中国烟草学报 Acta Tabacaria Sinica http://ycxb.tobacco.org.cn
doi：10.16472/j.chinatobacco.2014.541

聚乳酸滤嘴对卷烟烟气化学成分释放量和感官质量影响

杨松[1]，王涛[2]，赵献忠[3]，聂聪[1]，王晓辉[2]，孙培建[1]，
包旭东[3]，何映鸣[3]，赵冰[4]，刘惠民[1]

1 中国烟草总公司郑州烟草研究院 , 郑州市高新技术产业开发区枫杨街2 号 450001；
2 云南中烟工业有限责任公司，云南省昆明市世博路6 号 653100；
3 江苏天圣达集团无锡新合纤有限公司，江苏省无锡市锡澄路310 号 214011；
4 河南中烟工业有限责任公司技术中心，河南省郑州市陇海东路72 号 450000

摘　要：通过考察聚乳酸（PLA）滤嘴卷烟、二醋酸纤维素（CA）滤嘴卷烟和聚丙烯（PP）滤嘴卷烟烟气常规化学成分、有害成分释放量及感官质量方面的差异，明确了 PLA 滤嘴对卷烟烟气化学成分释放量和感官质量的影响。结果表明：①与 CA 滤嘴和 PP 滤嘴卷烟相比，采用 PLA 滤嘴后，卷烟的抽吸口数和烟碱释放量保持不变，总粒相物、一氧化碳和焦油量基本一致；②与 CA 滤嘴卷烟相比，PLA 滤嘴卷烟烟气中除甲醛和单元酚类有害成分释放量略有上升之外，其他有害成分释放量基本保持一致，危害性指数基本一致；与 PP 滤嘴卷烟相比，PLA 滤嘴卷烟烟气有害成分释放量均有一定下降或基本保持一致，危害性指数显著下降；③ PLA 滤嘴卷烟感官质量优于 CA 和 PP 滤嘴卷烟。该研究可为 PLA 滤嘴在卷烟上的应用提供参考。

关键词：聚乳酸滤嘴 ; 二醋酸纤维素滤嘴 ; 聚丙烯滤嘴；卷烟烟气；化学成分；感官质量
引用本文：杨松，王涛，赵献忠 , 等 . 聚乳酸滤嘴对卷烟烟气化学成分释放量和感官质量影响 [J]. 中国烟草学报，2015,21（6）

目前，市场上的卷烟滤嘴材料主要有 CA 和 PP 两种。国内 CA 的应用已有 30 多年的历史，过滤和吸附性能优异，市场占有率在 90% 左右。但它的生产原料是多年生的优质木材 [1]，不易再生，且生物降解速度较慢，对环境造成的污染不易消除 [2]。PP 是目前卷烟上应用的另外一种卷烟滤嘴材料，占我国滤材市场不到 10% 的市场份额。但 PP 是以石油为原料 [3]，消耗的是不可再生资源，其组成为长链碳氢化合物，不能生物降解，且对烟气过滤效果差，对卷烟感官质量影响较大 [4,5]。因此，目前市场上使用的两种卷烟滤嘴材料都存在一定缺陷。

PLA 是一种新型的可生物降解的环保产品，具有良好的循环再生性和生物降解性。它以可再生的植物资源（玉米、小麦、甜菜、大米、土豆、山芋等）以及有机废弃物（玉米芯或其他农作物的根、茎、叶、皮等）为原料，摆脱了对木材和石油资源的依赖，符合国际社会可持续发展的要求。PLA 能够完全生物降解，在自然环境中可较快分解为水和二氧化碳，不造成环境污染，产生的二氧化碳通过植物的光合作用得到重新利用，成为一个永恒的、封闭的碳循环系统，是名副其实的“绿色材料”[6]。因此，采用 PLA 作为卷烟滤嘴材料，可实现原料的可再生性和环境中的生物可降解性。Yahia Lemmouchi[7] 研究了 PLA 滤嘴和 CA 滤嘴对焦油、烟碱、水分的过滤效率的差异，同时也考察了不同增塑剂种类（三醋酸甘油酯和柠檬酸三乙酯）、用量的 PLA 滤嘴对烟气中醛类化合物过滤效率的影响。王秦峰等人 [8] 考察了改性 PLA 滤嘴与未改性 PLA 滤嘴和 CA 滤嘴在烟气常规成分、烟气 7 种成分（一氧化碳、氰化氢、NNK、氨、苯并芘、巴豆醛、苯酚）和感官质量方面的差异，结果表明改性 PLA 滤嘴中 HCN 和苯酚释放量有所降低，感官质量有所改善。杨立新 [9] 和梁桐 [10] 等人对比了 PLA 滤

基金项目：郑州烟草研究院“新型烟用丝束材料的工艺研究及运用”项目（合同号：D2010117）；云南中烟“聚乳酸丝束滤棒研发及卷烟产品应用研究”项目（合同号：K-10002.04）
作者简介：杨松（1980—），博士，工程师，主要从事降焦减害、新型烟用丝束及滤棒研发工作，Email：ztriyangs@hotmail.com.cn
通讯作者：刘惠民（1963—），研究员，主要从事卷烟减害技术研究、烟用材料安全性研究和烟草与烟草制品的化学分析方法标准和产品标准的制修订工作，Email: liuhuimin63@x263.net
赵冰（1969—），工程师，主要从事烟草化学和烟用材料研究，Email:zhzhjl@163.com
收稿日期：2014-11-28

嘴卷烟和 CA 滤嘴卷烟烟气常规化学成分的差异。但 PLA 滤嘴对卷烟烟气中其他有害成分释放量和感官质量的影响尚未有人详细研究。本文中通过对比 PLA 和 CA、PP 滤嘴卷烟烟气中常规化学成分、有害成分释放量以及感官质量的差异，阐明 PLA 滤嘴在卷烟应用中的可行性。

1　材料与方法

1.1　仪器、试剂与材料

JSM-6700 扫描电镜（日本 JEOL 公司）；SM450 直线吸烟机（英国 Cerulean 公司）；AA3 连续流动仪（德国 Bran Luebbe 公司）；TurboVap LV 浓缩氮吹仪（美国 Zymark 公司）；ICS-2500 离子色谱仪（美国 Dionex 公司）；Aglient6890 气相色谱 – 热能分析联用仪（GC-TEA）、Agilent6890-5973N 气相色谱 – 质谱联用仪（GC-MS）、Agilent1200 高效液相色谱仪（配备二极管阵列检测器 DAD，美国 Agilent 公司）；AL-204-IC 电子天平（感量：0.0001 g，瑞士 Mettler Toledo 公司）。

氯胺 T(AR, 天津光复精细化工研究所)；异烟酸、1,3 二甲基巴比妥酸（99% , 北京百灵威科技有限公司）；N- 亚硝基降烟碱（NNN）、N- 亚硝基新烟碱（NAT）、N- 亚硝基假木贼碱（NAB）、4–(甲基亚硝胺基)–1–(3– 吡啶)–1– 丁酮（NNK）、9- 苯基蒽、苯并 [a] 芘（BaP）（标准物质，纯度≥ 98%，中国标准物质中心）；对苯二酚、间苯二酚、邻苯二酚、苯酚、对甲酚、间甲酚、邻甲酚（标准物质，纯度≥ 99.5%，Chem service Standards 公司）；2,4– 二硝基苯肼，甲醛、乙醛、丙酮、丙烯醛、丙醛、丁醛、巴豆醛、苯甲醛 –2,4– 二硝基苯腙（纯度≥ 98%，美国 Supelco 公司）；环己烷、二氯甲烷、甲醇、乙腈（色谱纯，美国 J.T. Baker 公司）；其他试剂均为分析纯。

CA、PP 和 PLA 丝束规格均为：3.0Y/35000。三种丝束分别通过滤棒成型机制备为滤棒，CA、PP 和 PLA 滤棒规格均为：圆周 24.1 mm，长度 144 mm，吸阻 4200 Pa。分别采用 PLA 滤棒、CA 滤棒和 PP 滤棒接装“红梅”卷烟样品，烟支重量、吸阻、叶组配方保持一致。

1.2　卷烟烟气成分分析

对分析用卷烟进行分选，分选标准为：平均质量 ±20 mg，平均吸阻 ±49 Pa。参照标准 [11-12] 方法测定卷烟烟气总粒相物、烟碱、焦油、和水分等烟气常规成分释放量。参考标准 [13-18] 方法测定卷烟烟气中氢氰酸（HCN）、苯酚、对苯二酚、间苯二酚、邻苯二酚、对（间）甲酚、邻甲酚、甲醛、乙醛、丙酮、丙醛、巴豆醛、2- 丁酮、丁醛、BaP、BaA、Chr、氨（NH_3）、NNN、NAT、NAB、NNK 释放量。

1.3　卷烟样品评吸

评吸卷烟样品置于恒温恒湿箱（22 ℃, RH60%）内平衡 48 h 后进行评吸。评吸小组由云南中烟工业有限责任公司技术中心的 11 位专业评吸人员组成，采用暗评方式进行评吸。评吸项目分为香气风格、香气特性（香气质、香气量、丰满性、透发性）、烟气特性（浓度、劲头、成团性、细腻程度、杂气）和口感特性（刺激性、干燥感、干净程度、甜度、回味）[19]。评吸时以 CA 滤嘴卷烟作为对照，考察 PLA 滤嘴卷烟和 PP 滤嘴卷烟与 CA 滤嘴卷烟在上述指标上的差异。

2　结果与讨论

2.1　PLA 分子结构

PLA 是由乳酸聚合而成的高分子材料，其分子结构如图 1 所示。与 CA 类似，PLA 分子链中也含有大量的酯基极性基团，而 PP 分子链则是由 C-C 链构成，分子中无极性基团。

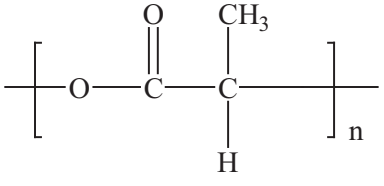

图 1　PLA 分子结构

Fig. 1 Molecular structure of PLA

2.2　CA、PP、PLA 丝束形貌表征

通过扫描电镜对不同类型滤嘴丝束的形貌进行了表征，图 2 是 CA、PP、PLA 丝束截面和 PLA 丝束表面的扫描电镜照片。从图 2 中可以看出，三种丝束的截面形状均为 Y 型，PP 丝束的表面较为光滑，CA 和 PLA 丝束表面结构相似，具有微孔和粗糙感。三种丝束分别通过滤棒成型机制备为滤棒并接装卷烟，烟支重量、吸阻、叶组配方保持一致。

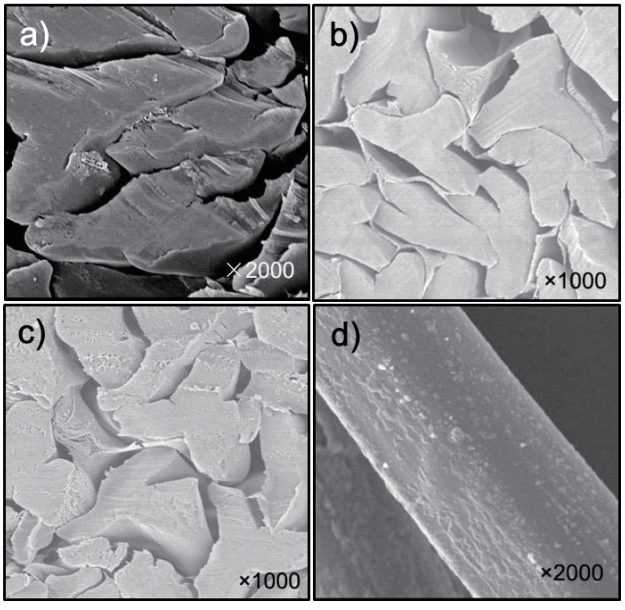

图 2 (a) CA 丝束截面 SEM 照片；(b) PP 丝束截面 SEM 照片；(c) PLA 丝束截面 SEM 照片；(d) PLA 丝束表面 SEM 照片

Fig. 2 (a) SEM photographs of CA tow section; (b) SEM photographs of PP tow section; (c) SEM photographs of PLA tow section; (d) SEM photographs of PLA tow surface

2.3 PLA 滤嘴对卷烟烟气常规成分影响

PLA、CA 和 PP 滤嘴卷烟烟气常规成分分析结果见表 1，由表 1 可以看出，与 CA 和 PP 滤嘴卷烟相比，采用 PLA 滤嘴后，卷烟的抽吸口数和烟碱释放量保持不变，总粒相物、一氧化碳和焦油释放量基本一致。与 PP 滤嘴卷烟相比，水分有所升高，较高的水分有利于提高PLA滤嘴卷烟的感官抽吸舒适性。

表 1 PLA、CA、PP 滤嘴卷烟主流烟气常规成分结果

Tab. 1 Routine components in cigarette mainstream smoke of PLA, CA and PP filter tips

样品编号	抽吸口数	一氧化碳 /(mg/ 支)	总粒相物 /(mg/ 支)	烟碱 /(mg/ 支)	水分 /(mg/ 支)	焦油 /(mg/ 支)
PLA	7.3	12.1	12.8	1.0	1.5	10.3
CA	7.3	12.5	13.1	1.0	1.4	10.7
PP	7.3	12.4	12.9	1.0	1.0	10.9

2.4 PLA 滤嘴对卷烟烟气主要有害成分释放量影响

PLA、CA 和 PP 滤嘴卷烟烟气中的一些主要有害成分分析结果见表 2，由表 2 可以看出：与 CA 滤嘴卷烟相比，采用 PLA 滤嘴后，亚硝胺类和稠环芳烃类有害成分的释放量基本一致，其中 NAT 和 NNK 释放量略有下降；挥发性羰基物中除了甲醛、丙烯醛和巴豆醛以外，其他成分释放量基本与 CA 滤嘴卷烟一致，PLA 滤嘴卷烟的甲醛释放量与 CA 滤嘴卷烟相比有较大幅度的上升，表明 PLA 滤嘴对沸点较低的挥发性羰基物过滤效果较差；氰化氢和氨的释放量两者基本相当；在主要酚类化合物中，二元酚（对苯二酚、间苯二酚和邻苯二酚）释放量基本一致，但 PLA 滤嘴卷烟烟气中单元酚的释放量略高于 CA 滤嘴卷烟；采用 PLA 滤嘴卷烟的危害性指数为 9.2，采用 CA 滤嘴卷烟的危害性指数为 9.0，与 CA 滤嘴卷烟相比，危害性指数略有升高。

与 PP 滤嘴卷烟相比，采用 PLA 滤嘴后，卷烟烟气主要有害成分的释放量均有一定下降或基本保持一致，其中亚硝胺类有害成分中的 NAB 和 NNK 释放量是 PP 滤嘴卷烟的 0.85 倍和 0.78 倍，苯酚、对（间）甲酚和邻甲酚释放量分别是 PP 滤嘴卷烟的 0.64、0.88 和 0.79 倍；PLA 滤嘴卷烟的危害性指数为 9.2，采用 PP 滤嘴卷烟的危害性指数为 10.2，与 PP 滤嘴卷烟相比，危害性指数有显著降低。

表 2 PLA、CA、PP 滤嘴卷烟主流烟气主要有害成分结果

Tab. 2 Main harmful components in the mainstream smoke of PLA, CA and PP filter tips

有害成分	PLA	CA	PP	PLA/CA	PLA/PP
NNN/(ng/ 支)	16.7	18.4	17.8	0.91	0.94
NAT/(ng/ 支)	34.2	38.3	36.3	0.89	0.94
NAB/(ng/ 支)	3.5	3.7	4.1	0.95	0.85
NNK/(ng/ 支)	4.5	5.2	5.8	0.87	0.78
BaA/(ng/ 支)	12.4	12.5	12.3	0.99	1.00
Chr/(ng/ 支)	18.6	18.9	19.1	0.98	0.97
BaP/(ng/ 支)	7.4	7.8	7.5	0.95	0.99
甲醛 /(μg/ 支)	53.8	41.3	54.3	1.30	0.99
乙醛 /(μg/ 支)	692.9	653.9	736.8	1.06	0.94
丙酮 /(μg/ 支)	307.4	291.1	307.4	1.06	1.00
丙烯醛 /(μg/ 支)	67.4	57.1	67.5	1.18	1.00
丙醛 /(μg/ 支)	48.0	46.2	50.6	1.04	0.95
巴豆醛 /(μg/ 支)	24.2	21.4	25.9	1.13	0.93
2- 丁酮 /(μg/ 支)	76.4	74.8	78.8	1.02	0.97
丁醛 /(μg/ 支)	33.3	32.5	34.5	1.03	0.97
氰化氢 /(μg/ 支)	145.2	140.1	145.7	1.04	1.00

续表 2

氨 /(μg/ 支)	9.3	9.2	9.3	1.01	0.99
对苯二酚 /(μg/ 支)	42.1	41.1	43.2	1.02	0.97
间苯二酚 /(μg/ 支)	1.9	1.9	2.0	1.02	0.99
邻苯二酚 /(μg/ 支)	51.8	50.2	51.9	1.03	1.00
苯酚 /(μg/ 支)	11.1	9.3	17.3	1.19	0.64
对（间）甲酚 /(μg/ 支)	10.5	8.4	11.9	1.25	0.88
邻甲酚 /(μg/ 支)	2.5	1.9	3.1	1.26	0.79
危害性指数	9.2	9.0	10.2	1.02	0.88

2.5　PLA 滤嘴对卷烟感官质量影响

PLA、CA 和 PP 滤嘴卷烟的感官质量变化情况见表 3。由表 3 可以看出，与 CA 滤嘴卷烟相比，采用 PLA 滤嘴的卷烟在香气质、丰富性、透发性、烟气浓度、杂气等方面都有一定幅度的提升，而 PP 滤嘴卷烟则在香气质、香气量、丰富性、成团性、杂气、刺激性、干燥感、干净程度、回味等方面都有下降，因此，从卷烟感官质量方面来讲，采用 PLA 滤嘴后对卷烟的感官质量有一定幅度的提升。

表 3　PLA、CA、PP 滤嘴卷烟感官特性评吸记录表

Tab. 3　Sensory quality of PLA, CA and PP filter tip cigarettes

样品编号	香气特性					烟气特性					口感特性				
	香气风格	香气质	香气量	丰富性	透发性	浓度	劲头	成团性	细腻程度	杂气	刺激性	干燥感	干净程度	甜度	回味
PLA	清甜香与烤香	↑↑	=	↑↑	↑	↑	=	=	=	↑↑	=	=	=	=	=
CA	清甜香与烤香	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
PP	清甜香与烤香	↓	↓	↓	=	=	=	↓	=	↓↓	↓↓	↓↓	↓	=	↓

注：“↑”表示稍有改善和提升；“↑↑”表示明显改善和提升；“↓”表示稍有变差；“↓↓”表示明显变差；“=”表示无变化。

3　结论

本文通过对比 PLA、CA 和 PP 滤嘴卷烟烟气常规化学成分、有害成分释放量和感官质量的差异，获得了以下结果：① PLA 滤嘴对焦油的过滤效果与 CA 滤嘴、PP 滤嘴基本一致，同时与 PP 滤嘴卷烟相比，PLA 滤嘴卷烟烟气的水分含量较高；②与 CA 滤嘴卷烟相比，PLA 滤嘴卷烟烟气中除甲醛和单元酚类有害成分释放量略有上升之外，其他有害成分释放量基本保持一致，危害性指数基本一致；与 PP 滤嘴卷烟相比，有害成分释放量均有一定下降或基本保持一致，危害性指数显著下降；③ PLA 滤嘴卷烟感官质量优于 CA 和 PP 滤嘴卷烟。总之，PLA 滤嘴可以对烟气有害成分进行有效过滤，且接装卷烟感官质量较好，在卷烟滤嘴方面有一定的应用前景。

参考文献

[1]　窦强，王斌 . 烟用改性聚丙烯过滤丝束的研制 [J]. 合成纤维，2002，31（5）：21-24.

[2]　BRODOF T A. The mechanisms of cellulose acetate degradation and their relationships to environmental weathering[C]//USA: Papers presented at the 50th Tobacco Chemists’ Research Conference. 1996.

[3]　安芳成 . 中石油合成树脂产品竞争战略分析研究——以聚丙烯产品为例 [J]. 塑料工业，2011，39（11）：14-19.

[4]　赵乐，邓永，谢复炜，等 . 醋纤和丙纤滤嘴对烟气挥发性、半挥发性成分释放量的影响 [J]. 烟草科技，2010（5）：42-45.

[5]　曹远虑 . 提高烟用聚丙烯纤维丝束吸附性能的研究 [D]. 无锡：江南大学，2007.

[6]　杨斌 . 绿色塑料聚乳酸 [M]. 北京：化学工业出版社，2007：11-12.

[7]　Yahia Lemmouchi. Filter material comprising polylactide

fibers. WO2012175979 A1[P]. 2012-12-27.
[8] 王秦峰，许克强，吕效东 . 一种卷烟过滤嘴棒用改性聚乳酸组合物及其制备方法：中国，CN 102516728 A[P]. 2012-06-27.
[9] 杨立新，赵淑珍，陈学思，等 . 聚乳酸熔体纺丝、粘结和吸附性能的初步研究 [J]. 高分子学报，2007（10）：959-966.
[10] 梁桐，彭建新，冯文宁，等 . 烟用丝束新材料——聚乳酸纤维的应用 [J]. 中国西部科技，2010，9（32）：18-19.
[11] GB/T 19609—2004 卷烟 用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油 [S].
[12] GB/T 23203.1—2008 卷烟 总粒相物中水分的测定 气相色谱法 [S].
[13] YC/T 253—2008 卷烟 主流烟气中氰化氢的测定 连续流动法 [S].
[14] GB/T 23228—2008 卷烟 主流烟气总粒相物中烟草特有N– 亚硝胺的测定 气相色谱 – 热能分析联用法 [S].
[15] GB/T 21130—2007 卷烟 烟气总粒相物中苯并 [a] 芘的测定 [S].
[16] YC/T 255—2008 卷烟 主流烟气中主要酚类化合物的测定 高效液相色谱法 [S].
[17] YC/T 254—2008 卷烟 主流烟气中主要羰基化合物的测定 高效液相色谱法 [S].
[18] YC/T 377—2010 卷烟 主流烟气中氨的测定 离子色谱法 [S].
[19] 张强，董高峰，李红武，等 . 滚筒烘丝机工艺参数对烤烟感官质量的影响 [J]. 烟草科技，2011（292）：10-13.

Effects of poly (lactic acid) filter on chemical components delivery and sensory quality of cigarettes

YANG Song[1], WANG Tao[2], ZHAO Xianzhong[3], NIE Cong[1], WANG Xiaohui[2], SUN Peijian[1], BAO Xudong[3], HE Yingming[3], ZHAO Bing[4] and LIU Huimin[1]

1.Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Zhengzhou 450001, China；

2 China Tobacco Yunnan Industrial Co., Ltd., Kunming 653100, China；

3 Jiangsu Wuxi New Synthetic Fiber Co., Ltd., Wuxi 214011, China；

4 Technology Center of China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 45000, China

Abstract: Cigarettes with PLA filter, CA filter and PP filter tips were investigated on their routine chemical components, harmful components and sensory quality. Results showed that: ① Puff number and nicotine delivery kept unchanged, and the total particulate matter, CO and tar delivery kept basically consistent in cigarettes with PLA filter as against those with CA filter and PP filter; ② Delivery of harmful components kept unchanged despite some slight increased delivery of formaldehyde and monophenol in PLA filter cigarettes compared with CA filter cigarettes. The hazard index kept almost unchanged; Compared with that in PP filter cigarettes, delivery of the harmful components in PLA filter cigarettes decreased or kept basically unchanged. The hazard index dropped significantly; ③ Sensory quality of PLA filter cigarettes was better than that of CA and PP filter cigarettes. This research might provide some reference for the application of PLA filter in cigarettes.

Keywords：poly(lactic acid) filter; cellulose acetate filter; polypropylene filter; cigarette smoke; chemical components; sensory quality

Citation: YANG Song, WANG Tao, ZHAO Xianzhong, et al. Effects of poly (lactic acid) filter on chemical components deliveryand sensory quality of cigarettes [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2015,21(6)

中国科协 教育部 科技部 卫生计生委 中科院 工程院 自然科学基金会七部门印发《发表学术论文“五不准”》

1. 不准由“第三方”代写论文。科技工作者应自己完成论文撰写，坚决抵制“第三方”提供论文代写服务。

2. 不准由“第三方”代投论文。科技工作者应学习、掌握学术期刊投稿程序，亲自完成提交论文、回应评审意见的全过程，坚决抵制“第三方”提供论文代投服务。

3. 不准由“第三方”对论文内容进行修改。论文作者委托“第三方”进行论文语言润色，应基于作者完成的论文原稿，且仅限于对语言表达方式的完善，坚决抵制以语言润色的名义修改论文的实质内容。

4. 不准提供虚假同行评审人信息。科技工作者在学术期刊发表论文如需推荐同行评审人，应确保所提供的评审人姓名、联系方式等信息真实可靠，坚决抵制同行评审环节的任何弄虚作假行为。

5. 不准违反论文署名规范。所有论文署名作者应事先审阅并同意署名发表论文，并对论文内容负有知情同意的责 任；论文起草人必须事先征求署名作者对论文全文的意见并征得其署名同意。论文署名的每一位作者都必须对论文有实质性学术贡献，坚决抵制无实质性学术贡献者 在论文上署名。

本“五不准”中所述“第三方”指除作者和期刊以外的任何机构和个人；“论文代写”指论文署名作者未亲自完成论文撰写而由他人代理的行为；“论文代投”指论文署名作者未亲自完成提交论文、回应评审意见等全过程而由他人代理的行为。