大学生创新训练项目计划申请书

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目编号 |  | | |
| 项目名称 | 稀疏数据约束下基于生成式模型的河流相建模系统 | | |
| 项目负责人 | 陈雅文 | 联系电话 | 13585569821 |
| 所在学院 | 青岛软件学院、计算机科学与技术学院 | | |
| 学号 | 2308010419 | 专业班级 | 软件2307 |
| 指导教师 | 郭磊 | | |
| 申请日期 | 2024.11.17 | | |
| 起止年月 | 2024.12-2026.11 | | |

**填写说明**

1. 本申请书所列各项内容均须实事求是，认真填写，表达明确严谨，简明扼要。
2. 申请人可以是个人，也可为创新团队，首页只填负责人。“项目编号”一栏不填。
3. 本申请书为大16开本（A4），左侧装订成册。可网上下载、自行复印或加页，但格式、内容、大小均须与原件一致。
4. 负责人所在学院认真审核, 经初评和答辩，签署意见后，将申请书（一式两份）报送项目管理办公室。

#### 一、 基本情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 | | 稀疏数据约束下基于生成式模型的河流相建模系统 | | | | | | | |
| 所属学科 | | 学科一级类： 工学 学科二级类： 计算机类 | | | | | | | |
| 项目来源 | | □ A、学生自主选题，来源于自己对课题的长期积累与兴趣  ■ B、学生来源于教师科研项目选题  □ C、学生承担社会、企业委托项目选题  □ D、拔尖专项  □ E、竞赛专项  □ F、研修专项 | | | | | | | |
| 申请金额 | | 3000元 | 项目期限 | 二年期 | 拟申报项目级别 | | | |  |
| 负责人 | | 陈雅文 | 性别 | 女 | 民族 | 汉族 | | 出生年月 | 2005年 1 月 |
| 学号 | | 2308010419 | 联系电话 | 宅： 手机：13585569821 | | | | | |
| 指导教师 | | 郭磊 | 联系电话 | 宅：18853239120 手机：18853239120 | | | | | |
| 项目简介 | | | 河流相沉积通常与某些大型油气藏、矿藏有关，河流相建模能够为储层分析、矿藏开采提供指导模型和参考数据，因此具有较高的研究价值。测井资料是河流相建模数据的来源之一，但是受限于成本，用于生产和研究的井点数据相比目标研究区域有限而分散，因此，基于稀疏井数据的河流相建模是一个有价值的研究方向。现有研究主要基于自动编码器（AE）、变分自动编码器（VAE）、生成对抗网络（GAN）、扩散模型（Diffusion）等生成式人工智能技术，各自具有适用场景和局限性。本项目拟基于渐进式生成对抗网络（PGGAN）和扩散模型开展研究，探索适用的特征提取、条件控制方法，以增强水文地质建模的精度和效率。围绕研究成果开发一套基于Web的河流相建模系统，为人工智能在地质工程、水文学等领域的应用提供新的思路。 | | | | | | |
| 负责人曾经参与科研的情况 | | | 2023年9月-12月修读《程序设计python》课程，课程成绩100分，完成《学生成绩管理与预测系统》项目开发  2024年3月-5月修读《大学计算机》课程，课程成绩97分，完成《国内大学性价比分析系统》项目开发  2024年1月，在校acm集训队参与寒假集训  2024年2月，在全国大学生信息技术认证挑战赛中获三等奖  2024年3月，在校acm程序设计竞赛中位列第16，获二等奖  2024年4月，参加团体设计天梯赛，获得省级三等奖  2024年9月，通过计算机二级python考试，成绩为优秀 | | | | | | |
| 指导教师承担科研课题情况 | | | 指导教师负责软件工程创新实验室建设，推进虚拟现实、人工智能方向的本科生创新培养工作。曾主持或参与开发“东胜公司财务管理系统”等横向课题十余项，参与973项目子课题“未来互联网服务标识及迁移机理”、国家自然基金面上项目“物联网环境下多源上下文信息的协同认知理论和方法研究”等国家级项目4项。2022-2024年指导大学生创新创业项目4项，其中国家级1项，省级1项。指导校级优秀毕业论文4项。指导学生竞赛获得国家级一等奖1项，二等奖3项，三等奖1项。2023年中国高校计算机大赛获得“优秀指导教师奖”。 | | | | | | |
| 指导教师对本项目的支持情况 | | | 1.为团队提供必要的软硬件设备和实验环境支持，包括高性能计算服务器、打印机、研讨室等。制定实验室管理制度，保障实验人员和设备安全；  2.在理论学习、实验环境、关键技术、创新思路方面提供全面指导，每周1次线下组会；  3.应用敏捷软件项目管理思想对团队进行指导，包括团队分工、项目计划、里程碑设置、过程监控、风险控制、产品发布、项目文档等。 | | | | | | |
| 项目组主要成员 | 姓名 | | 学号 | 学院 | 专业班级 | | 联系电话 | | 项目分工 |
| 陈雅文 | | 2308010419 | 青岛软件学院、计算机科学与技术学院 | 软件工程 | | 13585569821 | | 团队协调、论文整理 |
| 苏佳豪 | | 2307020718 | 青岛软件学院、计算机科学与技术学院 | 软件工程 | | 19026800995 | | 数据集整理、清洗和增强 |
| 吕哲昊 | | 2307020714 | 青岛软件学院、计算机科学与技术学院 | 软件工程 | | 17669620780 | | 环境配置、模型创建 |
| 沈舸 | | 2307020325 | 青岛软件学院、计算机科学与技术学院 | 本研一体化班(人工智能类) | | 13501793363 | | 算法分析与设计 |
|  | |  |  |  | |  | |  |
| 指导教师 | 姓名 | | 工号 | 学院/单位 | 职称 | | 联系电话 | | 电子邮件 |
| 郭磊 | | 20050050 | 青岛软件学院、计算机科学与技术学院 | 讲师（高校） | | 18853239120 | | guolei@upc.edu.cn |

#### 二、立项依据

|  |
| --- |
| （一）研究目的 河流相沉积通常与某些大型油气藏、矿藏有关，根据1998年的统计结果，河流相储层储量占我国已探明和投入开发储量的油气储层的40%左右。此外，地下水管理在水文过程、水资源管理、生态可持续性、气候变化适应与抢险救灾中起着至关重要的作用：地下水是世界许多地区的主要水源，是众多生态系统的命脉，支持着世界上大约一半的饮用水、40%的农业灌溉用水和30%的工业需求；地下水位的异常变化可能导致地面沉降、地裂缝等地质灾害，也存在泛滥造成洪水的隐患。  在实际生产过程中，受限于成本只能采集少量的地质数据，因此，根据有限的测井数据模拟河流形态对于社会生产生活具有重要意义。例如：还原古河道形态有利于资源开发，预测未来河流形态有助于防灾抗险，预测地下水分布状态能够为合理开发利用地下水资源提供科学的管理依据。然而，由于自然环境的复杂性和多变性，根据稀疏的点数据模拟河流形态面临着诸多挑战。  地质学中经典的解决方法是多点地质统计学（Multiple-point Statistics，MPS），以地质图像作为训练图像，根据已知的样本点寻找水、岩石的空间分布规律，并以此推测未知点的属性。然而，MPS对训练图像或图像集的选择质量高度敏感，需要丰富的专家经验以避免人为的降低不确定性。如何提高模型的自适应能力，减少对专家经验和训练数据的依赖，是MPS方法发展的有价值的方向之一。随着深度学习技术的发展，应用生成模型解决地质建模问题成为研究热点，取得了一系列成果。本项目旨在通过结合渐进式生成对抗网络（PGGAN）和扩散模型来提高对河流相的建模能力。应用先进的深度学习技术，探索数据增强、特征工程、高连通性流体图像生成等技术，以期在有限的观测数据基础上生成更加丰富和真实的合成数据，增强模型的训练效果和泛化能力。  **（二）研究内容**  本项目主要基于渐进式生成对抗网络（PGGAN）和扩散模型开展研究，主要内容包括：  数据增强与预处理：针对稀疏的河流相数据，利用生成式模型（如生成对抗网络GAN、渐进式生成对抗网络PGGAN等）进行数据增强，生成更多样化的合成数据。对原始数据和合成数据进行预处理，包括数据清洗、特征提取、标准化等，以确保模型训练的有效性和准确性。  河流相建模：利用深度学习模型（如卷积神经网络CNN、编码器-解码器框架等）对河流相进行建模，从数据中学习河流相的特征和分布规律。结合地质、地形、气候等多源信息，提高模型对河流相预测的准确性。  模型验证与优化：通过与实际观测数据或已知地质剖面进行对比，验证模型的准确性和可靠性。根据验证结果，对模型进行参数调整和结构优化，以提高预测性能。  本项目旨在通过结合渐进式生成对抗网络（PGGAN）和扩散模型来提高对河流相的建模能力，以期在有限的观测数据基础上生成更加丰富和真实的合成数据，从而增强模型的训练效果和泛化能力。 具体展开如下：  1. 数据增强与预处理  在数据增强方面，我们将重点使用渐进式生成对抗网络（PGGAN）来生成新的河流相样本。PGGAN是一种特殊的GAN结构，它通过逐步增加训练难度的方式，使得生成器能够学习到更为复杂的数据分布。这种方法特别适用于处理图像数据，可以帮助我们生成具有高度细节和多样性的河流相图像。此外，我们还计划探索扩散模型在这一领域的应用潜力，尤其是其在生成连续型数据方面的优势。  对于原始数据和合成数据的预处理，我们将执行以下步骤：  数据清洗：去除噪声、异常值和不完整的记录。  特征提取：识别并保留对河流相分析最有价值的信息。  标准化：调整数据尺度，确保不同特征之间的可比性。  数据分割：将数据集分为训练集、验证集和测试集，以便评估模型性能。  2. 河流相建模  在河流相建模阶段，我们将利用深度学习模型来捕捉河流相的特征和分布规律。具体来说，我们将尝试以下几种模型架构：  卷积神经网络（CNN）：CNN在处理图像数据方面表现出色，能够自动从图像中提取空间层次结构的特征。通过多层卷积和池化操作，CNN可以有效捕捉河流相图像中的局部特征及其空间关系，从而提高模型对复杂河流形态的识别能力。此外，利用数据增强技术（如旋转、平移和缩放）可以进一步提高模型的鲁棒性和泛化能力。  编码器-解码器框架：这种结构非常适合处理序列数据，如时间序列或文本数据，但也可以用于图像数据的重建任务。在河流相建模中，编码器部分可以提取输入图像的高层次特征，而解码器部分则负责将这些特征映射回原始图像空间。这种结构在生成任务中表现优异，能够生成与输入数据相似的高质量合成图像。  混合模型：结合CNN和其他类型的神经网络，如循环神经网络（RNN）或自注意力机制，以充分利用不同模型的优点。  为了提高模型的准确性，我们还将整合多源信息，包括地质图、地形图和气候数据等。这些额外的信息可以帮助模型更好地理解河流相的背景和影响因素。  3. 模型验证与优化  模型的验证和优化是确保其可靠性和实用性的关键步骤。我们将采取以下措施：  交叉验证：使用不同的数据分割方式进行多次训练和验证，以评估模型的稳定性和泛化能力。  性能指标：计算常见的性能指标，如准确率、召回率、F1分数和均方误差等，以量化模型的表现。  参数调整：基于验证结果，使用网格搜索或随机搜索等方法寻找最优的超参数组合。  结构优化：根据需要调整模型的层数、节点数、激活函数等，以达到更好的拟合效果。  集成学习：考虑将多个模型的预测结果进行合并，以提高整体的预测性能。  总之，本项目的目标是通过结合PGGAN和扩散模型的强大生成能力和深度学习模型的分析能力，为河流相的研究提供一个强有力的工具。我们相信，通过这些努力，我们可以更准确地模拟和预测河流的行为，为相关领域的研究和实践提供支持。  **（三）国、内外研究现状和发展动态**  近年来，基于人工智能，尤其是机器学习与深度学习的地质建模方法得到了广泛应用，深度学习不依赖于单张图像的表现，而是总结历史学习数据以泛化数据的一般规律，在新数据上产生稳定的建模结果，因此地质学研究开始探索应用深度学习算法解决地质问题。  1. 变分自编码器（VAE）  VAE是一种基于变分推断的生成模型，由Kingma和Welling于2014年提出[1]。VAE采用了编码器、概率潜在空间和解码器。在训练过程中，编码器预测每个图像的均值和方差。然后从高斯分布中对这些值进行采样，并将其传递到解码器中，其中输入的图像预计与输出的图像相似。这种方法的优势在于其生成的图像具有较高的多样性，但其保真度相对较低。  2. 生成对抗网络（GAN）  生成对抗网络（Generative Adversarial Networks，GAN）已经被广泛应用在地质学各种问题中[2]，例如生成3D地下模型[3]、生成超分辨率的岩石薄片图像[4]等，取得了不错的实验效果。  3. 条件生成对抗网络（CGAN）  为了使GAN适用于具有条件约束的场景，例如稀疏空间观测值约束的沉积相建模，条件生成对抗网络（Conditional GAN，CGAN）[5]被进一步提出，它在GAN的基础上加入条件概率从而实现了条件映射。2018年，Dupont[6]等尝试将CGAN应用于沉积图像建模中，将井点数据映射为视觉形式的井点图，将其作为生成网络的输入数据，并将OBM[7]模拟的河流图像作为目标输出，学习一个从井点图像域到地质图像域的映射模型，实现了逼真且符合井点数据的河流图像。  4. 扩散模型  2020年，Gao等人[8]选取了400个三角洲图像作为训练数据，将CGAN应用在三角洲图像的条件建模，也取得了不错的结果。同年，Chan等人[9]探索通过堆叠推理网络实现条件生成过程中的参数化，进一步推动了该研究的发展。2021年，Canchumuni等人[10]测试了多种GAN模型进行相图像的生成以及生成过程的参数化。然而，两种模型都有不同的问题：GANs擅长生成与训练集中的图像非常相似的逼真图像，但多样性不足；VAEs擅长于创建各种各样的图像，但保真度较低。扩散模型[11]结合了两者优势，通过对扩散过程进行迭代去噪来生成高度逼真的图像数据，但是训练过程复杂，对计算资源要求高。  5. 渐进式生成对抗网络（PGGAN）  渐进式生成对抗网络（PGGAN）[12]也是一种有效的解决方案，具有高分辨率生成能力、稳定性、多样性和可控性，但是同样存在复杂度较高、计算资源需求高的问题。  随着研究的不断深入，仅对于井点数据的响应已不能满足需求，需要对地质模式进行更精细的调节，这需要对现有模型不断优化，例如河流模式的方位角和河流宽度等。此外，生成模型的训练也存在着样本不平衡、过拟合等多种挑战。针对这些问题，本项目探索适用的特征提取、条件控制方法，提升模型的性能和稳定性，以更有效地满足实际应用需求。  在国际地下水模拟领域，两款主要的模拟软件GMS 10.8（Groundwater Modeling System）和Visual MODFLOW Flex 10.0因其专业功能而备受青睐。  1. GMS 10.8  GMS 10.8以其全面的功能著称，集成了MODFLOW、FEMWATER、MT3DMS等多种地下水模拟模块，能够处理几乎所有类型的地下水水流和溶质运移问题。[13]该软件采用创新的概念建模方法，利用GIS对象构建模型，简化了模型的更新和修改过程。此外，GMS 10.8提供强大的前处理和后处理工具，支持多种数据格式的导入，并能够生成逼真的三维效果图和动画，显著提升了结果的可视化和解释能力。[14]其优化的OpenGL图形和改进的硬件渲染技术，为用户提供了照片级的真实感表现。然而，GMS 10.8功能的复杂性意味着初学者需要较长时间来掌握，且为了充分利用其三维可视化和计算能力，可能需要较高配置的计算机硬件。  2. Visual MODFLOW Flex 10.0  Visual MODFLOW Flex 10.0以其直观的流程驱动界面和集成的行业标准代码而受到用户青睐，使得处理地下水流量和污染物传输问题变得更加高效。[16]该软件的3D可视化技术先进，支持在2D、3D和多视图中显示所有数据，使用户能够全面理解地下水流动和污染物传输。此外，Visual MODFLOW Flex 10.0允许用户轻松管理多个模型，提高决策的效率和准确性。[17]尽管如此，该软件在处理某些特殊的水文地质问题时可能不如GMS灵活，且其单一的文件保存形式可能对大型项目的管理和团队协作构成挑战。  综上所述，在地质建模和地下水模拟领域，国际技术发展迅速，深度学习技术如VAE和GAN在地质问题解决中得到广泛应用，提升了模型的泛化能力。CGAN和扩散模型在提高图像生成质量和多样性方面表现优异，尽管存在训练复杂性。GMS 10.8和Visual MODFLOW Flex 10.0作为地下水模拟的主流软件，分别以功能全面和直观界面受到青睐。国内研究者正积极探索深度学习技术在地质建模中的应用，以解决实际问题，并努力提升模拟精度和效率。总体上，地质建模和地下水模拟领域正经历由传统方法向深度学习和人工智能技术转变的关键时期，这些技术的发展为地质资源管理和环境保护提供了新工具，预计未来将在地质和水文领域发挥更大作用。  **参考文献：**  [1] Kingma D P , Welling M . Auto-Encoding Variational Bayes[J]. arXiv.org, 2014.  [2] Mirza M , Osindero S .Conditional Generative Adversarial Nets[J].Computer Science, 2014:2672-2680.DOI:10.48550/arXiv.1411.1784.  [3] Zhang T F, Tilke P, Dupont E, et al. Generating geologically realistic 3D reservoir facies models using deep learning of sedimentary architecture with generative adversarial networks[J]. Petroleum Science, 2019, 16(3): 541-549.  [4] Liu Y, Guo C, Cao J, et al. A new resolution enhancement method for sandstone thin-section images using perceptual GAN[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2020, 195: 107921.  [5] Mirza M , Osindero S .Conditional Generative Adversarial Nets[J].Computer Science, 2014:2672-2680.DOI:10.48550/arXiv.1411.1784.  [6] Dupont E, Zhang T, Tilke P, et al. Generating realistic geology conditioned on physical measurements with generative adversarial networks[J]. arXiv preprint arXiv:1802.03065, 2018.  [7] Deutsch C V, Wang L. Hierarchical object-based stochastic modeling of fluvial reservoirs[J]. Mathematical geology, 1996, 28(7): 857-880.  [8] Gao X, He W, Hu Y. Modeling of meandering river deltas based on the conditional generative adversarial network[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2020, 193: 107352.  [9] Chan S, Elsheikh A H. Parametric generation of conditional geological realizations using generative neural networks[J]. Computational Geosciences, 2019, 23(5): 925-952.  [10] Canchumuni S W A, Castro J D B, Potratz J, et al. Recent developments combining ensemble smoother and deep generative networks for facies history matching[J]. Computational Geosciences, 2021, 25(1): 433-466.  [11] Sohl-Dickstein J , Weiss E A , Maheswaranathan N ,et al.Deep Unsupervised Learning using Nonequilibrium Thermodynamics[J].JMLR.org, 2015.DOI:10.48550/arXiv.1503.03585.  [12] Karras T , Aila T , Laine S ,et al.Progressive Growing of GANs for Improved Quality, Stability, and Variation[J]. 2017.DOI:10.48550/arXiv.1710.10196.  [13]Waterloo Hydrogeologic, Inc. (2008). \*GMS 10 User Guide\*.  [14]Anderson, M. P., & Woessner, W. W. (1992). \*Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport\*. Academic Press.  [16] Waterloo Hydrogeologic, Inc. (2011). \*Visual MODFLOW Flex User Guide\*.  [17] Zheng, C., & Bennett, G. D. (2002). \*Applied Contaminant Transport Modeling\*. Wiley.  **（四）创新点与项目特色**  1. 集成深度学习与地质统计学建模：提高利用率  创新结合渐进式生成对抗网络（PGGAN）、扩散模型，利用深度学习图像生成和地质统计学处理不确定性。相较于多点地质统计学的传统方法，数据集质量的选择要求大大降低，可以有效的应用稀疏数据，减少了成本，提高了数据的利用程度。  2. 创新地下水分布预测模型：增强准确性  融合地质、地形、气候等多源信息，包括但不限于历史水位记录、土壤类型与结构、降水量及其时空分布特征、蒸发蒸腾作用强度等。此外，遥感技术提供的地表覆盖变化信息也是不可或缺的一部分。增强模型适应性，提升水文地质模型预测精度和可靠性，支持水资源科学管理。  3. 跨学科的水文地质建模框架：  整合水文学、地质学、计算机科学和统计学，提供解决复杂水文地质问题的新视角和工具，尤其适用于数据稀缺和环境复杂情况。  **（五）技术路线、拟解决的问题及预期成果**  **1.技术路线**  1）技术迁移：  将地表水文预测技术与地质建模技术的特定优势进行整合。  结合地下水数据特性，对模型参数进行调整匹配，以实现地下水分布的研究与可视化建模。  应用先进的人工智能技术，如卷积神经网络（CNN）分析河流洪泛区的水文连通性，或利用渐进式生成对抗网络（PGGAN）进行水文地质建模，以提高模型的准确性和效率。  2）模型优化：  探索更复杂的CNN结构，如条件生成对抗网络（GAN），并结合更多的地理和环境数据来提高模型精度。可以训练多个模型，利用Bagging和Boosting等集成学习方法进行优化。  探索PGGAN在其他复杂地质结构中的应用，并与其他深度学习模型集成，以增强水文地质建模的精度和效率。  3）数据处理：  针对地下水相关数据稀疏的特性，合理分配数据集使用，确保模型训练的有效性。  4）模型验证与应用：  通过独立于训练集和验证集的数据集对最终模型进行验证，确保模型的稳定性和可靠性。  **2. 拟解决问题**  1）增强水文地质建模的精度和效率：使用编码器解码器框架和深度生成模型，如GAN，结合地质和水文数据，提高地下水流和传输特性的预测准确性。  2）提高地下水模型预测的准确性和实时性：通过开发基于深度学习的预测模型，如CNN和PGGAN，结合丰富的地理和环境数据，实现对地下水分布和动态变化的准确预测。  3）基于稀疏数据训练模型：针对地下水相关数据稀疏的问题，研究如何在有限的数据条件下训练出高精度的模型，以增强地下水文环建模的准确度。  **3. 预期成果**  1）解决方案：开发并完善能够生成河流图像的模型，提高图像保真度和生成效率；  2）学科竞赛：在学校认定的B类、A类竞赛上参加比赛，展示成果，扩大交流，增强影响力；  3）结题报告：编制结题报告，总结项目实施过程、技术成果和应用效果；  4）软件工具和平台：开发易于使用的Web平台，提高普及率。  **（六）项目研究进度安排**  1. 2024.11.19-2024.12.19（1个月）  数据收集与整理  地下水分布预测相关算法的理论与实践学习  2. 2024.12.19-2025.03.19（3个月）  模型编码器和解码器架构实现  融合特定注意力机制的特征图提取实现  3. 2025.03.19-2025.06.19（3个月）  基于特定注意力机制的模型训练与调试，实现地下水分布预测  结果比较：与当前流行算法的分析与比较；撰写 1 篇论文或申请 1 项专利  4. 2025.06.19-2025.09.19（3个月）  结果可视化与分析  各模型精度、收敛速度比对  5. 2025.09.19-2025.11.18（2个月）  撰写项目研究报告  **（七）已有基础**  **1. 与本项目有关的研究积累和已取得的成绩**  1）所在创新实验室已研究深度学习相关课题4项，并已取得一定成果；  2）团队成员已具备C/C++、JAVA、Python等编程语言的开发基础，已初步检索并学习课题相关文献，并已自学机器学习和深度学习知识。  **2. 已具备的条件，尚缺少的条件及解决方法**  **1）已具备的条件：**  （1）创新实验室已提供高性能计算服务器等硬件设备；  （2）团队已经收集了一批用于训练和测试的数据集，主要包括黄河三角洲卫星图像、黄河河流卫星图像；  （3）创新实验室有一定技术积累和相关开发经验；  （4）团队成员已有部分技术基础。  **2）尚缺少的条件及解决办法：**  （1）团队成员缺少机器学习、统计学、最优化方法等相关技术基础。拟在课题实施过程中，通过选修课程、MOOC等方式自学掌握相关技术；  （2）团队缺少软件项目管理、软件测试相关专业知识，由指导教师帮助指导团队开发和管理过程。 |
|  |

#### 三、经费预算

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 开支科目 | 预算经费  （元） | 主要用途 | 阶段下达经费计划（元） | |
| 前半阶段 | 后半阶段 |
| 预算经费总额 | 3000 |  | 800 | 2200 |
| 1. 业务费 |  |  |  |  |
| （1）计算、分析、测试费 |  |  |  |  |
| （2）能源动力费 |  |  |  |  |
| （3）会议、差旅费 |  |  |  |  |
| （4）文献检索费 |  |  |  |  |
| （5）论文出版费 | 2500 | 软件著作权、论文版面费 | 500 | 2000 |
| 2. 仪器设备购置费 |  |  |  |  |
| 3. 实验装置试制费 |  |  |  |  |
| 4. 材料费 | 500 | 复印打印、电子耗材 | 300 | 200 |
| **学校拨款** |  | | | |
| **财政拨款** |  | | | |

#### 四、项目组成员签名

|  |
| --- |
|  |

#### 五、指导教师意见

|  |
| --- |
| 导师（签章）：    年        月        日 |

#### 六、院系推荐意见

|  |
| --- |
| 盖 章：    年        月        日 |

#### 七、学校推荐意见

|  |
| --- |
| 盖 章：    年        月        日 |