

低碳经济视角下我国沼气现代化发展战略选择

田 亮,李清林

(同济大学政治与国际关系学院,上海 200092)

摘要:随着城市化进程的加快,天然气消耗的加剧和供需矛盾突出,给中国能源安全面临严峻的考验。本文从低碳经济的视角,结合发展沼气产业的重要意义和国家扶持政策、沼料来源、技术成熟度等方面,阐述沼气现代化的可行性;探讨沼气净化进而与天然气管道“并网”以及作为汽车混合动力等利用模式,认为沼气现代化既是技术上可行并有效的低碳减排措施,也应成为我国沼气产业未来的发展战略选择。

关键词:低碳经济;沼气现代化;天然气;发展战略

中图分类号:S216.4 文献标识码:A 文章编号:1000-0275(2012)01-0064-05

China's Development Strategy of Modern Gas Industry: a Perspective of Low-carbon Economy

TIAN Liang, LI Qing-lin

(School of Political Science and International Relations, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: With the accelerated process of urbanization, increased consumption of natural gas and the gap between supply and demand, China's energy security is facing serious challenge. From the perspective of low-carbon economy, the paper discusses the feasibility of biogas modernization for that the state supports policies, rich biogas source, and technology maturity. It also discuss biogas purification, connected in natural gas pipelines “grid” and applied to hybrid vehicles. It believes that modernization of biogas industry not only a viable carbon emission reduction measure but also a choice strategy of development of China's biogas industry in the future.

Key words: low carbon economy; biogas modernization; natural gas; development strategy

低碳经济是新的发展模式,更是一种新的发展理念^[1]。气候变化使发展“低碳经济”成为全球共识,实现经济发展模式由高碳向低碳转换亦为应对全球气候变化的必然选择。随着我国对能源需求及能源安全的要求日益增高,开发各类清洁能源,减少对化石能源的依赖具有重要意义。用制度创新的思路对传统沼气产业进行再造,不仅能够缓解急剧城市化所导致的常规能源供应紧张;而且是实现农村和小城镇日益增长的废弃物减量化和资源化的有效途径,对于实现我国农村乃至中小城市的低碳发展,具有重要的意义^[2]。

1 发展沼气产业的重要意义

1.1 快速城市化与能源紧缺

当前,我国正处于从农业社会向工业社会转型时期中城市化进程加速阶段,城市化率以年均 0.9% 的增速上升到 2009 年的 46.6%,成为世界上城市化率增速最快的国家之一。城市化进程的加快,势必导致我国能源消费形态在短期内发生质变,并经历能源消耗高增长阶段^[3]。以天然气为例,早在 2006 年,我国天然气的消费量首次超过产量,成为天然气净

进口国,且缺口日益扩大(表 1)。

表 1 中国天然气的产量和消费量 (单位:亿 m³)

年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
产量	252	272	303	327	350	415	493	561	692	803	852
消费量	215	245	274	292	339	397	468	586	695	813	887

2008 年天然气消费就占到了能源总消耗的 7%,且逐年递增。2009 年我国天然气供应总量达到 807 亿 m³,进口量达 78 亿 m³,对外依存度超过 8%。

2010 年海关总署公布的报告证实,2010 年我国天然气消费量达 1500 亿 m³,供需缺口约 300 亿 m³~400 亿 m³,预计 2020 年缺口约为 900×10⁸ m³,对外依存度将达到 50%左右;到 2030 年我国 LNG 的年进口量预计将达 7000×10⁴ t(约 900×10⁸m³)。“十二·五”期间天然气消费量年均增速将达到 25%以上,预计 2011 年消费量为 1300×10⁸m³,2015 年的消费量为 2400×10⁸m³~2600×10⁸ m³。未来 4 年,中国天然气生产量与消费量的缺口还会日益扩大。这将对人民生活和工农业生产带来了极大的影响,供需缺口越大,对外资源依存度越高,天然气的安全、稳定供应面临挑战就越大^[4]。一旦天然气供应中断,极易引发社会问题,甚至政治问题。因此,从国内寻找补充

基金项目:科技部“十一·五”支撑计划重点项目课题“低碳经济发展评价指标,战略规划与配套政策研究”(编号:2009BAC62B01);壳牌(中国)集团 2010 新农村建设-能源调研项目资助。

作者简介:田亮(1965-),男,安徽霍邱人,教授,博士,近期主要研究方向:低碳政治、社区治理和公共政策;李清林(1986-),男,山东郯城人,硕士研究生。

收稿日期:2011-11-15,修回日期:2011-12-08

性能源已迫在眉睫。

1.2 发展低碳经济的需求

低碳经济作为一种以低能耗、低污染、低排放为基础的经济模式,其实质是能源高效利用、清洁能源及可再生能源开发和应用、温室气体减排和储存技术等,以促进产品的低碳开发和维持全球的生态平衡。而在我国部分地区早已推广运用多年的沼气产业,可以说几乎具备了低碳经济的所有特征。所以说,发展沼气产业就是发展低碳经济^[6]。沼气产业对促进低碳经济建设的重要意义表现在:

(1)降低碳排放。沼气的有效成分是甲烷(CH₄),其含量为50%~70%,与民用天然气的有效成分趋同,是一种优质、清洁的可再生能源。一个8 m³的户用沼气池国际认可的CO₂减排量为1.66 t/a,年产沼气约350 m³左右,可省煤约1~2 t,11罐15 kg的石油液化气^[7]。

(2)促进低碳农业发展。联合国粮农组织指出,全球农业释放出的温室气体,相当于150亿t CO₂。沼肥仅在替代施用化肥一项,就可节约1%的石油能源,还能降低30%的农业温室气体排放。一座8 m³的户用沼气池年产25 t的沼肥,是优质的有机肥,对于改良土壤、提高农产品品质及产量效果显著,是理想的化肥农药替代品^[7]。

(3)提高森林碳汇量。一座8 m³的户用沼气池一年相当于节约薪柴2.5 t,保护林地面积约0.17 hm²,减少CO₂的排放2t。既提高森林碳汇量,又避免能源短缺-滥砍乱伐-生态破坏-能源短缺的恶性循环。

(4)沼气带来生活方式的变革。结合“改厨、改厕、改水、改栏、改浴”建设沼气池,厨房不再烟熏火燎,生活不再是遍地污水、粪草乱堆、臭气熏天。使用沼气既提高了生活质量,也减少了农户生活支出。

目前,全国沼气生产总量约达165亿m³,折合标煤2577万t标煤,减排CO₂7690万t,总价值将超过260亿元。农村沼气年产总量约130多亿m³,折合全国天然气年消费量的10%,减排CO₂5000多万t,生产有机沼肥近4亿t,相当于硫酸氨470万t,过磷酸钙370万t和氯化钾260万t,为农民增收节支近400多亿元^[6]。沼气不仅方便了农民生活,有效地利用了废弃的资源,促进了农村环境的改善,而且取得良好经济效益、社会效益和生态环境效益。

1.3 废弃物资源化的循环利用

废弃物是一种特殊形态的资源,具有巨大的开发潜力,将废弃物资源化的沼气工程非常符合循环经济的理念。通过厌氧处理,既能产生洁净的沼气,

又能解决农业废弃物所引起的环境污染,变传统的“资源—产品—废弃物”单向线形经济为“沼料—沼气—燃气—沼渣、沼液—施肥灌溉—沼料—沼气”综合利用的循环经济形式,沼气技术已成为循环农业的重要组成部分^[8]。

在城市废弃物资源化利用方面,可利用垃圾进行沼气生产,使城市垃圾化害为利、变废为宝,实现垃圾资源化利用,促进循环经济的发展;对于污水、污泥可采取厌氧消化生产沼气,既解决了大量污泥出路问题,又能够使污泥变废为宝。沼气利用是实现废弃物减量化、稳定化、无害化和资源化相统一的有效手段,具有广阔的发展空间。

沼气是目前农村有机废弃物资源化利用最为普遍和经济实用的方法。我国农村地区每年产生秸秆约为7亿t,畜禽粪便30亿t,位居全球第一。根据卫生部开展的全国农村饮用水与环境卫生现状的调查显示:农民每人每日生活垃圾量为0.86 kg,全国农村一天的生活垃圾量接近3亿t^[9]。若采取农业固体废弃物规模化干法厌氧发酵生产沼气,即能够充分实现农业废弃物的资源化利用。

总之,沼气在生产和生活中所表现出“一优”(优化环境)、“二减”(减少疾病、投资浪费)、“三增”(增肥、增收、增产)、“四省”(省钱、省柴、省电、省力)的综合作用,无不与与低碳环保、可持续发展的理念相吻合。

2 沼气现代化的可行性

《2000~2015年新能源和可再生能源发展规划要点》指出,开发利用沼气能源正面临着前所未有的发展机遇,沼气能源在我国具有巨大的市场空间,沼气的可再生性和环保性等优良特性决定了其未来的发展空间将会无限宽广,沼气是城镇居民理想的清洁绿色能源,前景广阔。

2.1 国家强有力的扶持

(1)政策支持。《农村沼气“十二·五”工程建设规划》,明确提出把以沼气为重点的能源建设纳入国家“十二·五”能源发展总体规划,把农村沼气作为发展现代农业、推进新农村建设,促进节能减排、改善农村环境、提高农民生活水平的一项全局性、战略性、长远性的系统工程。

中国科协、财政部共同签发了《关于组织开展2011年“科普惠农兴村计划”申报推荐工作的通知》,在“十二·五”中央财政投入“科普惠农兴村计划专项资金”7.5亿元的基础上,“十二·五”开局之年,中央财政将再投入3亿元。

《可再生能源法》的实施、《可再生能源中长期发展规划》的制定以及一系列财政税收优惠政策和鼓励措施的出台,极大地推动了清洁能源的发展,发展沼气不仅是新农村建设的必然选择,也是国家清洁能源开发的重要举措。

(2)资金支持。目前国家资金支持的项目有:农业部大型沼气国债项目,扶持建设资金约 50%;地方政府(农业局、环保局)现代化畜禽养殖污染防治专项资金;银行农村能源贷款项目等。政府强有力资金支持推动了沼气产业的发展(图 1)^[10]。国际支持主要是 CDM 项目。

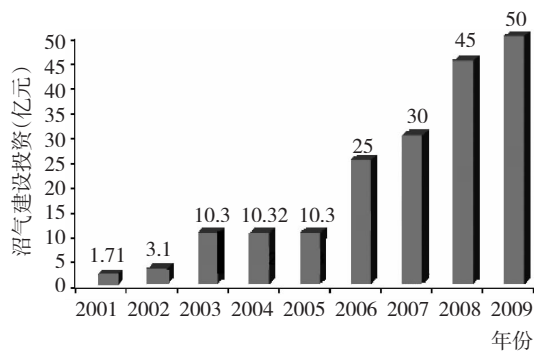


图 1 2001—2009 年中国沼气建设投资

2.2 沼料来源多元化

根据沼料来源分为城市沼料和农村沼料,城市生活垃圾的有机物,其易腐有机质含量极为丰富,主要以淀粉类、食物纤维类、动物脂肪类等有机成分为主,比如餐饮业垃圾、食品行业尾料等,都是理想的沼气原料。我国每年生成的有机垃圾达数十亿吨,还有大量粪便、禽畜粪便,即使利用 1/10 制沼气,就可取代石油 4000 万 t,价值 160 亿美元,还可提供约 320 万人的就业。

另外城市污水和工业废水、废料也可以用来制沼气。例如高碑店污水处理厂通过技术改造和调整工艺,最大限度地收集沼气,沼气产量已经提高到 1.8 万 m³,每天沼气发电量保持在 3 万 KW.h 左右,年发电量约 1000 万 KW.h (可节约电费 500 万元),相当于约 5000 户家庭一年的用电量^[11]。

从资源化利用的角度看,垃圾是地球上唯一在增长的一种资源,及时有效地处理好城市垃圾,对建设资源节约型、环境友好型和谐社会具有十分重要的意义^[12]。中国作为农业大国,农业废弃物蕴藏量巨大且来源广泛,如畜、禽粪便、作物秸秆、食品废弃物(家庭、餐馆等)、农产品加工企业(屠宰场、乳制品厂、面粉厂)废水废料等。全国每年可利用的秸秆生物质资源有 7 亿 t、畜禽粪便 30 亿 t、林木废弃物 2 亿 t,这些都是中国独特的沼气“富矿”资源。农业沼气工

程通过厌氧发酵,不仅有效解决废弃物排放问题,而且产生清洁沼气,真正实现变废为宝。

2.3 成熟的技术支持

沼气由 50%~70%甲烷、20%~40%二氧化碳、0%~5%氮气、0.1%~3%硫化氢、小于 1%的氢气、与小于 0.4%的氧气等气体组成。天然气也是一种多组分的混合气体,主要成分是含量达 90%以上的甲烷,另有少量的乙烷、丙烷和丁烷,一般还含有硫化氢、二氧化碳、氮和水气,以及微量的惰性气体,如氦、氩等。沼气的热值为 21769352~27706448 J/m³,天然气的热值 33472000 J/m³,若沼气要达到与天然气相当的热值水平,作为天然气的补充能源,必须经净化提纯达到国家规定的天然气的标准后方可并网使用。

经过 20 多年的建设发展,我国的沼气应用规模和技术均走在世界前列,沼气净化并网或沼气发电等也取得了重要进展。从厌氧反应器类型看,几乎所有的常规、高效的厌氧消化工艺在我国都有应用,如完全混合式厌氧反应器(CSTR)、厌氧接触反应器(AC)、上流式厌氧污泥床(UASB)、升流式固体床(USR)、内循环厌氧反应器(IC)、膨胀颗粒污泥床反应器(EGSB)。在配套设备方面,我国已研制成功了全烧机组,制罐、自动控制、脱硫脱水、固液分离等装置^[13]。

德国在沼气方面拥有世界最先进的技术,成为清洁能源技术领域的先行者。德国的大部分沼气用于发电上网,采用“混合厌氧发酵、沼气发电上网、余热回收利用、沼渣沼液施肥、全程自动化控制”的技术模式;沼气工程大多采用热电联产模式,增加发电余热的利用率;有些工程将沼气脱水脱硫和纯化后并入天然气网络^[14]。垃圾处理上实行分类收集,实现了废物的减量化、资源化和能源化利用。其中生活垃圾采用厌氧湿发酵处理,生活污水采用好氧处理,沼渣、沼液经过 6 个月的存放后作为农作物肥料利用,等等^[15]。

我国可以适当引进德国先进的沼气技术、设备进行国内技术创新,因地制宜,灵活运用,形成适合我国国情的高效沼气技术,实现我国沼气行业的规范化、规模化发展。

在沼气净化方面,主要涉及脱硫、脱碳、脱水和除杂等。将沼气通过冷凝、或用氯化钙、氯化锂或者硅胶、活性氧化铝等方法除水后,进入脱硫系统;运用压力水洗法、压力交替吸附、氨洗、膜净化工艺等方法,将沼气中硫化物脱至 0.1×10⁻⁶以下,以满足后续脱氧工段的要求,脱硫后经除尘加压进入吸收塔;再用活性炭吸附法、液体吸收法、生物吸收法、和膜

分离技术等方法去除二氧化碳^[16]。在特定的吸收剂和反应条件下,调整气体中甲烷浓度到90%以上,同时全部或部分除去氨、氮氧化物、硅氧烷等多种杂质。为避免产生爆炸事故,必须控制沼气中的氧气含量小于3%。然后将气体调整和净化后,经冷却、分离送入天然气管网(图2)。其工艺流程如下:

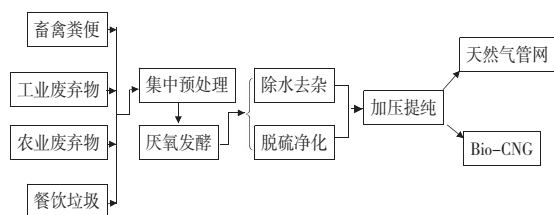


图2 沼气净化工艺流程图

2.4 CDM 项目的支持

清洁发展机制(CDM)是发达国家和发展中国家进行项目级的减排量抵消额的转让与获得。对发展中国家而言,利用减排成本低的优势从发达国家获得资金和技术,促进其可持续发展;对世界而言,可以使全球在实现共同减排目标的前提下,减少总的减排成本。因此,CDM 是一种双赢(Win-Win)的选择。发展 CDM 项目对我国沼气发展有重要的意义^[17]。比如山东民和 2 万 m² 特大沼气项目,每年减排收入 630 万元。

3 沼气现代化发展的战略选择与产业发展趋势

随着农业产业结构和生产生活方式的改变,特别是农村劳动力的大量转移导致的“空心化”问题日益严重,传统的“自产自消”型沼气发展模式已经逐渐制约了中国沼气事业的健康持续发展^[18]。现阶段户用沼气主要用于日常用能,较大规模的沼气厂生产的沼气也仅是炊事、供热等,少数用于发电,其利用价值很低。这种小沼气无论是现在还是将来,都无法形成规模化。沼气要实现产业发展,在满足居民用户使用的同时,净化后作为天然气的补充,转向工业领域的应用。唯有如此,才能实现沼气的高值利用^[19]。比如并入天然气管道、生产甲烷和二氧化碳工业气体、生产合成气和生产生物肥料,等等,所产生的可观利润又可反哺沼气产业,从而形成良性循环,在国家政策的扶持下,逐步将传统的、零星的小沼气升级为一个巨大的沼气产业。从长远来讲,走工业化道路是解决沼气产业发展问题的主要途径之一,其中在并入天然气管道和补充车用方面最具发展前景。

3.1 天然气并网

天然气供需缺口日益增大,潜在能源安全危机加剧,这为沼气产业发展提供了战略机遇。将沼气净

化并入到天然气管网中即成了沼气产业发展的战略选择之一。沼气去除其 CO₂ 和 H₂S 等杂质后,将甲烷的含量提高到 95%~97%,与天然气相比其性质相差较小,完全可以实现兼容并网,然后像城市使用管道煤气一样,把清洁、卫生和方便的“混合气”送往各家各户,实现沼气与天然气“共赢”。通过净化提纯后生产符合国家标准的安全、清洁、高效的沼气,利用高级控制技术,把提纯后的沼气并入天然气管网系统,推动沼气能源与现有天然气系统的有机融合,实现实时互动和协调运行;也可以将沼气作为天然气供应的调峰手段,根据天然气的缺口额度,采取对沼气实施智能化调度管理,以有效减缓或避免“气荒”;还可以通过管网改造的方法,使目前的天然气管道兼容沼气。

3.2 生物天然气

经过净化提纯后的沼气作为一种新型的能源用于机动车燃料即“生物天然气”(Bio-Natural Gas),直接送到加气站^[20](图3)。以河南安阳为例,这种生物天然气的售价为 4.7 元/L,低于 6.35 元/L 的城区成品油价格。与天然气相比,沼气也具有一定成本优势。沼气的生产成本为 1.8 元/m³,煤层气的价格为 2.6 元/m³,进口 LNG 的价格更是高达 3 元/m³,可见沼气具有较强的市场竞争力^[21]。1 标准 m³ 的车用沼气相当于 1.15 L 汽油的燃烧值。若按天然气价格计,1 标准 m³ 的车用沼气的价格在 2.2~2.8 元之间,而 1.15 L 93 号汽油的价格现阶段则为 5.85 元,两者相差一倍多,而且目前来看,价格优势明显。

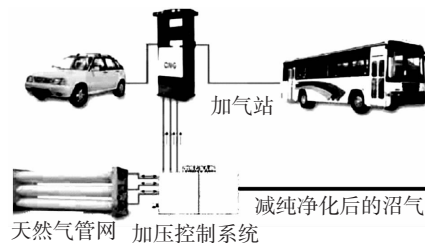


图3 车用生物天然气

3.3 化工产业用气

沼气的主要成分 CH₄ 和 CO₂, 是基本的化工生产原料,以其为基础,可生产多种高附加值的化工产品。①生产 CH₄ 和 CO₂ 工业气体。通过净化提纯技术,可从沼气中把 CH₄ 和 CO₂ 直接分离出来,作为工业气体使用。CH₄ 可用来替代天然气合成燃料和多种基础化学品。②生产化工产品。沼气中提取出的 CH₄ 和 CO₂ 以及以沼气为原料制取的合成气 (CO+H₂) 是基本的工生产原料,可进一步生产多种高附加值的液体燃料和化工产品。例如,CH₄ 可直接转化成乙炔、氢气、炭黑、氯甲烷、氢氰酸、硝基甲烷和二硫

化碳等,也可首先转化成合成气,然后再合成氨生产化肥等^[6]。

3.4 未来沼气产业发展趋势

未来沼气现代化的运营模式应该是商业模式,沼气作为商品像天然气一样在市场中流通,实现城乡统筹发展,即便是在农村也可以用上清洁的沼气(Bio-CNG)(表2)。

表2 我国沼气产业发展未来展望

现在	远期	未来
户用沼气,服务网点,大中型沼气工程	公司化供气工程 城市:净化并网 车用动力等	大型能源公司 天然气=净化沼气
并驾齐驱,共同发展	农村:一村一站 多村一站	国内:商品出售 外贸:出口创汇

在沼气产业未来发展过程中,还需要政府制定和完善有利于沼气发展的鼓励政策,尤其是政府的服务与引导^[23]。引导大型能源投资公司、装备制造龙头企业和社会资本注入,扶持企业加强沼气提纯研究和加压技术的引进和研究,力争技术上过关、价格上合理,在沼气并入天然气网和加气站的过程中,实行沼气产品及其生产企业的减免税,促进沼气产业走上可持续的工业化可持续发展之路。

参考文献:

- [1] 王子军,张海清,吴敬学.低碳经济模式对我国农业产业的影响与未来农业生产的发展趋势[J].农业现代化研究,2011,32(5):542-546.
- [2] 杨瑞澜.大型畜禽养殖场沼气生态工程的实践——以长沙市天华养殖场沼气工程为例[J].农业现代化研究,1996,17(3):180-183.
- [3] 杜文.“气荒”主因在于城市化加速[OL].[2009-11-3].http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2009-11/30/content_393745.htm
- [4] 陈其珏.天然气产业“十二五”规划目标明确[EB/OL].[2011-01-21].<http://finance.sina.com.cn/stock/t/20110121/02199288369.shtml>.
- [5] 童晓光,李浩武,张映红,等.引进海外天然气资源存在的问题

及应对措施[J].天然气工业,2008,28(6):13-19.

- [6] 焦瑞莲.发展农村沼气促进低碳经济建设[J].农业工程技术(新能源产业),2010,7(1):10-11.
- [7] 肖超.大力发展沼气推进低碳经济建设[J].广西林业,2010(6):24-26.
- [8] 陈勇.沼气利用与循环农业探析——以湖南娄底为例[J].农业现代化研究,2010,31(3):382-383.
- [9] 邹敦强,毛正荣,胡玉英,等.农村有机固体废物资源化利用与农村沼气工程[J].能源与环境,2010,3(3):49-51.
- [10] 李沛沛.新农村建设视角下影响沼气使用因素的实证研究——以河南省新农村建设为例[J].经济研究导刊,2010(15):30-33.
- [11] 康晓鸥,王世和.城市污水处理厂污泥沼气资源化利用[J].中国沼气,2009,27(2):35-37.
- [12] 程光辉.实现城市垃圾处理减量化、无害化、资源化、产业化的新思路.新方法[J].中国科技信息,2009(3):28-29.
- [13] 李宝玉,毕于运,高春雨,等.我国农业大中型沼气工程发展现状、存在问题与对策措施[J].中国农业资源与区划,2010(2):57-61.
- [14] 何荣玉,宋玲玲,孟凡茂.德国典型沼气发电技术及其借鉴[J].可再生能源,2010,28(1):150-152.
- [15] 李子富,余敏娜,范晓琳.德国沼气工程现状分析[J].可再生能源,2010,28(4):141-144.
- [16] 庞云芝,李秀金.中国沼气产业化途径与关键技术[J].农业工程学报,2006,22(增1):53-57.
- [17] 杨宗杰.<http://cdm.cchina.gov.cn/WebSite/CDM/UpFile/File2585.pdf>.
- [18] 李景明.关于农村沼气建设的几点思考[J].中国沼气,China Biogas,2009,27(4):25-27.
- [19] 何沙,陈东升,李清林.沼气现代化发展战略思考[J].中国沼气,2010,29(2):26-30.
- [20] 李玉红,马小明.沼气应用技术新方向[J].中国沼气,2006,24(4):36-37.
- [21] 吴杰民.沼气作为车用燃料应用模式的研究[EB/OL].[2010-11-1].http://miit.ccidnet.com/art/32559/20101101/2229583_1.html.
- [22] 方淑荣,游珍,蒋慧,等.生态化:中国现代农业发展的必然选择[J].农业现代化研究,2011,32(1):43-36.