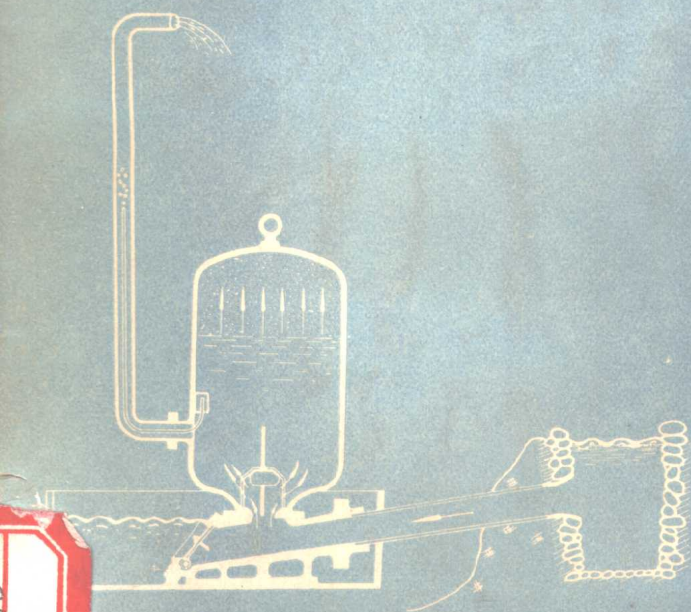


农村水利技术小丛书

水锤泵

陈 树 棠等 编

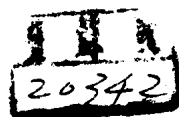


中国工业出版社

农村水利技术小丛书

水 锤 泵

陈 树 棠等 编



中国工业出版社

本书内容包括：水锤泵原理、结构与工作过程，水锤泵的性能规格与选型，以及水锤泵的安装、使用与维护等。

本书可供专县及人民公社水利干部阅读。

本书由盛敬超、陈存东、陈树棠等同志研究该书的编写提纲，由陈树棠同志执笔。

农村水利技术小丛书

水 锤 泵

陈树棠等 编

★

水利电力部办公厅图书编辑部编辑（北京阜外月坛南路）

中国工业出版社出版（北京修门路西10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

★

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $1\frac{3}{8}$ ·字数25,000

1966年3月北京第一版·1966年3月北京第一次印刷

印数0001—7,110·定价（科一）0.12元

★

统一书号：15165·4319（水电-593）

目 录

第一节	水锤泵的工作原理·····	1
第二节	水锤泵的构造·····	5
第三节	水锤泵的性能·····	11
第四节	水锤泵型号的选择·····	26
第五节	水锤泵的安装·····	29
第六节	水锤泵的操作使用、维护保养和故障排除·····	37

水錘泵又叫冲击泵，是一种利用上下水位落差（又叫水头）的水流为动力的自动提水机械。它不需要用任何原动机（电动机、内燃机或蒸汽机）拖带，所以不要消耗电力和燃料（石油和煤炭）。也不要用润滑油。它的结构简单，制造方便，操作维护容易，坚固耐用。它所需要的水位落差和进水量小，而提水扬程和效率高。因而适用的范围比较广泛，使用又很经济。是山区、丘陵地区多快好省地建设抗旱保收农田的良好提水工具之一。也是有水力资源的地区解决畜牧业、林业、工业、矿山和生活给水的优良提水工具之一。

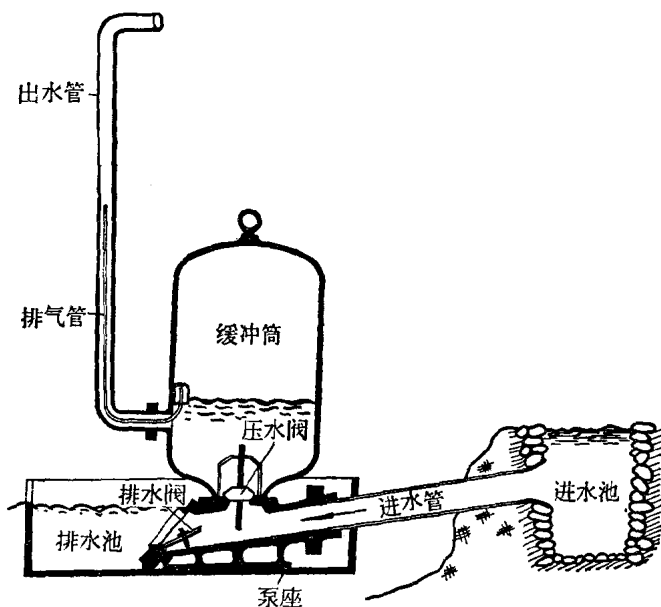
第一节 水錘泵的工作原理

水在管道中以一定流速运动，如果突然受到阻碍，使水流运动中断，在这一瞬时管道内压力急剧增高，并伴随着震动和冲击声，这种现象叫做水錘现象，或叫做水击现象。水錘泵就是利用这种水錘现象所产生的巨大压力来提水的。水錘泵的名字就是从此而来的。

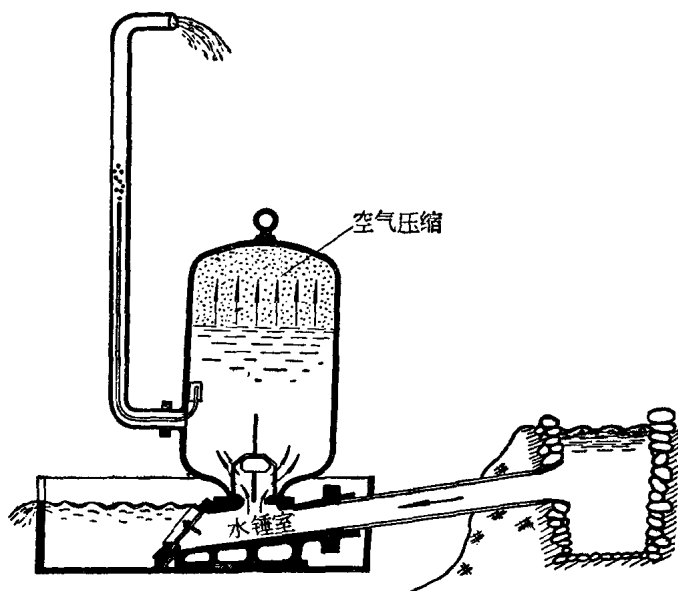
水錘现象是比较复杂的，但在日常生活中也可以碰到这种现象。例如抽水机在运行中，如遇停电或传动皮带脱落而突然停车时，出水立即中止，此时就会听到管道内有“轰隆隆”的锤击声，看到水泵和水管的震动现象，严重的能打碎底阀（莲蓬头）和迸裂水管。又如当人们突然关闭自来水龙头时，水流突然受阻，也会在水管中发生“怦怦”的锤击响声，和随之而来的水管颤动现象。这些水錘现象都是因为水

在管路中以一定的速度流动时，突然停車或关闭閥門，前面的水停止运动了，而后面的水繼續向前运动，在很短的时间內，就会产生强大的压力冲击管道，并发出“轰隆隆”的錘击声。所以“水錘”是指在管路中有一定速度的水流突然停止时所产生的压力瞬时刻变化的現象。发生水錘时，管内压力比正常压力可以大几十倍，这个压力叫做水錘压力。如果在发生水錘的地方接上一根管子，水就会在水錘压力的作用下，被压到很高的地方去。水錘泵就是根据这一原理来提水的。

水錘作用历时很短，水錘压力也就随之减弱消失。为了使水錘泵不断地自动揚水，必須設法使它連續不断地产生水

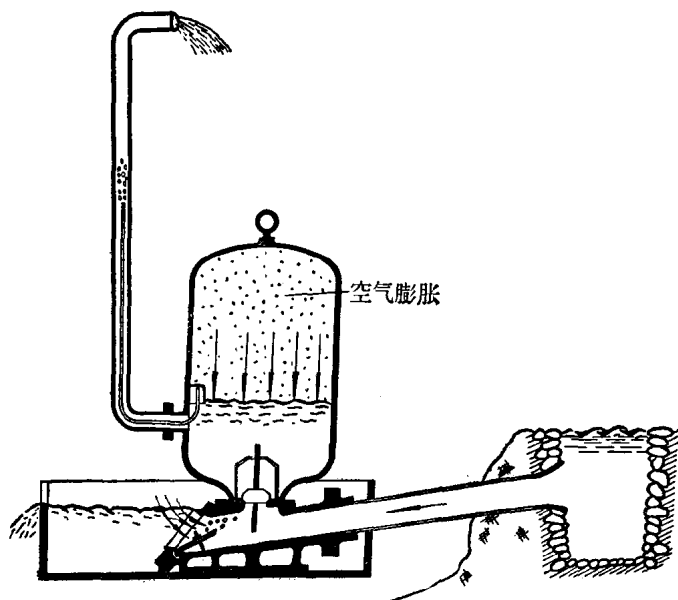


图一 水錘泵的工作过程之一



图二 水锤泵的工作过程之二

锤作用，以便利用它不断产生的强大压力把水打到又高又远的地方去。具体的工作过程如图一至图三所示。在图一的情况下，排水阀门是打开的，水就从高水位的进水池经进水管流向水锤泵的泵座，通过排水阀而流入排水池排掉，此时水流以一定的压力冲击着与水流方向成一定角度的排水阀。水流的速度与出口大小，进水池和排水池的水位落差，进水管直径的大小和长度等因素有关。当水流速度逐渐增大，排水阀在水流冲击压力的作用下被迫关闭，水流运动突然受阻而停止，泵座流道内就产生强大的水锤。在水锤压力的作用下，压水阀被顶开，泵座内的一部分水很快的冲入缓冲筒中。当水流冲入缓冲筒时筒内水位提高，筒内的空气



图三 水锤泵的工作过程之三

被压缩；同时一部分水在很大的水锤压力作用下，由出水管抛出，如图二所示。这时候水锤压力逐渐消失，同时因为泵座内一部分水被压入筒中，一部分水因水锤压力的作用向进水管方向回流，使泵座内腔产生一定的真空。因此，压水阀在上下压力差和自身重量的作用下自动落下而关闭；缓冲筒中受压缩的空气逐渐膨胀，把筒内一部分水继续抛出。此时因为泵座流道内是局部真空，压力较低；泵座外面是大气压力，压力较高，排水阀在内外压力差及其自身重量的作用下自动打开，如图三所示。于是水又从高水位的进水池经进水管流向泵座而冲击排水阀门。重复上述过程，如此循环往复不息，水锤泵就能连续不断地自动扬水了。

如上所述，在压力管路中具有一定速度的水流，在突然受阻而停止流动时，排水閘門附近因水錘作用的关系，将产生压力急剧增高的现象，并向沿进水管路方向传播。它的传播速度约为1000~1400米/秒之間，和声波在水中的传播速度相近。通过很多人的研究，提出了以下水錘压力增高的公式：

$$H = \frac{CV}{g}$$

式中 H ——水錘压力增高（米）；

C ——水錘压力波传播速度， $C = 1000 \sim 1400$ 米/秒；

g ——重力加速度 $= 9.81$ 米/秒²；

V ——水管中水流平均速度（米/秒）。

在发生水錘前，进水管路中的平均速度如为1米，則水錘压力的增值可达到：

$$H = \frac{(1000 \sim 1400) \times 1}{9.81} = 101.9 \sim 143.7 \text{ (米)}.$$

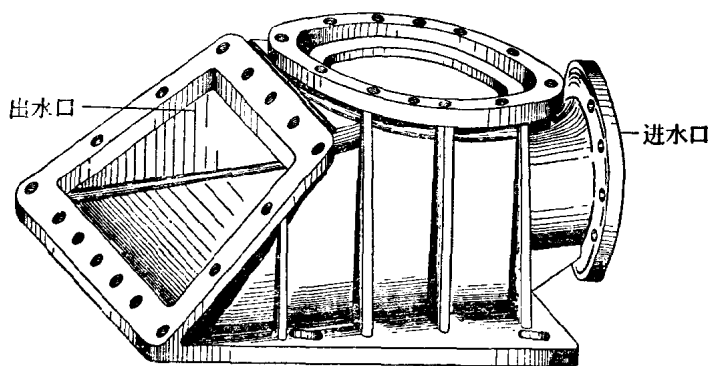
即相当于10~14个大气压。由此可見水錘压力的剧增现象是很大的，它的揚水高度是很高的。由于它有那么巨大的水錘压力，往往会破坏管路和损坏设备，很多管道和水利工程建设物中都有防止强大水錘压力的安全装置。因此在通常的情况下，水錘现象是有害的，看来是件坏事。但在水击时会产生这样大的能量，如果把它控制和利用起来，就会把坏事变成好事。水錘泵就是运用水錘作用时的强大压力把水揚到高处去的。

第二节 水錘泵的构造

水錘泵的构造简单，除进水管和出水管外，泵的本身由

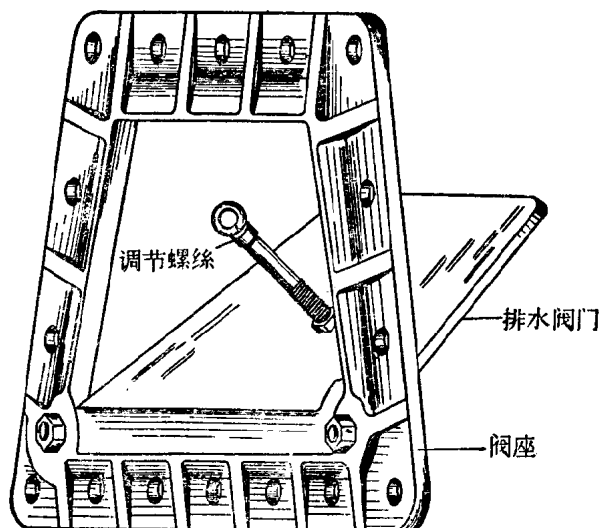
泵座、排水閥、压水閥、緩冲筒和排气管等五个部分組成。現將各部分的构造和作用叙述如下：

一、泵座 图四为水錘泵的泵座，用鑄鉄浇制而成。泵座是水錘泵的主要部件。具有一个从圓形断面漸次扩大为梯形断面的流道。水錘压力就在此处产生。在圓形断面的进水口处有法兰，可与进水管相接。法兰面与垂直平面成 7.5° 的夹角，使进水管路成一定坡度与泵座相連接，便于水流順暢地流入泵座，并与排水閥門構成一定的冲击角。它的出水口与水平面成 45° 的傾角，是一梯形断面，与排水閥門相連接。泵座上安装着压水閥和立式的緩冲筒。下部有底脚螺孔，供安装时固定在混凝土基础上。



图四 泵座

二、排水閥 由排水閥門、閥座和鉸鏈軸等組成，如图五所示。排水閥門是一块梯形平板，用整块厚鋼板制成，并焊有几条加强筋。下側用鉸鏈軸和閥座相連接，能上下开閉。閥座是一个鑄件，用螺栓紧固在泵座的出水口法兰上。当进水管的水流冲动排水閥后，即能形成間歇性的开閉，以阻断

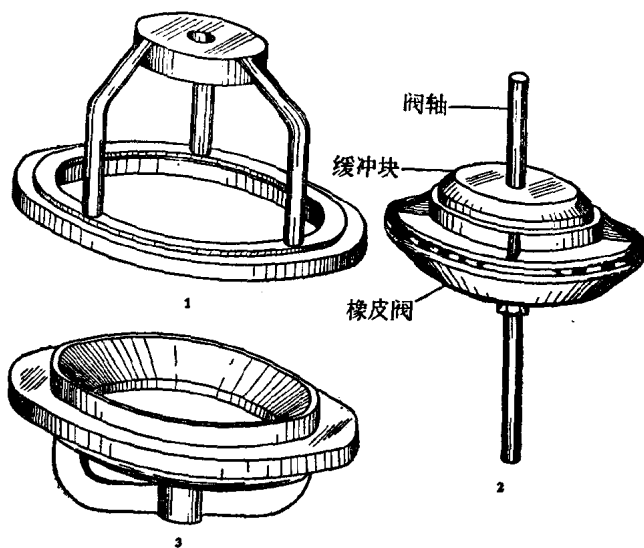


图五 排水閥

水流或开通水流，使之不断产生水錘作用。排水閥每开閉一次，即产生一次水錘作用，也是水錘泵完成一个工作过程。排水閥門上裝有調節螺絲，以調節閥門的开关次数。当揚程不高，所需水錘压力不大时，或水源不很充足，要尽量提高水量利用率时，就可旋紧調節螺絲，此时排水閥門的开距縮小，水流冲击角度增大，开閉次数增多；当揚程很高需要提高水錘压力，或水源充沛，要尽量提高出水量需要加大水錘压力时，則可旋松調節螺絲，使排水閥門开距增大，水流冲击角度縮小，开閉次数减少。这样就能根据不同的水头和揚程，来調節揚水压力和出水量，使它在最合适的情况下运行。

三、压水閥 由橡皮閥、閥座、閥架、閥軸和緩冲块等

組成，如图七所示。橡皮閥下端为45度錐面，能与閥座紧密吻合，上下有二块夹板夹住，并用細牙螺絲固定在閥軸上，上端裝有緩冲橡皮块，以减少冲击时的震动。閥軸固定在閥架上的銅套內，使压水閥能上下活动与閥座密合而不偏位。压水閥是一个单向活門，当水錘作用时，压水閥被水錘压力打开，水流急速地冲入緩冲筒中，当水錘压力减弱或消失时，压水閥因自重和上下压力差而自行关闭，緩冲筒中的水就不会回流。

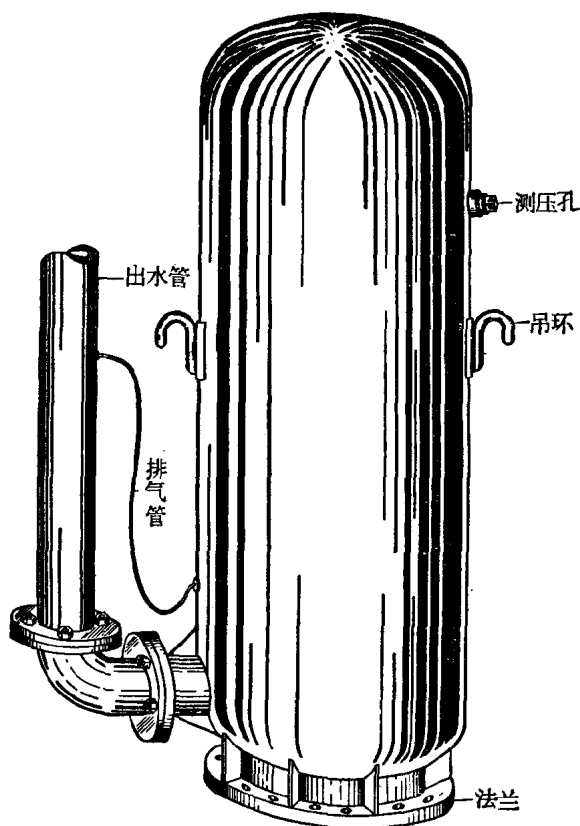


图六 压水閥

1—閥架；2—橡皮閥；3—閥座

四、緩冲筒 是一个鋼板卷成的圓柱形的筒，上端有一个橢圓的頂盖，下端焊有法兰与泵座相連接，如图七所示。两旁裝有吊环，供安装和搬运时抬吊之用，上端裝有測压

(螺)孔,可装設压力表測試压力。下端法兰頸部有放水螺孔,可放去筒內积水。筒下部一側有出水管連接法兰。筒內有一空气室,排气管即从此处接出。在水錘作用时,压水閥被强大的水錘压力頂开,高速水流冲入緩冲筒中,使筒內的空气受到压缩,当緩冲筒內的压力超过揚程的靜水压力时,水即从出水管揚出。緩冲筒的主要作用是利用筒內密閉的空



图七 緩冲筒

气之可压缩性能，把突然产生的强大的水锤冲击压力贮存和传递出去，起着缓冲作用，使水锤作用变得缓和而持续。当水锤作用时，高压水流顶开压水阀后冲入缓冲筒中压缩空气，把部分能量蓄储在压缩空气中，在水锤压力间歇中断时，筒内的压缩空气立即膨胀，把蓄积的能量释放出来，使水继续扬起。这样就缓和了水锤作用时的强大冲击压力，以避免设备部件的损坏。

五、排气管 是一根塑料或橡皮的软管。一端装于缓冲筒的空气室中，另一端接在出水管中。小型水锤泵的排气管都放置在出水管中；中型和大型水锤泵的排气管自缓冲筒接出后，从外部接在出水管上。排气管的作用在缓冲筒内空气与水的分界面低于空气室时，过多的空气就从排气管形成小气泡排出。当空气从出水管排出时，由于形成小的气泡，使水的比重减轻，从而可以提高扬程和出水量。当缓冲筒内空气与水的分界面高于空气室时，排气管内充满了水，它便成了出水管的支路。排气管的长度一般为扬程的十分之一。

缓冲筒内的空气，在水锤泵运行时，受扬水高度的静水压力的作用，体积被压而缩小，使缓冲筒内的空间大部分被水占据，减少了缓冲作用，影响了水锤压力的效果。特别当筒内压力很大时，空气的体积很小，影响更大。同时在较高压力的作用下，筒中部分空气（主要是氧气）逐渐溶解于水，空气越来越少，筒内的水位相应提高。当筒内空气很少或没有空气时，水锤泵的效率大大降低，甚至不能工作，并可能发生机件损坏现象。因此，不断地补充空气，使筒内空气和水的分界面维持在一定位置，是水锤泵正常运行和高效率工作的重要条件。水锤泵的补给空气是自动进行的，这主要在正常运行时，必须控制排水池的水位高度，不要使它超

过泵座与缓冲筒的连接法兰。这样当排水閘門打开时，由于泵座内是局部真空，能自动吸入少量空气，并儲积在压水閘下。排水閘門关闭后，在水錘压力的作用下，这些空气同具有高压的水流一起冲入缓冲筒中，这样就能不断地补充空气。当空气与水的分界面低于放气室时，筒内空气过多，即从空气室进排气管排出。但当排水池水位过低，吸入的空气过多时，相应地减少了压入缓冲筒内的水量，水錘泵的效率也将降低。如排水池的水位过高，超过缓冲筒与泵座的连接法兰，补气就无法进行，效率就显著下降。因此，最好将排水池的水位保持在缓冲筒下端法兰与排水閘門上口之間，以补充适量空气，使水錘泵出水良好，运行正常。

第三节 水錘泵的性能

水錘泵的性能在不同水头、不同揚程下，它的变化很大。同时还受进水管的长度，出水管的安装，冲击次数，补气情况等因素的影响。水錘泵的能量关系可由下式表示：

$$\eta \cdot Q \cdot H = q \cdot h$$

式中 η ——水錘泵的效率；

Q ——进水量（升/分）；

H ——水头（米）；

q ——出水量（升/分）；

h ——揚程（米）。

从上式可知，当其他参数不变时，水头 H 与出水量 q 成正比；揚程 h 与出水量 q 成反比。也就是随着水头的增高出水量亦会增加；揚程增高出水量减少，揚程降低出水量增多。现将有关性能参数分述如下：

一、水头 (H) 水头又叫落差。即上水位至下水位的垂直高度。由于水流通过进水池的拦污栅和进水管, 均有一定的水力摩擦损失, 因此在计算工作水头时要减去这部分摩擦损失。即:

$$H = H_1 - H_2$$

式中 H ——工作水头 (或叫净水头);

H_1 ——进水池水面至排水池水面的垂直高度;

H_2 ——为拦污栅和进水管路的摩擦损失之和。

根据国内已经生产的水锤泵, 它的适用水头为0.5米至6米。水锤泵有水头低、扬水量少的特性, 但水量太少则不能满足农田灌溉或其他用水的需要, 因此一般宜选择比较高的工作水头, 以增加出水量。浙江省新昌县新村公社和智仁公社所修建的水锤泵站, 其实际工作水头有达8米以上的, 扬程有达80米以上的, 出水均良好, 运行也正常。因此在安装水锤泵时, 应尽量设法取得较高的工作水头, 增加出水量, 保证用水的需要。但是在提高工作水头时, 必须考虑水锤泵和进水管的强度, 要适当增加进水管管壁的厚度和提高焊接的质量。

二、扬程 (h) 扬程就是打水高度, 以米为单位。

$$h = h_1 + h_2$$

式中 h ——水锤泵的总扬程。

h_1 ——水锤泵的实际提水高度, 从排水池水面到出水管口中心的垂直高度。如出水管口淹没在出水池中, 则为从排水池水面至出水池水面的垂直高度, 叫净扬程或几何扬程。

h_2 ——损失扬程。是扬水时水流通过输水管路由于摩擦阻力而产生的水头损失, 包括直管和管路局部 (进出口、弯头、各种阀门、渐变管等) 水头

損失的总和。

水錘泵的揚程决定于工作水头。水头大就可以把水打得很高。据有关資料介紹水头比（揚程与水头之比，即 h/H ）可达30倍，即一米水头可把水揚上三十米的高度。但水头比很大时，出水量显著减少，效率也随着降低；而水头比很小时，工作出現不稳定性，排水閥門不能自动开閉，效率亦随之降低。实践表明水头比在 5~15 之間的范围是比較好的。效率最高的范围約在水头比 6~10 之間。

水錘泵的最高揚程在理論上可以随着水头的提高而增加，但是由于水錘泵构件和进水管强度的限制，不能无限制的提高。目前生产厂規定最高揚程为一百米。但是考虑到泵座、緩冲筒等部件在出厂时，規定要經過 16 公斤/厘米²的水压試驗，因此根据具体情况可以适当提高，以滿足高揚程用水的需要。

三、进水量和出水量 进水量是水錘泵运行时进入泵座的总水量。即：

$$Q = q + q_1$$

式中 Q ——总的进水量（升/分）；

q ——出水量（升/分）；

q_1 ——排水池溢出的水量（升/分）。

从能量关系式中可以看出，当出水量一定时就可按下列公式求出进水量：

$$Q = \frac{qh}{\eta H}$$

同样可按下式求出出水量

$$q = \frac{\eta Q H}{h}$$

进出水量受水头、揚程和效率的影响，变化較大。现将