

# 季节性流动视角下的中国粮食储备规模估算\*

## ——基于粮食产销流动中断风险的分析

普冀喆 陈希 钟钰 甘林针

**摘要：**粮食储备是应对粮食安全风险挑战的“稳压器”，确定合理的储备规模是加强国家储备制度建设的重点任务。本文将粮食储备规模的研究思路从传统的平抑粮食生产年际波动调整为应对粮食产销流动中断风险，提出一个新的粮食储备规模估算框架。在主要考虑粮食国内产销和生产受灾减产的前提设定下，本文识别出目前粮食季节性流动过程中存在常规缺口、产区受灾、连续受灾三类风险断点，进一步组合不同风险情境，估算得出三大主粮稻谷、小麦、玉米的储备消费比区间分别为16.67%~33.83%、16.67%~34.83%和16.67%~40.00%；依据概率中的数学期望计算出稻谷、小麦、玉米的储备消费比分别为19.82%、20.00%和20.92%。综合分析结果，本文提出研判粮食产销流动风险、优化储备结构、明确储备主体分工、完善储备应急保障机制的建议。

**关键词：**粮食储备 粮食安全 储备规模 风险识别 粮食产销

**中图分类号：**F326.11 **文献标识码：**A

备豫不虞，为国常道。国家储备是国家治理的重要物质基础，是维护国家安全、赢得战略主动、推动实现经济社会发展重大目标的战略工具（中共国家粮食和物资储备局党组，2022）。其中，粮食储备是国家储备的关键组成，是应对粮食安全风险、打牢经济社会发展基础的稳压器。确定合理的储备规模，是加强国家储备制度建设的重点任务（中共国家粮食和物资储备局党组，2022），对健全粮食安全保障能力有重要意义。

储备规模过大或过小都会带来负面影响。过小，难以平抑市场波动、保证国家粮食安全；过大，不仅浪费资源，还会导致市场流通粮源减少、市场机制扭曲等问题（程国强和朱满德，2013）。且由

---

\*本文研究得到2021年度中央农办 农业农村部乡村振兴专家咨询委员会软科学课题“粮食储备流通问题研究”（编号：rkx20211902）、国家社会科学基金重大项目“耕地—技术—政策融合视角的‘两藏’战略研究”（编号：21ZDA056）和国家自然科学基金项目“‘毁约跑路’还是‘逆势加码’：收储制度改革背景下粮食规模户经营行为调整与风险化解机制研究”（编号：71903187）的资助。衷心感谢匿名审稿专家的建设性意见，文责自负。本文通讯作者：陈希。

于中国政府储备与政策性库存并存，一般研究较难准确剥离中央储备、地方储备和政策性库存，给粮食储备规模估算和优化带来较大难度。根据可查资料，现有研究认为中国中央事权范围内的粮食库存规模高于合理区间（贾晋，2012），造成监管难度大，管理费、金融贷款利息增加等财政负担（范成方等，2022）。随着2016年以来玉米去库存，玉米市场波动加剧，政府正在加强玉米储备实力，同时也在强化口粮领域的储备建设。在进一步完善储备能力的关键时期，“储多少”的问题再次引发关注。但目前粮食储备规模研究相对滞后，且与中国粮食产销季节性流动的实际结合不紧。本文拟调整分析思路，从粮食产销的季节性流动特征着手，试图提出一个新的粮食储备规模估算框架。

## 一、已有研究回顾和本文创新之处

在进一步分析前，有必要界定“粮食储备”概念及范围。本文对粮食储备概念的使用，以官方表述为准。根据政府主管部门和相关政策文件的划分惯例，“我国粮食库存构成，主要分三大类：政府储备、政策性库存、企业商品库存。此外还有一部分农户存粮，通常不统计在库存范围内”<sup>①</sup>。其中：政府储备包括中央储备粮和地方储备粮；政策性库存包括最低收购价粮、国家临时存储粮、国家一次性储备粮等。本文研究的粮食储备为政府储备，其主要目标是应急保供。政策性库存，如以最低收购价收购的稻麦、过去临时收储的玉米等，由于管理目标、运行机制与政府储备不同，不纳入本文的讨论范畴。

### （一）对粮食储备规模研究的简要回顾

关于粮食储备的合理规模，国外研究集中在20世纪全球粮食市场波动较大时期，估算思路大致分为三类。第一类为历史经验法。该方法多以平滑生产或消费为目标，通过分析粮食生产或消费的历史波动确定储备规模（Wells and Karl, 1952; Waugh, 1967）。第二类为目标规划法。该方法应用数学规划算法确定储备规模（Eaton, 1980）。以往研究中的目标规划法有两目标模型和七目标模型（厉为民和黎淑英，1988），但其估算结果对目标设定比较敏感。第三类为动态规划法。该方法以随机动态规划的思想刻画粮食市场的动态特征，进而推算出最优储备函数（Gustafson, 1958; Williams and Wright, 1991）。但通过该方法得到的储备函数，优化的是社会存储主体的效用和行为，不适用于政府储备优化研究。在国际上有影响力的粮食储备规模标准是联合国粮农组织（FAO）提出的谷物最低安全库存消费比。FAO的谷物最低安全库存消费比是由三种方法的估算结果整合而成的。这三种算法分别为基于历史产量数据的产量平滑法、基于历史产销数据的产销平衡法和基于历史库存数据的描述分析法，都属于历史经验法（FAO, 1974）。进入21世纪后，国际上对粮食储备规模的研究减少，研究重点转向描述发展中国家的储备政策（Olajide and Oyelade, 2002; Rashid and Lemma, 2011）和储备管理机制优化（He et al., 2017; Iftekhhar et al., 2021）。

国内有关粮食储备规模估算的研究集中在2004年深化粮食流通体制改革前后，研究方法和研究

<sup>①</sup>资料来源：《照亮百姓“粮仓家底”——专访国家粮食和物资储备局负责人》，[http://www.xinhuanet.com/politics/2020-08/24/c\\_1126407434.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/2020-08/24/c_1126407434.htm)。

对象更贴近中国实际。在政府储备规模估算方面，多数研究采用差额补偿的方法（普莫喆等，2018）。该方法的基本思路是把一段历史时间内粮食的趋势产量与实际歉年产量之间的最大差额作为粮食储备规模（刘颖，2002）。为了兼顾粮食安全和储备成本节约，马九杰和张传宗（2002）、刘颖等（2010）根据粮食安全容忍程度设置安全比例，以最大差额的一部分确定粮食储备规模。上述算法只考虑了粮食产量波动，吴志华等（2002）认为还应考虑由生产、净进口和库存构成的总供给波动，以总供给的趋势值与历史低值的差额作为粮食储备规模。此外，一些研究把平滑城乡居民粮食消费作为估算目标（娄源功，2003），或直接把城镇居民的口粮消费量作为粮食储备规模（贾晋，2012）。也有研究借鉴国外的两目标规划法<sup>①</sup>、FAO 算法（普莫喆，2020），结合中国实际估算了粮食储备规模。以上研究对粮食储备规模的估算均基于全国统一市场的假设，如果考虑粮食市场的省际分割，估算的粮食储备量将是市场整合条件下的4倍（朱晶和钟甫宁，2004）。农户存粮是中国粮食储备研究的另一重要方面。万广华和张藕香（2007）、张瑞娟和武拉平（2012）研究发现，农户存粮决策具有消费安全和价格投机的双重属性。但中国农户存粮规模呈下降趋势，其家庭粮食安全正在由“自我保障”向“社会或市场保障”转换（魏霄云和史清华，2020）。总的来看，国内关于政府粮食储备规模的共识是，要根据国家战略安全目标动态调整储备品种和规模（王晓东，2022；曹宝明等，2022）。

## （二）研究述评和本文创新点

既往研究提供了颇多有参考价值的研究思路和方法，但分析思路比较单一，存在两方面内容待深化。第一，已有研究的主要思路多为平抑年度间粮食产量波动，未能有效对接粮食产销流动中的风险环节，未能把生产端灾害风险纳入决策框架，决策参考信息相对单一，难以充分体现政府粮食储备“备荒应急”的目标。第二，已有研究往往以“粮食”这一集合概念作为研究对象，直接将粮食生产和需求数量代入模型，模糊了不同粮食品种的供求差异和风险差异，难以估算不同粮食品种的储备数量。总的来看，现有研究方法对粮食产销格局、受灾减产风险的设定比较笼统，使得研究结果部分脱离中国粮食产销流动实际。

粮食储备内嵌于粮食产业链条，通过储备粮吞吐来调控粮食市场。粮食储备的收储和抛储过程与粮食上市、消费等年内和年际流动紧密相关。粮食市场异常波动、重大自然灾害或突发事件等会带来粮食数量危机和物流网络破坏（李凤廷等，2016），需要及时调动粮食储备加以应对。明确了中国粮食产销流动的薄弱环节和中断风险，就明确了粮食储备应补足的市场缺口，也就明确了粮食储备的适度规模。所以，本文将研究思路从传统的平抑粮食生产年际波动，调整为应对粮食产销流动中断风险；从粮食产销的时空流动特征着手，识别三大主粮季节性流动过程中实际风险断点和风险事件发生的概率；通过分析不同风险情境组合，估算对应情境的粮食储备规模，给出储备规模区间。笔者认为，调整后的研究思路能够在一定程度上还原粮食储备应对重大突发事件的战略定位，也能够一定程度上与中国粮食产销的季节性流动特征吻合。相较于传统研究单一地考虑粮食生产波动，本文聚焦粮食产

<sup>①</sup>两目标规划法是在模拟粮食市场未来产销情况基础上，以粮食安全程度最大化和储备成本最小化为目标，用数学规划算法估算粮食储备的合理规模。具体可参见普莫喆（2020）。

销的潜在风险断点，更能对接现实常发情境，提供更多维的储备决策信息。

与已有研究相比，本文研究在以下三个方面做了新的尝试：一是将粮食储备规模分析内嵌到粮食产销流动中，从以往单一考虑粮食生产的年际波动拓展到综合考虑产销的年际波动与年内波动两方面。二是关注粮食产销流动的中断风险，将粮食储备规模估算的目标从平抑粮食生产年际波动回归到备荒应急。以粮食生产受灾减产为例，分析突发事件如何影响粮食产销流动和产销缺口，进而影响粮食储备规模估算。三是考虑不同粮食品种的差异，基于不同粮食品种产销流动特征，估算稻谷、小麦、玉米三大主粮的储备数量，以期达到分品种精准施策的目的。

## 二、基于粮食产销流动特征的研究框架

### （一）粮食产销的时空流动特征

识别粮食供应中断风险需先摸清国内粮食产销流动的特征规律。具体来说，中国粮食产销的时空流动特征在空间尺度上表现为“产本地、销全国”，在时间尺度上表现为“产一次、销全年”。

1.空间尺度：产本地、销全国。中国粮食生产区域集中度高，从过去的“湖广熟，天下足”“南粮北运”转向为“北粮南运”。虽然粮食调出省份在不同历史时期有所变化，但粮食“产本地、销全国”的产销流动特征始终未变。根据国家统计局官网数据计算，2022年主产区粮食产量占全国粮食总产量比重已达78.25%，其中，前五位的主产省份黑龙江、河南、山东、安徽、吉林合计粮食产量占比就达41.19%。粮食在主产地收获上市后，通过粮食经纪人、收储企业等多层级市场流通体系，从相对集中的产地流通至全国各地，在空间尺度上主要经历加工和消费两次分化过程（见图1）。

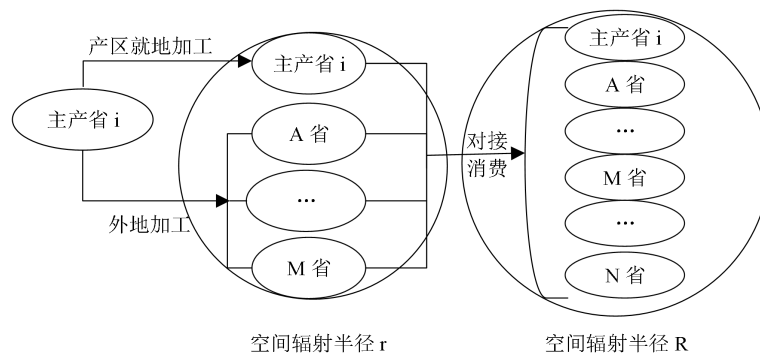


图1 空间尺度上的粮食流动特征

粮食加工和消费具有分散性。粮食收获后需根据不同市场需求进行相应加工，由粮食加工产能分布可大致判断市场中原粮的空间流向。如表1所示，相较于粮食生产的区域性和集中性，粮食加工产能分布则相对分散。由于粮食主产区的原料优势和政策优惠，粮食加工产能布局一般与粮食产区强相关。例如，2021年河南、山东小麦产量和小麦加工能力分列全国第一和第二，黑龙江的稻谷产量和稻谷加工能力均为全国第一位。同时，销区省份也具备一定加工产能。例如，2021年海南、福建、广东小麦加工能力合计占全国的3.8%；广东、浙江玉米产量合计仅占全国的0.3%，但其玉米加工能力合计占全国的2.4%。粮食加工产能分布的分散性说明产区原粮上市后会经市场流通体系销往全国各地。

季节性流动视角下的中国粮食储备规模估算

分区	省份	稻谷		小麦		玉米	
		产量比例	加工比例	产量比例	加工比例	产量比例	加工比例
粮食主产区	黑龙江	13.7	18.4	0.2	1.1	15.2	11.4
	吉林	3.2	5.1	0.0	0.1	11.7	4.8
	辽宁	2.0	4.9	0.0	0.5	7.4	7.1
	内蒙古	0.5	0.5	1.1	1.2	11.0	3.7
	河北	0.2	0.7	10.7	10.4	7.6	4.5
	江苏	9.3	9.5	9.8	6.8	1.1	30.7
	安徽	7.5	12.1	12.4	8.7	2.5	5.7
	江西	9.7	9.3	0.0	0.1	0.1	0.9
	山东	0.5	0.6	19.3	23.1	9.5	6.0
	河南	2.2	3.0	27.8	26.7	7.5	10.5
	湖北	8.8	13.3	2.9	2.9	1.2	4.5
	湖南	12.6	8.0	0.1	0.1	0.9	0.6
	四川	7.0	2.7	1.8	1.1	4.0	0.2
粮食主销区	北京	0.0	0.2	0.1	0.4	0.1	0.0
	天津	0.3	0.2	0.5	0.6	0.4	0.8
	上海	0.4	0.4	0.1	0.2	0.0	0.0
	福建	1.8	1.9	0.0	1.1	0.1	0.0
	广东	5.2	2.2	0.0	2.6	0.2	1.3
	海南	0.6	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
	浙江	2.2	1.7	0.4	0.6	0.1	1.1

资料来源：加工比例根据《2022 年中国粮食和物资储备年鉴》数据计算，产量比例根据国家统计局网站 (<https://data.stats.gov.cn/>) 数据计算。

粮食不可替代的生存必需品属性决定了粮食消费需求分布的全国性和广泛性（周立等，2012）。粮食加工后对接消费需求，会进一步发生空间转移。超过 70% 的稻谷和小麦用作食用，加工后对接居民口粮消费，根据口粮消费习惯和人口分布销往全国各地。约 65% 的玉米用作饲料加工，加工后对接下游养殖需求，根据养殖业分布最终销往全国。

2.时间尺度：产一次、销全年。粮食生长是粮食作物与光、热、水等资源在时空匹配下进行干物质积累的过程。粮食生长的自然属性决定了粮食生产的季节性和周期性。粮食生产的季节性和周期性与粮食消费的连续性不匹配，决定了粮食产销流动在时间尺度上表现为“产一次、销全年”。中国幅员辽阔，横跨 6 个积温带，不同地区光热资源、作物熟制以及作物品种结构的差异，决定了粮食收获时点的差异。如图 2 所示，冬小麦和春小麦收获时点相邻，使得小麦整体的收获时点跨度最短，约为 2.5 个月。玉米的收获时点跨度次之，为 3 个月。稻谷南北熟制差异较大，海南的稻谷一年三熟、东北地区的稻谷一年一熟，使得稻谷整体的收获时点跨度相对最长，为 5.5 个月。但是，由于中国粮食生

产主要依赖几大优势产区，生产区域的集中使得粮食大规模收获上市的时段也较为集中。由图2可见，冬小麦产量约占全年小麦产量的95%，一般在5—6月收获；中稻和一季稻产量约占全年稻谷产量的72%，集中在8—10月收获；秋季9—10月收获的玉米约占全年玉米产量的90%。可见，中国主粮上市供应应具有明显的短期集中性、季节性和周期性特点。

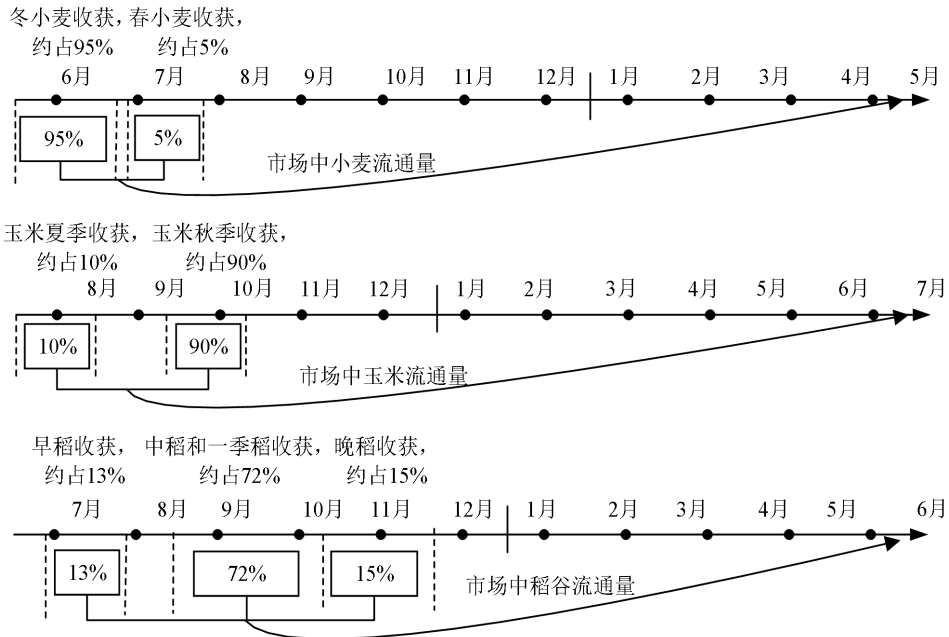


图2 中国粮食收获节点和时间尺度上的流动特征

粮食短期内集中上市后，流通至各粮食购销、加工和消费主体。随着时间推移，市场中流通的粮食不断减少，直至下一个收获季新粮上市。本文以2021年东北产区稻谷的流通为例，描述原粮流向情况。10月中上旬稻谷收获上市后，央储轮换和最低收购价政策陆续启动，农民可直接到中储粮直属库和中储粮委托的收购企业售卖。此外，还有一部分粮食通过粮食经纪人、粮食贸易商等购销主体向东北地区以外流动。粮食经纪人一般将粮食就近销售给收储企业、加工企业、粮食贸易商。粮食贸易商更多联结产区和销区，对接南方销区市场。就东北稻谷而言，稻谷流通的活跃期一般在11月到次年农历春节前。但由于产区和销区之间的运输距离较长，粮食贸易商向外销售的时间会有所延长。根据课题组对东北粮食贸易商的访谈资料<sup>①</sup>，东北粮食向外运输的高峰期一直延续到次年3月，4月后随着流通中的稻谷原粮数量逐渐减少，市场存在一段“青黄不接”的常规缺口期，此时，粮食加工企业主要依赖前期库存开工生产。直至7月早稻上市后，加工企业可补充一定数量的新粮库存。因此，在时间尺度上，中国粮食产销流动形成“产一次、销全年”的特征。

<sup>①</sup>课题组分别于2018年赴黑龙江省北安市、富锦市以及赵光农场，于2020年赴黑龙江省哈尔滨市双城区、吉林省扶余市和农安县，于2021年赴黑龙江省富锦市、宝清县以及八五三农场等地调研，对当地粮食贸易商进行访谈，掌握了大量当地粮食流通的一手资料。

(二) 研究框架及数据来源

1.研究框架。粮食产销在空间尺度和时间尺度上的不一致，决定了粮食在国土范围内要不断流动，对接产销。粮食的大范围时空流动，叠加粮食生产的外部风险，使得粮食产销流动存在中断风险。风险冲击如果发生在粮食“青黄不接”的常规缺口期，会造成粮食大规模短缺。按照本文的研究思路，粮食储备应当能够应对粮食产销流动的中断风险。这意味着，政府粮食储备规模应当大于或者等于粮食产销流动中断期间的粮食需求量。据此，可根据一定风险情境下粮食产销流动中断的时间长度（下文简称为“断点长度”），来推算政府应持有的粮食储备数量。具体来看，本文提出的估算框架包含以下几个关键内容和步骤（见图3）。

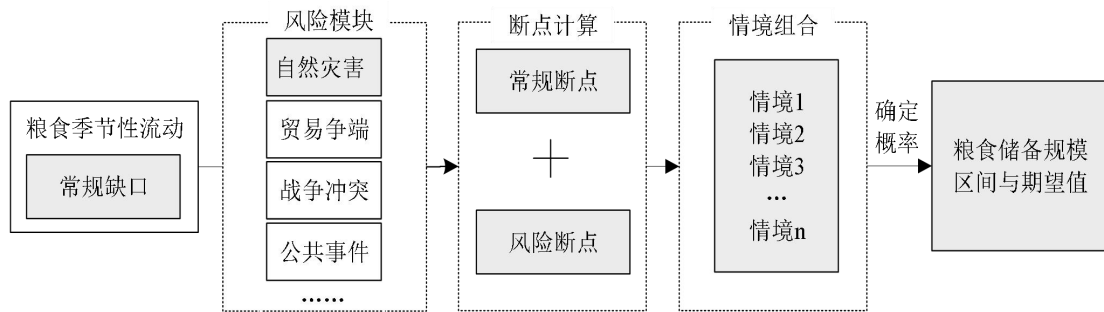


图3 基于粮食产销流动特征的研究框架

第一，确定供应常规缺口。把新粮上市前客观存在的“青黄不接”时期确定为常规缺口期。在这一时期内，粮食供应较为紧缺，粮食流动中断风险较高。常规缺口期的长度决定了粮食产销供应断点的基准长度。

第二，确定供应中断风险类型及相应的断点长度。受外部风险因素影响，粮食供应可能会脱离常规的季节性流动规律，形成更大的供需缺口。因此，先识别影响粮食供应的关键风险，分析该风险对粮食供应数量的影响，进而确定对应的断点长度。把基准断点与外部风险引发的断点相加，可得到该类风险情境下粮食产销供应断点的总长度。

第三，确定风险发生概率，设定风险情境，估算粮食储备规模。根据历史数据估算风险发生概率，并设定若干风险情境。在每种风险情境下，把产销断点期的粮食需求量作为政府应持有的粮食储备数量。不同风险情境对应的断点长度不同，需要的粮食储备数量也不同。

第四，得到储备规模的估算结果。一个是储备规模的区间值，其中区间左端点由常规缺口确定，右端点由最大风险情境确定。另一个是储备规模的期望值，根据各类风险发生的概率计算而得。区间值能提供更多参考信息，且保证了一定灵活性，是本文重点推荐的结果。

2.前提设定。粮食储备的实际应用场景非常复杂。为了将研究内容聚焦于研究重点——提出一个新的粮食储备规模估算框架，本文参考以往研究惯例，对市场条件、风险类型、风险事件发生概率等进行简化设定。具体设定内容包括以下三个方面。

第一，主要考虑国内粮食产销流动情况，暂不考虑国际贸易。中国三大主粮的进口比重比较低，供给以国内为主。以往经验表明，国际贸易即使发生波动，中国粮食进口可获得性也很少受到影响。

以往关于粮食储备规模估算的国内外研究也基本未考虑国际贸易的影响。因此，本文先将国内粮食产销流动情况作为重点分析。

第二，以生产受灾减产为例，分析供应中断风险。粮食流动中断的原因有多种，包括自然灾害、政策变动、贸易争端、战争等。本文有限的研究体量很难穷尽所有风险，因此根据以往研究惯例，先设定一种风险情境开展分析，即生产受灾减产<sup>①</sup>。这一设定主要基于两方面考虑：一是，政府粮食储备建立之初的主要目的是备荒，即应对自然灾害风险，生产受灾减产的设定符合政府储备的最基本应用场景；二是，自然灾害是引发粮食生产波动的主要原因，粮食储备规模应能够应对这一主要风险。

第三，生产受灾减产的概率，以当前和过去一段时间内生产受灾减产发生率作为替代。事件的发生率与发生概率不同。在估算受灾概率、预测未来风险概率方面，以往研究有一些复杂的分析方法（王克和张峭，2013）。考虑到本文的研究重点和研究体量，在后文估算过程中以当前和过去一段时间内的生产受灾减产发生率替代其发生概率。

3.数据来源。本文主要采用国家和省级层面数据估算粮食储备规模。其中：各省份的粮食加工能力数据来源于《2022年中国粮食和物资储备年鉴》；全国粮食消费数据来源于国家粮油信息中心粮油供需状况月报<sup>②</sup>；全国粮食收购价格指数来源于Wind数据库<sup>③</sup>和全国原粮、油料收购价格指数系统<sup>④</sup>，价格指数以2008年为基期，时期跨度为2009年1月至2022年6月；全国农作物受灾面积、成灾面积数据来源于国家统计局网站，时期跨度为1978—2021年；具体各省份的农作物受灾、成灾面积数据来源于《中国农村统计年鉴》（1995—2020年，历年）。

由于本文研究数据通过多渠道获取，不同数据来源更新的时间截点存在差异。在粮食储备规模估算过程中，为保持数据时期范围一致，本文将2020年设定为截止年份，并以2020/2021市场年度的粮食消费量为基准，推算断点所对应的粮食储备量和储备消费比。

### 三、粮食季节性流动的风险识别和断点计算

识别粮食供应中断风险和断点长度是确定粮食储备数量的基础和前提。本文基于粮食产销的时空流动特征，以生产受灾为例，识别粮食季节性流动过程中存在常规缺口、产区受灾、连续受灾三类风险断点。

---

<sup>①</sup>关于灾害与粮食储备的关系在此进一步解释论证。就农业自然灾害而言，一方面，中国农业整体抗灾减灾能力增强使粮食产出更有保障；另一方面，农业科技支撑下未来粮食单产不断提高，使国家对农业受灾面积的承受边界逐渐拓展。二者综合考虑下，粮食储备对应到备荒部分的规模在未来应会有所减少，但需要进一步结合气候变化、地理自然情况等因素进行全面复杂的综合预测，暂不作为本文的研究重点。本文的重点在于提出“储备规模确定应对接粮食流动实际风险”的研究思路和方法，因此，主要基于当前粮食单产水平和过去一段时间内自然灾害的发生情况开展研究。

<sup>②</sup>资料来源：中国粮油信息网络平台，<https://www.chinagrains.com.cn>。

<sup>③</sup>资料来源：Wind数据库，<https://www.wind.com.cn/portal/zh/EDB/index.html>。

<sup>④</sup>资料来源：全国原粮、油料收购价格指数系统，<http://sinoprice.sinograin.com.cn/SinoPrice>。



(一) 常规缺口

粮食常规缺口是指每年新粮集中上市前粮食购销市场的空档期，也就是民间俗称的“青黄不接”之际。此时，基层粮源基本见底，市场中流通的原粮数量较少，一方面难以完全满足市场粮食需求，另一方面供求趋紧下粮价较易出现波动。根据上述特点，可从以下两个方面识别和确定粮食常规缺口导致的断点风险和长度：首先，由于粮食“产一次、销全年”的产销流动特征，可推断断点位置大概率位于新粮上市前的某一连续时段；其次，由于“青黄不接”时段内粮食流通数量减少，粮食供求趋紧可能会推高粮食价格，可根据粮价变动情况推断断点位置。

就稻谷而言，早稻上市集中在7月，约占全年稻谷产量的13%。早稻在一定程度上缓解了局部时段稻谷供需相对紧张局面，缩短了“青黄不接”的时期，由此可判断稻谷常规缺口应出现在7月以前，且在第二季度4—6月的可能性较大。稻谷收购价格指数的月度平均值（见图4）和采用ARCH模型<sup>①</sup>估计的月份效应（见图5）结果显示，上半年各月份稻谷收购价格并无显著差异，稻谷价格相对稳定，说明上半年稻谷供求形势偏向供大于求。进一步考虑连续时段的价格相对变化，发现上半年中5—6月的稻谷收购价格指数和月份效应系数略高于上半年其他连续时段。因此，综合考虑稻谷生产周期和市场价格变动，判断稻谷的常规缺口断点为5—6月。值得注意的是，年底11—12月的稻谷收购价格明显上涨（见图4），图5估计结果显示稻谷价格具有“12月份效应”。

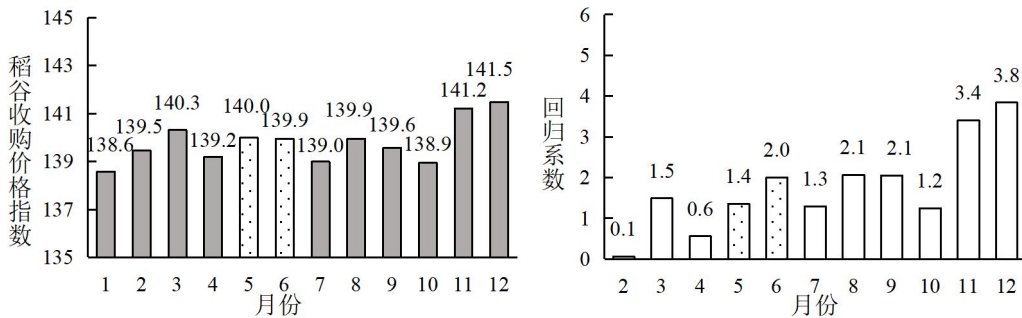


图4 2009—2022年稻谷收购价格指数月度平均值 图5 采用ARCH模型估计的稻谷价格月份效应

根据课题组调研掌握的信息，年底是东北稻谷收购高峰期，春节前各类粮食购销主体补库需求旺盛，但由于农民惜售、天气以及运输等原因，市场出现短期供不应求，从而推高了稻谷收购价格。可见，“12月份效应”是临近年关稻谷收购市场活跃的正常表现。

就小麦而言，95%的小麦上市时点集中在5月下旬和6月，根据生产周期可初步判断小麦的常规缺口应出现在6月以前。结合1—6月小麦收购价格指数的月度平均值变化（见图6）和采用ARCH

<sup>①</sup>借鉴李锐（2003）、孙志红和卢新生（2011）测度月份效应的方法，利用2009年1月至2022年6月稻谷月度价格数据、2009年1月至2019年12月小麦和玉米的日度价格数据（数据来源于Wind数据库），采用ARCH模型和月度虚拟变量 $D_{it}$ （以1月价格为基准）对稻谷、小麦、玉米的月份效应进行估计。主要估计公式为： $P_t = \alpha_1 + \sum \beta_i \times D_{it} + \varepsilon_t$ 。需要说明的是：由于小麦、玉米国内价格自2020年以来受新冠疫情、粮食危机、国际局势等因素影响波动较大，因此在模型中剔除2020年以后的小麦、玉米价格数据，采用2009年1月至2019年12月的小麦、玉米价格数据进行估计。

模型估计的月份效应结果（见图7），判断小麦常规缺口断点出现在4—5月<sup>①</sup>。

就玉米而言，玉米从9月中旬开始集中收获上市，秋季收获的玉米约占全年产量的90%，初步判断常规缺口应出现在9月以前。结合玉米收购价格指数的月度平均值变化（见图8）和采用ARCH模型估计的月份效应结果（见图9），7—8月玉米市场价格变动相对明显，可以判断玉米常规缺口断点为7—8月。

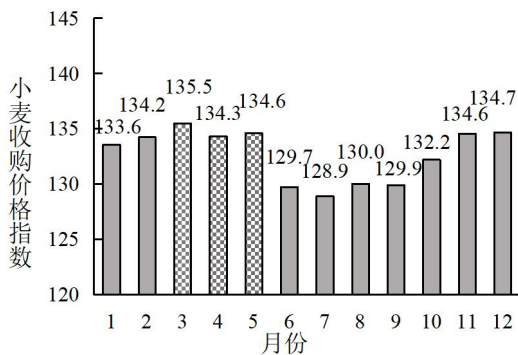


图6 2009—2022年小麦收购价格指数月度平均

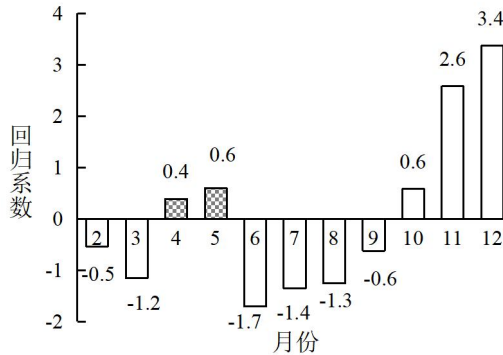


图7 采用ARCH模型估计的小麦价格月份效应

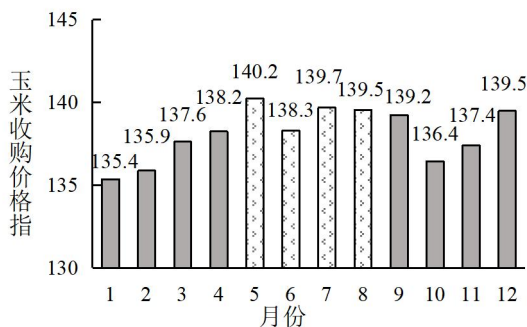


图8 2009—2022年玉米收购价格指数月度平均

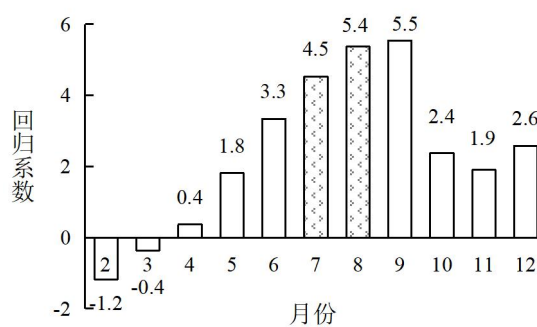


图9 采用ARCH模型估计的玉米价格月份效应

根据上述分析，稻谷、小麦、玉米常规缺口造成的断点长度均为2个月。表2展示了常规缺口断点对应的粮食消费量。根据表2可知，稻谷、小麦、玉米常规缺口断点对应的粮食消费量分别为3564万吨、2455万吨、4932万吨。进一步考虑各粮食品种的主要用途，稻谷常规缺口断点对应的食用消费量为2667万吨，小麦对应的制粉消费量为1530万吨，玉米对应的饲用消费量为3266万吨。

表2 三大粮食作物常规缺口断点及其对应的消费量

粮食品种	断点长度 (月)	月均消费量 (万吨)	主要用途月均消费量 (万吨)	断点对应的消 费量(万吨)	断点对应的 主要用途 消费量(万吨)
稻谷	2	1782	1333	3564	2667
小麦	2	1227	765	2455	1530
玉米	2	2466	1633	4932	3266

注：月均消费量和主要用途月均消费量对应的年份是2020/21市场年度；稻谷主要用途消费是指食用消费，小麦主要用途消费是指制粉消费，玉米主要用途消费是指饲用消费。

<sup>①</sup>本文分析所得的小麦缺口月份与笔者2017年赴山东调研时当地反映的小麦流通缺口月份一致。

(二) 产区受灾

在多数年份，中国农业灾害表现为春旱夏涝、北旱南涝、旱涝交替（许飞琼，2010），且多发于中国粮食主产区，易造成粮食产量不稳定。例如，1998年长江和嫩江流域的洪涝灾害、1999—2000年全国大范围干旱、2008年南方低温雨雪冰冻灾害、2016年武汉和安徽等地的洪涝灾害、2021年河南特大暴雨事件等。随着中国农业防灾减灾能力不断提升，农作物受灾面积比例从2000年以前的30%左右下降到近五年的15%以下，成灾面积比例从15%以上下降到7%以下<sup>①</sup>。表3是根据中国农作物受灾面积、成灾面积和各品种农作物面积比例估算的三大粮食作物受灾、成灾情况。分析表3发现，以2010年为界，2010年后三大粮食作物受灾、成灾比例明显下降。综合表3信息，结合现阶段粮食生产防灾减灾水平，用2010—2020年<sup>②</sup>三大粮食作物成灾面积占农作物播种面积比例的均值作为当前生产技术水平下常规年景的成灾率，得到稻谷、小麦、玉米在常规年景的成灾率分别为1.4%、1.1%和1.8%。

表3 2000—2021年三大粮食作物受灾、成灾情况 单位：%

年份	稻谷		小麦		玉米	
	受灾比例	成灾比例	受灾比例	成灾比例	受灾比例	成灾比例
2000	6.7	4.2	6.0	3.8	5.2	3.2
2001	6.2	3.8	5.3	3.2	5.2	3.2
2002	5.5	3.2	4.7	2.7	4.8	2.8
2003	6.2	3.7	5.2	3.1	5.6	3.4
2004	4.5	2.0	3.4	1.5	4.0	1.8
2005	4.6	2.4	3.7	1.9	4.2	2.2
2006	5.1	3.1	4.2	2.5	5.1	3.0
2007	6.3	3.2	5.1	2.6	6.5	3.3
2008	5.0	2.8	4.0	2.2	5.2	2.9
2009	5.8	2.6	4.8	2.1	6.4	2.9
2010	4.6	2.3	3.7	1.8	5.3	2.6
2011	3.9	1.5	3.1	1.2	4.7	1.8
2012	2.9	1.3	2.3	1.1	3.7	1.7
2013	3.6	1.6	2.9	1.3	4.8	2.2
2014	2.8	1.4	2.2	1.1	3.9	2.0
2015	2.4	1.4	1.9	1.1	3.5	2.0
2016	2.9	1.5	2.3	1.2	4.2	2.2
2017	2.1	1.0	1.6	0.8	2.8	1.4
2018	2.3	1.2	1.8	0.9	3.2	1.6

<sup>①</sup>资料来源：根据国家统计局网站（<https://data.stats.gov.cn>）数据计算。

<sup>②</sup>此处采用2010—2020年三大粮食作物成灾面积所占比例来作为其在常规年景的成灾率，而不是将时间范围划定为2010—2021年，主要是为了与下文中计算主产区常规年景成灾率的时间范围保持一致。

表3 (续)

2019	2.1	0.9	1.7	0.7	2.9	1.2
2020	2.1	0.9	1.7	0.7	2.9	1.2
2021	1.2	0.5	1.0	0.4	1.8	0.7

注：各粮食作物受灾比例、成灾比例根据全国农作物总受灾面积、成灾面积以及各粮食作物播种面积占农作物播种面积比例估算。以稻谷为例，稻谷受灾面积=全国农作物受灾面积×（稻谷播种面积/农作物播种面积），稻谷受灾比例=稻谷受灾面积/农作物播种面积。

资料来源：根据国家统计局网站（<https://data.stats.gov.cn>）数据计算。

在常规气象年景的基础上，需进一步考虑粮食主产区受灾严重可能延长粮食供应断点长度。表4第一部分统计了1995—2020年粮食主产区各粮食作物成灾面积占其播种面积的比例。如表4所示，主产区稻谷成灾面积占稻谷总播种面积比例的均值为8.23%，小麦和玉米分别为7.56%和10.29%；主产区稻谷成灾程度最轻的年份为2017年，成灾面积占稻谷总播种面积的3.50%，小麦和玉米成灾程度最轻的年份均为2019年，成灾面积分别占其总播种面积的3.14%和3.85%；主产区稻谷最重灾情发生于2003年，稻谷成灾面积占稻谷总播种面积的15.88%，主产区小麦和玉米最重灾情均发生在2000年，成灾面积分别占其总播种面积的16.32%和21.96%。首先，粮食储备规模估算需尽可能考虑主产区严重受灾情境，因此把稻谷、小麦、玉米的最大成灾比例作为断点估算的参考依据，分别为15.88%、16.32%和21.96%。然后，以2020年各粮食作物播种面积为基准，结合上述比例，得到稻谷、小麦、玉米成灾面积分别为447.60万公顷、381.50万公顷、906.10万公顷，比常规年景成灾面积<sup>①</sup>多326.7万公顷、292.0万公顷、681.2万公顷。最后，以2020年稻谷、小麦、玉米单产水平为基准，估算得到主产区受灾严重导致单产减少三成、五成和八成的粮食减产数量及对应的断点长度。当单产减少三成，稻谷、小麦、玉米的断点长度分别为0.39个月、0.41个月和0.52个月；当单产减少五成，稻谷、小麦、玉米的断点长度分别为0.65个月、0.68个月和0.87个月；当单产减少八成（绝收标准），稻谷、小麦、玉米的断点长度分别为1.03个月、1.09个月和1.40个月。

表4 粮食主产区受灾严重情形下三大粮食作物减产数量及断点长度

指标	统计值	稻谷	小麦	玉米
1995—2020年主产区三大粮食作物成灾面积占其总播种面积比例（%）	平均值	8.23	7.56	10.29
	最小值	3.50	3.14	3.85
	最大值	15.88	16.32	21.96
	常规值 <sup>a</sup>	5.02	3.83	5.45
1995—2020年主产区三大粮食作物成灾面积 <sup>b</sup> （万公顷）	最大值	477.60	381.50	906.10
	常规值	150.90	89.50	224.90
	差值 <sup>c</sup>	326.70	292.00	681.20

<sup>①</sup>参照上文表3的分析结论，采用2010—2020年粮食主产区稻谷、小麦、玉米的成灾面积占其总播种面积比例的均值作为主产区稻谷、小麦、玉米常规年景的成灾率，根据这一成灾率及其基准年份的播种面积可得到常规年景成灾面积。

表 4 (续)

主产区灾情严重时粮食额外减产数量 <sup>d</sup> (万吨)	减产 30%	690	503	1291
	减产 50%	1151	838	2152
	减产 80%	1841	1341	3443
主产区灾情严重时粮食额外减产对应的断点长度 <sup>e</sup> (月)	减产 30%	0.39	0.41	0.52
	减产 50%	0.65	0.68	0.87
	减产 80%	1.03	1.09	1.40

注：各年份粮食主产区各粮食作物成灾面积由当年各粮食主产省份相应作物的成灾面积加总得到，各省农作物成灾面积数据来自《中国农村统计年鉴》（1995—2020年）。a 参照表 3 的分析结论，采用 2010—2020 年主产区稻谷、小麦、玉米的成灾面积占其总播种面积比例的均值作为主产区稻谷、小麦、玉米常规年景的成灾率。b 以 2020 年各粮食作物播种面积为基准，估算主产区成灾面积的最大值和常规值。c 差值=最大值—常规值。d 根据主产区成灾严重时的各粮食作物成灾面积与其常规年景成灾面积的差值计算的额外减产的粮食数量，30%、50%和 80%分别表示单产较常年减少三成、五成和八成。以 2020 年稻谷、小麦、玉米的单产为基准估算。e 以 2020/2021 市场年度稻谷、小麦、玉米消费量计算的月均消费量为基准，估算减产量对应的断点长度。

### （三）连续受灾

由于自然灾害发生具有随机性和不确定性，粮食生产极有可能遭受持续严重灾害。在过去很长一段时间内，中国粮食生产有“两丰两歉一平”的周期性波动规律。粮食储备规模估算需考虑这样的连续受灾情况。如图 10 所示，部分年份的农作物受灾比例、成灾比例连续处于较高水平。以 2004 年为界，2004 年以前农作物连续受灾的现象比较频繁，2004 年后随着一系列惠农支农政策实施、防灾减灾能力增强，农作物连续受灾现象减少。对 2004 年前后全国农作物受灾比例数据进行方差分析，结果显示在 1%显著性水平上拒绝两组数据均值相等的原假设，这一结果也验证了 2004 年前后全国农作物受灾情况存在显著差异。因此，在判断农业生产受灾是否严重时，需以 2004 年为界设置不同的界限标准。

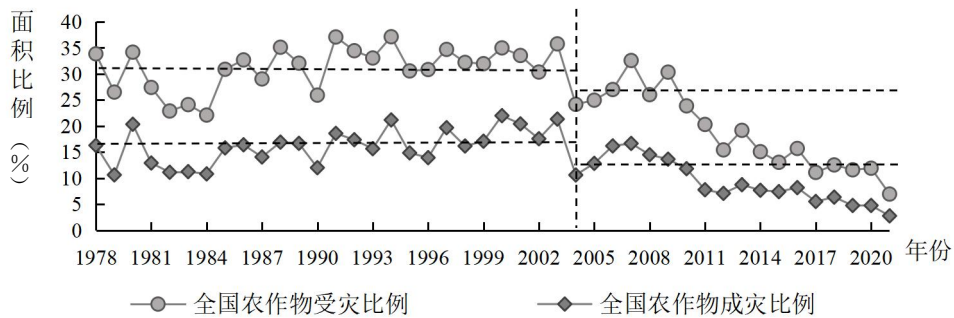


图 10 1978—2021 年农作物受灾、成灾情况

注：①农作物受灾是指因灾单产较常年减少一成以上；农作物成灾是指因灾单产较常年减少三成以上。②全国农作物受灾比例=全国农作物受灾面积/全国农作物播种面积，全国农作物成灾比例=全国农作物成灾面积/全国农作物播种面积。③图中水平横线分别表示不同时期农作物严重受灾、成灾的临界线。

资料来源：根据国家统计局网站 (<https://data.stats.gov.cn>) 数据计算。

对 2004 年及以前的年份，以 1978—2004 年农作物受灾面积比例和农作物成灾面积比例的均值 31.02% 和 15.99% 为标准，若当年农作物受灾面积比例大于 31.02%，且当年农作物成灾面积比例大于 15.99%，就认为该年农业生产受灾严重；对 2005—2020 年，以 1978—2020 年农作物受灾面积比例和农作物成灾面积比例的均值 26.70% 和 13.62% 为标准，若当年农作物受灾面积比例大于 26.70%，且当年农作物成灾面积比例大于 13.62%，就认为该年农业生产受灾严重。根据上述标准，得到图 11。如图 11 所示，1978—2020 年 43 年期间，有 17 个年份受灾、成灾严重，其中持续严重受灾的时期包括 1988—1989 年、1991—1992 年、1997—2001 年、2006—2007 年。在这些时期中，连续两年严重受灾的频次相对较高，与过去“两丰两歉一平”的周期性波动规律吻合。因此，本文估算储备规模主要考虑连续两年受灾情况。

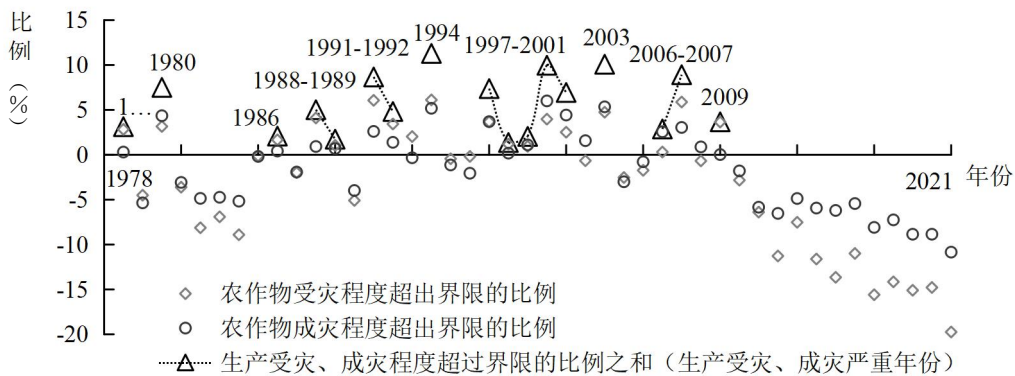


图 11 1978—2021 年农业生产受灾、成灾严重年份分布情况

基于单年受灾严重的断点长度（见表 4），考虑连续两年受灾情况，估算得到稻谷、小麦、玉米的断点长度如表 5 所示。根据单产减产程度的差异，两年可形成 6 种断点组合。其中，若连续两年单产均减产 30%，断点长度最短，稻谷、小麦、玉米分别为 0.78 个月、0.82 个月和 1.04 个月；若连续两年单产均减产 80%，断点长度最长，稻谷、小麦、玉米分别为 2.06 个月、2.18 个月和 2.80 个月。综上得到，若粮食主产区连续两年受灾严重，稻谷断点长度为 0.78~2.06 个月，小麦断点长度为 0.82~2.18 个月，玉米断点长度为 1.04~2.80 个月。

表 5 粮食主产区连续受灾严重情形下的断点长度

连续受灾时长	第 1 年单产减产程度 (%)	第 2 年单产减产程度 (%)	断点长度 (月)		
			稻谷	小麦	玉米
受灾 1 年	30	—	0.39	0.41	0.52
	50	—	0.65	0.68	0.87
	80	—	1.03	1.09	1.40
连续 2 年	30	30	0.78	0.82	1.04
	30	50	1.04	1.09	1.39
	30	80	1.42	1.50	1.92

表 5 (续)

	50	50	1.30	1.36	1.74
	50	80	1.68	1.77	2.27
	80	80	2.06	2.18	2.80

注：由于第 1 年减产 50%、第 2 年减产 30% 的断点长度与第 1 年减产 30%、第 2 年减产 50% 的断点长度相同，故不在表中报告。其他断点长度相同的情况也均未在表中重复报告。

#### 四、分情境的粮食储备规模估算

##### (一) 不同风险情境组合

根据上文，粮食产销流动的中断风险包括常规缺口、产区受灾、连续受灾。常规缺口是粮食产销流动伴生的规律性特征，本文认为其普遍存在于粮食市场年度中，可将其视作必然事件。产区受灾和产区连续受灾则为随机事件，具有一定的发生率。粮食储备规模估算，需要确定产区受灾和产区连续受灾的发生率。本文估算的粮食产销流动中断风险事件发生率如图 12 所示。

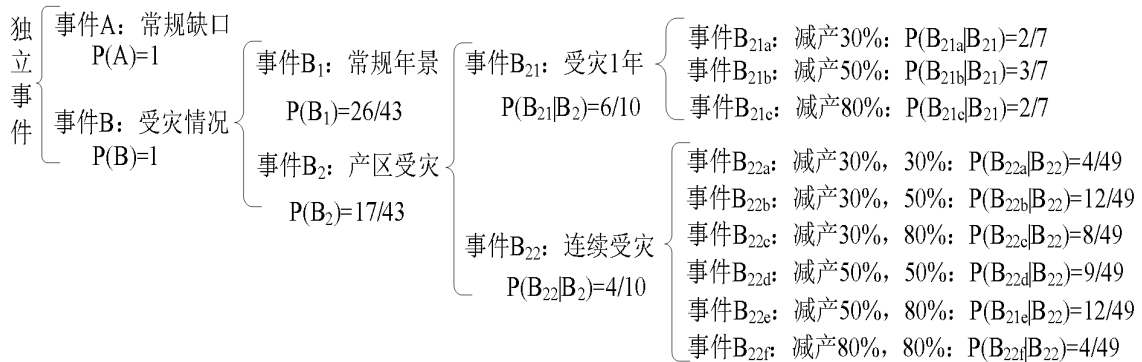


图 12 不同风险情境下粮食产销流动中断风险的发生率

根据中国农业灾害历史数据确定产区受灾和连续受灾的发生率。

计算过程如下：产区受灾发生率为  $P(B_2) = (1978-2020 \text{ 年受灾、成灾严重年份频次})/43 = 17/43$ ，常规年景发生率则为  $P(B_1) = 1 - P(B_2) = 26/43$ 。然后，确定连续受灾的发生率。在 1978—2020 年发生的 10 轮严重灾害中，受灾 1 年占 6 次，连续受灾占 4 次，由此得到受灾 1 年的发生率为  $P(B_{21}|B_2) = 6/10$ ，连续受灾的发生率为  $P(B_{22}|B_2) = 4/10$ 。单产减产的发生率直接按其区间覆盖长度确定<sup>①</sup>。其中，单产减产 30% 的发生率按照减产 30%~50% 的区间确定为  $P(B_{21a}|B_{21}) = 2/7$ ，依此类推得到单产减产 50% 的发生率为  $P(B_{21b}|B_{21}) = 3/7$ ，单产减产 80% 的发生率为  $P(B_{21c}|B_{21}) = 2/7$ 。在连续受灾的情况下，两年均减产 30% 的发生率为  $P(B_{22a}|B_{22}) = (2/7) \times (2/7) = 4/49$ ，依此类推，得到连续受灾情况下各种风险情境组合的发生率。

<sup>①</sup>根据国家统计局农作物成灾标准为单产较常规年份减少 30% 及以上，单产减少 30% 以下不算作成灾，故计算单产减少概率时所用分母为 7。在分母为 7 的基础上，将余下部分划分为 30%~50%、50%~80% 和 80% 以上三个区间，各自发生率按照其区间覆盖长度占比分别确定为 2/7、3/7 和 2/7。



表 6 为多种风险情境及对应的发生率。本文将常规产销缺口视作必然事件，即常规缺口的事件发生率为 1，因此，其他事件与常规缺口同时发生的概率仍为该事件自身的发生率。如表 6 所示，若产区不发生严重灾害，此时市场上只有常规缺口，该情境的发生率为  $P(AB_1)=26/43$ ；若粮食产区一年严重受灾，其发生率为  $P(AB_{21})=1 \times (17/43) \times (6/10)=357/1505$ ，进一步按照单产减产 30%、50%、80% 分级，发生率分别为  $P(AB_{21a})=102/1505$ 、 $P(AB_{21b})=153/1505$ 、 $P(AB_{21c})=102/1505$ ；若粮食产区连续两年严重受灾，其发生率为  $P(AB_{22})=238/1505$ ，进一步按照单产减产的 6 种组合分级，其发生率分别对应表 6 中的  $AB_{22a} \sim AB_{22f}$ 。

表 6 不同风险情境组合对应的发生率

情境组合	AB <sub>1</sub>	AB <sub>21</sub>			AB <sub>22</sub>					
		AB <sub>21a</sub>	AB <sub>21b</sub>	AB <sub>21c</sub>	AB <sub>22a</sub>	AB <sub>22b</sub>	AB <sub>22c</sub>	AB <sub>22d</sub>	AB <sub>22e</sub>	AB <sub>22f</sub>
概率 P	$\frac{26}{43}$	$\frac{102}{1505}$	$\frac{153}{1505}$	$\frac{102}{1505}$	$\frac{136}{10535}$	$\frac{408}{10535}$	$\frac{272}{10535}$	$\frac{306}{10535}$	$\frac{408}{10535}$	$\frac{136}{10535}$

(二) 不同风险情境组合下的储备规模

根据本文研究思路，粮食储备规模应与粮食季节性流动的断点长度相匹配。表 7 估算了不同风险情境组合下的断点长度及其相应储备规模。其中，当产区未遭受严重自然灾害时，即仅存在常规缺口时，断点长度最短，对应的粮食储备规模也最小，此时，稻谷、小麦、玉米对应的储备规模分别为 3564 万吨、2455 万吨和 4932 万吨。当产区连续严重受灾且单产减产均超过 80% 时，断点长度最长，对应的粮食储备规模也最大，此时，稻谷、小麦、玉米对应的储备规模分别为 7235 万吨、5129 万吨和 11837 万吨。最后，综合 10 种风险情境组合的发生率及其对应的断点长度，可得到稻谷、小麦、玉米断点的数学期望，分别为 2.38 个月、2.40 个月和 2.51 个月，对应的储备规模分别应为 4239 万吨、2943 万吨和 6190 万吨。为便于与联合国粮农组织谷物最低安全库存消费比进行比较<sup>①</sup>，本文计算粮食储备数量占粮食消费总量的比例，得到稻谷、小麦、玉米的储备消费比区间分别为 16.67%~33.83%、16.67%~34.83% 和 16.67%~40.00%，进一步根据概率数学期望计算得到稻谷、小麦、玉米的储备消费比分别为 19.82%、20.00% 和 20.92%。

表 7 多种粮食产销流动中断风险情境组合下的粮食断点长度及储备规模

情境组合		发生率 (%)	断点长度 (月)			储备规模 (万吨)		
			稻谷	小麦	玉米	稻谷	小麦	玉米
AB <sub>1</sub>	AB <sub>1</sub>	60.47	2.00	2.00	2.00	3564	2455	4932
AB <sub>21</sub>	AB <sub>21a</sub>	6.78	2.39	2.41	2.52	4259	2957	6214
	AB <sub>21b</sub>	10.17	2.65	2.68	2.87	4722	3288	7077
	AB <sub>21c</sub>	6.78	3.03	3.09	3.40	5399	3791	8384

<sup>①</sup>FAO 给出的是库存消费比，不是储备消费比。如前所述，FAO 计算库存消费比时用了三种方法，前两种计算的是储备，后一种计算的是整体库存（含储备和周转库存）。本文的方法算的只是储备，因此，后文使用“储备消费比”这一表述。



表7 (续)

AB <sub>22</sub>	AB <sub>22a</sub>	1.29	2.78	2.82	3.04	4954	3460	7497
	AB <sub>22b</sub>	3.87	3.04	3.09	3.39	5417	3791	8360
	AB <sub>22c</sub>	2.58	3.42	3.50	3.92	6094	4295	9667
	AB <sub>22d</sub>	2.90	3.30	3.36	3.74	5881	4123	9223
	AB <sub>22e</sub>	3.87	3.68	3.77	4.27	6558	4626	10530
	AB <sub>22f</sub>	1.29	4.06	4.18	4.80	7235	5129	11837
数学期望			2.38	2.40	2.51	4239 (19.82%)	2943 (20.00%)	6190 (20.92%)
最小值			2.00	2.00	2.00	3564 (16.67%)	2455 (16.67%)	4932 (16.67%)
最大值			4.06	4.18	4.80	7235 (33.83%)	5129 (34.83%)	11837 (40.00%)

注：括号中数据表示该粮食储备规模对应的储备消费比。

在以往估算结果中，徐力行（2004）认为中国粮食储备量应占粮食消费量的 1/3，丁声俊（2008）认为粮食储备量应占消费量的 25%~30%，普莫喆和郑风田（2020）认为小麦、稻谷、玉米的最低安全储备率分别应为 20%~36%、15%~35%和 15%~25%。这些结果与本文估算的比例区间接近。其中，本文得到的玉米储备消费比区间右端点偏大，主要原因是此处的右端点考虑的是极端情境。而以往研究估算的通常是常规风险情境，并未考虑到极端情况。与以往研究结论相比（以往研究按平均安全储备率为 25% 计算），本文估算的粮食储备规模期望值减少 1859 万吨，按每年仓储保管费 100 元/吨计算，每年至少节省财政支出 18.59 亿元。如果算上金融贷款利息、管理人工工资费用等，本文估算的粮食储备规模期望值将节约更多财政支出，在一定程度上减少关于政府储备财政负担过大的争议。

对比政府发布数据，本文研究结果与此前国家粮食和物资储备局发布的数据不冲突。发布数据表明，“我国粮食库存总量持续高位运行”，“稻谷、小麦库存都能够满足 1 年以上需求”<sup>①</sup>。此处的库存数据包括了政府储备、最低收购价形成的政策性库存、粮食企业商品库存等。本文的研究结果是从粮食产销流动中断风险的角度，给政府优化储备规模提供参考，并不能据此推断现实中粮食库存规模过大。实际上，粮食整体库存规模必然大于政府粮食储备规模。

## 五、对结果的进一步讨论

本文的主要目标是提出一个新的粮食储备规模估算框架。本文估算结果有三个前提设定：第一，主要考虑国内粮食产销流动情况，暂不考虑国际贸易；第二，以生产受灾减产为例分析粮食供应中断风险；第三，以当前和过去一段时间内灾害发生率替代粮食生产受灾减产的概率。

<sup>①</sup>资料来源：《照亮百姓“粮仓家底”——专访国家粮食和物资储备局负责人》，[http://www.xinhuanet.com/politics/2020-08/24/c\\_1126407434.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/2020-08/24/c_1126407434.htm)。

基于以上前提条件，可进一步探讨本文研究结果的可信度。第一，如果考虑开放市场、多重风险冲击，本文研究结果显然低估了需要的粮食储备规模。若增加贸易的影响，储备调控的范围将进一步扩大。例如，全球粮食贸易数量、进口粮源控制力等，都会影响国内粮食储备规模。若扩展风险来源，纳入公共卫生事件、动物疫病、气候变化、战争等多重冲击，也会低估所需的粮食储备规模。第二，单产减产概率设定不同会影响储备规模的期望值。但是，基于本文的分析框架，储备规模的区间端点值不会变化。在实际情况中，连续大规模减产的概率很低，可能低于文中设定，导致本文结果可能高估储备规模期望值。第三，若同时考虑更多样的市场条件、不同的单产减产概率，模型设定就需要更加细化。这也是本研究未来的努力方向。

将本文研究结果应用到政策实践时，还需注意以下两点。第一，极端风险事件的发生具有一定概率。在本文设定的诸多风险情境组合下，设定的极端风险情境对应的事件发生率仅为1.29%，在得到的估算结果中对应粮食储备规模区间的右端点。面对低概率、高成本的极端风险情境，政府粮食储备是否应负责100%的粮食中断风险仍有待商榷。第二，本文提出的估算方式和得到的估算结果，只针对政府储备，不包括民间库存。中国粮食收储主体多样，民间主体也会根据市场情况、经营需要存储粮食。对民间主体的粮食存储规模，不建议由政府硬性规定。但是，政府可根据宏观调控需要，建立加工企业社会责任储备，引导农户和农业新型经营主体适度储备。

受研究体量和技術限制，本文研究难以在短期内纳入全部风险因素及其发生概率。但是，新提出的估算框架具有较强灵活性和实用性，可在未来持续拓展。第一，供给端可以覆盖更多环节，增加国际贸易等模块，以更全面地刻画粮食供给的波动性。第二，可容纳更多风险因素，只要厘清各类风险的发生和作用机制并得到权威研究结果作为参数，就可将其代入本框架进行估算。但要注意的是，气候变化及其带来的粮食种植带北移等需要单独考虑。因为气候变化会给粮食产销带来系统性影响，且其研究结果受方法、假设和模拟情景设定的影响较大，会给本文的风险情境及发生概率设定造成较大难度。第三，可以包容更复杂的单产波动估算方法，未来可借鉴粮食生产风险度量的研究预测单产波动概率。第四，允许根据主粮结构的变化来调整粮食储备的品种结构。与以往“总一分”式的估算逻辑不同，本文采取“分一总”式的估算思路，根据各粮食品种特征分别估算储备规模，不仅“内生”考虑了粮食储备结构问题，而且能达到分品种施策的目的。

总体来看，本文试图搭建一个新的粮食储备规模估算框架。目前的基础框架还存在一些局限，将在未来纳入更多研究内容，以推动粮食储备规模研究更好地与现实情境相结合。

## 六、结论与政策建议

粮食储备制度是保障粮食安全的重要防线，合理的粮食储备规模是确保粮食储备制度发挥“稳压器”“保护伞”作用的基础和关键。本文对应粮食储备备荒应急的重要目标，基于粮食产销的季节性流动特征，以生产受灾减产为例，识别出中国粮食季节性流动过程中的风险断点，进而确定合理的粮食储备规模。本文将粮食储备规模估算的研究思路从传统的平抑粮食生产年际波动调整为应对粮食产销流动中断风险。在主要考虑国内粮食产销流动、生产受灾减产风险的情境下，本文估算得到稻谷、

小麦、玉米的风险断点长度分别为2~4.06个月、2~4.18个月和2~4.80个月，对应的粮食储备消费比区间分别为16.67%~33.83%、16.67%~34.83%和16.67%~40.00%。最后，根据概率数学期望估算得到稻谷、小麦、玉米的断点长度分别为2.38个月、2.40个月和2.51个月，对应的粮食储备消费比分别为19.82%、20.00%和20.92%。

综合上述结论和判断，可得到以下几点建议。第一，确定粮食储备合理规模应研判粮食产销流动的重点风险。在传统风险与新兴风险叠加挑战下，应根据现阶段和未来一段时间内粮食供需形势变化和产销流动特征，摸排、识别好粮食产销各环节主要风险，充分评估新的重大风险，有针对性地确定粮食储备规模。第二，粮食储备规模的确定应考虑品种差异，动态优化储备结构。从消费端来看，粮食储备及品种结构应考虑居民食物消费习惯、膳食结构变化、消费需求升级；从供给端来看，粮食储备及品种结构应考虑不同粮食作物生产、流通、贸易的差异。第三，粮食收储主体应明确各自分工，实现功能差异、角色互补。除政府储备外，还需用好粮企、新型农业经营主体等民间库存资源，构建“政府主导、社会共建、多元互补”的社会粮食库存体系。第四，完善粮食储备应急保障机制，确保遭遇突发情况时各粮食存储主体及时响应、粮食储备“调得动、用得上”，切实发挥应急保供作用。

#### 参考文献

- 1.曹宝明、黄昊舒、赵霞，2022：《中国粮食储备体系的演进逻辑、现实矛盾与优化路径》，《农业经济问题》第11期，第25-33页。
- 2.程国强、朱满德，2013：《中国粮食宏观调控的现实状态与政策框架》，《改革》第1期，第18-34页。
- 3.丁声俊，2008：《论国家粮食储备和粮食价格》，《粮食科技与经济》第3期，第9-10页、第13页。
- 4.范成方、李玉、王志刚，2022：《粮食产业供给侧结构性改革的思考与对策——以山东省为例》，《农业经济问题》第11期，第42-56页。
- 5.贾晋，2012：《我国粮食储备的合理规模、布局与宏观调控》，《重庆社会科学》第2期，第82-94页。
- 6.李凤廷、侯云先、邵开丽、钱向明，2016：《突发事件下的粮物流通——基于情景应对的储备粮紧急调运决策框架》，《中国农村经济》第12期，第60-75页。
- 7.李锐，2003：《中国股票市场的月份效应》，《数量经济技术经济研究》第7期，第126-130页。
- 8.厉为民、黎淑英，1988：《世界粮食安全概论》，北京：中国人民大学出版社，第104-105页。
- 9.刘颖，2002：《关于我国专项粮食储备规模的定量研究》，《华中农业大学学报（社会科学版）》第3期，第26-28页。
- 10.刘颖、许为、樊刚，2010：《中国粮食安全储备最优规模研究》，《农业技术经济》第11期，第83-89页。
- 11.娄源功，2003：《基于国家粮食安全的专项储备粮规模研究》，《农业技术经济》第4期，第6-12页。
- 12.马九杰、张传宗，2002：《中国粮食储备规模模拟优化与政策分析》，《管理世界》第9期，第95-105页、第113页。
- 13.普冀喆，2020：《中国政策性粮食收储问题研究：市场模拟与政策优化》，北京：中国农业出版社，第110-121页。

14. 普冀喆、郑风田, 2020: 《粮食储备规模优化研究: 基于库存消费比视角》, 《农村经济》第7期, 第78-85页。
15. 普冀喆、郑风田、崔海兴, 2018: 《粮食最优储备规模研究进展及启示》, 《华中农业大学学报(社会科学版)》第5期, 第67-75页、第163-164页。
16. 孙志红、卢新生, 2011: 《基于农业视角的股票价格季节性效应实证研究》, 《统计与决策》第23期, 第96-99页。
17. 万广华、张藕香, 2007: 《中国农户粮食储备行为的决定因素: 价格很重要吗?》, 《中国农村经济》第5期, 第13-23页。
18. 王克、张峭, 2013: 《农业生产风险评估方法评述及展望》, 《农业展望》第2期, 第38-43页。
19. 王晓东, 2022: 《在统筹发展和安全中完善重要商品储备制度——以农产品为视角的分析》, 《中国农村经济》第5期, 第2-19页。
20. 魏云霄、史清华, 2020: 《农家粮食: 储备与安全——以晋浙黔三省为例》, 《中国农村经济》第9期, 第86-104页。
21. 吴志华、施国庆、胡荣华, 2002: 《中国粮食安全储备及其规模确定》, 《中国农村观察》第1期, 第15-21页、第46页、第80页。
22. 徐力行, 2004: 《中国官方粮食储备合理规模的确定依据》, 《现代经济探讨》第7期, 第56-58页。
23. 许飞琼, 2010: 《农业灾害经济: 周期波动与综合治理》, 《经济理论与经济管理》第8期, 第74-79页。
24. 张瑞娟、武拉平, 2012: 《基于资产选择决策的农户粮食储备量影响因素分析》, 《中国农村经济》第7期, 第51-59页。
25. 中共国家粮食和物资储备局党组, 2022: 《完善国家储备体系 保障初级产品供给》, 《求是》第10期, 第36-41页。
26. 周立、潘素梅、董小瑜, 2012: 《从“谁来养活中国”到“怎样养活中国”——粮食属性、AB模式与发展主义时代的食物主权》, 《中国农业大学学报(社会科学版)》第2期, 第20-33页。
27. 朱晶、钟甫宁, 2004: 《市场整合、储备规模与粮食安全》, 《南京农业大学学报(社会科学版)》第3期, 第19-23页。
28. Eaton, D. J., 1980, *A Systems Analysis of Grain Reserves*, Technical Bulletin 1611, U.S. Department of Agriculture, 33. <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT80737014/PDF>.
29. FAO, 1974, "An Estimate of the Desirable Minimum Safe Level of Global Stock for World Food Security", in FAO (eds.) *Approaches to World Food Security: Selected Working Paper of the Commodities and Trade Division*, Rome: FAO Economic and Social Development Paper, 18-38.
30. Gustafson, R. L., 1958, *Carryover Levels for Grains: A Method for Determining Amounts that Are Optimal Under Specified Conditions*, Technical Bulletin 1178, U.S. Department of Agriculture, 5-48, <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87201112/PDF>.
31. He, Y., J. Wen, S. Yang, and J. Song, 2017, "Optimizing Strategic Grain Reserve Placement in a Partial Pooling Structure", 2017 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), Taipei, 342-347.
32. Iftekhhar, A., X. Cui, and Y. Yang, 2021, "Blockchain Technology for Trustworthy Operations in the Management of Strategic Grain Reserves", *Foods*, 10(10): 1-18.
33. Olajide, J. O., and O. J. Oyelade, 2002, "Performance Evaluation of the Strategic Grain Reserve Storage Programme

(SGRSP) in Nigeria”, *Technovation*, 22(7): 463-468.

34. Rashid, S., and S. Lemma, 2011, “Strategic Grain Reserves in Ethiopia: Institutional Design and Operational Performance”, IFPRI Discussion Papers 01054, <https://www.ifpri.org/publication/strategic-grain-reserves-ethiopia>.

35. Waugh, F. V., 1967, “Reserve Stocks of Farm Products in Agricultural Policy: A Review of Programs and Needs”, *Technical Papers of the National Advisory Commission on Food and Fiber*, (5): 3-52.

36. Wells, O. V., and A. F. Karl, 1952, *Reserve Levels for Storable Farm Products*, Washington DC: U.S. Senate Document 130, 2-6.

37. Williams, J. C., and B. D. Wright, 1991, *Storage and Commodity Markets*, London: Cambridge University Press, 23-98.

(作者单位: 中国农业科学院农业经济与发展研究所)

(责任编辑: 陈静怡)

## Estimating the Size of China’s Grain Reserves from the Perspective of Seasonal Flows: An Analysis Based on Disruption Risks in Grain Chain

PU Mingzhe CHEN Xi ZHONG Yu GAN Linzhen

**Abstract:** Grain reserves are a stabilizer to cope with the risks and challenges in terms of food security. To determine a reasonable size of grain reserves is a key to strengthening the national reserve system. In this paper analyzing the size of grain reserves, we focus on coping with the disruption risks in flows of grain production and sale rather than the traditional idea of stabilizing interannual fluctuations of grain production, and propose a new framework of estimating the size of grain reserves. Mainly considering the domestic grain production and sales under the assumption of production loss due to disasters, this paper identifies three types of risks in the current seasonal grain flows: regular shortage, disasters in the production areas, and continuous disasters. This paper further combines different risk scenarios and estimates the size of grain reserves. The results are as follows: The reserve-to-consumption ratios of rice, wheat and corn range between 16.67%-33.83%, 16.67%-34.83% and 16.67%-40%, respectively, and the reserve-to-consumption ratios calculated from the mathematical expectation are 19.82%, 20% and 20.92%, respectively. Based on the above analysis, this paper provides suggestions to study and identify the key risks in flows of grain production and sales, optimize the reserve structure, clarify the target and position of the main reserve holders, and improve the emergency system of grain reserves.

**Keywords:** Grain Reserves; Food Security; Reserve Size; Risk Identification; Grain Production and Sales