

低毒环保型溶剂对临时保护性可剥离涂料性能的影响探究

夏立建, 吴连锋, 王贤明, 李 镇, 刘雷雷

(海洋化工研究院有限公司, 海洋涂料国家重点实验室, 山东 青岛 266072)

摘要: 为制备绿色环保, 对大气环境和人员健康均友好的临时保护性可剥离涂料, 采用 D40 和 200# 溶剂油组成的复合溶剂溶解主成膜树脂, 辅以耐老化树脂, 添加合适的补强填料和助剂, 制备了一种不起泡、开裂、脱落的高性能临时保护性可剥离涂料。该涂料附着力良好, 又较易完整去除, 还对强酸、强碱的侵蚀作用具有较强的耐受性及长效耐候性。与传统的以苯类混合溶剂制备的临时保护性可剥离涂料对比可知, 该涂料黏度更低, 工艺性更好, 综合性能相当, 但对施工人员及环境更加友好。

关键词: 低毒环保型溶剂; 临时保护性可剥离涂料; 耐强酸、强碱侵蚀; 耐候性

中图分类号: TQ637 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-9548(2024)12-0015-05

Research on the Influence of Low Toxicity and Environmentally Friendly Solvents on the Performance of Strippable Temporary Protective Coatings

XIA Li-jian, WU Lian-feng, WANG Xian-ming, LI Zhen, LIU Lei-lei

(Marine Chemical Research Institute Co., Ltd., State Key Laboratory of Marine Coatings, Qingdao 266072, Shandong, China)

Abstract: In order to prepare a temporary protective peelable coating that is environmentally and friendly to the atmospheric environment and personnel health. In this paper, the compound solvent of D40 and 200# solvent oil is used to dissolve the main film-forming resin, supplemented by anti-aging resin, and adding suitable reinforcing fillers and additives to prepare a high-performance temporary protective peelable coating without foaming, cracking and falling off. This kind of coating not only has good adhesion, but also can be easily removed completely. It also has strong resistance to the corrosion of strong acids and alkalis and long-term weather resistance. Compared with the traditional temporary protective peelable coating prepared with benzene mixed solvent, it is known that this coating has lower viscosity, better manufacturability and equivalent comprehensive performance, but is more friendly to construction personnel and the environment.

Key words: low toxicity and environmentally friendly solvent; temporary protective peelable coating; strong acid, alkali corrosion resistance; weather resistance

0 引言

临时保护性可剥离涂料通常应用于化学铣切领域。化学铣切是指将工件浸入化学溶液中通过腐蚀制成特定形状或精度的加工方法, 而不需要加工的部位是通过喷涂临时保护性可剥离涂料形成保护层以免受

腐蚀, 经化铣工艺后再将该保护层剥离^[1]。近年来, 一些客户将此种涂料应用于某些航空、航天、船舶设备、装置的裸露表面或功能涂层的表面, 用以保护设备在施工、储存、运输等过程中表面免受刮擦、污染甚至腐蚀。

可剥离涂料的成膜基料经历了由初代的氯丁橡胶到二代的丁苯橡胶再到三代的热塑性弹性体的发展^[2-3]。其中热塑性弹性体苯乙烯-丁二烯-苯乙烯(SBS)是以微观上两相分离的塑料结构的聚苯乙烯(PS)和橡胶结构的聚丁二烯(PB)组成的共聚物。塑料

收稿日期: 2024-11-01

作者简介: 夏立建(1988—), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事特种高温隔热涂层材料的研究工作。E-mail: 648180736@qq.com。

相结构的 PS 段分散在橡胶相 PB 中起着物理交联的作用,其状态可以随温度或溶剂的变化而变化,因此具有可逆性,同时共聚物干燥成膜后基体强度较高,适宜作为临时保护涂料的成膜物。李文凯等^[1]将苯乙烯接枝到 SBS 上制备嵌段共聚物作为成膜物,配合增黏树脂、补强、功能等填料、辅以涂料助剂等,制得化学铣切临时保护涂料,该涂料综合性能接近 AC-850。林翠等^[2]以星型 SBS 代替橡胶材料作为成膜物,同时适配填充剂和增塑剂,调整可剥性和附着力之间的平衡,制成化学铣切保护涂料,其性能接近于美国 AC-850,但浸蚀比范围较宽。王云英等^[3]采用 SBS 为成膜物树脂,以不同添加剂为基础制备了不同的可剥性化铣保护涂料,其制备的产品综合性能接近于美国 AC-850。王永军等^[4]以 SBS 弹性体为基料,采用直接溶胶法和热炼熔胶法制备了化铣可剥性涂料,但是化铣时浸蚀比的范围相比于美国 AC-850 偏大。

然而,以 SBS 为基材制备的可剥离临时保护性涂料存在耐热性不高、附着力不稳定、化铣时浸蚀比比较大,化铣后涂层易褪色等问题^[6-7]。近年来,有研究人员开发以氢化 SBS 树脂为基体材料,添加合适的颜填料及助剂等,制得新型保护涂料,但此产品的黏度大、力学强度稍低,仍需进一步完善^[8]。同时以甲苯、二甲苯等为溶剂,对周围环境及现场施工人员的健康危害较大,显然不符合我国绿色可持续发展的大背景。甲苯作为易制毒原材料,受管控严重,造成诸多不便。因此,使用低毒环保型溶剂替代苯类溶剂制备临时保护性可剥离涂料,具有重要的现实意义。

本文选择 D40 和 200# 溶剂油组成的复合溶剂溶解氢化 SBS 树脂,辅以耐老化树脂甲基氟硅油,添加合适的填料和助剂,制备一种临时保护性可剥离涂料,并与以苯类为溶剂的可剥离涂料进行对比,结果显示两者综合性能相当,前者由于所采用的溶剂和稀料毒性低,对环境和现场施工人员更加友好。

1 试验部分

1.1 主要原料

氢化 SBS 树脂:上海巨道化工有限公司;甲基氟硅油:上海硅山高分子材料有限公司;气相二氧化硅,工业白油,滑石粉、碳酸钙,D40 溶剂油,200# 溶剂油:市售;二甲基硅油:道康宁公司;防沉剂:BYK 公司。

1.2 涂料及涂层制备方法

在主成膜树脂和耐老化树脂中添加适量复合溶剂 D40 和 200# 溶剂油并高速搅拌,直至树脂完全溶解后,按配方称量添加填料、助剂后,加入适量溶剂进行高速研磨,调节研磨速度为 2 500~3 000 r/min,出料细度 $\leq 40 \mu\text{m}$,再次添加适量复合溶剂调节黏度,高速搅

拌均匀后滤出得到可剥离临时保护性涂料。

1.3 涂料施工工艺

将涂料制品添加适量复合溶剂后充分搅拌均匀,室温放置 10 min 后,空气压力调至 0.4 MPa,用 1.8 mm 直径喷枪喷涂。每次喷涂后放置干燥 30 min,喷涂 3~4 遍干膜厚度达到 280~300 μm ,于室温干燥 24 h 后置于 80 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱 2 h 后进行性能测试。

1.4 测试方法

按 GB/T 1723—1993 测涂料细度;按 GB/T 1725—2007 测涂料不挥发物固体含量;按 GB/T 9269—2009 测试涂料的黏度;按 GB/T 528—2009 测试可剥涂料浇膜后所形成涂层的拉伸强度、断裂伸长率;按 GJB 446—1988 测试涂层 90 $^{\circ}$ 剥离强度;按 HB 5453—2010 测试涂膜耐酸性、耐碱性。

2 结果与讨论

2.1 低毒环保型溶剂筛选

溶剂对成膜物树脂的溶解速度、溶解效果,对涂料体系中填料的沉降、结块以及涂膜的干燥速度均有较大的影响。因此,选择合适的溶剂对涂料的综合性能影响巨大。而芳香烃类溶剂对人体的神经、血液、肝肾等器官造成不可逆转的伤害,对施工接触人员的健康及周围环境造成伤害。因此,开展传统有机溶剂的替代工作刻不容缓,具有重要的现实意义。表 1 列举出部分有机溶剂的毒性危害,由表可知,芳香烃类(苯、甲苯、二甲苯)等溶剂对人体的神经系统和血液系统均存在不可逆的伤害。最终我们从低毒环保型如碳酸二甲酯、乙酸乙酯、乙酸丁酯、120# 溶剂油、200# 溶剂油、D40 溶剂油、丙二醇甲醚醋酸酯中进行筛选,从成本及对树脂溶解效率等方面考虑,最终选择 D40 溶剂油和 200# 溶剂组成复合溶剂。

表 1 部分有机溶剂毒性危害统计

溶剂种类	密度/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	沸点/ $^{\circ}\text{C}$	溶解度参数 δ / ($\text{cal}^{1/2}\cdot\text{cm}^{-3/2}$)	价格/ (元 $\cdot\text{kg}^{-1}$)	是否 选择
甲苯	0.872	110.6	8.9	7~8	被替代
二甲苯	0.86	140	8.9	8~9	被替代
碳酸二甲酯	1.07	90~91	10.4	6~7	×
醋酸丁酯	0.882 5	126.6	8.3	7~8	×
120# 溶剂油	0.68~0.73	80~120	6.9	6~7	×
200# 溶剂油	0.75~0.82	140~200	7.4	5~6	√
D40 溶剂油	0.76~0.79	140~160	7.4 左右	6~7	√
丙二醇甲 醚醋酸酯	0.96	145~146	9.4	>10	×

2.2 防沉剂用量对涂料沉降及机械性能的影响

防沉剂用量对涂料沉降及机械性能的影响如图 1

所示。

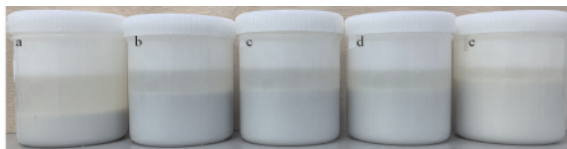


图1 防沉剂用量对临时保护性可剥离涂料沉降效果的影响

图1a为采用D40和200#溶剂油复合溶剂制备的涂料静置7d后侧面拍摄的照片,可以看到出现明显的沉降现象。膨润土在涂料行业应用广泛,通常可用作增稠剂、悬浮防沉剂、辅助黏结剂等^[9]。将有机膨润土分散于树脂溶剂中,在搅拌机分散作用下可形成凝胶体,具有良好的剪切触变性、悬浮稳定性、增稠性,在涂料中有防沉淀、防流挂的功能,是涂料中常用的一类触变剂^[10]。因此按客户要求,我们采用有机膨润土型防沉剂来提升涂料产品的开盖效果。图1b~e,防沉剂用量依次为1.5、3.0、4.5、6.0g。随着防沉剂用量提高,形成越来越多的疏松网络触变型结构,能使颜填料颗粒悬浮而不结块,防止颜料沉降,改善涂料性能,保持优良的流平性,静置后涂料的沉降现象得到明显的改善^[11]。同时,不同防沉剂用量对涂层物理特性的影响如表2所列。

表2 不同防沉剂用量对涂层物理特性的影响

项目	用量/g					
	0	1.5	3.0	4.5	6.0	
固含量/%	31.28	31.35	31.30	31.35	31.20	
斯托默黏度(KU)	69.5	68.1	68.8	69.9	70.5	
斯托默黏度/(mPa·s)	548	518	533	558	572	
剥离强度/ (N·mm ⁻¹)	铝合金	0.032	0.046	0.056	0.065	0.084
	不锈钢	0.035	0.049	0.075	0.083	0.099
拉伸强度/MPa	5.033	5.308	5.730	6.106	6.787	
扯断伸长率/%	1 158	1 083	1 033	1 225	1 133	

由表2得知,在保证不同防沉剂用量的涂料体系固含量几乎持平的情况下,将涂料搅拌均匀后利用斯托默黏度计测试黏度,随着防沉剂用量逐渐增加,涂料黏度先减小后增大。当防沉剂用量 ≤ 3 g时,涂料体系呈典型的触变特性,在高速分散剪切作用下,涂料黏度减小,变稀;当防沉剂用量继续增大至 >3 g时,形成大量的三维网状凝胶结构,斯托默黏度计固定的转动剪切速率已无法破坏网状结构,涂料体系失去触变性,最终涂料黏度增大,符合图1所示的沉降减弱情况。在90°剥离强度测试试验中,分别采用航空工业中常用的

铝合金、不锈钢两种不同类型基材进行测试,结果表明,临时保护性可剥离涂料与两种基材的剥离强度随防沉剂用量增加而增大,附着力随之增大。这主要是因为加入的防沉剂其形成的三维网状凝胶结构在干膜过程中保持稳定,并提高流平特性,提升了与基材的粘接力。而其中可剥离涂料与铝合金基材的剥离强度最小,附着力最低;与不锈钢基材的剥离强度与铝合金基材相比,有很小幅度提升。涂膜的拉伸强度随着膨润土用量的增加而逐渐增大,这是由于防沉剂形成的三维网状凝胶结构有利于提高涂膜的力学性能。经过比较分析,最终选择含6.0g防沉剂。

2.3 与其他产品物理特性对比

为检验以低毒环保型溶剂制得的产品物理特性,将其与原苯类混合溶剂产品以及国产某产品进行对标,结果如表3所列。将3种产品固含量调节至几乎持平的情况下,环保型溶剂制备的产品斯托默黏度最小,苯类混合溶剂产品黏度次之,国产对标产品黏度最大。黏度增大,涂料施工难度大;流平性能欠佳,难以均匀覆盖基材表面;干燥后内应力增大,附着力降低。因此,调配合适的黏度,施工后涂膜才能发挥最优性能。将3种产品分别喷涂在铝合金、不锈钢两种基材上测试90°剥离强度,结果表明,对标产品剥离强度最低,即附着力最小,这非常有利于涂膜完整地基材表面剥离,但也可能容易造成强酸、强碱溶液的浸蚀。我们以环保溶剂制备的产品剥离强度最大,附着力最大,最终能保证涂膜完整的剥离,也对浸蚀防护更加完善。从力学性能分析,以苯类混合溶剂制得产品拉伸强度最大,同时扯断伸长率也最大,对标产品拉伸强度最小,扯断伸长率也最小。通过比较,自制两种临时保护性可剥离涂料的综合性能相当。

表3 不同类型产品的物理特性对比

项目	苯类混合溶剂		低毒环保型溶剂	对标产品
	产品	产品		
固含量/%	31.5	31.2	31.2	31.5
斯托默黏度(KU)	71.2	70.5	70.5	111.0
斯托默黏度/(mPa·s)	587	572	572	2 268
剥离强度/ (N·mm ⁻¹)	铝合金	0.050	0.084	0.033
	不锈钢	0.065	0.099	0.034
拉伸强度/MPa	6.934	6.787	6.787	6.087
扯断伸长率/%	1 558	1 133	1 133	708

注:对标产品初始固含量为36.5%,为了减少试验误差,将对标产品加二甲苯稀释至固含量为31.5%,再进行后续斯托默黏度的测试。

2.4 耐酸、碱性能测试

化学铣切工艺常用于铝、镁、钛、镍、铜、钢铁等多

种金属和合金的加工。不同类型的腐蚀溶液用于不同的金属化铣,铝合金多采用碱性腐蚀溶液,钢、钛合金等多采用多种混合酸组成的酸性腐蚀溶液(硫酸、硝酸、盐酸、氢氟酸、磷酸等)。因此,临时保护性可剥离涂料的耐酸、耐碱腐蚀性强弱决定着金属被化学铣切的质量高低。

我们将苯类混合溶剂和环保溶剂制备的可剥离临时保护性涂料以及对标产品喷涂于马口铁板表面,然后将样板分别浸泡于 20%氢氧化钠溶液、50%硝酸溶液、20%盐酸溶液、50%硫酸溶液中室温放置 4 h,并将

浸泡于 20%氢氧化钠溶液中的样板转移至 100 °C 放置 4 h,完毕后总结结果如表 4 所列。

苯类混合溶剂涂膜样板(浅色)和环保溶剂涂膜样板(深色)以及对标产品(白色)经酸、碱浸泡后均无开裂、起泡、脱落现象出现,且与底层金属界面附着良好,无飞边起膜现象。当放置于 100 °C 下的样板浸泡至 4 h 时,取出干燥后浸泡区域涂层出现起泡、破裂,但仍未与底面金属界面脱落,底面金属未出现腐蚀,仍能成功剥离。结果表明,自制的两种临时保护性可剥离涂料与对标产品均满足基本的电镀性能测试。

表 4 苯类溶剂(浅色)和环保溶剂(深色)制备的可剥离涂料及对标产品(白色)的耐酸、耐碱性能测试结果

项目	苯类混合溶剂产品	低毒环保型溶剂产品	对标产品
20%HCl(4 h)	无开裂、无起泡、无脱落、无飞边起膜	无开裂、无起泡、无脱落、无飞边起膜	无开裂、无起泡、无脱落、无飞边起膜
50%H ₂ SO ₄ (4 h)	无开裂、无起泡、无脱落、无飞边起膜	无开裂、无起泡、无脱落、无飞边起膜	无开裂、无起泡、无脱落、无飞边起膜
50%HNO ₃ (4 h)	无开裂、无起泡、无脱落、无飞边起膜	无开裂、无起泡、无脱落、无飞边起膜	无开裂、无起泡、无脱落、无飞边起膜
20%NaOH(4 h)	无开裂、无起泡、无脱落、无飞边起膜	无开裂、无起泡、无脱落、无飞边起膜	无开裂、无起泡、无脱落、无飞边起膜
20%NaOH (100 °C, 4 h)	轻微起泡、破裂、底面金属未出现腐蚀,能剥离	轻微起泡、破裂、底面金属未出现腐蚀,能剥离	轻微起泡、破裂、底面金属未出现腐蚀,能剥离

2.5 耐候性能测试

各项大型或超级工程设备如船舶等进行涂料施工时,基本采用分批次模块化施工,即预先涂装完成部分工序(如底漆和中间漆),到现场组装后再统一完成最后工序即喷涂面漆;或者预先完成某部分、某部位的底漆、面漆喷涂,然后转移到其他位置施工,此时需要涂覆临时保护性可剥离涂料。此涂料在工程器件贮存和运输过程中起临时保护作用,在现场最终面漆涂装工作开始前撕掉该层涂膜,以保护工程器件基材或功能性涂层,方便开展后续施工工作。但是外部环境多变复杂,现有可剥涂料大多耐候性较差,在户外存放半年以上,可剥离性下降,无法完整地与被保护表面剥离。因此,涂膜的耐候性能及最终能否完整剥离至关重要,决定着涂料的应用范围。分别以苯类和环保溶剂制备临时保护性可剥离涂料产品,然后依次喷涂到聚氨酯、水性聚氨酯、丙烯酸、水性丙烯酸、氟碳、醇酸、醇酸防锈、醇酸调和漆等 8 种不同种类的功能涂层表面。然后将样板置于青岛市区离海洋直线距离约为 2 km 的室外进行风吹日晒雨淋等耐候性能测试。经过 12 个月的测试后漆膜剥离情况见表 5 所列。经过 12 个月的耐候性能检验,自制的两种溶剂型可剥离临时保护性涂膜除稍微的褪色现象外,并没有出现明显的粉化、起泡、开裂、脱落等现象,依然具备很强的保护下层功能涂层的能力。需要注意的是,涂膜有几处轻微破裂,这是由于

样板受到不可控外力伤害,并不属于涂膜失效。

表 5 苯类溶剂(浅色)和环保溶剂(深色)制备的可剥离涂料喷涂在不同种类涂层表面并进行耐候性能测试后漆膜剥离情况

涂层种类	苯类混合溶剂产品	低毒环保型溶剂产品
聚氨酯涂层	难剥离	完整剥离
水性聚氨酯涂层	完整剥离	完整剥离
丙烯酸涂层	完整剥离	完整剥离
水性丙烯酸涂层	难剥离	难剥离
氟碳涂层	完整剥离	完整剥离
醇酸涂层	难剥离	完整剥离
醇酸防锈涂层	难剥离	完整剥离
醇酸调和涂层	难剥离	完整剥离

对于涂覆在水性聚氨酯、丙烯酸、氟碳树脂涂层表面的临时保护性可剥离涂膜,使用苯类或低毒环保型溶剂的产品经 12 个月耐候性测试后均能实现完整剥离,区别不大;对于涂覆在聚氨酯、醇酸漆、醇酸防锈漆、醇酸调和漆涂层表面的临时保护性可剥离涂膜,经过 12 个月的耐候性能测试,以苯类为溶剂的产品无法完整剥离,而以低毒环保型溶剂的产品实现完整剥离。不论耐候性能测试前后,醇酸漆表面凹凸不平,有大量的裂痕充斥整张涂膜,分析得知,这可能与苯类溶剂喷涂到醇酸漆表面,对醇酸涂层有一定溶解作用但达不

到完全溶解程度,导致醇酸涂层表面变形,最终致使可剥离保护性涂膜随之变形,虽没有破裂,但难以剥离。同理,对于聚氨酯涂层的作用可以得到解释。需特别注意,对于涂覆在水性丙烯酸涂层表面,经 12 个月耐候性测试,不论何种溶剂的产品均不能完整剥离,这限制了临时保护性可剥离涂料在水性丙烯酸涂层表面的应用。综上,以低毒环保型溶剂的产品在涂层表面的应用范围广于以苯类溶剂的产品。

3 结语

采用低毒环保溶剂溶解主成膜树脂和耐老化树脂,再辅以填料、助剂等制得高性能临时保护性可剥离涂料,该涂料既有很好的附着力,又容易完整剥离,还有较好的耐酸、碱浸蚀作用及长效耐候特性。这与自制的另一种以苯类作为溶剂制得的临时保护性可剥离涂料以及某国产产品相比,黏度更低,更利于施工;拉伸性能居中,经耐候性测试后更容易完整剥离,同时对施工人员的健康及环境更加友好,可作为替代产品推广使用。

参考文献:

- [1] 李文凯,王李军,周如东,等.高性能化学钝切临时保护涂料的研制[J].涂料工业,2019(7):26-29.
- [2] 林翠,王云英,孟江燕,等.可剥性化钝保护涂料的研制[J].表面技术,2006(3):61-63.
- [3] 刘印文,刘振华.SBS 可剥性电镀保护涂料的开发和应用[J].弹性体,2000(10):49-52.
- [4] 王云英,孟江燕,林翠.热塑弹性体铝合金化学钝切保护涂料的研制[J].航空材料学报,2006(5):70-72.
- [5] 王永军,王迁.高分子化钝可剥性涂料的研制[J].特别橡胶制品,2012(1):47-49.
- [6] 李清材,韩敏,于建龙,等.新型化学钝切临时保护可剥性涂料[J].现代涂料与涂装,2014(9):13-15.
- [7] 张宏辉,崔定伟.新型化钝保护涂料的研制[J].化工新型材料,2013(11):79-80.
- [8] 秦瑞,李清材,孙哲,等. SEBS 新型可剥性化钝保护涂料的研制[J].材料保护,2016(3):52-54.
- [9] 李静静,邱俊,吕宪俊. 膨润土在涂料中的应用性能研究[J].中国非金属矿工业导刊,2006(4):15-17.
- [10] 王小牧,雍涛,王雷. 有机膨润土对环氧涂料贮存稳定性的影响[J].现代涂料与涂装,2017(10):7-9.
- [11] 纪占敏,施冬梅,杜仕国.防沉剂在涂料中的应用与发展[J].现代涂料与涂装,2006(4):47-49. ◆

《现代涂料与涂装》征稿启事

《现代涂料与涂装》期刊是由中昊北方涂料工业研究设计院有限公司主办的全国性科技期刊,国内外公开发行人,国际连续出版物号:ISSN 1007-9548,国内统一连续出版物号:CN 62-1135/TQ;本刊是中国学术期刊综合评价数据库来源期刊;《中国学术期刊(光盘版)》《中国期刊网》《万方数字化期刊群》《维普资讯》全文收录期刊;美国《化学文摘》(CA)收录期刊。突出实用性与理论性相结合的报道理念,侧重于企事业单位的研究成果传播,为实际生产遇到的问题提供参考和解决方案。

征稿范围:

- ★ 涂料涂装行业关键核心技术自主创新及进口替代进展
- ★ 最新涂料涂装政策、标准解读及应对措施
- ★ 环境友好型涂料及特种功能型涂料的研发及创新应用
- ★ 涂装行业 VOC 源头控制、过程管理、末端治理技术及设备,涂料涂装废水处理技术及设备
- ★ 涂料涂装行业安全生产管理创新
- ★ 传统制造业(汽车、工程机械、轨道交通、船舶)、战略性新兴产业和新型基础设施涂装智能化及新工艺、新材料和新设备

征稿要求:

- (1)来稿涉及技术保密问题需通过作者单位审查;来稿请注明作者单位(中英文)、地址及邮编。
- (2)请勿一稿多投,如欲改投,请提前告知本编辑部。稿件收到后即发回执,稿件一经刊发,即按规定付给稿酬,并赠送期刊 3 本。来稿一般不退,请作者自留底稿,半年内未接到通知,作者可自行处理。
- (3)稿件要求内容新颖、主题明确、逻辑严谨、文字精炼、格式规范、数据真实,正文字数不少于 3 000 字,相似度不高于 10%,附 100~200 字的摘要并列关键词(3~8 个)及相应的英文;附作者简介,内容包括:姓名(出生年)、性别、职称、学历、主要从事的工作或研究方向、联系方式及身份证号。
- (4)稿件用电子文档投稿,一律采用法定标准计量单位名称和符号。
- (5)文章标题以 3 级为限,文题简洁,表格一律为三线表,文中插图要清晰。
- (6)参考文献勿省略,置于文末,并在文中注明序号、排好次序。