

螺旋式侧边施肥机的设计

摘要：中国要强，农业必须强。肥料是重要的农业生产基础，农业的持续稳定繁荣发展离不开肥料作为基础。随着农业经济的快速发展，大量农作物施肥成为了一大难题，目前，我国大部分地区仍然采用效率低下的人工撒肥方式，这种施肥方式不仅造成了肥料的浪费，而且造成了大面积的农村土地污染。而现有的农业施肥机械大都普遍存在：单工序作业、作业效率低、质量差灵活性较差。考虑到现实问题，因此设计螺旋式侧边施肥机具有重要意义。

经过查询资料以及文献，针对适合农村的环境要求，决定设计一个工作效率为一小时一亩的小型施肥机，包含输送装置、传动装置以及对肥料箱的设计。

选择 V 形肥箱，输送装置为螺旋输送装置，选择蓄电池作为动力来源。采用精密滚子链作为传动链条，其节距较短，经过计算，传动比为 4，而传动轴直径则精确定义为 100mm。该机可有效解决因肥料撒施而引发的大面积农村水土面源污染问题，并提高施肥工作效率，达到两侧同时施肥，而且安全性好，具有较大的可靠性。

关键词：螺旋输送；施肥机；有机肥

Design of spiral side fertilizer spreader

Abstract : For China to be strong, agriculture must be strong. Fertilizer is an important agricultural production foundation, and the sustainable, stable and prosperous development of agriculture is inseparable from fertilizer as the foundation. With the rapid development of agricultural economy, a large number of crops fertilization has become a major problem, at present, most of China's rural areas still use inefficient artificial fertilization method fertilization, this fertilization method not only caused fertilizer waste, but also caused a large area of rural land pollution. Most of the existing agricultural fertilization machinery is common: single-process operation, low operation efficiency, poor quality and poor flexibility. Considering the real problems, it is of great significance to design a spiral side fertilizer spreader.

inquiring about data and literature, in view of the environmental requirements suitable for rural areas, it was decided to design a small fertilizer spreader with an efficiency of one mu per hour, including a conveying device, a transmission device and the design of a fertilizer box.

Choose V-shaped fertilizer box, the conveying device is a screw conveying device, and the battery is selected as the power source. Precision roller chains are used as the transmission chain, which has a short pitch, and after calculation, the transmission ratio is 4, while the propeller shaft diameter is precisely defined as 100mm. The machine can effectively solve the problem of large-scale rural water and soil non-point source pollution caused by fertilizer spreading, and improve the efficiency of fertilization, so as to achieve fertilization on both sides at the same time, and has good safety and great reliability.

Keywords: screw conveying ;fertilizer; organic fertilizer.

目 录

1 绪论	1
1.1 研究目的及意义	1
1.2 国内外施肥机研究现状	1
1.2.1 国外施肥机研究现状	1
1.2.2 国内施肥机研究现状	2
1.3 研究的主要内容和技術路线	4
1.3.1 研究的主要内容	4
1.3.2 研究的技術路线	4
2 螺旋式侧边施肥机的工作原理及整体设计	5
2.1 螺旋式侧边施肥机的工作原理	6
2.2 螺旋式侧边施肥机的整体设计	6
2.2.1 设计要求	6
2.2.2 肥料箱的设计	6
2.2.3 动力来源的选择	6
2.2.4 链传动的选择	7
2.2.5 输送机构的选择	7
3 螺旋式侧边施肥机输送装置的设计	1
3.1 螺旋和螺旋叶片的选择	1
3.2 螺旋直径的计算和螺旋输送量	3
3.2.1 螺旋直径	3
3.2.2 螺距的计算	4
3.3 输送轴的设计	4
3.3.1 输送轴的强度校核	4
3.3.2 刚度校核	5
4.螺旋式侧边施肥机链传动装置的设计	6
4.1 链传动的结构及优点	6
4.2 链传动及链条的设计	7
4.3 滚子链链轮的设计	8
4.3.1 链轮齿形	8
4.3.2 链轮基本参数的确定及运动分析	8
总结	1

参考文献	1
致谢	1

螺旋式侧边施肥机的设计

1 绪论

1.1 研究目的及意义

据有关文献统计，从 2017-2022 年，我国粮食产量稳步提升从 66161 万公顷增加到了 68652.8 万吨，如表 1-1 所示我国各类农用化肥使用量每年的使用量也居高不下。

表 1 2017-2022 年全国粮食播种面积、总产量及单位面积产量情况

	播种面积 (千公顷)	总产量 (万吨)	单位面积产量 (公斤/公顷)
全年粮食	118332.1	68652.8	5801.7
一、分季节			
1、夏粮	26530.0	14740.3	5556.1
2、早稻	4755.1	2812.3	5914.3
3、秋粮	87047.0	51100.1	5870.4
二、分品种			
1、谷物	99268.8	63324.3	6379.1
其中: 稻谷	29450.1	20849.5	7079.6
小麦	23518.5	13772.3	5856.0
玉米	43070.1	27720.3	6436.1
2、豆类	11877.9	2351.0	1979.3
3、薯类	7185.4	2977.4	4143.7

注：

1.根据甘肃、宁夏、新疆等部分地区小麦实际产量对全国夏粮数据进行了修正。

2.此表中部分数据因四舍五入，分项数合计与全年数据略有差异。

数据来源：国家统计局

肥料对于农业的成功至关重要，他们的作用决定了农业的发展。肥料的使用可以有效地保证农作物的持续生长，其中农业化肥有着高效的养分含量，增产效果显著的优点，因此在农业生产中广泛使用。而根据联合国粮农组织统计，化肥对提高农作物产量发挥了重要作用，其效果达到 40%~60%。在我国，这一效果也很显著，达到 30%~40%。截至现在，中国的化肥生产量和使用量位居世界前列。肥料的种类五花八门，但现在有机肥被人们所熟知，使用率越来越高，其他肥料逐渐被更高效安全的有机肥所取代。我国农民在制造和使用有机肥料有着悠久的历史和丰富的经验。在我国农业生产的日常生活中，一直都有着使用有机肥的来改良农田肥力，增加产量的事例，也正是因为一代代的使用，有了粮食才养育了我们中华民族的祖祖辈辈。现在的农村地区，大部分均为人工撒肥，如图 1 所示。不仅人工投入大，作业成本高，利用率还低对环境造成很大影响。



图 1 农民人工撒肥

至于现行施肥机器大都普遍存在：单工序作业、作业效率低、作业质量差、作业灵活性通过性差、功耗大等问题。随着我国科技水平的不断提升带动着农业机械化水平不断的提高，正因此在日常生产活动中使用小型农业机械的频率也随之提高，在农业领域国内农业机械化依旧存在些许漏洞，为了提高农业生产效率和农业生产绿色化，针对当下农业生产实际中出现的化肥污染情况和生物施肥设备体积庞大以及人力资源浪费的问题，设计一种新型的螺旋式侧边施肥机，与现有设备相比可以两行底肥同时作业，增加作业面积，大大缩小设备体积，解放人力^[1]。

农作物的施肥是农民日常生产生活中开支最大的项目，因此，肥料投入量的多少以及肥料利用效率的如何都决定着农民的产能以及最后的收益。然而，目前我国很多地区大多数农民还是采取人工撒肥的方式施肥，这种施肥方式不仅施肥效率极低，且肥料施撒不均匀导致容易被雨水冲刷，是农村大面积的面源污染的罪魁祸首^[2]。

目前国内农业部门已经非常重视化肥的使用，从 2010 年开始的十年，肥料的使用情况如表 2 所示，在农业生产中投入比重大，肥料已经成为农业生产不可缺少的元素，但是由于化肥本身固有的特性，具有肥效持续时间较短，极易挥发等缺点。

表 2 2010-2019 年我国农用化肥施用折纯量数据表(万吨)

时间	农用化肥施用折纯量
2010 年	5561.68
2011 年	5704.24
2012 年	5838.85
2013 年	5911.86
2014 年	5995.94
2015 年	6022.6
2016 年	5984.41
2017 年	5859.41
2018 年	5653.42
2019 年	5403.59

数据来源：国家统计局

1.2 国内外施肥机研究现状

1.2.1 国外施肥机研究现状

国外农业机械的起步较早，拥有着充分的技术积累和大量的实践经验，整体的农业机械发展水平要高于我们。由于国外大都是大农场经营制，所以国外农业机械化现在正多元发展，朝着大型化、复式化、精准化和自动化等方向发展。国外不仅不断在农机方向积极研发，同时也在对农业机械产生的危害进行了研究，比如机械振动给农机作业带来的环境问题进行研究。所以国外所生产的施肥机产品的特点也与国内不尽相同，国外的施肥机主要的研究的方向是完全保证施肥肥料的结构形状和相应的技术研究，国外新型施肥机已经广泛的采用了最新的传感器技术，对其施肥机每个肥料喷嘴的施肥量进行精准把控，在而一些化肥施肥机上几乎都采用了可以自动调整和控制施肥量的新型机构。

多数西方国家经济发达，开展研究较早，从 20 世纪中期开始，便针对农业施肥器上的排肥器进行了大量实验性研究，而由于国外大都为平原地形，土地平坦且成片相连不分散，又因为国外人口稀少，所以人均耕地面积大都在国际平均水平之上，对大型农业机械的使用创造了优秀的先天利用条件，所以国外施肥机研制的方向主要为大型施肥机，可以适用于大片农农场的作业。国外起步较早，掌握的技术水平也较高，所以国外施肥机的发展速度很快，施肥作业的水平也处于较高的水平。西方国家在大量农村日常生活中不断的生产实践中的得到数据，进行统计分析，得出农业机械化的不断进步就能取得更多的经济效益，对此数据学家进行了仔细地分析估算，分析得出借助施肥工具可以对肥料进行更合理的施撒。截至最新的研究统计，欧美主要发达国家的施肥机械分为三种类型：离心式、气力式、重力式^[3]。

2013 年，在德国汉诺威的农业机械展览会上，展出了一种全新的全自动化操作的双圆盘喷肥机，该喷肥器

可以精确地将不同种类的肥料分开施用，而且喷肥机的工作范围也比以往任何时候都要宽。新型肥肥机的传感器使用了微波型传感器，以及一台全自动控制的肥肥机，从多个角度确保了肥肥的准确性^[4]。根据数据显示国外施肥机的最大施肥作业宽度已达到 51m，其施肥剂的肥料箱容量甚至可以达到不可思议的 14000L，更令人惊讶的是在施肥作业时的行驶速度也比过去快了很多。



图 2 双圆盘式施肥机

美国约翰迪尔公司研制的固态肥料追肥机，肥料箱满载量为 9T，为缩短肥料箱在施肥横向方向上的长度，采用了集中式排肥器，此机构可 15 行作物同时进行施肥作业，用气力作为输送方式，可保证肥料在机器幅宽内平稳的运输。该机型施肥作业幅宽达 11.43m，施肥深度达 14cm，施肥时施肥机的速度最快可以达到 16km/h，施肥速率快、作业效率高，可以实现固、液态肥料联合施肥作业，结构集成度高，施肥效果好^[5]。

美国约翰迪尔公司生产的另一种 JD1910 种肥机。该机使用了创新的高挠性机架设计，以带来了更强的耐久性和可靠性,促进了均匀的施肥深度和平滑的田地表面。田间工作时，与 JD1820 型播种机连接，采用电控无级变速方案播种施肥。但由于欧美发达国家多为大平原地区，其主要研发方向为大型中耕联合作业机和大型追肥机，因为我国国土面积大，土地资源多、种植地域较广，地形地势复杂，各地种植作物也存在较大差异，国外大型机械对我国农田适应性较差，不能较好的满足国内中耕追肥的需求^[6]。



图 3 JD1910 种肥机



图 4 JD1820 播种机

1.2.2 国内施肥机研究现状

国内农业机械化起步相对于国外较迟，起点较低，虽然发展速度很快在 2022 年全球施肥机市场规模就已经达 34.64 亿元（人民币），中国施肥机市场在全球市场上的占比为

%。报告预测到 2028 年全球施肥机市场规模将达 54.79 亿元。目前国内生产中常见的施肥机械，大多数为传统的作业机械，缺少科学系统的设计研究，种类虽然多但是适应性较差，机械化施肥技术也是远远落后于国外，从使用方式到研究开发都有着较大差距^[7]。

国内农业机械化龙头企业沃得的 WD-2BFG-8/8-200 旋播施肥机，一次作业实现旋耕、施肥、小麦播种及玉米播种，复式作业效率高，一次可实现旋耕、施肥、覆土、镇压多项农艺要求，可以调整施肥行距，还可实现在不同地区及不同田地环境作业，可实现垄播机沟播不同的播种要求。国内山区还大部分采用背负式电动撒肥机，需依靠人工背负作业，虽操作简捷方便，但由于肥箱容积和电频储存电量的限制，施肥效率低，劳动强度大。



图 5 WD-2BFG-8/8-200 旋播施肥机

为此，南京农机化所研发了一款自走式撒肥机。可以大大降低人工施肥的成本。肖宏儒设计了一款新型螺旋施肥机，该机排肥器采用了与众不同的外槽轮排肥装置进行排肥，再通过立式的螺旋机构进行掘土开沟工作进行施肥，以此来完成施肥工作，该机的掘土施肥带深度为 35 cm，宽度为 41 cm，作业范围大，覆盖范围为两个行距^[8]。

而石家庄农机公司生产的布谷 3ZF-6 中耕追肥机，采用一种新型的外部槽轮排肥器，利用自重将肥料通过输肥管道直接排放到挖出的沟槽中，可以吊挂在 44-88 kw 的拖拉机上进行追肥。并且可以通过对不同工作部件的替换，来实现中耕（除草、破板结、深松）、追肥、培土、起垄、开沟等多种田间作业。该发明的追肥机械，可实现 6 行，行距可调，在耕作时可对不同类型的颗粒肥进行追肥，可通过调整排肥轮的有效排肥距离来调整排肥量，还可调整地轮的位置，使其在某一特定区域的排肥量达到所需的排肥量，适合华北、东北和西北地区的国有农庄和大中型农庄的追肥^[9]。



图 6 布谷 3ZF-6 中耕追肥机



图 7 2BDB-6 大豆变肥撒种机

2BDB-6 （110）型大豆变肥撒种机是勃农兴达机器有限公司开发的一种新型变肥撒种机，它采用了一种以

CPLD 为基础的变肥装置,在工作过程中能够实时地获取机器的位置和运行速度信息,并能够依据机器的位置和运行速度,来调整排肥机的旋转速度,从而实现了对肥料用量的调整,并且具有很大的可调整范围。

近年来,我国学者对各种类型的的施肥机都有着很多研究,其中有着很多针对基于重力直排技术的施肥机研究,但是由于起步晚、水平相较有些许缺陷,所以研究出来的实验品距离可以在实际生产生活中应用的合格农业机械还有着些许的漏洞^[10]。山东农业大学自主研发设计一款自走式新型果园施肥机,该机的优点是集成度很高、整机尺寸较小、适合果园作业,作者使用控制电路对整车的行走系统进行了独特的设计,使得该施肥机自由度很高,可以自由行驶在果园中并依次进行作业。然而,该施肥机也有着不可避免的缺陷,因为设计原因,该车的升降系统只能采用碟刹制动,碟刹制动有较大缺陷,刹车片磨损大、需要定期更换,且碟刹不具有安全稳定性,如果使用不当可能引发不必要的事故。因此,为了满足日益增长的施肥需求,需要有新型的施肥机,所以研究一台可以在小区域中施肥的施肥机,刻不容缓。该机需要达到以下几个要求:能适应作物行距、精量控制施肥撒肥的均匀性、满足各种作物种植追肥的农艺要求^[11]。

1.3 研究的主要内容和技術路线

1.3.1 研究的主要内容

随着中国社会经济和农村机械化程度的逐步发展,和谐可持续发展生态农业是中国实现农村自动化的必须基础。目前,中国农业大部分采用的都是化学肥料(可以简称化肥)[12],而有机肥则由于起步较晚,所以施用量比较少。而化肥的使用有着明显缺点,例如不能够使土壤的肥力长期保持,而有机肥的使用却可以很大程度上的改善土壤肥力。并且国家政策现在也在大力扶持农业机械化的发展,因此研究先进的有机肥施肥机关键技术及主要装备具有很重要的现实意义。由此看来,有机肥施肥机的研究并投入使用是符合我国国情的。在设计过程中,不仅要考虑机构的实用性和经济性,还要考虑输送量的稳定,施肥均匀,以达到有机肥施肥机械化,减轻人力物力的同时,还要提高施肥的均匀性及生产效率。参考国内外已有的小型有机肥施肥机以及我国的标准,结合我国国情及实际的使用情况,设计一种螺旋式侧边施肥机,对其主要部件进行设计。主要研究内容如下:

- 1) 通过查阅相关资料,了解有机肥施肥机在国内外的發展,种类和结构以及工作原理等。根据这些内容选择合适的参数,对有机肥施肥机进行整体设计。
- 2) 根据整体的设计对输送装置进行设计,包括具体的设计方案、合适的传动机构和驱动方式以及传动装置,然后进行校核。
- 3) 根据以上的设计以及计算数据绘出相应的零件图及装配图,并完成设计说明书。

1.3.2 研究的技术路线

根据查询大量的资料确定了相应的研究目标,制定了合理的研究方案,对应研究的技术路线如图所示:

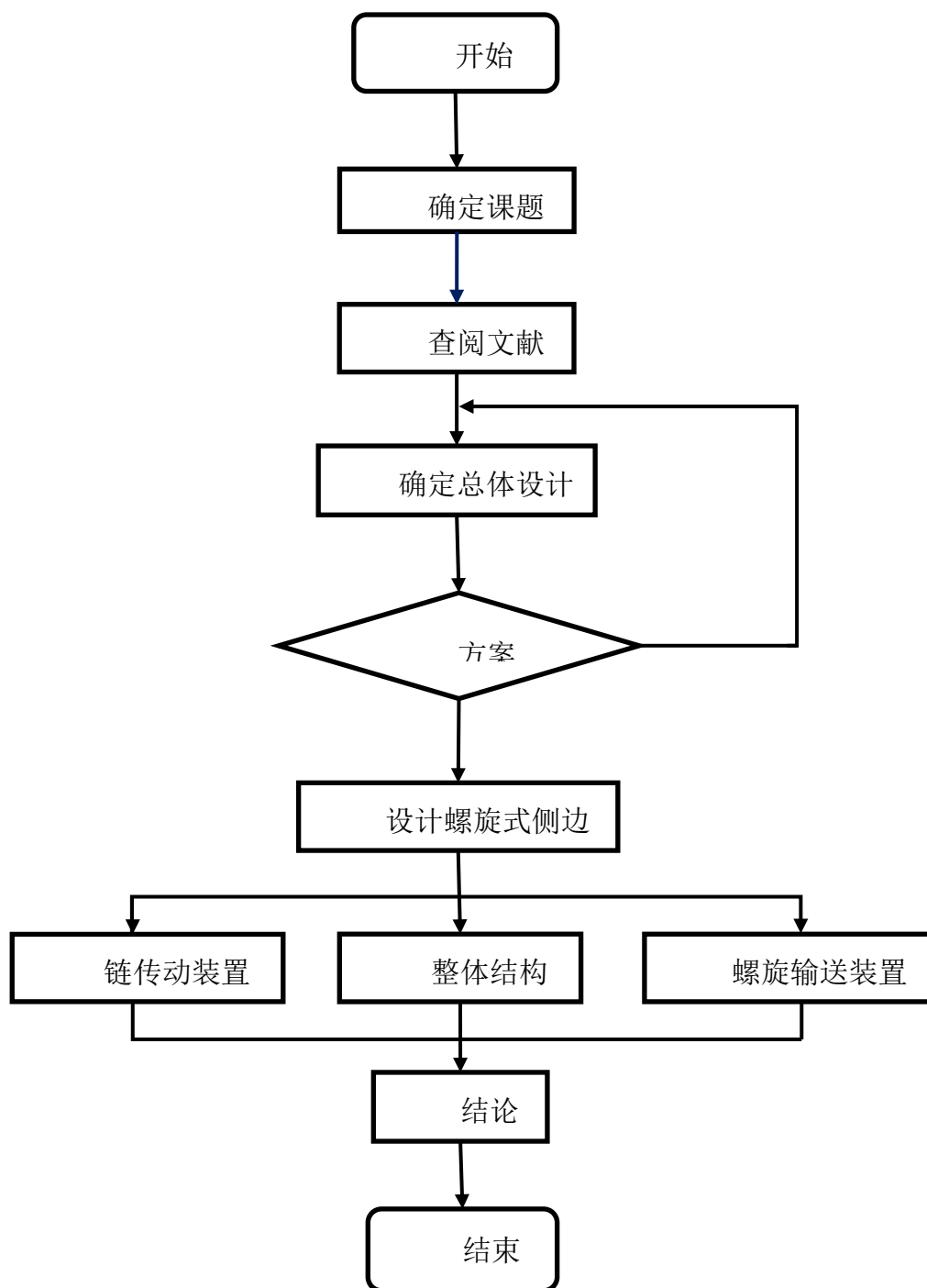


图 8 技术路线图

2 螺旋式侧边施肥机的工作原理及整体设计

2.1 螺旋式侧边施肥机的工作原理

此次设计的目标是一个螺旋式侧边施肥机，大体上由肥料箱、螺旋传动机构、链轮装置几部分组成。这次设计主要是对螺旋传动装置以及他们的链轮装置进行设计。

2.2 螺旋式侧边施肥机的整体设计

2.2.1 设计要求

根据山西农村常见的农作物来进行主要研究，下面用玉米以及西红柿来做举例对于春播玉米来说，玉米的株距大约为 33-40cm，行距会控制在在 50-60cm 之间。对于夏播玉米的株距则是 25-33cm，由于山西环境与土地条件限制玉米一般为春播，合适的行距在 50cm 左右，而种植西红柿的时候不能太密，每株之间应有一定的间距，大概的距离可以保持在 25-40 厘米，每行之间的距离也要有，可保持在 40-50 厘米，具体种植密度，可以适当的进行调整，如果株型较大的话，其行距可适量的增大^[13]。所以为满足对作物的施肥，施肥机整体宽大约为 60cm 左右。其他机构需要：

- 1.选择合适的机械设备，保证传动结构的正常工作。
- 2.选择合适的轴以及传动方式，使得施肥工作顺利进行。
- 3.增加控制阀门，使得肥料可以在需要的情况下出肥，从而节省肥料。

4.将肥料箱、阀门、链传动结构、螺旋传动机构组合在一起，实现施肥机功能，满足施肥要求。

2.2.2 肥料箱的设计

因为施肥机整体宽大约为 60cm 左右，所以肥料箱的大小也应符合该要求。肥料箱的设计最重要的是肥料箱在使用上可以被轻松的装满和施肥时可以排空，施肥过程中不会出现被架空或有空处的情况，肥料箱的形状一般有 v 形和方形，此次设计采用 v 形肥料箱，考虑到施肥需求且机器较小，此次的施肥箱高 0.5m，宽 0.6m，长为 0.5m，经过计算肥料箱满载容量为 0.2m³，满载约为 152kg 肥料

根据中华人民共和国国家标准（GB/T—13566.1/ISO3944:1992）《肥料 堆密度的测定》规定，肥料的堆积密度是 760kg/m³，按照满载来算，肥料的质量：

$$m_0 = \rho V_0 \quad (3.1)$$

式中：

ρ —肥料堆积密度，760kg/m³；

V_0 —肥料箱满载时肥料的体积，0.2m³；

$$m_0 = 152\text{kg}$$

根据以上，本次设计选择两个螺旋体同时反向旋转，提高施肥效率，使施肥更加均匀，提高作物产量，减少肥料浪费。

2.2.3 动力来源的选择

螺旋式侧边施肥机该机器为小型的农业机械，是为了满足在农村比较恶劣环境下的施肥工作，所以最后选择蓄电池直流式电动机作为动力来源，选择 300kw 的蓄电池组。额定转速为 480r/min。蓄电池作为生活中常见的的一种电源，放电时可以将化学能转化为电能，充电时将电能转换为化学能储存起来的装置，是一种高效的二次电池，其内在是由里面的反应材料发生可逆的化学反应而产生的能量。其作原理是：充电时，利用外部接入的电能，再生内部活性物质，将电能存储为可保存的化学能，在需要放电时，将化学能直接转换为电能，可以作为电源进行电能输出。蓄电池具有体积适中且携带方便、充电便捷的优点。因此选择蓄电池作为螺旋式侧边施肥机的动力来源^[14]。

2.2.4 链传动的选择

传动方式有链传动、齿轮传动和皮带传动。三种传动方式相比较：链传动与皮带传动相比较，链传动预紧力比带传动预紧力小，所以链传动的轴相比较起来受到的压力小，传递的功率较大，效率自然高，而且链传动还可以在在农村比较恶劣的鲁路况和油污等情况下工作，使用门槛较低。而链传动之间的轴中心距离比齿轮传动要大，因此不需要太高的制作和安装精度，并且成本较低^[15]。链传动安装在平行轴上，它包括：驱动链轮、从动链轮以及链条，传动过程中传递运动和动力依靠链条上每个链节不断与链轮轮齿的啮合带提供。链传动为挠性传动，进行啮合传动，在这个过程中传动比平均，且在农村日常生活中，山路崎岖，环境较恶劣。所以适合选择能适应这种路况的链传动^[16]。

2.2.5 输送机构的选择

输送机构的主要功能是将肥料从进料口运输到出料口，然后均匀的撒至农田，由于不同作物施肥量不同，所以传动机构的速度应可以在一定范围内调节，并且需要在运输过程中稳定无残留，所以运输机构应该满足以下要求：

- 1) 容易安装和维护。
- 2) 耐磨且使用寿命长。
- 3) 具有耐腐蚀的性能。
- 4) 结构简单、成本较低。

根据以上要求，从螺旋输送装置和刮板输送装置中选择使用螺旋输送装置，螺旋输送装置的运输能力较强，并且在创新改进下可以使用两个反向螺旋进行两侧同时施肥。同时，螺旋输送装置也具有结构简单、运输平稳等优点。

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/668010021104007036>