

“八五”时期以来中国北方灌溉投资的变化趋势及村庄新增灌溉投资的影响因素*

王转林¹ 王金霞^{1,2} 陈 煌^{3,4} 关宝珠¹ 邓洪波⁵

摘要：随着中国农业生产格局的变化，北方地区的灌溉投资对于保障国家粮食安全的重要性更加凸显。本文根据在中国北方地区开展的村级跟踪调查，描述了“八五”时期以来中国北方地区灌溉投资的变化趋势，并解析其背后的政策因素，进一步通过构建计量模型探究了水资源短缺状况、已有灌溉条件、当地经济条件、耕地资源禀赋对村庄是否获得新增灌溉投资的影响。研究表明，“八五”时期以来，随着国家在宏观政策上对农田水利建设的逐渐重视，北方地区新增灌溉投资总额不断增长；但新增灌溉投资的村级覆盖范围需要进一步扩大；农村税费改革和国家财税体制改革等政策动因使得政府尤其是中央政府承担起新增灌溉投资的主导角色；随着政府对节水灌溉设施支持力度的加大，节水灌溉已经得到了迅速发展。计量回归结果表明，水资源短缺越严重的村庄不一定越有可能获得新增灌溉投资；新增灌溉投资具有“马太效应”，即已有灌溉条件越好的地区越有可能获得新增灌溉投资；当地经济条件越好的村庄越有可能从社区获得新增灌溉投资，耕地资源禀赋越好的村庄越有可能从政府获得新增灌溉投资；村庄从政府获得新增灌溉投资与从社区获得新增灌溉投资之间存在“挤入效应”。最后，本文基于研究结论得出政策启示。

关键词：新增灌溉投资 北方地区 水资源短缺 灌溉条件

中图分类号：F323.9 **文献标识码：**A

一、引言

随着中国农业生产格局的变化，北方地区的灌溉投资对于保障国家粮食安全的重要性更加凸显。过去 40 多年中，中国农业生产格局逐渐向北推进，三大粮食作物（小麦、水稻和玉米）都逐渐向黄

*本文研究得到国家自然科学基金项目“INFEWS:U.S.-China: 提高区域食物—能源—水系统的可持续性：基于潜在的气候和发展情景下美国东南区域和中国华北平原的跨区域综合集成对比研究”（项目编号：4171101461）、国家自然科学基金项目“海河流域农村区域地下水超采综合治理措施的成效评估”（项目编号：7187041288）、澳大利亚国际农业研究中心项目“Understanding the Drivers of Successful and Inclusive Rural Regional Transformation: Sharing Experiences and Policy Advice in Bangladesh, China, Indonesia and Pakistan”（项目编号：ADP/2017/024）的资助。本文通讯作者：王金霞。

淮海或东北粮食产区集中。作为粮食主产区，北方地区虽拥有全国 54% 的耕地面积，但水资源占有量仅为全国的 36%^①。“北粮南运”进一步加剧了水资源和粮食生产在空间上的错配格局。由于水资源短缺、降水量较低，北方地区的农业生产不得不依赖灌溉，灌溉投资成为北方地区农业生产的关键投入。在灌溉投资的支持下，北方地区的灌溉面积比例普遍高于全国平均水平，例如，黄淮海地区 2018 年灌溉面积占耕地面积的比例达 68%，而全国平均仅为 50%。另外，由于水需求增加和地表水供给不足，北方地区 70% 的灌溉面积依赖地下水供给（Wang et al., 2019）。

中国政府历来十分重视灌溉投资，虽然在改革开放初期灌溉投资一度停滞，但自“八五”时期以来，中国灌溉投资又呈现出恢复增长的势头（Wang et al., 2019；杨朔，2008）。那么，“八五”以来中国北方地区的灌溉投资总额、投资来源和投资设施类型等发生了哪些变化？如何解析这些投资变动背后的政策因素？哪类地区越有可能从政府获得新增灌溉投资，而哪类地区越有可能从社区获得新增灌溉投资？不同投资主体的投资之间存在互补还是替代关系？尽管灌溉投资变动及其影响因素得到了一些学者关注（例如 He et al., 2015；Boyle et al., 2014；Zhang et al., 2006；刘力、谭向勇，2006），但是现有研究受数据资料等限制，没有很好地回答以上问题。然而，深入解答这些问题对于中国制定今后的灌溉投资政策具有十分重要的现实意义。

鉴于此，本文的主要目的是运用来自北方 6 省长时期、大规模的村级调查数据，描述“八五”时期以来中国新增灌溉投资总额、覆盖范围、来源和设施类型的变化趋势，并解析其背后的政策因素，在此基础上构建计量模型分析水资源短缺状况、已有灌溉条件、当地经济条件、耕地资源禀赋对村庄获得新增灌溉投资的影响，从而为国家灌溉投资决策提供科学依据。

二、“八五”以来中国北方灌溉投资的变化趋势及其政策因素解析

在本部分笔者将运用实地调查的一手数据进行描述性分析：首先，介绍数据来源；然后，描述“八五”时期以来中国北方地区新增灌溉投资总额、覆盖范围、来源和设施类型的变化趋势；最后，解析这些变化背后的政策因素。

（一）数据来源及说明

本文分析所用数据主要来自研究团队在 2004 年和 2016 年开展的两轮村级跟踪调查，即中国北方水资源调查（NCWRS）。调查覆盖了中国北方 3 个主要流域的 6 个省份：海河流域的河北，黄河流域的内蒙古、河南、陕西和山西，以及辽河流域的辽宁。为了获得具有代表性的样本，研究团队采用了分层随机抽样方法。首先，将每个省份所辖的县级行政区分为以下 4 类：水资源极度短缺、水资源非常短缺、水资源有些短缺、水资源不短缺；然后，在每个类别中随机选取 2 个或 3 个县级行政区；接着，从每个选中的县级行政区随机选取 2 个乡（镇、苏木）；最后，从每个选中的乡（镇、苏木）随机选取 4 个行政村。2004 年调查共覆盖中国 6 省（区）50 个县（区、旗）400 个村，在 2016 年的追踪调查中，由于有两个样本村发生了合并，有 1 个样本村整村搬迁，样本村总数减少为 398 个。

^①数据来源：《中国统计年鉴 2019》。

为了解灌溉投资的变化趋势,村级调查问卷中设置了 1990—2016 年历年村庄灌溉设施新增投资额和投资来源的相关问题。灌溉设施分为“开源”和“节流”两大类,其中,“开源”主要指灌溉供水设施(包括机井房、机井、泵、机井配套电力设备、渠道等设施),“节流”主要指节水灌溉设施或措施(包括渠道衬砌、地上管道、地下管道、喷灌设施、滴灌设施等)。投资来源分为政府(包括中央和地方各级政府部门)和社区(包括农户、村集体和水管理者^②)两大类。

除了新增灌溉投资及来源,调查问卷的内容还包括 1995 年、2004 年、2015 年村庄的水资源状况、灌溉条件、耕地面积、地形、人口、劳动力、农民收入等自然和社会经济特征,从而为开展村庄新增灌溉投资的影响因素分析提供了重要数据支撑。调查采取面对面的问卷访谈方式。为了保证数据获取的准确性,每一份调查问卷要求至少两位熟悉村庄情况的村领导回答。

除了一手调查数据外,研究团队也收集了中国气象数据网站上公布的长期地面气候站点的月值数据,并根据这些数据计算了 1993—1996 年、2002—2005 年、2013—2016 年历年样本县的年平均帕尔默干旱指数(PDSI)^③。PDSI 是基于水量平衡原理计算的干旱程度表征指标,指数值越小,代表地区干旱程度越高(陶然、张珂,2020)。

(二) 中国北方地区灌溉投资的变化趋势

“八五”以来,中国北方地区灌溉投资的变化趋势呈现以下几方面特点:

第一,新增投资额总体上呈现不断增长的趋势,进入“十二五”后,更是实现了跨越式增长。根据调查数据的统计结果(见表 1),样本村平均年新增灌溉投资额从“八五”期间的 1.8 万元增长到“十二五”期间的 11.6 万元,增长了 5.4 倍。从“八五”开始到“十二五”结束的 25 年里,样本村平均年新增灌溉投资额达到 4.7 万元,年均新增投资增长率为 13.2%。从不同时期新增灌溉投资的变动看,“八五”期间增长较快(29.6%),之后增长相对放慢;到了“十二五”期间,样本村年均新增投资增长率超过了“八五”期间,高达 34.3%。根据 2017 年《中国水利统计年鉴》的统计数据可以算出,6 个样本省(区)灌溉设施投资完成额年均增长率在“十二五”期间达到 36.8%,略高于本文基于实地调查数据分析的结果。这说明“十二五”期间中国农田水利建设迈上了一个新台阶。实地调查数据显示,到“十二五”末期,北方地区超过 70%的样本村拥有灌溉供水设施,其中,有地下水灌溉供水设施的村庄比例为 67%。

表 1 “八五”以来样本村庄新增灌溉投资及其来源

时期	新增灌溉投资 (万元/村/年)	投资占比 (%)		年均新增投资增长率 (%)		
		政府	社区	总体	政府	社区
八五(1991—1995 年)	1.8	21.2	78.8	29.6	76.7	22.2

^②水管理者指除农户和村集体之外,村里专门负责征收水费、管理水利设施的机构或者个人。

^③在计算过程中,首先通过 Thornton 插值法将站点气象数据插值为格点数据,然后根据样本县的经纬度将各格点数据匹配到县级层面(Thornton et al., 1997)。在此基础上,通过输入降水、气温等指标计算样本县的 PDSI 月值,根据月值计算年平均值。

“八五”时期以来中国北方灌溉投资的变化趋势及村庄新增灌溉投资的影响因素

九五（1996—2000年）	2.3	37.8	62.2	13.7	9.8	14.7
十五（2001—2005年）	4.0	46.3	53.7	17.2	14.4	20.3
十一五（2006—2010年）	3.9	63.3	36.7	21.4	38.3	-2.4
十二五（2011—2015年）	11.6	76.5	23.5	34.3	44.4	3.3
总体（1991—2015年）	4.7	61.2	38.8	13.2	25.2	3.9

注：投资额已折算为2015年不变价。

第二，尽管新增投资额总体上不断增长，但是“八五”以来平均每年获得新增灌溉投资的村庄覆盖范围并不是很大，而且从政府获得新增灌溉投资的村庄覆盖范围较小。从表2的数据看，“八五”以来的25年里，平均每年只有24.4%的样本村庄获得了新增灌溉投资，而且从政府获得新增灌溉投资的村庄比例（10.0%）低于从社区获得新增灌溉投资的村庄比例（20.3%）。从变动趋势看，在总体上，平均每年获得新增灌溉投资的村庄比例最高的时期是“十二五”期间，其次是“十五”期间。从政府获得新增灌溉投资的村庄比例变化与此相同，而平均每年从社区获得新增灌溉投资的村庄比例在“十五”期间最高，其次是“九五”期间。

第三，“八五”以来，村庄获得新增灌溉投资的次数不是很多，从政府获得新增灌溉投资的次数更低。从表2的数据看，“八五”期间，有45.7%的村庄获得过新增灌溉投资，其中，有49.4%的村庄只获得过一次；与其他几个时期相比，“十五”期间获得过新增灌溉投资的村庄比例是最高的，但是其中41.2%的村庄只获得过一次。“八五”期间，有18.6%的村庄从政府获得过新增灌溉投资，但其中有76.9%的村庄只获得过一次。尽管“十二五”期间，已经有47.7%的村庄从政府获得过新增灌溉投资，但其中有51.1%的村庄只获得过一次。

表2 “八五”以来新增灌溉投资的村庄覆盖率

时期	获得过新增灌溉投资的村庄比例（%）								
	总体			政府			社区		
	平均每年	至少一次	其中，只有一次	平均每年	至少一次	其中，只有一次	平均每年	至少一次	其中，只有一次
八五（1991—1995年）	21.3	45.7	49.4	5.2	18.6	76.9	20.1	41.7	48.9
九五（1996—2000年）	24.3	52.0	44.0	7.0	24.1	68.8	22.5	47.0	44.5
十五（2001—2005年）	28.8	65.3	41.2	10.8	35.4	67.5	25.3	57.8	45.2
十一五（2006—2010年）	18.2	43.0	51.0	9.0	25.4	59.5	14.3	32.9	52.0
十二五（2011—2015年）	29.4	64.3	40.3	18.0	47.7	51.1	19.3	40.5	44.0
总体（1991—2015年）	24.4	89.4	8.2	10.0	76.6	56.4	20.3	82.4	34.7

第四，“八五”到“十五”期间，灌溉投资主要来自社区，但从“十一五”开始，政府成为主要投资者。灌溉设施种类不同，有些灌溉设施可能具有非排他性，因此不能完全依靠私人提供。实际中，政府和非政府的利益相关者均可以作为灌溉设施的投资者。从表1看，“八五”到“十五”期间，北方地区村级灌溉设施的投资主体是社区，尤其是“八五”期间，来自社区的新增灌溉投资占比高达78.8%。然而，“十一五”期间，政府投资以将近40%的年均增长率增长，与此同时，社区投资出现了负增长，

政府成为新增灌溉投资的主导者，其投资比例（63.3%）远超过社区投资比例（36.7%）。到“十二五”期间，政府新增灌溉投资占比进一步上升到76.5%。由于政府投资增长较快，所以从“八五”到“十二五”整个时期看，政府投资占到了新增灌溉投资总额的61.2%。

第五，“十五”时期以来，新增灌溉投资中政府投资的主体是中央政府，社区投资的主体是农民。基于实地调查数据，在“十五”末期，52.3%的政府新增灌溉投资来自中央政府，地方政府的投资比例低于50%（见图1）。进入“十一五”后，中央政府的投资增长较快，占到政府新增灌溉投资总额的70.3%，到了“十二五”期间，这一比例更是高达81.5%。在社区投资中，来自农民的投资一直高于村集体的投资，在“十五”和“十一五”期间，农民的投资比例虽高于村集体，但差距相对较小。到了“十二五”期间，农民的投资占比（75.7%）远高于村集体（22.4%）。此外，尽管投资占比很低（低于2%），但“十一五”以来水管理者也开始投资灌溉设施。

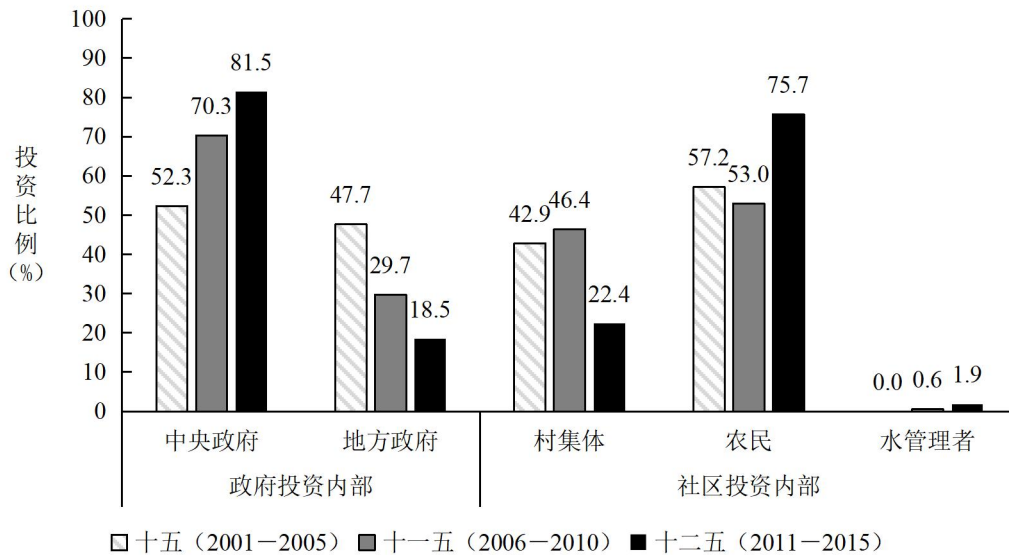


图1 “十五”以来政府和社区新增灌溉投资中各种来源占比

注：由于在实地调查中没有收集2005年以前政府和社区新增灌溉投资中各种来源的占比数据，所以图中“十五”期间的数据实际上是用2005年的数据代替。

第六，在保证灌溉供水的同时，从“十二五”开始，节水灌溉投资已成为灌溉投资的主导方向。灌溉供水设施用于保障灌溉用水的可获得性，一直是灌溉投资的重点，尤其在“八五”期间，在新增灌溉投资中，新增灌溉供水投资的占比高达83.4%（见表3）。从“八五”开始到“十二五”结束的25年里，北方地区新增灌溉供水投资占比平均为61.6%。尽管如此，但从总的趋势看，新增灌溉供水投资占比呈现下降趋势；与此同时，新增节水灌溉投资不断增加。“十二五”期间，新增节水灌溉投资比例（55.3%）超过了新增灌溉供水投资比例（44.7%），表明节水设施（或措施）已成为北方地区灌溉投资的主导方向。进一步对新增灌溉供水投资和新增节水灌溉投资进行细分可以发现，1991—2015年将近90%的新增灌溉供水投资用于机井及其配套设施建设。除了机井及其配套设施，新增灌溉供水

投资还用于购买柴油机、修渠道和安装量水设施等。在同一时期的新增节水灌溉投资中，用于渠道衬砌的投资占比最高(41.6%)，投资占比排在第二位和第三位的分别是地上管道(37.4%)和滴灌(9.6%)，其余投资用于安装喷灌设施和铺设地下管道等。

表3 “八五”以来新增灌溉供水投资和新增节水灌溉投资

时期	新增灌溉供水投资		新增节水灌溉投资	
	占新增灌溉投资的比例 (%)	其中,用于机井及其配套设施占比 (%)	占新增灌溉投资的比例 (%)	其中,用于渠道衬砌占比 (%)
八五(1991—1995年)	83.4	82.5	16.6	40.8
九五(1996—2000年)	57.9	86.5	42.1	22.0
十五(2001—2005年)	66.5	86.2	33.5	33.9
十一五(2006—2010年)	55.6	94.1	44.4	64.8
十二五(2011—2015年)	44.7	92.3	55.3	46.5
总体(1991—2015年)	61.6	88.3	38.4	41.6

(三) 灌溉投资变化的政策解析

“八五”以来，中国北方地区灌溉投资呈现的变化趋势与国家相关政策紧密相关，具体体现在以下几个方面：

首先，灌溉投资的不断增长离不开国家在宏观政策上对农田水利建设的逐渐重视，这种重视在“十二五”期间尤为突出。改革开放初期，由于政府对农田水利基本建设的一度忽视，中国农业灌溉的发展出现了减缓和停滞，成为农业发展的短板(Wang et al., 2017)。对此，1989年国务院发布了《关于大力开展农田水利基本建设的通知》(国发〔1989〕73号)，提出要将农田水利建设作为一项长期任务。“九五”初期，国务院发布了《关于进一步加强农田水利基本建设的通知》(国发〔1996〕6号)，进一步强调农田水利基本建设的重要作用，并从增加劳动积累工投入水利建设、加大资金投入力度、加强组织领导等方面对农田水利建设做出部署。“十五”和“十一五”期间，中央政府设置了小型农田水利工程建设补助专项资金，并开展中央财政小型农田水利重点县建设等项目。这些举措在一定程度上保证了“八五”到“十一五”期间中国灌溉投资尤其是政府投资的逐年增长(见表1)。在“十二五”期间，国家对农田水利建设更加重视，2011年首次通过中央“一号文件”专门对水利工作进行全面部署，要求将“农田水利作为农村基础设施建设的重点任务”。从表1可以看出，“十二五”期间，北方地区样本村庄新增灌溉投资较“十一五”期间实现了成倍增长，与中央“一号文件”的政策部署相一致。尽管在水利政策推动下，灌溉投资在增长，但获得灌溉投资的村级覆盖范围不大，其背后的原因可能是政府的灌溉投资项目往往相对集中，政策支持的持续性不足。

其次，农村税费改革对“十一五”以来的村级灌溉投资能力和主体地位有一定削弱，而国家财税体制改革可能促使政府尤其是中央政府担当灌溉投资的主导角色。“八五”和“九五”期间，村提留和劳动积累工是农田水利建设的合法费用和劳务来源，社区投资占据灌溉投资的主导地位(见表1)。“十五”期间，为了减轻农民负担、规范农村收费行为而实施的农村税费改革取消了村提留、劳动积累工和义务工等制度，打破了农田水利供给的长期机制，导致“十一五”以来包括村集体在内的社区

投资主体投资能力的下降和投资意愿的低迷（罗仁福等，2006；Boyle et al., 2014）。社区投资的不足要求政府在农田水利建设中发挥越来越重要的作用。但是各级政府的投资能力与其财政收入水平息息相关。“九五”以来，政府开始加大中央财政预算内专项资金用于水利项目的资金，并针对小型农田水利工程建设设置了补助专项资金，这些可能主要得益于1994年国家开展的财税体制改革改变了政府财政收入不足、财政体制紊乱的问题（高培勇，2018）。“十一五”以来，随着中国公共财政的逐渐建立完善以及中央财政权力的不断集中，中央政府的投资能力不断加强。其中一个表现是，“小农水”重点县建设等示范项目所需投资均来自中央政府向地方政府的拨款（郭宏江，2015）。

最后，“九五”以来，节水灌溉投资经历了从局部试点到规模化推广的政策驱动过程，尤其是“十二五”期间，节水灌溉规模化推广力度明显加大。推广节水灌溉技术是应对水资源短缺、提高灌溉效率的必然选择（Roger et al., 2015）。中国分别在“九五”和“十五”期间开展了第一批、第二批300个节水增效重点县建设项目以及节水灌溉示范项目，虽然这些项目只是在局部地区开展的，但取得了明显的经济和环境效益，也对进一步推广节水灌溉起到了示范作用（龚时宏等，2003；郑和祥等，2013）。“十二五”期间，国家开展了规模化节水灌溉增效示范项目建设，从而将更大范围的地区纳入节水灌溉规划。“十二五”末期，在继续实施东北四省区节水增粮行动的同时，国家启动了西北节水增效、华北地区地下水超采治理等区域规模化高效节水灌溉建设。“十三五”以来，国家进一步推动农业节水灌溉发展，为大中型灌区配套节水改造设施。这些措施为中国节水灌溉规模化推广提供了政策支持。

三、村庄获得新增灌溉投资影响因素的理论分析

影响村庄是否获得新增灌溉投资的因素有很多，本文主要关注水资源短缺状况、已有灌溉条件、当地经济条件、耕地资源禀赋的影响，并且关注村庄从不同主体获得新增灌溉投资影响因素的差异，以及村庄从不同主体获得新增灌溉投资之间的关系。本部分主要就这几个方面分别进行理论分析。

（一）水资源短缺状况与村庄是否获得新增灌溉投资

灌溉投资是为了满足灌溉农业用水需求、促进农业产出增长的支出（Turrall et al., 2010）。地区的水资源短缺状况可能会影响新增灌溉投资。一方面，水资源越短缺的地区，灌溉的需求越高；另一方面，水资源越短缺的地区，开展灌溉的难度越高。水资源短缺状况与新增灌溉投资和灌溉农业产出的关系可以用下式表示：

$$\pi = p * f(w, i) - c(s) * w - v * i \quad (1)$$

（1）式中， π 为灌溉农业生产利润， p 为农产品价格， $f(w, i)$ 为灌溉农业生产函数，其中， w 代表灌溉用水量， i 代表灌溉设施投入量， c 代表单位灌溉用水的成本， s 代表水资源短缺程度（值越大表示越短缺）， v 代表单位灌溉设施的建设成本。因此， $c(s) * w$ 为灌溉可变成本， $v * i$ 为灌溉固定成本。本文分析“八五”到“十二五”期间的长期灌溉投资，因此灌溉固定成本也是可变动的，决策者通过选择灌溉用水量 w 和灌溉设施的投入数量 i 追求利润最大化的目标。

农业生产利润最大化的一阶条件为：

$$p \frac{\partial f(w, i)}{\partial w} = c(s) \quad (2)$$

$$p \frac{\partial f(w, i)}{\partial i} = v \quad (3)$$

将上述 (2) 式和 (3) 式分别对水资源短缺程度 s 求全微分可得:

$$pf_{ww}w'(s) + pf_{iw}i'(s) = \frac{\partial c}{\partial s} \quad (4)$$

$$pf_{iw}w'(s) + pf_{ii}i'(s) = 0 \quad (5)$$

根据 (4) 式和 (5) 式, 最优灌溉用水量 and 最优灌溉设施投入量与水资源短缺程度的关系可用 (6) 式和 (7) 式表示:

$$w'(s) = \frac{f_{ii}}{pf_{ww}f_{ii} - pf_{iw}^2} \frac{\partial c}{\partial s} \quad (6)$$

$$i'(s) = \frac{f_{iw}}{pf_{iw}^2 - pf_{ww}f_{ii}} \frac{\partial c}{\partial s} \quad (7)$$

根据生产函数的一般性质可知, f 为凹函数, 即 $f_i > 0$, $f_{ii} < 0$, $f_w > 0$, $f_{ww} < 0$, $f_{ww}f_{ii} - f_{iw}^2 > 0$ ^④。一般而言, 水资源越短缺, 单位灌溉用水成本 c 越高, 即 $\partial c / \partial s > 0$ 。因此可以推断出 $w'(s) < 0$, 即在给定其他条件不变时, 在水资源短缺的地方, 取水的单位成本较高, 最优灌溉用水量下降。

$i'(s)$ 的符号由 f_{iw} 决定, 而 f_{iw} 的符号与所投资的灌溉设施类别有关:

如果投资的是用于增加供水的“开源型”灌溉设施, 那么灌溉用水量和灌溉供水设施投入量对生产的作用表现为互补关系。例如, 如果灌溉井的数量不变, 增加灌溉用水量会增大每一口井对生产的边际贡献; 或者假定灌溉用水量不变, 增加井的数量会使井的分布更加密集, 虽然用水总量不变, 但是灌溉及时性会提高, 也会提高每一单位水对生产的边际贡献。在这两种情况下, 生产函数的交叉偏导 $f_{iw} > 0$ 。此时, 可以推断 $i'(s) < 0$, 这表明随着水资源短缺程度加剧, 灌溉供水设施投入量减少。其背后的经济学原因在于水资源短缺导致开源难度加大, 进而不利于回收成本。

如果投资的是用于提高输水效率的“节流型”灌溉设施, 那么灌溉用水量和节水灌溉设施投入量对生产的作用表现为替代关系。以渠道衬砌为例, 一方面, 如果衬砌的灌溉渠道比例不变, 增加灌溉用水量会抵消渠道衬砌投资对作物产量的边际贡献。例如, 南方丰水地区渠道是否衬砌对产量的影响可能微乎其微 (因此丰水地区的土渠较多); 而北方缺水地区的渠道是否衬砌对产量的影响可能很大 (因此缺水地区的衬砌渠道较多)。另一方面, 假定灌溉用水量不变, 增加衬砌的渠道比例会减少输

^④生产函数的凹性暗示了二阶偏微分的 Hessian 行列式为正, 即 $f_{ww}f_{ii} - f_{iw}^2 > 0$ 。由此可得, $f_{iw}^2 - f_{ww}f_{ii} < 0$ 。

水损耗,提高输水效率,从而增加作物最终的“吃水量”,增加的这部分水量拉低了灌溉用水量对作物产量的边际贡献(因为灌溉用水对作物产量的作用是边际递减的)。在这两种情况下,生产函数的交叉偏导 $f_{iw} < 0$ 。此时,根据(7)式,可得 $i'(s) > 0$,表明随着水资源短缺程度加剧,节水灌溉设施投入量增加。其背后的原因是水资源短缺地区的节水需求更大,且投资于节水灌溉设施有利可图。

一般来讲,一个地区会同时投资灌溉供水设施和节水灌溉设施,且由于不同类型设施的投资比重不同,无法从理论上直接判断哪类设施对生产函数的交叉边际产出的净作用更强,从而无法从理论上揭示水资源短缺程度与村庄获得新增灌溉投资之间的关系。基于以上分析,本文提出研究假说1。

H1: 水资源短缺状况对村庄是否获得新增灌溉投资的影响并不确定,与灌溉投资的设施类型有关。

(二) 已有灌溉条件与村庄是否获得新增灌溉投资

新增灌溉投资是在已有灌溉条件基础上进行的,如果一个地区具有灌溉需求的耕地均可以实现充分灌溉,则没有新增灌溉设施的必要,因此,只有灌溉条件还不能满足灌溉需求的地区才需要灌溉投资(董海峰等,2013; Boyle et al., 2014)。新增灌溉设施是否在经济上具有可行性可通过成本收益分析得知。根据经济学规律,一般情况下硬件设施投资的收益是边际递减的,而成本是边际递增的,这两方面的相互作用决定了投资是否可行。在灌溉条件较差的地区,地表水资源和地下水资源往往较为短缺,或者缺乏灌溉基础设施,使得投资灌溉设施的边际收益下降和边际成本上升得较快。相反地,在灌溉条件较好的地区,水源往往较为充足,或者具有比较完备的灌溉基础设施,使得投资灌溉设施的边际收益下降和边际成本上升得较慢。总体上说,在已有灌溉条件较好的地区,灌溉投资的收益可以得到较好保证,同时,灌溉投资的成本较低,因此更可能持续得到灌溉投资,呈现出灌溉投资的“马太效应”(柯龙山,2010)。基于以上分析,本文提出研究假说2。

H2: 新增灌溉投资存在“马太效应”,即新增灌溉投资会向已有灌溉条件较好的村庄聚集,灌溉条件较差的村庄越来越难获得新增灌溉投资。

(三) 当地经济条件和耕地资源禀赋与村庄是否获得新增灌溉投资

地区的经济条件与该地区的公共产品投资十分相关,在经济条件越发达的村庄,社区自有投资越多;而为了促进区域均衡发展,政府会将公共产品投资向经济条件不发达的地区倾斜(Zhang et al., 2006)。灌溉设施是一类重要的公共产品(或者准公共产品),因此当地经济条件可能会对村庄获得灌溉投资产生影响(马林靖等,2007)。耕地资源禀赋反映地区的农业生产比较优势,耕地资源禀赋越好的村庄对农业生产的依赖性越强。灌溉投资是为农业生产服务的,耕地资源禀赋较好的地区对灌溉投资的需求较高,因此耕地资源禀赋也是决定村庄是否获得灌溉投资的重要因素(刘力、谭向勇,2006; 孔祥智、涂圣伟,2006)。

然而,当地经济条件和耕地资源禀赋对村庄从政府获得灌溉投资和从社区获得灌溉投资的影响可能不同。其背后的原因是政府和社区的投资决策逻辑存在差异。具体而言,政府投资的成本预算压力比社区投资相对要小,因此政府投资对当地经济发展程度的敏感性要比社区投资弱。政府投资在区域选择上更加看重投资收益,例如当地的农业生产比较优势。社区投资的决策逻辑则有所不同:对于成

本较高的灌溉设施，社区投资主体一般具有较强的预算约束，其投资决策依赖于当地村集体或者村民是否有投资能力。因此，村集体或者村民收入水平低会抑制社区对灌溉设施的投资意愿和投资能力（刘力、谭向勇，2006；董静，2016；韩青，2004）。由于社区投资是当地的行为，一些天然的生产条件（如耕地资源禀赋等）是不可以选择的，因此相对政府投资而言，社区投资对当地生产比较优势的敏感性较弱。基于以上分析，本文提出研究假说3。

H3：当地经济条件和耕地资源禀赋会对村庄获得新增灌溉投资产生影响，但是它们对村庄从不同主体（政府或社区）获得投资的影响可能不同。

（四）村庄从不同主体获得新增灌溉投资的关系

一般而言，一个投资主体的决策会受到另一个投资主体决策的影响。在理论上，公共投资与私人投资的关系有两种：一种是公共投资和私人投资相互抑制，从而产生“挤出效应”或者“替代效应”（尹贻林、卢晶，2008；尹文静，2010）；另一种是公共投资刺激私人投资，从而产生“挤入效应”，或者“互补效应”。

灌溉投资的“挤出效应”可能表现为以下两个方面：一是当政府投资增加时，社区减少投资；另一方面是当社区投资较高时，政府不再投资，而是转向其他地区或者其他公共设施。然而，政府和社区灌溉投资之间的“挤出效应”更可能在灌溉投资需求较低的地区表现出来，而在中国北方地区，灌溉投资需求还很高，政府和社区灌溉投资之间相互“挤出”的可能性较小（Wang et al., 2020）。相反地，“挤入效应”在灌溉投资上表现得更加明显。灌溉投资具有外部性，即一个主体的投资会降低另一个主体的投资成本。一方面，政府投资会“挤入”私人投资。举例来说，如果政府灌溉投资为某地区新修了水库，则私人投资只需增加田间灌溉设施即可获得灌溉用水，进而出现“跟投”现象，即产生“挤入效应”。另一方面，私人投资会“挤入”政府投资。政府投资会受到财政约束，因此在可以提供配套投资的地区，政府投资的积极性也会更高。基于以上分析，本文提出研究假说4。

H4：村庄从政府获得灌溉投资与从社区获得灌溉投资之间存在“挤入效应”。

四、模型设定、变量选取及其描述性统计

（一）模型设定

为了检验前文提出的研究假说，需要构建计量经济模型进行因果效应识别。村庄*i*在第*t*（*t* = 1996, 2005, 2016）年获得灌溉投资需要满足潜在收益大于预期成本的条件。灌溉投资的净收益是一个受多种因素影响的不可观测的潜变量（ y_{it}^* ）。本文将村庄是否有新增灌溉投资作为处理变量（ y_{it} ），当且仅当新增灌溉投资的潜在净收益大于零（ $y_{it}^* > 0$ ）时，村庄才可能从政府或者社区获得新增灌溉投资，即 $y_{it} = 1$ ；否则， $y_{it} = 0$ 。因此，第*t*年第*i*村是否有新增灌溉投资可以用下式表示：

$$y_{it}^* = \beta x_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$y_{it} = \begin{cases} 1, & y_{it}^* > 0 \\ 0, & y_{it}^* \leq 0 \end{cases} \quad (9)$$

(8) 式中, x_{it} 是本文关注的影响村庄是否有新增灌溉投资的因素, 包括水资源短缺状况、已有灌溉条件、当地经济条件和耕地资源禀赋等, β 是待估计参数, u_i 为个体效应, ε_{it} 是随机误差项。

由于村庄是否有新增灌溉投资属于二值变量, 且本文所用数据是面板数据, 可以选择采用面板数据 Logit 模型或者面板数据 Probit 模型, 本文选择采用前者作为基准回归模型, 而将后者的估计结果作为稳健性检验。面板数据 Logit 模型的主要估计方法包括 3 种: 混合 Logit 模型、Logit-RE 模型和 Logit-FE 模型。由于使用 Logit-FE 模型估计时会自动剔除被解释变量值没有变化的样本, 从而造成较大的样本损失, 因此本文不采用 Logit-FE 模型, 而是在混合 Logit 模型和 Logit-RE 模型之间选择。具体采用混合 Logit 模型还是 Logit-RE 模型需要进行 LR 检验 (陈强, 2014)。

需要注意的是, 第 t 年第 i 村是否有新增灌溉投资也可能会影响该村的水资源短缺状况、灌溉条件和经济条件等, 因此笔者在后文的模型回归中使用它们滞后 1 期的变量, 从而避免因内生性导致的模型估计结果不一致问题。具体而言, 在分析村庄某年是否有新增灌溉投资的影响因素时, 测度这些影响因素的变量用的都是上一年的数据。例如, 当被解释变量分别是 1996 年、2005 年和 2016 年村庄是否有新增灌溉投资时, 解释变量水资源短缺状况分别使用的是 1995 年、2004 年和 2015 年的数据。

(二) 变量选取及描述性统计

1. 被解释变量。本文的被解释变量是村庄是否有新增灌溉投资。基于调查数据, 不管村庄的新增灌溉投资来自政府还是社区, 也不管投资额大小, 只要村庄在某一年有新增灌溉投资, 被解释变量就赋值为 1, 否则, 赋值为 0。为了分析村庄从不同主体获得新增灌溉投资影响因素的差异, 本文进一步将被解释变量细分为两个变量, 即村庄是否有政府新增灌溉投资和村庄是否有社区新增灌溉投资。

2. 关键解释变量。基于本文的研究假说, 关键解释变量包括以下四类: ①水资源短缺状况。本文用村庄水资源是否短缺反映水资源短缺状况。基于调查数据, 如果村领导回答村庄水资源供给已经严重制约了工农业生产和农民生活, 将水资源是否短缺变量赋值为 1; 如果村领导回答短期内村庄水资源充足且长期也不成问题, 将水资源是否短缺变量赋值为 0。②已有灌溉条件。本文用村庄灌溉面积占比反映已有灌溉条件。③当地经济条件。本文用村民人均纯收入测度村庄的经济条件。村民人均纯收入越高, 表明村庄的经济条件越好。④耕地资源禀赋。本文用村庄人均耕地面积反映村庄的耕地资源禀赋。人均耕地面积越大, 表明村庄耕地资源禀赋越好。

3. 控制变量。本文的控制变量涉及村庄的劳动力非农就业状况、主要地形、气候条件和年份虚变量。需要说明的是, 气候条件包括短期气候条件和长期气候条件, 短期气候条件用样本县当年的干旱指数反映, 长期气候条件用样本县前三年的干旱指数平均值反映。举例来说, 当 $t = 1996$ 年时, 长期气候条件用样本县 1993—1995 年干旱指数的平均值表示。干旱指数越小表示样本县的干旱程度越高。年份虚变量是为了控制那些不随个体变化, 但随时间变化的因素, 例如国家宏观政策的变化。

变量的含义及其描述性统计见表 4。从表中可以看出, 1996 年、2005 年和 2016 年这三年平均每

年只有 22% 的村庄有新增灌溉投资。分投资主体看，有政府新增灌溉投资的村庄比例较低，只有 10%，17% 的村庄有社区新增灌溉投资。超过 2/5 的样本村庄面临水资源短缺问题，说明中国北方地区的水资源短缺形势十分严峻。村庄灌溉面积占比达到了 0.53，表明中国北方地区有一半以上的耕地面积可以获得灌溉。样本村庄农民年均纯收入约为 0.37 万元（2015 年不变价），人均耕地面积为 2.45 亩。控制变量的描述性统计结果显示，1995 年、2004 年和 2015 年这三年样本村庄平均每年约有 1/3 的劳动力从事非农就业。样本县当年的干旱指数和前三年的干旱指数平均值均很小，表明干旱程度较高，这与中国北方地区干旱缺水的自然条件一致。

表 4 变量的含义及其描述性统计

变量名称	变量含义及赋值	均值	标准差
被解释变量			
村庄是否有新增灌溉投资	村庄是否有新增灌溉投资：是=1，否=0	0.22	0.41
村庄是否有政府新增灌溉投资	村庄是否有政府新增灌溉投资：是=1，否=0	0.10	0.30
村庄是否有社区新增灌溉投资	村庄是否有社区新增灌溉投资：是=1，否=0	0.17	0.37
解释变量			
水资源是否短缺	村庄水资源是否短缺：是=1，否=0	0.44	0.50
灌溉面积占比	村庄灌溉面积占耕地面积的比例	0.53	0.39
村民人均纯收入	村民人均年纯收入（万元）；2015 年不变价	0.37	4.43
人均耕地面积	村庄人均耕地面积（亩）	2.45	2.51
控制变量			
劳动力非农就业占比	村庄非农就业劳动力占总劳动力的比例	0.29	0.25
地形是否以平原为主	村庄地形是否以平原为主：是=1，否=0	0.61	0.49
当年的干旱指数	样本县当年的干旱指数	0.08	1.69
前三年的干旱指数平均值	样本县前三年的干旱指数平均值	-0.64	1.34

（三）相关性分析

基于调查数据，笔者分析了水资源短缺状况、已有灌溉条件、当地经济条件和耕地资源禀赋与村庄是否有新增灌溉投资的相关关系，结果见表 5。

首先，将所有的样本村庄按照水资源是否短缺分为两组，并计算各组中有新增灌溉投资的村庄比例。总体上看，水资源短缺的村庄得到新增灌溉投资的概率可能稍高一些，但 F 检验的结果显示这种差异并不显著。相较而言，水资源短缺的村庄更容易得到社区新增灌溉投资，这种差异是显著的。是否有政府新增灌溉投资与村庄水资源短缺状况的相关关系不明显。

其次，将所有样本村庄按照灌溉面积占比分为 4 组，并计算各组中有新增灌溉投资的村庄比例。不管是总体上看，还是分投资主体看，灌溉面积占比越大的村庄得到新增灌溉投资的概率越大。F 检验结果显示各组间的差异均在 1% 的统计水平上显著。以总体为例，在完全不灌溉的村庄中，只有 5.3% 的村庄有新增灌溉投资；而在耕地全部实现灌溉的村庄中，有新增灌溉投资的村庄比例达到 31.8%。

再次,将所有样本村庄按照村民人均纯收入分为4组,并计算各组中有新增灌溉投资的村庄比例。表5的结果显示,总体上看,村民人均纯收入越高的村庄越有可能得到新增灌溉投资。最高收入组获得新增灌溉投资的村庄比例比最低收入组获得新增灌溉投资的村庄比例高将近1倍。政府并没有将灌溉投资倾斜到经济发展水平较差的地区,在最低收入组中,只有6.0%的村庄有政府新增灌溉投资,而在最高收入组中,这一比例达到15.5%,F检验结果也显示差异十分显著。当村民人均纯收入低于0.45万元时,随着收入的增加,有社区新增灌溉投资的村庄比例不断上升,但当村民人均纯收入超过0.45万元后,有社区新增灌溉投资的村庄比例出现下降。F检验结果显示这种差异并不显著。

表5 水资源短缺状况、已有灌溉条件、当地经济水平和耕地资源禀赋与灌溉投资的相关关系

类别	有新增灌溉投资的村庄比例 (%)		
	总体	政府	社区
水资源是否短缺 ^a			
是	23.0	9.4	18.4
否	20.4	9.9	14.7
灌溉面积占比 ^b			
0	5.3	3.2	3.2
(0, 0.5)	19.2	9.0	13.2
[0.5, 1)	25.5	10.5	21.2
1	31.8	13.7	25.1
村民人均纯收入(万元) ^c			
[0, 0.15)	16.0	6.0	14.5
[0.15, 0.3)	20.3	8.8	14.7
[0.3, 0.45)	25.2	8.3	20.9
0.45 以上	27.7	15.5	18.8
人均耕地面积(亩) ^d			
[0, 1)	19.4	7.1	15.0
[1, 2)	20.3	7.7	17.0
[2, 3)	22.8	11.0	16.5
3 以上	26.5	14.5	18.4

注:①村民人均纯收入折算为2015年不变价;②F检验结果显示:^a按村庄水资源短缺状况分组时,只有获得社区新增灌溉投资的村庄比例的组间差异显著(在10%的统计水平上);^b按村庄灌溉面积占比分组时,获得新增灌溉投资的村庄比例、获得政府新增灌溉投资的村庄比例和获得社区新增灌溉投资的村庄比例的组间差异均显著(在1%的统计水平上);^c按村民人均纯收入分组时,获得新增灌溉投资的村庄比例、获得政府新增灌溉投资的村庄比例的组间差异显著(在1%的统计水平上)。^d按村庄人均耕地面积分组时,只有获得政府新增灌溉投资的村庄比例的组间差异显著(在5%的统计水平上)。

最后,将所有样本村庄按照人均耕地面积分为4组,并计算各组中有新增灌溉投资的村庄比例。总体上看,人均耕地面积越大的村庄越有可能得到新增灌溉投资,但F检验的结果显示这种差异不显

著。分投资主体看，人均耕地面积越大的村庄越有可能得到政府新增灌溉投资，在最低人均耕地面积组中，有 7.1%的村庄有政府新增灌溉投资，在最高人均耕地面积组中，有 14.5%的村庄有政府新增灌溉投资，F 检验结果表明这种差异在 5%的统计水平上显著。

此外，笔者也分析了村庄是否有政府新增灌溉投资与是否有社区新增灌溉投资的相关关系，发现它们之间具有正相关关系。在 1991—2015 年的 25 年里，平均来看，在有社区新增灌溉投资的村庄中，有政府新增灌溉投资的村庄比例达到 28.7%，而在没有社区新增灌溉投资的村庄中，只有 5.4%的村庄有政府新增灌溉投资。进一步的检验发现，村庄是否有政府新增灌溉投资与是否有社区新增灌溉投资的皮尔森相关系数达到 0.31，在 1%的统计水平上通过了检验，表明村庄从政府获得新增灌溉投资与从社区获得新增灌溉投资具有较强的正相关性。

五、村庄是否有新增灌溉投资影响因素的模型估计结果

（一）基准回归结果

水资源短缺状况、已有灌溉条件、当地经济条件、耕地资源禀赋对村庄是否有新增灌溉投资影响的基准模型估计结果见表 6。当被解释变量是村庄是否有新增灌溉投资和村庄是否有社区新增灌溉投资时，LR 检验的结果显示混合 Logit 模型的估计结果更加有效，因此，本文将混合 Logit 模型的估计结果作为基准回归结果（回归 1 和回归 3）；当被解释变量是村庄是否有政府新增灌溉投资时，LR 检验的结果显示 Logit-RE 模型的估计结果更加有效，因此本文将 Logit-RE 模型的估计结果作为基准回归结果（回归 2）。

从表 6 中看，各回归的瓦尔德检验值在 1%的统计水平上显著不为零，表明模型的整体拟合效果较好，可以做进一步分析。下文中，笔者将根据表 6 的估计结果展开讨论。

1. 水资源短缺状况对村庄是否有新增灌溉投资的影响。从回归 1~3 的结果看，水资源是否短缺变量不显著，表明整体上看，水资源短缺状况对村庄是否有新增灌溉投资没有显著影响。为了检验假说 1 中提出的水资源短缺状况对村庄是否获得灌溉投资的影响可能与投资的设施类型有关，笔者在回归 1~3 中均加入了水资源是否短缺变量与年份虚变量的交互项。从表 3 可以看出，“八五”期间中国北方地区以投资灌溉供水设施为主，之后新增灌溉供水投资占比呈现下降趋势，而新增节水灌溉投资占比呈现上升趋势，到“十二五”期间，新增节水灌溉投资占比已经超过了 50%。前文的政策解析也表明，随着时间的推移，政府对节水灌溉设施支持力度不断加大。可见，年份可以在一定程度上反映灌溉设施类型的变化。因此，笔者以 1996 年为对照组，分别设置了 2005 年和 2016 年与水资源是否短缺变量的交互项。

回归 1 的结果表明，水资源短缺状况对村庄是否有新增灌溉投资的影响随着年份的变化发生了变化。在其他条件不变的情况下，与 1996 年水资源短缺的村庄相比，2016 年水资源短缺的村庄获得新增灌溉投资的可能性会增加 11.3%。这说明与灌溉供水设施投资占绝对主导地位的时期相比，在新增节水灌溉投资占比显著增加的时期，水资源越短缺，村庄越可能获得新增灌溉投资。这一结果验证了假说 1。

回归 2 和回归 3 的结果显示,在其他条件不变的情况下,与 1996 年水资源短缺的村庄相比,2016 年水资源短缺的村庄从政府获得新增灌溉投资的可能性会增加 10.5%,但从社区获得新增灌溉投资的可能性没有显著变化。这说明水资源短缺状况对村庄是否从政府获得新增灌溉投资的影响随着年份的变化发生了变化,而对村庄是否从社区获得新增灌溉投资的影响并非如此。对此的解释是,从表 1 和表 3 可知,随着时间的推移,政府成为中国北方地区新增灌溉投资的主要投资者,与此同时,节水设施的新增灌溉投资占比明显上升,这表明灌溉投资设施类型的转变主要是政府推动的。这一结果进一步说明水资源短缺状况对村庄获得新增灌溉投资的影响与设施类型有关。

2.已有灌溉条件对村庄是否有新增灌溉投资的影响。回归 1 的结果显示,在其他条件不变的情况下,灌溉面积占比显著,且方向为正。这说明已有灌溉条件越好,村庄获得新增灌溉投资的可能性越大,这一结果也验证了灌溉投资具有“马太效应”的假说 2。

分投资主体看,灌溉面积占比对村庄是否有政府或社区新增灌溉投资均有显著的正向影响,其中,对村庄是否有社区新增灌溉投资的影响更大。回归 2 和回归 3 的结果显示,在其他条件不变的情况下,当村庄灌溉面积占耕地面积的比例增加 0.1,村庄从政府获得新增灌溉投资的可能性增加 0.6%,而村庄从社区获得新增灌溉投资的可能性增加 1.8%。由此可见,无论是政府还是社区,灌溉设施投资者均不喜欢“开荒”,而是希望在水资源较易获得或具有一定灌溉条件的地方进行投资。其背后的原因正如假说 2 提出前论证的那样,在需要“开荒”的地方水资源可获得性一般较差,灌溉投资成本较高,这决定了在这些地方投资灌溉设施不具有经济可行性。

3.当地经济条件和耕地资源禀赋对村庄是否有新增灌溉投资的影响。回归 2 的结果显示,村民人均纯收入不显著;而回归 3 的结果显示,村民人均纯收入显著,且方向为正。这表明当地经济条件对村庄是否从社区获得新增灌溉投资有显著正向影响,而对村庄是否从政府获得新增灌溉投资没有显著影响。正如假说 3 提出前所论述的,受预算约束影响,在经济条件较差的村庄,社区灌溉投资的意愿受到抑制,而政府由于成本预算压力较小,其灌溉投资决策不受地区经济条件影响。

回归 2 的结果显示,人均耕地面积显著,且方向为正;回归 3 的结果显示,人均耕地面积不显著。这表明耕地资源禀赋对村庄是否有政府新增灌溉投资有显著的正向影响,但是对村庄是否有社区新增灌溉投资没有显著影响。正如假说 3 提出前所论述的,耕地资源禀赋好的地区具有更明显的农业生产比较优势,在这些地区进行灌溉投资可能获得较高的潜在收益,因此受预算约束弱但更看重投资收益的政府倾向于在这些地区投资,而耕地资源禀赋对社区而言是无法选择的,社区对耕地资源是否具有比较优势的敏感性较弱。

4.控制变量的估计结果。表 6 的回归 1 显示,样本县前三年的干旱指数平均值显著,且方向为正,表明长期干旱程度越严重,村庄获得新增灌溉投资的可能性越小。分投资主体看,样本县前三年的干旱指数平均值对村庄是否有政府新增灌溉投资没有显著影响,但对村庄是否有社区新增灌溉投资有显著正向影响。可能的原因是,当一个地区长期干旱缺水时,依靠社区自己的能力难以发展灌溉农业,村民更可能选择外出务工,使得社区的灌溉投资意愿较低。回归结果显示,样本县当年的干旱指数不显著,表明短期气候条件不影响村庄是否有新增灌溉投资。

回归 1 和回归 3 结果显示, 2005 年的年份虚变量显著, 且方向为负。2016 年的年份虚变量对村庄是否有政府新增灌溉投资有显著正向影响 (回归 2), 但对村庄是否有社区新增灌溉投资有显著负向影响 (回归 3)。本文第二部分的政策解析表明, 2005 年中国完成了农村税费改革, 使得社区的灌溉投资能力降低。2016 年开始的“十三五”以来, 政府大力推动水利投资建设, 村庄从政府获得灌溉投资的机会增多。年份虚变量的回归结果为政策解析提供了一定支持。但是前文的政策解析还不能解释 2016 年的年份虚变量对村庄从社区获得新增灌溉投资产生负向影响, 这需要进一步分析。

表 6 村庄是否有新增灌溉投资影响因素的面板 Logit 模型估计结果

变量名称	是否有新增灌溉投资	是否有政府新增灌溉投资	是否有社区新增灌溉投资
	混合 Logit 模型	Logit-RE 模型	混合 Logit 模型
	回归 1	回归 2	回归 3
关键解释变量			
水资源是否短缺	-0.037 (0.043)	-0.057 (0.046)	-0.022 (0.035)
水资源是否短缺×2005 年	0.031 (0.063)	0.030 (0.057)	0.028 (0.054)
水资源是否短缺×2016 年	0.113** (0.052)	0.105** (0.050)	0.073 (0.049)
灌溉面积占比	0.199*** (0.038)	0.064** (0.026)	0.178*** (0.037)
村民人均纯收入	0.023 (0.023)	0.004 (0.015)	0.045* (0.028)
人均耕地面积	0.005 (0.004)	0.007*** (0.003)	-0.003 (0.005)
控制变量			
劳动力非农就业占比	0.033 (0.056)	0.007 (0.037)	0.001 (0.055)
地形是否以平原为主	0.001 (0.031)	0.004 (0.023)	0.015 (0.031)
当年的干旱指数	0.003 (0.007)	-0.001 (0.005)	-0.000 (0.007)
前三年的干旱指数平均值	0.019* (0.010)	0.001 (0.007)	0.015* (0.009)
年份虚变量			
2005 年	-0.093** (0.039)	0.019 (0.022)	-0.114*** (0.039)
2016 年	-0.022 (0.043)	0.070** (0.028)	-0.130*** (0.040)

“八五”时期以来中国北方灌溉投资的变化趋势及村庄新增灌溉投资的影响因素

观测值	1194	1194	1194
瓦尔德检验值	79.26***	60.69***	74.03***

注：①表中汇报的是平均边际效应，而非系数；②*、**和***分别代表在 10%、5%和 1%的统计水平上显著。③括号中的数字是村庄层面的聚类标准误。

（二）稳健性检验

1.改变模型估计方法。为了检验模型估计结果的稳健性，笔者在不改变回归 1~3 中变量设置的情况下，改用面板数据 Probit 模型重新进行估计，并与基准回归的估计结果做了对照。面板数据 Probit 模型的主要估计方法包括两种，即混合 Probit 模型和 Probit-RE 模型。具体采用混合 Probit 模型还是 Probit-RE 模型需要进行 LR 检验。

当被解释变量是村庄是否有新增灌溉投资和村庄是否有社区新增灌溉投资时，LR 检验的结果显示混合 Probit 模型的估计结果更加有效，因此表 7 只汇报了混合 Probit 模型的估计结果（回归 4 和回归 6）；当被解释变量是村庄是否有政府新增灌溉投资时，LR 检验的结果显示 Probit-RE 模型的估计结果更加有效，因此表 7 只汇报了 Probit-RE 模型的估计结果（回归 5）。

表 7 改变估计方法后的稳健性检验结果

变量名称	是否有新增灌溉投资	是否有政府新增灌溉投资	是否有社区新增灌溉投资
	混合 Probit 模型	Probit-RE 模型	混合 Probit 模型
	回归 4	回归 5	回归 6
关键解释变量			
水资源是否短缺	-0.039 (0.042)	-0.052 (0.039)	-0.027 (0.036)
水资源是否短缺×2005 年	0.034 (0.061)	0.026 (0.050)	0.032 (0.053)
水资源是否短缺×2016 年	0.115** (0.052)	0.101** (0.045)	0.075 (0.048)
灌溉面积占比	0.200*** (0.036)	0.065** (0.026)	0.175*** (0.035)
村民人均纯收入	0.025 (0.025)	0.003 (0.017)	0.055** (0.027)
人均耕地面积	0.005 (0.004)	0.008*** (0.003)	-0.002 (0.004)
控制变量 ^a	已控制	已控制	已控制
观测值	1194	1194	1194
瓦尔德检验值	80.62***	61.86***	75.94***

注：①模型中汇报的是平均边际效应，而非系数；②*、**和***分别代表在 10%、5%和 1%的统计水平上显著。③括号中的数字是村庄层面的聚类标准误。④^a控制变量同表 6，由于篇幅所限，没有报告估计结果。

回归 4~6 的结果显示, 瓦尔德检验值在 1% 的统计水平上显著不为零, 表明各个模型的整体拟合效果较好。更为重要的是, 回归 4~6 的结果表明, 各个关键解释变量的影响方向和显著性与基准回归结果基本一致, 表明估计结果具有稳健性。

2. 更换变量。除了改变模型估计方法外, 笔者也通过更换变量检验基准回归结果是否具有稳健性。模型中的关键解释变量较多, 限于文章篇幅, 笔者在回归 1~3 的基础上, 只对反映村庄已有灌溉条件的变量进行了替换。在基准回归中, 村庄已有灌溉条件用村庄灌溉面积占耕地面积的比例反映。实际上, 灌溉水源的多样性也是反映村庄灌溉条件的重要指标。与只有一种灌溉方式的村庄相比, 在既有地下水灌溉也有地表水灌溉的村庄, 灌溉的及时性和可靠性更容易得到保障 (Li et al., 2018)。因此, 笔者在回归 7~9 中, 采用村庄是否只有地表水灌溉、是否只有地下水灌溉、是否既有地表水灌溉也有地下水灌溉 3 个变量来度量村庄灌溉水源的多样性, 对照组为既没有地表水灌溉也没有地下水灌溉的村庄。替换变量后的估计结果见表 8。

从表中可以看到, 灌溉条件越好, 村庄获得新增灌溉投资的可能性越大。其他关键解释变量的结果与基准回归结果基本一致, 再次证实了估计结果的稳健性。

表 8 替换变量后的稳健性检验结果

	是否有新增灌溉投资	是否有政府新增灌溉投资	是否有社区新增灌溉投资
	混合 Logit 模型	Logit-RE 模型	混合 Logit 模型
	回归 7	回归 8	回归 9
关键解释变量			
水资源是否短缺	-0.038 (0.043)	-0.061 (0.045)	-0.025 (0.036)
水资源是否短缺 × 2005 年	0.025 (0.063)	0.027 (0.056)	0.024 (0.054)
水资源是否短缺 × 2016 年	0.111** (0.053)	0.107** (0.049)	0.071 (0.049)
是否只有地表水灌溉	0.228*** (0.055)	0.046 (0.038)	0.211*** (0.061)
是否只有地下水灌溉	0.259*** (0.053)	0.096*** (0.035)	0.251*** (0.059)
是否既有地表水灌溉也 有地下水灌溉	0.281*** (0.054)	0.075** (0.037)	0.273*** (0.060)
村民人均纯收入	0.021 (0.022)	0.004 (0.015)	0.055** (0.027)
人均耕地面积	0.002 (0.004)	0.007*** (0.003)	-0.004 (0.005)
控制变量 ^a	已控制	已控制	已控制

“八五”时期以来中国北方灌溉投资的变化趋势及村庄新增灌溉投资的影响因素

观测值	1194	1194	1194
瓦尔德检验值	65.81***	68.44***	55.45***

注：①模型中汇报的是平均边际效应，而非系数；②*、**和***分别代表在10%、5%和1%的统计水平上显著。③括号中的数字是村庄层面的聚类标准误。④^a控制变量同表6，由于篇幅所限，没有报告估计结果。

（三）进一步分析

前文的相关性分析结果表明，村庄是否有政府新增灌溉投资与是否有社区新增灌溉投资之间有正向相关关系。由于缺乏合适的工具变量，无法在控制其他因素的情况下识别它们之间的因果关系。但为了验证假说4，笔者基于实地调查获取的1991—2015年村级灌溉投资面板数据，运用Logit-RE模型对它们之间的关系进行了单因素分析。具体而言，在分析政府投资对社区投资的影响时，模型的被解释变量为村庄是否有社区新增灌溉投资，模型的解释变量为村庄是否有政府新增灌溉投资。在分析社区投资对政府投资的影响时的做法类似。

回归结果显示，村庄是否有社区新增灌溉投资对村庄是否有政府新增灌溉投资有显著的正向影响；村庄是否有政府新增灌溉投资对村庄是否有社区新增灌溉投资也有显著的正向影响。这一结果与研究假说4一致，即村庄从政府获得灌溉投资和从社区获得灌溉投资之间可能存在“挤入效应”。“挤入效应”的存在表明，从社区获得新增灌溉投资的村庄更可能吸引政府进行灌溉投资，同样，如果村庄从政府获得新增灌溉投资更可能会带动社区进行灌溉投资。但是，由于本文没有开展多因素分析，这一研究结论需要在未来数据允许的情况下做进一步检验。

六、结论与政策启示

本文运用来自北方6省长时期、大规模的村级调查数据，描述“八五”时期以来中国北方地区新增灌溉投资在投资总额、投资范围、投资来源和投资设施类型4个维度上的变化趋势，并解析其背后的政策因素，在此基础上通过构建计量模型分析水资源短缺状况、已有灌溉条件、当地经济条件、耕地资源禀赋对村庄是否有新增灌溉投资的影响。

本文得出以下结论：“八五”时期以来，随着国家在宏观政策上对农田水利建设的逐渐重视，北方地区新增灌溉投资总额不断增长，但灌溉投资的村庄覆盖范围还需要进一步扩大；在农村税费改革和国家财税体制改革的政策背景下，政府尤其是中央政府成为灌溉投资的主体；随着政府对节水灌溉设施支持力度的加大，北方地区节水灌溉投资迅速发展。计量估计结果表明，水资源短缺状况对村庄是否有新增灌溉投资的影响与投资的灌溉设施类型有关；新增灌溉投资具有“马太效应”，即已有灌溉条件越好的村庄越有可能得到新增灌溉投资；当地经济条件和耕地资源禀赋对村庄是否从政府或从社区获得新增灌溉投资的影响不同；村庄从政府获得灌溉投资与从社区获得灌溉投资具有“挤入效应”。

本文的研究结果表明，从“八五”开始到“十二五”结束的25年里，中国北方地区的灌溉投资取得了巨大成就，但是地区之间获得灌溉投资的可能性具有很大的差异：水资源越短缺的地区不一定越有可能获得灌溉投资，已有灌溉条件较好、耕地资源禀赋较好的地区越有可能从政府获得灌溉投资，已有灌溉条件较好、当地经济条件较好的地区越有可能从社区获得灌溉投资。因此，未来政府的灌溉

投资决策需要做出一些必要的调整,从而在保证灌溉投资效果的同时,促进区域之间的均衡发展。首先,在水资源短缺状况严重的地区,政府不仅要进行投资倾斜,而且需要优先考虑节水灌溉设施投资,使得这些地区在灌溉用水有限的客观约束下,灌溉条件尽可能得到较大改善。其次,政府应该加强关注灌溉条件较差地区的灌溉投资,评估这些地区开展灌溉投资的可行性,尽可能提高灌溉效率的普惠性。再次,在经济发展水平较为落后但耕地资源禀赋较好的地区,由于社区灌溉投资能力较低,政府应该成为这些地区灌溉投资的主导者,政府投资也应在很大程度上向这些地区倾斜。但是,对于一些经济条件较差且耕地资源禀赋也较差的地区,政府需要引导发展不需要灌溉的特色农业或者非农就业,从而将灌溉投资分配给边际效益更高的地区。最后,政府要利用政府灌溉投资对社区灌溉投资的“挤入效应”促进与社区的合作,降低灌溉投资的预算约束。

最后,需要指出的是,本文研究仍存在不足之处。首先,虽然本文对“八五”以来中国北方地区灌溉投资变化背后的政策因素进行了解析,但是受数据和模型设置等限制,本文没有专门识别这些政策因素对村庄是否有新增灌溉投资的具体影响。其次,本文只分析了村庄层面的水资源短缺状况、已有灌溉条件、当地经济条件和耕地资源禀赋对灌溉投资的影响,还有一些更为宏观层面的影响因素可能也会对村庄是否获得灌溉投资产生重要的影响。再次,本文分析的是村庄是否有灌溉投资的影响因素,而没有分析村庄获得灌溉投资额的影响因素,以上这些都需要开展进一步研究。

参考文献

- 1.陈强,2014:《高级计量经济学及 Stata 应用(第二版)》,北京:高等教育出版社。
- 2.董静,2016:《收入差距、社会网络与农田水利设施供给效果研究》,西北农林科技大学博士学位论文。
- 3.董海峰,何志锋,王浩,2013:《农户对农田水利工程的需求和投资的影响因素分析——基于博罗县 120 户农户调查》,《广东农业科学》第 5 期。
- 4.高培勇,2018:《中国财税改革 40 年:基本轨迹、基本经验和基本规律》,《经济研究》第 3 期。
- 5.龚时宏、高占义、王晓玲、董雁飞,2003:《全国 300 个节水重点县节水灌溉技术推广应用》,《中国水利水电科学研究院学报》第 4 期。
- 6.郭宏江,2015:《小农水 大成效——小型农田水利重点县建设综述》,《中国农村水利水电》第 12 期。
- 7.韩青,2004:《农业节水灌溉技术应用的经济分析》,中国农业大学博士学位论文。
- 8.柯龙山,2010:《我国农田水利设施供给机制:变迁、困境与创新——基于南方旱涝灾害的思考》,《农业现代化研究》第 5 期。
- 9.孔祥智、涂圣伟,2006:《新农村建设中农户对公共物品的需求偏好及影响因素研究——以农田水利设施为例》,《农业经济问题》第 10 期。
- 10.刘力、谭向勇,2006:《粮食主产区县乡政府及农户对小型农田水利设施建设的投资意愿分析》,《中国农村经济》第 12 期。
- 11.罗仁福、张林秀、黄季焜、罗斯高、刘承芳,2006:《村民自治、农村税费改革与农村公共投资》,《经济学(季刊)》第 3 期。

- 12.马林靖、张林秀、罗仁福, 2007: 《中国农村农田水利灌溉基础设施投资实证研究》, 《现代经济探讨》第8期。
- 13.陶然、张珂, 2020: 《基于PDSI的1982—2015年我国气象干旱特征及时空变化分析》, 《水资源保护》第5期。
- 14.杨朔, 2008: 《当代中国农田水利建设变迁研究》, 西北农林科技大学博士学位论文。
- 15.尹文静, 2010: 《农村公共投资对农户投资影响研究》, 西北农林科技大学博士学位论文。
- 16.尹贻林、卢晶, 2008: 《我国公共投资对私人投资影响的经验分析》, 《财经问题研究》第3期。
- 17.郑和祥、李和平、郭克贞、苗澍, 2013: 《基于信息熵和模糊物元模型的牧区节水灌溉项目后评价》, 《水利学报》第S1期。
- 18.Boyle, C. E., Q. Huang, and J. Wang, 2014, “Assessing the Impacts of Fiscal Reforms on Investment in Village-level Irrigation Infrastructure”, *Water Resources Research*, 50 (8): 6428-6446.
- 19.He, F., Y. Shi, R. Luo, L. Zhang, N. Johnson, and S. Rozelle, 2015, “Irrigation Investment in China: Trends, Correlates and Impacts”, *China Agricultural Economic Review*, 7 (3): 344-359.
- 20.Li, Y., J. Wang, J. Huang, B. Adhikari, and L. You, 2018, “Village-level Supply Reliability of Groundwater Irrigation in Rural China: Effects of Climate Variables and Tubewell Density”, *China Agricultural Economic Review*, 10(3): 354-371.
- 21.Roger, C., J. Wang, and J. D. Morris, 2015, “Policy Support, Economic Incentives and the Adoption of Irrigation Technology in China”, *Earth System Dynamics*, 5(2): 399-410.
- 22.Thornton, P. E., S. W. Running, and M. A. White, 1997, “Generating Surfaces of Daily Meteorological Variables over Large Regions of Complex Terrain”, *Journal of Hydrology (Amsterdam)*, 190(3): 214-251.
- 23.Turrall, H., M. Svendsen, and J. M. Faures, 2010, “Investing in Irrigation: Reviewing the Past and Looking to the Future”, *Agricultural Water Management*, 97(4): 551-560.
- 24.Wang, J., Y. Jiang, H. Wang, Q. Huang, and H. Deng, 2019, “Groundwater Irrigation and Management in Northern China: Status, Trends, and Challenges”, *International Journal of Water Resources Development*, 36(4):1-27.
- 25.Wang, J., Y. Li, J. Huang, T. Yan, and T. Sun, 2017, “Growing Water Scarcity, Food Security and Government Responses in China”, *Global Food Security*, 14: 9-17.
- 26.Wang, J., Y. Zhu, T. Sun, J. Huang, L. Zhang, B. Guan, and Q. Huang, 2020, “Forty Years of Irrigation Development and Reform in China”, *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 64 (1): 126-149.
- 27.Zhang, L., R. Luo, C. Liu, and S. Rozelle, 2006, “Investing in Rural China: Tracking China’s Commitment to Modernization”, *Chinese Economy*, 39 (4): 57-84.

(作者单位: ¹ 北京大学现代农学院;

² 北京大学中国农业政策研究中心;

³ 厦门大学经济学院;

⁴ 厦门大学邹至庄经济研究中心;

⁵ 中国科学院大学)

(责任编辑: 张丽娟)

The Changing Trend of Irrigation Investment in Northern China Since the Eighth Five-year Plan Period and the Factors Affecting the New Irrigation Investment in Villages

WANG Zhuanlin WANG Jinxia CHEN Huang GUAN Baozhu DENG Hongbo

Abstract: With the change of agricultural production pattern in China, the importance of irrigation investment in Northern China for securing food supply has become increasingly prominent. Based on a village-level follow-up survey carried out in the Northern China, this article analyzes the changing trend of irrigation investment in this region since the Eighth Five-year Plan period and analyzes the policy factors behind it. Furthermore, an econometric model is constructed to explore the effects of water shortage, existing irrigation conditions, local economic conditions and arable land resource endowment on whether the village can obtain new irrigation investment. The results show that since the Eighth Five-year Plan period, with the gradual attention of the government to the construction of irrigation and water conservancy in the macro policies, the total amount of new irrigation investment in northern China has been continuously increasing. However, the coverage of new irrigation investment at the village level needs to be further expanded. Rural tax reform and national fiscal and taxation system reform have made the government, especially the central government, play a leading role in new irrigation investment. Water-saving irrigation has developed rapidly with the increase of government support for water-saving irrigation facilities. The results of econometric regressions show that the villages with more serious water shortage are not necessarily willing to obtain new irrigation investment. The new irrigation investment has a "Matthew effect", that is, the better the existing irrigation conditions, the more likely the new irrigation investment is to be obtained. Villages with better local economic conditions are more likely to receive irrigation investment from the community, and villages with better cultivated land resources are more likely to obtain new irrigation investment from the government. There is a "crowding-in effect" between the new irrigation investment obtained by the villages from the government and the new irrigation investment obtained from the community. Based on the analysis, the study concludes with a number of policy suggestions.

Keywords: New Irrigation Investment; Northern China; Shortage of Water Resources; Irrigation Condition