

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 Ø23 mm，内孔车削至 Ø20 mm（粗车后精车，确保表面粗糙度 Ra 1.6）。
- 活塞：外圆车削至 Ø19.98 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 Ø3 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 Ø20 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 Ø19.98 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

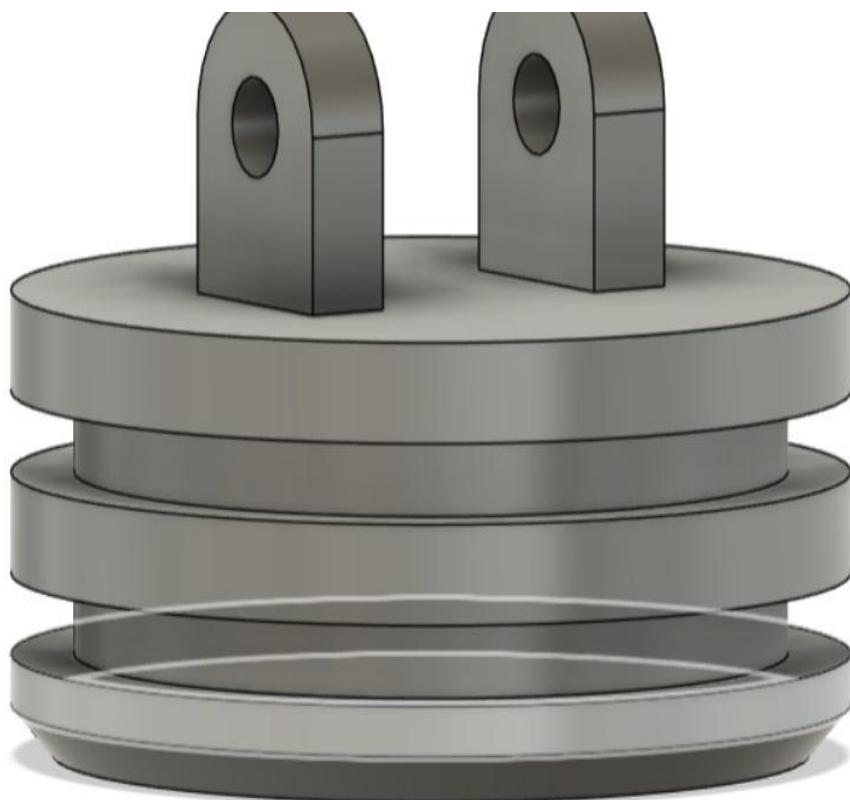
- **当前方式：**金属件活塞与气缸的滑动配合 ($H7/f7$)，依靠6061铝的低摩擦系数和精磨表面 ($Ra 1.6$) 减少磨损。
- **润滑：**
 - 初始阶段无额外润滑剂，依靠加工精度和材料特性。
 - 后续考虑加入 **石墨粉** 作为干式润滑剂，优点包括：
 - 减少摩擦系数（石墨摩擦系数约 0.1-0.2）。
 - 耐高温，适合无油气动系统。
 - 环保，无液体润滑剂泄漏风险。
 - 施加方式：将石墨粉涂抹于活塞表面，或混合于气缸内壁（需测试均匀性）。
- **密封：**
 - 当前依靠活塞与气缸的紧密配合实现气密性。
 - 未来可考虑添加 **O型密封圈**（如丁腈橡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

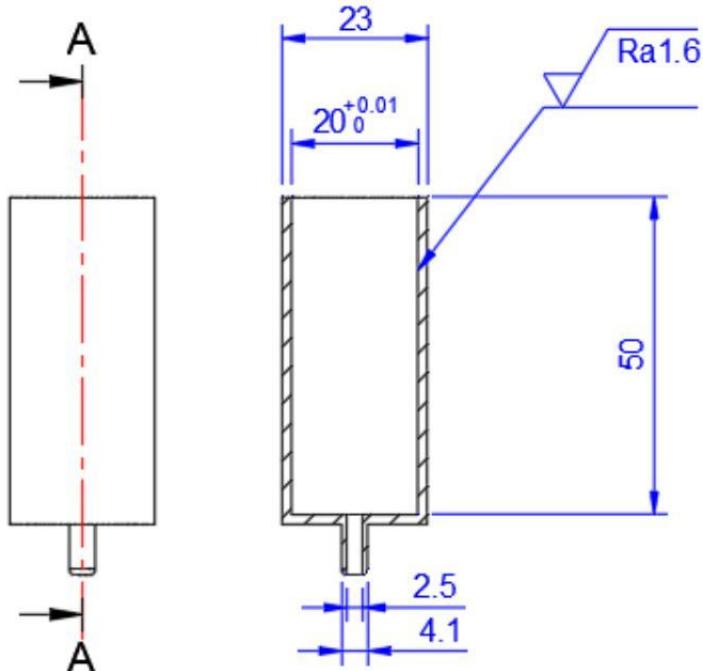


· 装配：



6. 零件图 (公差、形位公差)

A-A (1:1)

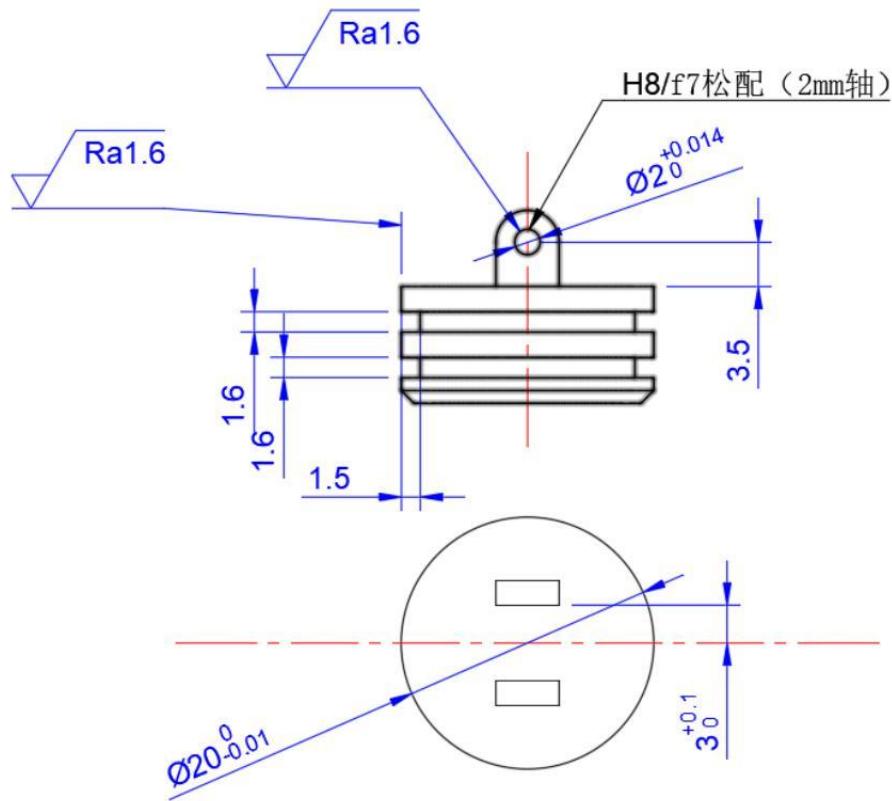


气缸:

- 外径: $\text{Ø}23 \pm 0.05 \text{ mm}$
 - 内径: $\text{Ø}20 \text{ H7 } (+0.01 \text{ mm} / 0)$
 - 长度: $50 \pm 0.1 \text{ mm}$
 - 封闭端厚度: $1.5 \pm 0.05 \text{ mm}$
 - 进气孔: $\text{Ø}2.5 \pm 0.02 \text{ mm}$, 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

尺寸:

· 活塞:



尺寸:

- 直径: Ø20.00 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)

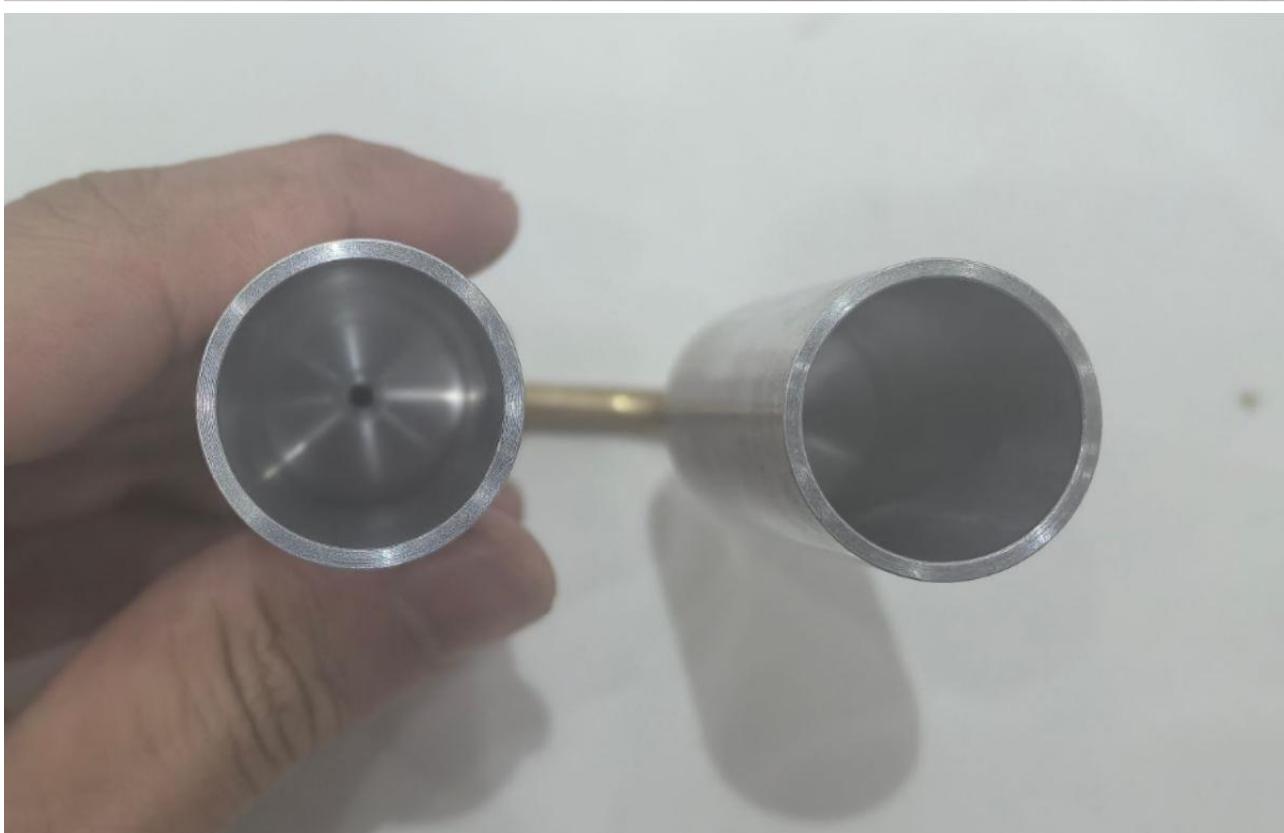
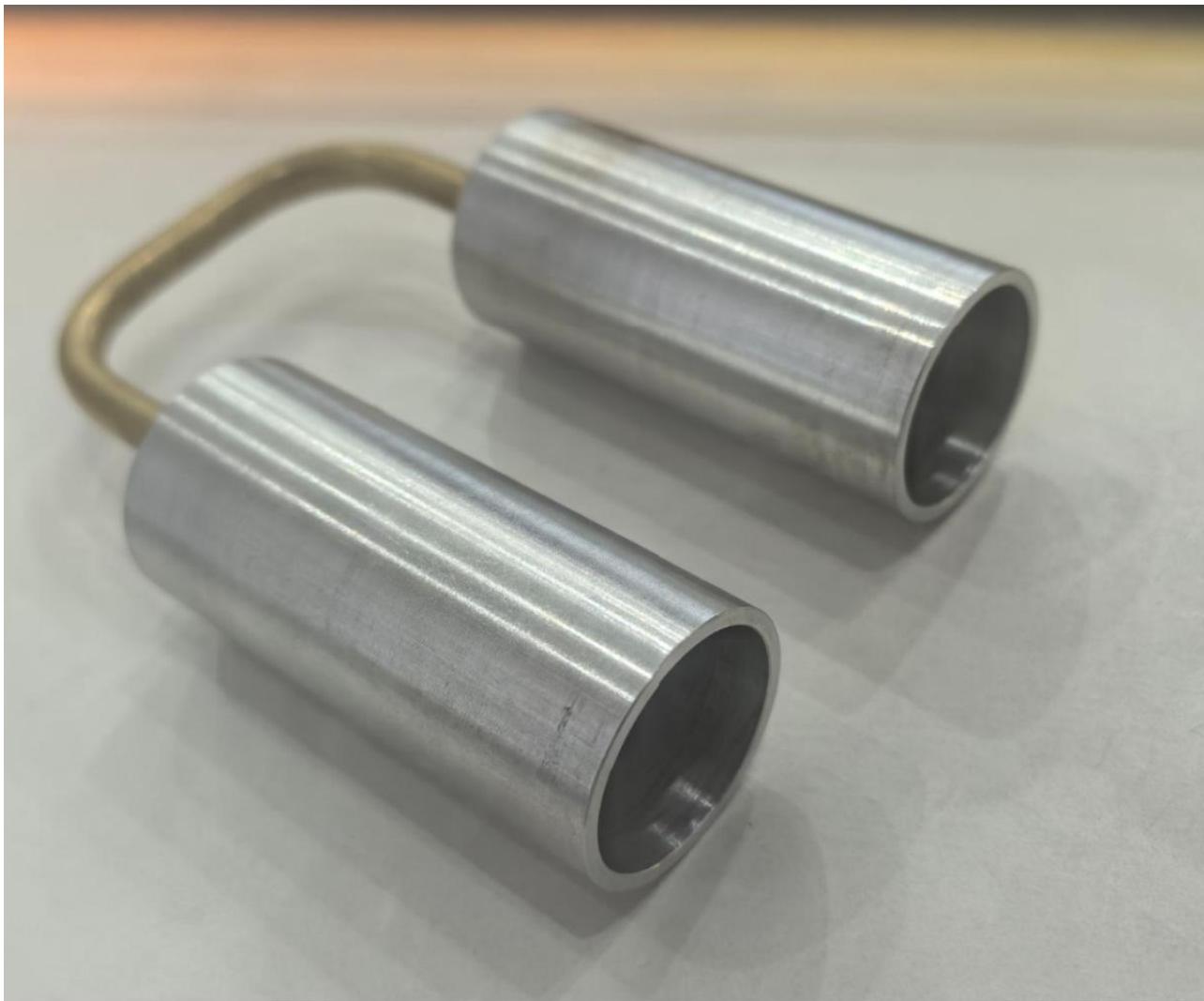
· 统一技术要求：

技术要求：

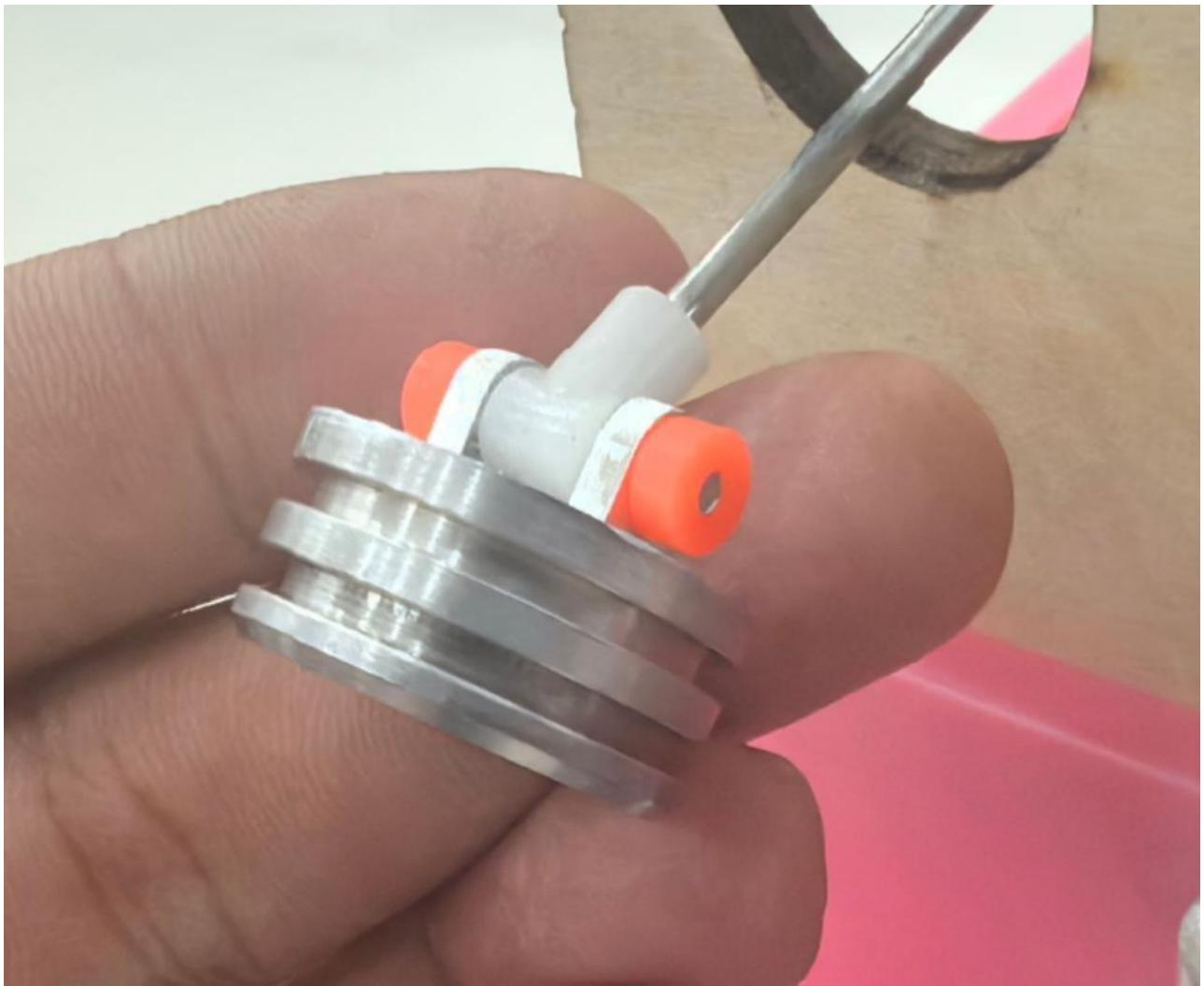
1. 未标注型位公差GB/T1184—1996—K级；
2. 未标注尺寸公差GB/T1804—2000—m级；
3. 未注倒角为C0.5；
4. 未注尺寸参考3D模型；
5. 边角无毛刺倒钝，表面无明显划伤、划痕、氧化；
6. 未标注表面粗糙度Ra3.2；
7. 无表面处理。

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。