

项目编号：19KJB560025

江苏省高等学校自然科学研究  
面上项目合同  
(2019年度)

项目名称：沿海地区磷酸盐陶瓷防腐涂料制备  
及防腐性能评价

项目负责人：单春明

项目联系人：单春明

联系电话：15365779880

联系地址：盐城市高职园区学海路28号

邮政编码：224005

起止年限：2019年9月~2021年8月

所在学校：盐城幼儿师范高等专科学校

填表日期：2019年9月

江苏省教育厅

二〇一九年

## 编写说明

项目合同为江苏省高等学校自然科学研究面上项目立项的重要文件，必须依据通过评审的项目申报书如实填写，不得随意变更内容。

1. 项目组织部门为江苏省教育厅（科学技术与产业处承办）。

2. 项目合同的甲方为江苏省教育厅（科学技术与产业处承办），合同的乙方为项目承担单位。

3. 合同中各项内容，应逐条认真填写。表达要明确、严谨，字迹要清楚。表内填写不下时，请自行加页。

4. 经费支出预算，应根据实际支出科目填写。

5. 合同一式三份，用 A4 纸双面打印，经学校科研管理部门和承担单位签署意见并加盖公章后，报送省教育厅科技与产业处。经审核批准后，作为项目执行、检查和验收的依据。

6. 项目执行期间所发表的论文、专著、研究报告、资料、鉴定证书及成果报道等，均须标注“江苏省高等学校自然科学研究项目资助”字样和项目编号。

## 一、项目基本信息

项目 负责人 情况	姓名	单春明		性别	女	出生年月	1977年8月
	电话及 手机	15365779880	电子 信箱	45471847@qq.com			
其他 主要 参加 人员 情况	姓名	所在单位	职称	研究方向	课题中承担的任务	签名	
	孙永龙	盐城幼儿师范 高等专科学校	副教授	地理	方案设计与分析	孙永龙	
	钱达友	盐城幼儿师范 高等专科学校	副教授 工程师	建筑材料	现场测试与分析	钱达友	
	杨建明	盐城工学院	教授	建筑材料	材料研发	杨建明	
	肖学湘	江苏承天新型建材 有限公司	高级 工程师	建筑技术	现场测试	肖学湘	
	陈延东	盐城幼儿师范 高等专科学校	工程师	建筑材料	试验研究与分析	陈延东	
	曾春雨	盐城幼儿师范 高等专科学校	助理讲师	建筑技术	试验研究与分析	曾春雨	
	李丽	盐城幼儿师范 高等专科学校	助理讲师	建筑技术	现场测试	李丽	
	汤云杰	盐城工学院	硕士生	建筑材料	试验研究与 结果分析	汤云杰	
	纪荣健	盐城工学院	硕士生	建筑材料	试验研究与 结果分析	纪荣健	
学校科研 管理部门		科研处	联系人	周梅香	电话及 手机	15365779986	
成果提交方式 (量化指标)		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在中文核心期刊上发表论文3篇以上;</li> <li>2. 申请实用新型专利1项以上;</li> <li>3. 结合本课题的研究, 培养青年教师2人以上。</li> </ol>					
总经费预算		6万元	其中: 省教育厅拨款		3万元		
其中: 其他经费		学校投入-		3万元			
		自筹及其他		/			
		合计		6万元			

## 二、主要研究内容（解决的主要技术难点和问题）

1. **钢材表面处理工艺和涂料涂覆工艺设计。**通过测试磷酸盐涂料与钢基材的粘结强度、比较涂覆磷酸盐涂层的钢基材试件的线性极化法和电化学阻抗谱的短期测试结果，研究钢材表面处理方式和磷酸盐涂层涂覆方法对涂层和基材界面行为的影响，设计合理的钢基材表面处理工艺和涂料涂覆工艺。

2. **磷酸盐防腐涂料组成结构设计。**通过粘结强度、线性极化法和电化学阻抗谱的短期测试结果，研究碱酸比例、矿物填料、化学添加剂和短切纤维对涂层和基体的界面行为、涂层本身的防腐性能的影响。确定磷酸盐涂层的最优组成结构。

3. **磷酸盐涂层防腐性能评价。**采用中性盐雾试验模拟自然环境加速钢材试件的腐蚀。选择裸钢试件、涂覆磷酸盐涂层和油漆的钢材试件进行盐雾试验，记录和计算经不同腐蚀时间的试件的表面腐蚀率，称取和计算经不同腐蚀时间的试件的质量损失率，测试和计算经不同腐蚀时间的试件的电化学阻抗谱和线性极化法结果。综合盐雾腐蚀和长期电化学法的测试和计算结果，评价磷酸盐涂层的防腐能力。

4. **磷酸盐涂层的防腐稳定性研究。**通过测试经不同环境作用（干湿循环、冻融循环、盐雾腐蚀等）的磷酸盐涂料与钢基材的粘结强度、测试和计算磷酸盐涂层试线性极化法和电化学阻抗谱的短期结果，研究不同腐蚀环境对磷酸盐涂层防腐稳定性的影响。

5. **界面作用机理和防腐机理分析。**通过XRD、SEM-EDS分析钢材表面磷化层、磷酸盐陶瓷涂层及其界面过渡区的微结构和物相组成，通过动电位极化法测试浸泡于由磷酸盐涂层粉末制备的浸提液中的钢基材的动电位极化曲线。综合微观分析和电化学法测试结果，阐明磷酸盐涂层对钢基材的界面作用机理和防腐蚀机理。

### 三、主要技术指标

#### 1. 钢材表面处理工艺和涂料涂覆工艺设计

按如下方法对钢材表面处理和涂料涂覆工艺进行比选：

(1)根据 GB / T-9271 规定的基材、腐蚀试样尺寸，切割各种尺寸的 45 号钢板样品，碱性溶液除油，酸性溶液除锈，去离子水清洗，喷砂处理，浸入乙醇超声清洗，再去离子水清洗，烘干备用。在常温(25℃左右)下将 45 号钢样品浸入自制的磷化液（调节不同的 pH 值）中一定时间，取出清洗，烘干备用。采用体式显微镜观察参考样和经处理的钢基材表面形貌。

(2)制备磷酸盐涂层浆体，取合适的磷酸镁胶粘剂配合比，称取重烧氧化镁、磷酸二氢铵、缓凝剂、矿物填料、改性添加剂和水的质量，先将磷酸盐、缓凝剂和 80%的水加入浆体搅拌机的搅拌锅中，慢搅 1min，再加入重烧氧化镁、矿物填料和改性添加剂慢搅 2min，加入剩余的水后快搅 2min，得到磷酸盐涂层浆体。

(3)将磷酸盐涂层浆体分 1 次和多次涂刷在经不同表面处理的钢基材表面，制备粘结性能测试试件和电化学测试老化试件，测试其 1d、4d 时涂层与基体的粘结强度、线性极化电阻及电化学阻抗谱，选择最合理的涂刷方式。

#### 2. 磷酸盐防腐涂料组成结构设计

根据 GB / T-9271 规定的基材、腐蚀试样尺寸，采用定制的试模制备涂层试样用于粘结强度测试和耐腐蚀性能测试，另制备小样分析磷酸盐涂层的微结构和形貌。

(1)配制不同碱酸比例（氧化镁和磷酸二氢铵的质量比 3:1、2.5:1、2:1、1.5:1）的磷酸盐涂料，测试已固化 1 d、4 d 的涂层试件的粘结强度、线性极化法结果和电化学阻抗谱结果，研究碱酸比例对涂层与基材的粘结性能和涂层试件的耐老化性能的影响，确定最佳的碱酸比例。

(2)配制含不同矿物填料（偏高岭土、伊利石粉、富锌烟道粉和氧化铝粉）的磷酸盐涂料，测试已固化 1 d、4d 的涂层试件的粘结强度、线性

极化法结果和电化学阻抗谱结果，研究矿物填料对涂层与基材的粘结性能和涂层试件的耐老化性能的影响，确定最佳的矿物填料品种和掺量。

(3)配制含不同改性添加剂（硅酸钠、PVA 乳液、乳化沥青等）的磷酸盐涂料，测试已固化 1 d、4d 的涂层试件的粘结强度、线性极化法结果和电化学阻抗谱结果，研究添加剂对涂层与基材的粘结性能和涂层试件的耐老化性能的影响，确定最佳的改性添加剂品种和掺量。

(4)配制含不同有机短切纤维（PP 纤维、芳纶纤维等）的磷酸盐涂料，测试已固化 1 d、4d 的涂层试件的粘结强度、线性极化法结果和电化学阻抗谱结果，研究短切纤维对涂层与基材的粘结性能和涂层试件的耐老化性能的影响，确定最佳的纤维品种、规格和掺量。

### **3. 磷酸盐涂层防腐性能评价**

采用中性盐雾试验加速钢材试件的腐蚀，测试和计算试件的电化学阻抗谱和线性极化法结果。综合盐雾腐蚀和长期电化学法的测试和计算结果，评价磷酸盐涂层的防腐能力。

(1)选择裸钢试件、涂覆磷酸盐涂层和油漆的钢材试件进行盐雾试验，记录和计算经不同腐蚀时间的试件的表面腐蚀率，称取和计算经不同腐蚀时间的试件的质量损失率，测试和计算经不同腐蚀时间的试件的电化学阻抗谱和线性极化法结果。综合盐雾腐蚀和长期电化学法的测试和计算结果，评价不同防腐方式对钢基材防腐能力的影响。

(2)选择涂覆不同厚度磷酸盐涂层的钢材试件进行盐雾试验，记录和计算试件的表面腐蚀率、质量损失率，测试和计算试件的电化学阻抗谱和线性极化法结果。综合盐雾腐蚀和长期电化学法的测试和计算结果，评价磷酸盐涂层厚度对钢基材防腐能力的影响。建立涂层厚度和防腐能力的相关关系。

### **4. 磷酸盐涂层的防腐稳定性研究**

通过测试经不同环境作用的涂层粘结试件的粘结强度、测试和计算磷酸盐涂层试件电化学腐蚀的短期结果，研究不同腐蚀环境对磷酸盐涂层防腐稳定性的影响。

(1)通过测试不同干湿循环次数的磷酸盐涂料与钢基材的粘结强度、测试和计算磷酸盐涂层试件线性极化法和电化学阻抗谱的短期结果,研究干湿循环对磷酸盐涂层防腐稳定性的影响。

(2)通过测试不同冻融循环次数的磷酸盐涂料与钢基材的粘结强度、测试和计算磷酸盐涂层试件线性极化法和电化学阻抗谱的短期结果,研究冻融循环对磷酸盐涂层防腐稳定性的影响。

(3)通过测试不同时间盐雾腐蚀的磷酸盐涂料与钢基材的粘结强度、测试和计算磷酸盐涂层试件线性极化法和电化学阻抗谱的短期结果,研究盐雾腐蚀对磷酸盐涂层防腐稳定性的影响。

(4)建立干湿循环、冻融循环和盐雾腐蚀条件下磷酸盐涂层试件抗腐蚀性能劣化规律模型,建立三种腐蚀条件对磷酸盐涂层试件抗腐蚀能力影响的相关关系模型。

## 5. 界面作用机理和防腐机理

通过 XRD、SEM-EDS、TG-DTG 分析钢材表面磷化层、磷酸盐陶瓷涂层及其界面过渡区的微结构和物相组成。微观分析所用 MPC 试样均从粘结强度试验后的破碎试件中取得,用清水洗净试件表面的附着沉淀物,并将其浸泡于无水乙醇中中止水化,分析前将试样在 60℃真空烘箱中烘干。粉磨 MPC 硬化体试样并过 200 目筛,采用日本理学 D/max-RB 型 X 射线衍射 (XRD) 仪测定 MPC 试样的物相成分;取 MPC 硬化体试样和磷酸盐涂层和钢基材的界面试件,采用美国 FEI 公司生产的 QUANTA200 环境扫描电子显微镜观察 MPC 水化产物形貌及 MPC 与钢基材的界面形貌,并由表即里进行线扫测定各元素变化。DSC-TG 分析结果均由 NETZSCH STA 409 PC/PG 型热分析仪完成,实验中以氮气作保护气,以 10℃/min 的升温速率从 20℃加热到 700℃,以  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 作为参照物。通过动电位极化法测试浸泡于由磷酸盐涂层粉末制备的浸提液中的钢基材的动电位极化曲线。综合微观分析和电化学法测试结果,阐明磷酸盐涂层对钢基材的界面作用机理和防腐蚀机理。

#### 四、年度计划内容及考核目标

年度计划内容及考核目标	
2019.9- 2019.12	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 广泛调研、收集、整理资料，确定涂层试验方案；</li> <li>2. 制定磷酸盐涂料与钢基材的粘结强度测试方案，进行涂覆磷酸盐涂层的钢基材试件的电化学试验；</li> <li>3. 研究钢材表面处理方式和磷酸盐涂层涂覆方法对涂层和基材界面行为的影响，设计合理的钢基材表面处理工艺和涂料涂覆工艺。</li> <li>4. 完成1篇论文。</li> </ol>
2020.1- 2020.12	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 进行碱酸比例、矿物填料、化学添加剂和短切纤维对涂层与基体的粘结性能、短期电化学测试，优化磷酸盐涂层的组成结构；</li> <li>2. 选择裸钢试件、涂覆磷酸盐涂层和油漆的钢材试件进行盐雾试验，研究磷酸盐涂层的防腐能力；</li> <li>3. 测试不同环境作用（干湿循环、冻融循环、盐雾腐蚀等）的磷酸盐涂料与钢基材的粘结强度，分析磷酸盐涂层试件线性极化法和电化学阻抗谱的试验结果，研究不同腐蚀环境对磷酸盐涂层防腐稳定性的影响。</li> <li>4. 完成1-2篇论文，申请1项实用新型发明专利。</li> </ol>
2021.1- 2021.8	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 通过XRD、SEM-EDS分析钢材表面磷化层、磷酸盐陶瓷涂层及其界面过渡区的微结构和物相组成分析；</li> <li>2. 通过动电位极化法，测试浸泡于磷酸盐涂层粉末制备的浸提液中的钢基材试件动电位极化曲线；</li> <li>3. 用微观测试和分析手段，结合电化学法测试结果，阐明磷酸盐涂层对钢基材的界面作用机理和防腐蚀机理。</li> <li>4. 完成 1-2 篇论文，进行项目结题。</li> </ol>



## 五、经费预算


经费 预算 (单位: 万元)	收入 预算	来源		预算数
		省教育厅拨款		3.0
		学校投入		3.0
		自筹及其他		0.0
		合计		6.0
	支出 预算	支出科目	预算数	其中:省拨款
		一、直接经费	5.0	3.0
		1. 设备费	0.2	0.2
		2. 材料费/测试化验加工费/燃料 动力费	2.3	1.2
		3. 差旅费/会议费/知识产权费/ 技术服务费	0.8	0.6
		4. 劳务费/专家咨询费/出版费	1.2	0.7
		5. 其他直接费用	0.5	0.3
		二、间接费用	1.0	0.0
		1. 管理费	0.2	0.0
2. 绩效		0.8	0.0	
三、协作费用	0.0	0.0		
合计	6.0	3.0		

## 六、学校科研管理部门审核意见

已按照《江苏省高等学校自然科学研究项目管理办法》及其项目申报要求对项目合同内容进行了审核。我校将落实相关条件，认真履行项目承担单位的管理职责。



学校科研管理单位公章

部门负责人签章   
2019年9月17日



## 七、合同签约各方



主管部门公章(甲方)

科技管理  
专用章



承担单位公章(乙方)



项目负责人签章

承担单位负责人签章

负责人签章

2019年9月19日

2019年9月18日



## 八、共同条款

签约方共同遵守《江苏省高等学校自然科学研究项目管理办法》的规定。

1. 乙方科研管理部门负责项目的日常管理工作，协调解决项目执行中存在的问题，按时集中报送项目验收结题材料、年度进展报告和重大事项报告等。

2. 项目执行过程中，乙方如要修改项目合同中的条款，必须向甲方提出申请并阐明理由，经甲方同意后方可执行修改内容。

3. 乙方因主观原因致使项目不能完成而要求解除合同，应根据不同情况追究相关人员责任，并退回部分或全部拨款。如乙方没有提出解除合同要求，甲方可根据情况提出中止合同。

4. 合同执行中，甲方保证按时拨付项目经费，因甲方原因解除合同时，所拨经费不需收回。甲方提出变更合同，须与乙方达成书面协议。

5. 合同正式文本存甲方一份，乙方二份。