

虚拟企业研究述评

孙 蔚

(浙江省政府研究室 杭州 310012)

〔摘要〕 发达国家和地区已经进入知识经济时代,其虚拟经济和虚拟企业已较为发达,我国正在迅速工业化,部分发达地区正处于进入知识经济的准备阶段,因此,分析虚拟企业这种新型组织形式对我国企业的发展具有十分重要的意义。在综合与评价近年来有关虚拟企业论述的基础上,对虚拟企业的发展趋势提出了自己的见解。

〔关键词〕 虚拟企业 企业联盟 信息网络 契约网络 [中图分类号] F270

〔文献标识码〕 A [文章编号] 1000-7857(2004)10-0034-04

REVIEW ON THE RESEARCH ON VIRTUAL ENTERPRISE

SUN Wei

(Research Office of Zhejiang Provincial Government, Hangzhou 310025, China)

Abstract: The author reviewed on the research on the virtual enterprise, the main form of the enterprises in the era of knowledge: its basic characteristics, its operating model of the virtual enterprise, its competitive advantages. At last, the author made a forecast and comment on the prospects for the virtual enterprise in the future.

Key Words: virtual enterprise, alliance of enterprises, information net, contract net

CLC Number: F270

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2004)10-0034-04

随着人类社会由农业社会、工业社会向信息社会过渡,经济形态由农业经济、工业经济向知识经济转变,作为经济微观主体的企业组织形式也相应地由农业企业、工业企业向虚拟企业演变。同时,随着经济全球化进程的不断推进、全球信息网络的不断建成及国内国际竞争的日趋激烈,越来越多的企业会采取虚拟企业这种有效的组织形式来获取竞争优势,从而使虚拟企业成为未来企业的主导模式。

1 虚拟企业的定义及其基本特征

1.1 虚拟企业的定义 有人认为,虚拟企业(Virtual Enterprise,简称 VE)是由一些独立的厂商、顾客,甚至同行的竞争对手,通过信息技术联成临时的网络组织,以达到共享技术、分摊费用以及满足市场需求的目的。虚拟企业没有中央办公室,也没有正式的组织图,更不像传统组织那样具有多层次的组织结构^[1]。也有人认为,虚拟企业是一群企业在共同目标的引导下,借助于网络技术,超越时间、地域和

企业边界进行紧密合作与交流而形成的组织^[3]。戴恩民认为,虚拟企业是敏捷制造在企业组织形式上提出的核心概念。它是企业间在不涉及所有权的前提下,为赢得某一市场机遇而结成的非永久性企业动态联盟^[12]。韩晶认为,所谓虚拟企业,是指一些独立的厂商、顾客,甚至同行业的竞争对手,为了达到共享技术、分摊费用以及满足市场需求的目的,通过信息技术联成的临时网络组织;虚拟企业在组织上突破了有形界限,虽然有生产、设计、销售、财务等多种功能,但企业内部却没有完整的执行这些功能的实体部门存在;也就是说,企业在有限的资源条件下,为了在竞争中取得最大优势,只保留企业中最关键的功能,而将其它功能虚拟化;必要时,通过各种方式借助外部资源进行弥补,目的在于以最大效率发挥企业有限资源,并以最快速度响应市场需求(韩晶,2003)。张承耀认为,虚拟企业有广、狭义之分。所谓的狭义虚拟企业是指不同企业或不同经济主体之间的一次密切协作,在短时期内完成似乎应该由一个企业完成的任务;不同主体

收稿日期:2004-03-19。

作者简介:孙蔚,男,1972~,杭州市省府路8号浙江省政府研究室(310012),主要从事企业人力资源管理研究,E-mail: zhipengw@sina.com。

Chem. Mater., 1996, 8: 2 824~2 827

[13] Yang S F, Fan L Z, Yang S H. Preparation, characterization, and photoelectrochemistry of langmuir-blodgett films of the endohedral metallofullerene Dy@C₈₂ mixed with metallophthalocyanines[J]. J. Phys. Chem., 2003, 107: 8 403~8 411

[14] Jehoulet C, Bard A J, Wudl F. Electrochemical reduction and oxidation of C₆₀ films[J]. J. Am. Chem. Soc., 1991, 113: 5 456~5 457

[15] Kob W Y, Dubois D, Kutner W, Jones M T, Kadish K M. Electrosynthesis and electro doping of C₆₀ⁿ⁻(n = 0, 1, 2, or 3) films:

electrochemical quartz crystal microbalance study in acetonitrile solution of alkali-metal, alkaline-earth-metal, and tetra-n-butylammonium cations[J]. J. Phys. Chem., 1993, 97: 6 871~6 879

[16] Chlistunoff J, Cliffl D, Bard A J. Electrochemistry of fullerene films[J]. Thin Solid Film, 1995, 257: 166~184

[17] Tagmatarchis N, Shinohara H. Production, separation, isolation, and spectroscopic study of dysprosium endohedral metallofullerenes[J]. Chem. Mater. 2000, 12: 3 222~3 226

(致谢:感谢香港科技大学和北京师范大学对本工作的支持。)

(责任编辑 邱夜明)

之间高度精确的配合使得外部看上去像是一个独立企业的一次运作,而实际上是企业仅仅保留了某些关键功能,其它的一些功能被虚拟化;企业某些功能的虚拟化以各种方式借用外部力量来整合,所借用的力量可能是上游供应商,可能是用户,也可能是竞争对手,无论在形式上如何表现,虚拟企业的基本精神在于突破企业的有形界限,借用外部资源整合,以延伸企业的功能(张承耀,2003)。卢海涛认为,所谓虚拟企业,是指针对某种市场机会的快速反应,通过互联网技术将拥有相关资源的若干独立企业集结起来,以及时地开发、设计、生产、销售多样化、用户化的产品或服务而形成的一种网络化的动态的战略联盟^[13]。笔者认为,虚拟企业是指单个企业或若干企业突破企业组织的有形界限,以一种或多种优势资源为核心并专用化,为实现特定的企业目标,借助现代计算机技术与网络技术保留企业本身的核心或关键职能,而虚拟了企业的其它职能,以达到有效整合外部资源而建立的准市场核心性企业联盟。

1.2 虚拟企业的基本特征 虚拟企业与传统企业相比,有以下基本特征。

1.2.1 合作性 虚拟企业往往由一个核心企业与几个非核心企业组成,其存在的出发点是某一共同的市场机会,基点是各企业的专长及其整合效应以实现“双赢”,因此虚拟企业是一个由核心单元(企业)与非核心单元(企业)组成的伙伴性合作企业联盟。核心企业往往集中力量发现新的市场机会、开展有市场远景的新产品设计及其制造研究;非核心企业则根据核心企业的要求进行生产与销售,并及时提出改进意见,从而缩短新产品上市的时间,降低整个服务过程的成本,所以虚拟企业从产生到死亡,整个生命过程都充满了合作。而大部分传统企业在建立时强调法人资产的专有性,尽量把市场功能内部化,实现研发、生产、销售、售后服务的控制,合作在一定的程度上受到自身框架的限制^[9]。

1.2.2 虚拟性 虚拟企业往往没有传统企业所拥有的固定的经营场所、办公人员,而是通过信息网络和契约关系把分散在不同地方的资源(包括人力资源)整合而成;虚拟企业只保留和执行本身的关键功能,把其它功能委托给外部企业来实现,所以只见虚拟企业的品牌与信誉(研发与策划职能),不见其工厂、运输与销售(当然生产、运输与销售职能只是被分割而已)^[7]。

1.2.3 动态性 虚拟企业往往是为了某一具体的市场机会通过签定契约而组成的企业联盟,合作的对象往往是分别在各自从事的活动方面最具核心能力的企业,所以虚拟企业是经济活动在企业层次上能力分工的结果,各合作成员随着各市场机会的更迭及生产过程的变化而进入与退出、甚至整个企业因合作使命的完成而消亡,所以从一段时间来看具有动态性。传统企业则强调自身有形组织的发展和壮大,即使某一次合作使命完成也会继续存在下去。

1.2.4 准市场性 根据制度经济学的观点,市场和企业是组织生产的两种方式,前者以价格机制为调节工具,后者以行政为手段,生产者可以根据交易费用和组织费用的比较来进行企业职能市场化或市场职能企业内部化。虚拟企业是凭借自身的核心资源利用网络技术充分整合市场外部其它企业优势资源的企业联合体,既非单纯的企业又不是纯粹的市场,而是一种介于企业与市场中间的松散性组织,其边界大于“企业”小于“市场”,具有“准市场性”。而传统企

业强调市场与企业的界限和自身资产的专有性,从而弱化了市场机制与企业间的“柔和职能”,产生企业边界刚性。

1.2.5 全球性 根据供应链管理理论,虚拟企业基于全球供应链并以价值链的整体实现为目标,强调以互联网为基础的全球性的信息开放、共享与集成,整合全球资源。虚拟企业把企业系统的空间扩展到全球,通过信息高速公路,从全球供应链上有条件地选择合作伙伴组成动态公司,进行企业的大组合。因此,虚拟企业的经营要素不仅包括资本、人力、技术、信息,管理具有全球性,其组织形式也是全球化的。而大部分传统企业在建立时往往基于局部或区域的需求,只有当企业发展到一定的规模和阶段后才开发国际市场,寻求国际间的资源整合。

1.2.6 学习性 传统企业侧重的是基于设备、劳动、资本等有形生产要素的合作,重视对有形资产的控制,但忽视对伙伴企业知识技能的吸收和积累,合作的战略意图往往是可以快速而可靠地进入一个原先关闭的市场,或是为了满足当地政府的要求,让当地分享商机,并强调你死我活的竞争;而虚拟企业侧重的是基于知识技能等无形生产要素的合作,以数字化信息流为纽带将若干个企业贡献的核心知识“捆绑”在一起,从而有效地实现对伙伴企业间知识技能的吸收和积累,同时虚拟企业把进入对方的核心知识,在学习的基础上加以提高和创新,增强各自的核心竞争力,以实现企业“多边合作共赢”为战略目标。因此虚拟企业是一个学习的企业联盟^[9]。

1.2.7 组织结构网络化 虚拟企业不仅信息传导机制是网络化的,其组织结构也是网络化的。传统企业过分强调分工的作用,实体组织结构往往实行科层式、金字塔式管理,物流成本高昂,且不利于企业间交流。而虚拟企业的组织结构是网状的,实行扁平式的管理,使信息流部分代替物流成为可能,管理成本较低,企业间的交流突破了“空间壁垒”与“制度壁垒”,从而交流与相互渗透的程度大为加深(吴峰,2000)。

1.2.8 市场机遇的快速应变性 虚拟企业能够快速地聚集实现市场机遇所需的资源,从而抓住市场的机遇。这种快速应变性,使虚拟企业不仅能适应可以预见的市场变化,也可以适应未来不可预知的市场环境^[11]。

1.2.9 直接性 电脑网络的迅速发展和虚拟企业的组织结构趋于扁平化,使得处于网络端点的生产者与消费者可以直接交流,加快了商品信息的反馈,降低了传统中间商层次存在的必要性,从而显著降低了交易成本,提高了经济效益。从企业发展史来看,它是企业经济形态的一次回归,即农业经济时代的企业(直接交换)→工业经济时代的企业(间接、迂回交换)→知识经济时代的企业(直接交换)。

1.2.10 企业文化的多元性 组成虚拟企业的成员企业可能是来自世界各地,每一个企业都有自己独特的价值观念和行为习惯。这些成员企业之间,并没有资本的直接参与和控制,不存在一个成员对另一个成员强制支配的纵向从属关系。它们是一个为着共同目标而平等合作的非命令型联盟组织,所以在合作过程中,只有充分了解和尊重各成员企业的文化差异,在相互沟通、理解、协调的基础上求同存异,努力形成一个共同认可的目标一致的联盟文化,从而消除成员之间的习惯性防卫心理和行为,才能建立良好的信赖合作关系(严安,2003)。

2 虚拟企业的运行模式

2.1 虚拟企业的运行流程 企业运行流程是企业在各系统层次形成的各类活动的顺序。从企业整体一级系统层次上看,运行流程是指各种生产要素的输入、加工、产出、销售过程。

2.1.1 虚拟企业的研发 虚拟企业一般采取以下几种方式取得技术上的竞争优势。一是自主开发。虚拟企业中的核心企业通常设有研发中心,专用于企业关键或核心技术的开发,从而确立自己的知识、技术及其管理的领先地位。二是联合研发。虚拟企业与相关的科研企业、院所、高校就某项新产品、新技术、新课题进行联合研发,以实行开发资源的互补。三是委托开发。虚拟企业可以通过竞标方式把新产品、新技术、新课题委托给中标企业或通过契约方式委托给合同企业、研发机构;自己做的只是评估、选择研发企业,提供研发经费。四是直接购买先进技术^[8]。

2.1.2 虚拟生产与销售 虚拟企业通常在确立了技术、知识上的优势后把企业有限的资源集中到企业最具优势的流程或环节中(如管理或策划),而把剩余的流程或环节(如生产、运输、销售及售后服务)外包给其它专业公司,以充分节约成本,提高效率。这种做法就叫 OEM。“销售”通常指的是通过委托总代理、特许经营、网络销售等方式把产品或服务提供给消费者。

2.1.3 虚拟企业的管理 虚拟企业的管理主要有契约管理和质量管理两种方式。一是契约管理。虚拟企业是一种基于目标导向型的跨时空、跨组织的松散企业,它的基础就是信任和契约。通过契约,一方面使违约成本高于履约成本,从而禁止签约企业的机会主义行为;另一方面使企业随着新产品的研发、生产与销售的变化而变化,各成员企业可以“各取所需”地签定短期或长期合作契约,从而使企业具有高度的运作灵活性和市场反应能力(林慧丽,2002)。二是虚拟企业的质量管理可分为质量保证、质量协调、质量创新3个方面。质量保证:核心企业在确定生产计划后,通过市场搜寻资源互补的相关企业签定协作合同,各成员企业保证实现合同中承诺的质量目标,最后,核心企业按合同验收合格品并加以集成,最终推向市场。质量协调:虚拟企业中的企业都具有双重目标,一方面,它们参与联盟,有相互协调实现双赢的要求;另一方面,各成员企业又都是独立的市场主体与法人,有各自的利润最大化目标即追求个体局部利益的倾向,这就需要协调,有时协调的成本还很高。质量创新:虚拟企业内部成员企业间的动态联盟知识链松散,不成系统;企业缺乏凝聚力,虚拟资本的稳定性也不够,这无疑会影响正常的技术创新和质量创新,但在虚拟企业较为发达的未来建立一个中立、公正的技术权威机构进行质量的认证、检测与协调,从而将各企业的知识链连接起来以促进创新还是可行的^[7]。

2.1.4 虚拟企业的战略联盟 一是虚拟企业自身的联盟。虚拟企业因其自身的核心化,功能较为单一,所以必须借助互补的资源或功能,共同结合成有独立行为能力的临时性组织,同时,虚拟企业的联盟是功能互补,是专业与专业的合作与联盟^[6]。二是虚拟企业间的联盟。两个或两个以上的虚拟企业在彼此的产品、技术、市场不存在根本冲突时,为了实现共同的战略目标,通过各种协议、契约结成利

益与风险共享,所有权与经营权分开的松散型结合体^[3]。这样不仅可以实现规模经济、范围经济的效应,而且还可以抑制同行业的过度竞争,共同维护市场秩序。相信在建立了虚拟企业行业标准后,这种战略联盟会得到长远的发展。

2.2 虚拟企业的运行平台 虚拟企业作为知识经济时代的新型企业,是信息技术与知识经济结合的产物,其运行是信息化、知识化、契约化的,相应地它的运行平台有信息网络、知识网络、物流网络与契约网络^[5]。

2.2.1 信息网络 虚拟企业通过英特网,连接分散在世界各地的信息系统,形成一个收集、分类、加工处理全球信息的电脑网络,使全球的人力资源流、资金流、市场商机流、材料信息流等在短时间内尽显眼前,实现全球信息的共享,使得人们克服地理位置的局限而协同工作。

2.2.2 知识网络 知识是信息的内容,信息是知识的显化。在知识经济社会,知识是最重要的生产要素。当今时代的创新不再像传统创新过程那样,沿着一个固定的、由一系列阶段构成的线性过程展开,而是通过知识的交叉、互补、相互融合后产生创新。虚拟企业适应了创新这一新的要求,它突破传统企业关于企业具有完备知识和创新能力的狂妄假设,将企业内部知识网络与外部的知识网络连接起来,表现为虚拟企业与其它知识资源互补性企业的合作,形成在各领域都领先的知识网络。虚拟企业正是借助于这一知识网络实现协同创新(Zack & McKinney,1995)。

2.2.3 物流网络 企业的虚拟化不仅使得管理信息化,也使现实中的物流机制发生重大变化。传统企业往往由商业流通系统承担产品流通的职能,商业流通企业沿用实体企业的层级结构:一级批发商、二级批发商……直至零售商。这种流通机制使得需求信息传递失真及时滞,造成产销脱节。而虚拟企业借助于信息网络开发出十分迅速、高效的定货系统,及时、准确地满足消费者的各项要求;流通上借助于高效、发达的第三方、第四方物流机制实现产品的流通,达到信息流与物流的交汇融合(Ahuja et al., 1998)。

2.2.4 契约网络 虚拟企业不单纯是企业(统一规制),又不单纯是市场(古典规制),而是一种准市场企业,必须对市场的公共性、独立性予以反方向改造,使其成为具有一定私有性、专用性、可控性的不完全市场。虚拟企业在就某项经济目标确认了各自核心能力的互补性后,通过大量的间断式双边规制形成企业联盟,联盟内各企业可以根据需要再与其它企业签定合作契约,其它企业又可以从自身的情况与别的企业签定合作契约,这样一级一级往下发展形成一级契约网、二级契约网、三级契约网……。为了避免每次签定契约的谈判成本过高,虚拟企业联盟往往是比较稳固的^[9]。

2.2.5 四大平台之间的关系 信息网络、契约网络是知识网络、物流网络建立的基础。物流网络、知识网络使得信息网络、契约网络具有实际运用价值。信息网络为契约网络的形成提供沟通与协调的平台。4个网络之间在形态上并非都是独立的,具有一定的重叠关系,即知识网络与信息网络有重叠性,契约网络则内含于物流网络和知识网络之中。

3 对虚拟企业的预测和评价

(1)虚拟企业是知识经济与信息技术结合的产物,它顺应了时代的潮流,改变了传统企业的生产、管理模式,最大限度地节约企业的研发、生产、运输、销售和管理成本,从而

增强了企业的核心竞争力,提高了整个社会的福利水平,在以知识技术为核心资源的 21 世纪新经济时代必将得到快速、蓬勃的发展,成为未来企业的主导模式。

(2) 由于世界各国经济信息化、知识化的程度不同,各国、各行业虚拟经济的发展水平也不相同,因此各国、各行业的虚拟企业虚拟化的程度也不尽相同,虚拟企业在各国的界定标准也不同,虚拟企业所表现出来的形式也千姿百态,所以对于虚拟企业的认识和应用也不能拘泥于某一种形式。目前,美国、日本等经济发达国家正以年增 35% 的速度跨行业、跨地区组建虚拟企业,形成 2 500 亿美元的生产规模。采用虚拟企业这一组织形式实现企业奇迹般发展的典型例子可谓不胜枚举,诸如美国的耐克公司、戴尔计算机公司等。而在我国民营企业蓬勃发展的地区,如浙江,已有这样的实例——采用虚拟企业这种有效的企业组织形式,实现了整个企业从规模、品牌、核心竞争力等各方面的质的飞跃。例如温州的美特斯邦威集团,运用“虚拟经营”,成功地打破了温州家族式民营企业通常发展到 5 亿元营业规模就徘徊不前的“温州宿命”,从一个 1994 年建立的前店后厂式的寻常服装摊起家,在短短的 7 年里,一跃发展成为有 8.7 亿元营业收入的 2001 年度中国民营企业 500 强中的第 120 名! 而且扩张速度一年比一年快,2002 年年销售收入已达 15 亿元,2005 年营业规模将达到 40 亿元。应该说虚拟企业这种企业组织形式对我国企业特别是民营企业的发展、壮大特别的借鉴意义。

(3) 虚拟企业与网络企业之间的关系。虚拟企业与网络企业的共性有:二者都借助电脑网络作为自己的信息传导机制,企业往往没有固定的经营场所,企业的组织结构也都趋向于扁平化。但虚拟企业又不同于网络企业。网络企业的整个经营过程都是在电脑网络上实现的,服务的终端是为消费者提供网络产品和服务;而虚拟企业只有部分运行过程在电脑网络上完成,为消费者提供的不一定是网络产品和服务,还可以是我们所需的任何商品。网络企业具有显著的边际效益递增性和外部经济性,而在虚拟企业,这两个特征并不明显或者不存在。最后,虚拟企业这种企业联盟里可能拥有一家或几家网络企业作为功能互补性的单元企业,但二者的边界是清晰的。

(4) 虚拟企业与虚拟经济之间的关系。目前理论界对虚拟经济的主流认识是:虚拟经济是指与虚拟资本以金融系

统为主要依托的循环运动有关的经济活动,简单地说,就是直接以钱生钱的活动^[10]。结合本文以上对虚拟企业的论述可知,虚拟企业和虚拟经济是两个不同层次里的不同事物。当然它们之间也有连接点:虚拟企业可能会成为虚拟经济中运行的主体,虚拟经济和虚拟技术的蓬勃发展有利于更多虚拟企业的产生。

(5) 虚拟企业毕竟是一种新生事物,人们认识虚拟企业、接受虚拟企业的产品或服务、利用虚拟企业这种组织形式将是一个长期的过程;同时虚拟企业的发展必须借助于电脑网络,而由于电脑网络自身的安全性能以及电脑及其网络在世界各国的普及程度不同等因素的存在,虚拟企业的发展将是一个长期而曲折的过程,但它一定会“直挂云帆济沧海”似地向前发展壮大!

参考文献 (References)

- [1] William H Davidow, Michael S Malone. The Virtual Corporation [M]. Harpercovins Publisher, Inc., 1992
- [2] Nonaka Ikujiro, Takeuchi Hirotaka. The Knowledge -Creating Company[M]. Oxford University Press, 1995
- [3] Lipnack, Stamps. The Virtual Enterprise [C]. www.virtualenterprise.org.2004-03
- [4] Manjul K Ahuja, Hathleen M Carly. Network Structure in Virtual Organizations[C]. www.amazon.com 2004-03
- [5] 赵春明. 虚拟企业[M]. 杭州:浙江人民出版社,1999
- [6] 李国津. 战略联盟[M]. 天津:天津人民出版社,1997
- [7] 陈菊红,等. 虚拟企业——跨世纪企业的崭新组织形式 [J]. 管理工程学报,2000(2)
- [8] 李龙一. 虚拟创新:未来技术创新的主导模式[J]. 科学学研究,2001(9)
- [9] 万伦来,等. 虚拟企业:一种学习型联盟的组织[J]. 工业企业管理,2003(3)
- [10] 成思危. 虚拟经济与金融危机[J]. 管理评论,2003(1)
- [11] 聂德怀,等. 虚拟企业合作与竞争[J]. 工业工程与管理,2003(7)
- [12] 戴恩民. 敏捷虚拟企业的知识管理. 计算机世界网,2003-09-10
- [13] 卢海涛. 信息时代——虚拟企业引导管理创新. 软件世界网,2004(3)
- [14] 严安. 虚拟企业——21 世纪企业形态的主流[J]. 中华管理论坛,2004(3)

(责任编辑 王宏章)

(上接第 27 页)

- of the nanoparticles[J]. Chem. Phys. Lett., 2002, 364(3-4): 290~296
- [37] Smith B W, Monthioux M, Luzzi D E. Encapsulated C₆₀ in carbon nanotubes [J]. Nature 1998, 396(6709): 323~324
- [38] Cao H, Xu Z, Wei X, Ma X, Xue Z L. Sol-gel synthesis of an array of C₇₀ single crystal nanowires in a porous alumina template [J]. Chem. Commun, 2001, (4): 541~542
- [39] Liu H B, Li Y L, Jiang L, Luo H Y, Xiao S Q, Fang H J, Li H M, Zhu D B, Yu D P, Xu J, Xiang B. Imaging as-grown [60] fullerene nanotubes by template technique [J]. J. Am. Chem. Soc. 2002, 124(45): 13 370~13 371
- [40] Guo Y G, Li C J, Wan L J, Chen D M, Wang C R, Bai CL, Wang Y G. Well-defined fullerene nanowire arrays [J]. Adv. Funct. Mater. 2003, 13 (8):626~630
- [41] Arsalani N, Gecheler K E. Radical bulk polymerization of

- styrene in the presence of fullerene [60][J]. Fullerene Sci Technol 1996, (4): 897~912
- [42] Xiao S X, Wang S, Fang H J, Li Y L, Shi Z Q, Du C M, Zhu D B. Synthesis and characterization of a novel class of PPV derivatives covalently linked to C₆₀ [J]. Macromolecular Rapid Communication, 2001, 22(9): 1317~1 318
- [43] Wang Y. Photoconductivity of fullerene-doped polymers[J]. Nature. 1992, 356(6370): 585~587
- [44] Sariciftci N S, Smilowitz L, Heeger A J, Wudl F. Photoinduced electro-transfer from a conducting polymer to buckminsterfullerene [J]. Science. 1992, 258(5087): 1 474~1 476
- [45] Yoshida M, Yoshimoto K, Akashi T, Uchida M, Kawai T, Ohmori Y, Noguchi T, Ohnishi T, Yoshino K. Electroluminescence in molecularly doped conducting polymer [J]. Synth Met . 1995, 71(1~3): 2 111~2 112

(责任编辑 邱夜明)