



江 蘇 大 學
JIANGSU UNIVERSITY

本 科 毕 业 论 文

智慧农业综合服务平台的设计与实现

**Design and implementation of intelligent Agriculture integrated
service platform**

学院名称： 计算机科学与通信工程学院

专业班级： 计算机科学与技术 1905

学生姓名： 孔杰

指导教师姓名： 余景华

指导教师职称： 讲师

2023 年 5 月

智慧农业综合服务平台的设计与实现

专业班级：计算机 1905

学生姓名：孔杰

指导教师：余景华

职称：讲师

摘要 随着物联网、大数据、云计算等技术的不断发展，智慧农业已经成为了当前农业科技研究的热点，也是农业未来的发展趋势。我国是农业生产大国，农业生产总量连续十年位居世界第一，我国要完成农业大国向农业强国的转变，发展现代农业是必由之路^[1]。发展现代农业的重要之举就是将信息技术结合到农业生产之中，让农业具有“智慧”。

本文实现了一个智慧农业综合管理平台，其主要功能是帮助农场对农田和农机进行精准高效的管理，主要包括：农田可视化展示与划分、农机实时位置展示、耕作路径的可视化管理、农机作业的自动分配、农机性能评价等等。其中的关键点是帮助农机管理人员在农机移动路线充满随机性的情况下，计算农机一次作业路径的作业路径；通过系统与用户在农机性能指标重要性交互之后，通过评价方法为用户进行农机性能排序；通过作业涉及到的农机类型，以及农机手的可操作农机类型、忙碌状态、星级等信息，完成作业的自动分配。为了实现以上的功能，将智慧农业平台划分为如下模块：系统管理模块、农机设备管理模块、地块管理模块、作业管理模块，这些模块中包含诸多子功能。

智慧农业综合管理平台整体采用前后端分离设计，前端采用主流的 Vue 框架进行开发，使用 Vue-router 实现页面的动态路由配置，使用 element-UI 开发页面组件；后端采用 Spring Boot 开发框架进行搭建，按照 MVC 的思想将系统后台分为如下几层：controller、service、Dao，持久层使用 Mybatis-plus 框架，数据库采用的是 mysql5.7。前端通过 Axios 技术向后端发送 ajax 异步请求，由此实现前后端数据交互；并且使用 Shiro 安全框架进行登录授权与用户验证。

本文所实现的智慧农业综合服务平台，为用户在地块管理、农机管理、作业管理上提供了很大的便利性，为用户在农机性能排序上提供了评分参考，由此进一步提高农业生产管理水平。

关键词：智慧农业；管理系统；Spring Boot；前后端分离；Vue

Design and implementation of intelligent Agriculture integrated service platform

ABSTRACT With the continuous development of IoT, big data, cloud computing and other technologies, smart agriculture has become a hot spot of current agricultural science and technology research, and it is also the future development trend of agriculture. Our country is a big country in agricultural production, the total amount of agricultural production has ranked first in the world for ten years. Developing modern agriculture is the only way to go if our country wants to complete the transformation from a big country in agriculture to a powerful country in agriculture. The important move to develop modern agriculture is to combine information technology into agricultural production, so that agriculture has "wisdom". A key part of smart agriculture is to establish a comprehensive information management platform with the help of information technology. Relying on information technology and intelligent technology to do a good job in top-level design, it is also necessary to develop a comprehensive intelligent agriculture service platform suitable for individuals and farms, which can allow users to directly obtain real-time parameters of farmland and real-time information of agricultural machinery, and provide decision-making advice and management convenience for users. Thus further improve the level of agricultural production management and agricultural output levels.

This paper implements an intelligent agricultural integrated management platform, its main function is to help farms to accurately and efficiently manage farmland and agricultural machinery, mainly including: farmland visual display and division, real-time location display of agricultural machinery, visual management of farming paths, automatic allocation of agricultural machinery operations, etc. In order to realize the above functions, the intelligent agriculture platform is divided into the following modules: system management module, agricultural machinery and equipment management module, plot management module, and operation management module. These modules contain many sub-functions.

The front-end was developed by the mainstream vue framework. Vue-router was used to realize the dynamic routing configuration of the page, and element-UI was used to develop the page components. According to the idea of MVC, the system background is divided into the following layers: controller, service, dao. The persistence layer uses mybatis-plus framework, and the database uses mysql5.7. The front-end sent ajax asynchronous requests to the back-end through axios technology, so as to realize the data interaction between the front-end and the back-end. The shiro security framework is used for login authorization and user authentication.

KeyWords: Smart agriculture; Management system; Spring Boot; separation of frontend and backend; Vue;

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景和研究意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	1
1.2 研究现状	2
1.3 主要工作	2
1.3.1 农机作业面积算法设计	3
1.3.2 农机性能评价算法	4
1.3.3 农机作业自动分配算法	4
1.3.4 平台软件框架搭建与实现	4
1.4 本章小结	5
第二章 需求分析	5
2.1 功能性需求分析	5
2.1.1 系统管理	6
2.1.2 地块管理	6
2.1.3 农机管理	7
2.1.4 作业管理	8
2.2 非功能性需求分析	9
2.2.1 系统可靠性	9
2.2.2 系统安全性	9
2.2.3 系统可扩展性	9
2.2.4 系统易用性	10
2.3 可行性分析	10
2.3.1 技术可行性分析	10
2.3.2 经济可行性分析	11
2.4 本章小结	11
第三章 数据库设计	11
3.1 概念结构设计	11
3.1.1 系统管理模块概念模型	11
3.1.2 地块管理模块概念模型	14
3.1.3 农机信息模型	15
3.1.4 作业信息模型	16
3.1.5 整体概念模型	17
3.2 逻辑结构设计	18
3.2.1 用户信息表	18
3.2.2 角色信息表	19

3.2.3 部门信息表.....	19
3.2.4 菜单信息表.....	20
3.2.5 地块信息表.....	20
3.2.6 农机信息表.....	21
3.2.7 作业信息表.....	21
3.3 本章小结.....	22
第四章 系统设计.....	22
4.1 系统功能架构设计	22
4.2 系统权限详细设计	23
4.3 系统功能详细设计	24
4.3.1 系统管理模块.....	24
4.3.2 地块管理模块.....	25
4.3.3 农机管理模块.....	26
4.3.4 作业管理模块.....	27
4.4 本章小结.....	28
第五章 系统实现与测试.....	28
5.1 系统管理模块	28
5.2 地块管理模块	30
5.2.1 地块档案管理.....	30
5.2.2 地块展示	30
5.2.3 地块编辑	31
5.3 农机管理模块	33
5.3.1 农机设备管理.....	33
5.3.2 农机实时定位.....	34
5.3.3 农机定位模拟.....	35
5.3.4 农机性能评价.....	36
5.4 作业管理模块	38
5.4.1 农机作业管理.....	38
5.4.2 历史作业.....	39
5.4.3 作业路径模拟.....	42
5.4.4 自动作业分配.....	43
5.5 本章小结.....	46
第七章 结论.....	46
致谢.....	47
参考文献.....	48

第一章 绪论

1.1 研究背景和研究意义

1.1.1 研究背景

在信息技术与农业专业技术深度融合的推动下，世界农业发生了巨大的变革，产生了以智慧农业为代表的新型农业生产方式，让农业生产更加“智慧”，更加“聪明”^[2]。中国是农业大国，农业经济在整个国民经济和社会发展中一直有着非常重要的意义。中共中央、国务院已经连续 18 年将“三农”相关问题和指示作为中央一号文件下发，由此可见国家层面、党中央层面对农业发展的强烈关注。其中对“智慧农业”、“农业现代化”、“农业信息化”等有关的指示，在近几年来的一号文件精神中均作为重要精神甚至标题专门表述，也间接表明我国智慧农业、农业信息化对我国国民经济发展的重要性，也反映了我国智慧农业建设要求已经刻不容缓^[3]。近年来，随着信息电子技术和信息技术的快速涌现，大数据、云计算、物联网等技术正在快速融入到农业生产中。目前，我国农业仍处于传统农业向现代化农业的转变阶段，而以信息化为主要特征的智慧农业发展速度较慢，推广程度存在很大的局限性。但是，我国智慧农业的发展之路上获得了各种有力支持。在国务院发布的《“十四五”推进农业农村现代化规划的通知》中，我国政府明确提出要加强现代化农业科技支撑，促进科技与农业深度融合^[4]，可以看出政府对现代化农业的发展提供了坚实的政策支撑。目前多种信息化、智能化技术也广泛应用于农业建设，如可以设置在田间地头的各种传感器，可以显示农机实时位置的 GPS 技术，适用于大小型农场的生产资料管理系统等等，标志着当代成熟的科学技术能够支撑起我国现代化农业的发展。

1.1.2 研究意义

借助信息化技术建立综合信息管理平台是智慧农业中的关键一环，依托信息化技术、智能化技术做好顶层设计，开发出适合个体和农场使用的智慧农业综合服务平台。从农田状况检测来说，利用这些技术手段，能够让用户在农业生产全过程中实现更加精准的检测和管理，减少资源浪费，提高农作物产量和品质，实现农业可持续发展；从农场主管理农田来说，能够让农场主在智慧农业平台上划分农田区域和标注农田信息，相较于传统的实地划分农田更加方便和快捷；从农机合作社管理农机来说，可以在智慧农业平台上管理农

机实时位置和耕作路径，获得农机性能评价参考。总的来说，智慧农业管理平台为用户提供决策建议和管理便利性，帮助农场进一步提高农业生产管理水平。

1.2 研究现状

近 10 年来，欧美农业发达国家高度重视智慧农业的发展，其智慧农业发展水平相对较高^[2]。首先，欧美农业发达国家的智慧农业应用范围较为广泛，涵盖了水资源管理、农田管理、肥料施用、病虫害防止、粮食存储等多种领域。其次，其技术手段也较为成熟，其智慧农业系统使用了大量当前的高端技术，包括物联网、云计算、人工智能、大数据分析、智能农机等等。最后，欧美发达国家对智慧农业的政策支持力度也很大，包括资金、政策、科技等方面的支持，为智慧农业发展提供了有利环境。2018 年，美国科学院、美国工程院和美国医学科学院联合发布《面向 2030 年的食品和农业科学突破》报告，重点突出了传感器、数据科学、人工智能、区块链等技术发展方向，积极推进农业与食品信息化^[5]。

我国信息技术与农业的结合起步较晚，但目前随着国家政策与相关技术的支持，我国的智慧农业正处于快速的发展之中。在农作物产量预测方面，徐浩等在小麦生成模型 WheatGrow 算法的基础上，构建了网格化的小麦生成预测模型，构建了小麦生长模拟预测系统，可以预测小麦产量、评估气候对小麦生成影响^[6]。在农机管理方面，武洪峰将物联网技术应用于农机作业监控，设计农机作业监管系统，该系统的研究实现了农机的自动导航以及农机作业的自动驾驶^[7]。作物生长监测技术方面，宋伟国以小麦和水稻为研究对象，开展了作物生长模型构建的研究，集成了 GIS 和 3S 技术，量化了外界因素对作物生长的影响^[8]。

所以，笔者认为应反复进行需求分析，把握智慧农业管理系统所需掌握的数据，使用信息化技术，打造一个符合需求的智慧农业综合服务平台。

1.3 主要工作

本文的主要工作是设计并实现一个智慧农业综合服务平台，本文的主要内容是介绍智慧农业综合服务平台的研究背景和研究意义，并阐述系统设计中需要的算法设计，最后叙述具体的分析和实现过程，包括需求分析、数据库设计、系统设计和系统实现几个部分。接下来进行简单讲述本文所作的几个工作。

1.3.1 农机作业面积算法设计

本系统的需求中有一项是计算农机在农田中的作业面积，计算的前提是农机在作业过程中每隔一段时间所上传的坐标定位点，如下图 1.1 所示，其中黑点表示农机发送的坐标点。

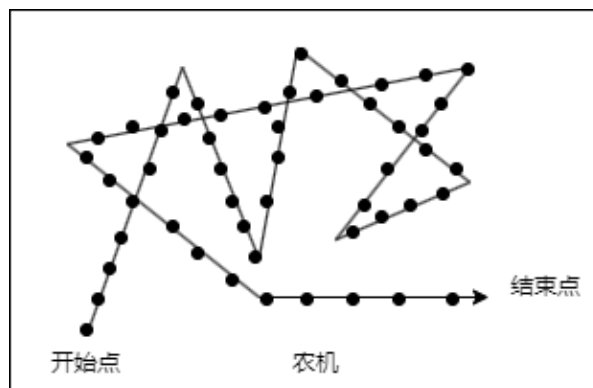


图 1.1 农机路线示意图

计算作业面积的常见思路是利用坐标点集构成的多边形，带入由 Gauss-Bonnet 公式推导球面 n 边形的计算公式，如公式 1 所示，计算得出这个球面多边形的地理面积。但是在实际情况中由于农机的移动轨迹存在极大的随机性，其移动路线不一定是理想的方正形状，如图 1.1 所示，所以这种相互交叉的边界无法直接构成多边形，所以无法直接带入球面 n 变形计算。

$$S = [\sum_{i=1}^n \alpha_i - (n - 2)\pi]R^2 \quad (1)$$

对于这个问题，本文的解决思路是对于这些坐标点集，找到一个适当的能将它们包围起来的闭圈，以这个闭圈上的节点作为计算面积的节点。本文采用最小凸包算法来计算坐标点集的最小凸包，如下图 1.2 所示。

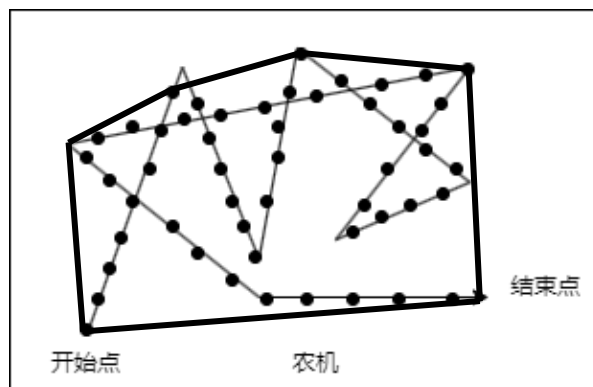


图 1.2 凸包法农机作业面积示意图

通过凸包解法计算得到外围边界的顶点集后，这个外围边界定点集是没有边界交叉的多边形，所以将外围边界顶点集带入由 Gauss-Bonnet 公式推导球面 n 边形的计算公式，即可计算得到农机的作业面积。

1.3.2 农机性能评价算法

本系统的另一个需求是针对农机的多个指标属性进行性能评价，由于本系统的开发过程中没有获取到农机性能相关数据，所以本文采用层次分析法的方式，通过与用户关于几个农机指标重要性程度的交互，依据用户意志计算出这个农机指标的权重指数。层次分析法主要包含以下几个步骤^[9]：

确定问题的目标和层次结构，将问题划分为多个层次。

确定每个层次的准则和指标。

建立指标间的层次关系，通过对指标间的比较，识别准则和指标的相对重要性，构建判别矩阵。

计算判断矩阵的特征向量和对应的最大特征值，根据矩阵乘法原理，计算各个指标的权重。

利用计算出来的指标权重，进行层次结构的综合评价。

1.3.3 农机作业自动分配算法

本系统设计的自动分配算法基于农机作业分配的需求和农机手的属性，其中农机手有如下与自动作业分配相关的属性：农机手能操作的农机类型（插秧机、收割机、松耕机、拖拉机）、农机手是否忙碌、农机手账号状态、农机手星级。当系统中提交了一个农机作业后，首先查询处系统中匹配农机类型的所有农机手信息，且要求农机手账号状态为正常、农机手忙碌状态为空闲。若查询出多个农机手，则选择农机手中星级最高的；若查询出没有符合要求的农机手，则返回没有适合的农机手信息给前端。

1.3.4 平台软件框架搭建与实现

通过调研市场上已经开发出的一些智慧农业平台，并与指导老师进行沟通，了解智慧农业平台应实现的功能，确立本文实现的系统的业务功能需求。对需求进行可行性分析，将需求与系统实际实现模块进行进一步匹配。最后，根据智慧农业平台的需求搭建概念模型和数据字典，并进行规范化，进一步导出系统的数据流图、处理过程、数据结构、存储

结构。

在数据库的选择上，笔者采用关系型数据库 mysql 作为本系统的数据库，根据系统的需求分析和数据流，设计数据库表和视图。数据库表包含如下：系统菜单表、系统用户表、系统角色表、系统验证码表、农场地块信息表、农机设备信息表、农机作业信息表、农机手信息表，数据库视图包含如下：农场地块信息视图、农机设备信息视图、农机作业信息视图、农机手信息视图。在系统设计的持久层采用 mybatis-plus 持久化框架来完成业务层对数据库的操作，使用 druid 数据源进行监控。

平台在前端上使用 Vue 作为基础框架，采用 Element UI 组件对前端页面进行开发，平台界面简洁美观，稳定性强。平台界面主要包括顶栏、侧栏和主体页面。侧栏展示系统所有菜单，通过点击菜单可以实现跳转到相应页面，菜单使用动态路由(Vue Route)、状态管理(Vuex) 进行配置，后台数据库中存储菜单信息，使得对菜单的管理更加灵活。顶栏展示当前已打开的页面，可以点击跳转之前打开的页面，此外还有改变侧栏风格的功能。前后端的交互采用 axios 来发送异步请求，很好地实现了前后端分离。

智慧农业平台后端使用 SpringBoot 框架进行搭建，系统结构按照 SpringMVC 思想划分为三层：控制层(controller)，服务层(service)，持久层(dao)。后台系统使用 shiro 安全框架来进行登录验证和用户权限验证，并使用 Kaptcha 工具实现登录时的验证码校验。后台系统根据用户不同的权限类别，分配不同的路由页面，控制用户的权限范围。在具体业务上，后台接收前端页面发送来的关于地块信息、农机信息、农机作业信息、农机手信息的请求，并予以返回相应数据。

1.4 本章小结

本章主要阐述了研究背景，研究意义，研究现状，以及本文的主要工作，主要工作包括需求分析、数据库设计、系统设计和系统实现。

第二章 需求分析

2.1 功能性需求分析

本文实现的智慧农业综合服务平台的目标是便于农场对农田地块和农机作业的管理，将需求分为系统管理、农田地块管理、农机管理与作业管理四大部分，每部分下各有细分的需求，需求分析的具体阐述如下所示。

2.1.1 系统管理

管理员可以对智慧农业平台中的菜单、角色、用户进行管理操作，可以在简洁易用的界面对这些信息进行增加、修改、删除等操作。对于菜单管理，管理员可以对系统中的菜单进行新增菜单、删除菜单、修改菜单信息、控制菜单的层级关系等功能，从而决定系统中有哪些页面面向用户；对于角色管理，管理员可以对角色信息进行增加、修改、删除，以及能够绑定角色的权限，控制角色可以访问的页面和执行的操作；对于用户管理，管理员能够增加用户、修改用户信息、修改密码、删除用户、设置用户状态、设置角色。用例图如图 2.1 所示。

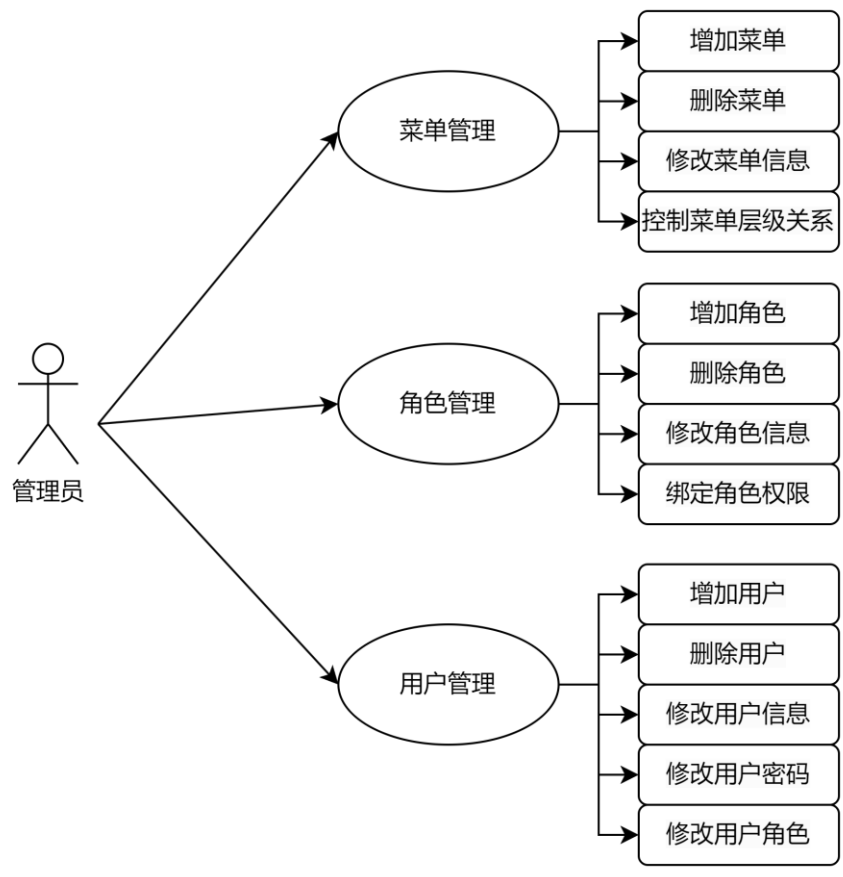


图 2.1 系统管理需求图

2.1.2 地块管理

智慧农业平台的用户可以对农田地块的信息进行管理，包括新增地块、删除地块、修改地块信息、地块展示、分配地块。其中地块展示能够在百度地图 api 上直观地展示出农田地块的范围与边界，分配地块要求用户能够在百度地图 api 中图形化地进行地块划分。此外，新增地块的处理流程是现在地块基本信息展示界面新增地块，并填入地块的基本信

息，再在地块分配界面，对这个新增的地块进行图形界面分配区域。用例图如图 2.2 所示。

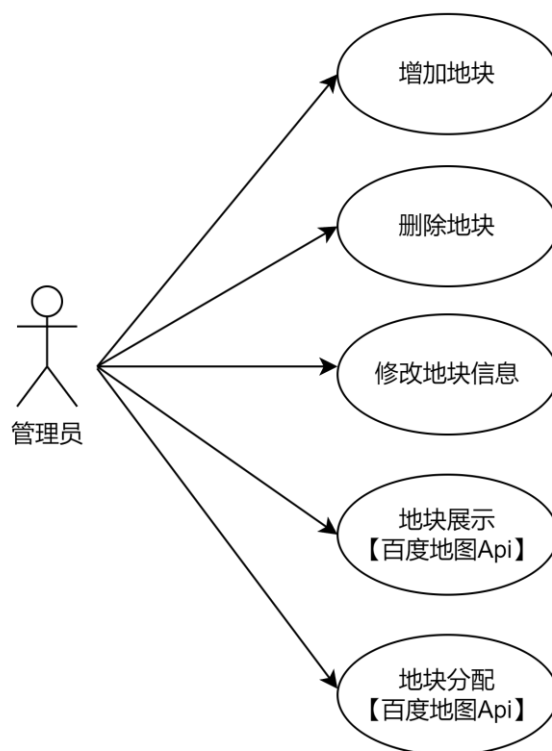


图 2.2 地块管理用例图

2.1.3 农机管理

智慧农业平台的用户可以对农机的信息进行管理，包括新增农机、删除农机、修改农机信息、展示农机的实时定位、农机实时定位模拟、农机性能评价。其中，展示农机实时位置是根据后台数据库传来的农机位置坐标，在百度地图 Api 中进行直观地展示。由于本文实现的系统尚未对接实际的农机，所以在系统中设计了一个模拟坐标定位，用户可在百度地图 Api 中进行位置设定，用来模拟农机上传坐标信息。最后，在农机性能评价功能中，采用层次分析法，对于预设好的 5 个农机性能指标，首先让用户自己设置个指标之间的权重关系，后台根据用户设置搭建判别矩阵，计算出每个指标的权重占比，然后让用户添加不同种类的农机，为农机的每种性能指标进行打分，计算出每个农机的得分。用例图如图 2.3 所示。

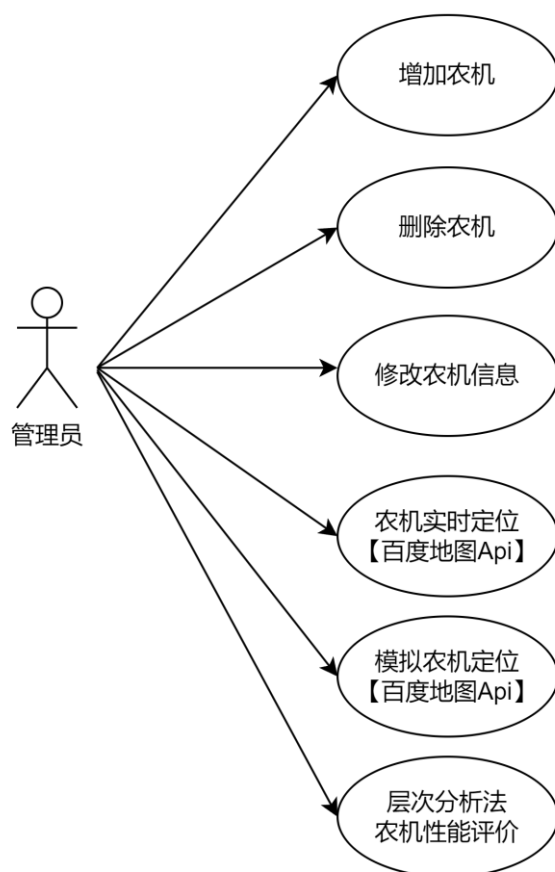


图 2.3 农机管理用例图

2.1.4 作业管理

智慧农业平台的用户能够对农机作业信息进行管理，包括新增作业、删除作业、修改作业信息、展示历史作业路径、模拟农机作业路径。其中展示历史路径通过后台传来的作业路径坐标集合，在百度地图 Api 中动态地展示农机耕作路径，以及估算这次作业农机耕作的面积。由于本文实现的系统尚未对接实际的农机，所以在系统中设计了一个模拟农机作业路径，用户可在百度地图 Api 中进行位置选定，用来模拟农机上传耕作路径信息。用例图如图 2.4 所示。

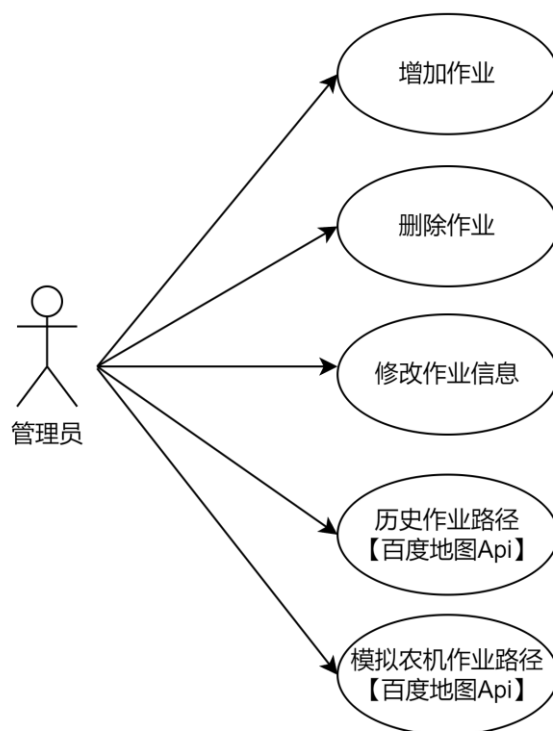


图 2.4 作业管理用例图

2.2 非功能性需求分析

本节将阐述智慧农业综合服务平台的非功能性需求，包括系统可靠性、系统安全性、系统可扩展性、系统易用性。

2.2.1 系统可靠性

系统的可靠性是必不可少的，系统需要在不停机的情况下保持连续可用性。系统需要具有有效的备份和恢复策略，保证数据的安全性和一致性。当系统发现异常后，能够并发地处理异常，保证系统能够平稳运行，且处理并发的过程不会影响正常业务的运行。

2.2.2 系统安全性

由于本系统的用户多为现代农场、农机合作社等等，相关数据属于其各自的机密，且数据拥有高价值，所以系统对于数据的安全性要求很高。系统需要保证数据的安全性和保密性。包括对数据的保护、防止未授权访问和保证用户身份验证的准确性等。

2.2.3 系统可扩展性

系统的开发并不是一成不变的，随着时间的推移、数据来源的变化、需求的变化，系

统可能不再适应未来的状况，系统需要具有良好的扩展性，可以随着业务需求的增加进行扩展，如添加更多的用户和服务。

2.2.4 系统易用性

系统需要具有良好的用户体验，简化用户的操作流程，并提供直观和易于使用的界面。由于智慧农业综合服务平台的用户往往并非计算机专业人士，所以系统的界面应做到简洁易用，符合用户的使用习惯，让用户清晰明确哪个功能可以从系统的哪个部分进入。

2.3 可行性分析

2.3.1 技术可行性分析

在智慧农业综合服务平台的后台系统上，本文选用 SpringBoot 框架进行开发。SpringBoot 既继承了 SpringMVC 的开发思想，又能够极大地简化 SpringMVC 和 MyBatis 的配置问题，能够快速方便地创建、配置、部署 Java Web 应用程序。由于 SpringBoot 本身提供了一系列快速开发的基础设施，使得笔者开发应用时能够集中精力在业务逻辑的开发上。MyBatis-plus 对 MyBatis 框架进行了进一步地封装，使得业务层对数据库的操作工作量大大减少，并且在复杂的数据库操作上能够自己编写 SQL 语句来操作数据库。在系统安全性方面，shiro 安全框架能够很好地与 Spring 应用程序相结合，提供很好地登录验证和用户认证服务，此外，captcha 验证码库能够很好地提供登录时的验证码。

在智慧农业综合服务平台的前端上，本文主要采用主流的 Vue.js 前端框架来进行开发，Vue.js 也是现在前后端分离应用最常用的前端框架，本身提供了一些组件能很好地处理前后端分离应用中的一些问题。Vue 的一整套解决方案可以轻松地解决前端路由配置、前端向后端请求发送、接收后端 JSON 数据等功能。此外，前端页面中表单、表格、按钮、容器等页面组件采用 Element-UI 来进行开发，使得开发出来的界面风格优雅简约，前端界面适配性也很强。

由于本系统是前后端分离项目，在后端开发的过程中，使用 Swagger 工具来辅助构建、记录和调用后端接口 Api。使用 Swagger 可以对后端接口很方便地进行调试，保证后端接口功能和发送数据格式的正确性，极大地提高了接口 Api 的设计质量和开发效率。

综上，智慧农业综合服务平台具有成熟完备的前后端开发技术和接口调试工具，在技术层面是可行的。

2.3.2 经济可行性分析

智慧农业综合服务平台本身采用了现在成熟的开发技术，业务逻辑也不是很复杂，系统本身开发升本并不高。由于平台的一些数据为农机的 GPS 定位坐标，后期实装时需要农机加装相应的 GPS 电子设备以及在系统的数据接口上做一些扩展，需要一定的经济投入。但是综合来看，智慧农业综合服务平台能够有效地提高农场或农机合作社对农田和农机的管理水平，可以代替一部分人力工作，能够为农场间接带来的经济利益。综上，智慧农业综合服务平台在经济层面是可行的。

2.4 本章小结

本章主要阐述了智慧农业综合服务平台的功能性需求和非功能性需求，明确了系统的功能模块，为接下来的数据库设计和系统设计打下了良好的基础。通过技术可行性分析、经济可行性分析、设备可行性分析、推广可行性分析，发现智慧农业综合服务平台在多个层面是可行的，值得完成接下来的具体设计和实现工作。

第三章 数据库设计

3.1 概念结构设计

概念结构设计为整个数据库设计的基础，本文中概念结构设计得到的模型为 E-R 模型（E-R 图），下面将具体描述得到的概念模型。

3.1.1 系统管理模块概念模型

1.用户信息模型：用户信息模型的实体为智慧农业综合服务平台的用户，属性包括：用户编号、用户名称、用户密码、用户邮箱、用户电话、用户状态、所属角色、所属部门。用户信息模型的 E-R 图如下图 3.1 所示。

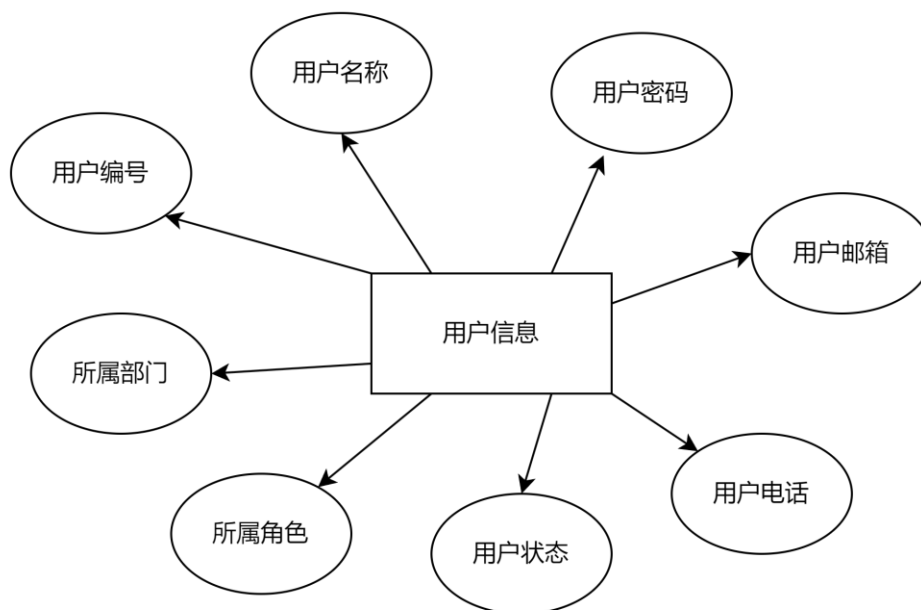


图 3.1 用户信息模型

2.角色信息模型：角色信息模型的实体为用户对应的角色，属性包括：角色编号、角色名称、创建时间。角色信息模型的 E-R 图如下图 3.2 所示。

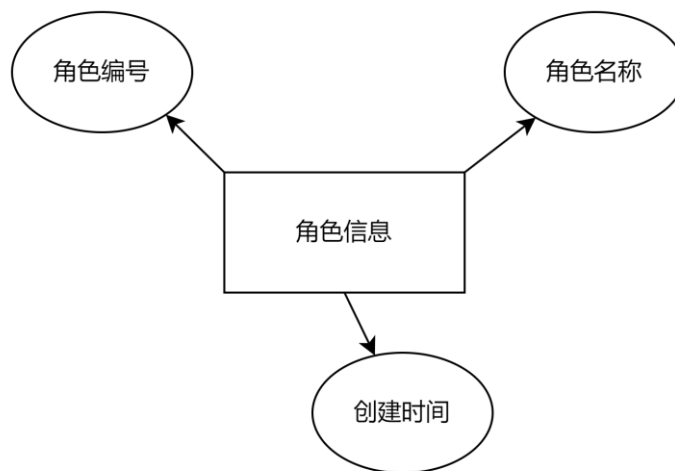


图 3.2 角色信息模型

3.菜单信息模型：菜单信息模型的实体为智慧农业平台中的菜单，属性包括：菜单编号、父菜单编号、菜单名称、菜单 url、菜单 perms、菜单类型、菜单排序值。菜单信息模型的 E-R 图如下图 3.3 所示。

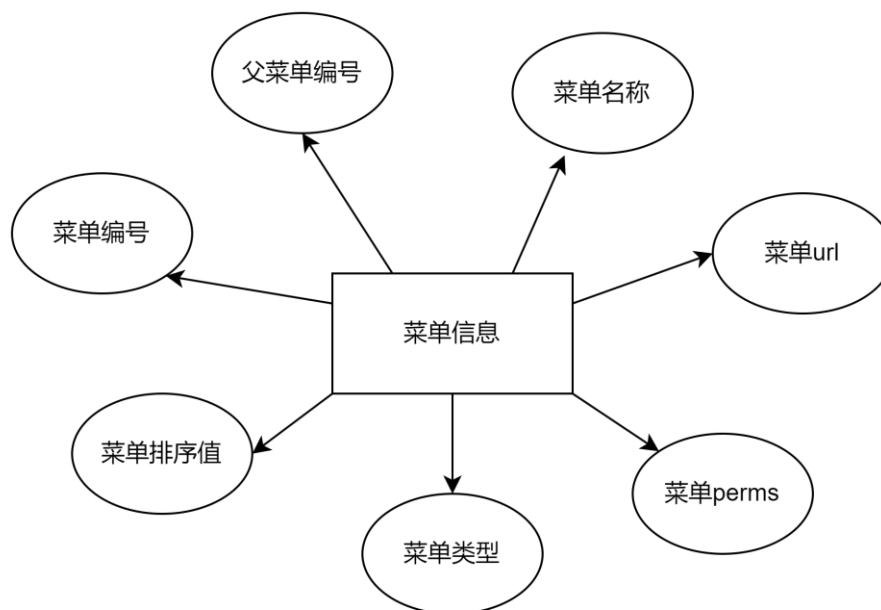


图 3.3 菜单信息模型

4.部门信息模型：部门信息模型的实体为用户对应的部门，属性包括：部门编号、部门名称、父部门编号、创建时间。部门信息模型的 E-R 图如下图 3.4 所示。

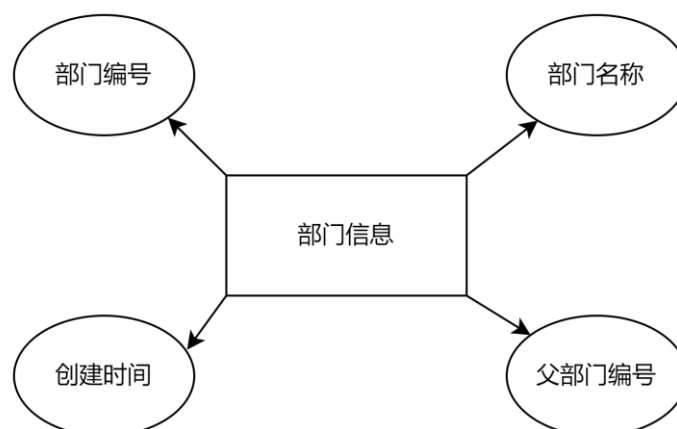


图 3.4 部门信息模型

其中，用户信息模型分别于角色信息模型、部门信息模型是一对一的关系，角色信息模型与菜单信息模型为一对多的关系，用于控制角色的权限，系统管理模块的整体 E-R 图如下图 3.5 所示。

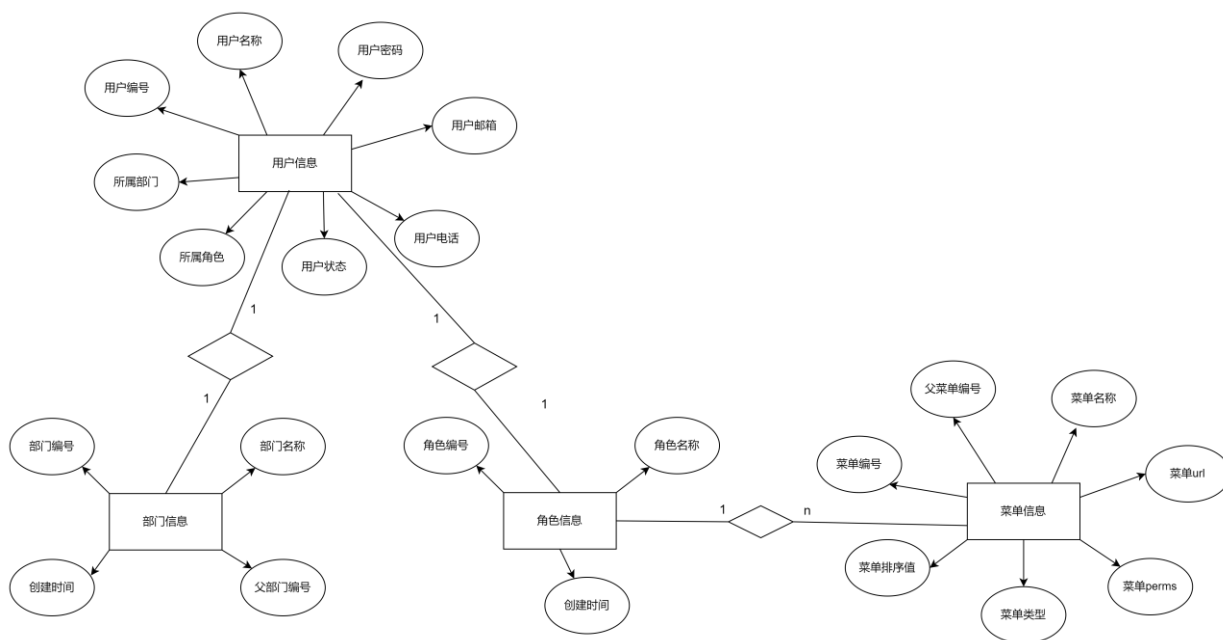


图 3.5 系统管理 ER 图

3.1.2 地块管理模块概念模型

地块信息模型的实体为农田地块，属性包括如下：地块编号、地块名称、地块代号、地块面积、地块责任人、使用年限、所属部门、备注信息、边界点坐标集合。地块信息模型对应的 E-R 图如下图 3.6 所示。

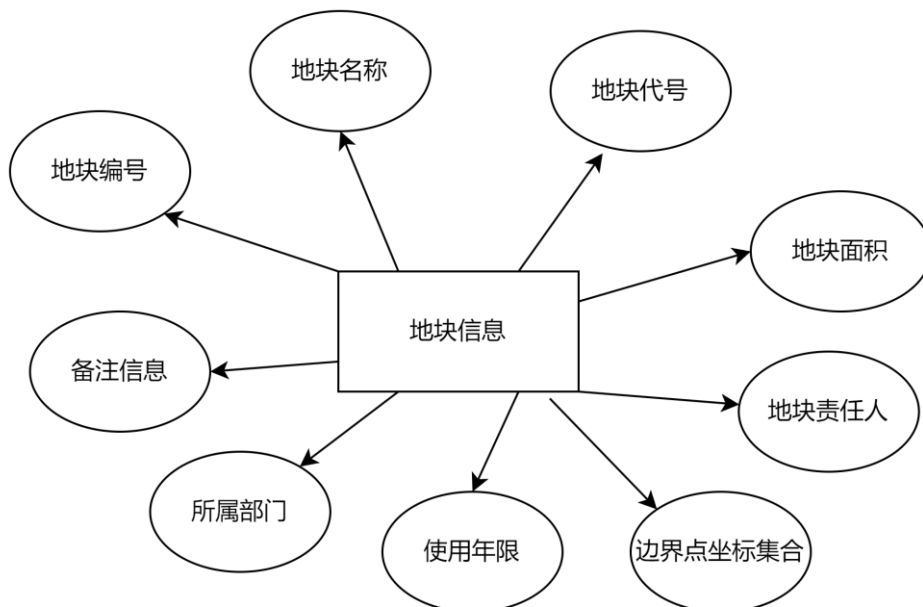


图 3.6 地块信息模型

其中，地块信息模型中和部门信息模型是多对一的关系，E-R 图如下图 3.7 所示。

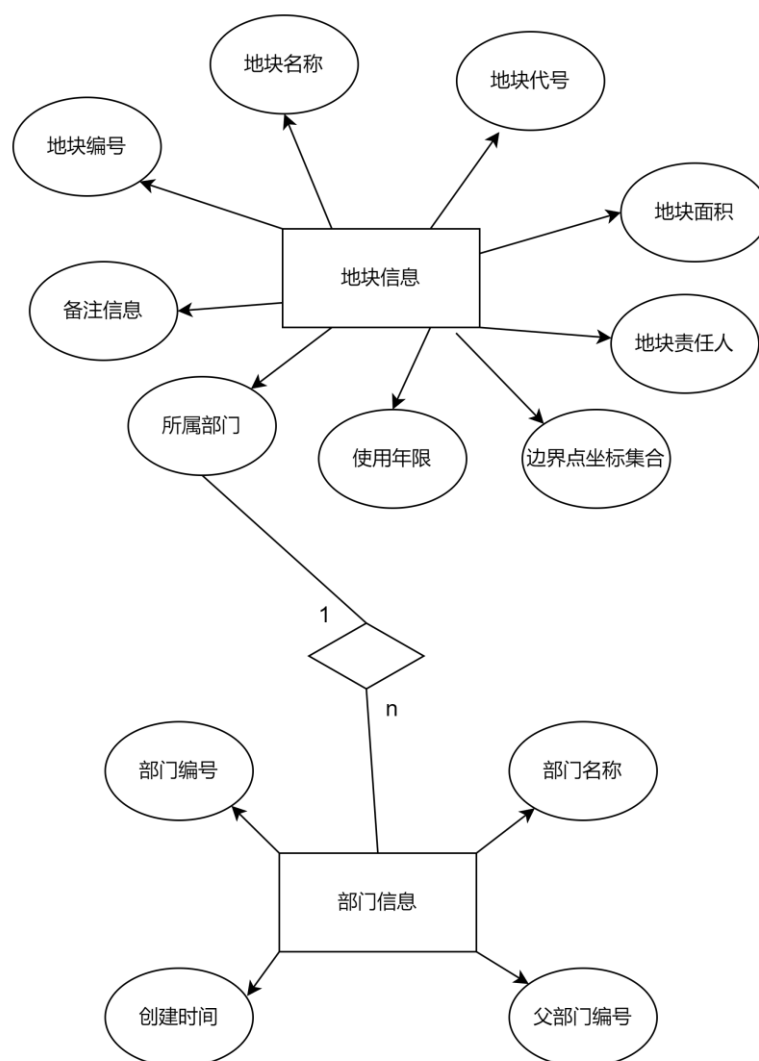


图 3.7 地块-部门 ER 图

3.1.3 农机信息模型

农机信息模型的实体为农机，属性包括如下：农机编号、农机名称、农机类别、农机说明书、投入时间、使用年限、备注信息。农机信息模型对应的 E-R 图如下图 3.8 所示。

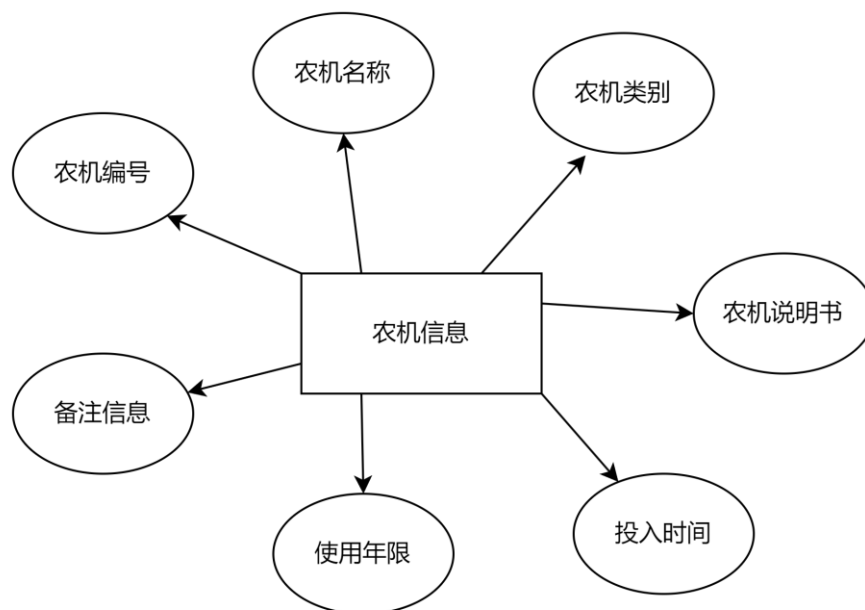


图 3.8 农机信息模型

3.1.4 作业信息模型

作业信息模型的实体为农机作业，属性包括如下：作业编号、地块编号、农机编号、农作物类型、创建时间、责任人、备注信息。作业信息模型对应的 E-R 图如下图 3.9 所示。

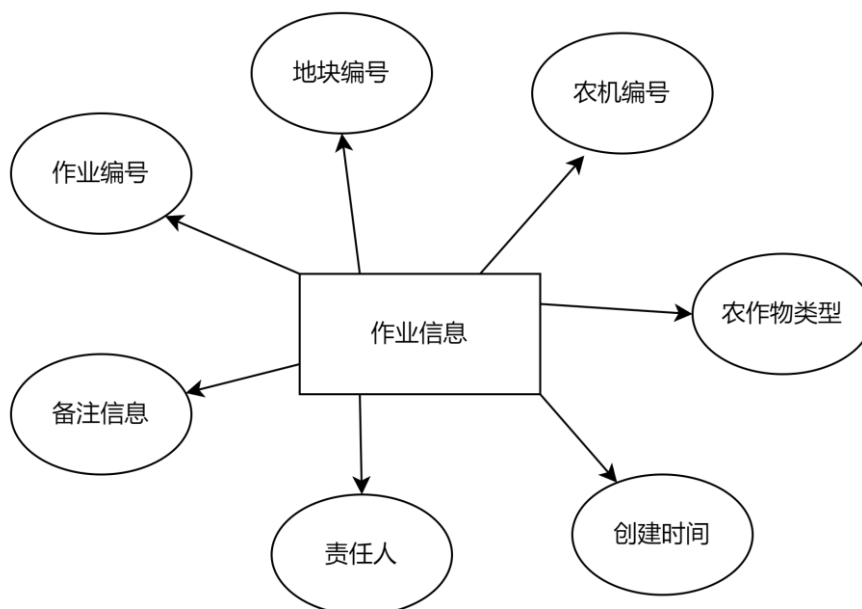


图 3.9 作业信息模型

作业信息模型分别和地块模型、农机模型为多对一的关系，其关系 E-R 图如下图 3.10 所示。

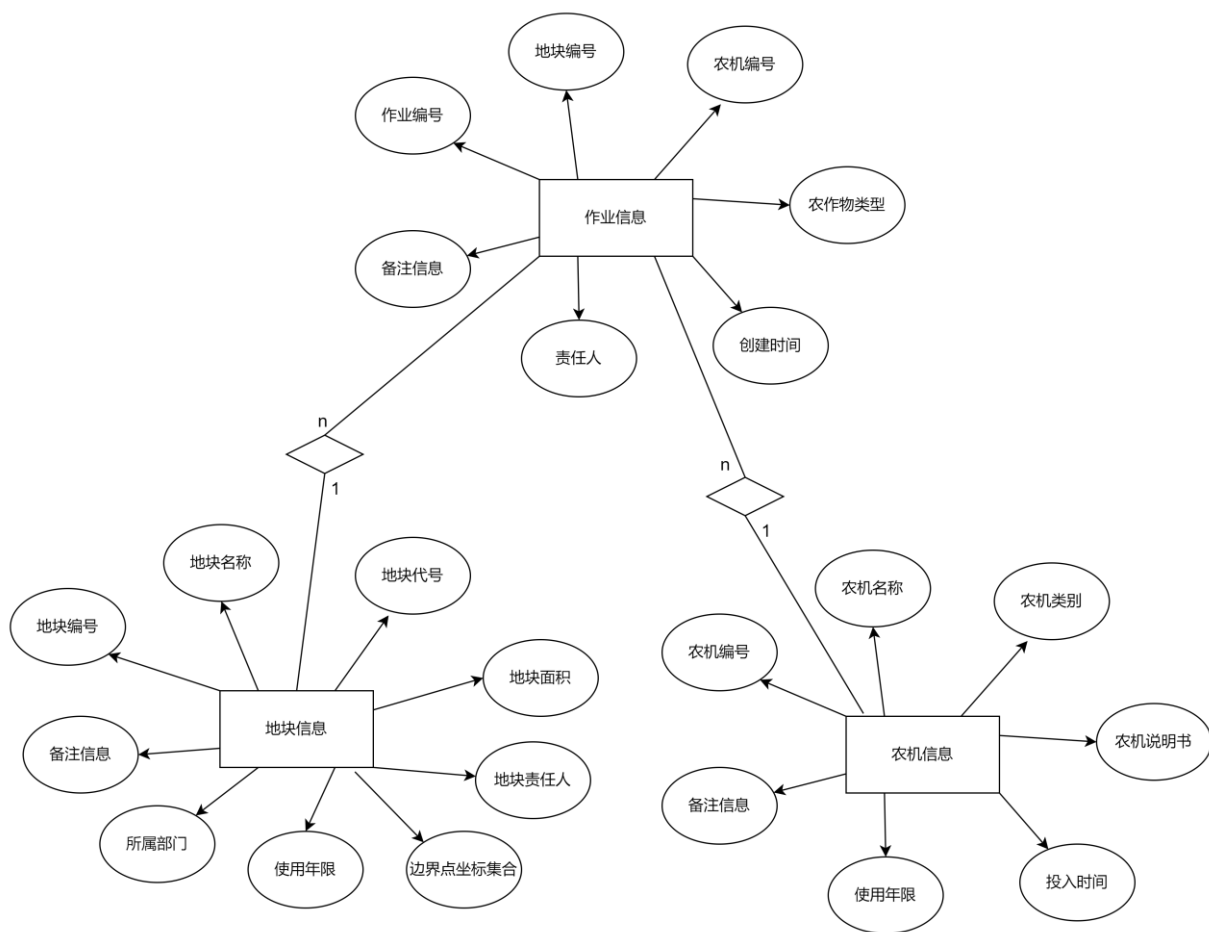


图 3.10 作业-地块-农机信息 ER 图

3.1.5 整体概念模型

用户信息模型分别于角色信息模型、部门信息模型是一对一的关系，角色信息模型与菜单信息模型为一对多的关系，用于控制角色的权限；地块信息模型中和部门信息模型是多对一的关系；作业信息模型分别和地块模型、农机模型为多对一的关系。综上，整个系统的 E-R 模型如下图 3.11 所示。

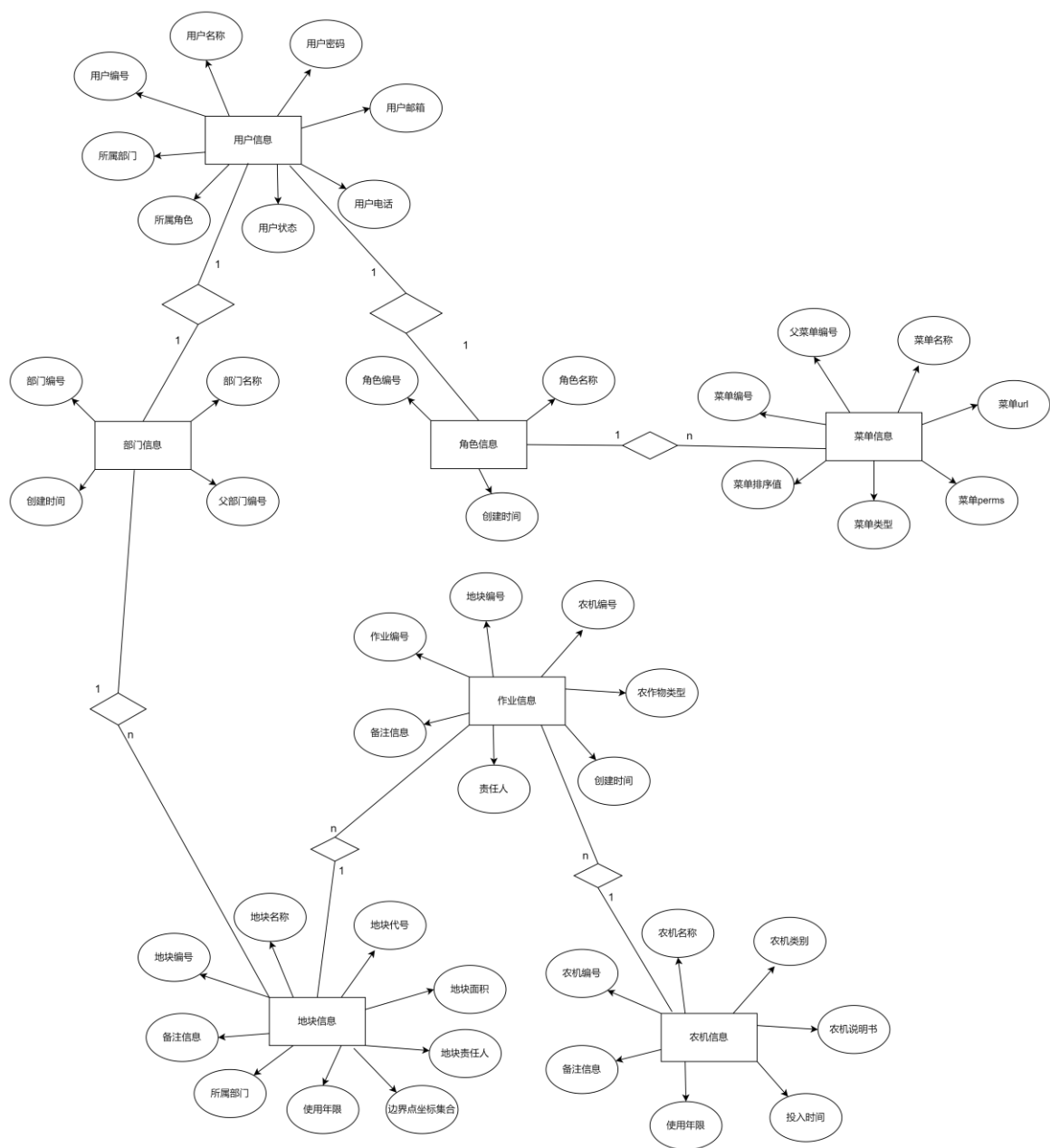


图 3.11 系统整体 ER 图

3.2 逻辑结构设计

在完成需求分析生成数据字典，构建各模块的概念模型之后，接下来选择 MySQL 数据库将各模块的概念模型转化关系模型表结构模型。接下来将具体阐述各个表的设计。

3.2.1 用户信息表

用户信息模型的实体为智慧农业综合服务平台的用户，属性包括：用户编号、用户名称、用户密码、用户邮箱、用户电话、用户状态、所属角色、所属部门。具体表结构如下表 3.1 所示。

表 3.1 用户信息表

字段名	类型	备注
user_id	bigint	用户编号
username	varchar(50)	用户名称
password	varchar(100)	用户密码
email	varchar(100)	用户邮箱
mobile	varchar(100)	用户电话
status	tinyint	用户状态(0: 禁用 1: 正常)
Role_id	int	所属角色
dept_id	int	所属部门
create_time	datetime	创建时间

3.2.2 角色信息表

角色信息模型的实体为用户对应的角色，属性包括：角色编号、角色名称、创建时间。角色信息模型的对应的表结构如下表 3.2 所示。

表 3.2 角色信息表

字段名	类型	备注
role_id	bigint	角色编号
role_name	varchar(50)	角色名称
create_time	datetime	创建时间

3.2.3 部门信息表

部门信息模型的实体为用户对应的部门，属性包括：部门编号、部门名称、父部门编号、创建时间。部门信息模型对应的表结构如下表 3.3 所示。

表 3.3 部门信息表

字段名	类型	备注
dept_id	bigint	部门编号
dept_name	varchar(50)	部门名称
parent_id	bigint	上级部门 id

create_time	datetime	创建时间
-------------	----------	------

3.2.4 菜单信息表

菜单信息模型的实体为智慧农业平台中的菜单，属性包括：菜单编号、父菜单编号、菜单名称、菜单 url、菜单 perms、菜单类型、菜单排序值。菜单信息模型对应的表结构如下表 3.4 所示。

表 3.4 菜单信息表

字段名	类型	备注
menu_id	bigint	菜单编号
parent_id	bigint	父菜单编号
name	varchar(50)	菜单名称
url	varchar(100)	菜单 url
perms	varchar(100)	菜单 perms(授权标识)
type	int	菜单类型
icon	varchar(50)	菜单图标
order_num	int	排序号

3.2.5 地块信息表

地块信息模型的实体为农田地块，属性包括如下：地块编号、地块名称、地块代号、地块面积、地块责任人、使用年限、所属部门、备注信息、边界点坐标集合。地块信息模型对应的表结构如下表 3.5 所示。

表 3.5 地块信息表

字段名	类型	备注
dikuai_id	bigint	地块编号
title	varchar(200)	地块名称
code	varchar(50)	地块代号
mianji	varchar(100)	地块面积
zrr	varchar(200)	地块责任人
synx	varchar(100)	使用年限

ssbm	varchar(200)	所属部门
bzxx	varchar(255)	备注信息
point_list	varchar(255)	边界点坐标集合

3.2.6 农机信息表

农机信息模型的实体为农机，属性包括如下：农机编号、农机名称、农机类别、农机说明书、投入时间、使用年限、备注信息。农机信息模型对应的表结构如下表 3.6 所示。

表 3.6 农机信息表

字段名	类型	备注
id	bigint	农机编号
name	varchar(200)	农机名称
type	varchar(50)	农机类别
sms	varchar(100)	农机说明书
start_time	datetime	投入时间
time	varchar(100)	使用年限
bzxx	varchar(255)	备注信息

3.2.7 作业信息表

作业信息模型的实体为农机作业，属性包括如下：作业编号、地块编号、农机编号、农作物类型、创建时间、责任人、备注信息。作业信息模型对应的表结构如下表 3.7 所示。

表 3.7 作业信息表

字段名	类型	备注
id	bigint	作业编号
dikuai_id	varchar(200)	地块编号
nongji_id	varchar(50)	农机编号
nzw_type	varchar(100)	农作物类型
start_time	datetime	创建时间
zrr	varchar(100)	责任人
bzxx	varchar(255)	备注信息

3.3 本章小结

本章主要阐述了数据设计的过程，包括概念结构设计和逻辑结构设计。通过概念结构设计完成了对各模块的 E-R 图的生成，通过逻辑结构设计完成了对各模块的 MySQL 数据表和视图的生成，为下一步系统设计提供了数据来源和数据库支持。

第四章 系统设计

4.1 系统功能架构设计

本节将对智慧农业综合服务平台的基本模块和功能进行架构设计，主要包括四大模块，分别为：系统管理模块、地块管理模块、农机管理模块、作业管理模块。系统整体功能架构如下图 4.1 所示。

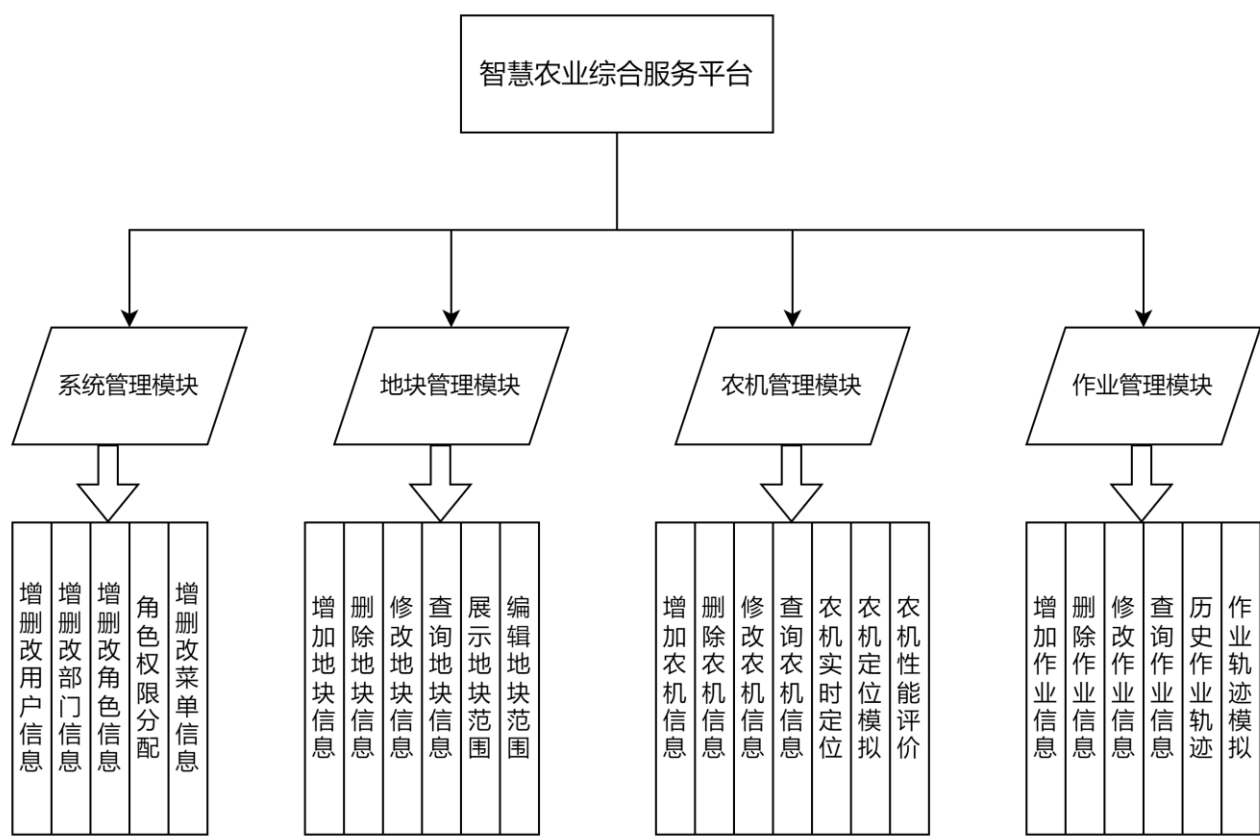


图 4.1 系统整体架构

系统管理模块包含增删改用户信息、增删改部门信息、增删改角色信息、角色权限分配、增删改菜单信息等功能，该模块主要由系统管理员来操作，其处理的逻辑主要为非业

务逻辑，用来管理系统整体的非业务功能。这些功能在前端页面主要是以表格信息和操作按钮的形式呈现。

地块管理模块包含增加地块信息、删除地块信息、修改地块信息、查询地块信息、展示地块范围、编辑地块范围等功能，该模块由智慧农业平台的用户使用，其处理的逻辑主要是和地块相关的业务逻辑。其中，对地块信息的操作主要是以表格信息和操作按钮的形式呈现，对地块范围的展示和编辑以百度地图 **Api** 的形式呈现。

农机管理模块包含增加农机信息、删除农机信息、修改农机信息、查询农机信息、农机实时定位、农机定位模拟、农机性能评价，该模块由智慧农业平台的用户使用，其处理的逻辑主要是和农业相关的业务逻辑。其中，对农机信息的操作主要是以表格信息和操作按钮的形式呈现，农机的实时定位和模拟农机定位主要以百度地图 **Api** 的形式呈现，农机性能评价采用层次分析法使用流程形式帮助用户完成农机性能打分。

作业管理模块包含增加作业信息、删除作业信息、修改作业信息、查询作业信息、历史作业轨迹、模拟作业轨迹等功能，该模块由智慧农业平台的用户使用，其处理的逻辑主要是和地块相关的业务逻辑。其中，对作业信息的操作主要是以表格信息和操作按钮的形式呈现，对作业轨迹的展示和编辑以百度地图 **Api** 的形式呈现。

本文采用的数据均是在百度地图 **Api** 上手动模拟添加而来，在实际应用中可以通过 **GPS** 发信器修改数据库来完成数据的更新。

4.2 系统权限详细设计

本文实现的系统在权限管理上采用的是 **Shiro** 安全框架，本节将主要阐述 **Shiro** 框架系统登录、用户认证和粗细粒度权限的实现过程。

本文实现的系统采用前后端分离开发，前后端分离会带来跨域问题，导致前后端之间的请求无法携带和服务端对应的 **cookie**，导致使用 **session** 进行会话权限状态管理会失效。所以，本文采用 **Shiro** 安全框架解决这一问题。**Shiro** 安全框架提供了身份验证、授权、会话管理和加密等一系列常用的安全控制功能。

由于本文实现的系统采用前后端分离设计，前端与河段采用独立的服务器各自独立运行，所以仅在一端进行权限控制效果无法令人满意。所以本文中，分别对前端和后端都进行权限处理，在前端的权限管理称之为粗粒度权限管理，在后端的权限管理称之为细粒度权限管理，在粗细粒度权限管理的共同加持下，实现较好的权限管理效果。

粗粒度的权限管理是在前端页面实现的，其主要控制的是进入菜单的权限，具体来说

是用户对应的角色是否有权限进入某个菜单。具体实现方法是通过 **Vue Router** 完成动态路由加载，当用户登录后，系统查询用户对应的角色，再查询该角色可以访问的菜单，具体落实到数据表中为菜单表中的 **url** 属性。将该用户对应的所有菜单 **url** 返回给前端服务器后，前端获得了这个用户所能访问到的所有路由，并通过 **Vue Router** 将这些路由全部动态挂载，页面与这些路由是一一对应的，当用户点击某个菜单后系统重定向到某个具体的页面，进而进行具体的操作。综上，通过菜单路由权限的方式实现粗粒度用户权限管理。

细粒度权限是在后端服务器实现的，其主要控制的是用户在某个页面上使用按钮的权限，也即用户对于具体接口的权限，只有用户有了某个具体接口的权限后，才能够通过这个接口获取到相应的数据。本文中是采用 **Shiro** 框架中的权限校验功能来实现的，具体来说为控制层方法上的 **@RequiresPermissions** 注解。系统中所有的按钮同样也存储在菜单表中，对应权限的属性为 **perms** 属性。在前端传来的请求调用控制层方法之前，系统会先判断用户的权限中是否有改控制层方法所需的 **perms**，如果通过校验，才能够调用对应的控制层方法。综上，通过控制层方法对按钮权限校验的方式实现细粒度权限管理。

通过细粒度和粗粒度权限的共同作用，本文实现的智慧农业综合服务平台才可以实现预期的权限控制效果。

4.3 系统功能详细设计

4.3.1 系统管理模块

系统管理模块下辖四个小模块，分别为用户管理、角色管理、部门管理和菜单管理，包含增删改用户信息、增删改部门信息、增删改角色信息、角色权限分配、增删改菜单信息等 功能。分别对应 **SysUserController**、**SysRoleController**、**SysDeptController**、**SysMenuController** 四个 **Restful** 风格的控制层类，主要负责接收前端发送的请求，再分别由各自的 **Service** 和 **ServiceImpl** 类进行持久层操作，对数据库中的用户表、角色表、部门表、菜单表进行操作。上述 **Controller** 类对应的类结构图如图 4.2 所示。



图 4.2 系统管理类结构图

4.3.2 地块管理模块

地块管理模块包含增加地块信息、删除地块信息、修改地块信息、查询地块信息、展示地块范围、编辑地块范围等功能。地块管理模块对应 `NcDikuaiController` 和 `NcDikuaiPointController` 这两个 Restful 风格的 Controller 类,主要负责接收前端发送的请求,再分别由各自的 Service 和 ServiceImpl 类进行持久层操作,对数据库中的地块信息表进行操作。上述 Controller 类对应的类结构图如图 4.3 所示。

其中,展示地块范围和编辑地块两个功能涉及到地块信息中的 `point_list` 属性,即地块的边界点集合。后端将数据库中的地块边界点集合数据传送到前端后,使用百度地图 Api 通过异步加载操作 DOM 将地图界面添加到页面中,随后根据边界点集合绘制出对应的覆盖物,并添加相关信息,从而实现在地图上展示地块范围的功能。用户在前端使用 `Vue-Baidu-Map` 插件在百度地图页面中划分出地块边界后,将这些边界点通过 `Axios` 发送给后端,并保存到数据库,从而实现编辑地块范围的功能。

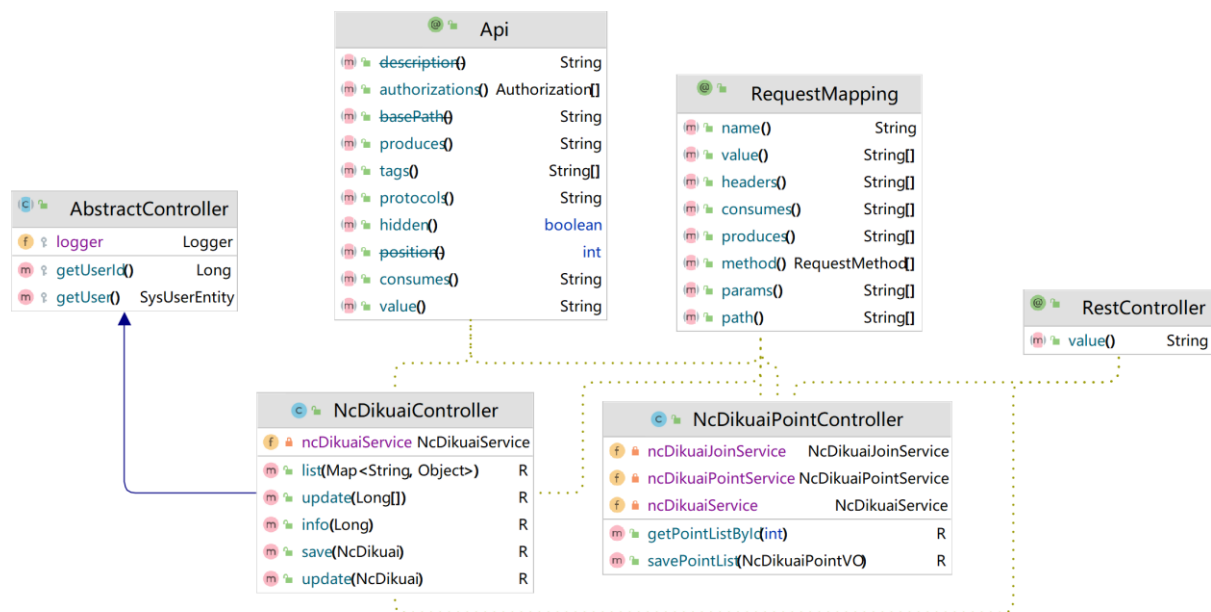


图 4.3 地块管理类结构图

4.3.3 农机管理模块

农机管理模块包含增加农机信息、删除农机信息、修改农机信息、查询农机信息、农机实时定位、农机定位模拟、农机性能评价。农机管理模块对应 `NcNongjiController` 和 `NcNongjiPointController` 这两个 Restful 风格的 Controller 类,主要负责接收前端发送的请求,再分别由各自的 Service 和 ServiceImpl 类进行持久层操作,对数据库中的农机信息表进行操作。上述 Controller 类对应的类结构图如图 4.4 所示。

农机实时定位和农机定位两个功能涉及到地块信息中的 `point` 属性,即农机的最新坐标点。后端将数据库中的农机最新坐标点数据传送到前端后,使用百度地图 Api 通过异步加载操作 DOM 将地图界面添加到页面中,随后根据农机坐标点绘制出对应的覆盖物,并添加相关信息,从而实现在地图上展示农机实时定位的功能。用户在百度地图界面通过点击的方式指定农机的位置,将坐标点通过 Axios 发送给后端,并保存到数据库,从而实现农机定位模拟的功能。

农机性能评价功能中,本文采用层次分析法帮助用户进行农机评比。农机性能评价会以三个流程的形式完成,首先让用户完成指标间的打分评比,生成判别矩阵;再将判别矩阵中的数据发送给后台,通过层次分析法相关的算法得出每个指标的权重,并将权重列表发送给前端;最后,用户手动输入各农机的每个指标的分数,最后求出每个农机的分数,最为排序依据。

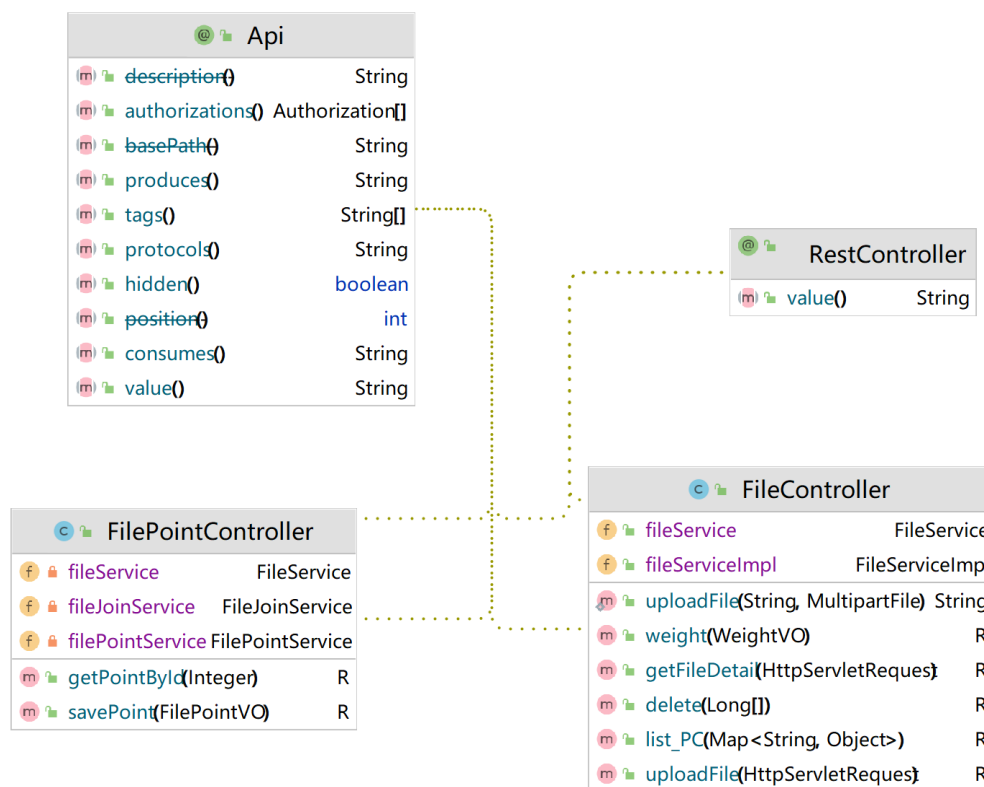


图 4.4 农机管理类结构图

4.3.4 作业管理模块

作业管理模块包含增加作业信息、删除作业信息、修改作业信息、查询作业信息、历史作业轨迹、模拟作业轨迹等功能。作业管理模块对应 `NcZuoyeController` 和 `NcZuoyePointController` 这两个 Restful 风格的 Controller 类,主要负责接收前端发送的请求,再分别由各自的 Service 和 ServiceImpl 类进行持久层操作,对数据库中的农机信息表进行操作。上述 Controller 类对应的类结构图如图 4.5 所示。

历史作业轨迹和模拟作业轨迹两个功能涉及到地块信息中的 `point_list` 属性,即农机作业的轨迹坐标集合。后端将数据库中的轨迹坐标集合数据传送到前端后,使用百度地图 `Api` 通过异步加载操作 `DOM` 将地图界面添加到页面中,随后根据轨迹坐标集合绘制出农机运行轨迹的动画,从而实现在地图上展示农机作业历史轨迹的功能。用户在百度地图界面通过点击的方式指定农机轨迹坐标集合,将做标记和通过 `Axios` 发送给后端,并保存到数据库,从而实现模拟坐标轨迹的功能。

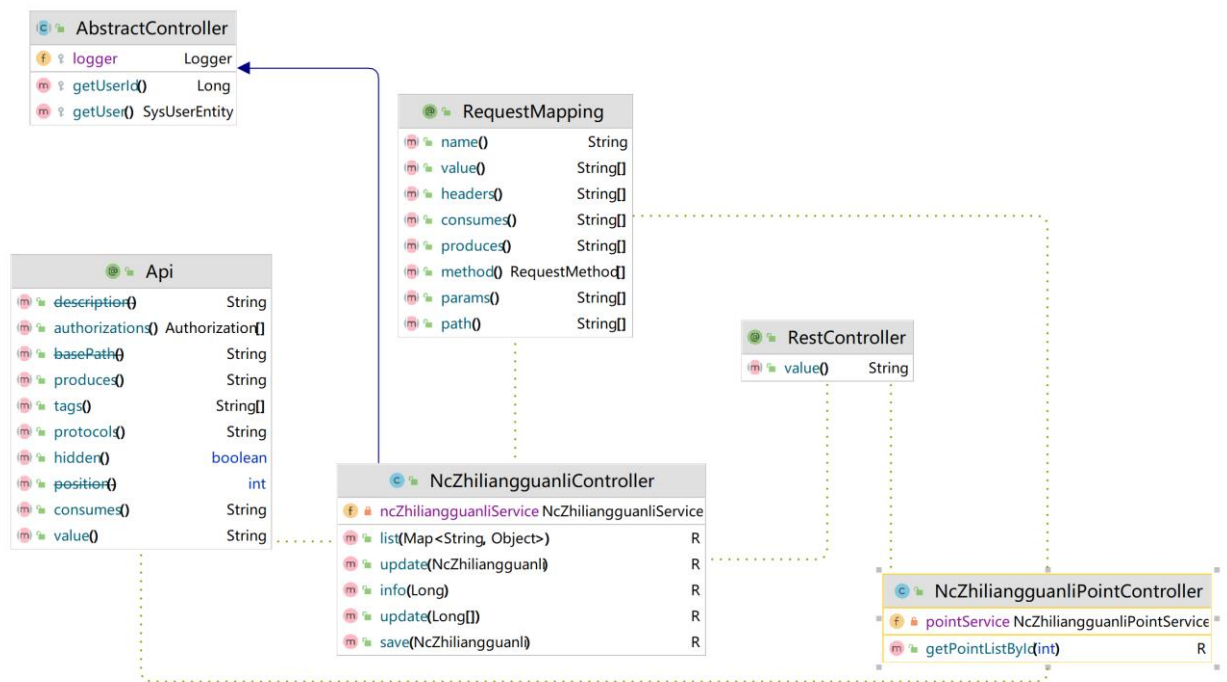


图 4.5 作业管理类结构图

4.4 本章小结

本章主要阐述了系统功能架构设计，系统权限设计和系统功能详细设计，系统包含如下功能模块：系统管理模块、地块管理模块、农机管理模块和作业管理模块，这些模块中都有各自的业务功能。接下来，根据系统设计，进行编码和功能测试，实现智慧农业综合服务平台。

第五章 系统实现与测试

本模块中将阐述系统重点功能的实现方法，以及系统各功能的具体测试页面。

5.1 系统管理模块

用户管理的功能包括新增用户、批量删除用户、修改用户信息、模糊查询用户信息，其中模糊查询可以对用户 id、用户名等自动实现模糊查询，用户管理的页面如下图 5.1 所示。

用户信息管理页面以列表的形式展示了用户信息的查询结果，有用户 id、用户名、邮箱、手机号、状态、创建时间等信息。对于新增用户功能，通过点击绿色按钮完成；对于修改用户功能，可以通过点击每行用户信息操作列的修改按钮完成；对于删除用户功能，

可以通过点击每行用户信息操作列的删除按钮完成，此外也可以点击表格左侧的选中列后点击红色的批量删除按钮实现批量删除功能；最后，在上方的搜索栏中，用户可以输入用户关键词后对用户信息进行查询，用户信息的每一个字段都可以作为查询关键词。

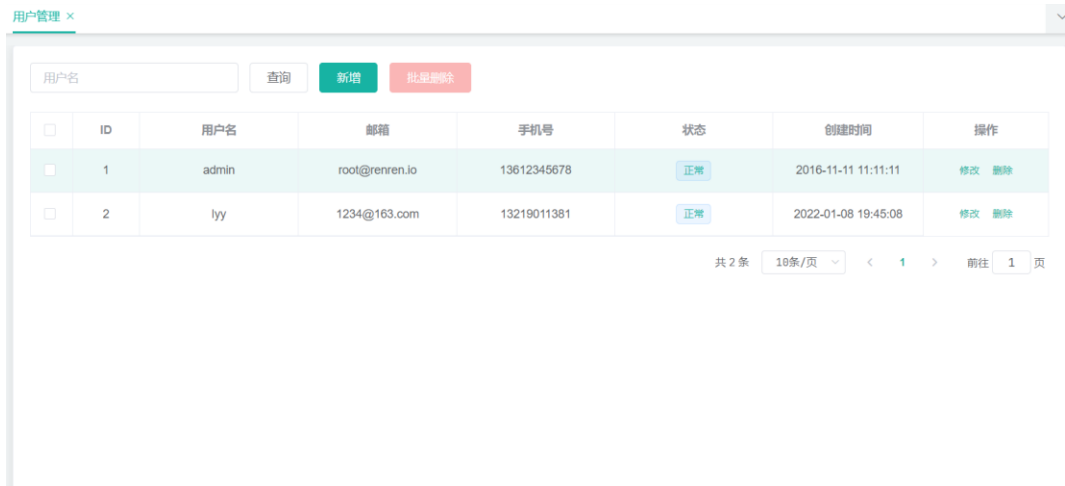


图 5.1 用户信息管理页面

在角色管理、部门管理、菜单管理模块中，对于相关信息的展示、增加、修改、模糊查询的界面和操作与上面用户管理中的类似，不再重复叙述，下面仅对各模块中的特有功能进行叙述。

在角色管理中，管理有可以赋予用户角色不同的权限，具体表现为各菜单的进入权限以及菜单中操作按钮的使用权限。对角色的权限分配界面如下图 5.2 所示。



图 5.2 角色分配权限页面

5.2 地块管理模块

地块管理栏中包括地块档案管理、地块展示、编辑地块三个菜单，如下图 5.3 所示。



图 5.3 地块管理菜单

5.2.1 地块档案管理

地块管理模块首先是地块信息管理页面，以表格的形式展示地块的信息，包括地块 id、地块名称、地块编号、面积大小、责任人、使用年限、所属部门、备注信息。此外，还有增加地块、批量删除地块、修改地块信息、模糊查询地块等功能，此处不再阐述。值得一提的是，此处展示的地块信息为地块的档案信息，除此之外还有地块的经纬度坐标信息，将在下面的页面中进行管理。地块档案信息管理页面如下图 5.4 所示。

名称		查询	新增	批量删除					
<input type="checkbox"/>	ID	地块名称	地块编号	地块面积大小	责任人	地块使用年限	地块所属部门	备注信息	操作
<input type="checkbox"/>	1	地块1_	DK001	10亩	admin	永久使用	国土资源部	土地管理部门是依法主管土地保护、开发、利用统一管理工作的政府职能部门	修改 查看
<input type="checkbox"/>	2	地块2_	DK002	10亩	admin	永久使用	国土资源部	土地管理部门是依法主管土地保护、开发、利用统一管理工作的政府职能部门	修改 查看
<input type="checkbox"/>	3	地块3_	DK003	10亩	admin	永久使用	国土资源部	土地管理部门是依法主管土地保护、开发、利用统一管理工作的政府职能部门	修改 查看
<input type="checkbox"/>	13	地块4							修改 查看

图 5.4 地块档案管理页面

5.2.2 地块展示

接下来是地块展示功能，具体表现为根据地块的边界点信息将地块的边界在百度地图 Api 上展示。

地块展示功能中，首先前端向后端发送所要请求的地块的 id，后端查询地块表，查询到地块对应的坐标点集合，将这些坐标点集合生成一个 List 返回给前端，前端通过百度地

图 Api 完成将地块边界对应覆盖物插入到地图中。后端对应的代码如下所示：

```
@ApiOperation("通过 id 获取位置点")
@GetMapping("/list")
public R getPointListById(@RequestParam int id){
    //(1)
    Map<String, double[]> map = ncDikuaiPointService.getPointById(id);
    //(2)
    NcDikuai ncDikuai = ncDikuaiJoinService.getDikuaiByPointId(id);
    return R.ok().put("dikuai",ncDikuai).put("lng",map.get("lng")).put("lat",map.get("lat"));
}
```

地块展示页面中，在右侧下拉列表中选择系统中存储的地块名称，点击查询按钮之后，该地块的边界范围直观地展示在百度地图上。地块展示页面如下图 5.5 所示。

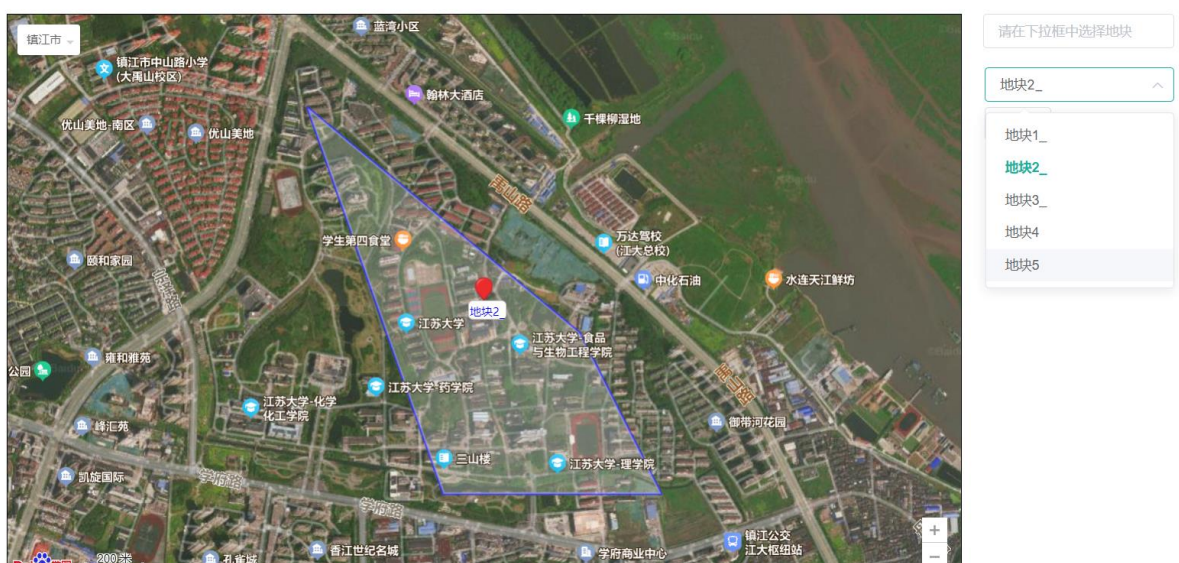


图 5.5 地块展示页面

5.2.3 地块编辑

在上面地块信息管理页面中，完成增加地块信息后，仅完成了对地块基本信息的增加，还需要对地块的边界坐标点进行增加，该工作在编辑地块页面中完成。

地块编辑功能中，首先在前端页面中编辑地块对应的边界，收集边界点坐标信息。然后前端将被编辑的地块 ID 和边界点集合发送给后端，后端将对应的信息保存到数据库中。由于地块坐标集数据表和地块基本信息数据表非同一张数据表，所以更新地块边界点集时

会维护一张中介表，以保证地块基本信息表和地块边界点集表中数据的一一对应性。后端对应的代码如下所示。

```
@ApiOperation("接收传来的坐标集合")
@PostMapping("/add")
public R savePointList(@RequestBody NcDikuaiPointVO ncDikuaiPointVO){
    Integer dikuaiId = ncDikuaiPointVO.getDikuaiId();    //dikuai 表中的 id
    List<NcDikuai_Point> points = ncDikuaiPointVO.getPointList();    //点集合
    //(1)join 表
    //join 表中是否已存在这个 join
    LambdaQueryWrapper<NcDikuaiJoin> wrapper = new LambdaQueryWrapper<>();
    wrapper.eq(NcDikuaiJoin::getDikuaiId,dikuaiId);
    if(ncDikuaiJoinService.getOne(wrapper) == null){    //不存在【新创建出来的】
        ncDikuaiJoinService.addOneJoin(dikuaiId);
    }
    //(2)point
    Integer pointId = ncDikuaiPointService.savePointList(dikuaiId,points);
    System.out.println("pointId = " + pointId);
    //(3)dikuai
    return R.ok();
}
```

在编辑地块页面中，首先在下拉列表中选择要编辑的地块名称，点击确定按钮后完成地块选定。之后百度地图中出现一个地块几何选择框，用户可以对其边界点进行拖动来自定义选择地块范围，其中被选中的边界点会在屏幕右侧的表格中列出。若想要重新选择地块边界，只需要点击取消选择即可。当完成地块边界的编辑后，点击确认设置，前端将选中的边界点集发送给后台，并存储到数据库。编辑地块的页面如下图 5.6 所示。



图 5.6 地块编辑页面

5.3 农机管理模块

农机管理栏包括农机设备管理、实时定位、农机模拟定位、农机性能评价、农机手管理五个菜单，如下图 5.7 所示。



图 5.7 农机管理菜单

5.3.1 农机设备管理

农机设备管理页面中主要是对农机说明书的管理，系统中的每个农机对应着一个农机说明书，点击可以查看对应的说明书。农机设备管理界面如下图 5.8 所示。

请输入查询文件名

Q 查询

资料上传

批量删除

<input type="checkbox"/>	id	农机名称	文件名称	文件类型	操作
<input type="checkbox"/>	2	农机1	农机1说明书.pdf	pdf	查看附件
<input type="checkbox"/>	3	农机2	农机2说明书.pdf	pdf	查看附件
<input type="checkbox"/>	4	农机3	农机3说明书.pdf	pdf	查看附件

共 3 条10条/页<1>前往1页

图 5.8 农机设备管理页面

农机设备管理功能中涉及到文件的上传与下载查看，后端对应文件上传的代码如下所示。

```
/**
 * 保存 PC-后台上传文件
 */
@RequestMapping(value = "uFile/uploadFile", method = {RequestMethod.POST, RequestMethod.GET})
@Transactional
public R uploadFile(HttpServletRequest request) {
```

```

String classify = request.getParameter("classify");
MultipartHttpServletRequest multipartRequest = WebUtils
    .getNativeRequest(request, MultipartHttpServletRequest.class);
String fileName = "";
if (multipartRequest != null) {
    Iterator<String> names = multipartRequest.getFileNames();
    while (names.hasNext()) {
        List<MultipartFile> files = multipartRequest.getFiles(names.next());
        if (files != null && files.size() > 0) {
            for (MultipartFile file : files) {
                fileName = file.getOriginalFilename();
                String SUFFIX = FileUtil.getFileExt(fileName);
                File uFile = new File();
                uFile.setFileName(fileName);
                uFile.setClassify(classify);
                uFile.setCreateTime(new Date());
                uFile.setFileType(SUFFIX);
                String uuid = FileUtil.uuid();
                try {
                    uFile.setPath(uploadFile(uuid,file) +uuid+"."+SUFFIX);
                } catch (IOException e) {
                    e.printStackTrace();
                }
                fileService.save(uFile);
            }
        }
    }
}
return R.ok();
}

```

5.3.2 农机实时定位

农机实时定位页面中，首先在下拉列表中选中系统中存储的农机名称，点击查询后，将在百度地图上显示对应经纬度坐标的农机坐标，且点击农机坐标后会显示当前农机的相应信息。农机实时定位页面如下图 5.9 所示。

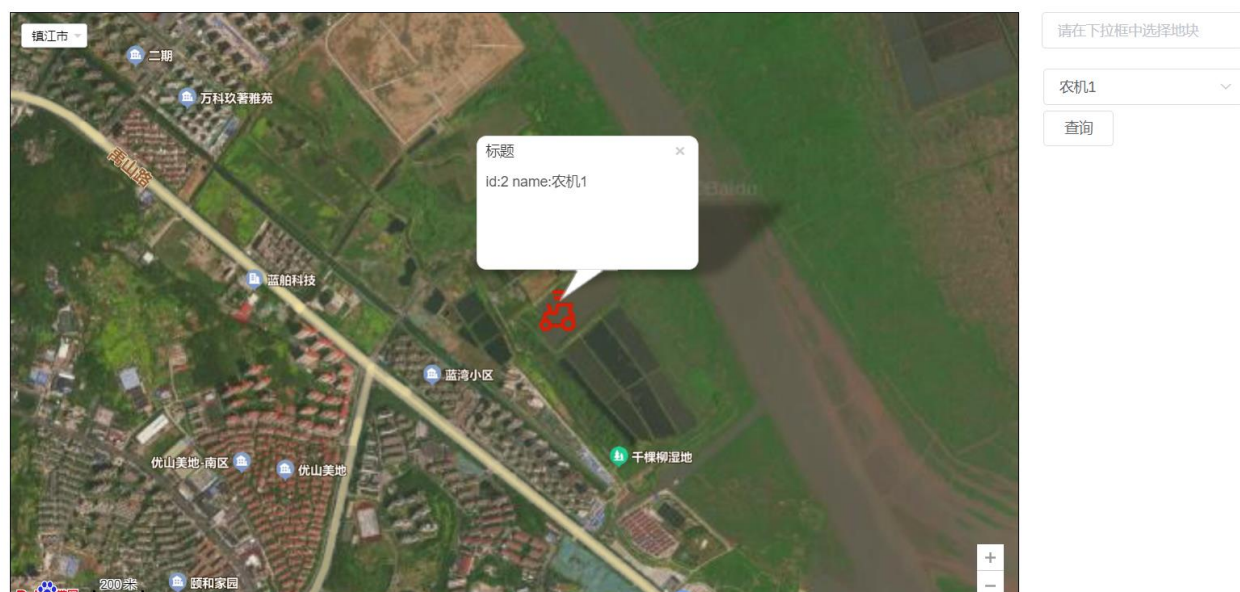


图 5.9 农机实时定位页面

5.3.3 农机定位模拟

由于当前系统并未与实际农机接口对接，所以农机实时定位页面中的农机坐标由系统模拟，在农机定位模拟页面中完成。首先在页面右侧下拉框中选中要进行定位模拟的农机，点击确认选择按钮后开始模拟，在百度地图中通过点击的方式指定农机的位置，并且指定位置的经纬度会在页面右侧显示。最后，农机位置选定后，点击提交编辑按钮后前端将经纬度信息发送给后端，并保存在数据库。农机定位模拟页面如下图 5.10 所示。

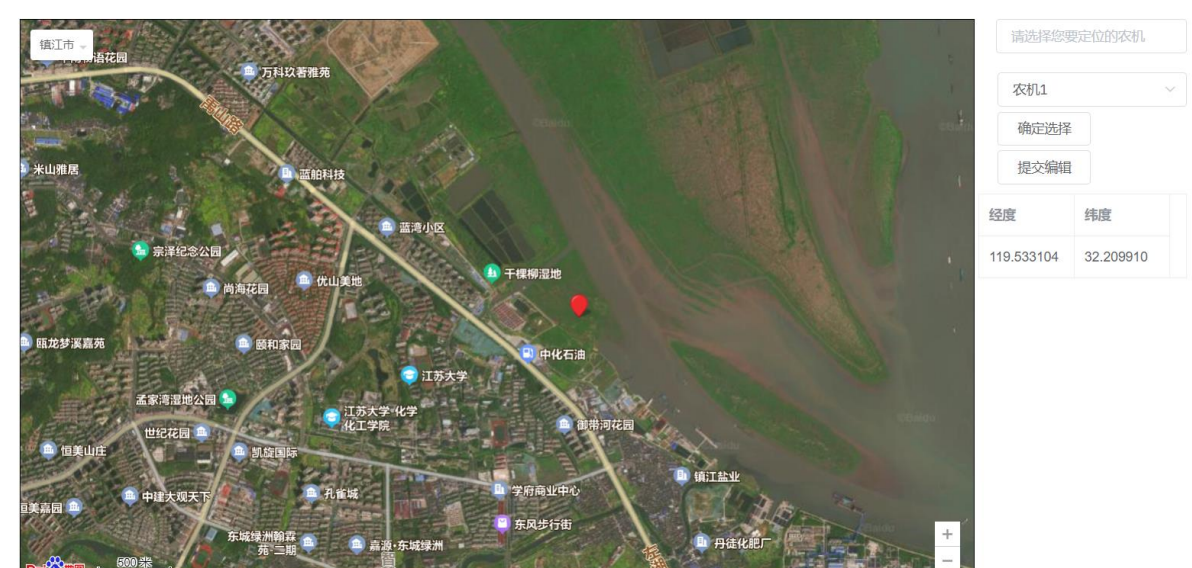


图 5.10 农机定位模拟页面

5.3.4 农机性能评价

农机性能评价页面中，系统基于层次分析法，系统通过与用户交互的方式获取用户对五个农机指标重要性程度的评比，用户对指标的评价页面如下图 5.11 所示。用户通过点击构建评价标准按钮打开指标评价打分页面。

提示：打分范围 1 ~ 9，若左边指标重要请选择相应负数分值，若右边指标重要请选择相应正数分值；若两者重要性一致，请选择1。

相对重要程度	定义	说明
1	同等重要	两个目标同等重要
3	略微重要	由经验或判断，认为一个指标比另一个指标略微重要
5	相当重要	由经验或判断，认为一个指标比另一个指标重要
7	明显重要	深感一个指标比另一个指标重要，有实践依据
9	绝对重要	强烈感觉一个指标比另一个指标重要很多
2,4,6,8	相邻中间值	需要折中时采用

ps: 打分参考表

指标1

-9

-8

-7

-6

-5

-4

-3

-2

1

2

3

4

5

6

7

8

9

指标2

指标1

-9

-8

-7

-6

-5

-4

-3

-2

1

2

3

4

5

6

7

8

9

指标3

指标1

-9

-8

-7

-6

-5

-4

-3

-2

1

2

3

4

5

6

7

8

9

指标4

指标1

-9

-8

-7

-6

-5

-4

-3

-2

1

2

3

4

5

6

7

8

9

指标5

指标2

-9

-8

-7

-6

-5

-4

-3

-2

1

2

3

4

5

6

7

8

9

指标3

指标2

-9

-8

-7

-6

-5

-4

-3

-2

1

2

3

4

5

6

7

8

9

指标4

指标2

-9

-8

-7

-6

-5

-4

-3

-2

1

2

3

4

5

6

7

8

9

指标5

指标3

-9

-8

-7

-6

-5

-4

-3

-2

1

2

3

4

5

6

7

8

9

指标4

图 5.11 指标打分页面

系统根据用户的打分数据，通过计算生成五个指标的判别矩阵，如下图 5.12 所示。

①step1

构建评价体系

层次分析判别矩阵

	权重1	权重2	权重3	权重4	权重5
权重1	1	4	2	0.500000	2
权重2	0.250000	1	4	0.333333	0.500000
权重3	0.500000	0.250000	1	6	0.200000
权重4	2.000000	3.000003	0.166667	1	1.000000
权重5	0.500000	2.000000	5.000000	1.000000	1

图 5.12 生成判别矩阵

接着用户点击生成指标权重按钮，前端将判别矩阵中的数据发送给后台，通过层次分析法相关的算法计算出五个指标对应的权重，如下图 5.13 所示。

②step2 生成指标权重

层次分析判别矩阵

	指标1	指标2	指标3	指标4	指标5
权重	0.2356	0.1527	0.194	0.1806	0.2371

图 5.13 生成指标权重

各指标的权重生成完毕后，用户向系统中输入各农机的信息，以及各农机对应的指标分值，如下图 5.14 所示，加入了四款农机。

③step3 添加测评农机

测评农机列表

农机名称	指标1	指标2	指标3	指标4	指标5
收割机1	8	7	2	4	3
插秧机2	5	6	3	7	2
松土机3	4	6	3	7	4
拖拉机4	4	7	5	3	9

图 5.14 添加测评农机

最后，点击生成农机排名按钮后，生成一个对应农机名称和性能得分的折线图，如下图 5.15 所示。在下面的折线图中可见，得分最高的是“拖拉机 4”，为 5.657 分；得分最低的是“插秧机 2”，为 4.415 分，由此，给与用户农机评分排名。

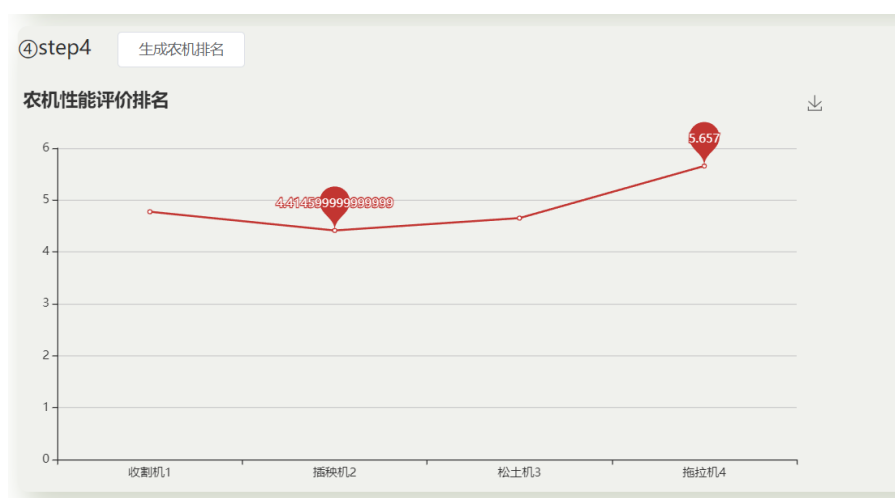


图 5.15 农机性能排名

农机手管理功能中，展示了农机手的相关信息，包括 id、姓名、能否驾驶四种农机、是否忙碌、农机手状态以及农机手星级。此外，还有增加农机手、批量删除农机手、修改农机手信息、模糊查询农机手等功能。农机手管理功能如下图 5.16 所示。

用户名

查询

新增

批量删除

<input type="checkbox"/>	ID	姓名	插秧机	收割机	松耕机	拖拉机	忙碌	状态	星级	操作
<input type="checkbox"/>	1	张三	适用	适用	不适用	适用	空闲	正常	5	修改 删除
<input type="checkbox"/>	2	李四	不适用	不适用	适用	适用	忙碌	禁用	3	修改 删除

共 2 条

10条/页

< 1 >

前往 1 页

图 5.16 农机手管理页面

5.4 作业管理模块

作业管理栏包括农机作业管理、历史作业、作业路径模拟、自动作业分配四个菜单，如下图 5.17 所示。



图 5.17 作业管理菜单

5.4.1 农机作业管理

农机作业管理页面中展示了农机作业的相关信息，包括作业 ID、地块名称、农作物类型、农机类型、责任人、作业开始时间、作业结束时间、备注信息等信息。此外，还包括新增作业信息、批量删除作业信息、修改作业信息、模糊查询农机信息等功能。如下图 5.18 所示。

名称		查询		新增		批量删除			
<input type="checkbox"/>	作业ID	地块名称	农作物类型	农机类型	责任人	开始时间	结束时间	备注信息	操作
<input type="checkbox"/>	1	地块1	水稻	插秧机	admin	2023-05-10 8:30	2023-5-10 10:30	修改 查看
<input type="checkbox"/>	2	地块2	小麦	收割机	admin	2023-05-10 8:30	2023-5-10 10:30	修改 查看
<input type="checkbox"/>	3	地块3	水稻	松耕机	admin	2023-05-10 8:30	2023-5-10 10:30	修改 查看
<input type="checkbox"/>	4	地块1_	水稻	插秧机	admin	2023-05-16 15:25	2023-05-16 17:25	无	修改 查看
<input type="checkbox"/>	20	地块1_	玉米	收割机	admin	2023-05-15 12:59	2023-05-15 13:59	bz	修改 查看

共 5 条 10条/页 < 1 > 前往 1 页

图 5.18 农机作业管理页面

上面作业信息管理中，包含的仅仅是作业的基本信息，除此之外还有作业的轨迹信息，具体是作业中农机移动轨迹的坐标点集。

5.4.2 历史作业

在历史作业路径展示页面中，首先在右侧下拉列表中选中作业，点击查询按钮后在百度地图上以动画的形式展示农机的作业路径，同时将在系统后台中根据作业路径坐标集计算计算出来的作业面积展示在页面的右侧，如图 5.19 所示，当前作业面积为 132153.89 平方米。



图 5.19 历史作业路径

本系统中计算作业面积功能中，首先在后台对作业的路径坐标集进行最小凸包的计算，

然后将计算出来的最小凸包的边界点集传送给前端，最后在前端调用百度地图 **Api** 的计算球面多边形的方法，计算得到最小凸包对应的地理面积。本文中，最小凸包的计算方法采用 **Graham** 扫描算法^[10]，算法执行的步骤如下。

首先，找出点集中纵坐标最小的点，可知这个点一定在凸包上。并将这个点作为原点，计算其他点与原点形成的极角大小，将其他点按照极角大小进行排序。

设置一个栈，将第一和第二个点入栈。

对于栈顶两个点形成的向量，我们继续判断下一个点在此向量的左边还是右边，判断的方法是计算三个点形成的两个向量的叉积，如果叉积为正，表示点在向量的左侧；若为负，则表示点在向量的右侧。

若下一个点在向量的左侧或同一直线上，则将这个点入栈。之后重复执行检查下一个点。

若下一个点在向量的右侧，则将栈顶元素出栈；与此同时检查栈中的元素个数，若少于两个，则将当前点入栈。之后继续比较当前点与栈顶两点形成向量的关系。上述步骤对应的流程图如下图 5.20 所示。

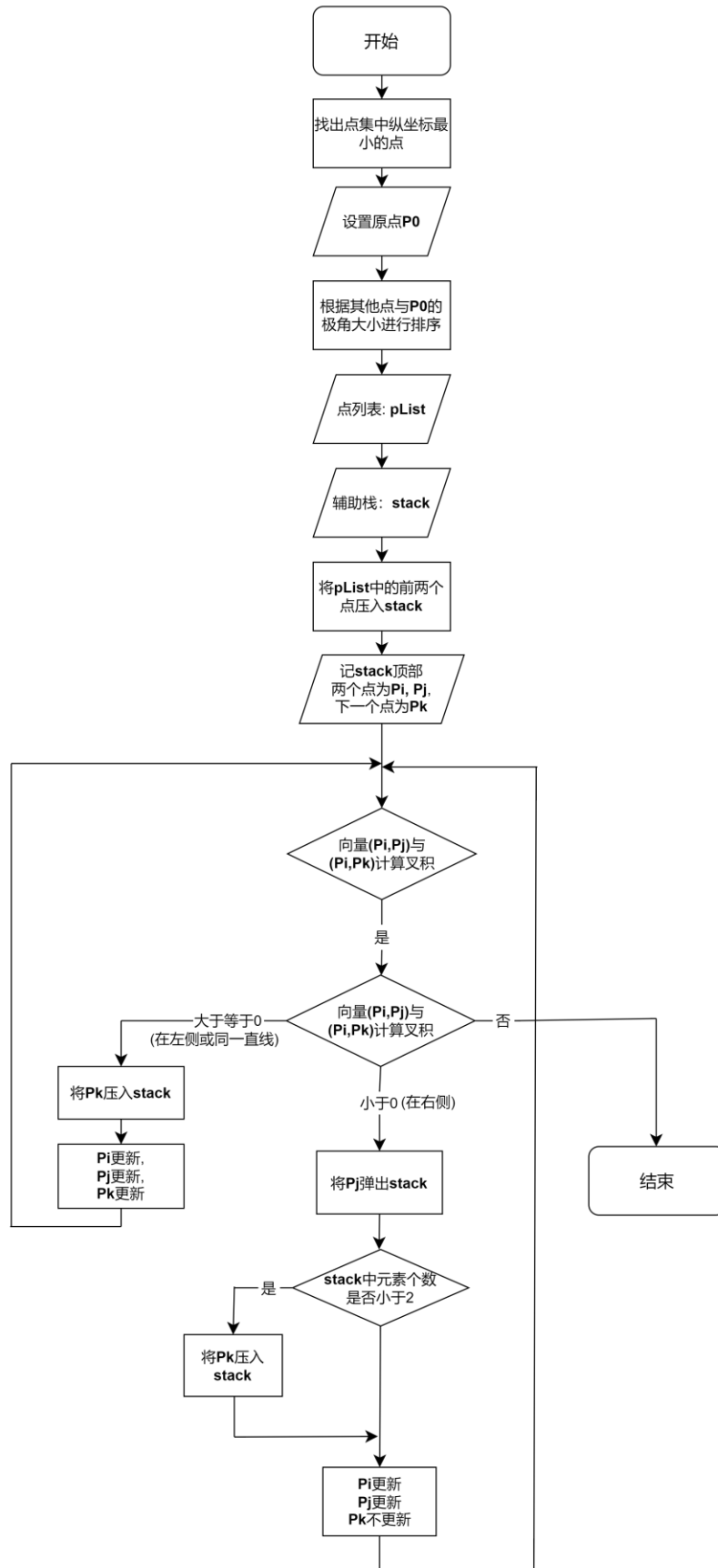


图 5.20 Graham 扫描法流程图

5.4.3 作业路径模拟

由于本系统尚未与农机进行实际对接，所以农机作业路径的坐标集通过模拟的方式存储到系统中，农机作业模拟功能在作业路径模拟页面中完成。在作业路径模拟页面中，首先在右侧下拉列表中选中作业，点击确定选择按钮后，通过鼠标在百度地图上点击的方式按照顺序点出作业路径的坐标点变化顺序，各点的坐标信息在页面右侧表格中显示。作业路径点集模拟完成后，点击提交编辑按钮，将路径坐标点集信息发送给后台，并保存到数据库中。作业路径模拟页面如下图 5.21 所示。



图 5.21 作业路径模拟

作业路径模拟功能中，首先前端向后端发送坐标列表，坐标列表中坐标的顺序即农机移动的轨迹顺序，随后后端将轨迹点坐标列表保存到数据库中。对应的后端代码如下所示。

```
@ApiOperation("修改对应 id 的 pointList")
@PostMapping("/add")
public R savePointList(@RequestBody NcWorkPointVO ncWorkPointVO){
    Integer workId = ncWorkPointVO.getId();
    List<NcWork_Point> pointList = ncWorkPointVO.getPointList();
    //1.join 表中是否已存在相关 join
    LambdaQueryWrapper<NcZhiliangguanliJoin> wrapper = new LambdaQueryWrapper<>();
    wrapper.eq(NcZhiliangguanliJoin::getZuoyeId,workId);
    if (joinService.getOne(wrapper)==null){
        joinService.addOneJoin(workId);
```

```

    }

    //2.存储 point 表

    Integer newId = pointService.savePointList(workId, pointList);

    System.out.println("newId = " + newId);

    return null;
}

```

5.4.4 自动作业分配

本系统的作业模块中拥有自动作业分配功能，自动作业分配功能通过用户从前端传来的作业需求，包括农作物种类、农机类型、开始时间、结束时间等等，然后系统根据作业要求去匹配系统中的农机手。农机手的匹配操作需要考虑到如下信息，农机手是否忙碌、农机手帐号状态、农机手适配农机、农机手星级，后台根据作业信息自动匹配农机手的流程图如下图 5.22 所示。

在下面的代码中，首先把用户提交的作业保存到系统的农机作业表中，然后进行农机手的匹配。首先根据农机类型需求找出所有符合的农机手，然后在这些农机手中找出帐号状态正常且忙碌状态为空闲的，若匹配后仍存在多个农机手，则根据农机手的星级择优选取。

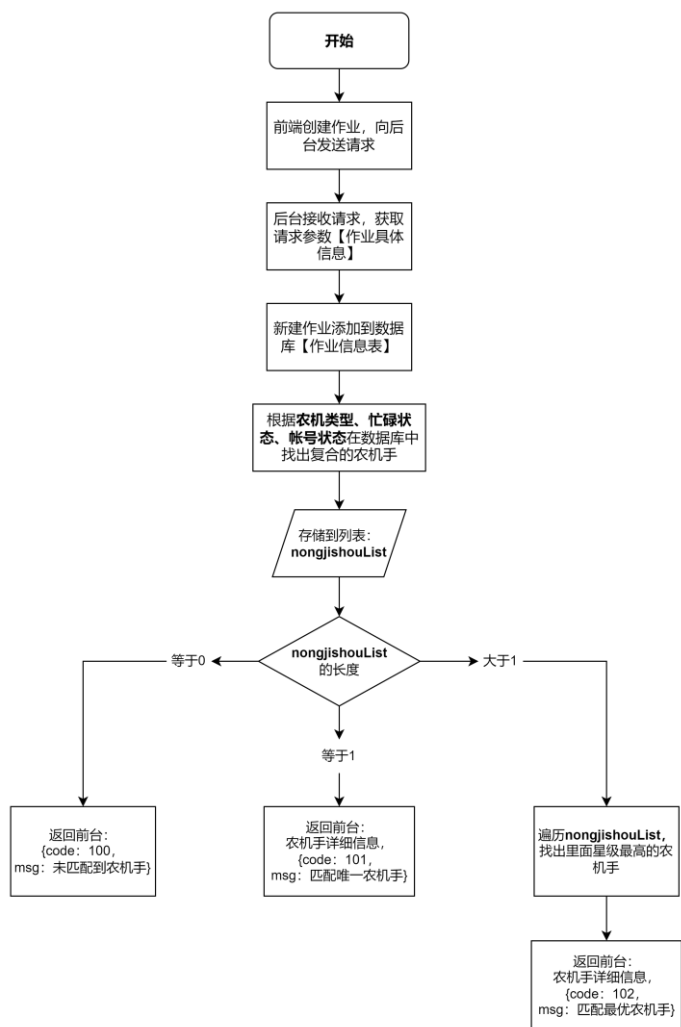


图 5.22 作业自动分配流程图

在作业自动分配页面中，用户首先对作业进行信息设置，包括地块、农作物、农机类型等信息，在设置完毕后，点击确定，向系统后台发送作业请求。如下图 5.23 所示。

The screenshot shows a web interface for '自动作业分配' (Automatic Task Allocation). It includes the following fields and controls:

- 地块名称** (Field Name): A dropdown menu with '地块1' selected.
- 农作物类型** (Crop Type): A dropdown menu with '小麦' (Wheat) selected.
- 农机类型** (Tractor Type): A dropdown menu with '松耕机' (Plow) selected.
- 责任人** (Responsible Person): A text input field containing 'admin'.
- 开始时间** (Start Time): A date-time picker showing '2023-05-25' and '15:01'.
- 结束时间** (End Time): A date-time picker showing '2023-05-25' and '17:01'.
- 备注信息** (Remarks): A text input field containing 'bz'.
- 确定** (Confirm): A green button at the bottom left.

图 5.23 自动作业分配页面

新作业提交完毕后，新的作业会被加入到系统作业表中，随后进行农机手匹配。农机手匹配会有三种结果，一是未找到匹配的农机手，如下图 5.24 所示；二是找到唯一的农机手，如下图 5.25 所示；三是找到多个农机手，并从中选取最优农机手，如下图 5.26 所示。



图 5.24 未找到匹配农机手



图 5.25 匹配到唯一农机手

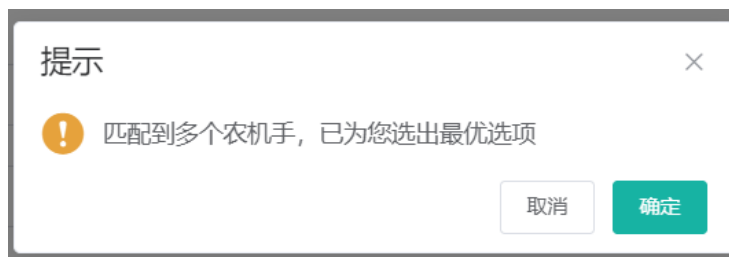


图 5.26 匹配多个农机手

在匹配到农机手的情况下，提示完相应信息后，接下来弹出所匹配到的农机手信息的弹框，如下图 5.27 所示。



图 5.27 匹配农机手详细信息

5.5 本章小结

本章主要介绍了智慧农业综合服务平台的实现界面，包括系统管理模块、地块管理模块、农机管理模块、作业管理模块对应的各种功能界面，到此，本文的智慧农业综合服务平台中的各种功能完成实现与测试。

第六章 结论

本文通过六个章节，先后介绍了智慧农业综合服务平台的设计与实现过程。第一章先介绍了智慧农业综合服务平台的研究背景与研究意义，然后对智慧农业系统的国内外研究现状进行了深入分析。第二章介绍了智慧农业综合服务平台的设计与实现所用到的技术，其中后端使用到的技术包括 SpringBoot, Shiro, Mybatis-Plus, Kaptcha 等技术，前端使用到的技术包括 Vue, Vuex, Vue Router, Element UI 等技术。第三章是智慧农业综合服务平台的各种需求分析与可行性分析，证明该系统的设计与实现在技术、经济等层面都是可行的，也为之后的数据库设计与系统设计打下了基础。第四章是智慧农业综合服务平台的数据库设计，在需求分析的基础上对系统完成了概念模型和逻辑模型的设计，以及具体数据库表的结构设计。第五章是对智慧农业综合服务平台的系统设计，系统设计中涵盖了各种需求，讲这些需求按照种类分为了系统管理、地块管理、农机管理和作业管理四个模块。第五章按照系统设计中的详细设计，对系统进行了具体的开发实现，并对各功能完成了测试，并对各模块功能的页面与使用进行了介绍。

本系统中的许多功能需求与农机息息相关，具体来说是在农机中安装的定位传感器向系统发送来的坐标定位信息。但是，本系统的开发鉴于时间和器件的局限性，本系统使用的农机定位信息均由模拟而来，并没有实际的农机参与。在未来对系统的完善中，希望能够对接实际的农机，将农机的 GPS 信号发送接口与本系统进行对接，让本系统与农机相关的功能具有更实际的厂应用。此外，现有的需求也并未十分完善，后续将对市面上更多的智慧农机系统进行调研，并与农场等智慧农业平台的用户进行深入沟通，听取其建议，由此完善本系统中的需求，更好地发挥本智慧农业系统能够达到的社会经济效益。

致谢

时光飞逝，如白驹过隙，我在江苏大学的求学生涯即将到达尾声。回想这四年的求学历程，有课堂上对理论知识的滋滋汲取，有实验室中对理论知识的躬耕；有与同学们相聚一堂的欢笑，也有夜以继日的疲惫投入。总之，太多精彩的瞬间都定格在了 2019-2023 年，学府路 301 号的时空中。

在此学业尾声之际，首先我要对我的导师余景华老师表示深深的感谢。余老师在我论文撰写过程中提出不少有益的建议，给予我耐心的指导和关心。余老师不仅在教授理论方面有着非凡的造诣，而且在实践应用方面也有着不凡的经验。在余老师的用心指导下，我得以顺利完成毕业论文。

在此，我还要感谢学校的计算机科学与通信工程学院的老师。您们对我们的关心和支持，不仅为我们的深入研究提供了必要的物质和技术支持，而且让我们更深入地理解了课程知识和实践技能。学术上的交流和人文情感的沟通，让我在实验室度过了愉快的一段时间，并使我更好地理解和认识了计算机科学与技术这个专业。

本次论文的研究过程中，我还要感谢那些为我辅导和支持我的同学和朋友，感谢在非常时期给予我精神上支持和关心的家人和朋友们。你们的鼓励和支持是我前进的动力。

最后，祝福我的所有老师，身体健康；祝福我的所有朋友，前程似锦；祝福我的学校，孕育英才。

参考文献:

- [1]邓思合. 智慧农业中的三大关键技术[J].农村科学实验,2022,35(12):5-7.
- [2]赵春江. 智慧农业的发展现状与未来展望 [J]. 中国农业文摘 - 农业工程,2021,33(06):4-8.DOI:10.19518/j.cnki.cn11-2531/s.2021.0136.
- [3]张伦宁. 新疆 HX 农场智慧农业信息化平台建设项目研究 [D].新疆农业大学,2022.DOI:10.27431/d.cnki.gxnyu.2022.000721.
- [4].国务院关于印发“十四五”推进农业农村现代化规划的通知[J].中华人民共和国国务院公报,2022,No.1761(06):6-29.
- [5]宋超,孙胜凯,陈进东等.世界主要国家工程科技重大计划与前沿问题综述[J].中国工程科学,2017,19(01):4-12.
- [6]徐浩,张小虎,邱小雷等.格网化小麦生长模拟预测系统设计与实现[J].农业工程学报,2020,36(15):167-172.
- [7]王慧平. 基于 WebGIS 的农机远程监管服务系统的设计与实现[D].首都师范大学,2014.
- [8]宋伟国. 小麦生长可视化关键技术研究[D].南京农业大学,2013.
- [9]李鲤,李晓霞.基于层次分析法的网络消费主影响因素分析[J].宁波广播电视大学学报,2010,8(04):14-17.
- [10]王凯,支煜,陈浩等.一种基于 Graham 扫描算法的空间点云结构化算法研究[J].现代电子技术,2018,41(14):139-142+146.DOI:10.16652/j.issn.1004-373x.2018.14.034.
- [11]Ma Yanling. Research on Safety Risk Assessment Method of Wind Power Enterprises Based on Hybrid Analytic Hierarchy Process[J].Journal of Physics:Conference Series.Volume 2418,Issue 1.2023
- [12]Raghuvanshi Abhishek,Singh Umesh Kumar,Sajja Guna Sekha,Pallathadka Harikumar,Asenso Evans,Kamal Mustafa,Singh Abha,Phasinam Khongdet,Hussain Abid.Intrusion Detection Using Machine Learning for Risk Mitigation in IoT-Enabled Smart Irrigation in Smart Farming[J].Journal of Food Quality,2022,2022.