

气缸设计报告

1. 气缸活塞尺寸确定

气缸和活塞的尺寸设计基于功能需求和应用场景。以下为确定的尺寸：

- 气缸：
 - 内径：20 mm (公差：+0.01 mm / 0, H7)
 - 外径：23 mm
 - 深度 (长度)：50 mm
- 活塞：
 - 直径：19.98 mm (公差：-0.01 mm / -0.02 mm, f7, 确保滑动配合)
 - 长度：10 mm (考虑密封和稳定性)
- 设计依据：
 - 内径 20 mm 确保气缸容积适合小型气动系统。
 - 外径 23 mm 提供足够的壁厚 (1.5 mm)，保证强度和加工余量。
 - 深度 50 mm 满足行程要求，同时保持结构紧凑。
 - 活塞直径略小于气缸内径，形成滑动配合，公差符合 ISO 8015 标准。

2. 选用材料

- 材料：6061铝合金
- 选择理由：
 - 机械性能**：6061铝具有良好的强度 (抗拉强度约 276 MPa) 和韧性，适合气缸的轻量化设计。
 - 耐腐蚀性**：表面可阳极氧化，增强耐腐蚀性，适合多种环境。
 - 加工性**：易于车削、钻孔和磨削，适合 CNC 加工。
 - 重量**：密度低 (约 2.7 g/cm³)，减轻整体重量。
 - 成本**：相比不锈钢或高强度钢，6061铝成本较低，适合批量生产。

3. 工艺方法

气缸和活塞的加工采用 **CNC 加工**，主要工艺包括：

- 车削加工：
 - 气缸：外圆车削至 $\varnothing 23$ mm，内孔车削至 $\varnothing 20$ mm (粗车后精车，确保表面粗糙度 Ra 1.6)。
 - 活塞：外圆车削至 $\varnothing 19.98$ mm，保持同轴度和圆度。
- 钻孔加工：
 - 气缸端面钻进气/排气孔 (假设 $\varnothing 3$ mm，具体位置待定)。
 - 若需安装螺纹孔 (如固定法兰)，使用 CNC 钻孔和攻丝。
- 磨削加工：
 - 气缸内孔精磨，确保 $\varnothing 20$ mm H7 公差和表面粗糙度 Ra 1.6，优化滑动性能。
 - 活塞外圆磨削，确保 $\varnothing 19.98$ mm f7 公差，减少摩擦。

· 加工顺序：

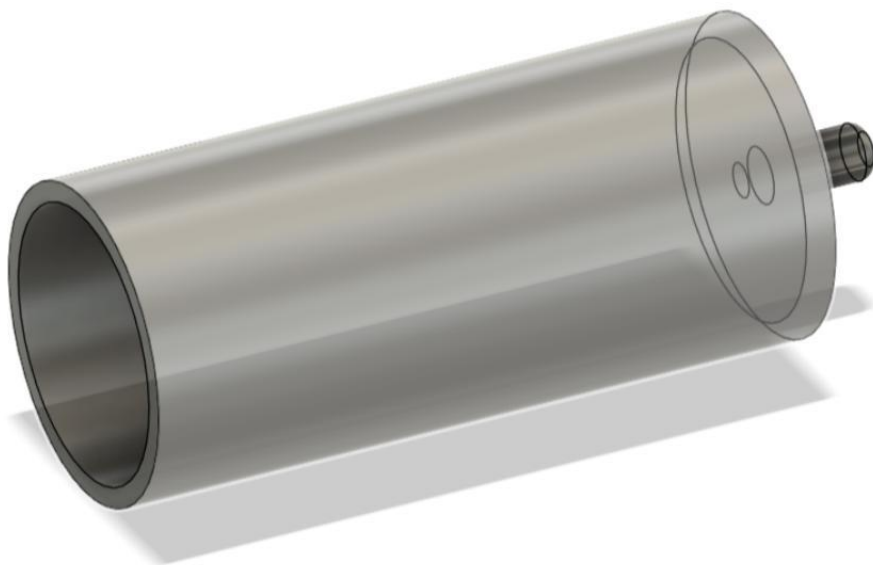
1. 粗车外圆和内孔，留加工余量。
2. 精车内孔和外圆，控制公差。
3. 钻孔加工进气/排气孔。
4. 精磨内孔和活塞外圆。
5. 清洗和质量检查。

4. 润滑密封方式

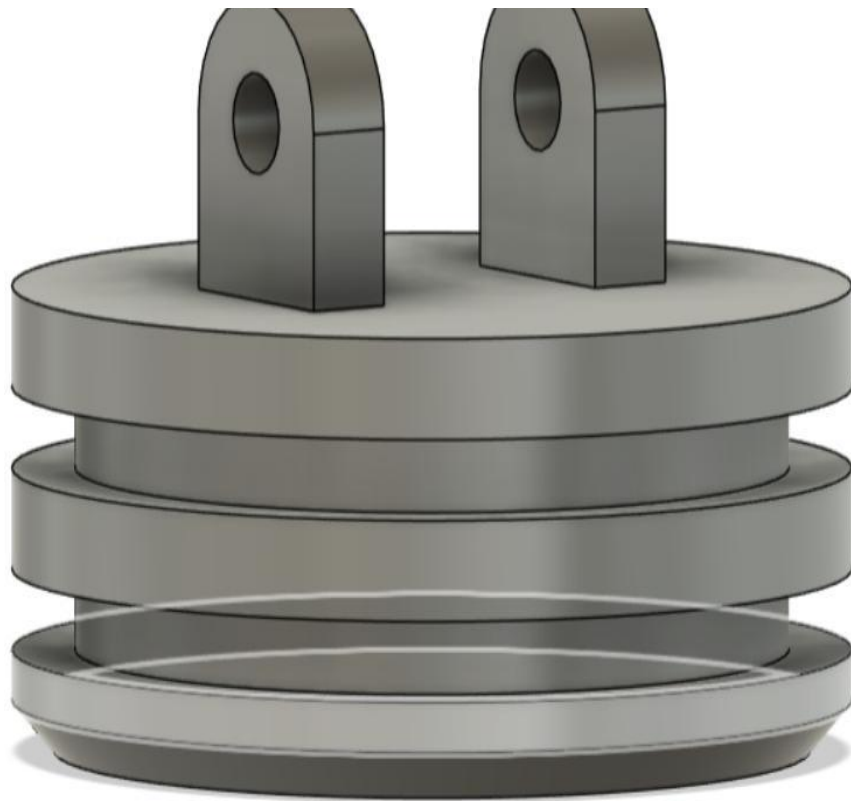
- **当前方式：**金属件活塞与气缸的滑动配合（H7/f7），依靠6061铝的低摩擦系数和精磨表面（Ra 1.6）减少磨损。
- **润滑：**
 - 初始阶段无额外润滑剂，依靠加工精度和材料特性。
 - 后续考虑加入 **石墨粉** 作为干式润滑剂，优点包括：
 - 减少摩擦系数（石墨摩擦系数约 0.1-0.2）。
 - 耐高温，适合无油气动系统。
 - 环保，无液体润滑剂泄漏风险。
 - 施加方式：将石墨粉涂抹于活塞表面，或混合于气缸内壁（需测试均匀性）。
- **密封：**
 - 当前依靠活塞与气缸的紧密配合实现气密性。
 - 未来可考虑添加 **O型密封圈**（如丁腈橡胶，安装于活塞槽内）或石墨粉，提高密封性能。
- **注意事项：**
 - 石墨粉可能随气体流动导致颗粒沉积，需定期清理。

5. 三维模型

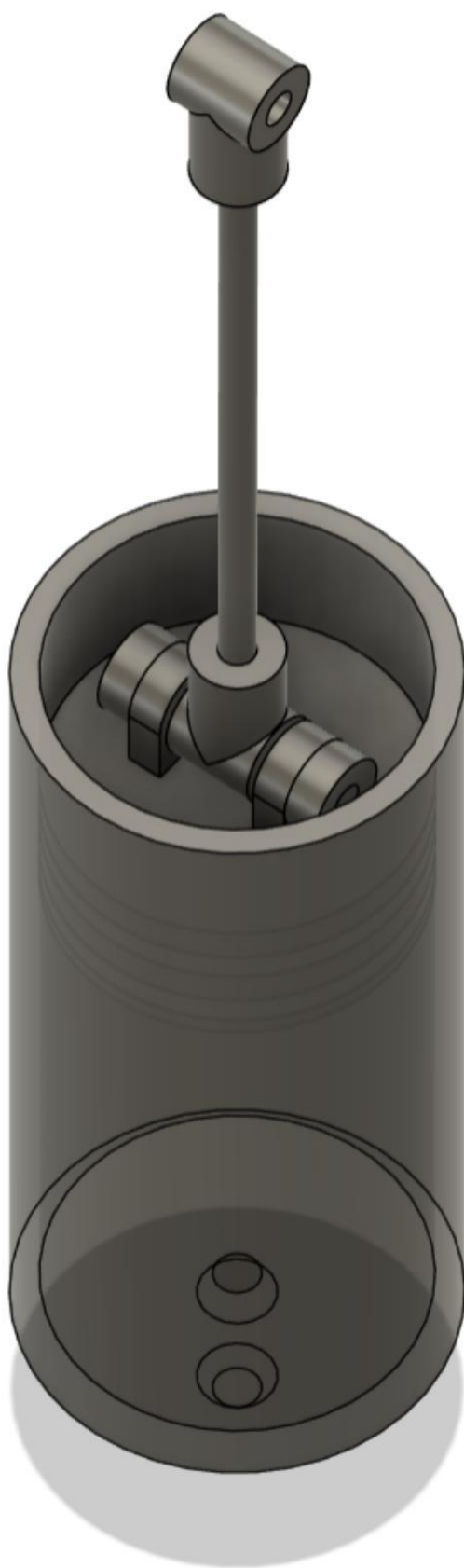
- **气缸：**



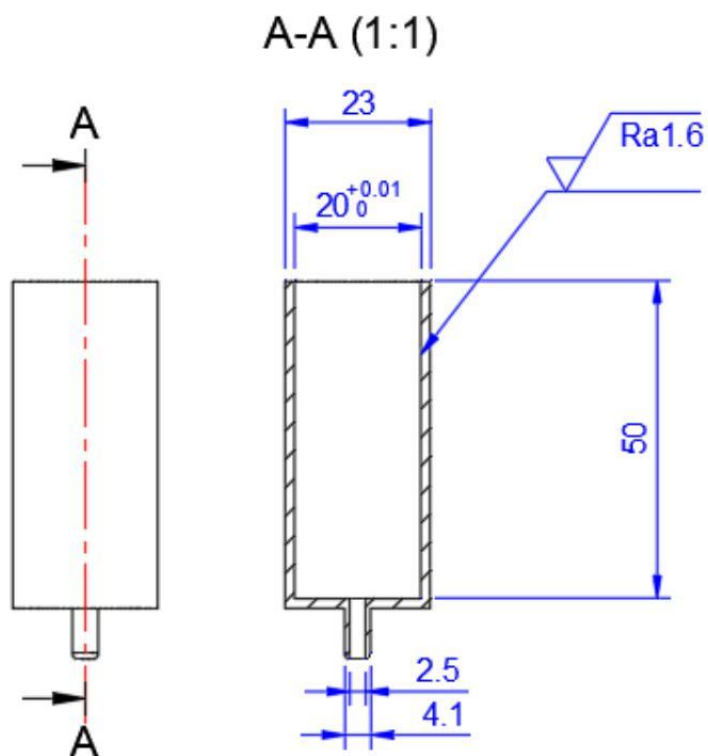
· 活塞：



· 装配:



6. 零件图 (公差、形位公差)

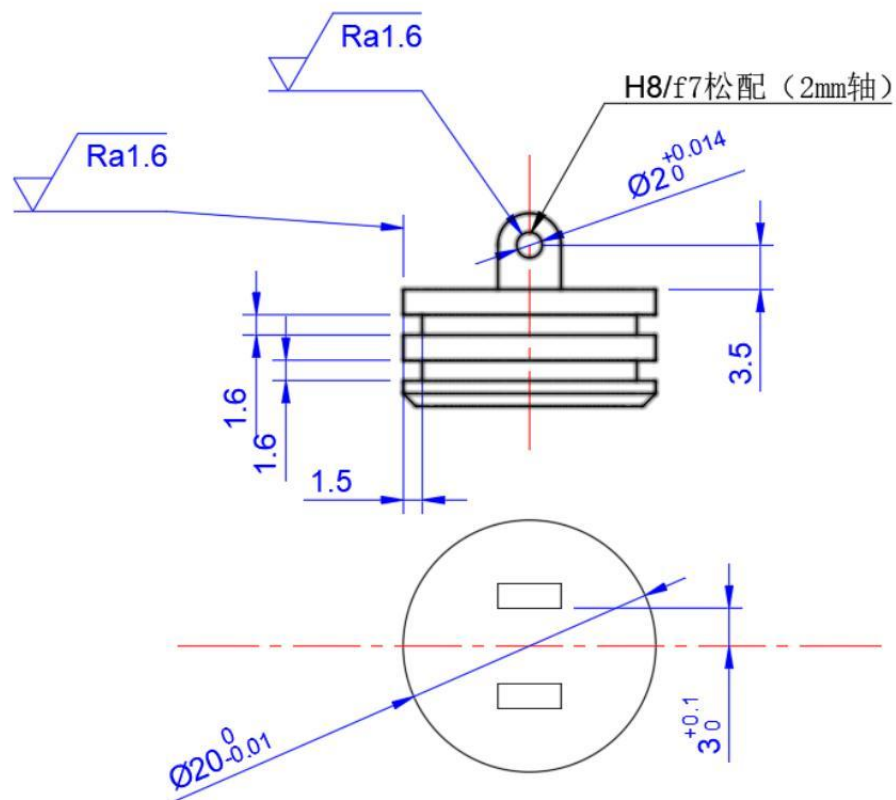


气缸:

尺寸:

- 外径: $\varnothing 23 \pm 0.05$ mm
- 内径: $\varnothing 20$ H7 (+0.01 mm / 0)
- 长度: 50 ± 0.1 mm
- 封闭端厚度: 1.5 ± 0.05 mm
- 进气孔: $\varnothing 2.5 \pm 0.02$ mm, 位于封闭端中心 **形位公差:**
- 内孔圆度: 0.005 mm
- 内孔圆柱度: 0.01 mm
- 内孔同轴度: 0.02 mm (相对于外圆)
- 内孔表面粗糙度: $Ra 1.6$ **材料:** 6061铝, 阳极氧化处理 (厚度 10-15 μm)

· 活塞：



尺寸：

- 直径： $\varnothing 20.00 f7$ (-0.01 mm / -0.02 mm)
- 长度： 10 ± 0.05 mm
- 可选密封槽：宽 1.56 ± 0.02 mm，深 1.5 ± 0.02 mm（若使用 O 型圈）

· 形位公差：

- 外圆圆度：0.005 mm
- 外圆圆柱度：0.008 mm
- 外圆表面粗糙度：Ra 1.6

材料：6061铝，阳极氧化处理（厚度 10-15 μm ）

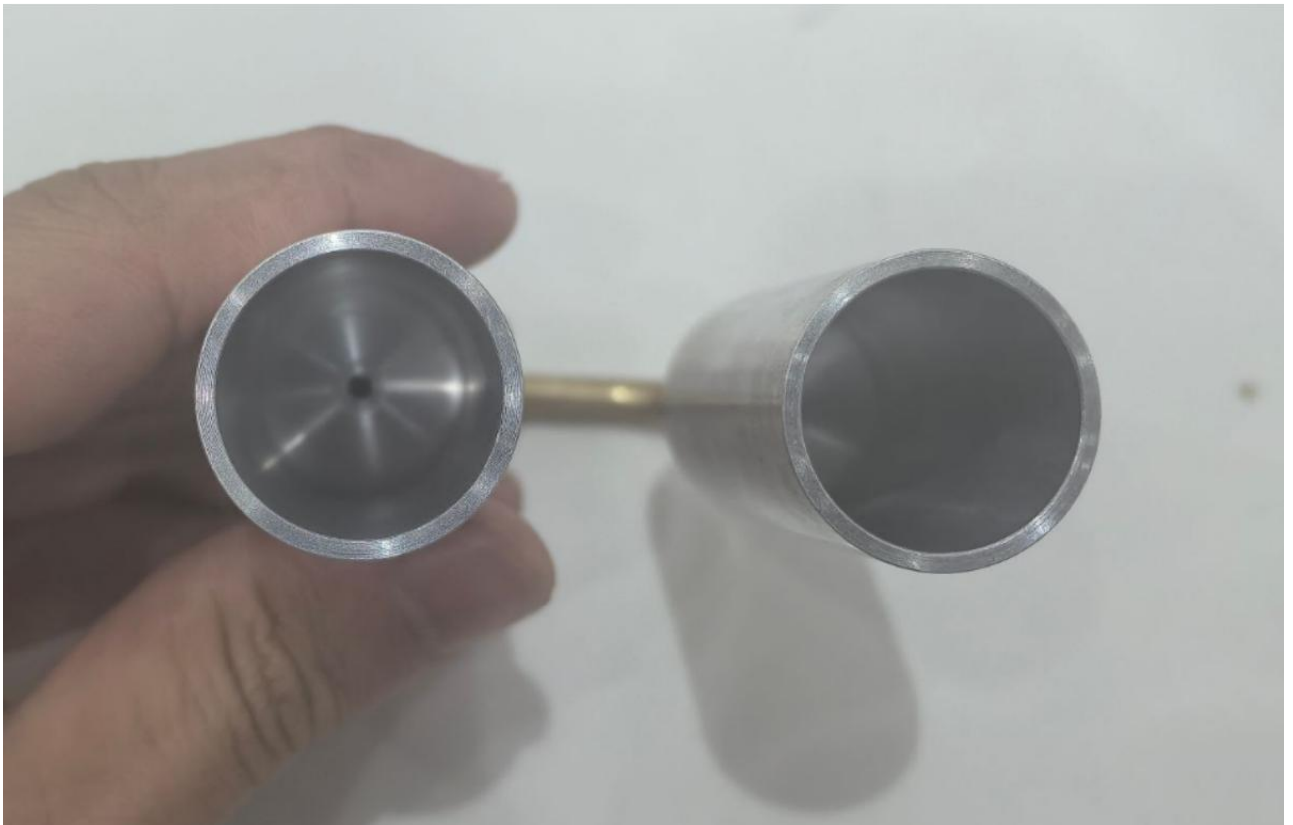
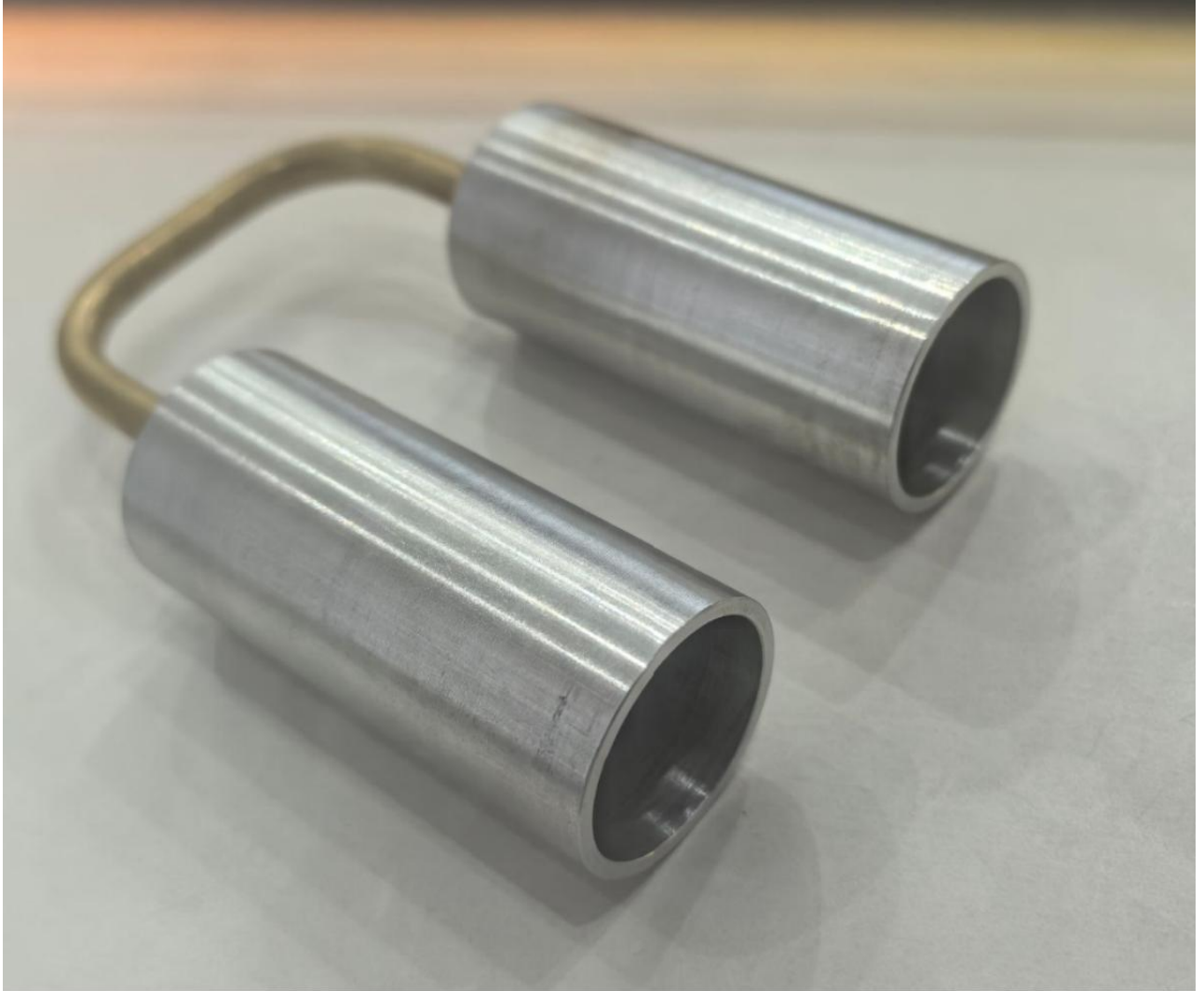
· 统一技术要求:

技术要求:

1. 未标注型位公差GB/T1184—1996—K级;
2. 未标注尺寸公差GB/T1804—2000—m级;
3. 未注倒角为C0.5;
4. 未注尺寸参考3D模型;
5. 边角无毛刺倒钝, 表面无明显划伤、划痕、氧化;
6. 未标注表面粗糙度Ra3.2;
7. 无表面处理。

7. 实物图

气缸：



· 活塞：



8. 实验测试

为验证气缸和活塞的性能，建议进行以下测试：

· **气密性测试：**

- 方法：将气缸连接至气源（压力 0.5-2 bar），封闭开口，检测漏气。
- 指标：无明显漏气，压力保持 5 分钟下降小于 5%。

· **滑动性能测试：**

- 方法：施加气压（0.5 bar），测量活塞往复运动的摩擦力和速度。
- 指标：摩擦力 < 0.5 N，运动平稳，无卡滞。
- 后续：加入石墨粉后重复测试，比较摩擦力变化。

· **耐久性测试：**

- 方法：以 1 Hz 频率循环运行 10,000 次，检查活塞和气缸内壁磨损。
- 指标：内孔和活塞表面无明显划痕，公差保持在规格内。

· **环境适应性测试：**

- 方法：在 0°C 和 50°C 环境下运行，观察滑动性能和气密性。
- 指标：性能无显著下降。

· **设备：**

- 气源：小型气泵（0-5 bar）。
- 测量工具：压力表、测力计、显微镜（检查表面）。
- 记录：每次测试记录数据，拍摄运行视频。

9. 分析总结

- **设计优点：**
 - 尺寸紧凑，适合小型气动系统。
 - 6061铝轻量化且易加工，成本低。
 - 滑动配合精度高（H7/f7），初始无润滑运行良好。
 - 石墨粉润滑方案环保，适合无油应用。
- **潜在问题：**
 - 榫木过盈配合可能因湿度变化导致松动或过紧，需控制环境。
 - 石墨粉可能沉积，需定期清理。
 - 长期运行可能因润滑剂老化导致摩擦增加。
- **改进建议：**
 - 考虑在活塞上加工密封槽，添加 O 型圈以提高气密性。
 - 优化木板安装工艺（如热压或胶黏），减小过盈力。
 - 测试不同润滑剂（如 PTFE 涂层）与石墨粉的性能对比。
 - 增加传感器，实时监测气缸内压力和活塞位置。
- **结论：** 气缸设计满足低负载、低速应用需求，理论寿命长（结合前述轴承寿命，系统整体耐用）。通过实验验证和润滑优化，可进一步提升性能，适用于小型自动化设备。