

多能互补一体式晾晒场-冷鲜库设计研究

史仙云¹ 徐凤^{12*}

1 新疆大学建筑工程学院 2 哈尔滨工业大学环境学院

DOI:10.12238/as.v7i5.2469

[摘要] 在双碳背景下,以推进各类资源节约集中利用,全面推进乡村振兴为目标,针对我国农副产品储存“最先一公里”的需求,以风、光资源丰富新疆喀什地区某农村为试点,在已有晾晒场的基础上,提出多能互补乡村一体式晾晒场-冷鲜库的设计构想。开展冷鲜库的设计计算、能耗计算、效益估算等研究。动态模拟结果显示,地下冷鲜库较地上可以节约15%的能源消耗,全年可减少53.7吨CO₂排放。多能互补乡村一体式晾晒场-冷鲜库提高当地风光资源利用率,构建清洁低碳的能源体系,推动新疆能源结构不断优化,助推当地农副产品产业发展,是科学技术助力乡村振兴的一次尝试。

[关键词] 乡村振兴; 清洁能源; 多能互补; 最先一公里; 科技助农

中图分类号: TB21 文献标识码: A

Research on the Design of Multi energy Complementary Integrated Drying Field Cold Fresh Storage

Xianyun Shi¹ Feng Xu^{2*}

1 College of Civil Engineering and Architecture, Xinjiang University

2 School of Environment, Harbin Institute of Technology

[Abstract] Under the dual-carbon background, with the goal of promoting the saving and centralized utilization of all kinds of resources and comprehensively promoting the revitalization of the countryside, and in view of the demand for the "first kilometer" of agricultural and sideline products storage in China, taking a rural village in the Kashgar area of Xinjiang, which is rich in wind and light resources, as a pilot, and based on the existing drying yard, the design concept of the multi-energy complementary countryside integrated drying yard and chilled storage is put forward. Design concept. The design calculation, energy consumption calculation and benefit estimation of the cold storage are carried out. The simulation results show that the underground cold storage can save 15% of energy consumption compared with the above ground, and reduce 53.7 tons of CO₂ emission in a year. Multi-energy complementary rural integrated drying field - cold fresh storage to improve the utilization rate of local scenery resources, build a clean and low-carbon energy system, promote the continuous optimization of the energy structure in Xinjiang, boost the development of local agricultural and sideline products industry, is science and technology to help rural revitalization of an attempt.

[Key words] rural revitalization; clean energy; multi-energy complementary; the first kilometer; science and technology for agriculture

乡村振兴是党的十九大报告中提出的一项重大战略,是实现中华民族伟大复兴中国梦、解决“三农”问题的重要保障。

《中共中央国务院关于做好2023年全面推进乡村振兴重点工作的意见》指出底线任务是巩固拓展脱贫攻坚成果。在《应对气候变化报告(2022):落实“双碳”目标的政策和实践》中指出,风电和太阳能发电已经成为我国清洁能源产业发展的重要战略方向。新疆喀什地区位于中国太阳能二级地区,4763.82平方公里可用于光伏发电,能满足 2×10^9 千瓦光伏

的开发需求^[1]。喀什地区平均有6000小时风速大于3m/s,因此,开展新疆喀什地区风能、太阳能等清洁能源利用体系的研究,具有重要的现实意义。

我国乡村农副产品产业的生产规模不断扩大,产量持续增长。同时,我国消费者对农副产品的需求越来越多样化,对农副产品品质要求也不断提高。随着农副产品直播电商快速发展,直播带货方式为农副产品提供新的销路,助推乡村振兴^[2]。为保证农副产品好的品质,减少农副产品流通中的损耗,农副产品储

存、保鲜的“最先一公里”是流通的起点,也是冷链物流建设的重点^[3]。

针对新疆喀什地区某村“农副产品晾晒场”利用率不高,开展喀什某村晾晒场改造设计研究。结合当地风光资源丰富,在已建好的晾晒场规划用地基础上,新建地下混合光伏发电冷鲜库。构建清洁能源利用体系,提高当地可再生能源利用率,推动新疆能源结构不断优化,构建绿色低碳、安全高效能源体系的同时,有效开发新疆风电与太阳能资源,构建能源利用新发展格局,着力推动农村高质量快速发展,促进产业振兴,带动农民增收致富。

1 设计研究

1.1 基础资料

该村属于暖温带大陆性干旱气候,全年降水量少,蒸发量大,光照充足,热量丰富,年最高温度37.9℃,最低温度-14.9℃,年平均温度11.8℃。最大冻土深度66cm,平均土壤温度8℃。地势平坦,无高层建筑阻挡。夏季白昼小时数可达14小时~15小时,春季日照率可达50%~60%,冬季日照率可达55%左右。该村农副产品晾晒场,用于农副产品的晾晒、瓜果晾干等。该晾晒场建筑面积600m²。晾晒场建成后,农民开展了瓜干等农村特色产品的晾晒工作。

1.2 方案设计及研究

根据调研,喀什地区某村全年日照小时数2900h,平均每年大约有6000小时以上风速大于3m/s,而风机启动风速为1.3m/s。因此,根据调研地区自然资源优势开展风光电多能互补的乡村一体式晾晒场-冷鲜库的构想。在已建好的晾晒场的规划用地基础上,新建地下混合光伏发电冷鲜库,增加土地利用效率,开发贮藏保鲜设施,推广贮藏保鲜技术,科学储存,延长农副产品保质期,真正打通农副产品运输“最先一公里”。多能互补乡村一体式晾晒场-冷鲜库示意图,见图1所示。



图1 多能互补乡村一体式晾晒场-冷鲜库示意图

1.2.1 多能互补供能系统设计

太阳能光伏系统主要由光伏阵列、蓄电池、逆变器和控制器组成,通过在晾晒场屋顶敷设太阳能光伏阵列将光能转化为电能,板下设置PLC控制器,根据太阳高度角,自动调节倾角,保证最大发电功率。风力发电通过垂直小型风力发电机实现,其中风电和光电储存于蓄电池组中,通过逆变器,将直流电转化为交

流电给负载侧使用。当检测到风光发电无法满足制冷系统需求时,接入村电,对系统供能进行补充,满足系统稳定运行需求。当风电和光电过剩时,可以将多余的直流电经并网逆变器转换成负荷电网要求的交流电并入电网中,由电力公司收购。

1.2.2 风光电多能互补一体式晾晒场——冷鲜库设计计算

(1) 冷鲜库平面设计

根据规划用地,在地上建立晾晒场,地下建造冷鲜库,形成一体式设计。根据《冷库设计标准》(GB50072-2021)^[4]以不扩大占地为原则,晾晒场平面尺寸30m×30m,冷鲜库平面尺寸为25m×20m,高为5m,冷鲜库平面设计图,见图2所示。初步计算库容量为196.02吨。可对试点村特色农副产品,如肉、禽、蛋、果蔬、菜干、瓜干等进行短期保鲜冷藏。

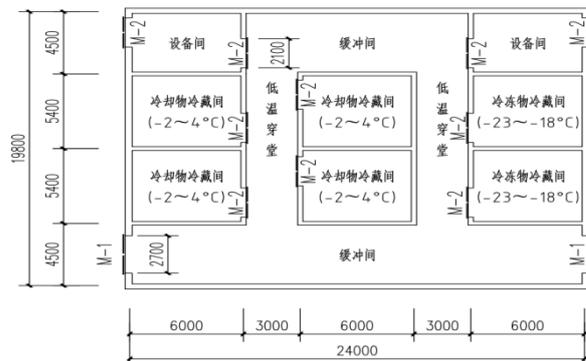


图2 冷鲜库平面设计图

(2) 冷鲜库库容计算

根据《冷库设计标准》(GB50072-2021)计算库容量,按直接堆码冷藏物冷库的计算容量可按下式计算:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \eta_i \rho_i}{1000}$$

式中:G——冷库的算容量(t); v_i——各个冷藏间的公称容积(m³); η_i——各个冷藏间的容积利用系数; ρ_i——各个冷藏间食品的计算密度(kg/m³); n——冷藏间的数量。

根据《冷库设计标准》(GB50072-2021)冷藏间容积利用系数η取0.55。冷却物冷藏间装、箱装鲜水果食品的计算密度为350kg/m³。冷冻物冷藏间食品计算密度,冻肉400kg/m³。计算:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \eta_i \rho_i}{1000} = \frac{5.4 \times 6 \times 5 \times 4 \times 350 \times 0.55 + 5.4 \times 6 \times 5 \times 2 \times 400 \times 0.55}{1000} = \frac{196020}{1000} = 196.02(t)$$

通过对地上冷鲜库和一体式晾晒场-冷鲜库建筑负荷的TRNSYS动态模拟,结果表明地下冷鲜库的逐时负荷小于地上冷鲜库,可以节约15%的能源消耗。

(3) 设备选择及耗电量计算

新疆某县平均年日照时间2900小时,一年按365天计算,日

照时间为7.94小时/日。所选太阳能板,尺寸为:2.384m×1.096m×0.035m,发电为535~555瓦,发电效率为20.48%,取545W,进行发电量计算:

$E = \text{平均日照时间} \times \text{太阳能瓦数} \times \text{效率} = 7.94 \times 545 \times 20.48\% = 831.54 \text{ kW} \cdot \text{h/d}$ 。

选用太阳能板单板面积 $S = 2.384 \times 1.096 \approx 2.61 \text{ m}^2$ 。

单侧房顶铺设面积为: $300 / \cos 20^\circ = 319.25 \text{ m}^2$ 。

单侧房顶可铺设太阳能板片数=铺设面积/单板面积= $319.25 / 2.61 = 122.32 \approx 120$ 片。整个晾晒房顶可铺设的太阳能板片数为240片。

考虑到太阳能逆变器的转化效率、太阳能板倾角与方位角修正、光照利用率、光伏组件表面污染修正系数等,综合效率系数一般在75%到85%之间,取80%代入计算。光伏太阳能电池板每天发电量为:

$E_{\text{太阳能}} = 831.54 \text{ kW} \cdot \text{h/d} \times 240 \times 80\% = 159655.68 \text{ kW} \cdot \text{h/d} = 159.66 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

查阅资料,综合各种因素,适合小型风力发电。初步选取DS-300垂直小型风力发电机。额定功率 $P = 300 \text{ W}$,最大功率320W,启动风速1.3m/s,额定风速13m/s,工作温度 $-40^\circ \text{C} \sim 80^\circ \text{C}$,效率为40%。风力电机日发电量 $P = 300 \text{ W} \times 0.4 = 120 \text{ W/d}$,一台风电机一天发电量为:

$E_{\text{风}} = 120 \times 24 = 2.8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。选4台风力发电机。一天可发电量为11.2kW·h。

按冷库库容196.6吨容量,选用一台比泽尔半封闭式活塞压缩机4H-15.2组成的多机头机组,制冷量为13.84kW,输入功率6.3kW。冷凝器与蒸发器选择卧式水冷型。根据长期测试经验,制冷系统能效为2.04,考虑直接照明、融霜、通风等电耗后,平均每日耗电量为146.7kW·h/d。

综上,所选设备完全满足一体式冷鲜库运行。当白天太阳辐射强的时候,将多余电量储存至蓄电池,以满足太阳辐射较弱时段和夜间的稳定运行。遇特殊天气,由村电补充所缺电量,保障冷鲜库正常运行。

2 效益估算

在节能降碳减排方面,该设计相较于地上冷鲜库可以节约15%的一次能源消耗。根据节约一度电可减少0.997克CO₂的释放,一棵树一年可以吸收18.3千克的CO₂,该设计全年可减少53.7吨CO₂排放,相当于2935棵树一年吸收的CO₂量。根据全国碳市场碳排放配额单价55.5元/吨,全年减少的碳量可以出售2980元/年。

在经济效益方面,该设计提高土地利用率,全年均可使用,拥有晾晒、冷鲜功能,采摘后多种形式对农副产品进行保鲜、冷

冻、储存处理。提高农副产品的质量、增加副产品的销售形式、销售时长,从而提高农副产品的销售收入。

在社会效益方面,随着该风光电新型多能互补乡村一体式晾晒场冷鲜库建成,试点村乡村特色农副产品合作社的成立及运行。通过多渠道、多手段专业培训,为本村产业发展培养一批专业技术人员、管理人员、销售精英、带货主播等,推动乡村特色产业的发展,激发农民投身乡村特色产业的积极性,村集体经济收入增加,村人均收入提高,有效增加农民经济收入,使农民足不出户奔小康,增强农民幸福感。随着乡村农副产品销出去,乡村知名度明显增加,村民幸福感、获得感显著增强,村集体意识显著增强,村委会凝聚力明显增强。

3 结语

乡村振兴背景下对乡村已有基础设施进行改造设计,既要考虑村民的实际需求,又要考虑设计的实用性。风光电新型多能互补乡村一体式晾晒场冷鲜库,是利用当地丰富的资源,推进当地农副产品的发展,其节能、经济、实用、可推广,可在乡村农副产品贮存过程中广泛使用。随着几十个、上百个乡村清洁能源进乡村,推动乡村产业振兴。通过知识下乡、科技下乡、人才下乡、资本下乡、服务下乡,通过科技助农,实现农民发展以农为本,巩固拓展脱贫攻坚成果与乡村振兴有效衔接。

[基金项目]

新疆大学2023年国家级大学生创业训练计划项目资助(202310755005X),新疆大学2023年校级大学生创新训练计划项目资助(XJU-SRT-23053)。

[参考文献]

- [1]王振兴,陈博.新疆喀什地区太阳能与锅炉联合供热系统研究[J].区域供热,2018,(02):128-132.
- [2]刘璐,邓斌,李风等.乡村振兴下直播电商的农副产品营销提升策略[J].农村经济与科技,2023,34(09):246-248+258.
- [3]补齐保鲜“最先一公里”短板[J].保鲜与加工,2023,23(06):33.
- [4]钱章寅.《冷库设计标准》建筑设计要点解读[J].冷藏技术,2022,45(3):27-30.

作者简介:

史仙云(2003--),女,陕西西安人,在读本科生。

*通讯作者:

徐凤(1980--),女,河南许昌人,副教授,硕士生导师,博士研究生,研究方向:乡村振兴政策研究,污水生物处理、废弃物资源利用等。