

GB/T 7251.3/IEC 61439—3 配电板(DBO) 试验方法研究

何丽薇, 商家尉

(天津电气科学研究院有限公司, 天津 300300)

摘要:中国国家标准化管理委员会于2017年11月发布《由一般人员操作的配电板(DBO)的标准 GB/T 7251.3—2017/IEC 61439—3:2012》。比较新版标准 GB/T 7251.3—2017 与旧版标准 GB/T 7251.3—2006, 具体说明 GB/T 7251.3—2017 新要求的型式试验项目以及有变化的型式试验项目。结合各型式试验项目自身的特点, 按照实际生产及生活中的应用, 给出建议性型式试验程序。结合实际案例具体说明温升试验的各试验方法, 给出各温升试验方法的温升电流测试方案。

关键词:配电板; 试验项目; 试验程序; 温升试验; 测试方案

中图分类号: TM28 **文献标识码:** A **DOI:** 10.19457/j.1001-2095.dqcd20562

Study of the Test Methods About GB/T 7251.3/IEC 61439—3 Distribution Boards

HE Liwei, SHANG Jiawei

(Tianjin Electrical Science Research Institute Co., Ltd., Tianjin 300300, China)

Abstract: Standardization administration of China released 《standard distribution boards (DBO) intended to be operated by ordinary persons GB/T 7251.3—2017/IEC 61439—3: 2012》in November 2017. Newly required type test items in new standard GB/T 7251.3—2017 and changed type test items compared those in old standard GB/T 7251.3—2006 were described. In the same time, suggested test sequence was given out according to characteristics of each type test and applications in actual production and daily life. Finally, test methods of temperature rise test and their test schemes of temperature rise current were illustrated respectively by using actual cases.

Key words: distribution boards(DBO); test item; test sequence; temperature rise test; test scheme

中国国家标准化管理委员会于2017年11月1日发布《GB/T 7251.3—2017/IEC 61439—3: 2012》^[1], 代替旧版标准《GB/T 7251.3—2006/IEC 60439—3: 2001》^[2]。比较新版标准 GB/T 7251.3—2017 与旧版标准 GB/T 7251.3—2006, 阐述 GB/T 7251.3—2017 新要求的型式试验项目及有变化的型式试验项目。结合各型式试验项目自身的特点, 按照实际生产及生活中的应用, 给出建议性型式试验程序。结合实际案例具体说明温升试验的各试验方法, 给出了各温升试验方法的温升电流测试方案。

1 GB/T 7251.3—2017 试验项目

对比新版标准 GB/T 7251.3—2017 与旧版标准 GB/T 7251.3—2006, 试验项目有增加和变化。GB/T 7251.1—2013/IEC 61439—1: 2011^[3]作为新的低压成套开关设备的总则, GB/T 7251.3—2017 与其结合使用, 进行配电板(DBO)的型式试验项目。下面分别对增加和变化的项目进行说明。

1.1 GB/T 7251.3—2017 新增的试验项目

1.1.1 耐紫外线(UV)辐射验证

对于户外使用的由绝缘材料制成、或用金属制作但用合成材料包覆的外壳, 以及外部部件,

这些外壳和部件或其代表性样品,依据 GB/T 7251.1—2013,需要进行耐紫外线(ultra-violet ray,UV)辐射验证。

根据 ISO 4892—2^[4]中的方法 A(辐射强度 $(0.51 \pm 0.02) \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{nm})$,黑板温度 $(65 \pm 3)^\circ\text{C}$,试验箱温度 $(38 \pm 3)^\circ\text{C}$,相对湿度 $(65 \pm 5)\%$,1个循环周期(2 h):喷水 18 min、氙灯照射 102 min)进行 UV 试验,其绝缘材料的弯曲强度(依据 GB/T 9341^[5])和摆锤冲击强度(ISO 179^[6])至少保留 70%。试验后由金属材料制成完全用合成材料包覆的外壳,合成材料的黏附物应至少保留类别 3,经正常视力或没有附加放大设备的校正视力目测样品应没有可见的裂痕或损坏。

对于户外使用的由绝缘材料制成的外壳的成套设备,长期的阳光照射会加速绝缘材料老化,从而影响设备的使用寿命,甚至可能造成安全事故,耐紫外线(UV)辐射验证用模拟自然阳光中的紫外辐射检验绝缘材料的耐紫外线(UV)辐射能力。这项检验大大提高了户外设备的安全性。

1.1.2 提升试验

试验时将初始制造商允许提升的最大数量的柜架单元、元件和/或砝码装在一起,并使质量达到最大运输质量的 1.25 倍,模拟运输过程中最大载荷。用试验模拟运输过程中的提升可能引起柜体的变形以及运输过程中平摆可能引起柜体的变形。

试验后,试验砝码就位,成套设备没有可见裂痕或永久变形,其性能也没有受到损害,则判定其合格,报告中要注明成套样品的质量(如果样机由多台组成要注明是单台提升还是整体提升),提升部位及提升装置型式。

1.1.3 标志试验

标志试验是模拟运输或使用过程中标志的损坏,以免影响正常的使用。

试验后,经正常视力或没有附加放大设备的校正视力目测标志,仍容易辨认。报告中要注明成套设备标志的材质和类型(如果标志是采用模压、冲压、刻字或类似方法制作,或带有塑料覆膜,此试验不适用)。

GB/T 7251.3—2017 明确指出标志试验只适用于户外由一般人员操作的配电板(DBO)。

1.1.4 冲击耐受电压试验

关于冲击耐受电压试验,GB 7251.1—2005^[7]中有相关介绍,但当时并未作为型式试验的一部

分。冲击耐受电压试验是为了防止雷电击穿引起设备的安全,所以 GB/T 7251.1—2013 把雷电冲击试验列入型式试验是对其非常重要的完善。

GB/T 7251.1—2013 与 GB 7251.1—2005 在试验电压方面有细微差别,比如:海平面当额定冲击耐受电压为 4 kV 时,GB 7251.1—2005 的试验电压为 4.9 kV,而 GB/T 7251.1—2013 中为 4.8 kV。表 1 给出 2 个标准在试验上的差别。

表 1 冲击耐受电压试验要求比较

Tab.1 Comparison of impulse withstand voltage

项目	精度	施加次数
GB/T 7251.1—2005	无要求	每个极性 3 次
GB/T 7251.1—2013	峰值电压 $\pm 3\%$	每个极性 5 次

由表 1 可以看出,GB/T 7251.1—2013 在精度及施加次数方面有了更高的要求。

1.2 有变化的试验项目

1.2.1 耐腐蚀性试验

GB/T 7251.1—2013 中指出成套设备含铁的金属外壳及内部和外部含铁金属部件的代表性样品应进行耐腐蚀性验证。试验可以执行在外壳或代表性样品外壳,也可以执行在单独的代表性外壳部件和内部部件。GB/T 7251.1—2013 中也给出,如果空壳体符合 GB/T 20641—2006/IEC 62208:2002^[8]的要求,且没有进行降低外壳性能的改变,则不需再进行耐腐蚀的试验。在正式试验报告试验项目一栏,应注明引用的报告编号。

耐腐蚀性试验的严酷试验 A 包括 6 个湿热循环与 2 个盐雾循环。与 GB/T 7251.12—2013/IEC 61439—2:2011^[9]不同的是,GB/T 7251.3—2017 的严酷试验 A 增加了一个可替代的试验,这个可替代的就是 GB/T 7251.3—2006 中 8.2.11 的“耐锈试验”。

户外安装成套设备的金属外壳以及外部金属部件需要进行耐腐蚀性试验严酷试验 B。试验包括为 2 个完全相同的 12 d 周期,每个 12 d 周期包含 5 个湿热循环试验和 7 个盐雾循环试验。表 2 给出 GB/T 7251.3—2006(耐潮湿性验证)和 GB/T 7251.3—2017(湿热循环试验)在试验温度、试验湿度和试验时间方面的差别。

由表 2 分析可以看出,耐腐蚀性试验中的“湿热循环试验”,是比“耐潮湿性验证”更为严格的检验。

GB/T 7251.12—2013 去掉了 GB/T 7251.3—2006 中的“耐潮湿性验证”。

表2 试验要求比较

Tab.2 Comparison of the test

项目	GB/T 7251.3—2006 (耐潮湿性验证)	GB/T 7251.3—2017 (湿热循环试验)
试验温度/°C	40±2	40±3
试验湿度/%	93	95
试验时间/d	4	(户内)6,(户外)5

成套设备的材料应能够承受在规定的使用条件下产生的环境压力,耐腐蚀性试验是对成套设备材料及其表面防护层的检验。由分析可以看出,GB/T 7251.3—2017比GB/T 7251.3—2006在这方面更加完善,更接近于实际应用。

1.2.2 外壳热稳定性验证

绝缘材料的外壳或外壳上用绝缘材料制作的部件应依据GB/T 7251.1—2013进行热稳定性的验证。GB/T 7251.3—2017的“外壳热稳定性验证”与GB/T 7251.3—2006的“绝缘材料的耐热性验证”有相同之处也有不同之处。相同之处都是70°C,168 h的存储;不同的是GB/T 7251.3—2017要恢复96 h再做结果判定。判定方法也不一样,GB/T 7251.3—2006认为结构部件不应出现任何影响配电板防护功能的变化,标志应始终显而易见则符合要求;GB/T 7251.3—2017认为经正常视力或没有附加放大设备的校正视力目测外壳或样品,既没有可见的裂痕,其材料也没有变为黏性或油脂性(方法:在食指裹一块干粗布,以5 N力按压样品,样品上应没有布的痕迹并且外壳或样品的材料没有粘到布上)。

GB/T 7251.3—2017去掉了GB/T 7251.3—2006中的球压试验,简化试验程序。

1.2.3 绝缘材料耐受内部电效应引起的非正常发热和着火的验证

用绝缘材料制成用于安装载流部件的部件,嵌入墙内的绝缘材料制成的外壳,以及其他绝缘材料的部件,这些部件或其代表性样品,需要进行非正常发热和着火的验证。

对于绝缘材料的着火试验,GB/T 7251.3—2017与GB/T 7251.3—2006在这项试验中有相同之处也有不同之处。相同之处是样品放置的温度范围(+15~+35°C),样品的放置时间(≥ 24 h)及灼热丝的持续时间($t_a=30\pm 1$ s)均相同。不同之处为:GB/T 7251.3—2006中相对湿度为35%~75%,GB/T 7251.3—2017中相对湿度为45%~75%,GB/T 7251.3—2017要求更严格,灼热丝顶部的温度值也不相同,具体见表3。

表3 灼热丝顶部的温度值比较

Tab.3 Comparison of top temperature of glowing filament

项目	用于安装载流部件的部件	用于嵌入墙内的外壳	其他部件(包括需要安装保护导体的部件)
GB/T 7251.3—2006	(960±10)°C	(850±10)°C	(650±10)°C
GB/T 7251.3—2017	(960±15)°C	(850±15)°C	(650±15)°C

分析表3可以看出,在灼热丝顶部温度的要求方面,GB/T 7251.3—2017的要求相对宽松些,更易于操作。

试验样品如果没有起燃,或火焰移开灼热丝30 s内熄灭,铺底层绢纸不起燃,则判定为合格。

1.2.4 机械碰撞试验

对于机械碰撞试验,GB/T 7251.1—2013中10.2.6由GB/T 7251.3—2017中10.2.6替代。

GB/T 7251.3—2017的“机械碰撞试验”与GB/T 7251.3—2006的“冲击强度验证”有相同之处也有不同之处。相同之处为:试验的实施部位相同,三次撞击施加在每个可接近的表面和门(如果有)的不同部位各自进行,撞击均匀分布在受试外壳的面上。试验前都要进行“扭力矩试验”,也就是GB/T 7251.3—2006中的8.2.15“附件紧固的机械强度”;不同之处为:GB/T 7251.3—2006中把“附件紧固的机械强度”和“冲击强度验证”作为两项试验前后进行,GB/T 7251.3—2017“机械碰撞试验”一项试验就先后验证了这两项试验,这本身也是对试验程序的简化,更符合试验顺序,节省了试验时间,而且新标准GB/T 7251.3—2017对户内、户外2种设备的试验要求有了更具体的细化,更符合实际应用。机械碰撞试验比较如表4所示。

表4 机械碰撞试验比较

Tab.4 Comparison of mechanical impact test

项目	GB/T 7251.3—2006	GB/T 7251.3—2017	
	户内、户外	户内	户外
试验前处理	(-5±1)°C的温度中放置2 h	-5 °C±1K的温度中放置2 h	-25 °C±1K的温度中放置2 h
每次撞击能量	0.7J	IK05(0.7J)	IK07(2J)

1.2.5 防护等级

GB/T 7251.3—2017规定,户内安装配电板的防护等级最低为IP2XC(international protection 2XC),户外安装配电板的防护等级第2位特征数字最低为3。如果水痕足以引起对设备正确性能和安全性的质疑,应进行工频耐受电压试验。

1.2.6 电气间隙和爬电距离

GB/T 7251.1—2013指出电气间隙应足以达到能承受宣称的额定冲击耐受电压 U_{imp} ,GB/T 7251.1—2013的表G.1给出了不同的额定冲击耐受电压 U_{imp} 对应的电气间隙的最小要求值。这里需要说明的是,额定冲击耐受电压 U_{imp} 在GB/T 7251.1—2013的表G.1中给出了电源系统的标称电压与设备额定冲击耐受电压之间的相应关系,比如说对于额定电压1 000 V、过电压类别为IV时额定冲击耐受电压的优选值为12 kV。这点应该注意,以免电气间隙过小,引起重大安全事故。

对于由一般人员操作的配电板(DBO),GB/T 7251.3—2017中指出污染等级至少为2级,这时爬电距离的最小值由额定绝缘电压下相应的材料组别确定。需要强调的是,在任何情况下,额定绝缘电压不能低于额定工作电压,爬电距离不能小于相应的电气间隙。

1.2.7 电击防护和保护电路的完整性

保护电路的有效性是防止成套设备内部故障产生的后果和由成套设备供电的外部电路故障产生的后果。验证成套设备的不同外露可导电部分是否有效地连接到进线外部保护导体的端子上,且电路的电阻不应超过0.1 Ω 。

GB/T 7251.3—2017与GB/T 7251.3—2006中这项试验几乎完全相同,细微的区别是,后者备注指出有必要将试验时间限制在5 s,而前者备注指出有必要限制试验时间,并没有指出具体数值,这是对试验设备的要求的放宽,更有利于试验的可操作性。

1.2.8 工频耐受电压实验

表5为GB/T 7251.3—2017与GB/T 7251.3—2006标准在试验上的差别。

表5 工频耐受电压试验要求比较

Tab.5 Comparison of power frequency withstand voltage		
项目	GB/T 7251.3—2006	GB/T 7251.3—2017
时间/s	5	5 ^{0.2}
设备	交流电源有足够功率维持试验电流	试验用变压器输出端子短路时输出电流至少200 mA
试验电压/V	2 500	1 890
	以 $U_i=690$ V为例	
试验电压偏差	无要求	$\pm 3\%$

对于试验部位,GB/T 7251.3—2017在GB/T 7251.3—2006的基础上增加了主电路所有带电部分连接在一起与外露可导电部分。GB/T

7251.3—2017在各个方面都有所完善。

1.2.9 机械操作

GB/T 7251.3—2017与GB/T 7251.3—2006两个标准在试验上几乎没有区别,操作次数都为50次。GB/T 7251.3—2017强调对于需要通过试验验证的部件,符合要求的机械操作应在安装至DBO后进行验证。

1.2.10 电磁兼容EMC试验

GB/T 7251.1—2013中电磁兼容区分了A类环境和B类环境,增加试验项目为射频场感应的传导骚扰抗扰度、工频磁场抗扰度和电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度^[10-12]。

1.3 建议性型式试验程序

GB/T 7251.3—2017对试验程序无要求,防护等级未达要求的温升试验被视为是无效的。短路试验由于其破坏性应安排在最后一项。考虑到某些试验的要求本节给出建议性的试验程序简述如下:把所有试验分为5组,第1组为一般检查性试验,包括布线、操作性能和功能、电气间隙和爬电距离、电击防护和保护电路完整性、标志、防护等级、提升、机械操作和电磁兼容性(electromagnetic compatibility, EMC);第2组为环境试验,包括耐腐蚀性试验、外壳热稳定性验证、绝缘材料耐受内部电效应引起的非正常发热和着火的验证、耐紫外线(UV)辐射验证;第3组为温升试验;第4组为介电性能试验;第5组为机械碰撞试验和短路试验。试验顺序也按此排序为宜。由于电磁兼容性(EMC)比较昂贵,所以做完一般检查就进行比较好,防止后面的破坏性的试验影响试验效果。

2 温升试验

比较GB/T 7251.3—2006,GB/T 7251.3—2017给出3种温升试验方法,结合试验案例具体说明。

2.1 温升试验方法

3种温升试验方法为:温升试验方法1,整体考虑功能单元、主母线、配电母线以及成套设备;温升试验方法2,单独考虑功能单元,以及包括主母线和配电母线的整套成套设备;温升试验方法3,单独考虑功能单元、主母线和配电母线以及整套成套设备。

图1为某配电板(DBO)的一次系统图,表6给出温升试验的各种电流测试方案(计算负荷系数为0.8)。

表6 温升试验电流值

Tab.6 Test current of temperature rise

A

试验电流	I	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	水平母线负载
测试1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
测试2	100	63	0	0	0	0	0	0	0	0	37
测试3	100	0	63	0	0	0	0	0	0	0	37
测试4	100	0	0	63	0	0	0	0	0	0	37
测试5	100	0	0	0	50	0	0	0	0	0	50
测试6	100	0	0	0	0	50	0	0	0	0	50
测试7	100	0	0	0	0	0	50	0	0	0	50
测试8	100	0	0	0	0	0	0	16	0	0	84
测试9	100	0	0	0	0	0	0	0	16	0	84
测试10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	16	84
测试11	100	51(A)	51(B)	51(C)	36(A)	36(B)	36(C)	13(A)	13(B)	13(C)	0

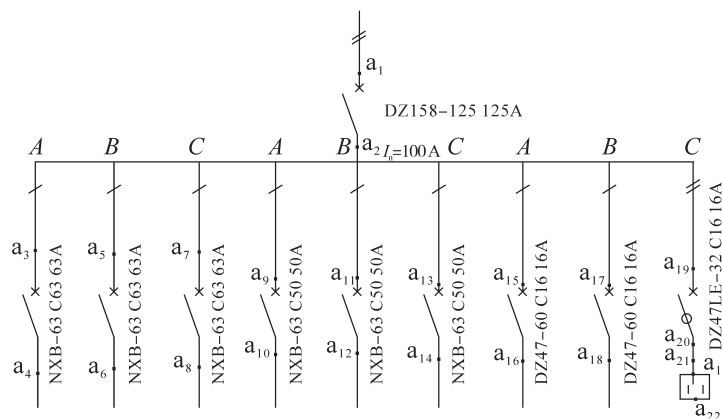


图1 主回路接线图

Fig.1 Main circuit wiring

2.1.1 温升试验方法1

进线电路的试验电流为额定电流,出线功能单元的试验电流为各功能单元的额定电流乘以计算负荷系数。试验为测试11(见表6)。

2.1.2 温升试验方法2

1)功能单元单独进行试验,如果主母线或配电母线有较高的电流额定数据,则应输出附加电流,使得各个功能单元在额定电流下进行试验。试验为测试2~测试10(见表6)。

2)进线电路的试验电流为额定电流,出线功能单元的试验电流为各功能单元的额定电流乘以计算负荷系数。试验为测试11(见表6)。

2.1.3 温升试验方法3

1)如果主母线有连接点,这些连接点被包含在试验中,试验在额定电流下进行,电流流过母线全长。试验为测试1(见表6)。

2)配电母线在与出线单元隔离的情况下分别进行试验,配电母线与主母线连接,试验电流流过配电母线全长(DBO一般不涉及配电母线)。

3)功能单元单独进行试验,如果主母线或配电母线有较高的电流额定数据,则应输出附加电流,使得各个功能单元在额定电流下进行试验。

试验为测试2~测试10(见表6)。

4)进线电路的试验电流为额定电流,出线功能单元的试验电流为各功能单元的额定电流乘以计算负荷系数。试验为测试11(见表6)。

2.2 温升试验方法评价

温升试验方法1需要进行的试验少,结合具体的实际情况,试验较为严酷。GB/T 7251.3—2017在GB/T 7251.1—2013的基础上对温升试验方法2和温升试验方法3进行了补充,指出确定最严酷组的一组方法为:DBO的额定电流在最少数量的出线电路中分配电流,使得每条电路承载其额定电流乘以计算负荷系数。温升试验方法2把出线电路的计算负荷系数引入试验,在实际中应用较广。温升试验方法1是一种较为理想化的试验方法,适用于特殊布置的成套设备。相比于温升试验方法1和温升试验方法2,温升试验方法3需要进行较多的试验,但可以全面考核分接单元、主母线、配电母线及整个成套设备。

3 结论

比较新版标准GB/T 7251.3—2017与旧版标准GB/T 7251.3—2006,详细介绍了GB/T 7251.3—

2017新要求的型式试验项目;比较旧版标准 GB/T 7251.3—2006,具体说明有变化的型式试验项目。结合各型式试验项目自身的特点,按照实际生产及生活中的应用,给出建议性型式试验程序。结合实际案例具体说明温升试验的各试验方法,给出各温升试验方法的温升电流测试方案。

参考文献

- [1] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 7251.3—2017/IEC 61439—3:2012 低压成套开关设备和控制设备第3部分:由一般人员操作的配电板(DBO)[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [2] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 7251.3—2006/IEC 60439—3:2001 低压成套开关设备和控制设备第3部分:对非专业人员可进入场地的低压成套开关设备和控制设备——配电板的特殊要求[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [3] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 7251.1—2013/IEC 61439—1:2011 低压成套开关设备和控制设备第1部分:总则[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [4] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 16422.2—2014/ISO 4892—2:2006 塑料 实验室光源暴露试验方法第2部分:疝气灯[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [5] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 9341—2008/ISO 178:2001 塑料弯曲性能的测定[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [6] 化学工业部成都有机硅研究中心. ISO 179—1982 中国标准书号[S].北京:中国标准出版社,1982.
- [7] 中国国家标准化管理委员会. GB 7251.1—2005/IEC 60439—1:1999 低压成套开关设备和控制设备第1部分:型式试验和部分型式试验成套设备[S].北京:中国标准出版社,2005.
- [8] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 20641—2006/IEC 62208:2002 低压成套开关设备和控制设备空壳体的一般要求[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [9] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 7251.12—2013/IEC 61439—2:2011 低压成套开关设备和控制设备第2部分:成套电力开关和控制设备[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [10] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 17626.6—2008/IEC 61000—4—6:2006 电磁兼容 试验和测试技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [11] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 17626.8—2006/IEC 61000—4—8:2001 电磁兼容 试验和测试技术 工频磁场抗扰度试验[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [12] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 17626.11—2008/IEC 61000—4—11:2004 电磁兼容 试验和测试技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验[S].北京:中国标准出版社,2008.
- 收稿日期:2019-07-16
修改稿日期:2019-07-30
- *****
- (上接第59页)
- tions on Automatic Control, 2001, 46(9): 1360-1371.
- [4] Li P Y. Adaptive Passive Velocity Field Control[C]// Proceedings of the American Control Conference, 1999: 774-779.
- [5] Yamakita Masaki, Asano Fumihiko, Furuta Katsuhisa. Passive Velocity Field Control of Biped Walking Robot[C]// Proceedings of IEEE International Conference on Robotics & Automation, 2005: 3057-3062.
- [6] 宋国立,韩冰,赵忆文,等. 脊柱微创手术机器人速度场控制方法[J]. 机器人, 2016, 38(5): 603-611.
- [7] Munoz-Vazquez A -J, Parra-Vega V, Sanchez A, et al. Passive Velocity Field Control for Contour Tracking of Robots with Model-free Controller[C]//IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2013: 1934-1940.
- [8] 王丽梅,李兵. 直线电机驱动XY平台的速度场轨迹规划与控制研究[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(3): 438-444.
- [9] Ha Changsu, Choi Francis B, Lee Dongjun. Preliminary Results on Passive Velocity Field Control of Quadrotors[C]// 2012 9th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence(URAI), 2012: 378-379.
- [10] Kunimune Tomohiro, Fukui Yoshiro, Wadal Takahiro. Passive Velocity Field Control with Discontinuous Desired Velocity Fields: Non-smooth Potential Gradient Vector Field by Locally Semiconcave Functions[C]// 2016 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2016: 1165-1172.
- 收稿日期:2018-09-20
修改稿日期:2018-12-06