

同行专家业内评价意见书编号： 20250856123

## 附件1

# 浙江工程师学院（浙江大学工程师学院） 同行专家业内评价意见书

姓名： 钟傲生

学号： 22260505

申报工程师职称专业类别（领域）： 材料与化工

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月26日

## 填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

## 一、个人申报

(一) 基本情况【围绕《浙江工程师学院(浙江大学工程师学院)工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

### 1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

知识掌握：在注塑模具水路防锈研究项目中，我深入学习了金属腐蚀与防护的相关理论知识。主要包括：金属腐蚀的基本原理：了解了电化学腐蚀、化学腐蚀的机理，认识到腐蚀现象是由金属与环境介质相互作用引起的，这种作用可以是电化学的（如腐蚀电池形成）或者是化学的（如高温氧化）。防腐蚀技术：学习了多种防腐蚀技术的应用和原理，包括改变金属内部结构、电化学保护（如牺牲阳极保护、外加电流保护）、金属覆盖层（如镀锌、镀镍）、耐蚀非金属覆盖层（如涂层、塑料覆盖）以及缓蚀剂的使用。缓蚀剂的分类和作用机理：深入了解了铬酸盐类缓蚀剂、亚硝酸盐类缓蚀剂等传统缓蚀剂的工作原理及其在不同环境下的应用情况。特别是学习了新型绿色环保缓蚀剂的研究方向及其发展趋势。同时掌握了材料表面改性的方法。这些知识不仅帮助我在项目中进行有效的实验设计和数据分析，还增强了我对金属腐蚀与防护领域的整体理解和把握。

能力提升：通过参与本项目，我的多方面能力得到了显著提升：实验设计与执行能力：在筛选环保无机盐作为缓蚀剂的过程中，我独立设计并实施了一系列实验。这些实验包括缓蚀剂的配制、腐蚀环境的模拟、缓蚀效果的评价等。通过多次试验与改进，我掌握了如何科学、系统地开展实验研究。数据分析与处理能力：在实验过程中，我收集了大量的实验数据。通过使用统计学方法，我学会了如何对数据进行有效分析和处理，找出数据背后的规律和趋势，并以图表的形式进行直观展示。问题解决能力：在研究缓蚀剂的长期缓蚀效果时，遇到了许多技术难题。例如，如何提高缓蚀剂的稳定性和耐久性，如何减少缓蚀剂对环境的负面影响等。在导师和团队成员的帮助下，我通过查阅大量文献、开展多次实验，不断尝试新的方案，最终找到了解决问题的方法。团队协作能力：项目的顺利进行离不开团队的合作。通过与总工程师、助理工程师及其他团队成员的密切配合，我学会了如何在团队中高效沟通、分工合作，共同完成项目任务。

素质养成：在项目实施过程中，我的个人素质也得到了全面的提升：

科学严谨的态度：在整个研究过程中，我始终保持着严谨认真的工作态度，注重每一个实验细节，确保数据的准确性和可靠性。坚持不懈的精神：科研工作往往需要长时间的反复试验和调整，面对多次失败和挫折

，我学会了坚持不懈，始终保持对研究工作的热情和信心。环保意识：本项目的研究目标是开发绿色环保缓蚀剂，通过这个项目，我深刻认识到环保的重要性，增强了自己的环保意识和社会责任感。

### 2. 工程实践的经历(不少于200字)

研究内容：针对金属材料的腐蚀现象，常见的防腐蚀技术有：改变金属的内部结构、电化学保护、金属覆盖层、耐蚀非金属覆盖层、缓蚀剂。缓蚀剂防腐因其具有设备简单、操作方便、成本低、效果好、见效快等特点，已成为一种经济有效的防腐蚀手段，特别适合注塑模具的防腐。现阶段，广泛应用于工业生产中的缓蚀剂有：铬酸盐类缓蚀剂、亚硝酸盐类缓蚀剂等。这些较为成熟的缓蚀剂在各自适用的条件下均有理想的缓蚀性能，但最大的不足是不环保，特别是铬酸盐缓蚀剂对人体有很大危害，严重者可致癌死亡。因此，同时满足高效和环保两个基本要求是未来缓蚀剂的研究趋势，而新型绿色缓蚀剂的开发与研究也就显得格外有意义。同时也尝试制备了适合涂覆在金

属表面的防污亲水涂层。

方案及技术路线：筛选环保的无机盐作为缓蚀剂，对于筛选出的无机盐缓蚀剂做长期的缓蚀性能研究，针对优选的缓蚀剂进行复配混合研究以降低缓蚀剂的成本。利用亲水性聚氨酯开发一种新型亲水防污涂层。

团队分工：总工程师负责项目的总体筹划工作，助理工程师负责项目的具体方案和实验设计及开展

本人承担任务及完成情况：承担无机缓蚀剂的筛选以及缓蚀性能的研究。完成情况：

本项目首先探索了一系列环保的无机盐作为缓蚀剂，包括钼酸钠、钨酸钠、硫酸氧钛

。随后对筛选出的具有较好缓蚀性能的钨酸钠进行了进一步研究。为了进一步降低钨

酸钠的用量以降低成本，还基于钨酸钠研究了一系列复合缓蚀剂的缓释性能。包括分别和葡

萄糖酸钠、硫酸锌、聚丙烯酸钠进行复合。问题与改进：由于时间关系未能深

入进行机理的探究。此外还负责开发一种防污的亲水涂层，制备了聚氨酯丙烯酸酯单体，通

过紫外光聚合的方式共混亲水聚合物在硅烷偶联剂处理过的金属表面涂覆一层亲水涂层，用

于金属材料在水路环境中长期正常使用。

### 3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例（不少于1000字）

在注塑模具水路防锈研究项目中，通过技术创新、成果转化和解决企业实际

问题，不仅为企业带来了显著的经济效益，还产生了积极的社会效益。以下是具体的收获和体会：

1. 技术创新：在项目初期，我们面对的主要问题是开发出一种高效、环保的缓

蚀剂。传统的铬酸盐类和亚硝酸盐类缓蚀剂虽然有较好的缓蚀性能，但其环境污染问

题和对人体的危害，使得它们的使用逐渐受到限制。针对这一挑战，我们开展了以下技术创

新：筛选环保无机盐：通过实验，我们筛选出钼酸钠、钨酸钠和硫酸氧钛等具有较好缓蚀

性能的无机盐。进一步研究表明，钨酸钠在特定条件下具有优异的缓蚀效果，并且环

保无毒。复配缓蚀剂：为了进一步降低钨酸钠的使用成本，我们进行了多种复合缓蚀剂的研

究，尝试将钨酸钠与葡萄糖酸钠、硫酸锌、聚丙烯酸钠等进行复配。这种复配缓蚀剂不仅降

低了成本，还增强了缓蚀效果。通过这些技术创新，我们开发出了一种

高效、环保且成本较低的缓蚀剂，有效解决了企业在注塑模具水路防锈方面的技术难题。并

且后期成功制备一种亲水涂层以应对金属材料在水中环境中的正常长期使用。

2. 成果转化：在项目实施过程中，我们注重将研究成果迅速转化为企业可用的实际产品。通

过不断的实验验证和调整配方，我们最终确定了几种具有良好缓蚀效果的复合缓

蚀剂配方，并将其应用于企业的生产实践中。具体成果包括：新型缓蚀剂产品：我们成功研

制并生产出新型缓蚀剂产品，并通过企业的实际应用，证明其在注塑模具水路防锈方面具有

优异的性能。应用推广：企业将这一新型缓蚀剂应用于多个生产环节，不仅提升了产品质量

，还延长了设备的使用寿命。我们还将这一技术推广至其他相关

企业，扩大了技术成果的应用范围。

3. 经济效益：通过本项目的实施，企业取得了显著的经济效益，具体体现在以下几个方面：

降低生产成本：新型缓蚀剂的研发成功，使得企业在防锈方面的成本大幅降低。复合缓蚀剂

的使用不仅减少了钨酸钠的用量，还提高了缓蚀效果，降低了因腐蚀导致的设备维护和更换

成本。提高生产效率：由于新型缓蚀剂的高效性，企业的生产效率

得到了提升。增加市场竞争力：新型缓蚀剂的应用提高了企业产品的质量和可靠性，增强了

企业在市场中的竞争力，吸引了更多的客户，扩大了市场份额。

4. 社会效益：除了经济效益，本项目还带来了显著的社会效益，具体包括：环保效益：

新型缓蚀剂的研发和应用，有效减少了传统缓蚀剂对环境的污染，符合国家和环保的

要求。通过使用无毒环保的缓蚀剂，企业减少了有害物质的排放，对环境保护

做出了积极贡献。行业示范效应：本项目的成功案例为行业内其他企业提供了宝贵的经验和借鉴，推动了行业整体技术水平的提高。通过技术交流和推广，我们希望更多的企业能够采用环保高效的缓蚀技术，共同推动行业的可持续发展。

(二)取得的业绩(代表作)【限填3项,须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实,并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

| 成果名称                                                                                          | 成果类别<br>[含论文、授权专利（含发明专利申请）、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等] | 发表时间/<br>授权或申<br>请时间等 | 刊物名称<br>/专利授权<br>或申请号等 | 本人<br>排名/<br>总人<br>数 | 备注      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------|
| Preparation of hydrophilic and antifouling coatings via tannic acid and zwitterionic polymers | 核心期刊                                                | 2025年03月07日           | RSC Advances           | 1/5                  | SCI期刊收录 |
|                                                                                               |                                                     |                       |                        |                      |         |
|                                                                                               |                                                     |                       |                        |                      |         |

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

|                                        |                                  |
|----------------------------------------|----------------------------------|
| (三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况             |                                  |
| 课程成绩情况                                 | 按课程学分核算的平均成绩： 84 分               |
| 专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)        | 累计时间： 1 年（要求1年及以上）<br>考核成绩： 83 分 |
| <b>本人承诺</b>                            |                                  |
| 个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！ |                                  |
| 申报人签名： <u>钟傲生</u>                      |                                  |

工作单位考核评价:

|              |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 日常表现<br>考核评价 | <p>非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价：</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> 优秀      <input type="checkbox"/> 良好      <input type="checkbox"/> 合格      <input type="checkbox"/> 不合格         </p> <p>德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）： 2025 年 5 月 26 日</p> |
| 申报材料<br>审核公示 | <p>根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下：</p> <p> <input type="checkbox"/> 通过      <input type="checkbox"/> 不通过（具体原因：         </p> <p>工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）： 年 月 日</p>                      |



浙江大学研究生院  
攻读硕士学位研究生成绩表

|                 |  |                    |  |            |     |          |       |                 |  |          |  |       |     |         |       |
|-----------------|--|--------------------|--|------------|-----|----------|-------|-----------------|--|----------|--|-------|-----|---------|-------|
| 学号：22260505     |  | 姓名：钟傲生             |  | 性别：男       |     | 学院：工程师学院 |       |                 |  | 专业：材料与化工 |  |       |     | 学制：2.5年 |       |
| 毕业时最低应获：24.0学分  |  |                    |  | 已获得：27.0学分 |     |          |       | 入学年月：2022-09    |  |          |  | 毕业年月： |     |         |       |
| 学位证书号：          |  |                    |  |            |     | 毕业证书号：   |       |                 |  |          |  | 授予学位： |     |         |       |
| 学习时间            |  | 课程名称               |  | 备注         | 学分  | 成绩       | 课程性质  | 学习时间            |  | 课程名称     |  | 备注    | 学分  | 成绩      | 课程性质  |
| 2022-2023学年秋季学期 |  | 新时代中国特色社会主义思想理论与实践 |  |            | 2.0 | 89       | 公共学位课 | 2022-2023学年冬季学期 |  | 产业技术发展前沿 |  |       | 1.5 | 85      | 专业学位课 |
| 2022-2023学年秋季学期 |  | 工程技术创新前沿           |  |            | 1.5 | 90       | 专业学位课 | 2022-2023学年冬季学期 |  | 研究生英语    |  |       | 2.0 | 86      | 公共学位课 |
| 2022-2023学年秋季学期 |  | 研究生英语基础技能          |  |            | 1.0 | 74       | 公共学位课 | 2022-2023学年冬季学期 |  | 化工流变学    |  |       | 2.0 | 83      | 专业选修课 |
| 2022-2023学年冬季学期 |  | 高分子材料化学            |  |            | 2.0 | 83       | 专业选修课 | 2022-2023学年春季学期 |  | 自然辩证法概论  |  |       | 1.0 | 84      | 公共学位课 |
| 2022-2023学年冬季学期 |  | 化工安全与环境选论          |  |            | 2.0 | 85       | 专业选修课 | 2022-2023学年夏季学期 |  | 药品创制工程实例 |  |       | 2.0 | 84      | 专业学位课 |
| 2022-2023学年秋冬学期 |  | 工程伦理               |  |            | 2.0 | 76       | 公共学位课 | 2022-2023学年春夏学期 |  | 高阶工程认知实践 |  |       | 3.0 | 82      | 专业学位课 |
| 2022-2023学年秋冬学期 |  | 研究生论文写作指导          |  |            | 1.0 | 82       | 专业学位课 |                 |  | 硕士生读书报告  |  |       | 2.0 | 通过      |       |
| 2022-2023学年冬季学期 |  | 工程中的有限元方法          |  |            | 2.0 | 96       | 专业选修课 |                 |  |          |  |       |     |         |       |
|                 |  |                    |  |            |     |          |       |                 |  |          |  |       |     |         |       |

说明：1. 研究生课程按三种方法计分，五分制，课程性质为“公共学位课”的课程，成绩按百分制折算。

说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

2. 备注中“\*”表示重修课程。

学院成绩校核章  
成绩校核人：张梦依  
打印日期：2025-06-03


Cite this: *RSC Adv.*, 2025, 15, 7248

# Preparation of hydrophilic and antifouling coatings via tannic acid and zwitterionic polymers†

Aosheng Zhong,<sup>a</sup> Ruixiang Tao,<sup>b</sup> Ran Zong,<sup>a</sup> Shuangyi Liu<sup>a</sup> and Baoqing Shentu<sup>\*a</sup>

The attachment and colonization of proteins and bacteria on the surface of implantable medical materials can lead to biofilm formation, which in turn promotes inflammation and increases the treatment burden. This study developed a hydrophilic coating with excellent adhesion and antifouling lubrication properties, by exploiting the adhesive capability of tannic acid (TA) and the antifouling zwitterionic polymer. TA-Fe<sup>3+</sup> complex via coordination interactions formed a thin layer on the surface of polyethylene terephthalate (PET) and then poly(ethylenimine)-g-sulfobetaine methacrylate (PEI-g-SBMA) underwent a Schiff-base reaction with the TA layer, allowing the zwitterionic copolymer to be anchored onto the PET surface. Elemental and morphological surface analyses successfully confirmed the deposition of TA-Fe<sup>3+</sup> complex and PEI-g-SBMA onto the surfaces. Water contact angle and friction coefficient tests indicated an improvement in the hydrophilic and lubricating properties of the surface after modification. Importantly, the modified surfaces exhibited a significant reduction in the adsorption of bovine serum albumin (BSA), demonstrating the excellent antifouling ability. Hemolysis tests were also conducted to assess the hemocompatibility of the coatings. The results indicated that lubricative and antifouling coatings can be easily prepared on medical material surfaces using the approach, which showed significant potential for applications in biomedical fields.

Received 27th January 2025  
Accepted 27th February 2025

DOI: 10.1039/d5ra00643k

rsc.li/rsc-advances

## 1. Introduction

In the field of interventional medicine, devices such as heart valves, artificial blood vessels, and catheters are widely used.<sup>1</sup> These devices are commonly fabricated from polymeric materials, such as polyethylene terephthalate (PET), polyurethane (PU), and polyvinyl chloride (PVC), which are characterized by high mechanical strength, elasticity, and biocompatibility. Consequently, they are widely employed in implantation and interventional medical applications.<sup>2,3</sup> The increasing use of medical devices has resulted in a growing prevalence of device-associated infections, presenting significant challenges for both healthcare professionals and patients.<sup>4</sup> The hydrophobic properties of catheter materials promote microbial adhesion and colonization, which contribute to biofilm formation—a key factor in the onset of infections. Consequently, this reduces the effective lifespan of the catheters and complicates the diagnosis and treatment of various medical conditions.<sup>5</sup> Moreover, since catheters are in constant and direct contact with soft tissues, their surfaces must exhibit superior lubricating properties. This is crucial not only for reducing patient discomfort during

insertion and prolonged use, but also for protecting mucosal and other soft tissues from injury, thereby preventing infections and related complications.<sup>6,7</sup> Therefore, surface modification is essential to enhance the catheter's hydrophilicity, ensuring both resistance to biofouling and improved lubrication.<sup>8,9</sup>

Zwitterionic polymers, characterized by the presence of both positive and negative charges in equal amounts, demonstrate excellent hydrophilicity and biocompatibility.<sup>10</sup> Unlike conventional hydrophilic polymers such as polyethylene glycol, zwitterionic materials induce ionic solvation through electrostatic interactions, which facilitate the formation of a hydration layer on the material surface. This hydration layer, which is more robust and compact than hydrogen-bond interaction, effectively prevents protein adhesion and exhibits superior antifouling properties.<sup>11,12</sup> Zwitterionic polymers are emerging as promising candidates for next-generation antifouling materials<sup>13</sup> and have been extensively applied in areas such as cardiovascular devices, blood purification systems, extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) and orthopedic lubricants.<sup>14–17</sup> He *et al.*<sup>18</sup> constructed a poly(sulfobetaine methacrylate) (PSBMA) modified coating on the poly-4-methyl-1-pentene (PMP) surface, which is used in the core component of ECMO membrane oxygenators. Following modification, protein adsorption on the PMP membrane was reduced by 70.58%, and its blood compatibility was significantly enhanced. *In vitro* blood circulation tests further demonstrated that the modified coating exhibited excellent oxygenation performance and biological

<sup>a</sup>State Key Laboratory of Chemical Engineering, College of Chemical and Biological Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, 310058, China. E-mail: shentu@zju.edu.cn

<sup>b</sup>Zhejiang CHINT Cable Co., Ltd., Jiaxing 314006, China

† Electronic supplementary information (ESI) available. See DOI: <https://doi.org/10.1039/d5ra00643k>

