

# 小型化荔枝采摘装置的设计与应用

许东霞 车海波 刘华锋

广东环境保护工程职业学院, 广东佛山, 528216;

**摘要:** 荔枝作为我国“南国四大果品”之一, 在全球的种植面积和产量上均居首位。我国荔枝主要种植于广东、广西、海南、福建、四川和云南六个省份, 其中欠发达县市的农户依靠荔枝种植实现了脱贫致富与乡村振兴。然而, 由于荔枝采摘期短且多种植在山坡地形, 中大型机器难以进入, 小型机械又因功能或成本限制推广受限, 目前主要依赖人工采摘, 存在效率低、劳动强度大、成本高等问题。本文旨在设计一种小型化、轻简化的荔枝采摘装置, 主要由行走系统、升降平台、伸缩机构、执行机构及荔枝收集装置组成, 旨在提高荔枝采摘效率, 降低劳动强度和成本, 为荔枝产业的发展提供有力支持。

**关键词:** 荔枝采摘; 小型化; 轻简化

DOI:10.69979/3041-0673.24.4.027

## 引言

荔枝在我国水果产业中占据着举足轻重的地位, 其美味的口感和丰富的营养价值深受消费者喜爱。我国南方地区的荔枝、龙眼种植多集中在山坡地带, 地形狭小且地势崎岖, 这给采摘工作带来了极大的挑战。中、大型采摘机器由于自身尺寸和通过性的限制无法进入这些区域, 而小型机械虽然在一定程度上能够适应部分地形, 但在功能和成本方面存在诸多不足, 导致其无法大规模推广应用。因此, 目前大部分荔枝采摘工作仍然依靠人工来完成。人工采摘不仅效率低下, 而且劳动强度大、成本高, 严重制约了荔枝产业的发展。因此, 开发一种适用于南方山坡地形的小型化、轻简化荔枝采摘装置具有重要的现实意义。<sup>[1]</sup>

## 1 荔枝种植现状及采摘需求分析

### 1.1 荔枝种植现状

我国荔枝种植主要分布在广东、广西、海南、福建、四川和云南六个省份。在这些地区, 荔枝种植已经成为当地农民的重要经济来源之一, 并且在脱贫致富和乡村振兴的进程中发挥了不可或缺的作用。荔枝对生长环境的要求较为苛刻, 尤其是对温度和湿度等环境条件具有

## 2 荔枝采摘装置的设计

### 2.1 总体结构设计

本文设计的荔枝采摘装置主要由行走系统、升降平台、伸缩机构、执行机构及荔枝收集装置组成, 如图1

所示。这种结构设计能够使采摘装置在满足荔枝采摘需求的同时, 具备良好的适应性和可靠性。

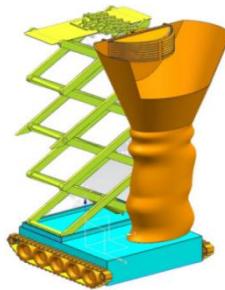


图1 荔枝采摘装置示意图

#### 2.1.1 行走系统

行走系统采用电机驱动式的履带轮行走底盘。履带轮具有诸多优点, 它具有良好的通过性和稳定性, 能够在坡地丘陵地形中保持升降平台的水平, 确保采摘装置的平稳运行。其工作原理是电机提供动力, 通过传动装置将动力传递给履带轮, 使履带轮转动, 从而带动整个采摘装置前进、后退或转向。这种设计使得采摘装置能够在复杂的地形条件下自由移动, 为后续的采摘工作提供了便利。<sup>[4]</sup>

#### 2.1.2 升降平台

升降平台安装在行走系统上, 主要由单级液压缸和交叉剪式升降机构组成。作业时, 可以通过调节单级液压缸液压杆伸出长度来控制升降平台的高度, 从而适应不同高度的荔枝树采摘需求。其工作原理是液压系统通过油泵将液压油输送到单级液压缸中, 推动液压杆伸出或缩回, 从而带动交叉剪式升降机构伸展或收缩, 实现升降平台的高度调节。这种设计使得升降平台能够根据荔枝树的实际高度灵活调整, 确保采摘装置能够准确地到达合适的采摘位置。

#### 2.1.3 伸缩机构

伸缩机构安装在升降平台顶部的中心位置，主要由其底部的转向架、单级驱动液压缸和交叉剪式伸缩机构组成。底部的转向架可以控制伸缩机构的伸出朝向，方便采摘不同位置的荔枝。通过调节单级液压缸液压杆伸出长度，可以控制伸缩机构的伸出长度，进一步扩大采摘范围。其工作原理是转向架通过电机或液压驱动实现360度旋转，从而调整伸缩机构的朝向。单级驱动液压缸提供动力，推动液压杆伸出或缩回，带动交叉剪式伸缩机构伸展或收缩，实现伸缩机构的长度调节。这种设计使得伸缩机构能够灵活地调整采摘方向和范围，提高采摘效率。

#### 2.1.4 执行机构

执行机构主要由传制动装置、刀片及仿生钩爪组成，安装在伸缩机构末端。工作时，电机通过齿条驱动钩爪做搂剪动作，完成荔枝的采摘。钩爪底部直接与荔枝果实收集装置连接，在执行机构完成搂剪动作的同时，被采摘的荔枝果实落入执行机构下方的收集装置中。其工作原理是电机带动齿条运动，齿条与钩爪相连，使钩爪做搂剪动作。当钩爪接触到荔枝果柄时，刀片将果柄剪断，荔枝果实落入收集装置。仿生钩爪的设计模仿了生物的抓取动作，能够更加稳定地采摘荔枝果实。这种设计使得执行机构能够高效地完成荔枝采摘任务，同时保证荔枝果实能够顺利地落入收集装置中。

#### 2.1.5 荔枝收集装置

收集装置采用柔性材料制造，极大地降低了荔枝收集过程中的碰撞损伤。柔性材料可以起到缓冲作用，保护荔枝果实的完整性，提高采摘质量。其工作原理是当荔枝果实被剪断后，由于重力作用落入收集装置中。柔性材料能够减缓果实的下落速度，减少碰撞力，防止果实受损。这种设计使得荔枝收集装置能够有效地保护荔枝果实，提高荔枝的采摘质量。

### 2.2 各部分结构设计原理

#### 2.2.1 行走系统设计原理

三角履带轮行走底盘由电机驱动，电机的动力通过传动装置传递给履带轮，使采摘装置能够在复杂地形中行走。三角履带轮的结构设计使其具有较强的抓地力和稳定性，能够适应坡地、丘陵等地形的行走需求。具体来说，三角履带轮的独特形状和结构使得它在接触地面时能够形成更大的摩擦力，从而保证了采摘装置在行走过程中的稳定性和通过性。同时，电机驱动的方式也为采摘装置提供了持续的动力支持，使得它能够在不同的地形条件下自由移动。

#### 2.2.2 升降平台设计原理

升降平台的单级液压缸通过液压系统提供动力，液压杆的伸出和缩回控制升降平台的高度。交叉剪式升降

机构由多个交叉连接的杆件组成，通过液压杆的运动带动杆件的伸展和收缩，实现升降平台的平稳升降。在这个过程中，液压系统的稳定性和可靠性至关重要。只有确保液压系统能够稳定地提供动力，才能保证升降平台能够准确地调节高度，满足不同高度荔枝树的采摘需求。同时，交叉剪式升降机构的设计也使得升降平台在升降过程中更加平稳，减少了因高度调节而产生的晃动和不稳定因素。

#### 2.2.3 伸缩机构设计原理

伸缩机构底部的转向架可以通过电机或液压驱动实现360度旋转，从而控制伸缩机构的伸出朝向。单级驱动液压缸提供伸缩动力，液压杆的伸出和缩回带动交叉剪式伸缩机构的伸展和收缩，实现伸缩机构的长度调节。这种设计使得伸缩机构能够根据荔枝树的实际位置和采摘需求灵活调整伸出方向和长度，提高采摘效率。同时，电机或液压驱动的方式也为伸缩机构提供了足够的动力支持，使得它能够快速、准确地调整自身的状态。

#### 2.2.4 执行机构设计原理

执行机构的传制动装置通过电机驱动齿条，齿条带动仿生钩爪做搂剪动作。刀片安装在钩爪上，用于剪断荔枝的果柄。钩爪的设计模仿了生物的抓取动作，能够更加稳定地采摘荔枝果实。在这个过程中，电机驱动的方式为执行机构提供了持续的动力支持，使得钩爪能够快速、准确地完成搂剪动作。同时，刀片的设计也使得荔枝果柄能够被顺利剪断，确保荔枝果实能够顺利落入收集装置中。

#### 2.2.5 荔枝收集装置设计原理

收集装置采用柔性材料制造，如尼龙网、橡胶等。柔性材料具有良好的弹性和缓冲性能，能够减少荔枝果实在收集过程中的碰撞损伤。收集装置的形状和尺寸根据执行机构的位置和采摘需求进行设计，确保荔枝果实能够顺利落入收集装置中。具体来说，收集装置的形状和尺寸应该与执行机构的位置和采摘需求相匹配，以保证荔枝果实能够在被剪断后顺利地落入收集装置中，并且在落入过程中不会受到过多的碰撞损伤。

### 3 荔枝采摘装置的优势

#### 3.1 小型化设计

该采摘装置针对南方山坡地形的特点进行设计，具有小型化的特点，能够在狭小的地形中灵活移动，适应荔枝种植区域的地形限制。这种小型化设计使得采摘装置能够轻松地穿梭于山坡上的荔枝树林中，避免了因尺寸过大而无法进入某些区域的问题。同时，小型化设计也使得采摘装置在运输和存储过程中更加方便，降低了成本。

#### 3.2 轻简化结构

采摘装置的结构简单，采用单级液压缸和交叉剪式机构等轻简化设计，降低了装置的重量和成本，同时也提高了装置的可靠性和稳定性。这种轻简化结构使得采摘装置在制造过程中更容易控制质量，减少了因复杂结构而带来的制造难度和成本。同时，轻简化结构也使得采摘装置在使用过程中更加稳定，减少了因结构复杂而产生的故障风险。

### 3.3 操作便捷

采摘装置的操作简单，通过电机驱动和液压控制实现各部分的动作，农户只需经过简单的培训即可掌握操作方法，提高了采摘效率。这种操作便捷性使得农户能够快速地掌握采摘装置的使用方法，减少了因操作复杂而带来的培训时间和成本。同时，操作便捷也使得农户能够更加高效地进行采摘工作，提高了采摘效率和质量。

### 3.4 降低劳动强度

采用机械采摘代替人工采摘，大大降低了农户的劳动强度，减少了采摘过程中的人力投入。这种降低劳动强度的方式使得农户能够在采摘过程中更加轻松，减少了因长时间劳动而带来的身体疲劳和伤害。同时，降低劳动强度也使得农户能够更加专注于采摘工作的质量，提高了采摘质量。

### 3.5 提高采摘效率

采摘装置能够快速、准确地完成荔枝采摘工作，提高了采摘效率，缩短了采摘周期，有利于荔枝的及时收获和销售。这种提高采摘效率的方式使得荔枝能够更快地进入市场，提高了荔枝的市场竞争力。同时，提高采摘效率也使得农户能够在更短的时间内完成采摘工作，增加了农户的收入。

## 4 荔枝采摘装置面临的挑战及解决策略

### 4.1 面临的挑战

#### 地形适应性问题

虽然采摘装置采用了履带轮行走底盘，但在一些极端地形条件下，如陡峭的山坡、泥泞的地面等，仍然可能存在行走困难的问题。

#### 可靠性问题

采摘装置在复杂的环境中工作，各部分机构的可靠性至关重要。如果出现故障，可能会影响采摘工作的进行，甚至导致装置损坏。

#### 成本控制问题

尽管设计中考虑了成本因素，但在实际生产和应用中，仍然可能面临成本过高的问题。这需要进一步优化设计，降低生产成本，提高装置的性价比。

### 4.2 解决策略

#### 优化行走系统

针对地形适应性问题，可以对行走系统进行进一步优化。例如，增加履带的宽度和抓地力，提高装置在陡峭山坡和泥泞地面的通过性；采用智能控制系统，根据地形变化自动调整行走速度和方向，提高行走的稳定性和安全性。

#### 提高可靠性

加强各部分机构的设计和制造质量，采用高强度材料和先进的加工工艺，提高机构的可靠性和耐久性。同时，建立完善的维护保养制度，定期对采摘装置进行检查和维护，及时发现和解决问题。

#### 降低成本

在设计和生产过程中，通过优化结构、采用标准化零部件、降低材料成本等方式，降低采摘装置的生产成本。此外，可以探索与政府、企业等合作的模式，争取政策支持和资金投入，降低农户的购买成本。

### 结论

本文设计的荔枝采摘装置具有小型化、轻简化、操作便捷、降低劳动强度、提高采摘效率等优势，能够满足南方山坡地形荔枝采摘的需求。然而，该装置在地形适应性、可靠性和成本控制等方面仍面临一些挑战。通过优化行走系统、提高可靠性和降低成本等策略，可以进一步完善采摘装置，提高其在实际应用中的性能和推广价值。未来，随着科技的不断进步，荔枝采摘装置有望在智能化、自动化方面取得更大的突破，为荔枝产业的发展提供更加有力的支持。

### 参考文献

- [1] 许东霞, 刘华锋, 何建林. 荔枝采摘装置研究现状与发展趋势[J]. 农业工程, 2024, 14 (9) : 23-26.
- [2] 祝前峰; 陆荣鑑; 鲁峻; 李奉顺. 荔枝采摘机械的研究现状与发展趋势[J]. 林业机械与木工设备, 2021, 8: 11-19.
- [3] 韩忠义, 张向红. 便携式荔枝采摘器设计[J]. 科学技术创新, 2021 (18) : 187-188.
- [4] 尚忠, 钱栋伟, 刘洪伟, 等. 履带自走式果园采摘多功能综合作业平台的研发[R]. 山东省烟台市农业科学研究院, 2021-03-14.

作者简介：许东霞（1978.9-），女，汉族，河南商丘人，硕士，广东环境保护工程职业学院副教授，主要从事电气自动技术方面研究。

基金项目：广东省普通高校重点领域专项项目（2023ZDZX4103）；广东环境保护工程职业学院院长基金项目（K610122062406）