

水利与土木工程学院
2023 年“URP”项目指南

目 录

项目 1: 珊瑚沙岛礁附近潮流电机效率分析 (陈鑫)	1
项目 2: 液化型黄土滑坡机理研究 (张泽林)	3
项目 3: 气候变化下华北大豆需水时空分析 (杨晓琳)	6
项目 4: 基于微波雷达监测农田土壤水分变化及作物响应研究 (陈曦)	9
项目 5: 利用无级变速黏度计研究水泥净浆黏度特性 (彭红涛)	11
项目 6: 旱区农田土壤光能与化能自养微生物物种数据集构建 (法科宇)	14
项目 7: 京城市老旧小区数字孪生模型的精细化构建研究—以北京“回天地区”为例 (奚雪松)	16
项目 8: 甘肃地区干旱时空演变特征分析 (佟玲)	18
项目 9: 作物耐盐高产品种筛选研究 (张成龙)	20
项目 10: 黄土高原不同生态系统降水再分配变化特征研究 (王棣)	22
项目 11: 动物身份信息识别定位系统功能设计 (施正香)	24
项目 12: 不同处理方式对于鸡粪处理的影响 (王新锋)	26
项目 13: 果实表面水汽导度对温湿度响应研究 (陈金亮)	27
项目 14: 国展二期无柱展厅钢结构屋盖施工方案优化 (剧锦三)	29
项目 15: 透平膨胀机动压气体轴承设计 (杨魏)	30
项目 16: 混输泵内气泡和颗粒效应的试验研究 (张文武)	31
项目 17: 日光温室空气 UV 灭菌研究 (宋卫堂)	33
项目 18: 基于 OpenFOAM 的泵站水沙两相流研究 (资丹)	35
项目 19: 塔里木河流域农业水资源的时空变化研究 (张宏波)	37
项目 20: “双碳”目标驱动下水利用泵节能创新技术调研 (姚志峰)	38
项目 21: 基于沼液培养的嗜甲烷菌群落产蛋白研究 (段娜)	40
项目 22: 不同穴盘大小及肥料配比对药食同源荆芥苗生长的影响 (周清)	42
项目 23: 旱区玉米水盐胁迫诊断研究 (丁日升)	46
项目 24: 低温环境下不同细菌浓度诱导碳酸钙沉淀的砂土固化研究 (贺向丽)	51
项目 25: 长三角地区历史文化名村碳中和系统构建 (蒋伟忠)	54
项目 26: 鸡舍地面清扫机器人研发 (郑炜超)	56

项目 27:	椭圆柱绕流的卡门涡街分析 (洪益平)	59
项目 28:	基于卫星遥感的流域尺度蒸散发时空变异性分析与模型校准 (田菲)	61
项目 29:	人工湿地填料控污效能研究 (谢恩)	63
项目 30:	不同氮源对盐渍土 N_2O 排放系数的影响 (郝新梅)	66
项目 31:	中国主要农区农业水土资源适配与承载力研究 (王素芬)	69
项目 32:	基于 RGB-D 的育肥猪体重自动估测模型构建与验证 (王朝元)	71
项目 33:	微型抽水蓄能可行性评价 (袁林娟)	76
项目 34:	LED 光照强度与光周期对玉米和小麦生长发育的影响 (贺冬仙)	77
项目 35:	LED 光照环境对草莓生长和品质形成的影响 (季方)	79
项目 36:	生物炭强化畜禽废水中低温厌氧消化的研究 (司哺春)	81
项目 37:	北京市镇街尺度城市空间更新演化研究 (王玉华)	83
项目 38:	胶体与磷在室内土柱上穿透特性的试验研究 (陈明洪)	89
项目 39:	水电站排水系统的设计及水力计算 (李小芹)	91
项目 40:	农业水利类仪器认知与预约平台搭建 (陆红娜)	93
项目 41:	DNA 示踪剂土壤入渗实验 (汪超子)	95
项目 42:	基于高光谱无人机遥感平台的典型作物水氮耦合研究 (黄兴法)	97
项目 43:	多点无向性风速传感器开发与采样平台构建 (李浩)	99
项目 44:	贻贝滤食过程实验装置的结构设计和流场分析 (徐云成)	101
项目 45:	生物基石油改性掺混润滑油潜力评估 (刘志丹)	103
项目 46:	智慧农业系统数据分析与可视化 (黄权中)	104
项目 47:	基于 CFX 的变环量流型农用轴流风机设计 (丁涛)	106
项目 48:	轴流式水轮机导叶体 3D 打印 (陶然)	108
项目 49:	沼液地下滴灌对芦笋根际微生物群落组成及潜在功能的影响 (李淑芹)	110
项目 50:	日光温室内番茄植株吊重的研究 (梁宗敏)	112
项目 51:	鱼菜共生系统发展新模式的探究 (张天柱)	115
项目 52:	紫外光调控促进萝卜芽苗菜主要营养物质合成及机制 (郑亮)	118
项目 53:	含有区间数和模糊数的灌溉用水不确定性优化模型 (李小娟)	120
项目 54:	不同荷载形式对日光温室承载力影响分析 (许晶)	122
项目 55:	基于 BP 神经网络的鱼类生境适宜度指数预测研究 (韩宇)	125

项目 56:	日光温室环境模型模拟 (徐丹)	129
项目 57:	Fe(II)-过硫酸盐均相催化体系用于去除农药残留的数据挖掘与理论分析 (赵泉)	131
项目 58:	西北干旱区农业扩张对水资源及生态系统的影响 (刘浏)	133
项目 59:	新疆与中亚地区水-粮食-能源耦合关系 (刘文丰)	135
项目 60:	中国主要粮食作物水分生产力的时空特征及影响因素 (谭君位)	137
项目 61:	宁蒙典型灌区深度节水效果评价方法与估算 (周博)	139
项目 62:	再生水灌溉对土壤氮素转化影响研究 (苏艳平)	142
项目 63:	西北内陆干旱灌区土壤盐渍化时空分异特征研究 (熊云武)	145
项目 64:	水利工程中含水循环的土石混合体强度特性研究 (孙永帅)	147
项目 65:	水利工程的的土体边坡裂缝特性研究 (吴秋生)	149
项目 66:	水利土木工程中土体的长期变形机制研究 (徐双卿)	150
项目 67:	山东茶园冻害风险分析 (王凤新)	153
项目 68:	中国农业水资源承载力评价 (方瑜)	154
项目 69:	肉种鸡群体行为识别和空间分布规律研究 (童勤)	156
项目 70:	离心式血泵设计及内部流动模拟 (黎耀军)	159
项目 71:	温室风荷载基本值研究 (雷隽卿)	161
项目 72:	基于城市意向的校园绿地使用现状与景观提升研究--以中国农业大学东校区为例 (黄仕伟)	163
项目 73:	超大规模聚集性排热致环境温升对周边土壤与植被影响的文献调研 (袁小艳)	165
项目 74:	基于作物表型的水分信息诊断研究 (李思恩)	167
项目 75:	灌区信息化监测及数据平台系统开发 (徐旭)	169
项目 76:	摇臂式喷头喷嘴结构改进及水滴分布特性研究 (严海军)	171
项目 77:	滴灌抗旱功能微生物菌剂的筛选 (李云开)	174
项目 78:	滴灌施药对西瓜枯萎病的防治效果研究 (徐飞鹏)	177
项目 79:	典型区域高标准农田建设路径研究 (牛俊)	179
项目 80:	日光温室构造升级创新方案研究 (赵淑梅)	181
项目 81:	基于计算机视觉的生猪聚集行为智能识别 (梁超)	183

项目1：珊瑚沙岛礁附近潮流电机效率分析（陈鑫）

指导教师：流体系副教授 陈鑫，联系邮箱：chenx@cau.edu.cn

一、项目概况

在双碳需求的背景下，我国海上新能源需求发展十分迅速，沿海行业相关总装机和新增装机容量均已达到世界第一。海上波浪和潮汐能资源储量大，海上潮流能源电场正向更深远海域推进，单台电机容量也越来越大。海上电机面临的问题比陆上复杂，有许多地方不适用陆上电机技术规范。海上电机复杂在于机组设施、洋流/波浪等震荡作用以及台风等极端天气造成的力学问题。这为海上电机机组设计带来巨大挑战，对设施的经济性、安全性和稳定性提出了更高的要求。因此研究海上潮流电机效率及运行稳定性具有较大意义。

近岸水沙两相动力学理论在基础工程建设的关键设计和应用中比较重要。水沙运动本质上是两相流动，精确的两相紊流模型有益于认识近岸泥沙运动，有助于可靠地描述泥沙的离岸移动、沿岸输沙和相应的风机基础冲刷形态演变。瞬时输沙解析理论可为海上潮流电机安装和防护等涉及的泥沙分析提供准确的瞬时泥沙边界条件和运动模块。通过解析理论完善近岸水沙两相紊流数值模型，对近岸复杂水沙参数和边界条件下泥沙运动进行一定的探讨，可获得相应的水沙运动机制、为海上波浪能源开发利用和电机保护提供一定的评估手段。

项目拟引导本科生学习少量的指导老师近年开发的解析解和两相模型，加以大量认识以及既往的商业软件，为农林类院校培养专业的水沙研究人才。拟通过相关的文献查阅、软件学习和计算尝试，初步认识泥沙运动的特性。结合海上潮流电机防护的需求，分析现有的常规防护手段的特点以及效益。预期学生将对我国的海洋环境国际形势有更清醒的认识，可以进一步培养学生的爱国主义情操。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

2023.5~2023.7。泥沙运动力学基础知识的学习：通过自学以及跟老师讨论，了解泥沙运动的基本特征，泥沙运动跟波浪潮流条件之间的基本关系，为进一步学习打基础。

2023.8~2023.10。近岸波流动过程中泥沙运动的学习。主要是阅读文献，通过最新的两相流数学模型了解潮流电机周围泥沙运动特性，如波流净流动大小、输沙方向和输沙强度。收集典型的恒定流及波流输沙软件公式、指出各自的不足之处。此阶段的考核需要做一个文献综述，学生评价的水平即是对问题认识的水平。

2023.11~2024.1。运行现有的三维水沙两相软件。通过模型输出的结果，学习典型波流条件下电

机周围泥沙运动的特征。这个阶段的考核主要考察其总结基础周围沙运动现象的能力、分析这种现象成因的水平。

2024.2~2024.4。结合我国的经济水平发展和人口情况，以年为单位进行间接经济损失的测算，在潮流电机遭受泥沙影响未能正常使用情况下的机组电力损失进行估算。总结研究结论，提出可能的对策，完成分析报告。

三、项目实施的基础和条件

本项目适合大一至大三的本科生，学生在大学阶段微积分和基础力学课程的学习是潮流电机基础周围泥沙运动力学基础知识学习的基础。

本人来农大工作之前在清华大学学习和工作了 12 年，积累了丰富的资源。清华大学的水力学研究所海岸工程研究课题组在波流水动力领域、河流研究所泥沙问题研究课题组在泥沙运动力学领域分别都有丰富的研究积累和很高的研究水准。这些可以为本项目的实行提供充足的技术及项目经验支持。

本人从事泥沙运动相关研究已经有 16 年，熟悉基础泥沙冲刷研究最前沿的动态。近年建立了一个二维水沙两相数学模型可供学生使用，在波流输沙理论方面获得了大量理论解也可帮学生加深对近岸特殊流动中泥沙运动的认识。

四、学生提交的成果

1. 有关我国海上潮流发电设施发展的历史和现状结果，以丰富、充足的图表给出评价；
2. 有数值计算的结果以及数据分析，初步对我国潮流电机效率进行测算得到评价依据；
3. 有一个论文草稿，能够合理分析潮流电机附近泥沙输运特性及造成的影响。

项目2：液化型黄土滑坡机理研究（张泽林）

指导教师：土木系副教授 张泽林，联系邮箱：249133236@qq.com

一、项目概况

由于黄土具有松散、大孔隙等结构特征，相比其他土体而言，其最大特点在于其表现出的结构性和水敏性，这两者之间既有联系，又有区别，并由此造就了黄土在变形、强度等多方面的特殊性[1-3]。而且，由于中国黄土地区大多与强震区一致，地震动力作用的存在更加剧了地质灾害的发生与发展，使得对黄土静力、动力特性的研究成为保证黄土地区工程建筑物、地基及环境稳定性的基础课题。

水的渗透及土体变形还可能导致饱和黄土的静态液化诱发滑坡，最具代表性的有黑方台和泾阳南塬黄土滑坡[7]。此外，2009年5月16日晚，兰州市九洲石峡口小区发生黄土滑坡，2万余方黄土将小区内4号楼2个单元的楼体全部摧毁，30余户居民受灾，7人被埋压遇难。2012年4月20日晚，兰州市榆中县高家湾村发生黄土滑坡，将居住在山脚下的一户农户掩埋，申请者参加了此次地质灾害应急调查工作，现场破坏惨烈，砖混结构房屋被下滑黄土体击穿，造成4人死亡。发生年代更早的有1983年甘肃东乡洒勒山黄土滑坡[8]，不到30秒时间，近100万方土体下滑瞬间摧毁村庄，造成200多人死亡。可见，此类黄土滑坡发生时表现为整体性失稳，突发性扩散，以流动的形式、溃散运动冲击坡脚建筑结构，至其损坏，已给我们敲响了警钟。国内外也有许多松散堆积层滑坡案例，失稳后均是发生溃散性流动，扩散后冲击建筑结构。若是地震诱发的黄土滑坡，造成建筑结构损坏将更加严重。因此，饱和黄土的动态液化和静态液化及其诱发的流动性、溃散性滑坡灾害已成为黄土地区的重大隐患。

西北地区农业引水灌溉工程、生活用水等条件改变了黄土区自然环境，黄土液化问题非常严重。本研究将以甘肃黄土为研究对象，采用岩土力学试验和数值模拟，从土-水-力耦合作用机制方面，深入剖析黄土的液化临界条件及影响因素。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1 研究方案

首先，收集资料，了解黄土液化三轴实验研究进展。基于室内试验，开展黄土三轴压缩室内试验(CU)，分析黄土液化特性，揭示不同含水率、不同围压以及不同加载速率等条件下黄土的液化行为及其影响因素。采用数值模拟方法，研究液化型黄土滑坡的成因机制和启滑机理，揭示液化型黄土滑坡的致灾过程及活动强度，从而指导液化型黄土滑坡监测和预警。

总体研究思路和技术路线如图 1 所示。

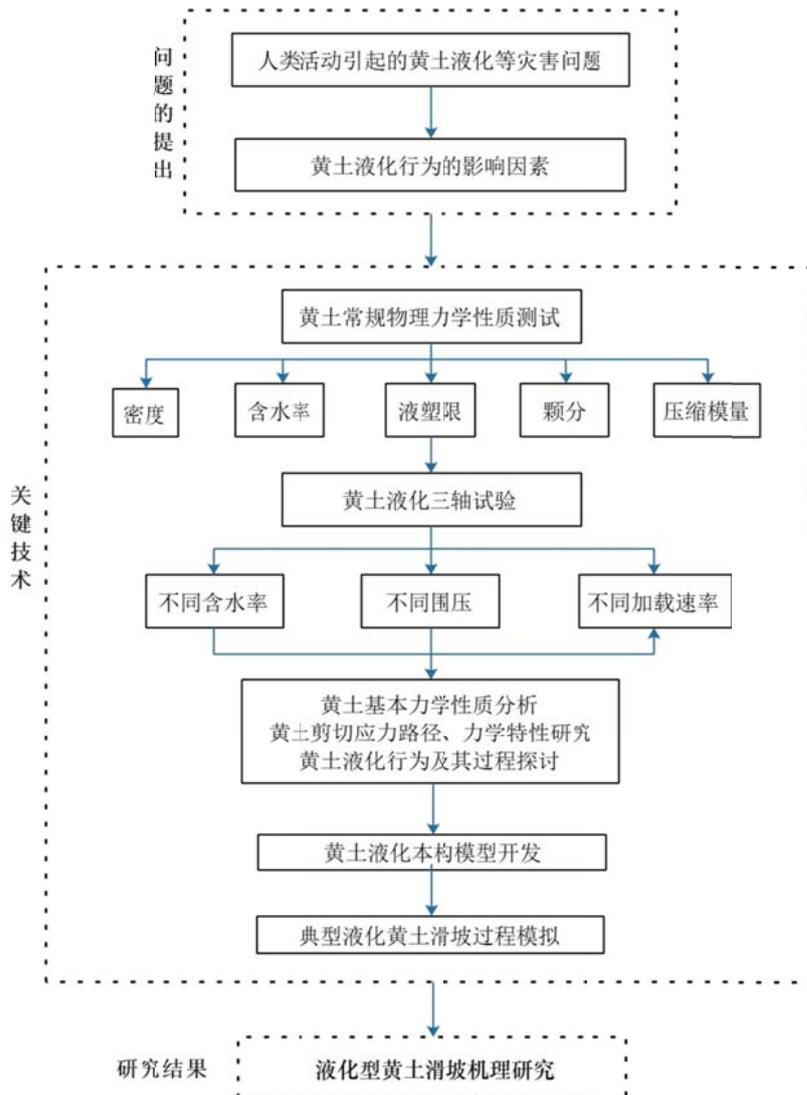


图 1 总体研究思路和技术路线图

2 研究进度安排

2022.12-2023.2：前期文献综述

- (1) 查阅文献，了解黄土液化国内外研究现状。
- (2) 完成黄土液化三轴试验方案的设计；

2023.3-2019.6：黄土液化三轴试验

- (1) 黄土基本物理力学性质测试，获得黄土的密度、含水率、液塑限、颗分以及压缩模量等基本参数；
- (2) 完成不同试验条件下黄土液化三轴测试，分析试验数据。

2023.7-2020.12：典型液化型黄土滑坡的数值模拟

(1) 根据试验所得数据建立黄土液化本构模型，进行数值模拟分析；

(2) 提交项目研究总报告，完成项目验收。

从试验方案设计到数值模拟方法的实施，培养学生的创新能力及动手能力，独立完成科研训练的能力。

三、项目实施的基础和条件

申请团队具备岩土工程以及土力学等理论知识，申请者所在单位中国农业大学水利与土木工程学院岩土实验室具有 3T 自动三轴仪一台，半自动三轴仪一台，应变控制式直剪仪 7 台，另外，土力学实验室还具备岩土工程常规实验仪器若干，能测量土体密度、含水率、液塑限、颗分、压缩模量以及抗剪强度参数，完全能够满足该项目的实验需求。

四、学生提交的成果

拟发表学术论文 1 篇

项目3：气候变化下华北大豆需水时空分析（杨晓琳）

指导教师：水利系副教授 杨晓琳，联系邮箱：yangxiaolin429@cau.edu.cn

一、项目概况

当前，由于全球新冠肺炎疫情的影响，世界经济复苏脆弱，气候变化挑战突出，我国经济社会发展各项任务极为繁重艰巨。2022 中央一号文件《国务院关于做好 2022 年全面推进乡村振兴重点工作的意见》指出，要从容应对百年变局和世纪疫情，推动经济社会平稳健康发展，必须做好“三农”工作，确保农业稳产增产，而且要**大力实施大豆产能提升的工程**。要在黄淮海、西北、西南地区推广玉米大豆带状复合种植，开展盐碱地种植大豆示范，严守 18 亿亩耕地红线。

未来气候变化对于我国农区土地利用、生态恢复、农牧业发展等有极大的影响，如何在农业方面应对气候变化的影响已然成为农区农牧和生态可持续发展面临的严峻问题。探究农业在未来气候的影响下的变化，可为该地区探寻适宜的种植模式提供重要参考并协助保障粮食安全。虽然传统田间试验的研究可靠性较高，但是时间跨度长，难以保证年际代表性，也无法预估未来气候变化与其对作物生产的影响趋势；而作物模型利用其强大的算法和功能，可结合气候变化、土壤特征和管理措施等条件的变化，模拟作物生产过程，解决时间尺度不足与预测数据受限的问题。SIMETAW 模型是美国加州大学开发的作物需水量模式，已经在华北进行了本地化的验证与研究。

有关 SIMETAW 模型的研究进展如下：近年来，国内外学者对华北地区主要粮食作物冬小麦、夏玉米的作物需水量的时空变化进行了大量的研究（刘晓英，2004、2005；李保国，2009；杨晓琳，2011，2012，2013，2021）。国内外预测参考作物需水量的模型较多，目前认为比较精确且应用最多的是 FAO 推荐的 Penman-Montieth 法（Allen, 1994）。此法在我国得到了验证（刘钰，2000）。SIMETAW 模型是由美国加州大学戴维斯分校研究开发的农业水资源管理与规划模型，在估测作物需水量、计算土壤蒸发、制定合理灌溉制度和农业用水规划等方面，提供了理论依据。SIMETAW 模型基于 FAO 推荐的 Penman-Montieth 方程在逐日气象数据资料的基础上计算作物需水量，较之以月或作物生长阶段为基础的方法，准确度更高。宋振伟（2006）、孔箫铎等（2009），杨晓琳等（2011，2012，2013，2020）对 SIMETAW 模型进行了参数校正并对华北地区冬小麦、夏玉米、春玉米、棉花的作物需水量进行了系统分析。Mancosu 等（2015）应用 SIMETAW 模型分别对加州的园艺作物桃树、桔树及大田作物小麦进行需水量、灌溉需水量的模拟和计算分析。Masia 等（2018）应用 SIMETAW 模型评估了过去 30 年在意大利南部气候变化对灌溉农业脆弱性的影响。

因此，本项目基于黄淮海地区气象资料和课题组多年大豆田间定位试验数据，对 SIMETAW 模型

进行调参和验证；探究不同气候情景对黄淮海地区大豆生长需水量及产量的影响，分析大豆不同发育阶段对干旱胁迫的响应情况，为黄淮海地区大豆干旱的监测、预警和影响评估等工作提供参考依据，以期能够稳定乃至助力国内大豆生产。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1、文献学习与分析总结

查阅相关文献和资料，对目前作物需水量的国内外研究进行系统了解，并通过文献查询和资料阅读，了解计算作物需水量和水分循环的国内外模型。

重点培养项目参与学生掌握文献查阅及分析的方法，并培养发现问题的能力。

2、SIMETAW 模型的学习和使用

学习美国加州大学开发的作物需水量模型（SIMETAW model），了解模型的各组成部分、计算步骤。学习模型的参数调整过程及敏感性分析，利用原始输入数据能够准确计算目标作物的作物需水量。

重点培养项目参与学生掌握计算机模型和调参及敏感性分析的过程，应用模型和田间定位实验相结合的能力。

3、数据结果分析及 GIS 可视化表达

对模型计算结果进行统计分析，利用 SPSS/SAS 对计算结果进行科学的统计分析，并比较不同年代间、不同降水年型下的目标作物需水量的变化趋势。并学习 GIS 软件进行结果的可视化呈现。

重点培养项目参与学生分析数据和挖掘数据的方法，科学应用统计分析软件 SPSS/SAS 及 GIS 作图等能力。

4、项目报告的撰写

重点培养项目参与学生的科技论文写作与表达能力，教授学生如何从设计实验、做实验到得到数据结果后进行科学分析归纳等总结能力。

考核方法：

- 1、检查数据查询及计算结果。
- 2、阶段性工作报告。
- 3、总结报告、论文写作、答辩。

三、项目实施的基础和条件

1. 本项目是连续性的系列研究，从 2010 年起通过老师和学生的前期努力和与康奈尔大学、加州戴维斯分校的合作，对华北主作物的需要水量进行了计算分析，并有多篇系列论文发表，有较强的专业研究基础。

2. 已有农水专业、水利专业的本科生相继联系，且表示对此课题感兴趣，更重要的是已经进行了 SIMETAW 模型的学习，目前已经可以独立操作，计算作物的需水量、有效降水量、灌溉需水量等参数。

3. 本项目中 SIMETAW model 是作物需水方面的较为成熟的模型，操作稍简单一些，本项目在时间上较为自由、可不受实验室和实验仪器的时间限制；课题组已经有本科生发表了 2 篇 Agricultural Water management。

可指导学生文献查找、分析方法，指导学生学习 SIMETAW model 及统计软件的应用，培养学术能力，支持并帮助学生通过自己的研究进行学术论文的发表。

四、学生提交的成果

提交项目总结报告，争取发表一篇中文论文。

项目4：基于微波雷达监测农田土壤水分变化及作物响应研究（陈曦）

指导教师：水利系副教授 陈曦，联系邮箱：chenxioffice@cau.edu.cn

一、项目概况

我国面临严重的水资源短缺问题，人均水资源占有量已接近国际公认的严重缺水警戒线。我国灌溉面积需要继续增长，而农业供水量只能维持在 4000 亿 m³ 的水平，急需通过节水技术提高水资源利用效率。目前，我国的农业节水策略已由丰水高产型灌溉转为节水优产型灌溉，这将是保障我国粮食安全、水安全及生态安全的重大战略。

为实现对土壤水分的精准管理及作物对土壤水分变化响应的监测，拟开展基于微波雷达探测地表土壤水分及作物长势变化的研究。从物理原理分析，液态水具有较高的介电常数，且是极性分子，显著影响了土壤的体介电常数和电导率，基于微波信号监测土壤水分变化具有可行性。而基于作物对微波的散射特征和极化响应特性，可分析作物因水分变化造成的长势差异。然而，土壤含水率、作物几何特征等目标参数与雷达波参数之间的关系复杂，控制参数较多，需结合理论分析和实验定标建立定量、简化的函数关系，使微波雷达技术真正应用于作物节水灌溉的场景。

本项目将引导本科生根据实际生产需要，采用时域有限差分方法(FDTD)模拟作物在不同生长期对微波信号的响应特征，基于数据融合方法从雷达数据提取土壤及作物特征参数，并结合定标实验解决多目标信号混叠问题。通过本项目的训练，本科生将了解前沿的探测技术及信息提取算法，拓展分析问题及动手解决问题的能力。在项目实施过程中，学生还需要根据实际场景设计最优的观测模式，从而激发学生的创新精神。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1) 项目立项后，学生即开始检索国内外有关文献，并结合操作模拟软件加深对文献中相关概念的感性理解，内容包括：国内外研究进展综述、项目研究技术路线、实验方案、实施计划等。指导教师将对开题报告进行评审，提出评审意见，并听取学生的意见。

2) 学生按项目实施计划开展研究工作，基于雷达数据估算土壤的介电特征、散射特征以及作物的散射特征；在项目进行 6 个月左右提交中期检查表；学生在与指导教师及有关人员讨论后，对研究内容进一步完善。

3) 研究期满，学生需填写《水利与土木工程学院 URP 计划实施情况考核表》，编写结题报告，并向指导老师汇报有关情况；指导教师将对学生在项目执行过程中的合作能力、思维能力、动手能力、工作态度等方面的表现进行评价；整理有关文档，上交学校有关部门。

三、项目实施的基础和条件

项目申请人一直从事探地雷达等水文地球物理技术的开发工作，对土壤孔隙内离散相物质的电磁学性质进行了定量研究，实现了快速且可靠的连续监测方法。申请人的研究经验，为本项目的顺利开展奠定了坚实的技术基础；本项目依托单位为中国农业水问题研究中心，拥有项目所需的大部分仪器，可为本项目的开展提供设备支撑，目前已初步搭建室内试验所需培养箱平台；此外，相关研究属于世界性热点，有大量资料供参考及借鉴。

四、学生提交的成果

1. 中期检查表；
2. 结题报告。

项目5：利用无级变速黏度计研究水泥净浆黏度特性（彭红涛）

指导教师：土木系副教授 彭红涛，联系邮箱：pwb@cau.edu.cn

一、项目概况

自约瑟夫·阿斯帕丁于 1824 年发明“波特兰水泥”以来，水泥混凝土的生产技术已有显著进步，应用范围日益扩大；目前，水泥混凝土已成为世界上用量最多的人造材料之一。根据中国混凝土与水泥制品协会发布的“行业经济运行年度报告”中 2011 年至 2021 年的商品混凝土年产量数据，建立的商品混凝土与年度关系曲线显示，商品混凝土的产量不断增加。混凝土可以作为石子在砂浆中的分散体，砂浆可以作为砂粒在水泥浆中的分散体，水泥浆是水泥颗粒（约 $10\mu\text{m}$ ）在水中的分散体，是骨料颗粒（砂粒和石子）分散的流体介质。Tattersall 在 1955 年首次研究水泥浆体的流变特性，并证明水泥浆体是一种非牛顿流体。更重要的是，他尝试将水泥浆体的触变行为与混凝土振捣时所体现的流变性联系起来。由于骨料的形状和粒度分布的影响，水泥浆体和混凝土流变性之间的直接联系可能会受到质疑。在这一系列研究中，Ferraris 和 Gaidis 认为混凝土的流变性能主要受其水泥浆体的流变性能控制，因此，研究水泥净浆的流变性能具有一定意义。

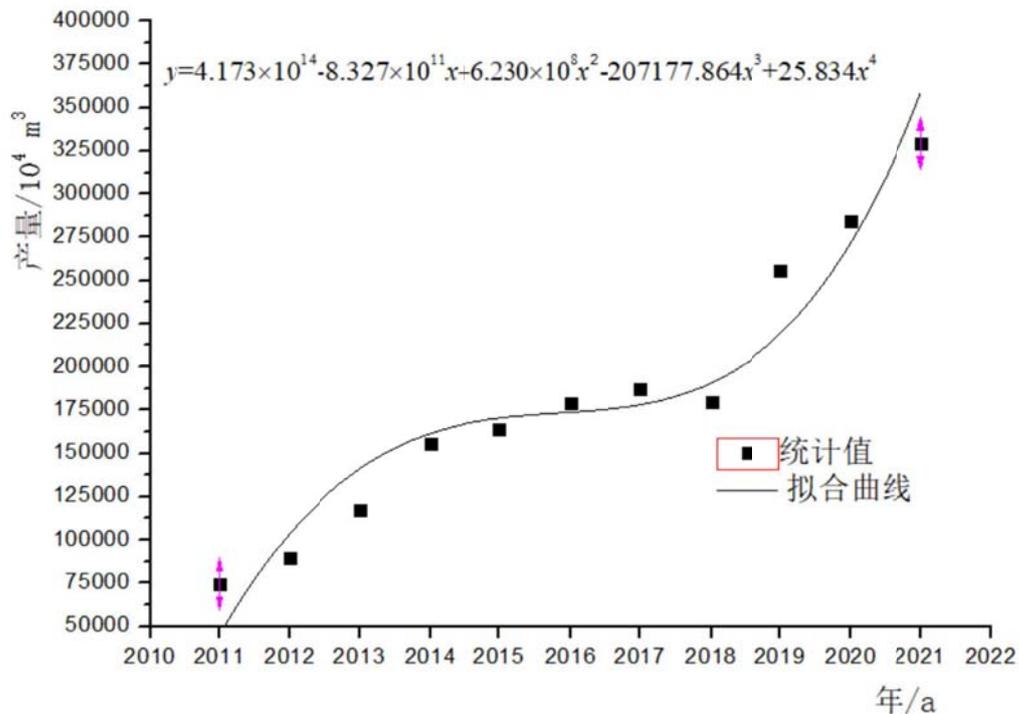


图 1 2010 年至 2022 年商品混凝土产量统计

无级变速黏度计可以通过计算机设置粘度计的测量参数，可显示剪切速率和黏度的流变曲线。

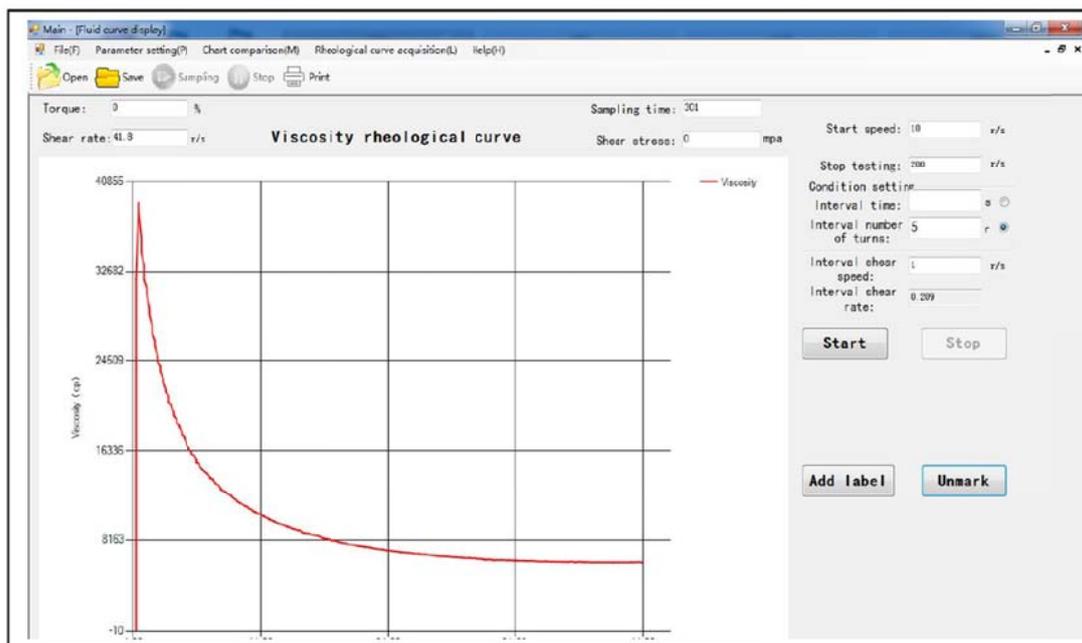


图 2 无级变速黏度计测定的某种试样的剪切速率和粘度的流变曲线

本项目研究旨在指导本科学生根据研究需要选用实验材料，采用理论分析和试验研究手段，利用无级变速黏度计检测水泥净浆黏度随时间变化规律，测得剪切速率和粘度的流变曲线，进而揭示水泥净浆的流变规律。使参与项目研究的本科学生在亲历科研课题的立项、实施和结题的全过程中，培养分析问题、解决问题的能力 and 创新精神。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1) 由于本项目名称指明的是学生科研的范围，学生在参加 URP 计划后，即开始检索国内外有关文献，通过系统理论分析，结合实验室的实验条件，再确定其研究具体的内容，使学生体验科研立项的工作过程。

2) 学生在参加 URP 计划的 3 个月左右上交一份开题报告(字数不得少于 3000 字)，内容包括：国内外研究进展综述、项目研究技术路线、实验方案、实施计划等。

3) 由指导教师组织项目研究的有关人员开题报告进行评审，提出评审意见，并听取学生的意见。学生在与指导教师及有关人员讨论后，对开题报告进一步完善。

4) 学生按项目研究实施计划开展研究工作。

5) 学生在参加 URP 计划 6 个月左右提交中期检查表，内容包括：研究进展情况分析、存在问题 and 解决方案等。

6) 研究期满，学生填写的水利与土木工程学院 URP 计划实施情况考核表，提交书面研究报告(论文)，并向指导老师汇报有关情况。

7) 指导教师评价学生在参加 URP 计划过程中的合作能力、思维能力、动手能力、独立工作能力、工作态度等方面的综合表现，并评定出等级；整理有关档案资料，上交学校有关部门备案。

三、项目实施的基础和条件

我院土木工程基础实验室，拥有常规材料检测的仪器和设备。

申请人已开始了相关实验研究。。

四、学生提交的成果

学生应按《中国农业大学本科科研训练计划(URP)实施办法》的规定，提交：

1. 开题报告
2. 中期检查表
3. 研究报告（论文）

项目6：旱区农田土壤光能与化能自养微生物物种数据集构建（法科宇）

指导教师：水利系副教授 法科宇，联系邮箱：fakeyu@cau.edu.cn

一、项目概况

碳是地球上最重要的元素之一，与地球生物的生存、繁衍息息相关。自工业革命以来，化石燃料的使用、开发建设等人为活动导致大量 CO₂ 排入大气，使得大气中 CO₂ 浓度显著提升，其带来的升温将可能导致气候系统进一步长期变化，对人类生存、生活产生极大威胁。因此，大气 CO₂ 的中和或消纳，是学界长期聚焦的前沿与热门问题。

土壤是陆地生态系统最大的碳库，长久以来，土壤碳库的变化，深刻影响着大气 CO₂ 浓度。因此增加土壤碳库储量，对于消纳 CO₂、减缓气候变化、改善人类生存环境、促进实现“碳中和”具有重要意义。农田土壤碳库是学界长期关注的热点。基于野外实测和模型模拟，大量研究表明，近几十年来，由于保护性耕作等措施的推广，农田 SOC 储量总体增加，进而提升了土壤碳库储量（据估算，自 20 世纪 90 年代以来，农田土壤的固碳速率约为 0.6–1.2 Mg C a⁻¹ ha⁻¹）。农田土壤碳库储量的增加，表明农田土壤具备较大固碳潜力。普遍认为，农田土壤的固碳过程，主要为将大量的有机态外源碳（如作物残体、有机肥等）转化为稳定的 SOC 过程。虽然该过程可能会增强土壤呼吸（土壤通过植物根系呼吸、微生物呼吸、土壤动物呼吸等生物过程向大气排放 CO₂ 过程），但从土壤碳库角度考虑，其碳库储量表现为净增加。随着针对上述农田土壤固碳过程研究的开展，发现与土壤矿物结合和土壤异养微生物作用等是有机态外源碳转变为稳定 SOC 的关键。然而，基于这些研究结果，我们仍然很难实现对农田 SOC 的精确控制和预测，表明我们对农田 SOC 的形成机制仍认知有限。同时，这也限制了我们对农田土壤固碳潜力的挖掘与探索。

近期，一些在旱区开展的研究通过应用长期定位观测与同位素示踪技术，均发现旱区农田土壤可以吸收大量 CO₂，净吸收速率可达 50–70 mg C m⁻² d⁻¹。部分被土壤吸收的 CO₂ 将参与旱区农田土壤中广泛分布的土壤自养微生物代谢，进而被同化为稳定的 SOC。这表明，旱区农田土壤存在其他重要固碳途径，即土壤可通过自养微生物过程提高其 SOC 含量，进而提高土壤碳库储量。然而，现有研究仅发现旱区农田土壤自养微生物涉及放线菌门、变形菌门、绿弯菌门、酸杆菌门、厚壁菌门等众多门类（门分类水平），且各门类丰度差异较大；其碳同化通路可能主要包括还原戊糖磷酸循环、还原柠檬酸循环、3-羟基丙酸双循环、3-羟基丙酸-4-羟基丁酸循环、二羧酸酯-4-羟基丁酸途径及还原性乙酰辅酶 A 途径；土壤自养微生物过程导致的农田土壤净有机碳含量增加速率约为 6 mg C m⁻² d⁻¹。而对于旱区农田土壤自养微生物类群主要的物种（种分类水平）、类别及代谢速率、物种间的关

系、代谢产物等，均认知十分有限，严重限制了我们对农田土壤固碳过程的认知和其固碳潜力的挖掘。对以上不足的探索，首先便要实现构建旱区农田土壤光能与化能自养微生物物种数据集。因此，本研究将针对旱区农田土壤光能与化能自养微生物物种数据集构建开展研究，为深入认知旱区农田土壤固碳过程机制提供理论基础，助力我国生态文明建设及实现“碳中和”目标。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 查阅文献，制定分析方案；
2. 分析数据，构建旱区农田土壤光能与化能自养微生物物种数据集；
3. 撰写实验报告。

学生通过前期查阅文献，丰富相关知识积累，在导师指导下，制定出详细地数据分析方案。经过指导教师指导审核，通过后，预计学生知识储备，文献搜集和逻辑思维等能力均有效提升，掌握一些简单的科研软件工具，初步学会生信数据分析常用方法。以上均将大大提升学生动手、思考等能力。项目从申请、执行，到结题，对于学生亦是一次完整的科研训练。

三、项目实施的基础和条件

1. 研究基础

项目申请人一直从事干旱、半干旱区土壤碳循环方面的科学研究多年。发表 SCI 论文多篇。相关研究经验，可为本项目的开展，奠定坚实的基础。

2. 工作条件

申请项目依托农业水资源高效利用全国重点实验室、水利部农业节水重点实验室、农业农村部农业绿色高效用水重点实验室、农业农村部设施农业工程重点实验室及中国农业水问题研究中心等。项目依托实验室均为集科研、教学、生产、国际合作和科普教育为一体的综合开放性站点，有项目所需的研究中心实验室拥有项目所需大部分化学器材和土壤微生物基础生信数据等，可为本项目开展提供支撑。

四、学生提交的成果

1. 旱区农田土壤光能和化能自养微生物物种数据集
2. 结题报告

项目7：京城市老旧小区数字孪生模型的精细化构建研究—以北京“回天地区”为例（奚雪松）

指导教师：农建系副教授 奚雪松，联系邮箱：xixuesong@cau.edu.cn

一、项目概况

“回天地区”是十四五期间北京城市更新及治理的重点样板地区。2022 年，回天地区将工作重点放在重点地段和重点社区公共景观优化与建设上，将系统性的实施街道内重点街区空间改造工程，统一道路两侧商铺里面形象，实现街区治理的初步成效，打造良好门户形象。同时，努力建立共建共商共管机制，强调居民参与，回天有我，让设计能够更好的服务于使用者。

本研究拟以“回天地区”天通苑南街道的东二社区等城市老旧小区为例，通过 SU 和 REVIT 平台搭建精细化的数字孪生模型，构建老旧小区中建（构）筑物、交通、绿地等真实场景并可与之交互的数字孪生镜像，为该地城市社区更新和治理行动奠定坚实的数据基础。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(1) 2023 年 4 月-2023 年 6 月，完成东二社区等老旧社区的物质空间的现状调查工作，完成场地现状资源的摸查与整理工作，学习 SU 和 REVIT 软件和建模技术。

培养田野调查能力和软件学习能力，考核是否掌握并应用城市开放空间调查方法，学习并掌握 SU 和 REVIT 软件建模方法。

(2) 2023 年 7 月-2023 年 12 月，通过 SU 和 REVIT 平台搭建东二社区的数字孪生模型。培养建筑和景观的模型建构能力，考核是否完整构建社区的数字孪生模型

(3) 2024 年 1 月-2024 年 4 月，检查与核对数字孪生模型的准确性和稳定性。

考核数字孪生模型的准确性和稳定性。

三、项目实施的基础和条件

(1) 本项目为北京市《深入推进回龙观天通苑地区提升发展行动计划（2021—2025 年）》和昌平区 2023 年年度工作部署的组成部分。

(2) 研究地点距离学校仅有三十分钟的车程。

(3) 导师于 2020 年受聘为北京昌平区天通苑南街道责任规划师，2021 年获“北京市优秀责任规划师”，本项目位于天南街道辖区内。

(4) 前期《城乡规划与设计》研究生课程、2022 年 URP 已完成两个片区的部分建模工作。

四、学生提交的成果

- (1) 调研报告
- (2) 基于 SU 和 REVIT 平台的数字孪生模型

项目8：甘肃地区干旱时空演变特征分析（佟玲）

指导教师：水利系教授 佟玲，联系邮箱：tongling2001@cau.edu.cn

一、项目概况

20 世纪至今，全球气候正经历着一场以变暖为主要特征的显著变化。全球变暖加剧了极端降水、高温热浪和一系列复合灾害事件的负面影响。干旱作为影响范围最广的自然灾害，威胁着世界上超过 45% 的土地。严重阻碍全球粮食安全、生态稳定及人类可持续发展。研究和完善干旱监测、预警技术。对探究干旱时空演变、分析干旱影响因素、预估未来干旱变化等方面具有重要意义。

中国是一个地形地貌复杂多变，且季风气候特点显著的国家。由于季风的不稳定性，导致境内水热分布不均匀，干旱等极端气象灾害频发。尤其是深居腹地的西北地区。有记录显示 1950-2000 的 50 年间，甘肃发生 34 次波及全省的严重旱灾。干旱灾害影响地区农业生产，畜牧养殖，导致植被退化，破坏生态环境，进而影响地区社会经济发展。

在以往有关干旱地区干旱的研究存在一些不足，比如时间跨度相对较短，缺乏对未来趋势的分析，缺乏季节尺度的研究。难以全面分析干旱的时空分布特征与趋势变化。鉴于此，本项目采用 Sen's slope estimator、Mann-Kendall test 等方法分析区域干湿状况的趋势性和周期性特征；耦合 Sen's slope estimator 和 Hurst 指数探索未来干湿变化趋势。力求对 1961-2020 年中国甘肃地区气象干旱的趋势性、突变性、周期性和空间变异性进行分析，以期对干旱的预测、监控、防御和减灾工作提供依据。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(1) 资料搜集和整理（2023 年 4 月-2023 年 6 月）

要求学生查阅相关书籍和文献资料，了解相关研究背景及国内外研究现状，写一篇 2000 字左右的文献综述，培养学生查阅文献能力与写作能力。

(2) 平台操作与软件学习（2023 年 7 月）

在前期工作完成的基础上，收集并整理数据（气象数据、遥感数据和 DEM 数据）。

(3) 数据整理和分析（2023 年 8 月-2024 年 4 月）

在获取数据的基础上进行数据处理、分析与结果表征。

学习 Sen's slope estimator、Mann-Kendall test、Pearson 相关性分析等分析方法的原理和实际操作。

学习 ArcGIS 基础软件操作。

撰写研究报告。

三、项目实施的基础和条件

申请者主要从事灌溉排水理论与新技术方面的研究，先后主持和参与多项国家自然科学基金项目、国家重点研发计划等课题的研究工作，具有较好的研究工作基础，利于学生能力的培养。

本项目申请者所在的单位拥有中国农业大学中国农业水问题研究中心“农业节水与水资源实验室”、教育部农业节水与水资源工程研究中心和农业部作物高效用水武威科学观测试验站等研究平台。

四、学生提交的成果

1. 文献综述 1 份
2. 撰写研究报告 1 篇

项目9：作物耐盐高产品种筛选研究（张成龙）

指导教师：水利系副教授 张成龙，联系邮箱：zhangcl1992@cau.edu.cn

一、项目概况

全世界盐渍土分布广泛，总面积达到 10 亿 hm^2 ，我国盐渍土面积占全球盐渍土面积的 1/10。宁夏回族自治区位于我国西北地区东部、黄河上游，地处半干旱、干旱区，降水稀少。由于自然和人为因素，长期的引黄灌溉使得宁夏银北地区土壤盐渍化十分严重。目前银北地区盐碱地已占总耕地面积的 49%以上，土壤盐渍化已成为影响当地农业生产的主要问题之一，严重制约了宁夏银北地区农业生产。因此，改良利用宁夏引黄灌区盐渍化土地是一项重大、长远、紧迫的战略任务。针对河套平原水资源刚性约束和土壤次生盐渍化下农业产能提升的问题，迫切需要对河套平原进行耐盐高产水稻、玉米、小麦、饲草等的筛选。

鉴定和选育耐盐作物来利用盐碱地，由治理盐碱地适应作物向选育耐盐植物适应盐碱地转变，是实现盐碱地生态保护和高质量发展的有效途径。因为作物在不同生育阶段的耐盐能力鉴定指标不同，所以在鉴定耐盐高产作物时应该分不同生育时期分析。一般的筛选方法是通过多指标综合分析、主成分分析、隶属函数等多元统计方法对作物品种进行耐盐鉴定评价。但是主成分分析等方法大多需要进行大田实验或者盆栽实验获取数据，筛选周期较长。而且不同地区的气象条件以及盐渍化程度也不同，这就要求在进行耐盐高产作物品种的筛选中，筛选方法必须具有快速性和动态性。

本项目将基于田间试验数据、历史试验数据和无人机快速获取的作物生长信息作为模拟模型的输入，通过大量的情景模拟，获得不同情景模拟下的作物指标：例如叶面积、株高、光合干物质累积量、净光合速率、水分利用效率、气孔导度、单株作物产量等。盐分指标：盐分浓度临界阈值、耐盐属性（满足作物产量和作物生长）、气孔-盐分响应关系。通过设计的不同的适应度函数对上述提到的指标进行初选，选择适应度值较高的模拟结果进入复选。利用响应面原理对适应度较高的值进行复选，即通过以作物品种、盐分浓度、生长阶段和作物产量为因素生成响应面，从而得到耐盐高产的品种，即定选。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(1) 文献查询和整理（2023 年 4 月-2023 年 8 月）

要求学生查阅相关书籍和文献资料，了解作物耐盐高产品种筛选的研究背景及国内外研究近况，熟悉农田水分利用效率模型的使用，以及学会适应度函数的设计和响应面分析。写出 2000 字左右的文献综述，培养学生查阅文献和综述写作的能力。

(2) 数据整理和分析（2023 年 9 月-2023 年 12 月）

在文献调研和综述的基础上，搜集研究区域的水文、气象和相关作物数据。掌握编程软件 Python 的基本使用和编程语言，并尝试进行适应度函数的设计，培养学生资料收集、理论学习和编程能力。

(3) 结题研究报告的撰写（2024 年 1 月-2024 年 4 月）

熟练利用农田水分利用效率模型进行多情景模拟，利用设计的适应度函数，使用 SAS 软件中 RSREG 程序进行响应面回归分析，得到耐盐高产的最优品种，并进行相应的结果分析。

在结果分析的基础上，撰写结题研究报告（论文），培养学生的科技论文写作能力。

三、项目实施的基础和条件

(1) 项目申请成员应完成《高等数学》、《概率论与数理统计》等基础课程的学习，应具备较强的自学能力；应具备较高的英语和计算机水平；

(2) 具备计算机硬件设备和相关辅助软件，具有良好的计算机编程基础；

(3) 申请者所在的单位拥有丰富的作物耐盐高产研究的经验和硬件设施，并且本项目依托水院的实验室和教学科研平台，能保证该项目的顺利实施。

四、学生提交的成果

1. 文献综述一份；
2. 作物耐盐高产品种筛选研究方案一套；
3. 研究报告一份。

项目10：黄土高原不同生态系统降水再分配变化特征研究（王棣）

指导教师：水利系讲师 王棣，联系邮箱：wangdi0409@cau.edu.cn

一、项目概况

受自然侵蚀和人为破坏影响，黄土高原水土流失剧烈，植被退化严重，生态环境脆弱（郑粉莉等, 1995）。为保护和改善生态环境，自 20 世纪 90 年代以来，我国在黄土高原实施了大范围的“退耕还林（草）”工程。随着“退耕还林（草）”工程的不断实施，黄土高原植被覆盖度由 1999 年的 31.6% 增加至 2013 年的 59.6%，水土流失面积逐步降低，土壤侵蚀量明显减少（Chen et al., 2015）。黄土高原土层深厚，降雨作为主要水资源补给，多年平均降雨量仅为 466.0 mm，年内、年际间分布不均，因此，有限的水资源成为该地区植被恢复与生态环境重建过程的重要限制因子（杨文治, 2001；Shao et al., 2018）。降水经植被冠层拦截后主要分为三部分：冠层截留、穿透雨和树干茎流。冠层对降水的再分配改变了水量的空间分布格局，从而影响土壤-植物系统的水文和养分循环过程（Porada et al., 2018）。冠层截留削弱了部分降雨功能，增加了干旱胁迫风险，对生态系统各界面水热传输、分配和水量平衡都有重要影响（Good et al., 2015）。穿透雨和树干茎流则反映了最终到达冠层下、可转化为土壤水的潜在降水量（Snyder et al., 2022）。现有关于黄土高原不同生态系统降水再分配的研究较多且取得了较大进展，但现有研究多集中在某一研究区的一个或多个典型植被，对黄土高原不同生态系统类型（间）降水再分配各组分变化缺乏深入系统的研究。现有研究多以次降水事件静态结果为主，对典型生态系统降水再分配动态变化特征有必要进行系统整合（Yue et al., 2021）。针对黄土高原典型生态系统降水再分配研究现状，本项目系统整理分析黄土高原典型生态系统降水再分配各组分变化规律，揭示该地区典型生态系统降水再分配各组分与生物非生物因素的相关性，研究结果可为该地区有限水资源条件下植被选择提供科学依据，对理解该地区“退耕还林（草）”工程的生态水文效应、实现人工林健康稳定发展具有重要实践意义。

参考文献

- 郑粉莉, 唐克丽, 张科利, 查轩, 白红英. 1995. 自然侵蚀和人为加速侵蚀与生态环境演变. 生态学报, 15, 251-259.
- Chen, Y., Wang, K., Lin, Y., Shi, W., Yi, S., He, X. 2015. Balancing green and grain trade. *Nature Geoscience*, 8, 739-741.
- 杨文治. 2001. 黄土高原土壤水资源与植树造林. 自然资源学报, 16, 433-438.
- Shao, M.A., Wang, Y., Xia, Y., Jia, X. 2018. Soil drought and water carrying capacity for vegetation in the critical zone of the Loess Plateau: a review. *Vadose Zone Journal*, 17, 170077.

Good, S., Noone, D. and Bowen, G., 2015. Hydrologic connectivity constrains partitioning of global terrestrial water fluxes. *Science*, 349: 175-177.

Porada, P., Van Stan, J.T. and Kleidon, A., 2018. Significant contribution of non-vascular vegetation to global rainfall interception. *Nature Geoscience*, 11(8): 563-567.

Snyder, D.K., Stringham, T.K. and Snyder, K.A., 2022. Rainfall interception by mountain big sagebrush (*Artemisia tridentata* spp. *vaseyana*): Dryland shrub canopy cover affects net precipitation. *Hydrol. Process.*, 36(1): e14441.

Yue, K. et al., 2021. Global patterns and drivers of rainfall partitioning by trees and shrubs. *Global Change Biology*, 27, 3350-3357.

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 文献收集与整理

根据关键词搜索相关文献，初步了解黄土高原不同生态系统降水再分配特征；设定筛选条件，对收集的文献进行整理，形成 3000 字左右的综述。对植被特征、穿透雨、树干茎流、冠层截留和气象因素等进行处理，培养学生的文献收集、文献阅读和数据整理能力。

2. 数据处理与分析

对整理得到的数据进行分析，明确黄土高原典型生态系统降水再分配变化规律，结合影响因素分析典型生态系统降水再分配变化的主导因素，并构建降水再分配各组分与影响因素的经验模型。该部分可培养学生的数据处理及作图软件的使用能力。

3. 报告撰写与提交

撰写项目结题报告，主要内容包括文献综述、数据统计等。该部分内容有利于培养学生逻辑思维能力及研究报告撰写能力等。

三、项目实施的基础和条件

申请人主要从事西北旱区生态水文方面研究，具有丰富的生态水文理论基础和野外工作经验，以第一作者/通讯作者发表论文 12 篇。申请人以第二作者在水文学领域 Top 期刊 *Journal of Hydrology* 发表全球尺度灌木生态系统蒸散和蒸腾速率文章，积累了相对丰富的文献收集和数据集成经验，可保证项目顺利开展。

四、学生提交的成果

相关数据一份；相关图表若干；结题报告一份。

项目11：动物身份信息识别定位系统设计（施正香）

指导教师：农建系教授 施正香，联系邮箱：shizhx@cau.edu.cn

一、项目概况

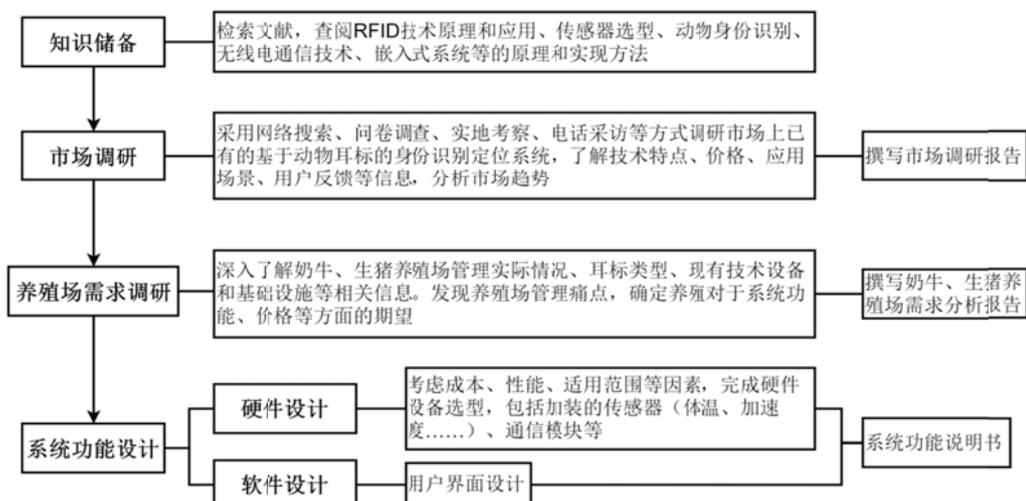
现代畜牧生产中需要更加高效精准的动物身份信息识别定位技术，以便及时掌握动物个体与生产性能、动态管理相关的数据信息。动物身份信息识别定位系统基于动物耳标，实现对动物的身份识别和位置跟踪。现有动物耳标主要用于标识身份信息，如品种、性别、出生日期等，通过在耳标上加装传感器、定位和通信模块，可以将动物耳标的功能进一步扩展，帮助管理人员更好地进行养殖管理和生产调度，以更好地获取动物生产状况、流向，提高养殖效益和管理效率，为实现均衡可控生产、保障畜产品安全提供数据支撑。

目前市场上已有多种动物身份信息识别定位系统，使用射频识别技术(RFID)、蓝牙低功耗技术(BLE)、GPS 技术等对动物进行身份识别、定位和监测，但这些系统价格高昂且并不完全符合养殖场实际需求。不同养殖场对身份识别、定位和数据的需求有所不同，需要根据具体场景进行个性化定制，有些养殖场侧重实时监测动物健康状况，有些养殖场则更加关注动物的运动轨迹和行为。为解决以上问题，需要对市场上已有的动物身份信息识别定位系统进行调查研究，了解其技术特点、价格、性能、可靠性等方面的优劣，同时进行养殖场需求调研，结合实际需求和现有技术确定系统功能和性能指标，以便设计出更加适用于养殖场的动物身份信息识别定位系统，实现动物养殖管理的高效和精准化。

本项目旨在通过调研大型奶牛、生猪养殖企业的实际需求和市场上已有产品，设计可满足大型养殖生产系统中的动物身份信息识别定位系统框架，以便为养殖业科学决策提供参考。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

本项目实施流程如下：



项目实施过程中，团队成员将共同协作完成各环节任务，培养团队合作能力；项目前期需要学生对市场上已有的动物身份识别定位系统进行调研，搜集有关技术、价格、应用场景等信息，并对调研结果进行分析和总结，培养学生调研能力；项目期间需深入一线，与养殖场相关人员充分沟通交流，培养沟通协调能力；在系统设计环节中，学生需要结合市场和养殖场调研的结果，通过研究新技术实现对现有动物耳标的功能拓展，培养技术创新能力；整个项目周期团队将面临各种技术问题，需要团队成员积极思考和寻找解决方案，培养独立思考和解决问题的能力。

三、项目实施的基础和条件

1. 项目实施基础

掌握动物养殖相关领域知识，了解市场和养殖场调研的基本方法和技能，能够对调研结果进行系统分析和总结。

2. 项目实施条件

本项目指导教师与国内养殖场广泛合作，可联系奶牛及生猪养殖场协助配合开展实地调研，并提供相关指导。

四、学生提交的成果

1. 市场调研分析报告：调研分析市场上已有的动物身份识别定位系统，汇总各类产品的技术特点、价格等信息
2. 奶牛、生猪养殖场需求调研报告
3. 动物身份识别定位系统功能设计说明书：包含系统所需功能和性能指标。

项目12：不同处理方式对于鸡粪处理的影响（王新锋）

指导教师：农建系实验师 王新锋，联系邮箱：xinfengw@cau.edu.cn

一、项目概况

本项目围绕“农业工程领域”和“环境工程领域”的畜禽粪污处理，以鸡粪为对象，通过调研文献和试验，探究不同处理方式（烘干、堆肥、发酵等）对于鸡粪处理的影响，本项目希望对比不同处理方式，获得较为经济实用的处理方式，建立不同的处理流程，同时比较各自的经济成本。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

2.1 研究内容

首先调研文献，了解处理鸡粪的不同方式（烘干、堆肥、发酵等）各自所需的仪器设备、条件参数等。

调研取样，对鸡粪进行分析，包括水分、灰分、氮素含量、有机质含量等特征。对比处理前后的鸡粪中水分、灰分、氮素含量、有机质等含量的变化，对比各过程中消耗的能源电力，比较产品的形态和价格，获得较为经济实用的方法。其中，水分利用烘箱测定，碳、氮含量采用碳氮分析仪测定，金属离子含量采用离子色谱仪分析。有机质测定采用重铬酸钾氧化——分光光度计法。

核算经济成本。

2.2 培养学生创新能力

培养学生的动手能力，设计试验方案及操作实验，锻炼写作能力，学生对于提高废弃物的处理方向的研究认知。

三、项目实施的基础和条件

中国农业大学图书馆包含中文知网、万方，英文爱斯维尔等数据库，满足项目开展过程的文献查阅所需。

依托农业农村部设施农业工程重点实验室，可以提供满足课题实施的老师、实验场地，实验需要用到的仪器和器材，可确保实验的顺利进行。

四、学生提交的成果

- 1 中期检查报告；
- 2 结题报告；
- 3 文献综述，一篇中文初稿。

项目13：果实表面水汽导度对温湿度响应研究（陈金亮）

指导教师：水利系副教授 陈金亮，联系邮箱：chenjinliang@cau.edu.cn

一、项目概况

果实表面蒸腾是果实水分散失的主要途径，果实表面的角质层是阻碍果实水分通过表面蒸腾散失的主要屏障，其结构功能随着果实生长发育而发生变化，并受外界环境因素如气温和相对湿度的影响。果实表面角质层的结构功能和外界微气候环境共同决定果实表面水分散失速率，从而调控果实水分平衡和果实温度，影响果实的膨大生长和生化代谢过程，最终影响果实产量和品质。

本项目基于田间试验观测和实验室生化分析探索田间温湿度条件对葡萄和棉花果实表面角质层发育形成及其水汽导度的影响，以期营造葡萄和棉花优质高产的微气候环境提供理论基础和科学依据。本项目研究内容包含：（1）田间温湿度条件对果实生长发育过程中表面角质层解剖结构的影响；（2）田间温湿度条件对果实表面角质层化学组成及含量的影响；（3）田间温湿度条件对果实表面水汽扩散导度的影响；（4）田间温湿度-果实角质层结构组成-果实表面水汽扩散导度相关关系。本项目的目标是建立果实角质层结构功能与田间温湿度的定量响应关系，为葡萄园和棉田的微气候环境调控（如微喷弥雾）提供科学参考。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 基本路线

该环节考核培养学生掌握专业方法和工具的能力以及实验室操作技能。

学生按照进程，先后掌握采用生物解剖学技术如显微镜观测果实表面角质层结构，利用生化分析方法测定果实角质层化学组成及含量，采用失重法测定果实表面水汽扩散导度等实验室操作技能；掌握对试验数据的多元统计方法。

2. 研究方案

该环节注重学生科研能力的培养。

- （1）探索果实角质层结构组成对田间温湿度变化的响应规律；
- （2）分析田间温湿度对果实表面水汽扩散导度的影响；
- （3）量化田间温湿度与果实表面水汽扩散导度之间的相关关系。

3. 进度安排

2023.04-2023.05：查阅文献、资料、专业书籍进行专业知识学习，资料收集；

2023.06-2023.08：田间取样并进行实验室分析；

2023.09-2023.12: 对获取的试验数据进行统计分析;

2024.01-2024.04: 整合分析结果, 撰写科研结题报告。

三、项目实施的基础和条件

(1) 项目申请成员已完成《高等数学》、《大学物理》、《大学化学》等基础课程的学习, 具备完成大学物理或化学试验的基本能力;

(2) 英文阅读及计算机应用水平优秀;

(3) 学习掌握相关统计分析软件如 SPSS、R、SAS 等。

四、学生提交的成果

完成本科生 URP 科研结题报告。

项目14：国展二期无柱展厅钢结构屋盖施工方案优化（剧锦三）

指导教师：土木系教授 剧锦三，联系邮箱：jujinsan@cau.edu.cn

一、项目概况

本项目将采用有限元软件二次开发技术，对北京国展二期项目无柱展厅钢结构屋盖施工过程的力学性能进行分析，对比不同施工方案下由施工顺序的不同导致的结构内力、变形和稳定性的差异，这会对后续的设计状态造成影响。如何判定该影响的大小，需要进行精确建模和力学分析，根据钢结构屋盖在施工过程中的受力情况结果做出及时调整，实现现有施工方案的优化。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 学习 ANSYS、MIDAS 等有限元软件；
2. 查阅相关文献，熟悉规范设计方法；
3. 对钢结构进行有限元建模；
4. 使用线性分析方法与非线性分析方法，导出结果文件数据，编写后处理程序进行后处理；
5. 结合规范编写计算程序；
6. 形成成果。

三、项目实施的基础和条件

学生已经学习了 ANSYS、Midas 等工程软件，有一定的有限元软件应用和有限元知识基础。钢结构课程介绍过钢结构设计原则及设计方法以及钢结构构件的性能和计算，将钢结构实际工程与编程技术结合，既可以实现软件的二次开发和应用，又可以深化学生对设计方法的认识和对规范的理解。

四、学生提交的成果

提交一份程序文件及项目结题报告。

项目15：透平膨胀机动压气体轴承设计（杨魏）

指导教师：流体系教授 杨魏，联系邮箱：wyang@cau.edu.cn

一、项目概况

透平膨胀机动压气体轴承尺寸小、转速高，内部流动复杂，通过调研确定承载性能好的透平膨胀机动压气体轴承结构，并完成建模和数值模拟，分析不同参数对透平膨胀机动压气体轴承性能的影响。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 调研透平膨胀机动压气体轴承常用结构，至少确定 2 种结构进行对比分析
2. 建立透平膨胀机动压气体轴承的数值模拟模型
3. 完成至少 2 种透平膨胀机动压气体轴承结构的数值模拟，分析不同结构对轴承承载力影响。

三、项目实施的基础和条件

数理基础；制图基础；计算机使用基础。

四、学生提交的成果

- 1、文献综述及研究方案
- 2、透平膨胀机动压气体轴承结构模型
- 3、研究总结报告。

项目16：混输泵内气泡和颗粒效应的试验研究（张文武）

指导教师：流体系副教授 张文武，联系邮箱：zhangwenwu@cau.edu.cn

一、项目概况

与传统的单独输运介质的方式相比，多相混输没有繁杂的分离设备且输运介质共用一条管线，显著提高了输运效率。对于海洋油田资源开采，多相混输意味着可以用海底装置代替海上平台，大幅降低基础建设投资费用。同时，在油田开采过程中，需要对从油井中直接开采出的含有油、气、水及各种杂质的多相混合物进行集输。因此，油田资源开采过程包含典型的气液固多相流动问题。

混输泵是油田资源开发多相混输过程的关键设备，在油田开采过程中输送油、气、水等目标介质的同时，必然还会伴随输送固体杂质，进而影响混输泵的性能和内部流动。虽然少部分学者针对气液固三相流条件下的泵内外特性进行了试验测试，但由于三相流动之间存在复杂的界面作用和相对速度，导致参数测量的难度较大。因此，关于气泡和颗粒对混输泵外特性及内部流场的影响规律仍不明确。

本项目通过对一试验测量获得的混输叶片泵外特性和内部流场结果进行分析，研究气泡和颗粒对混输泵内、外特性的影响规律，获得不同运行条件下气泡和颗粒的运动和分布规律，总结混输泵内气泡和颗粒效应。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

2.1 混输泵内气泡效应的试验分析

(1) 2023.04-2023.05：调研国内外有关混输泵试验测量方面的文献，理解目前混输泵的试验研究现状，包括试验方法、试验内容和试验结果处理技术等。

(2) 2023.06-2023.07：整理混输泵的试验测试结果，分析不同流量、不同进口含气率下混输泵的内、外特性结果。

(3) 2023.08-2023.09：总结分析混输泵内气泡的运动和分布规律，明确进口气泡含量对混输泵的影响规律。

2.2 混输泵内颗粒效应的试验分析

(1) 2023.10-2023.11：着重调研气液固多相流泵或固液两相流泵中的颗粒效应，并学习相关试验结果的处理技术和方法。

(2) 2023.12-2024.01：利用试验后处理技术，对高速摄影拍摄获得的混输叶片泵内流场结果进行后处理，分析固体颗粒的运动和分布规律。

(3) 2024.02-2024.03: 根据获得的分析结果, 撰写混输泵内气泡和颗粒效应的相关文章。

(4) 2024.04-2024.04: 撰写分析报告, 准备项目结题。

2.3 考核办法

(1) 完成《混输泵内气泡和颗粒效应的试验分析报告》。

(2) 撰写文章一篇或发明专利一项。

三、项目实施的基础和条件

申请者的研究方向为流体机械内部流动机理、流动控制和优化设计。在流体机械优化设计与流动分析方面已取得一定的研究成果。主持国家自然科学基金面上项目(52279092)和青年项目(52109107)、中国博士后科学基金站前特别资助(2019TQ0168)、博士后国际交流计划学术交流项目、国家重点实验室基金、教育部重点实验室基金等, 以第一作者发表论文 30 余篇。同时, 申请者已具备混输泵内气泡和颗粒效应的试验分析和图片处理用的高性能计算服务器, 可以满足项目的计算需求。

四、学生提交的成果

(1) 完成《混输泵内气泡和颗粒效应的试验分析报告》。

(2) 撰写文章一篇或发明专利一项。

项目17：日光温室空气 UV 灭菌研究（宋卫堂）

指导教师：农建系教授 宋卫堂，联系邮箱：songchali@cau.edu.cn

一、项目概况

日光温室生产作物方式是实现乡村振兴的重要举措和促进农民增收致富的支柱产业之一，是发展现代农业的重要载体。通过日光温室与相配套的设施设备可以创造出满足植物生长的小气候环境，但因其温度、湿度、光照等环境因子分布不均匀、密闭性强的环境特点，极易形成低温高湿或者高温高湿的环境条件，这为一些真菌、细菌的萌发和生长创造了有利的条件。温室内常见的病害有霜霉病、白粉病、灰霉病、叶霉病等，这些病菌能够产生大量孢子，菌丝或孢子借助气流传播，进而附着在植物的各个器官，影响植物正常生长。这种气传病害流行性强、传播力快、范围广，对日光温室蔬菜生产产生不利影响。如黄瓜霜霉病病菌，病原菌（古巴假霜霉菌 *Pseudoperonospora cubensis*）会侵染植物叶片和茎部，影响植物蒸腾及光合作用，从而影响有机物合成和积累；番茄灰霉病，病原菌（灰葡萄孢菌 *Botrytis cinerea*）直接侵染植株果实，造成果实腐烂、霉变等，这些病害直接降低作物产量，影响产品品质。因此需要对温室空气进行灭菌，以此来控制病菌的发展和传播。

紫外线灭菌作为一种有效的杀菌手段，对空气的消毒已广泛应用于食品工业、卫生防疫、制药工业、医疗、科研、航天等领域。波长范围在 200~275nm 之间的紫外线均有灭菌作用，即紫外线 C 波段（UV-C）。由于 UV-C 具有较高的光子能量，当它照射微生物时就能穿透微生物的细胞膜和细胞核，破坏其 DNA 的分子键，使其失去复制能力或失去活性而死亡。UV-C 还能通过影响微生物中许多酶的活性，改变其蛋白分子的结构和功能，从而影响蛋白质及核酸的代谢合成使微生物毒性减弱，甚至死亡。许多研究表明，紫外灯不同的照射时长对空气中的真菌、细菌有不同的杀灭效果。刘丽等研究表明，经紫外线直接照射法 10min 时，灭菌率为 31.45%；照射 20min 时，灭菌率为 63.24%；照射 30min 时，灭菌率为 89.44%。祖鹤等人的研究结果说明，经过短波紫外照射可以明显杀灭鲜切菠萝中大肠菌群，60~90s 时可以显著降低菠萝中霉菌、酵母菌以及菌落总数的含量。

为了减少和控制日光温室内病菌的萌发和生长，提高温室蔬菜生产效率。试验预于 2023 年 3 月至 2024 年 3 月在北京市房山区石楼镇襄驸马庄弘科农场的日光温室中进行。本项目利用 UV-C 的灭菌原理，自主开发一套用于日光温室空气灭菌的紫外灯装置，主要构件包括紫外灯、风扇及反光罩。利用空气微生物采集方法，通过检测紫外灯不同照射时长以及不同风速试验水平下微生物的数量，计算紫外灯对日光温室空气微生物的灭菌率。首先分析紫外灯风扇装置在日光温室灭菌的可行性，其次找到紫外灯灭菌装置的最佳照射时间和风速大小，最终为紫外灯风扇装置日光温室空气灭菌参

数的确定提供理论基础。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1、紫外灯装置的制作。查找相关资料，使用 solidworks 绘制紫外灯装置图，利用市场上已有的材料，手工制作紫外灯装置。培养学生的空间几何想象和动手制作能力。

2、日光温室空气微生物的采集。学习自然沉降法、固体/液体撞击法采集微生物原理，并进行田间采集。锻炼学生田间操作技能，培养学生分析问题和解决问题的能力。

3、培养微生物并计菌落数。配制培养基，包括全微生物培养基、真菌和细菌培养基，接种微生物并进行培养。使学生了解不同培养基之间的区别，并学会微生物的培养及技术规则。

三、项目实施的基础和条件

理论指导：紫外灯灭菌技术发展比较成熟，关于紫外灯灭菌的文献资料比较丰富，对项目的开展和实施有一定的参考作用，实验操作过程也有实验指导书进行指导。

实验条件：课题组拥有试验日光温室场地，具备微生物超净操作平台、紫外灯等仪器设备，能够满足本项目的开展和进行。

四、学生提交的成果

- 1、用于日光温室空气灭菌的紫外灯装置实物
- 2、研究报告或者研究论文 1 份

项目18：基于 OpenFOAM 的泵站水沙两相流研究（资丹）

指导教师：流体系讲师 资丹，联系邮箱：dzi@cau.edu.cn

一、项目概况

大型泵站在农业灌溉、洪涝排水、市政供水和跨区域调水等领域发挥重要作用。我国大量泵站在含沙情况下运行。比如黄河流域建有的大量扬水工程，许多大中型泵站以黄河水为来流水源。来流水源含沙的泵站，泥沙会在泵站前池、进水池内造成淤积，导致过水断面面积减少并恶化入泵水流的均匀性，影响水泵的运行效率并造成水泵磨蚀等问题。泵站实际运行经验发现，泵站在运行 2000~3000h 之后，水泵的装置效率急剧下降，有的甚至降低至 40%，严重影响了泵站的正常运行和效益发挥。

本项目以引黄泵站为研究对象，研究设计水位下泥沙在泵站进水系统内的扩散分布特征和沉降规律。欧拉-拉格朗日方法在描述泥沙颗粒尺度信息方面具有突出优势，因此本项目采用欧拉-拉格朗日方法开展泵站进水系统水沙两相流的数值研究。基于多相流-单元内源颗粒群（Multiphase Particle-in-Cell, MP-PIC）方法的计算颗粒流体力学作为新兴的欧拉-拉格朗日方法应用日益广泛。本项目采用 MP-PIC 方法在 OpenFOAM 平台上开展引黄泵站进水系统水沙两相流的研究，研究不同浓度、粒径下进水系统内泥沙的扩散分布特征和沉降规律。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(1) 2023 年 4 月—2023 年 8 月 引黄泵站进水系统三维流场建模、计算前处理

借助 UG 造型软件、ICEM 网格划分软件以及 OpenFOAM 网格划分操作对泵站进水系统进行三维实体造型和网格划分等相关前处理。

(2) 2023 年 9 月—2023 年 11 月 基于计算流体力学基础理论的数值计算方案

掌握 OpenFOAM 软件使用方法，分析湍流模型、固液两相流模型、边界条件等的选择，提出合理的计算方案。该阶段主要培养学生自主学习以及通过 OpenFOAM 设置数值计算方案的能力。

(3) 2023 年 12 月—2024 年 1 月 不同工况的水沙两相流数值计算

基于 OpenFOAM 软件开展不同浓度、粒径下泵站进水系统水沙两相流的多工况数值计算，获得不同工况下泥沙在泵站进水系统内扩散分布和沉降的特征。

(4) 2024 年 2 月—2024 年 4 月 计算结果后处理分析

对不同工况进水系统内部流动特点进行分析，为引黄泵站的设计和运行提供参考和技术支撑，同时撰写 1 篇学术论文或专利。

三、项目实施的基础和条件

申请项目所在课题组已具备多节点的计算机或工作站可供学生计算使用。

学生应具备高等数学和流体力学等专业知识；应具备较强的自学能力；应具备一定的计算机水平。

四、学生提交的成果

结题报告，1 篇学术论文或 1 项专利完成稿。

项目19：塔里木河流域农业水资源的时空变化研究（张宏波）

指导教师：水利系副教授 张宏波，联系邮箱：zhanghongbo@cau.edu.cn

一、项目概况

气候变化驱动下的水资源变化及其对区域社会经济方面的影响，是当前国际研究热点。塔里木河是我国西北干旱区的主要河流之一，是区域农业灌溉用水的重要来源。近几十年来，在气候变化影响下，塔里木河流域的水资源呈显著的时空变化，对下游农业用水造成重要影响。本项目拟选取塔里木河流域为研究区，基于传统数理统计与机器学习建模相结合的方法，分析流域农业水资源的时空变化特征及其影响因素。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(1) 文献阅读和数据整理（2023 年 5 月-9 月）

指导学生开展相关中英文文献阅读，指导学生查找资料、搜集相关数据，包括遥感、再分析和统计年鉴资料等

(2) 数据融合和结果分析（2023 年 10 月-2024 年 1 月）:

根据项目需要，培养学生通过应用软件、自主编程等方式统计分析多源数据的能力

(3) 撰写报告（2024 年 2 月-4 月）:

基于分析结果，撰写研究报告。

三、项目实施的基础和条件

(1) 申请人已通过合作研究的方式，获得塔里木河各主要子流域长时间序列的日尺度或月尺度径流观测数据，并已获取对应流域的日尺度或小时尺度的气象观测数据；

(2) 所在研究团队在寒区流域水文遥感和模型模拟方面有良好的研究积累。

四、学生提交的成果

在项目结题时，形成一份书面研究报告或学术论文初稿。

项目20：“双碳”目标驱动下水利用泵节能创新技术调研（姚志峰）

指导教师：流体系副教授 姚志峰，联系邮箱：yzf@cau.edu.cn

一、项目概况

为了落实“双碳”目标，国家“十四五”能源发展规划提出加快推进抽水蓄能、新型储能等调节电源建设。抽水蓄能是利用电网中负荷低谷时的电力，由下水库抽水到上水库蓄能，待电网高峰负荷时，放水回到下水库发电的水电站，又称蓄能式水电站。在现有水电站的基础上，创新性发展水利用泵节能技术，建设大型抽水蓄能泵站，能够增强电力系统灵活调节能力，大力提升新能源消纳水平。

新能源发展状况和水泵节能技术对抽水蓄能泵站建设规划起着关键作用。我国大型水电站集中在西南长江地区岸和西北黄河地区，依据不同地区的新能源分布特点，结合现有水电站建设情况，可初步确定抽水蓄能泵站的选址。为进一步明确建设规划内容，拟开展某个水电站的配套抽水蓄能电站建设参数模拟计算，根据该区域往年各类新能源剩余量预估储能泵站装机功率，结合上下游水位差等参数，计算单机装机功率、单泵流量、优选泵型等。根据西北和西南地区的特点，进一步分析抽水蓄能泵站建设的主要泵型和适用范围。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

2023 年 6 月—2023 年 8 月 调研全国泵站建设情况

基于公开发表的报告、期刊和专利等，调研全国泵站建设及用泵量的总体规模及容量。

该阶段主要培养学生调研文献与实践动手的能力。

2023 年 9 月—2023 年 10 月 调研和分析大型和中型泵站更新改造内容

调研大型灌排泵站更新改造完成情况，分析大型泵站后续需求和未来发展方向，调研中型灌排泵站运行情况，分析更新改造需求。

该阶段主要培养学生自主学习、分析需求的能力。

2023 年 11 月—2024 年 3 月 调研水利用泵及泵站前沿技术

调研现阶段水利用泵及泵站前沿技术。

2024 年 4 月—2024 年 6 月 分析调研结果和大型储能泵站建设可行性

结合新能源发展现状和储能技术发展需求，大型水利发电站借助现有水电站库容，建立大型抽水蓄能泵站可行性研究情况，分析建设规模、泵型式及关键技术。

形成调研报告，撰写可行性分析方案报告或 ppt。

三、项目实施的基础和条件

申请项目所在课题组已具备多节点的计算机或工作站可供学生计算使用。

学生应具备高等数学和流体力学等专业知识；应具备较强的自学能力；应具备较高的计算机水平。

四、学生提交的成果

结题报告，可行性分析方案报告或 ppt。

项目21：基于沼液培养的嗜甲烷菌群落产蛋白研究（段娜）

指导教师：农建系教授级高工 段娜，联系邮箱：duanna@cau.edu.cn

一、项目概况

沼气工程已经成为我国农作物秸秆、畜禽粪便、工农业加工废水、餐厨垃圾等废弃物处理和资源化利用的重要途径，产生了大量的生物能源。然而，伴随产生的大量沼液已然成为威胁生态环境的又一难题。沼液富含氮、磷、钾、腐殖酸、活性酶等养分，对沼液进行深度处理使其转化为高附加值产品加以资源化利用，不仅可以缓解沼液带来的二次环境污染问题，还能产生良好的经济效益，因而具有重要的科学意义和实际应用价值。

微生物蛋白是指细菌、真菌和微藻等微生物在其生长过程中利用各种基质，在适宜的培养条件下培养细胞或丝状微生物的个体而获得的菌体蛋白。其中嗜甲烷菌作为一类细菌，因蛋白含量高而被广泛研究。当前，限制微生物蛋白发展的关键是高昂的生产成本，而从沼液等废水中回收营养为这一路径提供了廉价生产的可能性。

因此，本研究以厌氧发酵副产物沼液为研究对象，拟通过微生物转化的方式，探究嗜甲烷菌群落在沼液中的生长状况和微生物蛋白生产潜力，获得最佳培养工艺及参数。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

本项目以厌氧发酵副产物沼液为研究对象，通过查阅文献与开展试验，分析沼液理化性质，在此基础上，通过比选预处理工艺、调节 pH 值和氨氮浓度等方式，探究嗜甲烷菌群落在沼液中的微生物蛋白生产最佳工艺参数。

1、基础知识学习和文献综述阶段（2023.4—2023.6）

充分利用图书、文献等信息资源，让学生对项目所需的文献资料等进行检索、收集、整理和分析，锻炼学生的文献检索、查阅、分析能力。要求学生学习废水监测分析、微生物培养等的相关理论知识。此环节主要培养学生自学能力。

2、实验与数据处理阶段(2023.7—2023.12)

实验操作、数据处理、分析、相关软件学习。进行嗜甲烷菌群落沼液产蛋白的试验研究，包括熟悉实验仪器、进行实验设计、观察试验现象、分析实验数据等。此环节主要培养学生动手操作能力、问题分析能力、数据分析以及软件使用技能。

3、报告撰写及结题阶段(2024.1—2024.4)

根据文献研究、试验结果和数据分析的最终结果，撰写结题报告。该阶段主要培养学生总结分

析以及论文撰写能力。

三、项目实施的基础和条件

本项目组长期从事厌氧发酵、沼液高值化利用、微生物等方面的研究，取得了很好的经验，既有理论研究，又有工程实践经验，为项目的研究打下了坚实的基础，有能力指导学生进行科研活动。申请人所在的农业农村部设施农业工程重点实验室拥有实验研究所需的较为齐备的先进实验设备与仪器，具备开展本项目的硬件条件和前期研究基础。

四、学生提交的成果

- 1、阅读参考文献不少于 20 篇，其中英文文献不少于 5 篇；
- 2、发表论文一篇或申请专利一项；
- 3、撰写结题报告一份。

项目22：不同穴盘大小及肥料配比对药食同源荆芥苗生长的影响（周清）

指导教师：农建系副教授 周清，联系邮箱：cauzhou@cau.edu.cn

一、项目概况

1 研究目的和意义

近年来，随着全球社会的老龄化和人们对营养健康的日益关注，国内外对药食同源蔬菜，也就是功能蔬菜的需求日益增强。优质药食同源蔬菜将成为农业发展的一个新增长点，同时也为慢性病的预防和治疗，以及改善亚健康状态起到积极作用。但是，要实现药食同源蔬菜的可持续发展必须解决其生产过程中的关键技术问题，即栽培管理技术问题。目前，由于土地资源减少、生态环境恶化，过去野生的药食同源野菜逐渐走向大众的餐饮，受到人们的喜爱，市场需求越来越大，因而导致价格偏高，供不应求。在植物工厂内实现高效、优质育苗的工厂化育苗及生产是目前亟待解决的问题。

本课题拟在水院楼植物工厂内，研究不同穴盘大小及肥料比对药食同源荆芥苗生长的影响，探索培育荆芥苗最优的工艺流程。

2 国内外研究动态

2.1 中草药育苗研究动态

穴盘育苗技术自 20 世纪 60 年代开发,到 80 年代在世界各国推广应用,这种以草炭、蛭石等轻型基质做育苗载体,用穴盘做育苗容器,采用机械化精量播种,一次成苗的现代化育苗体系越来越受到种苗生产者的青睐。穴盘育苗省工、省力、成本低、效率高,便于优良品种推广和标准化育苗;其成苗便于远距离运输和机械化移栽,定植对根系无伤害、缓苗快,因此,对实施农业生产机械化、规模化及持续高效发展具有特别重要的意义。中国在 20 世纪 80 年代中期已开始引进穴盘育苗技术,各地相继建成近百个育苗场,特别是 1998 年以来,福州、上海、北京、江苏、山东等地分别从西班牙、荷兰、美国、以色列、韩国等国引进大型连栋温室和精量播种生产线,较快地促进了中国穴盘育苗技术的发展^[1]。目前已经有一些中草药用穴盘育苗的方式来进行生产。例如,张美德,艾伦强,何银生,等人对杜仲穴盘育苗基质的研究的实验结果表明,以泥炭、珍珠岩、蛭石等常用育苗基质为材料,对杜仲(*Eucommia ulmoides* Oliver)进行了不同基质配方的育苗效果试验.结果表明,以泥炭:珍珠岩:蛭石=3:0:2 的基质配方育苗效果好,比较适合杜仲穴盘育苗方式^[2]。荆芥无土栽培的育苗试验,齐艳华等(2001)做了基质培的尝试^[3],陈艳丽等做了些水培荆芥营养液的配方试验研究^[4-5]

2.2 荆芥的特性及复合基质在叶菜上的应用



荆芥又称裂叶荆芥、姜芥、假苏，为唇形科荆芥属一年生草本植物，是药食两用植物，是一种无公害辛香蔬菜。其干燥的地上部分又名香荆芥，具发表、散风、透疹之功能，炒炭有止血作用。荆芥是一种绿叶辛香蔬菜，富含芳香油，以叶片含量最高，主要食用器官是叶及嫩茎，味鲜美，还可驱虫灭菌，生食熟食均可，主治感冒、头痛、麻疹不出，皮肤搔痒等功效。

复合基质在叶菜上有广泛应用。邱志豪等研究发现用椰糠：蛭石=3：1 基质栽培生菜效果良好^[6]。现如今，种植者除了关心哪种基质有利于蔬菜生长，还关心基质价格是否低廉，所以在原料选择上还考虑了低成本、就地取材等因素，将廉价的废弃物制成新型栽培基质。为了实现农业废弃物的再利用，陆建兰等将草莓藤与菇渣、鸡粪混合作为基质栽培生菜，结果发现植株有较好的长势及品质^[7]。赵凯丽等以蚯蚓粪、菇渣、粉煤灰等废弃物作为研究对象，研究出了可部分替代草炭的基质配方^[8]。仇淑芳等研究发现，草炭与椰糠配比为 2：1 或 1：1 时，紫油菜生长良好^[9]。杜相革等研究发现，蛭石：蚯蚓有机肥：竹炭：腐殖酸=6：2：1：1 时种植叶用油菜，可以增加植株叶片数，提高育苗品质^[10]。

2.3 本课题研究内容

本课题拟在前人研究的基础上，研究基于标准化生产的荆芥的穴盘大小及肥料配比，在测量作物生长发育及与环境关系的数据的基础上，优化穴盘选择及肥料配比，为实现其标准化生产提供理论依据。

参考文献：

- [1] 周炜, 曲英华, 胡文娟, 等. 工厂化穴盘育苗基质的研究[J]. 北方园艺, 2005(6):50-51.
- [2] 赵姣姣, 刘文科, 杨其长. 氮素水平和形态对基质栽培桔梗生长及生理参数的影响[J]. 北方园艺, 2013(4):162-165.
- [3] 齐艳华, 客绍英, 柴风瑞, 等. 荆芥种子萌发及无土栽培研究[J], 中草药, 2001, 32(10): 936—937.
- [4] 陈艳丽, 高新生, 李绍鹏. NO₃⁻-N 与 NH₄⁺-N 对比对热带地区水培荆芥生长和品质的影响[J], 江苏农业学报, 2011, 27(1): 75-79.
- [5] 陈艳丽, 高新生, 李绍鹏, 等. 热带地区水培荆芥营养液配方的筛选研究[J], 广东农业科学, 2010, 7: 87—92
- [6] 邱志豪, 汤柔颖, 韩莹琰, 等. 椰糠与蛭石混配基质理化性状及其对生菜生长的影响[J]. 北京农学院学报, 2019, 34(4): 62-65.
- [7] 陆建兰, 许崇研. 探究草莓藤基质化处理对生菜生长的影响[J]. 农业与技术, 2021, 41(22): 32- 34.

[8]赵凯丽, 曲明山, 刘瑜, 等. 不同栽培基质对盆栽生菜产量及品质的影响[J]. 中国农技推广, 2021, 37(4): 60-63.

[9]淑芳, 杨乐琦, 黄丹枫, 等. 草炭椰糠复合基质对‘紫油菜’生长和品质的影响[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2016, 34(2): 40-46.

[10]杜相革, 董民, 王峰, 等. 不同育苗基质对叶用油菜苗期生长的影响[J]. 北方园艺, 2017(19): 64-67.

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

选用购买的荆芥种子, 在中国农业大学水利与土木工程学院屋顶智能温室中进行试验。在试验期间, 连续动态测量苗的生长指标及生理生化指标。

试验1: 不同穴盘穴孔大小对荆芥苗生长的影响

采用不同的穴盘大小尺寸包括28穴穴盘、56穴穴盘育苗, 128穴穴盘及256穴穴盘进行育苗单因素重复试验。以荆芥为试验对象, 在相同温度、光照环境条件、正常田间管理情况下, 研究4种不同穴盘大小对幼苗生长的影响, 2天测一次幼苗生长指标。

测定的指标为: ①在苗不同时期, 测定其农艺性状(包括株高、株形、茎粗、茎长, 根长等)和叶片状况(包括叶面积、叶绿素含量)等指标, 评价苗的质量。

试验结束后及时分析数据, 改善试验方案, 进行进一步试验。

学生在此环节自己合理安排试验方案和计划, 熟悉植物无土栽培过程和植物生长过程、独立思考试验需测定指标, 对所需数据在自己查阅资料基础上能通过试验手段获取。

试验2: 不同肥料比对荆芥苗生长的影响

此部分试验采用上述已选最优穴盘进行, 单因素重复试验方法, 在相同温度、光照环境条件、正常田间管理情况下, 研究4种不同肥料比对种苗生长特性影响, 每天测植物生长指标。

测定的指标为: 测定的指标为: ①在苗不同时期, 测定其农艺性状(包括株高、株形、茎粗、茎长, 根长等)和叶片状况(包括叶面积、叶绿素含量)等指标, 评价苗的质量。

学生在此环节自己合理安排试验方案和计划, 学会数据处理过程, 进行进一步重复试验, 并撰写最终的结题报告。

技术路线如图1所示。

进度安排:

(1) 2023.4~2023.5

检索文献、查阅资料, 落实并熟悉试验设备与装置, 进行理论分析和课题总体设计; 制定详细的研究计划和试验方案, 并讨论试验方案及可能出现的问题;

(2) 2023.5~2024.2 利用中国农业大学楼顶温室及实验室进行试验, 严格按照试验方案进行试验。

由于苗的生长期为2个月左右, 故考虑进行3个周期试验, 每个周期结束后及时进行数据处理与

分析，完善修改进一步试验安排，进行下一周期试验。

(3) 2024.2~2024.4

进行综合的试验数据分析处理，在此基础上，完成项目研究总结报告。

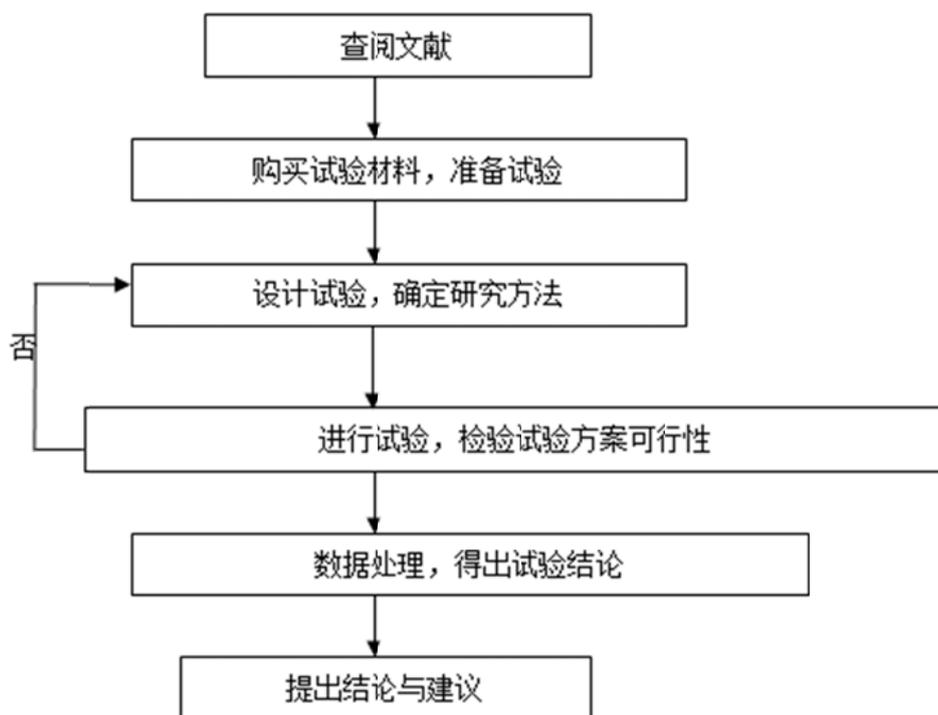


图1 技术路线图

三、项目实施的基础和条件

本校农业部设施农业工程重点开放实验室具备国内外先进的植物生理、水肥测试仪器，试验所需设备到位、只需购买少量耗材。中国农大楼顶温室及实验室可为本试验顺利进行提供场地支持。确保试验可顺利进行。

四、学生提交的成果

- 1、结题报告和试验各阶段照片。
- 2、争取发表核心期刊论文 1 篇。

项目23：旱区玉米水盐胁迫诊断研究（丁日升）

指导教师：水利系教授 丁日升，联系邮箱：dingerh@cau.edu.cn

一、项目概况

我国水资源总量为2.8万亿 m^3 ，人均水资源占有量仅为2100 m^3 。其中农业是最主要的用水部门，消耗了全球总用水量的70%，发展农业节水，提高农业用水效率是保障全球水安全与粮食安全的重要途径。由于水资源短缺和土壤盐碱化日益严重，植物生理代谢和生长经常遭受的水分和盐分的非生物胁迫。世界上干旱（年降水量半干旱地 $\leq 250\text{ mm}$ ）半干旱（年降水量250~500 mm ）地区面积占地球陆地面积的1/3以上，而水资源短缺是制约干旱半干旱地区农业发展的重要因素。我国人均水资源占有量仅为2100 mm ，逼近国际上公认的1700 m^3 严重缺水警戒线，属于世界上13个贫水国家之一。除此之外，土壤盐碱化也直接影响了植物作物的生长发育以及产量。据不完全统计，我国目前已有16个省区分布着各类盐碱化土壤面积，总计9913.3万 hm^2 ，相当于我国现有耕地面积的1/4，严重制约着农业的发展。

在西北地区干旱与半干旱气候条件下，盐分将严重影响植物作物的生长发育状态等。盐胁迫的两个主要威胁是短期的渗透胁迫和长期内由于营养物质的不平衡导致的离子毒性。因此植物必须激活不同的生理生化机制来应对由此产生的胁迫，在形态、水分关系、光合作用等方面产生不同的响应。大多数作物是甜土植物，易受到高盐的不利影响。

对于植物而言，气孔导度、土壤水分、叶水势都是反应水盐胁迫的常用参数，但在测量与计算中这几者各有优势与不足。例如，叶水势是一种基于植物水力的更严格的植物水分胁迫测量方法，可以直接表明植物内部的水分胁迫，但测量方法相对繁琐和劳动密集。为了更好的指导农业生产，更加快速地了解植物对于水盐胁迫的响应，比较这三者对于反应植物受水盐胁迫状况的准确性具有重要意义。然而传统意义上，灌溉主要侧重于关注土壤水分亏缺。观测证据表明，从水分供需方面来看，气孔导度受土壤水分和VPD的共同调控。

此外，了解土壤-植物-大气-连续体（SPAC）中的植物水盐胁迫（PWS），将土壤的供水、大气的需水和植物的自我调节联系起来，是应对缺水的高效灌溉的先决条件。目前，可以用各种方式定义植物水盐胁迫程度，例如，基于环境因素或以植物为中心的指标。基于环境的衡量标准通常不考虑植物。关于现有的以植物为中心的衡量标准，其它它们之间的相互联系和捕捉来自土壤供水和大气水需求的物理水约束的能力仍不清楚。

盐分胁迫会引起植物体内一系列反馈调节，最终造成作物耗水量减少和产量的降低。但是不同

品种对盐分胁迫的响应差别很大，为了减小盐分胁迫对作物的影响，需要选择抗旱耐盐的品种，增强作物逆境下的抗性。

玉米是常见的一年生草本植物，种植发展较快。因此研究我们的标题，从而也可以为合理测量相关参数用来反应植物受水盐胁迫状况提供一定科学依据。

本项目以西北旱区玉米为研究对象，通过测量不同水盐胁迫条件下土壤水盐含量以及玉米叶片功能指标：气孔导度、叶片水势，比较不同处理条件下各植物指标和土壤水盐含量的差异，建立诊断玉米水盐胁迫指标，比较评价各指标在玉米水盐胁迫诊断中的准确性。目前存在的问题有：

1. 不同水盐胁迫下植物叶片的叶水势、渗透势如何变化以及其对植物所受水盐胁迫程度的反映不够清晰。通过本实验建立诊断玉米水盐胁迫指标。

2. 基于土壤水分、气孔导度和植物水势的 PWS 定义不同，同时对于不同定义之间的机制联系以及它们在指导灌溉方面的作用还缺乏研究。本实验通过对玉米水盐胁迫指标的比较分析，评价各指标在玉米水盐胁迫诊断中的准确性。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(一) 主要研究内容

1. 观察不同程度水盐胁迫对两种基因型的玉米的影响。

探究在不同水盐胁迫下，玉米相关叶片功能指标（气孔导度、叶水势以及土壤水盐含量）的变化。比较不同水盐处理下的气孔导度、叶水势、土壤水盐含量，初步明晰以上数据随水盐胁迫程度的变化规律，并建立玉米水盐胁迫诊断标准。

2. 比较气孔导度、叶水势以及土壤水盐含量等指标在植物应对水盐胁迫过程中的准确度，为以后研究测量植物受水盐胁迫提供更加精准的应测指标。同时，在测量指标选择上为合理制定盐碱化土壤的灌溉制度和提高管理水平提供一定的科学依据。

3. 要求学生结合专业课学习，制定出番茄科学灌溉制度，培养学生应用专业知识解决问题能力。

(二) 实验方案

实验玉米品种先玉 335、郑单 958 为研究对象（其中先玉 335 做阴性对照），设置了多组盐分处理（ S_1 -无盐， S_2 -严重影响生长土壤含盐量， S_3 ~ S_n -土壤含盐浓度梯度，土壤盐初始浓度约为 1%，设置组分不少于 5 组，具体情况视实验情况而定），每组含有 12 株植株。各处理统一施肥，实验前装盆时每盆施 3g 氮磷钾复合肥，3g 磷酸二铵，10g 有机肥，10g 微生物菌肥，实验期间根据植株生长情况在灌水时补施氮磷钾肥、生根肥以及藻生金。

1. 叶片气孔导度

叶片气孔导度利用 SC—1 稳态气孔计实测气孔导度等。测量时间为上午 10:00 左右, 利用稳态气孔计、光合仪在茎流计植株上下前后不同方向测量。用指甲油涂抹气孔计附近叶片的背面, 涂抹区域长约 2cm, 宽约 1.5cm, 等待指甲油完全干后, 使用透明胶条粘下涂抹区域, 并贴在载玻片上保存, 利用 Motic 显微镜观察载玻片获取气孔密度和气孔大小。

2. 最大气孔导度 (g_{smax})

在数据记录方面, 用最大气孔导度来表示。根据气孔的形态特征进行模拟。根据 Franks and Farquhar (2001)构建的模型, 最大气孔导度为:

$$g_{smax} = \frac{d \cdot SD \cdot a_{max}}{1.6v(PD + \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{a_{max}}{\pi}})}$$

式中: d 为空气中水蒸气的扩散速率($24.9 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, 25°C); SD 为气孔密度; a_{max} 为气孔空隙面积, 本研究中根据椭圆面积 (PL 为长轴、PW 为短轴) 方程计算; v 为气体摩尔常数 ($22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$, 25°C , 101.3 kPa); PD 为气孔深度假设其与气孔保卫细胞宽度 (GW) 相等; π 为圆周率常数。计算中 a_{max} 和 PD 均采用每个处理的平均值。

3. 叶水势

叶水势利用压力室测定。将待测叶片首先用塑料袋罩住, 而后用解剖刀片在叶柄处切下, 以防止蒸腾水分的散失过快。叶片移入压力室内, 将叶片切口在气室盖处伸出。待气室拧紧后, 对气室缓慢加压, 同时借助放大镜观查切口处。当小水珠刚出现在切口处时立即停止加压并读取压力值。此时压力值的负数即为叶水势。

4. 土壤水盐含量

4.1 土壤含水量

用中子仪、5TE 探头、与取土法相结合的方式测定, 每次测定时间为灌水前与灌水后, 整个生育期内灌水周期为 10 天, 计划测量深度为 1m。

(1) 中子仪: 每个实验区域中央布设一个测点 (为对角线相交点), 测定深度为 2.0m, 0-1m 之间测点垂向间距为 10cm, 1-2m 之间测点垂向间距为 20cm。在安装测管时取原状土采用烘干法对中子仪测得的 R 值进行曲线拟合, 得到拟合曲线计算含水率。

(2) 取土烘干法: 在每个小区随机取点, 取土位置不靠近测坑边缘, 取土深度分别为 0-20cm, 20-40cm, 40-60cm, 60-80cm, 80-100cm, 每次取后回填钻孔。

(3) 5TE 探头: 每个测坑地下均埋有 5TE 探头, 其中分别设置在 20cm、40cm、60cm、80cm 与

100cm, 实现对土壤的体积含水率的实时监测。

4.2 土壤含盐量

(1) 取土法 (EC_{1:5}): 采用取土法测量土壤含水率后的土, 将土粉碎, 过 1mm 筛后, 取 10g 土样, 按 1: 5 土水质量比配置成土壤浸提液, 震荡后过滤, 利用 FE30-K 型电导率仪对滤液进行测定。

(2) 5TE 探头 (EC_b): 每个测坑地下均埋有 5TE 探头, 其中分别设置在 20cm、40cm、60cm、80cm 与 100cm, 实现对土壤电导率的实时监测。通过对土壤电导率的数据分析, 根据电导率 ∝ 土壤含盐率, 以土壤电导率的数值代表土壤盐含量。

4.3 最大允许耗水量(MAD)

MAD 是根系区可用水的百分比随根系动态变化而变化, 是衡量灌溉 PWS 的指标。开展大田实验时, 灌水量可根据以下公式考虑:

$$MAD = \frac{\theta_{fc} - \theta_{RZ}}{\theta_{fc} - \theta_{wp}}$$

$$\theta_{RZ} = \frac{\sum_{n=1}^N \theta_n \times d_n}{\sum_{n=1}^N d_n}$$

式中: θ_{fc} 是田间持水率; θ_{wp} 是凋萎系数; θ_{RZ} 是当前土壤含水率, 根区有多层土壤的情况下, θ_{RZ} 使用加权的方法计算, 其中, N 是土壤总层数; d_n 是第 n 层土壤的深度。

5. 植物水盐胁迫指标的建立

作物水分胁迫指数 (CWSI) 从能量平衡的角度出发, 综合反映了太阳辐射、光合作用、蒸腾作用、土壤含水量、含盐量等众多影响作物生长发育的因子和过程, 因此 CWSI 值可作为植物水盐胁迫指标的参照模板。

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_{min}}{(T_c - T_a)_{max} - (T_c - T_a)_{min}}$$

$$(T_c - T_a)_{max} = \frac{r_a(R_n - G)}{\rho c_p}$$

$$(T_c - T_a)_{min} = \frac{r_a(R_n - G)}{\rho c_p} \times \frac{\gamma}{\gamma + \Delta} - \frac{(e_a^* - e_a)}{\gamma + \Delta}$$

式中: T_c 、 T_a 分别是冠层温度和大气温度 (°C); r_a 是空气动力学阻力 (s/m); R_n 是净辐射 (W/m^2); G 是土壤热通量 (W/m^2); ρ 是空气密度 (kg/m^3); c_p 是空气热容; e_a^* 是此温度下的饱和水汽压 (Pa); e_a 是此温度下的实际水汽压 (Pa); Δ 是水汽压-温度曲线的斜率 ($Pa/°C$); γ 是湿度常数 ($Pa/°C$)。

三、项目实施的基础和条件

本项目申请者致力于干旱地区的农业节水以及水资源的高效利用的研究，在农田水分传输与高效利用、非充分灌溉方面有深入研究，尤其是作物产量与水分之间的响应关系方面。

申请者所在的单位拥有中国农业大学中国农业水问题研究中心“农业节水与水资源实验室”、教育部农业节水与水资源工程研究中心和农业部作物高效用水武威科学观测实验站等研究平台。项目主要测量量在中国农业大学石羊河实验站完成测量，实验站拥有压力室、土壤水分测量仪等各种测量仪器和设备，能够完成项目所需要的实验测量，同时实验站为实验提供了良好的实验环境与场地，保证实验顺利可行。所采用的各种参数的测定方法、计算方法都是比较成熟的、被广泛应用的方法。

四、学生提交的成果

1. 揭示水盐胁迫对玉米相关叶片功能指标、土壤水盐含量以及生长发育的影响效应。
2. 探究叶片功能指标与土壤水盐含量的关系。
3. 通过比较叶片功能指标对土壤水盐胁迫的响应的准确程度，初步提出节水抑盐精量灌溉调控阈值。
4. 在核心期刊上发表论文 1 篇。

项目24：低温环境下不同细菌浓度诱导碳酸钙沉淀的砂土固化研究（贺向丽）

指导教师：水利系副教授 贺向丽，联系邮箱：hexianglihhu@163.com

一、项目概况

近年来，微生物诱导的碳酸钙沉淀技术（MICP）被广泛应用于控制地面污染、恢复砂岩古迹和保护建筑遗产等方面，该技术利用能通过自身代谢活动产生脲酶的微生物，将外部环境中的尿素分解成 CO_3^{2-} 和 NH_4^+ ，而尿素的降解会局部增加细菌周围微环境的 pH 值，在碱性环境下，细菌可作为一个成核位点，其生成的 CO_3^{2-} 会与周围环境中的 Ca^{2+} 生成附着于成核位点处的碳酸钙沉淀，而生成的沉淀具有粘结作用，能将松散颗粒粘结在一起，形成具有一定强度的整体，从而起到固化的作用。

根据统计显示，中国大部分地区的土壤温度变化范围在 $10^\circ\text{C}\sim 25^\circ\text{C}$ ，尤其是距离地面 3~4m 以下的土壤温度大都是在 $10^\circ\text{C}\sim 16^\circ\text{C}$ ，而这个温度范围并不是 MICP 微生物最佳的生长范围。目前研究的大部分微生物需要在 $30^\circ\text{C}\sim 60^\circ\text{C}$ 范围内才能保持较高活性，故研究低温条件下微生物对砂土的矿化作用对 MICP 技术在未来实际中的应用和推广具有重要意义。

本试验主要针对在低温下具有较高脲酶活性的嗜冷芽孢八叠球菌进行 MICP 固化试验，通过稀释的方法改变菌液的浓度，从而探究不同浓度的嗜冷芽孢八叠球菌的菌液在 5°C 低温环境下对松散砂砾的胶结效果，并应用于砂柱的固化。最后观察每种条件下固化砂柱的固化效果，对比研究低温下不同浓度的菌液固化砂柱的吸水率、碳酸钙含量、无侧限抗压强度以及微观结构构造。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1、明确试验技术路线

首先，要对试验的具体流程有清晰的认知，具体的技术路线图如图 1 所示，深入研究微生物诱导碳酸钙沉淀技术机理，了解细菌的培养和保存、培养液和胶结液的配置，砂柱的固化方法，熟练掌握各类仪器的使用。本环节着重考察学生的学习和试验操作能力。

2、MICP 固化砂土试验方法与过程

首先，要对嗜冷芽孢八叠球菌进行活化和扩大培养，并使用紫外分光光度计随时测定菌液的 OD600 值，观测细菌的生长曲线。因为 OD600 值代表着微生物菌液在 600nm 波长处的吸光值，吸光值正比于溶液中吸光物质的浓度，因此，可以用 OD600 值表征菌液浓度。对扩大培养 48h 后的菌液进行稀释，分别配置 OD600 值为 0.5、1、1.5、2 和 2.5 的菌液，将其放置于 5°C 的恒温培养箱中。

配置浓度为 1mol/L 、pH 为 8 的氯化钙-尿素胶结液，按照一定配比将菌液和胶结液混合并倒入反应槽内，在模具中装入砂子，将其浸泡于混合液中，混合液必须淹没过砂柱顶部。为了使反应槽

内生成的碳酸钙漂浮于液体中，需要在恒温培养箱外连接增氧泵，既为细菌生存提供氧气，又使液体流动，让砂柱得到均匀固化。将整体的试验装置放置于 5°C 的恒温培养箱内进行培养，实验装置如图 2 所示。

砂柱固化好后，需要对砂柱的吸水率、碳酸钙含量和无侧限抗压强度行测量，分析所得到的数据，进而绘制出相关的折线图。本环节主要考察学生的试验操作和数据分析能力。

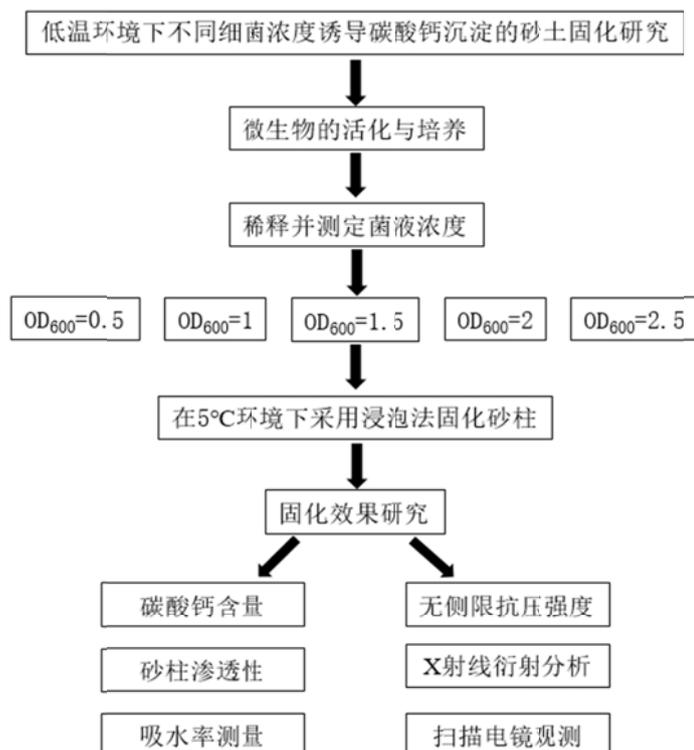


图 1 技术路线图

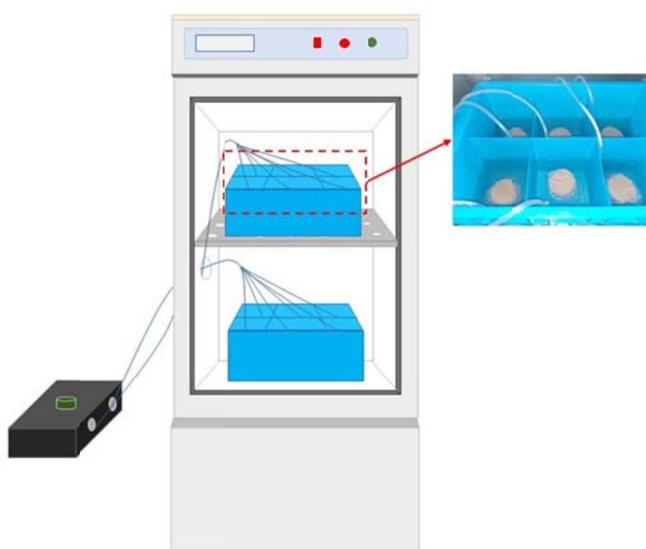


图 2 浸泡法固化砂柱试验装置

3、矿化效果对比与分析

通过对比低温环境下不同浓度的菌液所矿化的砂柱的无侧限抗压强度、吸水率以及碳酸钙的含量，判定不同细菌的矿化效果。对砂柱进行 X 射线衍射分析和扫描电子显微镜观测，分析不同浓度生成的碳酸钙沉淀的晶体构造和性状，判断沉淀类型，如图 3 所示。同时，要进一步分析数据，评估嗜冷芽孢八叠球菌的固化效果。本环节主要考察学生的数据关联、分析总结、对比验证的能力。



图 3 固化砂样 SEM 图像

三、项目实施的基础和条件

1、项目支持

现有 1 名硕士共同参与该项目的研究。

2、设备及实施条件

前期课题研究已取得一定进展；

实验团队相关研究人员有丰富的理论储备和技术经验，硬件设施齐全。

四、学生提交的成果

1、要绘制出低温环境下不同浓度的嗜冷芽孢八叠球菌菌液所固化砂柱的无侧限抗压强度对比图、吸水率对比图以及碳酸钙含量对比图；

2、完成结题报告一份。

项目25：长三角地区历史文化名村碳中和系统构建（蒋伟忠）

指导教师：农建系副教授 蒋伟忠，联系邮箱：jiangwz@cau.edu.cn

一、项目概况

我国长三角地区自然资源丰富，经济发展基础雄厚，历史文化名村星罗棋布。随着长三角一体化及乡村振兴战略的实施、推进，城乡融合发展走在全国前列，以乡村旅游为特色的新业态更是呈现出蓬勃之势。近年来，乡村基础设施持续更新升级，社区居民生活水平不断提升，能源、资源的消费增长幅度扩大，由此引起的碳排放成为乡村振兴中减号，也成为实现高质量农村现代化的挑战。同时，乡村又兼备幅员辽阔，地形地貌丰富等特征，森林、湿地、农地等碳汇潜力巨大，以太阳能为代表的新能源、新建筑型式推广以及新业态兴起具有不可估量的前景。长三角地区的历史文化名村除了具备丰富的资源禀赋外，更具有活跃的文旅资源，全区居民消费实力居于首位，为乡村振兴的可持续性注入强劲活力。但在碳中和视角下，历史文化名村的建设、运行中尚缺乏综合的评估系统，在规划、设计中也存在偏重乡村功能实现而欠缺碳排放与碳汇潜力核算，为更高质量地建设历史文化名村，挖掘乡村资源转化潜力，很有必要构建碳中和系统，服务乡村可持续发展。

历史文化名村碳中和系统包括固定碳源、移动碳源及过程碳源等组成的碳排放系统与森林绿化、农田、湿地等构成的碳汇系统。固定碳源与过程碳源需分别从居民生活、产业生产设施或建筑等进行二次分类，移动碳源通过数据挖掘、机器学习等方法进行估算。碳汇系统需要利用陆地生态系统碳汇综合观测系统（TCOS）原理，结合 GIS 系统等综合估算。通过碳排放与碳汇综合平衡后，提出新能源导入、增强土壤碳汇等途径提升村落的发展潜力。

本项目要求通过文献调查、数据挖掘及实践基地考察相结合的方法，初步完成对长三角地区某一历史文化名村碳中和评价模型的构建。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1、2023 年 04-05 月，学习机器学习与数据库构建，查阅绿色建筑、文旅产业、生物质资源转化及绿色交通等碳排放方面文献，重点包括作物类与林果残渣类生物质的利用、生物处理及热转换等。要求撰写文献综述及思维导图，特别是英文文献的综述。培养学生文献调查、数据分析、归纳总结的能力以及英文学术论文阅读与撰写能力。完成文献综述 1 篇。

2、2023 年 06-08 月，学习并掌握碳排放核算方法，通过文献分析法、IPCC 系数法等进行乡村建筑建设、交通系统（公共及私用车）及产业（加工业、旅游服务及农业）碳排放核算，构建相应的估算模型。通过文献学习，分析作物秸秆或果林剪枝生物特性；探究主要作物秸秆或动物粪污在

增强土壤碳汇潜力的作用及其的储水、储热、营养物释放及能源转换潜力。

3、2023 年 09-11 月，条件容许的前提下，实践基地考察（也可以利用暑期时间），通过对当地建筑、产业及废弃物处理等的考察，收集地形地貌与气象数据等资源禀赋状况，完成对“碳代谢”系统的初步虚拟构建，构建评估模型。

4、2023 年 12 月-2024 年 02 月，调查数据整理、分析，撰写核算报告，分析乡村碳中和系统的核算误差及稳定性，并对核算系统进一步完善。通过该过程培养学生数据分析、处理能力，掌握 SPSS、Excel 或 MATLAB 等软件的使用，从数据分析中发现问题的能力。

5、2024 年 03 月，撰写学术论文。在文献综述、核算报告的基础上，进一步分析、归纳总结，完成学术论文草稿或软件著作权申请书 1 份。培养学生综合分析能力，提高学生工程实践研究能力。

三、项目实施的基础和条件

申请人从事土建、生物质物性、能源资源化利用领域的研究教学 20 多年，一直从事可再生能源、绿色建筑、生物质处理相关的实验实践基地建设及工程设计工作。主持完成项目 5 项，参加项目 14 项。发表论文 30 多篇，其中 SCI/EI 检索论文 20 多篇，其他国际期刊论文 4 篇。本项目组所在团队拥有完善的物性分析实验室，具备项目所涉及物性、生物质参数及太阳能测定的条件。也拥有小型计算机工作站，具备常规数据运算能力，在绿色建筑、碳中和方面的研究与指导积累了扎实的基础。

现主要参加国家自然科学基金项目“寒地畜禽养殖废水梯级转化低温效应与生物炭强化机制”，U21A20162，2022/1-2025/12,310.79 万元，主要负责系统集成及能效评估。

主要参加国家重点研发计划—政府间国际科技创新合作项目“太阳能驱动生物质转化产油提质系统研发与集成”，2022YFE0135600，2023/1-2025/12，200 万元，主要负责太阳能系统设计及系统集成与碳排放核算。

同时，主持“竹笋壳资源化利用关键技术研究”及“玉米浆资源化利用关键技术研究”等项目。

综上所述，项目实施的条件及基础基本具备，能使本项目顺利完成。

学生所具备的基础及条件：具备较好的文献查阅及数据挖掘能力及较好的英语基础，具备日常计算机操作技能以及数据分析能力。

四、学生提交的成果

- 1、完成相关文献综述 1 份，包含数据分析；
- 2、完成相应的设计方案，包括工程图纸及效果；
- 3、原始数据及软件著作权申请报告；
- 4、计算书 1 份。

项目26：鸡舍地面清扫机器人研发（郑炜超）

指导教师：农建系教授 郑炜超，联系邮箱：weichaozheng@cau.edu.cn

一、项目概况

现代规模化家禽养殖多采用密闭式养殖模式，舍内饲养密度大，饲料多为粉料，鸡群采食、活动时皮肤和羽毛易产生脱落物，导致鸡舍地面堆积大量粉尘和羽毛；同时鸡舍传送带清粪过程中，存在粪便因传送带运动或跑偏散落地面的情况，从而导致地面多种污染物堆积分布。鸡舍粉尘和羽毛绒毛会刺激饲养员和鸡只呼吸道，对人畜健康造成严重影响，同时也是病原微生物的重要载体，病原微生物常附着于不同粒径大小的粉尘微粒和散落的羽毛上，随气流或养殖人员进行转移，形成场区、栋舍之间的交叉传播。另外，地面粪便易滋生病菌微生物，破坏舍内健康养殖环境。因此，日常清除地面羽毛、粉尘和粪便等污染物对营造绿色养殖环境和保护人畜健康有着重要意义。

目前，鸡舍内地面清扫主要还是依靠人工进行。人工扫尘不仅费时费力、工作量大、工作环境恶劣而且清洁效率低、清洁效果差，长时间处于恶劣环境下不仅会影响饲养员身体健康而且会容易激起厌工情绪，影响家禽生产。2022 年《“十四五”全国农业农村信息化发展规划》中明确提出要发展智慧畜牧，促进信息技术与畜禽养殖融合应用，大力倡导以“智能”驱动经济产业的创新发展。针对鸡舍地面卫生问题存在着工作强度大、环境恶劣、效率低等一系列问题,通过研发鸡舍地面智能扫尘机器人不仅可以解放饲养员双手、实现无死角自动清洁，还能通过搭载智能感知模块，实现清扫过程鸡舍实时无人化监控，提升场区智能化管控水平，为家禽智慧养殖提供关键装备支撑。

本项目拟开展鸡舍地面清洁机器人的研发，并进行应用效果评估和参数优化。结合地面扫尘机器人结构设计、机器人智能控制、路径导航规划、智能感知系统设计，进行地面扫尘机器人研发；并在实际场景下进行应用，评估清扫效率以及环境感知效果；同时基于评估结果，进行包括系统结构、控制平滑、自主导航策略、智能感知算法等系统主要功能的优化。项目旨在指导本科生，进行装备研发、效果评价和系统优化，研发鸡舍高效智能清扫机器人，实现鸡舍无人化高效清洁，促进我国家禽养殖行业智能化发展，同时通过本项目的执行，提高本科生的试验设计、项目实践和论文专利撰写等能力，培养本科生从事科学研究的兴趣。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1) 鸡舍地面清扫机器人研发方案设计。通过文献、专利以及市场现有产品调研确定研发方案，确定机器人组件、智能控制程序、自主导航策略、智能感知算法等主要组成部分产品选型或设计方案。

时间安排：2023 年 5-6 月

培养能力：文献、专利和市场调研能力，方案设计能力

考核办法：课题组范围内 PPT 汇报

2) 鸡舍地面清扫机器人研发。通过复杂部件委托加工、简单部件自己加工、控制系统，智能感知算法自主设计和整机组装的方式进行装备制作。其中清扫机构设计和自主导航策略为研发核心部分，通过模拟试验对比方法进行最优方案选择。

时间安排：2023 年 7-11 月

培养能力：动手能力、实施过程应变能力

考核办法：实验室成型装置（一代产品）、课题组范围内 PPT 汇报

3) 鸡舍地面清扫机器人应用效果评价。选定中国农业大学上庄实验站内实验鸡舍为试验地点，人工铺设地面羽毛杂物模拟养殖真实环境，采用实时地图绘制技术确定导航路线，记录机器人工作前后地面的羽毛杂物数量、路线偏移面积和清扫时间，测试机器人的避障功能，全面评估鸡舍地面清扫机器人的应用效果。

时间安排：2023 年 12 月

培养能力：试验设计能力、试验操作能力、实施过程应变能力、数据分析能力

考核办法：试验报告、课题组范围内 PPT 汇报

4) 鸡舍地面清扫机器人系统优化。基于现场应用效果评价反馈，进行机器人优化研究。主要优化内容为机械系统结构、控制平滑、自主导航精度、智能感知精度。

时间安排：2024 年 1-2 月

培养能力：试验设计能力、试验操作能力、实施过程应变能力、数据分析能力

考核办法：试验报告、课题组范围内 PPT 汇报

5) 项目考核及结题。撰写试验论文、装置专利、中期检查、结题报告和结题答辩 PPT，时间安排：2023 年 10 月，2024 年 3-4 月。

三、项目实施的基础和条件

1) 实施基础

项目申请人长期从事畜禽养殖智能设备的研发和应用效果评估工作，在机械结构设计、智能系统设计、智能控制、智能机器人等方面具备扎实的研究基础。近年来在鸡舍移动机器人和家禽养殖

智能设备研究领域申请专利 10 项，授权 7 项，自主研发了两种鸡舍移动机器人，具有丰富的鸡舍机器人研发经验。

2) 实施条件

本项目依托农业农村部设施农业工程重点实验室，实验室设有智慧养殖与智能装备专业实验室，拥有智能机器人移动平台、基于 STM32 与 ROS 的机器人通讯系统以及例如激光雷达、3D 深度相机等多种机器人智能感知传感器，为本项目的试验研究提供了良好的实施条件。

四、学生提交的成果

- 1) 发明专利书 1 份
- 2) 拟投稿论文 1 篇
- 3) 装置设计书 1 份和应用效果评价书 1 份。

项目27：椭圆柱绕流的卡门涡街分析（洪益平）

指导教师：流体系副教授 洪益平，联系邮箱：yphong@cau.edu.cn

一、项目概况

（一）、项目概况

历年来，关于圆柱绕流的研究已经较为充分了。椭圆柱由于是偏流线型的钝体，在工程中有着广泛的应用，但研究的还相对较少。

圆柱绕流中，有如下鲜明的几个阶段：在极小雷诺数范围流动不分离，前后左右对称；在小雷诺数流动是定常的层流，在背流面出现有限“对涡”回流区；随着雷诺数的加大会出现卡门涡阶段，流动基本上仍是层流，圆柱两侧涡旋先后周期性从圆柱表面脱落，在尾流中形成交替排列的两列涡旋。随后进入“亚临界”阶段，流动从前驻点开始在圆柱的迎流面形成层流边界层，层流边界层在圆柱两侧发生分离，形成较宽的尾流，尾流渐渐变成湍流；最后进入“超临界”阶段，圆柱迎流面的层流边界层先转捩为湍流边界层，然后与圆柱表面分离，分离点位置比亚临界阶段明显偏后，而尾迹变得比较狭窄。那么椭圆柱绕流中还会有如此明显区分的阶段吗？它对应的流动特点如何呢？又受哪些因素控制呢？

尤其，不同轴长比，不同雷诺数下，椭圆柱绕流卡门涡街的强度及其脱落频率的变化特点，对结构物造成的压力系数，阻力系数的影响会如何呢？这些问题吸引着我们，有待进一步深入地研究分析。

（二）、研究内容

主要包括以下四个方面：

- 1、轴长比为 1 的椭圆柱绕流，即为圆柱绕流，故需先掌握圆柱绕流的理论解析方法；
- 2、利用已有网格软件对椭圆柱流域进行合理的网格划分及局部加密处理；
- 3、建立计算模型，针对工程中常见的轴长比，模拟不同雷诺数下椭圆柱绕流问题；
- 4、改变轴长比，分析不同雷诺数区间，椭圆柱绕流的流动现象及其变化规律。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

（一）、研究方案

1、开展文献阅读。主要培养学生的深入思考的能力及对英文文献总结归纳的能力。指导学生利用所学知识，解决理想流体问题的能力。

2、针对文献实验中的轴长比，特定雷诺数工况，模拟椭圆柱绕流问题，数值计算出速度等参数

分布图，进行对比验证。

3、改变雷诺数，分析卡门涡街瞬变脱落规律，分析涡量尺寸，强度的变化特点。

4、选取若干轴长比，变化雷诺数，模拟流动，分析压力系数和阻力系数的变化特点，进一步总结流动规律。

5、学生进行研究报告整理，指导教师进行批改，完成研究项目。

(二)、时间安排

2023 年 4 月~2023 年 5 月 学生查阅部分相关书籍和文献资料，完成文献综述；

2023 年 6 月~2023 年 7 月 指导学生进行理想流体圆柱绕流的解析解推导；

2023 年 8 月~2023 年 9 月 初步建立椭圆柱流动数值模型并与文献实验数据对比验证；

2023 年 10 月~2023 年 11 月 研究随雷诺数变化工况下卡门涡街脱落及其强度和尺度分布的规律；

2023 年 12 月~2024 年 1 月 进行变轴长比下的大量计算，进行阻力和压强特性分析；

2024 年 2 月~2024 年 3 月 总结椭圆柱绕流问题的流动规律，并提交结题报告。

三、项目实施的基础和条件

申请者长期从事流体力学的教学及科研工作，有一定的研究基础。

四、学生提交的成果

1、课题调研、文献综述报告 1 份；

2、提交卡门涡街脱落，及其强度尺寸的分布图；

3、变轴长比椭圆柱绕流的压力系数和阻力系数的特性分析图表；

4、提交包含上述研究成果的总结报告 1 份。

项目28：基于卫星遥感的流域尺度蒸散发时空变异性分析与模型校准（田菲）

指导教师：水利系副教授 田菲，联系邮箱：feitian@cau.edu.cn

一、项目概况

农业是水资源消耗最大的行业，作为农业大国，我国 70%以上水资源用于农业，且农业用水量中有 90%以上用于农业灌溉。提高农业用水效率是节约用水的关键，而分析和揭示作物需水量的变化特征可为提高农业用水效率提供科技支撑。从这个意义上说，参考蒸散量(ET_0)发挥了重要作用，因为它说明了气候对作物需水量的影响。这意味着 ET_0 在规划适当的灌溉计划中发挥着关键作用。 ET_0 可以使用具有大量输入变量的复杂方程以及更简单的模型来计算，这些模型只需要很少的气象变量作为输入。估计 ET_0 最常用的模型是联合国粮食及农业组织(FAO)提出的 Penman-Monteith 方程 (PM)。这种方法将 ET_0 定义为在最佳条件下生长的参考作物的耗水量。PM 模型是在不同气候条件下使用最多和验证最多的方法，因为它包括物理、空气动力学和生理效应。因此，该模型已被用作验证为管理典型的有限气象信息而开发的更简单模型的基础。气象时间序列总是存在与数据连续性和气象站地理分布不佳相关的问题和局限性。因此，需要具有低输入变量的模型。最简单的模型之一对应于 Hargreaves-Samani (HS)方程，该方程也是粮农组织推荐的。当没有足够的信息来使用 PM 时，HS 模型是一个不错的选择，因为它只使用每日极端温度和太阳辐射。考虑到不同的时间步长（每月、每周和每天），HS 方程提供了对 ET_0 的良好拟合和可靠估计。因此，HS 模型需要根据当地条件进行校准，以适用于长时间序列的 ET_0 估算。

一些研究人员已经在世界不同地区使用 PM 方法校准了 HS 模型。HS 方程已在中国使用，利用西北黄河流域与长江中下游平原共 128 个气象站点 1961—2010 年的逐日气象资料对 H-S 模型进行回归修正，以 Penman-Monteith(P-M)模型为标准，评价了 HS 改进模型 H-SCORR 模型的计算精度，但它未针对石羊河流域的条件进行校准。HS 方程的性能直接取决于每日温度范围(ΔT)，这可能受内陆距离、海拔、纬度、地形或靠近大片水域的影响。因此，为了开发一个适当的校准，有必要证明地理学对 HS 方程的影响。为此，本研究以遥感数据为基础，因为它们允许考虑 ET 空间连续性现象，并且它们提供了从广泛区域获取定期信息的机会。本研究的目的是校准 HS 方程的参数，同时考虑石羊河流域中温度的空间变异性，证明地理位置对 HS 方程的影响。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

- (1) 查阅文献，制定研究方案；
- (2) 数据收集：收集国家标准气象站数据、MODIS 或国产卫星遥感数据等；

(3) 分析石羊河流域 2011-2021 年蒸散发的时空变异性，校准 HS 方程的参数。

该环节主要培养学生查阅文献、制定研究方案、解决实际问题的能力。

考核办法：提交结题报告。

三、项目实施的基础和条件

(1) 本项目所需要的大量数据，已经具备，研究团队一直从事遥感解译等研究，积累了宝贵的基础数据和经验。

(2) 本研究前期已经有很多相关的研究积累，具有良好的研究基础。

四、学生提交的成果

(1) 研究方案；

(2) 石羊河流域 2011-2021 年蒸散发的时空变化结果图，校正后 HS 方程的参数；

(3) 结题报告；

(4) ppt 汇报材料

项目29：人工湿地填料控污效能研究（谢恩）

指导教师：水利系副教授 谢恩，联系邮箱：xe@cau.edu.cn

一、项目概况

人工湿地是上个世纪起源于德国的多用于污水处理的技术，根据 Jan Vymazal 的定义，人工湿地是指人工修建设计的与自然湿地有相近功能与自然过程的工程系统，主要是利用其生物、物理、化学转化过程来处理污水，例如过滤、吸附、共沉、离子交换、植物吸收和微生物分解。人工湿地是一个开放、动态、自我设计的系统，由于其具有的工艺简单、投资小、处理成本低、处理效果好、美化环境等优点，抗冲击负荷能力强，特别是能够适应农村分散生活污水和农业面源不稳定的特点，使其在我国农业面源污染中的治理应用中具有广阔的前景。

人工湿地的关键部分包含基质（填料）、植被、微生物与水体。其中湿地填料决定了湿地中物化反应的基础，为植物和微生物生长提供了栖息地的作用，同时可以通过过滤、沉淀、吸附和吸收等作用降低污染物，一般认为填料在污染物，特别是 P 的去除方面发挥了巨大的作用，这也是人工湿地区别于自然湿地的最大特征。根据填料的来源，一般可分为三大类（1）天然材料，如矿物、沸石、沙砾等；（2）工业副产品，如煤渣、炉渣、废砖块等；（3）人造产品，如塑料填料、活性炭、陶粒等。不同基质的对各类污染物的去除机理和净化效果都不同，砾石、炉渣适合除磷，沸石促进除氨氮。其中天然材料因其成本低、无污染等特点，在以前的人工湿地中被广泛采用，但就污染物去除效果而已，往往人造产品更胜一筹。

除了填料的材料类型外，填料的物理性质和投配方案也会对人工湿地系统的水力停留时间、水力渗透系数、污染物吸附效率以及微生物生物膜生长等方面参数影响。在湿地填料的选择时，一般从填料的控污性能、物理强度、单位成本和使用寿命等几个方面综合考虑，往往可以采用多种填料组合的方式扬长避短，使污水处理效益最大化。但以上的组合需建立在对每种填料的物化特性、控污效能了解的基础上，因此，针对单一填料性能的研究是必要的。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 实验材料

实验材料主要包括五种湿地填料，其中包括四种新型人造填料，同时以使用最为广泛的陶粒作为对照组。自行设计有机玻璃系统作为实验平台。实验采用人工配水，所需药品包括氯化铵、乙酸钠、磷酸二氢钾等。购自国药集团化学试剂有限公司，如无特殊说明，均为分析纯。用于基质表面生物膜微生物 DNA 提取的 FastDNA® Spin Kit for Soil 试剂盒购自美国 MP 公司。

2. 实验仪器

实验中需要用到的仪器主要包括紫外分光光度计、多功能微孔板检测仪(酶标仪)、高压灭菌锅、凝胶电泳仪、无菌操作台等,实验室均已配备。

3. 实验方案

(1) 填料污染物去除效能研究

以购买等方式获取实验用填料。设计并制作有机玻璃实验平台,预计设计为内径 10 cm,高 30 cm 的圆筒,筒底和筒顶分别设计有进、出水口。实验平台共计 15 套,每三套作为一组平行对应于一种填料。填料填充高度 25 cm,采用下进水的方式以蠕动泵供水,流量为 0.16L/h(折合表面水力负荷约 $0.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$)。实验开始前三天,水源为超纯水,以清洗填料,减少填料携带污染物对实验结果的影响。三天结束后开始通入人工合成废水(分别用乙酸钠、氯化铵、磷酸二氢钾调节水质的 COD_{Cr} 、TN 和 TP)。进水水质调整约 $\text{COD}_{\text{Cr}}=100 \text{ mg/L}$ 、 $\text{TN}=15 \text{ mg/L}$ 、 $\text{TP}=3 \text{ mg/L}$ 。实验连续运行,预计共进行 60 天,每隔一日取水样,测定水质指标。其中, COD_{Cr} 按照快速消解分光光度法(HJ/T 399-2007)测定,总氮按照碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法(HJ 636—2012)测定,总磷按照钼酸铵分光光度法(GB 11893-89)测定。数据获取后,分析不同污染物随时间去除率的变化。

(2) 氮磷吸附实验研究

总氮和总磷目标污染物,并分别配制进水 $\times 10$ 、 $\times 5$ 、 $\times 1$ 、 $\times 0.2$ 和 $\times 0.1$ 倍的系列浓度梯度的溶液,作为研究对象。在室温条件下,将不同的填料,按 10:1 的水料比,加入上述浓度梯度的溶液中,并将上述样本置于持续搅拌的恒温摇床上孵育(预计 6 小时)。总反应体系 200 mL,每组实验设置三个平行。

在 0h、1h、2h 直到吸附稳定,每个反应体系取样 10 mL,以 3000 rpm 速度离心 5 min 后按上述方法测定总氮和总磷,直至液相总氮和总磷于上一时间点的差异 $<5\%$ 。并根据获取的实验结果,分别拟合 Langmuir 和 Freundlich 等温吸附曲线,以反映不同填料对总氮、总磷吸附动力学的差异。

(3) 生物膜生长实验研究

在实验(1)中,分别在实验进行 5、10、20、40 和 60 天,用 DNA 提取试剂盒提取不同填料表面生物膜微生物的 DNA,借助 1%琼脂糖凝胶电泳检测提取的 DNA 质量,通过 NanoDrop 2000 测定 DNA 的浓度及纯度。选择通用引物 338F 和 806R 扩增 16S rRNA 基因的 V3-V4 可变区,并采用 2%琼脂糖凝胶回收 PCR 产物,选择 AxyPrep DNA Gel Extraction Kit 对回收产物进行纯化,最后外送,采用 Illumina 公司的 Miseq PE250 测序平台进行测序。获取序列信息后,通过 QIIME2 平台进行质控、筛选、比对、注释等操作,最终获得核心分类单元(ASVs)表,用以后续的微生物群落结构信

息分析。

4. 实验计划

- 2023.5.1-2020.8.1, 按实验方案完成污染物去除效能实验, 获取实验数据。
- 2023.8.1-2020.9.1, 完成填料氮吸附实验, 获取实验数据。
- 2023.9.1-2020.10.1, 提取生物膜微生物 DNA, 获取微生物基因信息。
- 2023.10.1-2023.12.1, 进行数据处理, 获取填料污染物去除动力学、氮吸附曲线和微生物生长动力学。

长动力学。

2023.12.1-2024.3.1, 整理实验数据, 得出实验结论, 形成结题报告和论文。

三、项目实施的基础和条件

1、项目应具备的专业知识

项目指导教师和环境科学和水生态学方面有一定的研究基础, 已掌握了必须的专业知识、实验技术和结果分析方法等, 在实际人工湿地工程方面亦有实际经验, 为该项目研究的顺利进行提供了强有力的保障。此外, 申请者应具备以下相关技能和知识:

- (1) 基础实验知识及相关的实验操作能力。
- (2) 数据分析软件(如 R、SPSS 等)的应用, 用于数据采集、处理和分析。
- (3) 基础化学、生物知识。

2、基础仪器及实施条件

本研究在中国农业大学水利与土木工程学院实验室进行, 实验室所需的多功能微孔板检测仪(酶标仪), 高压灭菌锅, 紫外分光光度计、凝胶电泳仪、无菌操作台等, 实验室均已配备。设备和药品齐全, 具备实验条件。

四、学生提交的成果

1. 结题报告一份。
2. 发表研究论文 1 篇。

项目30：不同氮源对盐渍土 N₂O 排放系数的影响（郝新梅）

指导教师：水利系副教授 郝新梅，联系邮箱：haox@cau.edu.cn

一、项目概况

氮素是作物生长必需的大量元素之一，是维持作物正常生长的必备条件。氮肥的投入是补充土壤氮素、保证作物产量的重要途径，是农业生产中投入量最大的肥料。我国每年亩均化肥用量21.9公斤，远超世界平均水平。但氮肥利用率仅为30%~35%，低于世界40%~60%的平均水平。大量化肥的施用虽然提高了作物的产量，但同时也带来如面源污染、地下水污染、温室气体等环境问题，长期施用对作物产量也会带来不利影响。因此化肥减量和有机肥替代是近年来获得广泛关注的可以避免大量施用化肥的负面效应、增加土壤碳库的途径之一。

土壤硝化和反硝化过程的中间产物N₂O是导致全球变暖的主要温室气体之一，而农业中氮肥的施用是土壤N₂O排放的主要来源。施用氮肥可以改变土壤性质，影响土壤中参与氮转化微生物的群落结构和丰度，改变硝化和反硝化作用的底物，从而影响土壤N₂O产生与排放。N₂O排放系数（EF）是指施用氮中转化为N₂O气体的百分比，IPCC将其定义为其它条件相同时施氮和不施肥处理N₂O排放的差值。基于大量田间试验研究，EF对无机肥来说为1.0%，堆肥约为0.8%，而IPCC建议去1%作为估算N₂O排放采用的系数。但现有的研究发现EF随施氮量变化并不是常数，即N₂O排放与施氮量并非线性关系，与试验条件密切相关。如李燕青等发现在华北平原小麦玉米轮作下盐化潮土N₂O排放与施肥量并非简单的线性关系，施氮量高于240kg·hm⁻²时，土壤N₂O排放大幅增加。Hoben 等发现土壤N₂O排放与施氮量呈指数增长关系。

我国西北旱区面积占全国的31.8%，是番茄、棉花等农产品生产基地，在我国农业发展中具有不可替代的作用。但该地区有相当高比例的耕地存在盐渍化现象。有机肥无机配施也是改良盐渍土、提高盐渍土生产力的措施之一。但盐渍土N₂O的EF是否会随不同施肥种类变化，与施氮量是否为线下关系目前还不确定，盐渍土下不同氮源对N₂O排放的影响机制也不明确。

本项目拟开展室内培养试验，供试土壤为新疆长期耕作棉田表层土，设定不同氮源（无机、25%有机替代、50%有机替代、有机肥）和施氮量（N0，N1（氮添加 100 mg kg⁻¹），N2（氮添加 200 mg kg⁻¹），N3（氮添加 300 mg kg⁻¹），N4（氮添加 500 mg kg⁻¹））处理。在气候室内进行培养，设定温度为 25 °C，培养时长为 35 天，通过监测培养期不同时间土壤的 N₂O 排放量以及土壤理化、生物学性质，分析比较不同氮源下 N₂O 排放系数随氮源和施氮量的变化规律，探讨不同氮源对土壤 N₂O 排放的影响机理。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 文献阅读及方案制定 (2023.04-2023.07)

学生在指导下学会使用知网、Web of Science 等中外文文献检索数据库查找相关文献,广泛阅读土壤氮循环、土壤 N₂O 排放影响因素、添加有机肥对土壤理化及生物学性质等方面的相关文献,掌握基础知识。该阶段培养学生自主查找文献、阅读文献,对文献进行总结和分析的能力。

考核方式:完成文献综述并完善研究计划

2. 试验开展 (2023.07-2023.9)

了解培养试验的步骤和具体要求,根据试验计划开展试验工作。

1. 制备土样。选取新疆地区不同耕作历史及盐分含量的土壤,风干后过筛。称取 100g 土壤按照一定容重加入到玻璃罐中,放到气候室,设定温度为 25 °C,土壤水分设为 60%WFPS,并进行预培养 3 天。

2. 三天后,按照设定的处理,加入不同量和不同形式的氮源,在 1、3、5、7、11、15、21、28、35 天采集土壤排放气样,测定 N₂O 排放通量;同时采集土样,测定土壤理化、微生物性质等数据。培养期间每天称重补水,使土壤水分保持在 60%WFPS。

此环节考验学生基础知识、设计及完成试验、独立思考、解决问题、培养团队意识等能力。

考核方式:试验记录,数据预处理、中期报告

3. 数据分析及模型模拟 (2023.10-2024.1)

对采集的数据运用多种统计方法进行分析,明确不同氮源和施氮量对 N₂O 排放的影响规律,分析其与土壤性质的关系;同时运用土壤氮循环模型 DNDC 进行模拟,探讨其影响机理

此环节培养学生数据处理、数据分析、归纳总结、模型模拟的能力。同时培养学生利用统计分析软件的能力。

考核方式:模型运行结果、数据分析图表、

4. 撰写报告和论文 (2024.02-2024.04)

撰写论文、报告,形成结题报告,完成一篇论文并投稿。

该环节培养学生分析问题、归纳总结、论文撰写能力。

三、项目实施的基础和条件

1. 项目申请人近期已开展了无机和有机肥对温室土壤 N₂O 排放影响的相关研究,获得了良好

的成果，积累了丰富的经验，具有良好的研究基础。

2. 研究团队有气候室，可为培养试验提供必要的实施条件；
3. 研究团队有研究生参与相关领域研究，能够提供及时帮助和指导。

四、学生提交的成果

1. 试验方案
2. 试验记录，包括数据记录与相关图片资料
3. 中期报告
4. 结题报告。

项目31：中国主要农区农业水土资源适配与承载力研究（王素芬）

指导教师：水利系教授 王素芬，联系邮箱：wwwsf71@163.com

一、项目概况

本项目是中国工程院重大项目“农业发展的水平衡效应与用水保障对策”中的部分内容。中国2021年水资源总量为2.95万亿立方米，居世界第六位，而人均水资源占有量仅为2098.5立方米，不足全世界人均水平的四分之一，而农业作为我国用水最多的产业，必须要保证对水资源的合理运用，才能实现水资源的可持续利用。党的二十大上提出要加快推进流域水资源节约与保护高质量发展，加速我国节水型农业的发展，《中国综合农业区划》按照农业生产环境、特征和发展方向、重大问题和关键措施及行政单位完整性等原则，将中国划分为9大农业区，以每个农区为独立单元对其农业发展的水平衡效应做出综合动态评价。

本研究基于我国主要农区的水土资源总量及空间分布格局及农作物种植结构等数据，采用绘制洛伦兹曲线的基尼系数法计算其水土资源匹配程度，并运用地理信息系统中的自然断裂、指标选取和模型模拟等方法，系统分析各区域水土资源时空特点，采取科学的统计和模拟方法，绘制出九大农区的水土资源匹配图，并合理选取农业水资源承载力评价指标，构建指标体系，并对不同指标进行赋权，计算各个农区的农业水资源承载力并对其进行分级评价。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

该计划实施主要有以下三个环节：

1. 文献阅读与综述。通过查阅国内外文献，系统梳理农业水土资源匹配格局相关研究现状及存在问题。本环节主要是培养学生查阅文献、总结和发现科学问题的能力。

2. 资料收集、整理和分析。本环节主要是培养学生发现问题和分析问题能力。学生能够根据研究目标，通过多种途径收集研究所需资料，在调查收集所需相关数据的基础上，利用统计学方法，对资料进行系统分析，总结目前相关研究存在的问题。

3. 学习与水土资源适配性与农业水资源承载力评价分析相关的多学科知识，掌握基于地理信息系统的评价指标和评价模型的构建方法，本环节主要是培养学生多学科的知识融合综合应用，能够采用多种研究方解决科学问题的能力。本研究在“山水林田湖草”规划一张图的思想下，主要包括研究区水土资源要素的时空分析，农业水资源承载力影响因素筛选，评价体系建立、评价模型的构建等。通过本项目的锻炼，使学生认识到学科交叉和多种方法融合的解决科学问题的重要性。

三、项目实施的基础和条件

(1) 申请人长期从事水资源高效利用研究工作，可对学生的研究工作进行直接有效指导。

(2) 申请人多年从事教学科研工作，为本项目的开展积累了一定的技术资料和指导“URP”项目的经验。

四、学生提交的成果

《中国主要农区农业水土资源适配与承载力研究》报告 1 份

项目32：基于 RGB-D 的育肥猪体重自动估测模型构建与验证（王朝元）

指导教师：农建系教授 王朝元，联系邮箱：gotowchy@cau.edu.cn

一、项目概况

体重是育肥猪生产过程中最重要的生产参数之一，经常被用作评价生长性能、生活环境、营养调控的重要指标。体重的变化为分析猪的生长速度、饲料转化率、生长拟合模型、疾病风险控制等工作提供有价值的技术支持，以决策管理，制定科学、有效、及时的管理方针，从而提高养殖福利和经济效益。

目前测量猪的体重主要采用直接测量和无接触式的间接测量两种方式。传统方法通常需要直接接触猪来测量体重，直接测量是通过人工驱赶猪只进入测量仪器从而获得体重的一种方式，尽管测量仪器可以较为精确的测量猪的体重，但是由于称重时体重平台的晃动以及污秽积累，容易影响测量结果的精确度并且对测量人员与被测猪只造成应激反应，对于体重越大的猪只其反应造成的影响越大，不仅费时费力而且会造成猪只的生产性能下降、发病、甚至死亡，带来很大的经济损失。无接触的间接测量主要是通过相机和摄像设备对畜禽进行无接触识别与检测的一种方式，通过机器视觉技术获取猪只的体高、体长、臀宽、身体轮廓等信息，利用线性回归等方法拟合出猪只的真实体重。间接测量的优点是能够实时迅速的获取猪只的体重，且猪只不会产生应激等不良反应，但是其测量精度与直接测量相比还有待提高。用于估测猪只体重的相机视野有限，不能对大型猪场中的数百个圈栏中的猪进行监测，并且增加摄像机的数量也会大大增加猪场的生产成本，因此，研发一种移动式的体重采集平台尤为重要。猪只的姿态也是体重估测系统研究的主要内容，目前国内外学者主要采取的方式是利将摄像机安装在猪舍的采食饮水区，也有部分学者将摄像机安装在猪舍的顶部的中心位置，但是以上两种方式都是采集猪只站立姿态下的图像信息用于估测猪只体重，然而猪只的采食饮水行为只占其行为时长的 4.7%-8.2%，躺卧行为占行为时长的 79.5%-84.2%。同时实际研究过程中需要面对的现实问题为：由于猪只之间的互相遮挡，从而我们无法分割出完整的猪只图像，导致无法准确估计被遮挡猪只的体重。因此，为解决遮挡问题这一研究痛点，本项目计划通过深度学习方法，实现对被遮挡猪只图像进行合理且科学的补全，使其得以相对完整，从而提高猪只体重整体的估测精度。

本研究旨在利用计算机视觉技术获取猪的图像信息，采集育肥猪不同姿势，不同位置且存在遮挡情况下的 RGB 和深度图像并利用卷积神经网络提取特征，构建精确的育肥猪体重估测模型，实现无应激实时估测育肥猪的体重，为移动式体重估测平台提供技术支持。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

2.1 研究目标

本研究以育肥猪为研究对象,期望设计一套育肥猪体重估测模型,实现猪只位置、姿态的识别,通过相应的模型提取特征与被遮挡猪只的图像补全,并将 RGB 图像与深度图像融合形成一个四维的 RGB-D 育肥猪图像信息,以估测育肥猪的真实体重,建立数据库,为智能巡检机器人实现移动状态下进行体重估测提供技术支持。

2.2 研究内容

2.2.1 现场采集猪只的图像信息

研发基于物联网的真实体重采集平台,采集育肥猪的真实体重和基于 pycharm+opencv 的采集程序采集猪只的图像信息。深度相机安置在圈栏顶部中心的位置,长时间采集猪只的真实体重数据和图像信息。

2.2.2 猪只图像的预处理

采集的图像为整个猪舍的顶视图,为提高模型的准确率与识别速度,需去除模糊图像,并对保留的图像进行间的预处理,通过改进 Faster R-CNN 算法对猪只进行识别与分割,同时对图像信息进行标注。将识别好的育肥猪遮挡图像,送入到补全模型中进行图像补全,从而得到完整的猪只图像。

2.2.3 体重估测模型训练和测试

育肥猪的背部轮廓能够准确的估测猪只体重,但是在躺卧、趴卧、不同角度及存在遮挡情况下不能准确得到某育肥猪固定的背部轮廓信息,需要考虑加入别的变量使得模型更加准确。因此,本研究将融合 RGB 和深度图像形成一个四维的育肥猪图像数据作为变量对模型进行训练,得到较为准确的体重估测模型。

2.3 实验装置

本研究在重庆市畜牧科学院提供的实验猪场进行数据采集。利用 Azure Kinect DK 深度相机进行图像的采集,并利用体重采集称进行体重真实数据的采集。

2.4 现场试验

实验预计于 2023 年 5 月初于重庆畜牧科学院双河基地开展,现场实验需要达到两个目的:一是搭建猪只体重采集平台,获取到实验猪只的真实体重数据,将深度相机安置在实验猪舍的顶部中心的适宜高度,以便能够拍摄到整个实验猪舍;二是采集猪只在不同猪舍位置,不同姿态下的 RGB 和深度图像。在试验时,布置 1 个试验猪舍,猪舍饲养 10 头 70 日龄的猪只每 1 天采集真实体重信息,全天拍摄图像信息并保存。试验开始时,触发采集程序来拍摄生猪的顶视图像集,RGB 图像的尺寸

为 1920x1080 像素，存储格式为.bmp；深度图像的尺寸为 512x428 像素，存储格式为.bmp；点云存储格式为.txt。并对 RGB 图像和深度图像进行简单的标注及预处理，方便后续建立模型进行体重估测。

2.5 试验方法

根据第一部分提到的猪只体重估测系统的研究现状，本研究对不同位置、姿态下且存在遮挡情况下的育肥猪体重估测的方法进行了如下设计：整套设计主要包括现场试验、数据处理两部分。第一部分是由体重秤和深度相机获得的猪只真实体重数据和猪只的 RGB 和深度图像。第二部分是利用卷积神经网络对采集到的图像进行建模分析，得到一套估测准确率高的模型。

2.6 数据处理

利用深度相机拍摄的图像，用中值滤波器去除大量的噪声干扰，用限制对比度自适应直方图均衡化对深度图像进行增强，以提高其对比度。需统一对图像裁剪和缩放，以满足不同模型对图像的像素要求。

本研究利用 Faster R-CNN 实现育肥猪目标的定位和 5 种姿态（站立、坐立、俯卧、腹卧、和侧卧）的分类。Faster R-CNN 是由 RPN 网络和 Fast R-CNN 检测网络融合后，共享了卷积层的多类目标检测算法，区域生成网络 RPN(region proposal networks)利用锚点（anchor）在单一尺度的特征图上，高效地生成多种尺度和多种长宽比的感兴趣区域。Fast R-CNN 通过卷积和池化层提取每个感兴趣区域特征，并输入后续的全连接层，分别实现类别预测和位置回归。将采集、分割得到的被遮挡猪只图像进行补全，将 transformer 与卷积的优点相互结合，从而可以更好地实现大面积遮挡的补全，为体重估计做好数据优化工作。

为了满足移动巡检装置对猪只体重获取速度和实时性要求比较高的场合，本研究采用深度卷积神经网络构建猪只体重估测模型。深度卷积神经网络可以从图像中提取多种信息，已经在动物行为识别、智能化管理等方面得到了广泛的应用，并且以端到端的方式实现对图像的分析，处理速度快，可以满足实时运行的要求。

2.7 技术路线

技术路线如图 1 所示。

2.8 时间安排

2023 年 4 月：熟悉模型与方法，利用现有资料进行数据标注等工作。

2023 年 5 月~6 月：到达重庆市畜牧科学院进行数据采集。

2023 年 7 月~12 月：于水利与土木工程学院四楼试验室进行数据处理（猪只图像识别与分割、

遮挡图像补全处理、送入模型进行体重估计)。

考核办法：熟练掌握编程语言、数据标注软件，搭建一个基于图像补全的猪只体重估测模型，完成基本的数据处理与模型训练工作。

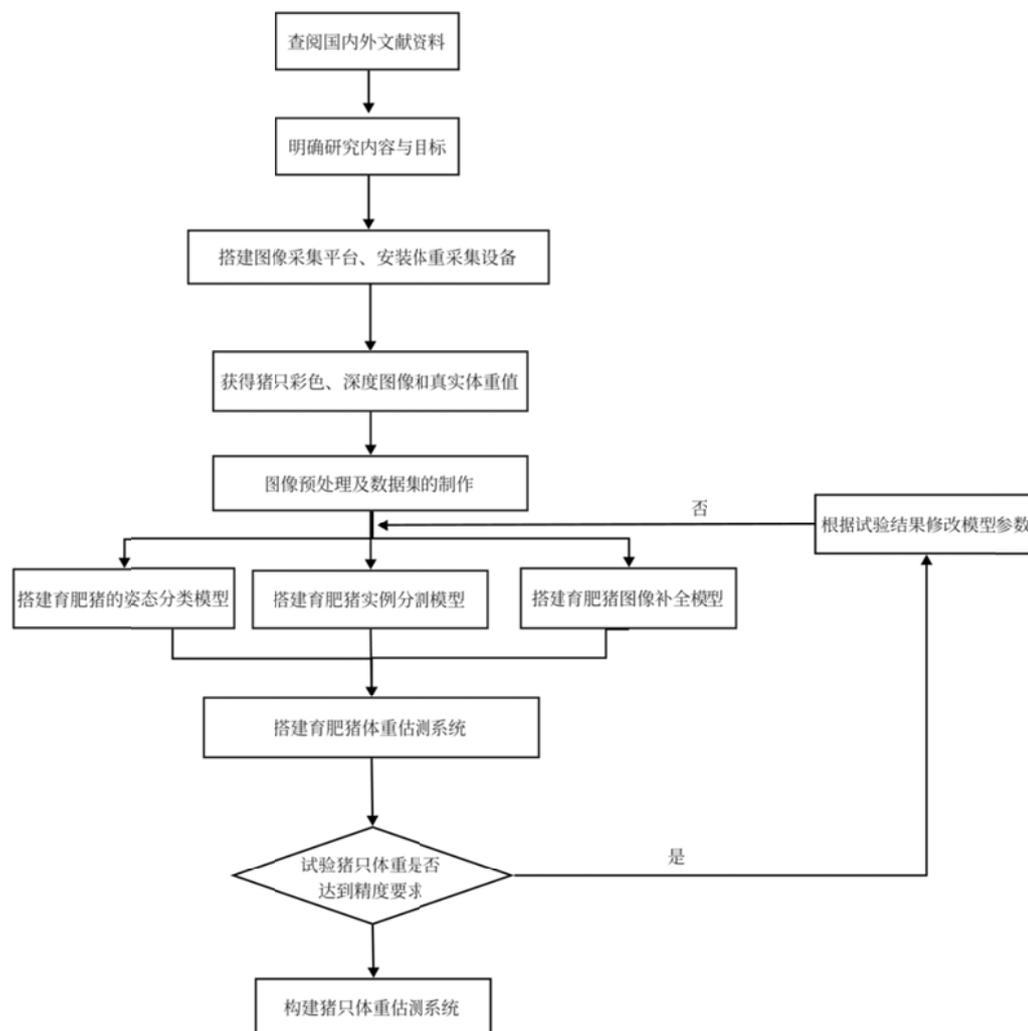


图 1 技术路线

三、项目实施的基础和条件

(1) 实施基础

依托“科技创新 2030 项目”支撑，多学科优势团队为项目高质量完成提供技术支撑，通过查阅相关文献资料，通过前期的研究对国内外相关研究进展和现状有了一定了解，并针对相关现状提出了科学问题和研究内容；中国农业大学水利与土木工程学院农业生物环境与能源工程专业的王朝元教授课题组的学生，已对猪体重估测进行系列研究，有一定的研究基础，目前研究具有一定的系统性，为本课题的顺利开展奠定了基础。

(2) 试验条件

本研究依靠重庆市畜牧科学院提供实验猪场，以 2030 项目为依托，可提供实验所需要的实验设备、资金支撑等各种实验基础保障。

四、学生提交的成果

本项目需要学生在教师指导下完成数据标定、开展模型训练与优化等工作，撰写科技报告或论文。由于试验时间长、任务繁重，拟招三名学生协助完成，学生提交的成果有以下内容。

- 1、关于猪只体重估计的文献综述报告 1 份；
- 2、猪只体重估计试验计划书和试验报告 1 份；
- 3、提交 URP 总结报告 1 份，包括数据处理、模型搭建的重点内容。

项目33：微型抽水蓄能可行性评价（袁林娟）

指导教师：水利系副教授 袁林娟，联系邮箱：linjuanyuan@cau.edu.cn

一、项目概况

在“双碳”目标引领下，我国分布式新能源快速发展，随之出现新能源消纳难的问题，微型抽水蓄能非常适合分布式新能源消纳。而且我国微型抽水蓄能资源丰富潜力巨大，开发前景广阔，然而其研究仍处于起步阶段。本项目通过对天然坑塘、矿坑、小微型水电等灵活资源的微型抽水蓄能开发场景的分析，分析微型抽蓄的技术特性与经济性能，构建技术经济评价指标体系，综合分析不同开发场景下微型抽水蓄能的技术经济特性。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1、预备知识的学习。要求学生学习抽水蓄能相关知识。此环节主要培养学生自学能力。

2、抽水蓄能可行性评价。本研究通过对天然坑塘、矿坑、小微型水电等灵活资源的微型抽水蓄能开发场景的分析，分析不同工况下、不同类型微型抽蓄的技术特性（资源开发、工程建设等）与经济性能（动能经济效益、生态环境效益和社会效益等），构建技术经济评价指标体系；建立微型抽水蓄能综合评价模型，并在此基础上，综合分析不同开发场景下微型抽水蓄能的技术经济特性。此环节主要培养学生创新能力和团队协作能力。

3、分析总结研究成果。此环节主要培养学生分析总结问题的能力。

三、项目实施的基础和条件

本人长期从事水利水电专业的教学科研工作，有能力指导学生进行科学研究。

四、学生提交的成果

- 1、抽水蓄能国内外研究进展报告
- 2、微型抽水蓄能可行性评价研究报告。

项目34：LED 光照强度与光周期对玉米和小麦生长发育的影响（贺冬仙）

指导教师：农建系教授 贺冬仙，联系邮箱：hedx@cau.edu.cn

一、项目概况

农作物高产优质育种是保障粮食安全的重要措施。面对不断增长的人口和不断变化的环境，育种仍然是全球范围内的主要关注点之一。然而目前育种的进展速度基本上不足以满足未来的粮食需求。

一个新品种的培育通常需要 6-8 个世代（种一季为一个世代），由于许多大田种植的作物每年通常只有 1-2 个世代，所以对于大多数作物来说，培育出新的品种往往需要几年的时间，育种的速度在很大程度上受到阻碍。作为这一方向的解决方案，提出了育种加速器的概念。在常规大田育种中，作物每个世代需要较长的时间，而育种加速器则利用完全环境控制的人工光型植物工厂给予作物适宜的生长环境，不受外界环境干扰，加速作物的开花与结实，减少作物的世代时间，提高育种效率，加快优良品种的推广。

本项目将以玉米和小麦作为研究对象，以完全环境控制的人工光型植物工厂为载体，通过对光环境的调控，探究玉米与小麦的最优生长环境条件，缩短作物生育期，并通过收获未成熟的种子，减少作物的世代时间，为确定玉米和小麦的育种加速器方案提供技术支持。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

本研究分为 LED 光照强度与光照周期对玉米生长发育的影响、LED 光照强度与光照周期对小麦生长发育的影响、收获未成熟种子与成熟种子的发芽率实验三个部分：

1) 玉米和小麦人工光栽培

在人工光型植物工厂中设置不同的光环境培养玉米和小麦，学习玉米和小麦的植株管理知识，熟练使用水肥灌溉系统、设施环境控制系统，并做好植物生长状态记录。

训练环节：训练学生熟悉植物工厂栽培系统和环境控制系统，理解玉米和小麦生长过程中对光、温、水、气、肥等的要求，培养学生解决问题的能力。

考核方法：完成试验，撰写试验报告。

2) 玉米和小麦生长发育规律

待玉米发育到 1 叶期开始，每 5 d 测定玉米的株高、茎粗、叶面积、叶片数和光合特性，每 10 d 测定玉米的地上/下部干鲜重、叶绿素荧光和叶绿素含量，并记录播种后玉米生长到各个关键生长阶段的时间。待小麦开始分蘖时，每 5 天测定小麦的株高、茎粗、叶面积、叶片数、地上/下部干鲜重、

分蘖数、光合特性、叶绿素荧光和叶绿素含量，并记录播种后小麦生长到各个关键生长阶段的时间。明确不同光照强度与光周期对玉米和小麦生长发育的影响规律。

训练环节：训练学生熟悉植物生长过程中各种主要指标的测定方法，学习测量指标的仪器，锻炼学生进行科学试验的能力。

考核方法：完成试验，撰写试验报告。

3) 收获未成熟种子与成熟种子的发芽率实验

在玉米授粉后的乳熟期、蜡熟期、凹陷期、完熟期以及小麦授粉后的乳熟期、面团期、蜡熟期、完熟期分别收获未成熟种子与成熟种子进行种子的发芽率实验，比较各个实验区与各个时期收获种子的发芽率。

训练环节：训练学生学习种子成熟的理论知识，了解光环境对种子形成的影响，培养学生理论结合实践的思维方式。

考核方法：完成 3 次重复试验，撰写试验报告。

三、项目实施的基础和条件

本教研组拥有 6 间完全环境控制的人工光型植物工厂实验室，可以保证本项目各种科研试验的顺利开展。同时，本实验室具有多参数分析仪、便携式光合仪、紫外可见光分光光度计、叶绿素荧光仪等植物环境生理领域的仪器设备，可以保证试验测量的正常进行。研究室成员除 4 名专职教师外，还有 1 位博士后、5 位博士生，以及 14 位硕士生可以协助教师指导本科生学习，并能在试验过程中给予帮助和协助。

四、学生提交的成果

1. 按照试验计划撰写 1 份试验报告，并最终整理为一份技术文档；
2. 提交项目汇报 PPT 及其原始数据和图片，以供实验室存档和后期试验参考；
3. 争取发表一篇相关论文。

项目35：LED 光照环境对草莓生长和品质形成的影响（季方）

指导教师：农建系副教授 季方，联系邮箱：jifang@cau.edu.cn

一、项目概况

草莓是我国广泛种植的重要经济作物，主栽品种为日韩品系的短日草莓，并以设施栽培方式为主。因此，我国鲜食草莓主要在 11 月至翌年 6 月上市。但由于夏秋高温季节，短日草莓难以进行花芽分化，果实无法生产，导致草莓鲜食市场出现断档情况，同时，高温条件也会使草莓果实糖酸比的变化，导致风味口感不佳。人工光型植物工厂可以对植物生长环境进行精准调控，是保证高品质鲜食草莓周年稳定生产的重要途径。

本项目通过研究光照环境对草莓的生长发育、糖酸积累以及产量的影响，探究草莓在人工光条件下的生长特性，明确有利于草莓高产、适宜糖酸比形成的光照环境，为建立人工光下高品质草莓高效栽培体系提供技术指导。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

本研究分为草莓多层立体栽培、草莓营养和生殖生长指标测量、草莓产量和品质测定等内容。

1) 草莓多层立体栽培

在人工光型植物工厂中，基于多层立体方式栽培草莓，学习草莓植株的栽培管理和使用栽培设施、水肥灌溉系统等。并对植株进行日常管理，及时防治病虫害，确保植株健康生长。

训练环节：训练学生熟悉草莓人工栽培系统和环境控制系统，理解草莓生长过程中对光、温、水、气、肥等的要求，培养学生解决问题的能力。

考核方法：完成试验，撰写试验报告。

2) 草莓营养和生殖生长指标的测量

在草莓生长发育过程中，定期测量植株的株高、冠幅、叶片数、叶柄长、花柄和果柄长、茎粗、匍匐茎抽生数量等营养生长指标，花朵、花序和花序间叶片数量等生殖生长指标，观察各个花芽分化时期，同时测量植株叶片的光合与荧光特性。明确光照环境对草莓植株生长发育情况的影响。

训练环节：训练学生熟悉植物生长过程中各种主要指标的测定方法，学习测量指标的仪器，锻炼学生进行科学试验的能力。

考核方法：完成试验，撰写试验报告。

3) 草莓果实品质和产量的测定

对草莓进行物候学分析，对果实的重量、纵径、横径、硬度以及光泽等进行测量，着重分析以

葡萄糖、果糖、蔗糖为主的可溶性糖，以柠檬酸、苹果酸等为主的可滴定酸含量。明确光照环境对草莓产量和糖酸等食用品质形成的影响。

训练环节：训练学生学习果实品质形成的理论知识，了解品质对光照环境的响应情况，培养学生理论与实践相结合的理解能力。

考核方法：完成试验，撰写试验报告。

三、项目实施的基础和条件

本研究组在水院楼有 5 间人工气候室和两个集装箱式植物工厂，可以保证本项目各种科研试验的顺利开展。同时，本实验室具有便携式光合仪、紫外可见光分光光度计、体视显微镜等植物环境生理领域的仪器设备，可以保证试验测量的正常进行。研究室成员除 3 名专职教师外，还有 1 位博士后、5 位博士生和 14 位硕士生可以协助教师指导本科生学习，并能在试验过程中给予帮助。

四、学生提交的成果

1. 按照试验计划撰写试验报告，并最终整理为一份技术文档。
2. 提交项目汇报 PPT 及其原始数据和图片，以供实验室存档和后期试验参考。
3. 撰写一篇关于“LED 光照环境对草莓生长和品质形成的影响”的投稿论文，争取在《中国蔬菜》或《温室园艺》发表

项目36：生物炭强化畜禽废水中低温厌氧消化的研究（司晔春）

指导教师：农建系副教授 司晔春，联系邮箱：sibuchun@cau.edu.cn

一、项目概况

我国是畜牧业大国，每年产生大量畜禽养殖废水。厌氧生物处理技术不仅能有效去除有机物质进而回收能量，而且已被证明能降解抗生素等污染物。低温下的厌氧生物处理技术在运营成本、能耗需求上均比中温、高温少，在实际应用中具有较大吸引力。然而温度是影响厌氧消化的关键因素，随着操作温度的降低，微生物的代谢速率降低，限制了低温厌氧消化技术的应用发展。已有研究表明，生物炭材料因其大比表面积、高孔隙率、强吸附能力和良好导电性等特性，可以提高厌氧处理工艺的效率和稳定性。基于此，本项目将研究生物炭在中低温下对畜禽废水厌氧消化的强化作用，进一步结合能耗核算，选择厌氧发酵的最优条件。

本项目主要通过文献调研、实地考察、实验设计以及室内实验相结合的方式，明确中低温下畜禽废水厌氧消化的生物炭强化作用。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1、2023 年 06-07 月，查阅厌氧发酵基础理论的相关文献。重点包括生化反应动力学、厌氧微生物种群结构分析等文献。要求撰写文献综述。培养学生文献调查、分析、归纳总结的能力以及英文学术论文撰写的能力。完成文献综述 1 篇。

2、2023 年 08-09 月，实践基地考察。通过对具体实践基地的考察，收集相关数据，采集畜禽废水并分析其主要成分。

3、2023 年 10-12 月，实验方案设计。通过该过程培养学生思考能力、收集和处理信息能力。

4、2024 年 01 月-2024 年 03 月，实验阶段。开展中低温下生物炭添加对畜禽废水厌氧消化的强化实验研究。通过该过程培养学生动手能力和从数据分析中发现问题的能力。

5、2024 年 04 月，撰写实验报告及实验型论文。对实验所得数据进一步分析、归纳总结，提高学生的学生综合分析能力和学术水平。

三、项目实施的基础和条件

申请人在厌氧反应器的设计与优化，厌氧发酵及过程强化等方面具有良好的研究基础。承担国家自然科学基金青年基金项目、海南省重点研发计划、国家重点研发子课题、国家自然科学基金面上/地区/国际联合项目、“十二五”农村领域国家科技计划课题研究等十余个项目。在《Green Chemistry》、《Water Research》、《Environmental Science & Technology》、《Progress in Energy and

Combustion Science》、《农业工程学报》等环境、能源及农业工程交叉性学科 SCI/EI 期刊发表学术论文 60 余篇，其中以第一或通讯作者发表 SCI 论文 24 篇，EI2 篇，参编著作 2 部，申请授权专利 5 项。本项目组所在团队拥有厌氧发酵和反应器设计所需的试验场地，具备项目所涉及的废弃物成分测试、厌氧发酵试验测定的条件。同时近年来进行了厌氧反应器的设计与验证工作，在此基础上申请了国家发明专利两项，并发表一区论文 SCI 5 篇。

综上所述，基本具备项目实施的条件及基础，在试验材料及实践基地考察方面尚需经费支持。

学生所具备的基础及条件：具备较好的文献查阅能力及英语阅读能力，具备较好的生物化学基础，具备计算机设计作图的技术和进行常规理化实验及处理试验数据的能力。

四、学生提交的成果

- 1、 相关文献综述 1 份；
- 2、 原始实验数据及相应的实验报告；
- 3、 实验型论文一篇。

项目37：北京市镇街尺度城市空间更新演化研究（王玉华）

指导教师：农建系副教授 王玉华，联系邮箱：wangyuhua@cau.edu.cn

一、项目概况

（一）项目区研究背景与意义

中国的城镇化进程一直在加速推进，第七次全国人口普查结果显示，截至 2020 年 11 月 1 日零时，我国常住人口城镇化率已经达到 63.89%，北京、上海、广州和深圳等超大、特大城市甚至已超过 80%^[1]。快速发展所累积的城市建设矛盾与城市病愈加严重，城市边界扩张中耕地不断被侵占、城郊结合部土地利用粗放低效等问题日益显著。中国城镇化还带有“土地城镇化”快于“人口城镇化”的特点，单纯的用地扩张使得人口资源环境压力增大，同时用地需求依然旺盛。

随着中国社会步入“新常态”，国家转变经济增长方式，提倡集约型、质量型发展模式，土地集约利用日益受到城市建设与管理者的关注，城乡空间增长方式与城镇规划理念的重心转向做优增量和存量更新，强调土地利用方式由粗放向集约、由重规模向重内涵转变^[2-4]。存量更新政策在中国的若干个超大城市已得到先行，上海、北京、深圳等城市已相继出台有关条例、导则、规划方案。

土地资源是人类得以生存和发展的物质载体，各种城市开发建设活动都是以土地为空间基础的土地利用活动^[5]。存量更新时代的土地利用期望于在控制城市建设用地扩张的情况下，关注内部填充与闲置土地，通过调整城市内部结构与功能优化，满足用地需求，并进一步寻求可持续发展；另一方面，存量时期土地利用对不适用城市发展的土地进行功能替换，优化土地利用结构，引导城市产业结构转型升级发展^[6-9]。因此，为了解决中心城老旧环境空间升级改造、旧工业区复兴等问题，提高土地利用结构合理性，实现土地资源可持续利用，缓解人地关系矛盾，形成对城市空间利用的中观微观尺度之上的空间动态演变、特征分析以及影响因素研究是必要的。

（二）国内外研究现状

关于城市更新的研究文献数量巨大，各时期均有对城市更新的不同理解，截止 2022 年 3 月，在知网搜索“城市更新”主题关键词，共有约 1.9 万相关文献，在 Web of Science 上搜索“urban renewal”主题关键词，相关文献有 3473 篇，城市更新研究是城市规划研究中的重要部分，有关城市更新的研究数量随着城市规划研究同步增长。

（1）城市更新研究的概念与内涵

① 国外城市更新研究的概念与内涵

1958 年 8 月在荷兰召开的第一次城市更新研讨会上，首次提出了城市更新的概念，并对其做了

有关说明：“生活在城市中的人，对于自己所居住的建筑物、周围的环境或出行、购物、娱乐及其他生活活动有各种不同的期望和不满。对于自己所住的房屋的修理改造，街路、公园、绿地，不良住宅区的清除等环境的改善，有要求及早施行。尤其对于土地利用的形态或地域地区制的改善，大规模都市计划事业的实施，以便形成舒适的生活，美丽的市容等，都有很大的希望。包括有关这些都市改善，就是都市更新”^[10]。早期对于城市更新的定义，源于二战后英美国不良住宅的改建，主要表现为对城市衰败地段的“推倒重建”^[11]，取而代之以高尚住宅或者较为舒适的生活环境^[12]，即对社区环境差、标准低、规划落后、人口贫困的地区或者过时的景观进行自我改造的过程^[13-15]。有学者认为，此时城市更新的涵义包含城市再开发、邻里修复与邻里保护三个方面，以简单的物质环境改善为主。其中，城市再开发也是即破坏原有结构的基础并建立新的城市规划布局，对于质量低劣者可根据其不同规模进行“再开发”，使其能被合理使用^[16]；邻里修复是指通过维修、涂刷及一般整理达到更新目的；邻里保护是防止对现有建筑或城市蓬勃元素的破坏^[17]。

1970 年代后，国际上对城市更新的研究更多关注到了城市发展与问题分析上，有学者将此时期城市更新定义为：“用一种综合的、整体性的观念和和行为来解决各种各样的城市问题；应该致力于在经济、社会、物质环境各个方面对处于变化中的城市地区作出长远的、持续性的改善和提高^[18]”。人们认识到城市更新是物质、社会、自然、经济、环境等相互作用的结果，对城市更新的定义也从简单的以物质环境改善为主向更加综合性、全面性的多维更新转化^[19]。新时代经济全球化背景下的城市更新，包含着广泛的社会和经济复兴的意义，其重要的目的之一是提升城市的竞争力以谋求更高的竞争能级。这时候城市更新的目标是首先着眼于外部的竞争环境，然后再回头审视内部环境的差距和改造之策^[20]。

② 国内城市更新研究的概念与内涵

国内对于城市更新研究的起步稍晚于国外，并随着不同时期经济建设与城市化发展不断衍生出不同的内涵。早期是在计划经济体制下的以旧城改造、完善基础设施建设为主要目标内容的形体更新^[21]。经济转型时期，旧改由计划分配转为政府引导、政企经济合作，强调经济发展在城市更新中的作用，注重重建、保护与建筑维护，陈占详对城市更新叙述为“城市总是经常不断地进行着改造和更新，经历着‘新陈代谢’的过程”^[22]。吴良镛在 1994 年提出了有机更新的概念，即“采用适当规模、合适尺度，依据改造的内容与要求，妥善处理目前与将来关系——不断提高规划设计质量，使每一片的发展达到相对的完整性，这样面集无数相对完整性之和，即能促进北京旧城的整体环境得到改善，达到有机更新的目的”^[23]。

在进入 21 世纪后，中国进入了快速城市化阶段，城市更新发展理念逐渐开始向改善物质环境、

提升居民生活品质、经济效益与社会效益并重、保存传统历史文脉的多元化目标提倡，居民的公众参与意识也不断提高。有学者认为，城市更新应该“具有着深刻的社会和人文内涵。忽略社区利益、缺乏人文关怀、离散社会脉络的更新并不是真正意义上的城市更新”^[24]。有学者把城市更新概念定义为“是对城市中某一衰落地区进行拆迁、改造、投资和建设，使之重新发展和繁荣，它包括两方面的内容：一方面是客观存在的实体（建筑等硬件）的改造；另一方面为各种生态环境、空间环境、文化环境、视觉环境、游憩环境等的改造与延续，包括邻里的社会网络结构、心理定势、情感依恋等软件的延续与更新”^[25]。

2010 年至今，随着生态文明建设与“新常态”的提出，中国经济发展方式与城规理念转型，特大城市、大城市步入存量更新时代，城市更新研究迎来了一波热潮。狭义的存量发展概念，是指在不新增加建设用地的前提下，通过存量用地的挖潜提效来实现经济增长^[26]。有学者从城市经济学角度解释存量更新：“是指不依赖建设投资增量、通过对城市现有存量资产的经营和管理来获取稳定持续的现金流，保证城市正常运转并实现城市资产保值增值的方式”^[27]。存量规划顺应我国城市发展从“增量扩张”向“存量挖潜”转型的整体思路^[28]，对促进城市转型发展具有重要意义。

参考文献

- [1] 中华人民共和国 2020 年国民经济和社会发展统计公报[J]. 中国统计,2021(03):8-22
- [2] 邹兵. 存量发展模式的实践、成效与挑战——深圳城市更新实施的评估及延伸思考[J]. 城市规划,2017,41(01):89-94
- [3] 邬妮. 城市更新区域土地利用变化规律及预测研究[D]. 重庆大学,2018
- [4] 唐燕,刘畅. 存量更新与减量规划导向下的北京市控规变革[J]. 规划师,2021,37(18):5-10
- [5] 丁强,邹兵,戴垠澍. 存量发展背景下深圳市国土空间规划的探索和思考[J]. 城乡规划,2021(Z1):27-30
- [6] 薄宏涛. 存量时代下工业遗存更新策略研究[D]. 东南大学,2019
- [7] 程慧,赖亚妮. 深圳市存量发展背景下的城市更新决策机制研究：基于空间治理的视角[J]. 城市规划学刊,2021(06):61-69
- [8] 王书评,郭菲. 城市老旧小区更新中多主体协同机制的构建[J]. 城市规划学刊,2021(03):50-57
- [9] 姚之浩,田莉,范晨璟,周麟. 基于公租房供应视角的存量空间更新模式研究——厦门城中村改造的规划思考[J]. 城市规划学刊,2018(04):88-95

- [10] 邹兵. 探索城市总体规划的实施机制——深圳市城市总体规划检讨与对策[J]. 城市规划汇刊,2003(02):21-27+95
- [11] 曾鹏,李晋轩. 存量工业用地更新与政策演进的时空响应研究——以天津市中心城区为例[J]. 城市规划,2020,44(04):43-52+105
- [12] Gold, John R. A SPUR to action?: The Society for the Promotion of Urban Renewal, ‘anti-scatter’ and the crisis of city reconstruction, 1957-1963[J]. Planning Perspectives, 2012, 27(2): 199-223
- [13] Goodman A. City choreographer: Lawrence Halprin in urban renewal America[J]. Planning Perspectives, 2014, 30(4):1-3
- [14] David V. The potential of community entrepreneurship for neighbourhood revitalization in the United Kingdom and the United States[J]. Journal of Enterprising Communities: People and Places in the Global Economy, 2015, 9(3): 253-276
- [15] Güzey. The last round in restructuring the city: Urban regeneration becomes a state policy of disaster prevention in Turkey[J]. Cities, 2016, 50:40-53
- [16] Zheng H W, Shen G Q, Wang H. A review of recent studies on sustainable urban renewal[J]. Habitat International, 2014, 41(1): 272-279
- [17] Long H. G. Tang, et al. Socio-economic driving forces of land-use change in Kunshan, the Yangtze River Delta economic area of China[J]. Journal of Environmental Management, 2007, 83(3): 351~364.
- [18] 周陶洪. 旧工业区城市更新策略研究[D]. 清华大学,2005
- [19] 杨春志,张更立. 城市更新管治:基本内涵及其研究框架探讨——从管治角度看城市更新[J]. 现代城市研究,2018(11):52-57
- [20] 程大林,张京祥. 城市更新:超越物质规划的行动与思考[J]. 城市规划,2004(02):70-73
- [21] 阳建强. 走向持续的城市更新——基于价值取向与复杂系统的理性思考[J]. 城市规划,2018,42(06):68-78
- [22] 翟斌庆,伍美琴. 城市更新理念与中国城市现实[J]. 城市规划学刊,2009(02):75-82
- [23] 吴良镛. 从“有机更新”走向新的“有机秩序”——北京旧城居住区整治途径(二)[J]. 建筑学报,1991(02):7-13
- [24] 张更立. 走向三方合作的伙伴关系:西方城市更新政策的演变及其对中国的启示[J]. 城市发展研究,2004(04):26-32

[25] 于今. 中国区域发展 30 年的回顾与展望[J]. 资源与人居环境,2009(04):21-25

[26] 贺传皎,王旭,邹兵. 由“产城互促”到“产城融合”——深圳市产业布局规划的思路与方法[J]. 城市规划,2012(05)

[27] 赵燕菁. 土地财政:历史、逻辑与抉择[J]. 城市发展研究,2014,21(01):1-13

[28] 程大林,张京祥. 城市更新:超越物质规划的行动与思考[J]. 城市规划,2004(02):70-73

(三) 研究目标

研究快速城镇化过程中,多元空间尺度城市空间更新诱导因素的差异,尤其是其中观尺度城市空间演化影响因素与优化策略。

(四) 主要研究内容

1. 研究 2010-2021 年北京城市重点工程建设引致的城市空间总体演化特征与趋势;

主要分析 2010-2021 年间北京市不同空间尺度重点工程建设引致的城市空间总体演化特征与趋势。

2. 研究 2010-2021 年间北京市镇街尺度空间更新特征与演化规律;

分析 2010-2021 年北京市朝阳区、海淀区镇街尺度城市空间更新演化特征、规律与影响因素;

3. 研究镇街尺度空间更新优化引导策略。

(五) 研究方法与数据

研究区域

本研究以北京市、北京市海淀区、北京市朝阳区为主要研究区域,其中海淀区、朝阳区研究以镇街中观尺度为基本单元。

数据收集与分析

由于镇街单元的人口统计数据缺乏连续性准确统计数据,本研究对于空间更新的研究数据主要基于 2010-2021 年间北京市建设年鉴、朝阳区、海淀区两区年鉴中的重点工程、保障性用房、经济适用房建设等具体数据。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 2023.4-2023.8 完成理论文献与数据梳理与方法确定。考核学生的文献及数据搜集、整理、提炼以及评析能力,并通过梳理与问题发展综述以及创新性评析研究,确定合理的研究内容与方法。通过文献综述综合梳理评价、数据库建设完善度以及方法合理性予以评估;

2. 2023.8-2023.10 明确研究内容基础上,完成分析方法与模型的设计与预处理。主要考核学生整理问题、解决问题的创新思路应变能力。通过分析方法与模型建设过程中处理问题能力予以考核;

3. 2023.10-2023.12 完成数据分析，综合整理结果与策略建设。主要考核学生数学模型方法与实际应用中因素的应对与优化及综合创新能力分析。通过数据分析以及结果应用完成度予以评价；

4. 2023.12-2023.4 综合整理研究报告，并从中抽取可发表性论文予以投稿。考核学生的写作能力、综合分析与创新性思维能力，通过报告撰写与论文写作予以评估。

三、项目实施的基础和条件

本项目指导教师在前期经过了大量的研究和长期的相关项目工作，具有扎实的理论研究基础，并同农业部和北京多个区政府及部门有着良好的合作关系，具有较好的多学科人才交流合作的环境。在与北京昌平、朝阳、大兴与顺义等多个项目合作中，对北京地区以及周边城市空间更新改造等问题均有涉猎，具有此课题开展的有利合作基础与经验，将为项目的顺利完成提供了良好的组织、技术、智力、信息和环境保障。

四、学生提交的成果

- 1、镇街尺度城市空间更新数据库；
- 2、朝阳区、海淀区镇街尺度城市空间更新分析报告；
- 3、项目研究报告；
- 4、可投稿论文 1-2 篇。

项目38：胶体与磷在室内土柱上穿透特性的试验研究（陈明洪）

指导教师：水利系副教授 陈明洪，联系邮箱：chenminghong@cau.edu.cn

一、项目概况

本项目采用室内土柱入渗试验模拟现场入渗，在定水头下对均匀填充土柱进行饱和入渗，对入渗土柱的出流定时采集，并测量样本中胶体磷、真溶解磷、颗粒磷、总磷和胶体含量，绘制磷和胶体含量的穿透曲线，辨析整个穿透过程中胶体和磷的穿透特性和运输机制。通过实验分析胶体和磷在运输过程中的相互作用，探究胶体和磷穿透过程的动力控制方程，为旱区农田排水磷流失和磷的非点源污染提供理论支撑和技术支持。

本项目采取小尺寸土柱入渗试验，于中国农业大学水利与土木工程学院水土环境实验室进行，试验土壤采自河套灌区研究院，试验装置分为入渗的土壤柱部分和供水的马氏瓶，土壤柱主体部分设置为内径 10cm，柱长 35cm，土柱部分 20cm，马氏瓶容积是 3 个孔隙体积的 1.5 倍，允许向土壤柱入渗 4 个孔隙体积的水。试验方案设置 9 轮试验，分原始土样、磷控制土样、胶体控制土样三组，每组设置三个平行土柱试验。试验于 5 月起取土、晾晒、筛土、装填，然后开始定水头入渗。入渗穿透过程中每 5 分钟取出口水样，装瓶保存，并在入渗结束后对土柱每 4cm 分层取土样，装袋保存。试验结束后对每个时刻的水样和各层的土样进行测样，绘制各物质的穿透曲线。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1：项目工作进度计划

2023 年 4 月-6 月 认真查阅国内外相关文献及研究成果；完成试验样品和试验装置的准备工作，设计试验方案；培养学生查阅、收集和总结文献资料的能力。

2023 年 7 月-10 月 根据方案进行污染物迁移试验并收集相关数据；培养学生实验设计能力和动手操作能力。

2023 年 10 月-2024 年 2 月 分析试验数据，研究污染物的迁移特性及计算方法；提高学生分析问题和解决问题的能力。

2024 年 3 月-4 月 撰写项目研究报告，完成一篇项目研究报告；培养学生提炼科研成果，总结撰写研究报告的基本能力。

2：项目实施方案

(1) 查阅国内外相关文献资料。完成胶体与磷相互影响以及相关土柱入渗实验的研究现状与成果的文献综述。

(2) 掌握胶体和磷的测定方法。采用室内土柱入渗试验研究土壤中胶体和磷在定水头饱和入渗条件下的穿透特性。安装室内入渗土柱，开始入渗后定时收集试验样品；收集试验样品并测定胶体和磷含量；总结室内定水头饱和土柱入渗条件下胶体与磷的穿透规律。

(3) 分析和研究胶体和磷的穿透特性，得到在定水头饱和入渗下土壤胶体对磷穿透特性的影响规律。并完成一篇研究报告。尝试撰写研究论文，锻炼其科技论文写作能力。

三、项目实施的基础和条件

指导教师本人在该研究方向有一定的研究基础，并有指导 URP 的经验。项目组已阅读大量国内外相关文献，对土壤入渗和磷流失研究方面具有一定了解。项目组已具有试验设备和基本测量仪器。完成项目所需的专业知识是水利水电工程或农业水利工程专业的水力学和水环境相关知识。

四、学生提交的成果

- (1) 提交文献综述 1 份；
- (2) 提交项目研究报告 1 份

项目39：水电站排水系统的设计及水力计算（李小芹）

指导教师：流体系副教授 李小芹，联系邮箱：13522915056@163.com

一、项目概况

（一）项目研究意义

水电站的排水系统由检修排水系统和渗漏排水系统两部分组成，主要作用是及时排除引水系统的积水，保证机组和厂房水下部分的检修。排除生产污水和渗漏水，避免厂房积水和潮湿。水电站的排水系统如设计或运行不当，将发生水淹厂房、水淹泵房的事故，因此合理地设计排水系统、并对其进行水力设计，是电站安全、经济以及稳定运行的保障。

本项目针对我国一安装 4 台混流式水轮机的水电站进行技术供水系统进行检修排水系统和渗漏排水系统设计并对其进行水力计算。

（二）研究内容

主要包括以下几个方面：

- 1、 根据已知水电站的厂房布置，水轮发电机组的特点确定检修排水和渗漏排水方式
- 2、 确定检修排水系统和渗漏排水系统的排水量及压力；
- 3、 绘制检修排水系统和渗漏排水系统图；
- 4、 对水力系统进行水力计算，给出各点流量及水压力以及各管段的水头损失；
- 5、 对检修排水系统和渗漏排水系统中的水力设备进行选择。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

（一）研究方案

针对国内外水电站技术供水系统的发展状态进行深入调研分析，具体任务如下

1. 引导学生开展文献阅读。指导教师将有针对性地对学生进行阅读指导，主要锻炼学生的主动思考及英文文献总结归纳能力。同时指导学生学习利用所学知识，解决实际工程问题的能力。本阶段争取在设计前使学生对所要研究的内容有了初步了解，结合已阅读文献，提出研究方案。采用提交文献综述报告的形式对学生完成情况进行考核。

2. 检修排水系统的设计：根据水是买点压力引水管道，包括引水隧洞和压力钢管、蜗壳和尾水管内的积水和下游尾水位的高程，以及上、下游闸门的漏水量确定流量；排水方式根据厂房的布置特点确定。整个系统力求在经济上投资和运行费用最少。以提交报告形式进行考核。

3. 渗漏排水系统的设计：厂内渗漏排水量包括厂内水工建筑物的渗水、机组主轴密封与顶盖漏

水、压力钢管伸缩节满水及各供排水润和管件的渗漏水、气水分离器及储气罐的排水、管道冷凝水、低洼坑积水和生活污水等。由于渗漏排水点多、排水量小且不确定性因素多，因此很难用计算方法对水量的大小予以确定，需要设置集水井收集各处的渗漏水。

4. 检修排水系统图的绘制及水力计算：根据电站的具体条件、特点、机组型式进行设计，包括管长、管径、管材以及各主要设备等。水力计算包括系统中各点压力、流量以及系统的水力损失。用提交图纸形式进行考核。

5. 渗漏排水系统图的绘制及水力计算：根据电站的布置方式、特点进行设计，包括管长、管径、管材等。水力计算包括系统中各点压力、流量以及系统的水力损失。用提交图纸形式进行考核。根据水力计算的结果，选择系统中的各个设备。采用提交报告及计算表格形式进行考核。

（二）时间安排

2023 年 04 月~2023 年 06 月 要求学生查阅部分相关书籍和文献资料，写出 3000 字左右的文献综述，培养学生查阅文献能力与写作能力；细化具体方案，培养学生解决具体问题的能力，确定研究方案；

2023 年 07 月~2023 年 08 月 国内外水电站检修排水及渗漏排水系统的状况分析；

2023 年 09 月~2023 年 10 月 流量的确定；

2023 年 11 月~2024 年 01 月 排水系统管网的设计包含管线、管网的水力计算；

2024 年 02 月~2024 年 02 月 排水系统中各主要设备的选择；

2024 年 03 月~2024 年 04 月 整理结果，发现存在的问题改正，提交结题报告。

三、项目实施的基础和条件

1. 学生已经对微积分、线性代数等高等数学进行了系统的学习，本学期正在进行水力专业基础课程的学习，是本问题求解的基础；

3. 要求学生具备一定的分析问题能力，具备一定的流体力学求取工程实际的能力，因此本项目适合于水利水电工程专业的所有本科生；

4. 本项目的指导老师长期从事流体力学、水电站相关课程的本科课程及研究生课程的教学工作，并一直进行水力系统相关问题的理论研究、数学模型研究和工程问题研究，在本领域有一定的储备和积累。

四、学生提交的成果

1. 水电站排水系统的水力设计报告，以论文形式给出；
2. 水电站排水系统图，以图表形式给出

项目40：农业水利类仪器认知与预约平台搭建（陆红娜）

指导教师：水利系实验师 陆红娜，联系邮箱：luhongna24@cau.edu.cn

一、项目概况

新时代，面向粮食安全、乡村振兴、生态文明等国家重大战略和行业发展需求，农业水利工程正在进一步深化专业内涵，积极推进和加强农业、水利、生态、生物、信息、人工智能等领域的学科交叉融合。

农业水利工程是集理、工、农等学科知识为一体的，具有应用性、实践性、多学科交叉等特点的综合性学科。学生在专业课程学习、毕业论文研究（设计）、研究生学习以及后续科研活动和工作都可能接触或使用到很多种类的综合专业性仪器。仪器设备作为精确获取数据信息的基本手段，是进行科学研究不可或缺的重要工具。如何在众多仪器中选择正确的实验设备，需要提高对仪器的认知水平。

本项目以中国农业水问题研究中心和中国农业大学石羊河实验站现有仪器设备为对象，收集至少 20 种仪器设备的主要功能、基本构造、主要配置、实物照片等相关信息，根据收集的资料利用微信软件搭建仪器预约平台，并进行初步应用和调试。通过对仪器资料的收集和整理，拓展学生视野、激发科研兴趣和培养科研意识。通过搭建仪器预约平台，提高学生的综合素质和实践创新能力。

通过本项目的实施，希望有更多的学生了解我们现有的设备资源，提高仪器设备的使用效率和管理水平，促进开放共享，并能为甘肃武威绿洲农业高效用水国家野外科学观测研究站和农业水资源高效利用全国重点实验室的建设和管理提供基础。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(1) 前往学院相关实验室参观并查阅网站资料，了解平台现有设备资源。提高学生对所处平台的整体认知水平。

(2) 查阅仪器使用说明书或相关文献，收集整理仪器相关信息。培养学生收集和整理资料的能力。

(3) 根据收集的信息，利用微信搭建仪器预约平台。锻炼学生的沟通、协调和实践能力。

(4) 对程序进行试用并进一步完善相关功能，撰写总结报告。培养学生解决问题和分析总结的能力。

三、项目实施的基础和条件

中国农业水问题研究中心和中国农业大学石羊河实验站具有种类丰富的仪器设备，且项目申请

人作为中心和实验站的主要成员熟悉平台的相关仪器，能够引导学生顺利完成项目任务。

四、学生提交的成果

1. 仪器预约程序
2. 项目总结报告

项目41: DNA 示踪剂土壤入渗实验 (汪超子)

指导教师: 水利系副教授 汪超子, 联系邮箱: chaoziwang@cau.edu.cn

一、项目概况

病毒的基本结构包括蛋白质构成的衣壳和包围在衣壳内部受到保护的核酸 (DNA/RNA)。病毒的衣壳蛋白的性质对其运移性质起决定性作用。作为病毒替代物的示踪剂也应该尽量使得表面特性和目标病毒相近, 大体上应该满足最外层完全是蛋白质, DNA/RNA 完全包裹在蛋白衣壳内。

现有的 DNA 病毒示踪剂是将 SiO_2 纳米颗粒与所选蛋白质和 DNA 共价偶联, 蛋白质和 DNA 同时存在于示踪剂的表面, 不但与病毒的表面特性相悖, 更重要的是, 裸露在外的 DNA 没有受到有效保护, 使得此示踪剂的半衰期接近于裸链 DNA 在此环境中的半衰期, 但远小于目标病毒的半衰期。可能出现由于 DNA 标记被过快分解而导致的假阴性结果。因此, 亟需开发一种新型的 DNA 病毒示踪剂。

针对现有的 DNA 病毒示踪剂存在以下两点不足: (1) 裸露在外的 DNA 没有受到有效保护; (2) 蛋白质和 DNA 同时存在于示踪剂的表面, 这与病毒的表面特性相悖。本项目拟在 SiO_2 内核上先吸附一层 DNA 标记, 然后包裹一层 SiO_2 外壳, 对 DNA 进行有效保护, 之后再在最外层通过非共价吸附包裹蛋白质形成衣壳。具体来说, 先将 SiO_2 纳米球用 TMAPS 功能化, 使其表面带正电, 然后静电吸附带负电的 DNA, 之后用 TMAPS 中和多余的负电荷并用 TEOS 催化 SiO_2 生长, 以获得一种 DNA 标记的 SiO_2 纳米颗粒 $\text{SiO}_2(\text{DNA}(\text{SiO}_2))$ 。然后采用不同的方法在最外层包裹蛋白质。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

- 1、查阅文献制定 DNA 病毒示踪剂研制实验方案。
- 2、实现 SiO_2 纳米球外包裹蛋白质衣壳, 进行表征。
- 3、实现 SiO_2 纳米球外包裹 SiO_2 外壳, 进行表征。
- 4、实现 DNA 标记的 SiO_2 纳米球 $\text{SiO}_2(\text{DNA}(\text{SiO}_2))$, 进行表征。
- 5、最终实现 DNA 病毒示踪剂 $[\text{Protein}(\text{SiO}_2(\text{DNA}(\text{SiO}_2)))]$, 进行表征。

三、项目实施的基础和条件

1、研究基础

项目申请人 2015 年博士毕业于康奈尔大学生物与环境工程系, 博士期间研究粪源污染指示物大肠杆菌从土壤进入地表水的过程以及在流域中的迁移转化规律, 成果发表在本领域主要期刊《Science of the Total Environment》、《Advances in Water Resources》上。自 2016 年在美国加州大学戴维斯分校

师从 Helen Dahlke 教授做博士后起，开始系统从事 DNA 示踪剂的研制与应用研究。有关 DNA 示踪剂开发研制和分析测试方法、土壤中 DNA 应用实验以及土壤中 DNA 示踪过程模拟等成果在本领域主要期刊《Water Research》、《Journal of Hydrology》等期刊发表。上述研究经历及研究成果为本项目提供了基础。

2、工作条件

申请项目依托单位中国农业大学建有教育部农业节水与水资源工程技术研究中心及校内跨院的中国农业水问题研究中心。项目申请者所在的团队在校内建有农业节水与水资源实验室，拥有 qPCR 仪、激光粒度分析仪、冷冻离心机等所需仪器设备，可为本项目开展提供支撑。

四、学生提交的成果

- 1、制备 DNA 病毒示踪剂的方法。
- 2、结题报告。
- 3、发明专利申请。
- 4、论文。

项目42：基于高光谱无人机遥感平台的典型作物水氮耦合研究（黄兴法）

指导教师：水利系教授 黄兴法，联系邮箱：huangxingfa@cau.edu.cn

一、项目概况

水和氮是植物生长发育所必需的两个重要因素，二者之间相互作用，共同对作物生长发育起着制约或促进的效果。氮是植被光合作用效率和整体营养状况的重要指示剂，也是决定作物产量和籽粒品质的主要驱动因素和限制因素。缺少氮肥会严重影响作物的生长发育，但是过量施用氮肥会降低植物对氮肥的利用效率、使土壤形状恶化。水更是作物生长不可缺少的因素，但是在目前水资源严重短缺的条件下，节水灌溉尤为重要。因此，在水肥耦合的条件下，找到适合作物生长发育的灌溉和施肥水平对实现农业生产的可持续发展具有重要意义。传统作物长势以及氮营养状况的监测方法费时费力且具有破坏性，遥感具有省时省力、监测面积广、获取信息及时且不损伤作物的优点，因此在农业方面具有很好的应用前景。作物遥感监测建立在植物光谱理论基础，同一种作物，由于生长条件不同，它的光谱反射率会存在一定的差异。通过找出对植被氮素浓度、叶面积指数等作物生长指标较为敏感的光谱吸收特征波段，分析波谱反射率、经特定算法对相关波谱特征波段组成光谱指数，建立上述指数与氮素浓度以及作物各种生长指标如 LAI、株高、叶面积的相关关系，即可实现植被氮素浓度高光谱遥感监测以及对作物水氮耦合的研究。

本项目将通过地面以及无人机多光谱、高光谱遥感观测的手段，以期通过量化光谱指数，从而达到遥感监测作物冠层氮浓度含量，再结合不同灌溉和施肥水平下作物的长势以及产量进而水氮耦合的研究。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

野外观测和模型构建：基于多光谱和高光谱遥感技术，拟在甘肃省武威市中国农业大学石羊河实验站开展野外观测试验，拟选取典型作物类型为玉米，基于地面数据以及光谱反射率构建适合监测当地作物氮含量的模型，结合不同的灌溉和施肥水平探究水氮耦合对作物生长发育的影响。该环节主要培养学生野外试验的动手能力和培养学生解决实际问题的能力，借助新技术、新观测方法培养学生的创新能力；

考核办法：构建合适的作物氮含量反演模型、提交结题报告。

三、项目实施的基础和条件

1. 已具备航空遥感观测使用的大疆的 Matrice600 Pro 无人机搭载获取航空遥感数据，该无人机搭载有三种传感器，分别为热红外传感器（Flir - Vue Pro R64）、多光谱传感器（Micasense -

RedEdge-MX) 和可见光传感器 (DJI Zenmuse Z3); 还具备了大疆的 Matrice300 Pro 无人机, 搭载了 Cubert S185 高光谱传感器。

2. 本项目拟在甘肃武威石羊河实验站开展, 石羊河实验站入选国家野外科学观测研究站择优建设序列, 曾开展多项科研工作并且具备长年野外观测的田间数据。。

四、学生提交的成果

1. 研究方案
2. 合适的反演作物冠层氮浓度的模型
3. 不同灌溉和施肥水平对作物生长发育影响的总结
4. 结题报告

项目43：多点无向性风速传感器开发与采样平台构建（李浩）

指导教师：农建系副教授 李浩，联系邮箱：leechn@hotmail.com

一、项目概况

为更好的适应畜牧业的发展要求，推进我国畜牧业规模化、集约化健康稳定的发展，让家畜生活在一个更加适宜的环境中，畜禽舍的空气湿度、温度和气体浓度的调控是关键。现阶段中国的畜禽舍采用密闭方式饲养的同时，也采取了纵向通风、湿帘降温等一系列先进环境调控技术，为畜禽舍的环境提供了部分技术保障，但现存环境调控模式也存在以下缺点：通风不均匀、气流利用率低，存在通风死角等问题，显著影响了畜禽健康、生长与生产效率。因此为了改善畜禽动物福利、提高畜禽舒适度，应运而出了精准模式通风、隧道式通风等新型调控方式。但目前验证这些模式性能的好坏，目前多是采用现场人员手持仪器进行测量的模式，再结合现有数据通过经验进行分析。

随着技术的发展，目前上述测量验证方式以不能满足验证需求。从管理角度上来看，畜禽舍的风速采集与数据收集方面必须由实验人员手动操作，存在自动化水平较低，难以适应现代检测要求以及费时费力等缺点。从效益角度来看，实验人员驻场时间与工作时间的长短决定了工资的高低，进而也影响着公司的人事支出。且目前由于非瘟，新冠等疫情反复的影响，实验人员频繁出入畜禽舍的同时也会为畜禽和驻场人员带来较大风险。从数据准确度来看，目前市面上的采样设备存在着测试精度较低，适用性不足等情况。例如：在畜禽舍冬季气流风速较小的情况下，现有市面上的采集器并不能有效的采集风速，进而产生了数据存在较大误差等情况。同时，现有采集测试并无统一规范。同种工况下的数据往往因为随着人员及采集姿势的改变而改变。

综上所述，本课题根据以上叙述为缘由，研究一套可以精准采集并实时上传到网站的多点无风向风速、温度等数据的监测器，以此规范行业标准并填补多点采样领域的空白。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1、资料收集

查阅并整理相关文献资料，到畜禽场进行实地调研并编写报告。文献检索、资源整合的能力，考察学生的基础科研素质。

2、实验开展

实地调研情况，设计相关实验方案，准备所需实验材料，并开展实地现场实验。培养学习、总结和创新的科研能力，锻炼学生吃苦耐劳的精神和严谨认真的态度。

3、平台构建

构建多点无向性风速传感器与平台构建，完成相应应用建议。锻炼学生的硬件搭建能力，理论分析能力。

4、分析与结论

利用构建的平台完成现场采样，对数据进行分析并得出结论，为明确畜禽内外环境交互影响提供基础理论。培养学生开展实验、分析数据、整理结论等科学研究的能力，力争发表论文一篇或申请专利一件。

三、项目实施的基础和条件

1. 项目申请人从事生物环境调控的科研和教学工作，熟悉本课题的研究现状和方法。
2. 指导多名从事生物环境控制的研究生，他们可协助指导参与该项目的学生。
3. 实验室具备试验所需的各类传感器，例如风速仪、温湿度仪、红外热成像仪等。

四、学生提交的成果

1. URP 结题报告 1 份。
2. 完整的 URP 实验材料，包括照片、实验记录、模拟代码和文献资料。

项目44：贻贝滤食过程实验装置的结构设计和流场分析（徐云成）

指导教师：流体系讲师 徐云成，联系邮箱：ycxu@cau.edu.cn

一、项目概况

生物入侵是 21 世纪生态环境领域最棘手的问题之一，而人类的大型水利工程加速底栖动物的入侵，由此产生生物污损、水质恶化的问题，破坏生态环境，影响工程安全。其中沼蛤（又名淡水壳菜）是输调水工程中的一种典型的底栖动物入侵品种，沼蛤主要源自亚洲，但目前在北美洲和南美洲的水利工程中都出现了较为严重的生物入侵现象，就美国而言，每年由此造成的经济损失大约 1200 亿美元，每年仅用于监控生物入侵的费用就超过 10 亿美元。在中国，输水工程中的沼蛤高密度附着问题同样造成了严重的生物污损问题。在水流条件适宜的情况下，沼蛤一旦侵入输水系统，极易产生高密度附着，厚度可达 10 cm，并且很难被清除，这将增加管壁糙率、降低输水效率，同时也会引起壁面腐蚀、危害水质，造成设备堵塞坏死，带来巨大安全隐患和经济损失。相关研究表明沼蛤的入侵主要集中在繁殖阶段，目前对于沼蛤在输水工程中的生长、繁殖过程已有较为系统、细致的研究，对于这一阶段的物理、化学、生物等防治方法较为丰富完备，但缺乏对其滤食过程进行定量评估。

大量研究认为双壳底栖贝类在双壳闭合时产生的射流，足以影响底栖边界层流动，并因此改变水中浮游生物物质的分布，这一过程从流体力学角度被称为过滤（infiltration），生物学上称为滤食过程，实际研究中常通过室内控制试验测量沼蛤对水的过滤效率。然而以往对贻贝滤食的研究主要针对静水条件，但是实际情况中，尤其是人工输水结构，贻贝的滤食过程常常发生在一定流速的水环境中。本研究主要设计一个贻贝滤食过程的动水实验装置，并在不同流速条件下进行流场分析。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1、预实验准备（2023.4-2023.5）

- （1）学习 CFD 软件、贻贝滤食习性等相关理论知识。（培养学生理论知识学习能力）
- （2）根据贻贝滤食习性设计动水实验装置，通过 CFD 流场分析选择最优结构尺寸，包括储水池、实验水槽、水泵等。
- （3）搭建贻贝滤食动水实验装置，使用市场易购买的贝类如花甲进行预实验。（培养学生动手实践能力）

2、样本采集与现场实验（2023.5-2023.9）

- （1）前往现场进行贻贝（沼蛤）样本采集，并妥善保存。（培养学生沟通交流能力）

(2) 将预实验中搭建的动水实验装置移至采集地附近实验站,设计并进行实验研究贻贝在不同流速下的滤食情况。

3、 数据分析 (2023.9-2023.12)

4、 报告撰写及结题 (2024.1-2024.4)

根据实验结果和相关数据分析,得到最终结果,撰写结题报告。(培养学生科技论文写作能力)。

三、项目实施的基础和条件

课题组已经对沼蛤附着流动阻力特性进行了研究,具有一定基础,在未来 2 年将参与“南水北调中线干线工程总干渠淡水壳菜常规监测及典型断面附着规律研究”项目,其中一项重要任务是“典型断面淡水壳菜附着规律及影响分析”,该研究任务为本项目中关于“大型输水工程现采集”提供便利条件。

四、学生提交的成果

提交研究总结报告,包括实验过程与结果的相关图片及原始数据资料。

项目45：生物基石油改性掺混润滑油潜力评估（刘志丹）

指导教师：农建系教授 刘志丹，联系邮箱：zdliu@cau.edu.cn

一、项目概况

生物原油（生物石油）是由生物质（秸秆、粪污、污泥、微藻等）通过水热液化技术（200~350℃、5~25MPa）模拟自然界石油及煤炭所形成，其较高的能源密度及与化石原油相似的特性等吸引了人们广泛关注。通过蒸馏技术可以有效实现生物原油分离，目前主要研究都是针对其蒸馏后的柴油、煤油馏分段（175-350℃）为主，其高温馏分段（350-500℃）鲜见报道。

润滑油是汽车的“血液”。生物原油馏分理论上可以部分替代润滑油等现有石化产品。但未经提质的馏分有着较高的酸值和极性等特点，会无法有效和石油产品互溶，影响产品的稳定性。本项目以生物原油高温馏分段为原料，研究其酯化前后掺混商用润滑油的安定性，评估其生产绿色润滑油潜力，以期生物原油产业化应用提供参考依据。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 项目工作进度计划

2023 年 6 月~7 月 认真查阅国内外相关文献及研究成果；

2023 年 8 月~10 月 分析生物原油高温馏分的特性；

2024 年 11 月~12 月 开展催化酯化试验，考察掺混前后的安定性；

2024 年 1 月~6 月 撰写研究报告。

2. 项目技术路线

查阅国内外相关文献，掌握生物原油的特性和蒸馏前后的性能变化。参考现有的生物油掺混比例和提质方案，为掺混润滑油指定合理的提质方案，以期实现和商用润滑油稳定互溶，为生物原油产业化应用提供数据参考。

三、项目实施的基础和条件

指导老师具有多年从事农业农村废弃处理与资源化、生物质能源的研究经验，在能源、环境等领域发表多篇国内外学术论文。所领导的环境增值能源青年团队具有先进的研究和分析平台，国际交流活跃，保证了项目的顺利实施。

四、学生提交的成果

1. 试验数据、图表等
2. 研究报告 1 份

项目46：智慧农业系统数据分析与可视化（黄权中）

指导教师：水利系教授 黄权中，联系邮箱：huangqzh@cau.edu.cn

一、项目概况

随着物联网、云计算、大数据、人工智能等技术的不断成熟和应用，智慧农业系统已经成为农业现代化、数字化、智能化的重要标志，被认为是农业转型升级的关键。智慧农业系统的发展正处于快速增长阶段，目前，全球范围内智慧农业系统的应用正在快速增长。

智慧农业系统主要由以下部分组成：传感器技术、物联网技术、云计算技术、大数据技术、决策支持系统。

拟开发一套灌区智慧农业系统，以 APEX 水文模型作为系统的决策支持系统，进行灌区农业水文过程模拟，为农业生产措施提供最优决策支持，促进灌区水资源高效利用，保障区域生态安全和农业高质量可持续发展。研究需要对 APEX 模型输出数据进行分析，挖掘具有指导意义的指标，进行数据处理和图表绘制，实现可视化网页展示，提供直观的决策支持。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

第一阶段（2023 年 6 月初-2023 年 8 月初）：引导学生开展文献阅读工作。有针对性地指导学生阅读相关英文文献，主要锻炼学生的主动思考及英文文献总结归纳能力。同时指导学生学习所需要的水文农业生态模型（APEX）、图表绘制工具（R 语言、origin 等）、网页开发技术（JavaScript 等）。

第二阶段（2023 年 8 月初-2023 年 12 月中旬）：数据分析阶段。对 APEX 水文模型输出数据进行分析、处理，绘制相关图表。主要培养学生实际操作、灵活应变等动手能力，将采用提交数据分析报告的方式对学生的学习情况进行考核。

第三阶段（2023 年 12 月中旬-2024 年 4 月中旬）：数据可视化展示阶段。对关键数据、图、表，采用网页形式，进行可视化展示，让智慧农业系统用户能够更加直观地了解关键数据的变化趋势、规律性以及异常情况，从而帮助农业管理者更好地制定决策和调整策略。同时，采用网页形式进行可视化展示，用户可以通过浏览器随时随地访问和查看数据，方便实用。主要培养学生综合应用能力，解决实际问题的能力。

第四阶段（2024 年 4 月中旬-2024 年 6 月）：学生进行科研报告整理，培养学生数据处理分析能力和基本的写作能力。老师进行批改，完成科研项目。

考核办法：数据分析报告和结题报告。

三、项目实施的基础和条件

1. 本项目组已具备搭建智慧农业系统的各项条件。配有高性能计算机，并有 Linux 平台配置环境及相关的软件。
2. 本项目组已阅读大量国内外相关文献，项目组中多名硕、博士生从事区域农业水文模拟研究，能熟练操作所需要的软件，已在国际期刊发表多篇学术论文，于此领域具有较深入的认识。
3. 本项目组已在河套灌区开展了大量地试验研究与模型模拟，数据丰富，可为本研究所需数据提供支撑。
4. 本项目具备相关的仪器设备。

四、学生提交的成果

综合每个培养阶段对学生的具体要求，学生需要完成一系列任务，包括提交文献综述、数据分析报告、图表绘制结果以及网页可视化展示内容等。在完成这些任务的过程中，老师将对学生进行指导和监督，帮助他们克服困难、解决问题，并不断提高实践能力和创新能力。

学生最终需要提交以项目名称为题的总结报告，该报告的格式与本科生毕业论文相同。在这份报告中，学生需要对研究的整个过程及结果进行总结和分析，包括研究内容理解、数据分析、可视化展示等方面。此外，学生还需要提出未来研究展望和可能存在的问题，并提出可行的解决方案。整个过程需要注重学生的实践能力和跨学科综合能力的培养，帮助学生获得更加全面和深入的知识 and 技能，为将来的工作和研究奠定坚实的基础

项目47：基于 CFX 的变环量流型农用轴流风机设计（丁涛）

指导教师：流体系教授 丁涛，联系邮箱：dingtao@cau.edu.cn

一、项目概况

风机是一种用来输送气体的机械，它以气体为介质将机械能传递给气体，提高气体的压力并抽吸或压送气体。按风压可分为低压风机（ $P \leq 0.98\text{kPa}$ ）、中压风机（ $0.98 < P < 2.94\text{kPa}$ ）以及高压风机（ $P > 2.94\text{kPa}$ ）。在农用领域，通风工程大多采用低压风机，但随着畜禽养殖除臭通风装置的增加，对农用轴流风机的负压能力也逐渐提升，到达 120Pa。

在中国农业大学通风设备性能检测实验室进行性能检测的农业通风机，其通风能效分布在 20%~40% 范围，与世界范围内的高效风机相比，农业通风机的效率普遍偏低，且用电能占比较高。因此，提高农业风机的能效比是节能减排的关键所在。目前大多数农用轴流风机损失较大导致效率较低，且大多数农用轴流风机样式并不统一，轮毂处结构并不合理，有些轮毂仅为固定叶片，这造成了大量损失。为改变这种情况，尝试改变叶轮处轮毂形式，减少轮毂处流动损失以提高效率。改变轮毂处结构形式，其中重要的结构参数为轮毂比，而改变轮毂比会导致叶轮尺寸的改变，或保持风机尺寸不变而削去叶片顶端，但这么做会导致叶片顶端做功区域的失去。因此需要重新设计叶片，进而改变轮毂处结构形式。

对于低压的农用轴流风机而言，轮毂小，叶片较长，如果采用传统的等环量设计会导致叶片底部安放角过大，顶部安装角过小，叶片扭曲非常严重，导致气流状况恶化；等环量流型叶尖部分气流速度的周向分量过小，不能利用叶尖部分较大的周向速度，不能保证风机的优良性能，且等环量设计大多只能保证设计工况获得符合等环量规律的流态，不适合风机变工况运行。故采用改进的变环量流型设计，有助于改进叶片根部流动情况。

大多数农用轴流风机都采用较小的轮毂比，以提高过流区域增大风量，且农用轴流风机大多用于畜禽舍的通风，由于畜禽养殖过滤除臭装置的增加，对传统轴流风机负压抽吸压力提出了更高的要求，目前农用轴流风机的压力要求已到达 120Pa。故以 120Pa 为设计工况，通过数值模拟的方式低成本的筛选变环量流型、轮毂比及翼型，最终使用较优参数设计出最终叶片，从而显著提升农用轴流风机的气动性能，改善叶片做功能力。设计出，新的变环量叶片后，对轮毂处安装结构参数（轮毂厚度、叶片安放角、叶片数）进行优化。得到最优的安装形式，最后优化后的新叶轮将提高轴流风机负压抽吸能力，降低轮毂处流动损失，提高风机能效比。

本项目主要内容包括轴流风机的变环量流型设计及三维建模、ICEM 网格划分（非结构）、ANSYS

CFX 数值模拟。采用商业软件 UG NX 12.0 对轴流风机进行造型；采用 ICEM 对计算域进行网格划分并进行简单的网格无关性检验；通过改变轮毂厚度、叶片安放角、叶片数形成多种模拟方案，采用 CFX 对模型进行数值模拟；工程文件的后处理，压力云图及速度云图分析；对最优结构进行 3D 打印，试验验证数值模拟的准确性。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

首先，学生要掌握如何准确的对风机进行设计及三维造型。通过该环节可以让学生明确农用轴流风机的设计流程，各个组件和作用。

其次，网格划分阶段，学生需要熟悉 ICEM 等网格划分工具的使用和基本原理。对这一环节的要求，学生可以掌握常用网格划分工具的使用，了解网格划分的一些基本原理，对计算域会进行简单的网格划分，掌握至少一种网格无关性检验方法。考虑叶片等部件结构网格划分的复杂性，此项目以非结构网格进行。

然后，ANSYS CFX 数值模拟。这一环节，学生需要借助商业软件 ANSYS CFX 对上述轴流风机进行数值模拟，改变轮毂厚度、叶片安放角、叶片数形成多种模拟方案，通过风机性能参数确定轮毂处较优结构参数。通过本环节，学生可以掌握基本的 CFX 操作，包括边界条件的设定、湍流模型选择、求解器的设置等。

之后，数据的后处理。通过上述的数值模拟，学生已经获得了多种方案的工程结果文件，在 CFD post 中生成简单的压力云图和速度云图，并学会分析速度、压力变化对风机性能的影响，进一步解释较优集流器结构参数的选定依据。

最后，3D 打印并安装好最优叶轮进行试验测试，验证数值模拟的准确性，进一步熟练风机测试流程。

三、项目实施的基础和条件

本项目主要借助校内的风室测试平台和目前成熟应用的商业软件 UG NX 12.0 和 ANSYS。

学生可依托图书馆资源下载、安装上述软件，学习上述软件的基本操作和应用原理。

学生已经初步掌握了流体力学相关的知识和流体机械的一般原理，学习了一些数据的处理方法，具备了该项目所需要的专业基础知识。学生可以可以顺利完成 URP 项目的内容。

四、学生提交的成果

1. URP 项目开题报告。
2. URP 项目中期总结报告。
3. URP 项目结题论文。

项目48：轴流式水轮机导叶体 3D 打印（陶然）

指导教师：流体系副教授 陶然，联系邮箱：randytao@cau.edu.cn

一、项目概况

当前，我国面临碳达峰和碳中和的重要责任，水电作为我国第一大清洁能源，是我国实现双碳目标的重要能源选择。水轮机是水力发电的核心部件，其中轴流式水轮机主要适用于开发较低水头、较大流量的水力资源，在我国的水能资源开发中具有重要的地位。

水轮机导叶是水轮机中重要的过流部件，其主要作用是根据水轮机组预先设定的输出功率，改变水轮机导叶的开度调节流量，实现水轮机组的启停和负荷调节。水轮机导叶的结构对水轮机的性能及安全稳定运行影响显著，当水轮机导叶与水轮机运行状况不匹配时会引起水流流态的复杂性，甚至引起机组产生水力振动。为了进一步加深学生对水轮机导叶的结构及其作用的认识，我们对两种不同的轴流式水轮机导叶进行造型和加工。

由于水轮机导叶的结构复杂，加工精度要求较高，运用传统铸造的方法进行加工难度较高。3D 打印技术是一种逐渐成熟的加工制造技术，其无需机械加工或任何模具，就能直接从计算机图形数据中生成任何形状的零件。利用 3D 打印技术对水轮机导叶进行加工可以极大降低加工难度，轻松实现水轮机导叶的加工成形。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

实验计划与方案分为 2 部分

(1) 水轮机导叶的三维造型

本部分的任务是根据水轮机导叶的图纸和数据，利用 UG-NX 三维造型软件对两种不同的水轮机导叶进行造型。本部分可以使学生学习到实体三维造型技术，通过点-线-面顺序的造型，明白如何最为合理的决定三维成形顺序、如何构造最为精确的三维曲面、如何通过最少的改动修改不合理方案、如何将设计方案跃然纸上。本部分培养学生的逻辑思维能力，使得学生的基础知识与现代电脑辅助设计（CAD）技术巧妙结合，体会现代工业设计的乐趣。

(2) 水轮机导叶的 3D 打印

目前市面上的商业 3D 打印技术已经比较成熟，造价也非常合理，一般按照打印物体的最大外包络体积收费，如何安排全部打印部件的相对摆放位置，成为节省加工成本的关键所在。本部分重点考察学生如何设计拼接与组装结构，制定上述部件的合理拆分与摆放方案：首先，各个部件在打印过程中的摆放方向是否合理，是否能够通过自下而上的材料堆叠成形；然后，在外包络体积最小的

情况下，摆放最多的部件，减少材料的丢弃与浪费；最后，如何设计积木连接结构，将打印出来的各个组件精确的组合起来。本部分教会学生在工业设计中如何平衡设计方案、加工成本、材料利用合理性，建立学生的绿色制造意识。

综上，制定考核方法 2 条：

- (1) 考核三维造型的准确性；
- (2) 考核加工制造的绿色性。

三、项目实施的基础和条件

申请人长期从事能源与动力工程专业研究，精通流体机械相关问题，具有水轮机导叶研究的基础，拥有水力机械试验台与相关仪器，拥有高性能 CFD 模拟设备，熟悉基于 3D 打印的叶轮机械加工制造方法，充分了解水轮机导叶的工作机理及其作用。上述基础与条件，可保证本项目顺利开展与完成。

四、学生提交的成果

- 1、3D 打印的加工的水轮机导叶模型两个；
- 2、结题报告或论文一份

项目49：沼液地下滴灌对芦笋根际微生物群落组成及潜在功能的影响（李淑芹）

指导教师：水利系副教授 李淑芹，联系邮箱：lishuqin@cau.edu.cn

一、项目概况

沼液地下滴灌被认为是解决集约化畜禽养殖污染的有效途径之一，微生物因其参与养分循环和促进植物生长被认为是维持农业生态系统可持续性和肥力的基础。然而，目前沼液地下滴灌对土壤微生物的影响尚不明晰，因此，了解并探究沼液地下滴灌土壤微生物多样性、组成和潜在功能的影响效应至关重要。

近年来我国畜禽养殖业发展迅猛，随之带来的大量粪污，已成为我国农业污染的首要来源，利用地下滴灌技术，将稀释后的沼液均匀且稳定地滴入作物根区土壤，具有明显的精量、可控等优点，不仅能实现节水促产、养殖粪污的资源化利用，还能减少残余沼液的地表径流与深层渗漏，大大降低病原体传播的风险，但其输配水管网和灌水器全部埋置于耕作层以下的设计不可避免地在作物换茬时被损坏。作为世界十大名菜之一，芦笋因富含蛋白质、维生素、氨基酸等多种营养物质，在国际市场上享有“蔬菜之王”的美称，其因适应性强、易栽培等优点成为华北地区重要的经济作物之一，因其多年生(生育期长达 8~12 年)、经济效益高等特征，能够有效避免其他作物换茬对地下滴灌管带的损坏，同时弥补地下滴灌系统布设成本高的劣势。

高通量测序技术的发展使得阐明根际土壤微生物与植物、土壤间的互作机理成为可能，植物根系生长着丰富多样的微生物群落，其中许多微生物通过抑制病原入侵和帮助植物从土壤中获取养分，被认为是维持土壤生态功能的核心。通过高通量测序技术对芦笋根际土壤微生物群落多样性、群落组成及其潜在功能进行深入分析有助于解析沼液地下滴灌对芦笋根际微生物的影响，实现针对芦笋的养分管理和高效绿色生产，为沼液地下滴灌系统节水促产的绿色高效种植模式提供一定的指导与评估。

项目拟引导本科生开展田间试验，学习节水灌溉技术与设备、土壤微生物组学方面的知识，加以数据分析与可视化方法，为专业人才培养进行科研训练。拟通过查阅文献与分析软件学习，初步掌握分析方法，结合本课题需求，分析沼液地下滴灌系统对土壤微生物群落组成及其潜在功能的影响。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

2023.4~2023.6。前期试验与取样：通过田间试验与取样，对地下滴灌设备的工作原理与操作进行大致学习与了解。该阶段主要考察学生的动手能力。

2023.7~2023.10。通过自学、查阅文献以及与老师讨论，了解土壤微生物领域最新的研究进展，熟练掌握相关的分析方法与流程，对节水灌溉技术与设备、土壤微生物组学方面的知识有基本的认识。该阶段主要考查学生的自学能力，对专业基础知识的认知，并要求撰写相关的文献综述报告。

2023.11~2024.1。对高通量测序数据进行分析与可视化，通过 R 语言及云平台输出结果，并对结果进行初步的分析与讨论。该阶段主要考察学生对微生物相关分析的掌握程度。

2024.2~2024.3。总结研究结论，撰写结题报告。

三、项目实施的基础和条件

中国农业大学水利与土木工程学院设有关于节水灌溉技术与设备、水资源与水环境、等专业实验室；中国农业大学北京通州实验站实验平台基础完善，具备相应的基本实验装置，可供本项目顺利开展相关试验。

项目导师李淑芹副教授指导过多项 URP 计划，有丰富的指导经验，该项目有国家自然科学基金的支持，可以保障了项目的顺利开展。

四、学生提交的成果

- (1) 撰写相关的文献综述报告；
- (2) 详细的试验研究方案、样品测试与方法；
- (3) 试验数据采集以及试验研究报告。

项目50：日光温室内番茄植株吊重的研究（梁宗敏）

指导教师：土木系副教授 梁宗敏，联系邮箱：sea9282@126.com

一、项目概况

日光温室是解决中国北方地区冬季蔬菜生产的主要设施形式，是一种具有“中国特色”的温室类型，不仅造价低廉，而且节能环保，是世界上作物低碳生产的典范设施^[1]。从 20 世纪 80 年代在中国三北地区推广以来，截至 18 年已发展到 57.7 万公顷^[2]，推广地域也从传统的三北地区向苏北、皖北、鄂北以及云南、四川、贵州和西藏的高寒地区推进^[3,4,5]。随着生产培育技术的进步和推广，有越来越多的温室种植小番茄。对于作物的吊重，根据《GBT51183-2016 农业温室结构荷载规范》^[6]里作物荷载标准值，茄果类单点吊挂荷载为 0.08kN/株、盆，单位面积荷载 0.15kN/m²（不含栽培容器及基质重量），这是基于 10 多年年前测量统计的结果给出的。

日光温室内的作物的吊重荷载是温室荷载组合的重要组成部分，也是日光温室研究的重点内容之一。目前针对温室内作物的吊重荷载也做了一些研究，但由于种植和栽培技术和工艺的提高，单位植株/面积上可以结出更多的果实，相应的吊重也会增大，旧版的规范可能已经不适用于当前的生产水平。因此需要重新进行测量和分析，根据当下情况判断是规范是否需要修改。

本项研究旨在给日光温室结构设计提供一个合理的作物荷载参考标准值，如果所测量的单位面积植株的重量有一定比例超过规范规定的荷载标准值，说明规范确实需要修改；如果绝大部分单位面积植株的重量没有超过荷载标准值，说明现行规范依旧可靠，暂时不用修改。本研究对规范里的温室吊重荷载标准值具有重大意义，如果发生严重超重，可能会造成吊线的断裂或骨架的变形。所以需要重新测量单位面积上的番茄植株的重量。

参考文献：

- [1] 尹岩，都凤明，那龙飞等,我国设施农业碳排放核算及碳减排路径[J].应用生态学报, 2021,32(11):3856-3864.
- [2] 中国设施农业信息网. 温室面积 [EB/OL].(2017-12-19)[2020-12-25]. <http://data.sheshiyuanyi.com/>
- [3] 张纪增.日光温室栽培区的划分[J].农业工程技术: 温室园艺, 1991(3):12.
- [4] 张明洁,赵艳 北方地区日光温室气候适宜性区划方法[J].应用气象学报, 2013,24(3):278-286.
- [5] 农业部种植业管理司.日光温室发展的适宜地区及优型结构参数 I 农业工程技术[J].温室园艺, 2014(9):18-19.

[6] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 农业温室结构荷载规范: 农业温室结构荷载规范: GB/T 51183-2016 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2016.

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

具体实施计划与进度安排:

1. 查找相关资料 (2023.3-2023.5):

查阅日光温室番茄种植相关的文献资料, 培养查阅文献、归纳分析和发现问题的能力, 提高自己对该课题的认识程度, 并进行组内讨论, 交流这段时间的所学所想。

2. 制定测量方案 (2023.5-2023.6):

调研北京郊区日光温室番茄种植情况, 选择测量温室, 做好沟通; 学习作物荷载测量与数据分析的研究方法, 通过与学生讨论、研究试验方案, 培养学生分析问题和试验设计的能力, 制定合适的测量方案, 以及数据处理方法。

3. 准备测量材料 (2023.6):

熟练使用测量工具, 掌握测量方法。

4. 现场实测 (2023.6-2023.8):

等到了番茄采收的季节, 至北京郊区 (平谷、密云、大兴、房山等地) 的温室, 采用随机抽样的办法选取植株, 使用弹簧测力计等工具进行番茄植株吊重的测量。培养学生动手操作的能力。

5. 试验结果分析与数据处理 (2023.9-2023.11):

进行结果分析和数据处理, 找出番茄植株吊重分布符合的概率模型, 培养学生严谨的科研态度, 分析和处理试验数据的能力, 归纳总结发现规律的能力, 考核对异常数据的剔除、数据表格处理、绘制曲线等。

6. 撰写报告 (2023.11-2024.2):

根据测量和数据处理结果, 撰写测量报告。培养归纳总结、撰写报告的能力, 考核试验报告和结题报告。

三、项目实施的基础和条件

本项目的指导教师多年研究日光温室与大棚结构, 对温室结构的受力特点、传力方式都有深入地了解。同时具备丰富的理论知识水平和试验研究经验, 可整体把控本项目的进展并为本项目学生提供指导。

组内学生需具备的相应的专业知识: 包括理论力学、材料力学、结构力学、流体力学、钢结构

设计等。

设备及实施条件：

中国农业大学图书馆和网络中心提供项目所需图书、文献资料和网络支持。

测量工具为弹簧测力计；测量地点在北京郊区番茄栽培的日光温室。

四、学生提交的成果

完成一份日光温室番茄植株吊重的测量与数据分析报告。

项目51：鱼菜共生系统发展新模式的探究（张天柱）

指导教师：农建系教授 张天柱，联系邮箱：zhantianzhu@263.net

一、项目概况

我国一直以来都是水产养殖大国，已经连续 27 年水产品进出口总量保持世界第一的位置，据联合国粮农组织(FAO)统计表明，预计在 2030 年我国的水产品总产量将占世界水产品总产量的 62%^[1]。但随之而来的是由大规模传统水产养殖衍生的负面效应，例如传统水产养殖过程中残留的饲料以及鱼类排泄物长期滞留在水体中，产生大量的氮磷等元素，对鱼类具有毒性，如果无法及时分解或排出，则会影响鱼类的健康生长。然而，为保证水体环境的平衡，多数养殖户常采取更换养殖水的方式，不仅会造成环境污染、水体富营养化，而且浪费了大量的水资源。同时，在作物种植方面，随着人们生活水平的提高，健康的绿色有机食品越来越受到大家的欢迎，传统方式的施肥种植蔬菜被认为是污染的产品，今后将会逐渐被替代。

基于以上原因，鱼菜共生种养技术的提出备受人们的关注。鱼菜共生种养技术将水产养殖与水培种植结合在一起，最大限度地实现高效生产两种农产品，利用鱼类与植物的营养生理、环境、理化等生态共生原理实现了“养鱼不废水，种菜不施肥”^[2]。传统的水产养殖为避免发生鱼中毒事件，会通过不断更换养殖水来控制氨氮的含量。但在鱼菜共生系统中，氨氮产生的亚硝酸盐可以由好氧微生物转化为植物可以吸收利用的硝酸盐，水中对鱼类产生毒性的元素含量会大幅度减弱，种菜环节净化后的水循环至养鱼池中，形成氮循环^[3]。因此，相比于单一系统的种植、养殖技术而言，鱼菜共生系统更具有研究意义。鱼菜共生种养技术的实施有效解决了传统水产养殖中环境污染与水资源浪费的问题，是新一轮水产养殖改革中更受大众青睐、更为绿色健康、更加可持续的技术。

鱼菜共生种养技术的优点在于水产养殖不排污、植物种植不施肥，减少了种养过程中的资源浪费，而此项技术的关键点就在于鱼类和植物的选择方面，通常鱼类的选择多用适应能力强、存活率高的罗非鱼、鲢鱼、鲈鱼等，植物多选用根系多、再生能力强的生菜、青菜、莴苣等^[4]。随着养殖系统、鱼类新品种和作物新品种的发展，鱼菜共生系统将出现更多种养品种组合。

本项目在鱼菜共生种养技术溯源的基础上阐述其系统结构、运行原理、种养模式等内容，以国内外经典文献和案例为起点，探究鱼菜共生系统种养发展的新模式。

【参考文献】

[1] FAO. The state of world fisheries and aquaculture: Meeting the sustainable development goals.[M].Rome:FAO,2018.

[2] 陈霞,陈健,李良玉,杨柏伟,袁晓梅. 鱼菜共生在水产养殖中的应用现状与前景[J]. 渔业致富指南,2020,(19):14-17.

[3]刘星,刘艳,虎治军,穆晓国,周娟,高登国,薛小龙,叶林. 鱼菜共生立体高效生产系统研究进展[J]. 安徽农业科学,2021,49(15):14-17.

[4] Rakocy J, Shultz R C, Bailey D S,et al. Aquaponic production of tilapia and basil:Comparing a batch and staggered cropping system[J]. Acta Horticulturae, 2004,648:63—69.。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(一) 实施计划

1、资料搜集阶段

通过查阅国内外文献,深入了解“鱼菜共生”的理论,概括系统内涵、组成要素、运行机理、国内外研究现状和发展趋势;并对现有系统模式进行研究,从模式的由来、发展历程、适用范围、功能设置进行系统地分析比较,对比得出各系统模式的优缺点及相对性能的高低。通过对文献资料的搜集、归纳整理,完成“鱼菜共生”研究综述一份。

(重点培养学生自主学习的能力,在搜集资料的同时提升其归纳整合能力、增加学生对相关知识的了解以及完成对课题整体的认知)

2、实地调研与分析阶段

本项目以“鱼菜共生”研究综述为基础,通过实地调查、观察走访、问卷调查等方式,对我国现有“鱼菜共生”系统的实践案例进行研究,对每个案例采用的鱼菜共生系统的稳定性(作物的生物学特性、鱼的生物学特性、整个系统的过滤性)、经济性(前期投入成本、后期管理费用、后期经济产出)、景观性(设施景观性、植物丰富度及搭配适宜性)、科普性(系统内在科普性)、借鉴可行性等方面进行综合评价,分析当前鱼菜共生系统存在的问题,进而提出一种鱼菜共生系统未来发展的创新模式或者优化方案。基于全国范围内的实地调研,将调查了解到的全部情况和材料进行分析研究,本阶段以期形成一份系统、全面的涉农领域的“鱼菜共生”系统的实地调研报告。

(培养学生的信息收集及沟通表达能力、市场分析能力、数据分析能力、图片处理能力、综合思维能力以及创新能力,使学生更系统地了解鱼菜共生种养模式)。

(二) 考核办法

1、在调研过程中定期对学生的研究进展进行观察、检查和督促,及时纠正数据分析中出现的问 题并及时提出相应的解决方法;同时由老师对学生的科研态度、信息搜集能力、归纳能力、创新能力、综合思维能力、数据分析能力、思考能力、实践能力以及调研结果进行全方面考核。

2、项目结题后，组织学生对此课题进行分享并进行现场问答，考核学生对课题的理解深入程度，并增加学生的科研分享精神。

3、项目结题后，完成“鱼菜共生”研究综述一份；“鱼菜共生”实地调研报告 1 份；投稿“鱼菜共生发展新模式探究”论文一篇。

基于上述成果，最终提出一种全新的鱼菜共生系统发展模式。。

三、项目实施的基础和条件

1、本课题的指导老师具有丰富的现代农业理论基础和实践经验，并长期致力于农业高效栽培科技的应用推广，以及鱼菜共生项目的规划设计和实施，指导建设的北京通州国际都市农业科技园鱼菜共生示范项目可为本课题的顺利进行提供良好的现场学习条件。

2、本项目拥有良好的研究条件和研究基础，老师可以为本项目提供相关指导，保障项目的顺利进行及数据与结果的科学性与准确性。

四、学生提交的成果

- 1、完成关于“鱼菜共生”研究综述一份；
- 2、完成关于“鱼菜共生”实地调研报告一份；
- 3、投稿“鱼菜共生系统发展的新模式探究”论文一篇。

项目52：紫外光调控促进萝卜芽苗菜主要营养物质合成及机制（郑亮）

指导教师：农建系讲师 郑亮，联系邮箱：zhengliang@cau.edu.cn

一、项目概况

芽苗菜营养丰富，口感清脆，幼茎、芽苗，下胚轴等是器官是其主要的食用部位。芽苗菜的形成过程中，其自身各类生物酶活性不断提高，有些酶能促进蛋白质等大分子物质的降解，变成多肽、氨基酸等小分子，不仅提高了蛋白质的营养价值，还更利于人体的吸收。在发芽过程中，维生素、总酚、类黄酮等对人身体有益的营养物质也在不断积累。芽苗菜因含有丰富的营养和较高的生物利用率，已逐渐成为一类新兴蔬菜产业。

光是影响植物生长发育与物质代谢活动的重要环境因素之一，植物通过特定的光受体感受光环境信号并调节其生理响应。紫外辐射是植物生存环境中重要的光信号调控因子，作为一种胁迫因子，它能够促使植物合成花青素、类黄酮、抗坏血酸等次生代谢物的合成，这些物质大多具有重要的营养保健与医疗价值，能够抗氧化、抗衰老、抗肿瘤以及预防多种疾病的发生。

萝卜芽苗菜指的是用萝卜种子经过水培或者土培萌发形成的蔬菜幼苗，又称“娃娃缨”，生长周期短，培育过程无需农药、激素等化学药物，具有绿色、健康、无污染等特点。萝卜芽苗菜富含维生素 C、维生素 A 以及钙、铁、镁等矿质元素，具有帮助消化、润肺化痰、养血补气等功效，可用于做汤、做馅、凉拌等，深受广大消费者喜爱。通过一定技术手段来提高其营养品质是目前一个研究热点。紫外光不仅影响植物的生长形态，还能诱导一系列生理代谢反应的产生，促进相关次生代谢物的合成。

所以，本研究以萝卜芽苗菜为材料，探究紫外光辐照对其营养品质的影响，以期在实际生产中为生产高品质萝卜芽苗菜提供理论指导。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(一) 主要研究内容

1、UVB 对萝卜芽苗菜生长发育的影响

分析不同强度的 UVB 辐射对萝卜芽苗菜下胚轴长度、地上部分干鲜重等各项生长指标的影响，探究 UVB 胁迫对其生长发育的影响效果。

2、UVB 对萝卜芽苗菜营养品质的影响

分析不同强度的 UVB 辐射对萝卜芽苗菜光合色素、维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白质、总酚和总黄酮等营养物质含量的影响，探究 UVB 胁迫对其营养品质的影响效果。

要求学生明确试验设计的原理和过程，掌握具体指标的测定方法以及相关仪器的使用。并结合所学专业对试验结果进行合理解释，培养学生动手操作能力和解决问题的能力。

（二）试验方案

萝卜种子在清水中浸泡 12 小时，选取饱满一致的种子均匀播撒在育苗盘中，黑暗环境下催芽 1~2 天，定期喷水，保持种子湿润。催芽结束后，放置于人工气候室中在白光下（PPFD 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ）继续培养，光周期 14 h/d。温度设置为 25°C/18°C（昼/夜），相对湿度 70%左右。

白光下培养一周左右，设置三个水平的 UVB 辐射剂量处理 0.6 kJ/m^2 、1.3 kJ/m^2 、2 kJ/m^2 ，每天处理 2 h（12:00-14:00），连续处理 3 天。处理结束后，对照组和处理组均置于黑暗中放置 12 小时后进行后续指标的测量。具体指标测定方法参照实验室操作手册。

三、项目实施的基础和条件

项目申请人从事光环境对植物生理生化响应的相关研究，具备扎实的植物生理学和分子生物学研究背景，在本领域重要期刊以第一作者身份发表相关论文多篇。申请人前期在光合作用过程及光信号影响作物的代谢过程等方面有较为深入的研究。本项目所涉及试验与分析方法体系成熟，为项目的顺利开展提供了技术保障。

本项目以中国农业大学农业农村部设施农业工程重点实验室作为平台，该实验室具有光、温可控的人工气候室，冷冻离心机、紫外分光光度计、超低温冰箱等相关的仪器设备，为本项目的顺利实施提供了良好的实验环境。

四、学生提交的成果

- 1、试验记录 1 份
- 2、研究成果报告 1 篇

项目53：含有区间数和模糊数的灌溉用水不确定性优化模型（李小娟）

指导教师：水利系高级实验师 李小娟，联系邮箱：lixiaojuan@cau.edu.cn

一、项目概况

我国农田灌溉用水占据农业总用水量的 90%以上，特别是在干旱半干旱地区，在占全国耕地面积 49%的灌溉土地上，生产着全国 75%的粮食和 90%以上的经济作物。在全球范围内，灌溉农业的产量是雨养农业的 2.7 倍，灌溉对于农业生产和粮食安全的保障是必不可少的。然而，如果没有适当的规划和管理，灌溉农业的可持续性将受到威胁。因此，在有限的可利用水资源及特定约束条件下对农业灌溉用水的有效管理显得尤为重要。鉴于不确定性因素和风险不断增加，联合国出版了第四版《世界水资源开发报告》，提出不确定性及风险情况下的水管理。

本项目拟考虑农业灌溉系统中存在的不确定性信息，引入区间数、模糊数、模糊隶属度函数等表征不同参数的不确定性，结合区间规划、模糊机会约束规划等，研究有限水量条件下考虑供水风险的灌溉用水不确定性优化模型。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(1) 预备知识的学习

要求学生学习农业水利学及模型优化相关理论知识及技术。培养学生理论与技术学习能力。

(2) 文献查询和整理

要求学生查阅种灌溉用水优化配置相关文献资料，了解研究背景及国内外研究进展，撰写文献综述一份（不少于 2000 字），培养学生文献调查分析、归纳总结和学术论文写作的能力。

(3) 数据整理和分析

整理相关数据资料，建立与求解不确定性优化配水模型。培养学生数据处理和应用专业知识分析问题、解决问题的能力。

(4) 研究报告撰写

根据研究的初步结果，撰写研究报告。

三、项目实施的基础和条件

项目申请人在农业灌溉用水优化配置方面有着很好的基础和研究经验，先后主持和参与多项科研项目的研究工作；项目申请人所在的单位拥有国家农业高效用水野外科学观测研究站、农业水资源高效利用全国重点实验室、农业农村部农业绿色高效用水重点实验室、中国农业水问题研究中心等研究平台。

四、学生提交的成果

- (1) 文献综述
- (2) 项目中期检查报告
- (3) 项目结题报告

项目54：不同荷载形式对日光温室承载力影响分析（许晶）

指导教师：土木系副教授 许晶，联系邮箱：xujing@cau.edu.cn

一、项目概况

日光温室，又称暖棚，由两侧山墙、维护后墙体、支撑骨架及覆盖材料组成。是我国北方地区独有的一种温室类型。日光温室是一种在室内不加热的温室，通过后墙体对太阳能吸收实现蓄放热，维持室内一定的温度水平，以满足蔬菜作物生长的需要。近年来，我国日光温室种植业已成为经济效益最高的农业产业，为我国北方寒地蔬菜水果的供应做出了历史性贡献^[1-2]。日光温室作为一种重要的农业建筑，在农业生产中的应用越来越广泛^[3]。并且温室园艺生产是可持续强化农业生产的一种手段，以最新的农业技术为基础^[4]。当前我国的温室主要受风雪荷载发生破坏，因此对日光温室承载力的分析十分重要。利用有限元分析简化荷载形式，分析不同荷载形式对结构应力和变形影响，进而找出既经济又安全的计算方式很为重要。

目前国内外研究主要为室内光、温、湿度等环境方面研究^[5,6]，但在温室的结构方面的研究相对不足^[7]。在结构研究以温室结构稳定性分析^[8]、骨架选材、系杆布置、屋面曲线等优化设计^[9]、风荷载在温室结构上的作用计算为主^[10]。还有学者针对温室薄膜结构及蒙皮效应等对温室结构稳定性的影响进行了研究^[11]。总的来说，研究风荷载对温室的承载力影响，用于保证温室结构安全，建筑安全且经济的温室大棚很重要。

基于上述内容，本项目拟采用三种加载形式：（1）假设风荷载为均布荷载，分析该荷载形式下对日光温室的内力与位移影响；（2）假设风荷载为作用在结构上的集中荷载，分别施加于温室的不同点上，分析对温室的内力与位移影响；（3）根据结构荷载规范所述的风荷载体型系数及基本风压取值计算日光温室的作用荷载，分析对温室的内力与位移影响。最后汇总各项数据，对比分析不同类型风荷载对日光温室承载力和位移影响，进而提出更合理更简便的荷载取值方法。

参考文献：

[1]Panwar NL, Kaushik SC, Kothari S. Solar greenhouse an option for renewable and sustainable farming. *Renew Sustain Energy Rev.* 2011(15): 3934–3945.

[2]Chai L, Ma C, Ni JQ. Performance evaluation of ground source heat pump system for greenhouse heating in northern China. *Biosystems Engineering*, 2012(111): 107–117.

[3]Jie Ren, Jian Wang, Shirong Guo. Finite element analysis of the static properties and stability of a large-span plastic greenhouse[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2019(165): 0168-1699.

[4]Domenico De Tommasi, Silvana Fuina, Nicola Marasciuolo. Optimization of tensegral roofs for innovative greenhouses[J]. Mechanics Research Communications, 2022(125): 0093-6413.

[5]Jung H Y, Lee S H, Lee B J. Computer simulation on the characteristics of daylight by glass greenhouse structure[J]. Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, 2017, 31(5): 25-32.

[6]Villagran E A, Baeza Romerro E J, Bojaca C R. Transient CFD analysis of the natural ventilation of three types of greenhouses used for agricultural production in a tropical mountain climate[J]. Biosystems Engineering, 2019(188): 288-304.

[7]杨升华,刘雪迎,蒋秀根.基于临时加固策略的日光温室极端风雪灾害对策[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2022, 43(01): 45-53.

[8]Morcou G. Performance of conservatories under wind and snow loads[J]. Journal of Architectural Engineering, 2009, 15(3): 102-109.

[9]李笑天. 基于 ANSYS 的日光温室桁架结构优化研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学, 2020.

[10]宫婉婷,梁宗敏. 新型日光温室表面风压的数值模拟[C]//北京力学会第 17 届学术年会, 2011:122-124.

[11]丁敏, 施旭栋, 李密密, 剧锦三, 蒋秀根. 薄膜承载力及其对日光温室结构稳定性能的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(12): 194-202+2.

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

2023 年 5 月—2023 年 8 月 查阅、整理文献

研究计划: 查阅、总结国内外学者关于三种不同形式荷载对温室承载力影响的相关文献。

培养能力: 培养学生查阅整理文献的能力, 学习论文写作的规范。

2023 年 9 月—2023 年 2 月

研究计划: 通过 Ansys 有限元软件对三种荷载形式下的日光温室进行受力、变形分析。对结果进行对比分析, 确定其中最经济安全的计算方式。

培养能力: 培养学生的软件学习分析能力以及科研的创新精神。

2023 年 2 月—2023 年 4 月

研究计划: 系统全面总结项目研究成果, 撰写项目总结报告。

培养能力: 培养学生整理总结和学术写作能力。

三、项目实施的基础和条件

申请人对温室结构的设计方法有一定的研究基础，并曾发表 SCI、EI 等高水平论文数篇。在结构构造方法方面做过很多的研究工作，具有较好的科研能力和理论知识水平，对该项目有较深入的了解，能很好的指导学生完成该项目工作。

四、学生提交的成果

提交研究报告一份。

项目55：基于 BP 神经网络的鱼类生境适宜度指数预测研究（韩宇）

指导教师：水利系教授 韩宇，联系邮箱：yhan@cau.edu.cn

一、项目概况

1. 研究背景

河流生态系统作为自然界中最重要的生态系统之一，为人类提供了宝贵的生活资源与生存环境，鱼类作为水生生物群落的关键组成物种之一，在稳定河流生态系统上有着不可替代的作用。鱼类是河流生态系统中的顶级群落，决定着河流生态系统物质交换和能量交换过程，是河流生态系统相对敏感的指示性物种^[1]。鱼类生境是指鱼类赖以生存、繁衍的空间和环境^[2]，对河流健康起着重要的指示作用^[3]。近年来，由于人类工农业活动的干扰，鱼类生境和水生生态系统发生了巨大的变化，部分鱼类由于生境严重退化成了濒危物种。为了保护鱼类生境及河流生态系统，国内外学者综合考虑基质、水域水质、水动力因子，提出生境适宜度作为评判生境营造的优劣，以此选择适合物种生存的栖息地。目前常用的生境适宜性评价方法包括栖息地适宜性指数(HSI)模型、多元统计方法、模糊逻辑方法、人工神经网络等，其中，HSI 模型是生境适宜性评价中最为常用的定量方法，被广泛应用于平原水域及大型骨干河流鱼类生境适宜性研究^[4]。但因该方法缺少对关键影响因子的筛选和权重确定，无法反映出关键影响因子对生境的贡献。

水深、水流和底质是最初被用于鱼类生境选择研究的常规因子，桑达斯基河大眼梭鲈 *Sander vitreus* 的产卵场中，卵的密度与河流流量紧密相关，河流流量在 20-25 m³/s 时鱼卵密度达到最大值^[5]。中国长江中华鲟 *Acipenser sinensis* 成体、产卵、孵化等多个阶段环境因子的历史资料被用于绘制适宜性指数 (suitability index, SI) 曲线，运用最小值法模拟不同时期鲟鱼的生境适宜性;第二年实测数据的验证结果表明，中华鲟日均产卵量可作为评价不同河段生境质量的主要标准^[6, 7]。基于中华鲟产卵场的物理变量，进一步绘制了葛洲坝下游中华鲟在产卵、孵化、仔鱼等阶段的生境适宜性曲线，水温、水深、底质、水流、退水率、含沙量是影响中华鲟产卵场质量的主要生态因素^[8]。将微型无线电发射器植入待产的雌鱼输卵管中，等雌鱼产卵后，通过无线电发射器对产卵场定位，进而分析产卵场的生境状况^[9]，该类新型技术对于鱼类产卵场研究提供了很好的研究方向。

继 HSI 在鱼类生境适宜性研究中广泛推广和应用之后，其他多种数学模型亦逐渐运用到实际科研工作中。河流水动力学和鱼类生境的二维模型 (River 2) 是目前开展河流淡水鱼类生境研究主要方法之一，主要用于对比水环境改变前后鱼类生境变化情况。通过历史文献或专家数据了解鱼类不同生活史阶段对生境因子的需求，查阅或采集水利数据了解水库对河流径流组分的影响，运用 River 2

模型获得不同径流下鱼类在不同生活史阶段生境面积的变化情况，以分析水库运行对鱼类生存繁衍的影响^[10]。二维 κ - ϵ 紊流数学模型、栖息地适合度方程与 River 2 模型类似，同样基于专家分析和实地测量，建立各生态因子对应的生境适应度曲线，进而评价鱼类生境的适宜性^[6, 7, 8]。

鱼类生境适宜度指标与水动力因子，如水深、水温、流速等息息相关，并常利用生境适宜度方程建立起联系，但计算过程相对较繁琐，且受到基础水动力数据量的限制，因此，亟需发展一种通过任意水动力因子数据组合来预测鱼类生境适宜度指标的普适性模型。

参考文献

- [1] 温静雅, 陈昂, 曹娜, 等.国内外过鱼设施运行效果评估与监测技术研究综述[J].水利水电科技进展, 2019,39(5):49-55.
- [2] 石瑞花, 许士国.河流生物栖息地调查及评估方法[J].应用生态学报, 2008,19(9):2081-2086.
- [3] 班璇, DIPLAS P,吕晓蓉, 等.长江葛洲坝下游鱼类资源量的关键水文指标识别[J].水利水电科技进展, 2019,39(1):15-20.
- [4] 易雨君, 程曦, 周静.栖息地适宜度评价方法研究进展[J].生态环境学报, 2013,22(5):887-893.
- [5] GILLENWATER D,GRANATA T,ZIKA U.GIS-based modeling of spawning habitat suitability for walleye in the Sandusky River,Ohio,and implications for dam removal and river restoration[J].Ecological Engineering,2006,28(3):311-323.
- [6] 易雨君, 王兆印, 陆永军.长江中华鲟栖息地适合度模型研究[J].水科学进展,2007,18(4):538-543.
- [7] 易雨君,王兆印,姚仕明.栖息地适合度模型在中华鲟产卵场适合度中的应用[J].清华大学学报(自然科学版),2008,48(3):340-343.
- [8] 班璇,李大美,李丹.葛洲坝下游中华鲟产卵栖息地适宜度标准研究[J].武汉大学学报(工学版),2009,42(2):172-177.
- [9] RODNEY B P,JERRY A Y,CYNTHIA M T.Expulsion of miniature radio transmitters along with eggs of muskellunge and northern pike a new method for locating critical spawning habitat[J].Environmental Biology of Fish,2007,79(1/2):99-109.
- [10] 蒋晓辉,赵卫华,张文鸽.小浪底水库运行对黄河鲤鱼栖息地的影响[J].生态学报,2010,30(18):4940-4947.

2. 研究目标

本项目基于 BP 神经网络提出鱼类生境适宜度指标预测方法，解决如何对研究河段水动力数据

及其对应的生境适宜度指标数据进行整合，实现水动力数据、生境适宜度指标的直接映射，达到预测生境适宜度指标的目的。

3. 研究内容

本项目通过平面二维水沙数学模型计算水动力因子，获取鱼类生境适宜度因子，建立特定鱼类生境适宜度方程并计算生境适宜度指标，基于 BP 神经网络对水动力因子以及生境适宜度指标进行训练，实现对鱼类生境适宜度指标的预测。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 研究方案

(1) 通过资料搜集确认研究区域水文资料，建立研究河段平面二维水沙数学模型，计算水动力因子，包括流速、水深、水位等，并进行后处理得到水位变幅等因子。

(2) 利用四大家鱼生境产卵适宜度曲线对水动力因子进行归一化处理并得到生境适宜度因子 SI_v 、 SI_h 、 SI_w ；选取生境适宜度指标乘积方程 $HSI = SI_v SI_h SI_w$ 计算得到四大家鱼生境适宜度指标。

(3) 利用 BP 神经网络对水动力因子以及生境适宜度指标进行训练，以水动力因子数据作为输入层样本，生境适宜度指标作为输出层样本，导入 BP 神经网络模型，并将输入层、输出层作为样本空间，划分样本空间为训练样本集(70%)、验证样本集(15%)、测试样本集(15%)。配置 BP 神经网络控制参数，确定隐藏神经元个数，调整训练次数、训练速率、目标误差阈值等，并对样本空间进行 BP 网络训练，得到基于 BP 神经网络的生境适宜度指标预测模型，此外，根据模型皮尔逊相关系数，误差阈值等参数，调整 BP 神经网络控制参数及隐藏神经元个数，重复训练直至达到相关性最优，继而输出最终的基于 BP 神经网络生境适宜度指标预测模型。

2. 考核方法

2023.4-2023.6 建立平面二维水沙数学模型，选取水动力学计算因子。

2023.7-2023.9 计算研究鱼类的生境适宜度指标。

2023.10-2024.4 训练并完成 BP 神经网络生境适宜度指标预测模型。

三、项目实施的基础和条件

课题组已获取鲤科鱼类不同情景及流速环境下的游泳运动视频，装备监测装置 400 万像素双频变焦摄像机(图 1)，电脑完成相关编译环境配置，可基于 YOLOv5 模型实现鱼类识别与监测(图 2)，具有一定的编程基础。



图 1 鱼类监控装置

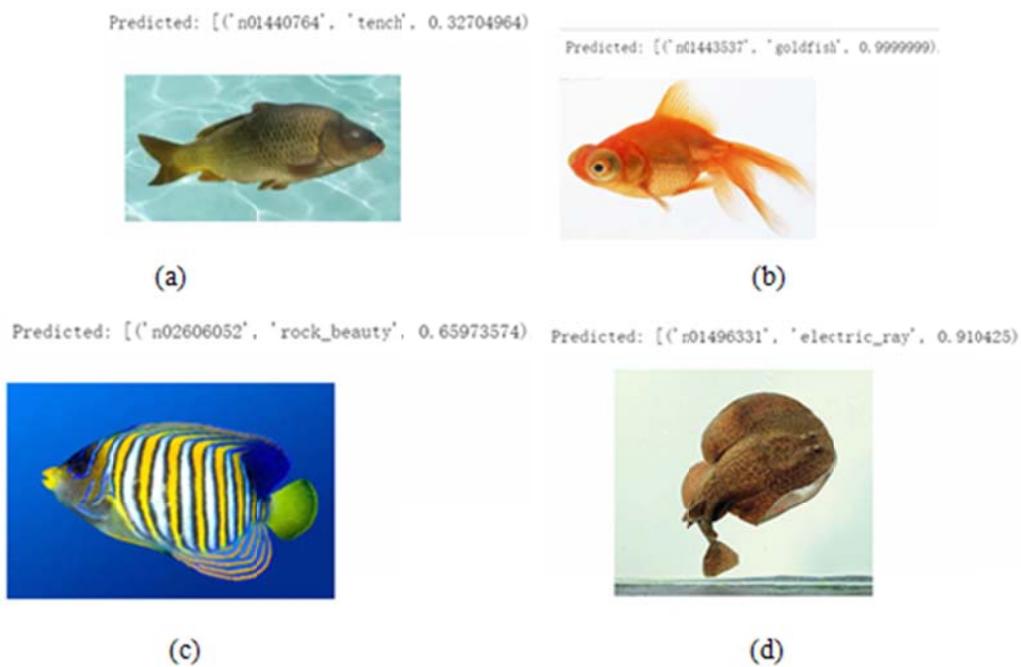


图 2 鱼类多样性识别结果

四、学生提交的成果

结题报告 1 份

中文核心期刊 1 篇。

项目56：日光温室环境模型模拟（徐丹）

指导教师：农建系讲师 徐丹，联系邮箱：xudan@cau.edu.cn

一、项目概况

日光温室为我国独有的温室结构类型。由于其结构复杂，且研究者大多为我国学者，对于其环境建模的研究相对玻璃温室而言较为薄弱。但是，由于我国北方地区全年温差较大，采用玻璃温室会产生较大的能耗，因此日光温室仍然为最主要的温室类型。

温室环境建模不仅可以用于环境模拟和结构设计，还可以用于基于模型的控制算法。为了实现日光温室环境控制的数字化和智能化，研究一个相对可靠的日光温室环境模型至关重要。

现有研究多针对日光温室的局部环境，希望通过本项目研究，建立相对综合的日光温室环境模型，为将来进行日光温室环境控制提供依据。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(1) 2023 年 4 月至 2023 年 8 月，基础学习

下载相关文献进行日光温室环境建模知识学习，以及相关编程语言（Matlab 或 Python），为日光温室环境建模做准备。

(2) 2023 年 9 月至 2023 年 12 月，动手实践

基于文献学习，建立日光温室环境机理模型，利用编程语言进行环境模拟，并通过环境数据进行参数校正。

(3) 2024 年 1 月至 2024 年 4 月，前沿探索

在日光温室温度、湿度建模基础上，探索二氧化碳建模以及利用作物生长模型进行温室-作物综合模拟。

三、项目实施的基础和条件

(1) 试验条件具备

项目组拥有西藏采集的日光温室环境数据，如果需要，也可以前往北京的日光温室进行现场调研以及数据采集。

(2) 研究基础充分

申请人前期针对基于环境模型的控制算法进行研究，相关成果发表在《Computers and Electronics in Agriculture》、《Bio systems Engineering》、《Control Engineering Practice》以及《Agronomy》，鼓励学生发表英文文章，并将研究结果用于温室最优控制。

四、学生提交的成果

1. 环境模拟程序
2. 环境模拟报告

项目57: Fe(II)-过硫酸盐均相催化体系用于去除农药残留的数据挖掘与理论分析 (赵泉)

指导教师: 水利系副教授 赵泉, 联系邮箱: xiaozhao88@cau.edu.cn

一、项目概况

近年来, 基于硫酸根自由基的高级氧化技术 (Sulfate Radical-Based Advanced Oxidation Process, SR-AOPs) 因操作简单、高效、不会造成二次污染等优点受到了广泛关注。SO₄·⁻的氧化还原电位为 2.5-3.1 V, 与·OH (1.9-2.7 V) 相当甚至更高, 具有较强的氧化能力; 且 SO₄·⁻的半衰期 (4 s) 比·OH 的半衰期 (小于 1 μs) 更长, 有利于其接触目标污染物, 增大降解几率;·OH 需要 pH 稳定在 3.0 左右才能保持高反应活性, 而 SO₄·⁻的 pH 适用范围广 (pH 2-7); 此外, 由于 SO₄·⁻具有亲电子性, 对电子供体类有机物的反应效率高于电子受体类有机物, 相较于·OH 在复杂环境下具有更好的选择性。因此过硫酸盐催化氧化技术是近年来地下水治理和工业废水治理的新方向。

过渡金属离子, 如 Fe²⁺、Cu²⁺、Ag⁺、Co²⁺、Mn²⁺、Ni²⁺等, 由于易通过得失电子发生氧化还原反应, 具有较强的活化过硫酸盐的性能, 其中 Fe²⁺因其价格低廉且活性高, 是最常用的活化剂。然而, Fe²⁺用于活化过硫酸盐也面临诸多挑战和不足: 快速反应后 Fe²⁺氧化为 Fe³⁺后活性受到抑制甚至丧失, 以及形成的 Fe³⁺在高 pH 值时易形成铁泥沉淀, 阻碍均相催化反应。

农药以及农药残留是代表性的持久性有机污染物, 在自然环境中半衰期较长且持续具备环境毒性, 普通的氧化反应体系下, 农药分子的降解中间产物仍然有较高毒性。而过硫酸盐催化氧化体系, 以其高强的氧化能力, 可有效快速降解农药分子及其中间产物, 极大提升降解效率和降毒能力。因此本项目拟以“Fe(II)-过硫酸盐均相催化体系”为研究对象, 对现有的文献数据及反应机理进行充分的挖掘和比对, 系统总结、归纳其理论体系。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(1) 文献搜索、阅读、整理

指导学生开展相关中英文文献阅读, 训练文献查找、阅读和基本的学术交流能力。

(2) 数据提取和结果分析

培养学生通过软件和数据查找的基本方法, 能够从目标文献中提取有效数据, 并基于数据制作图表, 并对图表的趋势进行分析和讨论。

(3) 撰写报告

汇总数据结果, 撰写项目结题报告。

三、项目实施的基础和条件

1、研究基础

本项目课题组熟悉以 meta 分析为主的数据分析软件和图表数据提取软件，并有较强的数据积累经验，已有相关文献发表。

Wen M, Ma Z, Gingerich D B, et al. Heavy metals in agricultural soil in China: A systematic review and meta-analysis[J]. Eco-Environment & Health, 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.eehl.2022.10.004>

2、工作条件

本项目提供计算机，已购买用于数据处理和 meta 分析的正版软件，有用于项目所需的大部分数据库（如中国知网提供的数据库、各年份中国统计年鉴、各年份中国环境统计年鉴等）。

四、学生提交的成果

中期检查报告、结题报告。

项目58：西北干旱区农业扩张对水资源及生态系统的影响（刘浏）

指导教师：水利系副教授 刘浏，联系邮箱：liuliu@cau.edu.cn

一、项目概况

西北干旱区约占全国土地面积的 33%，水资源量仅占全国的 5%，农业扩张引起的农业用水大幅增加、地下水位显著下降、生态系统严重退化等区域性问题的，对人类生存环境构成了严重威胁。加之我国北粮南运的粮食生产格局、后备耕地资源主要在北方缺水区的状况以及耕地增长重心逐渐从东北地区转移至西北干旱区的趋势，都将进一步加剧未来西北干旱区农业与生态之间的用水矛盾。

农业扩张-水资源演变-生态响应之间的互馈关系是在降水、蒸散发等自然因素与地下水开采、农业灌溉等人为因素的长期影响下形成的，具有多尺度耦合、非线性时变的高度复杂性。例如，农业扩张过程中人类拦蓄地表水、开采地下水，对水资源的不合理开发利用导致下游生态水量不足，引发河流湖泊萎缩、植被退化等生态环境问题，但农业灌溉又可为农田周边的林草补充水分，同时田间入渗水量也是地下水补给的重要来源，并且适当开采地下水还能够降低地下水位过高区域的地下水位，缓解其土壤盐碱化问题。此外，对于不同区域，由于气候条件、灌溉水源（渠灌、井灌或井渠双灌）及灌溉效率的不同，农业扩张对水循环及生态系统的影响有显著差异。

西北干旱区农业扩张对水资源及生态系统产生了巨大影响，但三者之间的反馈机理尚不明晰。已有研究大都是单独分析其中二者之间的关系，针对干旱区农业扩张-水资源演变-生态响应全过程定量表征的研究鲜有涉及。因此，亟待对西北干旱区的农业、水资源、生态群落统筹考虑，利用数理统计等方法揭示农业扩张影响下的水资源及生态系统响应机制。研究成果将有助于缓解农业发展与生态保护的用水矛盾，对保障国家粮食安全、水安全和生态安全具有重要的科学意义与实际价值。

本项目主要研究内容包括：基于多源遥感数据获取西北干旱区农作物分布、植被盖度、降水、地下水等栅格化数据，并对数据做质量控制；选择可解释性机器学习算法构建农业-水-生态互馈效应模型，进行时间演化分析，量化各因素之间的交互影响；评估模型准确度及可解释性，检验结论的可信度。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

2023.05-2023.07

系统深入地查阅相关文献，了解生态系统及水资源系统对农业扩张的响应方式及研究进展；学习相关统计学方法及机器学习算法，掌握处理数据异质性的技术手段。

主要培养学生查阅文献、总结文献资料及应用统计学及相关算法解决实际问题的能力。

2023.08-2023.11

搜集西北干旱区农作物分布、植被盖度、降水、地下水等的栅格化数据集，利用编程处理海量数据，剔除错误数据，插补有效数据，对数据进行质量把控。

主要培养学生搜集资料、数据处理、数据管理以及团队协作能力。

2023.12-2024.02

构建农业-水-生态互馈效应模型刻画“农业扩张-水资源演变-生态响应”全过程，建立生态系统及水资源系统对农业扩张的响应函数，对数据做质量控制，进行模型诊断，检验结论的可信度。

主要培养学生数学建模、数据结果整理及可视化能力。

2024.03-2024.04

系统总结项目成果，撰写项目结题报告。

培养学生整理总结科研成果以及科技报告写作能力。

三、项目实施的基础和条件

1. 申请学生应已完整学习高等数学、概率论与数理统计等基础课程，英语水平优秀，具备一定的编程基础。

2. 本项目导师长期从事农业-水-生态系统耦合作用机理的研究工作，具备了良好的工作基础，并有相关科研项目支持，可以为本项目的顺利实施和开展提供保障。

四、学生提交的成果

1. 农业扩张对水资源及生态系统影响的整合数据集 1 份。

2. 项目结题报告 1 份。

项目59：新疆与中亚地区水-粮食-能源耦合关系（刘文丰）

指导教师：水利系教授 刘文丰，联系邮箱：wenfeng.liu@cau.edu.cn

一、项目概况

随着全球人口增长和经济发展，水资源、粮食生产和能源需求面临的压力日渐增加，全球可持续发展面临严峻挑战，如何有效实现可持续发展成为全球关注的热点议题。开展水-粮食-能源互馈耦合关系的研究对于实现可持续发展、资源高效利用和促进区域合作具有显著的现实意义。

我国新疆和中亚五国地区的水-粮食-能源关系是一个复杂而重要的议题。中亚地区自古以来就是东西方文化交流和贸易的重要通道，农业为主，水资源总量匮乏、供需矛盾严峻。拥有丰富的石油、天然气、煤炭等能源，但各国水资源和能源资源分配极为不均，给地区发展造成极大障碍。我国新疆是主要的棉花和粮食产区，水资源总量丰富但时空分布不均，拥有较为丰富的光热和风力资源，同时是中亚地区的主要河流的补给源。如何合理利用水资源以保障区域粮食生产和能源开发是两个地区可持续发展的必要前提。

我国新疆地区和中亚五国是“一带一路”倡议的关键地区，该地区的可持续发展对“一带一路”倡议的顺利推动具有重要支撑作用。鉴于该地区水-粮食-能源耦合关系的紧密性，及其对区域发展的重要性，因此在该地区开展水-粮-能耦合研究，将有助于保障区域粮食安全和高效配置资源，为进一步深化区域合作，具有较强的现实意义与科学价值。

本项目将基于收集的社会经济数据、水文数据、能源数据、粮食产量数据，分析我国新疆地区和中亚五国过去 30 年间（1991-2020 年）的水资源量、粮食产量、能源需求和生产结构的变化及其耦合关系，明确不同时空尺度上的互馈机制，识别互馈耦合关系发展的驱动力，在“一带一路”时代背景下为相关地区未来的水资源管理配置、粮食生产和能源政策的制定提供借鉴

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1、资料收集

本项目第一阶段为 2023.05 - 2023.10，此阶段主要查阅相关文献、整理数据。包括 1991-2020 年中亚五国和新疆地区的耕地面积、主要作物（小麦、棉花、水稻、玉米）的播种面积、粮食产量（单产和总产量）、水资源总量（地表水资源量、地下水资源和咸水资源量）、能源（水能、风能、光能、和化石能等）生产量以及需求量。数据主要来源：联合国（UN）、联合国粮农组织（FAO）、世界银行、上海合作组织（SCO）、中亚地区合作组织（CAREC）和统计年鉴，最后建立研究区域数据集。

2、 数据分析

本项目第二阶段为 2023.11 - 2024.02，此阶段主要对数据集进一步分析，包括趋势分析及相关性分析。通过趋势分析确定交互耦合关系转变的主要贡献国家；基于相关性分析确定推动这一发展的主要驱动力；最后，提出未来“一带一路”背景下区域水资源优化配置、粮食生产和能源规划方案的建议。

3、 研究成果总结

本项目第三阶段为 2024.03 - 2024.04，此阶段主要是成果分析与解释，撰写项目结题报告，力争完成一篇学术论文。

三、项目实施的基础和条件

1、实施基础

本项目指导老师主要从事大尺度水-粮食-环境-贸易耦合研究，在国家尺度上开展了较多与粮食政策与贸易相关的研究，在相关领域发表 70 余篇文章，熟悉相关领域的前沿进展与发展方向；在粮食产量格局变化方面指导的一名学生顺利获得荷兰国际水利环境工程学院(UNESCO-IHE)硕士学位，目前指导两名博士研究生和四名硕士研究生，便于项目实施过程的充分探讨；具有校级和国家级项目支持，可以为项目的顺利实施提供保障。

2、实施条件

项目申请成员已完成《高等数学》和《线性代数》等基础课程的学习，具有较好的英语及计算机应用水平，能够熟练使用 Excel 等办公软件，并具备一定的编程和绘图能力，如使用 Matlab、Python、R 程序语言等进行数据处理与绘图。

四、学生提交的成果

- 1、新疆-中亚分区域的长序列数据集 1 套；
- 2、项目结题报告 1 份。

项目60：中国主要粮食作物水分生产力的时空特征及影响因素（谭君位）

指导教师：水利系副教授 谭君位，联系邮箱：tanjw@cau.edu.cn

一、项目概况

农业是国家的根本，而水是农业的命脉。水分生产力的不断提高是农业水资源刚性约束条件下确保粮食安全的重要途径。新中国成立以后特别是改革开放以来，我国农业取得了显著进展和举世瞩目的成就，粮食总产量和主要作物的单产量均得到了大幅提升（康绍忠，2014；郑海霞等，2022）。然而，水资源短缺日益严峻，严重制约了我国粮食生产水平的进一步提升；同时，气候变化引起极端旱涝灾害频发，对农业生产造成了很大的不利影响。为了满足日益增长的粮食需求，我国农业生产面临着重大挑战（Du et al., 2015; Huang and Yang, 2017）。2021 年中央一号文件强调“提升粮食和重要农产品供给保障能力”，2022 年中央一号文件再次强调“全力抓好粮食生产和重要农产品供给”，坚持中国人的饭碗任何时候都要牢牢端在自己手中。粮食安全已经成为新形势下我国应对国际挑战的国家安全战略。

水土资源是农业生产的核心要素。由于我国水资源总量少，且具有时空分布不均的特点，加之近年来农业水资源不断遭到压缩，导致区域水土资源不匹配日益突出，存在严重的资源短缺现象。化肥、农药和地膜的大量施用，优质种质资源的广泛推广，以及农业节水灌溉工程的建设，极大地提高了粮食生产能力，但也面临着资源消耗不均衡、利用效率不高、可持续发展困境等问题。因此，开展农业水分生产力的时空分布特征研究，可为区域农业灌溉用水效率的提升能力、规划适水农业、作物种植结构优化等供参考依据。

本项目的研究内容：（1）以省域为单位，收集灌溉用水量、施肥量、作物种植面积、作物产量等数据，分析灌溉用水量、作物产量的随时间的变化规律；（2）构建作物水分生产力的评价指标；（3）针对每种粮食作物，分析其水分生产力得到时空演化特征及其关键影响因素。

参考文献：

- [1] 康绍忠. 水安全与粮食安全[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(08):880-885.
- [2] 郑海霞, 尤飞, 罗其友, 唐华俊. 面向 2050 年我国农业资源平衡与国际进口潜力研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24(01):20-28.
- [3] Du T., S. Kang, J. Zhang, W.J. Davies. Deficit irrigation and sustainable water-resource strategies in agriculture for China's food security[J]. Journal of Experimental Botany, 2015(8):2253-2269.

[4] Huang J., G. Yang. Understanding recent challenges and new food policy in China[J]. Global Food Security, 2017, 12:119-126.

[5] Jiménez A-F, Cardenas P-F, Canales A, et al. A survey on intelligent agents and multi-agents for irrigation scheduling. Computers and Electronics in Agriculture, 2020, 176: 105474.

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(1) 2023.04~2023.07

文献搜索、资料收集。通过知网、谷歌学术、Web of Science 搜索农业水分生产力相关的文献；通过 FAOSTAT、国家统计局、各类统计年鉴等平台和资源，按省份收集近 40 年主要粮食作物的灌溉用水量、产量等数据；通过阅读文献资料，针对农业水分生产力提出适宜的评价指标体系；培养学生资料查阅以及文献资料总结的能力；

(2) 2023.08~2023.12

数据处理、分析。分类整理相关资料数据。根据地理位置及气候区划，将全国划分为不同的区域，分析不同区域农业水分生产力的时空演化特征及主要影响因素。培养学生理论结合实际的思维能力，充分挖掘他们提出问题、解决问题的创新能力；

(3) 2024.01~2024.03

成果总结。指导学生撰写期刊论文及项目结题报告，培养学生总结科研成果、撰写科技论文的写作能力。

三、项目实施的基础和条件

本申请项目属于探索类，依赖于相关数据的详细程度和完整度。在数据处理与分析、项目执行方面，申请人曾参与完成了农业生产、水资源利用等相关的科研项目及学术论文撰写，方法熟练、经验比较丰富，且具有指导本科生、研究生完成毕业论文的经历。因此，项目申请人具有扎实的专业知识和一定的科研能力，具备项目实施的基础和条件，能够确保项目的顺利实施和圆满完成。

四、学生提交的成果

- (1) 结题报告 1 份；
- (2) PPT 汇报材料 1 份；
- (3) 尝试撰写学术期刊论文初稿 1 篇。

项目61：宁蒙典型灌区深度节水效果评价方法与估算（周博）

指导教师：水利系副教授 周博，联系邮箱：zhoubo89@cau.edu.cn

一、项目概况

我国是世界上 13 个贫水国之一，人均占有水资源量只有世界人均水平的四分之一，世界排名第 110 位，水资源的短缺已成为制约我国国民经济和社会发展的瓶颈^[1]。在十八大以来以习近平同志为核心的党中央高度重视节约用水工作，强调要将节水放在优先位置，大力推进农业节水，全面实施深度节水控水行动。2021 年 8 月，水利部印发《关于实施黄河流域深度节水控水行动的意见》，提出要坚持量水而行、节水为重。2022 年 10 月，《中华人民共和国黄河保护法》首次将深度节水控水写进了法律。

我国灌溉面积高达 11.1 亿亩（7400 万公顷），居世界第一。耕地灌溉面积 10.2 亿亩，占耕地总面积的 50.3%，生产了占全国总量 75%的粮食和 90%的经济作物^{[2][3]}。黄河流域是我国农产品主产区之一，有效灌溉面积达 8128 万亩，粮食和肉类产量占全国的三分之一左右^[4]。然而因其水资源总量整体性较少和过度开发利用，该流域是我国水资源最紧缺的区域之一^[5]。灌区在保障区域经济社会发展的同时，承担着维持农业绿洲生态稳定的重大生态功能，在保障区域生态安全方面发挥着不可替代的重要作用^{[6][7]}。而宁蒙灌区作为典型节水控水灌区，位于我国干旱半干旱区，多年平均降水量不足 200 mm，多年平均蒸发量高达 1000 mm 以上，其气候条件具有西北干旱区的一般特征，在黄河流域极具代表性。宁蒙灌区为典型的黄河冲积平原，土壤成土母质以灌水淤积物为主，其次是冲洪积母质和风积（细沙）母质，结构松散、透水性强，土壤条件与黄河供水区大部分灌区接近^[8]。宁蒙灌区也是黄河水资源的主要消耗区域，实际灌溉面积占黄河流域总灌溉面积的三分之一，2018 年农田灌溉取用黄河水 114.53 亿 m³，占流域农田灌溉取用地表水总量的 41.8%^[9]。因此，有效控制宁蒙灌区引黄灌溉用水量，即可解决黄河流域农业用水供需矛盾的主要方面问题。

近年来，通过实施大型灌区续建配套与节水改造、规模化高效节水灌溉等工程，黄河流域农业灌溉基础条件得到大幅改善，农业节水灌溉水平稳步提升，农田灌溉亩均用水量从 2012 年的 404 m³ 下降到 2018 年的 362 m³，农田灌溉水利用系数达到 0.55，与全国平均水平持平^[9]。然而，受节水灌溉工程建设资金投入不足、农业灌溉基础设施历史欠账等多种因素的影响，灌区节水改造建设进度滞后，管理体制改革不彻底，节水灌溉的整体效益没有充分发挥。流域大中型灌区经过多年运行，灌溉工程更新与老化并存、渠道衬砌率较低、高效节水灌溉面积占比偏低、灌溉管理现代化水平不足等问题突出。该地区系统的全面的针对节水效果分析的数据和案例缺乏。对典型灌区节水效果进

行计算与分析研究，不仅是对现有成果的总结，更可为后续发展提供参考依据^[10]。进行节水效果评价是缓解水资源供需矛盾的需要，也是发展现代农业，促进农业增产的需要；是调整农业结构，实现农民增收的需要，更是改善生态环境，保障河套灌区为我国农产品主要供应基地的需要⁰。

因此，对宁蒙典型灌区开展深度节水控水效果评估有利于充分挖掘该地区的节水潜力，及时了解深度节水控水取得的进展和存在的问题，方便及时调整政策发力方向，保证深度节水控水工作有序进行，同时提高农业节水灌溉水平以及解决解决黄河流域农业用水供需矛盾的主要问题。

参考文献

- [1] Yang, P., Zhang, S., Xia, J. et al. Risk assessment of water resource shortages in the Aksu River basin of northwest China under climate change. *Journal of Environmental Management*, 305: 114394 (2022).
- [2] Zhang, C., Dong, J., Ge, Q. Mapping 20 years of irrigated croplands in China using MODIS and statistics and existing irrigation products. *Scientific Data*, 9, 407 (2022).
- [3] Li, Y. Water saving irrigation in China. *Irrigation and Drainage*, 55: 327-336 (2006).
- [4] 张霞. 宁蒙引黄灌区节水潜力与耗水量研究. 西安理工大学 (2007).
- [5] 贾绍凤., 张士锋., 王浩. 宁蒙灌区灌溉定额偏高成因及节水潜力分析. *资源科学*, 25 (01): 29-34 (2003).
- [6] Wohlfart, C., Kuenzer, C., Chen, C. et al. Social-ecological challenges in the Yellow River basin (China): a review. *Environmental Earth Sciences*, 75: 1066 (2016).
- [7] 景明., 张会敏., 杨健等. 宁蒙典型灌区深度节水控水措施研究. *人民黄河*, 42 (09): 155-160 (2020).
- [8] Dou, S., Yu, X., Du, H. et al. Numerical simulations of flow and sediment transport within the Ning-Meng reach of the Yellow River, northern China. *Journal of Arid Land*, 9: 591-608 (2017).
- [9] 水利部黄河水利委员会, 黄河水利委员会节约用水中心. 宁蒙典型灌区深度节水控水效果评估与管理报告. 2022-12.
- [10] 王林威., 武见., 贾正茂. 生态视域下宁蒙引黄灌区节水潜力分析. *节水灌溉*, 267 (11): 84-86 (2017).
- 屈忠义., 杨晓., 黄永江. 内蒙古河套灌区节水工程改造效果分析与评估. *农业机械学报*, 46 (04): 70-76 (2015)。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(1) 2023 年 3-6 月，宁蒙典型灌区现状调查：调查近 5 年宁蒙引黄灌区实际灌溉面积，农业用水量、用水定额执行、高效节水、工程节水等节水控水状况，调查灌区节水灌溉及灌区运行管理现状，剖析灌区节水控水存在的主要问题。

(2) 2023 年 7-11 月，宁蒙典型灌区深度节水控水效果评估：分析灌区节水控水工作开展情况，评估灌区节水与控水实施效果，查找短板弱项。

(3) 2023 年 12 月-2024 年 3 月，宁蒙典型灌区深度节水控水对策：研究适宜典型灌区的深度节水控水技术，提出灌区节水控水与管理对策建议。

其中，(1) 以文献综述结合现场调研的方式进行考核，(2)、(3) 以撰写结题报告的形式考核。

三、项目实施的基础和条件

中国农业大学水利与土木工程学院设有关于节水灌溉技术设备、水资源与水环境、水土保持、水文等专业实验室；现有解决本专业领域重大工程问题、专门从事工程设计和技术开发研究的农业水资源高效利用全国重点实验室、农业农村部农业绿色高效用水重点实验室、水利部农业节水重点实验室及教育部农业节水与水资源工程中心，足以支撑完成本研究的关键内容。

周博副教授主持和参与过多项国家自然科学基金项目等，具有丰富的农业水土工程与节水农业相关研究经验，对本学科国内外发展状况及相关问题具有扎实的基础理论知识和丰富的积累，在该项目的试验研究中可及时提供指导和帮助，保障项目的顺利开展。

四、学生提交的成果

(1) 文献综述报告。有关宁蒙引黄灌区实际灌溉面积，农业用水量、用水定额执行情况等的详细报告，提出该灌区节水控水存在的主要问题。有关深度节水控水效果评价方法的研究综述，提出适用于深度节水控水评价的建模方法。

(2) 分析数据集。有对该灌区数据分析和计算的结果与过程，初步形成对宁蒙引黄灌区节水控水效果评估的评价依据。

(3) 结题报告。能够合理评估宁蒙典型灌区深度节水控水效果，并基于分析数据集提出深度节水控水对策。

项目62：再生水灌溉对土壤氮素转化影响研究（苏艳平）

指导教师：水利系副教授 苏艳平，联系邮箱：sypczl@163.com

一、项目概况

了解再生水灌溉下土壤微生物群落的变化，分析再生水长期灌溉下土壤氮转化过程，这对提高水肥利用效率和减少肥料损失、指导再生水灌溉安全使用十分关键。项目以中国农业大学通州实验基地为依托，在通州实验站已经进行了以冬小麦-夏玉米为试验对象为期 6 年的再生水灌溉试验。项目拟借助再生水灌溉的田间试验，在长期进行再生水灌溉的农田进行取土，在中国农业大学水利与土木工程学院开展室内试验，研究再生水和清水两种水质灌溉下，利用同位素标记技术，分析再生水灌溉下土壤 N_2O 、 NO 的排放特征，探究再生水灌溉过程中土壤氮素 NO_3^- 、 NH_4^+ 、有机氮的转化规律，利用同位素模型，分析再生水灌溉对土壤硝化反硝化过程的影响。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 项目详细工作内容

通过查阅国内外相关文献资料，对再生水灌溉硝化反硝化过程的影响进行综述研究，在此基础上开展室内试验。本次试验共设置清水、再生水两种水质进行处理，土样选自通州实验站再生水灌溉和清水灌溉的土样。样品为大田试验各处理 0-30 cm 土样，每次取土随机取样 3-5 个点，将土样混合。将土壤晒干，过 2 mm 筛进行筛分，将 20 g 干土放入 250ml 的玻璃瓶，使用清水/再生水进行滴定，使其土壤质量含水量达到 40%WFPS。试验开始前，先进行预培养消耗土壤中氮素，激活土壤微生物活性。试验开始后将 2 ml 100 mg N kg^{-1} 的 $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ 、 $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ 溶液施入干土中， $^{15}\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为 50mg、 $^{15}\text{NO}_3^-\text{-N}$ 为 50 mg， $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ 中 ^{15}N 丰富度为 10.23%， $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ 中 ^{15}N 丰富度为 10.00%，土壤水分维持在 70% WFPS，将土放入黑暗条件下 25 °C 培养 5 天。每个处理设置 10 个重复，在相同条件下进行培养，每个处理每天换气 30 min，并利用去离子水和再生水保持土壤水分。最后综合整理项目所有试验数据，分析得到再生水灌溉条件下不同阶段土壤氮素含量、 N_2O 、 NO 排放变化，利用同位素模型计算土壤异养硝化、自养硝化、反硝化的比例。

2. 技术路线

本项目在资料整理分析和室内试验结合的基础上，利用对土壤典型氮素同位素示踪技术，通过测定土壤氮素与 N_2O 、 NO ，对再生水灌溉对土壤氮素转化影响进行研究。本项目技术路线图如下图所示。

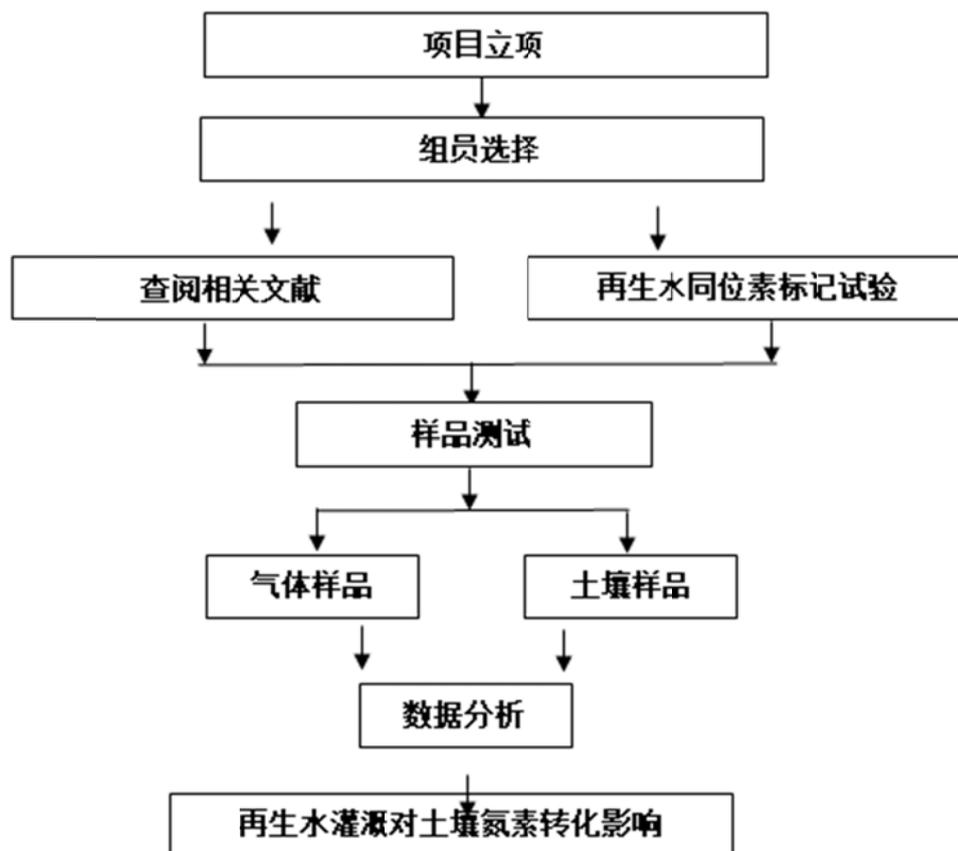


图 1 技术路线图

3. 项目工作进度计划

2023 年 4~5 月，查阅国内外相关文献及研究成果。

考核办法：写一篇关于再生水灌溉对土壤氮素转化影响的综述性文章。

2023 年 6~11 月，在中国农业大学水利与土木工程学院 4026 实验室进行室内培养土壤氮素和气体测定。

考核办法：熟练掌握田间采集土壤样品的方法，以及田间取样设备的使用。学习 4026 实验室流动分析仪的使用方法，根据数据简单分析培养期内土壤气体和土壤氮素含量的变化规律，了解熟悉同位素模型。

2023 年 12 月~2024 年 2 月进行数据整合分析，查阅相关文献，根据实测数据，分析再生水灌溉对土壤硝化反硝化过程的影响。

考核办法：学会数据的整理分析，掌握数据处理的相关的软件，对试验结果进行初步分析

三、项目实施的基础和条件

1. 基金项目支持

本项目得到国家重点研发计划“黄河上游河套平原灌区节水控盐方法与灌排协同控制技术及产品装备研发”支持，基金项目经费 50 万元，现有 3 名硕士和 2 名博士共同参与该项目的研究。

2. 试验设备条件

本次 URP 项目所需的试验平台及需用到的采集土壤样品装置都已齐全，同时水利与土木工程学院 4026 土壤物理实验室拥有进行土壤氮素、土壤 NO 测定的相关设备，实验团队相关研究人员有丰富的理论储备和技术经验，科研仪器齐全。

四、学生提交的成果

由于本项目为室内培养试验，因此只需要学生参与 4026 实验室内关于土壤样品含水量及土壤氮素的测定，并撰写试验报告。由于试验任务繁重，拟招三名学生协助完成，学生提交的成果有以下两大内容。

1. 撰写相关的文献综述报告；
2. 提交试验报告；
3. 完成再生水灌溉对土壤氮素转化影响研究的论文。

项目63：西北内陆干旱灌区土壤盐渍化时空分异特征研究（熊云武）

指导教师：水利系教授 熊云武，联系邮箱：yxiong@cau.edu.cn

一、项目概况

干旱和盐渍化已成为全球农业可持续发展的关键制约因素，严重威胁着人类的粮食安全与生态安全。我国是盐渍化影响最为严重的国家之一，土壤盐渍化问题突出。我国盐渍化土地面积约为 3600 万 hm^2 ，约占全国可利用土地面积的 4.9%，其中盐渍化耕地面积约 920 万 hm^2 ，占总耕地面积的 6.6%。新疆地处干旱半干旱地区，因昼夜温差大、光热资源丰富，是国家重要的优质特色农产品生产基地，但新疆盐碱地分布广泛，约有 733.34 万 hm^2 ，这极大阻碍了地区农业的进一步发展。因此开展区域内土壤盐渍化的动态监测，并研究时空分异特征，对合理开发利用土地资源，抑制盐渍化的发生、发展，以及保障国家粮食安全具有重要的意义。

土壤盐渍化的形成是多种因素共同影响的结果，它与地形、地貌、气候、水文、地质以及人为因素等都有密切的关系，不合理的灌排导致地下水位上升是土壤次生盐渍化的重要原因；地表蒸发、入渗过程是盐分在土体中迁移运动的重要驱动力，直接控制着盐分在土体中分布、存在状态。各地区土壤盐渍化根据其所处的地理环境和生产活动，具有不同的时空分异特征和主要驱动因素，这使得土壤盐渍化的监测、预报等研究极其复杂和困难。本项目拟通过分析研究区已有的文字和影像资料，制定野外考察计划；前往新疆玛纳斯流域进行实地调研，获取土壤质地、水分、盐分、地下水埋深、作物生长指标等相关数据；在 GIS 中建立基于土地利用现状、水文地质、行政区、等高线、各种统计数据等在内的土壤盐渍化时空分布图，并对影响因素进行分析。旨在为区域土地管理、规划以及治理提供相关数据和理论依据。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

实施方案：

1. 野外采样

影像采集及土壤采样：首先在遥感影像上选取前期布点，保证考察点基本覆盖研究区整个范围；确定每一个样点的考察内容，绘制考察数据表格；制定考察路线，明确考察重点和考察地点的经纬坐标，利用 GPS 逐点考察并采样。实地考察期间按照考察内容进行土壤采样、景观特征记录和资料收集。

2. 结果分析

将采集到的土样带回实验室，测定土壤含水率、电导率、pH、土壤质地等指标；整理收集研究

区土地利用现状、行政区、等高线等资料；应用 ArcGIS 软件将研究区的土壤水盐分布、地形地貌等特征在空间上相互叠加，并进行土壤盐渍化分布及其影响因素分析。

创新能力的培养：

1. 理论知识与实验技能学习：2023 年 5 月-2023 年 6 月，进行土壤物理、盐渍化土壤成因及防治等基础知识的学习，掌握初步运用 ArcGIS 软件的能力。

2. 实验及数据分析能力的培养：2023 年 7 月-2023 年 9 月，开展野外考察，采集土壤样品，并运用实验室设备测定土壤理化性质。同时对实验数据进行分析，培养学生实验动手能力、仪器操作能力及数据分析能力。

3. 文献查阅及综述撰写能力培养：2023 年 10 月-2024 年 4 月，指导学生完成项目报告撰写，培养学生撰写研究报告的能力。

考核办法：

1. 完成上述野外考察和试验，记录科研进展，书写科研日志。

2. 探明西北内陆干旱灌区土壤盐渍化时空分异特征；根据试验分析结果撰写结题报告。

三、项目实施的基础和条件

课题组有数名研究生从事灌区土壤水盐监测试验等相关研究工作，可以给予本科生一定的指导与帮助，有助于更好提高本科生自身科研素质。

课题组拥有元素分析仪、电导率仪、pH 计、烘箱等仪器，可以满足土壤基本指标测试的要求，具有水盐数据分析的完备基础条件。

四、学生提交的成果

1. 提交研究总结报告。

2. 提交调研过程与结果的相关图片及原始数据资料一份。

项目64：水利工程中含水循环的土石混合体强度特性研究（孙永帅）

指导教师：土木系实验师 孙永帅，联系邮箱：cugbsys@163.com

一、项目概况

本项目拟采用原位直剪试验对含水量循环变化下土石混合介质堆积体的力学性质进行深入研究，重点分析含石量和水致弱化作用对堆积体抗剪强度的影响规律，并利用 FLAC3D 程序中 Fish 语言进行特定功能开发，对建立的模型进行数值试验验证。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

研究方案

针对堆积体边坡，由于取样困难，难以进行常规的室内试验，本项目拟通过大尺寸原位直剪试验分析堆积体的抗剪强度特性，研究含石量对堆积体抗剪强度的影响规律以及水对堆积体抗剪强度的弱化作用;基于试验研究，对模型进行数值验证。总体技术路线见图 1。

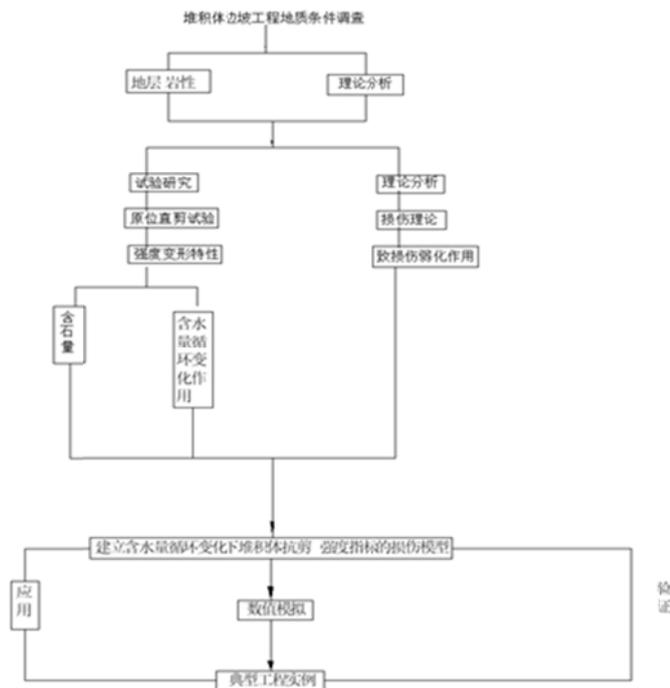


图 1 技术路线

其中具体研究方案要点如下：

(1)含水量循环变化下堆积体粘聚力 c 和内摩擦角 ϕ 的原位直剪试验研究，主要包括三个方面，即原位直剪试验试件的制作、剪切试验过程和含水量循环变化条件的设置。

(2)堆积体抗剪强度指标粘聚力 c 和内摩擦角 ϕ 的损伤模型研究。

在试验研究基础上，应用损伤理论分析库水对堆积体的损伤弱化作用，主要包括损伤度 D 的选

择和损伤模型的建立。

(3)数值模拟研究

应用 FLAC3D 程序中 Fish 语言进行二次开发，把建立的堆积体抗剪强度参数的损伤模型，应用到典型的工程实例中进行数值模拟分析验证，以期真实反映库水周期性作用下堆积体抗剪强度的变化规律和其变形破坏特征。

进度安排

1、2023 年 3 月-6 月

阅读相关文献，进行合理的试验方案设计，选择典型试验点，制作原位直剪试验的试件。

2、2023 年 7 月-9 月

对试件进行直剪试验，得到堆积体的抗剪强度指标和剪应力-位移曲线，分析不同含石量和含水量循环变化对堆积体抗剪强度参数和变形破坏模式的影响规律。建立堆积体抗剪强度参数与含石量、含水量之间的定量关系，用 FLAC3D 中的 Fish 语言对建立的模型进行数值试验验证，与试验结果进行对比分析，进一步修正完善堆积体抗剪强度参数的模型。

3、2023 年 10 月-2023 年 4 月

根据实验结果进行分析研究，撰写总结报告。

三、项目实施的基础和条件

专业知识

土力学、水力学以及力学的相关知识

基本仪器设备

三轴仪、直剪试验设备、千斤顶。

实施条件

(1)本项目依托于中国农业大学水利与土木工程学院实验室，借助土力学实验室的饱和土三轴试验仪，大型直剪仪，点荷载仪等仪器。

(2)中国农业大学土木工程实验室有球磨机、轮碾机、压力实验机，可以完成 原料的研磨、混合。

(3)中国农业大学土力学实验室可以完成抗折试验、抗压实验、吸水性和饱和 系数实验、体积密度实验等。

四、学生提交的成果

根据实验结果进行分析研究，撰写总结报告。

项目65：水利工程的土体边坡裂缝特性研究（吴秋生）

指导教师：水利系讲师 吴秋生，联系邮箱：taiyuansys@163.com

一、项目概况

为了解地质体中块石/基质强度差异对土石混合体边坡中裂缝扩展的影响，本章利用弹性软材料，按照不同配比，浇筑了不同强度差异的地质边坡，在进行了一系列对比试验基础上，定性描述了块石/基质强度差异对地质边坡中裂缝扩展的影响。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

本次试验通过调整明胶、甘油和水的质量混合比例来达到获得不同强度基质和块石的目的。经过多次试验对比，选择三种不同配比的明胶、甘油和水的混合料作为基质，一种配比的明胶、甘油和水的混合料作为块石。配比量见表 6-1。模型试验装置包括两块相同大小的矩形钢化玻璃板，尺寸为 500mm×400mm×22mm，一个与玻璃板尺寸相同的不锈钢架，螺丝夹若干个，与不锈钢架宽度相当的外压铝条六个。

模型试验设计总共包括 6 个独立的试验模型，分别为不同基质强度条件下，纯基质边坡开挖后变形破坏及降雨后预制裂缝扩展情况；模型试验设计图 6-3 共包括 6 个独立的试验模型，分别为不同基质强度条件下，土石混合体边坡开挖后边坡变形破坏及降雨后预制裂缝扩展情况。为了对试验设计统一，将试验中的预制裂缝长度设置为 20mm。

研究方案

模型材料各成分 配比参数种类	明胶	甘油	水
基质1	3	5	40
基质2	3	5	45
基质3	3	5	50
块石	3	5	35

三、项目实施的基础和条件

中国农业大学水利与土木工程学院拥有各种仪器。

四、学生提交的成果

试验报告

项目66：水利土木工程中土体的长期变形机制研究（徐双卿）

指导教师：水利系实验师 徐双卿，联系邮箱：1275565933@qq.com

一、项目概况

采用自主研发的大型三轴仪和大直径直剪仪对其力学特性进行试验,依据试验结果提出强度参数系统识别的新方法、长期变形机制新理论、剪切流变模型及不同结构组成条件下表征单元大小的确定方法；提出适于工程应用的设计理论和准则。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

实验方案

课题主要采取现场调查、理论分析、室内试验、数值试验和模拟及工程实例研究相结合的研究方法。针对以上研究内容及需解决的关键科学问题，拟采用以下研究方法及试验手段：

(1) 土石混合体中“架空”结构层形成机理模型试验研究。

根据统计的土、石组合特征及建立的颗分曲线，选取各种颗粒材料，配制不同的试样，试样配制考虑的因素包括含石量、颗粒形状和颗粒大小。试样配制分两部分：其一为标准试样配制：含石量考虑的百分比为 10%、30%、50%及 70%；石块的形状分别考虑圆状、次圆状、棱角状及次棱角状；颗粒大小分别考虑 5cm、10cm、15cm、20cm、25cm。配制的试样分别考虑三种型式：松散干燥样、含水饱和样和胶结后的干燥样；其二为按确定的颗粒组成及级配曲线配制“原状”样，配制的试样同样考虑松散干燥样、含水饱和样和胶结后的干燥样三种形式。

(2) 含“架空”结构土石混合体抗剪强度参数室内试验及长期变形机制研究。

①“原状”样的抗剪强度试验：现场取样分为松散土石混合体和弱胶结的土石混合体，每种试样各取 20 组。试验分两种情况，其一为直剪试验，采用大直径直剪和楔形剪两种剪切形式，对现场取得的松散土石混合体和弱胶结的土石混合体进行试验，试样的尺寸为 15cm×15cm×15cm，取得“原状”样的直剪抗剪强度参数；其二为大三轴剪切试验，大三轴试验考虑到试样取样困难，项目只开展松散土石混合体试样的三轴剪切试验，共取 10 组试样，试样尺寸为 $\Phi 30\text{cm}\times 60\text{cm}$ ，通过试验得到三轴剪切试验强度参数。最后，将大直径直剪试验和三轴剪切试验的强度参数进行对比分析。

②重塑样的抗剪强度试验：重塑样包括标准样和“原状”样。标准样制作考虑如下：含石量考虑的百分比为 10%、30%、50%及 70%；石块的形状分别考虑圆状、次圆状、棱角状和次棱角状；颗粒大小分别考虑 5cm、10cm、15cm、20cm、25cm。配制的试样分别考虑三种型式：松散干燥样、含水饱和样和胶结后的干燥样；根据现场取得试样的土石组合比例关系重塑试样，以上两种类型试

样中均包括 1-3 层“架空”结构,“架空”结构层分别与试样顶面或底面呈 0° 、 15° 、 30° 、 45° 、 60° 的角度。直剪试验包括大直径直剪试验和楔形剪切试验,两种试验均采用两种模式:其一为对重塑多个试样进行反复综合剪切试验;其二为对同一试样同一剪切面进行反复剪切试验,分析不同剪切试验剪切面上颗粒的分布状态及残余强度参数;大三轴剪切试验同样对 1-3 层“架空”结构,试样除形状外其他组合特征与直剪试验的试样相同,最后,对比分析不同剪切试验得出的强度参数,以综合确定含“架空”结构土石混合体的抗剪强度参数。

③重塑样的剪切流变试验:选取现场 30 组“原状”样和 30 组重塑样,“原状”样以松散土石混合物为主,重塑样选取含 1-3 层“架空”结构的土石混合物,“架空”结构层倾角分别为 0° 、 15° 、 30° 、 45° 、 60° ,其中 20 组进行大直径直剪流变试验研究,10 组进行大三轴剪切流变试验,研究含“架空”结构土石混合物剪切流变特性,并分别建立大直径直剪和大三轴剪切情况下的剪切流变模型。

(3) 含“架空”结构土石混合物抗剪强度数值试验研究。

通过确定的相似比,构建大尺度试样,大尺度试验分立方体和圆柱状试样两种,其中立方体试样尺寸分别为 $0.5\text{m}\times 0.5\text{m}\times 0.5\text{m}$ 、 $1.0\text{m}\times 1.0\text{m}\times 1.0\text{m}$ 、 $3.0\text{m}\times 3.0\text{m}\times 3.0\text{m}$ 、 $5.0\text{m}\times 5.0\text{m}\times 5.0\text{m}$ 、 $10.0\text{m}\times 10.0\text{m}\times 10.0\text{m}$;圆柱状试样分别为 $\Phi 0.5\text{m}\times 1.0\text{m}$ 、 $\Phi 1.0\text{m}\times 2.0\text{m}$ 、 $\Phi 3.0\text{m}\times 6.0\text{m}$ 、 $\Phi 5.0\text{m}\times 10.0\text{m}$ 、 $\Phi 10.0\text{m}\times 20.0\text{m}$ 。数值试验重点考虑“架空”结构和多层“架空”结构在不同剪切角度下的抗剪强度,“架空”结构分 1~3 层,厚度分别为 5cm、10cm、30cm、50cm 和 100cm 共 5 种情况,“架空”结构层与水平方向的夹角分为 0° 、 15° 、 30° 、 45° 、 60° 共 5 种情况,针对不同的情况,采用正交试验方法开展大尺度试样的数值试验。

本研究共进行一年。年度计划如下:

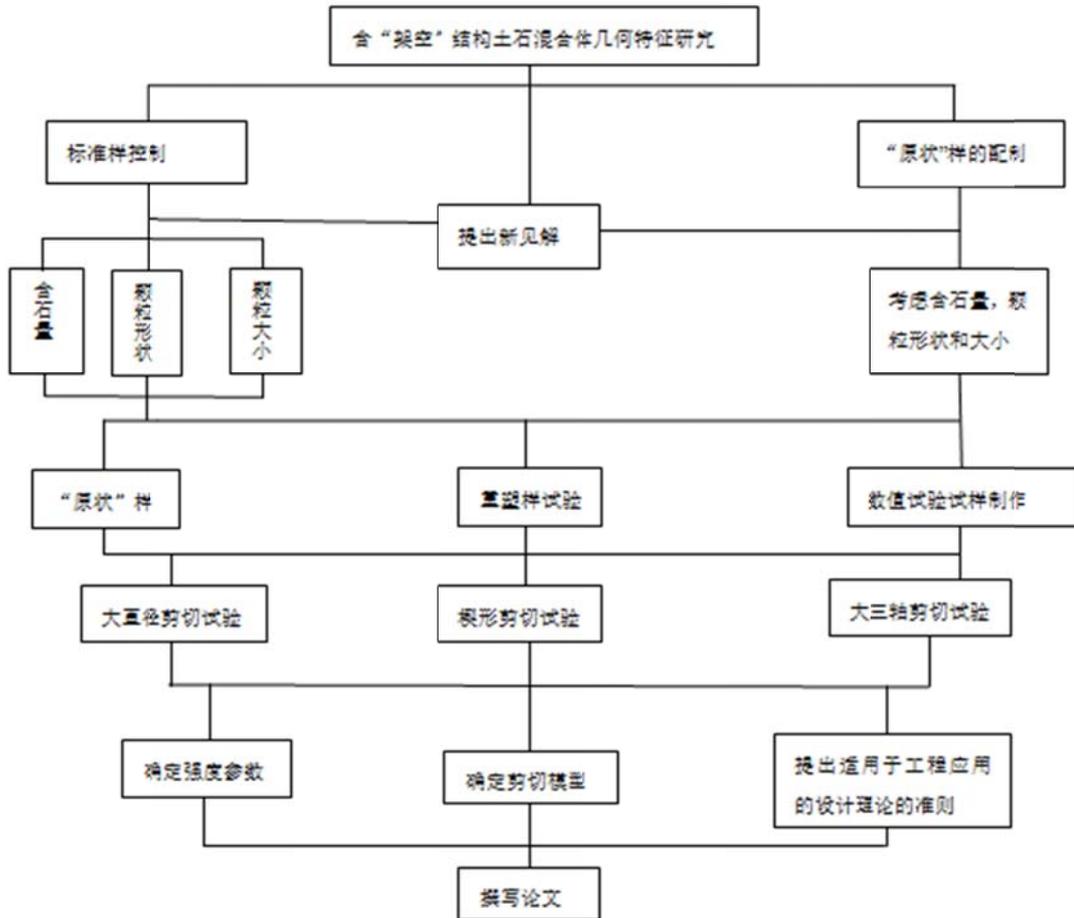
(1) 2023.03-2023.04: 查阅文献,从工程和室内两个角度分析含“架空”结构土石混合体的几何特征参数。

(2) 2023.05-2023.10: 完成原状样的抗剪强度试验,重塑样的抗剪强度试验,重塑样的剪切流变试验,建立剪切流变模型及长期变形机制的新理论,对试验前、后的颗粒分试验结果进行对比分析。

(3) 2023.11-2024.02: 建立与现场采集试样相同几何组成的土石混合物模型,通过数值试验确定其相关参数及不同颗粒组合情况下的相似比。构建大尺度试样,开展大尺度试样的数值试验,数值试验重点考虑“架空”结构和多层“架空”结构在不同角度下的抗剪强度。分析对比模型试验和数值试验的结果,并确定相应的计算参数。

(4) 2024.02-2024.03: 撰写结题论文。

技术路线



三、项目实施的基础和条件

(1) 本项目依托于中国农业大学水利与土木工程学院实验室，借助土力学实验室、工程材料实验室、结构实验室的相关仪器。

(2) 中国农业大学工程材料实验室拥有制备试验样品的全部仪器，可以有效地制备试验所需的全部试样，并进行养护。

(3) 中国农业大学土力学实验室可以完成模型试验开展前的很多基础性试验，得出试验所需的样品基本参数等。

(4) 中国农业大学水利与土木工程学院拥有开展数值模型试验所需的软件 Flac-3D。

四、学生提交的成果

对含“架空”结构土石混合体的形成机理及组合成分特征进行模型试验研究，提出土石混合物中“架空”结构层形成原理的新见解。

项目67：山东茶园冻害风险分析（王凤新）

指导教师：水利系教授 王凤新，联系邮箱：fxinwang@cau.edu.cn

一、项目概况

北方茶园是我国重要的优质绿茶产区，由于独特的气候特点，优质绿茶生产潜力巨大。冻害是影响北方茶园产量和经济效益的主要问题。本项目拟以山东主要茶叶生长区为代表，结合前期试验资料，研究茶园越冬期的气温、降水的变化规律及其与茶园冻害等级的关系，以提出典型气象条件下适宜的越冬防护措施，为北方茶园越冬防护管理提供理论与技术支撑。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(1) 学习茶园冻害机理及冻害等级分类方法，分析主要气象要素与冻害等级的关系；主要培养学生针对专一问题独立搜集资料并进行独立分析的能力；（项目实施后前 1-2 月）

(2) 辅助研究生分析在山东日照茶园已经取得的四年越冬防护试验资料；培养学生数据处理与分析能力；（项目实施后 3-4 月）

(3) 学习和掌握 ArcGIS 等地理信息处理和制图工具；重点培养学生运用相关软件作图的能力；（项目实施后 4-5 月）

(4) 搜集山东主要茶区近 50 年的气象资料，分析典型气象条件下茶园冻害风险并提出相应的适宜越冬防护措施。重点培养学生利用搜集的气象资料和获取的试验观测数据分析问题和解决问题的能力；（项目实施后 5-7 月）

(5) 撰写研究报告及英文研究论文。培养学生研究报告和科技论文的撰写能力。（项目实施后 6-8 月）。

三、项目实施的基础和条件

(1) 项目申请人已经带领研究生在山东日照开展了 4 年的田间试验研究，积累了大量的田间试验资料，对茶园冻害机理有深刻的理解；

(2) 项目申请人在此领域已经搜集了国内外大量的相关研究资料，可供学生阅读参考；

(3) 项目申请人是中国农业大学日照教授工作站的负责人，该教授工作站建有实验办公楼一座，具备良好的办公工作条件；

(4) 项目申请人对山东茶园的主要分布区域有充分了解，并可指导学生开展实地调研。

四、学生提交的成果

(1) 山东主要茶区近 50 年气象资料及越冬期间降水、气温变化规律分析报告

(2) 在申请人的指导下撰写英文论文一篇，并争取在项目结题前发表

项目68：中国农业水资源承载力评价（方瑜）

指导教师：水利系副教授 方瑜，联系邮箱：fangy@cau.edu.cn

一、项目概况

粮食和水是人类社会生存和发展的基本条件，水在粮食生产中起着不可替代的作用。作为农业生产大国，我国以占世界不到 10%的耕地面积养活了约占世界五分之一的总人口，为实现世界粮食安全做出了巨大贡献。然而，我国人均水资源占有量仅为世界平均水平的 1/4，粮食生产需水与水资源短缺之间的矛盾突出。合理配置有限水资源，平衡农业生产耗水与粮食安全之间的关系，对我国社会经济的可持续发展具有重要意义。

高水效农业的发展有利于农业水资源的合理利用和配置，有利于解决农作物灌溉用水中的供需矛盾。本研究以全国各省市为单元，通过收集各省市农业用水用地、社会经济等数据，分析农业水资源利用程度，评价农业水资源承载力，并对未来农业用水用地规模进行预测。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

- 1、 查阅文献，制定研究方案；
- 2、 收集各省市农业用水、社会经济等数据；
- 3、 构建农业水资源承载力模型，分析各省市水资源可承载的农业规模；
- 4、 预测未来农业发展规模和农业用水需求；
- 5、 对结果进行分析与讨论，整理研究结果，撰写报告。

前期准备阶段，学生通过查阅文献，积累相关知识，制定出详细的研究方案。经过与指导教师讨论，对研究方案进行优化，确定正式研究方案。在准备阶段中，学生的相关知识储备得到增加，学生的文献搜集、逻辑思维等方面能力得到提升。

项目正式开展阶段，学生通过数据收集与处理、统计分析等过程，逐步熟悉科研各环节，提高自身的思考、实操能力。由于在实际研究中不可避免地会遇到新问题，学生分析问题和解决问题的能力将会得到提高，进而增强创新能力。

在项目开展的各个阶段，指导教师会与学生们不断讨论，学生的学术交流能力会有所提高。同时，在项目的申请、执行和结题过程中，学生会收获完整的科研训练。

三、项目实施的基础和条件

指导教师本人在该研究方向有一定的研究基础，并有指导 URP 的经验。项目依托中国工程院

咨询项目，对项目所涉及的数据、方法有所积累，为本项目的开展提供支持。

四、学生提交的成果

- (1) 完成文献综述 1 份
- (2) 完成结题报告 1 份

项目69：肉种鸡群体行为识别和空间分布规律研究（童勤）

指导教师：农建系副教授 童勤，联系邮箱：tongqin@cau.edu.cn

一、项目概况

肉鸡产业是中国畜牧业的重要组成部分，农业农村部 2021 年发表的关于《“十四五”全国畜牧兽医行业发展规划》要求全国禽肉产量稳定在 2200 万吨以上。对肉鸡产业链而言，父母代肉鸡的存栏量是重点关注指标。据中国畜牧业协会禽业分会的数据，2021 年白羽肉鸡在各类鸡肉产量中仍然占较高比例（57%）。从 20 世纪 80 年代初至今，父母代肉种鸡在我国规模养殖已有近 40 年的历史，研判产业内外形势，肉种鸡产业需要不断革新升级，寻求新的发展动能。

随着公众动物福利的日益关注，规模化养殖中动物群体的活动状态受到了研究学者的广泛重视。Nasirahmadi 等^[1]研究基于深度相机和 2D 相机进行牛和猪等大型动物的采食、饮水、躺卧、运动、争斗和生殖行为的识别和研究和系统开发，并从行为识别的灵敏度、特异性、准确性、错误率和精确度等方面对已开发系统的性能进行了评估。Diego Pereira 等^[2]基于机器视觉技术对三种不同饲养模式的鸡群进行识别，通过占地面积和活动指数来分析周围环境对鸡群的影响，进一步预测鸡群的运动和采食行为，进而改善家禽福利养殖水平。王娟^[3]利用 YOLOv3 深度学习算法对本交笼饲养模式下蛋种鸡的行为特征进行提取，训练了蛋种鸡采食、饮水、站立、展翅、争斗、交配 6 种行为，行为识别准确率分别为 92.72%、88.47%、95.77%、74.5%、83.98%和 86.1%，达到了较高的行为识别准确率。然而，以上行为识别研究均是在群体数量较少的情况下开展，在肉种鸡两高一低养殖模式中鸡只数量较多，对群体行为进行识别存在较大挑战。

本项目通过文献综述，拟筛选 2 种肉种鸡群体行为识别的算法，并从准确性、错误率、精确度等方面评估两种算法的优劣，筛选适宜用于肉种鸡群体行为识别的算法，并基于该算法准确定位肉种鸡不同时间点设施内不同资源处的分布状态，自动识别肉种鸡采食、站立、趴卧和展翅行为，分析鸡群对设施内空间的利用随时间的变化及群体行为时序特征，为优化肉种鸡福利养殖管理提供技术、理论和数据支撑。

参考文献：

[1] Nasirahmadi A, Edwards S A, Sturm B. Implementation of machine vision for detecting behaviour of cattle and pigs[J]. *Livestock Science*, 2017:25-38.

[2] Detection of flock movement and behaviour of broiler chickens at different feeders using image analysis[J]. *Information Processing in Agriculture*, 2015, 2(3):177-182.

王娟. 本交笼养蛋种鸡行为识别关键技术研究[D]. 河北农业大学, 2020.

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 准备阶段

通过查阅国内外文献,对基于计算机视觉的动物行为分析方法进行综述研究,在此基础上针对本项目的实际情况选择合适的分析方法。同时通过对视频数据进行 a.视频抽帧处理;b.人工挑选训练集;c.对少数行为图像帧(eg.包含展翅行为的图像帧)进行数据扩增;随后采用深度学习算法生成对抗网络 GAN,实现少数行为样本图像的生成;d.构建 VOC 数据集或者 COCO 数据集格式,为后续分析建立数据基础。

2. 分析阶段

通过文献综述选择两种可用于肉种鸡行为识别的方法模型,将数据集输入目标模型进行训练,得到模型权重文件,随后对不同抽帧频率图像中肉种鸡的分布状态和行为进行分析。

此环节培养学生的数据处理作能力、独立思考能力和创新能力,同时在小组成员分工合作中培养团队意识,在数据处理计算与对比分析中训练分析问题和解决问题的能力。

3. 结题验收阶段

分析结束后,学生应结合研究结果,按规定时间独立完成科研论文或书面总结及相应的项目研究成果,总结研究过程中的经验教训,提出有根据的改进意见。

培养学生归纳总结能力以及撰写表达能力。

4. 考核办法

①学生应对实际数据处理问题具有一定分析和解决能力,指导教师通过在整个研究过程中对学生的指导、督促和观察,对学生综合思维能力、实践能力和科研能力进行全方位的考察。

②指导教师根据学生上交的书面材料考核评分。

三、项目实施的基础和条件

1. 实施基础

本课题组之前已有研究人员对雏鸡的采食和饮水行为自动识别方法进行过探究,可自动获取正在采食和饮水的雏鸡数量,可以参考其实验数据与实验方法。

2. 研究条件

所在团队拟配置一台高性能主机,可用于模型的训练和视频图片的推理分析。

四、学生提交的成果

本项目需要学生构建数据集，训练神经网络模型并对饲养视频进行行为分析，最后撰写试验报告，学生提交的成果有以下内容。

1. 撰写项目相关的文献综述报告；
2. 完成数据集的标定；
3. 建立基于计算机视觉的肉种鸡行为分析方法；
4. 形成项目结题报告

项目70：离心式血泵设计及内部流动模拟（黎耀军）

指导教师：流体系副教授 黎耀军，联系邮箱：liyaojun@cau.edu.cn

一、项目概况

离心式血泵是一种能够部分或全部替代人体心脏机能的机械辅助循环装置，在提高心衰等心血管疾病的治疗水平，降低心血管病人的死亡率，提高治愈率和改善病人的生活质量等方面发挥着重要作用。

由于泵叶轮的高速旋转，血液在泵内形成复杂的流动结构，血液与泵内固体壁面的相互作用及湍流效应产生的强剪切作用，是导致血液受损的主要因素，溶血和血栓是心脏泵在实际应用中需要重点考虑的问题，优化血泵结构和流态，提升其综合性能，是近年来流体机械及医疗器械领域研究的热点问题。

本任务要求在深入分析现有离心式血泵研究进展的基础上，以减少溶血和血栓为主要目标，完成一离心式血液泵的水力设计，并采用 CFD 技术对设计对象进行内部流动模拟，获得典型工况下泵内压力、速度、湍流涡等流动结构，并预测泵的能量特性。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1、文献阅读与综述（2023.4~2023.6）。查阅相关文献，撰写相关领域国内外研究现状的综述。此环节可锻炼学生的文献查阅、发现问题和分析问题的能力。考核办法：不少于 4000 字的文献综述一篇。

2、离心式血泵的水力及结构设计（2023.7~2023.9）。参照现有离心式血泵模型和离心式水泵设计方法，完成泵水力及结构设计，采用 UG 构建三维实体模型，采用 ICEM 完成实体模型的网格离散。重点研究不同的网格处理方案，为后续流动计算提供基础。

3、典型工况下的泵内流动数值模拟（2023.10~2024.2）。在 CFX 中实现 SST k-w 湍流模型，进行不同流量工况下的泵内流动模拟，获得流场结构，分析压力分布，速度分布等流动规律。重点培养学生综合运用专业知识的能力。

4、结果分析和报告撰写（2024.3~2024.4）。对计算结果进行分析总结，并完成结题报告，同时总结研究过程中存在的问题，并提出今后进一步开展工作的建议。重点锻炼学生科学分析研究结果并对未来研究方向提出创新性思路的能力。

三、项目实施的基础和条件

通过流体力学、水力机械原理等相关课程学习，学生基本完成流体机械方面的知识储备，基本

具备开展泵内流动模拟研究的能力。

申请人长期从事水动力学和水力机械的内部流动模拟等相关研究，熟悉 CFD 相关理论和方法，可对学生的研究工作进行直接有效指导。

四、学生提交的成果

- 1、课题调研、文献综述报告 1 份（不少于 4000 字）。
- 2、完成离心式血泵的水力设计，提交设计结果。
- 3、完成典型工况下的泵内流动计算，提交计算数据文件。
- 4、完成研究总结报告 1 篇。
- 5、力争撰写 1 篇研究论文。

项目71：温室风荷载基本值研究（雷隽卿）

指导教师：土木系副教授 雷隽卿，联系邮箱：[jqlei@sina.com](mailto:jqli@sina.com)

一、项目概况

温室结构本身的特点（自重小、以风载为主，而一般建筑结构的风荷载按偶遇荷载考虑；结构体型、刚度、构件材料、构件的连接方式等都与一般的民用建筑结构差别很大）使其结构与普通民用建筑有很大区别。结构抗风理论在特殊结构形式，例如大跨度屋盖、高层超高层建筑、低层建筑等领域取得了许多进展，但是对于温室这种特殊结构形式的抗风理论和设计方法研究较少。本项目的研究将为温室结构基本风压值的确定提供理论研究的基本方法。

目前，国内外对高层、高耸结构的风压分布、风振分析取得了重要的进展和研究成果，并反映到相应的设计规范和规程中，而对温室结构的动力性能、风振分析等问题的研究尚处于起步阶段。风荷载对温室结构的影响被忽视，甚至风荷载对温室结构的动力效应被忽略。我国 2002 年发布的《温室结构设计荷载》国家标准也没有考虑风振对温室结构的影响。为了便于计算，目前国内学者一般是按美国农业与生物工程师学会（ASABE）的算法，将温室设施按次要建筑处理，将基本风压乘以 0.8 为准。这种方法比较笼统，不能准确反映温室的实际风压。这样一方面可能造成不必要的浪费，另一方面也不排除某些未预见到的隐患。

风荷载是建筑结构作用中一种非常重要的活荷载，是结构设计中必须考虑的因素，对于温室结构的影响更是不容忽视。为了优化温室结构抗风设计，确定温室结构的基本风压值，本项目将进行以下研究：

- 1、符合温室结构特性的不同荷载重现期的可靠度计算
- 2、不同时段与风压基本值的关系
- 3、温室建设场地对基本风压值的影响
- 4、对比分析美国、欧洲国家与我国基本风压取值的可靠度。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

本项目拟对温室结构表面风压值进行理论分析，研究荷载重现期、时段间距、场地状况对温室结构表面风压值得影响。

1、文献综述阶段（2023.4—2023.6）

利用校内外文献和以往研究项目的基础资料，让学生对温室结构荷载研究的现存问题进行收集、整理和分析，锻炼学生的文献查阅和分析能力。

2、风压基本值与重现期、时程间距的关系(2023.7—2023.12)

熟悉风荷载特性的基本知识，建立温室结构计算模型，对不同重现期的风压基本值可靠度进行理论公式推导计算，计算采用不同时程间距时的风压基本值。培养学生进行理论公式推导计算、分析对比的能力。

3、不同国家的温室结构风压基本值的可靠度分析(2024.1—2024.3)

根据文献研究和理论计算两个阶段的结果，提出符合温室结构特点的荷载重现期、时程间距。该阶段主要培养学生的理论分析能力，利用专业知识对实际结构进行简化、建立模型、从而解决实际问题的综合能力。

三、项目实施的基础和条件

项目申请人一直从事农业设施结构方面的课题研究，从事了 20 多年的农建专业结构类课程、结构软件应用课程的教学工作，具多年本科毕业设计指导经验，同时具有一定的工程设计经历。

四、学生提交的成果

温室结构风压值研究报告 1 份

项目72：基于城市意向的校园绿地使用现状与景观提升研究--以中国农业大学东校区为例（黄仕伟）

指导教师：农建系副教授 黄仕伟，联系邮箱：hswcaw@cau.edu.cn

一、项目概况

随着大学教育和不断的发展和变革，大学建设对教室以外的校园环境建设发展越来越重视，当代大学对校园绿地景观有迫切需求，优越的校园环境能带来生态效益，文化效益，也极大程度满足了校园环境使用者的心理需求，在“环境育人”方面尤为重要。而在高校不断扩招引起的旧校区更新建设的背景下，高校校园绿地景观更新与建设就遭遇了更大的挑战。

大学校园空间是公共空间形态中较为特殊的类型之一，其服务对象主要是校园师生，校园空间结构形态影响师生的校园生活行为习惯以及师生对校园空间、学校文化、校园精神的理解，大学校园外部空间在整个校园环境规划设计中占有重要地位，在整体规划过程中应当注意尽量多创造同学之间、师生之间的交流、交往的场所和机会，以利于人际关系和个人与集体的关系。

美国著名城市设计师凯文·林奇在 20 世纪 60 年代首次提出了城市意象的概念，他在城市设计中引入环境心理学，将人的认知和感受与环境相结合对城市形象进行分析与研究，为城市形象研究提供了新的视角和思路，对城市研究具有里程碑式的意义。他具有创造性的将环境意象、公众高象、可读性和可意象性等概念融入到城市意象的研究中，对美国波士顿、洛杉矶和泽西城三个城市的城市空间形式进行分析，最终归纳总结出构成城市高象的 5 个元素，分别为道路、区域节点，边界和标志物，这 5 种元素对城市的可高象性有着至关重要的作用，被当作是城市意象的组成要素。

在通过文献对校园绿地以及城市意向概念研究的基础上，组织学生对中国农业大学东校区进行调查。对校园内绿地空间与学生活动情况进行调查、统筹分析。研究内容包括：**（1）中国农业大学东校区绿地现状研究。**通过现场调研、测量等调查方式，对中国农业大学东校区内校园现状绿地进行梳理与分析，提炼中国农业大学东校区的绿地整体概况；结合城市意象的理论，对校园绿地景观意象系统进行现状分析。**（2）绿地使用状况研究。**在对校园内部现状绿地整体认知的基础上，通过面积大小、要素多少等对绿地进行筛选主要的研究对象，并运用拍照、录像等手段对主要研究对象的使用状况进行定期的观测。整理分析观测结果，提炼中国农业大学东校区主要绿地景观的使用现状。**（3）改造需求调查与景观提升策略研究**综合文献研究、实地调查研究结果，结合结果分析与案例研究，生成基于城市意象的校园绿地景观提升策略与方案。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1、文献研究（2023.5-2023.7）

包括三个层面的文献研究：（1）校园绿地景观的国内外研究现状；（2）校园绿地景观改造案例研究；（3）城市意向的理论及相关应用情况。

培养学生文献查阅、收集、整理、分析和文献综述的能力。

2、现场调研（2023.9-2023.11）

利用在校空余时间，多次多时段，对校内绿地现状进行勘测、记录、绘图；并通过群体问卷与个体访谈的形式，了解使用者的使用体验与改造意向等。

培养学生的现场踏勘、问卷设计、访谈技巧等方面的能力。

3、结果分析与绿地景观提升研究（2023.12-2024.1）

结合文献研究和调查结果综合分析，梳理中国农业大学东校区绿地景观现状以及使用情况，基于城市意向理论对绿地景观意向系统现状进行分类与分析，总结使用者的使用体验与使用需求。

培养学生的数据统计分析、综合分析、景观设计等方面的能力。

4、研究报告撰写（2024.3-2024.5）

培养学生的报告撰写能力。

三、项目实施的基础和条件

1、理论基础

本人自 1992 年以来，一直从事城乡人居环境规划设计、建筑景观设计研究以及实践，主持大量的城乡规划与建设管理等科研和工程项目，具有坚实理论基础。

2、专业学科

中国农业大学农业建筑与环境工程系、农业建筑环境与能源工程专业以及农业工程、城乡规划学科长期开展城乡规划设计方面的科学研究，并具有研究生工作室、专业设计软件等基础条件。

3、基础技能

要求学生修学过建筑制图、房屋建筑学等专业基础课程，掌握一定的设计理论基础与实践技能。

4、现场条件

场地选址为中国农业大学东区，范围校园内部，便于学生多次、多时段开展场地调查与问卷访谈。

四、学生提交的成果

1、项目结题报告

包括文献研究报告、现场调研报告、校园部分绿地提升策略与方案。

2、论文。

项目73：超大规模聚集性排热致环境温升对周边土壤与植被影响的文献调研

(袁小艳)

指导教师：农建系副教授 袁小艳，联系邮箱：yuanxy68@cau.edu.cn

一、项目概况

近年，我国大数据、人工智能、5G 技术等高科技产业不断兴起，数字经济时代进入快速发展阶段。算力作为新兴生产力为全行业的数字化转型提供支撑。作为算力的物质载体—数据中心及其产业的发展引起国家的高度重视[文献 1]。我国“十四五”规划以及 2035 年远景目标纲要中都清晰地指出要“构建全国一体化大数据中心体系，强化算力统筹智能调度”、“建设国家枢纽节点和大数据中心集群，建设 E 级和 10E 级超级计算中心”

2020 年 3 月中央政治局常务会议确定新基建领域，包括：大数据中心、5G、人工智能、工业互联网等七个领域，数据中心成为政府新基建的重点内容；2020 年 9 月 22 日习主席在第七十五届联合国大会提出“双碳”国家战略目标；国家发展改革委等部门：“关于严格能效约束推动重点领域节能降碳的若干意见”

工信部、发改委、能源局等多部门分别于 2019 年、2021 年分别发布了《加快构建绿色数据中心的指导意见》、《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》、《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023 年）》等一系列文件以加强推进建设绿色节能的数据中心。

2022 年 2 月 16 日，国家发改委、中央网信办、工业和信息化部、国家能源局 4 部门联合印发文件，同意在京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝、内蒙古、贵州、甘肃、宁夏等 8 地启动国家算力枢纽节点，并规划了 10 个国家数据中心集群。至此，全国一体化大数据中心体系完成总体布局建设，“东数西算”工程正式全面启动，这意味着大量新型超算中心要设计新建。

随着关注度增加及“东数西算”国策驱动，数据中心节能降碳实施路径逐步明确，余热回收首次被列入数据中心重要发展技术；计算机行业协会数据中心分会也于 2020 年 9 月成立了超算余热回收课题组并于 2022 年 1 月 18 日启动调研，开展从机房设计、运行、余热利用热用户等多方面调研，探索可能的余热回收利用途径。一些 IT 行业大公司都在着手筹划自建超算中心余热回收如何落地。

业内似乎在认可数据中心余热回收的观点与价值。但是，大多数聚焦于冬季的余热利用无疑有积极价值，但春夏秋及南方地区全年高密度排热可能引起数据中心聚集地区的热岛效应环境影响并不加关注。新建超大型数据中心集群大都建在西部农业区域，如河北张家口地区、内蒙乌兰察布地区、甘肃定西地区、宁夏中卫等地区，多数是是农业主生产区域。超大规模的数据中心集群的电子

废热在春夏秋冬在方圆不到 20 平方公里以几百万千瓦数量级排向大气中，可能引起空气局部温升过高，持续的经年的排热可能带来的后果是什么呢？申请者认为需要开展调研并尝试寻求合理的消除或减弱热岛效应的途径与方法

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

课题拟按如下步骤进行实施

1、2023 年 5-8 月：学习、网络查阅国内外文献，调查获得文献对巨量排热地区环境影响的原因、影响程度以及尝试建立可能的数学模型。

此阶段可以培养学生调研、查阅文献、阅读文献并提炼文献内核的能力。培养他们观察提出问题的能力；过程中要求学生撰写 1-2 页综述文献、典型地区气象数据报告，调研报告作为考核依据

2、2023 年 9-12 月：抽取典型数据进行分析。

此环节可以培养学生分析数据、摸索数据趋势、热量传递规律的能力；要求学生撰写数据分析报告，包括排热量与当地气象变化的规律；写出分析报告。

3、2024 年 1-4 月：撰写 1.5-2 万字调研报告。

三、项目实施的基础和条件

申请者密切关注数据中心排热情况并在 2022 年开展数据中心余热利用情况的调查，并呼吁“东数西算”与设施农业并行建设发展，以设施农业消纳数据中心排出的电子废热。但是对非供暖季考虑不足，如何消除非供暖季超大规模数据集群排热对环境的影响，需要进行调研。国内外广泛文献调研与理论分析是前期基础。引导学生开展文献阅读与调研也属于 URP 研究的范畴。

课题负责人从事多年热工教学及设施节能领域研究开发，比较了解学生在学习过程中的困惑与不足，希望通过课题的一步一步深入，让学生从实践中体会课堂教学内容如气流掠过无限大平面带来的热量传递会是怎样的效果？进一步帮助他们了解所学专业服务对象，扩大视野，对人类社会活动如何影响自然有进一步认识。

四、学生提交的成果

过程分析报告及相关研究日记、研究报告 1 份

项目74：基于作物表型的水分信息诊断研究（李思恩）

指导教师：水利系教授 李思恩，联系邮箱：lisien@cau.edu.cn

一、项目概况

作物地上部分表型特征由于具有直观可视的特点，是当前作物表型组学研究的重点内容，主要包括叶片形态特征、叶片颜色特征（Cai et al., 2016）、纹理特征（孙俊等，2014）等。叶片是植物水分代谢的主要器官，对水分亏缺反应最为敏感，干旱胁迫下叶片表现出复杂的表型特征，以减轻干旱胁迫对植物的伤害，如颜色变暗、变黄、叶片萎蔫和卷曲等（彭文等，2013），叶片颜色、叶片卷曲等形态特征、叶片夹角等运动规律，都可作为作物干旱的诊断指标。

尽管当前干旱胁迫表型研究取得了一定的进展，但在干旱胁迫下应用作物单一表型特征对作物干旱胁迫的诊断仍存在一定的局限，运用多源传感器获取作物表型信息，综合作物颜色、纹理和形态及生理特征参数并结合模式识别算法对作物干旱胁迫无损精确的快速诊断和监测是未来发展的重要方向。

与传统的人工表型测量相比，计算机视觉技术的发展为解析表型特征提供了强有力的帮手，目前主要应用于作物生物和非生物胁迫的监测，物候识别和作物冠层表型研究等方面。近年来，大多数研究者通过利用图像处理、光谱和热红外等技术提取作物胁迫表型特征，主要应用于作物胁迫的四大问题 ICQP，即将计算机视觉中图像识别模型应用于胁迫的识别（Identification）、胁迫分级（Classification）、胁迫量化（Quantification）和预测（Prediction）四个方面（Singh et al., 2016）。在作物胁迫识别和分级中，机器学习是研究作物胁迫的主要方法之一，国内外已有大量研究将机器学习方法应用于作物生物和非生物胁迫的识别和分级（Singh et al., 2016）。

本研究拟基于机器学习方法进行水分敏感作物表型特征提取，建立基于表型参量的作物需水诊断模型，研发作物高产优质需水诊断系统，构建作物高产优质水分需求表型诊断方法体系；明晰作物高产优质需水规律与调控阈值；研究作物表型变化过程对作物产量、品质形成及水分利用效率影响的综合效应。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

(1) 2023.04-2023.05

文献检索、资料收集。通过知网、谷歌学术、Web of Science 搜索相关文献；通过阅读文献资料，学习基于作物表型的水分信息诊断研究的相关概念、基础知识、研究进展；进行文献综述撰写；培养学生文献检索、文献阅读、文献综述的能力。

(2) 2023.06-2023.08

实验方案设计与数据采集。前往中国农业大学石羊河实验站采集作物表型等相关数据。培养学生实验操作能力、科研思维能力、艰苦奋斗精神。

(3) 2023.09-2023.12

数据处理分析。分类整理相关资料数据；利用机器学习等方法进行建模分析，进行作物水分信息诊断和模型研究。培养学生理论结合实际的能力，充分挖掘其创新能力。

(4) 2024.01-2023.03

成果总结。指导学生撰写期刊论文及项目结题报告，培养学生总结科研成果、撰写科技论文的写作能力

三、项目实施的基础和条件

1、研究基础

项目申请人长期从事作物水分高效利用与调控研究，在西北旱区石羊河流域开展作物水肥研究近 20 年，在作物耗水监测、水分调控机理与模型等方面取得系列创新性研究成果，能够指导项目顺利完成。

2、工作条件

项目在甘肃武威绿洲农业高效用水国家野外科学观测研究站（石羊河实验站）开展，实验站各项设施条件达到国际先进水平，包含各类农作物试验区及必要的实验仪器。具有优良的试验条件和基础数据积累，完全具备完成本课题的硬件条件。

3、项目团队

项目参与学生均为水利系本科生，科研兴趣浓厚、基础知识扎实、科研态度端正、科研潜力很大，且具有一定的自学能力、动手能力、实践能力、计算机水平，能够坚持不懈探索完成项目。

四、学生提交的成果

1. 文献综述报告 1 份；
2. 项目结题报告 1 份；
3. 争取投稿核心期刊论文 1 篇或申请专利 1 件

项目75：灌区信息化监测及数据平台系统开发（徐旭）

指导教师：水利系教授 徐旭，联系邮箱：xushengwu@cau.edu.cn

一、项目概况

改进灌溉设施与农业用水管理方式，推行灌区信息化与智慧化建设，对提升灌溉效率与农业生产效益具有积极效用，也是满足未来灌区现代化建设的迫切需求。目前，大部分的灌溉决策仍依赖于经验判断（如依据土壤墒情和作物生长状况）予以制定，该方式的局限在于未有效结合地理环境因素的差异与作物各生长发育阶段的实际用水需求，容易导致农业用水效率过低。长期以来，农业灌溉一直是我国最大的用水部门，2021 年我国农业用水效率仅约为 0.57，与以色列、澳大利亚等发达国家灌溉水有效利用系数（0.7-0.8）仍存在较大差距。准确掌握土壤墒情与田间气象信息及其动态变化规律，建立灌区监测体系和数字化平台，提高灌区自动化、信息化程度是提高灌区用水管理水平和农业用水效率的有效途径。

本研究致力于灌区信息化监测及数据平台系统的开发，并进行针对典型区尺度的实际监测与数据管理应用。拟基于现有物联网技术与开源框架实现系统功能，通过在田间部署土壤墒情传感器与小型气象站采集实时数据，获取土壤水分、盐分、温度、降雨量、蒸发量、太阳辐射量等相关数据；运用基于无线传输技术的网络模块实现数据的远距离传输；搭建数据库对采集数据进行集中存储与管理；基于当下主流的系统平台开发框架搭建可视化数据平台，以展示采集的土壤与气象信息及其动态变化过程，形成集监测、传输、展示于一体的灌区信息化监测及数据平台系统。旨在为提高灌区用水管理水平和灌溉效率，提升农业信息化与数字化水平，为建设绿色节水灌溉农业提供一定的实践指导。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 系统学习土壤物理、农业气象、物联网技术等相关基础知识，为正确认识土壤与气象监测的方法，搭建完整的监测体系奠定良好的理论基础，形成设计思路与宏观框架。
2. 采购传感器和网络模块等硬件设备进行组装，积累电路基础和网络通讯等跨学科领域的实践经验，掌握系统硬件各组成部分的部署方法，分别于室内和室外进行测试，记录数据采集结果和设备运行情况，验证设备的可靠性。
3. 学习基础的地理信息知识，掌握 ArcGIS 软件；学习计算机语言编程技能，掌握 Java 语言、SQL 数据库语言和 Web 前端开发语言（HTML、JavaScript、CSS），搭建功能完善、界面简洁、操作友好的可视化数据平台用于数据展示。

三、项目实施的基础和条件

本人一直从事灌区农业水转化多过程模拟、灌溉信息化管理、优化用水管理与调控的相关研究，同时，在应用 3S 信息技术、物联网技术进行灌区水土资源管理方面，积累了较为丰富的应用经验。目前，已发表第一作者或通讯作者 SCI 论文 30 余篇，EI 论文 4 篇，软件著作权 3 件。同时，在多年的灌区农田水-盐-氮-植被系统动态研究中，收集了农业水文、地理、水文地质和植被生长等大量数据，在内蒙古河套灌区建立有针对典型区的农业-水文-生态系统多尺度监测网，有助于开展本项目的研究。

本人所在研究组有数名研究生从事灌区土壤水盐动态监测试验、水盐运移模拟、智慧农业（灌溉）等相关研究工作，可对本科生给予一定的指导与帮助，有助于更好地提高本科生自身科研素质。目前，已于近年部署了基于物联网技术的监测设备，测试结果良好，搭建的数据平台运行正常，初步构建了基于物联网与 Spring Boot 的灌区监测与决策支持系统，将有助于后续灌区系统平台构建工作的顺利实施。

四、学生提交的成果

结题报告

项目76：摇臂式喷头喷嘴结构改进及水滴分布特性研究（严海军）

指导教师：流体系教授 严海军，联系邮箱：yanhj@cau.edu.cn

一、项目概况

喷头是喷灌系统中的重要组成部件之一，其水力性能将直接影响喷灌工程质量的优劣^[1]。在众多喷头设备当中，摇臂式喷头因其工作范围广，运行性能稳定，规格种类齐全等优点，近年来在农业生产，尤其是在大田作物灌溉中得到了广泛应用^[2]。但在应用过程中，出现了喷灌系统运行成本过高，喷灌均匀性较低等诸多问题，从而使得喷头的应用效果大打折扣。基于以上问题，国内外学者从喷头自身结构的角度出发进行了大量的改进研究^[3-7]，尤其是优化对喷头水力性能影响较大的喷嘴结构。如李久生^[8]对摇臂式喷头方形喷嘴的水力性能展开了研究，认为方形喷嘴不仅具有一定的节能效果，而且可以改善喷头的雾化程度和水量分布。李英能等^[9]研究了异形喷嘴的设计原理和方法，得出适用于不同异形喷嘴的最佳设计方案。刘俊萍等^[10]根据水射流原理，设计出了 PY 系列摇臂式喷头一种新型结构的副喷嘴，并分别对副喷嘴改进前后的水量分布进行了对比试验，结果表明改进副喷嘴后其喷灌均匀系数有所提高，在不同组合间距下均在 80%以上。除了试验研究外，国内外许多学者还将 CFD 技术应用到喷嘴结构的改进研究^[11-16]。严海军等^[17]利用 Fluent 软件对 PY140 摇臂式喷头喷嘴的内部流场进行了模拟，发现减小喷嘴出口扩散角可改善喷嘴出口流态，提高喷头流量。刘中善等^[18]通过 CFD 数值模拟建立了圆锥形喷嘴各结构参数与流量系数的定量关系。张前等^[19]运用 ANSYS 软件对喷头在低压工况下的内流场进行了三维仿真模拟，结果表明倒 U 形喷嘴有利于提高喷头射程，改善喷灌均匀性。从上述研究可知，改进喷嘴结构能够显著改善喷头水力性能，提高喷灌质量，但前人研究并未考虑喷嘴结构改进后的水滴分布特性情况，因而不能准确量化水滴打击强度、深入分析水滴打击对作物叶片和土壤入渗特性的影响。

综上所述，本文以目前工程中应用较广的 8034D 摇臂式喷头为研究对象，对其主、副喷嘴结构进行改进，并研究喷嘴结构改进后对喷头径向水滴直径、速度、动能和剪切力等水滴分布特性的影响，从而提出喷头优化设计方案，以为后续摇臂式喷头的推广应用提供参考依据。

主要参考文献

- [1] 许一飞. 国外农业高效用水的研究应用及发展趋势[J]. 节水灌溉, 1997, (4):30-33.
- [2] 严海军, 刘竹青, 王福星, 等. 我国摇臂式喷头的研究与发展[J]. 中国农业大学学报, 2007, 12(1):77-80.
- [3] DEBOER D W. Sprinkler application pattern shape and surface runoff[J]. Transactions of the

ASAE, 2001, 5(44): 1217-1220.

- [4] 许正典, 向清江, 邹晨海, 等. PY30 摇臂喷头掺气状况下性能对比[J]. 排灌机械工程学报, 2017, 35(6):547-552.
- [5] 汤攀, 李红, 陈超, 等. 考虑工作压力的垂直摇臂式喷头可调结构参数优化与试验[J]. 农业工程学报, 2016, 32(20):99-107.
- [6] 邢浩男, 杨启良, 喻黎明, 等. 方形喷洒域喷灌装置的研制与试验[J]. 农业工程学报, 2017, 33(22):84-91.
- [7] 王玄, 李广, 郭聪聪, 等. 摇臂式喷头副喷嘴仰角及位置参数的优化[J]. 农业工程学报, 2015, 31(11):89-95.
- [8] 李久生. 摇臂式喷头方形喷嘴水力性能的研究[J]. 灌溉排水, 1987, (3):15-25.
- [9] 李英能, 李久生. 节能异形喷嘴水力性能的研究及其研制[J]. 灌溉排水学报, 1990(2):43-50.
- [10] 刘俊萍, 袁寿其, 李红, 等. 摇臂式喷头组合喷洒均匀性的改进[J]. 农业工程学报, 2011, 27(7):107-111.
- [11] 王乐勤, 林思达, 田艳丽, 等. 基于 CFD 的大流量喷嘴喷射性能研究. 流体机械, 2008, 36(11):17-22.
- [12] SALEWSKI M, STANKOVIC D, FUCHS L. Mixing in circular and non-circular jets in crossflow[J]. Flow Turbulence and Combustion, 2008, 80(2): 255-283.
- [13] BRINKERHOFF J R, YARAS M I. Direct numerical simulation of a square jet ejected transversely into an accelerating, laminar main flow[J]. Flow Turbulence and Combustion, 2012, 89(4): 519-546.
- [14] 王玄, 李广, 郭聪聪, 等. 摇臂式喷头副喷嘴仰角及位置参数的优化[J]. 农业工程学报, 2015, 31(11):89-95.
- [15] KIM S C. Numerical Analysis of a Liquid Sheet Flow around a Simplified Sprinkler Head Using a CFD Model[J]. 2016, 30(6): 111-117.
- [16] TAN R C, KHAFAR M H A, ABDULLAH N I S, et al. Parametric study on flow dispersion of water sprinkle[J]. 2017, 243(1): 12-46.
- [17] 严海军, 徐成波, 陆文红, 等. 摇臂式喷头内流道流动分析与数值模拟[J]. 水利学报. 2009, 40(1):122-127.
- [18] 刘中善. 折射旋转式喷头的设计机理与试验研究[D]. 中国农业大学, 2006.

[19] 张前, 袁寿其, 刘俊萍, 等. 低压喷头喷嘴优化设计及内部流场数值模拟[J]. 排灌机械工程学报, 2016, 34(5):449-454。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

研究目标及内容:

- (1) 研究摇臂式喷头不同喷嘴结构下的径向水滴分布特性;
- (2) 建立喷嘴结构参数与水滴分布相关指标之间的数学模型;
- (3) 提出摇臂式喷头喷嘴结构优化设计方案。

项目实施过程中可以对学生进行以下能力训练:

- (1) 了解本项目研究的工程背景, 学习相关的基础知识, 熟悉喷头、喷嘴结构及其与喷头水滴分布特性的关系;
- (2) 进行喷头水滴分布特性相关试验, 培养学生动手能力和解决问题的能力;
- (3) 掌握 2DVD 视频雨滴谱仪的操作方法, 学会利用该仪器了解喷灌水雾运动机理;
- (4) 应用统计分析方法整理试验数据, 结合试验研究与模型模拟提出优化的喷嘴结构参数, 培养学生应用基础知识解决实践问题的综合能力。

三、项目实施的基础和条件

课题组已购买 2DVD 视频雨滴谱仪并搭建喷头水力性能自动检测系统, 可以开展室内喷灌水雾分布特性试验, 为本项目实施提供了良好的试验条件。此外, 学院灌溉与排水实验室、水力机械实验室等专业实验室也可为本项目提供相关支持。

申请人已为本项目的开展积累了大量的技术资料, 多年来在本科生 URP 项目和研究生培养方面积累了丰富的指导经验, 具备指导本科生“URP”项目的能力。

四、学生提交的成果

- (1) 摇臂式喷头不同喷嘴结构下的水滴分布特性试验结果分析;
- (2) 摇臂式喷头喷嘴结构优化设计方案

项目77：滴灌抗旱功能微生物菌剂的筛选（李云开）

指导教师：水利系教授 李云开，联系邮箱：liyunkai@126.com

一、项目概况

据联合国环境计划署估计，全球目前有约 35%的土地和 20%的人口正在或即将受到干旱和沙漠化的威胁，沙漠化面积每年以多达 600 万 hm^2 的速度递增。我国作为世界上人口最多的国家，同样也是受干旱影响最为严重的国家之一，有将近 51%的国土面积属干旱、半干旱区域，这对农业生产有着及其严重的影响。据估算，全球由于水分亏缺造成减产与其它因素造成减产的总和持平，对农作物的生长、发育和农艺产量等产生不利影响，并导致土地退化。土壤微生物群驱动农业生态系统中的关键功能，决定了土壤肥力、作物产量和胁迫耐受性。农作物根系和植物内部富集了数量庞大且种类繁多的微生物，它们能够编码比宿主植物更多的基因，通过协作、竞争等关系形成稳定的群落结构，微生物组与土壤结构有着错综复杂的联系，这种结构调节着水、氧气和养分在系统中的流动。

根际是植物直接生长或通过“根沉积”过程响应根系分泌物释放的土壤区域，在植物生长和发育中起着关键作用。基于高通量测序的技术方法极大地提高了人们对植物微生物的认识，并发现根际微生物比其他位置的微生物更加活跃。植物根际促生菌（PGPR）指的是生活在土壤或附生于根系的一类细菌，具有促进植物生长及矿质营养吸收，并提高植物抗逆能力的作用。PGPR 主要通过溶解矿物质、分泌植物生长调节因子、抑制病原微生物以及自身代谢产物等方式与植物互作来促进植物生长发育，改善植物营养，诱导宿主植物产生系统抗病性和系统抗逆性。目前已有多篇报道证实部分抗旱菌来自无色杆菌属、芽孢杆菌属、假单胞菌属等，这些微生物都具有较为广泛的提高作物抗旱性机制，比如产生生长调节剂、降低乙烯水平、增加渗透剂浓度，以及防止水分胁迫环境条件下的氧化损伤等。

本项目拟通过查阅文献明确微生物调控作物抗干旱胁迫的直接与间接路径，再通过人工模拟干旱胁迫来筛选抗旱菌，从中测定微生物所产生能提高作物抗旱水平的关键物质，筛选出可能提高作物抗旱性、实现作物增产提质的菌种，为以后关于抗旱 PGPR 提高作物耐干旱胁迫能力的研究做铺垫。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 前期准备期

(1) 查阅根际促生菌（PGPR）在干旱胁迫下应用的相关文献，了解并梳理目前抗旱菌调控作

物抗干旱胁迫的路径。

(2) 基于文献报道明确微生物产生的提升作物抗旱能力的关键物质。

(3) 完备细化研究思路及方案。

通过撰写文献综述报告的方式进行考核；培养学生查阅文献、整理资料、总结问题的能力。

2. 实验进行期

(1) 根据上述文献的筛菌规则，基于 Meta 分析方法对根际促生菌进行搜集，筛选出应用在干旱胁迫下对作物施加效果优良的根际促生菌 40-50 种。

(2) 利用聚乙二醇 PEG6000 人工模拟干旱条件，将初筛得到的菌株接种于三个 PEG6000 不同梯度浓度的营养肉汤培养基中，35° C、120 r/min 摇床培养 96h，每隔 8h 无菌操作取样 1 次，检测培养液的光密度 (OD_{600nm})，分析菌株在不同浓度 PEG6000 中的生长情况。

(3) 根据不同调控路径筛选出能提高作物抗旱能力的 PGPR，测定上述所选定的关键物质生成量，最终每项筛出 1-2 种菌。

形成实验方案，实验数据记录等材料；锻炼学生动手及实际操作能力、创新实践能力。

3. 总结结论期

通过整理该实验数据，积累实践中的经验，反思实验中的不足，撰写结题报告，形成总结成果。

形成实验数据集和相关结题报告；锻炼学生的科研思维和学术写作能力。

三、项目实施的基础和条件

中国农业大学水利与土木工程学院设有节水灌溉技术设备、水资源与水环境、水土保持、水文等专业实验室，还设有解决本专业领域重大工程问题、专门从事工程设计和技术开发研究的中国农业大学“节水农业工程技术中心”及农业部重点实验室-土壤和水实验室、农业环境工程实验室和仪器设备完成本研究的部分关键内容。

项目申请人李云开教授主持和参与过多项国家和省部级重点科研项目的工作，具有丰富的室内及大田试验经验，对本学科国内外发展状况及存在的问题相当了解，具有扎实的基础理论知识和丰富的实践经验。

本研究计划在中国农业大学通州实验站开展，实验站建有微生物与水化学实验室，配有恒温培养箱、恒温卧式摇床、紫外灭菌工作台等仪器设备，可进行室内微生物培养和筛菌实验，具备相应实验装置以及基础条件。

四、学生提交的成果

1. 撰写相关的文献综述报告；
2. 形成详细的实验研究方案；
3. 撰写实验数据集和研究报告。

项目78：滴灌施药对西瓜枯萎病的防治效果研究（徐飞鹏）

指导教师：水利系副研究员 徐飞鹏，联系邮箱：xfp@cau.edu.cn

一、项目概况

西瓜枯萎病是由尖孢镰刀菌（FON）引起的疾病，在侵入植株并定植成为内生菌后，会影响植株根部运输。在中国，西瓜种植面积约占世界总面积的 55%，总量约占 70%以上，通常由于枯萎病发病造成的产量损失约为 15%-30%，意大利学者首次发现并指出 FON 有生理小种分化现象，其中 race2 是目前分布最广、造成经济损失最大的 FON 生理小种，其在入侵植物根系的伤口后并在维管处定植，导致植物营养物质和水分运输等受到严重损伤，枯萎病的严重程度与 FON 在维管系统中定植程度呈正相关关系。

通过农田化学品进行枯萎病防治是目前国内农业生产者乐于接受的方式。恶霉灵化学式为 $C_4H_5NO_2$ ，在酸碱溶液中均稳定，溶于大多数有机溶剂，在进入土壤后可以与土壤中铁铝等无机金属盐离子结合，有效抑制孢子萌发和 FON 正常生长，同时恶霉灵在被植物吸收后可以代谢生成两种糖苷并起到提高植物生理活性的作用。但是包括沟灌、喷施等在内传统施药方式存在用量较多、分布不均、对非目标生物影响较大的问题。

滴灌施药是一种将农用化学品应用于植物根部在周围土壤的有效方法，按照作物生长的需要和植物保护的需求精确供给水分和农药。在全管道化和精量控制的基础上进行滴灌施药，不仅可以增加产量和收入，也可节约昂贵的药剂和设备，同时对非目标生物和影响较小。已有研究指出滴灌可以有效控制土传害虫，但由于土壤环境和微生物活性等的不同，对叶面害虫的防控效果比叶面喷雾效果差。而滴灌施药与喷雾施药相比，在增加根际水分的基础上改善了根系环境，有利于作物的营养生长和生殖生长。

基于此，本研究拟通过全管道化滴灌系统进行恶霉灵的施用，通过在西瓜生育期内少量、多次、精量、靶向地向作物根区施药，旨在：（1）探究滴灌施用药物对西瓜枯萎病的防治效果；（2）明确滴灌施药对西瓜产量、品质与土壤环境安全的影响；（3）提出设施西瓜枯萎病安全高效滴灌施药模式。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 实验准备期：

通过查阅文献，了解西瓜枯萎病致病原理和发病情况，以及其致病菌尖孢镰刀菌（FON）常用灭除措施，并明确现存传统施药方式存在的问题，凸显滴灌施药的优势，探究滴灌施药对于西瓜生

长和土壤环境的安全性影响。

通过形成文献综述报告的方式进行考核；培养学生查阅文献、整理资料、提炼总结的能力。

2. 实验进行期：

(1) 确定西瓜品种，优先选择 FON 易感品种；致病菌选择北纳生物提供的 FON 菌液，FON race2。

(3) 分离、培养特征良好的青枯病菌株，在无菌培养液中培养并制备细菌培养物悬浮液，培养后稀释到 10⁵-10⁶CFU/mL 用于接种。

(4) 采用盆栽种植的方式进行实验布置，采用滴箭的灌溉方式，在每盆植株中布置一枚滴箭，输水管道和种植方向平行布置，加药方式采用文丘里施肥器，根据管道内实际流量对加入设定药液浓度进行换算。

(5) 取样并测定土壤指标、微生物指标、植株生理指标、西瓜产量和品质等。

形成具体实验方案，实验数据记录等材料；锻炼学生动手及实际操作能力、创新实践能力。

3. 项目总结期：

从本次研究中对实验成果进行初步分析，对所获得数据进行处理，使用相关软件进行分析和作图，并且撰写相关结题报告

进行数据处理并且撰写结题报告来考核；锻炼学生的科研思维和学术写作能力等。

三、项目实施的基础和条件

中国农业大学水利与土木工程学院设有节水灌溉技术设备、水资源与水环境、水土保持、水文等专业实验室，还设有解决本专业领域重大工程问题、专门从事工程设计和技术开发研究的中国农业大学“节水农业工程技术中心”及农业部重点实验室-土壤和水实验室、农业环境工程实验室和仪器设备完成本研究的部分关键内容。

项目指导老师徐飞鹏副研究员参与过多项国家和省部级重点科研项目的工作，具有丰富的室内和大田试验经验，对本学科国内外发展状况及存在的问题相当了解，具有扎实的基础理论知识和丰富的实践经验。

本研究以中国农业大学通州实验站为试验种植场地，可以利用中国农业大学水问题研究中心“农业节水与水资源实验室”及农业部生物环境重点开放实验室，并已经具备相应的基本实验装置。

四、学生提交的成果

1. 撰写相关的文献综述报告；
2. 详细的试验研究方案、测试方法等；
3. 撰写实验数据集和研究报告

项目79：典型区域高标准农田建设路径研究（牛俊）

指导教师：水利系教授 牛俊，联系邮箱：niuj@cau.edu.cn

一、项目概况

确保重要农产品特别是粮食供给，是实施乡村振兴战略的首要任务。建设高标准农田，是巩固和提高粮食生产能力、保障国家粮食安全的关键举措。二十大报告提出“逐步把永久基本农田全部建成高标准农田”。2023 年中央一号文件提出“完成高标准农田新建和改造提升年度任务，重点补上土壤改良、农田灌排设施等短板，统筹推进高效节水灌溉，健全长效管护机制。制定逐步把永久基本农田全部建成高标准农田的实施方案。”根据《全国高标准农田建设规划（2021—2030 年）》，从 2023 年起，全国年均改造提升 3500 万亩高标准农田。因此，探讨新要求背景下高标准农田建设路径，尤其是研究典型区域高标准农田改造提升和永久基本农田全部建成高标准农田建设重点对于推进各地有序有效开展高标准农田建设具有一定指导和实践意义。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 基本路线

该环节考核学生掌握专业方法和工具的能力。

学生按照进程，先后掌握地理信息系统中基本的灌区信息处理方法，多尺度多因素因果分析方法、驱动产出关系，以及敏感性分析和不确定分析的基本途径等。

2. 研究方案

该环节注重学生科研能力的培养。

- (1) 分析典型区域高标准农田建设现状；
- (2) 评估和研究改造提升的可能路径；
- (3) 提出配套策略和保障措施。

3. 进度安排

2023.04-2023.07：查阅文献、资料、专业书籍进行专业知识学习，资料收集；

2023.08-2023.09：对基础灌区数据进行收集整理；

2023.09-2023.12：建立影响分析模型；

2024.01-2024.04：整合分析结果，撰写科研结题报告。

三、项目实施的基础和条件

- (1) 项目申请成员已完成《高等数学》、《大学物理》等基础课程的学习，英语及计算机应用水

平优秀；（2）具备计算机硬件设备和相关辅助软件。

四、学生提交的成果

完成本科生 URP 科研结题报告。

项目80：日光温室构造升级创新方案研究（赵淑梅）

指导教师：农建系教授 赵淑梅，联系邮箱：zhaoshum@cau.edu.cn

一、项目概况

日光温室由两侧山墙、北墙、支撑骨架及覆盖材料组成，是我国北方地区独有的一种温室类型。其位于南侧的弧形屋面，可以在冬季白天最大限度地接收和透过太阳辐射，为温室能够获得更多的太阳能打下了基础，与位于北侧和东西两侧山墙以及北侧屋面共同形成了良好保温围护结构，此外，由于日光温室墙体一般还具有一定的蓄热和放热功能，因此日光温室具有良好的自身热量平衡功能，通常在不进行人为加温条件下，可以在寒冷地区实现越冬生产，是一种极为节能的温室形式，也是支撑中国冬季蔬菜供应最主要的生产性设施。截止到 2022 年，我国日光温室的总面积达 80 万公顷，占中国温室面积的三分之一，解决了全国 1/3 的蔬菜供应。

目前，在我国北方地区还存在大量的老旧温室，其存在的主要问题是后墙和屋脊较矮、南侧弧形屋面形状设计不合理，这些问题导致温室的采光能力和保温能力较差，严重影响了作物的生长，并且导致夜间低温的情况，另外由于室内空间较小，难以开展机械化的作业。同时，温室的后墙较厚，造成土地利用率低和浪费土地的情况。因此，老旧温室的转型升级迫在眉睫。

本项目计划针对老旧温室存在的问题，基于本课题开发的软件《日光温室设计方案热环境评价系统》，分析墙体和屋脊的高度、墙体厚度、前屋面的形状、温室尺寸等对温室保温性和采光性的影响，并提出对老旧温室进行改造的设计方案，为老旧温室的转型升级提供科学依据和理论方法。

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

2023 年 4 月-7 月，学习相关传热学知识，查阅相关文献，了解老旧日光温室的发展现状和存在的问题，撰写文献综述；进行现场调研，收集老旧日光温室的类型，总结其特点，了解导致老旧日光温室问题的原因；学习软件的操作方法；本阶段主要培养学生的查阅文献能力，分析总结能力，文献综述撰写能力，现场调研能力，以及软件学习能力。考核内容为文献综述报告和软件学习情况。

2023 年 8 月-11 月，通过软件，分析不同的屋脊和墙体高度、墙体厚度、温室尺寸、前屋面的形状等对温室保温性和采光性的影响，并给出改进的设计方案。本阶段主要培养学生的软件操作能力、数据分析和试验报告撰写能力。考核内容为试验报告。

2023 年 12 月-2024 年 3 月，结合老旧温室的发展现状，对项目成果进行分析和总结，撰写项目技术报告。本阶段考核学生的项目管理能力，技术报告撰写能力；考核内容为项目技术报告。

三、项目实施的基础和条件

在科研项目上，申请人主持国家自然科学基金项目《高寒高海拔地区大棚光热与气流环境形成机制及结构优化研究》、国家重点研发计划子课题《日光温室冬季蓄热保温调控技术研究》，以及在 2022 年、2023 年现代农业产业技术体系北京市设施蔬菜创新团队，担任设施新材料及配套技术岗位专家，可为该项目提供很好的研究基础和指导。

在实验条件上，依托于农业农村部设施农业工程重点实验室和产业体系综合试验站、田间学校等基地，也可为该项目的开展提供充足的条件支撑。

四、学生提交的成果

学生项目结束后，要求提交研究报告一份。

项目81：基于计算机视觉的生猪聚集行为智能识别（梁超）

指导教师：农建系副教授 梁超，联系邮箱：liangchao@cau.edu.cn

一、项目概况

随着人工智能技术和低成本计算设备的不断发展，智能化养猪已成为可能并逐步应用于养猪生产^[1]。利用人工智能技术智能识别生猪行为是重要的研究方向之一，可为生猪健康状态异常分析和生产性能提升提供基础。

聚集行为是猪与生俱来的行为特征^[2]，反映了当前环境是否适宜猪的生长以及猪只个体的社交状态是否正常。对于仔猪，可通过改变聚集行为的形式来适应热环境的变化，冷应激时仔猪之间的距离会减小，而热应激时则相反^[3-4]。此外，仔猪的聚集情况反映了群体社会地位，而社会地位影响其随后的生长，社会化程度更好的仔猪通常长得更好^[5]。对于生长育肥猪，有研究表明当环境温度升高超过 16.6 °C 时聚集行为减少，超过 18.8 °C 时会有更多的时间侧躺于漏缝地板，长时间超过 35 °C 时会大量出现往返踱步的刻板行为，并尽量避免与其他生猪聚集^[6]。然而，目前对于生猪聚集行为研究偏少，生猪聚集规律及特征尚不清楚。

传统地，生猪行为主要采用人工观察记录，存在费时费力、干预生产环境、不够精确、难以实时统计等缺点。随着人工智能技术的发展应用，一些研究者开始利用深度模型来识别生猪行为。Zhang 等^[7]使用了 SSD 和 ResNet 检测日间和夜间照明下的猪只，检测方法的准确度达到了 94.72%。Kashiha 等^[8]利用计算机视觉技术可以通过统计饮水状态帧和非饮水状态帧来估计猪只的饮水量，通过判断猪的边界的关键点与质心之间距离来判断饮水行为是否出现。Zheng 等^[9]初步研究了仔猪聚集行为检测，但检测的准确性仍不够，猪只之间的遮挡以及快速移动造成的运动模糊现象等问题仍存在。此外，现有基于深度学习的图像处理算法通常直接监控具体的行为，而无法提供量化值等细节。

本项目希望通过借鉴计算机视觉领域的最新算法模型，深度结合生长育肥猪的生产实际，通过对模型的针对性优化，提高识别的精度，改善遮挡问题，实现对生长猪的聚集行为的自动化统计，并提出量化的聚集度指标。帮助养殖者更好地了解猪只的社会行为，从而可以更好地指导养殖场的生产管理工作，以提高养殖效率。

参考文献

[1] 冯泽猛, 张云华, 贺玉敏, 王荃, 周脚根, 叶仑, 李铁军, 印遇龙. 智能养殖:生猪行为研究及其应用[J]. 农业现代化研究, 2021, 42(1): 1 - 9.

[2] 杨茗茜, 张会永, 杨关林. 猪的常用行为术语及定义[J]. 辽宁中医药大学学报, 2016, 18(7):

77 - 83.

[3] Riskowski GL, Bundy DS, Matthews JA. Huddling behavior and hematology of weanling pigs as affected by air velocity and temperature[J]. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 1990, 33(5): 1677–1685.

[4] Guo Z, Lv L, Liu D, Fu B. Effects of heat stress on piglet production/performance parameters[J]. Tropical Animal Health and Production, 2018, 50(6): 1203–1208.

[5] Skok J, Skorjanc D. Group suckling cohesion as a prelude to the formation of teat order in piglets[J]. Applied Animal Behaviour Science, 2014, 154: 15–21.

[6] Boon CR. The effect of departures from lower critical temperature on the group postural behaviour of pigs[J]. Animal Production, 1981, 33(1): 71–79.

[7] Zhang L, Gray H, Ye X, Collins L, Allinson N. Automatic individual pig detection and tracking in pig farms. Sensors, 2019, 19(5): 1188.

[8] Kashiha M, Bahr C, Haredasht SA, Ott S, Moons CP, Niewold TA, Ödberg FO, Berckmans D. The automatic monitoring of pigs water use by cameras[J]. Computer Electronics Agriculture, 2013, 90(1): 164–169.

[9] Zheng C, Yang X, Zhu X, Chen C, Wang L, Tu S, Yang A, Xue Y. Automatic posture change analysis of lactating sows by action localisation and tube optimisation from untrimmed depth videos. Biosystem Engineering, 2020, 194: 227–250.

二、实施计划及方案(明确各个环节对培养学生创新能力的具体思路及考核办法)

1. 项目技术路线

项目总体技术路线如图 1 所示:

2. 研究方案

(1) 生猪聚集行为数据采集方案

本项目将在山东德州某实验猪舍搭建数据采集系统, 相机安置在实验猪舍的顶部中心的适宜高度, 以便能够拍摄到整个实验猪舍的图像。通过运行 Python 编写的采集程序来拍摄生猪的顶视图像集, RGB 相机采用海康威视球形广角摄像头, 深度相机采用微软 Azure Kinect DK 相机, 相机都安装在圈栏顶部中心位置, 安装高度在猪圈顶部 2.18 m 左右, RGB 视频采用 24 小时不间断的录制, 每一个小时单独保存一个视频文件, 深度相机每小时抽取 5min 的时间录制, 单独保存文件。RGB 图像的尺寸为 1920×1080 像素, 帧率为 25fps, 视频存储格式为.bmp; 深度图像的尺寸为 512×428

像素，存储格式为.bmp；点云储存格式为.txt，之后对保存的视频进行转码为 mp4，方便后续的使用。

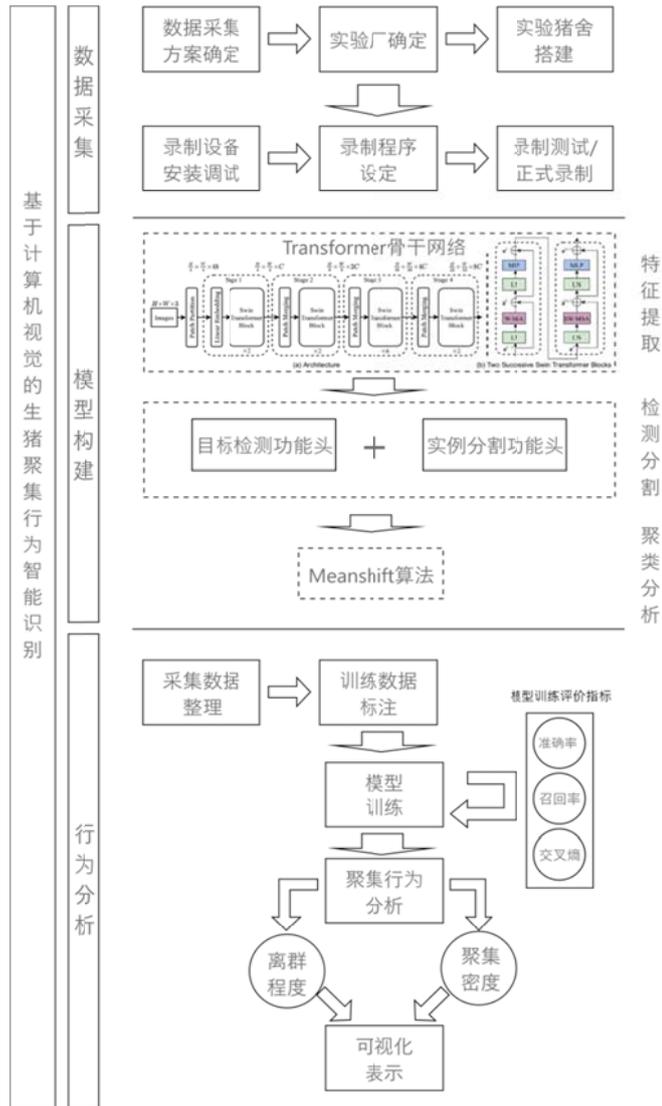


图 1 项目技术路线图



图 2 数据采集系统示意图

(2) 生猪聚集行为智能识别算法研究

由于 RCNN 系列模型在 two-stage 模型中的重要影响且模型结构较为简单,因此整个深度模型的构建基本采用类似 Mask RCNN 的结构,Mask RCNN 沿用了 Faster RCNN 的思想,特征提取采用 ResNet-FPN 的架构,另外多加了一个 Mask 预测分支,ResNet-FPN+Fast RCNN+Mask=Mask RCNN,如图 3 所示。

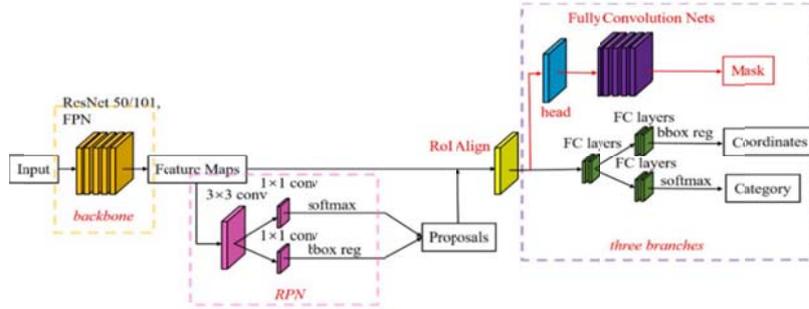


图 3 MaskRCNN 结构图

在此基础上使用目前最新的 Transformer 模型的变种 Swin-Transformer,对模型进行改进。通过对在 ImageNet 上训练的模型进行对比(图 4),可看到 Swin-T 系列模型的 top-1 准确率相比其他卷积模型的要高 1 到 4 个百分点。因此,本项目主要将 ResNet-FPN+Fast RCNN+Mask 的结构改为 Swin-Transformer+Fast RCNN+Mask,以借助 Swin-T 模型的强大的特征提取能力,获得更好的模型表现。

(a) Regular ImageNet-1K trained models					
method	image size	#param.	FLOPs	throughput (image / s)	ImageNet top-1 acc.
RegNetY-4G [44]	224 ²	21M	4.0G	1156.7	80.0
RegNetY-8G [44]	224 ²	39M	8.0G	591.6	81.7
RegNetY-16G [44]	224 ²	84M	16.0G	334.7	82.9
ViT-B/16 [19]	384 ²	86M	55.4G	85.9	77.9
ViT-L/16 [19]	384 ²	307M	190.7G	27.3	76.5
DeiT-S [57]	224 ²	22M	4.6G	940.4	79.8
DeiT-B [57]	224 ²	86M	17.5G	292.3	81.8
DeiT-B [57]	384 ²	86M	55.4G	85.9	83.1
Swin-T	224 ²	29M	4.5G	755.2	81.3
Swin-S	224 ²	50M	8.7G	436.9	83.0
Swin-B	224 ²	88M	15.4G	278.1	83.5
Swin-B	384 ²	88M	47.0G	84.7	84.5
(b) ImageNet-22K pre-trained models					
method	image size	#param.	FLOPs	throughput (image / s)	ImageNet top-1 acc.
R-101x3 [34]	384 ²	388M	204.6G	-	84.4
R-152x4 [34]	480 ²	937M	840.5G	-	85.4
ViT-B/16 [19]	384 ²	86M	55.4G	85.9	84.0
ViT-L/16 [19]	384 ²	307M	190.7G	27.3	85.2
Swin-B	224 ²	88M	15.4G	278.1	85.2
Swin-B	384 ²	88M	47.0G	84.7	86.4
Swin-L	384 ²	197M	103.9G	42.1	87.3

图 4 Swin-T 系列模型与其他模型的准确率的对比图

(3) 生猪聚集行为智能识别分析

聚集行为识别分析最终要获得的评价指标有两个，一个是聚集密度，一个是离群程度，这两个指标都可通过 LOF 算法中的概念调整得来。具体判断流程为获得模型输出的猪的 Mask 后对其 Mask 上的点进行抽样，再用 Meanshift 聚类算法对猪的抽象点聚类。在获得聚类类别之后，参照 LOF 算法，根据仔猪聚集度的特征对算法做出针对性调整。用改进后的 LOF 算法计算聚集密度和离群异常点。LOF 算法一般用于异常数据点的检索，本项目关注猪的聚集程度和离群点的检测中，其中聚集程度可以用 LOF 算法中的局部可达密度来表示，最终会计算得到当前聚类中心的聚集密度。

可达距离计算公式：

$$reachdist(p, o) = \max\{k - distance(o), \|p - o\|\}$$

局部可达密度（聚集密度）计算公式：

$$lrd_k(p) = \frac{|N_k(p)|}{\sum_{o \in N_n(p)} reachdist_k(p, o)}$$

而离群点可以通过计算单个个体的群的离群因子来计算。如果这个比值越接近 1，说明 p 和其 K 距离邻域内的点密度差不多，p 可能和其 K 距离邻域内的点同属一簇；如果这个比值越小于 1，说明 p 的密度高于其邻域内其他点的密度，p 为密集点；如果这个比值越大于 1，说明 p 的密度小于其邻域内其他点的密度，p 越可能是异常点。通过这种方式就能在样本空间数据分布不均匀的情况下也可以准确发现离群点。

局部离群点因子（离群程度）计算公式：

$$LOF_k(p) = \frac{\sum_{o \in N_k(p)} \frac{lrd_k(o)}{lrd_k(p)}}{|N_k(p)|}$$

3. 时间安排

(1) 2023 年 4 月-2023 年 6 月

查阅国内外相关文献以及研究成果，制定数据采集需求，设计数据采集方法，并参与德州实验猪舍的数据采集；同时进行基础知识的储备，包括学习 Python 的基础语法，Pytorch 的基本使用，OpenMMLab 等基础知识。

考核办法：数据采集计划书一份。

(2) 2023 年 7 月-2023 年 10 月

采集数据的初步规范化整理，学习使用计算机视觉常用的采集数据的类型、工具、方式，主要学习使用 CVAT 标注工具。根据不同的视觉任务的数据类型需要，尝试标注不同类型的数据视频，

了解常用的数据标注格式，学习简单的数据标注技术，尝试制作自己的数据集，进一步探索常用图像处理手段和半自动化标注数据技术，包括视频片段的切割、编辑、标记、排序和存储等步骤。

考核办法：软件操作示范。

(3) 2023 年 11 月-2024 年 2 月

进一步学习使用现有的 Openmmlab 工具库，结合使用 Python、Pytorch 等工具快速构建自己的深度学习模型，通过修改配置文件对深度模型进行定制化的修改，实现目标识别的任务。

考核方式：IDE 的使用考察，工具库的使用考察。

(4) 2024 年 3 月-2024 年 4 月

进行数据的整合分析，利用深度模型以及相关聚类算法实现对猪群的聚集行为的定量分析，进一步探究猪的聚集行为与其社交关系的关系。

考核方式：结题报告和论文提交

三、项目实施的基础和条件

1、研究基础

(1) 目前已经在重庆实验猪舍采到 4T 的各两个圈单养和群养的生长育肥猪的视频数据，满足前期数据标注和模型训练的需求。



图 5 单只和多只猪采集数据展示图

(2) 实验室现有一套在线深度学习图像标注工具 CVAT，且已经标注了部分重庆实验猪场采集到的数据。

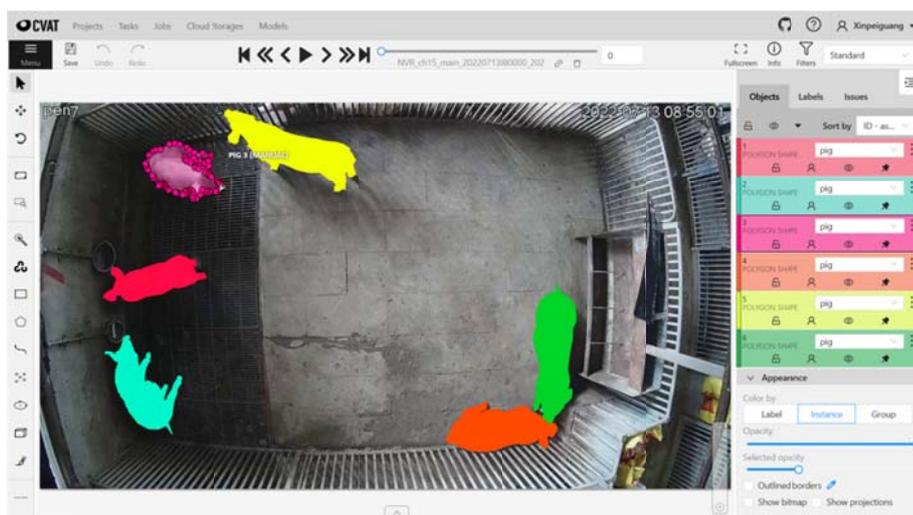


图 6 现有标注工具 CVAT 及标注结果图

(3) 利用实验室现有 Openmmlab 模型搭建工具库，初步完成了模型的搭建。经过初步的 500 张图片的训练验证，目前模型训练准确率达到 90%，并初步完成了聚类算法研究。

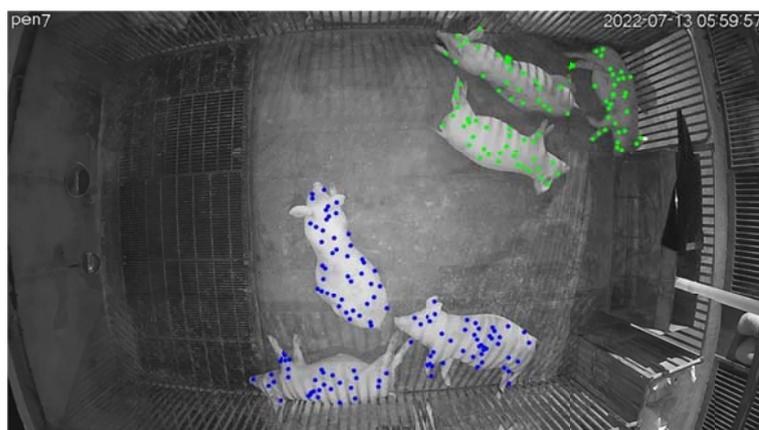


图 7 猪的聚集情况初步展示

2、研究条件

本研究依托于科技创新 2030-“新一代人工智能”国家重大项目，多学科优势团队为本研究高质量完成提供技术支撑，团队具备相对丰富的计算机与农业领域结合的经验，同时团队与中科院自动化所合作紧密，在智能系统、模式识别、畜禽疫病诊断与防控等方面研究基础雄厚。

此外，本研究团队拥有先进的软硬件设备和良好的实验条件，包括：

- (1) 一套局域网在线智能数据标注工具；成体系的常用深度学习模型工具代码库；
- (2) 高性能深度学习工作站三台（RTX3090）；
- (3) 团队相关研究人员中具有丰富的理论储备和项目经验；
- (4) 已与国内养殖企业合作确定实验猪场，为本研究提供了实验条件和保障。

四、学生提交的成果

1、学生要求

对人工智能或畜禽养殖感兴趣的学生均可报名，1~4 人均可，但多个学生甚至组建团队更好，以便相互交流和讨论。

2、提交成果

本项目需要学生在指导下完成数据的标注、数据集的制作整理、开展模型训练与优化等工作，提交的成果主要有：

- (1) 数据标注流程一套；
- (2) 猪只分割数据集一套；
- (3) 结题报告一份；
- (4) 合作发表学术论文一篇。