能源消费与经济增长的灰色关联度分析
——基于能源结构约束的视角

李 影[1,2]
(1. 太原理工大学 阳泉学院 ,山西 阳泉 045000 ;2. 南京大学 经济学院 ,南京 210093)

摘 要:本文基于灰色关联度理论 ,对我国煤炭、石油、天然气、水电等常规能源与经济增长的关联程度进行了量化。结果显示 ,煤炭消费依然是我国的能源消费主体 ,其次是石油、水电、风电、核电及天然气。这意味着目前我国能源利用的主要矛盾并不是能源的总量约束 ,而是能源的结构性约束。

关键词:能源消费 ;经济增长 ;能源结构约束 ;灰色关联度分析
中图分类号:F015 **文献标识码**:A **文章编号**:1002 - 980X(2010)03 - 0095 - 05

我国是一个发展中大国 ,同时也是一个能源消费大国。能源消耗量居世界第二位 ,能源和环境问题已十分突出。能源作为一国经济发展的重要物质基础 ,其对中国经济的高速发展有着重要的推动作用 ,事实证明 ,能源消费的上升与中国经济的发展有着明显的正相关关系。改革开放以来 ,中国经济保持了长期的高速增长 ,取得了举世瞩目的成就。1979 —2007 年我国 GDP 的年平均增长率达 9.8 % ,即使在世界范围内 ,中国的经历也可以称之为“增长奇迹 ”。然而 ,随着经济的高速发展 ,我国能源和环境问题日益凸显 ,可持续发展面临着严峻的挑战。目前 ,中国已经成为世界第二大能源消费国 ,并正处于重化工业为主的工业化以及城市化加快推进的新阶段 ,伴随着我国经济总量和人口总量的不断扩大以及人民生活水平的提高 ,我国势必对能源消费产生更大的需求。目前我国能源供需不平衡的状况已日渐突出 ,能源缺口 2007 年已达 28480 万吨标准煤 ,能源对外依存度逐年增加 ,保障能源安全已成为政府关注的首要问题之一。同时能源消费弹性小于 1 的状况也在 2002 年以后出现了逆转 ,并且呈现出逐年放大的迹象 ,这意味着获得同样的经济增长要投入更多的能源。近年来 ,国际市场上能源产品价格持续上升 ,石油价格屡创新高 ,国际油价的高位震荡对处于快速工业化和城市化重要发展时期的中国来说将是一种严峻的挑战。尤其是我国一次能源“富煤、少油、缺气 ”的结构性特征使能源成为了制约我国经济发展的瓶颈。资源禀赋的原因 ,导致长期以来煤炭一直占据着我国能源生产与消费结构的主导地位。煤炭生产比重总体水平基本处于 70 %以上且呈微弱上升趋势 ,由 1978 年的 70.3 %上升为 2007 年的 76.7 %。而石油、天然气、水电等含碳量低的高效率能源在一次能源生产总量中所占比重则轻微下降 ,由 1978 年的 29.7 %下降到 2007 年的 23.3 %。其中 ,由于石油储量有限且大油田相继进入衰退期 ,因此我国石油产量在一次能源生产总量中的比重从 1978 年的 23.7 %下降到 2007 年的 11.3 % ,下降趋势明显。天然气生产总量占一次能源消费总量的比重很低 ,一直在 2 %～3 %左右波动 ,没有明显的增长 ,只是“十五 ”以来由于环保意识加强 ,因此绿色能源天然气需求不断增加 ,我国对天然气资源的开采和利用才有些许增长 ,但增长速度依然较为缓慢 ,到 2007 年也仅占 3.9 %。水电在我国能源格局中的重要性逐渐增强 ,占一次能源消费的比重由 1978 年的 3.1 %上升到 2007 年的 8.2 % ,呈现明显的上升趋势 ,但所占比重依然偏低。可以预见 ,未来相当长的时期内 ,我国以煤为主的能源供应和消费格局难以改变。所以目前我国能源消费的主要矛盾并不是能源总量问题 ,而是能源结构的矛盾 ,具体表现为对煤炭资源的过度依赖以及清洁高效能源的供不应求 ,特别是可再生资源的开发和投入不足以及石油、天然气的总产量和品种规格的增长难以满足迅速扩大的需求。而直观上来看不同的能源种类对经济增长的影响程度明显是不同的 ,即不同的能源在经济增长过程中的作用是不同的。因此研究各个不同能源种类与经济增长之间的关系有其现实的经济意义。

收稿日期:2009 - 12 - 30
作者简介:李影(1977 —)女 ,河南淮滨人 ,太原理工大学阳泉学院讲师 ,南京大学商学院理论经济学博士研究生 ,研究方向:宏观经济、能源经济。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1　理论说明与文献回顾

灰色关联分析是中国著名学者邓聚龙教授于 1982 年提出的灰色系统理论中的一种系统分析法[1]。灰色系统理论是以“部分信息已知、部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”不确定性系统为研究对象,它通过对“部分”已知信息的生成、开发实现对现实世界的确切描述和认识。灰色系统理论的主要任务之一,就是根据社会、经济、生态等系统的行为特征数据,寻找不同系统变量之间或某些系统变量自身的数学关系和变化规律。灰色系统理论认为任何随机过程都是在一定幅值范围和一定时区内变化的灰色量,并把随机过程看成灰色过程。其基本思想就是根据时间或空间序列数据进行曲线几何形状的相似比较来判断因素联系是否紧密,即关联度的大小。曲线越接近,相应序列间的关联度就高,影响力大;反之,两者关联度就低,影响力则小。通过关联度排序,依此可以判断影响关键变量发展的主要因素和次要因素。灰色关联分析法主要是对态势发展变化的分析,也就是对系统动态发展过程的量化分析,它根据因素之间发展态势的相似或相异程度来衡量因素间接近的程度。由于灰色关联分析是按发展趋势作分析,因此对样本量的大小没有太高的要求,分析时也不需要典型的分布规律,而且分析的结果一般与定性分析相吻合,基于这个优点和现实中抽象系统都是多种因素共同作用的灰色系统,它较其他方法更能反映各因素间的远近次序和空间分布规律,所以具有广泛的实用性[2]。

目前灰色关联分析方法已经广泛应用于能源经济的研究领域。如尹春华、顾培亮利用灰色理论中的灰色关联分析方法,对能源消费与产业结构进行了关联分析,得出第一产业、第二产业、第三产业及生活用能与能源消费的关联度,并对今后几年的能源消费做出了预测[3]。于超、谭忠富、姜海洋利用 1999—2004 年数据分析了我国能源消费总量与国内生产总值的灰色综合关联度,结果显示我国能源消费与国内生产总值的增长呈高度相关状态[4]。屈小娥、袁晓玲在考虑物质资本对经济增长作用的同时,引入能源消费、能源利用效率、能源消费结构 3 个变量,利用灰色关联分析方法探讨了各变量与经济增长之间的关联关系[5]。

综合现有文献看,目前国内已有的关于能源消费与经济增长的关联关系的研究中,大多是关于能源消费总量与经济增长之间的关联关系的分析,或是能源消费总量与各产业之间的关联分析,而各能源种类与经济增长之间到底是一种什么样的关系尚缺乏系统的研究。因此,本文就从能源结构约束的视角出发对不同能源种类与经济增长的灰色关联度进行分析,以探寻经济增长与不同能源种类之间的关系和变化趋势并对能源消费与经济增长之间的相互依赖程度进行量化,为实现能源与经济的协调发展提供理论支持。

2　能源消费与经济增长的关联度分析

基于我国能源统计数据的有限性及结构突变的影响,我们选择 2000—2007 年的数据进行研究,原因主要在于:首先,2000 年之后我国在投资高速增长的拉动下,高耗能产品增长迅速,从而造成能源消费快速增长,尤其是在房地产以及随后的汽车等消费结构升级的推动下,2000 年后出现明显的重化工业化特征。重工业对资源尤其是能源的消耗强度很大,导致了自然资源对我国经济增长的约束日趋明显。其次,1997 年由于全国首次出现买方市场,结构调整使相当一批耗能高、污染大的“五小”企业相继被关闭,以及产业结构的变化,再加上亚洲金融危机的冲击,国内需求疲软,导致对能源产品需求的减少,1997—1998 年我国能源需求出现负增长。2000 年之后,我国能源消费出现比较稳定的增长趋势。再次,最近几年能源消费弹性出现明显的上升,能源消费的增长已连续 3 年超过 GDP 增长速度,2003 年、2004 年、2005 年能源消费弹性系数分别是 1.53、1.59、1.02。这就意味着获取同样的经济增长速度需要投入更多的能源,也就是说经济增长对能源的需求在增加,经济增长对能源的依赖在增加,这自然会导致能源对经济的制约作用的增加。因此本文选择“十五”的开端年份 2000 年进行研究。具体数据如表 1 所示。

2.1　绝对关联度

令 $X_i^0 = [x_i(1) - x_i(1), x_i(2) - x_i(1), \cdots, x_i(8) - x_i(1)] = [x_i^0(1), x_i^0(2), \cdots, x_i^0(8)]$ $(i = 0, 1, \cdots, 4)$,则

$X_0^0 = [x_0^0(1), x_0^0(2), \cdots, x_0^0(8)] = (0, 8235.13, 17993.78, 29744.36, 42749.92, 57560.72, 75746.66, 96567.03)$;

$X_1^0 = [x_1^0(1), x_1^0(2), \cdots, x_1^0(8)] = (0, 1615.86, 6802.57, 25789, 44304.45, 61385.89, 77042.01, 90710.82)$;

$X_2^0 = [x_2^0(1), x_2^0(2), \cdots, x_2^0(8)] = (0, 591.61, 3377.69, 6707.3, 13222.47, 15025.17, 18081.03, 20161.8)$;

$X_3^0 = [x_3^0(1), x_3^0(2), \cdots, x_3^0(8)] = (0, 395.59, 630.02, 1258.76, 2027.9, 3035.11, 4205.99,$

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

6039.42);

$X_4^0 = [x_4^0(1), x_4^0(2), \cdots, x_4^0(8)] = (0, 2043.57, 2434.4, 2682.67, 5119.28, 6683.25, 8462.27, 10118.39)$。

由 $|s_i| = \left|\sum_{k=2}^{7} x_i^0(k) + \frac{1}{2}x_i^0(8)\right| (i = 0,1,\cdots,4)$,得 $|s_0| = 280314.09$, $|s_1| = 262295.19$, $|s_2| = 67086.17$, $|s_3| = 14573.08$, $|s_4| = 32484.64$。

由 $|s_i - s_0| = \left|\sum_{k=2}^{7}[x_i^0(k) - x_0^0(k)] + \frac{1}{2}[x_i^0(8) - x_0^0(8)]\right| (i = 0,1,\cdots,4)$,得 $|s_1 - s_0| = 18018.89$, $|s_2 - s_0| = 213227.92]$, $|s_3 - s_0| = 265741.01$, $|s_4 - s_0| = 247829.45$。

由 $\varepsilon_{0i} = \frac{1 + |s_0| + |s_i|}{1 + |s_0| + |s_i| + |s_i - s_0|} (i = 0,1,\cdots,4)$,得 $\varepsilon_{01} = 0.97$, $\varepsilon_{02} = 0.62$, $\varepsilon_{03} = 0.53$, $\varepsilon_{04} = 0.56$。

表 1　2000—2007 年我国能源消费与经济增长情况

年份	$GDPX_0$ (亿元,2000 年价格)	能源消费量(万吨标准煤)			
		煤炭 X_1	石油 X_2	天然气 X_3	水电、核电、风电 X_4
2000 年	99214.55	93869.37	32158.05	3255.99	9269.17
2001 年	107449.68	95485.23	32749.66	3651.58	11312.74
2002 年	117208.33	100671.94	35535.74	3886.01	11703.57
2003 年	128958.91	119658.37	38865.35	4514.75	11951.84
2004 年	141964.47	138173.82	45380.52	5283.89	14388.45
2005 年	156775.27	155255.26	47183.22	6291.10	15952.42
2006 年	174961.21	170911.38	50239.08	7461.98	17731.44
2007 年	195781.58	184580.19	52319.85	9295.41	19387.56

数据来源:《中国统计年鉴(2008)》。

2.2　相对关联度

先求出 $X_i(i = 0,1,\cdots,4)$ 的初值像,由

$X_i' = [x_i'(1), x_i'(2), \cdots, x_i'(8)] = \left[\frac{x_i(1)}{x_i(1)}, \frac{x_i(2)}{x_i(1)}, \cdots, \frac{x_i(8)}{x_i(1)}\right] (i = 0,1,\cdots,4)$ 得出表 2。

表 2　2000—2007 年我国能源消费与 GDP 初值像表

年份	GDP	煤炭	石油	天然气	水电
2000 年	1	1	1	1	1
2001 年	1.08	1.02	1.02	1.12	1.22
2002 年	1.18	1.07	1.11	1.19	1.26
2003 年	1.30	1.27	1.21	1.39	1.29
2004 年	1.43	1.47	1.41	1.62	1.55
2005 年	1.58	1.65	1.47	1.93	1.72
2006 年	1.76	1.82	1.56	2.29	1.91
2007 年	1.97	1.97	1.63	2.85	2.09

$X_i'(i = 0,1,\cdots,4)$ 的始点零化像为

$X_i^0 = [x_i^0(1), x_i^0(2), \cdots, x_i^0(8)] = [x_i'(1) - x_i'(1), x_i'(2) - x_i'(1), \cdots, x_i'(8) - x_i'(1)] (i = 0,1,\cdots,4)$,得出表 3。

由 $|s_i'| = \left|\sum_{k=2}^{7} x_i^0(k) - \frac{1}{2}x_i^0(8)\right| (i = 0,1,\cdots,4)$,

$|s_i' - s_0'| = \left|\sum_{k=2}^{7}[x_i^0(k) - x_0^0(k)] - \frac{1}{2}[x_i^0(8) - x_0^0(8)]\right| (i = 1,2,3,4)$,得

$|s_0'| = 1.85$, $|s_1'| = 1.83$, $|s_2'| = 1.46$, $|s_3'| = 2.62$, $|s_4'| = 2.41$, $|s_1' - s_0'| = 0.02$, $|s_2' - s_0'| = 0.39$, $|s_3' - s_0'| = 0.77$, $|s_4' - s_0'| = 0.56$。

由 $r_{0i} = \frac{1 + |s_0'| + |s_i'|}{1 + |s_0'| + |s_i'| + |s_i' - s_0'|} (i = 0,1,\cdots,4)$ 得 $r_{01} = 0.99$, $r_{02} = 0.92$, $r_{03} = 0.86$, $r_{04} = 0.89$。

表 3　2000—2007 年我国能源消费与 GDP 始点零化像表

年份	GDP	煤炭	石油	天然气	水电
2000 年	0	0	0	0	0
2001 年	0.08	0.02	0.02	0.12	0.22
2002 年	0.18	0.07	0.11	0.19	0.26
2003 年	0.30	0.27	0.21	0.39	0.29
2004 年	0.43	0.47	0.41	0.62	0.55
2005 年	0.58	0.65	0.47	0.93	0.72
2006 年	0.76	0.82	0.56	1.29	0.91
2007 年	0.97	0.97	0.63	1.85	1.09

2.3　综合关联度

综合关联度既体现了 X_0 与 X_i 的相似程度,又反映了 X_0 与 X_i 相对于始点的变化速率的接近程度,是较为全面地表征序列之间联系是否紧密的一个数量指标。一般地我们可取 $\theta = 0.5$,由 $\rho_{0i} = \theta\varepsilon_{0i} + (1 - \theta) r_{0i} (i = 0,1,\cdots,4)$ 得 $\rho_{01} = 0.98$, $\rho_{02} = 0.77$, $\rho_{03} = 0.69$, $\rho_{04} = 0.73$。

2.4　结果分析

从直观上看,如图 1 所示,与 GDP 曲线最相似的是煤炭消费曲线,其次是石油消费曲线,而天然气和水电、核电、风电与 GDP 曲线在几何形状上差别

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

较大。因此可以说明目前我国的经济增长仍然是以煤炭和石油消费为支撑的,而天然气和水电、核电、风电对 GDP 的影响力相对来说还比较小。而从图 2 来看,2000 年以来天然气和水电、核电、风电消费出现强劲的增长势头,其对 GDP 增长的作用必然会逐渐增强。

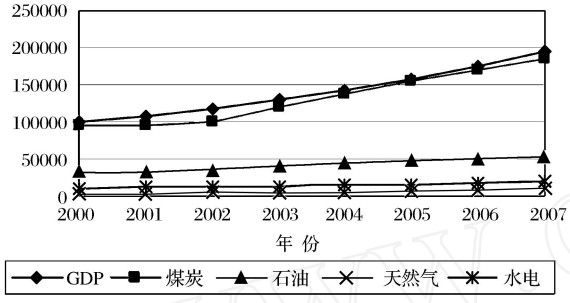

图 1　2000 —2007 年各能源消费量与经济增长的趋势图

注:能源消费量单位为万吨标准煤;GDP 单位为亿元(2000 年价格)。

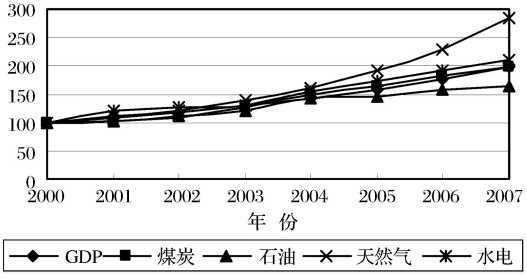

图 2　2000 —2007 年能源消费年增长率与 GDP 年增长率

注:能源消费年增长率、GDP 年增长率以 2000 年为 100。

从绝对相关度分析结果来看,$\varepsilon_{01} > \varepsilon_{02} > \varepsilon_{04} > \varepsilon_{03}$,说明 $X_1 > X_2 > X_4 > X_3$。也就是说从绝对相关度分析的角度看,煤炭消费的投入对 GDP 的影响最大。石油仅次于煤炭,天然气的影响最小。

从相对相关度分析结果来看,$r_{01} > r_{02} > r_{04} > r_{03}$,说明 $X_1 > X_2 > X_4 > X_3$。相对关联度表征了序列 X_0 与 X_i 相对于始点的变化速率之间的关系,X_0 与 X_i 的变化速率越接近,r_{0i} 越大,反之就越小。所以该结果也就表明了从相对于始点的变化速率的接近程度来看,和 GDP 的变化速率最接近的是煤炭,其次是石油、水电和天然气。

从综合关联度来看,$\rho_1 > \rho_2 > \rho_4 > \rho_3$,说明 $X_1 > X_2 > X_4 > X_3$,即煤炭 > 石油 > 水电 > 天然气。也就是说对于我国的 GDP 来说,煤炭的消费投入依然是最重要的,石油次之,天然气消费对 GDP 的影响最小,这一结果与我国的实际情况是相符合的。

3　结果讨论与政策建议

从本文的研究结果来看,尽管 3 种关联序分析的角度并不相同,但 3 种关联序分析的结果完全一致。首先,煤炭。在 2000 —2007 年中,我国煤炭消费总量与国内生产总值的灰色综合关联度高达 0.98,这说明我国煤炭消费与国内生产总值的增长呈高度相关状态。煤炭资源对于我国的 GDP 增长来说具有极其重要的地位。我国目前的经济增长离不开煤炭资源的消费投入,经济的快速发展需要煤炭资源的支撑。尽管能源消费结构不断向优质化方向发展,煤炭在能源消费总量中所占比重从 1952 年的 95.0 %下降到 2008 年的 68.7 %,优质能源比重上升明显,但就目前的发展状况来看,在今后一段相当长的时间里,煤炭仍将是我国能源消费的主体。

其次,石油。从研究结果来看,石油消费总量与国内生产总值的灰色综合关联度相对于煤炭来说要低一些,但仍然高达 0.77,这意味着我国的石油消费与国内生产总值也呈现较高的相关性。我国是富煤缺油的国家,但由于我国经济的高速增长和交通发展的拉动,因此我国原油需求近年保持在年均增长率 7 %,2007 年我国石油消费占总能源消费的比例达到了 19.7 %,充分体现了其对我国经济发展的重要性。

再次,水电、风电、核电。风能是洁净、无污染的可再生能源。依靠风力发电来获取能源是目前最有开发利用前景的一种可再生能源。我国风能资源丰富,理论储量 16 亿 kW,实际可利用 2.5 亿 kW,目前,我国风电场总装机容量仅占我国电网总容量的 0.07 %,2008 年总装机容量达到 1217 万 kW,居世界第四位,有巨大的发展潜力。水能也是一种洁净、无污染的可再生能源。我国是世界上水电资源最丰富的国家,全国理论水能蕴藏量 5.92 亿 kW,技术可开发装机容量为 3.78 亿 kW,2008 年新增水电装机 2010 万 kW,水电总装机容量达到 1.72 亿 kW,居世界第一。但目前我国的水电开发率仅为 15 %,其具有巨大的开发潜力。核能是一种安全清洁的能源。目前,我国东部已建成的核电站有浙江秦山和广东大亚湾,目前正在建设秦山二期和三期、广东岭澳、江苏田湾等核电站。无论是能源节约、能源安全还是环境保护或可持续发展都要求我们加快可再生能源的发展,因此在我国大力推进可再生能源的开发和利用的背景下,最近几年我国水电、风电、核电的投入对我国 GDP 的影响在逐渐增强,二者之间的关联度值也较高,达到了 0.73。

第四,天然气。天然气具有绿色环保、经济实惠、安全可靠的优点,是我国目前大力开发利用的一种重要能源。天然气发展的速度这几年来也是非常快的,从管道建设来看,我们国家目前已经投资运营

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的管道除了比较早的四川地区,九五期间建成的陕京一线之外,都建成于十五期间。从整体上看,我国天然气勘探开发潜力大,但处于勘探早期阶段,其对我国经济发展的重要影响还没有完全显现,所以在我们的研究中天然气消费与我国国内生产总值的灰色综合关联度是最低的,为 0.69。

以上的结果分析显示,我国经济发展对煤炭的依赖性依然很强,煤炭消费在我国的能源消费中仍占主导地位。这表明我国经济的发展高耗能问题还是较为突出,坚持节能减排是推动我国经济发展的当务之急。另一方面也说明为了解决我国当前能源制约经济发展这一瓶颈问题,必须大力发展和开发我国的可再生清洁能源与新能源,如水电资源、风电、核电等。在重视煤炭消费对经济增长作用的同时,也要重视经济与环境、资源、生态、人文的协调发展,正视煤炭消费对环境污染所带来的负面影响及煤炭资源的不可再生性,优化能源消费结构,走"科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥"的集约型发展道路。

参考文献

[1] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 华中理工大学出版社, 1987.

[2] 刘思峰,党耀国,方志耕,等. 灰色系统理论及其应用(第三版)[M]. 科学出版社,2004.

[3] 尹春华,顾培亮. 我国产业结构的调整与能源消费的灰色关联分析[J]. 天津大学学报,2003(1):104-107.

[4] 于超,谭忠富,姜海洋. 我国能源消费与经济增长的灰色关联分析及能源预测[J]. 电力学报,2007(4):424-431.

[5] 屈小娥,袁晓玲. 中国能源消费与经济增长的灰色关联分析[J]. 统计与决策,2008,14:86-88.

Grey Relevancy Analysis on Energy Consumption and Economic Growth in China: From Perspective of Energy Structure Constraint

Li Ying[1,2]

(1. Yangquan College, Taiyuan University of Technology, Yangquan Shanxi 045000, China;
2. School of Economics, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: Based on the theory of grey correlation degree, this paper measures the correlation extent between conventional energy such as coal, oil, hydropower, wind power, nuclear power, natural gas and so on, and economic growth. The results show that coal consumption is still the main body of China's energy consumption, followed by oil, hydropower, wind power, nuclear power and natural gas, which means that the principal contradiction in China's energy utilization is not from the total amount of energy, but from the energy structure constraint.

Key words: energy consumption; economic growth; energy structure constraint; grey relevancy analysis

《技术经济》投稿方式变更

从 2010 年 1 月起,《技术经济》投稿方式发生以下变更:

1、请作者登陆本刊网站(www.jishujingji.cn),运用远程投稿系统,注册并上传稿件。请注意按规范填写相关文章及作者信息内容。

2、原投稿邮箱(jishujingji@vip.163.com)目前仍接收电子投稿。但为了作者查稿方便、提高编辑部工作效率、加快审稿进度,请优先选用本刊网站的远程投稿系统投稿。

从 2010 年 6 月起,该投稿邮箱只用于编读日常沟通,不再接收电子投稿。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net