

锻压设备概论

内蒙古工学院 吉林工业大学 合编
西北工业大学 西安交通大学

一九七七年九月



《锻压设备概论》编写说明

《锻压设备概论》是高等院校锻压设备教学的基本教材之一，主要为工农兵学员进行学工劳动，半工半读，结合三大革命实践开门办学使用，同时也为学员今后从事学习和工作提供一些参考。

本教材的主要内容是叙述各种类型锻压设备的动作原理，典型结构、设备性能与技术参数，以及必要的使用维护知识。

全书共分六章。第一章至第五章为常用锻压设备，它包括锻压生产中使用得最为广泛的五类锻压设备。在这一部分内容中比较详细叙述其工作原理，主要另部件结构，技术参数和使用维护知识。由于空气锤，蒸汽——空气锤和摩擦压力机无专门教材，故介绍略为详细。有些锻压设备使用虽不很广泛（如无钻座锤、热模锻压力机），但由于与某些常用锻压设备结构接近，故仍列入常用锻压设备部分，以利教学。本书第六章为其它锻压设备，简单介绍了一部分其它类型的锻压设备及新型锻压设备的动作原理，结构原理和工艺用途。

本教材第一章由内蒙古工学院编写。第二章和第六章的第十节由吉林工业大学编写。第六章（除第十节）由西北工业大学编写。第三章、第四章和第五章由西安交通大学编写。全书最后由西安交通大学汇总，出版。

TG315/8-3
18740

目 录

第一章 空气锤和机械锤

§ 1-1	空气锤的动作原理	1
§ 1-2	空气锤的配气——操纵机构	7
§ 1-3	空气锤的结构和使用维修	13
§ 1-4	机械锤	16

第二章 蒸汽——空气锤

§ 2-1	蒸汽——空气锤的工作原理及其力能关系	26
§ 2-2	蒸汽——空气自由锻锤	29
§ 2-3	蒸汽——空气模锻锤	37
§ 2-4	蒸汽——空气锤的主要另部件的结构	46
§ 2-5	蒸汽——空气锤使用工作介质的调节	56
§ 2-6	无钻座模锻锤	59

第三章 曲柄压力机

§ 3-1	曲柄压力机的工作原理及特点	63
§ 3-2	JB 23-63 吨压力机的主要另部件结构	66
§ 3-3	J 31-250 吨压力机的主要另部件结构	71
§ 3-4	曲柄压力机的主要参数及型号	76
§ 3-5	热模锻曲柄压力机	77

第四章 摩擦压力机

§ 4-1	摩擦压力机的基型和共性	85
§ 4-2	双盘摩擦压力机的典型结构及其操纵	86
§ 4-3	摩擦压力机的工作特性, 力能关系及其正确使用	99
§ 4-4	摩擦压力机的优缺点及其发展	104
§ 4-5	液压螺旋压力机的动作原理及其应用	106

第五章 液 压 机

§ 5-1 液压机的基本原理及其工作特点·····	109
§ 5-2 Y 32-300 吨液压机的本体结构·····	112
§ 5-3 Y 32-300 吨液压机的液压系统·····	117

第六章 其它锻压设备

§ 6-1 剪切机·····	128
§ 6-2 精压机·····	143
§ 6-3 平锻机·····	149
§ 6-4 拉深压力机·····	163
§ 6-5 冷镦自动机·····	174
§ 6-6 冷挤压机机械压力机·····	188
§ 6-7 卷板机·····	202
§ 6-8 高速锤·····	205
§ 6-9 精锻机·····	215
§ 6-10 辊锻机·····	226

第一章 空气锤和机械锤

空气锤是目前我国中小型锻工车间中数量最多，使用最广泛的一种锻造设备。空气锤由电动机直接驱动，不需要装设蒸汽锅炉或压缩空气机等复杂动力设备，因而投资费用低，使用维护方便。而且空气锤本身结构比较简单，操作灵活方便，工艺适应性好，可以完成全部自由锻造工序和用于胎模锻，因而深受中小型锻工车间欢迎。各种机械锤，如夹杆(板)锤、钢丝锤和弹簧锤等，具有结构简单，易于自制等优点，在缺少锻压设备的县、社办工厂，能够发挥较大的作用。

锻锤的规格，用落下部分的重量(包括上砧、锤头、锤杆和活塞)表示。我国目前制造和使用的空气锤，落下部分重量由30公斤到1000公斤。随着落下部分重量的增加，空气锤要求配备的电机功率、本体重量和占地面积显著增大，工作时吸排气噪声声很大，以及制造维修等方面的困难变得突出，而其经济和使用方面的优点相对地不明显了。因之，落下重量大于1000公斤的锻锤，采用其它传动形式，如蒸汽——空气锤等。

空气锤的使用历史悠久，结构已经基本定型，其规格和种类虽然很多，但其工作原理基本相同。本章主要说明空气锤的动作原理、配气操作机构和它的大体结构情况。对机械锤则只介绍夹杆(板)锤、钢丝锤和弹簧锤的动作原理。

§ 1—1 空气锤的动作原理

空气锤和其它一切锻锤一样，都是依靠锤头(落下部分)的动能做功的。落下部分在快速下落的过程中积蓄动能，在打击锻件的过程中将动能转化为锻件的变形能。下面介绍空气锤的结构组成，并分析空气锤的落下部分是如何动作的。

由图1-1、图1-2、图1-3可以看到，空气锤大体由下列四部分组成：

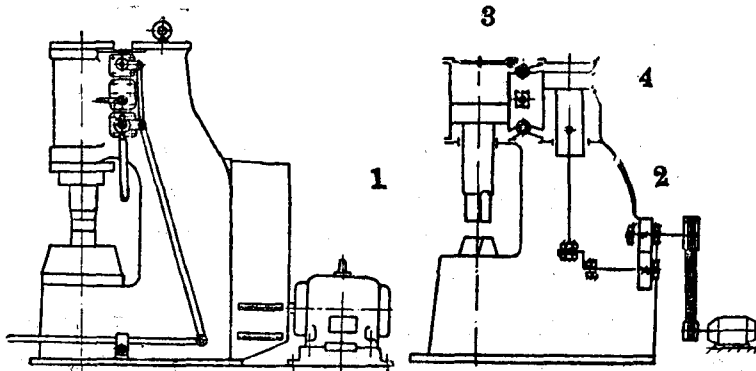


图 1-1 空气锤外形

图 1-2 空气锤工作原理图

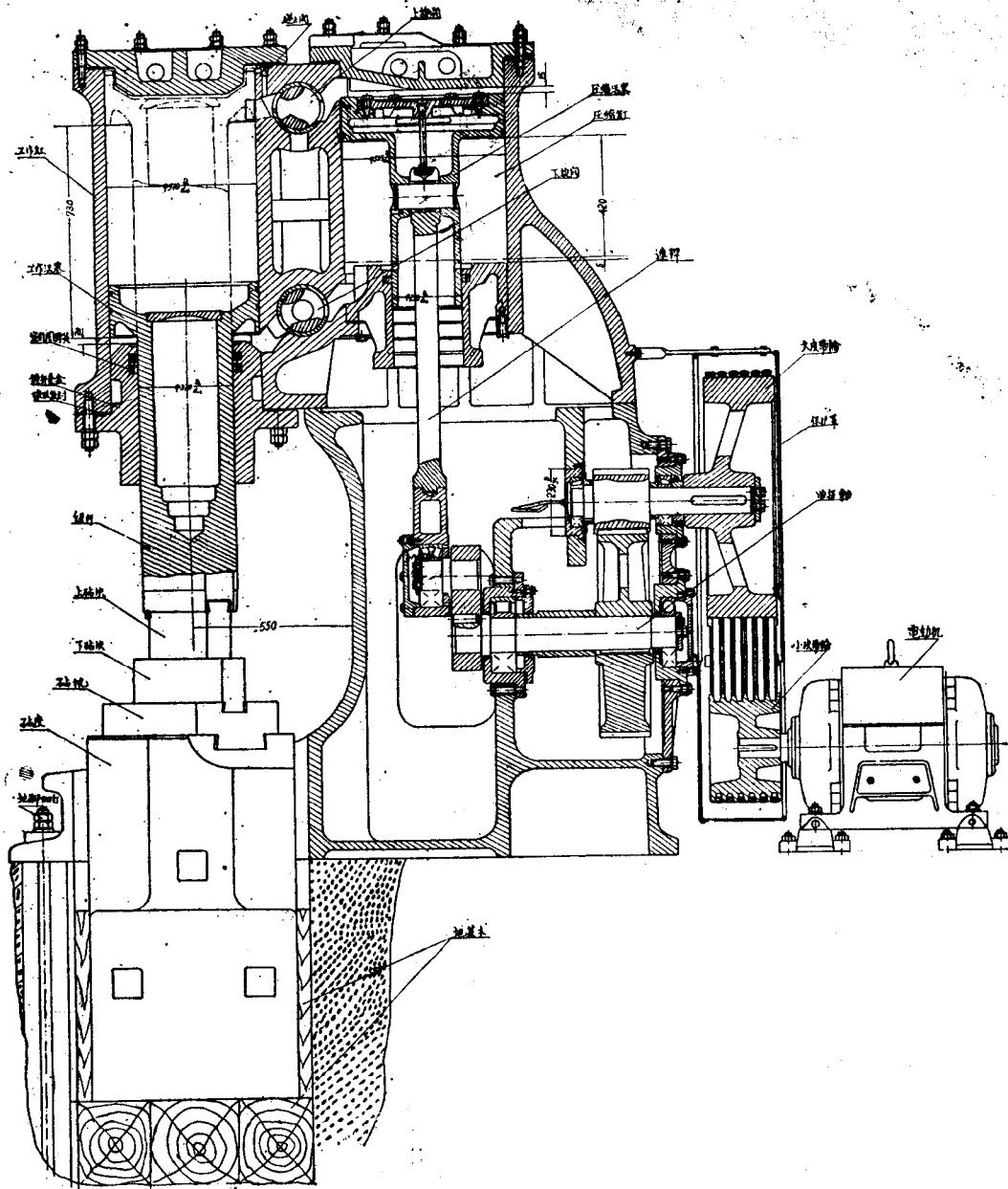


图 1-3 560 公斤空气锤剖视图

1. 工作部分。包括活塞、锤杆和上砧块，以及与之产生打击的下砧块和砧座。
2. 动力传动部分。由电动机、皮带和皮带轮、齿轮、曲拐轴、连杆及压缩活塞等组成。
3. 操纵部分。由上下旋阀、阀套、操纵手柄及机身气道组成。
4. 机身。由压缩缸、工作缸、立柱和底座组成。

由图 1-2 空气锤的传动原理图可见，电动机启动后，通过皮带、齿轮等传动系统，使曲拐轴的旋转运动变为活塞的直线运动。与连杆连接的活塞称为压缩活塞。压缩活塞在压缩缸中上下往复运动，使缸内的空气被压缩或膨胀。压缩缸的前方是工作缸，工作缸内有工作

活塞，工作活塞通过锤杆与锤头连接。工作缸与压缩缸之间有相通的气道及控制气道开闭的旋阀，旋阀与操纵手柄相连。操作工人将手柄转到某种位置，则压缩缸、工作缸和大气三者之间，通过气道形成某种连通情况，以实现空气锤的不同工作状态。

空气锤的工作状态也称工作循环，有空行程、悬空、压紧和打击四种。打击又有轻重、连打和单打之分。空气锤的不同工作循环，适应不同的锻造工艺要求。

空行程就是空气锤在起动或暂停工作时，不带动锤头运动，而只是带动压缩活塞上下运动，压缩活塞的上下腔与大气连通，所以电机几乎没有负荷。悬空时，电机仍在运转，但锤头停在上方，以便安放工具及翻转锻件。在需要对工件进行弯曲或扭转操作时，则需要锤头落下，将工件压紧，这就是压紧工作状态。打击时，改变手柄转角的大小，以实现轻重不同的打击，手柄在打击位置停留的时间长或短，可实现连打或单打。锤头打击一下后，立即将手柄推回到“悬空”位置，锤头抬起不再落下。这就是单打。若要连打，将手柄放在打击位置不动，则曲拐每转一周，锤头就打击一次，直到将手柄离开“打击”位置，才会停止打击。

那么，这些工作循环究竟是怎样实现的呢？下面以连打为例，说明空气锤的动作原理。参见图 1-4 空气锤动作原理图。

起动前（图 1-4 a），压缩活塞在最上位置，工作活塞在最下位置，工作缸和压缩缸的上下腔分别连通。这时压缩缸下腔通过活塞杆上的补气孔与大气连通，压缩缸缸壁上方的补气道又和压缩活塞上的补气孔正好相通，因而压缩缸和工作缸的上下腔皆与大气连通，缸内空气为一个大气压。当压缩活塞由曲柄连杆机构带动向下运动时，补气道和补气孔皆被堵死，则两缸与外界隔绝。于是，压缩活塞向下运动时，两缸下腔容积减小，上腔容积增大，相应地上腔气压降低，下腔气压增高。当作用于工作活塞下部的压力超过落下部分的重量时，锤头开始上升，这时曲柄转过的角度 $\alpha = \alpha_1$ （见图 1-4 b）。可见，压缩活塞向下运动一段距离后，工作活塞（锤头）才开始上升，锤头由静止开始运动。当曲柄由 α_1 转到 α_2 的

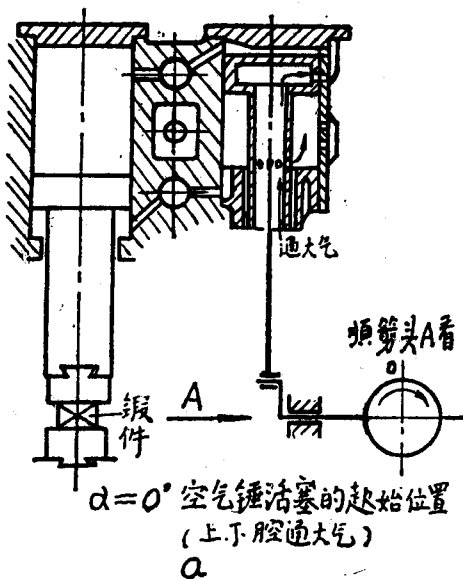


图 1-4(a) 起始位置

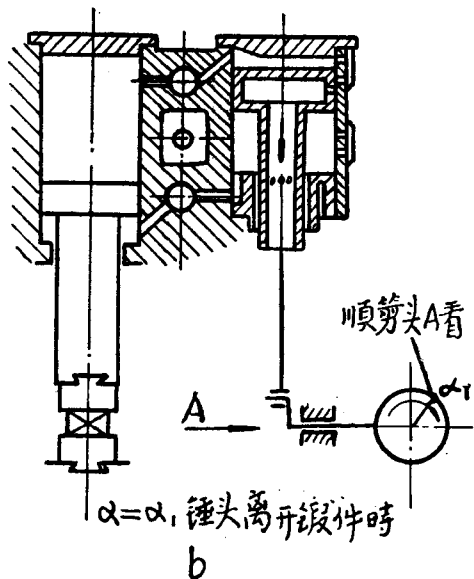


图 1-4(b) 锤头离开锻件时

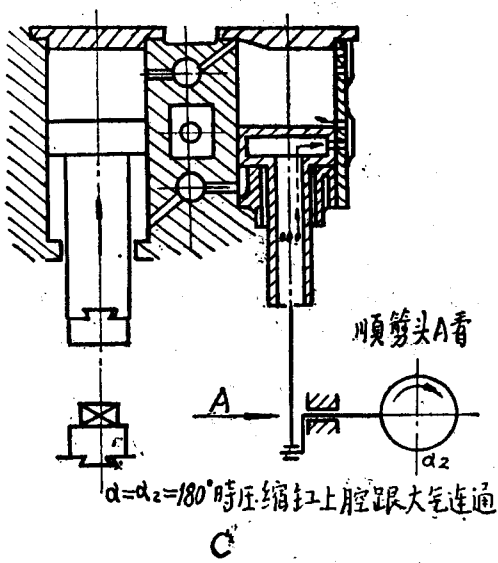


图 1-4(c) 壓縮缸上腔與大氣連通

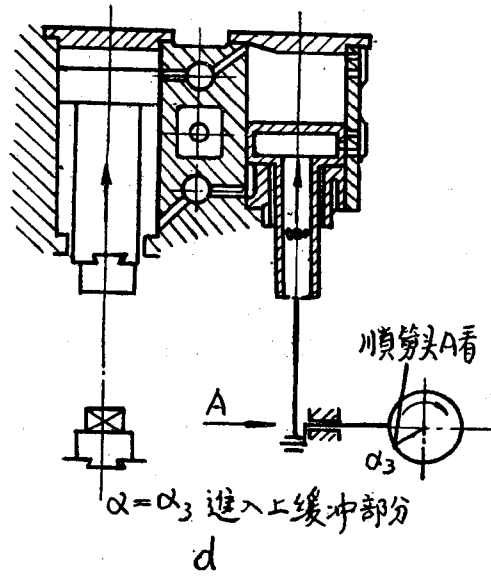


图 1-4(d) 進入緩衝

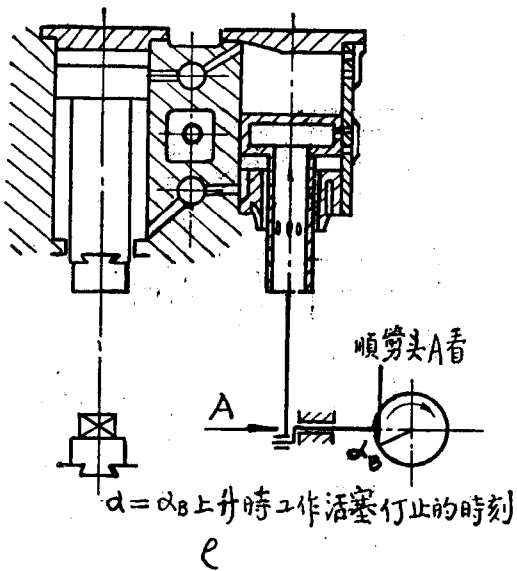


图 1-4(e) 工作活塞達最上位置

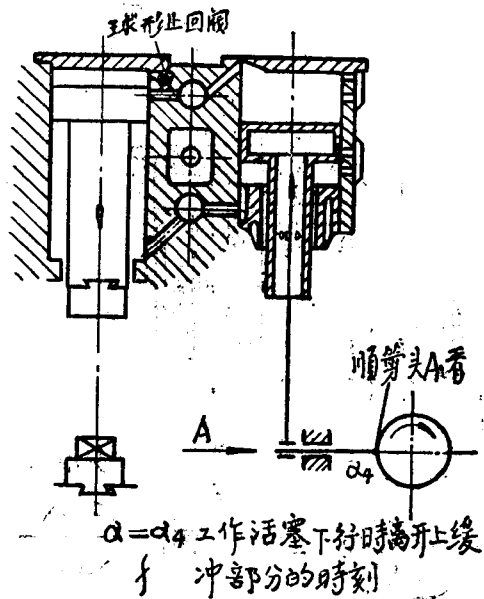


图 1-4(f) 脫離上緩衝

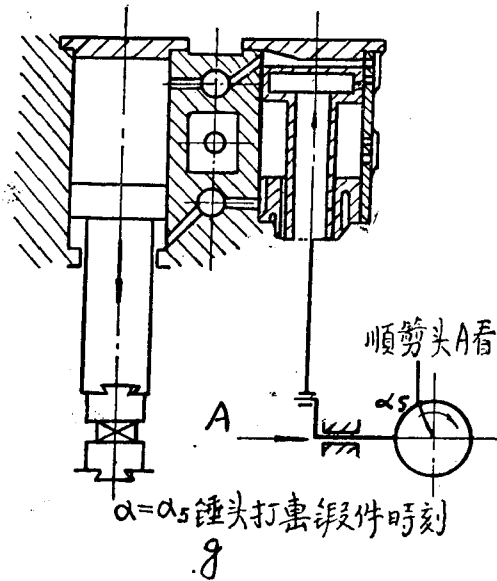


图 1-4(g) 锤头与锻件接触

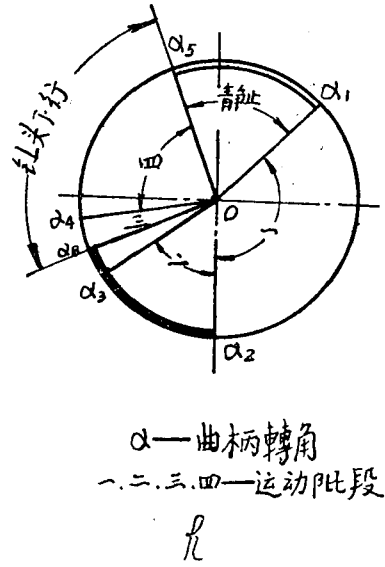


图 1-4(h) 空气锤工作循环

过程中，压缩活塞向下运动的速度大于工作活塞向上运动的速度，因而使两缸下腔继续被压缩，压力继续升高，而上腔压力继续下降，结果促使锤头加速上升，当压缩活塞到达下死点时， $\alpha=180^\circ$ （图 1-4 c），压缩缸缸壁上的下补气道正好和活塞上的补气孔接通，两缸上腔通大气，使上腔空气得到补充。在上述过程中，下腔压力最高可达 2.5 大气压左右，上腔压力可降低到 0.5 大气压。上腔补气后，压力又恢复到一个大气压。这样可以增加锤头下行时的推力，以提高打击能力。

当曲柄转过 180° ，带动压缩活塞向上运动时，锤头在惯性作用下仍然向上运动。当曲柄转到 α_3 时，工作活塞运动到刚刚堵住工作缸上腔进气口的位置（图 1-4 d）。这时工作活塞上部被封闭，因而当工作活塞继续上行时，其上部空气形成气垫被压缩，压力急剧升高，阻止工作活塞上行。与此同时，因压缩活塞也在上行，两缸下腔压力下降，所以最终将使锤头停止向上运动，并转而向下运动（图 1-4 e）。压缩活塞继续上行，压缩缸上腔的气压等于并将超过工作缸上腔缓冲区的气压，此刻压缩缸上腔的压缩空气顶开缸壁气道上方的钢球止回阀，使两缸上腔重新接通，见图 1-5。曲柄由 α_3 转到 α_4 ，即由工作活塞堵住上气道口，使两缸上腔隔绝，到打开止回阀，使两缸上腔重新接通的锤头运动阶段，称为缓冲阶段。

缓冲是必须的，否则工作活塞就有撞击上缸盖的危险。在缓冲过程中，被封闭在气缸上部的空气可被压缩到 6-7 个大气压，形成缓冲气垫，而且当锤头转而向下时，高压气垫还可以膨胀做功，从而增加锤头的下落速度和动能。钢球止回阀的作用是在工作活塞下降到离开上气道口以

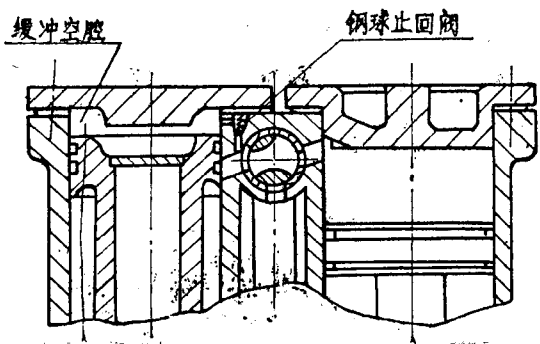


图 1-5 缓冲与止回阀

前就使两缸上腔沟通。这不但可以加速锤头向下，增加打击能量，还可以减轻压缩缸上腔空气压力的升高，从而减轻传动零件的负荷。

锤头脱离缓冲后，在活塞上面压缩气体的推动及落下部分的重力作用下加速下行，直到打击锻件，此刻曲柄转到 α_5 (图 1-4g)。一般当锤头打击锻件的时刻，压缩活塞还没有回到上死点，即 $\alpha_5 \leq 360^\circ$ 。

曲柄从 α_5 转到 α_1 ，锤头贴着锻件不动，称为贴着打击。

当压缩活塞继续运动时，锤头动作就会重复上述过程，进行连续打击，直到改变手柄位置从而改变气道连通情况为止。

由上述可知，在连打工作状态下，每当压缩活塞上下运动一次，工作活塞（锤头）也上下打击一下，两者的行程次数是一致的。然而并非机械地一上一下的传动。从图 1-4h 空气锤的工作循环图上可以看到，每当曲柄转过 360° ，锤头向上行程就占去了一个循环的大部分时间（由 α_1 到 α_5 ）。而锤头行程向下，则只是在相当短的时间内进行的（由 α_5 到 α_1 ）。这种运动特点，可以从软弹簧悬吊重物作上下振动的表演中形象地看到。所以空气锤缸内的空气，可以看成是连接工作活塞与压缩活塞的弹性零件。

压缩活塞的行程 S ，随曲拐转角 α 而变化的运动规律 $S = f(\alpha)$ ，可以由曲柄连杆机构的几何关系中得出。工作活塞的运动规律，位移 $x = f_1(\alpha)$ 及速度 $v = f_2(\alpha)$ ，则需要根据锤头在各运动阶段的受力情况，建立运程方程式来求得。图 1-6 所示，为某一空气锤的计算结果。

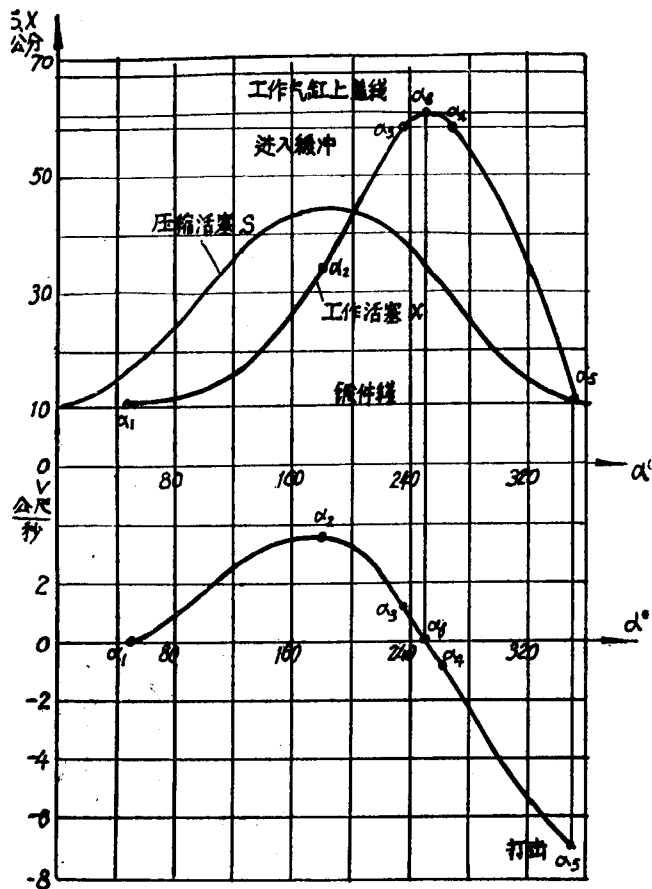


图 1-6 压缩活塞与工作活塞的位移和速度曲线

图中横座标是曲拐的转角 α° ，纵坐标分别是压缩活塞的行程 S （从上始点算起）、工作活塞的行程 x 以及工作活塞（锤头）的运动速度 v 。

§ 1—2 空气锤的配气——操纵机构

上面分析了空气锤连打时的工作原理，要研究如何实现空程、悬空、压紧及打击时的轻重不同，就需要了解空气分配阀的结构和操纵。

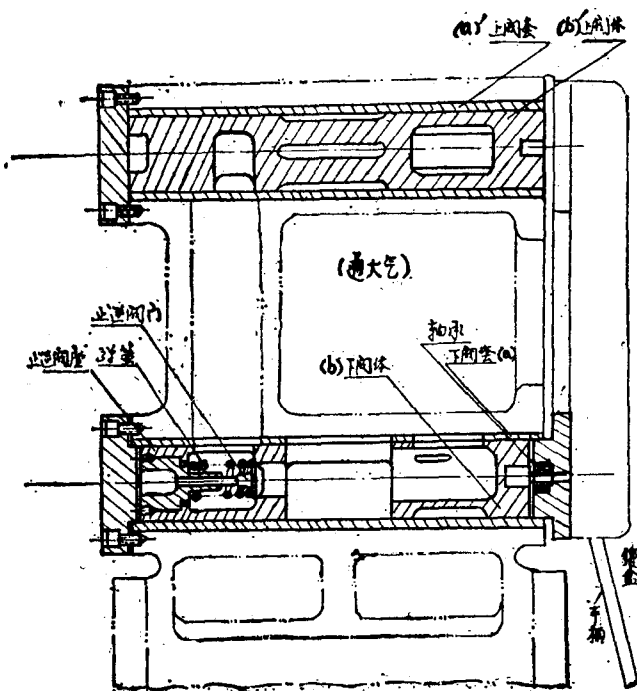
空气锤上使用的空气分配阀主要有双阀式和三阀式两种。我们先研究双旋阀，而后说明三阀式与双阀式的区别。

一、双阀式空气分配阀

图 1—7 (一) 是双阀式空气分配阀的剖视图。(二) 是空气分配阀的组成零件，即上下阀套和阀体的结构图。阀套装在床身上固定不动，其上的孔与床身上的孔相对，旋阀亦称阀体，装在阀套中，阀体可在阀套中旋转动作。560 公斤空气锤的上、下阀体，通过杠杆或链轮由手柄控制联动。

手柄旋转不同的角度，则阀体和阀套上的开口将压缩缸上下腔与工作缸上下腔以及大气三者之间，构成不同的连通情况。阀套与阀体上的开口数量、位置和尺寸大小，就是根据这个目的作出的。我们这里对具体结构尺寸不细介绍，而只需弄通空气锤实现不同工作循环时的气体流动方向和路线。

图 1—8 是双阀式空气锤的操纵示意图，图面的四个部分，分别形象地显示了操纵手柄



双阀式空气分配阀剖视图

图 1—7 双阀空气分配阀结构 (一)

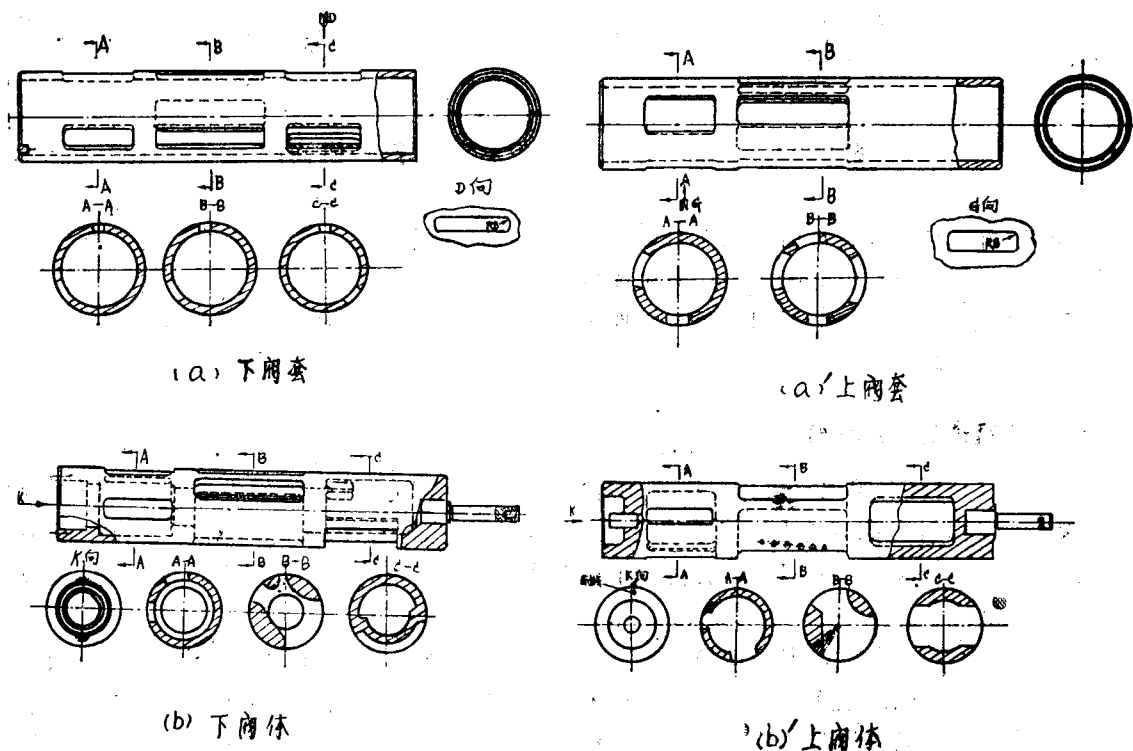


图 1-7 双阀式空气锤分配阀的结构 (二)

在不同工作位置时的气路连通情况，图中的 $A-A$ 、 $B-B$ 和 $C-C$ 剖面分别与图 1-7 中的同名剖面相对应。下面我们设想每种工作循环应有怎样的气路连通情况，然后对照图 1-8 所示情况，看看是否实现了预定目的。

1. 空行程

空行程时，工作活塞的上面和下面应当为常压，即与大气连通，以便使锤头靠自重落在砧上不动。图 1-8 的空行程图正是这种情况：手柄处于向前 25° 角的时候，压缩缸上下腔分别由上下旋阀的 B 段与大气相通，工作缸上腔通过上旋阀 A 段及下旋阀 A 段、 C 段与大气相通，工作缸下腔通过下旋阀 C 段上的缺口与大气相通。

2. 悬空

锤头悬吊在上方，此时工作活塞的下部需有一定的压力克服落下部分的重量。工作缸上腔需通大气，下腔通入压缩空气，并能保持一定气压。

图 1-8 的悬空示意图就是这种气路连通情况：手柄拉到垂直位置、两缸上腔由上旋阀 B 段和大气相通，压缩缸下腔的压缩空气经下旋阀 B 段、单向阀及 A 段进入工作缸下腔，当锤头起到最高位置后，单向阀两端压力达到平衡，压缩缸下腔的压缩空气不再进入工作缸下腔，而在压缩缸下腔及床身气道内压缩膨胀。当工作缸下腔压缩空气有漏损，两边压力不平衡时，就会顶开单向阀，补入一部分压缩空气。

空气在反复压缩膨胀过程中，会使气缸发热，因而实际操作时，应避免空气锤长时间地悬空。有的工厂在工作活塞上和工作缸的上通气道相对应的位置钻几个小孔，以便缸头在悬空过程中，作用在下面环形面积上的压缩空气能有一小部分通过小孔逸到大气中，这样既可降

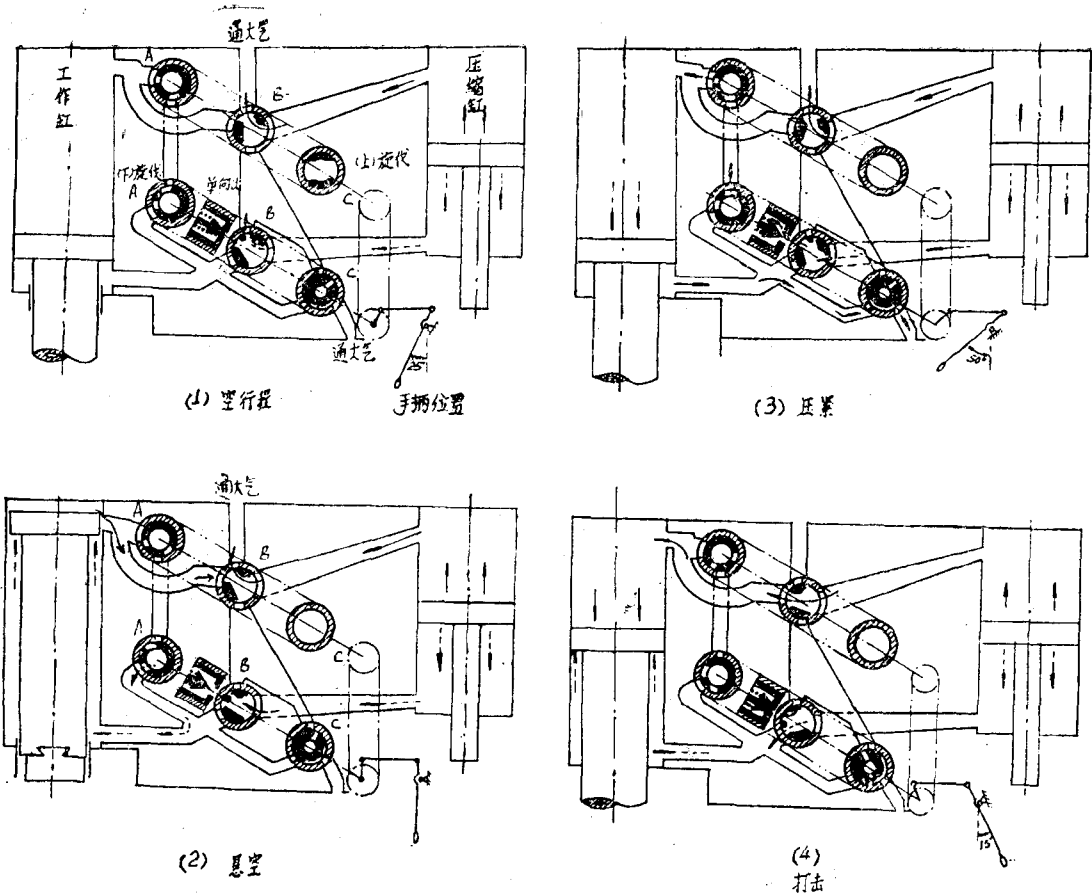


图 1-8 双阀式空气锤的操纵示意图

低悬空过程中压缩空气的气压，又可减轻气缸的发热现象。

3. 压 紧

锤头在自重和压缩空气压力的作用下将锻件压紧在下砧上，这时工作缸上腔应进入压缩空气，并能保持压力，而下腔与大气相通。

手柄处于前方约 50° 角的时候，工作缸上腔的压缩空气是由压缩缸下腔供给的。气流路线是由下旋阀 B 段向后顶开单向阀进入下旋阀 A 段，转而向上，通过床身气路和上旋阀 A 段进入工作缸上腔。工作缸下腔经下旋阀 C 段的缺口与大气相通。压缩缸上腔经上旋阀段 B 与大气相通。

4. 打 击

将手柄拉回到与垂直位置呈 15° 至 40° 之间的任何位置，则发生前述的连续打击状态。在锤头打击一次以后将手柄立即推回到垂直置位，锤头不再向下。所以手柄在悬空和打击位置反复推拉时就可实现单打动作。每推拉一次手柄，就打击一次。手柄拉回角度较大，则上下旋阀连通两缸上下腔的开口就较大，同时上旋阀中段通大气的窗口堵住的较多或完全堵死，则打击较重，反之打击就较轻。

打击时，上旋阀中段通大气的窗口是由阀体上的一排斜置小孔构成的（见图 1-7）。这排小孔用来调节打击能量。打击时压缩缸上腔来的压缩空气分为两路，一路进入工作缸上

腔，一路由阀体上的斜置小孔排入大气。轻打时，手柄拉回角度较小，旋阀转过角度也小，有较多小孔与阀套上的窗口对正，则排入大气的空气就增多，进入工作缸上腔的压缩空气就少，因而打击能量就较小，这种打击称为轻打。重打时，旋阀转过角度大，只有少量压缩空气排入大气，或因小孔全部堵死，压缩空气不排入大气，而全部进入工作缸上腔，这种打击称为重打。

目前，在空气锤的使用说明书和一些参考书中，普遍采用旋阀的剖面图（图1-9）表示空气分配阀在各种工作状态下的气路连通情况，这种剖面图比较简单、确切、应用广泛。在弄通上述原理的基础上，应能学会这种表示方法，对于我们进一步研究改进空气分配阀的结构和处理操纵系统出现的故障大有好处。

由于目前各厂使用的空气锤型号各不相同，因此旋阀的具体结构和操纵手柄推转的角度亦不尽相同，使用时应查阅具体设备的说明书。比如，图1-7和图1-9所示，虽然都是双阀式旋阀，但是二者操纵手柄的位置并不相同。

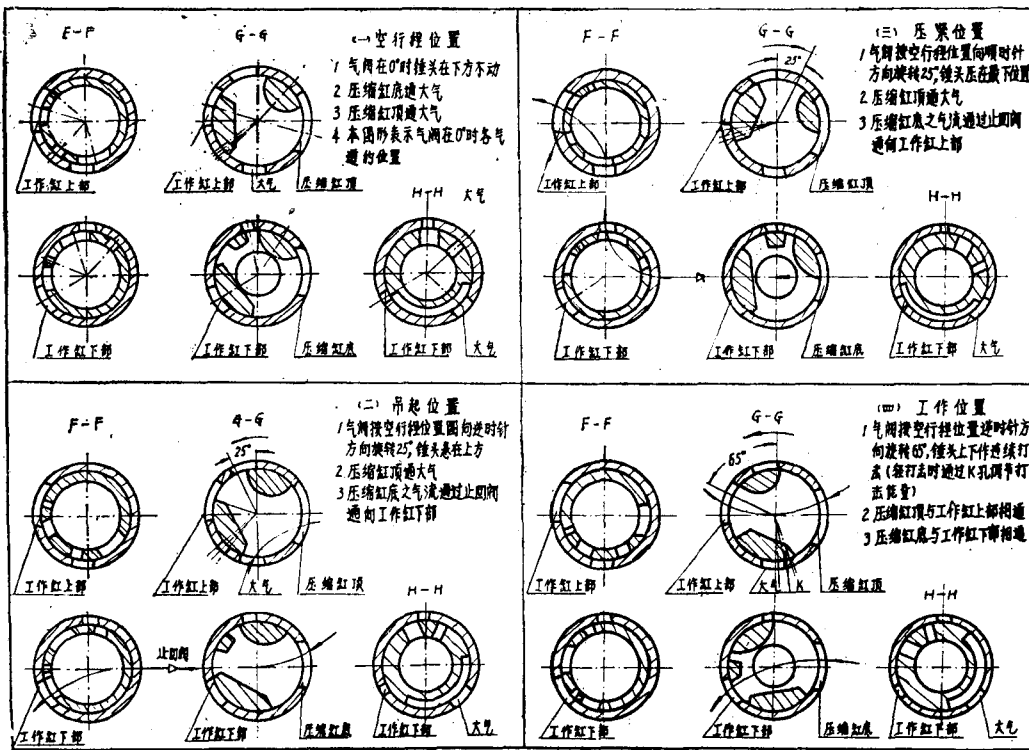


图 1-9 双阀式旋阀剖面图

二、三阀式空气分配阀

常见的三阀式空气锤的结构如图1-10所示。目前我国生产和使用的750、400和250公斤空气锤采用三阀式。图1-11是三阀式空气分配阀的剖面图及阀体和阀套结构。

三阀式空气分配阀，除有上下两个旋阀外，还有一个中间旋阀。上下两个旋阀通过杠杆联动，用一个长手柄操作。短手柄只有两个操作位置，空行程时处于右边水平位置，空气锤工作时，要将短手柄转到左边水平位置，然后再操纵长手柄，改变上下旋阀的角度。以实现

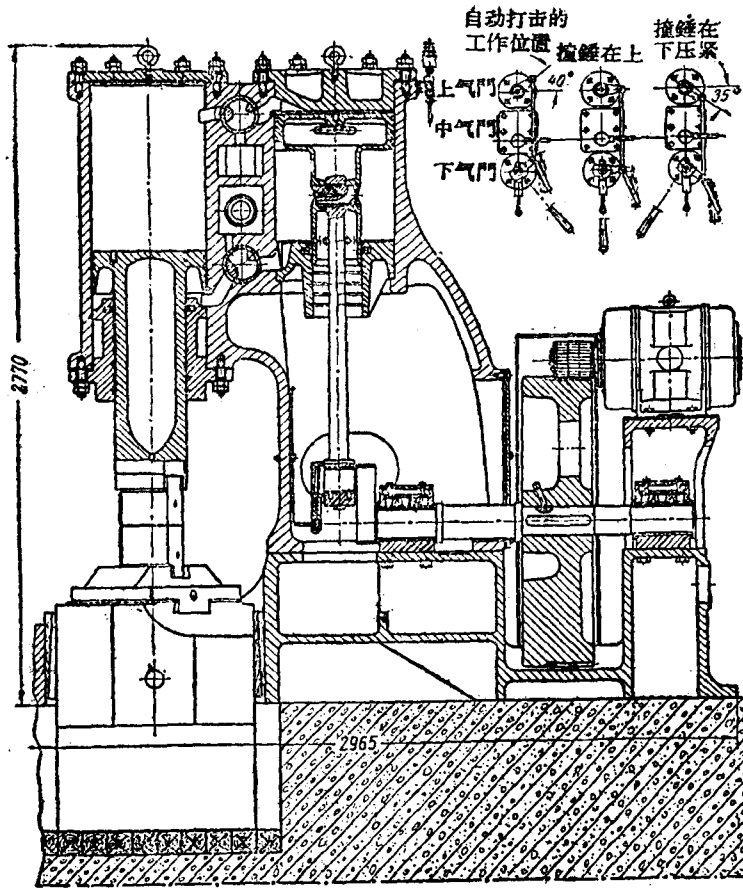


图 1-10 三阀式空气锤的结构

除空行程之外的其他工作循环。三阀式与双阀式空气分配阀的原理大同小异，其在各种工作循环时的气路连通情况亦基本相同。具体配气情况可详见图 1-12。

将三阀式与双阀式空气分配阀进行比较，可见主要差别是：

1. 三阀式有中间旋阀，并有短手柄单独操纵。当短手柄放在右边位置时，中间窗口与大气相通，于是止回阀不起作用，悬空与压紧两种动作不能实现，这样可以防止电机带负荷起动。

2. 单向阀不是装在下旋阀中，而是单独装在中间旋阀后面的机体上，这样在中间旋阀与单向阀之间构成一空气室。在悬空工作状态时，当止回阀两边压力达到平衡之后，空气室的容积可以降低压缩缸下腔的压缩比，从而减少电能消耗和防止气缸发热。其缺点是空气锤的结构复杂一些，机械加工量较大。图 1-13 是三旋阀剖面图。

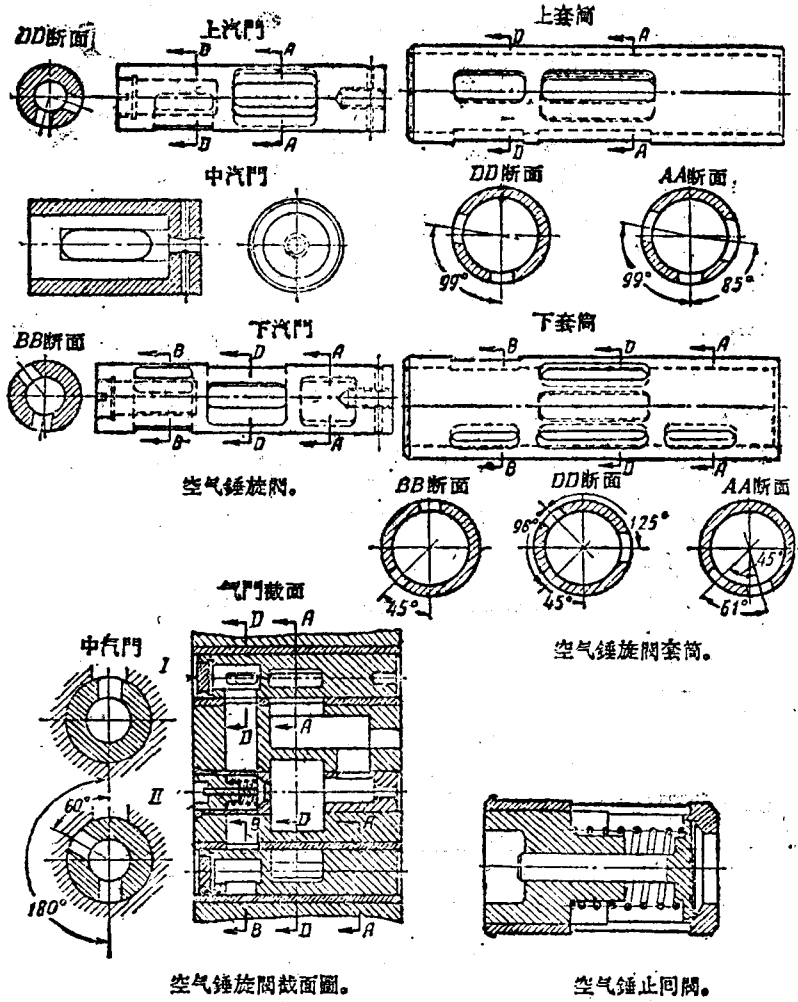


图 1-11 空气锤三旋阀结构

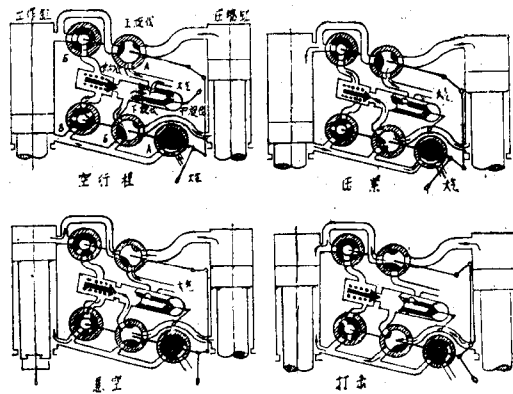


图 1-12 三阀式空气锤的操纵示意图

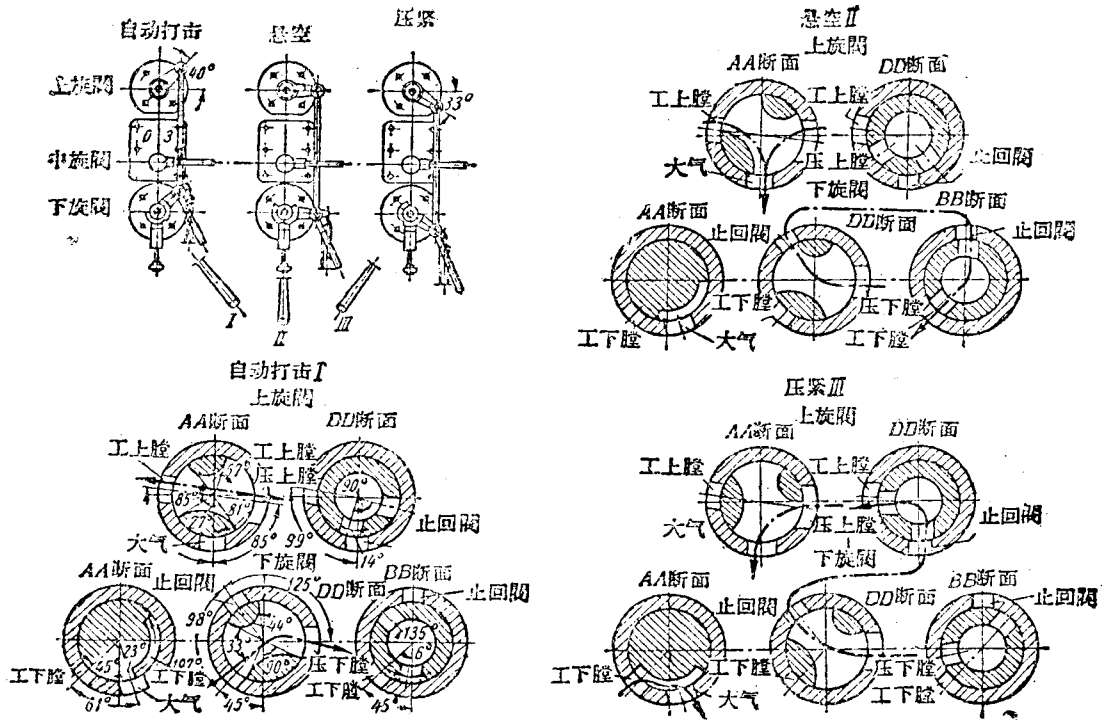


图 1-13 三阀式旋阀剖面图

§ 1-3 空气锤的结构和使用维护

空气锤的结构组成前面已经讲过，这里对空气锤的机身，工作部分和传动部分的主要零件结构以及空气锤的使用维护做简单介绍。

一、机 身（图 1-14、图 1-15）

空气锤机身亦称锤身，其结构已基本定型。主要由气缸、立柱和底座三部分组成。空气锤机身形式有整体式和分体式两种。落下部分在 300 公斤到 400 公斤以下的空气锤，一般将气缸、立柱和底座三者铸成一体，落下部分在 100 公斤以下的小型空气锤，有的将砧座也与机身铸为一体。

落下部分重量大的空气锤，将气缸、立柱和底座分为两部分或三部分铸造，机械加工后联结起来。联结方法一般采用固定连接较可靠，即将两部分机身各铸出一半圆形凸台，加工后用一加热的套环套上，冷却后即将两者紧紧抱在一起（见图 1-15）。

锤身结构形式是综合考虑生产厂的设备能力，装配能力及使用与维护等因素而决定的。空气锤的落下部分重量小时，锤身重量小，整体铸造工艺虽复杂，但随后的机械加工量却减小了，并且省去了装配工作。在落下部分重量较大时，锤身重量较大，分体铸造虽然使机械加工工作量增加，却大大简化了铸造工艺，且不需较大型机床进行加工。

锤身材料为 HT 20-40，立柱铸成箱体状，壁厚为 30~60 毫米。在压缩缸和工作缸之间有安放空气分配阀的孔洞及连通气道。