

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.01.019

水源热泵低温储粮技术的应用分析

杨晓帆, 张文彦, 李辉, 李琛

(云南省粮油科学研究院, 云南 昆明 650033)

摘要: 分析了水源热泵低温储粮技术原理和适用性的影响因素, 并对我国水源热泵低温储粮技术的安装和使用情况进行整理分析, 旨在为不同地区粮食仓储企业选择水源热泵低温储粮技术提供理论依据。

关键词: 水源热泵; 低温储粮; 应用

中图分类号: TS205.9; S379.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)01-0105-05

Application analysis of water source heat pump technology for low-temperature grain storage

YANG Xiao-fan, ZHANG Wen-yan, LI Hui, LI Chen

(Yunnan Food and Oil Science Research Institute, Kunming Yunnan 650033)

Abstract: The principle of water source heat pump technology for low-temperature grain storage and the factors affecting its applicability were analyzed in this paper. And the installation and use of water source heat pump technology for low-temperature grain storage in China were further collated and analyzed. The aim of this paper is to provide a theoretical basis for grain storage enterprises in different regions in selecting water source heat pump technology for low-temperature grain storage.

Key words: water source heat pump; low-temperature grain storage; application

水源热泵技术属于可再生能源利用技术, 是直接利用地球表面浅层水源, 如地下水、地表的河流和湖泊以及海洋等储藏的太阳能资源进行能量转换的热泵技术^[1-2]。水源热泵技术用于粮食低温储藏, 可以提供粮食储藏所需的一定温湿度环境, 是一种绿色环保的低温储粮技术, 主要包括地下水或地表水采集装置、分配装置、水冷式制冷机组、送回风管路及控制设备等。通过分析水源热泵系统在低温储粮中的区域适用性、投资、运行情况等方面, 为不同区域粮食仓储企业在选择水源热泵进行低温储粮时提供理

论依据。

1 水源热泵低温储粮系统原理

水源热泵低温储粮的工作原理^[3]是通过水泵将地球浅表层水源, 采集到水源热泵制冷机组的冷凝端, 与机组内的制冷剂进行换热降温, 降温后冷却的水通过热泵转换至蒸发端, 粮仓内高温空气通过风机作用不断在蒸发端冷却, 再通过送风管, 在粮堆内自下而上穿过粮层, 与粮食充分进行热交换, 最后到达粮堆上部, 粮堆上部的空气通过回风管送至蒸发端再次被处理到需要的低温状态, 重新送入粮堆或粮面吸收热量。粮食热量被冷风传递给制冷剂, 制冷剂再传递给循环水, 最终实现粮食热量向地下或地表水中的转移过程, 从而达到粮仓内粮食降温目的。水源热泵低温储粮降温系统主要包括整仓降温与表层控温。图1为水源热泵低温储粮原理示意图。

收稿日期: 2019-09-04

基金项目: 2015 国家公益项目 (201513001) —粮堆多场耦合模型调控与区域标准化应用研究

作者简介: 杨晓帆, 1965 年出生, 男, 学士, 高级工程师, 研究方向为粮油加工及储藏。

通讯作者: 张文彦, 1986 年出生, 女, 硕士, 工程师, 研究方向为粮油加工及储藏。

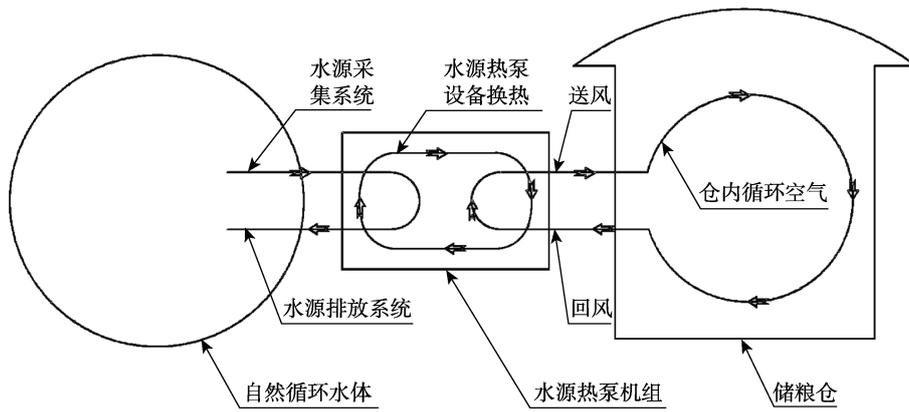


图 1 水源热泵低温储粮原理示意图

2 水源热泵储粮技术适用性的影响因素

根据吴艳菊等^[4]分析的水源热泵在我国各典型气候区的适用性可知，影响水源热泵使用的关键因素包括水源、水量、水质、水温、气候等。

2.1 水源

我国水资源分布极不平衡，总的分布范围是东南多，西北少，由东南向西北逐渐递减。我国主要水系分布见表 1。

以上地区拥有安装水源热泵最基本的要素——水源，但是水温、水质、气候等参数也是选择水源热泵技术必须评估的因素。

2.2 水量、水质、水温

水量要充足，水质需符合《地源热泵系统工程技术规范》(GB 50366—2005)的要求，否则应采取一定的清洁处理。根据 ARJ 320 标准，最适宜的水温在 10~22℃，5~38℃ 能满足要求^[5]。主要水系和湖泊水文特征如表 2 和表 3。

表 1 全国主要水系分布

分区名称	包括的水系	流经城市或周边城市
严寒地区	辽河水系 松花江水系	沈阳、鞍山、抚顺、本溪 吉林、哈尔滨、齐齐哈尔、佳木斯
寒冷地区	黄河水系 海河水系	兰州、银川、郑州、开封、济南 北京、天津
夏热冬冷地区	长江水系(洞庭湖、鄱阳湖、巢湖、太湖) 淮河水系(洪泽湖)	重庆、长沙、武汉、南京、上海 徐州、连云港、蚌埠
夏热冬暖地区	珠江水系	广州、汕头、南宁
温和地区	滇池	昆明

表 2 七大水系部分水文特征

水分特征	水系名称						
	长江	珠江	黄河	淮河	海河	辽河	松花江
年流量(亿 m ³)	近 10 000	3 360	580	622	264	89	759
含沙量	较小	较小	大	小	高	较高	不大
结冰期	无	无	有	无	有	有	11 月中旬至翌年 4 月上旬，长达 5 个月

表 3 主要湖泊部分水文特征

水分特征	湖泊名称					
	洞庭湖	鄱阳湖	太湖	洪泽湖	巢湖	滇池
结冰期或结霜期	无霜期 258~275 天			不同程度的结冰现象 1~2 月全湖封冻	一般年份冬季均有暗冰出现	无
水质状况	较清洁，富营养化不明显	~ 类较好，中营养	类富营养化明显	中-富营养化	类、类、东半湖中营养、西半湖富营养	类、劣类、富营养
水温		年平均水温 17	历年平均水温 17.1	年平均水温 16.3	多年平均水温为 16.1	年均水温 16

2.3 典型气候区水温与气候的关系

严寒地区如内蒙、新疆、青海、西藏及东北等地区,属夏季短促凉爽,或水资源贫乏,不适合水源热泵技术进行低温储粮。

寒冷地区如黄河流域,夏热冬冷,水量较丰富,但含沙量大,不符合开式系统的水质要求;海河流域夏季水温与气温相差不大,节能效率不显著,且水资源缺乏,水质污染重,不适合使用水源热泵。

夏热冬冷地区如长江流域,是我国水资源最丰富的地区,水质相对较好;淮河流域地处我国南北气候过渡带,从气候、气温和水温分析,这两个区域都适合水源热泵进行低温储粮,但局部区域的水质仍污染严重,需详细的评估水质。

夏热冬暖地区如珠江流域,水质较好,适合使用水源热泵,但也需要结合投资、经济性方面综合考量。

温和地区如昆明的滇池,气候属冬温夏凉,且考虑到水源热泵投资大,滇池污染严重,水质差,该地区不需要水源热泵技术进行低温储粮。

3 水源热泵技术低温储粮实际应用情况

根据本单位向成都某科技发展有限公司采集的低温储粮系统有关信息以及各项技术运行数据进行整理,分别对不同方式储粮降温系统的投资及投入使用情况进行比较,如表4~表6所示。

3.1 设备厂家

近年来,我国涌现出了众多的水源热泵生产厂商,如清华同方、福尔达、郎博旺、三星-贝莱特、北京恒有源、山东宏力等^[6],粮食行业利用水源热泵系统进行低温储粮还处于起步阶段,目前国内较大的水源热泵低温储粮设备生产企业主要包括成都朗博旺、无锡粮食设计院、江苏永晟空调等,覆盖范围主要集中在江苏省,如南京、常州、昆山、南通、番禺等地区的部分粮库。

3.2 初始投资比较

由表4、表5可知,储粮规模不同,不同低温储粮技术的初始投资情况不同。1万t储粮规模的初始投资大小依次为:谷冷机>地下水源热泵≈河水源热泵>空调;5万t储粮规模的初始投资大小依次为:地下水源热泵=河水源热泵>谷冷机>空调。由于谷冷机属于移动式降温设备,对粮仓降温时可交替使用,因此,随着储粮规模增大,配备的谷冷机比例相应减小;而两种水源热泵系统初始投资相对较高,因为水源热泵系统包含整仓降温机组和表层控温机组,设备价格高,配置数量多,另外还需配备多个水泵和水井,所以初期投入大,因此在选择水源热泵进行低温储粮时,尤其要考虑投资的经济性和适用性。

3.3 运行能耗

系统运行能耗是粮食仓储企业在选择低温储粮技术时考量的重要指标之一,对几种低温储粮技术的运行能耗做了对比分析,如表6所示。

表4 低温储粮技术初始投资的对比(1万t初始投资的条件)

技术名称	设备	数量	投资/万元	使用寿命/a	年化投资/(万元/a/万t)	参数
河水源热泵	整仓降温	2	115	20	5.8	电功率 28.5 kW/台, 制冷量 85 kW
	表层控温	4				电功率 7.8 kW, 制冷量 32 kW
	水泵	4				电机功率 7.5 kW/台, 40 m ³ /h
	旋流除沙器	1				
地下水源热泵	整仓降温	2	120	20	6.0	电功率 28.5 kW/台, 制冷量 85 kW
	表层控温	4				电功率 7.8 kW, 制冷量 32 kW
	水泵	4				电机功率 7.5 kW/台, 40 m ³ /h
	取水井	2				取水:回灌=1 2
	回灌水井	4				
谷冷机	谷冷机	4	140	20	7.0	电机功率 36.4 kW/台, 制冷量 55 kW
空调机	空调机	16	32	15	2.1	电机功率 4.4 kW/台, 制冷量 12 kW, 仅能用于表层降温

表 5 低温储粮技术初始投资的对比 (5 万 t 初始投资的条件)

技术名称	设备	数量	投资/万元	使用寿命/a	年化投资/(万元/a/万 t)	参数
河水源热泵	整仓降温	4	360	20	3.6	电功率 28.5 kW/台, 制冷量 85 kW
	表层控温	20				电功率 7.8 kW, 制冷量 32 kW
	水泵	8				电机功率 22 kW/台, 130 m ³ /h
	旋流除沙器	2				
地下水源热泵	整仓降温	4	360	20	3.6	电功率 28.5 kW/台, 制冷量 85 kW
	表层控温	20				电功率 7.8 kW, 制冷量 32 kW
	水泵	8				电机功率 22 kW/台, 130 m ³ /h
	取水井	10				取水: 回灌=1 2
	回灌水井	20				
谷冷机	谷冷机	8	280	20	2.8	电机功率 36.4 kW/台, 制冷量 55 kW
空调机	空调机	80	160	15	2.1	电机功率 4.4 kW/台, 制冷量 12 kW, 仅能用于表层降温

表 6 低温储粮技术运行费用的对比 (1 万 t 规模条件)

技术名称	设备	运行能耗/(度/kW·h)	数量/台	运行周期/(按 6~9 月计算)	合计/(度/kW·h)	吨粮能耗/(kW·h/t/a)
河水源热泵	整仓降温	2 100/次	2	每仓运行 2 次, 共计 8 次	47 840	4.784
	表层控温	940/月/台	4	每仓运行 4 月, 共计 16 周期		
	水泵	1 000/月/台	4	随设备运行而运行		
地下水源热泵	整仓降温	2 100/次	2	每仓运行 2 次, 共计 8 次	47 840	4.784
	表层控温	940/月/台	4	每仓运行 4 月, 共计 16 周期		
	水泵	1 000/月/台	4	随设备运行而运行		
谷冷机	谷冷机	4 100/次	4	每仓每月运行 2 次, 共计 32 次	131 200	13.12
空调机	空调机	1 400/月/台	16	每仓运行 4 月, 共计 16 周期, 仅表层控温功能	22 400	2.24

由表 6 可知, 三项低温储粮技术的吨粮能耗由低到高依次为: 空调<地下水源热泵=河水源热泵<谷冷机。在后期运行能耗上, 水源热泵系统相比谷冷机节能 63%以上。水源热泵系统由于运作方式比较复杂, 通过整仓降温(和谷冷机相同), 将整仓温度降至 20 以下, 再通过表层机组进行表层控温, 使仓内温度长期维持在稳定状态。谷冷机一次性降温后, 随时间延长, 仓内温度升高较快, 尤其是在夏季, 最短每周进行一次降温, 由于设备功率大, 电耗较高导致后期运行成本高。普通空调由于不具备整仓降温功效, 仅对表层进行冷却, 冷却深度为 0.5 m, 无法有效深入粮堆内部进行降温, 因此降温效果不理想。

3.4 对粮食的影响

传统储粮技术造成粮食水份损失较大, 根据张锡贤^[7]报道的江苏常州某库在传统机械通风处理高温粮的过程中, 粮食水分损耗高达 0.8%左右, 而采用水源热泵低温储粮后, 水分从 15.7%

降到 15.3%, 仅降低了 0.4%, 有效地减少了粮食损耗, 更好的保证了粮食品质, 减少了粮食仓储企业的经济损失。

3.5 设备维护

水源热泵系统总体结构较复杂, 要有符合要求的地表水源, 即便如此, 水源热泵机组冷凝器仍易产生结垢、腐蚀、藻类或微生物滋长, 会影响机组运行效率, 需要定期清洗。而谷冷机配套设备少, 操作方便, 易维护, 但不能长时间连续工作, 较适用于粮堆内部发热“急救”和局部降温。

4 结论

不同地区应该根据投资、运行能耗以及当地的气候、地理环境、水源情况等因素进行综合评估, 判断是否适合使用水源热泵技术进行低温储粮。

粮仓低温环境要靠制冷系统降温, 同时也必须做好粮仓的保温隔热^[8], 以减少粮库的冷负荷, 因此, 如何快速降温和保温并最大限度降低

能耗是选择水源热泵低温储粮技术需要重点考虑的问题。

地表水源温度常年变化不大,即水源热泵技术的冷源较稳定,运行起来比普通空调、谷冷机等制冷设备节省耗电量 60%~70%,因此在条件适宜的地区使用水源热泵低温储粮具有广阔的前景。

参考文献:

- [1] 张毅,孙友宏. 水源热泵系统的相关问题[J]. 西部探矿工程, 2003, 15(12): 111-113.
- [2] 张成宇. 利用水源热泵的低温地热水采暖系统研究[D]. 天津大学, 2005.
- [3] 顾巍,张民平. 散粮低温仓工程中对天然冷源的利用[J]. 粮食与食品工业, 2007, 14(5): 45-48.
- [4] 吴艳菊,王勇. 浅析地表水地源热泵在我国各典型气候区的适用性[C]. 全国暖通空调制冷 2008 年学术年会资料集. 2008.
- [5] 聂会元,吴艳菊,王勇,等. 中国气候区淡水源热泵适应性分析[J]. 重庆建筑大学学报, 2008, 30(3): 112-115.
- [6] 裘薇,温彩霞. 水源热泵集中冷热热水系统能耗及其效益分析[J]. 上海电力学院学报, 2010, 26(1): 19-22.
- [7] 张锡贤. 水源热泵在湿热区域稻谷保管过程中的应用试验[J]. 粮油仓储科技通讯, 2014, 30(1): 31-32.
- [8] 王海霞,毕文峰. 水源热泵在低温储粮中的应用[J]. 粮油加工, 2009(11): 89-91. 

亚太区域粮食安全和营养概况发布

要在 2030 年年底之前实现可持续发展目标 2 中的零饥饿目标,亚太地区必须从现在起每个月减少 300 万营养不足人口,四大联合国机构于今日联合发布的《2019 亚洲及太平洋区域粮食安全和营养概况》中称。

亚太地区生活着全球近 5 亿营养不足人口。由于距离零饥饿目标的 2030 年期限仅十年之遥,联合国粮食及农业组织、联合国儿童基金会、世界粮食计划署和世界卫生组织呼吁采取紧急行动,以解决各种形式的饥饿和营养不良问题,并首次呼吁该区域采取果断、知情和协调一致的行动,将营养置于社会保障计划的核心位置。

儿童发育迟缓和消瘦、隐形饥饿及不断加剧的肥胖问题

该报告所展示的有关饥饿(包括微量营养素缺乏,也被称为隐性饥饿)、儿童发育迟缓和消瘦的最新数据令人担忧,与此同时,超重和肥胖危机又席卷了整个亚太地区,导致了新的营养并发症。

“该地区的发育迟缓和消瘦发生率仍然很高,大部分国家的发育迟缓率超过 20%。据估计,2018 年有 7720 万名五岁以下儿童发育迟缓,3250 万名五岁以下儿童受到消瘦折磨。”

与此同时,亚太地区儿童和成年人中的超重和肥胖人数也在上升,对健康和福祉产生了负面影响。与饮食有关的非传染性疾病(如糖尿病、高血压和呼吸系统疾病)给国家医疗保健预算造成极大压力,并导致生产力损失。

“在该地区的许多国家,儿童营养不足、超重、

肥胖和微量营养素缺乏症在全国和家庭层面,甚至同一个人身上同时出现。因此,需要采取多方利益相关者方法来解决营养不良的多重负担。”该报告指出。

呼吁采取行动,将营养置于社会保障的核心位置

报告指出,社会保障是减少不平等现象和减轻灾害影响的重要途径,其中有关社会保障的特别章节中解释称,制定营养敏感型计划可以加快消除饥饿和营养不良的进展。

报告认为,无论是正常情况下,还是面对冲击时,都应将此类具体的营养原则应用于社会保障计划的设计、实施、监测和评估之中。

报告也指出,该地区在改善粮食安全和营养方面取得了一些进展。“其中有些进展将产生有益影响,例如有关食品强化的国家立法,以及实施推广健康饮食的财政政策。持续的经济增长也具有改善粮食安全和营养的潜力,”四大联合国机构的区域负责人联合表示。

尽管如此,不平等现象的加剧破坏了积极进展,与气候和冲突有关的冲击和灾难也同样会产生破坏作用。尽管社会保障在消除饥饿和营养不良方面具有巨大潜力,但报告指出,有必要就社会保障计划对穷人,特别是妇女和儿童、残障人士和土著人民的健康和营养产生的影响开展更多研究。

发布该报告的联合国机构希望,上述发现将为相关对话提供更多信息,以推动成员国开展创新和高效的行动,改善整个亚太地区的粮食安全和营养。

(摘自:联合国粮农组织(FAO)官方微信公众号,2019年12月11日)