



西北农林科技大学

硕士学位论文

羊场管理系统软件的开发优化与应用研究

培 养 单 位 _____ 动物科技学院 _____

专业学位类别 _____ 农业硕士 _____

专业学位领域 _____ 畜牧 _____

论 文 作 者 _____ 姜韶华 _____

指 导 教 师 _____ 张恩平 教授 _____

合作指导教师 _____ 南风 _____

2024 年 6 月

Thesis Submitted to Northwest A & F University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for Degree of Master of Agriculture

Research on the development, optimization
and application of management system software
for sheep farms

Colleges: College of Animal Science and Technology

Major: Animal Husbandry

Candidate: Jiang Shaohua

Supervisor: Professor Zhang Enping

Co- Supervisor: Nan feng

June,2024

分类号：S826.4

UDC：636

密 级：公开

学校代码：10712

研究生学号：2021055445

西北农林科技大学硕士学位论文

羊场管理系统软件的开发优化与应用研究

论文作者：姜韶华

指导教师：张恩平 教授

答辩委员会：

西北农林科技大学 宋宇轩 研究员（主席）

西北农林科技大学 史怀平 教授（委员）

西北农林科技大学 刘宝龙 副教授（委员）

陕西省畜牧技术推广总站 逢国梁 高级畜牧师（委员）

陕西省陇县畜牧工作站 边会龙 高级畜牧师（委员）

西北农林科技大学 赫秋亚 博士后（秘书）

答辩日期：2024 年 5 月 23 日

本研究得到“双一流”学科群创新团队建设资金，陕西省肉羊
产业技术体系建设项目（NYKJ-2021-YL-14、NYKJ-2022-YL(XN)
43、NYKJ-2023-YL（XN）46）

This research was funded by the "Double First-class" Science
Group Innovation Team Construction Fund, the Technical System
Construction Project of the Meat Sheep Industry of Shaanxi Province
（NYKJ-2021-YL-14, NYKJ-2022-YL（XN）43, NYKJ-2023-YL
（XN）46）

摘要

自二十一世纪伊始，全球信息化浪潮的推进使得计算机技术与现代网络技术在畜牧业中的推广与应用变得至关重要。在我国，集约化、规模化的羊场模式已渐成主流，但随之而来的是羊场管理中一系列问题的凸显。如：传统的记录方式以手工或 Excel 为主，其效率低下和专业性不足的问题日益明显。由于缺乏及时、精确的数据支持，管理人员难以对羊场的实际生产情况有全面准确的了解，这无疑对管理与决策造成影响。此外，传统的育种方式主要依赖于个体的表型值，但未考虑亲子代关系，选种的可靠性有待提升。因此，本研究致力于推动羊场生产数据的规范化管理，促进良种繁育的科学化应用，以期提升羊产业的综合效益与可持续发展能力。主要包括：

（1）需求分析及功能设计。根据实际调研与文献阅读，本研究归纳出四种用户的需求特点，基于此，在业务功能模块，设置属地管理、角色管理、用户管理等功能。在应用功能模块，设计羊只基本信息管理、生产信息、疫病信息、繁殖信息、药品管理、饲料管理、统计报表与预警、科学育种等 8 个模块，共计 36 项功能。

（2）羊场管理系统软件的开发与功能实现。在 Web 端使用前后端分离的 B/S 架构，前端采用 Vue、Echarts、ElementUI 进行开发，选用 Nginx 作为 web 服务器；后端采用 Spring Boot 为开发框架，MySQL 数据库作为数据存储。此外，功能开发方面本研究采用 Java 和 R 等编程语言。特别在科学育种管理模块中，根据羊场育种需求，构建三种育种值计算模型（BLUP 模型、GLMM 模型、平均表现型模型），结合种公母羊表型数据，实现种公母羊的等级排序并自动生成近交系数，得到科学合理的配种方案。

（3）系统软件的测试与优化。通过黑盒测试验证系统功能，并使用 LoadRunner12 对系统进行性能测试，界面评定则采用用户问卷的方式。结果表明，系统存在某些应用功能缺陷，多并发用户数时系统出现卡顿现象。针对测试结果，本研究优化羊场管理系统，解决数据管理问题，提升系统的运行速度，改进近交通径可视化功能。

（4）系统软件的试运行与应用。在陕北某集约化湖羊场进行半年的试运行，期间对系统进行持续优化，验证每项功能的实用性与可行性，解决大量数据批量导入易出错，耳标丢失后信息失效等实际问题，为系统下一步实际应用奠定基础。随后，系统在 6 家羊场、8 家育种户进行应用，共计导入 58087 条生产数据，解决羊场系谱信息无法生成，近交系数计算困难等问题。

关键词：羊场；管理系统；育种；Spring Boot+Vue

ABSTRACT

Since the beginning of the 21st century, the advancement of the global wave of information technology has made the promotion and application of computer technology and modern network technology in animal husbandry crucial. In China, the intensive and large-scale sheep farming model has gradually become the mainstream, but with it, a number of problems in sheep farm management have come to the fore. The traditional method of record keeping is mainly manual or Excel, and its inefficiency and lack of professionalism are becoming increasingly apparent. Due to the lack of timely and accurate data, it is difficult for managers to have a comprehensive and accurate understanding of the actual production situation of sheep farms, which undoubtedly has an impact on management and decision making. In addition, traditional breeding methods are mainly based on individual phenotypic data, but the reliability of selection needs to be improved due to the lack of data support. Therefore, this study aims to promote the standardised management of production data in sheep farms, promote the intelligent and scientific application of breed breeding, and thus enhance the comprehensive benefits and sustainable development of the sheep industry. The main elements include:

(1) Requirements analysis and functional design. Based on the actual research and literature reading, this study summarises the demand characteristics of the four types of users, based on which, in the business function module, the functions of area management, role management and user management are set. In the application function module, eight modules are designed for sheep basic information management, production information, disease information, breeding information, drug management, feed management, statistical reports and early warning, scientific breeding, etc., with a total of 36 functions.

(2) Software development and functional implementation of a sheep farm management system. This study uses the B/S architecture with front-end and back-end separation on the web side, and the front-end is developed using Vue, Echarts and ElementUI, and Nginx is chosen as the web server; the back-end adopts Spring Boot as the development framework, and MySQL database is used as the data storage. In addition, this study uses programming languages such as Java and R for functional development. In particular, in the scientific breeding management module, according to the breeding needs of sheep farms, three breeding value calculation models (BLUP model, GLMM model and average phenotype model) were constructed and combined with the phenotypic data of breeding ewes and rams to achieve the ranking of breeding ewes and rams and automatically generate the inbreeding

coefficients, so as to achieve scientific and reasonable.

(3) System software testing and optimisation. The functionality of the system was verified by black box testing, and performance testing was carried out using LoadRunner12, while user questionnaires were used to evaluate the interface. The results show that the system has some shortcomings in terms of application functionality, and that the system lags when there are many concurrent users. In response to the test results, this study optimises the sheep farm management system, solves data management problems, improves the operating speed of the system, and improves the visualisation function of the near-traffic path.

(4) Trial operation and application of the system software. During the six-month trial run in an intensive Hu sheep farm in northern Shaanxi, the system was continuously optimised to verify the practicality and feasibility of each function, solve the practical problems of error-prone batch import of large amount of data and information loss after loss of ear tags, etc., so as to lay the foundation for the next step of practical application of the system. Subsequently, the system was applied in 6 sheep farms and 8 breeders, with a total of 58,087 pieces of production data imported, solving problems such as the inability to generate genealogical information in sheep farms and the difficulty in calculating inbreeding coefficients.

KEY WORDS: Sheep farm; Information management system; Breeding; Spring Boot+Vue

目 录

第一章 文献综述	1
1.1 羊产业概况.....	1
1.1.1 羊存栏量与养殖方式.....	1
1.1.2 我国羊产业的发展现状.....	2
1.2 管理信息系统的概况.....	3
1.2.1 管理信息系统的定义.....	3
1.2.2 基于数据库技术的管理信息系统.....	3
1.3 管理信息系统在畜牧业的应用发展	4
1.3.1 在遗传育种中的应用.....	4
1.3.2 在饲料营养中的应用.....	5
1.3.3 在生产管理中的应用.....	6
1.3.4 在疾病防治检疫中的应用.....	7
1.4 动物遗传参数评估及育种模型	8
1.4.1 遗传参数估计.....	8
1.4.2 动物育种模型的发展.....	9
1.5 研究羊场管理信息系统的目的及意义	9
第二章 基于 Spring Boot+Vue 框架的羊场综合管理系统软件的开发 与设计	11
2.1 材料与方法.....	11
2.1.1 系统的开发工具.....	11
2.1.2 系统的开发环境.....	12
2.1.3 系统的开发思路.....	12
2.1.4 系统的需求与设计.....	13
2.1.5 主要功能模块的实现.....	16
2.2 结果与分析.....	18
2.2.1 系统页面展示.....	18
2.2.2 系统各功能模块.....	19
2.2.3 系统管理模块.....	24
2.3 讨论.....	26
2.3.1 羊场管理系统软件.....	26
2.3.2 各项模块的功能性及联系.....	27
2.4 小结.....	28
第三章 羊场管理系统软件的测试与优化	29
3.1 材料与方法.....	29

3.1.1 测试方法与工具.....	29
3.1.2 性能测试指标.....	29
3.1.3 优化思路.....	30
3.2 结果与分析.....	30
3.2.1 测试结果.....	30
3.2.2 系统主要优化.....	33
3.3 讨论.....	36
3.4 小结.....	36
第四章 羊场管理系统软件的实际应用	37
4.1 材料与方法.....	37
4.1.1 应用地点.....	37
4.1.2 基础数据的收集.....	37
4.1.3 数据处理.....	37
4.1.4 验证试验.....	37
4.2 结果与分析.....	38
4.2.1 表型测定结果.....	38
4.2.2 羊场管理系统软件在系谱档案中的应用效果	39
4.2.3 羊场管理系统软件在统计报表中的应用效果	39
4.2.4 羊场管理系统软件在科学育种中的应用效果	41
4.3 讨论.....	42
4.4 小结.....	43
第五章 结论与创新点	45
5.1 总结论.....	45
5.2 创新点.....	45
5.3 下一步研究计划.....	45
参考文献.....	47
附录.....	53

第一章 文献综述

1.1 羊产业概况

羊，偶蹄目洞角科，包括绵羊属和山羊属，是这两个属类的统称（张德印等 2021）。羊在远古时期与人类生活紧密相连，在中国传统文化中具有举足轻重的地位，对中国文字、饮食、道德、礼仪、美学等诸多文化的形成与发展产生了深远影响。明代经典《增广贤文》将“羊之跪乳”纳入其中，将其塑造为感恩图报的典范。羊肉不仅美味可口，还具有药用价值，被视为高级滋补品。

1.1.1 羊存栏量与养殖方式

1.1.1.1 羊存栏量分析

1996 年至 2022 年期间，我国绵羊养殖数量实现了显著增长，由 11412.5 万只攀升至 19403.0 万只，呈现出年均 2.6% 的稳步增长态势。相较之下，山羊的总体养殖规模则维持在相对稳定的 13000 万只左右（付凌晖和叶礼奇 2023）。如图 1-1 所示，绵羊存栏量在这 26 年间呈现出稳步上升趋势，而山羊存栏量的变化则相对较小。

受草原生态环境变化及自 2004 年起实施的一系列草原保护政策的影响，绵羊和山羊的存栏量曾一度呈现下滑态势。然而，随着各地区产业政策调整及规模化养殖场迅猛发展，绵羊养殖数量自 2008 年 13756.7 万只开始逐步攀升，至 2022 年已达到 19403.0 万只。与此同时，山羊养殖数量在 2008 年达到峰值 15067.0 万只后，受到养殖场地资源约束的影响，逐年滑落至 2022 年 13224.2 万只。

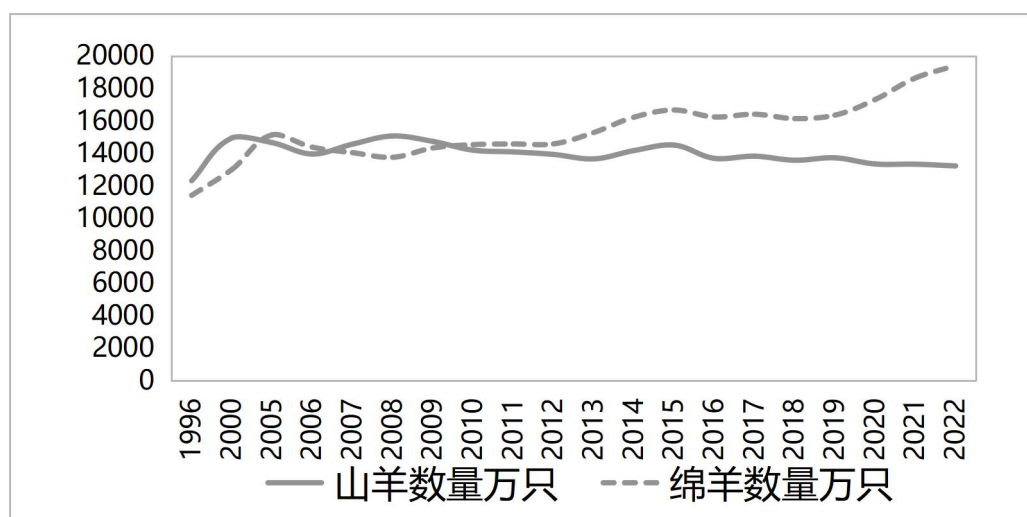


图 1-1 1996 年—2022 年我国山羊、绵羊存栏量变化

Fig.1-1 Changes in the stock of goats and sheep in China, 1996-2022

注：数据来自 2023 年中国统计年鉴

Note: Data from China Statistical Yearbook 2023.

1.1.1.2 羊的养殖方式

目前,我国羊的养殖方式正经历由传统放牧向舍饲和半舍饲模式的转变(张英杰 2020)。鉴于市场上对羊产品的需求持续增长,单纯依赖传统的放牧方式难以满足庞大的市场需求。为防止牧区出现过度放牧现象,进而保护原有草场生态环境,发展舍饲和半舍饲养殖模式已成为一种不可逆转的趋势。因此,羊的饲养规模正在逐步扩大,具备万头乃至数万头羊的规模化养殖场数量正在稳步增加。

1.1.2 我国羊产业的发展现状

羊产业,作为畜牧业的关键一环,对于国家经济的稳健增长与民众生活的持续改善发挥着举足轻重的作用。在贸易战与疫情的双重影响下,民众对加强自身免疫力的认识不断加深,对国内高品质畜产品的需求亦呈上升趋势。党的二十大报告及 2024 年中央一号文件均明确指出,要致力于构建农业强国,推动产业向高质量发展,确保牛羊肉等基础生产能力的稳定。同时,对良种繁育、疫病防控等关键领域进行深入研究,为羊产业的持续发展提供政策扶持(李军和金海 2024),从而羊产业得以实现高速发展和持续增长,呈现出良好的发展态势(肖湘雄和滕俊磊 2023)。

随着我国民众生活品质的持续提升,羊产业在生产过程中,不仅需要确保产品的充足供应,更需满足广大消费者对产品品质的严格要求。2023 年研究报告显示,民众对高品质、高蛋白且低脂肪的动物蛋白的需求持续上升。据中国农科院发布的《2023 年中国食物与营养发展报告》指出,2022 年我国居民人均每日动物性蛋白质的摄入量已达到 63.4g, 占总蛋白质消费量的 50.25%。然而,我国羊产业主要依赖于传统的饲养管理方式,技术应用相对滞后,导致饲养成本居高不下,养殖效益不尽如人意。尽管我国畜产品总体产量跻身世界先进行列,但人均占有量却远远不足(许佳彬 2023)。因此,面对人民日益增长的需求,我国羊产业的生产模式正经历着变革,逐渐转向集约化、规模化、智能化的生产方式,这一趋势不可逆转。此外,羊产业的生产布局亦趋于向具备优势的地区集中,旨在更好地迎合市场及消费者的需求。比如,2022 年,陕西省榆林市羊饲养量达 929.19 万只;建成 5 个规模高达百万只的养羊大县,6 个省级肉羊养殖基地县、29 个具备 10 万只养殖规模的养羊大镇(郭英 2023),此外榆阳区打造“全国最大的肉羊全产业链基地”,羊产业养殖模式正在由传统的分散式养殖迅速向规模化养殖转变(慕圆圆 2022)。

尽管我国羊产业的生产力在稳步提升,产业结构也在持续优化,但目前在羊产业管理系统软件的建设方面仍存在空白,管理系统软件的完善程度也有待提升,这在一定程度上制约了管理系统软件在畜牧业领域产业化应用的进一步推进。但是,在信息化和智能化程度方面,我国自主研发的羊产业智能设备与国外相比仍存在一定差距。此外,畜牧行业大数据平台的建设尚处于区域性阶段,智能养殖的商业模式初期成本

投入相对较高。针对这些问题，需要国家政府的大力扶持与引导（刘东洋 2021）。

1.2 管理信息系统的概况

1.2.1 管理信息系统的定义

管理信息系统（Management Information System, MIS）是一种集成化系统，其核心在于整合计算机设备、人力资源以及其他外围设施，以完成信息收集、传输、存储、处理、维护及应用等多重任务（吴爽 2021）。作为一门新兴的科学技术，MIS 的发展与信息技术的革新紧密相连。其根本目标在于借助现代计算机及网络通信技术的力量，对企业信息管理进行优化升级，从而极大提升决策过程的效率与精确性。通过计算机软件与硬件的紧密结合，MIS 能够实现自动化的数据分析、计划制定、过程控制以及决策模型的构建（Kim Dongyool et al. 2022）。此外，MIS 亦是一种用户—机器交互系统，借助数据库技术的支持，为决策者提供全面、准确的信息服务（Shivegowda et al. 2022）。

随着信息技术的迅速发展和科技的不断革新，MIS 已广泛应用于各个领域，成为现代企业运营中不可或缺的一部分。MIS 的发展离不开计算机技术的支撑，功能与性能随着计算机技术的不断升级而日益精进，其经历了单机系统、主机/终端、文件/服务器、C/S（Client/Server，客户机/服务器）、B/S（Browser/Server，浏览器/服务器）五个阶段（孟瑞强 2014）。近些年，云计算、大数据、人工智能等前沿技术的崛起，MIS 也在持续升级与完善，为企业带来了更加高效与便捷的运营和管理解决方案。

1.2.2 基于数据库技术的管理信息系统

数据库技术的诞生在数据管理技术发展史上具有里程碑意义（陶建华等 2016）。自 20 世纪 60 年代后期兴起以来，数据库技术已成为企业部门数据管理的重要工具，并持续推动 MIS 的发展。历经五十余载的演进，数据库技术已历经多个关键阶段，从早期的 DBASE、Foxpro^{2.5b}，逐步发展至广泛应用的 SQL server，再到当下备受推崇的 MySQL 等。这些变革不仅彰显技术的进步，也反映行业需求的不断升级（侯博学和陈林 2024）。以其卓越的管理性能，数据库技术已经成功应用于全球各个行业的各个领域（洪小娟等 2015）。目前，随着数据库技术的不断进步与创新，MIS 在畜禽遗传育种、饲料营养、生产管理及疫病防控等多个领域，均得到广泛的应用。

在 20 世纪末，研究人员运用 DBASE 技术，成功构建一个专门用于奶牛信息管理的数据库（朱益民 1985）。其后，李晓玲等（1990）采用 DBASEIII 技术，设计奶牛育种资料数据库管理系统，该系统以 2000 多头成年母牛的育种资料为基础，构建两大核心数据库。1998 年，田可川等（1998）采用较为先进的 Foxpro^{2.5b} 数据库技术，成功地设计细毛羊育种信息管理系统，凭借其简单明了的报表与结果，获得畜牧工作者

的青睐。

进入 21 世纪, SQL Server 作为一款独立的关系型数据库, 可满足不同业务场景的需求。其具有集成程度高、融合度高等优点。杨丽芬(2003)在利用 Visual Basic 6.0 和 SQL Server 2000 数据库设计基于 C/S 框架的肉羊育种管理信息系统。其主要应用于选种及育种生产信息管理, 实现肉羊育种资料的自动化录入与可视化分析。随后, 咎林森等(2006)同样利用 Visual Basic 6.0 和 SQL Server 2000 数据库技术, 结合耳标、分割肉产品号及其对应的 EAN/UCC 条码号等动物标识技术, 进行牛肉安全生产加工全过程质量跟踪与追溯信息管理系统的研发。其成功建立一个覆盖繁育、饲养、屠宰加工与销售全链条的质量追溯体系, 并设计包括信息查询、信息采集、帮助等在内的五个核心功能模块。

近十年来, MySQL 数据库的迅速崛起, 不仅推动信息化时代的巨大变革, 也为后续管理信息系统的创新发展提供重要的思路与方向。孟瑞强(2014)选择 MySQL 作为后台数据库, 运用 Java 编程语言, 成功研发出基于 B/S 架构的绒山羊育种信息管理系统。随着 HTML、CSS 以及 Java Script 等前端技术的不断成熟与完善, 胡师金(2016)同样选用 MySQL 作为后台数据库管理软件, 并运用 Java、Html+CSS+Java Script 等计算机技术语言, 设计并完成基于物联网技术的肉羊育种管理信息系统。近期, 研究人员选用 MySQL 数据库设计山羊数字化育种管理系统(王龙威等 2024)。

现代信息技术、数据库技术及人工智能等科技领域取得显著进展, 从而推动管理信息系统在畜牧业中的广泛应用。作为现代化畜牧业的重要支撑, 管理信息系统不仅极大地促进行业信息的传播、企业宣传以及技术推广, 而且提升整个行业的运营效率和竞争力(韦敬楠 2023)。未来, 随着人工智能与物联网技术的日益成熟, 数据库技术将持续深化发展, 进一步优化信息资源的整合与利用, 为畜牧业乃至其他领域的持续创新和发展注入新动力。

1.3 管理信息系统在畜牧业的应用发展

1.3.1 在遗传育种中的应用

遗传育种是一门专业化的学科, 要求研究人员系统性地搜集、整理以及妥善保存畜禽的遗传数据。这些数据不仅是育种工作的基石, 也是制定最佳育种策略的重要依据。为了保障育种值评估的精确性, 科研工作者需依赖科学的统计方法, 详尽无遗地分析所有与育种相关的数据资料, 包括生长速度、产奶量、产绒量等。

鉴于育种数据的庞大和复杂性, 研究人员运用计算机技术开发出专业的软件系统, 以应对这些挑战。这些软件系统能够高效处理和分析数据, 提升评估的精确度和选择速度, 进而增强育种工作的可靠性。通过自动化的数据处理和统计分析, 这些软件系统协助研究人员迅速识别出具有优秀遗传特性的个体, 并对海量的遗传数据进行深度

挖掘，为育种策略的制定提供更为全面和精确的信息支持（徐振飞等 2020）。

2000 年，西班牙研究人员研发 GESCAB 软件，该软件可以有效管理马的育种资料并进行分析计算，成本低廉（Melgarejo et al. 2000）。2001 年，荷兰研究人员研发 SelAction 育种软件，可以为各种种群结构和选种策略提供一种工具来预测畜禽育种程序中的选择系数和近亲繁殖率（Rutten et al. 2001）。2014 年，韩国研究人员采用网络服务器的 JSP 等技术设计基于 QR 码的母猪育种改良管理系统，为养殖户提供方便，提高母猪的出栏数量（Hansol et al. 2014）。2016 年，美国研究人员研发育种程序模拟软件——AlphaSim，用于模拟生物技术变化的育种程序（Faux et al. 2016）。2017 年，俄罗斯研究人员利用 R 语言设计育种模型（Cheshkova et al. 2017）。2020 年，法国科研团队运用 Thurstonian 模型，研发一款马育种值预测软件——GIBBSTHUR。此软件融入吉布斯采样器方案，包含数据强化步骤，用于排序特征的权重。此外，该软件还能估算方差和协方差分量，以及预测育种值和竞争者在竞技场中的平均表现。这一创新软件对于马育种行业具有重要意义（Varona and Legarraet 2020）。

进入 21 世纪，随着计算机的普及，我国在动物遗传评估相关系统软件方面发展迅速。2009 年，孙晓燕和姜勋平（2009）等研究人员成功研发出 GBS 猪育种软件，有效提升种猪选育的精准性，显著优化育种生产效率。2010 年，鲁绍雄和夏文财（2010）等研究人员开发肉羊信息管理与育种分析系统，该系统为肉羊生产管理提供便捷，大幅度提高肉羊育种效率。2016 年，胡师金（2016）依托物联网技术，构建肉羊育种管理信息系统。该系统在育种环节，通过后台自动化调用 DMU 软件，计算出相关性状的育种值，为肉羊育种的管理提供强有力技术支撑，同年，涂远璐等研究人员设计亲缘系数及近交系数的程序（涂远璐等 2016）。2019 年，研究人员构建分为遗传育种与养殖管理两大模块的肉羊遗传育种与养殖在线管理系统，对提高肉羊育种效率与养殖效益具有重要意义（张静和曹立春 2019）。2021 年，研究人员与金昌市畜牧养殖基地合作构建湖羊育种管理信息系统，对实际应用有借鉴意义（高立兵和刁鹏 2021）。2022 年，吴飞（2022）设计基于 Django 框架的利用 R 语言 Sommer 包的肉羊遗传评估系统，为新疆肉羊产业高质量发展提供技术支持。2024 年，王龙威等研究人员设计并应用山羊数字化育种管理系统，促进山羊场取得育种进展，提高云上黑山羊的初生窝重 0.5 kg，窝均产羔数由 2.10 只提升到 2.12 只（王龙威等 2024）。同年，研究人员利用 R 语言 Sommer 包、lme4 包，进行育种值评估，在多家羊场试运行，效果良好（姜韶华等 2024）。

1.3.2 在饲料营养中的应用

信息管理在饲料营养领域应用广泛，其涉及饲料配方设计、精准投喂以及饲料追溯等多个关键环节。借助高效的信息管理手段，我们能够实现对饲料营养的精准控制，从而提升动物的生产性能，有效降低饲养成本，并推动养殖业的可持续发展。在饲料

配方设计方面,信息管理技术通过构建精准的数据库,详细记录并分析各种饲料原料的营养成分,为配方设计师提供数据支持,使其能够快速而准确地制定出科学合理的饲料配方。而在饲料精准投喂方面,信息管理技术则通过智能化的投喂系统,实现对动物个体饲料摄入量的精确控制。该系统能够实时监测动物的生长状况及食欲变化,并自动调整投喂量,确保动物能够获得适宜的营养。此外,信息管理技术还能够实现饲养过程的可追溯性。通过建立详细的饲养记录数据库,可以全面跟踪并记录饲料来源、配方、投喂等关键信息,从而提高饲养效率,确保饲料安全,并为消费者权益提供有力保障。

在国外,1989年,美国科研人员设计一套饲料编码系统(Williams and Ward 1989)。2001年,澳大利亚研究人员使用线性规划的饲料配方软件,这是一款功能强大的饲料配方电子表格,易操作(Evan and John 2001)。2013年,美国研究团队将产奶量、干物质采食量和磷排泄量预测功能纳入多目标奶牛饲料配方软件程序的开发中,可以详细说明每头奶牛每次挤奶的精料补充率以及相应的预计每日牛奶利润率(Mutua et al. 2013)。2018年,韩国研究团队使用进化算法优化饲料配方软件,相较传统算法更具优势(Uyeh et al. 2018)。

在我国,2014年,李浩等研究人员设计奶牛配料方案系统,采用多目标随机规划模型对特定体况奶牛进行日粮配方设计,得出日粮成本最小化(李浩等 2014)。2017年,沈秋采等研究人员进行基于目标规划的马饲料配方研究(沈秋采等 2017)。同年,熊本海(2017)等研究人员设计哺乳母猪精准饲喂下料控制系统,可以通过PC端进行数据分析,得出哺乳母猪各阶段采食量,提高养殖效率。2020年,蔡炳育成功构建饲料安全追溯系统,该系统全面覆盖饲料的生产、加工以及追溯等各个环节,确保饲料安全信息的可追溯性(蔡炳育 2020)。最近,谷敏和段廷燕(2023)利用物联网技术,设计饲料生产线的远程监测系统,进一步推动饲料生产技术的现代化和智能化。

1.3.3 在生产管理中的应用

现代畜牧业中,融入计算机技术于畜禽生产,实现信息化、数字化管理,推动畜牧业向更高效、智能发展。计算机技术帮助构建系统化数据库,记录并保存畜禽生产性能信息,如生长速度、饲料转化率、疾病和繁殖性能等。集中管理这些数据,为决策分析提供有力支持。专业软件工具对这些数据深入分析,运用统计学和数学模型挖掘隐藏规律和趋势。这有助于了解畜禽生产性能特点,为制定科学合理的生产计划提供依据。根据分析结果和实际情况,制定科学、合理的畜牧业生产计划,考虑生产性能、资源利用和环境保护,实现可持续发展。优化生产流程,减少浪费,提高生产效率,显著提高畜牧业经济效益。

在畜牧生产领域,发达国家较早地引入计算机技术进行管理与优化。由于美国计

算机起步早，在 20 世纪便较为普遍，大型农场在日常农业中利用计算机技术来进行农场或牧场管理（Brent and Jay 2000）。2018 年，英国研究人员利用精准服务系统饲养山羊，进行对照试验，结果显示系统养殖所产生的净利润显著高于常规养殖（Claire et al. 2018）。2022 年，意大利研究团队整合 10 家奶山羊场的数据为基础资料，通过开发数据模型，设计出奶山羊挤奶管理系统，提高奶山羊养殖场的生产能力，并减少挤奶费用（Francesco et al. 2022）。近年来，随着技术的发展，一些发展中国家如印度和巴基斯坦也开始引入计算机技术进行畜牧生产管理。2020 年，巴西研究人员利用物联网技术设计智慧奶牛系统（Rodrigo et al. 2020）。印度研究人员在 2022 年成功开发一个基于人工智能（AI）和物联网的多功能绵羊在线决策支持系统。该系统不仅便于管理人员和饲养人员使用，还显著提高养殖效率（Hamadani and Ganait 2022）。

在我国，2013 年，涂远璐等研究人员设计基于 B/S 架构的肉羊规模生产信息化管理系统，这一系统包含数据的存储、统计、分析，并在羊场试运行一年有余，显著提高羊群的生产效率（涂远璐等 2013）。2016 年，李欣（2016）采用 Ext JS 前端框架技术及 Struts2、Spring 和 Hibernate 后端框架技术，设计肉羊养殖管理与溯源平台的体系结构。同年，许平平（2016）则以 Apache + MySQL + PHP 为开发环境，采用 B/S 三层体系结构，开发具有两种使用权限的种羊注册系统。2017 年，熊本海等（2017）研究人员研发奶牛饲喂自动控制系统，该系统能较好地实现奶牛个体的精细化饲喂，研究奶牛的采食行为特点。同年，研究人员设计基于全产业链数据记录的肉牛养殖管理系统（Yao et al. 2017）。随着微信小程序的发展，刘海朝（2018）基于微信网络开发工具，结合 Bmob 移动云端数据库，采用微信小程序开发语言（JavaScript、WXML 和 WXSS），研发山羊管理信息移动应用系统。

1.3.4 在疾病防治检疫中的应用

畜禽疾病防治检疫对养殖户而言，既是其关注的核心问题，也是一项富有挑战性的技术任务。在国外，2015 年，泰国研究人员为猪场设计基本 B/S 的猪病诊断系统——Swine-Vet，使用效果显著（Chutchada et al. 2015）。2019 年，Aristoteles（2019）成功运用贝叶斯网络方法构建一个奶牛疾病诊断的专家系统。2022 年，由于大多数山羊饲养者缺乏山羊疾病防治经验，兽医紧缺，会诊服务设施有限等问题。Lizza 建立一个山羊诊治专家系统，可以帮助养殖户诊断山羊疾病（Lizza et al. 2022）。

近年来，我国政府对动物卫生体系建设给予高度重视，各级行政机关积极响应，结合本地实际情况，推动防疫系统的创新与发展。例如，2017 年中国农业科学院启动全国动物防疫检疫信息一体化管理系统的建设（廉士珍等 2017）；2019 年，广西壮族自治区构建动物防疫物资信息管理系统（黄张玲等 2019）；2020 年，田知鑫（2020）针对绒山羊疾病诊断开发一款专家系统，该系统基于专家在绒山羊疾病诊治过程中积

累的大量经验数据，并运用机器学习技术进行开发。直至 2022 年，陕西省西安市未央区构建兽医实验室信息管理系统。该系统的高效运用，使得实验管理人员能够实时掌握采样、流转、检测等核心环节的信息，同时实现检测报告的自动化生成，显著缩短检测周期（杨彦武等 2022）。

1.4 动物遗传参数评估及育种模型

在动物生产中，遗传参数的掌握和育种模型的应用扮演着重要的角色。它们不仅决定动物品种改良的速度和方向，更直接关系到畜牧业的经济效益和可持续发展。因此，对动物遗传参数和育种模型的研究具有深远的理论和实践意义。

1.4.1 遗传参数估计

在家畜遗传育种方面，遗传参数估计是至关重要的环节，遗传参数，主要包括遗传力、重复力和遗传相关等要素，是理解和优化家畜育种过程的关键所在。这些参数的准确估计，可以帮助育种者更好地理解家畜的遗传特性，制定更有效的育种策略，以实现家畜性能的优化和提升。然而，遗传参数的估计精度受到多种因素的影响。首先，样本数量是影响估计精度的重要因素。样本量越大，参数的估计值越接近真实值，反之则会产生较大偏差。其次，遗传背景和环境因素也会对参数估计产生影响。例如，家畜的遗传背景不同，其遗传参数的估计值也会有所差异。此外，环境因素如饲养条件、营养状况等也会对性状表现产生影响，从而影响遗传参数的估计。因此，在进行遗传参数估计时，必须充分考虑并控制这些因素，以确保结果的准确性和可靠性（Shen et al. 2020）。

1.4.1.1 遗传参数

在历史的长河中，已经涌现出多种遗传参数评估方法。各国动物遗传育种领域的专家学者，通过持续深入的研究与探索，推动这一评估方法的不断完善与进步。首先，Fisher 在 1925 年首次提出方差分析法，虽只考虑随机效应的影响，忽略固定效应和个体间的亲缘关系，导致估计值准确性较低，但极具开创意义（Fisher 1925）。在此基础上，Henderson 在 1953 年提出 3 种方差分析法的优化方案，虽有进步但未解决个体间的亲缘关系（Henderson 1953）。经过十余年的发展，研究人员提出最大似然法和约束最大似然法以及最小范数二次无偏估计法和最小方差二次无偏估计法等评估方法，其中最大似然法估计值不受模型中固定效应的影响，可以利用大量数据进行估计。到 20 世纪 80 年代，贝叶斯法与吉布斯抽样法相继被研究人员提出，其中贝叶斯法需要大量基础数据以确保评估的准确性，同时当数据较多时，运行速度过慢。进入新世纪，R 语言展示出其在运算方面的极大优势，同时估计准确值较高（吕明鹏 2022）。此外，随着科技的进步，一些新的统计方法和模型也被应用于遗传参数的估计中。例如，基于

全基因组关联分析（GWAS）的方法可以帮助育种者更准确地估计遗传参数。通过利用大规模的基因型数据和表型数据，GWAS 可以揭示基因与性状之间的关联，为遗传参数的估计提供更为准确的信息。

1.4.1.2 遗传参数估计模型

在动物遗传学中，为了深入理解和预测生物性状的遗传规律，遗传参数估计是不可或缺的。随着统计学和计算技术的发展，育种研究员曾开发多种模型来估计这些参数。如常见动物遗传参数估计模型：线性模型、广义线性模型、随机模型、混合模型以及基于贝叶斯统计的模型（薛晓姝 2023）。

目前，遗传参数估计领域已涌现出众多软件工具，主要分为两大类：常规育种值估计软件和基因组育种值估计软件（张元旭等 2024）。其中，常规育种值估计软件主要包括采用传统 BLUP 方法的 ABLUP 软件，以及运用 REML 估计方法的 DMU、ASReml、WOMBAT、BLUP90 等。而基因组育种值估计软件则涵盖 SNP 序列数据管理软件，如 Plink、SambaR 等；全基因组遗传评估软件，如 GBLUP、R 语言 Sommer 包等；以及机器学习全基因组软件，如 BWGS、DeepGS 等。

随着数据集的丰富、模型的不断优化以及数据挖掘技术的持续进步，遗传评估软件的功能日益完善，将极大地推动动物遗传改良进程，进而促进畜牧业的持续发展。这些软件工具的应用，为现代畜牧业提供技术支持，有助于实现更高效、更精准的遗传改良，提升畜牧业整体竞争力。

1.4.2 动物育种模型的发展

长期以来，农民和动物育种者使用人工选择来产生具有特定期望性状的后代。评估动物的表现最初基于表型，后来加入系谱记录和表型数据（Boichard et al. 2016）。随着计算能力的进步，最佳线性无偏估测（BLUP）成为最常用的育种值估计方法。但 BLUP 育种值结果准确度不够。分子遗传学的出现促使研究人员在 DNA 水平上研究性状。20 世纪 80 年代后期到 21 世纪初，研究人员提出标记辅助选择（MAS）研究方法（Georges 1999）。但 MAS 的有效性受到与 QTL 处于连锁不平衡状态的标记的稀疏分布的限制（Weigel et al. 2016）。因此，Meuwissen 等（2016）提出基因组选择方法，使用密集的标记图谱来估计育种值。随着分子技术的进步，基因组选择已成为许多国家动物育种计划的标准方法。然而，基因组选择方法不能考虑非加性效应，且基因分型提供不断增长的标记数据集，激化“维度诅咒”。近年来，机器学习算法的发展及其在基因组学中的应用已经引起关注（Chafai et al. 2023）。

1.5 研究羊场管理信息系统的目的及意义

鉴于当前经济形势的复杂多变，我国畜牧业积极寻求转型，其中肉羊养殖业正由

传统的放牧和小规模散养模式向集约化、规模化转变（刘利 2020）。根据行业发展趋势，规模化羊场的数量和规模将持续扩大，进而确立为我国肉羊养殖的主导模式（左昕晨 2023）。然而，在羊场管理的实际操作中，暴露出若干问题和不足。例如，传统羊场多依赖纸质文件来记录和管理运营信息，随着羊场规模的扩大，信息管理和维护变得愈发复杂，需要投入更多资源。此外，管理者难以从海量数据中快速、准确地获取关键信息，这不利于羊场的有效管理和决策。随着信息技术的不断进步，部分羊场已开始采用计算机系统进行信息管理，主要依赖于 Office 等办公软件。尽管这些软件相比纸质方式提升效率，但由于其专用性有限，对于羊场管理信息的检索和提取仍显得不够便捷高效，且用户体验有待提升。

在二十一世纪这个信息化高速发展的时代，畜牧业正经历着前所未有的变革。随着全球信息化进程的推进，计算机技术和现代网络技术在畜牧业中的应用变得日益重要。这种变革中，一种集成办公系统、决策系统、生产系统和信息系统于一体的管理信息系统逐渐受到关注。该系统巧妙地将数据库、生产技术设备和网络通信技术融为一体，实现信息管理的数字化（王昊和刘友华 2021）。这种信息管理方式不仅优化资源配置，提高了生产效率，还推动畜牧业信息化的进程。

鉴于此，本研究通过计算机技术与养殖生产实际相结合，采用 Spring Boot+Vue 框架 B/S 结构的羊场综合管理系统软件，重点研发羊只的科学育种管理模块，针对生产中出现的羊只生产资料管理混乱，饲料、药品管理粗放，公母羊无科学化配种方案等问题，本研究提供切实可行的解决方案，同时为后续研究提供可用的原始数据支持和新的思路，使羊场管理更加规范化、科学化、智能化。

第二章 基于 Spring Boot+Vue 框架的羊场综合管理系统软件的开发与设计

开发与设计是管理系统优劣的基础，因此，需要在这两个方面投入足够的资源和时间。特别是，面向用户的软件系统，需要通过精细的开发与设计来保证其功能和用户体验的优化（裴威等 2021）。在开发方面，本研究团队需要深入了解业务需求，掌握最新的开发技术和工具，确保系统的稳定性和可扩展性。本研究正是基于这一背景，选择 Spring Boot+Vue 这一前后端分离的快速开发框架，其不仅可以大大降低开发时间和复杂度，还能够实现系统的模块化、组件化，提高系统的可维护性和可拓展性（胡金字 2023）。同时，前后端分离的架构也使得前后端开发者可以并行工作，提高开发效率（胡惠娟和马药 2020）。此外，这种架构还使得前端可以更加专注于用户体验的优化，后端可以注入更多业务逻辑，从而实现系统的整体优化。

在开发过程中，了解用户需求也是不可或缺的，从而确保新开发的系统真正符合业务需求，提高系统的实用性和易用性。在设计方面，一个好的界面设计可促进用户更容易理解和操作系统。本研究团队通过色彩、布局、字体等设计元素来营造出舒适、直观的用户界面。同时，系统功能确保准确解决用户的实际问题并顺利完成各项操作。

2.1 材料与方法

2.1.1 系统的开发工具

在本研究中采用 Vue、Echarts、ElementUI、Nginx 进行前端开发，Vue.js 作为构建用户界面的渐进式框架，具有轻量 and 灵活的特性，使其成为前端开发的首选工具之一（李晓薇 2022）。Vue.js 的响应式数据绑定和组件化的构建方式也使得开发者更加方便地实现数据的动态展示和交互（Paul 2016）。Echarts 则是一款非常流行的图表绘制库，其提供丰富的图表类型和灵活的定制选项，使得开发者可以轻松绘制出各种高质量的图表。同时，Echarts 还支持大数据量的渲染和动态数据的更新，使得开发者更加方便地实现数据的可视化展示（Deqing Li et al. 2018）。ElementUI 则是一款基于 Vue.js 的高质量 UI 组件库，其为开发者提供丰富的组件和样式，使得开发者能够更加方便地构建出美观且易用的前端界面（Junhui Song et al. 2019）。Nginx 作为轻量级的网络服务器和反向代理服务器，具有占用内存少、并发能力强的特点（Serdar Yegulalp 2016）。

在系统后端开发中，采用 Spring Boot 为开发框架，优势在于可以依赖管理、自动化配置和简化开发与部署。采用约定大于配置的方法，直接引入依赖，即可实现代码的开发（Hatma et al. 2017）。采用 MySQL 作为数据库软件，利用其强大的数据存储服务

和管理能力来支撑本研究的需求。同时，本研究选择 MyBatis 作为持久层框架，它支持定制化 SQL、存储过程以及高级映射，能够有效地将业务逻辑和数据访问逻辑进行分离。这种设计方式不仅使系统的架构更加清晰，还提高系统的可维护性和单元测试的效率（Zhao Liang et al. 2021）。

在编程语言方面，羊场管理系统软件采用 Java 和 R 等编程语言。Java 作为一种成熟、稳定、跨平台的编程语言，已经被广泛应用于各种软件开发领域（Chen and Wang 2013）。而 R 语言则在育种算法、数据分析和可视化方面具有独特的优势，能够为羊场管理系统提供强大的数据处理功能。

2.1.2 系统的开发环境

羊场管理系统软件的开发环境主要基于 Windows 10 操作系统和 jdk1.8，选择阿里云 ECS 作为开发服务器。Windows 10 作为目前广泛使用的操作系统，具有良好的兼容性和稳定性，为系统软件的开发提供坚实基础。jdk1.8 则是 Java 编程语言的开发工具包，它提供丰富的 API 和工具，为开发人员提供极大便利（赵荣彪 2021）。阿里云 ECS 作为云计算服务的重要组成部分，具有弹性扩展、安全可靠、性能卓越等特点，为软件的开发提供强大的计算能力和存储资源（李晓宇等 2023）。

羊场管理系统软件的开发和运行需要依赖一定的硬件支持。在系统开发阶段，研究团队采用配置较高的电脑进行开发，具体配置如下：CPU 为 Intel（R）Core（TM）i7-4790，RAM 容量为 16GB，Storage 容量为 512 GB，固态硬盘为 KIOXIA。这样的硬件配置能够确保软件开发的顺利进行，提高开发效率和质量。

2.1.3 系统的开发思路

本研究致力于构建一个全面、高效且实用的羊场管理信息系统软件，以应对现代畜牧业面临的挑战和机遇。本研究在系统工程的指导下，融合多个学科的理论知识和实践方法，确保系统的科学性和实用性。通过深入了解实际羊场生产流程，包括羊只的饲养、繁殖、疾病防治等各个环节。通过与羊场工作人员的紧密合作，收集到大量关于羊只生长、饲料、疾病等方面的数据。这些数据不仅涵盖羊场的日常运营信息，还包括羊只的个体特征和健康状况等细节。本研究收集到的数据进行科学分类和规范化处理。通过数据整理，确保数据的准确性和一致性，为后续的系统构建奠定坚实基础。在此基础上，本研究开发一套具备信息管理、数据查询、报表统计等功能的羊场管理信息系统软件，实现对羊场运营信息的全面、高效管理，为推动现代畜牧业的可持续发展做出积极贡献，系统详细开发思路如图 2-1 所示。

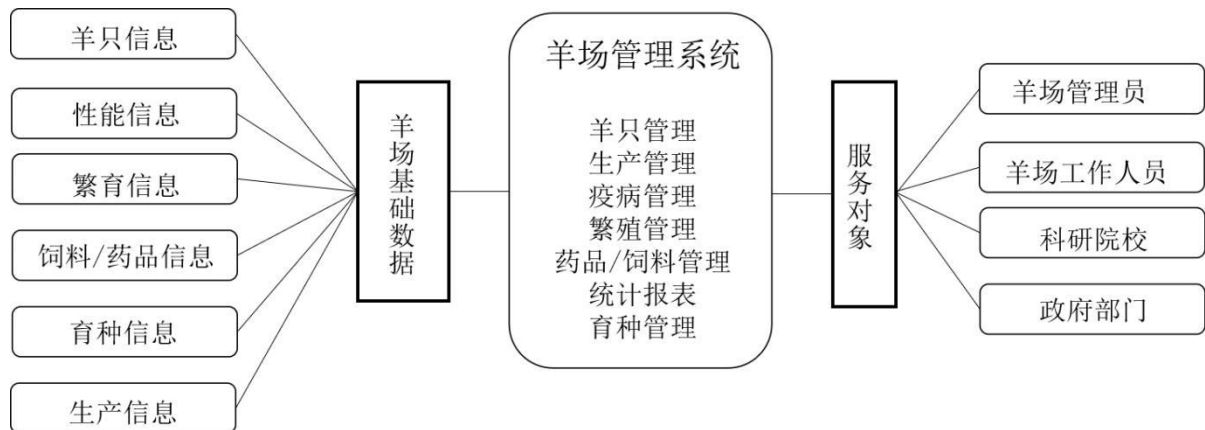


图 2-1 系统开发思路图

Fig.2-1 System Development Idea Chart

2.1.4 系统的需求与设计

羊场综合信息管理系统根据用户需求采用两种结构模式。其中以 B/S 结构模式为主，在实际操作时，某些养殖场存在网络不稳定、数据保密等情况，需部署 C/S 结构模式。在羊场需求方面，本系统设计肉用、奶用、绒毛用羊三套权限，满足各用途羊场的使用。

2.1.4.1 系统的需求分析

通过羊场实际调研与信息收集，深入了解羊场的管理现状。根据实际情况，本研究将系统用户分为以下四类：一是羊场管理者，其肩负着制定决策、发布生产指令以及监督执行情况的重要职责。为确保决策的科学性与高效性，他们亟需数据汇总与分析结果，以便作为生产信息的核心管理者，统筹全局；二是羊场工作人员，其承担着解决生产技术难题、执行上级生产计划以及反馈实施情况等多重任务。他们是生产信息的采集与录入者，确保生产信息的准确性与实时性；三是系统管理员，其负责维护系统的稳定运行，确保系统在面对各种复杂情况时，仍能保持稳定与高效，为羊场的日常运营提供坚实的技术支持；四是政府相关部门，负责了解特定区域中羊场以及羊只数量。本研究根据行政划分，例县级只能查看该县的相关羊场信息报表数据，而省级则可以查看全省的全部信息，包括市和县级的数据（姜韶华等 2024）。

2.1.4.2 系统总体框架设计

为确保羊场信息管理系统的安全性，该系统采取用户权限和账号密码管理措施。在系统的登录页面上，用户需要输入规定的账号、密码以及验证码。只有通过身份验证，用户才能进入系统。该系统根据用户的类型，展示不同的首页和功能，并赋予不同的操作权限。详细权限分配如图 2-2 所示。这些权限管理措施有效地限制用户对系统的访问和操作范围，确保羊场信息的安全性和保密性。

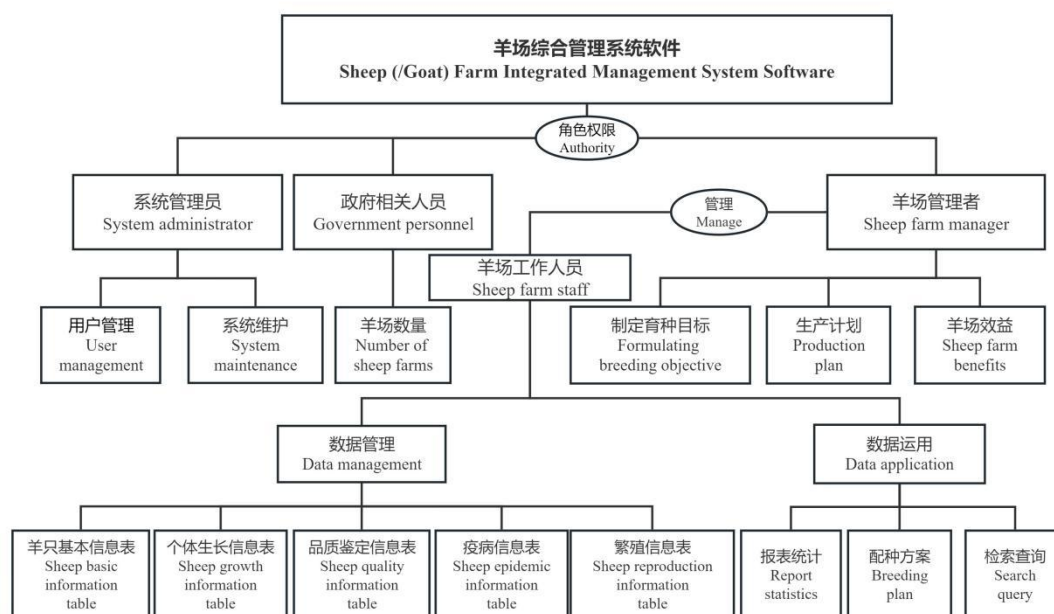


Fig.2-2 Diagram of overall system functional module

2.1.4.3 系统的功能设计

系统功能模块提供全面、高效、可视化的羊场信息管理技术，它将现实中繁琐的数据资料进行汇总、储存，通过计算机编程语言来使用并分析数据，来为用户提供有效的决策。因此，针对羊场管理的实际需求，本研究设计并开发一款集羊只管理信息、生产信息、疫病信息、繁殖信息、药品管理、饲料管理、科学育种、统计报表及预警于一体的羊场综合管理系统，为羊场科学化管理提供可靠技术支持。系统共分 8 个模块，36 项功能，结构如图 2-3 所示。系统各功能模块设置数据的增删查改、导入、导出等功能。

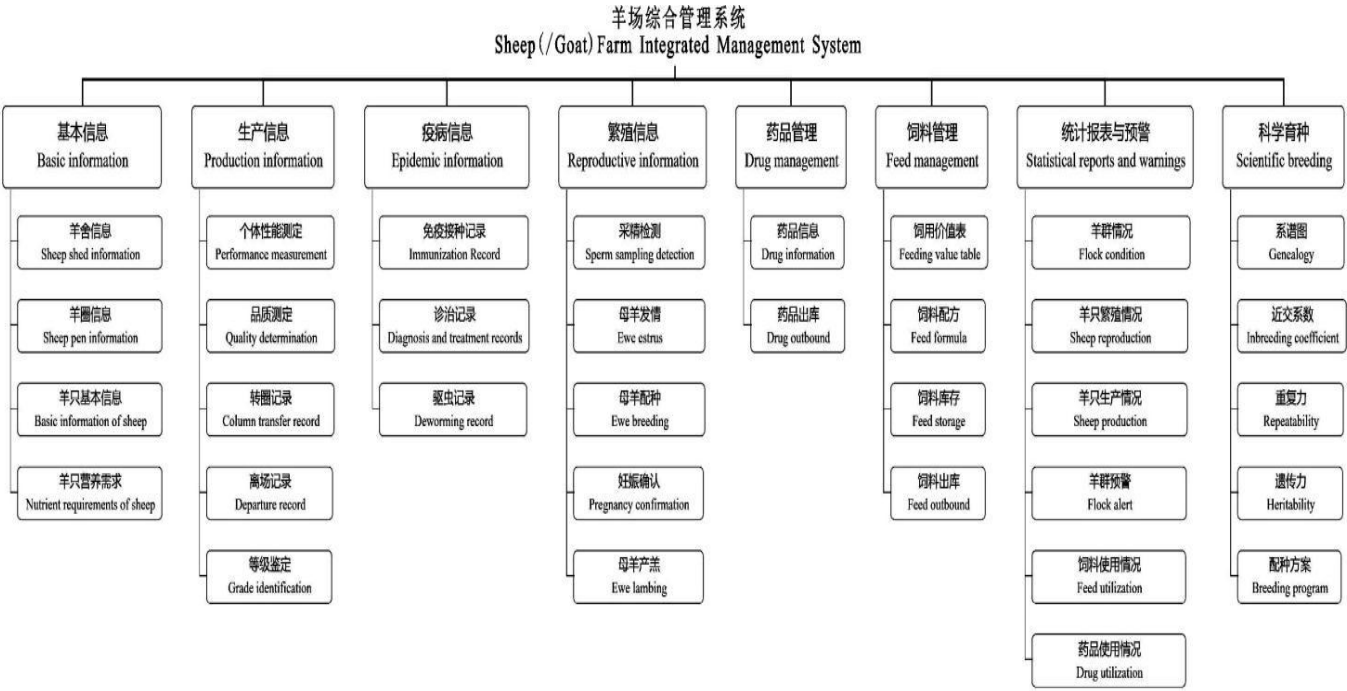


图 2-3 系统应用功能模块设计

Fig.2-3 Design of functional module of system application

在数据查询方面，用户可以通过羊只耳标号进行查询，也可根据自身需求查询，例如羊舍、时期、用途等。在数据添加方面，在数据量庞大的情况下，用户可通过批量导入功能进行上传，点击导入并选择下载 Excel 模板，根据模板填入信息，若数据缺失可空出或 NA 代替。在羊只转圈情况下，不适用于批量导入，但系统中设置网页批量操作，可以全圈选择也可以选择圈中的某些个体。在数据导出方面，本系统设置两种方式，其一，用户可直接点击“导出”按钮，系统将自动导出全部数据。其二，当用户通过特定目标查询获得数据后，系统支持根据数据量进行分页设置，以使用户将需导出的数据集中在一页内。用户只需在列表前选中相应的复选框，再次点击“导出”按钮，系统便会将数据以 Excel 文件或图片的形式自动保存至浏览器的下载文件夹中。

2.1.4.4 系统数据库设计

本系统选用 MySQL 关系数据库作为数据存储和处理工具。MySQL 数据库凭借其高速访问和灵活操作的特性，能够高效支撑数据分析工作。在数据库设计过程中，实体—关系图（Entity Relationship Diagram，E-R 模型）是一种被广泛接受的模型，用于描述现实世界中的实体类型、属性和相互关系（万晓枫和文军 2013）。为了充分满足羊场数据实际应用需求，本系统针对收集到的需求信息进行深入分析，明确各实体间的关系，并据此构建相应的 E-R 模型。如图 2-4 所示。

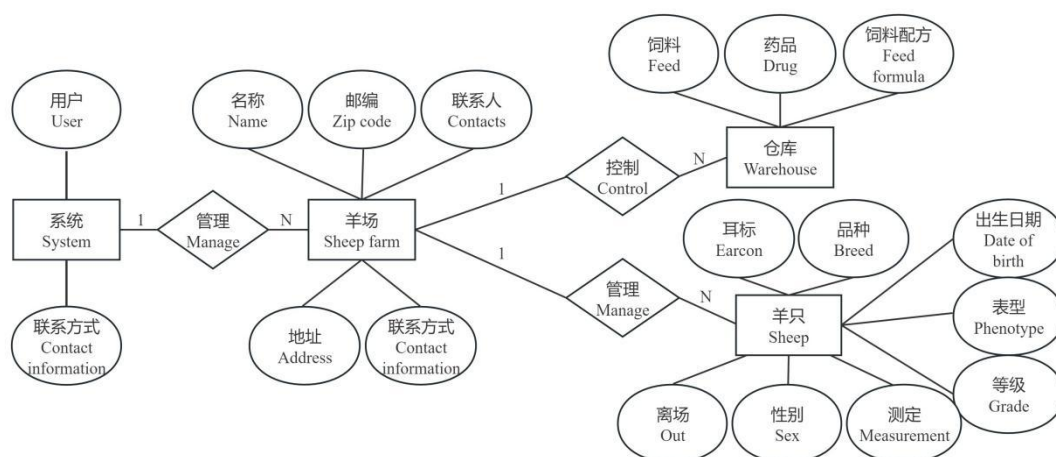


图 2-4 系统数据库 E-R 模型

Fig.2-4 E-R model of system database

注：图中实体用矩形表示，关系用菱形表示，属性用椭圆表示，“N”代表多个。

Note: In the figure, entities are represented by rectangles, relationships are represented by diamonds, attributes are represented by ellipses, and "N" stands for multiple.

2.1.5 主要功能模块的实现

2.1.5.1 系谱构建

经过严谨的设计与实现，本系统采用 `vue-org-tree` 成功地实现羊只家族谱系的自动化构建。`vue-org-tree` 凭借其高效能及灵活多变的特性，赋予本系统卓越的组织架构与数据呈现能力。用户仅需导入羊只的亲属信息，系统即可智能地进行羊只归类，构建出一个条理清晰、层次分明的树状谱系结构。

2.1.5.2 遗传力

在羊的繁育过程中，种公羊的数量显著少于母羊，这导致同父异母的血同胞现象较为常见。当这些血同胞的数量众多，且处于相同的胎次和年龄阶段，其所处的环境差异较小，这有助于本研究更精确地评估遗传力的影响（翁恺麒等 2022）。基于这一考量，本研究决定采用半同胞相关法来计算遗传力，以确保结果的准确性和可靠性。公式如下：

$$h^2 = 4r_{(HS)}$$

$$r_{(HS)} = \frac{MS_B - MS_W}{MS_B + (k_0 - 1)MS_W}$$

2.1.5.3 近交系数

近交系数是指两只公、母羊之间存在的亲缘关系，在其子代中形成相同等位基因

的机会，可用以估算纯合基因来自共同祖先的百分比（Li et al. 2011）。在本研究中，计算近交系数的公式如下：

$$F_X = \sum \left(\frac{1}{2}\right)^N (1 + F_A)$$

F_X ：个体 X（两只目标交配个体后代）的近交系数；

\sum ：表示求和，即把个体到其共同祖先的所有途径链累加起来；

$1/2$ ：常数，表示两世代配子间的途径系数；

N ：通过共同祖先把个体 X 的父亲和母亲连接起来的途径链上的所有个体数；

F_A ：共同祖先的近交系数，计算方法与计算 F_X 相同，如果共同祖先不是近交个体，则等于 0。

2.1.5.4 育种模型

在育种工作中，对个体育种值的精确评估至关重要。育种值，即个体在某一性状上的遗传潜力，对于选择优秀亲本、制定育种计划以及提升动物或植物的遗传品质具有极高的参考价值（倪世恒等 2024）。近年来，随着计算机技术和统计方法的持续进步，育种值的计算方式日趋多样。本研究中，本研究构建三种不同的模型用以计算育种值，并对这些模型进行详尽的比较与分析。

本研究利用 R 语言中的 *Sommer* 包实现单性状 BLUP（最佳线性无偏预测）模型。BLUP 模型是一种在动植物育种中广泛应用的线性模型，在育种实践中的应用逐渐得到广泛的推广与发展（Sungkhapreecha et al. 2022）。BLUP 模型以最佳线性无偏预测为基础，通过对大量个体数据的统计分析，实现对每个个体育种值的准确评估。例如，吴飞等（2022）在肉羊育种研究中成功应用 BLUP 模型计算肉羊育种值，提高肉羊育种工作效率。

本研究借助 R 语言中的 *lme4* 包构建 GLMM（广义线性混合模型）。2005 年，当动物离散性状的遗传分析及个体遗传评定这一领域刚刚在国内起步时，殷宗俊等研究人员迅速将其应用于家畜育种研究中。经过深入探索和实践，他们成功地验证 GLMM 模型在家畜育种中的可行性，并取得显著成果（殷宗俊和张勤 2005）。GLMM 模型在育种领域的应用逐渐受到广泛关注。GLMM 模型能够同时考虑固定效应和随机效应，对于处理具有离散性状的数据特别有效。此外，国外研究人员也在 R 语言上对 GLMM 模型进行优化，进一步提高其在育种值计算中的准确性和效率（WANG et al. 2022）。

本研究还考虑平均表现型模型。该模型基于重复力的计算，为各项特征自动赋值，适用于遗传信息不完善的羊场。平均表现型模型具有简便易行的特点，不需要亲子关系，因此在一些生产资料不全的羊场中得到应用。尽管其精度可能不及 BLUP 和 GLMM 模型，但在实际应用中仍具有一定的参考价值。

2.2 结果与分析

2.2.1 系统页面展示

羊场信息管理系统在用户登录环节实施严格的身份验证措施。用户在系统的登录页面上，需要准确输入规定的账号、密码以及验证码，三者缺一不可。如图 2-5 所示，这一措施有效防止非法用户通过猜测密码或暴力破解等方式进入系统，确保系统的基本安全。

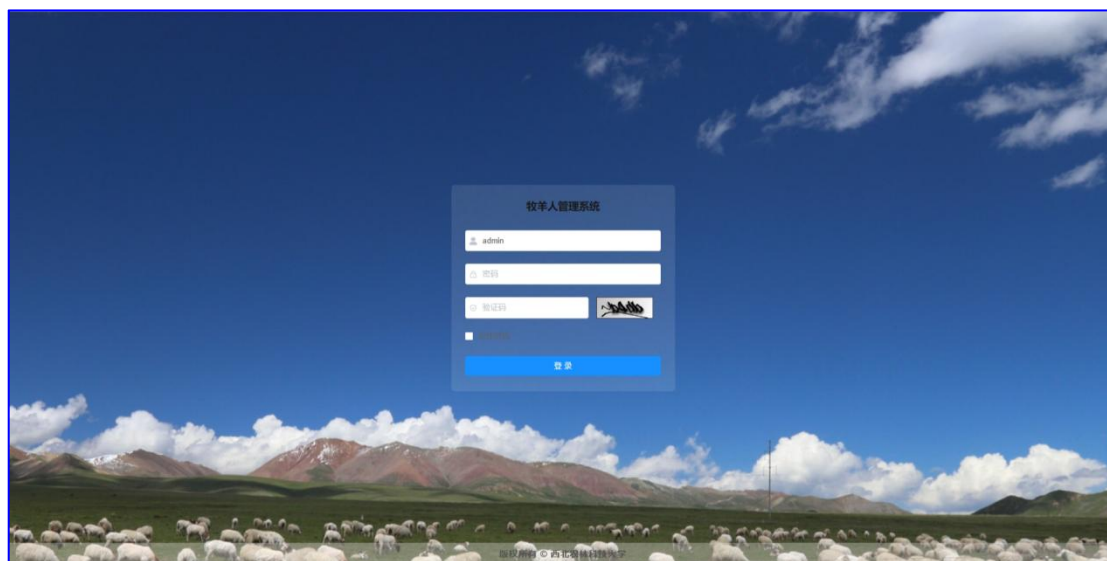


图 2-5 登录页面

Fig.2-5 System Login Page

系统根据用户的类型，展示不同的首页和功能，并赋予不同的操作权限。这一权限分配原则在系统中得到严格的执行。如图 2-6 所示，此首页图展示系统超级管理员首页，首页包含各厂的养殖规模、厂址等信息。不同用户类型（如管理员、饲养员、兽医等）被赋予相应的操作权限，确保各自只能访问和操作自己权限范围内的内容。这种精细化的权限管理不仅提高系统的安全性，还有助于提升工作效率和减少失误操作。



图 2-6 系统首页

Fig.2-6 System Home Page

2.2.2 系统各功能模块

2.2.2.1 基本信息模块

羊只基本信息模块是羊场管理的基础，包括羊舍信息、羊圈信息、羊基本信息、羊营养需要量等四项功能，此外，通过记录每只羊的出生日期、性别、品种、体重、父母等信息，如图 2-7 所示，养殖者可以了解每只羊的系谱信息、个体生长状况，这些信息还有助于养殖者进行羊只的选育和遗传改良，提高羊群的整体生产性能。



图 2-7 羊基本信息图

Fig.2-7 System Home Page

2.2.2.2 生产信息模块

生产信息模块包括个体生长信息、饲料使用、品质鉴定、羊只转圈、离场记录、等级鉴定等功能。其中个体生长信息指羊各阶段的表型特征，品质鉴定包含绒毛品质、奶鉴定，等级鉴定指羊在配种前对所配公母羊进行打分，这三项功能对科学育种模块配种方案提供基础数据与科学依据。饲料使用可精确计算特定时间段内羊圈的饲料消耗情况，有效管理饲料资源。羊只转圈及离场记录两大功能则通过精细化的追踪机制，确保羊只流向的清晰可查，为羊群管理提供坚实的保障。

2.2.2.3 疫病信息模块

疫病信息模块包括免疫接种记录、诊治记录、驱虫记录等功能。免疫接种包含免疫项目、疫苗名称、使用量、药剂单位等信息，诊治记录包含发病日期、病症类型、病症名称等信息，驱虫记录包含驱虫类型、方法、日期等信息。其中诊治记录中含药方提示，若有效果，之后用户可根据提示治病。如图 2-8 所示

图 2-8 诊治记录图

Fig.2-8 Diagram of diagnosis and treatment records

2.2.2.4 繁殖信息模块

繁殖信息模块包括采精检测、母羊发情、母羊配种、妊娠确认、母羊产羔等功能，它涵盖从采精检测到母羊产羔的整个过程。采精检测包含耳标、采集量、色泽、气味等信息，母羊发情包含发情日期、方式、季节、周期等信息，母羊配种包含配种季节、

方式等信息，妊娠确认可操作配种母羊是否怀孕，怀孕进入母羊产羔环节、未怀孕返回母羊发情重新配种，母羊产羔包含分娩方式、胎次、产羔数、羔羊性别等信息。

2.2.2.5 药品管理模块

药品管理模块包括药品信息、药品出库等功能，药品信息包含药品名称、类型、生产商等信息，药品出库包含出库量、领取人等信息。

2.2.2.6 饲料管理模块

饲料管理模块包括饲用价值表、饲料添加剂、饲料配方、饲料库存、饲料出库等功能，饲料配方首先设置精粗比，左下方配方营养表会根据粗精比自动计算各种指标；页面上方新增饲料配方，选择羊只类型、阶段、体重、日增重后自动生成配方名称，其次进行精饲料、粗饲料、添加剂的选择，最后设置比重和重量。如图 2-9 所示。

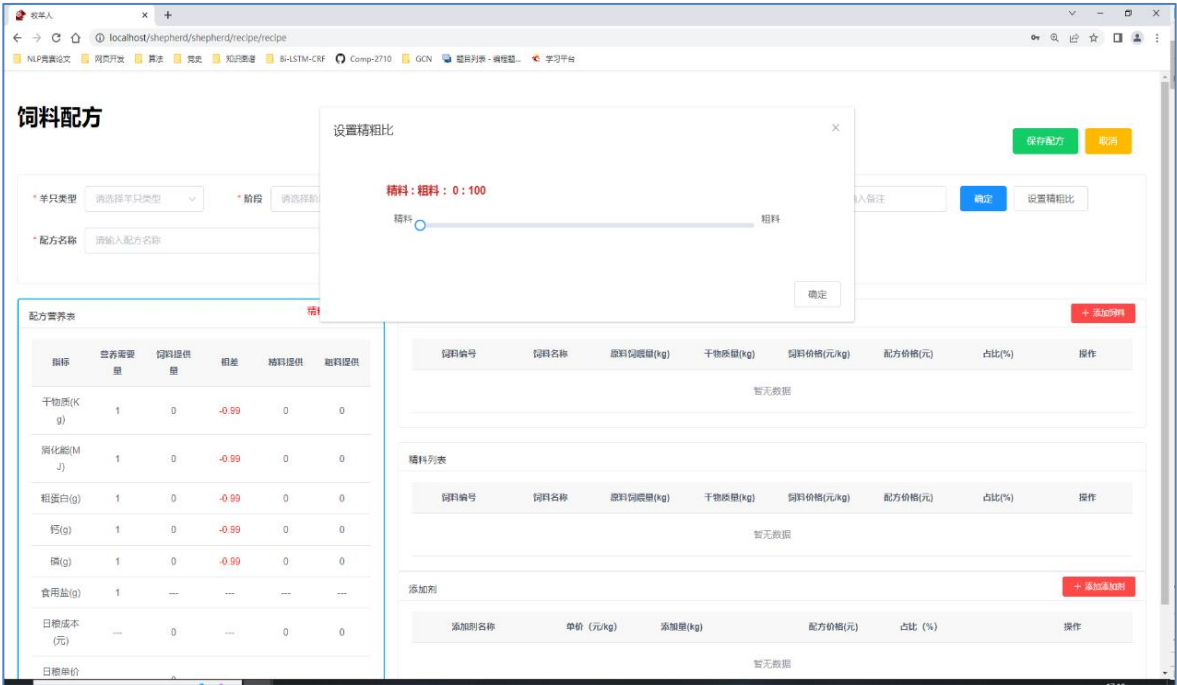


图 2-9 饲料配方图

Fig.2-9 Diagram of feed formulation

2.2.2.7 统计及预警模块

本模块包括繁殖情况、羊群情况、生产性能、羊群预警、饲料情况、药品情况。在本研究中，羊群预警设计产羔预警、转圈预警以及性能测定预警等功能。这些预警模块依托配种日期、出生日期等相关时间信息，计算出相应的时间间隔，并在间隔期届满前七天开始发出预警提示。一旦预警触发，将通知羊场及时进行处理，并着手准备相关作业。其余功能可展示某段时间内、某特定羊舍圈、特定羊只各种生产情况。如图 2-10 展示特定羊只各生长阶段表型数据。

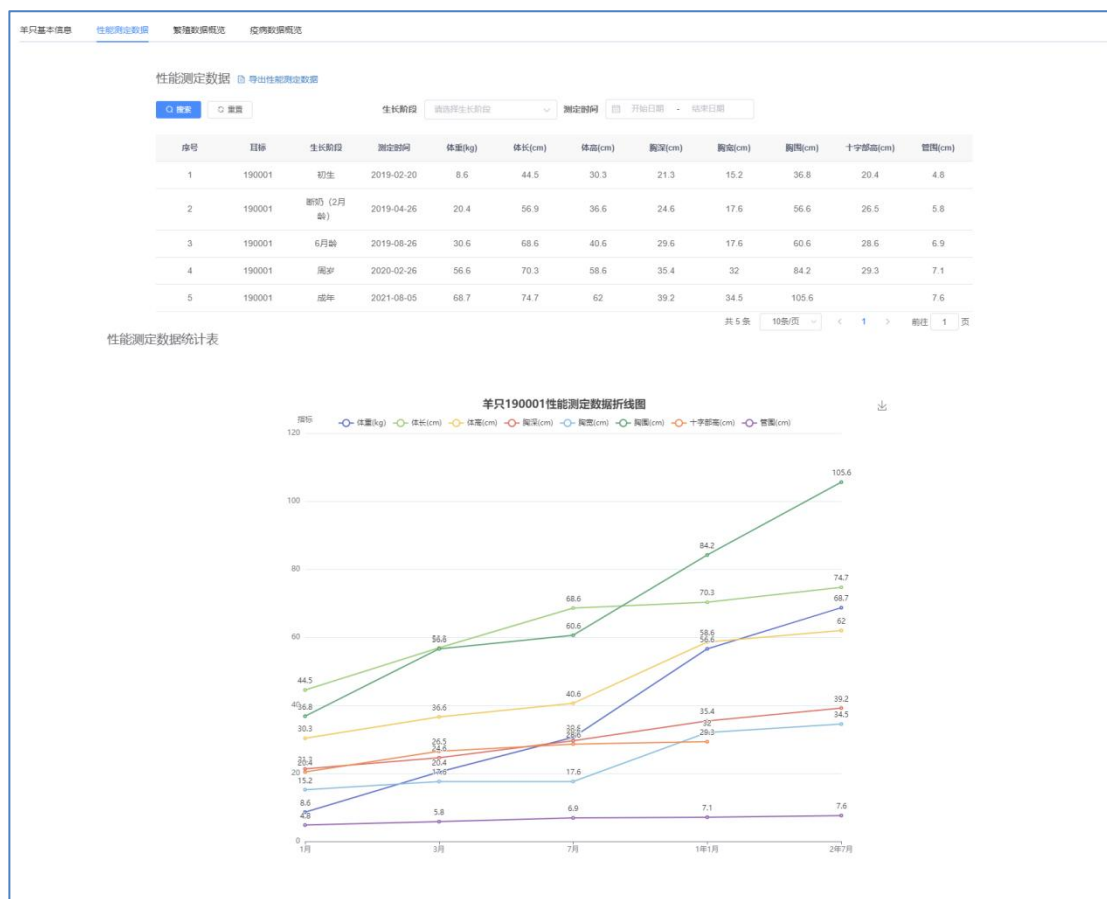


图 2-10 性能测定数据

Fig.2-10 Performance Measurement Data

2.2.2.8 科学育种模块

科学育种模块包括系谱图、近交系数、重复力、遗传力、配种方案等功能，系谱图包含子代系谱与祖代系谱，在配种方案中，肉用羊采用羊只体重、体高、体长等表型值选育，奶用羊选育还需产奶量、乳脂率、蛋白率等表型值；绒用羊采用绒细度、剪毛量、拉伸长度等表型值为遗传参数评估判断依据，用户先选择育种值算法模型，详细如图 2-11 所示，再根据具体需求选择不同表型值的比例，详细如图 2-12 所示。同时，划分多个时间段，用户可以根据不同时间段的数据进行育种值计算，首先，系统将公羊进行自动排序。排序规则如下：在等级鉴定功能中，羊只评级为特级、一级、二级、三级及等外；育种值先根据等级排序，同一等级根据育种值排序，排序高的优先配种。其次，选择配种母羊群，确定与单只公羊配种的母羊数，可自动生成配种方案，配种方案中显示近交系数，母羊发情次数、配种次数等，配种方案如图 2-13 所示。母羊同样进行育种值排序，排序规则同公羊。



图 2-11 选择育种值算法

Fig. 2-11 The selection of breeding value algorithm

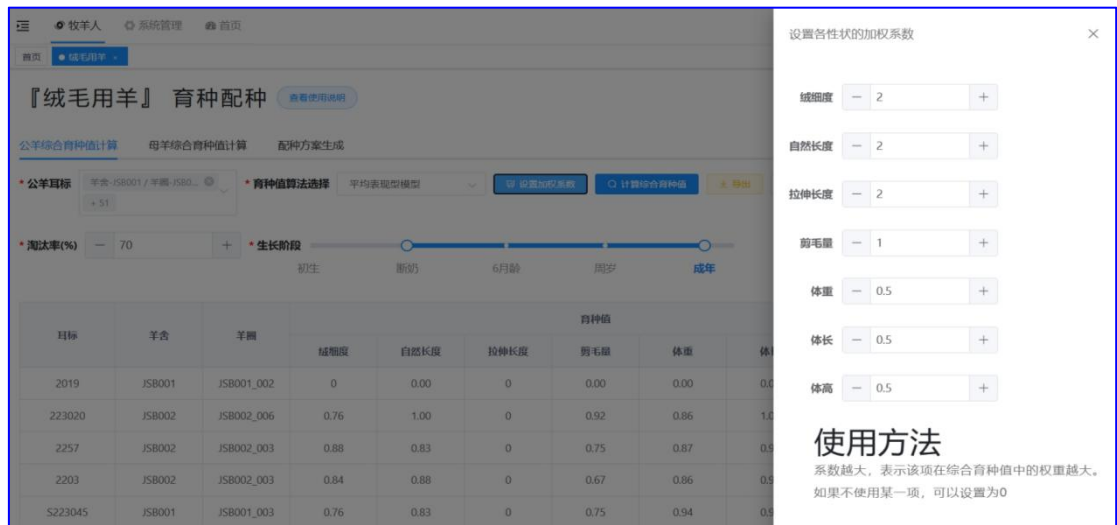


图 2-12 设置表型值加权系数

Fig.2-12 The setting of the weighting coefficient for phenotype values



图 2-13 生成配种方案

Fig. 2-13 The generation of breeding plans

2.2.3 系统管理模块

2.2.2.1 属地管理模块

属地管理模块根据政府部门需求设计，涵盖本系统从上到下的管理架构。包括属地名称、辖区选择、属地状态等功能，如图 2-14 所示，属地辖区选择可通过栏目选择羊场或政府部门所在区域，上级辖区可查看本辖区及下级辖区的羊场信息。

The image shows a web-based form titled "添加属地" (Add Attribute). It contains several input fields and a dropdown menu. The fields are: "上级属地" (Superior Attribute) with a dropdown showing "选择上级属地"; "属地名称" (Attribute Name) with a text input containing "XX"; "显示排序" (Display Order) with a numeric input and up/down arrows; "属地辖区" (Attribute District) with a dropdown showing "请选择"; "负责人" (Responsible Person) with a text input containing "请输入负责人"; "联系电话" (Contact Information) with a radio button for "全国" and a list of provinces/cities; and "属地状态" (Attribute Status). The "属地辖区" dropdown is expanded, showing a hierarchical selection of regions: "全国" (National), "北京市" (Beijing), "天津市" (Tianjin), "河北省" (Hebei), "山西省" (Shanxi), and "内蒙古自治区" (Inner Mongolia). The "北京市" dropdown is further expanded, showing districts: "东城区" (Dongcheng), "西城区" (Xicheng), "朝阳区" (Chaoyang), "丰台区" (Fengtai), and "石景山区" (Shijingshan). At the bottom right, there are "确定" (Confirm) and "取消" (Cancel) buttons.

图 2-14 属地管理-添加属地

Fig. 2-14 Attribute management - Add attribute

2.2.2.2 角色管理模块

角色管理模块含有角色名称、创建时间、权限管理等功能。由图 2-15 可知，添加角色时可通过“父子联动”的方式控制该角色的权限。

添加角色

* 角色名称

XX

* 权限字符

1

* 角色顺序

1

状态

☒ 正常

☐ 停用

菜单权限

☐ 展开/折叠

☐ 全选/全不选

☒ 父子联动

☐ 牧羊人

☐ 基础参数

☐ 生产信息

☐ 疫病信息

☐ 繁殖信息

☐ 采精检测

☐ 母羊发情

☐ 母羊配种

☐ 妊娠确认

☐ 母羊产羔

☐ 药品管理

☐ 饲料管理

☐ 统计报表与预警

☐ 科学育种

☐ 系统管理

☐ 系统监控

☐ 系统工具

备注

请输入内容

确定

取消

图 2-15 角色管理-添加角色

Fig. 2-15 Role management - Add role

2.2.2.3 用户管理模块

用户管理模块是管理模块的核心，其包含用户名称、登录名称、密码修改、用户状态、位置选择等功能。由 2-16 可知，添加用户时需确定用户地址、用户名称、归属部门，设置登录名称、用户密码等。其中归属部门由属地管理中设置，满足自上到下的管理。

图 2-16 角色管理-添加用户

Fig. 2-16 User management - Add user

2.3 讨论

2.3.1 羊场管理系统软件

近些年,羊产业的信息管理系统得到迅速的发展。但现有的羊场管理系统大多只针对单一用途,采用传统的育种算法。例如孟瑞强(2014)开发绒山羊育种信息管理系统;次年,吴铁成等(2015)开发绒山羊育种生产管理系统。鲁绍雄和夏文财(2010)等开发了肉羊信息管理与育种分析系统,以及胡师金(2016)设计完成基于物联网的肉羊育种管理信息系统。为了解决单一用途问题,本研究设计包含不同用途羊场管理的系统。本研究在实现三种传统育种模型算法基础上,本研究将进一步深度挖掘现代遗传评估技术,根据科研需求将加入 GBLUP 法运算功能,构建适合羊产业高效发展的

繁育体系。通过使用本系统，用户可以更加方便地管理羊场信息，并更加准确地评估育种模型算法的效果，从而有效指导羊场的生产和繁育工作。

本研究采用数据可视化技术，使数据呈现更为直观、易于理解，从而更好地揭示数据中隐藏的规律性。在羊场繁殖信息统计方面，通过表格和多种类型的图片按时间段展示，包括羊场的产羔率、繁殖率、发情率等关键指标。此外，在饲料和药品管理中，本研究利用表格按时间段展示饲料与药品的使用情况，方便羊场管理人员进行查看并做出科学决策。

随着技术的不断演进，本研究将持续关注人工智能、大数据分析、物联网等领域的发展，并积极探索如何将这些新技术应用到软件系统中，提升软件系统的智能化水平。同时，本研究将注重合理的 API 设计、模块化的系统结构以及开放式的数据交互标准，以确保软件系统具备良好的可扩展性和集成能力。本系统接口使用标准的 HTTP 方法和数据格式，通过 RESTful API 系统扩展和修改接口，使得软件系统能够与新技术、新业务需求有效对接，保持持续的创新和发展。此外，不断探索更灵活的更新机制，如增量式更新、容器化部署等，以实现更快速、可靠的软件更新流程，并积极探索应用持续集成/持续交付（CI/CD）等最新技术，以实现软件升级过程的自动化和智能化管理（陈博和周亦敏 2020）。

2.3.2 各项模块的功能性及联系

羊场管理系统包括羊基本信息模块、生产信息模块、疫病信息模块、繁殖信息模块、药品管理模块、饲料管理模块、统计及预警模块、科学育种模块。羊基本信息模块可以记录每只羊的基本信息，如品种、性别、出生日期、体重等，方便管理者随时了解羊群的基本情况。生产信息模块则可以记录每只羊的生产情况，如产奶量、产毛量等，帮助管理者掌握羊群的生产效益。疫病信息模块是羊场管理系统中非常重要的一部分，它可以记录每只羊的疫病情况，包括疫苗接种、疫病治疗等，确保羊群的健康和安全。繁殖信息模块则可以帮助管理者掌握羊群的繁殖情况，如配种时间、妊娠期、预产期等，以便及时采取相应的管理措施。药品管理模块可以记录药品的库存情况、使用情况等，确保药品的合理使用和有效管理。饲料管理模块则可以记录饲料的种类、数量、使用情况等，帮助管理者合理调配饲料，提高羊群的生产效益。统计及预警模块可以对羊场的各项指标进行统计和分析，帮助管理者更加全面地了解羊场的运营情况。同时，该模块还可以设置预警功能，及时发现和解决潜在问题，确保羊场的稳定运营。科学育种模块则是羊场管理系统中的一大亮点，它可以通过数据分析和近交系数计算，帮助管理者选择优秀的种羊，提高羊群的整体品质和生产效益。

此外，本研究将各模块功能划分为基础型与应用型两类。其中，基础型功能要求用户上传基础数据，如羊性能测定信息。而应用型功能则依赖于这些基础数据，进行

更深入的分析与应用，例如配种方案的制定。

2.4 小结

本研究整合现有系统的优点，并结合实际生产操作，构建基于 Spring Boot+Vue 羊场综合管理系统软件，以实现全方位的羊只基本信息、性能信息、配方信息、育种信息、疫病信息、繁育信息等规范化管理。本系统根据羊场需求提供定制化功能，有效解决羊场实际问题，提高工作效率。同时，该系统还具备高度的可扩展性和可定制性，可以根据不同养殖场的实际需求进行灵活调整和优化，以满足不同规模、不同品种的羊只养殖需求。因此，该系统的设计理念和功能模块，为现代养殖业提供一个全面、集成、高效的管理解决方案。

管理系统软件访问链接为 <http://47.122.42.172:90/#/index>。系统羊场权限下展示账号：XBNL，密码：123456。

第三章 羊场管理系统软件的测试与优化

本章对羊场管理系统进行测试与优化，旨在确保系统的稳定运行和高效性能。在测试阶段，本研究采用多种测试方法，包括功能测试、性能测试、界面测试，以确保系统的各个模块和功能均可正常工作。功能性测试主要是为了确保软件按照预期的功能要求正常运行。它涉及对软件的各种功能进行验证，以确保软件在实际使用中能够满足用户的需求。性能测试主要是评估软件系统在特定条件下的性能指标，以确保系统能够满足用户的需求和期望。界面测试主要是对软件的用户界面进行测试，以确保符合用户的使用习惯和审美标准。

在测试流程中，本研究揭示一些存在的问题和缺陷。针对这些不足，进行及时的修复和优化。此外，本研究加强对系统性能的监控和调优，提高系统的响应速度和数据处理能力。同时，对系统的用户界面进行优化，提高用户的操作体验和便利性。通过不断的测试和优化，羊场管理系统已经逐渐成熟和稳定，为后续羊场的实际应用夯实基础。

3.1 材料与方法

3.1.1 测试方法与工具

测试是系统正式上线投入运营前的重要环节，旨在验证系统是否满足功能性需求以及性能方面的要求。通过软件测试，能够发现系统中潜在问题，及时修正，保证系统正常运行。本次测试采用黑盒测试的方法进行业务功能以及应用功能测试。黑盒测试核心思想是将软件看作一个“黑盒”，即测试人员不需要了解软件内部的代码和逻辑结构，只需关注软件的输入和输出，通过对软件的输入进行操作，观察软件输出结果，以检验软件是否按照预定的需求规格说明书实施运行（何丹丹 2016）。

此外，本研究在性能测试环节，选用 LoadRunner12 工具。LoadRunner12 具备模拟真实用户行为的能力，以便对被测程序施加适当负载，从而全面评估其性能表现。该工具适用于多种体系架构，配备强大的编辑功能，以确保测试结果的准确性和可靠性（王升平 2020）。这使得 LoadRunner12 不仅能够满足各种常规性能测试需求，还能够适应各种特殊场景和定制化需求（邢承杰等 2009）。

3.1.2 性能测试指标

在信息技术领域中，性能测定指标是衡量系统、软件或硬件设备性能的重要工具。这些指标帮助开发者和运维人员了解系统的运行状态，以便进行优化和调整（李国良等 2020）。在本研究中主要对响应时间、吞吐量、并发用户数等常用指标进行测试。

响应时间是系统对用户请求的回应速度，是评估系统响应速度的关键指标。吞吐量则反映系统处理请求的能力，与硬件配置、网络带宽、软件架构等要素紧密相关。随着互联网与移动设备的普及，并发用户数已成为评估系统在高并发环境下性能的重要指标。通过深入分析并优化这些指标，本研究可以有效提升系统的性能与稳定性，满足用户日益增长的需求。

3.1.3 优化思路

经过严格的测试与试运行阶段，本研究发现羊场管理系统存在的若干问题并进行针对性的优化。在本研究中始终坚持以用户需求为导向，深入现场了解羊场的实际管理情况，收集第一手资料。为确保系统能够符合用户实际需求，历时超过半年，持续对系统进行功能优化，最终实现用户友好、高效稳定的羊场管理系统。

管理系统的优化是一个持续不断的过程，涉及多个维度考虑和实施。通过优化用户界面、完善功能模块、提升系统性能、加强数据安全保护、提高系统可扩展性和灵活性等方面。在功能模块优化方面，根据实际使用情况，完善功能，对于使用频率较低的功能进行简化。在性能优化方面，通过优化算法、升级硬件或调整系统配置等手段提升系统的响应速度、降低资源消耗，并增强系统的稳定性。在界面优化方面，积极收集用户反馈，持续优化界面设计，以更好地满足用户的使用习惯。在数据安全与隐私保护方面，本研究将采用加密技术保护敏感数据、设置访问权限等措施均能有效提升数据安全性。

3.2 结果与分析

3.2.1 测试结果

3.2.1.1 功能测试结果

为确保系统满足用户需求，本研究对软件界面及其各项功能进行周密测试。测试工作不仅确保系统功能与实际需求的一致性，并同时验证系统完整性，全面覆盖功能界面操作菜单及其对应功能。此外，本研究还对系统软件的易用性进行详尽评估，旨在保证用户在操作时轻松理解、迅速掌握并熟练操作该软件。

首先，本研究对系统的业务功能进行测试，鉴于系统业务功能的多样性以及本文篇幅的局限性，将列举部分主要业务功能的测试用例，详细信息参见表 3-1。

表 3-1 业务功能测试用例

Table 3-1 Cases for business functional test

测试项 Test item	操作 Operation	期望输出 Expected output	测试结果 Test result
登录功能 Login function	输入用户名、密码、验证码点击登录按钮	用户输入正确账号密码和验证码跳转到系统首页。 输入错误的账号提示用户不存在、输入错误的密码提示密码错误、输入错误的验证码提示验证码错误并重新输入	与预期结果相同
用户管理 User management	新增、编辑、修改、查询、删除一个用户	对各项操作提示操作成功，并在列表中显示操作结果	与预期结果相同
角色管理 Role management	新增、编辑、修改、查询、删除一个角色	对各项操作提示操作成功，并在列表中显示操作结果	与预期结果相同
权限管理 Authority management	为一个角色配置一个功能权限如只保留报表功能	提示操作成功，该角色只能使用报表功能	与预期结果相同
属地管理 Territorial administration	新增、编辑、修改、查询、删除一个属地	对各项操作提示操作成功，并在列表中显示操作结果	与预期结果相同
项目管理 Project management	针对系统各项功能进行导入、导出、修改、删除	各项功能均能正常运行	与预期结果相同
日志管理 Log management	分别根据时间和用户查询日志信息	成功查询并查看	与预期结果相同

接下来，本研究对系统的各个应用功能进行测试。这些功能包括羊只信息管理、饲料管理、疾病防治等。本研究针对每个功能设计相应的测试用例，以验证其是否按用户需求正常运行。例如，在羊只信息管理功能中，旨在测试羊只信息的录入、查询、修改和删除等操作，以确保其准确性和可靠性。在饲料管理功能中，旨在测试饲料的入库、出库、库存查询等操作，以确保其能够满足实际的生产需求。主要应用功能测试用例如表 3-2 所示。

表 3-2 应用功能测试用例

Table 3-2 Cases for application functional test

测试项 Test item	操作 Operation	期望输出 Expected output	测试结果 Test result	改进意见 Improvement	修改 Modification
羊基本信息 Basic information of sheep	根据 Excel 模板表批量导入羊基本信息, 新增、修改、查询、删除一个羊基本信息, 点击查看羊详情信息	批量导入正常且数据对应正确, 羊详情信息自动生成系谱信息, 汇总信息。	需优化, 因模板格式问题导入不成功, 未提示错误原因, 羊详情信息加入过程数据	批量导入错误时提示原因; 羊详情信息中加入过程数据信息, 例多次转圈过程	已修正
个体生长信息 Information of individual growth	新增、修改、查询、删除一条信息, 批量导入	数据导入后在羊详情信息中自动添加	需优化, 因模板格式问题导入不成功, 未提示错误原因	批量导入错误时提示原因	已修正
羊群情况 Flock condition	查询一段时间内本羊场羊群情况	根据所选时间段, 正确计算羊群情况	与预期结果相同	未提出修改意见	无修正
配方设计 Formula design	为羊场设计饲料配方	通过调整原料比例, 能够得到饲料配方	与预期结果相同	未提出修改意见	无修正
母羊发情 Ewe estrus	新增、修改、查询、删除一条信息, 批量导入	数据添加后在母羊配种中可正确选择	与预期结果相同	未提出修改意见	无修正
近交系数 Inbreeding coefficient	选择一对公母羊信息, 计算两者近交系数	得到正确近交系数, 并展示六代系谱图	近交系数正确, 系谱图需优化, 公母羊图形区分开	系谱图中公羊为正方形图标, 母羊为圆形图标	已修正
育种算法应用 Application of breeding algorithm	选择配种公母羊, 选择计算模型计算其育种值, 并生成配种方案	所选公母羊育种值由高到低排序, 生成最优配种方案	与预期结果相同	未提出修改意见	无修正

3.2.1.2 性能测试结果

使用 LoadRunner12 工具测试系统在不同并发用户数下页面平均响应时间, 结果图如 3-1 可见, 本系统在并发用户数较多时, 响应时间超过 6s, 影响用户体验。

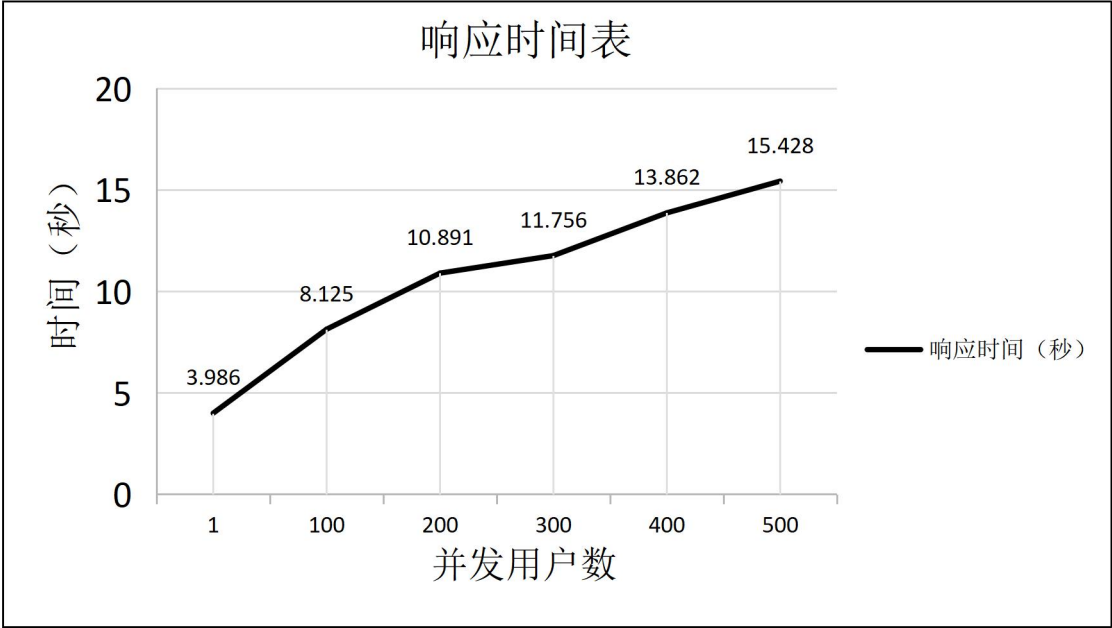


图 3-1 不同并发用户数响应时间结果图

Fig. 3-1 Response Time Results for Different Number of Concurrent Users

3.2.1.3 界面测试结果

用户界面是系统与用户进行交流的桥梁，其质量直接关系到用户对系统的初步认知。一个精心设计的界面可为用户提供直观的引导，帮助其顺利完成各项操作。因此，为确保界面测试的全面性与客观性，本研究诚邀 40 余位用户参与此次测试。所有参与者根据体验打分，满分为 100 分，对界面的美观度、操作的便捷性、系统的功能性进行评分。其测试结果如表 3-3 所示。

表 3-3 界面测试

Table 3-3 Interface Testing

测试项 Test item	评分平均值 Average of ratings
美观度 Aesthetics	92.8
便捷性 Convenience	88.3
功能性 Functional	95.8

3.2.2 系统主要优化

系统在面临不同羊场但同一耳标号的情况下，会造成系统数据错乱，因此，本系统为确保信息的唯一性，在羊基本信息中建议用户编码 16 位身份 ID 号（ID 号命名规则：行政编号 6 位+羊场编码 2 位+出生年月 4 位+性别 1 位+流水号 3 位）如图 3-2 所示。通过该身份 ID 号能精准查到羊只所有信息，方便系谱档案管理。在测算近交系数

时，显示近交系谱图时，公母羊图标无区分，经优化后如图 3-3 所示，公羊用方形表示，母羊用圆形表示。在试运行过程中，当大批量导入时，在 Excel 表数据超过 5000 条时，导入过程中系统宕机，经过研究团队仔细检查后，发现 for 循环问题，经本研究优化后，导入功能正常运行。同时，用户提出需增设羊只淘汰功能，本研究在优化进程中，已增设公母羊淘汰功能，淘汰标准依据年龄、疾病状况以及近交系数等因素进行科学制定。

在性能优化方面，研究团队针对并发用户数多时，系统响应时间长长的情况进行针对性的调优工作。在优化系统架构，简化页面登录后台加载项后，其平均响应时间得到显著的缩减，现已稳定控制在 6s 以内，如表 3-4 所示展示优化前后响应时间效果。这一改进充分满足系统性能需求的各项要求，体现优化措施的有效性和及时性。

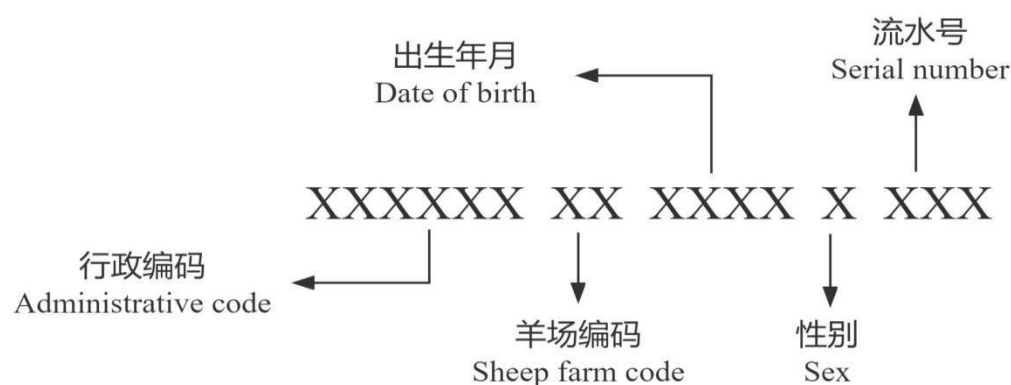


图 3-2 身份 ID 编码设计图

Fig. 3-2 Identity ID encoding design

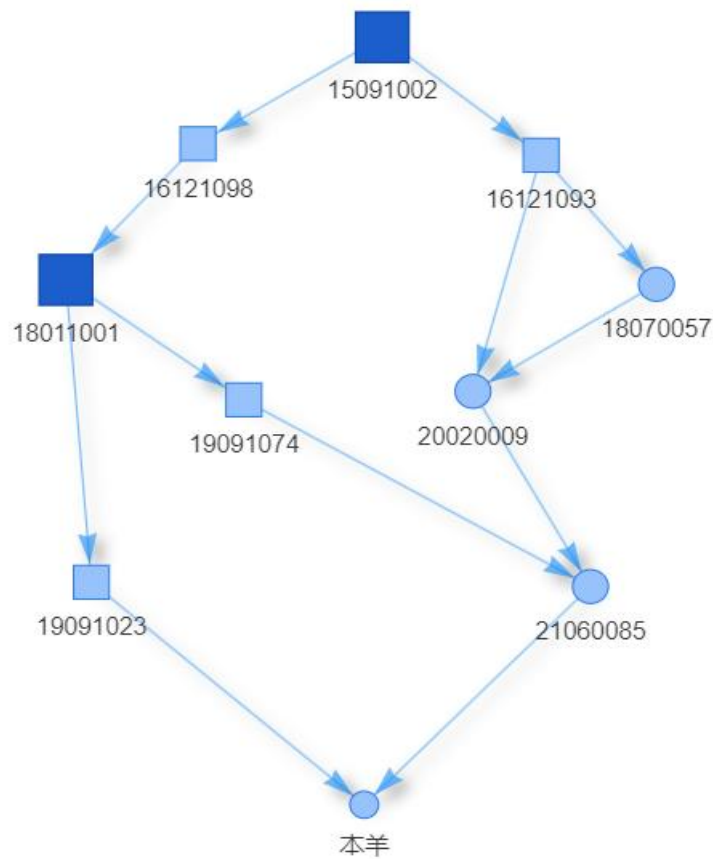


图 3-3 近交系谱示意图

注：图中方形指公羊，圆形指母羊，颜色深色指所选公母羊的共同祖先。

Fig. 3-3 Schematic diagram of inbreeding genealogy

Note: The squares in the figure stand for rams, the circles for ewes, and the dark shade for the common ancestry of the selected rams and ewes.

表 3-4 性能调优前后对比

Table 3-4 Before and after performance tuning

并发用户数 Concurrent users		100	200	300	400	500
平均响应时间（秒） Average response time (s)	调优前 Before Optimization	8.125	10.891	11.756	13.862	15.428
	调优后 After Optimization	2.763	3.692	4.148	4.906	5.822

3.3 讨论

随着农业科技的飞速发展，智能化、信息化的管理系统在畜牧业中的应用日益广泛。羊场管理系统软件作为提高养殖效率、优化资源配置的重要手段，其稳定性和功能性对于羊场的运营至关重要（林靖雅 2023）（耿宁 2015）。然而，在实际应用中，管理系统面临着诸多挑战，如数据处理的准确性、用户界面的友好性、系统稳定性等（李鹏 2012）。因此，对羊场管理系统的测试与优化成为不可忽视的问题。

在系统功能测试方面，主要有黑盒测试与白盒测试两种测试方法（妥泽花 2021）。黑盒测试关注系统的使用情况，即输入数据后系统产生的输出结果，无需了解内部结构和实现细节，主要用于检验系统的界面操作和业务逻辑（陈虹 2013）。白盒测试则需要了解系统的内部结构，通过审查和分析内部代码来发现潜在问题，可以深入检查代码冗余、逻辑错误等（梁杰等 2024）。因需要对系统的各项功能进行全面的验证，故本研究选择同类文章常用的黑盒测试方法。在系统性能测试方面，常见的测试工具有 LoadRunner、JMeter、HammerDB 等，LoadRunner12 是开源工具，可模拟大量用户进行并发访问，在管理系统测试中应用较多（李金萌 2023）。测试结果表明，在应用功能方面发现问题和隐患，在性能方面亦发现响应时间长的问题，为后续的优化工作提供依据。

在系统优化方面，大多数相关研究往往针对某个点进行深度优化，如优化后台数据库（张静和曹立春 2019）；优化农机控制系统（Wang Chunhang et al. 2022）。本研究则对系统的架构、算法、应用功能等进行全方面的优化。在应用功能优化方面，本研究改进算法计算，提升系统对数据的分析能力和预测精度；优化用户界面，提高用户体验和操作便捷性。在性能优化方面，本研究优化系统的架构，提高数据处理速度和准确性。

只有通过不断的测试和优化，才能确保系统的稳定性和功能性，提高养殖效率和管理水平。未来，随着技术的不断进步和应用需求日新月异，羊场管理系统也需与时俱进。因此，本研究需要不断加强技术研发和创新，推动羊场管理系统的不断完善和发展。

3.4 小结

通过黑盒测试检验系统的功能，并使用 LoadRunner12 对系统进行性能测试，采用用户问卷的方式进行界面评定。结果表明，系统存在某些应用功能缺陷以及多并发用户数时系统卡顿等问题。针对测试结果，本研究对信息管理、运行速度、近交通径可视化等方面进行优化。优化后，系统达到试运行的标准，为下一步羊场应用奠定基础。

第四章 羊场管理系统软件的实际应用

在实际应用中,本研究选择不同用途、地理位置、规模各异的羊场作为试验场地,以确保研究结果的广泛性和代表性。这些羊场在养殖管理、羊只品种、饲养环境等方面都存在一定的差异,为全面评估系统应用效果提供丰富的实践场景。经过长达半年的实际应用,羊场管理系统软件呈现良好的稳定性和可靠性,同时收集到大量宝贵的生产数据,经过系统处理,为用户提供便利。

4.1 材料与方法

4.1.1 应用地点

在本研究中,系统在陕西省榆林市的某集约化湖羊核心育种场进行半年试运行,后在陕西省榆林市横山区某陕北白绒山羊养殖联合育种户、陕西省渭南市富平县某关中奶山羊养殖场、陕西省洛南县某陕南山羊保种厂等 6 家羊场、8 家育种户进行实际应用。

4.1.2 基础数据的收集

测试数据分为由公司提供的数据和本课题组研究人员测定的数据,在陕北某集约化湖羊核心育种场,公司提供三年内羊只基础信息、父母信息、性能测定信息、饲料原料、药品信息等数据,研究团队追踪核心群体从新生羔羊到 8 月龄羊只,共计 2189 只,包括产羔记录表、断奶淘汰表、6 月龄体重体尺表等,将收集信息利用系统育种功能生成配种方案。在陕西省榆林市横山区某陕北白绒山羊养殖联合育种户,系谱信息相对齐全,可追溯 6 代系谱,但性能测定数据较少,研究团队联合育种户测定场内所有成年羊只表型记录。在陕西省渭南市富平县某关中奶山羊养殖场、陕西省洛南县某陕南山羊保种场等,研究团队抽测 20 只羊测定表型数据已验证数据的准确性。

4.1.3 数据处理

在本研究中,所有数据按照模板整理后以 Excel 表上传导入系统。系统共收集到 6 家羊场、8 家陕北白绒山羊育种户共计 58057 条数据,包含羊场信息、羊舍圈信息、羊基本信息、羊父母信息、性能测定信息、免疫接种记录等。

4.1.4 验证试验

在陕北某集约化湖羊核心育种场,本研究依据系统育种值制定配种方案。为确保该方案的有效性,本研究设计严格的验证试验,试验分为两组:A 组和 B 组。A 组严格按照既定的配种方案执行,选用育种值排名靠前的 4 只种公羊,每只种公羊负责配

种 15 只育种值排序后的经产母羊。而 B 组则作为对照组，随机选择 4 只种公羊，每只种公羊与 15 只经产母羊进行随机配种。在整个试验过程中，A 组和 B 组的饲养条件和环境保持一致，以确保试验结果的客观性和准确性。

4.2 结果与分析

4.2.1 表型测定结果

在系统应用过程中，确保数据的准确性是必要的。为达到这一目的，研究团队亲自测定各类羊只部分表型结果。在集约化湖羊核心育种场测定 2637 只湖羊各年龄段表型数据，其中 695 只 6 月龄湖羊表型数据如表 4-1 所示，测定内容包括体重、体高、体长、胸围、管围、尾长、尾周长等，这些数据为挑选优质种母羊提供科学依据。在多家陕北白绒山羊育种户测定 400 余只表型数据，其中 97 只成年母羊表型数据如表 4-2 所示，测定内容包括体重、体高、尻高、体长、胸围、管围、胸深、胸宽等；在关中奶山羊场与陕南山羊保种场，抽检各测定 20 只表型数据，用来判断已有数据的准确性。

表 4-1 湖羊 6 月龄体尺、体重描述性统计量

Table 4-1 Descriptive statistics of body size and weight of Hu sheep at 6 months of age

性状 Traits	样本数 Number of samples	平均值 Mean	最大值 Maximum value	最小值 Minimum value	中位数 Median	变异系数/% Coefficient of variation
体重/kg Weight	695	35.46	54.00	21.50	33.50	18.74
体高/cm Body height	695	65.40	81.80	56.30	64.75	6.59
体长/cm Body length	695	64.27	76.10	55.00	64.10	5.40
胸围/cm Chest circumference	695	79.84	99.40	64.90	79.80	7.31
管围/cm Circumference of cannon bone	695	7.93	9.60	6.90	7.90	6.95
尾长/cm Tail length	695	11.38	16.00	6.80	11.30	13.12
尾周长/cm Tail circumference	695	23.30	43.70	12.20	22.20	23.24

表 4-2 陕北白绒山羊成年体重、体尺描述性统计量

Table 4-2 Descriptive statistics of body size of northern Shaanxi white cashmere goat at adult

性状 Traits	样本数 Number of samples	平均值 Mean	最大值 Maximum value	最小值 Minimum value	中位数 Median	变异系数/% Coefficient of variation
体重/kg Weight	97	41.81	60.00	22.80	41.80	17.67
体高/cm Body height	97	59.85	71.50	50.00	60.00	5.53
尻高/cm Tailbone height	97	62.16	72.00	54.00	63.00	4.50
体长/cm Body length	97	70.92	85.00	61.50	71.00	6.43
胸围/cm Chest circumference	97	87.30	107.00	65.00	88.00	7.42
管围/cm Circumference of cannon bone	97	8.43	10.50	7.50	8.50	6.09
胸宽/cm Tail length	97	21.12	29.00	14.50	21.00	1157
胸深/cm Tail circumference	97	30.60	37.00	27.00	30.00	6.11

4.2.2 羊场管理系统软件在系谱档案中的应用效果

系谱档案可以用来追踪羊的家族历史和遗传信息，在本系统中，羊只系谱档案全面展示于单一页面，涵盖耳标、性别、出生日期、父母信息及品种等基础信息。同时，详尽记录性能测定次数、具体时间点及具体数值，确保数据准确无误。繁殖历史、疫病防控情况、转圈统计及等级鉴定过程等关键信息一应俱全，方便用户全面了解羊只状况。经过实际应用验证，研究团队整合大量数据，通过导入羊的父母信息，性能测定信息、免疫接种信息，系统自动调用并生成系谱档案，在生产信息普遍用纸质记录或 Excel 表记录的情况下，该自动辨别数据的羊场管理系统得到用户的广泛青睐。

4.2.3 羊场管理系统软件在统计报表中的应用效果

羊场管理系统软件的统计及预警模块，为羊场提供五种情况下统计分析数据。其中羊群繁殖情况，用表格与图片的形式展示适繁母羊数、配种数、发情数、繁殖率等关键数据，这些数据不仅可以按时间和羊舍圈进行多维度查询统计，还通过可视化手段进行展示，旨在让育种羊场更清晰地掌握羊场羊只群体的数量。如图 4-1 所示，这

一系列的统计和分析工具，将为羊场的科学管理和决策提供有力支持。

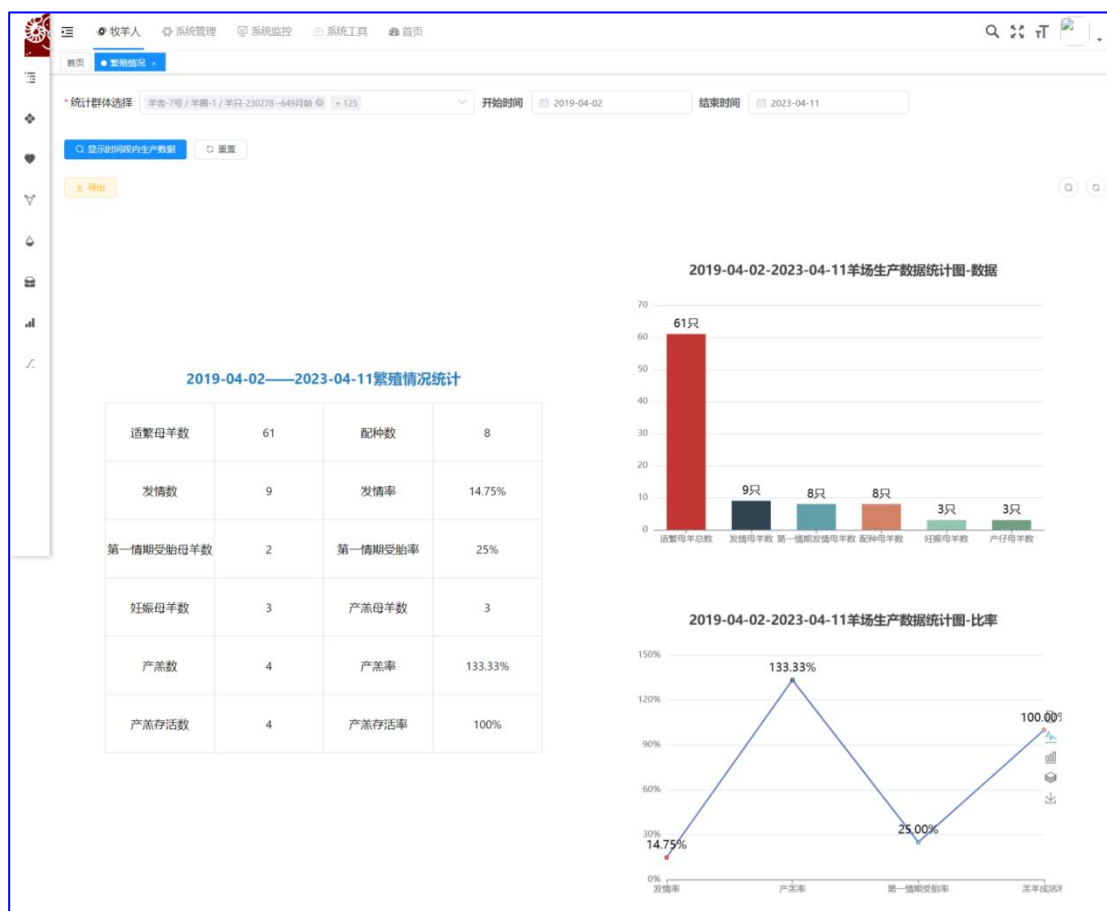


图 4-1 羊群繁殖情况图

Fig.4-1 Map of sheep reproduction

通过对羊场核心群群体数量统计报表分析，由表 4-3 可知，羊场核心群群体数量的发展趋势，集约化湖羊核心育种场自 2020 年成立以来群体数量的变化，从 2020 年的 496 只到 2023 年的 2136 只。陕北白绒山羊联合育种户近年来在养殖场地和资金等条件的制约下，羊只数量维持稳定。

表 4-3 2020 年-2023 年羊场核心群群体数量变化

Table 4-3 Changes in the number of core flock groups on sheep farms between 2020 - 2023

场名称 Field name	年份 Year	品种 Breed	群体数量/只 Population size		
			青年羊 Young goat	成年母羊 Adult ewe	种公羊 Breeding ram
陕北某集约化湖羊场 An intensive Hu sheep farm in northern Shaanxi Province	2020	湖羊 Hu sheep	159	327	10
	2021		566	412	15
	2022		814	905	20
	2023		400	1464	22
某陕北白绒山羊联合育种户 A joint breeder of northern Shaanxi white cashmere goat	2020	陕北白绒山羊 Northern Shaanxi white cashmere goat	29	76	4
	2021		35	80	4
	2022		34	78	5
	2023		47	84	5

4.2.4 羊场管理系统软件在科学育种中的应用效果

经过本研究对比分析，发现采用系统配种方案的公母羊配种与随机配种方式相比，后代表型无显著差异。具体数据如表 4-4 所示，产羔数、出生重、断奶重等指标未得出明显的统计学差异。然而，虽然差异不显著，但使用本系统的配种方案，出生重和断奶重均呈现出一定的增长趋势。

表 4-4 系统应用对核心群体繁殖性能的影响

Table 4-4 Effect of system application on the reproductive performance of the core population

	A 组 Group A	B 组 Group B
妊娠率/% Pregnancy rate	91.67	93.33
产羔率/% Lambing rate	260.00	257.14
产羔数/只 Number of lambs	143	144
出生重/kg Birth weight	3.69	3.63
断奶重/kg Weaning weight	16.36	16.27
羔羊死淘率/% Lamb mortality	4.19	4.86

4.3 讨论

在现代工厂经营中，引入管理系统将成为提升工作效率和优化管理模式的关键步骤（张宁恩等 2023），一款管理系统软件是否满足用户需求，必须通过实际应用来进行检验。但同类型研究论文多注重管理系统的设计与实现，对管理系统实际应用分析研究较少。孟瑞强等人重点说明绒山羊育种管理信息系统的设计与实现，未对该系统进行应用效果分析（孟瑞强 2014）；胡师金等人在天津奥群牧业有限公司进行肉羊育种管理信息系统的相关测试，但未在论文中进行应用效果说明（胡师金 2016）；山羊管理信息移动应用系统用户数量达到 532 人，只分析得到饲养管理模块是用户最关心的模块（刘海朝 2018）。

本研究在羊场实际应用时间长，且涵盖肉用、绒毛用、奶用等用途的羊场，在应用过程中，对用户使用情况和感受进行效果分析，结果显示，本系统不仅能够有效满足大型规模化养殖场对效率和羊基本信息的需求，同时也能够满足个体育种户在系谱档案和育种方面的个性化需求。此外，验证试验表明，随着时间的推移和养殖代数的积累，该系统的应用对羊场生产产生积极影响，促进生产效益。因此，在实际操作中，可进一步探索和完善系统配种方案，以充分发挥其功能，进而发掘羊场生产水平方面的潜力。经过分析，本试验所选取的公母羊均为羊场筛选过的种羊，这可能是导致最终结果差异不显著的主要原因。为了进一步验证并获取更准确的结果，我们计划在后续试验中，选择未经筛选的群体进行验证试验。

在应用过程中，我们亦发现当前管理系统在羊场推广过程中存在的一系列问题。如小型养殖户缺乏电脑设备或电脑配置低，养殖户计算机操作较困难，整理数据的额外工作量，以及警惕数据泄露对羊场内部运营的潜在影响等，下文讨论对问题的应对措施，以期提高管理系统的推广与应用效果。

本研究在研发与推广阶段与羊场、畜牧局紧密合作，通过驻场帮扶、专项资金补贴、个性化培训、远程指导等多种方式，成功提升羊场对系统软件的认可度。在此过程中，本研究深入剖析羊场在应用系统中面临的具体挑战，并制定针对性解决方案。针对小型养殖户缺乏电脑设备或电脑配置低的情况，制定相应条件，达标的羊场提供专项资金补贴用于购置电脑设备。针对部分用户计算机操作水平有限的现状，采取个性化培训模式，确保操作人员能熟练掌握管理系统的基本流程。此举不仅提升员工的技能水平，还增强他们对管理系统的信任感。面对增加工作量的担忧，本研究通过优化工作流程、简化操作步骤等方式，确保应用系统的引入不会给羊场带来过多负担。同时，本研究还通过远程指导的方式，实时解答员工在使用过程中遇到的问题，保障系统的顺畅运行。针对数据泄露的问题，经研究团队与羊场负责人共同探讨为保证数据准确性，通过提升系统数据库保密技术，确保数据的安全性，维护羊场的核心利益。

在推进这些解决方案的实施过程中，羊场始终根据自身的实际情况来制定决策。羊场员工注重基础数据的采集、整理并用系统进行分析，为后期羊场的生产管理和育种管理提供科学依据，从而构建一种高效协同的工作模式。同时，羊场也通过应用系统的数据分析和预警功能，更好地掌握生产情况，为决策提供有力支持。这不仅提高羊场工作效率，还优化管理流程。最后，为了持续提高系统软件的用户满意度，研究团队定期收集并分析系统软件用户的使用体验，为未来系统升级提供思路。本研究将计划推出系统弹窗问卷功能，以便更为高效、及时地获取用户反馈，从而不断优化系统功能，进而提升系统的用户满意度。

4.4 小结

经过半年的试运行，本系统已在陕北某集约化湖羊场成功运作。随后，本系统进一步在 6 家羊场和 8 家育种户中得到了广泛应用，共计导入了 58087 条生产数据。通过对应用效果的深入分析，我们得出结论：本系统在系谱档案管理、科学育种以及生产管理等方面均取得了良好效果。

第五章 结论与创新点

5.1 总结论

(1) 需求分析与整体设计：本文首先点明系统的需求分析，通过收集四类用户的需求，结合文献阅读，本研究设计系统的基本框架、功能以及数据库结构。经过规划，最终确定系统的 8 个功能模块，含 36 项功能，确保系统的全面性、实用性。

(2) 功能模块的实现：在羊只家族系谱的自动化构建方面，本文采用 `vue-org-tree` 技术，实现了高效、准确的系谱构建。同时，在科学育种模块，本研究采用 R 语言 `Sommer` 包、`Ime4` 包，结合平均表现型算法，构建育种分析模型，为科学育种提供强大的技术支持。

(3) 系统的测试与优化：本文采用黑盒测试的方法，对系统的业务功能与应用功能进行测试。此外，本研究利用 `LoadRunner12` 工具对系统进行性能测试；对于测试过程中发现的问题进行针对性的优化，进一步提升系统的性能及用户体验。

(4) 系统的实际应用与效果评估：本文介绍系统在实际应用中的情况，包括应用地点，基础数据的收集与处理过程，追踪系统软件在系谱档案、统计报表以及科学育种中的应用效果，充分展示系统在实际工作中的价值和作用。

5.2 创新点

本研究前往多家羊场及畜牧局进行需求调研，力求设计一款解决羊场实际问题的信息管理软件。

在育种模块，本研究开发育种值与近交系数双限制条件下实现配种方案的方法。

5.3 下一步研究计划

(1) 引入先进的物联网技术，实现羊场内环境参数（如温度、湿度、氨气浓度等）的实时监测与调控；引入大数据分析和人工智能技术，实现对羊只生长数据的智能分析；研发智能饲喂系统，根据羊只的生长阶段和营养需求，自动调整饲料配方和饲喂量。

(2) 引入生物识别技术，实现对羊只个体的精准识别，及时发现病羊并进行隔离治疗。此外，开发业财一体化平台，用经济效益提高养殖场积极性。

(3) 在科学育种方面，引入全基因组育种选择技术，提高育种选择的科学性与准确性。同时，在饲料配方方面，借鉴目前成熟的饲料配方软件，致力于优化现有系统

的饲料配方算法，以提升其应用广度和效率。

参考文献

- 蔡炳育.2020.基于物联网技术的饲料安全追溯系统设计与应用[J].饲料研究,43(12):163-167.
- 陈博,周亦敏.2020.基于 Kubernetes 的 CI/CD 平台[J].计算机系统应用,29(12):268-271.
- 陈虹.2013.软件测试方法研究[J].软件导刊,12(04):24-25.
- 付凌晖,叶礼奇.2023.中国统计年鉴 2023[M].北京:中国统计出版社.
- 高立兵,刁鹏.2021.基于物联网技术的湖羊育种管理信息系统的研究[J].科技创新与生产力,(02):60-61+65.
- 耿宁.2015.基于质量与效益提升的肉羊产业标准化研究[D].博士学位论文,中国农业大学.
- 谷敏,段廷燕.2023.基于物联网技术的饲料生产线远程监测系统分析[J].中国饲料,(23):172-175.
- 吕明鹏.2022.晋南牛生长发育性状遗传参数估计[D].硕士学位论文,山西农业大学.
- 郭向.2019.基于物联网的养殖环境测控系统设计与实现[D].博士学位论文,厦门大学.
- 郭英,雷少斐,王怡雯.2023.塞上风起牛羊壮[N].农民日报,(006).
- 何丹丹.2016.基于黑盒测试的嵌入式系统平台设计与实现[J].现代电子技术,39(21):172-174.
- 洪小娟,黄卫东,韩普.2015.管理信息系统[M].北京:人民邮电出版社:229.
- 侯博学,陈林.2024.数据库技术发展研究综述[J/OL].软件导刊,1-7.
- 胡惠娟,马芮.2020.基于 Spring Boot 实验室管理系统设计与实现[J].铜陵职业技术学院学报,19(01):73-75.
- 胡金字.2023.基于 Spring Boot 和 Vue 框架的企业绩效考核系统设计与实现[D].硕士学位论文,湖北师范大学.
- 胡师金.2016.基于物联网的肉羊育种管理信息系统的研究[D].硕士学位论文,中国农业科学院.
- 黄张玲,李军,郑敏,郑列丰.2019.广西动物防疫物资信息管理系统构建与应用[J].中国动物检疫,36(08):54-58.
- 姜韶华,常星海,高云帆,南风,马东,李书琴,陈玉林,张恩平.2024.基于 Spring Boot+Vue 框架的羊场综合管理系统软件的设计与应用[J].家畜生态学报,45(03):55-62.
- 李晨.2023.《2023 年中国食物与营养发展报告》发布[N].中国科学报,(003).
- 李国良,周煊赫,孙佶,余翔,袁海涛,刘佳斌,韩越.2020.基于机器学习的数据库技术综述[J].计算机学报,43(11):2019-2049.
- 李浩,王磊,江志斌.2014.基于物联网技术的奶牛配料方案研究[J].湖南农业科学,(03):94-97+100.
- 李金萌.2023.LoadRunner 和 JMeter 应用于资产管理系统性能测试的对比分析[J].电脑知识与技术,19(11):24-26.
- 李军,金海.2024.2023 年我国肉羊产业发展概况、未来发展趋势及建议[J].中国畜牧杂志,60(03):322-328.
- 李鹏.2012.数字图书馆内容管理开源软件应用与评价研究[D].博士学位论文,吉林大学.

- 李晓薇.2022.vue.js 前端应用技术分析[J].网络安全技术与应用,(04):44-45.
- 李晓宇,韩飞驰,黄文世,许光辉,任博文,曲中水,李秋实.2023.基于阿里云 ECS 服务器的项目前端搭建及数据存储[J].科技创新与应用,13(26):22-25.
- 李欣. 2016.肉羊养殖管理与溯源平台的开发[D].硕士学位论文,山东农业大学.
- 廉士珍,胡博,朱言柱,王戎,张蕾,刘海燕,鲁荣光,薛向红,闫喜军.2017.动物防疫检疫信息一体化管理系统的建设[J].当代畜禽养殖业,(09):3-4.
- 梁杰, 吴志镛, 符景洲, 朱娟, 姜宇, 孙家广.2024.数据库管理系统模糊测试技术研究综述[J/OL].软件学报,1-25.
- 林靖雅.2023.基于 YOLO 目标检测模型的奶山羊个体面部识别研究[D].硕士学位论文,西北农林科技大学.
- 刘东洋.2021.中国智能畜牧业发展现状及趋势[J].畜牧兽医科技信息,(07):59.
- 刘海朝.2018.山羊管理信息移动应用系统的设计与开发[D].硕士学位论文,四川农业大学.
- 刘利. 2020.中国畜牧业支持政策及效应分析[D].博士学位论文,吉林农业大学,
- 鲁绍雄,夏文财.2010.肉羊信息管理与育种分析系统的研究[J].畜牧兽医杂志,29(02):16-19.
- 孟瑞强.2014.绒山羊育种管理信息系统的研究与设计[D].硕士学位论文,内蒙古农业大学.
- 慕圆圆. 2022.榆林市肉羊养殖户生产技术效率及其影响因素分析[D].硕士学位论文,山西农业大学.
- 倪世恒,王子轶,谢鑫峰,钟梓奇,肖倩.2024.基因组选择技术在畜禽育种中的应用研究进展[J/OL].中国畜牧杂志,1-11.
- 裴威,李战怀,潘巍.2021.GPU 数据库核心技术综述[J].软件学报,32(03):859-885.
- 沈秋采,杨涛,朱超,何立杰,杨晋丹,彭宇飞.2017.基于目标规划的马饲料配方研究[J].中国畜牧兽医,44(09):2668-2674.
- 孙晓燕,姜勋平.2009.猪育种软件的研究与应用[J].现代农业科技,(15):359-361.
- 陶建华,刘瑞挺,徐恪,韩伟力,张华平,于剑,田丰,梁晓辉.2016.中国计算机发展简史[J].科技导报,34(14):12-21.
- 田可川,张沅,史梅英,胡向荣,郭志勤.1998.细毛羊育种信息系统应用研究[J].西北农业学报,(01):12-16.
- 涂远璐,高立鹏,冯国兴,白云峰,黎有娣,刘健.2013.肉羊规模生产信息化管理系统的开发设计与实现[J].农业网络信息,(10):37-40.
- 涂远璐,邹建香,白云峰,冯国兴.2016.基于 Web 的肉羊信息管理系统中亲缘系数及近交系数的程序设计 with 实现[J].农业网络信息,(12):35-38.
- 妥泽花.2021.基于黑盒测试与白盒测试的比较探究[J].电子世界,(11):55-56.
- 万晓枫,文军.2013.实体关系图的程序实现[J].实验科学与技术, 11(6): 43-44.
- 王昊,刘友华. 2021.信息系统分析与设计[M].南京: 南京大学出版社, (09):323.
- 王龙威,樊红灯,杨红远,梁家充,姚新荣,叶朗惠,刘廷丹,李贺,白俊艳,张俊. 2024.山羊数字化育种管理系统设计及应用效果分析[J].河南农业科学,53(01):133-141.
- 王升平.2020.基于 LoadRunner 的家医后台管理系统性能测试设计与分析[D].硕士学位论文,浙江工业大学.

- 韦敬楠.2023.新时期中国畜牧业高质量发展:内涵特征与路径选择[J].山东农业工程学院学报,40(05):1-7.
- 翁恺麒,霍蔚然,张钰,张扬,陈国宏,徐琪.2022.畜禽育种中便携交互式遗传参数计算器软件的开发与应用[J].四川农业大学学报,40(01):118-124.
- 吴飞,石兰,马梅兰,王江,何新宇,依明·苏来曼.2022.基于 Django 框架的肉羊遗传评估系统的设计[J].中国畜牧杂志,58(11):127-131.
- 吴爽.2021.网络时代科学活动的变革研究[D].博士学位论文,中国科学技术大学.
- 吴铁成,勿都巴拉,何云梅,李玉荣,赵存发,马跃军,刘斌,赵生国.2016.基于射频识别的绒山羊育种生产管理系统研究[J].中国畜牧兽医,43(3):776-783.
- 肖湘雄,滕俊磊.2023.中国式粮食安全治理:历程回顾、经验启示与进路探寻[J].江南大学学报(人文社会科学版),22(04):90-101.
- 邢承杰,宋式斌,林莉,杨旭.2009.LoadRunner 在系统性能优化中的应用[J].中山大学学报(自然科学版),48(S1):301-304.
- 熊本海,杨亮,郑姗姗,曹沛,潘晓花,吴郭涛.2017.哺乳母猪精准饲喂下料控制系统的设计与试验[J].农业工程学报,33(20):177-182.
- 徐振飞,牛春娥,赵福平,李世恩,高钰,杨博辉.2020.我国绵羊育种现状及展望[J].中国草食动物科学,40(02):60-65.
- 许佳彬.2023.中国奶牛养殖业绿色转型的驱动机制研究[D].博士学位论文,东北农业大学.
- 许平平.2016.种羊注册系统的研制[D].硕士学位论文,华中农业大学.
- 薛晓姝.2023.宁夏地区荷斯坦奶牛体型性状、产奶性状及长寿性状的遗传参数分析[D].硕士学位论文,宁夏大学.
- 杨丽芬.2003.肉羊育种管理信息系统的设计[D].硕士学位论文,河北农业大学.
- 杨彦武,张凤凤,杜彩玲.2022.西安市未央区兽医实验室信息管理系统的建立与应用[J].畜牧兽医科学(电子版),01:132-134.
- 殷宗俊,张勤.2005.利用 GLMM 方法估计家畜阈性状的遗传力[J].中国农业大学学报,(6):33-36.
- 咎林森,郑同超,马陕红,刘永峰.2006.牛肉安全生产可追溯信息系统研究与应用[J].中国农学通报,(08):22-25.
- 张德印.2021.国内外绵羊群体遗传结构及其基因组选择信号分析[D].硕士学位论文,甘肃农业大学.
- 张剑搏.2018.基于 ASReml 对高山美利奴羊早期遗传参数估计和遗传评定[D].硕士学位论文,中国农业科学院.
- 张静,曹立春.2019.肉羊遗传育种与养殖在线管理系统后台数据库优化设计[J].电脑编程技巧与维护,(12):111-113.
- 张宁恩,侯振,万莹.2023.智能仓储物流管理系统分析[J].信息系统工程,(07):24-27.
- 张英杰.2020.我国羊产业发展形势分析[J].饲料工业,41(21):1-4.
- 张元旭,李竟,王泽昭,陈燕,徐凌洋,张路培,高雪,高会江,李俊雅,朱波,郭鹏.2024.动物遗传评估软件研究进展[J/OL].畜牧兽医学报,1-19.

- 赵荣彪.2021.JDK1.8 新特性与编程性能[J].信息技术与信息化,(05):145-146+150.
- 朱益民.1985.第一个奶牛信息处理系统进入实用阶段[J].中国奶牛,(03):60-62.
- 左昕晨.2023.新疆南疆湖羊集约化养殖模式效益分析[D].硕士学位论文.石河子大学.
- Aristoteles Aristoteles, Kusuma Adhianto, Rico Andrian, Yeni Nuhricha Sari. 2019. Comparative Analysis of Cow Disease Diagnosis Expert System using Bayesian Network and Dempster-Shafer Method[J]. International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 10(4): 227-235.
- Boichard D, Ducrocq V, Croiseau P, Fritz S. 2016. Genomic selection in domestic animals: Principles, applications and perspectives[J]. C R Biol, 339(7-8): 274-277.
- Brent A. Gloy, Jay T. Akridge. 2000. Computer and internet adoption on large U.S. farms[J]. International Food & Agribusiness Management Review, 3: 323-338.
- Chafai Narjice, Hayah Ichrak, Houaga Isidore, Badaoui Bouabid. 2023. A review of machine learning models applied to genomic prediction in animal breeding[J]. Frontiers in Genetics, 14: 1150596-1150596.
- Chen H, Wang X. 2013. CrusView: a Java-based visualization platform for comparative genomics analyses in Brassicaceae species[J]. Plant Physiol, 163(1): 354-362.
- Cheshkova A. F., Aleynikov A. F., Grebennikova I. G., Stepanov P. I. 2017. Application Of The R Software Environment For Analysis Of Variance In Breeding Research[J]. Siberian Herald of Agricultural Science, 47(5): 88-96.
- Chutchada Nusai, Sirisak Cheechang, Somkid Chaiphech, Goragot Thanimkan. 2015. Swine-Vet: A Web-based Expert System of Swine Disease Diagnosis[J]. Procedia Computer Science, 63: 366-375.
- Claire Morgan-Davies, Nicola Lambe, Harriet Wishart, Tony Waterhouse, Fiona Kenyon, Dave McBean, Davy McCracken. 2018. Impacts of using a precision livestock system targeted approach in mountain sheep flocks[J]. Livestock Science, 208: 67-76.
- Deqing Li, Honghui Mei, Yi Shen, Shuang Su, Wenli Zhang, Junting Wang, Ming Zu, Wei Chen. 2018. ECharts: A declarative framework for rapid construction of web-based visualization[J]. Visual Informatics, 2 (2): 136-146.
- Evan Thomson, John Nolan. 2001. UNEForm: a powerful feed formulation spreadsheet suitable for teaching or on-farm formulation[J]. Animal Feed Science and Technology, 91(3-4): 233-240.
- Faux Anne-Michelle, Gorjanc Gregor, Gaynor R Chris, Battagin Mara, Edwards Stefan M, Wilson David L, Hearne Sarah J, Gonen Serap, Hickey John M. 2016. AlphaSim: Software for Breeding Program Simulation[J]. The plant genome, 9 (3): 1-14.
- FISHER, R. A. 1925. Statistical methods for research workers[M]. Edinburgh: Oliver and Boyd.
- Francesco B D, Pavel K, Jasmina K. 2022. Analysis of Management, Labor and Economics of Milking Systems in Intensive Goat Farms[J]. Agriculture, 12(4): 513-513.
- Georges M. 1999. Towards marker assisted selection in livestock[J]. Reprod Nutr Dev, 39(5-6):555-61.
- Hamadani A, Ganai N A. 2022. Development of a multi-use decision support system for scientific management and breeding of sheep[J]. Scientific Reports, 12(1): 19360-19372.

- Hansol P, Hoseok J, Hyun Y. 2014. A Study on the Sow Breeding Management System for MSY Improvement based QR-Code[J]. International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, 9(4): 179-186.
- Hatma Suryotrisongko, Dedy Puji Jayanto, Aris Tjahyanto. 2017. Design and Development of Backend Application for Public Complaint Systems Using Microservice Spring Boot[J]. Procedia Computer Science, 124: 736-743.
- Junhui Song, Min Zhang, Hua Xie. 2019. Design and Implementation of a Vue.js-Based College Teaching System[J]. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 14 (13): 59-69.
- Kim Dongyool, Yagi Hironori, Kiminami Akira. 2022. Exploring information uses for the successful implementation of farm management information system: A case study on a paddy rice farm enterprise in Japan[J]. Smart Agricultural Technology, 3: 1-11.
- Li MH, Strandén I, Tiirikka T, Sevón-Aimonen ML, Kantanen J. 2011. A comparison of approaches to estimate the inbreeding coefficient and pairwise relatedness using genomic and pedigree data in a sheep population[J]. PLoS One, 6(11): e26256.
- Lizza Nattasya Marpaung, Dahriansah Dahriansah, Cecep Maulana. 2022. Expert System Diagnose Diseases in Goats Using the Application of Certainty Factor at the Asahan District Livestock Service[J]. Jurnal Teknik Informatika, 3(1): 168-169.
- Madsen P. 2006. DMU - A Package for Analyzing Multivariate Mixed Models in quantitative Genetics and Genomics[C]. proceedings of the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, F.
- Melgarejo I, M.Valera, A.Molina, A.Rodero. 2000. GESCAB: software for the Andalusian horse breeding[J]. Archivos de Zootecnia, 49 (185/186): 115-123.
- Meuwissen T H, Hayes B J, Goddard M E. 2001. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps[J]. Genetics, 157(4): 1819-29.
- Meuwissen T, Hayes B, Goddard M. 2016. Genomic selection: A paradigm shift in animal breeding[J]. Animal Frontiers, 6(1): 6-14.
- Meyer Karin. 2007. WOMBAT—A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML)[J]. Journal of Zhejiang University(Science B:An International Biomedicine & Biotechnology Journal), (11): 815-821.
- Paul Krill. 2016. Vue.js lead: Our JavaScript framework is faster than React[J]. InfoWorld.com.
- Paul Krill. 2018. Nginx debuts app server for microservices[J]. InfoWorld.com.
- Rodrigo da Rosa Righi, Guilherme Goldschmidt, Rafael Kunst, Cássio Deon, Cristiano André da Costa. 2020. Towards combining data prediction and internet of things to manage milk production on dairy cows[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 169: 105156-105156.
- Rutten M J M, Bijma P, Woolliams J A, van Arendonk J A M. 2002. SelAction: software to predict selection response and rate of inbreeding in livestock breeding programs[J]. The Journal of heredity, 93 (6): 456-8.

- S Mutua, B Bebe, A Kahi, A Guliye. 2013. Incorporation of Milk Yield, Dry Matter Intake and Phosphorous Excretion Predictive Functions in the Development of a Multi-Objective Dairy Feed Formulation Software Program[J]. *Journal of Agricultural Science*, 5(11): 208.
- Serdar Yegulalp. 2016. Report: Linux, NoSQL, Nginx set foundation for AWS app dominance[J]. InfoWorld.com.
- Shen H, Feldman MW. 2020. Genetic nurturing, missing heritability, and causal analysis in genetic statistics[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(41): 25646 – 25654.
- Shivegowda, Monika Dyavenahalli, Boonyasopon, Pawinee, Rangappa, Sanjay Mavinkere, Siengchin, Suchart. 2022. A Review on Computer-Aided Design and Manufacturing Processes in Design and Architecture[J]. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(6): 1-8.
- Sungkhapreecha P, Chankitisakul V, Duangjinda M, Buaban S, Boonkum W. 2022. Determining Heat Stress Effects of Multiple Genetic Traits in Tropical Dairy Cattle Using Single-Step Genomic BLUP[J]. *Vet Sci*, 9(2): 66.
- Uyeh Daniel Dooyum, Rammohan Mallipeddi, Trinadh Pamulapati, Tusan Park, Junhee Kim, Seungmin Woo, Yushin Ha. 2018. Interactive livestock feed ration optimization using evolutionary algorithms[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 155: 1-11.
- Varona L, Legarra A. 2020. GIBBSTHUR: Software for Estimating Variance Components and Predicting Breeding Values for Ranking Traits Based on a Thurstonian Model[J]. *Animals*, 10(6): 1001.
- Wang Chunhang, An Zhe, Jairueng Supalux, Ruekkasaem Lakkana, Jayasudha M. 2022. Model Optimization of Agricultural Machinery Information Control System Based on Artificial Intelligence[J]. *Journal of Food Quality*, 2022:1-7.
- Wang Ting, Graves Benjamin, Rosseel Yves, Merkle Edgar C. 2022. Computation and application of generalized linear mixed model derivatives using Ime4[J]. *Psychometrika*, 87(3): 1173-1193.
- Weigel KA, VanRaden PM, Norman HD, Grosu H. 2017. A 100-Year Review: Methods and impact of genetic selection in dairy cattle-From daughter-dam comparisons to deep learning algorithms. *J Dairy Sci*, 100(12): 10234-10250.
- Williams PC, Ward WR. 1989. Development of a coding system for recording clinical findings in farm animal practice[J]. *Veterinary Record*, 124: 118-122.
- Yao R, Song Y, Zhang R. 2017. The Management System of Beef Cattle Breeding based on the Data Record of Whole Industry Chain[C]. *Information Science and Cloud Computing*(Volume 2), pp. 8.
- Zhao Liang, Gu Hengzhi, Xu Jingxian, Cui Yang, Shuai Chunjiang. 2021. Research on Simufact simulation data processing system based on QT and MySQL[J]. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 6(2): 291-298.

附录

附录 1 登录页面代码

```
<template>
  <div class="login">
    <el-form ref="loginForm" :model="loginForm" :rules="loginRules"
class="login-form">
      <h3 class="title">牧羊人管理系统</h3>
      <el-form-item prop="username">
        <el-input v-model="loginForm.username" type="text" auto-complete="off"
placeholder="账号">
          <svg-icon slot="prefix" icon-class="user" class="el-input__icon
input-icon" />
        </el-input>
      </el-form-item>
      <el-form-item prop="password">
        <el-input
          v-model="loginForm.password"
          type="password"
          auto-complete="off"
          placeholder="密码"
          @keyup.enter.native="handleLogin"
        >
          <svg-icon slot="prefix" icon-class="password" class="el-input__icon
input-icon" />
        </el-input>
      </el-form-item>
      <el-form-item prop="code">
        <el-input
          v-model="loginForm.code"
          auto-complete="off"
          placeholder="验证码"
          style="width: 63%"
          @keyup.enter.native="handleLogin"
        >
```

```

    >
      <svg-icon slot="prefix" icon-class="validCode" class="el-input__icon
input-icon" />
    </el-input>
    <div class="login-code">
      
    </div>
  </el-form-item>
  <el-checkbox v-model="loginForm.rememberMe" style="margin:0px 0px 25px
0px;">记住密码</el-checkbox>
  <el-form-item style="width:100%;">
    <el-button
      :loading="loading"
      size="medium"
      type="primary"
      style="width:100%;"
      @click.native.prevent="handleLogin"
    >
      <span v-if="!loading">登 录</span>
      <span v-else>登 录 中...</span>
    </el-button>
  </el-form-item>
</el-form>
<!-- 底部 -->
<div class="el-login-footer">
  <span>Copyright © 2021 CIE All Rights Reserved.</span>
</div>
</div>
</template>

<script>
import { getCodeImg } from "@api/login";
import Cookies from "js-cookie";
import { encrypt, decrypt } from '@utils/jsencrypt'

```

```
export default {
  name: "Login",
  data() {
    return {
      codeUrl: "",
      cookiePassword: "",
      loginForm: {
        username: "admin",
        password: "",
        rememberMe: false,
        code: "",
        uuid: ""
      },
      loginRules: {
        username: [
          { required: true, trigger: "blur", message: "用户名不能为空" }
        ],
        password: [
          { required: true, trigger: "blur", message: "密码不能为空" }
        ],
        code: [{ required: true, trigger: "change", message: "验证码不能为空" }]
      },
      loading: false,
      redirect: undefined
    };
  },
  watch: {
    $route: {
      handler: function(route) {
        this.redirect = route.query && route.query.redirect;
      },
      immediate: true
    }
  }
}
```



```

    },
    created() {
      this.getCode();
      this.getCookie();
    },
    methods: {
      getCode() {
        getCodeImg().then(res => {
          this.codeUrl = "data:image/gif;base64," + res.img;
          this.loginForm.uuid = res.uuid;
        });
      },
      getCookie() {
        const username = Cookies.get("username");
        const password = Cookies.get("password");
        const rememberMe = Cookies.get('rememberMe')
        this.loginForm = {
          username: username === undefined ? this.loginForm.username : username,
          password: password === undefined ? this.loginForm.password :
decrypt(password),
          rememberMe: rememberMe === undefined ? false : Boolean(rememberMe)
        };
      },
      handleLogin() {
        this.$refs.loginForm.validate(valid => {
          if (valid) {
            this.loading = true;
            if (this.loginForm.rememberMe) {
              Cookies.set("username", this.loginForm.username, { expires: 30 });
              Cookies.set("password", encrypt(this.loginForm.password), { expires:
30 });
              Cookies.set('rememberMe', this.loginForm.rememberMe, { expires:
30 });
            } else {

```

```
        Cookies.remove("username");
        Cookies.remove("password");
        Cookies.remove('rememberMe');
    }
    this.$store.dispatch("Login", this.loginForm).then(() => {
        this.$router.push({ path: this.redirect || "/" }).catch(()=>{});
    }).catch(() => {
        this.loading = false;
        this.getCode();
    });
}
});
}
}
};
</script>
```

```
<style rel="stylesheet/scss" lang="scss">
.login {
    display: flex;
    justify-content: center;
    align-items: center;
    height: 100%;
    background-image: url("../assets/images/login-background.jpg");
    background-size: cover;
}
.title {
    margin: 0px auto 30px auto;
    text-align: center;
    color: #1a1919;
}

.login-form {
    border-radius: 6px;
```

```
background: rgba(255,255,255,0.1);
width: 400px;
padding: 25px 25px 5px 25px;
.el-input {
  height: 38px;
  input {
    height: 38px;
  }
}
.input-icon {
  height: 39px;
  width: 14px;
  margin-left: 2px;
}
}
.login-tip {
  font-size: 13px;
  text-align: center;
  color: #bfbfbf;
}
.login-code {
  width: 33%;
  height: 38px;
  float: right;
  img {
    cursor: pointer;
    vertical-align: middle;
  }
}
.el-login-footer {
  height: 40px;
  line-height: 40px;
  position: fixed;
  bottom: 0;
```

```
width: 100%;  
text-align: center;  
color: #535353;  
font-family: Arial;  
font-weight: bolder;  
font-size: 12pt;  
letter-spacing: 1px;  
background-color: rgba(255,255,255,0.3);  
}  
.login-code-img {  
    height: 38px;  
}  
</style>
```

附录 2 基础信息数据库

基础数据库的数据表共计 27 张, 分别为 sheep_house、sheep_fold、sheep_base_info、sheep_nutrition_required、sheep_growth_info、sheep_feed_usage、sheep_milk_appraisal、sheep_turn、sheep_leave、sheep_grade_identification、sheep_disease_corpus、sheep_disease_deworming、sheep_disease_immune、sheep_disease_treatment、sheep_semen_collection、sheep_oestrus、sheep_breed、sheep_childbirth、sheep_drug_info、sheep_drug_out、sheep_feed_material、sheep_feed_additive、sheep_feed_recipe、sheep_feed_recipe_detail、sheep_feed_stock、sheep_feed_out、sheep_variety, 对应羊舍信息表、羊圈信息表、羊基本信息表、各阶段羊营养需求表、个体生长信息表、饲料使用表、羊奶品质测定表、羊转圈表、羊离场表、等级鉴定结果表、羊诊治语料表、驱虫记录表、免疫接种记录表、诊治记录表、采精检测表、母羊发情表、母羊配种表、母羊产羔表、药品信息表、药品出库表、饲料价值表、饲料添加剂表、饲料配方表、配方详情表、饲料库存表、饲料出库表、羊品种表等。因本篇文章篇幅有限, 下面仅列举主要的数据表结构定义, 如表 F2-1 至表 F2-5。

表 F2-1 羊舍信息表

Table F2-1 Sheep Barn Information Sheet

序号	字段	数据类型	长度	主键	注释
1	id	bigint		Y	羊舍编号
2	label	varchar	16	N	面积
3	acreage	float		N	描述
4	house_describe	varchar	255	N	备注
5	remark	varchar	255	N	姓名
6	create_by	varchar	64	N	创建人
7	create_time	datetime		N	创建时间
8	update_by	varchar	64	N	更新人
9	update_time	datetime		N	更新时间

表 F2-2 羊基本信息表

Table F2-1 Sheep Basic Information Sheet

序号	字段	数据类型	长度	主键	注释
1	id	bigint		Y	ID
2	rfid_id	varchar	64	N	电子耳标码
3	ear_id	varchar	16	N	外部耳标
4	synon_ear_id	varchar	32	N	同义号
5	photo	varchar	100	N	个体照片
6	species	int		N	物种
7	sheep_use	int		N	用途
8	variety	varchar	30	N	品种

9	series	varchar	30	N	品系
10	sex	int		N	性别
11	birthday	date		N	出生日期
12	sheep_cote	bigint		N	羊圈
13	sheep_house	bigint		N	羊舍
14	sheep_farm	bigint		N	羊场
15	grade_identification	bigint		N	等级
16	birth_weight	float		N	初生重
17	status	tinyint	1	N	在场状态
18	production_status	int		N	生产状态
19	entrance_date	date		N	入场日期
20	entrance_type	int		N	入场类别
21	weight	float		N	体重
22	leave_reason	int		N	离场原因
23	leave_date	date		N	离场日期
24	mother_id	varchar	20	N	母亲羊
25	father_id	varchar	20	N	父亲羊
26	remark	varchar	255	N	备注
27	create_by	varchar	64	N	创建人
28	create_time	datetime		N	创建时间
29	update_by	varchar	64	N	更新人
30	update_time	datetime		N	更新时间
31	tenant_id	bigint		N	所有者

表 F2-3 个体生长信息表

Table F2-3 Individual Growth Information Table

序号	字段	数据类型	长度	主键	注释
1	id	integer		Y	ID
2	ear_id	varchar	500	N	耳标
3	growth_stage	int		N	生长阶段
4	measure_date	datetime		N	测定时间
5	weight	float		N	体重
6	body_length	float		N	体长
7	height	float		N	体高
8	chest_depth	float		N	胸深
9	chest_width	float		N	胸宽
10	chest_circum	float		N	胸围
11	cross_height	float		N	十字部高
12	tube_girth	float		N	管围
13	tail_length	float		N	尾总长
14	tail_length2	float		N	尾长 2

序号	字段	数据类型	长度	主键	注释
15	tail_root_width	float		N	尾根宽
16	tail_root_circumference	float		N	尾根周长
17	remark	varchar	255	N	备注
18	create_by	varchar	64	N	创建人
19	create_time	datetime		N	创建时间
20	update_by	varchar	64	N	更新人
21	update_time	datetime		N	更新时间
22	tenant_id	bigint		N	所有者

表 F2-4 母羊配种表

Table F2-4 Breeding table for ewes

序号	字段	数据类型	长度	主键	注释
1	id	bigint		Y	ID
2	ear_id	bigint		N	耳号
3	breed_cycle	int		N	配种周期
4	breed_type	int		N	配种方式
5	ram_id	bigint		N	种公羊耳号
6	semen_id	bigint		N	公羊精液
7	semen_dilution_ratio	float		N	精液稀释倍数
8	breed_date	date		N	配种日期
9	breed_number	tinyint		N	周期配种次数
10	pregnancy_confirmation	tinyint		N	生产状态
11	gestation	tinyint		N	妊娠结果
12	parity	int		N	胎次
13	breeder	bigint		N	配种员
14	remark	varchar	255	N	备注
15	create_by	varchar	64	N	创建人
16	create_time	datetime		N	创建时间
17	update_by	varchar	64	N	更新人
18	update_time	datetime		N	更新时间
19	tenant_id	bigint		N	所有者

表 F2-5 免疫接种记录表

Table F2-5 Immunisation Record Sheet

序号	字段	数据类型	长度	主键	注释
1	id	integer		Y	ID
2	ear_ids	varchar	2000	N	耳号
3	immune_item	int		N	免疫项目
4	vaccine	bigint		N	疫苗
5	usage_amount	float		N	使用量
6	unit	int		N	药剂单位
7	operator	bigint		N	接种员
8	immune_date	date		N	接种日期
9	remark	varchar	255	N	备注
10	create_by	varchar	64	N	创建人
11	create_time	datetime		N	创建时间
12	update_by	varchar	64	N	更新人
13	update_time	datetime		N	更新时间
14	tenant_id	bigint		N	所有者