



项目批准号	52009075
申请代码	E0905
归口管理部门	
依托单位代码	25010108A0748-1398



国家自然科学基金委员会 资助项目计划书

资助类别：青年科学基金项目

亚类说明：

附注说明：

项目名称：考虑渗滤效应的砂层注浆水泥浆液扩散与加固机理研究

直接费用：24万元 执行年限：2021.01-2023.12

负责人：冯啸

通讯地址：山东省济南市临港开发区凤鸣路1000号

邮政编码：250101 电 话：0531-86361127

电子邮件：feng_xiao902@163.com

依托单位：山东建筑大学

联系人：孙朋朋 电 话：0531-86367091

填表日期：2020年10月01日

国家自然科学基金委员会制



国家自然科学基金委员会资助项目计划书填报说明

- 一、项目负责人收到《关于国家自然科学基金资助项目批准及有关事项的通知》（简称《批准通知》）后，请认真阅读本填报说明，参照国家自然科学基金相关项目管理办法和《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》（请查阅国家自然科学基金委员会官方网站首页“政策法规”栏目），按《批准通知》的要求认真填写和提交《国家自然科学基金委员会资助项目计划书》（简称《计划书》）。
- 二、填写《计划书》时要科学严谨、实事求是、表述清晰、准确。《计划书》经国家自然科学基金委员会相关项目管理部门审核批准后，将作为项目研究计划执行、检查和验收的依据。
- 三、《计划书》各部分填写要求如下：
 - （一）简表：由系统自动生成。
 - （二）摘要及关键词：各类获资助项目都应当填写中、英文摘要及关键词。
 - （三）项目组主要成员：计划书中列出姓名的项目组主要成员由系统自动生成，与申请书原成员保持一致，不可随意调整。如果批准通知中“项目评审意见及修改意见表”中“对研究方案的修改意见”栏目有调整项目组成员相关要求的，待项目开始执行后，按照项目成员变更程序另行办理。
 - （四）资金预算表：根据批准资助的直接费用，按照《国家自然科学基金项目预算表编制说明》填报资金预算表和预算说明书。国家重大科研仪器研制项目、重大项目还应按照预算评审后批复的直接费用各科目金额填报资金预算表、预算说明书及相应的预算明细表。国家杰出青年科学基金项目资助经费试行包干制管理，无需填报资金预算表和预算说明书。
 - （五）正文：
 1. 面上项目、青年科学基金项目、地区科学基金项目：如果《批准通知》中没有修改要求的，只需选择“研究内容和研究目标按照申请书执行”即可；如果《批准通知》中“项目评审意见及修改意见表”中“对研究方案的修改意见”栏目明确要求调整研究期限和研究内容等的，须选择“根据研究方案修改意见更改”并填报相关修改内容。
 2. 重点项目、重点国际（地区）合作研究项目、重大项目、国家重大科研仪器研制项目、原创探索计划项目：须选择“根据研究方案修改意见更改”，根据《批准通知》的要求填写研究（研制）内容，不得自行降低、更改研究目标（或仪器研制的技术性能与主要技术指标以及验收技术指标）或缩减研究（研制）内容。此外，还要突出以下几点：
 - （1）研究的难点和在实施过程中可能遇到的问题（或仪器研制风险），拟采用的研究（研制）方案和技术路线；
 - （2）项目主要参与者分工，合作研究单位（如有）之间的关系与分工，重大项目还需说明课题之间的关联；
 - （3）详细的年度研究（研制）计划。



3. 国家杰出青年科学基金、优秀青年科学基金和创新研究群体项目：须选择“根据研究方案修改意见更改”，按下列提纲撰写：
 - （1）研究方向；
 - （2）结合国内外研究现状，说明研究工作的学术思想和科学意义（限两个页面）；
 - （3）研究内容、研究方案及预期目标（限两个页面）；
 - （4）年度研究计划；
 - （5）研究队伍的组成情况。
4. 国家自然科学基金基础科学中心项目：须选择“根据研究方案修改意见更改”，应当根据评审委员会和现场考察专家组的意见和建议，进一步完善并细化研究计划，作为评估和验收的依据。按下列提纲撰写：
 - （1）五年拟开展的研究工作（包括主要研究方向、关键科学问题与研究内容）；
 - （2）研究方案（包括骨干成员之间的分工及合作方式、学科交叉融合研究计划等）；
 - （3）年度研究计划；
 - （4）五年预期目标和可能取得的重大突破等；
 - （5）研究队伍的组成情况。
5. 对于其他类型项目，参照面上项目的方式进行选择和填写。



简表

项目负责人信息	姓 名	冯啸	性 别	男	出生年月	1988年07月	民 族	汉族
	学 位	博士			职称	讲师		
	是否在站博士后	否			电子邮件	feng_xiao902@163.com		
	电 话	0531-86361127			个人网页			
	工 作 单 位	山东建筑大学						
	所 在 院 系 所	交通工程学院						
依托单位信息	名 称	山东建筑大学					代码	25010108A0748
	联 系 人	孙朋朋			电子邮件	13991@sdjzu.edu.cn		
	电 话	0531-86367091			网站地址	www.sdjzu.edu.cn		
合作单位信息	单 位 名 称							
项目基本信息	项 目 名 称	考虑渗滤效应的砂层注浆水泥浆液扩散与加固机理研究						
	资 助 类 别	青年科学基金项目				亚 类 说 明		
	附 注 说 明							
	申 请 代 码	E0905:水工岩土工程						
	基 地 类 别							
	执 行 年 限	2021.01-2023.12						
	直 接 费 用	24万元						



项目摘要

中文摘要:

滨海城市地铁隧道经常穿越第四系砂层,因砂层碎散富水、软弱复杂,故极易诱发地质灾害,注浆是防控此类灾害的最常用技术方法,而砂层的渗滤效应决定水泥浆液的扩散距离与加固强度。本文基于文献查阅与案例调研,拟采用理论分析、数值模拟、室内试验与模型试验相结合的方法,攻克渗滤效应下水泥浆液扩散规律与加固机理这一瓶颈难题。首先,分析渗滤效应的影响因素及显现特征,从固结体孔隙封堵体积切入,建立颗粒差异滤出的非线性滤过方程;然后,联用非线性滤过方程与渗流连续性方程,以COMSOL为二次开发平台,提出渗流场耦合控制方程,动态模拟差异滤出时水泥浆液扩散过程,获得水泥颗粒滤出质量空间分布;再次,分析宏观固结体性能衰减规律,并统一微观颗粒滤出质量分布机制,建立加固强度空间模型,揭示砂层注浆加固衰减机理;最后,形成考虑渗滤效应的注浆设计方法,为地下工程安全建设提供理论和技术支撑。

Abstract:

The subway tunnel in the coastal city of China often passes through the quaternary sand layer, which is very easy to induce geological hazards due to its property of fragmental structure, complex constitution, and water-rich content. Grouting is the most common technical method to prevent and control the potential disasters, while the filtration effect of the sand layer significantly affects the diffusion distance and reinforcement strength of cement grout. Based on the literature review and case study, a series of systematic methods of theoretical analysis, numerical simulation, laboratory test, and model test is proposed, to overcome the bottleneck problem of diffusion law and reinforcement mechanism of cement grout when considering filtration effect. Firstly, to analyze influencing factors and appearance characteristics of filtration effect, and the nonlinear filtration equation which represents the process of particle differential filtration will be established with an elaborate exploration of the pore sealing volume of reinforcement body. Secondly, by combining the nonlinear filtration equation and the seepage continuity equation with applying software COMSOL as the secondary development platform, the coupling governing equations of seepage field are to be proposed to dynamically simulate the diffusion process of cement grout during differential filtration. So, the spatial distribution of filtration mass of cement particles will be obtained. Thirdly, to analyze performance degradation of reinforcement body from macroscopical view following with the unification of spatial distribution of filtration mass on the micro-level, and the spatial model of the reinforcement strength is to be established. So, the weakening mechanism of grouting reinforcement in sand layer will be discovered. Finally, a grouting design method considering filtration effect is to be formed to provide theoretical and technical support for the safe construction of underground engineering.

关键词(用分号分开): 不良地质; 突水突泥; 饱水砂层; 渗滤效应; 加固机理

Keywords(用分号分开): adverse geology; water and mud inrush; saturated sand layer; filtration effect; reinforcement mechanism



项目组主要成员

编号	姓名	出生年月	性别	职称	学位	单位名称	电话	证件号码	项目分工	每年工 作时间 (月)	
1	冯啸	1988. 07	男	讲师	博士	山东建筑大学	0531-86361127	370724198807220039	项目负责人	8	
总人数			高级		中级		初级		博士后	博士生	硕士生



国家自然科学基金项目直接费用预算表（定额补助）

项目批准号：52009075

项目负责人：冯啸

金额单位：万元

序号	科目名称	金额
1	项目直接费用合计	24.0000
2	1、设备费	1.5000
3	(1)设备购置费	0.90
4	(2)设备试制费	0.00
5	(3)设备升级改造与租赁费	0.60
6	2、材料费	7.23
7	3、测试化验加工费	4.96
8	4、燃料动力费	0.00
9	5、差旅/会议/国际合作与交流费	2.30
10	6、出版/文献/信息传播/知识产权事务费	2.54
11	7、劳务费	3.73
12	8、专家咨询费	1.74
13	9、其他支出	0.00



预算说明书（定额补助）

（请按照《国家自然科学基金项目预算表编制说明》等的有关要求，对各项支出的主要用途和测算理由，以及合作研究外拨资金、单价 ≥ 10 万元的设备费等内容进行必要说明。）

1、设备费 共计1.50万元。

(1) 设备购置费 0.90万元。

ZBQ气动注浆泵：9000元/台 $\times 1$ 台=0.90万元。

(2) 设备试制费 0.00万元。

(3) 设备升级改造与租赁费 0.60万元。

现有注浆装置升级改造，管路及附属构件配备：0.60万元。

以上各项依据查阅市场价格。

2、材料费 共计7.23万元。

(1) 标准砂：合计3.40万元。

①10~20目砂：约1吨，2000元/吨 $\times 1$ 吨=0.20万元。②20~40目砂：约7.5吨，2000元/吨 $\times 7.5$ 吨=1.50万元。

③40~70目砂：约7.5吨，2000元/吨 $\times 7.5$ 吨=1.50万元。④70~120目砂：约1吨，2000元/吨 $\times 1$ 吨=0.20万元。

(2) 注浆材料：用于配制浆液。合计1.08万元。

①普通42.5硅酸盐水泥：约3吨，400元/吨 $\times 3$ 吨=0.12万元。②800目超细水泥：约3吨，1500元/吨 $\times 3$ 吨=0.45万元③1250目超细水泥：约3吨，1700元/吨 $\times 3$ 吨=0.51万元。

(3) 监测元件：合计2.75万元。

本项目需土压计18个、渗压计72个，考虑损坏备用情况，按计划的110%购买。

①土压计：275元/个 $\times 18$ 个 $\times 1.1$ =0.55万元。②渗压计：275元/个 $\times 72$ 个 $\times 1.1$ =2.20万元。

以上各项依据查阅市场价格。

3、测试化验加工费 共计4.96万元。

(1) 三维视频显微镜观测：样本48个，150元/个 $\times 48$ 个=0.72万元。(2) SEM扫描：孔道半径分析样品48个，150元/个 $\times 48$ 个=0.72万元。(3) X-CT分析：水泥颗粒分布测试样品48个，120元/个 $\times 48$ 个=0.58万元。(4) 单轴压缩试验：力学强度测试样品72个，100元/个 $\times 72$ 个=0.72万元。(5) 渗透性试验：渗透性能测试样品72个，100元/个 $\times 72$ 个=0.72万元。(6) 试验装置加工费（焊接、机械加工等）1.50万元。

依据山东建筑大学相关实验室收费标准。

4、燃料动力费 共计0.00万元。

5、差旅/会议/国际合作与交流费 共计2.30万元。

(1) 差旅费：合计1.96万元。

①交通费：用于现场调研、资料收集等事项。按3年共计发生20次计算，平均200元/次，计0.40万元。

依据济南各汽车租赁公司平均价格。②会务费：参加学术会议2次，教师+学生注册费为(1500元/人 $\times 2$ 人 $\times 2$) + (1000元/人 $\times 3$ 人 $\times 2$)=1.20万元。依据相关会议标准。③伙食补助费：3年共计发生约20人次，交通费包干80元/人天，伙食补助费100元/人天，费用20 $\times$ (100+80)=0.36万元。

依据《山东建筑大学差旅费管理办法》。

(2) 会议费：合计0.34万元。

组织会议1次，专家人员4人，会期2天，费用如下：①住宿费：200元/人天 $\times 4$ 人 $\times 2$ 天=0.16万元；

②伙食费：130元/人天 $\times 4$ 人 $\times 2$ 天=0.10万元；③场地等杂费：100元/人天 $\times 4$ 人 $\times 2$ 天=0.08万元。

依据《科技部科技计划管理费管理试行办法》。

(3) 国际合作与交流费：合计0.00万元。

6、出版/文献/信息传播/知识产权事务费 共计2.54万元。

(1) 论文版面费：3000元/篇 $\times 3$ 篇=0.90万元；据《岩土力学》等刊物标准。(2) 发明专利费：4450元/件 $\times 3$ 件=1.34万元；据国家知识产权局专利收费标准。(3) 科技查新费：1000元/次 $\times 3$ 次=0.30万元；据教育部部



级查新工作站收费标准。

7、劳务费 共计3.73万元。

(1) 用于在校硕士研究生补贴费用，全时工作时间5个月，补助为700元/月/人，费用约700元/人月 $\times$ 5月 $\times$ 3人 $\times$ 3=3.15万元。(2) 临时工聘请：用于材料填充人工费用，290元/人天 $\times$ 20人天=0.58万元。

8、专家咨询费 共计1.74万元。

为保证研究工作顺利开展，需进行专家咨询。通讯咨询15人次，标准200元/人次，需0.30万元；会议咨询2次，专家4人，会期2天，按900元/人天计，需900元/人天 $\times$ 4人 $\times$ 2天 $\times$ 2=1.44万。

9、其他 共计0.00万元。



报告正文

研究内容和研究目标按照申请书执行。



国家自然科学基金资助项目签批审核表

我接受国家自然科学基金的资助，将按照申请书、项目批准意见和计划书负责实施本项目（批准号：52009075），严格遵守国家自然科学基金委员会关于资助项目管理、项目资金管理等各项规定，切实保证研究工作时间，认真开展研究工作，按时报送有关材料，及时报告重大情况变动，对资助项目发表的论著和取得的研究成果按规定进行标注。	依托单位科研管理部门： 负责人（签章）： 年 月 日														
	依托单位财务管理部门： 负责人（签章）： 年 月 日														
项目负责人（签章）： 年 月 日															
我单位同意承担上述国家自然科学基金项目，将保证项目负责人及其研究队伍的稳定和研究项目实施所需的条件，严格遵守国家自然科学基金委员会有关资助项目管理、项目资金管理等各项规定，并督促实施。 依托单位（公章） 年 月 日															
本栏目由基金委填写	科学处审查意见： 建议年度拨款计划（本栏目为自动生成，单位：万元）： <table><tr><td>年度</td><td>总额</td><td>第一年</td><td>第二年</td><td>第三年</td><td>第四年</td><td>第五年</td></tr><tr><td>金额</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> 负责人（签章）： 年 月 日	年度	总额	第一年	第二年	第三年	第四年	第五年	金额						
	年度	总额	第一年	第二年	第三年	第四年	第五年								
	金额														
科学部审查意见： 负责人（签章）： 年 月 日															
本栏目主要用于重大项目等	相关局室审核意见： 负责人（签章）： 年 月 日														
	委领导审批意见： 委领导（签章）： 年 月 日														