

## 水锤泵抽水系统及工作原理

如图 1 所示，一个典型的水锤泵抽水系统主要由以下几个部分：上池（河道）、动力水管、水锤泵、下池（河道）、输水管和高位水池。图 1 中  $H$  为作用水头而  $h$  为水锤泵扬程。

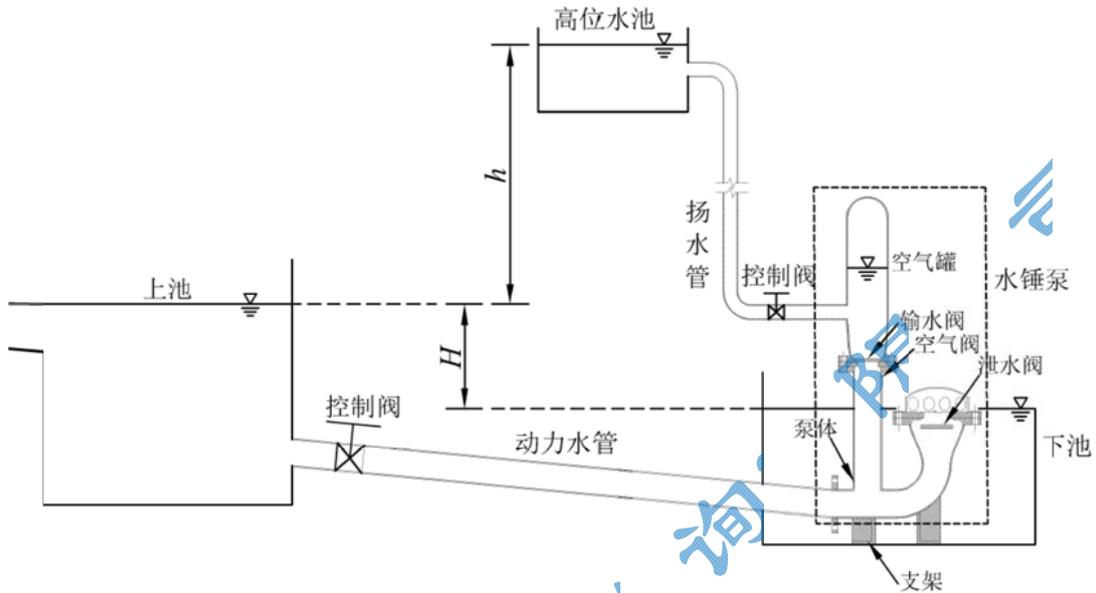


图 1 水锤泵抽水系统

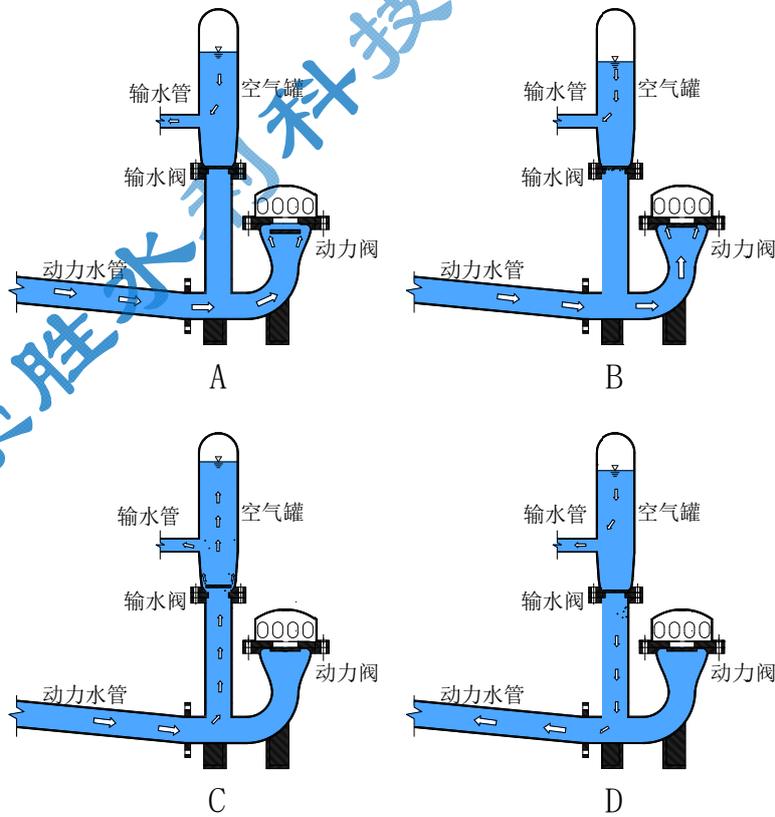


图 2 水锤泵工作原理示意图

为了说明水锤泵的工作原理，可将水锤泵的运行周期划分成为四个阶段，如图 2 和图 3

所示。

在阶段 A，泄水阀打开，在作用水头  $H$  的作用下动力管中水流开始运动，流速由零迅速增加到  $V_0$ ，如图 3 所示。当流速为  $V_0$  时，泄水阀受到的拖拽力和压力之和刚好等于泄水阀的重力。当流速进一步增加时，则泄水阀将开始关闭。

在阶段 B，在泄水阀开始关闭初期，其开度减小产生的水锤压力超过了增加的阀门局部阻力的影响，使得水流

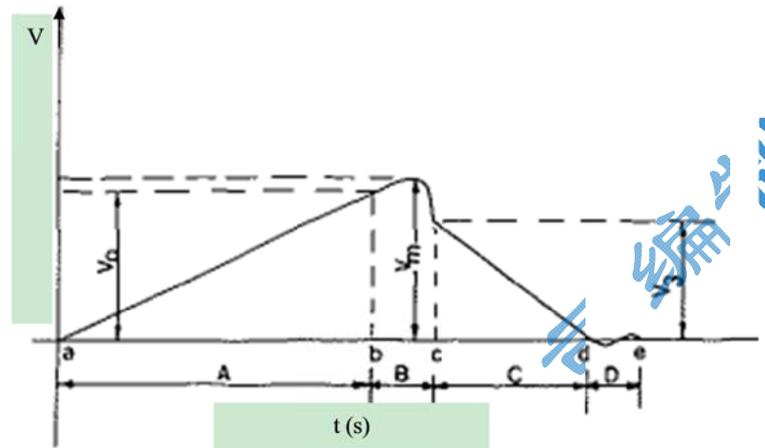


图 3 水锤泵运行周期内四个阶段流速的变化

继续加速直到泄水阀开度减小到一个临界值，这时流速达到最大值  $V_m$ ，然后，随着泄水阀的进一步关闭，则动力管水流速度随之迅速减小，同时产生很大的水锤压力，进一步加速泄水阀的关闭速度，直到泄水阀完全关闭。对于好的水锤泵，泄水阀关闭很快，或者瞬时全关。

在阶段 C，泄水阀保持完全关闭。当泄水阀关闭过程中输水阀下部的水压力超过它上部的水压力、运动部件的自重和弹簧力的合力时，泄水阀就会迅速开启，水流进入空气罐（含来自空气阀的微量气体），使得气室体积减小，罐内水压升高，通过输水管泵水到高位水池，然后随动力管水压减小，导致进入空气罐的流量减小，一旦输水阀下部的水压力小于它上部的水压力、运动部件的自重和弹簧力的合力时，输水阀迅速关闭。在输水阀关闭过程中，由于输水阀上部水压大于下部水压，空气罐内一部分水会倒流进入泵体内。

泄水阀关闭将引起动力管中产生很大的水锤压力，迫使输水阀打开，水流进入空气罐开始泵水到高处，直到动力管流速下降到零为止。然后，输水阀瞬时关闭。

在阶段 D，输水阀完全关闭，输水阀处压力高于作用水头  $H$ ，动力管中水流倒流，这个现象称为反冲。反冲会引起输水阀底部形成瞬态真空，迫使微量空气通过空气阀吸入水锤泵。同时，泄水阀底部的压力也下降，并在阀门重力作用下自动打开，开始下一个运行周期。

由于空气罐蓄能作用，在水锤泵的工作的四个阶段水体将会连续的输送到高处。在阶段 c，泵体内水流进入空气罐，气体受压蓄能，同时通过输水管输水；在阶段 A、B、D，输水阀关闭，空气罐气体膨胀释放能量，通过输水管继续输水。

图 4 示出了水锤泵工作过程中实测的动力水管和扬水管流速、泵体和空气罐压力水头、空

气罐水位的波动曲线。显然，动力管的流速波动幅度较大而扬水管的流速波动幅度较小。扬水管流速波动小的原因是空气罐影响的结果。

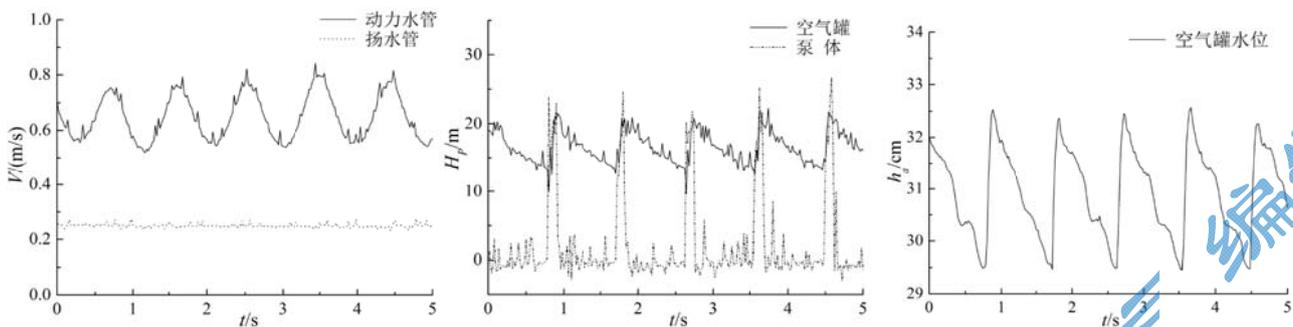


图 4 动力水管和扬水管流速、泵体和空气罐压力水头、空气罐水位的实测波动曲线

北京宇豪胜水利科技咨询有限公司