



太阳能空气取水 / 制水技术浅析

大连育明高级中学 ■ 刘子贤
大连理工大学能动学院 ■ 尹智超 张博*

摘要: 清洁水资源是人类生存的必要条件,但水资源匮乏却是当今世界各国面临的重大难题,尤其是在沙漠、岛屿等地区,该问题尤为突出。为此,本文介绍和分析了几种在恶劣条件下通过太阳能来制取或收集清洁淡水的方法,这几种方法都可稳定工作且无需外加其他能源,节能环保,具有广阔的应用前景。

关键词: 太阳能;空气取水;半导体制冷;吸附;聚雾取水

0 引言

水资源匮乏正逐渐成为全世界所面临的重大问题之一。虽然地球 70% 的面积被水覆盖,剩余 30% 的陆地上也有水资源的分布,但这其中绝大部分是咸水,而可供人类饮用的淡水不到 3%;且可饮用的淡水中还包括难以开发利用的冰川固态水、深层地下水等,易于被人类开发利用的湖泊、河流、浅层地下水等淡水资源还不到地球总水量的万分之一^[1]。随着人口的不断增长及环境污染的日益加剧,可供人们生产、生活使用的干净淡水资源越来越少,全球人均供水量正在逐年减少,水资源危机越来越成为制约可持续发展的障碍。而且由于水资源在空间和时间上分布不均匀,加剧了局部地区的干旱,尤其是在某些沙漠、沿海、岛屿地区^[2]。保证充足的淡水供应是人们进行生产和生活的前提,因此如何在沙漠、沿海、岛屿等干旱地区有效获取淡水就成为了人们共同面对的一大难题。

在自然界中,水以固、液、气 3 种形态存在,

彼此之间相互转换,地表或海洋的水蒸发到大气中,经冷凝后变成冰、霜、雨、雪后再次返回到地面,大气就成了恒定的中转站。由于大气环流的存在,尽管沙漠等干旱地区的地表水缺乏,但这些地区空气中的含水量与其他区域差别不大。在地表无水源而又急需用水时,从空气中取水不失为一种可行的方法。因此,本文介绍了 4 种利用太阳能取水 / 制水的方法。

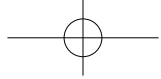
1 太阳能半导体制冷空气取水

从空气中取水的基本思想是将空气温度降至露点以下,空气中的水蒸气凝结成液滴后流至储液装置中,从而收集淡水。

历德义等^[3]设计了一种基于太阳能半导体制冷的空气取水装置,主要包括热电半导体制冷系统(如图 1 所示)和光伏发电系统(如图 2 所示)。热电半导体制冷系统由半导体制冷片、蓄冷块、隔热垫、散热器及风扇等部件组成。光伏发电系统主要由光伏组件、逆变器、蓄电池组等

收稿日期: 2018-09-10

通信作者: 张博(1974—),男,博士、教授,主要从事太阳能能量转换与高效利用方面的研究。zhangbo@dlut.edu.cn



部件组成。光伏发电系统给蓄电池充电，蓄电池驱动制冷片冷端制冷，并通过蓄冷块及翅片将冷量散到箱内；通过风扇加强对流换热，使箱内温度降低；当翅片壁面温度降至箱内水蒸气露点温度后，空气中的水蒸气开始在壁面凝结形成小水珠落到箱内储液器中。

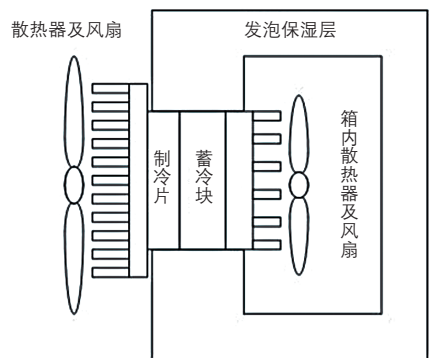


图1 热电半导体制冷系统构成图

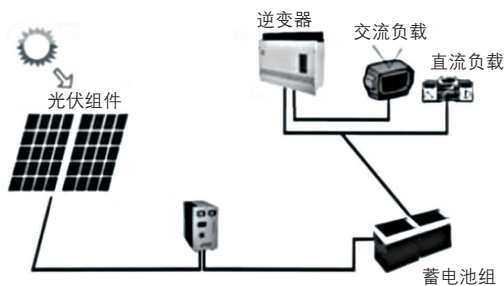
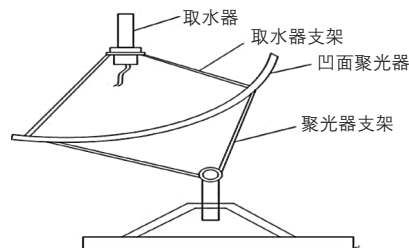
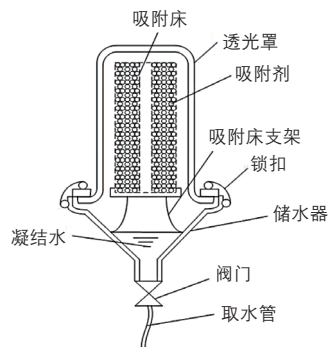


图2 光伏发电系统示意图

2 太阳能吸附式空气取水器

俞乔力等^[4]设计了一种采用沸石和硅胶作为吸附剂的太阳能吸附式空气取水器，结构如图3所示，主要由取水器和太阳能凹面聚光器组成。装置中的取水器主要由透光罩、吸附床（放有吸附剂）、储水器和取水管等组成，如图4所示。其中，吸附床是用金属丝制成的网状容器，用于盛放吸附剂。取水器由支架支撑，放置在聚光器的上面；聚光器由支架支撑，放置在地上。

太阳能吸附式空气取水器的工作原理是：夜间将吸附床连同吸附剂暴露在空气中，自然风吹过吸附剂，吸附剂对其中的水蒸气进行吸收，吸收到饱和或接近饱和状态；白天太阳升起时，将

图3 太阳能吸附式空气取水器结构示意图^[4]图4 取水器示意图^[4]

取水器密封，聚光器聚集太阳光来加热吸附床；当温度达到一定程度时水蒸气脱离吸附剂；脱离出来的水蒸气接触到壁面，由于壁面温度低于露点温度，水蒸气便在透光罩的壁面进行凝结；凝结之后的水滴通过管道流入储水器，继而获得淡水资源。在昼夜温差大、空气湿度变化大的地区，太阳能吸附式取水的方法具有较强的可行性^[5]。

理论和实践均证明该太阳能吸附式空气取水器的技术是科学可行的。在布置方式合理的情况下，用硅胶、沸石作为吸附剂的太阳能取水器不仅一年四季都能取水，而且即使在最干燥的冬季也能达到0.139 kg/h的较高产水量^[4]。

3 光伏取水

虽然我国某些地区并不缺乏水源，但是由于地形条件、水利设施建设滞后等原因，造成水资源开发利用困难。比如，我国西部一些高海拔山区的人们常年面临生产、生活用水困难的问题。为了解决这一问题，云南省进行了光伏取水的研发与规模化示范推广^[6]。通过该示范工程可以看出：采用光伏取水能够有效缓解山区和偏远地区的人畜饮水、农业灌溉等生产、生活用水难题。



光伏系统取水工作图如图 5 所示, 该系统由 1 台光伏水泵、1 个控制器、1 组光伏组件构成。此系统可在直径 20 cm 的井中使用, 也可以在各种湖泊、池塘、河渠等水源中取水, 扬程、流量均可达到所要求^[6]。

充沛的太阳光照可为水泵提供充足的动力, 同时此系统可实现全自动化运行, 无需人员看管, 从而大幅降低了维护工作量及人工成本, 提高了技术的经济可行性。

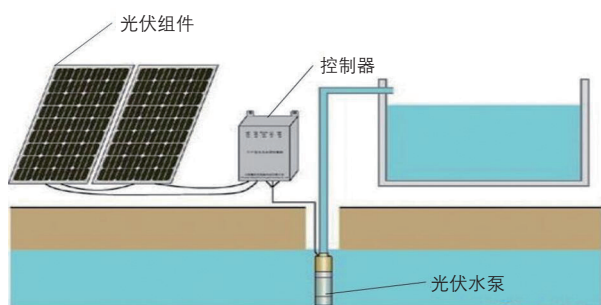


图 5 光伏系统取水工作图^[6]

4 聚雾取水

通过长期的观察和研究可以发现: 在沙漠等干旱地区之所以有生物能够存活, 主要是因为在这些干旱地区生存的动物、植物能够有效地从雾气中获得淡水。当雾气从这些地区飘过时, 它们通过各自的方法获取雾气中的水分, 比如, 蜘蛛可通过蜘蛛丝吸收雾气中的水分。蜘蛛丝经历了长期自然衍化, 具有高弹性、高强度、高韧度, 以及较大的断裂功和断裂伸长率等良好的机械性能。赵勇等^[7]观察到蜘蛛丝可以悬挂和收集大量水滴, 于是对其微观结构进行研究后发现, 蜘蛛丝由纳米纤维组成, 在干燥情况下呈现蓬松的链状结构, 但在雨雾润湿后会周期性的变成纺锤型结构和纤细连接结构。这种变化促使蜘蛛丝可以进行连续的凝水传输过程, 从而揭示了蜘蛛丝能够定向高效集水的内在机理。根据仿生学原理, 可基于蜘蛛丝的这一集水机制, 制作人造纤维网来收集雾气中的水^[7]。

全世界最干旱、最燥热的地区之一是位于非

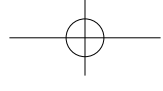
洲西南部的纳比亚沙漠, 这里全年几乎无降雨量, 但来自海洋的强风会给这片地区吹来大量雾气。每年这些雾气在纳比亚沙漠大概存在 6 个月, 而这些雾气成了这片沙漠地区的唯一淡水来源, 若沙漠中的生物无法利用雾气获取水源, 那它们也将无法在这片地区长期生存。

研究人员发现在这片沙漠里生存着一种甲虫, 它们背部长有许多不规则排列的突起, 这些突起的表面光洁且具有一定的亲水性。突起与突起之间的间距在 $0.5 \sim 1.5 \mu\text{m}$ 之间, 且两者之间的凹槽处有排列规整的半球状结构, 这种半球状结构由疏水性蜡状物质构成, 而这种蜡状物质具有一定的纳米结构。昆虫背上的突起因具有亲水性而能够捕捉水分, 蜡质非亲水凹槽负责将水运输到昆虫的嘴中, 满足其对水的需求。根据从甲虫背部表面结构得到的启发, Bai^[8]等综合了蜘蛛丝和沙漠中甲虫背部的结构特征, 设计了一种具有吸湿特性的仿生表面, 大幅提高了取水效率。

聚雾取水具有成本低、效率高等优点, 因此在帐篷取水、建筑物取水等领域都有一定的运用。比如, 英国建筑师马修·帕克斯将新研制的仿生材料用于纳米比亚大学水文中心的建筑设计中, 此大楼能从空气中吸收水分来满足大楼的用水需求^[9]; 智利、秘鲁等国家的一些沿海村庄运用此类具有仿生结构的人造纤维网来收集海雾, 以满足日常生活对淡水的需求。但由于受环境影响, 这种方法只适用于水资源缺乏且多雾的地区, 在我国运用这种方法取水的并不多见。

5 总结

水是一切生命体赖以生存的必要资源, 人们的日常生产生活也离不开水。但全球范围内有限的淡水资源正逐渐枯竭、大量水资源被污染, 水资源匮乏的问题越来越成为阻碍社会经济可持续发展和人类文明进步的巨大威胁, 甚至影响到了人类的生存。本文介绍了 4 种新型空气取水方法, 其中, 太阳能半导体制冷取水、太阳 (转第 44 页)



5 小结

目前使用的 3 种金属 - 玻璃封接方法中:

1) 可伐合金与 DM308 玻璃的封接属于匹配封接, 能保证其良好的密封性; 但由于 DM308 玻璃透光性差, 容易失透发毛, 化学性能也不稳定, 用其做长外玻璃管不能满足集热管的使用条件。若将其和可伐合金封接好的端头与 5.0 高硼硅酸盐玻璃长管封接做整管, 又会因 5.0 高硼硅酸盐玻璃的成本过高而增加集热管的生产成本。

2) 可伐合金与 3.3 硼硅酸盐玻璃过渡封接属于一级一级的准匹配封接, 气密性良好, 但工序较繁琐, 对过渡材料的性能要求较高, 而且从外观上看也不是很美观; 并且由于过渡料封接处较多, 对可靠性有一定的影响。

3) 不锈钢与 3.3 硼硅酸盐玻璃直接封接属于非匹配封接, 因此需利用薄边金属, 以避免炸裂。这种封接方法的封接端头美观大方, 但由于是利用薄边金属和玻璃进行封接, 对薄边的加工和处理有很严格的要求。而且由于这种技术近两年才在国内研发成功, 对其耐久性还未有科学的测试方法, 因此人们难免对这种封接方法持怀疑态度。

(接第 70 页) 能吸附式取水和光伏取水都是通过太阳能来提供能量, 聚雾取水则是利用材料本身的结构来收集雾气中的小水珠, 不需要额外提供能量。这几种方法都具有节能、对环境无污染、可以稳定运行的特点, 在特定区域进行有针对性地推广使用, 可以解决恶劣环境下的供水问题, 保证人畜能够喝到安全、清洁的饮用水。

目前, 空气取水存在的弊端是取水效率较低。虽然空气本身所含水资源的总量很大, 但是单位体积空气的相对含水量却较少; 同时, 空气取水技术本身仍需进一步完善。空气取水效率低在一定程度上限制了它的大面积推广, 因此, 若能研制出高效率、高性能的取水装置, 其应用前景将更加广阔。

参考文献

[1] 杨志清. 21 世纪水资源展望 [J]. 水资源保护, 2004, 20(4):

总之, 金属和玻璃的封接会直接影响集热管的性能, 本文介绍的 3 种封接方法各有千秋, 都能达到抗热冲击试验的要求。在国外, 德国 Schott 公司改变了封接玻璃和金属的材料, 使得新的金属和玻璃的膨胀系数接近, 然后采用熔封技术实现了金属与玻璃的匹配封接, 既保证了性能要求, 又美观大方。在国内, 由于 5.0 高硼硅酸盐玻璃长管成本过高, 一般采用可伐合金与 3.3 硼硅酸盐玻璃过渡封接、不锈钢与 3.3 硼硅酸盐玻璃直接封接这两种封接方法。

参考文献

- [1] 罗大为, 李雪, 沈卓身. 金属-玻璃太阳能真空集热管的封接工艺技术 [J]. 太阳能, 2012, (1): 22 - 25.
[2] 胡忠武, 王警卫, 杨清海. 玻璃-金属封接技术 [J]. 电源技术, 2000, 24(4): 251 - 252.
[3] Eckhard L, Riffelmann K J, Price H, et al. Experimental analysis of overall thermal properties of parabolic trough receivers[J]. Journal of Solar Energy Engineering, 2008, 130(5): 247 - 266.
[4] 黄鑫炎, 侯鹏, 郝梦龙, 等. 槽式太阳能热发电真空集热管技术 [J]. 太阳能, 2009, (4): 28 - 34.
[5] 王军, 张耀明, 王俊毅, 等. 槽式太阳能热发电中的真空集热管 [J]. 太阳能, 2007, (5): 24 - 28. 太阳能

66 - 68.

- [2] 程晓冰. 水资源保护概况 [J]. 水资源保护, 2001, (4): 8 - 12.
[3] 历德义, 邓博文, 卢宏宇, 等. 基于太阳能半导体制冷空气取水装置性能研究 [J]. 实验室研究与探索, 2018, (7): 29 - 31, 96.
[4] 俞乔力, 苏跃红, 葛新石, 等. 太阳能吸附式空气取水器的技术方案及其理论和实验研究 [J]. 太阳能学报, 1994, (4): 341 - 346.
[5] 刘震炎, 孟华, 葛新石. 太阳能吸附式空气取水器和太阳能制冷结露法空气取水器的热性能分析比较 [J]. 热能动力工程, 1997, (4): 253 - 256.
[6] 马再波, 李雯, 严娟, 等. 云南科技抗旱太阳能光伏取水应用现状及发展研究 [J]. 中国科技成果, 2014, (22): 43 - 45.
[7] 赵勇, 王女, 陈洪燕, 等. 仿生制备多级结构微纳米材料 [A]. 中国化学会第 27 届学术年会 [C]. 厦门, 2010.
[8] Bai H, Wang L, Ju J, et al. Efficient water collection on integrative bioinspired surfaces with star-shaped wettability patterns[J]. Advanced Materials, 2014, 26(29): 5025 - 5030.
[9] 司马. 雾中取水办法妙——沙漠甲虫雾中取水为人类在干旱地区集水提供思路 [J]. 当代畜牧, 2002, (1): 28. 太阳能