

班 级 2103018

学 号 20009100359

西安电子科技大学

# 本科毕业设计论文



题 目 农业果实称重云端软件的设计与实现

学 院 计算机科学与技术院

专 业 计算机科学与技术

学生姓名 江志航

导师姓名 霍秋艳



## 摘 要

在现代农业向智慧化转型的进程中，精准收获成为提升农业生产效率与质量的关键环节。其中，果蔬采摘的称重工作是精准收获的重要组成部分。随着电子秤的广泛应用，其在智慧农场果蔬采摘中的作用日益凸显。然而，目前果蔬采摘很大程度上依旧依赖人工操作，这就使得对采摘果实进行准确的称重记录以及对果蔬产量进行科学管理变得尤为迫切。

为满足上述需求，本研究基于 Java 技术栈和 Vue 框架设计并实现了一款前后端分离的果实称重云端软件。在前端部分，选用 Vue 框架进行构建。Vue 具有简洁的语法、高效的虚拟 DOM 机制以及良好的组件化开发模式，能够为用户提供流畅、美观且交互性强的操作界面，使用户可以方便地进行电子秤配置、数据查看与管理等操作。后端则采用 Java 技术栈，利用其丰富的类库和强大的跨平台性能，确保系统的稳定性和可扩展性。通过 Spring Boot 框架简化开发流程，使用 Spring JPA 进行数据库操作，保证系统能够高效处理大量的称重数据。

该软件具备多项核心功能。首先，支持基于 HTTP、MQTT 等不同协议的电子秤，能够兼容市场上多种类型的电子秤设备，增强了系统的通用性和适应性。其次，提供了灵活的配置功能，用户可以方便地新增电子秤，设置对应的密钥，以及根据不同电子秤的数据特点配置数据格式，确保能够准确解析和处理来自各种电子秤的称重数据。此外，软件还具备强大的统计分析能力，可以按照批次、采摘人员等维度对称重数据进行深入分析，能够将分析结果导出为常见的数据格式，并自动生成详细的统计报告，为农场管理者提供决策依据。

为了验证软件的功能和性能，本研究模拟了称重终端与云端软件的交互过程。通过模拟不同协议的电子秤向云端软件发送称重数据，全面测试软件在数据接收、解析、存储和处理等方面的功能完整性。同时，从多个维度对软件性能进行评估，包括可用性、每秒查询率（QPS）、并发用户数和响应时间等。可用性方面，通过长时间运行测试，确保软件在各种情况下都能稳定可靠地运行；QPS 测试用于评估软件在单位时间内处理查询请求的能力；并发用户数测试模拟多个用户同时使用软件的场景，检验系统在高并发情况下的性能表现；响应时间测试则关注用户操作后软件的响应速度，以保证良好的用户体验。

综上所述，本研究实现的果实称重云端软件为智慧农场的果蔬采摘称重管理

提供了一个高效、稳定且功能丰富的解决方案，有助于推动智慧农场的精准收获和数字化管理。

**关键词：**智慧农业    称重系统    Spring Boot    Vue    MQTT    信息管理系统

## ABSTRACT

In the process of the transformation of modern agriculture towards intelligence, precise harvesting has become a crucial part in improving the efficiency and quality of agricultural production. Among them, the weighing of fruits and vegetables during the picking process is an important component of precise harvesting. With the widespread application of electronic scales, their role in the fruit and vegetable picking in smart farms has become increasingly prominent. However, at present, fruit and vegetable picking still largely relies on manual labor, which makes it particularly urgent to accurately record the weight of the picked fruits and scientifically manage the fruit and vegetable yields.

To meet the above - mentioned requirements, this study designed and implemented a cloud - based fruit weighing software with a front - end and back - end separation architecture based on the Java technology stack and the Vue framework. For the front - end, the Vue framework was selected for construction. Vue features a concise syntax, an efficient virtual DOM mechanism, and a good component - based development model, which can provide users with a smooth, aesthetically pleasing, and highly interactive operation interface. Users can conveniently configure electronic scales, view and manage data through this interface. The back - end adopts the Java technology stack, leveraging its rich class libraries and strong cross - platform capabilities to ensure the stability and scalability of the system. The Spring Boot framework is used to simplify the development process, and Spring JPA is employed for database operations, guaranteeing that the system can efficiently process a large amount of weighing data.

This software has multiple core functions. Firstly, it supports electronic scales based on different protocols such as HTTP and MQTT, enabling it to be compatible with various types of electronic scale devices on the market, which enhances the system's universality and adaptability. Secondly, it provides flexible configuration functions. Users can easily add new electronic scales, set corresponding keys, and configure data formats according to the data characteristics of different electronic scales, ensuring accurate parsing and processing of weighing data from various electronic scales. In addition, the software has powerful statistical analysis capabilities. It can conduct in - depth analysis of weighing

data according to dimensions such as batches and pickers, export the analysis results in common data formats, and automatically generate detailed statistical reports, providing decision - making basis for farm managers.

To verify the functionality and performance of the software, this study simulated the interaction process between the weighing terminal and the cloud - based software. By simulating electronic scales with different protocols sending weighing data to the cloud - based software, a comprehensive test was carried out on the software's functionality integrity in data reception, parsing, storage, and processing. Meanwhile, the software performance was evaluated from multiple dimensions, including availability, Queries Per Second (QPS), concurrent user count, and response time. In terms of availability, long - term operation tests were conducted to ensure that the software can run stably and reliably under various conditions. The QPS test was used to evaluate the software's ability to process query requests per unit time. The concurrent user count test simulated scenarios where multiple users used the software simultaneously to examine the system's performance under high - concurrency situations. The response time test focused on the software's response speed after user operations to ensure a good user experience.

In conclusion, the cloud - based fruit weighing software implemented in this study provides an efficient, stable, and feature - rich solution for the weighing management of fruit and vegetable picking in smart farms, which contributes to promoting precise harvesting and digital management in smart farms.

**Keywords:** Smart agriculture    Weighing System    Spring Boot    Vue    MQTT  
**Information management system**

# 目 录

<b>第一章 绪论</b>	<b>1</b>
1.1 研究背景与意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.3 研究目标与内容	3
1.4 研究方法与技术路线	4
<b>第二章 农业果实称重云端系统的关键技术</b>	<b>7</b>
<b>第三章 系统需求分析与设计</b>	<b>9</b>
<b>第四章 系统实现与关键技术细节</b>	<b>11</b>
<b>第五章 系统测试与性能评估</b>	<b>13</b>
<b>第六章 农业果实称重云端系统的应用案例分析</b>	<b>15</b>
<b>第七章 结论与展望</b>	<b>17</b>
<b>致谢</b>	<b>19</b>
<b>参考文献</b>	<b>21</b>





## 第一章 绪论

### 1.1 研究背景与意义

在全球人口持续增长以及人们对农产品品质与安全关注度日益提升的大背景下，农业的发展面临着前所未有的挑战与机遇。智慧农业作为一种融合了现代信息技术、生物技术、工程技术等多学科技术的新型农业发展模式<sup>[1]</sup>，正逐渐成为推动农业现代化进程的关键力量。它通过对农业生产过程中的各种数据进行实时采集、传输、分析和处理，实现了农业生产的精准化、智能化和自动化管理<sup>[2]</sup>，有效提高了农业生产效率、降低了生产成本、保障了农产品质量安全，为解决当前农业发展面临的诸多问题提供了新的思路和方法。

果实称重作为精准农业的重要环节，对于农业生产管理和决策具有不可或缺的作用<sup>[3]</sup>。准确的果实称重数据能够为农民提供有关农作物产量的精确信息，帮助他们及时了解农作物的生长状况，<sup>[4]</sup>进而合理安排农事活动，如施肥、灌溉、病虫害防治等，以提高农作物的产量和质量。通过对果实称重数据的分析，还可以为农产品的市场定价、销售策略制定以及供应链管理提供有力的数据支持，有助于优化农产品的流通环节，提高农业经济效益<sup>[5]</sup>。在水果采摘环节，精确的称重能够实现水果按重量分级，满足不同消费者的需求，提升水果的市场竞争力<sup>[6]</sup>；在农产品加工行业，准确的原料称重是保证产品质量一致性和生产工艺稳定性的关键因素。

然而，传统的果实称重方式主要依赖人工操作，存在着诸多明显的不足。人工称重效率低下，在大规模的农业生产中，需要耗费大量的人力和时间，尤其是在果实收获季节，繁重的称重工作往往使人力成本大幅增加<sup>[7]</sup>。人工称重容易受到人为因素的影响，导致称重数据的准确性和可靠性难以保证，如操作人员的疲劳、疏忽以及读数误差等，都可能使称重数据出现偏差，从而影响后续的生产决策<sup>[8]</sup>。传统称重方式的数据记录和管理也较为繁琐，难以实现数据的实时共享和高效分析，无法满足现代精准农业对数据快速处理和深度挖掘的需求<sup>[9]</sup>。

随着云计算、物联网、大数据等信息技术的飞速发展，将这些先进技术应用于农业领域，构建农业果实称重云端系统，成为推动农业数字化转型的必然趋势。云端系统能够实现果实称重数据的实时采集、传输和存储，打破了时间和空间的限制，使得农民和农业管理者可以随时随地获取和管理称重数据<sup>[12]</sup>。通过对海量称

重数据的分析挖掘,云端系统能够为农业生产提供更加科学、精准的决策支持,如产量预测、市场趋势分析等,有助于农业生产者更好地应对市场变化,降低生产风险<sup>[10]</sup>。云端系统还可以与其他农业信息化系统进行集成<sup>[11]</sup>,实现农业生产全过程的信息化管理,进一步提升农业生产的智能化水平,推动智慧农业的发展。

基于以上背景,本文研究将深入调研农村电子秤称重的流程,了解农场电子秤称重数据的特点和应用场景,设计并利用软件技术,实现对农场电子秤称重数据的实时采集,并通过云端数据库存储和分析,实现对数据的实时共享和高效分析,为农业生产提供更加科学、精准的决策支持。同时系统还将提供与称重数据相关的果实、员工、采摘作业等信息的管理和可视化展示,帮助农业生产者更好地管理农业生产环境,提高农业生产效率。

## 1.2 国内外研究现状

在国外,智慧农业的发展起步较早,农业果实称重技术与云端系统的应用研究也取得了较为显著的成果。美国作为农业科技强国,在农业领域广泛应用了先进的传感器技术和物联网技术<sup>[1]</sup>。例如,一些大型农场采用了高精度的电子称重传感器,能够实时采集果实的重量数据,并通过无线传输技术将数据发送至云端服务器<sup>[12]</sup>。在加利福尼亚州的部分果园,利用智能称重设备与云端系统相结合,实现了对水果采摘过程的精准监控和管理<sup>[13]</sup>,农场主可以通过手机或电脑随时查看每个采摘区域的果实产量、重量分布等信息,从而及时调整采摘计划和资源分配。美国还在研发基于图像识别和深度学习的果实称重与分级系统,通过对果实图像的分析<sup>[14]</sup>,不仅能够准确获取果实的重量,还能对果实的品质进行评估,进一步提高了果实称重与分级的智能化水平。

欧洲在农业果实称重云端系统的研究和应用方面也处于领先地位。德国的一些农业企业开发了集成化的农业生产管理平台,其中包含了果实称重与数据分析模块<sup>[15]</sup>。这些平台通过与各种农业设备的连接,实现了果实称重数据的自动采集和实时上传,同时利用大数据分析技术对数据进行深度挖掘,为农业生产提供了全面的决策支持,如预测产量、优化种植方案等<sup>[16]</sup>。荷兰则专注于温室农业中的果实称重技术研究,通过在温室中安装传感器网络,实现了对温室作物果实生长过程的全程监测和重量测量<sup>[17]</sup>,利用云端系统对数据进行分析和管理,为温室作物的精准种植和高效管理提供了有力保障。

在国内,随着智慧农业的快速发展,农业果实称重云端系统的研究和应用也

逐渐受到重视。近年来，国内高校和科研机构在该领域开展了大量的研究工作，并取得了一系列的成果。一些研究团队开发了基于物联网的果实称重系统，通过将电子秤与物联网模块相结合，实现了果实称重数据的无线传输和远程监控<sup>[18]</sup>。在山东的一些果园，应用了这种物联网称重系统，果农可以通过手机 APP 实时查看果实的称重数据，方便了果实采摘和销售管理<sup>[19]</sup>。国内企业也积极投入到农业果实称重云端系统的研发和推广中。一些科技公司推出了针对不同农业场景的果实称重解决方案<sup>[20]</sup>，不仅提供了硬件设备，还开发了相应的软件平台，实现了数据的云端存储、分析和可视化展示，帮助农业生产者更好地管理果实称重数据，提高农业生产效率。

然而，目前国内外的研究仍存在一些不足之处。一方面，部分果实称重系统的精度和稳定性有待提高，在复杂的农业生产环境中，容易受到温度、湿度、电磁干扰等因素的影响，导致称重数据出现偏差<sup>[21]</sup>。另一方面，现有的云端系统在数据安全和隐私保护方面还存在一定的风险，随着农业数据的价值不断提升，如何保障数据的安全传输和存储，防止数据泄露和篡改，成为亟待解决的问题。此外，不同地区 and 不同作物的果实称重需求存在差异，现有的系统在通用性和适应性方面还需要进一步优化，以满足多样化的农业生产需求。

### 1.3 研究目标与内容

本研究旨在设计并实现一个高效、稳定、功能强大的农业果实称重云端系统，以满足现代农业生产对果实称重数据精准管理和深度分析的需求。具体研究目标如下：

一、系统设计与实现：运用先进的信息技术，构建一个基于云端架构的农业果实称重系统，实现果实称重数据的实时采集、传输、存储和处理。确保系统具备良好的用户界面，操作简便，易于推广使用，为农业生产者和管理者提供便捷的服务。

二、多协议兼容与设备管理：使系统支持多种常见的电子秤通信协议，如 HTTP、MQTT 等，能够与市场上不同类型的电子秤设备进行无缝对接，实现数据的准确接收和解析。同时，提供完善的电子秤设备管理功能，包括设备注册、配置、状态监测等，方便用户对电子秤进行统一管理。

三、数据分析与决策支持：开发强大的数据统计分析功能，能够对称重数据进行多维度的分析，如按批次、采摘人员、时间等维度进行统计分析，挖掘数据背后

的潜在信息。通过数据分析，为农业生产提供决策支持，如产量预测、成本分析、市场趋势判断等，帮助农业生产者优化生产策略，提高经济效益。

四、系统性能优化与测试：对系统的性能进行全面优化，确保系统在高并发、大数据量的情况下能够稳定运行，具备良好的响应速度和扩展性。通过一系列的性能测试，评估系统的可用性、每秒查询率（QPS）、并发用户数和响应时间等指标，验证系统是否满足设计要求。

围绕上述研究目标，本研究的主要内容包括以下几个方面：

一、系统架构设计：深入研究云计算、物联网、大数据等相关技术，结合农业果实称重的业务需求，设计出合理的系统架构。包括云端软件前端界面设计、电子秤终端模拟界面设计、后端服务架构、数据存储方案以及通信协议的选择等，确保系统的稳定性、可扩展性和安全性。

二、功能模块开发：根据系统设计方案，开发各个功能模块，主要包括工作服务模块、称重服务模块、用户管理模块、果实模块等。在开发过程中，遵循软件工程的原则，采用先进的开发框架和技术，确保代码的质量和可维护性。

三、性能测试与优化：制定详细的性能测试计划，运用专业的测试工具对系统进行性能测试，分析测试结果，找出系统存在的性能瓶颈。针对性能瓶颈，采取相应的优化措施，如优化数据库查询语句、调整服务器配置、采用缓存技术等，不断提升系统的性能。

## 1.4 研究方法与技术路线

本研究综合运用多种研究方法，以确保研究的科学性、全面性和实用性，具体如下：文献研究法：广泛收集和查阅国内外关于智慧农业、果实称重技术、云计算、物联网等领域的相关文献资料，包括学术期刊论文、学位论文、研究报告、专利文献以及行业标准等。对这些文献进行系统梳理和分析，了解该领域的研究现状、发展趋势以及存在的问题，为本研究提供理论基础和研究思路，避免重复研究，确保研究的创新性和前沿性。通过对相关文献的研究，深入了解现有的果实称重技术和云端系统架构，为系统的设计与实现提供参考。案例分析法：选取国内外具有代表性的农业果实称重项目和智慧农业应用案例进行深入分析，研究其系统架构、功能实现、应用效果以及面临的挑战等。通过案例分析，总结成功经验和不足之处，为本研究的农业果实称重云端系统的设计与优化提供实践参考。例如，对美国某大型农场采用的智能称重设备与云端系统相结合的案例进行分析，了解

其在提高果实称重效率和管理水平方面的具体做法和成效，从中汲取有益的经验。

**系统开发方法：**依据软件工程的原理和方法，按照需求分析、系统设计、编码实现、测试验证等阶段进行农业果实称重云端系统的开发。在需求分析阶段，深入了解农业生产者和管理者的实际需求，明确系统的功能和性能要求；在系统设计阶段，进行系统架构设计、数据库设计、模块设计等，确定系统的整体框架和各个模块的功能及交互关系；在编码实现阶段，选用合适的开发语言和技术框架，进行系统的编码实现；在测试验证阶段，制定详细的测试计划，对系统进行全面的测试，包括功能测试、性能测试、安全测试等，确保系统的质量和稳定性。

**测试验证法：**运用专业的测试工具和方法，对开发完成的农业果实称重云端系统进行全面的测试。功能测试主要验证系统是否满足各项功能需求，如电子秤数据采集、数据传输、数据分析、报表生成等功能是否正常；性能测试主要评估系统在高并发、大数据量情况下的性能表现，包括系统的响应时间、吞吐量、并发用户数等指标；安全测试主要检测系统的安全性，如数据加密、用户认证、权限管理等方面是否存在漏洞。通过测试，及时发现系统存在的问题和缺陷，并进行优化和改进，确保系统能够稳定、可靠地运行。

本研究的技术路线主要包括以下几个关键步骤，具体技术路线图如图 1-1 所示：

**需求分析：**与农业生产者、管理者以及相关领域专家进行深入沟通和交流，了解他们在果实称重管理方面的实际需求和业务流程。通过实地调研、问卷调查、访谈等方式，收集一手资料，分析现有果实称重方式存在的问题和痛点，明确系统的功能需求、性能需求、安全需求以及用户体验需求等，为后续的系统设计提供依据。

**系统设计：**基于需求分析的结果，结合云计算、物联网、大数据等技术，进行农业果实称重云端系统的架构设计。确定系统的前端界面设计、后端服务架构、数据存储方案以及通信协议等。在前端设计中，注重用户界面的友好性和易用性，采用响应式设计，确保系统能够在不同设备上正常运行；在后端设计中，采用微服务架构，提高系统的可扩展性和维护性；在数据存储方面，选择合适的数据库管理系统，如关系型数据库和非关系型数据库相结合，以满足不同类型数据的存储需求；在通信协议方面，选用 HTTP、MQTT 等常见协议，确保电子秤与云端系统之间的数据传输稳定可靠。

**功能模块开发：**根据系统设计方案，开发各个功能模块。利用前端开发技术，如 Vue.js、HTML5、CSS3 等，实现系统的前端界面，包括电子秤配置界面、数据查看界面、报表生成界面等；利用后端开发技术，如 Java、Spring Boot、Spring Cloud 等，实现系统的后端服务，包括

电子秤数据采集服务、数据处理服务、数据分析服务、用户管理服务等；利用数据库开发技术，如 MySQL、MongoDB 等，实现数据的存储和管理；利用通信技术，如 MQTT 客户端库、HTTP 客户端库等，实现电子秤与云端系统之间的数据传输。

系统集成与测试：将开发完成的各个功能模块进行集成，搭建完整的农业果实称重云端系统。制定详细的测试计划，对系统进行全面测试，包括单元测试、集成测试、系统测试和验收测试等。在测试过程中，记录测试结果，分析测试数据，及时发现并解决系统中存在的问题和缺陷。对系统的性能进行优化，如优化数据库查询语句、调整服务器配置、采用缓存技术等，提高系统的响应速度和吞吐量，确保系统能够满足实际应用的需求。

系统部署与应用：将测试通过的系统部署到生产环境中，进行实际应用。在应用过程中，收集用户的反馈意见，对系统进行持续优化和改进。对系统的应用效果进行评估，分析系统在提高果实称重效率、数据管理水平以及为农业生产决策提供支持等方面的作用，总结经验教训，为进一步完善系统和推广应用提供参考。

研究总结与展望：对整个研究过程和结果进行总结，归纳研究成果和创新点，分析研究过程中存在的问题和不足之处，提出未来的研究方向和展望。为农业果实称重云端系统的进一步发展和应用提供理论支持和实践指导，推动智慧农业的发展。通过以上研究方法和技术路线，本研究旨在构建一个高效、稳定、功能强大的农业果实称重云端系统，为现代农业生产提供有力的支持和保障。

## 第二章 农业果实称重云端系统的关键技术





## 第三章 系统需求分析与设计



## 第四章 系统实现与关键技术细节



## 第五章 系统测试与性能评估



## 第六章 农业果实称重云端系统的应用案例分析





## 第七章 结论与展望



## 致 谢



## 参考文献

- [1] 赵春江. 智慧农业的发展现状与未来展望[J]. 华南农业大学学报, 2021, 42(6): 1-7.
- [2] 李道亮. 物联网与智慧农业[J]. 农业工程, 2012, 1(3).
- [3] 罗锡文, 廖娟, 邹湘军, 等. 信息技术提升农业机械化水平[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(20).
- [4] 翁杨, 曾睿, 吴陈铭, 等. 基于深度学习的农业植物表型研究综述[J]. 中国科学: 生命科学, 2019, 49(6): 698-716.
- [5] LIPCSEI J. Analysis of average market and purchase prices for certain fruit species[J/OL]. Studia Mundi - Economica, 2021. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:246367827>.
- [6] 纪娜. 基于 PLC 和 MCGS 的猕猴桃果实称重分级控制器设计[J]. 自动化技术与应用, 2019, 6.
- [7] JIANG J, SONG J, SUN X. Monitoring System of Weighing Fruit Grader Based on Labwindows/CVI[C]//International Conference on Materials Science and Information Technology. 2012.
- [8] 陈燕飞, 张民. 称重管理系统设计[J]. 中国计量, 2002, 11.
- [9] WIDAGDO D Y. Recording System of Weighing Results Using Load Cell Sensors Through a Database Based on Arduino Uno[J/OL]. Jurnal Jartel: Jurnal Jaringan Telekomunikasi, 2020. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:238103498>.
- [10] 韩佳伟, 朱文颖, 张博, 等. 装备与信息协同促进现代智慧农业发展研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24(1): 55-63.
- [11] 刘洋, 张钢, 韩璐. 基于物联网与云计算服务的农业温室智能化平台研究与应用[J]. 计算机应用研究, 2013, 30(1).
- [12] 陈学庚, 温浩军, 张伟荣, 等. 农业机械与信息技术融合发展现状与方向[J]. 智慧农业, 2020, 2(4): 1.
- [13] AMPATZIDIS Y, PIERCE F, WHITING M. Portable Weighing System for Determining Harvest Efficiency[C]//. 2011.
- [14] ANISHA M, NAYAK M, MANJESH M. Fruit Recognition using Image Processing[J/OL]. International journal of engineering research and technology, 2019, 7. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:198328784>.
- [15] 尹国伟. 德国农业农村数字化做法及进展[J]. 农业展望, 2020, 11.
- [16] PHATE V R, MALMATHANRAJ R, PALANISAMY P. Classification and Indirect Weighing of Sweet Lime Fruit through Machine Learning and Meta-heuristic Approach[J]. International Journal of Fruit Science, 2021, 1.

- [17] DE G R, DE G A, C B. Advanced weighing equipment for water, crop growth and climate control management[J]. Acta Horticulturae, 2004, 664.
- [18] WEIXING Z, PENG H, FANGXIA S. Remote Assessment of Fruit Quality Based on Embedded Technology[C]//International Conference on Machinery Electronics and Control Engineering. 2013.
- [19] 高群, 张倩, 李明丽, 等. Preliminary study on the application of internet of things technology in modern orchards in Shandong Province[J]. 中国果树, 2023, 7: 102-106.
- [20] 宁波柯力. 宁波柯力传感科技股份有限公司 IPO 上会并过会[J]. 传感器世界, 2019, 25(6): 34-34.
- [21] 汤建华, 陈树人, 花银群, 等. 称重传感器在精准农业装备中的应用研究综述[J]. Journal of Jiangsu University (Natural Science Edition)/Jiangsu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban), 2018, 39(5).