

用电子计算机排列喷嘴环

马继发

摘 要

以往冲压喷气发动机的喷嘴环排列用人工完成，十分烦琐，特别是当一次要排多套喷嘴环时，人工排环很难保证各台发动机的燃油浓度分布的一致性。改用电子计算机排环以后，大大地提高了排环速度，并且可使多套喷嘴环之间的差异减小，使喷嘴环具有互换性，为发动机组装和弹体总装提供方便。

一、排 环 的 重 要 性

冲压喷气发动机燃烧室中气流速度高达几百米/秒。燃油喷射到如此高速的气流中，需在几毫秒的时间内完成雾化、掺合、蒸发和燃烧一系列复杂过程。同时又要求有一定的稳定边界和较高的燃烧效率。这就要求喷嘴的分布合适以便形成较恰当的浓度场。

通常，为保证较高的燃烧效率，希望在火焰稳定器截面上的燃油浓度分布尽量均匀；为使发动机的贫、富油工作边界宽广，又不得不使燃油浓度分布保持一定的梯度^[1]。为保证获得较满意的综合性能，燃油浓度场的调试十分细致，需要进行大量试验。通过试验确定下来的喷嘴位置和每个喷嘴的燃油流量，是生产新的发动机的依据。新生产的发动机的燃油浓度分布能否保持与调试结果一致，主要取决于排环质量。

二、排 环 方 法^[2]

假设同时要排 N_1 套喷嘴环，每套喷嘴环有 N_2 个环圈组成，每个环圈上有 N_3 个喷嘴。

喷嘴环的代号以 I 表示，环圈的代号以 J 表示，每个环圈上的喷嘴位置代号以 K 表示（见图1）。

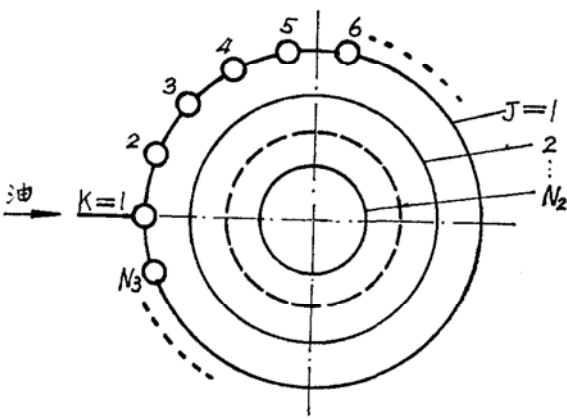


表 1 将喷嘴分到各套喷嘴环的第 J 环圈

序 号 \ I	1	2	3	4
1	A (1)	A (2)	A (3)	A (4)
2	A (8)	A (7)	A (6)	A (5)
3	A (9)	A (10)	A (11)	A (12)
4	A (16)	A (15)	A (14)	A (13)
5	A (17)	A (18)	A (19)	A (20)
6	A (24)	A (23)	A (22)	A (21)
7	A (25)	A (26)	A (27)	A (28)
8	A (32)	A (31)	A (30)	A (29)

图 1 第 I 套喷嘴环的各环圈及喷嘴分布

排环步骤是:

1. 输入待选的喷嘴的代号及流量, 并将喷嘴按流量值, 从小到大地排列成一个序列 $A(1), A(2), A(3) \dots A(N)$ 。

2. 排每套喷嘴环的第 J 环圈上的喷嘴。输入第 J 环圈的喷嘴流量平均值, 根据这个平均值在喷嘴序列上截取一部分喷嘴, 按表 1 所示的顺序, 将这部分喷嘴分给各喷嘴环的第 J 环圈(表 1 中仅取 4 套喷嘴环, 第 J 环圈上仅取 8 个喷嘴)。

3. 将第 J 环圈已分到的喷嘴重新排列, 目的是减少各象限总流量之间的差异。方法是先将已分到的喷嘴先沿顺时针方向按奇数位置顺序排列, 然后再沿逆时针方向按偶数位置顺序排列。以第 1 套喷嘴环的第 J 环圈为例(仍假设该环圈上有 8 个喷嘴), 其喷嘴与位置代号的对应关系如表 2 所示。

表 2 喷嘴与位置代号的对应关系

喷 嘴	$A(1)$	$A(8)$	$A(9)$	$A(16)$	$A(17)$	$A(24)$	$A(25)$	$A(32)$
位 置 代 号	1	3	5	7	8	6	4	2

排环结果示于图 2。

4. 检验排环质量首先检验某环圈的燃油平均流量。假设某环的要求值是 $\bar{m}$ 克/秒, (在喷嘴的燃油压差为 392×10^4 帕时)。而实际的排环值是 $\bar{m}'$ 克/秒。

$$\text{则 } \bar{m}' = \left(\sum_{i=1}^{N_3} A(i) \right) / N_3,$$

$\bar{m}'$ 对 $\bar{m}$ 的相对偏差以 φ 表示

$$\varphi = 1 - \frac{\bar{m}'}{\bar{m}}$$

φ 应小于允许值。如果产生 φ 大于允许值, 就应采取 措施, 或补充输入待选的喷嘴, 或是改变平均值, 然后重新排列, 直到对结果满意为止。

其次检验各象限的燃油流量。把喷嘴环分为四个象限。每个象限内的单个喷嘴流量累加起来, 得出每个象限的燃油流量, 各个象限的燃油流量的偏差应满足要求, 否则需调整喷嘴。

最后检验各套喷嘴环的总燃油流量是否满足要求。不满足要求, 也需重排。

由于计算机排环费时很少, 所以当检验时一但发现不合格, 重新排环也很容易。

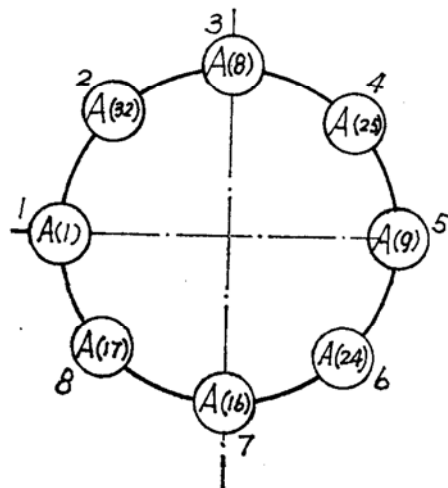


图 2 第一套喷嘴环的第 J 环圈的喷嘴排列结果

三、计算程序框图

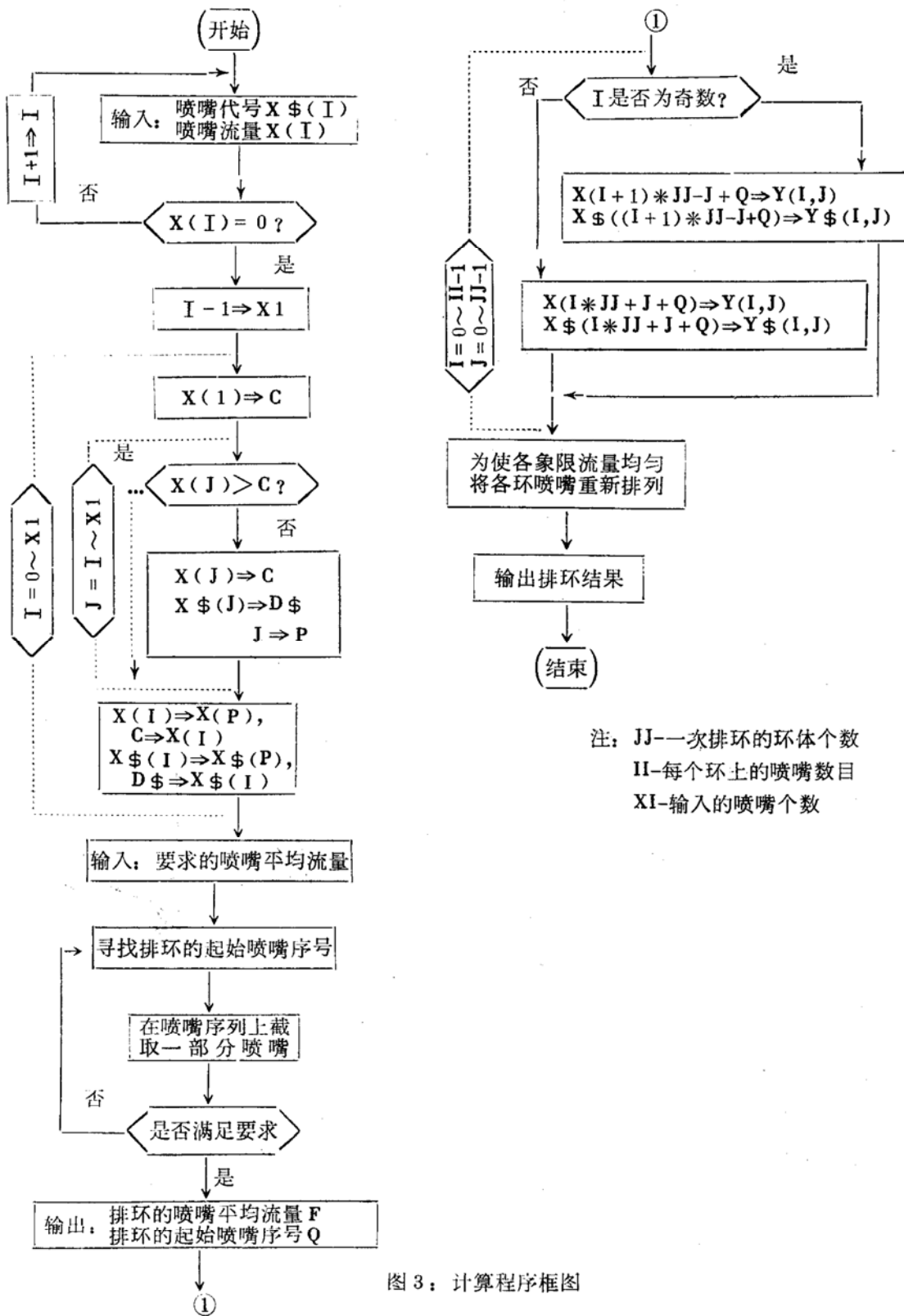


图 3: 计算程序框图

参 考 文 献

- (1) 李存杰等译: 冲压发动机技术。国防工业出版社, 1980年6月。
- (2) 马继发: 电子计算机排嘴环程序。1983年。