

3 术语和定义

GB/T 29284—2012、GB/T 36587—2018 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

聚乳酸基复合材料 poly (lactic acid) based composites

为了提高聚乳酸的综合性能和制取优良的目标产品，借助于共混、填充、增强、化学改性等手段，在聚乳酸材料中添加其他材料所形成的复合材料。

注：部分聚乳酸基复合材料可参见附录B。

4 规格型号与基本参数

4.1 规格型号的编制方法

挤出机的规格应按螺杆直径进行区分，且宜采用实际直径。采用公称直径表示规格时，应在技术文件中标明实际直径。挤出机的型号宜采用 GB/T 12783 的规定编制。

4.2 基本参数

挤出机的基本参数应符合表1的规定。

表 1 挤出机基本参数

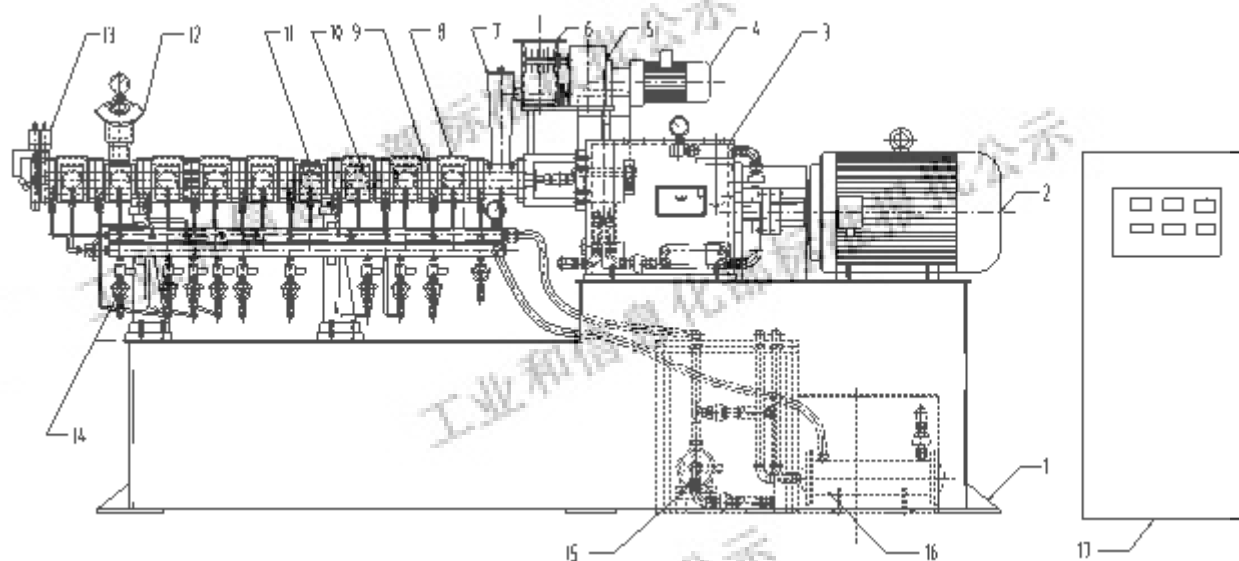
螺杆直径范围 mm	螺杆转速 r/min	熔体压强 MPa	杆筒间隙 mm
>10~20	≥500	≥15	≤0.10
>20~30			≤0.15
>30~40			≤0.20
>40~50			≤0.25
>50~60			≤0.25
>60~70			≤0.30
>70~80			≤0.40
>80~90			≤0.40
>90~100			≤0.50

5 要求

5.1 总则

5.1.1 挤出机应符合本文件的规定，并按照图样及工艺技术文件要求制造。

5.1.2 挤出机的典型结构图见图 1。



标引序号说明:

- 1 —— 机架;
- 2 —— 主电动机;
- 3 —— 双螺杆挤出机传动箱;
- 4 —— 喂料电机;
- 5 —— 喂料机减速箱;
- 6 —— 物料加热装置;
- 7 —— 喂料机;
- 8 —— 机筒;
- 9 —— 螺杆;
- 10 —— 机筒加热器;
- 11 —— 自然排气孔;
- 12 —— 真空排气孔;
- 13 —— 机头及熔体压力测试系统;
- 14 —— 机筒冷却系统;
- 15 —— 水泵;
- 16 —— 冷却器;
- 17 —— 控制柜。

图 1 挤出机典型结构

5.1.3 挤出机工艺流程主要包括：聚乳酸或聚乳酸基复合材料经过预热或干燥之后，借助于供料系统计量输送至挤出机喂料段，物料在旋转螺杆推动下，夹杂在物料中的气体通过排气孔排出，物料颗粒摩擦受热并接受外部加热系统供热，在进入挤出机的熔融段后开始熔融，熔融物料中气体通过排气孔逸出，达到一定的温度和压力下的熔体不断均匀混合后输送至后续的成型设备（如纺丝箱、注射机、压延成型等设备）。

5.2 主要零部件

5.2.1 螺杆

5.2.1.1 总体要求

螺杆由螺杆芯轴与螺杆元件组装构成。螺杆芯轴与螺杆元件宜采用渐开线花键连接。

5.2.1.2 螺杆芯轴材料

芯轴用钢经热处理后力学性能应符合下列规定：

- a) 抗拉强度 $R_m \geq 1\ 000$ MPa；
- b) 屈服强度 $R_{el} \geq 800$ MPa；
- c) 冲击吸收能量 $KV_2 \geq 78$ J。

5.2.1.3 螺杆元件材料及热处理

螺杆元件材料宜采用合金结构钢 38CrMoAl 或合金工具钢 W6Mo5Cr4V2。

螺杆元件应采用锻件加工。38CrMoAl 锻件应符合 GB/T 33084 的规定，W6Mo5Cr4V2 锻件应符合 JB/T 4290 的规定。

材料为合金结构钢38CrMoAl的螺杆元件应进行氮化处理，氮化处理应符合GB/T 18177的规定，氮化深度应不小于0.4 mm，氮化硬度应为900 HV~1 000 HV，氮化层脆性级别应不低于GB/T 11354—2005 规定的2级。

材料为合金工具钢W6Mo5Cr4V2的螺杆元件应进行淬火并回火处理，热处理应符合GB/T 16924的规定，热处理硬度应为58 HRC~60 HRC。

在使用方同意的前提下，螺杆元件可采用粉末冶金、双金属等材料，其热处理和硬度由挤出机制造厂和使用方约定，但硬度宜不小于58 HRC。

用于存在化学反应的挤出机，螺杆元件的材料及热处理由挤出机制造厂和使用者约定。

5.2.1.4 螺杆芯轴形位公差

芯轴轴线在任意方向的直线度公差应不低于GB/T 1184—1996中7级的规定。

5.2.1.5 螺杆元件尺寸和形位公差

螺杆元件外径公差应不低于 GB/T 1804—2000 中 6 级的规定。螺杆元件厚度公差应不低于 GB/T 1804—2000 中 6 级的规定。

螺杆元件两端面与螺杆元件轴线的垂直度公差应不低于GB/T 1184—1996中7级的规定。

5.2.1.6 螺杆元件粗糙度

螺杆元件与物料接触面的粗糙度值 $R_a \leq 1.6$ μm 。螺杆元件密封端面的粗糙度值 $R_a \leq 0.8$ μm 。

5.2.1.7 螺杆装配

螺杆元件套装在芯轴上，应保证相互衔接的轮廓吻合，无明显凹凸错位的现象并具有良好的互换性。对于不同物料、不同作业要求，应能方便更换螺杆组合。

螺杆芯轴与螺杆元件正式装配前，应在干净的芯轴表面均匀地涂抹一层耐高温(应不低于 350 $^{\circ}\text{C}$) 的润滑脂。装入螺杆元件后将螺杆头拧紧，使各螺杆元件密封端面贴实靠紧。螺杆组装后，螺杆轴线直线度公差应不低于 GB/T 1184—1996 中 8 级的规定。

5.2.2 机筒

5.2.2.1 总体要求

机筒的结构采用积木式多节形式，每节机筒长径比宜为2:1、3:1、4:1、6:1或8:1。
机筒可采用整体式结构或衬套式结构。

5.2.2.2 机筒材料及热处理

机筒材料宜采用氮化钢 38CrMoAl，机筒应采用锻件加工，机筒材料 38CrMoAl 锻件应符合 GB/T 33084 的规定。

机筒材料 38CrMoAl 应进行氮化处理，氮化处理应符合 GB/T 18177 的规定，氮化深度不小于 0.4 mm，氮化硬度应为 900 HV~1 000 HV，氮化层脆性级别应不低于 GB/T 11354—2005 规定的 2 级。

机筒衬套可采用粉末冶金、双金属等高耐磨材料，其热处理和硬度由挤出机制造厂和使用方约定，但硬度宜不小于 60 HRC。

用于化学反应的挤出机，机筒的材料及热处理由挤出机制造厂和使用方约定。

5.2.2.3 机筒尺寸和形位公差

机筒内孔的尺寸公差应不低于 GB/T 1804—2000 中 7 级的规定，机筒内孔的圆柱度公差应不低于 GB/T 1184—1996 中 7 级的规定。

机筒两端面与机筒内孔轴线的垂直度公差应不低于 GB/T 1184—1996 中 7 级的规定。

5.2.2.4 机筒粗糙度

机筒与物料接触面的粗糙度值 $Ra \leq 1.6 \mu m$ 。机筒密封端面的粗糙度值 $Ra \leq 0.8 \mu m$ 。

5.2.2.5 机筒装配

机筒等受热元件组装时，连接螺纹表面应均匀地涂抹一层耐高温（应不低于 350 °C）的润滑脂。相邻机筒之间、机筒与其他零部件之间的密封应可靠，正常工作时应无物料泄漏。

5.2.3 主电动机

主电动机应符合 GB/T 755 的规定。主电动机应符合 GB 18613—2012 规定的 2 级或以上能效等级。

5.2.4 传动箱

传动箱应符合 JB/T 9050.1 的规定。

传动箱的旋转方向应有旋转方向标识。齿轮与轴系组合典型组合结构参见附录 A。

传动箱应配套强制润滑系统和润滑油冷却系统。强制润滑系统应配备润滑油分配器，应能将润滑油输送到传动箱各润滑部位。

传动箱可在轴承部位设置温度传感器、振动传感器。

5.2.5 喂料机

挤出机应配套可定量供料的喂料机，喂料机应能准确地控制喂料量，配置计算机控制系统时，其工作条件、技术要求等宜符合 GB/T 24113.1 的规定。

喂料机可以是体积式喂料机或是失重式喂料机。当采用体积式喂料机时，喂料量质量误差应不大于 $\pm 5\%$ ；当采用失重式喂料机时，喂料量质量误差应不大于 $\pm 1\%$ 。

喂料机应配备搅拌、振动等防架桥措施。物料状态是粉料时，喂料机宜设置除尘口，用于连接除尘装置。

5.2.6 真空系统

真空系统用于除去物料中的挥发物。挥发物应进行无害化处理。

真空系统工作时，不应将物料从挤出机中排出。真空系统真空度应可进行无级调节，真空度应不大于 0.02 MPa。真空系统应能保证最终聚乳酸基复合材料产品的挥发分质量分数应不大于 0.2%。

5.3 控制系统

5.3.1 基本要求

挤出机控制系统应符合 GB/T 24113.1 的规定。

5.3.2 温度控制

挤出机应具有温度自动调节装置，控制系统应有对应的显示或显示仪表。

机筒的加热、冷却应分段自动控制，在 20 °C~300 °C（特殊要求为 20 °C~450 °C）范围内，机筒温度应可实现稳定控制，相对于设定值，机筒温度的波动应在 ±2 °C 以内。热电偶测温端部与机筒应可靠接触。

5.3.3 熔体压力控制

挤出机机头应有检测熔体压力的测试传感器，控制系统应有对应的显示或显示仪表。

5.3.4 报警和联锁

挤出机控制系统应具有下列报警、联锁功能：

- a) 主电动机过载报警、停机；
- b) 润滑油低油压报警；
- c) 机筒温度低报警、高报警；
- d) 机头熔体压力超过设定值报警、停机；
- e) 主电动机和润滑油泵电动机电气联锁，即润滑油泵电动机不启动，主电动机不能启动；
- f) 送料电动机和主电动机电气联锁，即主电动机不启动，送料电动机不能启动。

5.4 安全要求

5.4.1 基本要求

挤出机的安全要求应符合 GB 25431.1 的规定。

5.4.2 电气系统安全

挤出机电气系统应符合以下要求：

- a) 应有安全可靠的接地装置和明显的接地标志；
- b) 应有紧急停机按钮；
- c) 接地电阻值不大于 4 Ω；
- d) 外部保护连接电路与电气设备任何裸露导体零件之间的接地电阻不大于 0.1 Ω；
- e) 在动力电路和外部保护连接电路之间施加 DC 500 V 时，绝缘电阻不小于 1 MΩ；
- f) 室温条件下，在机筒加热装置的动力电路和金属外壳之间施加 DC 500 V 时，绝缘电阻不小于 20 MΩ；
- g) 电加热系统应进行耐电压强度试验，其试验条件应符合 GB/T 5226.1—2019 中 18.4 的规定。

注：DC 为直流电。

5.5 总装技术

5.5.1 挤出机所有未经防腐处理的外露加工面应涂抹防锈油脂，主要加工面应包防潮纸。

5.5.2 挤出机的外观应符合 HG/T 3120 的规定。

5.5.3 挤出机的涂漆应符合 HG/T 3228 的规定。

5.6 运转试验

5.6.1 传动箱空运转

传动箱的空运转应符合下列规定：

- a) 输出轴的旋转方向正确；
- b) 传动箱各结合面、密封处密封良好，目视无渗漏或泄漏；
- c) 强制润滑系统密封良好，目视无渗漏或泄漏；
- d) 运转平稳，无卡阻，无周期性冲击声，无异常振动。

5.6.2 挤出机空运转

挤出机在总装完成后，应进行手动盘车。手动盘车时螺杆旋转应轻松、无阻碍。手动盘车合格后方可进行空运转测试，空运转测试应符合下列规定：

- a) 螺杆与螺杆、螺杆与机筒应无干涉、刮擦和卡阻现象；
- b) 整机应无异常振动；
- c) 各流体管路密封处应无渗漏或泄漏。

5.6.3 负载运转

挤出机的负载运转应符合下列规定：

- a) 所有开关、按钮应灵活有效；
- b) 温度自动调节装置应准确可靠，温度控制应符合 5.3.2 的规定；
- c) 螺杆间、螺杆与机筒间应无干涉现象；
- d) 供料装置的供料量应与挤出机的产量匹配，其供料精度应符合 5.2.5 的规定；
- e) 各流体管路密封处应无渗漏或泄漏；
- f) 机筒冷却装置电磁阀动作应灵敏、准确、可靠；
- g) 传动箱润滑油温升应不大于 50 ℃；
- h) 整机运转过程应平稳，噪音符合本文件的规定，无冲击、无异常振动。

5.7 噪音

挤出机正常运转时，发射声压级噪声值应不大于 85 dB(A)。

6 试验方法

6.1 测试条件

试验应在下列条件下进行：

- a) 测试物料为聚乳酸 (PLA)，在 190 ℃、2.16 kg 条件下，10 min 内，熔体质量流动速率为 (22 ± 4) g；
- b) 测试物料含水质量分数应不大于 30×10^{-6} ；

c) 测试装置：带有机头的挤出机。

6.2 螺杆

6.2.1 螺杆芯轴材料

螺杆芯轴材料的抗拉强度和屈服强度的试验应按GB/T 228.1的规定执行。

螺杆芯轴材料的冲击韧性值的试验应按GB/T 229的规定执行。

6.2.2 螺杆元件材料及热处理

38CrMoAl锻件的检验应按GB/T 33084的规定执行。W6Mo5Cr4V2锻件的检验应按JB/T 4290的规定执行。

38CrMoAl氮化处理的检验应按GB/T 18177的规定执行。W6Mo5Cr4V2淬火并回火的检验应按GB/T 16924的规定执行。

6.2.3 螺杆芯轴轴线直线度

采用素线代替轴线进行直线度检测。其方法为将芯轴放在平板上，使其不能自由转动，然后用塞尺测量芯轴外圆与平板之间的间隙，其最大间隙即为直线度误差。

6.2.4 螺杆元件尺寸和形位公差

螺杆元件外径尺寸采用游标卡尺测量。分别测量螺杆元件两端面附近的外径尺寸，每个端面取1个测量值，共2个测量值，计算算术平均值即得到螺杆元件外径的测量值，结果应符合5.2.1.5的规定。

螺杆元件的厚度采用游标卡尺测量。每个元件取1个测量值，结果应符合5.2.1.5的规定。

6.2.5 螺杆元件粗糙度

螺杆元件表面粗糙度测试可采用样块对比法检测，也可采用表面粗糙度测量仪检测。

6.2.6 螺杆轴线直线度

采用素线代替轴线进行直线度检测。其方法为将芯轴放在平板上，使其不能自由转动，然后用塞尺测量芯轴外圆与平板之间的间隙，其最大间隙即为直线度误差。

6.3 机筒

6.3.1 机筒材料

38CrMoAl锻件的检验应按GB/T 33084的规定执行。

38CrMoAl氮化处理的检验应按GB/T 18177的规定执行。

6.3.2 机筒尺寸和形位公差

机筒内孔直径采用游标卡尺测量。分别测量机筒两端面附近的内孔直径尺寸，2个内孔在每个端面各取至少2个测量值，任一测量值都应符合5.2.2.3的规定。

机筒内孔圆柱度公差的检测可按GB/T 11336的规定执行，也可用三坐标测量仪检测，应符合5.2.2.3的规定。

机筒两端面与机筒内孔轴线的垂直度公差可用三坐标测量仪检测，应符合5.2.2.3的规定。

6.3.3 机筒粗糙度

机筒表面粗糙度测试可采用样块对比法检测，也可采用表面粗糙度测量仪检测。

6.4 主电动机

以电动机的合格证、出厂检验报告和能效标识等技术资料作为主电动机的检验验收依据。

6.5 传动箱

传动箱的检测应按JB/T 9050.3的规定执行。

6.6 喂料机

喂料量质量误差在稳定的工况下进行检测，每次取样时间应不小于1 min，测量3次，任一测量值都应符合5.2.5的规定。

喂料量质量误差应按公式（1）计算。

$$\sigma_i = \frac{Q_i - Q}{Q} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- σ_i ——喂料量质量误差，单位为百分数（%）；
- Q_i ——喂料量测量值，单位为千克每小时（kg/h）；
- Q ——喂料量设定值，单位为千克每小时（kg/h）；
- i ——测量次数， $i=1, 2, 3$ 。

6.7 真空系统

以真空泵标牌、合格证等技术资料作为极限真空度的检验验收依据。

聚乳酸基复合材料产品的挥发分质量分数的检测应按GB/T 29284—2012的规定进行，结果应符合本文件5.2.6的规定。

6.8 电气系统安全

用接地电阻仪测量挤出机接地电阻、外部保护连接电路与电气设备任何裸露导体零件之间的接地导体电阻、动力电路和外部保护连接电路之间的绝缘电阻、机筒加热装置的动力电路和金属外壳之间的绝缘电阻，结果应符合5.4.2的规定。

电加热系统的耐电压强度试验，应按GB/T 5226.1—2019中18.4的规定执行，测试结果应符合本文件5.4.2的规定。

6.9 传动箱空运转

传动箱空运转测试应持续进行，连续空运转时间不少于2 h，结果应符合5.6.1的规定。

6.10 挤出机空运转

挤出机空运转测试前，应进行手动盘车，手动盘车圈数应不小于2圈，盘车方向为螺杆正确旋转方向，结果应符合5.6.2的规定。

挤出机空运转测试时，应在机筒内孔表面和螺杆表面涂上润滑剂，测试时间应不大于10 min，螺杆转速应不大于50 r/min，结果应符合5.6.2的规定。

各流体管路按1.5倍的工作压力进行密封试验，保压时间应不少于15 min，结果应符合5.6.2的规定。空运转时，各流体管路应无肉眼可见的泄漏或渗漏。

6.11 负载运转

空运转测试合格后，在稳定的工况下进行不少于 30 min 的负载运转测试。挤出机负荷运转可在出厂时进行，也可在用户现场进行，负载运转测试结果应符合 5.6.3 的规定。

6.12 噪声

噪声检验应在负荷运转时检验，螺杆转速应为最大转速的 70%~80%，应按 GB 25431.1 的规定进行。

6.13 外观

挤出机外观的检测应按 HG/T 3120 的规定进行。

6.14 涂漆

挤出机涂漆的检测应按 HG/T 3228 的规定进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

每台挤出机应进行出厂检验，出厂时应有产品合格证书。出厂检验项目应符合表 2 的规定。

表 2 出厂检验和型式检验的检验项目

序号	检验项目	标准条款	出厂检验	型式检验
1	螺杆芯轴材料	5.2.1.2	■	■
2	螺杆元件材料及热处理	5.2.1.3	■	■
3	螺杆芯轴形位公差	5.2.1.4	■	■
4	螺杆元件尺寸和形位公差	5.2.1.5	■	■
5	螺杆元件粗糙度	5.2.1.6	■	■
6	螺杆装配	5.2.1.7	■	■
7	机筒材料及热处理	5.2.2.2	■	■
8	机筒尺寸和形位公差	5.2.2.3	■	■
9	机筒粗糙度	5.2.2.4	■	■
10	主电动机	5.2.3	■	■
11	传动箱	5.2.4	—	■
12	喂料机	5.2.5	■	■
13	真空系统	5.2.6	■	■
14	电气系统安全	5.4.2	■	■

表2 出厂检验和型式检验的检验项目（续）

序号	检验项目	标准条款	出厂检验	型式检验
15	外观	5.5.2	■	■
16	涂漆	5.5.3	■	■
17	传动箱空运转	5.6.1	■	■
18	挤出机空运转	5.6.2	■	■
19	负载运转	5.6.3	■	■
20	噪声	5.7	—	■

“—”为不检验的项目，■为应检验的项目。

7.3 型式检验

7.3.1 有下列情况之一，应进行型式检验：

- 新产品或老产品转厂时的试制定型鉴定时；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺等有较大改变，可能影响产品性能时；
- 正常生产时，每年至少抽检1台；
- 产品停产2年后，恢复生产时。

7.3.2 型式检验项目应符合表2的规定。

7.3.3 检验结果若有任一项不合格，应重新加倍抽样，若仍不合格，则判定该批次型式检验不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标识

每台产品出厂时，应在机组适当位置固定产品标牌，标牌形式、尺寸及技术要求应符合GB/T 13306的规定。产品标牌应包含下列内容：

- 制造商名称
- 产品名称、型号；
- 产品编号、出厂日期；
- 螺杆最高转速（r/min）；
- 最高挤出量（kg/h）；
- 主电动机功率（kW）；
- 外形尺寸（长 mm×宽 mm×高 mm）；
- 质量（kg）；
- 执行标准编号。

8.2 包装

产品包装应符合GB/T 13384的规定，包装箱内应放置装箱清单、机组现场安装资料、备品备件及清单、随机专用工具及清单、操作说明书和产品合格证等。

8.3 运输

产品运输应符合GB/T 191、GB/T 6388的规定。

8.4 贮存

挤出机长期贮存时应定期手动盘车，盘车周期为1次/月。每次盘车螺杆的旋转角度约为90°。盘车方向为螺杆正确旋转方向。

挤出机应贮存在室内、干燥、通风处，空气相对湿度应不大于70%。

挤出机贮存时裸露加工面应采取防锈蚀、防腐蚀措施。

挤出机贮存时应避免腐蚀，不应与含硫离子、氯离子、氧离子的物质混合贮存，也不应与易挥发的氧化剂混合贮存。

附录 A

(资料性)

齿轮与轴系组合典型结构

齿轮与轴系组合典型组合结构参见图A.1~图A.7, 为满足齿轮与轴系的运行精度和寿命, 图A.3为
 首选组合结构。

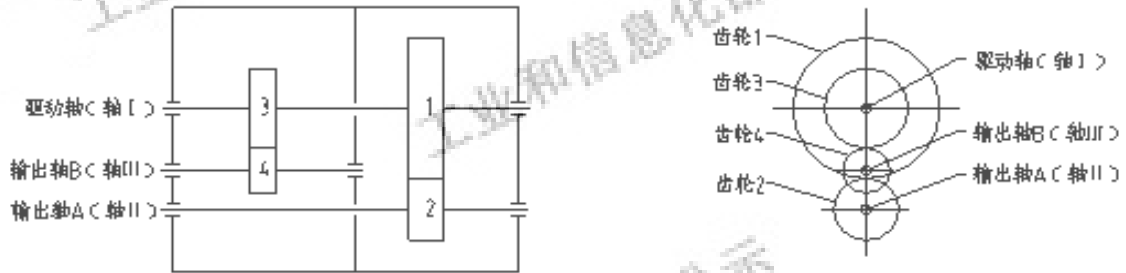


图 A.1 平行三轴基本型齿轮与轴系统

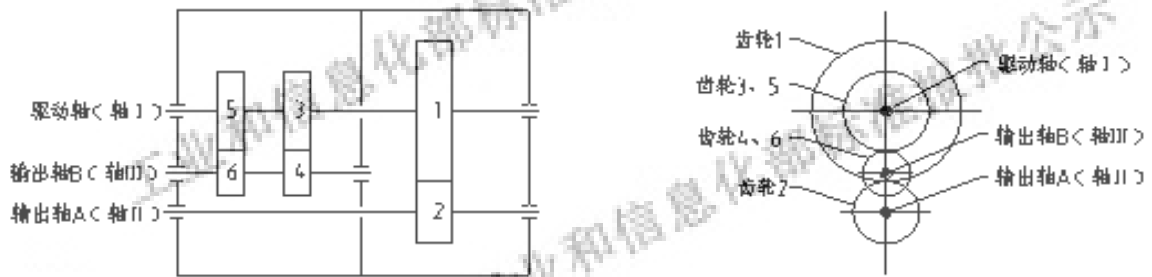


图 A.2 平行三轴式高扭矩齿轮与轴系统

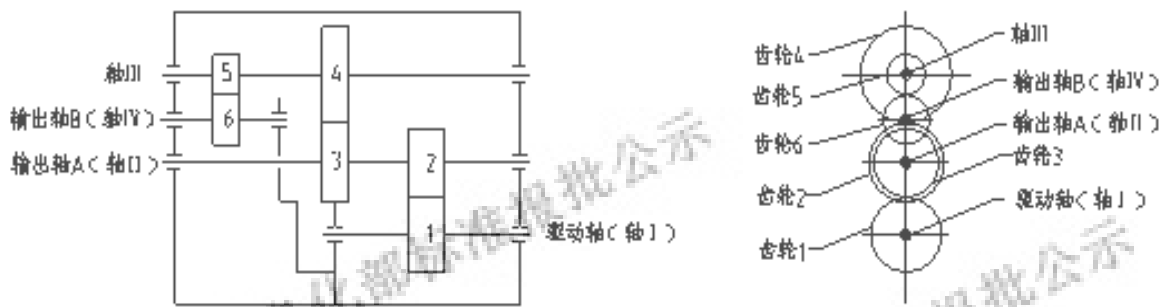


图 A.3 整体三轴式齿轮与轴系统



图 A.4 功率分流式齿轮与轴系统

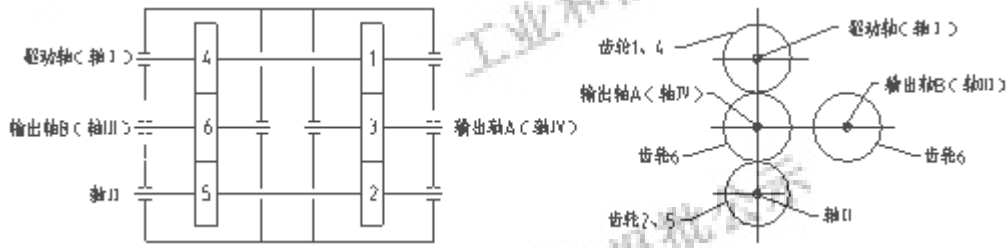


图 A.5 双侧对称式齿轮与轴系统

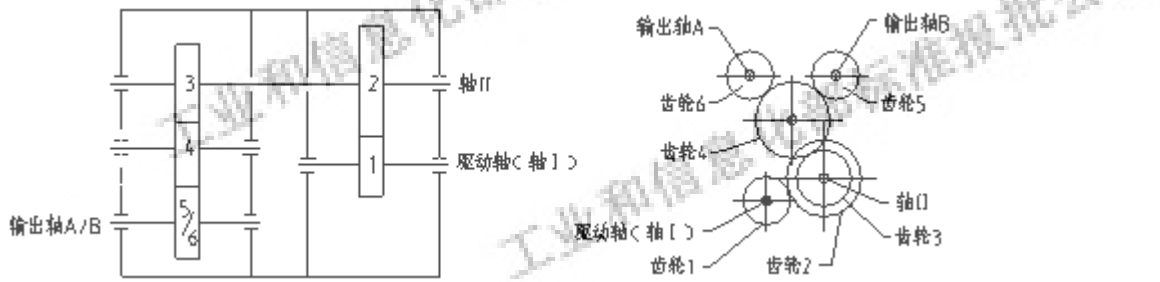


图 A.6 同向双螺杆齿轮与轴系统

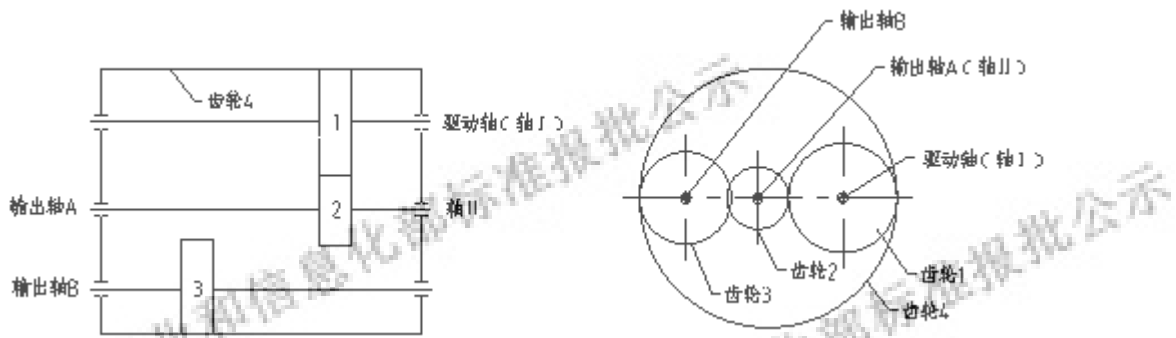


图 A.7 异向双螺杆齿轮与轴系统

附录 B (资料性)

部分聚乳酸基复合材料

B.1 概述

基于聚乳酸高分子材料自身性能的优势与劣势，以聚乳酸为基体材料，选取不同种类的材料与之共混、填充、增强或化学改性，实现聚乳酸基复合材料最终的性能要求。

B.2 聚乳酸基复合材料的常见改性方式

B.2.1 共聚改性

在PLA主链上引入柔性分子链段，如与聚乙二醇(PEG)、羟基乙酸(GA)等共聚，可以改善PLA的力学性能；左旋乳酸与乙醇酸共聚物(PLGA)可以制取可降解手术缝合线。

B.2.2 共混改性

共混改性具有较明显的成本优势。如将PLA与淀粉共混可以降低复合材料的成本且不影响其降解性；与柔性的高分子混合可以提高复合材料的韧性，如添加聚 ϵ -己内酯。PLA可以与甲壳素(CHI)、甲壳胺(CHS)、壳聚糖(CS)、聚羟基脂肪酸酯(PHA)、 β -羟基丁酸酯和 β -羟基戊酸酯共聚物(PHB)、聚丁二酸丁二醇酯(PBS)、聚乙醇酸(PGA)、聚癸二酸甘油酯(PGS)、聚己二酸乙二酯(PEA)、聚对苯二甲酸乙二酯(PET)、聚己二酸-对苯二甲酸丁二酯(PBAT)；与多种无机钙质共混制取医用材料，如羟基磷灰石(HA)、羟基磷灰石纤维(HAF)、磷酸三钙(TCP)、聚磷酸钙纤维、晶须碳酸钙、珊瑚、藻酸钙黏胶(CAG)等。为了促进共混物的相容性，可以进一步添加增容剂，如聚己内酯(PCL)等。

B.2.3 增塑改性

PLA的增塑改性方法主要有共聚改性、交联改性和共混改性等方法，采用增塑剂与聚乳酸共混实现复合材料的柔韧性和抗冲击性，如乙酰柠檬酸三正丁酯(ATBC)、聚乙二醇(PEG)、丙三醇、聚丙二醇等。

B.2.4 复合改性

为了改善复合材料的耐热性或力学性能，可以在聚乳酸基体材料中添加纳米粒子或纤维，如蒙脱土(MMT)、纤维素等，适当添加聚乙二醇(PEG)等增塑剂，可以制取纤维增强聚乳酸复合材料。

B.2.5 其他改性

为了实现聚乳酸基复合材料的特殊性质而进行的改性，添加阻燃剂使PLA具有阻燃性能，如磷酸三苯酯(TPP)、聚磷酸铵(APP)等。