



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102619791 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 21

(21) 申请号 201210105927. 2

(22) 申请日 2012. 04. 12

(73) 专利权人 四川大学

地址 610065 四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号

(72) 发明人 朱家骅 郑志坚 夏素兰 李季
卿培亮

(51) Int. Cl.

F04F 10/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

RU 2127833 C1, 1999. 03. 20, 全文.

WO 9207176 A1, 1992. 04. 30, 全文.

CN 201959604 U, 2011. 09. 07, 全文.

何泉林. 新型抽气装置在新林水电站前池虹吸进口的应用.《水利水电技术》. 1987, (第 6 期), 第 56-58 页.

梁于生, 高志清, 张立英. 利用虹吸现象抽气的合成盐酸装置.《化学教学》. 1995, (第 6 期), 第 6 页.

审查员 詹巧月

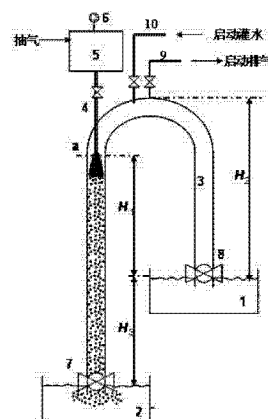
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

潮汐式虹吸真空抽气方法和装置

(57) 摘要

一种利用高低两储槽液位落差通过虹吸流进行真空抽气的方法和装置, 利用液面高度不同的两个敞开式储槽之间的液位落差、尤其是海水涨潮和退潮水位落差形成的液体重力势能, 依据流体动力学原理和机械能转换与能量守恒定律, 在两液面之间构成连续虹吸真空抽气过程, 仅依靠一根虹吸真空抽气管不需要其它机械即可实现连续、稳定的真空抽气操作, 在 $(0.75 \sim 50) \text{ kPa}$ 抽气压力范围内其抽气能力即气 / 水质量流量比 $(0 \sim 50) \times 10^{-5}$ 。利用 3.5m 落差的涨潮水位, 以 3070t/h 海水通过本发明即可完成 900MW 压水堆核电站汽轮机凝汽器 61.4kg/h 抽气量要求, 取代额定功率 132kW 的机械真空泵, 节约动力同时节省投资。



1. 一种利用不同液面高度的两储槽之间的液位落差和大气压力能,在两液面之间构成连续虹吸真空抽气的方法,其特征在于垂直安装的 $\cap$ 型虹吸管、插入高液位储槽的一端为上升管、插入低液位储槽的一端为下降管,高低两液面通过 $\cap$ 型管连通形成封闭流通回路、只要 $\cap$ 型管顶点距高液位面的高度 $H_2 < (p_0 - p_s)/(\rho_l g)$, p_0 和 p_s 分别为当地大气压强和液体饱和蒸汽压、 ρ_l 是液体密度、 g 是重力加速度,一旦液体充满全管,即可形成液体从高液面通过上升管越过 $\cap$ 型管顶点通过下降管流入低液面的稳定虹吸流动,流动过程中两储槽液面高度的变化不超过0.2m,液体流经上升管时位能不断增加、静压能不断减少、在 $\cap$ 型管顶点处静压达到最低值 p_{min} 但不低于 p_s 、可以抽吸略高于该压力的气体,实际插入真空进气管在越过 $\cap$ 型管顶点的下降管截面(a)中心处、离高液位面垂直距离 H_1 、使进气管插入点处液体静压比实际抽气压力 p_1 低0.2kPa以上,被抽吸的气体形成可压缩的泡状流在下降管内向下流动、气泡不断被压缩直至通过管口压入低液位储槽液面以下0.1m~0.3m后从液面逸出到大气,实现连续稳定真空抽气;

抽气质量流量 m_g 与液体质量流量 m_l 的比值 m_g/m_l 即抽气能力正比于液位落差 H_3 、反比于大气压与抽气压力比值的自然对数 $\ln(p_0/p_1)$,在管径 $D = (0.02 \sim 1.0)m$ 、 $H_3 = (1 \sim 8)$

m 、 $u > 0.5m/s$ 且 $\geq 0.797(\frac{\sigma_l^2 g}{\rho_l \mu_l})^{1/5}$, σ_l 是液体表面张力, μ_l 是液体粘度,液体单相流和

气液两相流除直管以外的所有局部阻力当量长度 L_{e1} 和 L_{e2} 均为1m~10m的条件下,本发明虹吸真空抽气装置的工作范围为抽气压力 $p_1 = (0.75 \sim 50)kPa$ 、抽气能力 $m_g/m_l = (0 \sim 50) \times 10^{-5}$ 。

2. 一种利用不同液面高度的两储槽之间的液位落差和大气压力能,在两液面之间构成连续虹吸真空抽气的装置,其特征在于垂直安装的 $\cap$ 型管两端高差等于两储槽之间的液位落差 H_3 、插入高液位储槽的一端为上升管、插入低液位储槽的一端为下降管,真空进气管插入下降管截面(a)中心处、离高液位面垂直距离 H_1 、该距离可调、使进气管插入点处液体静压比实际抽气压力 p_1 低0.2kPa以上;

与真空进气管相连的真空缓冲器安装高度超过 $\cap$ 型管顶点2m以上;

$\cap$ 型管的上升管和下降管管口均装有止水阀、 $\cap$ 型管顶点处的排气管和灌水管均装有截止阀、真空进气管装有调节阀,原始启动时关闭上升管和下降管管口的止水阀、关闭真空进气管的调节阀,打开排气管和灌水管上的截止阀、向 $\cap$ 型虹吸真空抽气管内灌水排气直至从排气管涌出的水流不含气泡时同时关闭排气管和灌水管上的截止阀、依次打开上升管和下降管管口的止水阀,即可形成通过虹吸真空抽气管的连续虹吸流,打开真空进气管的调节阀,真空缓冲器中的气体压力只要高于7.5kPa,就会被水流抽吸到下降管并且随流而下被压缩后排入低液位储槽液面以下0.1m~0.3m,逸出到大气;

装置停止工作,先关闭真空进气管的调节阀、再关闭下降管管口的止水阀;恢复工作,先打开下降管管口止水阀、再打开真空进气管的调节阀。

潮汐式虹吸真空抽气方法和装置

[0001] 技术领域 本发明涉及可再生低品位机械能循环利用技术领域,特别是利用高低两液位的落差通过虹吸流进行真空抽气的方法和装置。

[0002] 背景技术 工业上大量使用储水池,同一企业具有多个不同液位储水池的情况也很普遍,例如傍海而建的工厂利用涨潮水位储水、退潮水位排水,潮差高度达 3m 以上,是可资利用的重力势能,可用于提供真空,如赵奎文等利用 9 个阀门交替开闭的管路系统实现了利用潮汐能间歇式获取真空的方法(赵奎文,刘业凤. 潮汐能太阳能多效蒸馏海水淡化装置的模拟与测试,制冷技术,2008,(2):17~21)。但其系统过于复杂、工作效率难于满足大型工业装置的要求。若能以连续、稳定方式利用高低两液位的落差进行真空抽气操作,则可在工业上取代旋转式或喷射式真空机械并节约动力。但现有技术无法实现利用高低两液位的落差实现连续稳定真空抽气。

[0003] 发明内容 本发明公开一种方法,借助大气压力能构造潮汐式虹吸真空抽气装置,利用不同液面高度的两储槽之间的液位落差,在不低于 0.75kPa(绝压)的抽气压力下实现气/水质量比不低于 1×10^{-5} 的连续稳定真空抽气操作。当液位落差为 3.5m 时,以 3070t/h 的液体流量可满足 900MW 压水堆核电站汽轮机凝汽器 7.5kPa(绝压)抽气压力 61.4kg/h 抽气量的要求,取代额定功率 132kW 的机械真空泵。

[0004] 本发明主要发明思想是:利用不同液面高度的两储槽之间的液位落差 H_3 和大气压力能,依据流体动力学原理和机械能转换与能量守恒,在两液面之间构成连续虹吸真空抽气过程。如附图所示,两端高差等于 H_3 、垂直安装的 $\cap$ 型虹吸管,插入高液位储槽的一端为上升管,插入低液位储槽的一端为下降管,高低两液面通过 $\cap$ 型管连通形成封闭流通回路,只要 $\cap$ 型管顶点距高液位面的高度 $H_2 < (p_0 - p_s)/(\rho_l g)$, (p_0 和 p_s 分别为当地大气压强和液体饱和蒸汽压, ρ_l 是液体密度, g 是重力加速度),一旦液体充满全管,即可形成从高液面通过上升管越过 $\cap$ 型管顶点通过下降管流入低液面的稳定虹吸流动,流动过程中两储槽液面高度的变化不超过 0.2m。液体流经上升管时位能不断增加、静压能不断减少、在 $\cap$ 型管顶点处静压达到最低值 $p_{\min}$ (但不低于 p_s) 即为该虹吸真空抽气泵的极限抽气压力、可以抽吸略高于该压力的气体。但从稳定性和抽气效率考虑,实际设计插入真空进气管在越过 $\cap$ 型管顶点的下降管截面 (a) 中心处、离高液位面垂直距离 H_1 、该距离是可调的、原则是使进气管插入点处液体静压比实际抽气压力 p_1 低 0.2kPa 以上。被抽吸的气体通过气液两相动量传递形成可压缩的泡状流在下降管内向下流动、其位能不断减小、静压能随之增大、气泡不断被压缩直至通过管口压入低液位储槽后从液面逸出到大气之中,从而实现连续稳定真空抽气过程。抽气质量流量 m_g 与液体质量流量 m_l 的关系服从下式

[0005]

$$m_g \frac{RT}{M_g} \ln \frac{p_0}{p_1} = m_l g H_3 - \left\{ 2m_l f_{l0} \frac{L_1 + L_{a1}}{D} u^2 + 1.858 \frac{\rho_l}{\rho_g} m_g u^2 \left(1 + \frac{m_g}{m_l} \cdot \frac{\rho_l}{\rho_g} \right)^2 + \right. \\ \left. 8f_{l0} \frac{L_2 + L_{a2}}{\pi D^3} \frac{(m_g + m_l)^3}{\rho_l} \left(\frac{m_g}{m_l} + \frac{1 - m_g/m_l}{\rho_g} \right) \left[1 + (m_g/m_l) \left(\frac{\rho_l}{\rho_g} - 1 \right) \right] \left[1 + (m_g/m_l) \left(\frac{\mu_l}{\mu_g} - 1 \right) \right] \right\}$$

[0006] 式中, M_g 、 ρ_g 和 T 是气体的摩尔质量、密度和绝对温度, R 是通用气体常数, μ_g 和 μ_l 分别是气体和液体粘度, D 是虹吸管直径, L_{e1} 和 L_{e2} 分别是液体单相流和气液两相流除直管以外的所有局部阻力当量长度, u 为液体在上升管内的流速、 $u \geq 0.797 \left(\frac{\sigma_l^2 g}{\rho_l \mu_l} \right)^{1/5}$ 且 $> 0.5 \text{ m/s}$ (σ_l 是液体表面张力), f_{10} 是液体摩擦系数 $f_{10} = 0.079 (uD \rho_l / \mu_l)^{-0.25}$ 。

[0007] 定义气 / 水质量流量的比值 m_g/m_l 为抽气能力, 根据以上原理和计算公式, 抽气能力正比于液位落差 H_3 、反比于大气压与抽气压力比值的自然对数 $\ln(p_0/p_1)$, 在管径 $D = (0.02 \sim 1.0) \text{ m}$ 、 $H_3 = (1 \sim 8) \text{ m}$ 、 u 不低于 0.5 m/s 、 L_{e1} 和 L_{e2} 均为 $(1 \sim 10) \text{ m}$ 的条件内, 本发明潮汐式虹吸真空抽气装置的工作范围为抽气压力 $p_1 = (0.75 \sim 50) \text{ kPa}$ 、抽气能力 $m_g/m_l = (0 \sim 50) \times 10^{-5}$ 。

[0008] 本发明的有益之处在于利用液面高度不同的两个敞开式储槽之间的液位落差、尤其是海水涨潮和退潮水位落差形成的液体重力势能, 仅依靠一根虹吸真空抽气管不需要其它机械即可实现连续、稳定的真空抽气操作, 极限抽气压力 $p_{\min}$ 可低至 0.75 kPa , 实际抽气压力 $p_1 = 7.5 \text{ kPa}$ 时抽气能力不低于 2×10^{-5} , 用于以海水为冷却介质的核电站, 仅需 3070 t/h 海水从 3.5 m 落差的涨潮水位通过本发明的虹吸真空抽气管流到退潮水位即可完成 900 MW 压水堆核电站汽轮机凝汽器 61.4 kg/h 抽气量的要求 (广东核电培训中心. 900 MW 压水堆核电站系统与设备, 北京: 原子能出版社, 2004: 482-487), 取代额定功率 132 kW 的机械真空泵。

[0009] 附图说明 附图 1 是本发明提供的潮汐式虹吸真空抽气方法和装置示意图。图中: 1- 高液位储槽; 2- 低液位储槽; 3- 虹吸真空抽气管; 4- 真空进气管; 5- 真空缓冲器; 6- 真空压力表; 7- 下降管止水阀; 8- 上升管止水阀; 9- 启动排气管; 10- 启动灌水管。附图 2 是本发明提供的虹吸真空抽气方法和装置 (高、低液位储槽液面落差 $H_3 = 3.5 \text{ m}$, 虹吸管轴线离高液位储槽液面垂直距离 $H_2 = 7.7 \text{ m}$) 的工作曲线图示例。以下结合实施例对附图 1 和附图 2 作进一步阐述。

[0010] 具体实施方式 以下结合但不限于实施例阐述本发明具体实施方式

[0011] 实施例 1: 用于 900 MW 压水堆核电站汽轮机凝汽器的潮汐式虹吸真空抽气装置。采用如附图 1 所示的装置, 高液位储槽 1 的液面高度由涨潮水位决定, 低液位储槽 2 的液面高度由退潮水位决定, 工作状态下两液面落差 H_3 不小于 3.5 m , 海水温度不高于 25°C , 虹吸真空抽气管 3 的直径 $D = 0.8 \text{ m}$, 垂直安装, 其顶点到高液位储槽 1 液面的距离 $H_2 = (8.1 \sim 8.5) \text{ m}$, 真空进气管 4 插入虹吸真空抽气管 3 的下降管截面 (a) 到高液位储槽 1 液面的距离 $H_1 = (7.5 \sim 8.0) \text{ m}$ 。真空缓冲器 5 的安装高度超过 $\cap$ 型管顶点 2 m 以上, 液体不能进入。

[0012] 装置原始投运的操作: 关闭下降管管口止水阀 7 和上升管管口止水阀 8, 打开 $\cap$ 型管顶点处的启动排气管 9 的截止阀和启动灌水管 10 的截止阀, 向虹吸真空抽气管 3 内灌水排气直至从排气管 9 涌出的水流不含气泡、同时关闭 9 和 10 的截止阀后, 依次打开 8 和 7, 即可形成通过 3 的连续虹吸流, 流速 u 不低于 2 m/s , 流量 m_l 不低于 3610 吨/小时 ; 高液位储槽 1 有足够的容量并在最高涨潮位时迅速补水、使液面高度变化不超过 0.2 m/24 小时 , 同理低液位储槽 2 在最低退潮位时迅速排水也可保证液面高度变化不超过 0.2 m/24 小时 。

[0013] 一旦形成了连续虹吸流, 真空进气管 4 插入虹吸真空抽气管 3 的下降管截面 (a) 处静压就低于 7.5 kPa , 打开真空进气管 4 的调节阀, 真空缓冲器 5 中的气体压力只要高

于 7.5kPa, 就会被水流抽吸到下降管并且随流而下被压缩后排入低液位储槽 2 液面以下 (0.1 ~ 0.3)m, 逸出到大气。

[0014] 虹吸真空抽气装置停止工作, 先关闭真空进气管 4 的调节阀、再关闭下降管管口止水阀 7; 恢复工作, 先打开下降管管口止水阀 7、再打开真空进气管 4 的调节阀。

[0015] 该工况的工作曲线如附图 2 所示最下面一条标记了 $H_1 = 7.5\text{m}$ 的曲线, 该曲线的下方即为该工况下允许工作范围, 其真空抽气压力 $p_1 = (2 \sim 17)\text{kPa}$ 、抽气能力 $m_g/m_1 = (0 \sim 16.5) \times 10^{-5}$, 当 $p_1 = 7.5\text{kPa}$ 时抽气能力 $m_g/m_1 = 2 \times 10^{-5}$, 即 72.2kg/h, 满足 900MW 压水堆核电站汽轮机凝汽器 61.4kg/h 抽气量的要求。

[0016] 实施例 2: 用于工艺补水低温脱气的潮汐式虹吸真空抽气装置。采用如附图 1 所示的装置, 虹吸真空抽气管 3 的直径 $D = 0.1\text{m}$, $H_3 = 3.5\text{m}$ 并保持恒定, 水温不高于 45°C , $H_2 = (7 \sim 7.5)\text{m}$, $H_1 = (6 \sim 6.5)\text{m}$, 虹吸水流速度 u 不低于 2m/s , 流量 m_1 不低于 56 吨 / 小时, 抽吸 65°C 下沸腾的锅炉补水释放的空气使其含氧量从 $150 \mu\text{g/kg}$ 下降到 $10 \mu\text{g/kg}$ 以下。

[0017] 该工况真空抽气压力为 24kPa, 其工作曲线如附图 2 所示从下往上数第 2 条标记了 $H_1 = 6.5\text{m}$ 的曲线, 允许真空抽气压力 $p_1 = (12 \sim 26)\text{kPa}$ 、抽气能力 $m_g/m_1 = (0 \sim 18) \times 10^{-5}$, 当 $p_1 = 24\text{kPa}$ 时抽气能力 $m_g/m_1 = 14 \times 10^{-5}$, 即 7.84kg/h, 满足 500 吨 / 小时工艺补水低温脱气的要求。

[0018] 本发明不限于上述实施例, 其技术方案已在发明内容部分予以说明。

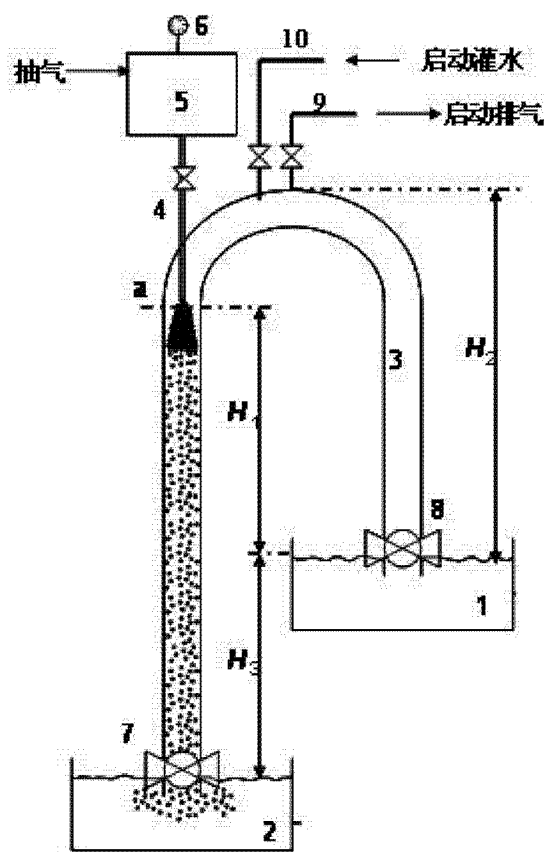


图 1

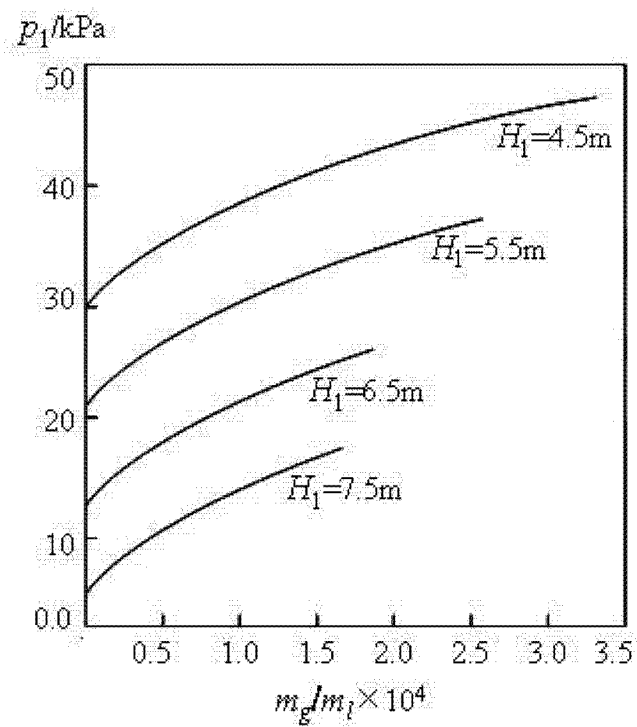


图 2