

# 折纸结构对空气滤清器容灰量的影响

赵文德 尹领孚

平原滤清器有限公司研发中心 河南 新乡 453002

**摘要：**容灰量的高低作为一款空气滤清器好与坏的重要参考数据之一；本文讲述了在相同的空间、相同额定流量以及相同终了阻力的情况下，通过对比全压泡、隔一跳一、内压泡等不同折纸结构的空气滤芯的试验数据，可以发现折纸结构对滤芯的过滤面积、流阻、容灰量等参数影响很大；其中内压泡结构可以在增加滤芯过滤面积的同时降低产品原始阻力，提高产品的容灰能力。

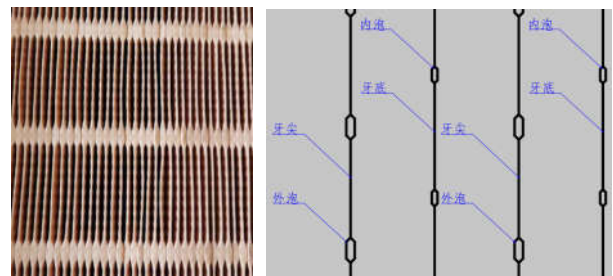
**关键词：**折纸结构；容灰能力；全压泡；隔一跳一压泡；内压泡

## 引言

发动机在正常工作时，需要吸入大量空气进行燃烧，而空气中的各种杂质大大增加了发动机内各种零部件之间的运动负担，导致发动机性能劣化，寿命减少；故发动机必须装备空气滤清器，空气滤清器中的空气滤芯决定了最终进入发动机内空气内杂质的浓度、成分和粒径的大小，空气滤芯的折纸结构保证了单位体积内的过滤面积，避免了纸质滤材被击穿的风险，提高了空气滤芯的整体的融灰能力，保证了滤清器的使用寿命。<sup>[1]</sup>本文介绍了对我司一款空气滤清器的容灰量进行提升过程，通过对比几种折纸结构的滤芯的试验参数，寻找到我司目前空气滤芯最佳的折纸结构。

### 1 现状分析

我司为某主机客户所供空气滤芯现有状态为全压泡（如图一所示）；



图一：全压泡视图

由图一可以看出，全压泡结构滤层的牙底处压泡紧密密布，波纹数已经达到极限。已知滤层波纹数为 $n = 150$ ，波纹高度为 $h = 38\text{mm}$ ，波纹幅宽 $L = 360\text{mm}$ 。

$$S = n \times h \times L \times 2 \quad (1)$$

滤纸为KF105，根据公式（1）可得过滤面积 $S = 4.1\text{m}^2$ 。试验标准为QC/T 32，使用270目石英砂，进行流阻、效率及容尘量试验；其结果如表一；

表一

KF-105全压泡 (KLQ-542A@800m <sup>3</sup> /h)					
过滤面积(m <sup>2</sup> )	4.1				
流量 (m <sup>3</sup> /h)	40%	60%	80%	100%	120%
流阻(kPa)	0.52	1.23	1.85	2.69	3.58
原始过滤效率(%)	99.81				
全寿命过滤效率(%)	99.97				
容灰量(g/6kPa)	1279.95				

### 2 结构改进

因为产品空间固定，且全压泡折纸结构的波纹数已经达到极限。但从图一上可以看出，滤芯波纹之间，除压泡之外还有很大的空间可以利用。我们可以通过优化折纸结构将剩余空间充分利用起来，提升产品过滤面积进而达到提升产品的容灰量目的。根据我司现有需求以及市场上对折纸结构运用情况，特引进隔一跳一式（花式压泡）、内压泡式等结构，进行验证。

#### 2.1 隔一跳一

隔一跳一式压泡结构见图二所示；滤纸总厚度 $\delta = 0.66\text{mm}$ ，根据公式

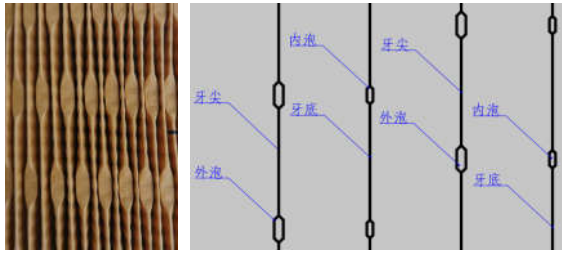
$$n = \frac{\pi d}{t}$$

(1) 式中： $d$ -滤芯内骨架外径，mm；

$t$ -折距（通常 $t \geq 3\delta$ ），mm；

$n$ -滤芯波纹数；

由(1)可以得出波纹数 $n \leq 181.8$ , 取整数 $n = 180$ 。



图二：隔一跳一式压泡视图

根据波纹数 $n = 180$ , 其余参数不变, 进行滤芯试制, 试验标准为QC/T 32, 试验粉尘为270目石英砂, 进行流阻、效率及容尘量试验; 其结果如表二;

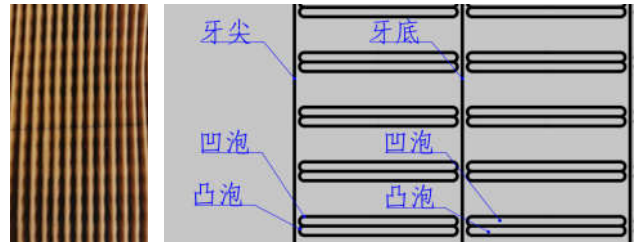
表二

KF-105隔一跳一 (KLQ-542A@800m <sup>3</sup> /h)					
过滤面积(m <sup>2</sup> )	S = n*h*L*2 = 4.92				
流量 (m <sup>3</sup> /h)	40%	60%	80%	100%	120%
流阻(kPa)	0.40	0.82	1.48	2.22	3.17
原始过滤效率(%)	99.83				
全寿命过滤效率(%)	99.98				
容灰量 (g/6kPa)	1522.73				

由表一、表二对比可以发现, 滤芯过滤面积由原来的极限值4.1m<sup>2</sup>增加至4.92m<sup>2</sup>; 原始阻力在过滤面积增加后, 由原来的2.69kPa降低至2.22kPa; 容灰量由原来的1297.95g增加至1522.73g。

### 2.2 内压泡式结构

内压泡式结构如图三所示, 由于滤纸一致, 根据公式(1), 取波纹数 $n = 180$ 。



图三：内压泡视图

试验标准为QC/T 32, 试验粉尘为270目石英砂, 进行流阻、效率及容尘量试验;

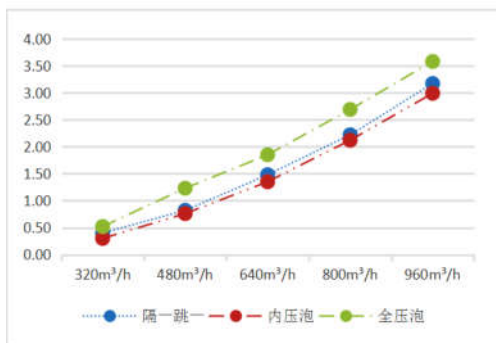
表三

KF-105内压泡 (KLQ-542A@800m <sup>3</sup> /h)					
过滤面积(m <sup>2</sup> )	4.92				
流量 (m <sup>3</sup> /h)	40%	60%	80%	100%	120%
流阻(kPa)	0.35	0.76	1.35	2.12	2.99
原始过滤效率(%)	99.81				
全寿命过滤效率(%)	99.98				
容灰量(g/6kPa)	1946.19				

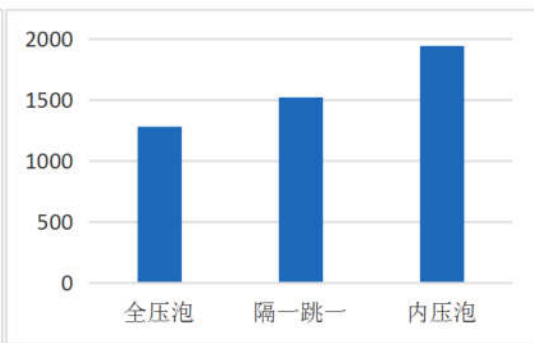
由表二、表三对比发现, 隔一跳一与结构相比, 过滤面积相同, 但是产品的原始由2.22kPa降低至了2.12kPa, 容灰量由1522.73g增加至了1946.19g。

### 2.3 小结

折纸结构由全压泡变更为隔一跳一与内压泡结构后, 滤芯波纹数从150折提升至180折, 提升了20%。原始滤清效率与全寿命滤清效率的差异均在0.03%以内; 可以得出三种折纸结构的加工过程中对滤纸的损伤一致, 可忽略不计。



图三：原始阻力对比



图四：容尘量对比

原始阻力(图三)明显有了降低, 在额定流量为800m<sup>3</sup>/h时, 分别降低了17%、21%, 其中内压泡结构效果最明显, 原始阻力最低。容灰量(图四)分别提升了14%、27%; 其中内压泡结构提升最大。

### 3 验证

为进一步验证折纸结构的对空气滤芯容灰量的影响, 选取我司另一款滤纸性能与之相近的KF-109进行对比(表四); 由于两种滤纸的单张厚度基本一致, 故按之前滤纸的折纸结构与对应的折数进行加工。<sup>[2]</sup>试验标准为QC/T 32, 试验粉尘为270目石英砂, 进行流阻、效率

及容灰量试验；其结果如表五所示；

表四

	单张纸厚度	起始压差	终止压差	单张纸容灰量	过滤效率	
					3.053 $\mu\text{m}$	5.051 $\mu\text{m}$
KF-105	0.66mm	184Pa	2000Pa	55.99g/m <sup>2</sup>	99.90%	99.99%
KF-109	0.68mm	125.13Pa	2000Pa	70.8g/m <sup>2</sup>	99.76%	100%

表五

KF-109 (KLQ-542A@800m <sup>3</sup> /h)			
折纸工艺	全压泡	隔一跳一式	内压泡
过滤面积(m <sup>2</sup> )	4.1	4.92	4.92
流阻(kPa)	2.53	2.03	1.89
原始过滤效率(%)	99.76	99.78	99.77
全寿命过滤效率(%)	99.98	99.97	99.97
容灰量(g/6kPa)	1609.15	1899.71	2172.77

通过表五数据对比分析得出：全压泡、隔一跳一式压泡与内压泡结构相比，原始阻力分别降低了19.8%、25%，容灰量分别增加了18%、35%；提升趋势与滤纸为KF-105一致；原始滤清效率与全寿命滤清效率的差异均在0.03%以内；故在更换滤纸后折纸结构对滤纸的损伤也基本一致，都可忽略不计。<sup>[3]</sup>

#### 结束语

本文通过对我司某款空气滤清器的容灰量的提升，对比了三种折纸结构对于产品的容灰量的影响，并在另一款滤纸上得到了验证，从中我们可以学习到：

(1) 在空滤芯空间尺寸一定时，全压泡结构的过滤面积小，隔一跳一与内压泡结构的过滤相同，但大于全压泡结构；在以后的产品设计过程中可以通过更改折纸

结构来调整滤芯的过滤面积；

(2) 在空滤芯过滤面积一定时，内压泡折纸结构产品原始阻力和容灰量要优于隔一跳一结构；在以后的产品设计过程中要优先选择内压泡结构。

(3) 在成本方面，全压泡结构最优；

#### 参考文献

[1]QC/T 32-2006中华人民共和国汽车行业标准.汽车用空气滤清器试验方法,2017.12

[2]霍东荣、王秉才、王建东.内燃机滤清器[H]中国内燃机工业协会滤清器分会 2004.9: 205-207

[3]霍玉荣.空气滤清器的设计与计算[J].内燃机与配件 2011(7):11-12