

猪冷冻精液产业化发展现状、存在问题及对策

张树山^{1,2,3}, 韩雪峻^{3,4}, 张德福^{1,2,3*}, 戴建军^{1,2,3*}

(1. 上海市农业科学院畜牧兽医研究所, 上海市农业遗传育种重点实验室动物遗传工程研究室, 上海 201106;
2. 农业农村部畜禽资源(猪)评价利用重点实验室, 上海 201106; 3. 上海种猪工程技术研究中心, 上海 2013021;
4. 上海祥欣畜禽有限公司, 上海 2013021)

摘要: 在当前后非瘟时代, 猪冷冻精液已步入了产业化发展进程。本文通过对猪精液冷冻保存技术发展历程进行回顾, 阐述了我国猪冷冻精液产业化发展现状、存在问题并提出了应对措施。本文旨在为推动我国猪冷冻精液产业化发展提供理论与实践支持。

关键词: 猪; 冷冻精液; 产业化

中图分类号: S828.2

文献标识码: A

DOI 编号: 10.19556/j.0258-7033.20250228-01

猪冷冻精液(简称“猪冻精”)产业化前景如何、路向何方? 可以从牛冻精的发展历程找到答案。牛冻精在家畜冻精行业中率先实现了产业化和普及应用, 其发展历程为其他家畜冻精从实验室走向普及应用提供了宝贵的经验。仅从 2020 年肉牛冻精生产和销售规模可以看到猪冻精产业的未来, 全球约 20 000 多个种公牛站中, 生产并销售肉牛冻精的有 19 500 个左右, 共计生产肉牛冻精 25.2 亿支、市场规模为 535 亿美元。牛冻精生产企业除了提供普通冻精外, 还能为客户提供性控

冻精, 从而可将母牛犊出生率提高至 90% 以上^[1]。

1 猪冻精技术的发展和简史

猪冻精技术研究起源和兴起均在欧美发达国家, 包括目前普遍应用的冻精标准化生产相关仪器和设备, 如程控冷冻仪、精液灌装、细管封口、打印以及精子辅助分析系统(CASA)。早期猪冻精研究参照牛的成功经验, 但猪精液有精液量大、容易遭受低温打击等特点, 意味着猪冻精生产工艺和冷冻稀释液配方都需要在牛冻精基础上做大幅度的改进或另起炉灶^[2-3]。在科学家们不断努力下, 利用离心手段解决了猪精液量大的问题, 分阶段缓慢降温平衡克服低温打击影响, 两步稀释法降低了甘油对精子的毒性作用, 使得猪冻精技术研究取得质的突破^[2]。好的制作工艺和冷冻稀释液使生产高品质猪冻精成为可能, 人工输精技术则是猪冻精应用的瓶颈。早期冻精的人工输精不容易成功, Polge 等^[4]采用手术法将猪冻精直接注入输卵管才成功产下仔猪。但手术法输

收稿日期: 2025-02-28; 修回日期: 2025-04-25

资助项目: 国家重点研发计划资助(2021YFD1200300)

作者简介: 张树山(1976-), 男, 山西天镇人, 博士, 副研究员, 研究方向为动物繁殖生物技术, E-mail: smalltreexj@126.com

* 通信作者: 张德福(1963-), 男, 上海奉贤人, 博士, 研究员, 研究方向为动物繁殖生物技术, E-mail: zhangdefuzdf@163.com; 戴建军(1979-), 男, 江苏靖江人, 博士, 研究员, 研究方向为动物繁殖生物技术, E-mail: blackman0520@126.com

health status, immune function, and physiological responses. These parameters vary among different livestock and poultry species and are closely correlated with species characteristics, environmental adaptability, management practices, and genetic background. As a result, their applications in animal husbandry has gradually expanded from traditional health monitoring to genetic breeding. This paper reviews the hematological parameters of major livestock and poultry species and the research progress of their application in genetic breeding. With the development of multi-omics technologies, utilization of genomics, transcriptomics, and proteomics methods provides novel research strategies for elucidating the genetic mechanisms underlying hematological traits and identifying genetic markers for the genetic improvement of health and disease-resistance traits in farm animals.

Keywords: Hematological parameters; Farm animals; Health assessment; Genetic breeding

(责任编辑: 石丽丹)

精操作复杂、对母猪体况影响大，且可能对输精结果产生影响。后续研究采用非手术法母猪深部位输精进行猪冻精的人工输精试验，取得与常温保存精液相当的结果，证实了猪冻精采取深部位输精是可行的^[5-7]。随着商品化的深部位输精器的普及应用和成本进一步降低，制约猪冻精普及使用的瓶颈难题已基本解决。

国内科研院所自上世纪 70 年代开始展开猪冻精的研究和应用。早在 1975 年广西畜牧所便获得国内首例冻精配后代，但随后多省冻精人工输精的试验结果不尽人意。尽管在全国猪冷冻精液协作组的大力推动下，各地积极展开规模化的猪冻精的人工输精试验，可能受冻精制作水平、解冻操作和人工输精等影响，各地冻精输精结果较差且差异较大，平均受胎率普遍在 30%~40%（个别单位达到 70%），平均产仔数不到 10 只，整体应用水平与欧美国家相当^[8-9]。但猪冻精的使用效果远低于客户期望水平且操作复杂，使得我国在开展相关研究很多年后仍难以普及应用。

直至近 10 年来，在日益成熟的猪冻精技术和母猪深部位输精技术的支撑下，猪冻精品质得到大幅度提升，且其平均受胎率和产仔数与常温保存精液相当已不是难事（表 1、2）^[10-11]。表明猪冻精已从实验室步入普及应用进程。

2 猪冻精产业化发展现状

猪冻精产业化发展与人工授精技术普及应用以及社会化种公猪站的出现密切相关。上世纪 50~80 年代，国内各地先后掀起建立猪人工授精站，但由于输精器消毒问题引起母猪群大范围子宫炎而宣告失败^[9]。2000 年前后，国内再一次掀起猪人工授精推广普及高潮，在国内技术人员从国外学习和推广以及外资猪育种公司应用示范下，尤其低成本、本土化的猪一次性输精器的上市，猪人工授精技术才具备了普及应用的良好基础。随后在国家政策和国家生猪良种补贴项目的引导和支持下，国内猪人工授精技术推广日趋发展成熟，众多大、中型种猪企业建立了大量专门生产和

表 2 某种猪企业猪冻精人工授精试验结果（未发表数据）

	母猪数量, 头	分娩数, 头	受胎率, %	总产仔数, 头	合格仔, 头	弱死胎, 头
冻精	391	342	87.5	11.80	10.80	1
常温保存精液	351	321	91.5	12.33	11.44	0.81

销售常温保存（17℃）精液的种公猪站^[12-13]。这种育种企业下属的种公猪站具有疫病防控严格、种猪育种值高等优点外，其精液生产体系多采用（半）自动化采精和分装系统，生产效率高、产品品质有保障且可溯源等^[13-15]。故依托大型种猪企业下属种公猪站建立猪冻精生产平台是当前的主流趋势^[16]。

业内普遍认为，百钧达科技发展（北京）有限公司、北京田园奥瑞生物科技有限公司和安徽德图天目生物科技有限公司等在推动我国猪冻精产业化做出了较大贡献，他们分别利用自己研发的猪冻精冷冻工艺和自主开发的冷冻稀释液，依托自建公猪站或与种猪企业合作生产和销售猪冻精，取得了较好反响^[17]。尤其北京田园奥瑞和安徽德图天目二公司借鉴国外经验自主研发出程序冷冻仪、细管分装-封口-打印系统、精液质量分析系统等猪冻精标准化生产设备和精液品质检测仪器等，相关设备仪器的国产化大大降低了猪冻精标准化生产的硬件成本，也有力推动了我国猪冻精产业化发展的步伐^[11]。史记生物技术有限公司、河南精旺猪种改良有限公司和上海祥欣畜禽有限公司等国内知名育种企业已相继建立猪冻精商业化生产平台，能根据客户需求提供不同育种级别的猪冻精产品。目前，合格猪冻精的活力通常要求 60% 以上，精子畸形率、顶体完整性等指标也开始作为冻精品质指标。猪冻精能突破时间和空间限制，有效解决客户使用常温保存精液容易受疫情、物流等因素制约的问题。在猪冻精的应用实践过程中，猪冻精应用新场景也不断涌现，在采用母猪批次化输精技术的种猪企业中，公猪站可能在短时间内难以提供足量、特定公猪的常温保存精液，而使用这些公猪的储存冻精就可以解决精液不足的问题；此外，夏季高温季节或公猪免疫期间会造成公猪精液品质大幅度降低，也可通过

表 1 某种猪企业 2022 年 10 月至 2023 年 6 月三大品种猪冻精活力情况

	2022 年 10 月	2022 年 11 月	2022 年 12 月	2023 年 1 月	2023 年 2 月	2023 年 3 月	2023 年 4 月	2023 年 5 月	2023 年 6 月
杜洛克猪	63.0±5.8	61.1±5.0	66.4±3.5	64.2±7.1	61.9±7.3	62.5±5.3	61.7±4.8	61.0±8.4	63.5±5.8
长白猪	62.2±7.6	64.6±3.1	64.7±6.2	62.6±4.7	63.5±4.6	61.7±4.9	63.7±4.3	63.5±5.8	62.2±7.6
大白猪	64.9±5.5	63.1±4.2	68.0±5.7	66.0±6.5	65.1±5.3	63.2±5.6	64.8±4.5	62.8±5.5	64.9±5.1

注：平均值 ± 标准差。未发表数据。

使用冻精确保母猪繁殖效率不会大幅度下降。

全球猪冻精市场规模在过去几年呈现稳步增长的趋势，2023 年全球冷冻猪精液收入大约为 12 亿美元，预计到 2030 年将达到 18 亿美元。虽然难以从国内报道和已发表文献中查到国内猪冻精生产企业的生产和销售等具体数据，但普遍被认为我国是全球主要的猪冻精消费市场之一，且增速高于全球。

猪冻精价格一般在 20~200 元/支（因公猪育种值而异），1 个公猪站年生产 10 万支冻精细管，产值可达 200 万以上。据了解，几个种猪企业每年销售猪冻精大多在 10 万支以下，虽然猪冻精平均受胎率和产仔数等均已与常温保存精液相当，但冻精销售仍处于“叫好不叫座”状态，造成冻精生产企业大多亏损或盈利微薄。

3 目前存在问题和对策

作为养猪大国，中国地域辽阔、不同地区种猪群体性能差异大，每年从欧美养猪强国引进大量种公猪和冻精，表明国产猪冻精市场需求巨大、本土冻精产业化前景看好。近三年来，国内养猪业一直处于低迷状态，面临非瘟防控压力巨大和行业内卷加剧等诸多挑战，使得猪冻精产业化进程尤为坎坷。

冻精生产方面存在问题主要有两点：第一，对猪冻精价值的困惑。一些冻精生产单位可能出于宣传效果考虑，将冻精活力合格阈值统一设定为 60% 以上，较高的活力标准可能将一些育种值较高但精子耐冻性较差的公猪排除在外。而猪冻精的价值是由公猪的育种值和解冻活力的加权值，也就是对于高育种值的冻精产品，可适当放宽其解冻活力的合格标准。据了解，国外一些大育种公司价格昂贵的猪冻精的解冻活力远低于国内冻精。第二，认为猪冻精与常温保存精液生产之间存在矛盾。业内有观点认为，公猪站利用优质精液制作冻精对常温保存精液生产和销售产生一定影响。在公猪站内，猪冻精生产的原则是生产高价值（即高育种值）冻精的同时兼顾常温保存精液。一方面，在常温保存精液销售淡季加大冻精产量；另一方面，当天或前一天销售剩余的精液用于制作冻精，也有较大意义。

冻精产品的销售是猪冻精产业化的关键环节，也是制约其发展的瓶颈，存在问题和解决手段主要有以下两方面：其一，猪冻精产业化尚处于起步阶段，客户管理层从引进种公猪、购买常温保存精液转向购买冻精需要

一个认识和接受过程。客户购买冻精产品的决定权在其管理层，冻精生产企业可以通过依托原有种猪和常温保存精液销售网络、参加各类学术和行业会议、加大宣传力度方式，促进客户管理层愿意购买猪冻精。其二，除了冻精品质因素，猪冻精的使用效果是由客户方技术员决定的，这一点往往容易被人们忽视。冻精产品要经历生产后、储存期间和售前多次品质检测方可发货，但仍有用户反映冻精解冻后活力低和受胎率低等问题，体验较差可能影响其再次购买。究其原因，猪冻精的使用效果影响因素较多，如冻精品质、储存液氮罐维护、解冻操作和人工输精等，客户在冻精储存维护和解冻操作不当等造成使用效果较差都可以归咎于冻精产品。

与常温保存猪精液相比，猪冻精的储存维护和使用操作等对客户技术员有更高的要求。客户购买猪冻精产品后，一是平时要注意观察液氮罐外壁是否有异常、定期添加液氮；二是解冻操作对技术员的熟练程度和时间的把控有较高要求，操作不过关可能会影响冻精解冻品质，甚至细管掉落造成冻精细管损失。为提高技术员解冻操作熟练程度，冻精生产方应提供解冻模拟管，模拟管由冷冻稀释液（含有卵黄和甘油，使外观和液体密度与冻精细管相当）灌装而成，用于客户技术员解冻训练；另外，冻精销售和售后人员可以加强与客户技术员之间联系，从而提供技术支持并获得产品反馈信息。

从上述问题可见，猪冻精生产企业亟待完善销售与售后技术支撑队伍的建设工作。该体系的构建完全可依托现有的种猪及常温精液销售、售后运维框架，实现资源的高效整合与复用。在大大提高了体系构建效率的同时降低成本；也可从冻精生产人员在选拔、培训后从事销售和售后支持工作，不仅能为客户提供优质、专业的技术支持，而且也能增强他们的工作积极性，并为长期在相对封闭的猪场工作的冻精生产人员开辟新的职业上升通道。

4 小结

据某投资战略报告数据，2023 年全球和中国牛冻精市场规模分别为 535 亿美元和 16 亿美元。作为家畜冻精中最早实现产业化和普及应用的典范，牛冻精完全可以作为猪冻精产业化发展的学习榜样，也意味着牛冻精的今天就是猪冻精的明天。猪冻精产业化发展必将有力推动我国由养猪大国成长为养猪强国。

参考文献:

- [1] 李喜和, 周文忠, 王建国, 等. 奶牛性控冻精生产新技术研究开发与产业化推广应用 [A]. 第六次全国动物生物技术学术研讨会 [C]. 呼和浩特: 中国农业生物技术学会, 2011.
- [2] Johnson L A, Weitze K F, Fiser P, *et al.* Storage of boar semen [J]. *Anim Reprod Sci*, 2000, 62(1-3): 143-172.
- [3] Medeiros C M, Forell F, Oliveira A T, *et al.* Current status of sperm cryopreservation: why isn't it better? [J]. *Theriogenology*, 2002, 57(1): 327-344.
- [4] Polge C, Salamon S, Wilmut I. Fertilizing capacity of frozen boar semen following surgical insemination [J]. *Vet Rec*, 1970, 87(15): 424-429.
- [5] Crabo B G, Einarsson S. Fertility of deep frozen boar spermatozoa [J]. *Acta Vet Scand*, 1971, 12(1): 125-127.
- [6] Noguchi M, Yoshioka K, Hikono H, *et al.* Effect of semen extenders on frozen-thawed boar sperm characteristics and distribution in the female genital tract after deep intrauterine insemination in sows [J]. *Anim Reprod Sci*, 2015, 163: 164-171.
- [7] Buranaamnuay K, Tummaruk P, Techakumphu M, *et al.* Intra-uterine insemination with low numbers of frozen-thawed boar spermatozoa in spontaneous and induced ovulating sows under field conditions [J]. *Livest Sci*, 2010, 131(1): 115-118.
- [8] 吴石坚, 许典新. 猪冷冻精液人工授精的推广与应用 (1981—1988) [J]. *中国畜牧杂志*, 1990(4): 22-24.
- [9] Sharafi M, Borghei-Rad S M, Hezavehei M, *et al.* Cryopreservation of semen in domestic animals: A review of current challenges, applications, and prospective strategies [J]. *Animals (Basel)*, 2022, 12(23): 3271.
- [10] Didion B A, Braun G D, Duggan M V, *et al.* Field fertility of frozen boar semen: a retrospective report comprising over 2600 AI services spanning a four year period [J]. *Anim Reprod Sci*, 2013, 137(3-4): 189-196.
- [11] 潘红梅, 李兆华, 猪冷冻精液制作与使用关键技术 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2022.
- [12] 渊锡藩, 张一玲, 原积友, 等. 加快完善种公猪站和猪人工授精体系建设 [J]. *畜牧兽医杂志*, 2010(3): 43-45.
- [13] 孙德林, 王凤来, 冯娜. 国家生猪遗传改良计划种公猪站建设探讨 [J]. *猪业科学*, 2017, 34(11): 11.
- [14] 韩雪俊. 强化联合—提升国家中心种公猪站在遗传改良中的枢纽作用 [J]. *猪业科学*, 2017, 34(10): 2.
- [15] 王维洪, 罗亚东, 黄隆中, 等. 猪人工授精技术的创新和产业化运营 [J]. *猪业科学*, 2013, 30(5): 54-56.
- [16] 张树山, 韩雪俊, 姜红菊, 等. 加快推动精液冷冻保存技术在大型猪育种企业中的应用 [J]. *猪业科学*, 2018, 35(10): 112-113.
- [17] 王芳. 做动物繁殖专家 田园奥瑞用“优秀”做诠释 [J]. *中国畜牧业*, 2020(18): 2.

Status, Problems and Countermeasures for the Industrialisation of Frozen Boar Semen

ZHANG Shushan^{1,2,3}, HAN Xuejun^{3,4}, ZHANG Defu^{1,2,3*}, DAI Jianjun^{1,2,3*}

(1. Institute of Animal Science and Veterinary Medicine, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Division of Animal Genetic Engineering, Shanghai Key Laboratory of Agri-Genetics and Breeding, Shanghai 201106, China;
 2. Key Laboratory of Livestock and Poultry Resources (Pig) Evaluation and Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201106, China; 3. ShangHai Engineering Research Center of Breeding Pig, Shanghai 2013021, China; 4. Shanghai Sunsing livestock and poultry Co. Ltd, Shanghai 2013021, China)

Abstract: In the current post-African swine fever era, frozen boar semen has begun to enter the development process of industrialization. In this paper, we review the history of the development of boar semen cryopreservation technology, describe the current situation of boar semen industrialization in China, and propose measures to deal with the existing problems. The purpose of this paper is to provide theoretical and practical support to promote the industrialisation of frozen boar semen in China.

Keywords: Swine; Frozen semen; Industrialization

(责任编辑: 石丽丹)