


## ◆滑片机与螺杆机的对比

### 1.1 可靠性的对比

#### 影响可靠性的主要因素

影响因素	具体影响
零部件数目	● 零部件，尤其是运动部件数目越少，可靠性越高
运动速度	● 运动速度越低，可靠性越高
运动形式	● 运动形式越简单，可靠性越高
工作应力	● 应力形式越简单，受力越小，可靠性越高
加工装配要求	● 加工装配要求越低，越容易达到，可靠性越高
材质寿命	● 材质寿命越长，可靠性越高

#### 1.1.1 压缩机的核心部件—主机的对比

	 滑片机主机	 双螺杆机主机	 单螺杆机主机
运动部件数目	● 1 个转子	● 1 对阴阳转子	● 1 个螺杆，2 个星形轮
运动速度	● 1000-1500rpm	● 1500-3000rpm 以上	
运动形式	● 单纯回转运动	● 阳转子驱动阴转子进行啮合	● 螺杆驱动 2 个星形轮进行啮合
加工、装配要求	● 加工要求很高，但不需要专用设备 ● 装配简单易行	● 必须使用专用设备加工，要求十分严格： ● 装配复杂，要求十分严格	
材质寿命	● 所有运动部件使用寿命都在 10 万小时以上	● 轴承寿命 2-4 万小时	● 轴承寿命 5 万小时 ● 星形轮属于易损件，5 百到 2 千小时更换

### 1.1.2 受力的对比

轴承失效是困扰螺杆机，尤其是双螺杆机的主要问题之一，即便选用国际名牌优质轴承，2-4 万小时也必须更换。主机受力大、受力形式复杂是导致双螺杆机轴承失效的直接原因；单螺杆机在受力平衡方面有所改良，但作用有限；滑片机由于从原理上避免了轴向力从而使得轴承问题得以彻底解决。

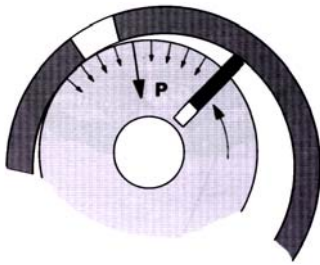


图 1-1 滑片机受力分析

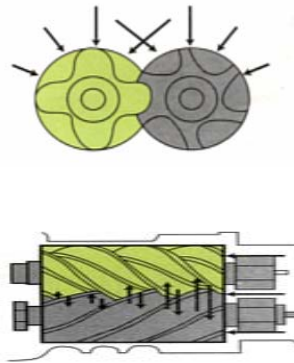


图 1-2 双螺杆机受力分析

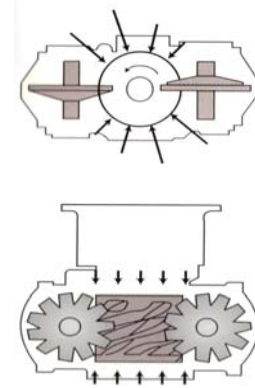


图 1-3 单螺杆机受力分析

比较内容	滑片机	双螺杆机	单螺杆机
受力种类	● 只受径向力	● 轴向力与径向力均存在	
轴承形式	● 滑动轴承	● 滚动轴承	
轴承数量	● 2 个	● 5-9 个	● 6-10 个
加工装配要求	● 易于加工装配	● 加工装配要求十分严格	
轴承寿命	● 10 万小时	● 2-4 万小时	● 5 万小时以内



图 1-4 螺杆机的滚动轴承

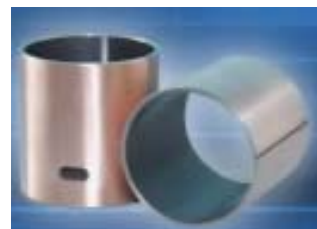


图 1-5 滑片机的滑动轴承

### 1.1.3 转速的对比

增加转子转速可以提高排气量。但转速过高，磨损会加大，能量损失也随之增加，从而压缩机负荷增大，运动部件寿命减短。因此通过提高转速来增大排气量是一种非常不合理的方式。

通过设计原理分析，我们知道：主机的有效吸入容积和容积效率是影响排气量大小的最主要因素，这也决定了螺杆机与滑片机转速的不同。

比较内容	滑片式压缩机	螺杆式压缩机
有效吸入容积	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 有效吸入容积较大</li> <li>● 达到相同的排气量其转速可明显降低</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 有效吸入容积较小</li> <li>● 达到相同的排气量只能靠增加转速</li> </ul>
容积效率	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 容积效率高，气体回流量小</li> <li>● 不必提高转速也能保证排气量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 泄漏点较多，效率低</li> <li>● 不增加转速，其排气量无法保证</li> </ul>
转速	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 每分钟 1000—1500 转</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 每分钟 1500—3000 转以上</li> </ul>

#### 小结：

通过本节的详细对比可见，滑片机运动部件少，运动形式简单，转速低，受力简单易平衡，从原理上彻底消除了轴承失效问题，在可靠性方面大大超出螺杆机。

## 1.2 效率的对比

### 1.2.1 容积效率的对比

$$\text{容积效率} = \text{实际产气量} / \text{理论产气量}$$

在压力差的作用下，压缩空气会从高压腔向低压腔回流（内泄漏），这是影响容积效率的最主要因素。这种回流主要表现为以下三个方面：

#### 一、沿定子内表面的泄漏

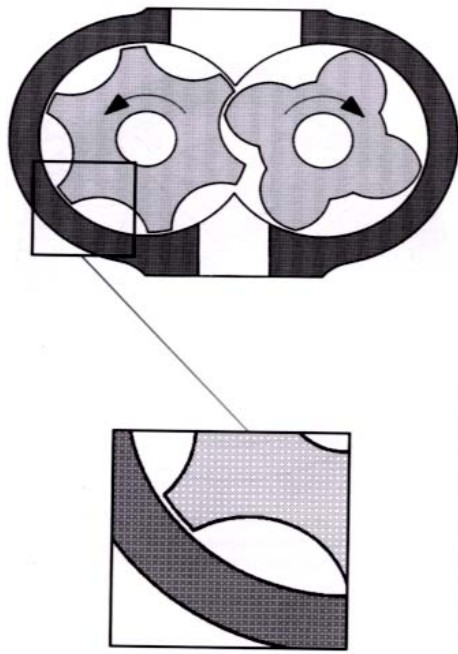


图 1-6 双螺杆机转子与机壳布置

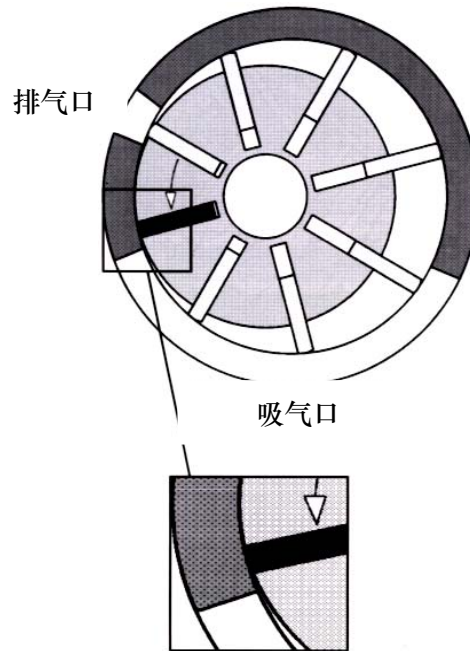


图 1-7 滑片机转子与定子布置

比较内容	滑片式压缩机	螺杆式压缩机
装配形式	<ul style="list-style-type: none"> <li>滑片被离心力甩出，与定子内壁主动密封，无间隙</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>双螺杆：为防止接触，转子和定子间必须留有足够的间隙</li> <li>单螺杆：转子、星形轮与定子间都必须留有足够的间隙</li> </ul>
气体回流	<ul style="list-style-type: none"> <li>油膜密封稳定，内泄漏可能性极小</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>油膜不能完全密封间隙，回流量较大</li> </ul>

## 二、沿端面的泄漏

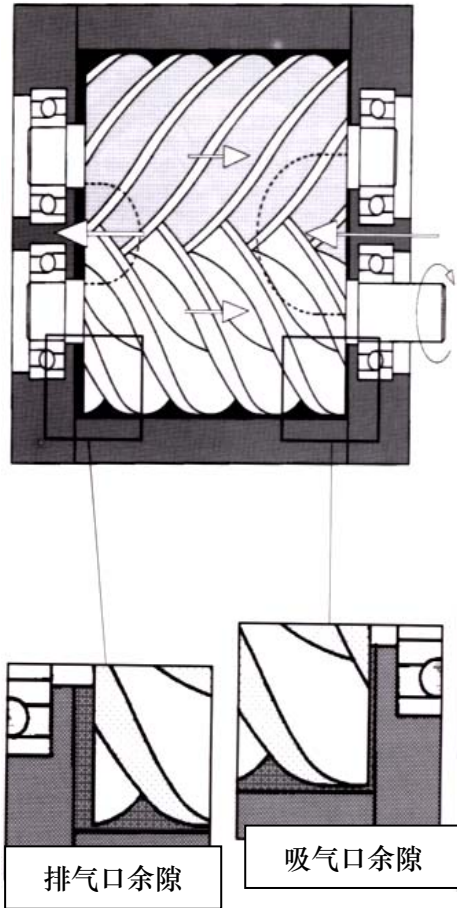


图 1-8 双螺杆机转子与端盖密封

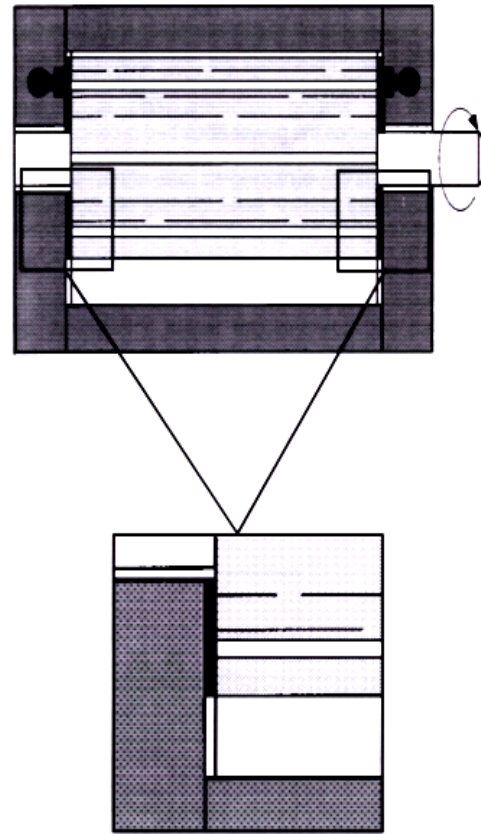


图 1-9 滑片机转子与端盖密封

比较内容	滑片式压缩机	螺杆式压缩机
气体回流	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 端面间隙不变，油膜密封保证沿端面无泄漏</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 排气口的余隙增大，意味着泄漏无法避免</li> </ul>
成因		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 强大的轴向推力</li> </ul>

### 三、余隙容积（泄漏三角形）

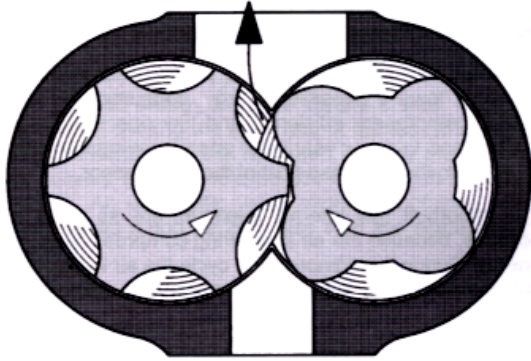


图 1-10 阴阳转子啮合

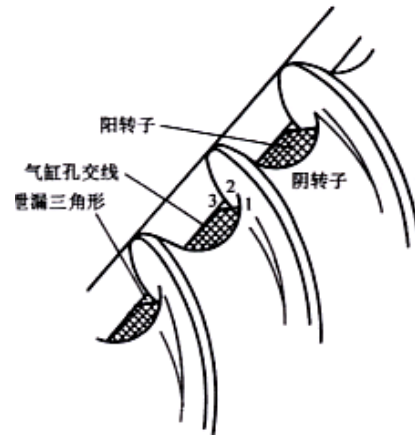


图 1-11 泄漏三角形

“泄漏三角形”是指在螺杆式压缩机中，转子在啮合时其形线造成的一个空隙。高压空气会通过此空隙向低压区回流，而且无法通过润滑油密封。

这是由螺杆式压缩机转子的几何型线带来的一个典型技术问题，彻底地消除它是不可能的。

滑片式压缩机中不存在“泄漏三角形”。

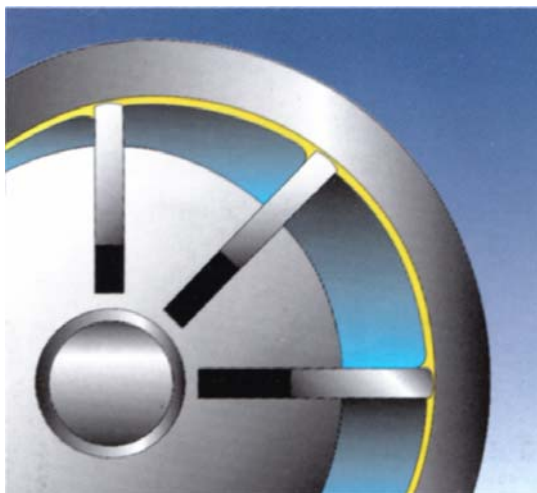


图 1-12 滑片的润滑与密封

**必须指出，随着运行时间的增加，磨损无法避免。**由于螺杆机是依靠阳转子驱动阴转子进行工作的，所以磨损较大，导致各种泄漏随之增大，排气量下降。

**滑片机唯一可能发生磨损的部件是滑片。滑片的末端是一个R弧，通过油膜与定子密封，磨损极小。即便滑片发生了轻微磨损，在离心力作用下的自补偿功能仍可以保证滑片与定子的良好密封，因此排气量始终如一。**

### 1.2.2 传动效率的对比

滑片机全部采用弹性联轴器传动，理论上没有机械能损失，实际效率也可以保证在 99% 以上。为保证高转速，螺杆机多数采用齿轮传动，某些机型因为结构设计或降低成本的原因采用了比较落后的皮带传动方式。

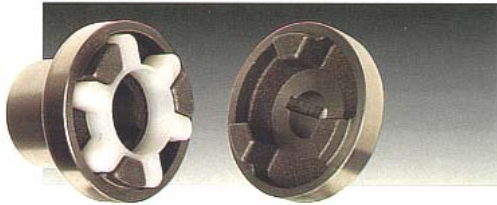


图 1-13 滑片机弹性联轴器

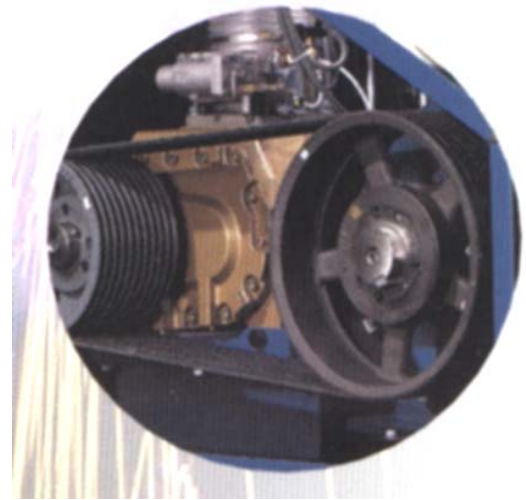


图 1-14 螺杆机皮带传动结构

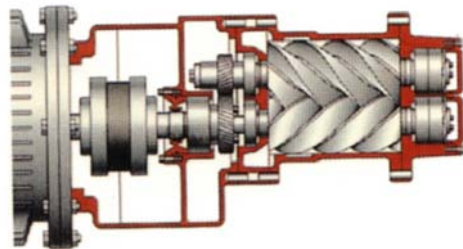


图 1-15 螺杆机齿轮传动结构

	弹性联轴器	齿轮	皮带
传动效率	99% 以上	96% - 98%	94% - 96%
安全性	高	低	高
维护	基本免维护	维护量很大，费用高	定期维护、2 千到 1 万小时更换

#### 小结：

电费是空压机用户最大的投资，所占比例超过 80%。因此，在效率上微小的提升都会给用户带来切实的收益。与双螺杆机相比，滑片机在效率方面的优势十分突出，真正符合压缩空气成本最低原则，在长期的使用中必将为用户带来巨大的经济效益。

### 1.3 维护性能的对比

#### 影响维护性能的具体因素分析：

组成部分	影响因素	具体影响
维护量	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 零部件数量</li> <li>● 维护周期</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 零部件数量越少，维护量越少</li> <li>● 维护周期越长，维护量越少</li> </ul>
维护难度	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 设备内部结构</li> <li>● 零部件尺寸与形式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 结构越简单，维护越容易</li> <li>● 零部件尺寸越小、重量越轻、形式越简单，维护越容易</li> </ul>

$$\text{维护费用} = \text{三滤更换费用} + \text{润滑油更换费用} + \text{油气系统检修费用} \\ + \text{传动系统检修费用} + \text{控制系统检修费用} + \text{主机检修费用}$$

比较内容	滑片式压缩机	螺杆式压缩机
三滤更换	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 三滤尺寸小，更换容易</li> <li>● 三滤寿命长：油分芯寿命 8000-1 万小时</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 三滤尺寸大，更换难度大</li> <li>● 三滤寿命相对较短：油分芯 4 千小时</li> </ul>
润滑油更换	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 油量仅为螺杆机的 1/2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 油量大，费用高</li> </ul>
油气系统检修	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 95%以上的管路和阀门内置，外部仅余 4 根管路，检修量少</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 所有管路和阀门外置，接头处易泄漏，检修量大</li> </ul>
传动系统检修	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 日常免维护，基本不发生费用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 皮带 2 千—1 万小时更换，张紧系统需定期维护</li> <li>● 齿轮传动需定期检修，检修量大，费用高</li> </ul>
控制系统检修	<ul style="list-style-type: none"> <li>● PLC 系统自带电器元件检测功能，检修方便</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 仪表控制系统检修量大，检修不方便</li> </ul>
主机检修	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 轴承终生免维护</li> <li>● 排气量始终如一，主机免维护</li> <li>● 不存在抱死现象</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 轴承需定期更换，一般双螺杆机 2—4 万小时，单螺杆机 5 万小时以内，费用很高</li> <li>● 双螺杆机一般 3 年左右排气量开始明显下降，需大修调整；单螺杆机星形轮属于易损件，需定期更换</li> <li>● 轴承失效、润滑油积炭等多种原因都可能导致主机抱死，一旦抱死，必须采用专用设备维修，现场无法进行</li> </ul>