

# 我国气调储粮技术研究进展\*

屈登辉<sup>1</sup> 陈戈<sup>2</sup> 马一鸣<sup>3</sup> 郑焱诚<sup>4</sup>

(1 中国储备粮管理集团公司成都分公司 610042)

(2 成都中储粮储备有限公司 610502)

(3 中储粮成都储藏研究院有限公司 610091)

(4 中国储备粮集团管理有限公司 100039)

**摘要** 基于知识图谱结合 ITGInsight 与 Vosviewer 文献可视化工具, 以我国气调储粮有关期刊文献为数据来源, 对我国气调储粮技术研究进行了全面系统分析, 总结了我国气调储粮领域发展现状, 并对我国气调储粮未来发展方向及研究热点进行预测, 为优化我国气调储粮技术提供参考依据。

**关键词** 气调储粮 知识图谱 ITGInsight 可视化 Vosviewer

DOI: 10.3969/j.issn.1000-6958.2022.06.002

我国是储粮大国, 粮食储备质量关乎国计民生<sup>[1]</sup>, 其中害虫防治是粮食储备管理过程中极为重要的环节。2018 年, 国家发改委等部门下发了关于“科技兴粮”的实施意见, 明确要求推动绿色、智能的仓储科技创新, 研发绿色防护技术。减少有毒化学药剂使用, 全面推行绿色、安全、高效的气调杀虫方法是实现我国“绿色储粮”战略的重要路径。

近年来, 气调储粮技术研究逐渐增多, 现有的研究主要有五个方面: ①气调工艺优化效果分析; ②仓房气调气密性改造测试; ③气调效果比较; ④气调混合药剂杀虫试验; ⑤不同储粮生态区气调技术应用。

总的来看, 我国气调储粮技术的研究主要以实证研究为主, 目前还缺乏计量统计与可视化分析相结合的综述类文献全面分析气调储粮研究领域现状和发展趋势。基于此, 本文通过定量分析我国气调储粮技术研究的知网文献, 利用可视化分析软件制作知识图谱, 直观展现当前我国气调储粮技术研究热点及发展方向, 为优化气调储粮技术提供参考依据, 为保障国家储粮安全提供理

论支撑。

## 1 方法及数据来源

### 1.1 使用方法

本文利用知识图谱结合 ITGInsight 和 Vosviewer 文献分析工具进行文献计量分析。

### 1.2 数据来源

本文文献数据来源于中国知网 (CNKI), 检索时间为 2022 年 7 月 26 日, 检索关键词包括“气调储粮”“氮气储粮”“二氧化碳储粮”, 得到文献数据 356 条, 剔除新闻、会议、访谈等关联性不高数据, 最终获取有效文献 312 条。

## 2 我国气调储粮技术总体研究情况

### 2.1 研究总体情况

年度发文数量变化趋势能直观展现我国气调储粮研究文献的分布、热点与走势。统计我国气调储粮技术研究主题文献年度发文量走势见图 1。从图 1 可知我国气调储粮技术研究整体文献发表呈现出增长趋势, 1994、2001、2002、2011、2019

\* 收稿日期: 2022-09-19

基金项目: 储备粮及进口玉米安全储藏工艺参数优化量化研究 (ZCL2021-7)

通讯地址: 成都市青羊区金鹏街 280 号院

通讯作者: 郑焱诚, 硕士, 研究方向为储粮科技创新。

年增长率较高,分别为500%、300%、150%、150%、144%,2015年发文量最高为23篇,我国气调储粮研究目前处于成长期。

通过图1可将我国气调储粮技术研究从1983年~2022年分为三个阶段。

第一阶段,起步阶段(1983~2001)。该阶段发文量较少,国内气调储粮技术仅处于探索阶段,实质性成果处于研究阶段,多以气调技术分析、杀虫机理分析为主。<sup>[2-3]</sup>

第二阶段,成长阶段(2002~2012)。该阶段发文数量有显著提高,历年最高发文量达到了12篇。该阶段二氧化碳气调技术取得突破性进展,学者开始对二氧化碳气调储粮技术进行应用试验,并开始氮气气调研究与讨论<sup>[4]</sup>。

第三阶段,稳定阶段(2013~至今)。该阶段发文量有增长也有回落。最高发文为23篇,最低为9篇。此阶段,气调储粮技术已取得了一定的成果,相关研究大多在先前的研究基础上进行优化挖掘,多为氮气气调试验、气密性研究、气调工艺更新等<sup>[5-6]</sup>,研究机构与研究主题有了明显增加。

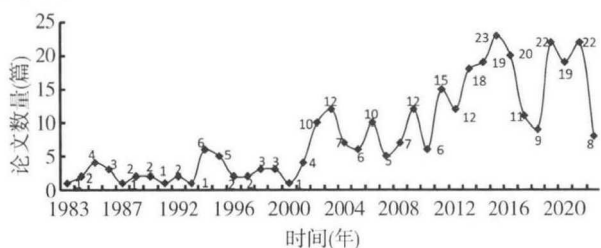


图1 历年论文数量

## 2.2 发文学者情况

统计我国气调储粮技术研究主要学者分布情况,如图2所示。图2中,节点越大代表论文数量越多,线段粗细与合作的论文数量成正比。

由图2可知,中储粮成都储藏研究院严晓平发文总量最高(14篇),研究方向主要为气调储粮害虫防治。此外,付鹏程、杨健、赵志模、郭道林数量分别为11、11、11、10,为高产作者。

从作者合著情况来看,我国气调储粮研究合作广泛,多以团队研究为主,主要有严晓平团队、付鹏程团队以及赵志模团队,三个团队分别从害虫防治与气调工艺研究两个方面进行了深入探索与研究。其中付鹏程团队研究气调储粮工艺近25年,2002年攻克二氧化碳气调技术难题,2008年

利用强排置换法解决粮仓充氮问题,其研究成果已应用于全国粮库。

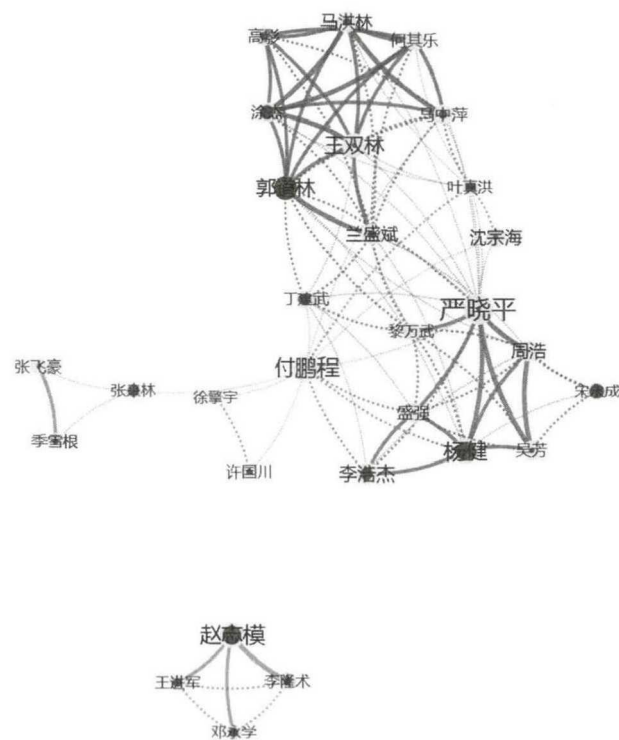


图2 主要学者分布知识图谱

## 2.3 研究科研机构分布情况

统计我国气调储粮技术研究关键科研机构分布情况如图3所示。

由图3可知,机构发文量排序前6位的分别为中储粮成都储藏研究院有限公司、河南工业大学粮油食品学院、西南农业大学植保系、浙江衢州省级粮食储备库、上海市粮食储运公司编写组、国家粮食局科学研究院,数量分别达到46、10、7、7、6、5篇。主要研究机构包含政府机构、国有企业、相关高校,各类机构合著关系显著,气调储粮研究的产、学、研、用。

## 2.4 发文期刊

统计气调储粮技术研究主题期刊论文总量,发现该领域常发表期刊,排序前5位的分别为《粮油仓储科技通讯》《粮食储藏》《粮食科技与经济》《现代食品》《粮食加工》,数量分别达到89、88、17、13、10篇。历年发文量排名前20的期刊见表1。

由表1可知,《粮油仓储科技通讯》《粮食储藏》在气调储粮研究领域载文数量最多,两期刊均为中储粮成都储藏研究院有限公司主办期刊,刊载的论文均为粮油储藏方面的研究,在粮食储藏

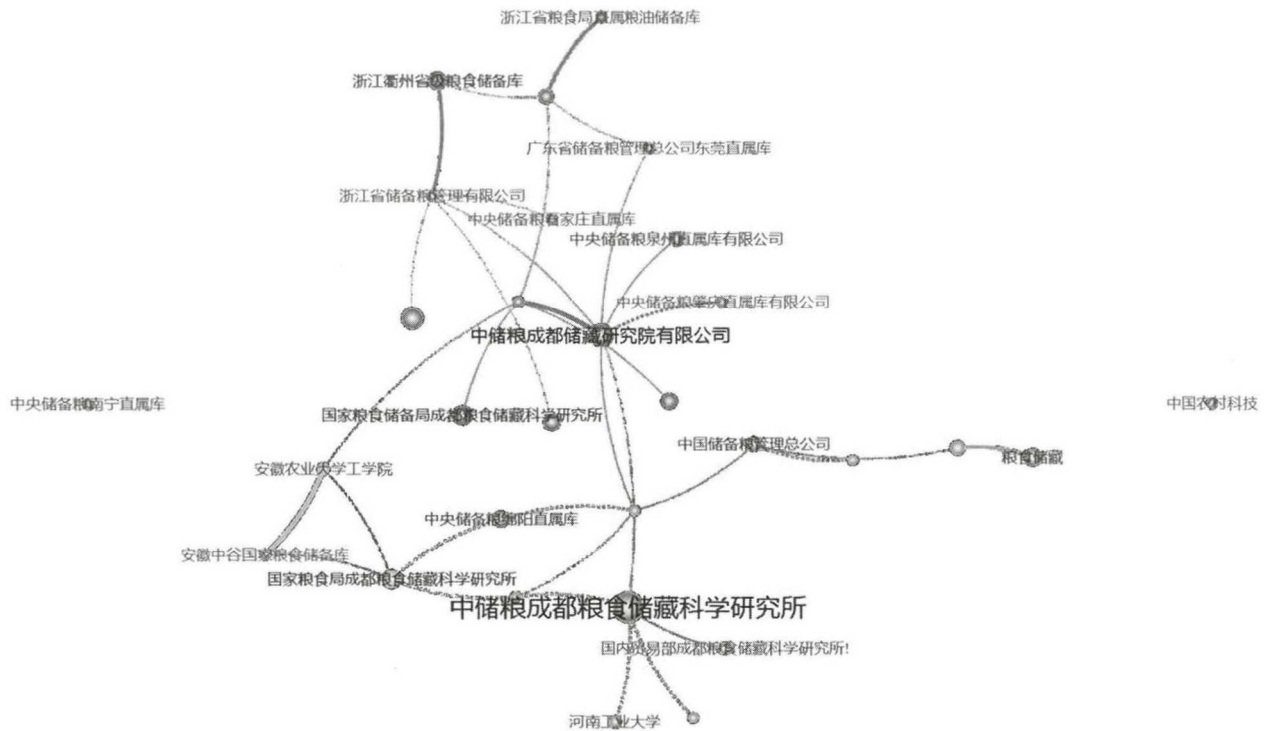


图 3 科研机构分布知识图谱

表 1 期刊及发文量

序号	发表数量	期刊
1	89	《粮油仓储科技通讯》
2	88	《粮食储藏》
3	17	《粮食科技与经济》
4	13	《现代食品》
5	10	《粮食加工》
6	8	《中国粮食经济》
7	7	《粮油食品科技》
8	6	《粮食与饲料工业》
9	6	《河南工业大学》
10	5	《粮食流通技术》
11	3	《粮食与食品工业》
12	3	《中国农村科技》
13	3	《食品安全导刊》
14	3	《黑龙江粮食》
15	3	《中国粮油学会论文选集》
16	2	《粮食与油脂》
17	2	《中国科协论文集》
18	2	《西南农业大学学报》
19	1	《食品科技》
20	1	《食品工业科技》

领域具有一定的权威性与前瞻性。《河南工业大学学报》《粮食与油脂》《西南农业大学学报》《食品

科技》《食品工业科技》是该领域的核心期刊，累计载文 12 篇，这些期刊上的文章在一定程度上代表了我国气调储粮研究领域的重点。其中《西南农业大学学报》为 CSCD 期刊，一定程度上体现了该期刊在国内的影响力。

### 3 我国气调储粮技术研究热点与发展趋势分析

#### 3.1 主题聚类与演化

抽取热点主题词绘制成主题聚类图（图 4），通过颜色深浅区分主题词数据量以及数据间的关联性。

如图 4 可知，我国气调储粮技术研究主题聚类为以下方面：①气密性、抗药性、高浓度、移动式、制氮机。②储备粮、粮食局、管理水平、生态区；二氧化碳、经济效益、可行性、社会效益、传感器。③磷化氢、脂肪酸、防治效果、脂肪酸值、死亡率。④信息技术、生物防治、优缺点、效果显著。⑤科学技术、党和国家、科学研究熏蒸剂、生物学、虫种、生物物理、地理分布。⑥实用性、先进性、可靠性、可扩展性。

为清晰了解我国气调储粮研究发展主题的演化过程、聚合裂变情况，提取各时间段主题词统计各主题词数量并排序，计算同一阶段同一主题词



图4 主题聚类图

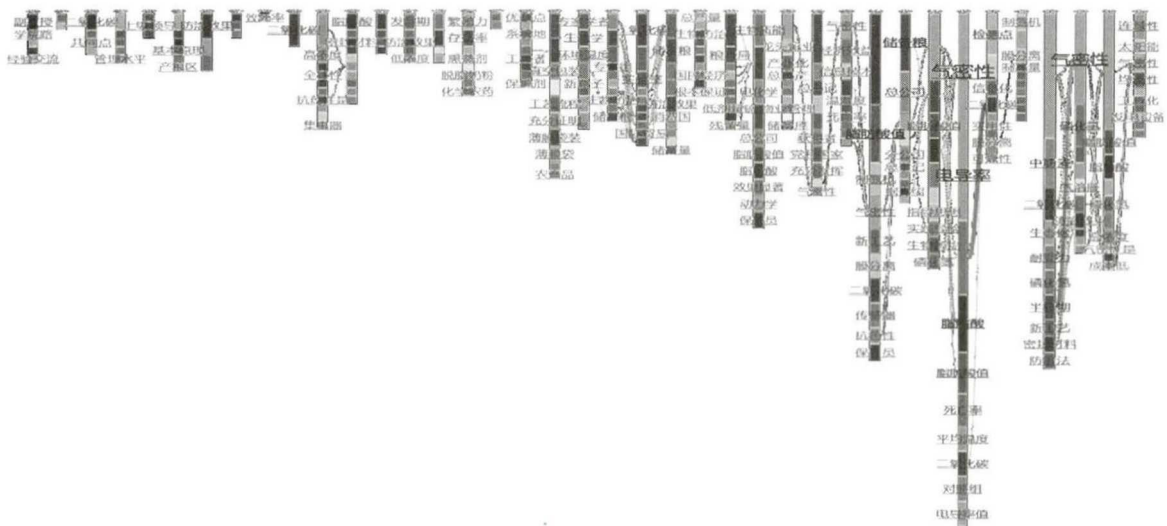


图5 我国气调储粮研究主题词演化分析

之间的关系强度以及不同阶段主题词的关系强度，制作主题词演化图（如图5所示）。

从图5可以看出，2000年以前主要为：二氧化碳、抗药性、防治效果、熏蒸剂、磷化氢、储存量、经济效益；2001~2005年主要为：二氧化碳、粮食局、熏蒸剂、生物学、气密性、实验室、储备粮、可行性；2006~2010年主要为二氧化碳、储备粮、防治效果、粮食局、生物质能、实验室、传感器、电化学、气密性；2011~2015年主要为储备粮、气密性、脂肪酸、脂肪酸值、传感器、稳定性、二氧化碳、抗药性、制氮机；2016~2020

年主要为：气密性、磷化氢、电导率脂肪酸、二氧化碳、脂肪酸值、半衰期、经济效益、中筋麦、死亡率；2021年以后主要为：气密性、脂肪酸、脂肪酸值、连续性、磷化氢、高浓度、均衡性、太阳能、臭氧。

### 3.2 关键词分布与聚类

制作关键词分布图（如图6）、关键词聚类图（如图7），展示我国气调储粮研究的主要关键词分布与聚类情况。关键词聚类显著的为：气调储粮、储粮技术、粮食储藏技术、储粮安全、绿色储粮技术；气调、气密性、氮气、粮食储藏、储粮；储



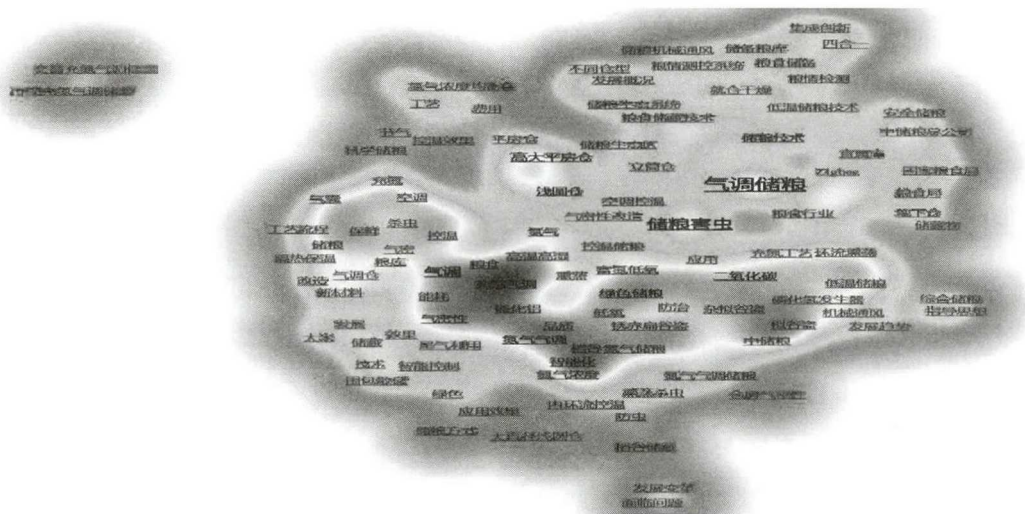


图 6 关键词分布图



图 7 关键词聚类图

粮害虫、二氧化碳、气调储粮、磷化氢、稻谷；高大平房仓、氮气气调、充氮气调、浅圆仓、空调控温；绿色储粮、氮气气调储粮、低温储粮、环流熏蒸、富氮低氧；持续充氮气调储藏、交替充氮气调储藏；稻谷储藏、发展变革、面临问题、未来趋势。

结合我国气调储粮研究主题词与关键词可视化分析，可知我国气调储粮技术研究热点：①经济绿色的气调技术研究；②仓房氮气工艺、气密性性能优化；③气调技术杀虫效果分析；④气调技术对粮食质量影响研究。

### 3.3 突显分析

为分析我国气调储粮研究特定时段高频关键词，直观把握该领域研究的热度与前沿情况，制作关键词突破图（如图 8），分析关键词强度。

由图 8 可知，我国气调储粮研究的重点逐渐由理论论证转向实仓技术应用层面，即从气调储粮理论分析展望变为气调储粮技术落地分析。其中，“二氧化碳”的突破率为 0.0870、“熏蒸杀虫”的突破率为 0.0714、“绿色储粮”突破率为 0.0625。随着我国科技实力的全面提升及一系列粮食科技创新相关政策的出台，气调储粮技术的相关研究更

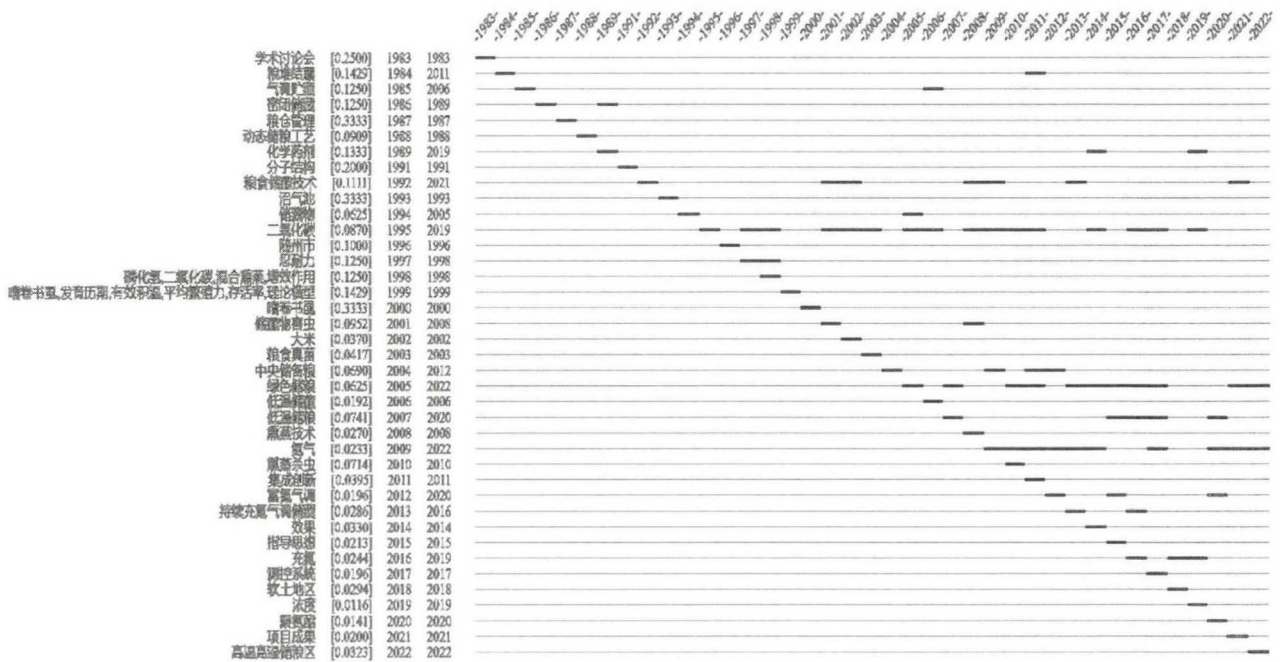


图 8 关键词突破图

加丰富具体，结合我国粮库实际情况技术落地应用更加深入。

我国气调储粮研究从气调储粮技术可行性论证开始，到气调熏蒸害虫技术、充气工艺优化、二氧化碳气调技术应用、氮气气调技术运用到气密性研究、仓房涂料应用，基于先前的研究逐步关注不同气调方式效果对比、气调对粮食品质影响。结合粮食行业绿色储粮发展趋势分析，气调储粮气源选择及适用范围、不同储粮生态区域气调工艺定量化、气密性新材料、气调对粮食品质及害虫影响分析、气调关键因子与功能验证等内容将会成为下一步研究重点。

#### 4 结论

综上所述，本文通过对我国气调储粮研究领域的发文作者、科研机构、期刊类型、发展热点以及未来趋势进行可视化分析，从我国气调储粮研究领域的研究团队、研究机构、主要期刊来看，研究主题都以气调储粮领域内的重要热点问题为主，这也是绿色储粮、氮气气调储粮、害虫防治成为高频关键词的主要原因。通过梳理研究主题

词聚类与演变过程，分析关键词分布与聚类可知，随着国家不断出台绿色储粮、科技储粮战略与政策，促使气调储粮技术进一步优化升级，使氮气储粮、绿色低温储粮、熏蒸杀虫等话题的研究长期保持热度。

#### 参考文献

- [1] 王若兰, 宋永令, 付鹏程. 中国稻谷储藏技术及装备的现状与发展趋势 [J]. 中国稻米, 2021, 27 (4): 5
- [2] 程伟霞, 丁伟, 赵志模. 气调 (CA) 对储藏物害虫的作用机制 [J]. 昆虫知识, 2001 (05): 330 ~ 333
- [3] 李前泰, 宋永成, 王新华, 等. 二氧化碳气调防治储粮害虫的研究 [J]. 粮食储藏, 1997 (05): 3 ~ 10
- [4] 蒋德云, 沈宗海, 王延好, 等. 二氧化碳气调防治储粮害虫的试验研究 [J]. 安徽农业大学学报, 2004 (02): 250 ~ 252
- [5] 龚刘闯, 袁骏凯, 徐鹏程, 等. 氮气气调储粮对稻谷品质的影响研究 [J]. 粮食与食品工业, 2021, 28 (04): 22 ~ 24 + 28
- [6] 仇灵光, 季雪根, 何力, 等. 富氮低氧气调储粮充气工艺研究 [J]. 粮油仓储科技通讯, 2016, 32 (06): 32 ~ 3

## RESEARCH PROGRESS OF CONTROLLED ATMOSPHERE GRAIN STORAGE TECHNOLOGY IN CHINA

Qu Denghui<sup>1</sup> Chen Ge<sup>2</sup> Ma Yiming<sup>3</sup> Zheng Yancheng<sup>4</sup>

(1 Chengdu Branch of China Grain Reserves Corporation 610042)

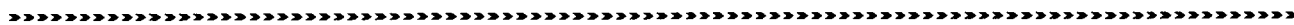
(2 Chengdu Zhongchu Garin Depository Distribution Co., Ltd., 610520)

(3 Sinograin Chengdu Storage Research Institute 610091)

(4 China Grain Reserves Corporation 100039)

Based on knowledge graph combined with ITGInsight and Vosviewer literature visualization tools, a comprehensive and systematic analysis of Chinese gas storage technology research was conducted using the data source of the relevant journals and literatures about the gas storage research in China, summarized the development status of the field of gas storage in China, and forecasted the future development direction and research hotspots, provided a reference of optimizing the technology of the gas storage in China.

Keywords: gas storage, knowledge graph, ITGInsight, visualization, vosviewer



(上接第 7 页)

## COMPARATIVE STUDY OF TWO KINDS OF VENTILATION NETWORKS ON THE VENTILATION EFFECT OF THE WAREHOUSES

Li Jiabin Wang Yuancheng Yang Tai Liu Jiaqi Yang Kaimin

(School of Thermal Energy Engineering; Shandong Jianzhu University 250101)

In order to solve the problem that the intake air or fumigation gas of the traditional Gui-shaped ventilation network propelled too slowly in the vertical direction, this paper proposed a new type of ventilation network with Gui-shaped ventilation and vertical ducts, which reduced the flow resistance in the ventilation direction, and shortened the flow path and time of air and fumigation gas in the grain pile, and made the air and fumigation gas more easier to spill out from the grain surface. The ventilation effect was studied by numerical simulation method, and a comparative analysis was made with the traditional Gui-shaped ventilation network. The results show that the new ventilation network was better than the traditional Gui-shaped ventilation not work in early cooling effect, water retention performance and ventilation energy consumption in the first few days of ventilation. The results could provide theoretical basis and technical reference for the optimal design of the ventilation network of the warehouse.

Key words: warehouse, vertical ventilation, Gui-shaped ventilation ducts, vertical ventilation duct, numerical simulation