

宁德师范学院

毕业设计(论文)

堆肥发酵塔的结构设计及分析

姓 名	袁盛华
学 号	20170513149
专业(班级)	机械设计制造及其自动化(17 专升本)
学 院	信息与机电工程学院
指导教师	赖联峰
职 称	副教授
完成日期	2018 年 月 日

摘 要

目前我国有机肥生产设备普遍体积庞大，占地面积大，结构冗余，腐蚀严重，投资成本高；虽然一些高校正在进行一些农业设备的研究，但很少有高校能够将研究成果应用到实践中。先进的制造技术和概念、技术和理论没有很好地应用于农业机械。随着我国经济的蓬勃发展和环境保护的不断加强，任何一个行业都将朝着节能、环保、低碳的方向发展。有机肥料生产设备将朝着轻、小型化、智能化方向发展。

本文以轻质、微型化和智能化为研究重点，设计了一种适合中小型农场和农场使用的有机肥发酵设备。利用 UG 建模和 ANSYS 有限元分析软件对设备主要部件进行了仿真，验证堆肥发酵塔的实用性和可靠性。

关键词：有机肥；发酵；框架；卸料；设备

Abstract

At present, China's organic fertilizer production equipment is generally large volume, large area, structure redundancy, serious corrosion, high investment cost; Although some colleges and universities are doing some research on agricultural equipment, few can apply the research results to practice. Advanced manufacturing techniques and concepts, techniques and theories have not been well applied to agricultural machinery. With the vigorous development of China's economy and the continuous strengthening of environmental protection, any industry will develop towards the direction of energy conservation, environmental protection and low carbon. Organic fertilizer production equipment will be light, miniaturized and intelligent.

This paper focuses on the research of light weight, miniaturization and intellectualization, and designs an organic fertilizer fermentation equipment suitable for small and medium-sized farms and farms. The main components of the equipment were simulated by UG modeling and ANSYS finite element analysis software to verify the practicability and reliability of the compost fermentation tower.

Key words: Organic fertilizer; The fermentation; Framework; Discharge; equipment

目录

1 引 言	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究意义	1
1.3 在国内外的研究现状	2
1.4 发展趋势	2
1.4 本章小结	3
2 整体设计方案	4
2.1 如何发酵有机肥	4
2.2 堆肥发酵塔卸料方案及论证	4
2.2.1 堆肥发酵塔卸料设计方案一	4
2.2.2 堆肥发酵塔卸料设计方案二	5
2.3 总体结构设计方案确定	6
2.4 工作过程与工作原理	7
2.5 本章小结	7
3 堆肥发酵塔主要零部件的设计	8
3.1 主框架的设计	8
3.1.1 主框架的材料选用	8
3.1.2 主框架的结构设计	9
3.2 卸料机构的设计	10
3.2.1 连杆机构及其传动特点	10
3.2.2 卸料运动机构的三维模型设计	11
3.2.3 卸料机构自由度计算	12
3.3 卸料机构原动力的选择	12
3.3.1 油缸和气缸的对比	12
3.3.2 油缸行程的选择	13
3.4 本章小结	15
4 重要零部件的有限元分析	16

4.1 有限元软件的选用	16
4.2 主框架的静态分析	16
4.2.1 主框架无加强变形分析	16
4.2.2 主框架有加强变形分析	19
4.2.3 主框架等效应变分析	20
4.2.3 主框架等效应力分析	21
4.3 本章小结	22
5 总结与展望	23
5.1 全文总结	23
5.2 展望	23
参 考 文 献	24
致 谢	25
附录 A 总装配图	26
附录 B 主框架装配图	27
附录 C 右支架装配图	28
附录 D 横支架零件图	29
附录 E 竖支架装配图	30
附录 F 卸料机构装配图	31
附录 H 摆动叶 A 零件图	32

堆肥发酵塔的设计

1 引言

1.1 研究背景

农业在我国一直是一个重要的产业，伴随着国家的新政策对农业的大投入，我国粮食产量已经解决了全国 13 亿人的吃饭问题，有着里程碑式的意义。在近几年我国粮食在高速的增长的趋势发展，化肥是其中一个不可或缺的功臣，根据网络数据的数据，化肥在农业中占比高达 41%^[1]。然而大规模的使用化肥也带来了一些不好的影响，比如土壤的有机质成分会在化肥的使用下被破坏，一些未被农作物吸收的物质会慢慢的累积在土壤中，形成污染物质，并通过食物链影响人体健康，我国目前的土壤地力已经呈下降趋势，所以减少使用化肥，或使用有机肥逐渐替代化肥是一个迫在眉睫的问题^[2]。

在经济快速发展的新时代，人们对有机肥料生产设备的需求也越来越大了，我国农牧业循环生产下，有机肥料生产设备已成为不可缺少的一部分。现在农场、养殖场对轻型、小型有机肥设备需求很高，而且更重视有机肥生产设备的质量，寻求低成本、高效率、高质量有机肥设备是当前有机肥生产设备急需的改造途径^[3]。现在提倡社会发展环保、绿色、健康。“绿色”不仅仅意味着环保、节能、低碳，而且还是代表着高效率、高科技、高生产率。有机肥发酵设备要适应现代社会的需求，未来的发展方向必然以可持续性、自动化、高效率方向发展。这些也是未来农用设备以后发展的趋势。

1.2 研究意义

农业一直是重中之重，但现在国家在大力发展绿色生态农业，如何实现这一目标？第一是结束使用化肥，减少化肥的使用量可以有效地控制土壤继续被摧毁，然后增加有机肥料的使用，使用有机肥料设备制成的有机肥比自制堆肥更安全可靠，和有机肥料可以补充土壤有机质，保护土壤硬化和土壤养分的作物的质量自然会提升，从而导致市场的发展。

有机肥设备在当前农业生产中越来越重要。我国目前的农业生产方式正面临着很大的转型。传统的耕作和施肥方法不符合我国国情的发展和农业的可持续发展。有机肥料的推广尤为重要^[4]。

1.3 在国内外的研究现状

目前我国有机肥生产设备普遍体积庞大，占地面积大，结构冗余，腐蚀严重，投资成本高；虽然一些高校正在进行一些农业设备的研究，但很少有高校能够将研究成果应用到实践中。先进的制造技术和概念、技术和理论没有很好地应用于农业机械。随着我国经济的蓬勃发展和环境保护的不断加强，任何一个行业都将朝着节能、环保、低碳的方向发展。对于有机肥生产设备，将朝着轻型化、智能化方向发展

所以我这次是围绕轻型化、小型化、智能化方向研究，设计一款使用于中小型农场、养殖场使用的有机肥发酵设备。

1.4 发展趋势

现在随着农业机械化水平的不断提升，我国在有机肥的广泛应用上投入了大量的支持，不仅在国家政策支持力度上还是在实际行动中。可以说，有机肥以后会逐渐取代化肥。在新时代的发展下有机肥被广泛使用，可以使我们的农业逐渐开始转向无公害农业，可以使更多的有机食品、水果、蔬菜摆到我们的餐桌上。同时，有机肥设备的市场是巨大的。有机肥设备在养殖场或农场生产有机肥的同时，不仅保护了环境，还可以有机肥企业获得一定可观的收入。

行业趋势将再次迎来一个新的春天，不仅政策，国家大的努力支持，尤其是在使用浪费和保护环境上，用废弃的鸡鸭粪便，只需要几天的时间，通过有机肥设备的运作，就能生产出绿色、环保的有机肥。不仅可以处理垃圾，还能减少对环境的污染。在我国新政策的不断推进下，作为肥料工业的代表：有机肥设备，在全国各个地方非常快速的发展。有不短的人去尝试，去开设有机肥设备厂。现在市场上各式各样的有机肥设备厂商逐渐崭露头角。有机肥设备市场也更加的红火^[5]。

1.4 本章小结

本章主要介绍了堆肥发酵塔的研究背景和意义，通过对国内外的发展趋势进行分析和展望，明确了堆肥发酵塔的主要研究内容。

2 整体设计方案

2.1 如何发酵有机肥

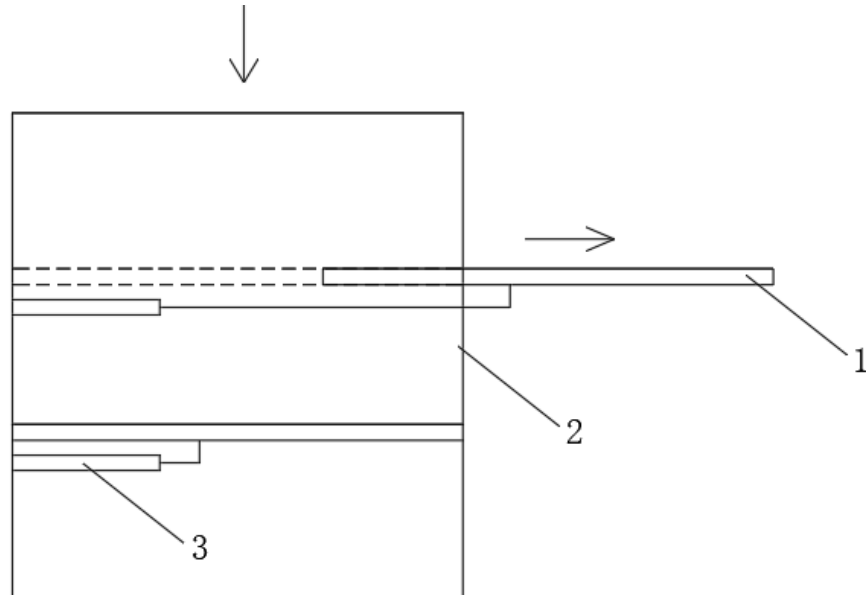
堆肥是一种简便而又古老的有机肥发酵方法，各种有机物在堆肥的过程中可以使有机物达到稳定、不容易分解的状态。并且容易被农作物吸收。微生物在一定的条件下，不断的降解和稳定有机物。并且在高温状态下能杀死虫卵和病菌，从而生产出有机肥。本设备采用的就是使用堆肥发酵的这种方式生产有机肥^[6]。

2.2 堆肥发酵塔卸料方案及论证

2.2.1 堆肥发酵塔卸料设计方案一

此方案整个卸料分为三个个部分，即：卸料推板、液压油缸、推板滑轨。通过 2 到三个液压油缸控制将推板推出一段距离，形成一个缺口，推动卸料的同时由于挡板的阻力，有机肥会掉入第二层，接着控制液压油缸将推板恢复原位^[7]。

堆肥发酵塔设计方案一的示意图如图 2-1 所示。



1-卸料推板 2-主框架 3-液压油缸

图 2-1 堆肥发酵塔设计方案一示意简图

方案分析：

1. 此装置虽然运动轨迹明确，构造简单，制作便利，但是操作麻烦，有时需要

人工操作、空间利用率较低。

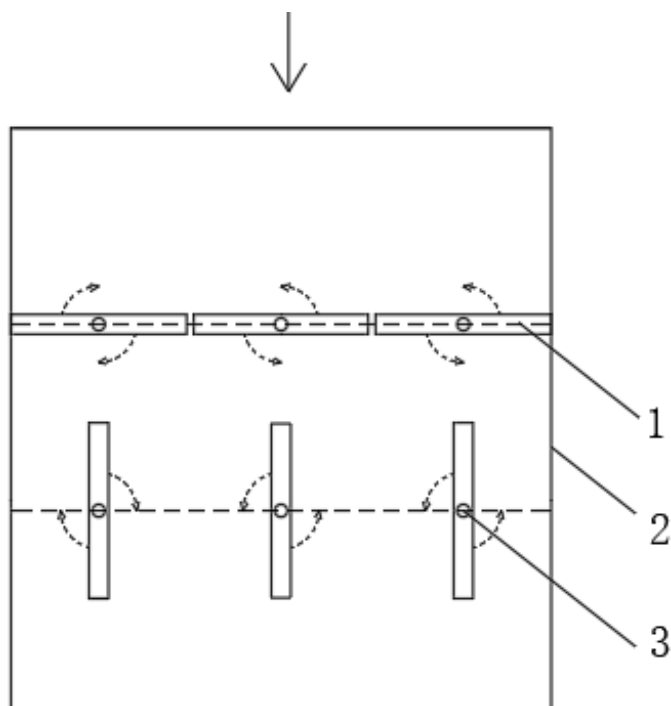
2. 此设计方案可能导致在上一层卸料不完全，导致有机肥残留在上一层。卸料板还有可能会掉落的危险。

综上所述，该方案还有待改善，效率低，有不确定因素。不符合堆肥发酵塔的设计要求以及现实的农业要求，故此方案不可取

2.2.2 堆肥发酵塔卸料设计方案二

此方案整个卸料分为两个部分，即：卸料板、旋转轴。通过将旋转轴固定在卸料板的中心位置，卸料板绕中心旋转 90° 形成一个缺口，有机肥将掉入第二层，接着控制将卸料板旋转回到 0° 恢复原位。

堆肥发酵塔卸料机构设计方案二的示意图如图 2-2 所示。



1-卸料板 2-主框架 3-旋转轴

图 2-2 堆肥发酵塔卸料机构设计方案二示意简图

方案分析：

1. 此机构运动轨迹明确，运作稳定性较高，控制简单，制作难度小，空间利用率较低。

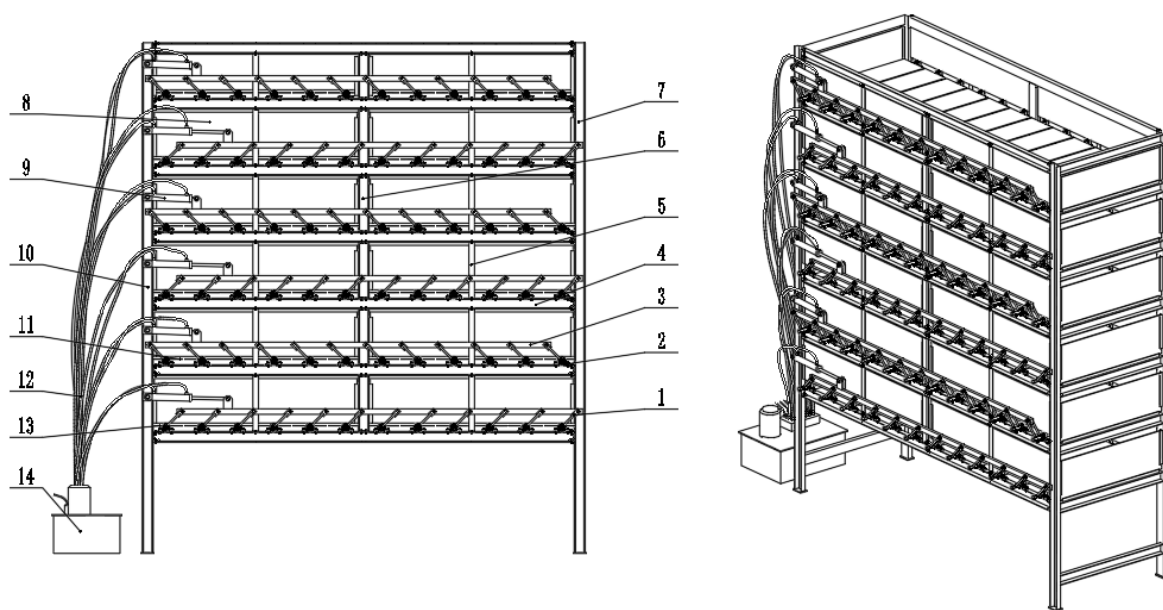
2. 此机构能将有机肥完全卸料到下一层，无残留。无需人工手动对有机肥操作。

综上所述，该设计方案二相对于方案一，解决了有机肥残留在卸料板的问题。稳定性较高，控制简单，符合低成本设计的堆肥发酵塔。故此确定方案二为本次堆肥发酵塔设备的卸料机构。

2.3 总体结构设计方案确定

通过对上述提出的卸料方案的分析，结合设计的主要目的和要求，提出了最终的设计方案。根据有机肥的发酵原理，有机肥一般发酵时间为 7 天，所以将设备设计成 7 层样式。从最高层放入有机肥原料，第二天通过卸料装置控制将有机肥原料放入第二层，再将新的有机肥原料重新放入第一层，这样循环反复下去直至第 7 天就能得到发酵好的有机肥^[8]。运作时，一人操作液压手动站即可完成设备的操作。大大提高生产效率。

如图 2-3 所示为堆肥发酵塔的总装配图。



1-摆动连接杆 2-P205 轴承座 3-移动杆 4-横支架 5-挡板固定条 6-竖支架
7-右支架 8-挡板 9-液压油缸 10-左支架 11-摆动叶 12-钢丝编织液压管
13-摆动叶 A 14-立式手动液压站

图 2-3 堆肥发酵塔总装配图

2.4 工作过程与工作原理

堆肥发酵塔设备总共分为七层，通过将有机肥原料放入4000mm × 1380mm × 600mm的发酵层中进行 24 小时发酵，然后通过液压油缸控制连杆结构的摆动叶片组成的卸料机构将发酵一天的有机肥传输到下一层，达到的搅拌的效果，如此循环到最第七层后就得到有机肥成品。实地考察小型养殖场或小型农场，确定合适的外形尺寸，在设计时重点考虑运输、装配、防腐蚀。接着选择合适的材料作为本设备的主要材料。并校核。参数确定后进行建模，选用合适的传动系统、原动力^[9]。堆肥发酵塔的工作过程示意图如图 2-4 所示。最后对设备的主要零部件进行 ANSYS 有限元分析设备的疲劳设计以及结构可靠性分析。

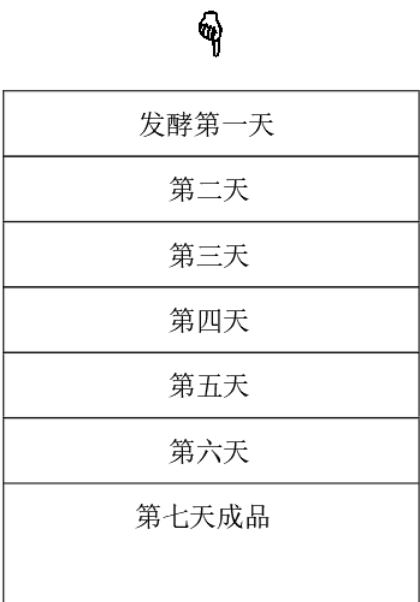


图 2-4 工作过程示意图

该设备结构特点如下：整体结构紧凑，配置合理，有效的提高了对场地空间利用率。操作简单、灵活，整体设备安装拆卸方便，维修简单，适合中小型养殖场、农场这些类似的地方使用。

2.5 本章小结

本章主要针对堆肥发酵塔的几种设计方案进行分析、论证，而后提出了堆肥发酵塔的总体设计方案，最后介绍了堆肥发酵塔的整体结构和工作原理。

3 堆肥发酵塔主要零部件的设计

3.1 主框架的设计

3.1.1 主框架的材料选用

通过实地考察后确定设备的外形尺寸为 $4000 \times 1380 \times 4600$ （单位 mm），查询资料发现槽钢在使用中有着较好的焊接性，而且综合机械性能良好。查表 3-1 和表 3-2 确定选用 10#槽钢作为本设备主框架的结构材料。

表 3-1 槽钢规格表

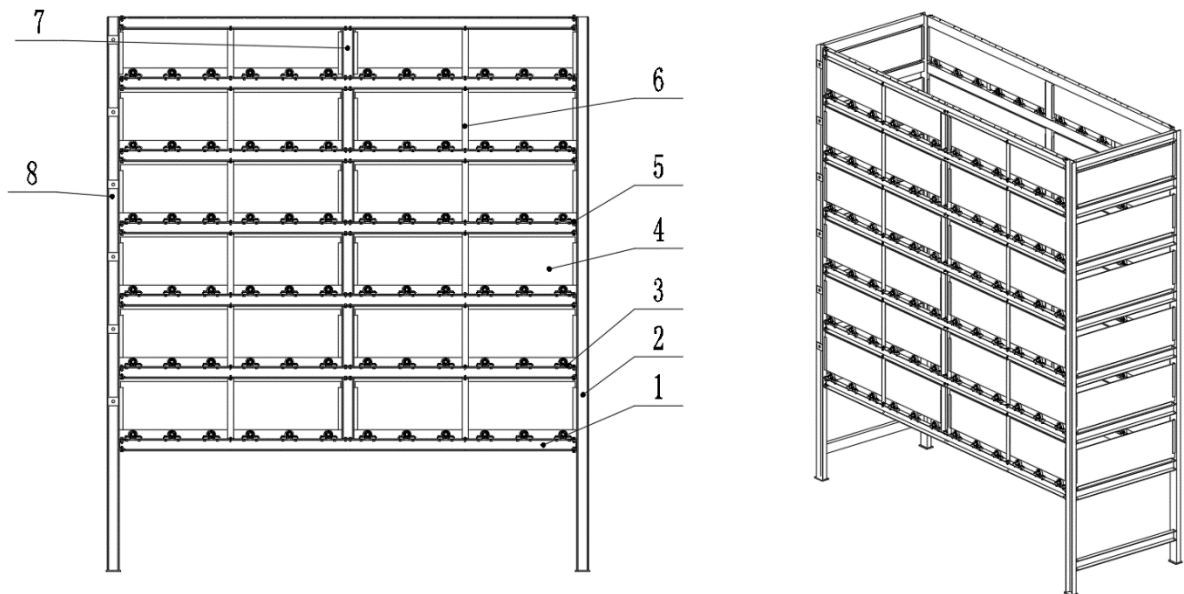
热轧普通槽钢尺寸及重量规格				
规格型号	尺寸			理论重量
	高度(h)	腿宽(b)	腰厚(d)	
6.3	63	40	4.8	5.438
8	80	40	5	6.634
10	100	43	5.3	8.045

表 3-2 槽钢强度承载能力选用表

槽钢强度承载能力选用表									
规格	跨 度, m								
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
承 载 能 力, 10N/m									
6.3	8253	2063	916	515	330	230	168		
8	12953	5060	1439	809	518	359	264	202	
10	20326	5081	2258	1270	813	564	414	317	250
12.6	31815	7953	3534	1988	1272	883	649	497	392

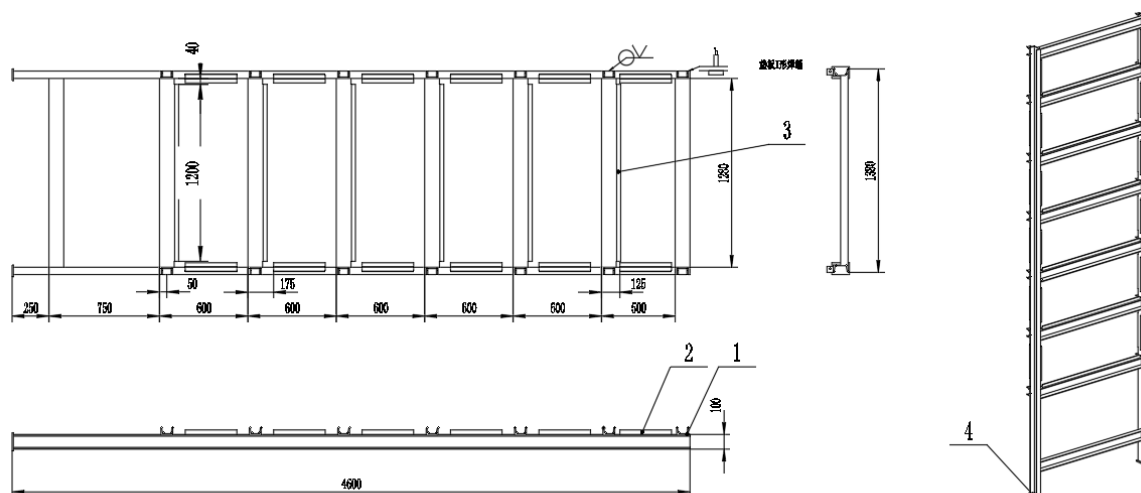
3.1.2 主框架的结构设计

使用 UG 三维建模软件对主框架进行 3D 设计，主框架主要有由左、右支架（图 3-1 ②）、横支架（图 3-1 ①）、竖支架（图 3-1 ⑦）组成。主框架装配图如图 3-1 所示。左、右支架（图 3-1 ②）是通过焊接连接在一起，在侧边设计支架固定板（图 3-2 ①），方便用螺栓固定横支架和左、右支架，如图 3-2 所示。通过 ANSYS 分析支架承重时发现在横支架中间容易变形，故在中间部分添加竖支架（图 3-1 ⑦）进行加强作用。使得整体结构稳定，不变形。在主框架每层的 4 个侧边设计挡板（图 3-1 ④），形成一个四面的封闭空间，用于存放有机肥。考虑到防腐蚀的问题，采用胶合板作为挡板的主要材质。在左、右支架、竖支架上设计用于固定挡板的挡板固定板（图 3-2 ②），采用焊接固定在左、右支架、竖支架上，如图 3-2 所示。挡板和主框架采用螺钉固定。由于前后两个部分的挡板长度为 1800mm，太长会导致在装满有机肥时容易变形，造成有机肥撒落。所以在挡板中间部分增加挡板固定条（图 3-1 ⑥），起到加强作用。在采用堆肥发酵塔卸料机构方案二后因为要固定卸料板，故在横支架（图 3-1 ①）在安放了 UCP205 轴承座（图 3-1 ③），每个间隔 325mm，采用螺栓固定。



1-横支架 2-右支架 3-UCP205 轴承座 4-挡板 5-M12*40 螺栓
6-挡板固定条 7-竖支架 8-右支架 9-挡板 1

图 3-1 主框架装配图图



1-支架固定板 2-挡板固定板 3-挡板固定板 2 4-支架固定块

图 3-2 左、右支架

3.2 卸料机构的设计

3.2.1 连杆机构及其传动特点

连杆机构的应用十分广泛，它不仅在众多工农业机械和工程机械中得到广泛应用，而且在诸如机械手的传动机构、折叠伞的收放机构及人体假肢等中也都用有连杆机构^[10]。

连杆机构具有以下一些传动特点

- 1) 连杆机构中的运动副一般均为低副（故又称为低副机构）。其运动副元素为面接触，压强较小，承载能力较大，润滑性好，磨损小，加工制造容易，且连杆机构中的低副一般是几何封闭，对保证工作的可靠性有利。
- 2) 在连杆机构中，在原动件的运动规律不变的条件下，可用改变各机构的相对长度来使从动件得到不同的运动规律。
- 3) 在连杆机构中，连杆上各个点的轨迹是各种不同形状的曲线，其形状随着构件相对长度的改变而改变，故连杆曲线的形式多样，可用来满足一些特定工作需要。

3.2.2 卸料运动机构的三维模型设计

根据主框架的外形尺寸（4000mm × 1380mm × 4600mm）设计卸料机构，机构主要分四个部分组成：移动杆，作滑动运动，主要作用是带动 12 个旋转叶一起运动；旋转叶，厚度 5mm，使用材料为 Q235 的钢板焊接在一根长度为 1200mm 的钢管上，作为有机肥的承重面。每个旋转叶的间距为 325mm；摆动杆，用来连接移动杆和旋转叶；液压油缸，作为原动力。

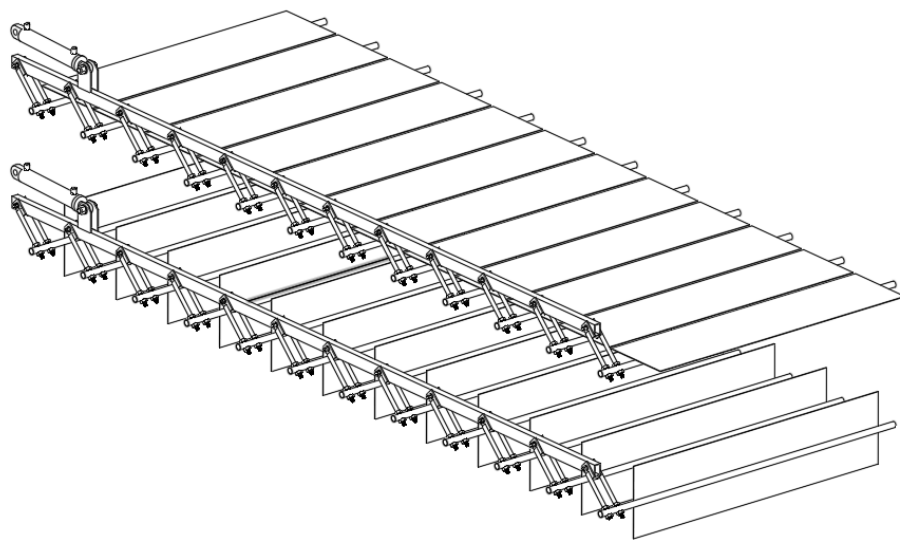
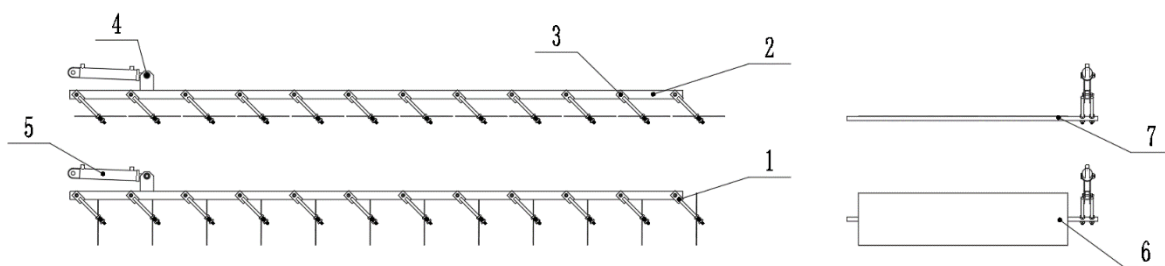


图 3-3 卸料机构三维图



1-摆动连接杆 2-移动杆 3-M10*50 螺栓 4-M20*70*螺栓
5-液压油缸 6-摆动叶 A 7-摆动叶 B

图 3-4 卸料机构零件装配图

3.2.3 卸料机构自由度计算

根据卸料机构的三维图绘制卸料机构的运动简图,如图 3-5 所示:

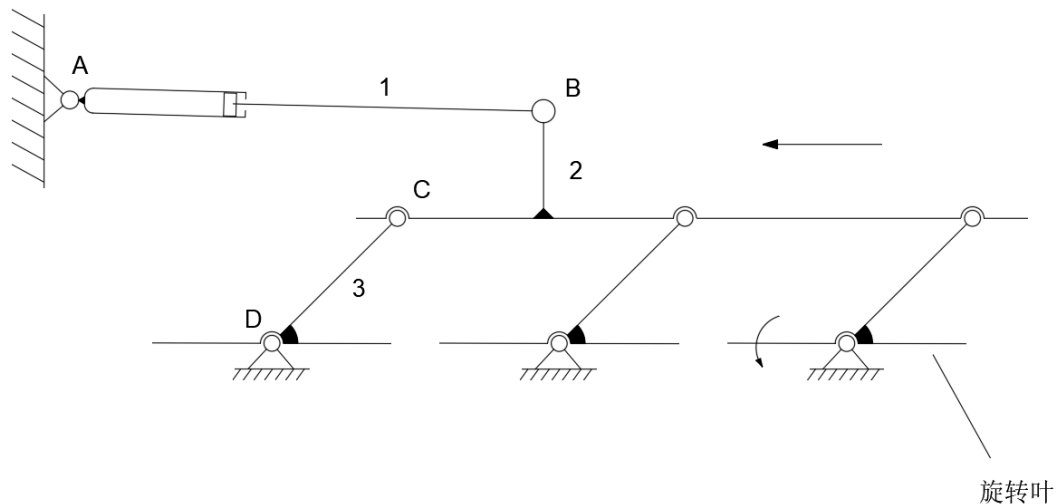


图 3-5 机构简图

通过查看机构运动简图可以看到，此机构共有 3 个活动部件，4 个低副，0 个高副，通过代入机构自由度公式^[11]：

$$F = 3n - (2p_1 + p_h) \quad (3-1)$$

式中: F ——自由度;

3_n —— 共有 3_n 个自由度;

2_{p_1} ——共有 p_1 个低副;

p_h —— 一共有 p_h 个高副。

故机构自由度为:

$$F = 3n - (2p_1 + p_h) = 3 \times 3 - (2 \times 4 + 0) = 1$$

3.3 卸料机构原动力的选择

3.3.1 油缸和气缸的对比

油缸：体小而力大，可恒速和变速（改变方便），出力的调整也教方便，传动的自由度教高。但维护成本和安装成本都教高，且有油温和污染的麻烦。

气缸：控制方便，价格教低，能源取得方便，但力小，且无法达到稳速的效果。气

液增压缸兼具以上两项的优点：环保节能，控制方便，调整也很简单。但出力的行程有一定限制，比较适合在短行程，大出力，又要环保节能且低配置の場合。

由于气动系统使用压力一般在 0.2-1.0Mpa 范围,因此气缸是不能做大功率的动力元件.液压缸就可以做比较大的功率的元件,满足我们这次设计的要求，所以选用液压缸作为传动系统的原动力^[12]。

3.3.2 油缸行程的选择

查看图 3-5，已知设计的 C 为 200mm，A 为 45° 角，D 为 725mm。根据等腰直角三角形的特性，公式为：

$$\sin A = \frac{b}{c} \quad (3-2)$$

通过代入公式：

$$\sin A = \frac{b}{c} \quad (A=45^\circ, c=200) \text{ 可得 } b=100\sqrt{2}$$

计算得出 b 为 141.42mm，液压油缸需要的行程为 282.84mm，通过结合图 3-6、表 3-3、图 3-7、表 3-4，可以看出行程为 300 的液压油缸伸出全长为 940，大于 D 的长度。故满足设计要求。最终选择行程为 300 的液压油缸作为本设备的动力原件。

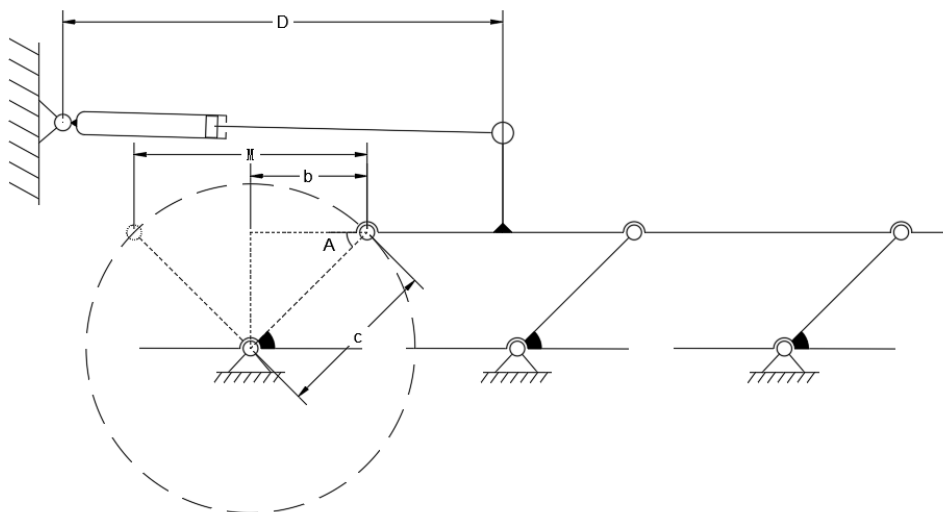


图 3-5 油缸行程计算示意图

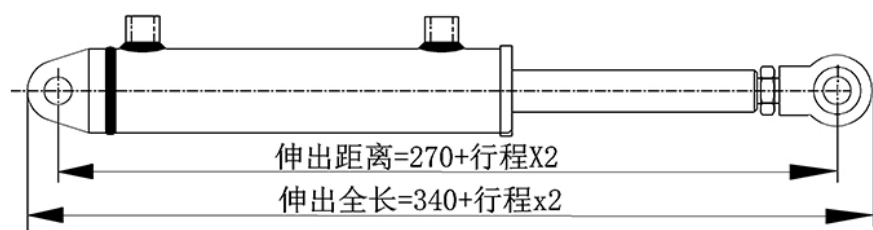


图 3-6 油缸外形图 b

表 3-3 伸出全长表

伸出全长表							
行程（毫米）	100	200	300	400	500	600	700
耳环距离	470	670	870	1070	1270	1470	1670
伸出全程	540	740	940	1140	1340	1540	1740

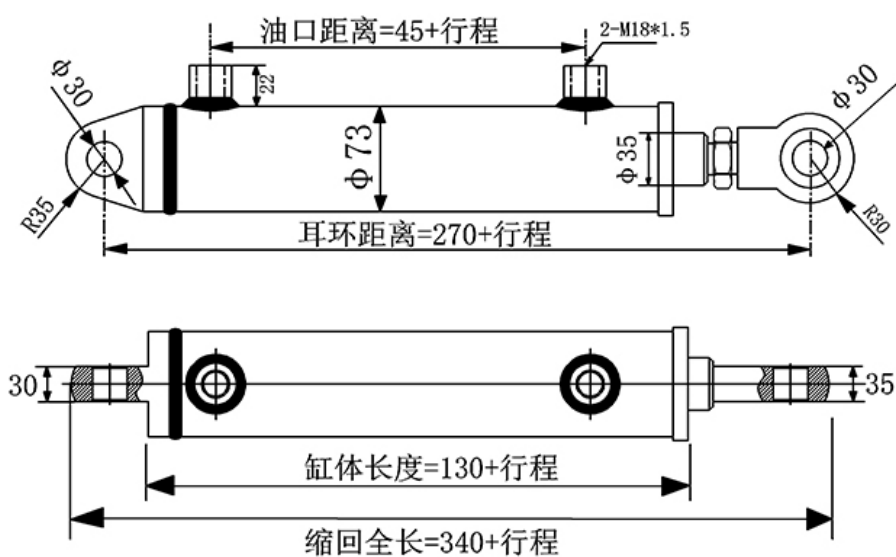


图 3-5 油缸外形图 a

表 3-4 缩回全长表

缩回全长表							
行程（毫米）	100	200	300	400	500	600	700
耳环距离	370	470	570	670	770	870	970
缩回全程	440	540	640	740	840	940	1040

3.4 本章小结

堆肥发酵塔主要由主框架部分、动力部分以及卸料部分等三大部分组成。各个部分相互独立工作而又紧密协调，在工作过程中可完成一周一个周期的循环生产有机肥的工作，实现了堆肥发酵塔的便捷化、小型化。本章主要对堆肥发酵塔的主要零部件进行设计、选型进行系统的分析。

4 重要零部件的有限元分析

4.1 有限元软件的选用

CAE 指在工程设计中计算机辅助工程,是利用计算机辅助求解复杂工程和产品结构强度、刚度、屈曲稳定性等力学性能的分析计算及结构性能的优化设计等问题的一种近似真实分析方法。有限元分析方法是 CAE 常用的求解方法之一。有限元分析理念是把整体结构给离散化,利用有限容易分析的小单元来表示复杂整体结构,单元之间通过有限的节点相互连接连结,然后根据变形协调条件进行综合求解。方法灵活性很大,只要改变单元的数目,得到一个无限接近真实情况的解^[13]。

针对不同的领域,也有许多不同应用类型的 CAE 辅助工程技术。而本论文主要使用 CAE 软件中的较为常用的 ANSYS 软件对重要零部件进行仿真分析。

4.2 主框架的静态分析

4.2.1 主框架无加强变形分析

利用 UG 软件把堆肥发酵塔主框架三维模型导入到 ANSYS 中的 Workbench 平台中,选择 Static Structural 分析。

- (1) 添加自定义材料属性,主框架使用的是材料 10#槽钢。查询资料可知槽钢的材料为 Q235,材料属性如表 4-1 所示。

表 4-1 Q235 材料属性

属性	数值	单位	数值类型
密度	7.85	g/cm^3	恒定
弹性模量	200~210	E/Gpa	恒定
泊松比	0.25~0.33	ν	恒定
抗拉强度	370~500	σ_b/MPa	恒定

- (2) 对主框架进行网格划分,因为主框架尺寸为 $4000mm \times 1380mm \times 4600mm$,尺寸较大,所以在 Sizing 中的 Element Size 中将网格设置为 150mm,其余采用默认设置。

(3) 施加固定约束，在主框架的 4 个支架固定板的底面设置固定约束，如图 4-2 所示。

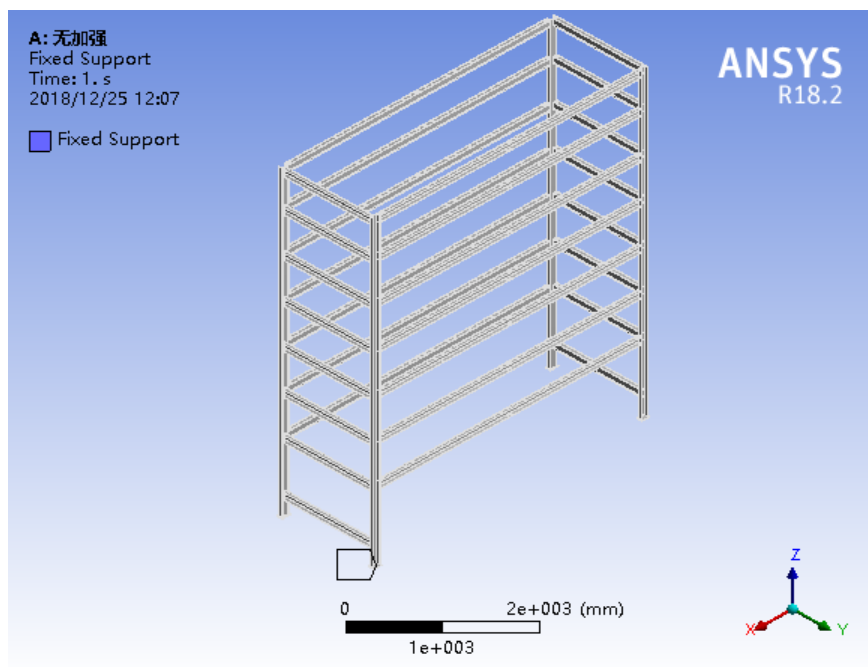


图 4-1 施加固定约束

(4) 施加载荷，在每层横支架的上表面上施加载荷。如图 4-3 所示

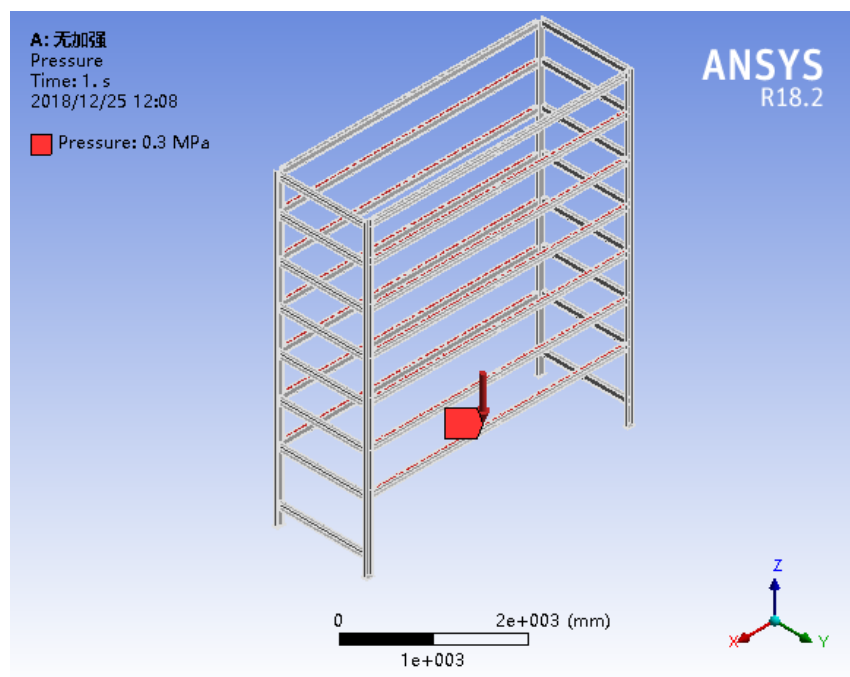


图 4-2 设置载荷

(5) 通过查看分析变形结果，图 4-3、表 4-1 可以看出，总变形的的位置位于支架的中心位置，受到向下发生变的力，最大变形的量为 39.541，最小变形量为 0。变形严重，影响结构的寿命，故不满足设计要求。

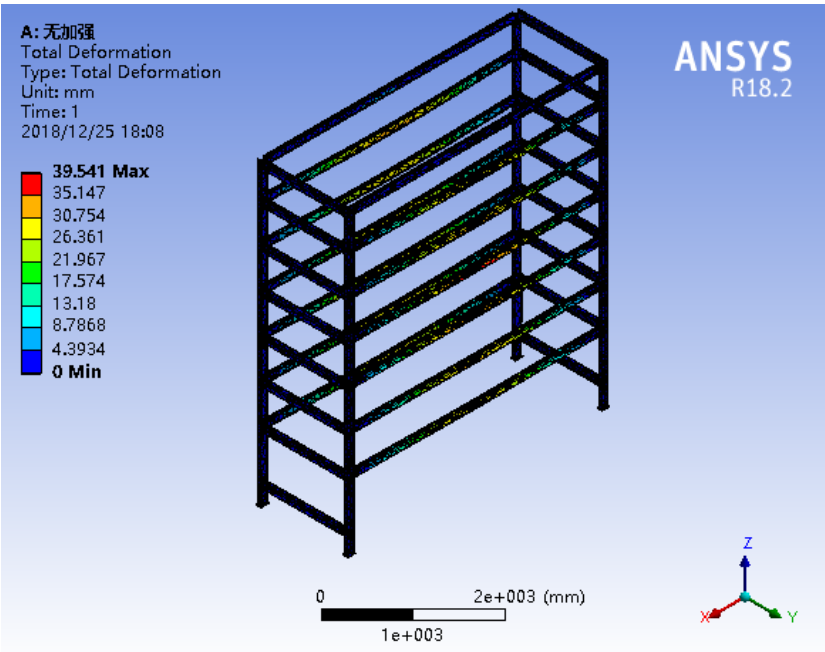


图 4-3 无加强总变形

表 4-1 分析结果表

Object Name	Total Deformation	Equivalent Elastic Strain	Equivalent Stress
Minimum Value Over Time			
Minimum	0. mm	2. 885e-007 mm/mm	2. 8062e-002 MPa
Maximum	0. mm	5. 0711e-006 mm/mm	0. 28187 MPa
Maximum Value Over Time			
Minimum	15. 795 mm	2. 7314e-003 mm/mm	426. 58 MPa
Maximum	39. 541 mm	5. 8292e-003 mm/mm	1022. 3 MPa
Results			
Minimum	0. mm	5.0711e-006 mm/mm	0.28187 MPa
Maximum	39.541 mm	5.8292e-003 mm/mm	1022.3 MPa

4.2.2 主框架有加强变形分析

通过对主框架无加强的分析后发现横支架长度过于长，导致在受向下发生的力时变形严重。故在横支架下面设计一个支撑支架，同时避免干涉到其它部件。来解决和减缓主框架的变形。在添加支撑支架后重新对主框架进行总变形、等效弹性应变和等效应变进行分析。分析结果如图 4-4 所示。

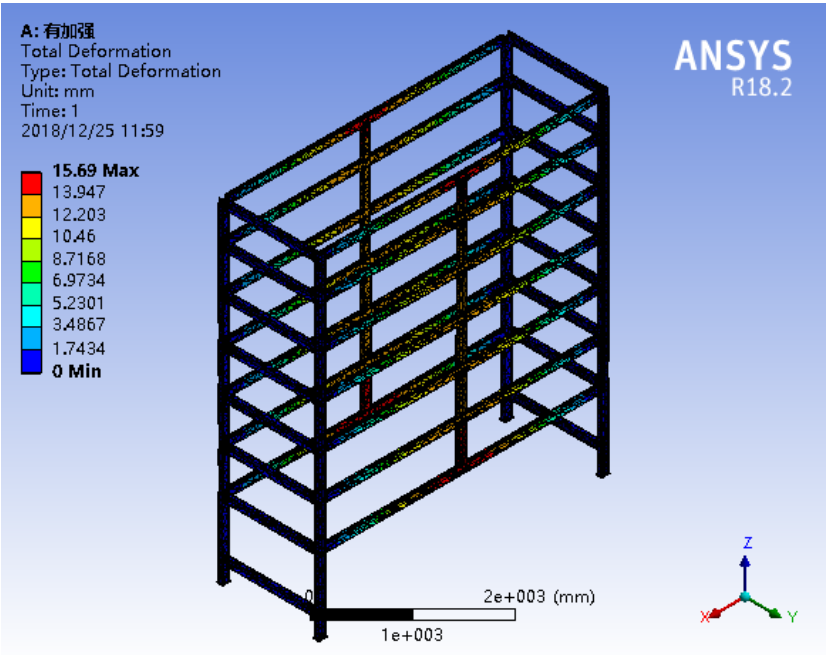


图 4-4 有加强总变形

表 4-2 分析结果表

Object Name	Total Deformation	Equivalent Elastic Strain	Equivalent Stress
Minimum Value Over Time			
Minimum	0. mm	2.9846e-003 mm/mm	0.20314 MPa
Maximum	15.69 mm	2.9846e-003 mm/mm	584.2 MPa

在添加支撑支架后明显主框架变形量减少，查看表 4-2 可以看出最大变形的量为 15.69mm，最小变形量为 0mm。这个变形量对于整个框架结构来说，是可以接受的。结合图 4-5 跟无加强的主框架相比较，减少 60%的变形量，因此，添加加强之后的主框架符合本次设计的要求。

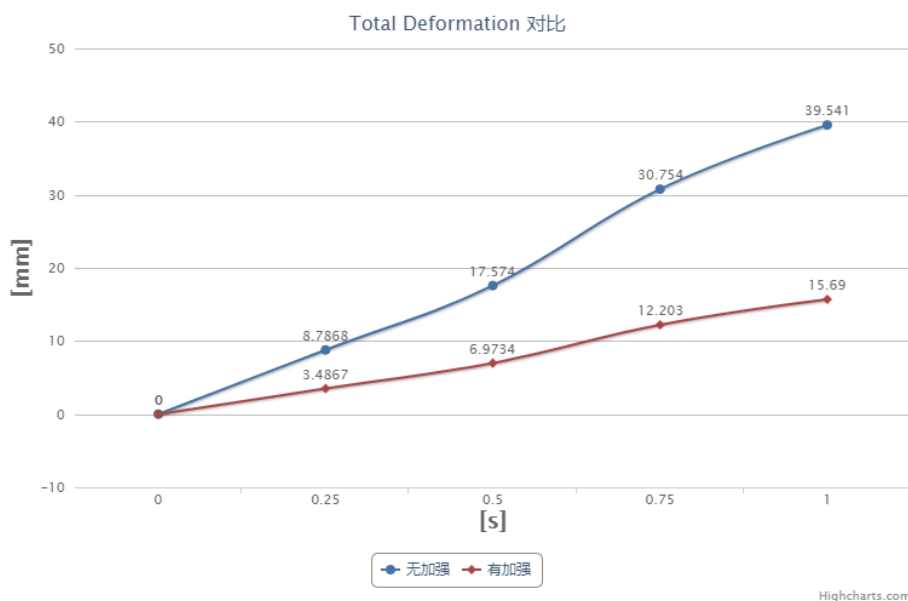


图 4-5 总变形对比

4.2.3 主框架等效应变分析

等效弹性应变，查看图 4-6 后可以发现等效弹性应变主要发生在主框架每层的四个连接角上，最大应变量为 0.00298mm/mm，最小为 2.8315e-6 mm/mm。结合图 4-7 可以看出有加强的主框架对比无加强的主框架，应变降低了 48%，符合本次设计要求。

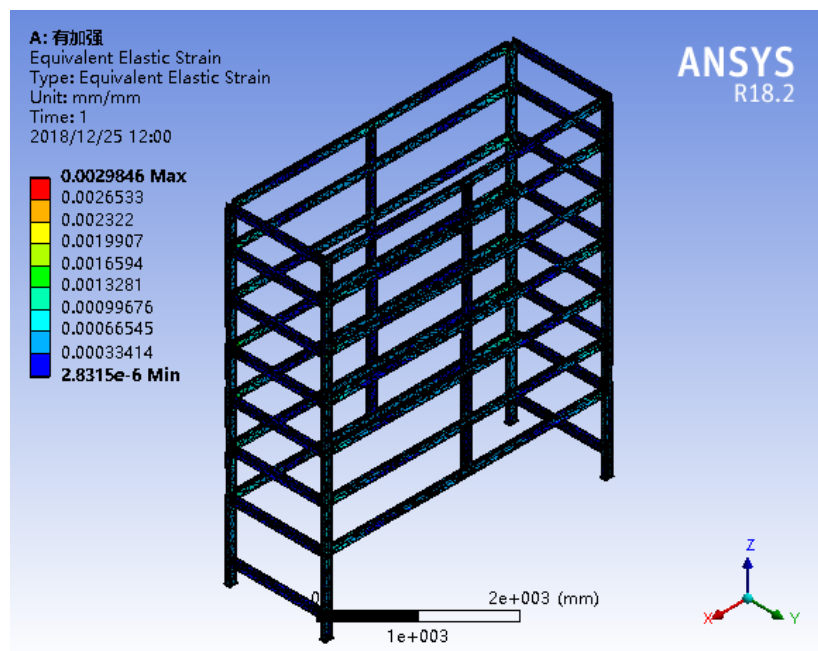


图 4-6 等效弹性应变

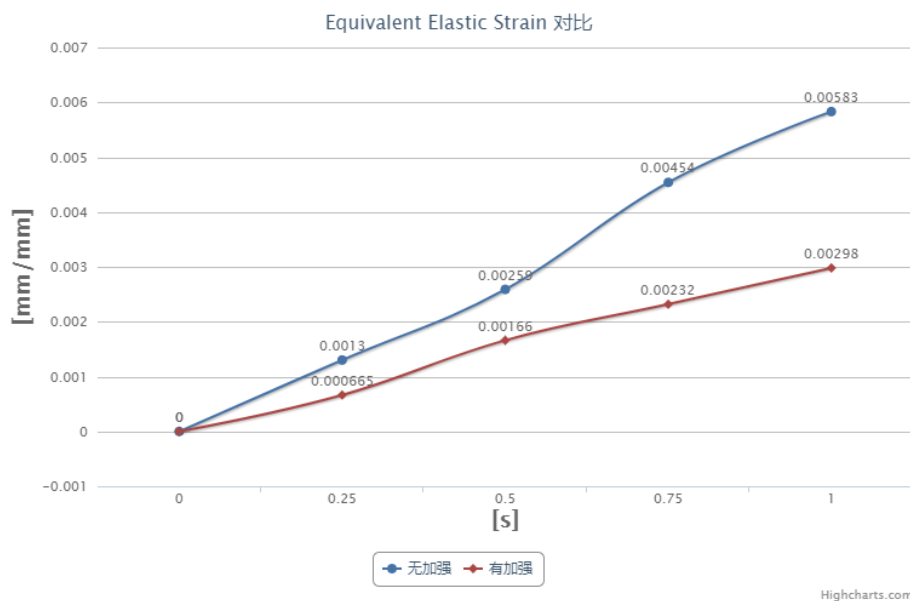


图 4-7 等效弹性应变对比

4.2.3 主框架等效应力分析

等效应力，通过查看图 4-8 可以看出主要应力也是发生在主框架每层的四个连接角上，最大应变量为 584.2MPa，最小为 0.20314MPa。结合图 4-9 可以看出有加强的主框架对比无加强的主框架，应力降低了 42%。符合本次设计要求。

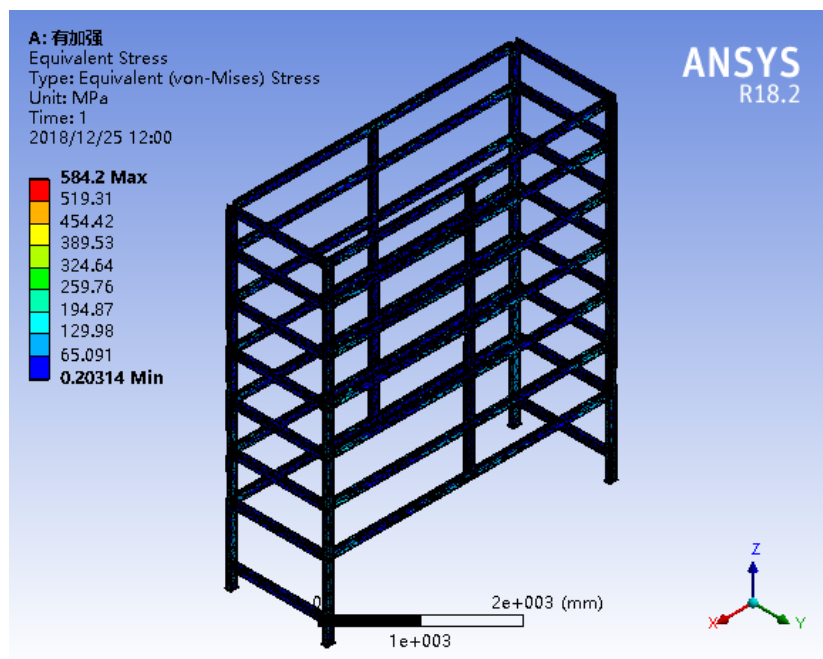


图 4-8 等效应力



图 4-9 等效应力对比

4.3 本章小结

本章主要是利用 CAE 分析软件对主框架的静态应力仿真分析，针对主框架有、无加强结构进行对比分析，优化设计方案。并将分析结果与数据和理论设计与数据作比较，进而验证了理论结构设计的合理性、可靠性。

5 总结与展望

5.1 全文总结

该论文设计的堆肥发酵塔可循环式固定每天生产有机肥，设计要求满足当前农业机械的发展特点。堆肥发酵塔 7 层样式。从最高层放入有机肥原料，第二天通过卸料装置控制将有机肥原料放入第二层，并搅拌；再将新的有机肥原料重新放入第一层，这样循环反复下去直至第 7 天就能得到发酵好的有机肥。

该论文的主要开展结果：

(1) 完成了对堆肥发酵塔的整机结构设计，使每层发酵塔能满足 2.76 立方米的有机肥进行发酵。并且对液压卸料机构的传动结构、液压推力、搅拌功能的多种方案进行对比计算分析，选最优方案作为本次设计结构。

(3) 使用 UG 三维建模软件对整机进行 3D 图绘制，能更直观地发现问题所以，并解决。并使用 CAD 绘图软件绘制设备的整套装配图、零件图。在购买配件、焊接零件、装配设备上满足生产设备的需求。

(4) 利用 ANSYS 有限元分析软件对重要部件进行仿真对比分析，得到应力、应变和总变形的分析图，并对数据进行分析，进而验证理论设计的合理性，并对其进行优化设计。在无加强结构的主框架分析中发现在横支架的位置变形严重，再添加加强结构后的分析结果中可以明显发现想比无加强结构的主框架下降了 60% 的变形量。

5.2 展望

针对该堆肥发酵塔设备中存在的不足，今后可以从以下几个方面进行改进和改善：

- (1) 对于该设备的一些零件未能准确计算和分析。
- (2) 对于该设备的缺乏实地实验来验证理论设计的可靠性。
- (3) 对于液压系统的推力计算，还有待进一步的样机试验和改善。
- (4) 对于本论文整机的动力学仿真分析不足，后期还有待继续学习并改善。

参 考 文 献

- [1] 曹芳. 农业国内支持政策对农民收入的影响研究[D]. 南京农业大学, 2005.
- [2] 张北赢,陈天林,王兵. 长期施用化肥对土壤质量的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(11):182-187.
- [3] 原鲁明. 炭基肥成型设备的设计与试验研究[D]. 2016.
- [4] 张增敏. 我国农业生产发展方向:以绿色为基础 以有机为目标[J]. 农村发展论丛, 2000, 1(21):12-12.
- [5] 周小娟. 我国现代农业建设中的支持政策研究[D]. 南京农业大学, 2008.
- [6] 张永涛. 有机固体废弃物堆肥的腐熟度研究[D]. 西北农林科技大学, 2007.
- [7] 周永信,农斌, 陆立海, et al. 塔式高温好氧堆肥发酵处理工程实践[J]. 轻工科技, 2014(8):96-97.
- [8] 张玉良,龙东海. 太阳能供热模式的有机肥发酵塔结构设计[J]. 农业与技术, 2015(17):48-49.
- [9] 黄淑霞. 一种小型猪粪立式多层发酵塔的设计构想[J]. 科技资讯, 2015, 13(26):56-57.
- [10] 濮良贵,陈国定,吴力言.机械设计[M].北京:高等教育出版社,2013:165-365.
- [11] 孙恒,陈作模,葛文杰. 机械原理[M]. 北京:高等教育出版社,2013:5-33.
- [12] 孙超. 油气缸在液压领域的发展趋势[J]. 现代企业教育, 2013(16):329-330.
- [13] 于强. 基于 ANSYS-Workbench 的模块化绞车有限元模态分析[J]. 天津科技, 2016, 43(10):41-43.

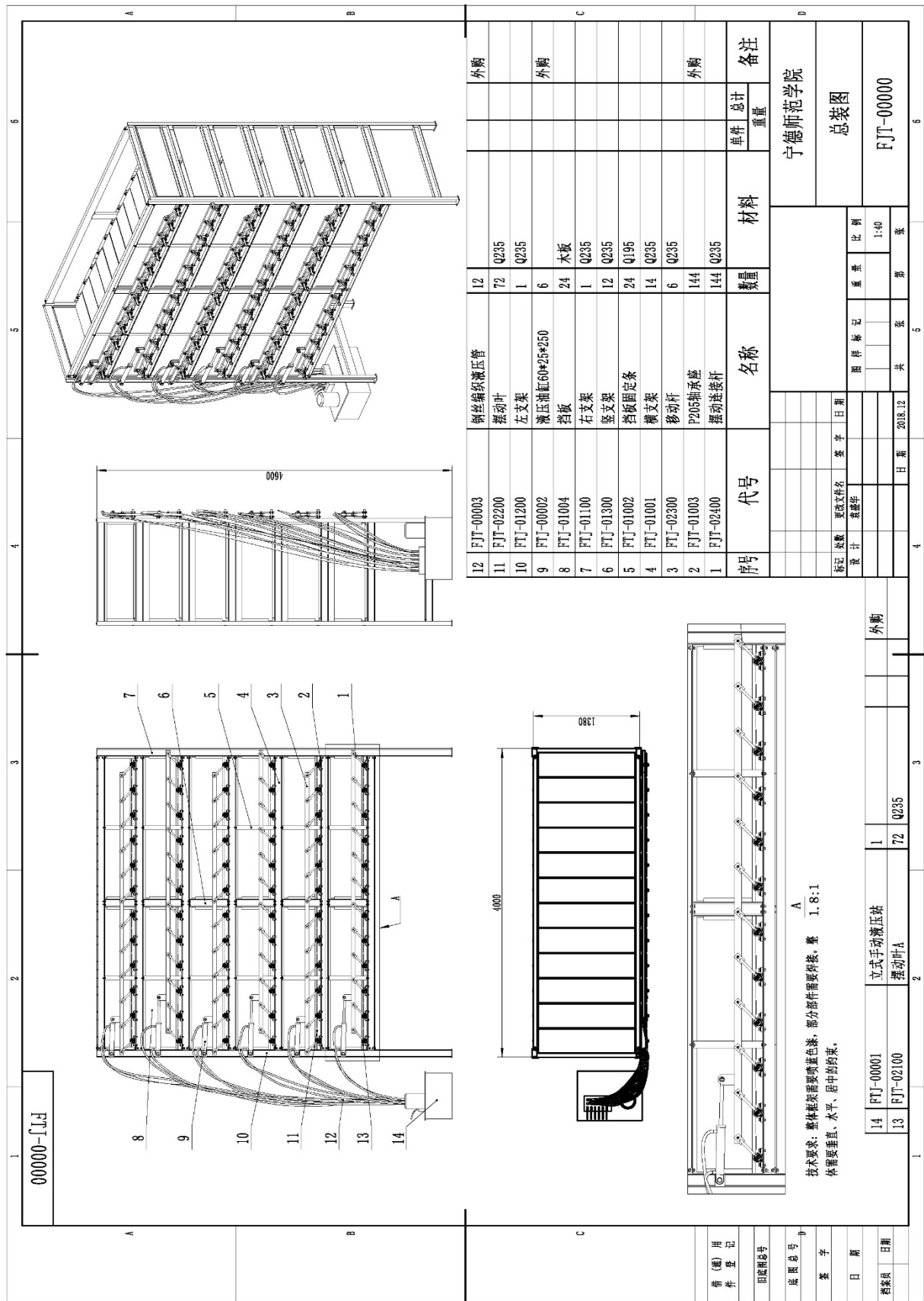
致 谢

在宁德师范学院已经度过了两年的学习时光，即将踏出校园的我，回想四年的学习生活时光，一切都是那么美好。在这飞逝的时光中，看到了专业老师在教室耐心讲解所学的专业知识，看到了同学们都听得津津有味……再此，我要感谢机械设计制造及其自动化的一位老师，让我系统的学到了本专业各方面的知识，而且还教给我们很多为人处世的道理。在毕业论文即将完成之际，我要感谢我的指导老师——赖联峰老师。在论文撰写的过程中，无论是从论文的选题，还是到最后的审核，赖老师都付出了莫大的心血，提出了很多宝贵的意见，对我论文的开展提供很大的帮助。让我感受最深的是赖老师严谨的态度，不论是论文的内容、论点以及论文架构甚至是论文格式，有些标点不规范都会不厌其烦的指正，为我论文的顺利完成给与了很大的支持。

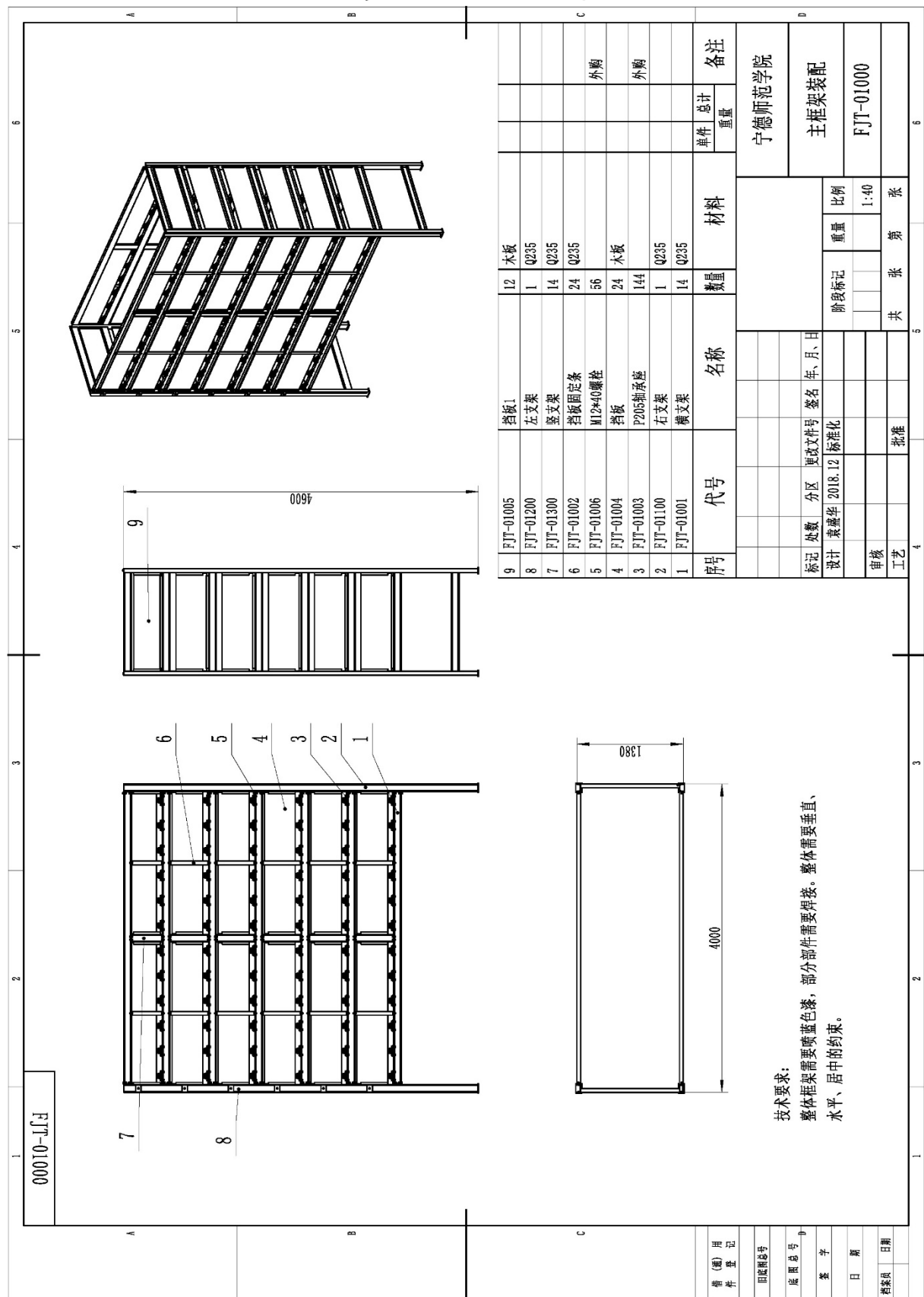
在此我要感谢宁德师范学院信息与机电工程学院机械设计制造及其自动化的所有老师，你们无私的奉献精神和爱岗敬业的治学态度，不仅仅使我对机械原理、设计有了更进一步的理解，将理论和自己的工作互相印证，受益匪浅。而且使我能够将所学理论应用于对现实问题的分析和解决，继而提升自己的综合素质水平。

另外，我还要对我的同学们表示感谢，是他们的支持让我在我平淡的两年中披荆斩棘，使他们的热情让我在我的大学生活中充满了欢乐。最后我要感谢我的母校，我的第二故乡——宁德师范学院，是她给我提供了宝贵的学习机会，使我能够走上一个新的平台，开始一段新的人生！

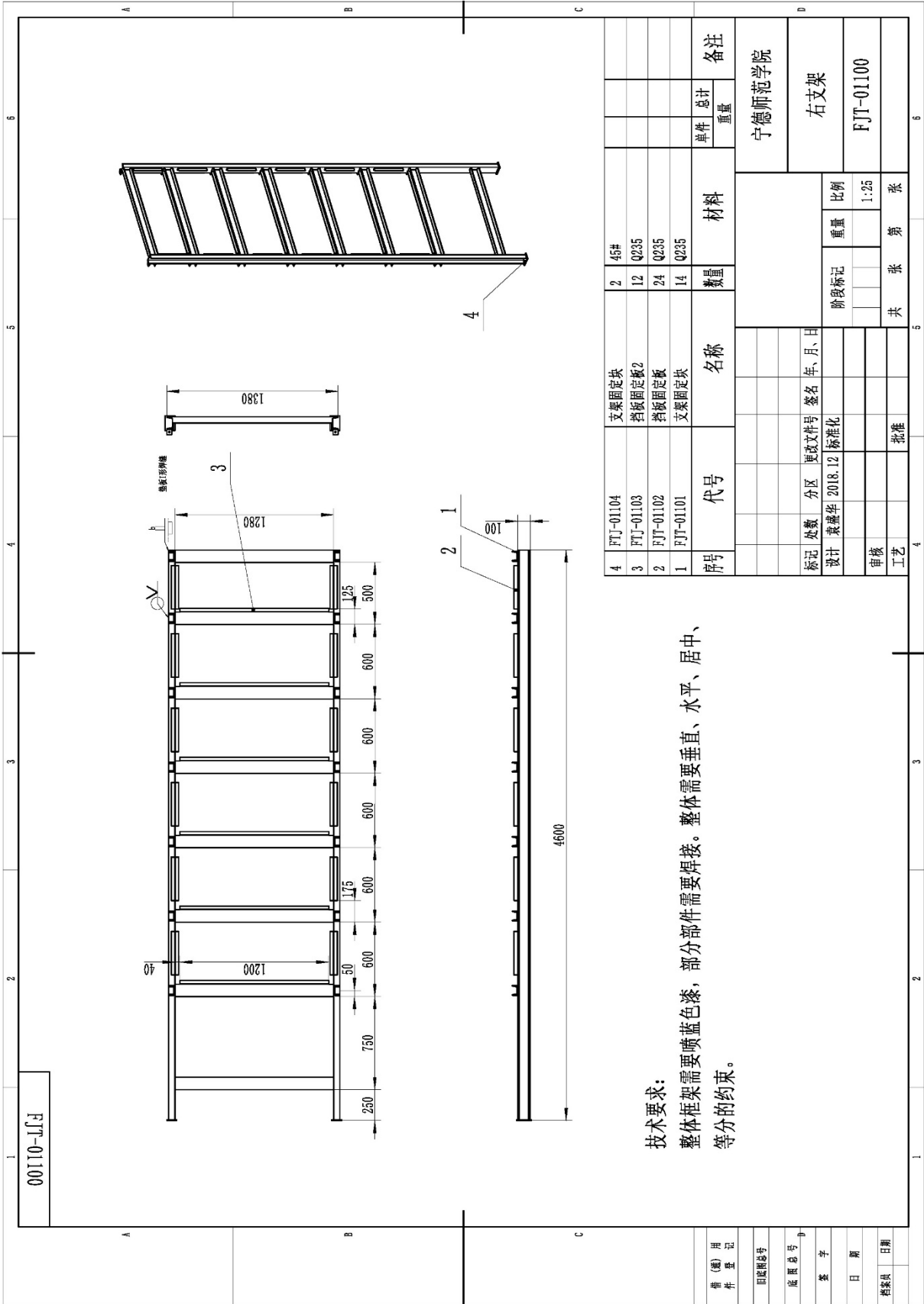
附录 A 总装配图



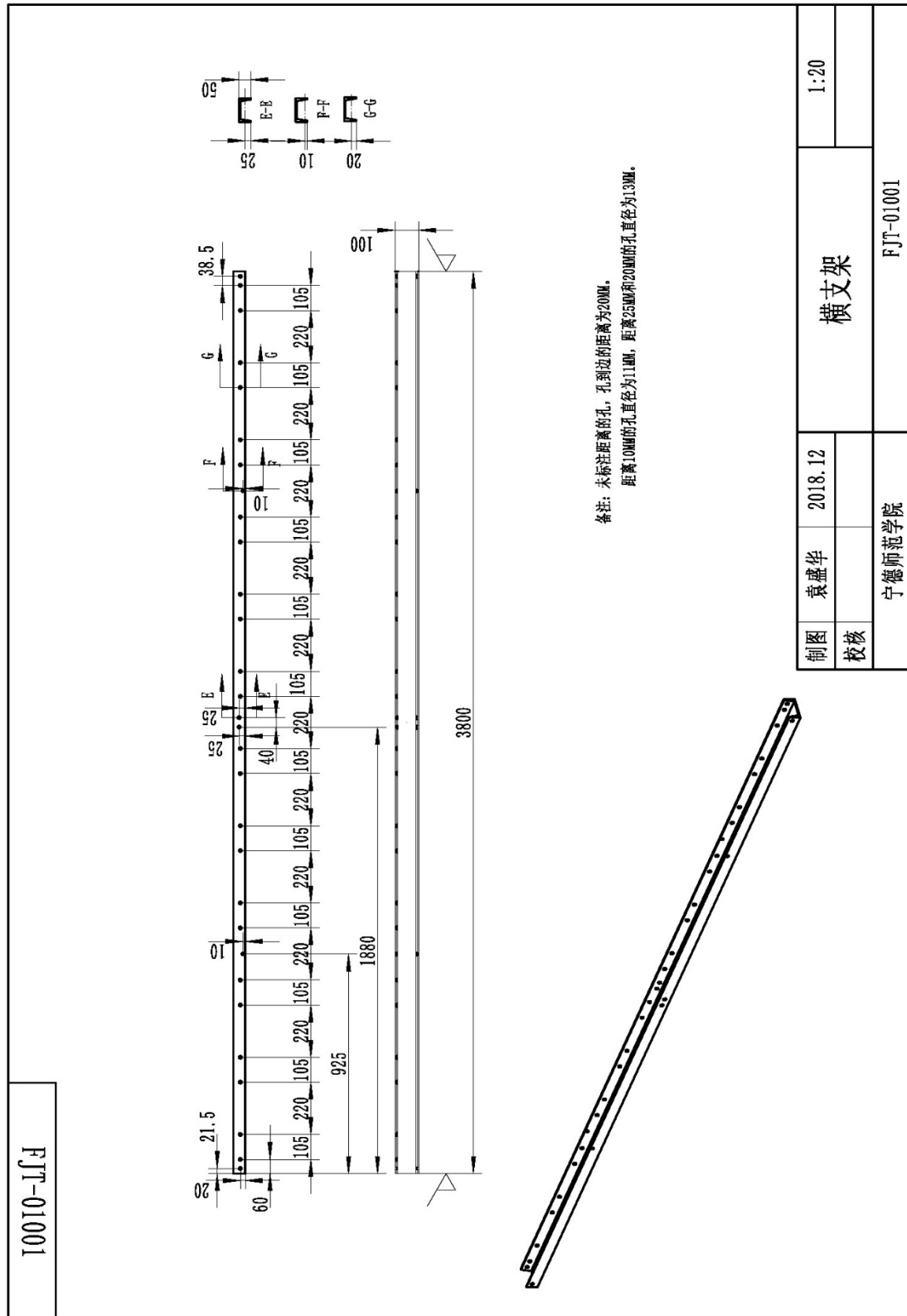
附录 B 主框架装配图



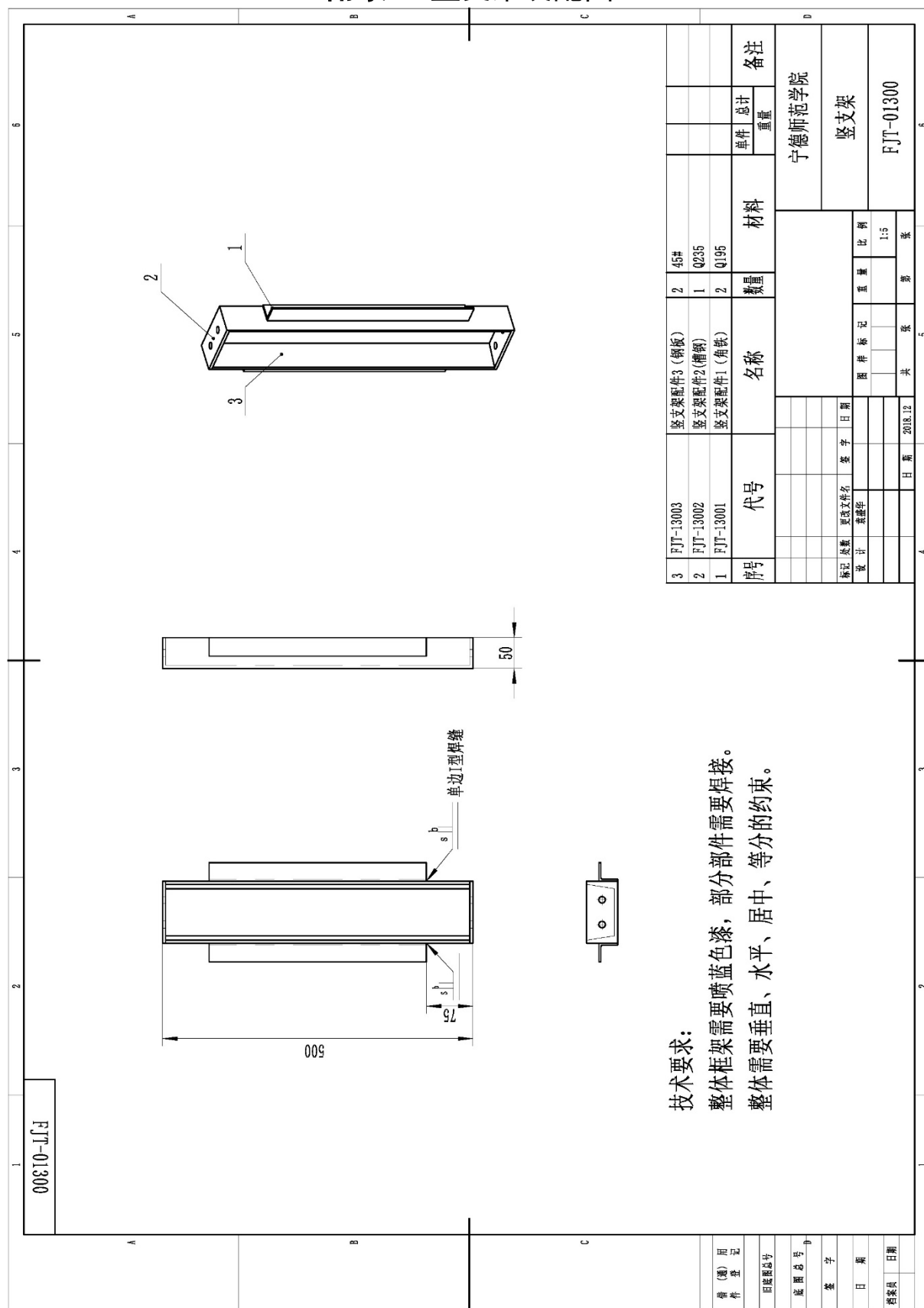
附录 C 右支架装配图



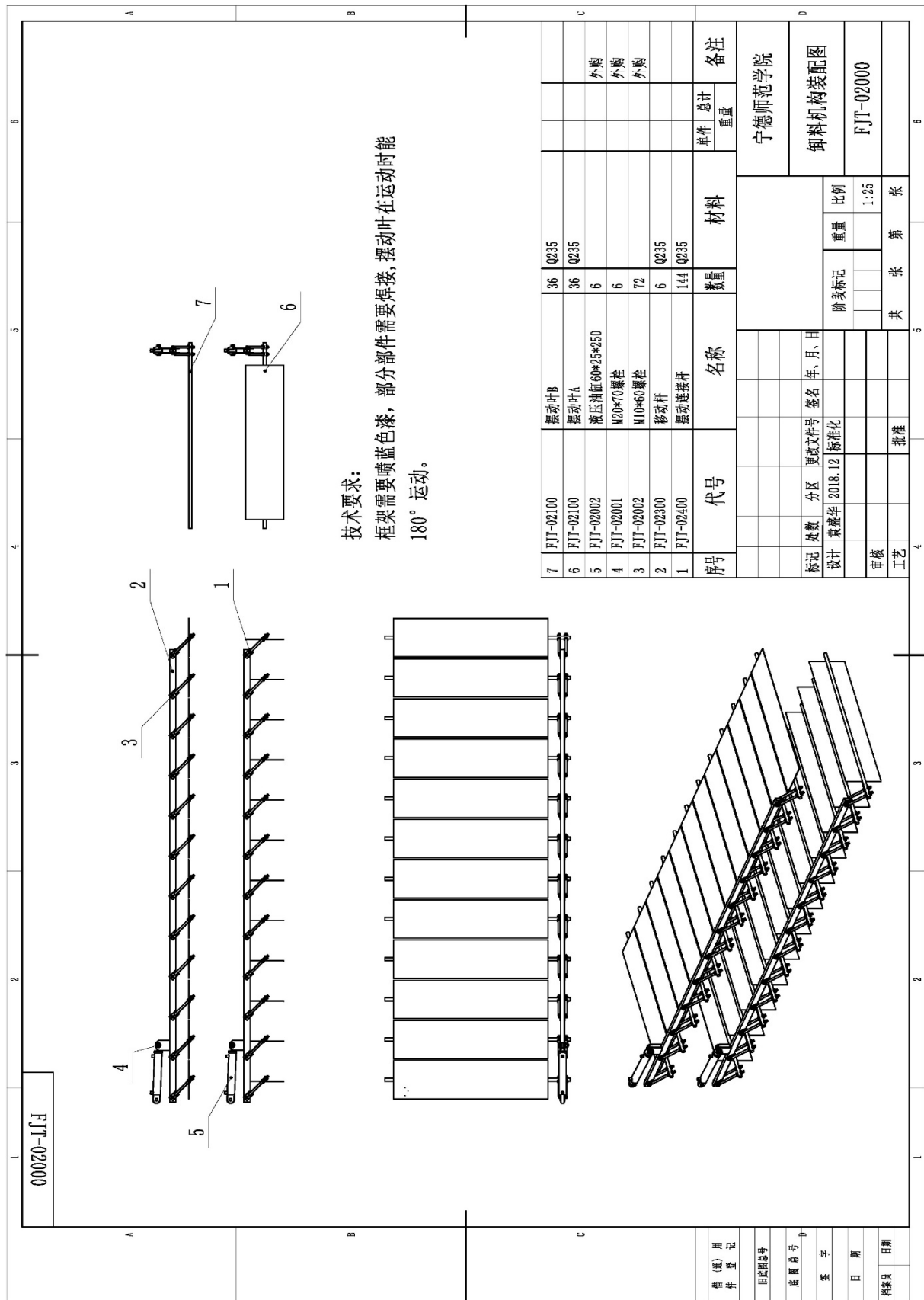
附录 D 横支架零件图



附录 E 竖支架装配图



附录 F 卸料机构装配图



附录 H 摆动叶 A 零件图

