

木材抓斗理论与设计

李树森 著

东北林业大学出版社

木材抓斗理论与设计

李树森 著

东北林业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

木材抓斗理论与设计/李树森著. —哈尔滨:东北林业大学出版社,
2001.3

ISBN 7-81076-178-1

I. 木... II. 李... III. 木材-抓斗-基本知识 IV. S776.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 19795 号

责任编辑:冯 琪

封面设计:曹 晖



NEFUP

木材抓斗理论与设计

Mucal Zhuadou Lilun Yu Sheji

李树森 著

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

哈尔滨市工大节能印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 6 字数 150 千字

2001 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 7-81076-178-1

S·293 定价:12.80 元

内 容 简 介

本书主要介绍了木材装卸机械取物装置的关键设备之一——木材抓斗，并对木材抓斗的基本类型、工作原理、结构特点、技术性能和木材抓斗的设计计算与应用等进行了阐述。主要包括：木材抓斗的结构概述、木材抓斗的基本理论、木材抓斗的基本参数、木材抓斗的抓取阻力、振动木材抓斗的抓取阻力、绳索木材抓斗的两种类型（单绳木材抓斗和双绳木材抓斗）、电动葫芦驱动的长撑杆木材抓斗、双螺杆驱动的振动马达木材抓斗、反铲式振动马达木材抓斗、木材抓斗的旋转装置、木材抓斗的设计、木材抓斗的供电装置和防偏摆防扭转装置等。

本书可作为从事起重运输机械木材抓斗方面设计、研究和使用工作的工程技术人员参考书，也可作为本科生、研究生及大学教师的科研和教学参考书。

前 言

现代木材装卸机械对木材抓斗的技术性能提出了越来越高的要求。木材抓斗是木材装卸作业机械化的关键，它肩负着提高装卸机械的生产率和减轻劳动强度的重任。木材抓斗是近 40 年来发展起来的新型取物装置，目前我国拥有大量的林业起重设备，木材抓斗的应用前景非常广泛。

本书作者长期从事起重运输机械木材抓斗领域的教学和科研工作，并以作者多年从事教学、研究、设计工作所形成的体系作为主线进行此书编排的，力求理论叙述系统、完善，设计方法切实可行。全书共分 11 章。第 1 章概述了木材抓斗的发展现状，简介了木材抓斗的结构特点与分类。第 2 章论述了木材抓斗的理论基础，包括木材抓斗的运动学、木材抓斗抓取轨迹曲线的确定、闭合滑轮组参数对抓取轨迹曲线的影响以及木材抓斗与起重机小车系统运动学分析。第 3 章确定了木材抓斗的性能参数、结构参数和主参数，对评价和正确选择木材抓斗的设计参数提供了理论依据。第 4、5 章分析了木材抓斗在非振动和振动情况下的抓取阻力及振动机构的设计计算，是全书的核心内容。第 6、7、8 章全面系统地介绍了木材抓斗近年来发展起来的三种新型振动马达木材抓斗——电动葫芦驱动的振动马达木材抓斗、双螺杆驱动的振动马达木材抓斗和反铲式振动马达木材抓斗。第 9 章介绍了木材抓斗的旋转装置，包括旋转装置的基本类型、电动圆锥齿轮旋转装置的结构和设计计算。第 10 章是木材抓斗的一般设计步骤，以具体的实例进行了木材抓斗设计计算。第 11 章介绍了

木材抓斗的供电装置和防偏摆防扭转装置，供电装置给木材抓斗提供电力，防偏摆防扭转装置可使木材抓斗稳定工作。

在研究工作中，作者曾得到上海交通大学孙鸿范教授、上海海运学院畅启仁教授、东北林业大学机电工程学院王喜亮教授的大力支持和帮助，在此向他们表示衷心的感谢。期间，还得到了东北林业大学硕士研究生林高飞、张伟、于小华等同学的支持。

此研究工作得到林业部重点项目《新型装车用木材抓斗的研制》和大兴安岭地区科委《原条卸车散捆机》项目的资助，在此一并表示感谢。

由于时间仓促、水平所限，书中尚有错误和不妥之处，笔者恳请广大读者给予批评和指正。

李树森

2000年10月28日于哈尔滨

目 录

1 木材抓斗结构概述	(1)
1.1 木材抓斗的发展现状	(1)
1.1.1 绳索抓斗	(6)
1.1.2 马达抓斗	(10)
1.2 木材抓斗的工作原理及分类	(18)
1.3 绳索抓斗的结构特点	(23)
1.3.1 单绳抓斗	(23)
1.3.2 双绳长撑杆抓斗	(30)
1.4 马达抓斗的结构特点	(41)
1.4.1 概述	(41)
1.4.2 电动葫芦驱动的马达抓斗	(42)
1.4.3 双螺杆驱动的振动马达木材抓斗	(43)
1.4.4 电动液压驱动的马达抓斗	(44)
1.4.5 绳索抓斗与马达抓斗的比较	(45)
2 木材抓斗的理论基础	(47)
2.1 木材抓斗的运动学	(47)
2.1.1 撑杆式木材抓斗的运动学	(47)
2.1.2 马达抓斗的运动学	(52)
2.2 木材抓斗的抓取轨迹曲线	(54)
2.3 闭合滑轮组倍率对抓取轨迹曲线的影响	(57)
2.4 木材抓斗与起重机小车系统运动学分析	(58)
2.4.1 抓斗与小车系统运动分析	(58)
2.4.2 木材抓斗的生产率分析	(59)

3	木材抓斗的参数选择·····	(61)
3.1	木材抓斗的基本参数·····	(61)
3.1.1	木材抓斗的性能参数·····	(61)
3.1.2	木材抓斗的结构参数·····	(62)
3.2	木材抓斗基本参数之间的关系·····	(64)
3.2.1	木材抓斗的抓取量系数·····	(64)
3.2.2	木材抓斗的容积系数·····	(66)
3.3	木材抓斗主参数的确定·····	(67)
3.4	木材抓斗自重的分析·····	(68)
4	木材抓斗的抓取阻力·····	(70)
4.1	概述·····	(70)
4.2	两根原木之间间隙的确定·····	(72)
4.3	抓取原木层数的确定·····	(72)
4.4	抓取原木时的运动阻力·····	(73)
4.5	木材抓斗的受力分析·····	(76)
5	振动木材抓斗的设计和计算·····	(79)
5.1	概述·····	(79)
5.2	振动机构的构造·····	(81)
5.3	振动木材抓斗的抓取阻力·····	(82)
5.4	振动机构的设计计算·····	(84)
5.4.1	抓斗颚爪自振频率的计算·····	(84)
5.4.2	确定振动物质的重力·····	(85)
5.4.3	确定抓斗振动时所必须的搅动力·····	(86)
5.4.4	振动器的力矩计算·····	(86)
5.4.5	振动器功率的确定·····	(87)
6	电动葫芦驱动的长撑杆木材抓斗的构造设计·····	(89)
6.1	概述·····	(89)
6.2	同步约束装置·····	(90)
6.3	撑杆·····	(92)

6.4	颚爪	(92)
6.5	上承梁与下承梁	(93)
6.6	增力滑轮组	(95)
7	双螺杆驱动的振动马达木材抓斗的结构设计	(104)
7.1	概述	(104)
7.2	抓斗的结构	(105)
7.2.1	颚爪	(106)
7.2.2	螺杆与螺母	(106)
7.2.3	极限力矩联轴器	(107)
7.2.4	上承梁与下承梁	(107)
7.3	驱动机构	(108)
7.3.1	抓斗电机功率的确定	(108)
7.3.2	抓斗闭合时间的计算	(109)
7.3.3	减速器的选择	(110)
7.3.4	抓斗的主要技术尺寸	(110)
7.4	抓斗的使用方法	(111)
8	反铲式振动马达木材抓斗	(113)
8.1	工作原理与技术参数	(113)
8.1.1	反铲式木材抓斗的工作原理	(113)
8.1.2	技术参数	(114)
8.2	结构特点	(115)
8.2.1	反铲式结构	(115)
8.2.2	螺杆和螺母的密封润滑	(115)
8.2.3	颚爪结构	(116)
8.2.4	刚性下承梁和横梁	(116)
8.2.5	四拉杆结构	(116)
8.2.6	振动机构	(117)
9	木材抓斗的旋转装置	(118)
9.1	概述	(118)

9.2	旋转装置的基本类型	(119)
9.2.1	电机驱动的蜗轮旋转装置	(119)
9.2.2	电动行星齿轮旋转装置	(120)
9.2.3	油缸齿条齿轮旋转装置	(120)
9.2.4	液压马达行星齿轮旋转装置	(120)
9.2.5	摆动油缸式旋转装置	(120)
9.2.6	吊钩式旋转装置	(122)
9.2.7	电动圆锥齿轮旋转装置	(123)
9.3	电动圆锥齿轮旋转装置的结构	(123)
9.3.1	工作原理	(124)
9.3.2	主要技术参数	(124)
9.3.3	电动圆锥齿轮旋转装置的特点	(124)
9.4	旋转机构的计算	(126)
10	木材抓斗的设计步骤	(131)
10.1	确定抓斗的额定容积和自重	(131)
10.2	抓斗自重的分配	(132)
10.3	抓斗的各主要几何参数的确定	(133)
10.3.1	抓斗的侧孔面积	(133)
10.3.2	抓斗的侧孔半径	(133)
10.4	颚爪宽度的确定	(133)
10.5	抓斗的最大张开开度	(134)
10.6	抓斗的设计计算	(136)
11	木材抓斗的供电装置和防偏摆防扭转装置	(144)
11.1	木材抓斗的供电装置	(144)
11.1.1	概述	(144)
11.1.2	电缆卷筒供电装置	(145)
11.1.3	电缆托盘供电装置	(147)
11.2	木材抓斗的防偏摆防扭转装置	(148)
11.2.1	升降滑轮组绳索缠绕系统	(149)

11.2.2 抗扭转和偏摆的计算	(150)
附录一 长撑杆双颚板抓斗参数推荐系列.....	(154)
附录二 德国 Peiner 公司长撑杆双颚板抓斗参数系列 ...	(161)
附录三 德国 Peiner 公司剪式抓斗参数系列	(170)
参考文献.....	(177)

1 木材抓斗结构概述

1.1 木材抓斗的发展现状

抓斗是一种自动抓取物品的取物装置。它可以就地装卸大量的散粒物料（如粮食、煤、泥土、砂石等）和成件物品（如木材、钢材等）。抓斗的抓取和装卸动作是完全由司机操纵的。装卸机械上采用抓斗不但可以使物料的装、卸、转载效率大大提高，而且可以减轻工人的劳动强度。因此，在国民经济的许多部门中，抓斗得到了非常广泛的应用。

随着国民经济的不断发展和现代科学技术的不断进步，我国林业企业的贮木场、木材装卸港口和木材加工厂等单位已广泛地采用了装卸机械、装卸桥、龙门起重机和塔式起重机等起重运输设备进行木材装卸，而作为木材装卸全盘机械化不可缺少的木材抓斗也有了长足的发展，木材抓斗主要用来完成原木或原条木的卸车、存储、归楞和装车，向造材机械供给原料，充分发挥了木材抓斗的工作效能。

在国外，目前已经广泛地应用各种型式的木材抓斗，以满足不同的生产要求。原苏联森林工业企业所使用的各种木材装卸机械中，如装卸桥、塔式起重机和龙门起重机等几乎都装有木材抓斗，大幅度地提高了木材装卸、归楞等作业的全盘机械化程度，木材抓斗的品种达到三十多种。使装卸机械设备的装卸时间减少30%左右，劳动生产率提高了2~2.5倍，经济效益提高显著。

木材抓斗在西欧和北美等国家的木材装卸作业中占有很重要的地位。北美的很多大公司，如美国的 Clark 公司、Young 公司和加拿大的 Boreal 公司、Heede 公司等专门生产木材抓斗。美国和加拿大的森林工业企业所采用的木材抓斗大部分是机械和液压式马达木材抓斗。

木材抓斗的结构和用途也是多种多样的，国外已研制出了许多结构新颖的木材抓斗。这些木材抓斗有的安装在装卸桥和龙门起重机上，有的安装在装载机和集材机上，可分别用来装卸原木和原条木。

此外，原联邦德国所使用的各种木材抓斗，其中一半以上悬挂在起重机械上。主要由 Loft、Farmi、Kuzmann 等公司生产制造；瑞典的 Hiab - Foco 公司、芬兰的 Nokka - Koneat 公司、日本的东部重工业株式会社等都生产系列的电动马达木材抓斗和索式木材抓斗，使木材搬运达到安全、高效。应用动力传动的机械式木材抓斗安装在装卸设备上能够完成木材的卸车、归楞和装车等多种作业功能。同时，木材抓斗正朝着多品种、多用途、标准化和系列化方向发展。不断采用最新科学技术手段，如遥感技术、摄像技术和人工智能控制技术等，使木材抓斗向着具有远距离遥控、抓取木材时可视化和木材抓斗的智能化控制方向发展。将木材抓斗抓取物料的颚爪闭合和卸料张开动作与起重机起升机构的起升和起重机大车、小车运行机构的运行动作有机地结合起来，从整个运动系统来考虑，使各个机构协同工作，以获得最大的效能，发挥出木材装卸设备和木材抓斗的最大潜力。

我国自 20 世纪 60 年代以来，人们在研究木材抓斗的同时装卸机械设备也得到了迅速发展，由于使用木材抓斗的间歇式装卸机械设备的工作方式具有比其他工作方式具有较大的优点，因此，木材抓斗的装卸机械设备目前仍是用于木材装卸的主要设备，并且发挥着巨大作用。但是，由于木材抓斗在我国林业企业中的应用和发展与国外相比还比较落后，使用木材抓斗的装卸机

械设备还不广泛，直接影响了木材装卸机械设备生产效率的充分发挥。研制出新型的适合我国林业生产的木材抓斗并且迅速推广应用是科学工作者亟待解决的关键问题。

在国内，木材抓斗的开发和研制是在 60 年代初期，由林业部哈尔滨林业机械研究所研制了一台双绳式木材抓斗，与桥式起重机配套，用于林区贮木场木材的搬运，该双绳式木材抓斗的结构型式简单，由起重机起升机构的钢丝绳作为木材抓斗的开闭机构来抓取木材，替代了人工捆木，节省了劳动力，减轻了工人的劳动强度，提高了操作者的安全性，使用效果较好。但是它的自重较大，影响了起重机械有效起重量的正常发挥。随后其他一些科研设计单位和高等院校的专家学者们研制出了电动葫芦驱动的长撑杆木材抓斗和电动卷筒驱动的马达木材抓斗，也相继用于林业生产。由东北林业大学工程技术学院史济彦教授研制开发的用于原条卸车的液压马达木材抓斗也相继问世，它与卸车用的龙门起重机配套，并用于贮木场中原条木的卸车作业，具有良好的使用性能。

无论是电动葫芦驱动的、电动卷筒驱动的马达木材抓斗，还是液压驱动的马达木材抓斗，都没有采用振动技术来减少木材抓斗的抓取阻力，并且这些木材抓斗都属于非振动式马达木材抓斗。将振动技术应用在马达驱动的木材抓斗中是 20 世纪 70 年代中期的事情，由东北林业大学机电工程学院林业机械设计教研室王喜亮教授研制的电动葫芦驱动的振动马达木材抓斗上首次采用了振动机构，将振动技术成功地用于木材抓斗领域，充分运用了振动的有利一面，打破了以往认为振动总是有害的传统看法，这就如同将振动技术应用于打夯机上一样是一次重大的技术创新。

实践表明，振动马达木材抓斗具有比非振动马达木材抓斗抓取能力大、抓取阻力小和自重轻等突出的优点，振动机构产生的振动效果使木材抓斗抓取木材时减少了抓取阻力和传动机构电机的驱动功率，提高了起重机的有效起重量，对提高装卸机械设备

的生产率和利用率起到了积极作用，并用于生产实际；20 世纪 80 年代中期，本书作者利用电动葫芦驱动的振动马达木材抓斗进行了木材抓斗抓取阻力、抓取性能和振动性能的理论试验研究，对采用振动技术的作用和效果在理论和试验上进一步给予了探索和揭示。随后王喜亮教授与本书作者合作承担了林业部“新型装车用 ZMZ-5 型双螺杆振动马达木材抓斗”重点攻关项目的科学研究工作，从技术开发研究、新型结构设计、样机试制到生产试验，我们总共经过了五年时间的艰苦努力，在不断试制和改进的情况下，终于在 1990 年底研制成功，并通过了林业部科技司组织的专家鉴定，用于实际生产，该木材抓斗达到了当时国内领先和国际同类的先进水平。双螺杆驱动的振动马达木材抓斗与装卸桥配套，主要用于林业企业贮木场中原木的装卸和归楞作业等场合。

根据原条木卸车和散捆造材的生产实际需要，1995 年底一种新型结构的反铲式振动马达木材抓斗在作者和其他同志的共同努力下，在生产单位的密切合作下，经过三年时间研制成功。该型式的木材抓斗与卸车用的龙门起重机配套，用于原条木的卸车和散捆，它具有结构新颖，抓取能力大，自重轻，抓取时间短，动作迅速、灵活的特点，满足了原条木卸车和散捆的生产实际需要，减少了造材时原条木的损伤率，解决了原条木的散捆难题，为我国木材抓斗事业的发展作出了贡献。

在研制木材抓斗的同时，我们又研制了与木材抓斗配套的木材抓斗旋转装置和木材抓斗供电装置。木材抓斗的旋转装置有许多种类型，在研究了其他型式旋转装置的特性基础上，我们研制出了适合于反铲式振动马达木材抓斗使用的开式圆锥齿轮传动结构类型的旋转装置，该旋转装置综合了其他类型旋转装置的优点，由于木材抓斗运移木材时会产生升降运动，给马达木材抓斗供电的电缆随木材抓斗的上、下运动而产生运动，因此要求木材抓斗的供电装置应具有与木材抓斗升降运动同步的功能，为此，

我们所研制的供电装置采用了电缆卷筒和电缆托盘两种类型给木材抓斗供电。旋转装置和供电装置均为作者研制的新型结构形式，从而解决了木材抓斗工作时需要整机旋转的问题和木材抓斗升降运动时木材抓斗的运动供电难题，具有结构简单、制造容易、成本低、工作可靠等特点，与以往的旋转装置和供电装置相比，具有明显的优点。

在木材抓斗的研制过程中，要设计出一个高效率的十分完美的木材抓斗遇到了许多问题。首先要进行木材抓斗的选型，确定木材抓斗的侧孔面积、抓取量和采用的木材抓斗结构形式、木材抓斗的抓取阻力计算、颚爪形状的选取以及驱动电机动力的配置等。为了适应抓取木材的工作情况，木材抓斗要安装有旋转装置和供电装置以及木材抓斗工作时的防偏摆防扭转装置。所有这些问题的解决都围绕着如何减轻木材抓斗的自身质量、提高木材抓斗的物料填充率和木材运移时的稳定性来进行的。

在木材抓斗的设计中主要存在的问题是，一方面由于木材抓斗抓取物料的过程复杂，给抓取阻力分析带来一定困难；另一方面缺乏足够的实验资料作为理论分析的依据。也就是说，没有一套以试验为基础的资料作为分析和选择木材抓斗各部分合理参数的依据；没有一系列以实验为基础分析得出的与木材抓斗抓取过程中所发生的物理现象相符合的抓取阻力计算方法，以致在设计木材抓斗时，对木材抓斗的选型和未来工作中的抓取阻力及技术性能心中无数，当然也就不知道木材抓斗的抓取能力是否足以克服这些阻力，以及木材抓斗的结构参数选择得是否真正合理，从而使木材抓斗的抓取能力得不到充分发挥，使木材抓斗的自重过大，这样设计的木材抓斗就很难在实际工作中收到预期效果。木材抓斗的自重过大和填充率过低是木材抓斗使用中的主要问题，它不仅影响到装卸机械设备的生产率，而且浪费了装卸设备的能量。

根据现有的文献资料显示，木材抓斗在科学工作者的不断努

力下，从研制出简单的绳索式木材抓斗到结构复杂的电动葫芦驱动的马达木材抓斗、双螺杆驱动的马达木材抓斗和液压驱动的马达木材抓斗以及振动式马达木材抓斗，经过了不断的改进、完善和发展，不断地涌现出结构新、性能好的新型木材抓斗。在理论的研究上也有新的进步，揭示了木材抓斗抓取木材过程中的抓取阻力和性能参数对木材抓斗抓取性能的影响。

通过以上的分析，对木材抓斗研制的过程中出现的问题有了系统的了解，但就木材抓斗未能在林业企业中广泛应用，主要有以下问题：我国装卸桥和龙门起重机采用木材抓斗的效果；木材抓斗抓取阻力的准确数学模型；振动机构的最佳振动频率和振幅大小；抓取量、侧孔面积与木材抓斗自重之间的关系以及对木材抓斗抓取性能的影响；颚爪的形状；颚爪与下承梁的铰接形式；木材抓斗颚爪的铰耳最佳位置；原木移动时的运动规律；木材抓斗开闭机构滑轮组的最佳倍率；木材抓斗张开开度的合理选择；木材的物理性质对抓取阻力的影响等。

目前，在木材装卸设备中，应用最多的是绳索木材抓斗和马达木材抓斗。

抓斗的实际结构是多种多样的。但按其驱动的特征可以分为外部驱动抓斗（绳索抓斗）和内部驱动抓斗（马达抓斗）两大类。按颚爪（板）的数目可以分为双颚爪（板）抓斗和多颚爪（板）抓斗等。

1.1.1.1 绳索抓斗

绳索抓斗的驱动机构是安装在抓斗外部的起重机起升机构上。利用起重机上的起升机构来完成抓斗的张开和闭合动作以及抓斗的起升和下降动作。按其作用原理分为单绳抓斗和双绳抓斗。

1.1.1.1.1 单绳抓斗

单绳抓斗只有一根工作绳，它起到双绳抓斗中支持索和开闭