

往复式压缩机技术问答

安定钢 编著

烃加工出版社

前 言

为适应压缩机维修和操作人员的需要，便于在压缩机发生故障时进行分析和查找原因，特编写《往复式压缩机技术问答》一书，其中主要内容是压缩机在运行中常见的故障，及对这些故障的分析判断和排除方法。

本书除参考一些有关书籍并进行充实外，其余部分均系本人从事压缩机检修工作三十多年的实践经验汇总。

本书在编写过程中，经有关领导及同志们的大力支持和帮助，在此表示感谢。

作者1985年8月

2012/3/17

目 录

第一章 往复式压缩机的工作原理	1
1. 什么是压缩机工作过程?	1
2. 什么是压缩气体的三种热过程?	2
3. 什么是多级压缩?	4
4. 为什么要多级压缩?	6
5. 什么是气体压力? 压力单位的表示方法?	7
6. 什么是温度?	8
7. 什么是比容?	9
8. 什么是压缩机的生产能力(排气量)?	10
9. 影响压缩机生产能力提高的因素主要有哪几方面?	10
10. 为什么压缩机气缸必须留有余隙?	11
11. 为什么压缩机各级之间要有中间冷却器?	12
12. 为什么第一级气缸直径一定要比第二级气缸直径大? 它们之间的关系怎样?	13
13. 气阀是由哪些零件组成的? 各个零件有何作用? 阀片升降大小对压缩机有何影响? 如何调节? 气阀的弹簧弹力不一致有什么影响?	13
14. 吸气阀和排气阀有何区别? 安装气阀时应注意什么? 吸气阀装反会出现什么问题?	14
15. 活塞的结构有哪几种形式? 卧式压缩机的活塞下部为什么镶有巴氏合金?	15
16. 压缩机的润滑作用, 润滑类别及润滑方法?	16
第二章 压缩机的故障处理	20
1. 一级吸气压力异常上升是什么原因?	20

2. 中间级吸气压力异常上升是什么原因?	20
3. 一级排气压力异常上升是什么原因?	20
4. 中间级排气压力异常上升是什么原因?	20
5. 一级吸气压力异常低是什么原因?	21
6. 中间级吸气压力异常低是什么原因?	21
7. 一级排气压力异常低是什么原因?	21
8. 中间级排气压力异常低是什么原因?	21
9. 排气压力异常高是什么原因?	21
10. 一级吸气温度异常升高是什么原因?	21
11. 中间级吸气温度异常升高是什么原因?	22
12. 一级排气温度异常低是什么原因?	22
13. 中间级排气温度异常低是什么原因?	22
14. 中间级排气温度异常高是什么原因?	22
15. 中间级吸气温度异常低是什么原因?	22
16. 吸、排气阀不良是什么原因?	22
17. 气量显著降低是什么原因?	23
18. 空气过滤器为什么会堵塞?	23
19. 怎样判别各级气阀有故障?	23
20. 新安装的压缩机为什么一带负荷末级就超温、超压?	24
21. 为什么压缩机气缸出口温度不准超过规定范围?	24
22. 为什么压缩机各级排出系统必须设置安全阀?	24
23. 为什么工质为易燃易爆的压缩机在检修前和检修后（开 工或停机过久）要用氮气置换?	25
24. 轴瓦（承）过热是什么原因?	26
25. 活塞杆过热是什么原因?	26
26. 气缸过热是什么原因?	27
27. 传动机构撞击是什么原因?	27
28. 气缸发出撞击声是什么原因?	27
29. 气缸内发出突然冲击声是什么原因?	28
30. 吸、排气阀发出敲击声是什么原因?	28

31. 曲轴箱发出严重的敲击声是什么原因?	28
32. 飞轮发出敲击声是什么原因?	29
33. 曲轴裂纹或折断是什么原因?	29
34. 连杆螺钉拉断是什么原因?	29
35. 活塞卡住或咬住是什么原因?	30
36. 轴头漏油是什么原因?	30

第三章 压缩机维护检修

1. 主轴颈中心线与曲轴颈中心线不平行度不准超过多少?	31
2. 曲轴安装水平误差不准超过多少?	31
3. 曲轴的弯曲及曲臂距差最大不准超过多少?	31
4. 轴颈的椭圆度和锥度的安装允许值和最大磨损极限不准超过多少?	31
5. 轴瓦瓦背与瓦座(瓦窝)的配合有哪些要求?	31
6. 轴颈与轴瓦的接触角及接触点应留多大为标准?	33
7. 主轴瓦的径向间隙和侧部间隙应留多大为合适?	34
8. 怎样检测和调整主轴瓦间隙?	34
9. 怎样对四部分组合式轴瓦间隙进行检测和调整?	37
10. 怎样确定主轴瓦的轴向间隙(窜量)?	39
11. 怎样使用和装配薄壁瓦?	41
12. 连杆及连杆瓦在装配时应注意什么?	46
13. 连杆大头瓦过热和异响是什么原因?	47
14. 连杆小头瓦过热和异响是什么原因?	50
15. 曲轴在使用过程中发现什么情况应进行修理?	52
16. 十字头销过热和异响是什么原因?	53
17. 十字头跑偏或横移是什么原因?	54
18. 中间滑块和末端滑块过热并异响是什么原因?	55
19. 怎样调整和确定十字头上滑板与机身滑道的间隙?	56
20. 连杆螺栓使用到什么程度需要更换?	57
21. 活塞杆的磨损量最大不允许超过多少?	58
22. 活塞杆表面(贴填料处)的加工有哪些要求?	58

23. 填料漏气过多是什么原因?	58
24. 填料发生异常磨损、烧伤是什么原因?	59
25. 怎样研磨和装配填料环?	59
26. 为什么在装配高压填料时要把锥面斜度大的密封环装在最里边?	64
27. 刮油环带油是什么原因?	65
28. 从法兰盘处泄漏油是什么原因?	65
29. 怎样防止阀片翘曲变形?	65
30. 怎样更换气阀及注意哪些事项?	66
31. 阀片与阀座的质量标准是什么?	66
32. 阀片破损是什么原因?	67
33. 阀簧折断是什么原因?	67
34. 怎样确定活塞与气缸端部的死点间隙?	68
35. 活塞与气缸之间的周隙多大为宜?	69
36. 怎样检查活塞与气缸的周隙?	69
37. 怎样调整承重式活塞周隙?	70
38. 怎样调整支托式活塞周隙?	72
39. 怎样调整球面调心活塞?	72
40. 活塞组件总装配时应注意什么?	74
41. 活塞环为什么要留工作开口间隙? 怎样留工作开口间隙?	75
42. 活塞环在活塞槽里的侧面间隙应留多大?	76
43. 活塞环为什么要倒角?	76
44. 活塞环沉在活塞槽内, 槽的深度应比活塞环厚度大多少?	78
45. 活塞环异常磨损、烧损是什么原因?	79
46. 活塞环磨损到什么程度不能再使用?	79
47. 工程塑料材质的活塞环, 其工作开口间隙、侧部间隙应留多大?	80
48. 连杆的安全使用期限一般不允许超过多长时间?	80

49. 为什么活塞环工作一段时间后, 会磨成一边薄一边厚? ...	80
50. 气缸经过镗缸后, 其增大值不允许超过多少?	81
51. 气缸在安装或检修中, 应注意什么?	81
52. 气缸内径椭圆度及锥度超过多大不能再使用?	82
53. 为什么新安装的压缩机一开车十字头瓦就烧坏?	82
54. 压缩机在开车之前, 为什么要盘车?	83
55. 怎样从卧式十字头位置判断压缩机的旋转方向?	83
56. 压缩机的运动部件有异音是什么原因?	84
57. 气缸部分异常振动是什么原因?	84
58. 机身异常振动是什么原因?	84
59. 机体部分发生不正常的振动是什么原因?	84
60. 管线异常振动是什么原因?	85
61. 新安装的压缩机为什么基座振动?	85
62. 卧式气缸中心线与机身中心线的同心度不允许超过多大 为合适?	85
63. 立式气缸中心线与机身十字头导轨中心线的不同心度多大 为合适?	86
64. 压缩机的基础在工作时的振幅值规定不允许超过多少? ...	86
65. 压缩机的检修周期及检修项目是怎样规定的?	86
66. 大型低速压缩机检修周期为多久?	88
第四章 氨压缩机的故障处理	89
1 在气缸上产生敲击声是什么原因?	89
2. 气缸内发出敲击声是什么原因?	89
3. 机身内发出严重的敲击声是什么原因?	90
4. 曲轴箱内有敲击声是什么原因?	90
5. 氨压缩机启动时无油是什么原因?	90
6. 开车后油压正常一段时间又下降了是什么原因?	91
7. 氨压缩机油箱的润滑油显著下降是什么原因?	91
8. 注油器打滑或供油不正常是什么原因?	91
9. 轴封漏油是什么原因?	91

10. 轴封漏气是什么原因?	92
11. 怎样判别各级气阀的损坏? 气阀损坏有哪些原因?	92
12. 电力消耗不断上升, 蒸气压力与冷凝压力不变是什么原因?	92
13. 集油器爆炸是什么原因?	92
14. 氨压缩机气量不足是什么原因?	93
15. 氨压缩机开车后发生冲击, 但很快就消失了是什么原因?	93
16. 当低压截止阀开启, 氨压缩机发出冲击声是什么原因?	93
17. 氨压缩机在运转中有冲击声是什么原因?	93
18. 排气温度低于规定数值是什么原因?	93
19. 曲轴箱内润滑油起泡沫是什么原因?	93
20. 润滑油压过高是什么原因?	94
21. 润滑油压过低是什么原因?	94
22. 氨压缩机吸气温度过高是什么原因?	94
23. 氨压缩机进气压力与蒸发器压力相差很大是什么原因?	94
24. 氨压缩机排气温度比相对压力的温度高是什么原因?	94
25. 冷凝温度过高是什么原因?	95
26. 氨压缩机排气压力与冷凝压力相差甚大是什么原因?	95
27. 制冷压缩机的检修周期及项目是怎样规定的?	65
第五章 润滑油系统故障的处理	97
1. 齿轮油泵的工作原理、旋转方向、安全阀及平衡槽(孔)的作用和特点是什么?	97
2. 循环油压不高或突然降至到零是什么原因?	99
3. 润滑油因温度低而粘度大怎么办?	99
4. 齿轮油泵各部间隙应留多大?	100
5. 机油过热是什么原因?	101
6. 油压降低是什么原因?	102
7. 刮油环漏油是什么原因?	102
8. 注油器的柱塞常出现哪些问题?	103

9. 注油点（与缸壁油孔联接处）发热并漏气是什么原因？	103
10. 注油器供油不正常或不供油对压缩机有什么影响？	104
11. 注油器的逆止阀返气是什么原因？	104
12. 润滑油管堵塞是什么原因？	105
13. 怎样正确调节注油器的供油量？	106
14. 油料积炭是什么原因？	107
15. 怎样选用冷冻机油？	108
第六章 冷却水系统故障的处理	110
1. 排出管线温度增高是什么原因？	110
2. 冷却水中带有气泡是什么原因？	110
3. 怎样防止冷却水管系统的泄漏？	110
4. 怎样防止冷却水管件及冷却水管的冻裂？	110
5. 压缩机的出口气温过高是什么原因？	111
第七章 压缩机的试运、验收及电机检修	114
1. 压缩机启动时应注意哪些事项？	114
2. 压缩机怎样试车？	115
3. 压缩机在运转中必须注意哪些事项？	117
4. 压缩机在试运时可能会出现哪些问题？	118
5. 压缩机停车时应注意哪些事项？	123
6. 怎样做好压缩机的日常维护？	124
7. 压缩机的验收标准有哪些？	126
8. 压缩机的完好标准都包括哪些内容？	127
9. 怎样检测和调整电动机转子与定子的圆周间隙？	128
10. 电动机有异音是什么原因？	133
11. 压缩机与电动机对轮同心度不允许超过多少？	133
附表	134
(一) 钢丝线挠度表	134
(二) 主要零件的材料及硬度要求	138
(三) 主要零件的表面光洁度	138
(四) 往复式压缩机的基本型式	139

(五) 低压往复式压缩机的主要规格	141
(六) 中、高压往复式压缩机的主要规格	142
(七) 轴承合金的机械性能与用途	143
(八) 轴承合金的化学成分	144
(九) 常用法定计量单位与非法定计量单位的换算 系数表	144

第一章 往复式压缩机的工作原理

1. 什么是压缩机工作过程?

往复式压缩机都有气缸、活塞和气阀。压缩气体的工作过程可分成膨胀、吸入、压缩和排出四个阶段。

图 1-1 所示是一种单吸式压缩机的气缸。这种压缩机只在气缸的一端有吸入气阀和排出气阀，气阀每往复一次只吸一次气和排一次气。

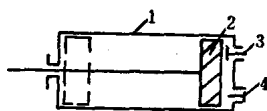


图 1-1 单级式压缩机
气缸简图

1—气缸；2—活塞；3—吸
入气阀；4—排出气阀

(1) 膨胀：当活塞 2 向左边移动时，缸的容积增大，压力下降，原先残留在气缸中的余气不断膨胀。

(2) 吸入：当压力降到稍小于进气管中的气体压力时，进口管中的气体便推开吸入气阀 3 进入气缸。随着活塞逐渐向左移动，气体继续进入缸内，直到活塞移至左边的末端（又称左死点）为止。

(3) 压缩：当活塞调转方向向右边移动时，缸的容积逐渐缩小，这样便开始了压缩气体的过程。由于吸入气阀有止逆作用，故缸内气体不能倒回进口管中，而出口管中的气体压力又高于气缸内部的气体压力，缸内的气体也无法从排出气阀 4 跑到缸外。出口管中的气体因排出气阀有止逆作用，也不能流入缸内。因此缸内的气体数量保持一定，只因活塞继续向右移动，缩小了缸内的容气空间（容积），使气体的

压力不断升高。

(4) 排出：随着活塞右移，压缩气体的压力升高到稍大于出口管中的气体压力时，缸内气体便顶开排出气阀的弹簧而进入出口管中，并不断排出，直到活塞移至右边的末端（又称右死点）为止。然后，活塞又开始向左移动，重复上述动作。活塞在缸内不断地来回运动，使气缸往复循环地吸入和排出气体。活塞的每一次来回称为一个工作循环，活塞每来或回一次所经过的距离叫做冲程。

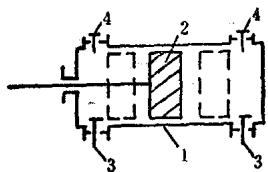


图 1-2 双吸式压缩机
气缸简图

1—气缸；2—活塞；3—吸入
气阀；4—排出气阀

图 1-2 所示是一种双吸式压缩机的气缸。这种气缸的两端，都具有吸入气阀和排出气阀。其压缩过程与单吸式气缸相同，所不同的只是在同一时间内，无论活塞向哪一方向移动，都能在活塞的运动方向发生压缩作用，在活塞的后方进行

吸气过程。也就是说，无论活塞向左移或向右移都能同时吸入和排出气体。

2. 什么是压缩气体的三种热过程？

气体在压缩过程中的能量变化与气体状态（即温度、压力、体积等）有关。在压缩气体时产生大量的热，导致压缩后气体温度升高。气体受压缩的程度愈大，其受热的程度也愈大，温度也就升得愈高。压缩气体时所产生的热量，除了大部分留在气体中使气体温度升高外，还有一部分传给气缸使气缸温度升高，并有少部分热量通过缸壁散失于空气中。

压缩气体所需的压缩功，决定于气体状态的改变。说通俗点，压缩机耗功的大小与除去压缩气体所产生的热量有直

接关系。一般来说，压缩气体的过程有以下三种：

(1) 等温压缩过程：在压缩过程中，把与压缩功相当的热量全部移去，使缸内气体的温度保持不变，这种压缩称为等温压缩。在等温压缩过程中所消耗的压缩功最小。但这一过程是一种理想进程，实际生产中是很难办到的。

(2) 绝热压缩过程：在压缩过程中，与外界没有丝毫的热交换，结果使缸内气体的温度升高。这种不向外界散热也不从外界吸热的压缩称为绝热压缩。这种压缩过程的耗功最大，也是一种理想过程。因为实际生产中，无论何种情况要想完全避免热量的散失，是很难做到的。

(3) 多变压缩过程：在压缩气体过程中，既不完全等温，也不完全绝热的过程，称为多变压缩过程。这种过程介于等温过程和绝热过程之间。实际生产中气体的压缩过程均属多变压缩过程。

图 1-3 所示是气体在上述三种情况下的压缩曲线。其中最外一条曲线 BC 表示绝热过程，称为绝热曲线；位于中间的曲线 BC_1 表示在实际情况下的气体压缩过程，称为多变曲线；位于里层的曲线 BC_2 表示气体在温度不变情况下的压缩过程，称为等温曲线。

从图 1-3 中可以看出，气体在等温压缩时所包含的面积 ABC_2D 比绝热压缩包含的面积 $ABCD$ 为小。面积的大小也可以表示功耗的大小，故等温压缩时所消耗的功就比在绝热压

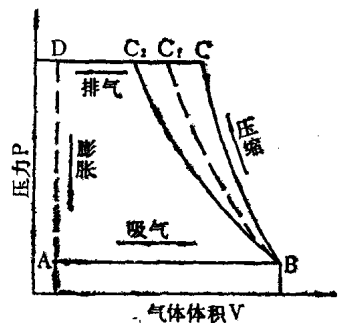


图 1-3 气体压缩曲线
BC—绝热曲线； BC_1 —多变曲线； BC_2 —等温曲线

缩时所消耗的功小得多。同时从图中也可看到，多变曲线介于等温和绝热曲线之间，其面积 ABC_1D 比等温压缩时的面积 ABC_2D 为大，比绝热压缩时的面积 $ABCD$ 为小，因而在多变压缩过程中所消耗的功就比等温压缩为大，比绝热压缩为小。多变曲线愈靠近等温曲线，其所消耗的功就愈少；反之，多变曲线愈靠近绝热曲线，则所消耗的功就愈多。所以，在实际工作中，为了节省压缩功，也就是节省压缩气体时所消耗的动力，就必须使多变过程尽量接近等温过程。换句话说，必须创造近似于等温过程的条件进行气体压缩。

要使多变过程接近于等温过程，必须将压缩气体时所产生的热量移去。在实际生产中，为了达到上述目的，多用空气和冷却水来冷却压缩机的气缸和压缩以后的气体。在压缩过程中，冷却的效果愈好，移去的热量会愈多，多变曲线也就愈接近等温曲线，则节省的动力也会愈多，愈经济。

图 1-3 又叫示功图，可用专门的仪器（示功器）描绘在图纸上，根据示功图可以确定指示功率，容积系数，压缩，膨胀过程的多变指数，吸气和排气时的压力损失和消耗在有害阻力上的指示功率。此外所有阀、阀的弹簧，活塞环和填料函工作的情况都反映在示功图上。

图 1-4 示出了压缩机正常工作和不正常工作的示功图。根据示功图歪曲的特点，可以看出压缩机在工作中所发生的故障及其性质。

3. 什么是多级压缩？

所谓多级压缩，即根据所需的压力，将压缩机的气缸分成若干级，逐级提高压力。并在每级压缩之后，设立中间冷却器，冷却每级压缩后的高温气体。这样，便能降低每级的排气温度。

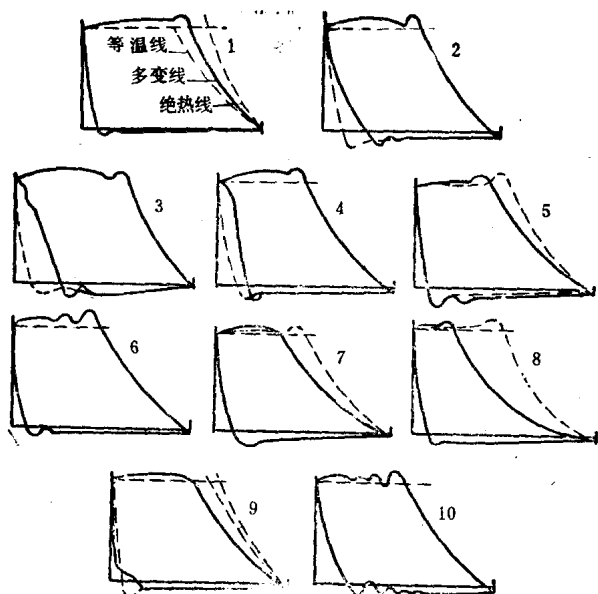


图 1-4 示功图的歪曲情况

1—正常的示功图(虚线代表理论的吸入、压缩和排出曲线)；2—余隙容积超过正常值；3—排出阀漏；4—排出阀片卡住；5—吸入和排出管路的阻力大；6—排出阀的弹簧过强；7—压缩时吸入阀或者活塞环漏；8—吸入阀卡住；9—活塞环泄漏；10—阀的弹簧选择不适当

图 1-5 所示，是多级压缩机的示功图。BC 为绝热曲线，BK 为等温曲线。当气体在 P_1 压力下进入第一级气缸，并在缸中压缩到 P_2 压力时，如果为绝热过程，气体状态以 BC₁ 线上的点 a 表示。在压缩过程中如果经过气缸水套冷却水的冷却，则气体状态落在图 b 点。由图可见，这样可节省 Bab 面积的功。状态 b 的气体再经过第一级缸后的中间冷却器，气体温度降低，体积由 b 点移到 c 点（压力 P_2 仍然保持不变）。

同理，在第二级压缩时，节省了 cade 面积的功；第三级

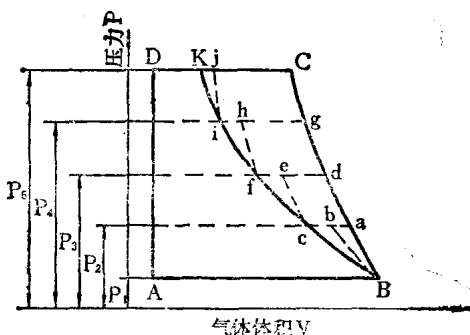


图 1-5 分段压缩示功图

P_1 —吸入压力; P_2 —一级出口压力; P_3 —二级出口压力; P_4 —三级出口压力;
 P_5 —四级出口压力; Bbcefghij—实际分级多变压缩曲线

所节省的功可用面积 $fdgh$ 表示, 第四级所省的功可用面积 $igCj$ 表示。如果分级愈多, 则 B、b、c、e、f、h、i、j 各点的连线就会愈靠近等温曲线, 节省的功也就愈多。

4. 为什么要多级压缩?

用单级压缩机将气体压到很高的压力, 压缩比必然增大, 压缩后的气体温度也会升得很高。气体压力升高比^①愈大, 气体温度升得愈高。当压力比超过一定数值时, 气体压缩后的终结温度就会超过一般压缩机润滑油的闪点 ($200 \sim 240^\circ\text{C}$), 润滑油会被烧成碳渣, 造成润滑困难。另外往复式压缩机在吸气过程中, 须待残留在气缸余隙容积(所谓余隙容积系指压缩机在排气终了, 活塞处于死点位置时活塞与气缸之间的空间以及连接气阀和气缸间的通道的空间) 内的高压气体膨胀到压力稍低于进气压力时, 才能开始吸气。高压气体膨胀后占去一部分气缸容积, 使气缸吸入气体的容积减少。显

①压缩后气体压力与压缩前气体压力之比称为压力升高比(简称压力比)。

然，如果压力比愈高，余隙内残留的气体压力也愈高，余气膨胀后所占去的容积就愈大，压缩机的生产能力就显著降低。同时，压缩机机件的长度、厚度和直径都必须相应增大，不然，就不能适应其所承受的负荷，结果，不但使压缩机的造价增高，而且还会增加机件制造上的困难。因此，为了达到较高的终压，必须采用多级压缩机。多级压缩机所消耗的功比单级的大为减少，级数愈多，省功愈多。同时，级数愈多，气体压缩后的温度也愈低，气缸所能吸入的气体的体积也愈大。但压缩机的级数也不应太多，因为级数每增加一级，就必须多一套气缸、气阀、活塞杆、连杆等机件，使压缩机结构复杂，并且大大增加设备费用。根据我国目前情况来看，一般压缩机每一级压缩比不超过3~5。

5. 什么是气体压力？压力单位的表示方法？

气体压力就是气体分子对容器壁面撞击，使壁面受到连续均匀的平均力。通俗地说，压力就是垂直均匀作用在物体上的力。它的数学表达式为：

$$P = \frac{F}{A}$$

式中 P——压力；
A——作用面积；
F——面积A上所受的力。

压力单位的表示方法如下：

(1) 国际单位制

a. 帕斯卡：1帕斯卡等于1米²面积上均匀垂直作用着1牛顿的力，符号为Pa。即1帕斯卡=1牛顿/米²。

b. 标准大气压：1atm (标准大气压)=101325Pa (帕斯卡)