

奶牛场用水特征及节水措施

张克强, 张嫚, 李梦婷, 杜连柱, 牟美睿, 刘鹤莹, 翟中葳

引用本文:

张克强, 张嫚, 李梦婷, 等. 奶牛场用水特征及节水措施[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(3): 473-481.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11654/jaes.2021-0232>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于近红外漫反射光谱的规模化奶牛场粪水氮磷定量分析及模型构建

赵润, 牟美睿, 王鹏, 孙迪, 刘海学, 张克强, 杨仁杰

农业环境科学学报. 2019, 38(8): 1768-1776 <https://doi.org/10.11654/jaes.2019-0415>

上海典型畜禽场周边河流雌激素污染特征研究

袁哲军, 张洪昌, 胡双庆, 沈根祥, 钱晓雍, 王振旗, 朱英, 张玉

农业环境科学学报. 2017, 36(8): 1583-1589 <https://doi.org/10.11654/jaes.2017-0325>

华东地区典型畜禽养殖场重金属产污系数研究

钱晓雍, 王振旗, 沈根祥, 赵庆节, 徐昶, 付侃, 汤正泽

农业环境科学学报. 2020, 39(1): 201-206 <https://doi.org/10.11654/jaes.2019-0882>

奶牛场粪污制备卧床垫料过程中物料性质及污染物含量的周年变化规律

田雪力, 翟中葳, 丁飞飞, 杨凤霞, 张克强

农业环境科学学报. 2018, 37(3): 552-558 <https://doi.org/10.11654/jaes.2018-0158>

臭氧氧化对奶牛场沼液中磷形态转化的影响

李果, 陈玉成, 简维佳, 贾社, 尹晓博

农业环境科学学报. 2019, 38(2): 451-457 <https://doi.org/10.11654/jaes.2018-0797>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

张克强, 张嫚, 李梦婷, 等. 奶牛场用水特征及节水措施[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(3): 473-481.

ZHANG Ke-qiang, ZHANG Man, LI Meng-ting, et al. Characteristics of water consumption and water saving measures of dairy farm[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2021, 40(3): 473-481.



开放科学 OSID



专家介绍

张克强, 男, 1968年生, 博士, 农业农村部环境保护科研监测所副所长、二级研究员、博士生导师, 中国农业科学院养殖业污染防治创新团队首席、国家奶牛产业技术体系大理综合试验站站长。全国先进工作者、享受国务院政府特殊津贴专家。长期从事畜禽养殖废弃物减排与资源化利用等研究工作。近年来主持和完成国家重点研发计划专项项目、国家自然科学基金面上项目、公益性行业(农业)科研专项和国家科技支撑计划课题等国家级项目/课题 10 余项。

团队介绍

张克强研究员团队近年来在京津冀地区、洱海流域和丹江口库区畜禽养殖废弃物资源化利用、农业面源污染防治等领域取得了系列重要研究成果。创新研发了养殖粪污高效收运、粪便高值转化、粪水无害化处理和资源化利用等关键技术 10 余项, 获得国家发明专利 18 项, 制定地方标准 17 项, 在 *Bioresource Technology*、*Chemical Engineering Journal*、《农业环境科学学报》和《农业工程学报》等发表论文 200 余篇, 获得全国农牧渔业丰收奖农业技术推广合作奖、全国农牧渔业丰收奖农业技术推广成果一等奖、神农中华农业科技奖优秀创新团队奖、天津市科技进步二等奖等奖项 9 项。



奶牛场用水特征及节水措施

张克强¹, 张嫚^{1,2}, 李梦婷¹, 杜连柱¹, 牟美睿¹, 刘鹤莹^{1,2}, 翟中葳^{1*}

(1. 农业农村部环境保护科研监测所, 天津 300191; 2. 东北农业大学资源与环境学院, 哈尔滨 150036)

摘要: 为了系统全面地掌握奶牛养殖场用水特征, 提出科学合理的节水措施, 采用查阅文献和实地调研相结合的方法, 概述了国内外奶牛养殖现状, 系统总结了奶牛养殖各环节用水特征、变化规律及影响因素。结果显示: 饮用水、清洁水、降温水是国内外奶牛养殖主要用水构成, 养殖规模、泌乳牛比例、挤奶厅类型、气候特点等是影响奶牛场用水特征的主要因素, 构建涵盖多因素的

收稿日期: 2021-02-27 录用日期: 2021-03-03

作者简介: 张克强(1968—), 男, 湖北黄冈人, 博士, 研究员, 主要从事畜禽废弃物资源化利用研究。E-mail: keqiangzhang68@163.com

*通信作者: 翟中葳 E-mail: zzw2314838@126.com

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0800100); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(Y2019LM02-01); 兵团重点领域科技攻关计划“兵团畜禽规模养殖场废弃物资源化利用技术研究”(2019AB028)

Project supported: National Key R&D Program of China(2018YFD0800100); Special Project for Basic Scientific Research Business Expenses of Central Public Welfare Scientific Research Institutes(Y2019LM02-01); The Scientific and Technological Tackling Plan for the Key Fields of the Corps "Research on the Technology of Waste Resource Utilization of Corps' Livestock and Poultry Farms"(2019AB028)

用水量预测模型是研究热点。分析确定了饮用水、挤奶厅用水和喷淋用水是奶牛养殖重点节水环节,并对后续奶牛场养殖过程节水研究提出了具体建议。

关键词: 奶牛场;用水特征;节水;挤奶厅;喷淋

中图分类号: S823 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-2043(2021)03-0473-09 **doi:** 10.11654/jaes.2021-0232

Characteristics of water consumption and water saving measures of dairy farm

ZHANG Ke-qiang¹, ZHANG Man^{1,2}, LI Meng-ting¹, DU Lian-zhu¹, MU Mei-rui¹, LIU He-ying^{1,2}, ZHAI Zhong-wei^{1*}

(1. Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianjin 300191, China; 2. College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150036, China)

Abstract: In order to master the characteristics of water use in dairy farms systematically and comprehensively, and put forward the scientific and reasonable water-saving measures. By means of literature review and field research, the paper outlined the current situation of dairy farming at China and abroad, and systematically summarized the features, changing rules and influencing factors of water use in the link of dairy farming. The results showed that drinking water, clean water and cooling water were the main water structure of dairy farming at home and abroad. The scale of breeding, the proportion of lactating cows, the type of milking parlour and the climate features were the main factors affecting the characteristics of dairy water consumption, and the construction of multi-factor water consumption prediction model was a research hotspot. It was determined that drinking water, milking parlour water and spray water were the key water-saving links in dairy farming, and specific suggestions were presented for the follow-up water-saving research in dairy farming process, for providing technical support for pollution prevention and control in dairy farm.

Keywords: dairy farm; characteristics of water consumption; water saving; milking parlour; spray water

奶业是农业现代化的标志性产业,是衡量一个国家畜牧业发展水平的风向标。我国已成为世界第三大产奶国,规模化奶牛场是当前我国生鲜乳商品化生产的主体,这也极大提高了我国牛奶的整体质量水平。水是奶牛最重要的营养素,也是维持牧场正常运行的重要投入品,其贯穿于饲喂、清洁、防疫和动物福利等各环节。用量大、功能多、流程繁杂是奶牛场用水的突出特点。污水是奶牛养殖用水的最主要体现形式,存在产排量大、成分复杂、处理利用难等问题。

据统计,我国奶牛养殖粪污年产生量约1.8亿t,规模化、集约化养殖方式,加剧了粪污处理利用难度,对生态环境构成严重威胁,同时制约了奶牛产业的健康发展。研究表明,源头减量是破解粪污处理利用难题最经济有效的措施。《畜禽规模养殖污染防治条例》(2014年1月1日)第十四条规定,从事畜禽养殖活动,应当采取科学的饲养方式和废弃物处理工艺等有效措施,减少畜禽养殖废弃物的产生量和向环境的排放量。对于奶牛养殖产业,科学合理地降低用

水量是粪污减量的关键。本文针对奶牛养殖场粪污减量的实际需求,从奶牛养殖现状入手,在查阅文献的基础上系统总结分析养殖场用水特征、变化规律及影响因素,以期为后续粪污减量研究提供有益参考。

1 奶牛养殖用水特征

1.1 国外奶牛养殖用水特征

1.1.1 国外奶牛养殖特点

从世界范围来看,美国、新西兰、德国等发达国家奶业的发展,都经过了上百年的历史才走向了健康持续的轨道^[1-2]。以奶牛饲喂方式和发展模式划分,奶牛养殖总体可分为3种类型:一是以美国为代表的大规模工厂化奶牛养殖,养殖体量大、饲养管理水平高、资本和技术投入密集、产出效率高;二是以荷兰、德国和法国为代表的适度规模养殖,以家庭式饲养方式为主,牛群规模较小,存栏规模主要以50~100头为主,采用舍饲和放牧相结合的方式;三是以新西兰和澳大利亚为代表的现代草原畜牧业模式,以放牧为主,牛群规模一般控制在500头(泌乳牛)左右^[3]。

1.1.2 国外奶牛养殖用水构成

奶牛养殖用水一般包括饮用水、喷淋水、清洁用水以及消毒牛舍和设备的相关用水,因气候、养殖规模、挤奶厅类型等不同,用水构成略有差异。以放牧为主的奶牛场夏季没有喷淋用水。常用的挤奶厅包括鱼骨形挤奶厅和自动挤奶厅(实现挤奶过程的自动化,减少劳动力消耗,使养殖场时间管理更加灵活),前者的清洁用水分布相对复杂,包括清洗牛奶罐和挤奶设备、清洁奶牛乳房、清洗地面等用水;自动挤奶厅主要包括自动挤奶单元用水(挤奶机器人、牛奶预冷、辅助热水)、清洗挤奶区域用水和其他用途用水^[4-6]。

1.1.3 用水特征及影响因素

1.1.3.1 奶牛饮用水及饮水环节

奶牛场用水受其地理地域、养殖规模、牛群结构等诸多因素影响,但主要包括饮用水和清洁用水两大部分,尤以饮用水为主。研究表明,奶牛的日需水量为14.2~171.4 L,其中饮水约占83%,其余通过饲料和代谢水来满足^[7-8]。饮用水摄入量主要受以下因素的影响^[9]:(1)与奶牛相关的因素,即品种、年龄、

性别、体质量和生产力;(2)环境因素,如环境温度、相对湿度、水温和季节变化;(3)饲料干物质、蛋白质含量和水质。在众多文献中,关于泌乳牛饮用水的研究最为丰富。Nagypál等^[10]根据粮农组织(Food and Agriculture Organization)2018的数据,计算了奶牛场不同生长阶段奶牛饮用水日均消耗量,分别为泌乳牛114 L、干奶牛42 L、育成牛25 L、犊牛7 L。不同养殖规模和泌乳牛比例对饮水量也有明显影响,牛群规模为320、1 400头和2 210头的奶牛场,对应泌乳牛比例为92%、75%和59%,单头日均饮水量分别为90.6、67.1 L和44.8 L。Michael等^[7]研究结果表明,挤奶厅类型对饮用水也具有明显影响。表1显示,在自动挤奶厅方式下,平均饮水量为(88.02±7.80) L·头⁻¹·d⁻¹,变异系数为0.09;鱼骨形挤奶厅中,平均饮水量为(63.98±9.65) L·头⁻¹·d⁻¹,变异系数为0.15。前者的变异性较小,耗水量相对稳定,两种挤奶厅奶牛耗水量差异显著($P<0.05$)。

国外学者根据影响饮用水摄入量的诸多因素如产奶量、活体质量、饲料的干物质含量、干物质摄入量、一年中的产奶天数、降雨量、环境温度等建立了泌乳牛饮用水用量的预测模型(表2)。由表2可知,并非所有模型使用相同的变量来估计饮用水摄入量,而且有些变量是相互依赖的。例如,干物质摄

表1 自动挤奶厅和鱼骨形挤奶厅中奶牛消耗水量(L·头⁻¹·d⁻¹)
Table 1 Water consumption by cows in automatic milking parlors and herringbone milking parlors(L·cow⁻¹·d⁻¹)

文献 References	自动挤奶厅 Automatic milking parlors	鱼骨形挤奶厅 Herringbone milking parlors
Michael等 ^[7]	91.1(SD 14.3)	54.4(SD 5.3)
Cardot等 ^[11]	95.7(SD 4.9)	69.2(SD 4.6)
Holter等 ^[8]	76.3(SD 2.8)	53.0(SD 2.7)
Meyer等 ^[12]	84.2(SD 12.9)	68.9(SD 12.1)
Murphy等 ^[13]	92.8(SD 8.1)	74.4(SD 8.4)

入量取决于动物的活体质量,产奶量取决于干物质摄入量。Meyer等^[12]和Murphy等^[13]研究中还包括了一年的平均或最低温度。在众多因素中,产奶量影响最大,其次是摄入的干物质质量、活体质量和环境温度,值得注意的是,利用模型来预估泌乳牛的摄入量,建立的预测都应被用作摄入量的近似值,而不是绝对值。

除摄入体内的饮用水外,奶牛饮水环节浪费和流失的水量也不容忽视。有研究表明:由于饮水槽浮球或浮子设置不合理,饮水槽中至少有10%的水被浪费,以3 000头母牛、64个饮水槽牛场为例,每年约有18.8~37.6 t水流入蓄粪池,而饮水槽清洗或清空导致的损失量可达到饮水量的15%^[16]。

1.1.3.2 清洁用水

挤奶厅清洁用水是牛场清洗水的主要组成部分,研究相对较深入。Michael

等^[7]对比了不同挤奶厅类型清洁用水量变化,结果表明自动挤奶厅需水量为(28.6±14.8)L·头⁻¹·d⁻¹,鱼骨形挤奶厅需水量达到(33.8±14.1)L·头⁻¹·d⁻¹,其中在鱼骨形挤奶厅的清洁用水中,清洗牛奶箱需100 L·d⁻¹、清洗挤奶设备需700 L·d⁻¹、奶牛乳房清洗用量为300 L·d⁻¹,地面的清洁用水为2 000 L·d⁻¹;KTBL^[17]估算鱼骨形挤奶厅的清洁用水量结果为2 L·m⁻²。Chapagain等^[18]估算奶牛场清洁用水量为22 L·头⁻¹·d⁻¹。Nagypál等^[10]研究表明,养殖量为320头(A)、1 400头(B)和2 210头(C)养殖场的清洁用水总量分别为900、7 700 L·d⁻¹和1 450 L·d⁻¹,其中清洗牛奶箱的用水量分别为500、1 200 L·d⁻¹和370 L·d⁻¹;奶牛场A和C清洗奶牛乳房的用水量分别为100 L·d⁻¹和326 L·d⁻¹;A和B清洗地面和挤奶设备的用水量分别为300 L·d⁻¹和6 500 L·d⁻¹。由此可见,牛场不同结构特别是挤奶厅类

表2 奶牛饮用水摄入量的预测回归方程

Table 2 Regression equation for predicting drinking water intake of dairy cows

文献 References	饮水量回归方程 Drinking water volume regression equation	用水量/(kg·头 ⁻¹ ·d ⁻¹) Water consumption/(kg·cow ⁻¹ ·d ⁻¹)	预测效果 Predictive effect
Castle等 ^[14]	饮水量(kg·d ⁻¹)=2.53×MY+0.45×DM-15.3	49.9	—
Murphy等 ^[13]	饮水量(kg·d ⁻¹)=0.90×MY+1.58×DMI+0.05×Na+1.20×日平均最低气温+15.99	89.24	r=0.59
Holter等 ^[8]	饮水量(kg·d ⁻¹)=0.600 7×MY+2.47×DMI+0.620 5×DM+0.091 1×JD-0.000 257×JD ² -32.39	—	r=0.69
Meyer等 ^[12]	饮水量(kg·d ⁻¹)=-26.12+1.516×AT+1.299×MY+0.058×BW+0.406×Na	82	r=0.60
Michael等 ^[7]	饮水量(litres·d ⁻¹)=-27.937+0.49×平均温度+3.15×产奶量	—	R ² =0.67
Le Riche等 ^[15]	饮水量(litres·d ⁻¹)=0.636×平均温度+27.03	—	R ² =0.48

注:MY为牛奶产量,kg·d⁻¹;DM为日粮干物质率,%;JD为Julian Day(1 January为JD 1;……;31 December为JD 365);AT为环境平均温度,℃;BW为活体质量,kg;Na为钠摄入量,g·d⁻¹;DMI为干物质摄入量,kg·d⁻¹。

Note: MY indicate Milk production, kg·d⁻¹; DM indicate Dietary dry matter rate, %; JD indicate Julian Day (1 January indicate JD 1; ……; 31 December indicate JD 365); AT indicate Average ambient temperature, °C; BW indicate Live weight, kg; Na indicate Sodium intake, g·d⁻¹; DMI indicate Dry matter intake, kg·d⁻¹.

型、养殖规模对清洗用水量影响较大,同时还应关注挤奶厅不同设备清洗流程的影响。

1.1.3.3 用水量与产奶量的关系

单位产奶量(1 kg)的耗水量是衡量奶牛场用水效率的重要指标。Eide^[19]在一项生命周期评估研究中估算,挪威每千克牛奶的清洁用水量为0.3 L; Nagypál 等^[10]研究表明,养殖量为320、1 400头和2 210头的奶牛场,每生产1 kg牛奶所需的清洁用水量分别为0.13、0.38 L和0.071 L; Jensen^[20]和Rasmussen 等^[21]对自动挤奶厅用水进行了优化,其每千克牛奶清洁用水量为0.2~0.4 L; Michael 等^[7]的研究表明,自动挤奶厅和鱼骨式挤奶厅清洁用水以每千克牛奶计分别为0.8 L和1.3 L。Shortall 等^[22]对7个奶牛场的调研结果显示,生产1 L牛奶总用水量为3.7 L。近20年来,大量研究集中在估测牛奶生产中的用水量,其结果为饮水量与产奶量之比约为2.8:1,如将奶牛场所有用水计算在内则该比率接近4~5:1^[16]。虽然不同研究中单位产奶量的耗水量相差明显,且关注的环节不同,但该指标在用水分析中明显更科学、更具有代表性。

1.2 国内奶牛养殖用水特征

1.2.1 我国奶牛养殖区域分布与养殖模式

与国外特别是欧洲奶牛养殖相比,我国奶牛养殖突出表现为规模化程度高、养殖体量更大等特点,主要采用拴栏和散栏的非放牧式集中饲养方式。据统计,2010—2018年间,奶牛存栏量从1 037.7万头增加到1 210.8万头(图1),规模化(存栏100头以上)养殖占比从30.6%提高至61.4%,到2019年进一步提升至64.0%(图2)。同时,奶牛优势区域在全国奶业中的地位不断攀升。2018年,华北、西北、东北3大奶牛优势产区的奶牛总存栏规模达到704.8万头,占全国总量的67.9%,牛奶产量占全国总量的74.3%(图3)。

1.2.2 奶牛养殖用水构成

我国奶牛养殖及区域分布特点决定了用水构成,这与国外有较明显的区

别。靳爽等^[23]对华北地区99家规模化奶牛场用水情况进行调研,分析表明:奶牛饮用水占比最高,达到60%以上,其次是挤奶厅用水约占20%,夏季喷淋降温用水为季节性用水约占15%,消毒清洁用水约占5%(图4)。王建等^[24]调

研了北京地区25家规模化奶牛场,用水结构与靳爽等的调研结果一致,但所占比例差别明显。总体上,国内奶牛场用水分4类,用量最多的为饮用水、其次为挤奶厅用水和喷淋用水,消毒清洁用水占比较小。

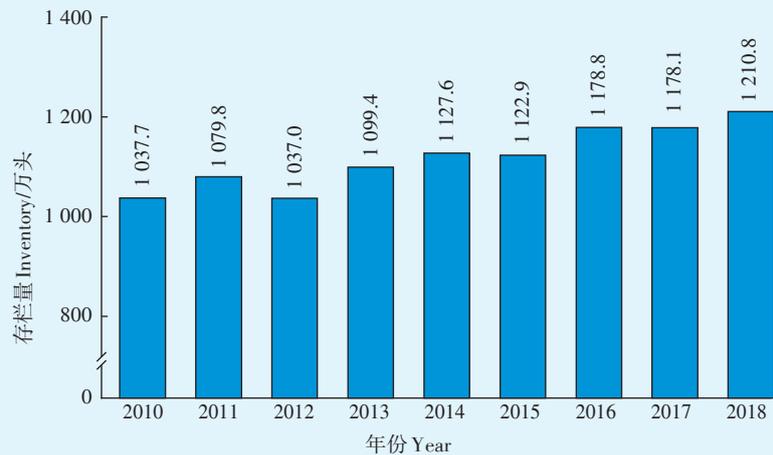


图1 2010—2018年奶牛存栏量

Figure 1 The number of dairy cows in stock from 2010 to 2018

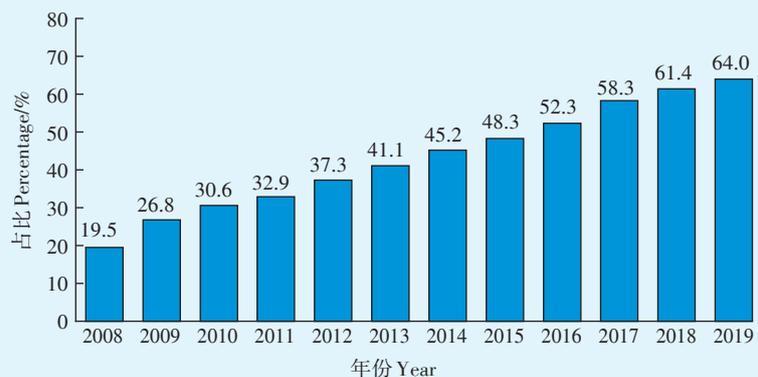


图2 奶牛规模化养殖比例

Figure 2 Proportion of large-scale dairy farming

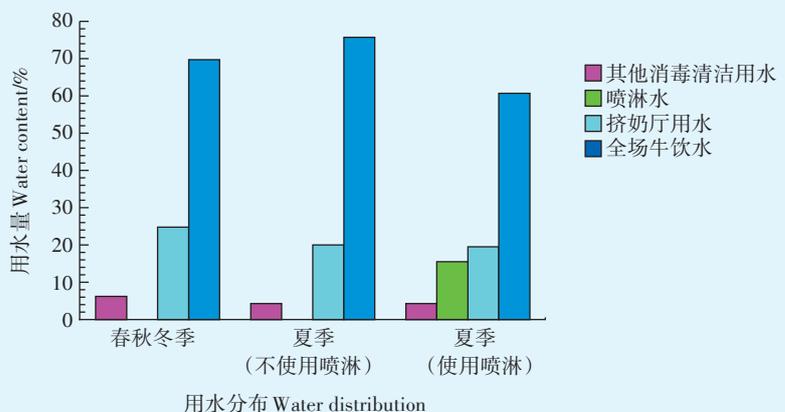


图4 用水量分布情况分析^[22]

Figure 4 Analysis of water consumption distribution^[22]

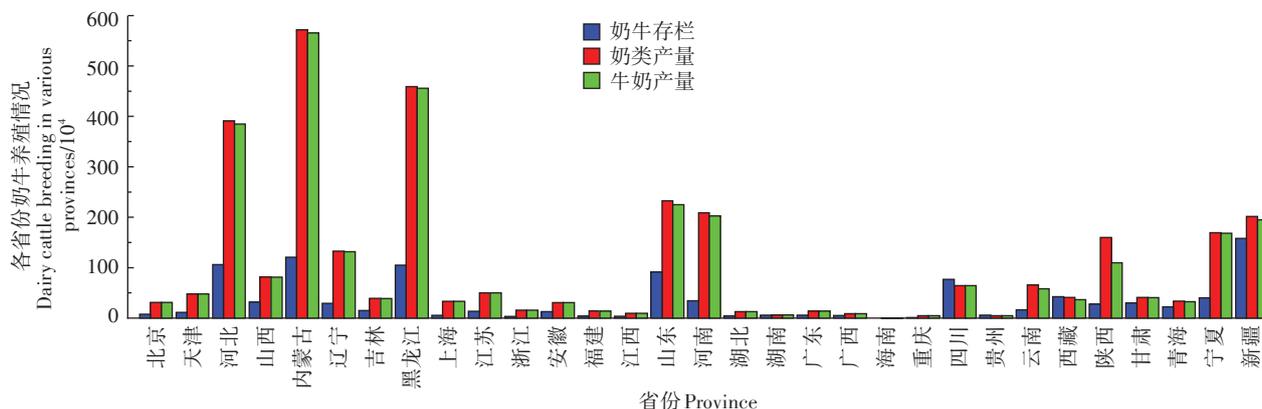


图3 2018年全国奶牛养殖分布示意图(引自《2020中国奶业统计摘要》)

Figure 3 Schematic diagram of the distribution of dairy farming nationwide in 2018

(quoted from the 2020 China Dairy Statistics Abstract)

1.2.3 奶牛场用水特征及影响因素

1.2.3.1 饮用水

奶牛饮用水用量受多因素影响^[25-26]。其中牛龄对饮用水的影响最大,根据唐丽红^[27]的研究结果显示,1~3个月的犊牛饮水量约 $10\text{ L}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,3~6个月的犊牛约 $15\text{ L}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,青年母牛约 $30\text{ L}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,泌乳牛为奶牛场饮用水消耗的主体,可高达 $135\text{ L}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,日饮用水占不同牛龄饮用水总量的62.1%~66.7%^[28],而且奶牛场饮水量与泌乳牛占牛群比例呈正相关。气候和温度是影响奶牛饮水量的另一个重要因素。夏季泌乳牛饮水量可达 $100\sim 150\text{ L}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,冬季饮水量则降低为 $50\sim 80\text{ L}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ^[26]。韦人等^[29]的研究结果显示,夏季高温季节奶牛饮水量一般增加20%~50%,高产奶牛则增加80%以上。除以上两个主要因素外,对于泌乳牛而言,产奶量是影响饮水量变化的最直接因素,研究显示,日产奶15 kg的泌乳牛饮水量为 $50\text{ L}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,

日产奶30 kg的泌乳牛饮水量则提升到 $90\sim 110\text{ L}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ^[29]。

1.2.3.2 挤奶厅用水

挤奶厅是奶牛场的“心脏”,挤奶厅运行的好坏直接关系到泌乳牛的健康和奶牛场的经济效益^[30]。为保证挤奶厅的环境卫生,需在挤奶厅投入大量清水和清洗剂。牛群数量、挤奶厅类型和清洗流程是影响挤奶厅用水的主要因素。泌乳牛数量对挤奶模式、奶厅布局影响较大,目前鱼骨式和并列式是最经济的挤奶厅结构,比较适合我国目前精养的管理模式^[31],近年来,部分大型奶牛场逐渐转向智能化程度更高的转盘式挤奶器。在笔者调研的养殖场中,单位泌乳牛的挤奶厅用水量随牛群数量增加呈下降趋势,同时与奶牛场的管理水平密切相关。

挤奶厅清洗主要包括挤奶设备、贮运设备清洗和挤奶台、待挤区冲洗等。其中挤奶台和待挤区冲洗用水量较大,约 $6\sim 12\text{ L}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 。挤奶设备的清洗是挤奶厅清洗流程最关键的环节,一般用

水量为 $6\sim 10\text{ L}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 。挤奶桶、盛奶桶、奶槽(缸)、运输奶罐及其管道^[32]等贮运设备每次使用后都需要清洗,流程一般为:温水清洗-热碱(或酸)水循环清洗消毒-清水冲洗,用水量一般为 $3\sim 5\text{ L}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 。

1.2.3.3 喷淋用水

热应激反应是影响奶牛夏季产奶量的最重要原因。喷淋结合强制通风是缓解高温条件下奶牛热应激的有效手段。根据奶牛活动区域不同,喷淋又分为舍区喷淋和挤奶厅喷淋两部分。影响舍区喷淋用水的最主要因素是气候特点。我国南北方温度、湿度差异较大,颜志辉^[33]采用热应激评价指标对全国范围进行了应激分区,结果表明:南部地区、东部地区、中西部以及华北地区夏季热应激情况比较突出,东北地区热应激较弱。根据热应激程度不同,不同地区应对的主要方式也有所不同,北方以喷淋+风扇^[34]为主,通过温湿度指数(THI)调控,喷淋系统喷淋水量为 $150\sim 170\text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ ^[35];南方地区湿度较高,

表3 红外感应喷淋系统节水效果^[42]Table 3 Water saving effect of infrared induction sprinkler system^[42]

项目 Project	奶牛累计采食时间 Cumulative feeding time of cows/h	喷淋开启时间 Spray opening time/h	每个喷头用水量 Water consumption per nozzle/(L·min ⁻¹)	总用水量 Total water consumption/(L·d ⁻¹)	有效喷淋用水 Effective spray water/(L·d ⁻¹)
传统喷淋	7	7	1.5	630	189
感应喷淋	7	3.5	1.5	315	267.5

注:有效喷淋用水按每小时30%牛只采食计算。

Note: The effective spray water is calculated based on 30% of the cattle's feed per hour.

湿帘+风扇的效果强于一般喷淋风扇模式^[36-37],通常采用温度、湿度和风速指数(ET)调控。除牛舍外,挤奶厅的待挤区同样是热应激反应的高发区,尤其是高产奶牛对热应激更加敏感^[38],而喷淋+强制通风可以有效减少待挤区的热应激情况。

随着养殖水平的不断提高,喷淋设备及系统对喷淋用水量的影响越来越大。研究发现,在使用喷淋的奶牛场内,随着喷嘴孔径增大,水滴平均粒径增大,喷淋流量增大,蒸发降温时间加快,可以更好地解决奶牛热应激现象^[39]。近年来,基于THI(ET)的自动控制系统得到广泛应用,苏衍管^[40]对比了自动喷淋^[41]与传统喷淋的降温效果,结果表明,采用自动喷淋系统有效降低了喷淋用水量。薛玉蛟^[42]在京津地区两个牧场对夏季喷淋用水进行了跟踪监测,对比分析了红外感应喷淋系统与传统喷淋系统对水量、产奶量等的影响,结果表明采用红外感应喷淋系统使单个喷头耗水量从630 L·d⁻¹降低至315 L·d⁻¹(表3)。

2 节水环节与节水措施

2.1 节水重点环节

综合分析奶牛场用水特征,结合实际生产需要,饮用水、挤奶厅用水和喷淋用水应是奶牛养殖场重点节水环节。在保证足够、及时、洁净的饮用水供给前提下,提高饮水效率、减少过程损失是节约饮用水的重点。在笔者调研的奶牛场中,饮水机清洗直接排放的水量可占到饮水量的10%~20%,部分老旧饮水机可高达40%。多点布设饮水机、缩短饮水运动距离、改进饮水机清洗方式等具有很好的节水效果。挤奶厅用水在引入自动清洗系统后,较传统挤奶方式实现了源头控水,同时由于奶牛场管理水平逐渐提高,部分奶牛场实现了用水绩效制,有效减少了挤奶厅用水。但挤奶厅清洗流程中温水清洗-热碱

(或酸)水循环清洗消毒-清水冲洗的用水方式仍具有较大的节水回用空间。喷淋用水中舍内喷淋是节水的重点环节。近年来,基于THI(ET)的自动控制系统得到广泛应用,在降低了喷淋用水量的同时保证了奶牛的正常生理状况。但针对不同区域、不同饲喂模式下,提高控制精度和准度对进一步节省喷淋用水非常必要。因此,饮水器的改进、挤奶厅清洗流程的节水、回用和舍内喷淋的自动化与智能化是奶牛场节水的重点方向。

2.2 节水技术设备

饮水器的改进主要集中在槽体的改造和电加热环节。杨光^[43]申请了一种自洁式奶牛饮水碗发明方案,主要通过奶牛需要饮水时供水、饮完后及时排出剩余水的方式抑制水碗中微生物的生长,降低耗水量。李欣等^[44]研究了寒冷地区利用太阳能和电热水槽为奶牛提供热水的联合工程,在舍外气温-25.3℃、舍内气温-2~-3℃的条件下,太阳能热水工程可提供14.6℃的饮用水,提高了奶牛的饮水量,减少了剩余水的排放。濮阳市天然林牧业科技开发有限公司^[45]、安徽永牧机械集团有限公司^[46]分别研究了带自动过滤系统的奶牛饮水装置和循环清洗式奶牛饮水槽装置,从原位净化再利用和节水清洗的角度增加了奶牛饮水器的效率。

挤奶厅清洗流程的节水与回用主要分为清洗系统分类回收利用、系统节水杀菌和末端处理回用3种设备,这是奶牛场减污节水的重要措施。清洗系统分类回收由翟中葳、张克强等^[47]通过消毒液分类收集系统将污水、碱性污水混合物、酸性污水混合物以及清水分别收集至不同的装置中用于后续分步处理和利用,该系统可有效分离出可利用的清水并用于回用,达到源头减量循环利用的目的。系统节水杀菌设备中,赵增友^[48]利用臭氧水气对挤奶厅集乳罐管道进行灭菌消毒,节约了集乳罐管道的清洗用水。赵润^[49]利用储奶罐冲洗

及高压蒸汽杀菌系统节约了储奶罐的杀菌用水。末端处理回用设备中,杨鹏^[50]利用多级A/O-植物净化的组合工艺实现了奶厅废水低成本处理,出水用于奶厅的回用,增加了水资源的利用效率。

舍内喷淋的自动化与智能化是对老旧喷淋系统随意喷、随时喷的现代化改造,也是奶牛场用水减量的主要措施。山东农业大学^[51]提出一种奶牛数字化精准养殖系统,通过多系统监控奶牛生理状态和环境情况控制喷淋系统的运行。在此基础上,舍内喷淋分别发展了以图像采集设备(北京海益同展信息科技有限公司)^[52]、光感设备(宁波新奥称重设备有限公司)^[53]、红外热像(北京市畜牧业环境监测站)^[54]、牛群数量和呼吸率传感器(中国农业大学)^[55]和红外感应(北京恒源信环境控制技术有限公司)^[56]等一系列识别系统与喷淋控制系统的联动设备,这些均从精确喷淋的角度实现了节水功能。天津嘉立荷牧业集团有限公司^[57]突破固定式喷淋,提供了一种安装在牛背上、实时监测实施喷淋的喷淋背包系统,进一步降低了喷淋用水。

3 结论与展望

节水是奶牛场粪污源头减量的关键措施。饮用水、挤奶厅用水和喷淋用水是奶牛场节水的重要环节。奶牛饮用水方面,现阶段技术设备主要集中在提升饮水效率、减少饮水环节浪费从而实现节水的目的;挤奶厅用水方面,更新换代挤奶设备,制定严格的节水管理制度,在此前提下,针对清洗环节用水的分类、处理、回收、再利用正逐步开展;喷淋用水中舍内喷淋是节水的重点,以精准养殖为核心的多种奶牛点位识别系统正逐渐取代以往的无节制喷淋。

围绕奶牛场节水减排,后续应在用水特征与规律、节水技术设备及相关标

准方面开展深入研究:(1)深入开展用水特征研究。规模化奶牛场用水贯穿养殖全过程,用水特征及规律受诸多因素影响。后续应统筹生产和污水减量、生态环保,围绕养殖全过程深入开展不同规模、不同养殖方式等条件下的用水特征研究,揭示生产用水与粪污产出间的规律与内在联系,建立涵盖多要素的预测与评估模型,为科学饲养和粪污减量提供科学支撑;(2)加强节水技术设

备研发。在饮水器的改进方面,对于饮水器清洗废水的回收再利用尚无人提及;挤奶厅清洗流程的节水与回用方面,酸碱液的复式利用、废水分类系统与CIP系统的有效衔接、高效清洗系统的研发仍需要更深的研究;舍内喷淋方面,低温喷淋系统、奶牛体内降温措施有待开发;(3)建立奶牛场用水及排放相关标准。规模化奶牛养殖是复杂的系统工程,节水涉及生产各环节,受多

元素的制约和影响,与实际生产结合紧密。亟需编制相关技术规程,指导企业应用。因地制宜地制定和完善用水和废水排放标准,为加强用水管理、严把排放关口提供依据,从而提高奶牛场用水效率,实现养殖过程污染源头减量,为形成奶牛场污染防治整体解决方案提供科技支撑。

END

参考文献

- [1] 马莹. 借鉴国外先进经验大力发展奶业合作社[J]. 农产品市场周刊, 2014(8): 24-25. Draw lessons from foreign advanced experience to develop dairy cooperatives vigorously[J]. *Agricultural Market Weekly*, 2014(8):24-25.
- [2] 赵润, 张蕙杰, 刘琦, 等. 欧盟奶业环境污染防治经验—以集约化奶牛场粪水管控为例[J]. 环境保护, 2019, 47(9): 69-74. ZHAO Run, ZHANG Hui-jie, LIU Qi, et al. European Union experiences from environmental pollution control in dairy industry: Case study of manure management on intensive dairy farm[J]. *Environmental Protection*, 2019, 47(9): 69-74.
- [3] 王济民. 国外畜牧业发展模式及我国畜牧业发展形势与对策[J]. 河南畜牧兽医, 2015, 36(12): 9-11. WANG Ji-min. Overseas development mode of animal husbandry and development situation & countermeasures of animal husbandry in China[J]. *Henan Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2015, 36(12):9-11.
- [4] Higham C D, Horne D, Singh R, et al. Water use on nonirrigated pasture-based dairy farms: Combining detailed monitoring and modeling to set benchmarks[J]. *J Dairy Sci*, 2017, 100(1):828-840.
- [5] Robinson A D, Gordon R J, VanderZaag A C, et al. Usage and attitudes of water conservation on Ontario dairy farms[J]. *The Professional Animal Scientist*, 2016, 32(2):236-242.
- [6] Tresoldi G, Schutz K Z, Tucker C B. Cow cooling on commercial drylot dairies: A description of 10 farms in California[J]. *California Agriculture*, 2017, 71(4):249-255.
- [7] Michael K, Katrin D, Annette P, et al. Drinking and cleaning water use in a dairy cow barn[J]. *Water*, 2016, 8(7):302-320.
- [8] Holter J B, Urban W E. Water partitioning and intake prediction in dry and lactating Holstein cows[J]. *J Dairy Sci*, 1992, 75(6):1472-1479.
- [9] Golher D M, Patel B H M, Bhoite S H, et al. Factors influencing water intake in dairy cows: A review[J]. *International Journal of Biometeorology*, 2020 doi.org/10.1007/s00484-020-02038-0.
- [10] Nagypál V, Mikó E, Hodúr C. Sustainable water use considering three Hungarian dairy farms[J]. *Sustainability*, 2020, 12(18):3145-3156.
- [11] Cardot V, Le Roux Y, Jurjanz S. Drinking behavior of lactating dairy cows and prediction of their water intake[J]. *J Dairy Sci*, 2008, 91(6):2257-2264.
- [12] Meyer U, Everinghoff M, Gädeken D, et al. Investigations on the water intake of lactating dairy cows[J]. *Livest Prod Sci*, 2004, 90:117-121.
- [13] Murphy M R, Davis C L, McCoy G C. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation[J]. *J Dairy Sci*, 1983, 66(1):35-38.
- [14] Castle M E, Thomas T P. The water intake of British Friesian cows on rations containing various forages[J]. *Animal Science*, 1975, 20:181-189.
- [15] Le Riche E L, Vanderzaag A C, Burt S, et al. Water use and conservation on a free-stall dairy farm[J]. *Water*, 2017(9): 977-991.
- [16] 王永康. 美国经验:减少奶牛场用水量的10个简单方法[BE/OL]. (2019-02-25). [2021-02-25]. http://www.dairyfarmer.com.cn/cc?ID=kxyn_ncjy,284164&url=_print WANG Yong-kang. American experience: 10 simple ways to reduce water consumption on dairy farms[BE/OL]. (2019-02-25). [2021-02-25]. http://www.dairyfarmer.com.cn/cc?ID=kxyn_ncjy,284164&url=_print
- [17] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL). Wasser-versorgung in der Rinderhaltung—Wasserbedarf—Technik—Management (Water Supply in Cattle Farming—Water Demand—Technology—Management)[M]. KTBL: Darmstadt, Germany, 2008:68-69.
- [18] Chapagain A K, Hoekstra A Y. Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products [M]. In Value of Water Research Report Series No. 13 UNESCO-IHE. Institute for Water Education; Delft, The Netherlands. 2003:29-30.
- [19] Eide M H. Life cycle assessment (LCA)

- of industrial milk production[J]. *Int J Life Cycle Assess*, 2002, 7:115-126.
- [20] Jensen M L. Power and water consumption: With AMS[M]. *FarmTest Cattle*: Aarhus, Denmark, 2009:7-8.
- [21] Rasmussen J B, Petersen J. Electricity and Water Consumption at Milking[M]. *FarmTest Cattle*: Aarhus, Denmark, 2004:4-40.
- [22] Shortall J, Brien B O, Sleator R D, et al. Daily and seasonal trends of electricity and water use on pasture-based automatic milking dairy farms[J]. *J Dairy Sci*, 2017, 101:1565-1578.
- [23] 靳爽, 李聪聪, 周振峰, 等. 华北地区规模化奶牛场用水及粪污处理情况调查报告[J]. *中国奶牛*, 2020(2):64-68. JIN Shuang, LI Cong-cong, ZHOU Zhen-feng, et al. Investigation report on water utilization and waste treatment of dairy farms in north China[J]. *China Dairy Cattle*, 2020(2):64-68.
- [24] 王建, 李聪聪, 顾宪红. 北京地区奶牛场用水量及污水产生现状调查报告[J]. *中国奶牛*, 2019(2):42-45. WANG Jian, LI Cong-cong, GU Xian-hong. Investigation report on water utilization and sewage generation in Beijing dairy farms[J]. *China Dairy Cattle*, 2019(2):42-45.
- [25] 顾宪红, 陈健, 何祥波, 等. 京郊奶牛场奶牛福利与养殖状况调研报告——奶牛福利设施、饮水和健康状况[J]. *中国奶牛*, 2017(4):9-12. GU Xian-hong, CHEN Jian, HE Xiang-bo, et al. Study report on dairy welfare and health feeding in Beijing: Investigation on welfare facilities, drinking and health condition [J]. *China Dairy Cattle*, 2017(4):9-12.
- [26] 杨果平. 奶牛饮水与健康[J]. *四川畜牧兽医*, 2020, 47(10):41. YANG Guo-ping. Cow drinking and health[J]. *Sichuan Animal Husbandry and Veterinary*, 2020, 47(10):41.
- [27] 唐丽红. 奶牛饮水的管理与不可饮用的水[J]. *养殖技术顾问*, 2011(3):26-27. TANG Li-hong. Drinking water management and non-drinkable water for dairy cows[J]. *Aquaculture Technology Consultant*, 2011(3):26-27.
- [28] Lionel Visconi, 罗宝京. 奶牛的饮水行为和饮水需要[J]. *中国乳业*, 2006(7):25-28. Lionel Visconi, LUO Bao-jing. Drinking behavior and water needs of dairy cows[J]. *China Dairy*, 2006(7):25-28.
- [29] 韦人, 刘竹青, 范春梅, 等. 北方地区规模奶牛场如何减少热应激[J]. *中国乳业*, 2017(6):59-60. WEI Ren, LIU Zhu-qing, FAN Chun-mei, et al. How to reduce heat stress in large-scale dairy farms in the north[J]. *China Dairy*, 2017(6):59-60.
- [30] 李荣岭, 薛光辉, 鲍鹏, 等. 山东省奶牛场挤奶厅情况调查[J]. *中国奶牛*, 2016(5):50-53. LI Rong-ling, XUE Guang-hui, BAO Peng, et al. Survey on milking parlor of dairy cattle farm in Shandong Province[J]. *China Dairy Cattle*, 2016(5):50-53.
- [31] 陆静. 构建完美利润的挤奶厅[J]. *中国乳业*, 2004(4):38-39. LU Jing. Construct a milking parlor with perfect profit [J]. *China Dairy*, 2004(4):38-39.
- [32] 张绍军. 奶牛场挤奶厅的卫生保障措施[J]. *中国乳业*, 2010(12):20-21. ZHANG Shao-jun. Hygiene measures for milking parlours in dairy farms[J]. *China Dairy*, 2010(12):20-21.
- [33] 颜志辉. 极端温度对奶牛生产与生理影响及其调控措施研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014. YAN Zhi-hui. Research of extreme temperatures on the production performances and physiological conditions of Holstein dairy cows and regulations[D]. Beijing: China Agricultural University, 2014.
- [34] 张世功, 梁荣嵘, 张红丽, 等. 基于温湿指数的牛舍喷淋降温系统的控制[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(2):1-5. ZHANG Shi-gong, LIANG Rong-rong, ZHANG Hong-li, et al. Control of sprinkling system based on THI for cooling dairy cows[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(2):1-5.
- [35] 李胜利, 周鑫宇, 黄文明. 高温天气对奶牛生产的影响及应对措施[J]. *中国畜牧业通讯*, 2010(16):33-34. LI Sheng-li, ZHOU Xin-yu, HUANG Wen-ming. The influence of high temperature weather on dairy cow production and countermeasures[J]. *China Animal Husbandry Bulletin*, 2010(16):33-34.
- [36] 张瑞华, 张峥臻, 张克春. 上海地区规模奶牛场夏季物理降温模式调查及其效果测定[J]. *中国奶牛*, 2015(15):44-47. ZHANG Rui-hua, ZHANG Zheng-zhen, ZHANG Ke-chun. Investigation of the types and effects detection about physical cooling measures on Shanghai dairy farms[J]. *China Dairy Cattle*, 2015(15):44-47.
- [37] 罗正中, 程李杰, 张廷青, 等. 湿帘风机降温系统在奶牛场的应用效果评估[J]. *中国奶牛*, 2018(11):59-61. LUO Zheng-zhong, CHENG Li-jie, ZHANG Yan-qing, et al. Performance evaluation of wet curtain and fan cooling system on dairy farms[J]. *China Dairy Cattle*, 2018(11):59-61.
- [38] 顾宪红, 陈健, 何祥波, 等. 京郊奶牛场奶牛福利与养殖状况调研报告——奶牛冷热应激程度与防暑防寒情况[J]. *中国奶牛*, 2017(3):9-12. GU Xian-hong, CHEN Jian, HE Xiang-bo, et al. Investigation report on dairy welfare and health feeding in Beijing: Heat and cold stress and its regulation in dairy cow[J]. *China Dairy Cattle*, 2017(3):9-12.
- [39] 丁涛, 宏帅, 施正香, 等. 缓解奶牛热应激的喷淋水滴特性试验[J]. *农业机械学报*, 2016, 47(7):323-331. DING Tao, HONG Shuai, SHI Zheng-xiang, et al. Experiment on droplet characteristics of spray cooling to relieve cows heat-stress[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2016,

- 47(7):323-331.
- [40] 苏衍箬. 南方牧场热应激防控关键点 [DB/OL]. 中国畜牧业信息网《荷斯坦》杂志, (2020-04-09) [2021-02-23]. http://www.dairyfarmer.com.cn/nnyw_xjxm/2020-04-09/335361.shtml.
- SU Yan-jing. Key points of heat stress prevention and control in southern pastures [DB/OL]. China Animal Husbandry Information Network "Holstein" Magazine, (2020-04-09) [2021-02-23]. http://www.dairyfarmer.com.cn/nnyw_xjxm/2020-04-09/335361.shtml.
- [41] 宋岩岩,任妮,周娟,等. 天津地区奶牛场应对夏季热应激的措施[J]. 中国奶牛, 2018(7):25-27. SONG Yan-yan, REN Ni, ZHOU Juan, et al. Several measures to defeat the heat-stress of dairy cows in summer[J]. *China Dairy Cattle*, 2018(7):25-27.
- [42] 薛玉蛟. 图说感应喷淋 [EB/OL]. (2020-04-14) [2021-02-25]. https://mp.weixin.qq.com/s/ZVda2cf0W-HhC-JawdB_vLg Xue yu-jiao. Illustrated induction spray [EB/OL] (2020-04-14) [2021-02-25]. https://mp.weixin.qq.com/s/ZVda2cf0W-HhC-JawdB_vLg.
- [43] 杨光. 自洁式奶牛饮水碗: CN201210152051. 7[P]. 2012-10-03. YANG Guang. Self-cleaning cow drinking bowl: CN201210152051. 7[P]. 2012-10-03.
- [44] 李欣,邢启明,齐贺,等. 寒冷地区奶牛场太阳能热水工程和电热水槽应用效果的研究[J]. 家畜生态学报, 2014, 35(3):38-42. LI Xin, XING Qi-ming, QI He, et al. Application of solar warm-water project and electric heating water troughs in dairy cow farms in cold region [J]. *Acta Ecologiae Animalis Domastici*, 2014, 35(3):38-42.
- [45] 濮阳市天然林畜牧业科技开发有限公司. 一种新型奶牛饮水装置: CN201820949108. 9[P]. 2019-01-29. Puyang Natural Forest Animal Husbandry Technology Development Co., Ltd. A new type of drinking water device for dairy cows: CN201820949108. 9[P]. 2019-01-29.
- [46] 安徽永牧机械集团有限公司. 一种循环清洗式奶牛饮水槽装置: CN201811138683. 1[P]. 2019-01-18. Anhui Yongmu Machinery Group Co., Ltd. Circulating cleaning type milk cow drinking trough device: CN201811138683. 1[P]. 2019-01-18.
- [47] 农业农村部环境保护科研监测所. 消毒液分类收集系统: CN201811180624. 0[P]. 2018-12-14. Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Disinfectant classification collection system: CN201811180624. 0[P]. 2018-12-14.
- [48] 赵增友. 一种农畜牧太阳能奶牛肠胃/子宫/乳房臭氧水愈成套设备: CN201220749332. 6[P]. 2013-10-30. ZHAO Zeng-you. A complete set of equipment for farming and animal husbandry solar cow gastrointestinal/uterus/breast ozone water healing: CN201220749332. 6[P]. 2013-10-30.
- [49] 农业农村部环境保护科研监测所. 储奶罐冲洗及高压蒸汽杀菌系统: CN201820441709. 9[P]. 2018-12-07. Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Milk storage tank flushing and high-pressure steam sterilization system: CN201820441709. 9[P]. 2018-12-07.
- [50] 农业农村部环境保护科研监测所. 一种奶厅废水处理系统: CN201921343030. 7[P]. 2020-06-09. Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Milk hall wastewater treatment system: CN201921343030. 7[P]. 2020-06-09.
- [51] 山东农业大学. 奶牛数字化精准养殖系统: CN201110300397. 2[P]. 2012-06-27. Shandong Agricultural University. Dairy cow digital precision breeding system: CN201110300397. 2[P]. 2012-06-27.
- [52] 北京海益同展信息科技有限公司. 设备控制系统: CN202020673140. 6[P]. 2020-04-27. Beijing Haiyitongzhan Information Technology Co., Ltd. Equipment control system: CN202020673140. 6[P]. 2020-04-27.
- [53] 宁波新奥称重设备有限公司. 一种奶牛场自动喷淋系统: CN201922059698. 5[P]. 2020-07-28. Ningbo Xinao Weighing Equipment Co., Ltd. Automatic spray system for dairy farm: CN201922059698. 5[P]. 2020-07-28.
- [54] 北京市畜牧业环境监测站. 一种智能喷淋降温系统: CN201921350199. 5[P]. 2020-04-21. Beijing Animal Husbandry Environmental Monitoring Station. An intelligent spray cooling system: CN201921350199. 5[P]. 2020-04-21.
- [55] 中国农业大学. 一种开放式奶牛生产系统降温联动控制装置: CN201320681473. 3[P]. 2014-04-16. China Agricultural University. Cooling linkage control device of open dairy cow production system: CN201320681473. 3[P]. 2014-04-16.
- [56] 北京恒源信环境控制技术有限公司. 一种奶牛场智能喷淋系统: CN201920218639. 5[P]. 2020-02-14. Beijing Hengyuanxin Environmental Control Technology Co., Ltd. Intelligent spray system for dairy farm: CN201920218639. 5[P]. 2020-02-14.
- [57] 天津嘉立荷牧业集团有限公司. 一种设置在奶牛活动场的降温装置: CN202020118571. 6[P]. 2020-10-30. Tianjin Jialihe Animal Husbandry Group Co., Ltd. Cooling device set in dairy cow field: CN202020118571. 6[P]. 2020-10-30.