

水锤泵的动力之源

张怀华

在依山而下的小溪旁,时常会看到一种奇妙的提水工具,它不耗电、不费油、不烧煤,伴随着“嘭、嘭、嘭”的声音,竟能自动把溪水提升到近百米的高处!这种奇妙的提水装置就是水锤泵,它是以水的自然落差为动力、将水从低处提升到高处的环保节能装置(图1)。它扬程高、寿命长、结构简单、维护方便,在低品位水力资源丰富的缺电山区农村有着广泛的应用前景。

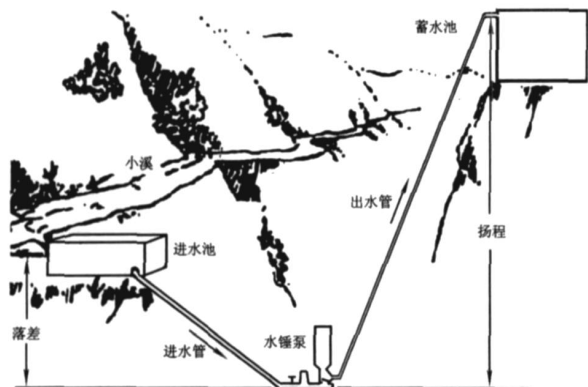


图1 水锤泵工作场景图

水锤泵的结构(图2)非常简单,主要由进水管、泵体、冲击阀、单向阀、压力罐和出水口六部分组成。在水锤泵工作前,冲击阀在自身重力作用下打开、单向阀在自身重力作用下关闭。开机后,有一定落差的流水通过进水管,经打开的冲击阀向外流出。由于进水管有一个小的倾角,水会越来越快,当流水对冲击阀的冲击力大于冲击阀自身的重力时,流动着的水就会推动冲击阀迅速关闭出水口,发生水锤现象。此时泵内的水压急剧上升,迫使单向阀打开(往上推起),一部分水被压入压力罐。水锤效应过去后,单向阀在自身重力和压力罐内水压的共同作用下自动闭合,冲击阀在自身重力作用下自动开启,进水管中的水又开始经冲击阀向外流出,上述动作周而复始、自动运行。因为压力罐内的水只进不出,所以压力罐内的压强会越来越大,当压力罐内的压强大于出水管内的压强时,水就会从高处的出水口流出。

水锤泵为什么能把水上扬到近百米的高处呢?原来液压系统由于某种原因将导致液体流速突然变化,使液体压强瞬间突然升高,产生很高的压强峰

值,这种现象称为液压冲击(即水锤现象)。水锤的峰值压力往往高出正常压力许多倍,所以水锤泵能把水从低处送到高处。

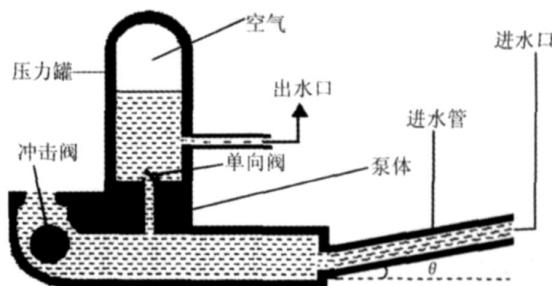


图2 水锤泵工作原理图

液压冲击是非定常流动,在冲击阀闭合的瞬间,流水与冲击阀之间的巨大作用力使靠近冲击阀的水中压强急剧增大,这种压强波动以机械波的形式在引水管中来回传播。水锤泵就是利用冲击阀突然关闭后管道压强的最大升高量作为扬水动力的。由于液压冲击为一衰减过程,故仅研究水中压强波动的第一峰值传至管道入口时的情况。

已知机械波在水中传播的速度 $u = 1450 \text{ m/s}$ 、水的密度 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$,设流水的落差 $h = 2 \text{ m}$,进水管的长度为 L 、横截面积为 S ,冲击阀打开后(不考虑水管对流水下泄的阻力)水流加速下泄,水的重力势能转化为动能,由机械能守恒定律得 $mgh = (1/2)mv^2$,流水的最大速度 $v = \sqrt{2gh} = 6.26 \text{ m/s}$ 。以横截面积为 S 、长度为 L 的进水管中的水作为研究对象,设管道内液体的最大流速为 v 、冲击阀关闭后的水流速度为 0 、压强波动从冲击阀传至上游供水池的进水口的时间为 T 、由水锤现象引起的进水管两端的压强差为 Δp_1 ,在这段时间内运用动量定理可得 $\Delta p_1 S T = L S \rho v$,整理得 $\Delta p_1 = (L/T) \rho v = \rho v$,代入数据得 $\Delta p_1 = 9077000 \text{ Pa} = 89.87 \text{ atm}$ 。液体流速的变化还会引起液体内部压强的变化,由伯努利方程可知,进水管两端的压强差 $\Delta p_2 = (1/2) \cdot \rho v^2$,代入数据后伯努利效应引起的压强差 $\Delta p_2 = 19600 \text{ Pa} = 0.194 \text{ atm}$ 。

可见水锤泵中流水对阀门的压强主要由水锤效应引起,扬程随着水流落差的增大而增大!当水流落差 $h = 2 \text{ m}$ 时,水锤效应产生的压强高达 89.87 atm ,



空气负离子中的物理机制

王向华 高建云

负离子功能现今已成为许多商品的新卖点,诸如负离子陶瓷、负离子服装、负离子饮用水、负离子吹风机等。无论新闻报纸,还是期刊杂志、学术论文,都从医疗保健、化学、环境学、材料学等不同角度论证、介绍了负离子,本文则试图从物理学角度让大家对负离子有所认识。

1889年德国科学家埃尔斯特和格特尔发现了空气负离子,1902年阿沙马斯等肯定了空气负离子的生物意义。空气负离子对人体的影响是一位德国医生在1931年发现的,以后空气负离子一直是一些发达国家积极研究的课题,几十年来国外对负离子的医疗保健作用做了大量研究。我国对负离子的研究起步较晚,自1978年从国外引进第一台生物滤器,至今也已经过80年代初和90年代初的两个发展高潮。目前我国的研究侧重于自然或人为环境中空气负离子浓度的测定,空气负离子在医疗保健上的作用及其机理,负离子发生器的开发等,近几年开始关注森林对空气负离子浓度的影响。大量临床和实验研究肯定了其对人体健康的有益作用,因此空气负离子素有“空气维生素”“长寿素”的美誉。当我们在海边散步,在湖泊旁、森林里、喷泉旁、瀑布周围享受新鲜空气时,会感到心旷神怡,这是因为空气中含有大量负离子。但目前空气负离子的真正作用机理尚不完全清楚,且空气负离子含量的测定没有形成统一标准,因此负离子的研究仍是一门新兴学科。

什么是空气负离子

通常情况下,空气分子整体呈中性。当空气分

子受到某些因素的影响而失去电子时就成为正离子,而那些游离的自由电子的自由程只有 $8 \sim 10\text{cm}$,很快附着在某些气体分子或原子上,特别容易附着在氧分子和水分子上形成空气负离子,如负氧离子 $\text{O}_2^- (\text{H}_2\text{O})$ 、负氢氧离子 $\text{OH}^- (\text{H}_2\text{O})_n$ 、负羟离子 $\text{H}_3\text{O}_2^- (\text{H}_2\text{O})_n$ 等。正负离子形成初期数量相同,由于大气存在电场,晴天时地面上大气电场约 100V/m ,方向指向地面,正离子在电场力的作用下落向地面,所以在地球表面附近,负离子比正离子多 $10\% \sim 20\%$ 。然而由于发展中的现代工业大量排放废气、废物,交通工具、家用电器急剧增多,破坏了原有的正负离子平衡,空气中出现正离子多于负离子的现象。根据美国的统计数据,20世纪初空气中正离子与负离子的比例为 $1:1.2$,现在则急剧升高至 $1.2:1$ 。而只有当其比例小于或等于1、负离子浓度大于每立方厘米1000个以上时人才会感觉舒适。

空气负离子的功效

负离子对人体健康的影响表现在诸多方面。

保健功效 人体吸入空气负离子后,通过血液循环到达全身各组织器官,直接刺激人体各组织,并与神经反射和体液互相作用,对人体产生综合的生理保健作用,如有效改善大脑功能、增强机体免疫力、促进新陈代谢、调节神经机能、消除人体疲劳。

对疾病的辅助治疗功效 一些医学专家发现,攻击人体细胞的病毒通常都带有负电荷。而当人吸入空气中的负离子后,体内细胞也随之带上部分负电荷。由于同性相斥,病毒对细胞会失去攻击能力。另外,人体通过自身调节机制保持体液的酸碱平衡,正常情况下PH值平均为7.4左右,呈弱碱性。若

足以使水锤泵的最高扬程达到907.7米!

水锤泵技术既古老、又先进,国外在其理论、结构和应用等方面的研究历史长达200多年,技术较为成熟。由于水锤泵没有旋转部件,因此工作可靠、经久耐用。1905年俄罗斯一地区安装的4台水锤泵一直用到1927年,才去修理冲击阀。另一台在1902年安装运行到1935年,在更换橡皮垫和冲击阀后又继续工作了。据文献资料,有一台典型水锤

泵已工作100年以上,还有一台27年未曾检修。

水锤泵的经济效益十分显著,它以流水为动力,不需要专门的动力机,不耗电、油、煤等能源,日夜不断连续工作,扬程高、寿命长、结构简单、维护方便。用于缺电、无电山区及半山区的灌溉和人畜用水、山地果园喷灌等,一次投入、长期受益,利用山区低品质水力资源,是一种清洁无污染的理想提水工具。
(河南省焦作市第十一中学 454000)

现代物理知识