

6GPJ—90型苹果削皮挖心切瓣机 的工作原理及工作部件的设计

梁兆兰 罗玉珠 陈 铮

(西北农业大学农机系)

摘 要

本文主要介绍6GPJ—90型苹果削皮挖心切瓣机的工作原理及工作部件—仿形削皮刀、苹果叉刀、挖心刀和切瓣刀的设计。内容包括：刀具的材料和切削部分几何参数的选择，刀具的结构特点，苹果叉刀转数的确定。

本文为设计苹果削皮挖心切瓣机提供了理论依据，并为进一步设计自动化加工设备提供了设计参数。

关键词 苹果削皮挖心切瓣机；工作原理；结构设计；几何参数

近几年来，随着果树生产的发展和国内外市场对果品需求量的不断增加，我国城乡相继兴建了一批中、小型果品加工企业，这些企业的底子薄、资金少，购买力受到一定的限制，因此，采用成本低，生产率高的小型果品加工机械来装备这些企业更是当务之急。为此，我们研制出了6GPJ—90型苹果削皮挖心切瓣机。

工作原理

6GPJ—90型苹果削皮挖心切瓣机主要由传动、操纵、工作三大部分组成（见图1）。

动力由电动机（2）通过皮带轮（1）、三角皮带（3）、皮带轮（7）带动轴（8），之后经过离合器（9），拖动轴（11）旋转。利用手柄转动齿轮（19），通过齿轮、齿条传动带动移动凸轮（4），依靠凸轮的作用使离合器拨叉（6）摆动，适时地接合或分离离合器。

工作部分主要由挖心刀（12）、切瓣刀（13）、叉刀（14）、仿形削皮刀（15）组

※ 6GPJ—90型苹果削皮挖心切瓣机于1985年12月技术转让，1986年1月24日通过省级技术鉴定，现已小批量投产。

本文于1986年1月20日收到。

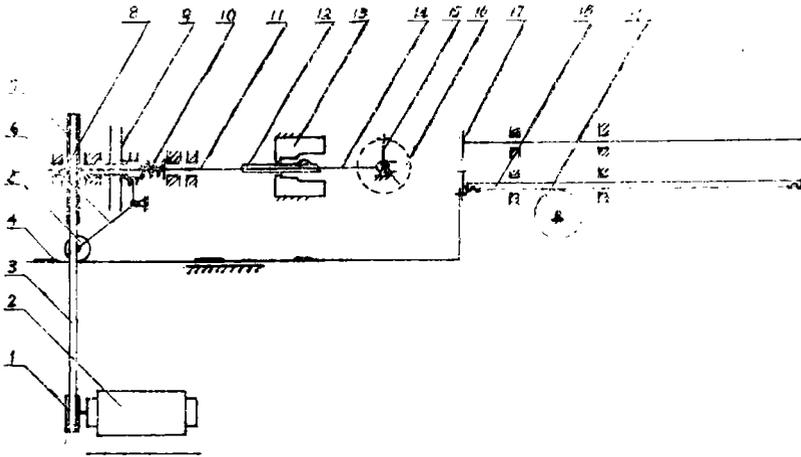


图 1 6GPJ—90工作原理图

- 1.小皮带轮 2.电动机 3.皮带 4.移动凸轮 5.滚轮 6.离合器拨叉 7.大皮带轮 8.1轴
9.离合器 10.弹簧 11.2轴 12.挖心刀 13.切瓣刀 14.叉刀 15.仿形削皮刀 16.苹果
17.推块 18.齿条 19.齿轮

成。

工作时，转动齿轮（19）的手柄，在移动凸轮（4）的作用下，离合器分离，使轴（11）停止转动。然后用手将苹果（16）插在叉刀（14）上，再逆时针转动齿轮（19）的手柄，离合器接合，叉刀上的苹果随同轴（11）旋转。然后，操纵仿形削皮刀（15）的手柄，使之转动。通过苹果和削皮刀的相对运动进行苹果削皮。削皮结束后，再逆时针转动齿轮（19）的手柄，推块（17）推动苹果卡入切瓣刀（13），此时苹果只能轴向移动，不能转动。由于挖心刀的旋转和苹果继续轴向向左移动，挖心、切瓣工序几乎同时进行。在苹果挖心即将结束时，又因移动凸轮的作用，挖心刀停止转动，造成苹果心孔末端直径减少，使心孔成葫芦形，以增加出肉率。苹果挖心结束后，切瓣随之完成，果瓣自动下落，全部工序结束。

工作部件的设计

（一）仿形削皮刀的设计

1. 削皮刀片材料的选择

水果酸性大，腐蚀性强，要求削皮刀片具有较高的防锈能力。本机选用了价格便宜具有一定抗腐蚀能力的单面保安刀片，作为削皮刀片的半成品。刀片与刀架连接部分的孔，采用局部退火打孔的办法(图 2)。

2. 削皮刀片的几何参数

（1）刀刃的形状



图 2

对于具有外凸的苹果表面,本机采用易加工的直线刀刃。

(2) 刀刃的宽度

①前提条件 a.苹果的外形是顶部、底部凹陷的近似圆形,凹陷处外圆直径 d_1 , d_2 最大值为17毫米(见表3)。b.为了增加苹果顶部、底部的削皮面积,必须使刀刃线运动到图3中的Ⅱ位置,故仿形削皮刀的回转中心A和苹果叉刀的回转中心线B—B间应保持一定距离,本机选取11毫米。

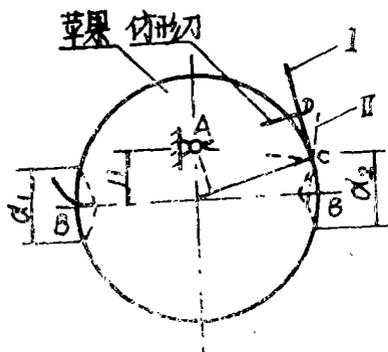


图 3

②刃宽的确定 为使苹果加工表面光滑,旋转的仿形削皮刀刃必须和苹果表面一直保持相切。从这点出发来确定刀刃的最小宽度。由图3知,当刃线向下运动到与苹果顶部(或底部)凹陷处的外圆开始相切(图3中的Ⅱ位置)时,切点C到刃线中点D的距离为最大值 L_{CDmax} 。若苹果半径为45mm,通过几何计算得 $L_{CDmax} = 10.8\text{mm}$ 。因此,刃宽的一半又须大于或等于10.8mm,则刃宽的最小值为 $2L_{CDmax} = 21.6\text{mm}$ 。

③试验与分析 在压于仿形削皮刀背上的螺旋扭转弹簧不变的条件下,用刃宽12mm、24mm的刀片分别进行削皮加工,试验结果(见表1)分析如下:

表 1 刃宽对削皮质量的影响

刃宽 (mm)	削皮厚度 (mm)	去皮干净程度	加工后表面光洁度
12	0.2—0.3	欠好	较好
24	0.5—0.7	好	好

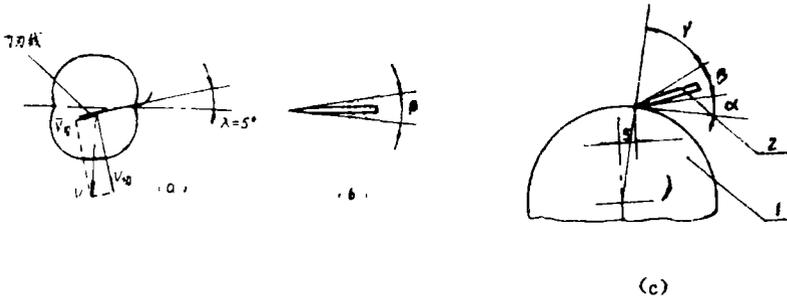
a.当刃宽为12mm(窄)时,因刃线和苹果的顶部、底部不能保持相切,产生尖点接触,加上刀头重量轻、径向跳动大、容易出现漏削现象,去皮干净程度和表面加工光洁度下降;又因刀头重量轻,吃刀深度浅,使得削皮厚度有所减小。

b.当刃宽为24mm时,其削皮厚度虽然比刃宽为12毫米时略有增加,但其它两项指标均优,故本机选用刃宽为24mm。

(3) 切削角度①

这里主要指刃倾角 λ ,楔角 β ,前角 γ 及后角 α (见图4)。由于果品物料的组织松软,含有大量的水份,表皮组织又有较高的韧性,所以在切削加工过程中,要求刀具锋利,挤压力小。为此,对上述角度提出如下要求:

①刃倾角 λ 刃倾角 λ 是切削刃和切削速度 V 的垂线间的夹角。有了刃倾角,即可进行斜角切削。斜角切削有以下两点好处: a.减少了刀具在切削过程中的实际工作楔角



1. 苹果 2. 削皮刀片

图 4

β' 和刀刃的刃圆半径 γ_n (图 5 (b) $\gamma_n' < \gamma_n, \beta' < \beta$)，又因斜角切削不会改变刀具的刃磨角度，从而保证了刀具的耐用度；b. 斜角切削时，切削速度 V 的方向不垂直于切削刃，沿着切削刃方向有一个速度分量 $V_{切}$ (见图 4 (a))，故切削刃相对于苹果除了“切”以外，还有“割”的作用，从而使切削刃显得更加锐利，减薄了削皮厚度。所以斜角切削省力、省功，加工质量高。本机选用： $\lambda = 5^\circ$ 。

②楔角 β 为了使刀具锋利，降低切削加工中的挤压力，食品刀具的楔角 β 一般都很小，但刀具的楔角过小将使刀具的耐用度下降，导致加工产品质量降低。对于水果类的

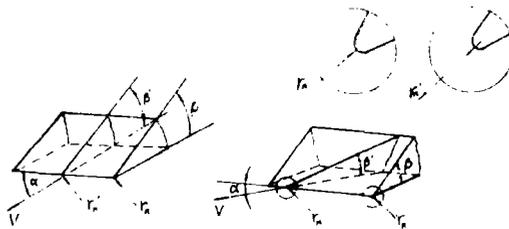


图 5

a) 直角切削

$$\alpha = 90^\circ \quad \lambda = 0^\circ \quad \beta = \beta' \quad \gamma_n = \gamma_n'$$

b) 斜角切削

$$\alpha < 90^\circ \quad \lambda \neq 0^\circ \quad \beta' < \beta \quad \gamma_n > \gamma_n'$$

切削刀具，一般 $\beta = 5^\circ \sim 20^\circ$ ，单面刀片的楔角 $\beta = 17^\circ$ 。由图 5 可推导出实际工作楔角 β' ②

$$\text{tg}^2 \beta' = \text{tg}^2 \beta / (1 + \text{tg}^2 \lambda)$$

由公式知刀倾角 λ 增大时，实际工作楔角 β' 是减小的。

③前角 I 前角的大小直接影响着刀刃的锐利与牢固程度，影响切削作用和推挤作用的比例，决定刀具的切削性能。在保证刀具具有一定耐用度下，尽量加大前角使刀刃锐利，以增强切削作用和减小推挤作用。本机选用： $I = 63^\circ \sim 68^\circ$ 。

④后角 α 后角 α 的作用主要是在切削过程中减小后刀面与加工对象(已加工表面)之间的摩擦,在水果加工中,二者间的摩擦阻力是很小的,所以后角 α 大小的选择不是主要矛盾。由图4(c)知,后角 α 、楔角 β 、前角 γ 三者之和为 90° ,前面已选择 γ 为 $63^\circ \sim 68^\circ$, β 为 17° ,故本机后角 α 为 $5^\circ \sim 10^\circ$ 。此数值基本符合加工塑性大或弹性大的金属材料的后角取值范围。

3. 仿形削皮刀的结构特点

安装削皮刀片的削皮刀架由2Cr13不锈钢制作,弯成一定形状(图6),使其具有一定的弹性。

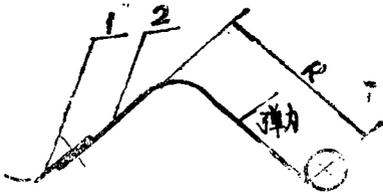


图 6

1.削皮刀片 2.削皮刀架

因加工对象的最大直径为90mm,则要求刀架能以半径R为50mm左右的圆旋转,以满足后角数值的要求。通过计算知,苹果直径为90mm时,图7中的 φ 角为 13.5° ,后角 $\alpha = 13.5^\circ - \frac{\beta}{2} = 5^\circ$,满足要求。

为了进行仿形削皮,本机采用螺旋扭转弹簧,压在刀背上,使削皮刀片在加工对象的表面上不仅有一定的压力,还能模仿苹果

形状起伏,达到了仿形削皮的目的。

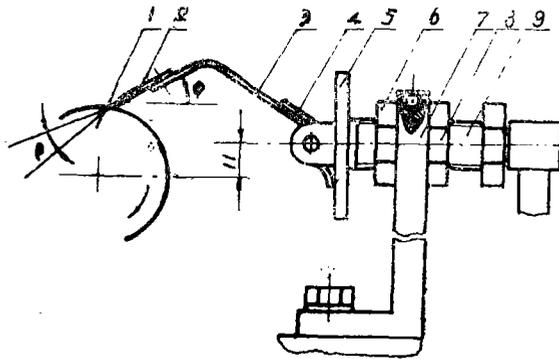


图 7

1.苹果 2.削皮刀片 3.削皮刀架 4.螺旋扭簧 5.支承盘
6.螺母 7.支架 8.螺母 9.调位螺栓

通过试验知,刀刃中点和叉刀主轴线的水平投影距离为5mm左右时,削皮质量较高(皮薄、已加工表面光滑、切削阻力小)(见表2),小于此数值时,刀刃在苹果表面上易滑脱,增加了漏削率,大于此数值时,增加了切削过程中的推挤作用,已加工表面

的光洁度下降。但是，这个投影距离是因苹果尺寸大小的不同而变化的，要保证刀刃中点和叉刀主轴线的水平投影距离，刀具必须径向移动。本机是采用螺旋机构完成径向调位的，如图 7 所示，松开螺母（6）、（8），转动螺栓（9），削皮刀具即可左右移动。

表 2

削皮刀具最佳位置测定表

苹果直径 (mm)	刃线中点与叉刀轴线之水平投影距离 (mm)	
	未插苹果前	插上苹果后
60	1.5	4.5
70	1.5	5
80	1.5	5.5

图 8 表示支架（7）（见图 7）的底面形状。当支架（7）的 A、B 两点和机架上的二孔中心相对安装时，削皮刀刃的刃倾角 $\lambda = 5^\circ$ （见图 4）以保证斜角切削。在削皮时支架的这种安装位置还会对苹果右端起到切顶作用。

（二）叉刀的设计特点

1. 叉刀转数的确定

仿形削皮刀手柄转速与苹果叉刀转速之比对水果削皮质量起着决定作用，过高会出现漏削现象，过低将提高重削率。由此出发，对本机作以下分析得出转速比的最佳值，作为设计苹果叉刀转速的依据。通过试验测定：

当手柄转速为 15 转/分时，完成单个苹果削皮工序所需时间约为 2 秒；当削皮厚度 δ 为 0.5mm，苹果半径 r 取 27.5mm（加工对象的最小半径）时，由图 9 知，其削皮宽度 $H = 2\sqrt{r^2 - (r - \delta)^2} = 10.4\text{mm}$ 。但在仿形削皮刀运动到图中的 I 位置时，相应的削皮宽度 $H' = \frac{H}{2} + (\frac{\text{刃宽}}{2} - L_{\text{刀宽}}) = 6.7\text{毫米}$ 。这是整个削皮过程中削皮宽度最小值，故以削皮宽度 7mm 为计算基础。

选苹果直径为 72.5mm，即

$$\frac{90(\text{加工对象的最大直径}) - 55(\text{加工对象的最小直径})}{2} = 72.5\text{mm}$$

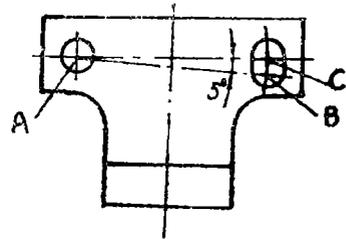


图 8

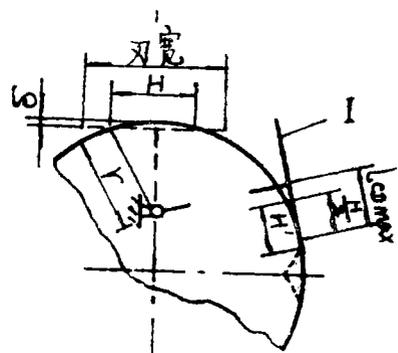


图 9

作为计算依据, 并把苹果看成球形, 则有

苹果的半圆周长: $\pi r = \pi \frac{72.5}{2} = 114(\text{mm})$ (刀具走过半圆周长即可完成削皮工序)

完成削皮工序 (2 秒钟) 苹果转过的圈数:

$$n_1 = \frac{\text{苹果的半圆周长}}{\text{削皮最小宽度}} = \frac{114}{7} = 16.2 (\text{圈})$$

削皮时, 单个苹果每秒钟转过的圈数:

$$n_2 = \frac{n_1}{2} = 8.1 (\text{圈})$$

苹果叉刀转速:

$$n = n_2 \times 60 = 489 (\text{转/分})$$

结论:

(1) 手柄转速为15转/分, 叉刀转速为489转/分时, 重削率低且没有漏削现象;

(2) 削皮时, 手柄转速和叉刀转速比为 $\frac{15}{489} = 0.03$ 。为了提高生产率并保证没有漏削现象发生, 在提高手柄转速的同时, 必须按0.03的比例提高叉刀转速, 这为自动化操作提供了依据。

2. 叉刀的结构特点 (见图10)

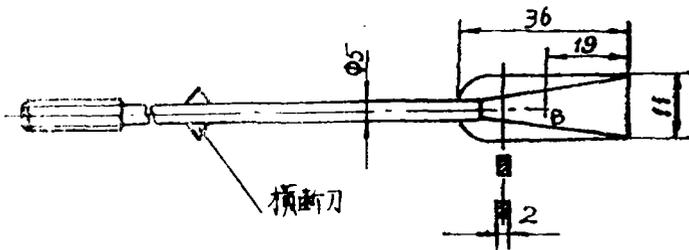


图 10

叉刀头: 为了防止加工小苹果时叉刀和削皮刀相撞, 叉刀头长度限制为36mm。

叉刀头过宽过厚会使苹果未挖心先裂开。因此, 在满足强度和插牢苹果条件下, 叉刀头宽度、厚度尽量取小值。本机叉刀头宽度为11毫米, 叉刀头厚度为2毫米。

横断刀: 在叉刀轴上垂直安装了一个横断刀, 它可将挖出的包围在叉刀轴上的圆柱形果心切为两瓣, 促使顺利脱渣。

(三) 挖心刀几何参数的确定 (见图11)

选几种直径分别为70, 80, 90mm的苹果, 进行测定, 取算术平均值填入表3中, 由表中的数据知, 苹果心的最大直径为30mm, 长度为38mm, 顶尾部下陷最大直径为17mm。以上数据作为设计挖心刀的尺寸依据。如图12所示: 挖心刀最大旋转半径 r 为15mm (实际上, 因偏心产生的离心惯性力使其旋转半径大于15mm) 以保证挖心取核和切去左端顶部。为了提高出肉率, 该机在右端顶部不打 $r = 15\text{mm}$ 的孔, 只打 $r = 7.5\text{mm}$

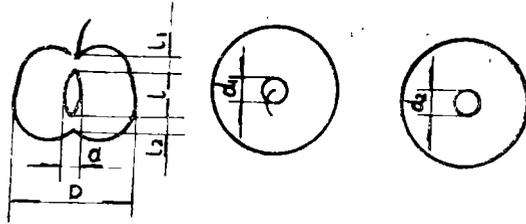


图 11

表 3 常见苹果品种的尺寸调查

尺寸 (mm)	国光	大元光	元帅	红星	黄元帅	青香蕉	印度	红玉	秦冠	大元光	黄元帅	青香蕉	红玉	元帅	红星
D	70	70	70	70	70	70	70	70	80	80	80	80	80	90	90
d	25	28	24	25	23	30	27	22	25	30	18	30	22	30	30
L	20	26	25	24	22	30	27	20	25	27	30	35	25	35	38
L ₁	20	17	19	15	24	16	18	23	16	20	20	26	30	23	26
L ₂	25	10	15	15	17	18	20	23	24	17	25	16	15	24	25
d ₁	14	17	16	14	16	12	15	14	14	15	15	15	16	17	15
d ₂	15	16	16	15	17	15	16	15	14	15	17	15	17	15	16

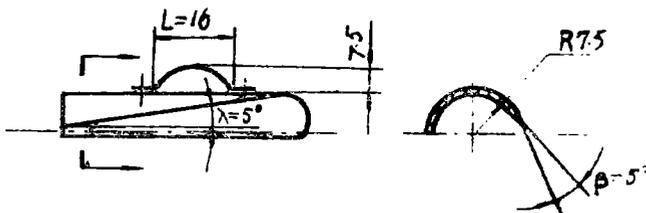


图 12

的孔，保证了葫芦形心孔的形成（图13）。

该机挖心刀的刃部非常锋利，楔角 β 为 5° 。刀的端部作成楔形，便于入切。采用斜角切削，刃倾角 λ 为 5° ，加上叉刀上的横断刀的配合，使该机挖心刀切削阻力小，出渣容易。

（四）切瓣刀几何尺寸的确定

将苹果切为两瓣时，采用两片切瓣刀；切四瓣时，采用四片切瓣刀（图14）。它们沿圆周固定，当刀片最外点所在圆直径 $\geq 90\text{mm}$ 时，切瓣刀尾部最内点所在圆直径为

16mm, 比苹果右端心孔直径(15mm)仅大1mm, 可保证分瓣清楚。四瓣(或两瓣)组成的内圆柱直径的选择既要保证苹果挖心时被切瓣刀卡住, 又要防止苹果还未挖心就被分瓣, 本机是根据加工对象的最小尺寸55mm来选择直径的, 其值为46mm。

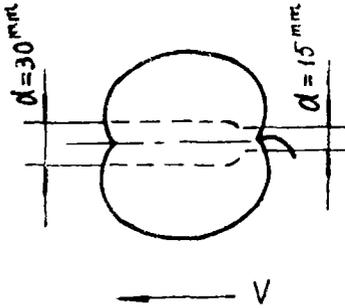


图 13

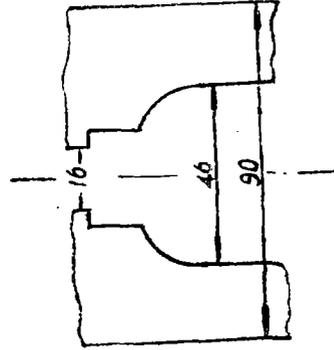


图 14

6GPJ—90型苹果削皮挖心切瓣机于1985年11月研制成功, 1986年正式投产。该机与同类机械相比有以下优点:

1. 仿形性能好, 削皮薄, 重削率低(小于6%), 正常情况下, 没有漏削现象发生;
2. 出肉率高(约81%左右);
3. 一个工位可完成削皮、挖心、切瓣三道加工工序, 一机多用, 机具利用率高, 生产效率高;
4. 机器结构简单, 重量轻, 约为49公斤, 外形尺寸为长×宽×高=1050×494×900 mm, 经济性好, 70瓦电动机即可拖动。适用于中、小型果品加工厂和专业户。

参 考 文 献

- [1] 北京市《金属切削理论与实践》编委会: 《金属切削理论与实践》, 北京出版社, 1982年12月。
- [2] 王相范: 食品切削刀具的刃形探讨, 《食品科学》, 1985年, 第5期, 第43~48页。

Working Principles of 6GPJ-90 Type of Apple Peeled, Cored and Sliced Machine and Design of Its Working Parts

Liang Zhaolan Luo Yuzhu Chen Zheng

(Farm Machinery Department, Northwestern Agricultural University)

Abstract

This paper introduces the working principles of 6GPJ-90 type of apple peeled, cored and sliced machine and its major working parts--- designs of gage peeled, fork peeled, cored and sliced tools including materials used for manufacturing these tools and selection of geometric parameters and structural features of these tools and determines the revolutions and structure of fork peeled tool. Also, this paper provides the theoretical bases for designing apple peeled, cored and sliced machine and further supplies design parameters for the design of automatic processing equipment.

Key words apple peeled cored and sliced machine, working principle, structural design, geometric parameter