

刘涛,任晴. 农业旱涝灾害防灾效率的时空差异——河南省各地市比较[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):463-466.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.134

# 农业旱涝灾害防灾效率的时空差异 ——河南省各地市比较

刘涛,任晴

(河南理工大学安全与应急管理研究中心/河南理工大学应急管理学院,河南焦作 454003)

**摘要:**已有研究广泛探讨了农业旱涝灾害的防灾管理和方略,但很少有人探究这些防灾措施的有效性。运用超效率 SBM 模型,测算 2009—2011 年及 2013 年河南省 18 个地市农业旱涝防灾效率,发现河南省农业旱涝防灾综合技术效率总体水平较低,呈现下降趋势,综合技术效率呈现“东南高、西北低”的一刀切空间格局,各地区之间农业旱涝防灾效率水平差异性大,且呈更大异化趋势。农业旱涝防灾的纯技术效率虽出现上下波动,但总体保持较高水平,其空间差异与综合技术效率特征一致。规模效率总体发展水平中等,有下降趋势。河南省农业旱涝防灾发展多数处于规模收益递增阶段,投入不足,潜力较大,各地区之间发展特点突出。农业旱涝防灾资源投入严重过剩,资源配置效率差,利用效率低。

**关键词:**农业灾害;旱涝灾害;防灾效率;时空差异;河南省

**中图分类号:** S422;S423 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)01-0463-04

近年来,随着气候变化的加剧,旱涝灾害的发生频率和规模逐渐加强,对农业生产的影响更加深刻<sup>[1]</sup>,应对农业旱涝灾害刻不容缓。目前理论界对农业旱涝灾害进行了大量研究,已有成果主要集中在以下 3 个方面:一是旱涝灾害的特征及影响研究,主要探究农业旱涝灾害分布特征<sup>[2]</sup>、旱涝灾害演化以及旱涝灾害对农业生产安全的影响<sup>[3]</sup>等。二是农业旱涝灾害管理研究,主要探究农业防灾减灾能力体系建设<sup>[4]</sup>、农业旱涝灾害风险管理与协同治理机制<sup>[5]</sup>。三是农业旱涝防灾技术研究,主要从灾害预警预报<sup>[6]</sup>、防灾工程和农广科技<sup>[7]</sup>等来监测和应对农业旱涝灾害,有效减少灾害对农业生产的影响。以上研究广泛地探讨了农业旱涝灾害的防灾管理和方略,但很少有人探究这些防灾措施的有效性。在现阶段国家提出“化解产能过剩,加快结构调整”的大背景下,农业旱涝灾害的治理更注重效率,要在有限的资源条件

下实现对防灾资源的优化配置,从而建立一个既经济又高效的农业防灾体系。

农业旱涝防灾效率是指农业旱涝防灾投入与产出的比值,其中农业旱涝防灾投入指在应对农业旱涝灾害过程中,消耗的人力、物力和财力,产出表现为通过应对而减少的损失、挽回的农业生产。农业旱涝防灾效率越高,说明防灾效果越好。通过农业旱涝灾害防灾效率的评估,能够实现对现阶段农业防灾资源配置和投入结构的现状透视,揭示防灾投入的问题,进而优化投入结构,明确防灾方向。本研究通过对河南省 18 个地市的农业旱涝防灾效率进行评估,试图为区域农业旱涝防灾效率评估建立一种研究范式,同时为河南省有效开展农业旱涝防灾提供理论参考。

## 1 模型方法与数据来源

### 1.1 超效率 SBM 模型

投入产出效率研究方法主要有随机前沿分析法(SFA)和数据包络分析法(DEA)。虽然 2 种方法均通过测量生产函数前沿面的距离来评估相对效率,但是 SFA 方法在操作过程中很难找到生产函数,因此运用较少。而 DEA 方法不需要构建具体的生产函数,也不需设定参数,能客观地评估效率,因而运用较为广泛。传统的 CCR 或 BCC 模型在评估过程中可理,按照重要性与企业发展的需要分别确定实施方式,甚至可以针对不同销售区域进行知识产权的梯度转移,以谋取最佳经济效益。

### 参考文献:

- [1]王黎莹. 中小企业知识产权战略与方法[M]. 北京:知识产权出版社,2009:131-132.
- [2]陈燕娟. 种子企业知识产权战略:理论、实证与协同发展[M]. 武汉:武汉大学出版社,2013:33-35.

收稿日期:2015-07-12

基金项目:教育部人文社会科学研究青年基金(编号:13YJCZH106);

河北省社会科学基金(编号:HB13LJ001);河南理工大学博士基金(编号:B2012-037)。

作者简介:刘涛(1983—),男,山东沂水人,博士,副教授,硕士生导师,主要从事农业经济研究。E-mail:liutao2511001@126.com。

竞争力、可持续发展能力会发挥出越来越重要的作用,必须坚持加大研发投入水平,提升种业知识产权创造质量,有条件的企业还要“走出去”进行知识产权海外布局。二是不断提高知识产权运营能力。知识产权的数量和质量在每个时间点上都是固化的,而知识产权的运营是动态变化的,种子企业需要根据环境变化,适时调整运营策略,即一方面提高知识产权制度运用能力,如构建专利池,采用专利池或专利组合的技术转移模式;另一方面着力改善过于单一的传统育种模式,将知识产权运营与企业经营战略协同发展,如实施知识产权分类管

能会出现多个有效单元,这对于效率评估和对比有一定局限性。超效率 SBM 模型<sup>[8]</sup>不仅解决了多个有效单元的排序问题,同时将松弛变量考虑在内,对于进一步分析投入产出要素有更好的参考价值。因此,本研究选取超效率 SBM 模型进行评估。超效率 SBM 模型是 2002 年 Tone 在基于投入松弛测度的 SBM 模型<sup>[9]</sup>基础之上提出的。

假设有  $m$  种投入要素,  $s$  种产出要素,建立一个线性规划方程:

$$\begin{aligned} \min \rho_{SE} &= \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{ik}}{\sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij} \lambda_j - \sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{rk}}; \\ \text{s. t. } &\sum_{j=1, j \neq k}^n y_{rj} \lambda_j + s_r^+ \geq y_{rk} \circ \\ &\lambda, s^-, s^+ \geq 0 \end{aligned}$$

$$i = 1, 2, \cdots, m; r = 1, 2, \cdots, q; j = 1, 2, \cdots, n (j \neq k)$$

式中:  $\rho$  为效率值;  $\lambda$  为包络乘数;  $x_k$  和  $y_k$  分别是 DMU<sub>k</sub> 的投入向量和产出向量;  $x_i$  和  $y_r$  分别是第  $i$  种投入要素和第  $k$  种产出要素;  $s_i^-$  为松弛投入;  $s_r^+$  为松弛产出。对于待评价单元 DMU<sub>k</sub>, 为超效率值,  $\rho$  可大于 1。

1.2 评估指标与数据来源

表 1 2009—2011 年及 2013 年河南省 18 个地市农业旱涝防灾效率及其分解情况

区域	地市	2009 年			2010 年			2011 年			2013 年			均值		
		CRS	VRS	SE	CRS	VRS	SE	CRS	VRS	SE	CRS	VRS	SE	CRS	VRS	SE
豫东	开封市	1.072	1.103	0.972	0.884	0.929	0.952	0.778	0.829	0.939	0.881	0.943	0.934	0.904	0.951	0.949
	商丘市	1.019	1.224	0.832	1.221	1.427	0.856	1.636	2.068	0.791	1.148	1.484	0.774	1.256	1.551	0.813
	周口市	0.798	1.147	0.696	0.829	1.188	0.698	0.773	1.171	0.660	0.594	1.000	0.594	0.749	1.127	0.662
	均值	0.963	1.158	0.834	0.978	1.181	0.835	1.062	1.356	0.797	0.875	1.142	0.767	0.970	1.209	0.808
豫西	洛阳市	0.253	0.325	0.778	0.225	0.297	0.757	0.222	0.294	0.756	0.237	0.326	0.728	0.234	0.311	0.755
	三门峡市	0.382	1.059	0.360	0.365	1.065	0.343	0.338	1.057	0.320	0.292	1.017	0.287	0.344	1.049	0.328
	平顶山市	0.474	0.529	0.897	0.458	0.524	0.874	0.500	0.570	0.876	0.240	0.298	0.807	0.418	0.480	0.863
	均值	0.370	0.638	0.678	0.349	0.629	0.658	0.352	0.640	0.651	0.256	0.547	0.607	0.332	0.613	0.649
豫南	南阳市	0.672	0.693	0.970	0.567	0.614	0.923	0.523	0.523	0.999	0.451	0.453	0.995	0.553	0.571	0.972
	驻马店市	1.283	1.289	0.995	1.215	1.221	0.996	1.188	1.220	0.974	0.691	1.018	0.679	1.094	1.187	0.911
	信阳市	2.669	2.952	0.904	2.948	3.014	0.978	2.898	2.902	0.999	2.728	2.728	0.999	2.811	2.899	0.970
	均值	1.542	1.645	0.956	1.577	1.616	0.966	1.537	1.549	0.991	1.290	1.400	0.891	1.486	1.552	0.951
豫北	安阳市	0.591	0.612	0.965	0.599	0.638	0.939	0.456	0.483	0.943	0.378	0.411	0.920	0.506	0.536	0.942
	鹤壁市	0.361	0.499	0.725	0.312	0.478	0.654	0.360	0.548	0.656	0.315	0.504	0.625	0.337	0.507	0.665
	济源市	0.380	2.896	0.131	0.290	2.549	0.114	0.278	3.926	0.071	0.280	3.298	0.085	0.307	3.167	0.100
	焦作市	0.435	0.490	0.887	0.360	0.430	0.838	0.292	0.357	0.817	0.496	0.703	0.705	0.396	0.495	0.812
	濮阳市	0.669	0.708	0.945	0.418	0.462	0.905	0.279	0.316	0.884	0.321	0.368	0.871	0.422	0.463	0.901
	新乡市	0.651	0.669	0.973	0.418	0.435	0.960	0.407	0.426	0.955	0.500	0.540	0.926	0.494	0.517	0.954
豫中	均值	0.515	0.979	0.771	0.400	0.832	0.735	0.345	1.009	0.721	0.382	0.971	0.689	0.410	0.948	0.729
	漯河市	0.651	0.747	0.873	0.844	1.063	0.794	0.754	1.007	0.749	0.631	1.001	0.631	0.559	0.609	0.911
	许昌市	0.761	0.811	0.939	0.726	0.791	0.917	0.441	0.485	0.909	0.307	0.349	0.879	0.285	0.334	0.855
	郑州市	0.295	0.339	0.870	0.311	0.360	0.863	0.256	0.300	0.851	0.281	0.336	0.836	0.720	0.954	0.761
全省	均值	0.569	0.632	0.894	0.627	0.738	0.858	0.483	0.597	0.836	0.406	0.562	0.782	0.521	0.632	0.843
	均值	0.745	1.005	0.817	0.722	0.971	0.798	0.688	1.027	0.786	0.598	0.932	0.738	0.688	0.984	0.785

注: CRS = 综合技术效率; VRS = 纯技术效率值; SE = 规模效率。

2.1 综合技术效率

河南省农业旱涝防灾效率总体水平较低,呈现下降趋势。从总体均值来看,全省平均效率值为 0.688,距离有效前沿面较远,表明河南省现阶段农业旱涝防灾效率较差,投入与产出

应对农业旱涝灾害通常采用节水灌溉、排灌通渠等方式,投入指标从应对方式入手,基于数据的全面性和可获得性,选取农林牧渔固定资产投资投入、已配套机电井数目和农用排灌动力机械 3 个投入指标。产出指标通常用总产值或者产量表示,但为了避免不同区域间粮食生产的差异性,本研究选取有效灌溉面积作为产出指标。

本研究选取的评价单元是河南省 18 个地市,其中豫东地区包括开封市、商丘市和周口市,豫西地区包括洛阳市、三门峡市和平顶山市,豫南地区包括南阳市、驻马店市和信阳市,豫北地区包括安阳市、新乡市、焦作市、濮阳市、鹤壁市和济源市,豫中地区包括郑州市、许昌市和漯河市。原始数据来源于 2010—2012 年及 2014 年河南省统计年鉴,由于 2013 年相关指标数据缺失,因此在评价阶段中去除 2012 年相关数据,未对 2012 年进行评估。本研究评估的时间区间为 2009—2011 年及 2013 年,共 4 年。

2 河南省农业旱涝防灾效率实证分析

基于河南省农业旱涝防灾的投入产出数据,利用 Maxdea 6.4 专业版软件,从投入导向(调整)角度出发,运用超效率 SBM 模型,测算出河南省 18 个地市 2009—2011 年及 2013 年农业旱涝防灾效率及其效率分解,具体结果见表 1。

不合理现象严重。总体效率值从 2009 年的 0.745 下降到 2013 年的 0.598,效率降幅达到 19.7%,农业旱涝防灾效率下降较大。18 个地市在年际变化过程中,除了焦作市综合技术效率出现增加,从 2009 年的 0.435 增至 2013 年的 0.496,

增幅达 14.0% 外,其余 17 个地区全部呈现不同程度降低,其中降幅最大的地区为许昌市,达 59.7%。有效 DEA 单元数量也出现了下降,从 2009 年的 4 个(开封市、商丘市、驻马店市和信阳市)降至 2013 年的 2 个(商丘市和信阳市)。

河南省农业旱涝防灾综合技术效率呈现“东南高、西北低”的空间格局。从各区域间的均值来看,河南省 5 个区域农业旱涝防灾综合技术效率从高到低依次是豫南(1.486)、豫东(0.970)、豫中(0.521)、豫北(0.410)、豫西(0.332)。在评估的近 5 年时间内,豫西地区农业旱涝防灾综合技术效率降幅最大,豫东地区降幅最小,其中豫西从 2009 年的 0.370 降至 0.256,降幅达 30.81%,豫东从 2009 年的 0.963 降至 0.875,降幅达 9.14%。原因在于豫南、豫东地区多平原,地区内各市多属于传统粮食生产区,农业生产条件好,防灾技术较为成熟,而豫西地区主要分布于第 2 阶梯和第 3 阶梯交界地带,多山地,农业的生产条件差,旱涝防灾要求高,而现阶段资源单一、方式简单的防灾手段及防灾能力都较差。

河南省各地区之间农业旱涝防灾效率水平差异性大。在 18 个地区近 4 年的农业旱涝防灾效率评估中,信阳市始终保持最高水平,农业旱涝防灾综合效率值总体保持在 2.8 左右;近 4 年效率值最低的是洛阳市,平均水平在 0.2~0.3,最低效率比值相差近 10 倍。2009 年综合技术效率值最高的信阳市(2.669)比效率值最低的洛阳市(0.253)高 9.55 倍,2013 年综合技术效率值最高的信阳市(2.728)比效率值最低的洛阳市(0.237)高 10.51 倍。可以看出,河南省地区之间的农业旱涝防灾效率水平差异大,且呈现更大差异化特征。

2.2 纯技术效率

河南省农业旱涝防灾的纯技术效率虽出现上下波动,但总体保持较高水平。从全省均值来看,2009 年河南省农业旱涝防灾纯技术效率值为 1.005,2010 年下降至 0.971,2011 年又上升至 1.027,到 2013 年下降至 0.932,4 年均值达 0.984,这表明现阶段,河南省农业旱涝防灾资源配置较为有效,资源管理水平高。从纯技术效率有效单元来看,河南省在评估的 4 年内,除开封市和漯河市发生交叉变化之外,其余 6 个地区(济源市、三门峡市、商丘市、信阳市、周口市、驻马店市)均在评估的 4 年内保持有效,有效单元个数都保持为 7 个。

河南省农业旱涝防灾的纯技术效率与综合效率空间格局较为一致,各区域纯技术效率均值从高到低依次是豫南(1.552)、豫东(1.209)、豫北(0.948)、豫中(0.632)、豫西(0.613)。区域间发展趋势较为一致,4 年数据虽出现一定的波动,但最后都有下降趋势,其中降幅最大的为豫南地区,从 2009 年的 1.645 降至 2010 年的 1.400,降幅达 14.89%。需指出的一点是,虽然豫南地区降幅较大,但纯技术效率水平仍处于相对最高水平。

2.3 规模效率

河南省农业旱涝防灾的规模效率总体发展水平中等,有下降趋势。从均值看出,评估年份中河南省农业旱涝防灾的规模效率值为 0.785,与最优规模有一定距离,效率水平中等。具体来看,全省效率均值从 2009 年的 0.817 下降到 2010 年的 0.798,再到 2011 年的 0.786,最后降至 2013 年的 0.738,连续降幅达 9.67%。从各地区规模效率发展现状来看,河南省 18 个地市规模效率都未达到 DEA 有效,规模效率在 0.9

以上的地市数量也在下降,2009 年有 8 个(开封市、南阳市、驻马店市、信阳市、安阳市、濮阳市、新乡市和许昌市),2010 年维持 8 个,2011 年 7 个,最终在 2013 年降至 5 个(开封市、南阳市、信阳市、安阳市和新乡市)。

河南省各地区之间农业旱涝防灾规模效率差异性大。从均值来看,规模效率从高到低依次是豫南(0.951)、豫中(0.843)、豫东(0.808)、豫北(0.729)、豫西(0.649),最高的豫南地区比最低的豫西地区高出 0.302。各地市之间比较中,效率值较高的信阳市(0.970)比规模效率值最低的济源市(0.100)高近 9 倍,区域间规模发展严重不均衡。

2.4 规模报酬

由表 2 可知,河南省各地区农业旱涝防灾的规模报酬变化存在以下特点:

河南省大多数地市处于规模收益递增阶段,但总体投入不足,潜力较大。2009—2011 年河南省处于规模收益递增阶段的地市占全省 77.8%,到 2013 年上升至 83.3%。全省大部分地区都处于递增阶段。这表明,农业旱涝防灾发展投入不足,可发展的潜力和空间较大,增加投入规模可以带来更多的产出,因此,加大投入力度是河南省地区发展农业旱涝防灾的首要任务。

表 2 河南省各地区农业旱涝防灾的规模报酬变化情况

区域	地市	2009 年	2010 年	2011 年	2013 年
豫东	开封市	递增	递增	递增	递增
豫东	商丘市	递减	递减	递减	递减
豫东	周口市	递减	递减	递减	递减
豫西	洛阳市	递增	递增	递增	递增
豫西	平顶山市	递增	递增	递增	递增
豫西	三门峡市	递增	递增	递增	递增
豫南	南阳市	递减	递减	递增	递增
豫南	驻马店市	递增	递增	递减	递减
豫南	信阳市	递减	递减	递减	递增
豫北	安阳市	递增	递增	递增	递增
豫北	鹤壁市	递增	递增	递增	递增
豫北	济源市	递增	递增	递增	递增
豫北	焦作市	递增	递增	递增	递增
豫北	濮阳市	递增	递增	递增	递增
豫北	新乡市	递增	递增	递增	递增
豫中	漯河市	递增	递增	递增	递增
豫中	许昌市	递增	递增	递增	递增
豫中	郑州市	递增	递增	递增	递增

4 年间河南省各地市农业旱涝防灾规模收益变动趋势可以分为 3 个层次:(1)全递增区域。豫西、豫北及豫中地区在 2009—2011 年及 2013 年内全为规模收益递增,这表明现阶段该区域农业旱涝防灾效率发展不足,防灾发展相对滞后,农业旱涝防灾的投入力度和规模化水平远远不能满足对资源的有效配置和合理利用,加大投入的规模和力度是这些地区实现农业旱涝防灾效率提高的重要途径。(2)全递减区域。豫东地区的商丘市、周口市连续 4 年处于规模收益递减状态,表明这 2 个地市现阶段农业旱涝防灾规模与其相应的技术、管理水平相当,增加投入量不会提高农业旱涝防灾的效率水平,要通过合理配置防灾资源,转变投入观念,注重投入质量,提高纯技术效率来提高农业防灾效率。(3)增减交替区域。豫

南地区的南阳市和信阳市出现先递减后递增现状,而驻马店市先递增后递减。这表明农业旱涝防灾效率与规模投入处于动态变化中,过度投入或投入不足都会限制农业旱涝防灾效率,应该根据地区的管理水平、技术能力合理安排投入量,在现有的方式上从规模和技术 2 个方面入手,平衡发展,综合提高。

2.5 投入冗余分析

由表 3 可知,河南省各地市农业旱涝防灾资源投入冗余严重过剩。除  $X_1$  指标中的焦作市、开封市、漯河市、周口市 4 市冗余量为 0 外,其余各市各指标均出现冗余。同时,冗余系数低于 30% 的指标个数只有 9 个,剩余指标系数均较高,其中,冗余系数最高的为三门峡市的  $X_1$  指标,达 91.86%。这表明现阶段河南省各地区农业旱涝防灾资源未得到充分利用,资源剩余过多,亟待建立起有效的防灾资源利用体系来确保农业旱涝防灾资源的高效运用。

3 结论

本研究从投入导向(调整)角度出发,使用超效率 SBM 模型,对 2009—2011 年及 2013 年河南省 18 个地市农业旱涝防灾效率进行了测算分析,研究结果表明:(1)现阶段河南省农业旱涝防灾效率水平较低,综合技术效率值低,纯技术效率水平高,农业旱涝防灾规模发展中等,投入不足。(2)从各地区间的差异性来看,农业旱涝防灾效率总体呈现“东南高、西北低”的空间格局,各地区之间农业旱涝防灾效率水平差异性大,且呈现更大异化特点,多数地区农业旱涝防灾处于规模收益递增阶段,区域发展潜力大。(3)河南省各地市农业旱涝防灾资源投入要素的严重冗余揭示了农业防灾中资源利用效率低、资源配置效率差的现状。

总之,建立一个高效的资源利用防灾体系是现阶段亟待解决的问题,是构建现代农业防灾体制的重要组成部分。透过农业旱涝防灾效率的评估,有效揭示了河南省 18 个地市农业旱涝防灾投入特点和不足,为今后合理开展农业旱涝防灾、均衡防灾资源配置提供了理论参考。

参考文献:

[1] 吕 军,孙嗣畅,陈丁江. 气候变化对我国农业旱涝灾害的影响[J]. 农业环境科学学报,2011(9):1713-1719.  
[2] 高玉兰,杨凤书,赵翠媛,等. 河北省农业气象灾害的时空分布与减灾对策分析[J]. 安徽农业科学,2011,39(15):9039-9041.  
[3] 童 彦,潘玉君,朱海燕. 农业干旱灾害影响粮食产能安全的机理分析——以云南省为例[J]. 江苏农业科学,2011,39(2):520-522.  
[4] 张 恒,鲍 文. 农业气象灾害保险与农业防灾减灾能力构建[J]. 农业现代化研究,2012,33(2):166-169,248.  
[5] 蓝海涛. 建立旱涝共治的农业防灾减灾体系[J]. 宏观经济管理,2011(9):28-30.

表 3 2013 年河南省 16 个无效地市的农业旱涝防灾投入松弛变量和松弛系数

地市	松弛变量(松弛系数)		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$
安阳市	-16.65 (-31.20%)	-98 620.18 (-89.98%)	-8.34 (-65.36%)
鹤壁市	-14.79 (-56.81%)	-21 031.07 (-86.22%)	-2.26 (-62.49%)
济源市	-6.63 (-67.91%)	-2 731.907 (-74.48%)	-1.05 (-73.64%)
焦作市	0 (-0.00%)	-38 376.37 (-84.91%)	-5.31 (-66.33%)
开封市	0 (-0.00%)	-19 594 (-18.57%)	-2.13 (-17.19%)
洛阳市	-104.46 (-85.81%)	-11 863.15 (-69.68%)	-5.7 (-73.28%)
漯河市	0 (-0.00%)	-30 418.05 (-64.84%)	-2.35 (-45.92%)
南阳市	-51.97 (-46.59%)	-92 365.77 (-83.83%)	-3.77 (-34.43%)
濮阳市	-27.02 (-48.24%)	-48 173.17 (-84.75%)	-8.44 (-70.74%)
三门峡市	-66.49 (-91.86%)	-3 147.359 (-64.13%)	-0.92 (-56.50%)
新乡市	-0.42 (-0.94%)	-84 834.34 (-86.41%)	-9.04 (-62.72%)
许昌市	-37.13 (-55.04%)	-60 874.68 (-87.04%)	-7.07 (-65.94%)
郑州市	-37.49 (-60.10%)	-48 874.8 (-86.79%)	-6.63 (-68.88%)
周口市	0 (-0.00%)	-14 5558.1 (-85.74%)	-4.67 (-35.93%)
驻马店市	-3.39 (-5.15%)	-94 979.94 (-83.57%)	-0.32 (-4.07%)
平顶山市	-92.13 (-80.12%)	-41 279.96 (-85.79%)	-4.5 (-62.03%)

注: $X_1$  = 农林牧渔业固定资产投资投入, $X_2$  = 已配套机电井数量, $X_3$  = 农用排灌动力机械,冗余系数 = 冗余量/投入量。

[6] 覃志豪,徐 斌,李茂松,等. 我国主要农业气象灾害机理与监测研究进展[J]. 自然灾害学报,2005,14(2):61-69.  
[7] 王春乙,王石立,霍治国,等. 近 10 年来中国主要农业气象灾害监测预警与评估技术研究进展[J]. 气象学报,2005,63(5):659-671.  
[8] Tone K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2002,143:32-41.  
[9] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research,2001,130:498-509.