

摘要

本文介绍了便携式挖坑机的相关背景，通过对原始数据的分析比较、方案论证和综合考虑，完成了便携式挖坑机的总体设计。在此基础上，从结构原理、功率选择、离合器设计、螺旋钻设计、减速器设计等方面对便携式挖坑机进行了阐述。摆线针轮行星减速器是一种重要的机械传动部件，具有体积小、重量轻、传动效率高等特点。本设计充分考虑了轮齿多齿啮合、运行稳定、负载均匀的运动学和动力学要求，实现了高承载能力、高传动效率、高可靠性和优异的动态性能。计算并校核主要件的强度及转臂轴承、各支承轴承的寿命，分析结果可以看到，各轴承性能指标均符合要求。

关键词：挖坑机；轴承；运行

第1章 引言

我国的森林资源不足，森林覆盖率很低。按照国家林业局发表的全国第六次森林资源统计报告可知，国内森林资源情况如下：刨除台湾特区，我国森林蓄积量大约是112.7亿 m^3 ，林业用地的木材蓄积量达到124.9亿 m^3 ；国内人工林蓄积量为10.1亿 m^3 ，人工林总种植面积达到46666.7万 m^3 。综合上述统计信息来看，我国的森林覆盖率大约是16.55%，远低于27%的全球森林平均覆盖率，仅仅达到后者的61.3%左右；从人均方面来看，国内人均森林蓄积量仅有全球人均水平的1/8，人均森林面积同样仅达到全球人均水平的1/5，可见和全球平均水平相差甚远。

自“十二五”规划实施以来，生态环境建设便成为我国的发展重心之一，甚至被列为重要战略。此后，我国陆续实施了退耕还林、退田还湖等重要政策，并大力建设长江防护林和三北防护林，共新增森林面积15894.1万亩；此外，还完成了六项重大林业项目，比方说速生丰产用材林基地建设工程等。上述生态环境建设工程深刻表明了党和政府对生态环境的万分关注，在实施之后受到了城乡居民以及社会各界的普遍认同。近年来，人们越来越重视身边的生态环境，“植树造林，保护环境”已成为全民参与的一项大型义务活动。然而，人工造林存在速度迟缓、效率低下、工作负担过重等问题，而机械化造林凭借造林成本低、经济效益有保障、造林质量高、劳动负担不大、造林速度快等优势，逐渐成为植树造林的主要方式。目前，最常用的植树造林设备是挖坑机，被普遍使用在种植树木、开挖施肥渠道、移植树苗、埋设桩柱等方面，其突出优势是挖坑效率高、质量有保障等。据估算，挖坑机的工作效率高达人工挖坑的30倍以上，而挖坑成本却仅有后者的10%左右。借助挖坑机不但能够提升植树造林质量，而且能够提高植树造林的幼林生长量、成活率以及保存率，有助于保障植树造林的最终经济效益。

第2章 方案对比与结构

2.1 国内外研究现状

2.1.1 国内研究现状

我国最常见的挖坑机是悬挂式挖坑机，这种挖坑机的功率相当高，机动性能十分出色，挖坑深度与尺寸比较大，一般使用在大规模植树造林中，受到国内用户的普遍欢迎。在我国，研发、生产以及销售悬挂式挖坑机的厂所数不胜数，其中比较知名的有山东大丰机械厂、哈尔滨林业福马机电设备等。

1) 内蒙赤峰田丰农林机械厂的主营产品是3WH-60型悬挂式挖坑机，这款挖坑机的整体结构科学合理，操作简单而轻便，用起来十分灵活，挖坑效率达到了80-150坑每小时，挖坑最大深度为1200mm，挖坑直径大约是250-600mm，能够搭配多款功率超过36.8KW的拖拉机使用，普遍应用于工业以及植树造林的挖坑作业中，设计使用场景是沙地、平原以及丘陵环境。

2) 山东大丰机械厂的主营产品是大丰王系列WKJ-60/70挖坑机，挖坑效率达到了60坑每小时，设备转速高达248转/min，挖坑最大深度为650-800mm，还可按照用户需求定制挖坑深度不同的挖坑机，能够搭配多款功率为18.4-36.8KW的拖拉机使用。

3) 哈尔滨林业福马机电设备公司的主营产品同样是悬挂式挖坑机，其挖坑效率达到了120坑每小时，挖坑最大深度为800mm，挖坑直径大约是250-600mm，能够搭配多款功率超过18.4KW或者40.4KW的拖拉机使用，不过拖拉机需要安装有悬挂装置或者动力输出装置。

4) 对我国而言，手提式挖坑机尚属新兴产品，是一种适合家庭使用或者复杂地形环境下小规模植树造林使用的挖坑机，通常用来给树木挖坑追肥或者打桩植树。目前最具代表性的国产手提式挖坑机是哈尔滨林业福马机电设备公司生产的3WS-2.8型手提式挖坑机，这款挖坑机安装有2.8KW功率的051A-1型发动机，转速高达280-320r/min，挖坑直径大约320-500mm，挖坑最大深度约为500mm，设备总重仅有17.6kg。从设计使用场景上来看，这款手提式挖坑机适合使用在丘陵、山地、沟壑区等复杂地形环境下，具体来说，常应用于开挖黄土高原沟坡、坡度不超过35度的山地荒林、次生林等等。我国许多林业方面的科研单位或高校近年来正大力研究挖坑机，发表了数十篇挖坑机方

面的论文，研究课题包括挖坑机钻头临界转速、钻头螺旋升角、钻头升土理论等，计算出了挖坑机在各种工作环境下的动态力学指标，归纳了影响挖坑机钻头转矩的各项因素，有力指导了挖坑机各项结构参数的划定，有助于我国企业进一步优化挖坑机的设计参数。

2.1.2 国外研究现状

相较于我国，欧美日等国的挖坑机研究及生产情况更加良好。日本企业推出了一款柴油机驱动的高性能自行挖坑整地机，其行走装置采用的是全液压式行走脚辅以轮胎，在平地行驶时依靠轮胎，遇到坡地或者不平整地形则转而采用行走脚，可以在56度以上的陡坡进行挖坑整地作业。在作业过程中，这款挖坑机的四只行走脚均可自由四面移动，并依靠设备自身的平衡装置来保持驾驶室在内的设备上半部分一直处于水平状态。只需在这款设备的液压臂上端附加液压式挖坑机或者割灌机，便能够达到300-400坑每天的植树造林速度，达成了一机多用目的。此外，日本企业还推出了一款A-7型手提式挖坑机，该机通过一台H35D发动机驱动，设备总重不超过7.0kg，挖坑直径大约为20-200mm。德国挖坑机制造企业的代表性产品是BT120C型挖坑机，采用了一台功率为1.3KW、转矩为1.7N·m的发动机，设备总重约8.2kg，钻头最高转速达到190r/min，钻头转矩则有79.0N·m。英国企业推出的05H8300型悬挂式挖坑机以及美国企业推出的三钻头悬挂式挖坑机，其钻头间距能够自由调整，也就是可以调节行距，工作效率十分可观，一般使用在大规模的平原植树造林中。美国企业与加拿大企业共同推出了一款手提式挖坑机，安装了分离式钻头和分离式发动机，发动机依靠液压传动来带动钻头挖坑。美国企业研发出一款HYD-TB11H型液压挖坑机，设备总重仅有170kg，转速最高可达141r/min，钻头转矩达到了349N·m。美国有一款安装了4.1KW功率发动机的MDL-5B型挖坑机，由于发动机安装在远离用户的位置，因此显著降低了使用者受到的噪音影响，人机工程学表现比较优异。此外，某些国外手提式挖坑机还特意增加了一只轮子充当支点，既便于设备转运携带，又可通过轮子来抵消一部分挖坑机的反作用力，降低了使用者手部受到的冲击，缓解了使用者的工作负担，提升了使用安全性。

2.2 挖坑机的构造

2.2.1 挖坑机的工作条件

挖坑机种类多样，能够满足不同工作条件与作业环境的需求，包括城市道路、荒漠

沙丘、森林果园、山坡丘陵、沼泽湿地等，上述地点无论是在土质结构、土壤厚度还是土壤基本性能方面都有着明显区别，为适应实际使用要求，挖坑机必须具备良好的通过性，零部件要尽可能耐磨坚固。此外，受各种作业技术以及地理条件的影响，挖坑机的运行速度必然不能过高，需要合理调整其速度。

2.2.2 挖坑机的分类

按照上文所述，挖坑机包含各种分类，通常其分类标准有传动类型、钻头位置、挂结方式、动力配置等等。

(1) 按配套动力和挂结方式分

1) 手提式挖坑机

通常采用功率为2.23-3.73kW的小型二冲程汽油发动机，发动机和设备本身连为整体，只需两人甚至单人便可操作，既可挖坑又可整地，适合使用在坡度不超过35度的丘陵、山地、沟壑区等复杂地形环境下，另外还可以在都市、果园等环境中用来给树木挖坑追肥或者打桩植树，其挖坑直径大多不超过0.3m。

2) 悬挂式挖坑机

钻头装置悬挂在拖拉机的后方、前方或侧向。悬挂机构通过上拉杆、下拉杆以及三个铰链与拖拉机连接，由拖拉机的液压系统操纵其挖坑机钻头装置升降。这种挖坑机能够挖出深度和直径较大的坑，一般使用在允许拖拉机通行的区域。

3) 自走式挖坑机

1. 与手扶拖拉机配套

驱动挖坑机钻头工作的动力来自设备底盘上的动力输出轴经过一级皮带减速、一级直角锥齿轮、减速器并直接输到挖坑机的钻头。钻头以M27螺纹制造而成，并直接连接到箱体上，如此既便于安装于拆卸，又可以有效避免拆脱问题，比方说IW-40型挖坑机便属于一款配套在工农-3型手扶拖拉机上的挖坑机。这款挖坑机具备十分优异的通过性，不过钻头入土操作必须依靠手动完成，一般使用在水平带作业或者园林挖坑追肥、树苗移植等需要挖坑的作业环境中。

2. 与汽车底盘配套

通常只有起重地钻装置类型的挖坑机才会和汽车底盘配套使用，比方说D70S(E)起重地钻机便是最具代表性的一款挖坑机，这款挖坑机依靠汽车动力驱动，包括钻头、液压传动系统、回转伸缩系统、控制系统等部分。由汽车发动机直接输出驱动油泵，进而

将机械能转变成液压能，并驱动挖坑机的所有部分工作。地钻装置包括两个主要部分，分别是钻头和内置有油马达的减速器。液压油驱动控制系统，随后由控制系统驱动油马达工作，接着经由减速器来驱动钻头轴，钻头轴中安装了一根方轴，只需延伸方轴或者拔出方轴的定位销，便可以加大挖坑深度。这款挖坑机能够挖出直径达0.45m、坑深4.5m的坑。

QW-1000 型挖坑机基本上是属于这种类型，但它是车载钻机的形式。

(2) 按钻头安装位置分

1) 立式挖坑机

立式挖坑机是常见的一种类型，亦称立轴式挖坑机，即钻头的钻杆与减速器输出轴联接是和地面呈垂直状态的。这种挖坑机一般仅适用于进行挖坑作业。

2) 卧式挖坑机

卧式挖坑机也被称为水平轴式挖坑机，其钻头轴杆基本处于水平安装状态，可以按照具体工作条件来适当调整气钻杆倾斜度。

2.2.3 挖坑机的钻头

挖坑机钻头无疑是挖坑机最重要的零部件。按照挖坑机的作业条件及技术需求来看，挖坑机的作业类型主要包括三种，分别是挖坑、整地以及开沟。当采用螺旋式钻头的挖坑机处于挖坑作业状态时，会将大多数土壤抛出坑外，通常适用于树木栽种、建筑挖坑等作业环境。当挖坑机处于整地作业状态时，并不会将土壤抛出坑外，通常适用于植树造林、播种等作业环境。当挖坑机处于开沟作业状态时，往往会将土壤集中由一侧或者两侧抛出坑外，通常适用于开挖沟渠等作业环境。因此，最适合本次毕设的是螺旋式钻头。

螺旋式钻头包括四个组成部分，分别是钻尖、螺旋翼片、刀片等。钻头在运转过程中，会一边旋转一边朝下进行进给运动。在挖坑机作业的时候，钻尖既发挥了定心作用，又起到了将中心土壤切去的作用，会顺着钻头刀片的排列方式来切割土壤，随后将土壤顺着螺旋翼片提升，最后向着坑四周抛出，钻头螺旋翼片部分长度直接决定了抛出坑的土壤量。倘若坑深度超过螺旋式钻头的总长，那么必须实施多次抛土操作。螺旋式钻头的工作面呈现和钻头轴线相垂直的圆柱体直线段，并伴有钻头划出的螺旋导向线。在同心圆柱体的基础上截钻头表面，便可以获得多条螺旋线，螺旋升角和圆柱体半径之间存在反向关系。螺旋形钻头工作面不能展开成平面。

螺旋形钻头主要包括两种类型，其一是单头螺旋钻头，其二是多头螺旋钻头。单头螺旋钻头的优点是作业能耗低，不过因为切割土壤过程中面临着不对称负载，所以稳定性不如双头螺旋钻头。如果要提高其工作稳定性，可以按照径向对称方式额外增加两个刀片。通常而言，单头螺旋钻头大多使用在手提式挖坑机、小型悬挂式挖坑机等类型挖坑机上。多头螺旋钻头具备较高的作业稳定性，不过作业能耗也远多于前者，通常使用在中型悬挂式挖坑机上。

螺旋式钻头的挖坑直径比较可观，能够挖出 $H/DO=0.5-16$ 的大坑 (H 代表的是坑的深度；DO 代表的是坑的直径)。

第3章 手提式挖坑机的设计

3.1 手提式挖坑机的工作原理

手提式挖坑机通常采用功率为2.23-3.73kW的小型二冲程汽油发动机，主要组成部分包括减速器、钻头、离合器、钻杆、钻套等等。手提式挖坑机的工作原理比较简单：通过发动机带动减速器和离合器，进而带动钻头进行旋转运动。手提式挖坑机一班以可拆卸手柄充当操作装置。为方便控制发动机油门，手柄装置应当满足灵活性高、操作简单的设计原则。

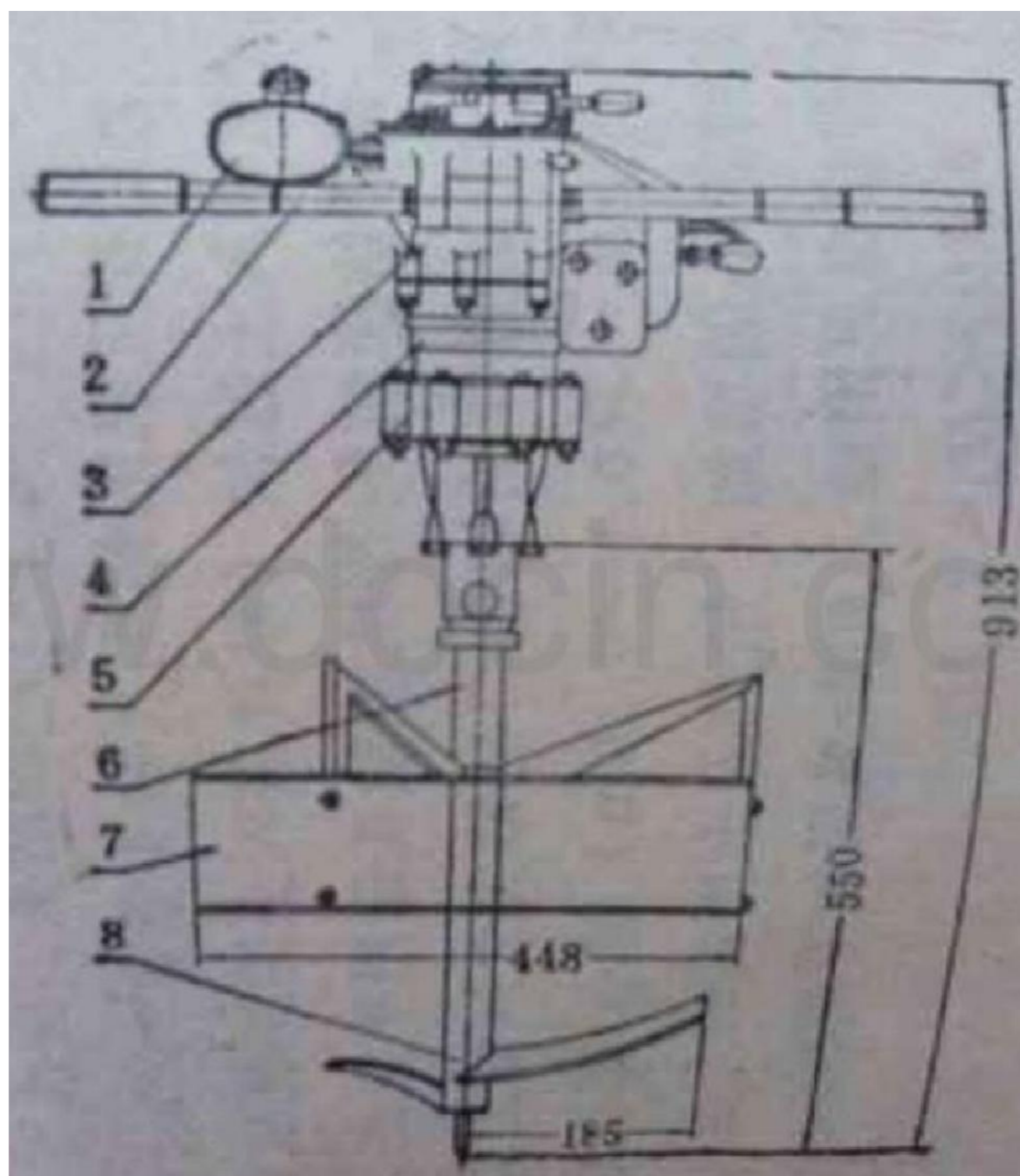


图3-1手提式挖坑机结构示意图

1. 油箱2. 手柄3. 发动机4. 离合器5. 减速器6. 钻杆及套7. 安全保护罩8. 钻头装置

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/338050124106006123>