及 1 号树脂浸渍的线圈电气性能相当,所有指标均能达到行业优等品标准,而 2 号树脂浸渍的线圈,某几项要稍差一些,只能达到一等品标准。

2.7 线圈电老化测试数据对比

所有线圈在施加 2 倍额定电压的高压电下,均超过 1 200 h 未引起线圈绝缘失效,说明 3 种树脂所浸渍的线圈均能满足风电电机及高压电机的绝缘要求。

3 结 语

通过对 3 种树脂的性能测试对比,可得出如下结论:(1) 常规性能中,1 号树脂相对挥发份较低,热态下的介质损耗因数也较优,树脂储存稳定性较好,优于环氧酸酐树脂及 2 号树脂;(2) 耐热性上,3 种树脂相差不大,不过 1 号树脂的玻璃化温度较为适中;(3) 在线圈的测试中,环氧酸酐及 1 号树脂电性能相当,个别数据二者稍有差距,而 2 号树脂浸渍的线圈电性能普遍次于环氧酸酐及 1 号树脂。从综合使用工艺来看,1 号树脂最适于

风电电机及高压电机的绝缘处理,可替代环氧酸酐浸渍树脂。

【参 考 文 献】

- [1] 夏宇,王文,陶纯初,等.JF-9955 环氧酸酐常温浸渍 VPI 树脂及其在风力发电机上的应用[C] // 全国风力发电技术协作网第五届年会论文集,成都,2011: 257-267.
- [2] 夏宇,毛继业,陶纯初,等.JF-9955 环保型环氧酸酐 VPI 树脂的性能与应用研究[C] // 全国绝缘材料与绝缘技术专题研讨会,2010: 34-40.
- [3] ZEN C P, XIA Y. Epoxy - anhydride VPI resin with low viscosity and application in 5 MW permanent magnet synchronous wind - driven generators [C] // Electrical Insulation Conference, Annapolis, Maryland, 5 to 8 June, 2011: 141-145.
- [4] 张光蓉.大型高压电动机和发动机绝缘系统的进展[J].东方电机,2001(1): 125-128.
- [5] 漆临生,梁智明,何海洋,等.国产环氧酸酐无溶剂浸渍树脂应用研究[C] // 中国电工技术学会学术年会论文集,2011: 327-336.

收稿日期: 2018 -01 -05

(上接第 115 页)

- [14] STATON D, BOGLIETTI A, CAVAGNINO A. Solving the more difficult aspects of electric motor thermal analysis [C] // IEEE International Electric Machines and Drives Conference, 2003 IEMDC '03, 2003: 747-755.
- [15] STATON D A, CAVAGNINO A. Convection heat transfer and flow calculations suitable for electric machines thermal models [J]. IEEE Transactions on

Industrial Electronics, 2008, 55(10): 3509-3516.

- [16] 郁岚,卫运钢,杜雅琴,等.热工基础及流体力学[M].北京:中国电力出版社,2006.
- [17] 黄国治,傅丰礼.中国旋转电机设计手册[M].北京:中国电力出版社,2007.
- [18] COOK R D. Finite element modeling for stress analysis [M]. New York: John Wiley & Sons, 1995.

收稿日期: 2017 -08 -20

《电机与控制应用》合订本征订



《电机与控制应用》是上海电器科学研究所(集团)有限公司主办的全国中文核心期刊。上海电器科学研究所始建于1953年,是中国最大的多领域、综合性电工产品研究开发机构,上海市高新技术企业。电科所在电工行业内,从技术、检测、标准及人才优势等方面都具有举足轻重的地位,国内外对其关注程度都相当高。

《电机与控制应用》创刊于1959年,是经国家新闻出版总署批准注册,由上海电器科学研究所(集团)有限公司主办的具有专业权威的电工技术类科技期刊。每月10日出版,国内外公开发刊,邮发代号4-199。在近半个世纪的岁月中,该杂志为我国中小型电机行业的技术进步与发展做出了巨大的贡献,在中国电机及其应用领域享有很高的影响。

名称	价格(元/套)
2008年《电机与控制应用》合订本	200
2009年《电机与控制应用》合订本	200
2010年《电机与控制应用》合订本	200
2013年《电机与控制应用》合订本	200
2014年《电机与控制应用》合订本	200
2015年《电机与控制应用》杂志全年散本	144
2016年《电机与控制应用》杂志全年散本	144

订阅方式

1、编辑部订阅:

邮局汇款:(200063)上海市普陀区武宁路505号
《电机与控制应用》编辑部

2、邮局订阅:具体咨询当地邮局,邮发代号4-199。

3、网上订刊渠道:我得杂志网(<http://www.myzazhi.cn>) 蜘蛛网(<http://www.spider.com.cn>) 电子版购买可登陆读览天下网(<http://emca.dooland.com>)

4、海外读者订阅:可致电中国国际图书贸易集团有限公司

亚洲地区订刊电话010-68433109 欧美地区订刊电话010-68433119

联系方式:

期刊:《电机与控制应用》编辑部 地址:上海市普陀区武宁路505号(200063)

电话:021-62574990-221、745 传真:021-32230809

网站:<http://motor-abc.chinaelc.cn> 电子邮箱:emca@seari.com.cn