

# · 文献计量学 ·

## 美国生物乙醇技术的专利计量分析 \*

陈长益 杜艳艳 张 旭

(中国科学技术信息研究所 北京 100038)

**摘要** 目的:对美国的生物乙醇技术的进展进行深入挖掘。方法:以专利计量的分析方法,借助可视化的分析工具,对美国生物乙醇技术的专利文献从技术生命周期、IPC 小类重点分布、专利权人专利申请及其技术应用重点进行分析。结果:研究发现近年来美国生物乙醇技术的发展进入了迅速的成长期;技术应用重点集中在微生物发酵、酶解、转基因植物新品种等领域;杜邦公司和先正达公司技术重点集中在转基因新品种的研制,诺维信公司和丹尼斯克公司技术重点集中在生物酶的研制。结论:美国生物乙醇技术发展迅速,这与美国政府的支持有关,也证明美国的基础科学转化率很高。

**关键词** 生物乙醇;生物酶;纤维素;发酵

中图分类号:Q503,G350 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2011)01-144-05

## Patentometrics Analysis on American Bio-ethanol Technology\*

CHEN Chang-yi, DU Yan-yan, ZHANG Xu

(Institute of Scientific and Technical Information of China, 100038, Beijing, China)

**ABSTRACT Objective:** To research deeply the progress of American bio-ethanol technology. **Methods:** We used the method of patentometrics by visual analysis tools to analysis patent literatures of American bio-ethanol technology on technology lifecycle, major distribution of IPC subclass, patent application and its technology focus of patent assignees. **Results:** After analysis, the author finds out that the development of American bio-ethanol technology has entered into the rapid growth period; the vital application of bio-ethanol technology focused on microbial fermentation, hydrolysis, new varieties of transgenic plants and other fields; the technology of DuPont Company and Syngenta Participations AG primarily focus on the development of new varieties of genetically modified while the technology of Novozymes AS and Danisco AS largely focus on the development of enzyme. **Conclusions:** The rapid development of American bio-ethanol technology benefits from support of American government and it also proves that a high conversion rate of American basic science.

**Key words:** Bio-ethanol; Bio-enzyme; Cellulose; Fermentation

**Chinese Library Classification:** Q503, G350 **Document code:** A

**Article ID :**1673-6273(2011)01-144-05

### 前言

由于石油需求的增长和全球油价暴涨,各国都加速发展替代能源,其中生物乙醇以其清洁和可再生的特点,呈现强劲的发展势头。生物乙醇是以生物质为原料通过微生物的发酵制取的燃料酒精。美国是生物乙醇生产的第一大国<sup>[1]</sup>,其生产生物乙醇的主要原料是玉米和小麦等粮食产品。美国通过转基因工程不仅提高了玉米的产量,而且新品种的玉米中含有发酵过程所需的酶,降低了生物乙醇的生产成本,提高了生物乙醇的生产效率。然而由于玉米甘蔗是粮食产品,从长远来看,其不具有规模性和可持续性。为了坚持“不与人争粮,不与粮争地”的原则,以木屑、农作物秸秆、树皮、甘蔗渣等纤维素和木质纤维素类物质为原料的第二代生物燃料乙醇应运而生,并且成为替代化石能源的关键。

据世界知识产权组织(WIPO)统计:专利信息是世界上最大的公开技术信息源之一,它包含了世界上90%-95%的技术信息,并且技术信息的公开比其他载体早1-2年<sup>[2]</sup>,并且许多发明也只能在专利文献中查到。专利文献反映了科研技术研发领域中应用性、创见性较强的一线成果与思路<sup>[3]</sup>。本文以专利文献为分析对象,对美国生物乙醇的相关重点技术和专利权人的生物乙醇技术侧重点等情况进行专利计量分析研究。

### 1 材料和方法

#### 1.1 数据来源

数据来源于 ISI Web of Knowledge 系统的德温特创新专利索引(DII),该数据库收录了从1963年至今涉及40个国家及专利国际组织的3000多万条专利数据且每周更新,DII收录的数据不仅全面,而且数据都经过了专业人员的加工整理,质

\* 基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务专项(2008KP01-4-2)

作者简介:陈长益(1986-),男,硕士研究生,研究方向:情报学专利计量分析

杜艳艳(1963-),女,副研究员,主要方向:农业、中医药战略研究

张旭(1968-),男,研究员,研究方向:开放获取、战略情报研究、科技政策等

(收稿日期:2010-09-03 接受日期:2010-09-27)

量高。数据检索及下载时间是 2010 年 8 月 25 日,以生物乙醇及其相关词为主题进行检索,检索时间范围选择 1963 年-2010 年,共检索到生物乙醇专利文献 1066 篇(去除 50 篇不相关专利文献后)。由于专利申请到专利的公开发表有 18 个月的滞后期,2009 年-2010 年的数据都不全,2009 年-2010 年的各项专利统计指标仅供参考,不代表发展趋势。

### 1.2 分析工具与分析方法

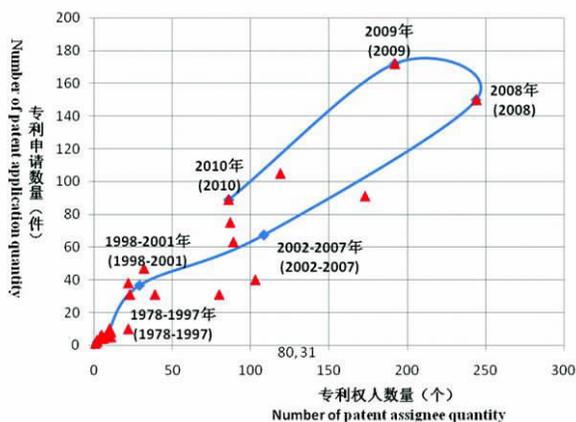
使用德温特数据库的 Thomson Data Analyzer (TDA) 和 Excel 数据处理软件对美国生物乙醇专利数据进行专利计量的可视化分析。

首先对美国生物乙醇的技术生命周期进行了分阶段的分析;然后利用 TDA 软件的自相关分析对选出的一组出现频率最高的 IPC 小类进行自相关分析,找出美国生物乙醇技术的研发重点和技术族,最后,进一步分析主要专利权人的专利申请分布和他们各自的技术研发侧重点等情况。另外,本文出现的所有图表都是原创

## 2 结果与分析

### 2.1 美国生物乙醇技术生命周期

Basic Patent Year 字段反映的是基本专利的申请年,能更好的反映技术变迁情况,因此,从 TDA 的 Basic Patent Year 中获取基本专利的申请年分布情况,然后从 TDA 中的 Patent Assignee 字段获取能够反映技术的实践主体的每年的专利权人数量,得出美国生物乙醇技术生命周期曲线,如图 3-1 所示:



注:蓝色的实线是由经过平滑处理的数据生成的,红色的三角形代表的是原始数据所在的位置。

Note: The blue solid line is generated using smoothed data, and the red triangle represents the location of the original data.

图 3-1 美国生物乙醇技术领域的专利申请人和专利申请数量情况  
Fig.3-1 Patent applicant quantity and patent assignee quantity of American bio-ethanol technology

通过对生物乙醇技术生命周期的分析,可发现美国生物乙醇技术的发展可以分为两个阶段。

第一个阶段:起步阶段,1978 年-1997 年。相关专利申请量和专利权人的数量缓慢上升,美国的生物乙醇技术正处于快速成长期前的酝酿阶段。

20 世纪 70 年代,面对 1973 年和 1979 年两次重大的石油

危机,美国率先推行生物乙醇发展计划<sup>[4]</sup>。美国联邦政府要求减少对化石燃料的依赖,尤其是外国的石油<sup>[5]</sup>。在这个阶段美国政府各种有关生物乙醇政策制度的实施,为后来生物乙醇技术走向快速成长期打下了基础。比如,美国政府自 1978 年起就对生物乙醇生产实施各种补贴,各个州政府还另有补贴<sup>[6]</sup>;1978 年,美国的内布拉斯加州就已经大规模使用含 10%乙醇的混合汽油<sup>[7]</sup>等等。

第二个阶段:成长阶段,1997 年至今。相关的专利申请量和专利权人的数量均快速增长,这与技术的突破和美国政府对生物乙醇燃料的重视有关。技术方面,各种转基因植物新品种的培育,使生产生物乙醇的原材料玉米的产量增大,再加上各种发酵技术的成熟和推广。政府工作方面,进入二十一世纪,随着能源危机和石油价格的上涨,大力发展生物乙醇产业已成为美国政府的重要能源发展战略<sup>[8]</sup>。由于 2009 年-2010 年的数据不全,故 2008 年-2009 年出现了拐点。

### 2.2 美国生物乙醇技术重点分析

利用 TDA 软件对美国生物乙醇技术专利文献的重要 IPC 小类进行分组,然后进行组内自相关分析,找出生物乙醇技术的应用重点,以及各个小类之间的内在关联。

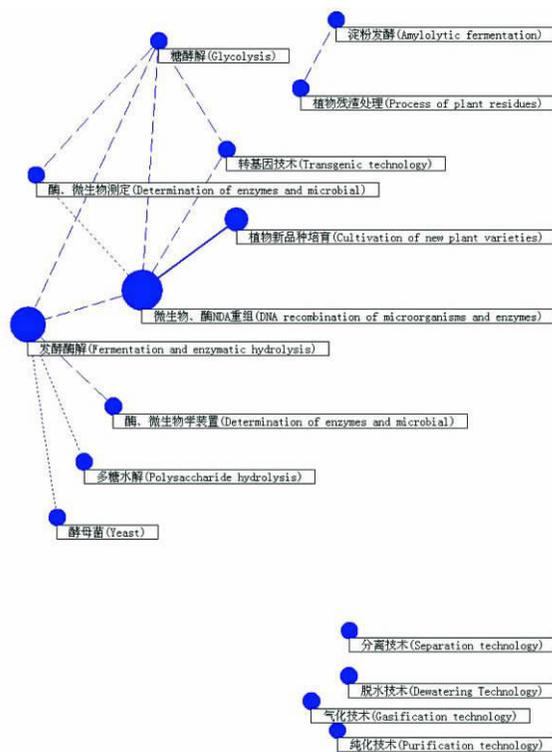


图 3-2 IPC 小类分布和各 IPC 小类关联情况

Fig.3-2 Distribution and correlation of IPC subclasses

通过对专利文献摘要内容的挖掘和分析,已经把 IPC 小类转换为了具体的生物乙醇相关技术概念,如图 3-2 所示,图中的圆圈代表每个技术,圆圈面积的越大代表该技术的专利申请量越多,是重点技术。连线代表技术的关联性,线越粗代表技术之间的关系越密切。图 3-2 中的技术可分为两大块,左上角部分是利用发酵法和酶解法制取生物乙醇的相关技术专利,右下角部分是关于生物乙醇的后期处理的部分,像生物乙醇的分离、纯化、脱水固化和气化技术。

从上图可以看出,微生物、酶 DNA 重组圆圈面积最大,说明美国生物乙醇技术的应用重点是微生物和酶的 DAN 重组研制。利用生物酶降解生物质产生生物乙醇是美国生物乙醇技术应用的重点。这些酶主要包括纤维素酶和淀粉酶,其中主要涉及利用真菌培养基,通过转录因子的高表达,培养具有性状改良的特殊高效纤维素酶和淀粉酶。这些酶中包括能耐高温的纤维素酶,使生物乙醇的转化效率提高了 48%。除了纤维素酶和淀粉酶等水解酶外,还有裂解酶。利用微生物制备生物乙醇也是美国生物乙醇技术的应用重点。这些微生物主要指发酵生物质所用的真菌(酵母菌)及其混合物,并且这些微生物大都是经过了修饰的改良过的特种微生物,提高了生物乙醇的转化率。其次,发酵酶解的圆圈面积最大,说明利用发酵法酶解法制取生物乙醇是美国生物乙醇技术的另一应用重点。包括发酵法发酵纤维素和淀粉产生生物乙醇的发酵器和从水泥浆中分离水生成固体生物质泥浆的分离器等器具、发酵工艺和酶及其混合物。还有包括酸水解和酶水解的技术,其中酶水解的技术由于其高效无污染专利申请数更多,酸水解过程中由于产生了有害的酸性物质影响了水解的效率,可能会被酶水解法取代。尽管如此,酶水解生产工艺的阻碍是生物酶的成本太高,仅生物酶

的成本费用就占到了总体生产费用的 40%<sup>[9]</sup>。

另外,圆圈面积第三大的是植物新品种的培育。美国政府大力支持通过培育转基因植物,如玉米、高粱等生产生物燃料。比如,美国农业部认为先正达公司研发的转基因玉米是安全可信的,不会危害环境和人类安全。玉米是美国生产生物乙醇的主要原料之一,通过培育转基因玉米,提高玉米产量,实现“不与人争粮”,从而为生物乙醇的生产提供保证。

### 2.3 主要专利权人及其研发能力

表 3-3 是美国生物乙醇技术专利申请量排名前 10 位的企业或科研院所的专利申请量、活动年期、发明人数和平均专利年的综合。通过专利申请量可以看出各权利人的专利产出情况,活动年期是指从申请的第一件专利的年份开始到最近申请的专利的年份的差值,他可以看出各权利人进入某技术领域的时间长短;发明人数可以看出权利人对某技术的人才投入情况;专利的平均年龄是指各专利年龄综合的平均值,专利年龄是指基本专利的申请年和当前年的差值,通过专利的平均年龄可以看出各权利人的专利技术的新颖性和竞争力,通过这几个指标的综合分析,可以得出最具竞争力和综合实力最强的专利权人。

表 3-3 美国生物乙醇技术专利申请量前 10 位的企业或机构

Table 3-3 Top 10 companies or organizations of patent application quantity of American bio-ethanol

序号 (Serial number)	专利权人 (Patent assignee)	专利申请量(件) (Application quantity of patent)	活动年期 (Activity period)	发明人数 (Inventor quantity)	专利平均年龄 (Average age of Patent)
1	美国杜邦公司(DuPont Company)	198	13	117	7
2	丹麦诺维信公司 (Novozymes AS)	64	16	185	7.64
3	丹麦丹尼斯克公司 (Danisco A/S)	37	20	68	8.6
4	瑞士先正达公司(Syngenta Participations AG)	19	10	66	5.78
5	密歇根州立大学(Michigan State University)	11	9	20	4.5
6	美国农业部(United States Department of Agriculture)	11	29	22	12.55
7	加拿大 Iogen 公司(Iogen Corporation)	10	13	22	7.11
8	乔治亚技术研究公司 (Georgia Tech Research Corporation)	9	26	6	15.5
9	伊利诺伊大学基金会 (University of Illinois Found)	9	11	16	7.25
10	美国中西研究所(Midwest Res Inst)	8	19	28	13

从专利申请量数据分析可知,美国的杜邦集团以绝对的优势荣登专利申请量排名的榜首,申请量高达 198 件,比排名第二的丹麦诺维信公司申请量的 3 倍还要多,并且比其他九位权

利人总数还要多,这充分说明杜邦公司在专利产出方面是非常突出的。

从活动年期和专利平均年龄数据中可以看到,密歇根州立

大学的活动年期最短,并且其申请的专利平均年龄最小,申请的生物乙醇技术专利最新,最具竞争力。美国农业部和乔治亚大学基金会的活动年期较大,分别为29年和26年,并且他们的平均年龄也是最大的,分别为12.55年和15.5年,说明他们的专利竞争力比较小。瑞士先正达公司的活动年期和专利平均年龄均排名第二,仅次于第一的密歇根州立大学,而且其研发队伍也相对较大。这说明先正达公司正在大力研发生物乙醇技术,其申请的专利较新,专利竞争力仅次于密歇根州立大学,瑞士先正达公司和密歇根州立大学是生物乙醇技术领域的两颗新星。杜邦公司的专利活动年期为13年排名第四,专利平均年龄为7年排名第三,反映出他的专利比较新颖,竞争力较强。专利竞争力仅次于杜邦公司的是加拿大的Iogen公司。

从发明人数数据分析可知:丹麦的诺维信公司发明人数最多,其研发队伍比较庞大,对技术人才的投入比较大。其次发明人数最多的是杜邦公司,有117人。这里的丹尼斯克公司包括了其收购的美国杰能科公司,因此其发明人数比较多。

通过以上分析可知,美国杜邦公司的生物乙醇技术专利最具实力,美国密歇根州立大学的生物乙醇技术专利最具竞争力。

2.4 重要专利权人专利分布情况

选取了专利申请量最多的前四位专利权人作为重要专利权人为分析对象,分析他们的专利逐年申请情况和各自的研发侧重点。

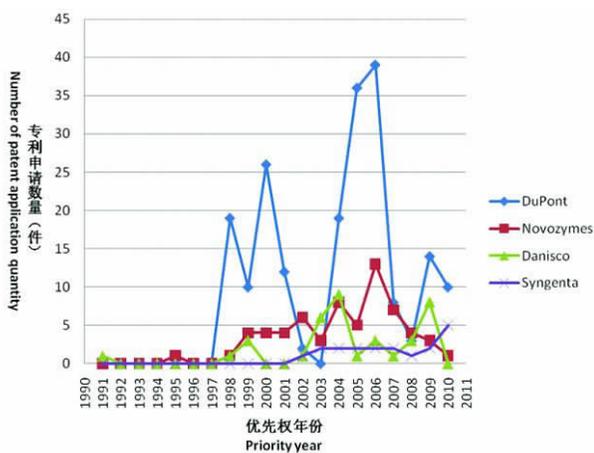


图 3-4 重要专利权人专利的逐年申请量变化情况

Fig.3-4 Annual change of patent application quantity of vital patent assignee

图 3-4 显示的是生物乙醇技术领域专利申请量排名前四位企业的专利逐年申请情况。可以看出这四家公司基本上都是1997年以后,生物乙醇技术的专利申请量开始明显增多,其中美国杜邦公司的专利申请量远远大于其他公司。2006年,杜邦公司和诺维信公司的专利申请量达到了高峰,这时技术发展到了一个高度,随后,可能由于新的技术瓶颈的出现,使得随后几年专利申请量下降了。然而不同的是,瑞士先正达公司自从2001年开始进入生物乙醇技术领域以来,发展都比较平稳,尤其是最近几年,专利申请量不减反增。为了进一步研究这几个公司的研发侧重点的异同,选取1066件专利中申请总量最多

的前五个IPC小类,对这四家公司申请专利的这五个IPC小类分布情况进行统计分析。

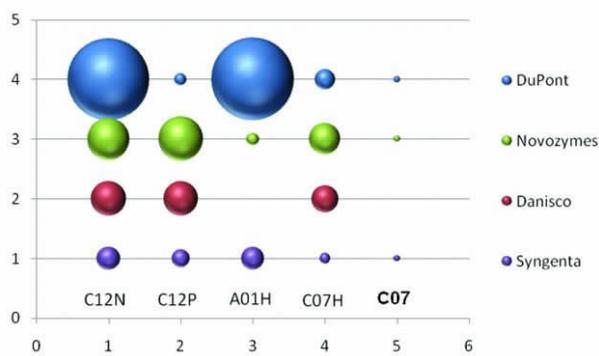


图 3-5 重要专利权人专利 IPC 小类分布情况

Fig.3-5 IPC subclasses distribution of vital patent assignee

图 3-5 是四个重要专利权人申请的专利的主要 IPC 小类分布情况,从中可以看到,杜邦公司和先正达公司主要集中在 C12N(NDA 重组酶和微生物)和 A01H(植物新品种培育)小类,诺维信公司和丹尼斯克公司主要集中在 C12N(NDA 重组酶和微生物)和 C12P(发酵酶解)小类。这四家公司都把 C12N(NDA 重组酶和微生物)小类作为共同的研发重点,也就是关于生产特种生物酶(纤维素酶、淀粉酶为主)或者是产生含有特种酶基因的植物新品种。使纤维素乙醇产业化的最大的技术挑战就是降低糖酵解生物酶的成本。作物中纤维素酶和半纤维素酶的表达是关键的技术,并且将极大地改善纤维素乙醇生产经济化的进程<sup>[10]</sup>。

杜邦公司和先正达公司作为全球第二大和第三大的种子公司,其申请的生物乙醇专利大都是关于转基因作物的生产方面的技术。杜邦公司申请的198件专利中有188件是杜邦先锋国际基因公司申请的关于转基因玉米的专利,杜邦先锋国际基因公司的转基因玉米品种 PHRJB,具有抗病虫害,抗高温和干旱,作物发芽时间短,产量大,成长率高,成熟度高,株高,穗位高。先正达公司申请了一种方法,提出通过控制酶的表达,进而控制玉米芯木质素的生成,提高水解纤维素的效率。

丹麦诺维信公司和丹尼斯克的子公司--杰能科公司是全球最大的两家生物酶制剂公司,他们申请的专利无疑主要是关于生物酶制剂方面的生物乙醇技术。诺维信公司和丹尼斯克公司的申请重点是关于生物酶降解纤维素和木质纤维素,生产纤维素乙醇的生产工艺和相关酶制剂的专利技术。

开发替代玉米的生物乙醇生产原料已成为美国生物乙醇产业面临的挑战<sup>[8]</sup>。以纤维素为原料的纤维素乙醇被认为是第二代生物燃料<sup>[5]</sup>。通过研制高效的生物酶,能够提高水解纤维素的效率,降低生产成本。

3 结论

(1)美国生物乙醇技术正处于快速成长期,并正向第二代生物乙醇--纤维素乙醇发展。

(2)美国生物乙醇技术专利的申请主要是以转基因方法为手段,生产特殊的高效植物品种或合成高效的酶制剂,采用微

生物发酵和生物酶的酶解技术,高效地生产生物乙醇。

(3)杜邦公司是美国生物乙醇技术领域的佼佼者,其申请的主要是关于提高生物乙醇的生产原料--玉米的转基因新品种方面的专利。诺维信公司作为全球最大的生物酶制剂公司,其对生物酶方面的研究较深入,企图提高生物乙醇的转化效率,降低生产成本。另外,美国密歇根州立大学的专利较新颖,竞争力较强,说明美国基础科学转化为生产力的效率比较高。在排名前十位的专利权人中有四个是美国的大学或者政府部门,说明美国政府对生物乙醇的重视程度较高。

#### 参考文献(Reference)

- [1] Mustafa Balat\*, Havva Balat.Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel[J]. Elsevier, 2009(03):2273-2282
- [2] 郭婕婷,肖国华.专利分析方法研究[J].情报杂志,2008(27):12-14  
Guo Jie-ting, Xiao Guo-hua. The Study of Patent Information Analysis [J]. Journal of Information, 2008(27):12-14.(In Chinese)
- [3] 于洁,肖宏,于建荣.生物能源领域国际相关专利分析[J].中国生物工程杂志, 2007(27):137-141  
Yu Jie, Xiao Hong, Yu Jian-rong. Study on International Patents of Bioenergy Technologies [J]. China Biotechnology, 2007 (27): 137-141(In Chinese)
- [4] Dan Somma, Hope Lobkowicz, Jonathan P. Deason.Growing America's fuel: an analysis of corn and cellulosic ethanol feasibility in the

United States[J]. Clean Techn Environ Policy, 2010(12):373-380

- [5] Wim Soetaert, Erick J Vandamme. Biofuels [M]. Chichester, U.K.: Wiley, 2009:39-66
- [6] 李艳君.世界燃料乙醇新发展及其对中国的启示[J].国际经济合作, 2008(2):28-34  
Li Yan-jun. Advances in research of world bio-ethanol and Its Enlightenment for China [J]. International Economic Cooperation, 2008 (2):28-34.(In Chinese)
- [7] 新华社.美国燃料乙醇产业的发展现状与经验分析[EB/OL]  
<http://www.bioon.com/biology/showarticle.asp?ArticleID=156273>. 2005-9-6 Xinhua News Agency.Development Status and Empirical Analysis of Fuel Ethanol Industry in America [EB/OL]  
<http://www.bioon.com/biology/showarticle.asp?ArticleID=156273>. 2005-9-6(In Chinese)
- [8] 曹建业.美国生物乙醇产业发展面临的挑战[J].全球科技经济瞭望, 2008(23):9-12  
Cao Jian-ye.American Bio-ethanol Boom Creates Many Challenges [J]. Quanguo Keji Jingji Liaowang, 2008(23):9-12.(In Chinese)
- [9] Zimbardi F, Viola E, Gallifuoco A, et al.Overview of the bioethanol production[EB/OL]. [www.cti2000.it,2002](http://www.cti2000.it,2002)
- [10] Manuel B,Sainz.Commercial cellulosic ethanol: The role of plant-expressed enzymes [J].The Society for In Vitro Biology,2009 (45): 314-329

(上接第 97 页)

- [4] De Larco JE, Wuertz BR, Manivel JC, et al. Progression and enhancement of metastatic potential after exposure of tumor cells to chemotherapeutic agents[J]. Cancer Res, 2001, 61(7) : 2857-2861
- [5] 张飞,史玉荣,张霖,等.乳腺癌多药耐药细胞 MCF-7/ADR 中 Twist 的表达与 EMT 现象的实验研究 [J]. 中国肿瘤临床,2007,34(7): 361-365  
Zhang Fei, Shi Yurong, Zhang Lin, et al. Epithelial-mesenchymal transition and the expression of Twist in MCF-7/ADR, a human multidrug resistant breast cancer cell line [J]. Chin J Clin Oncol, 2007,34 (7):361-365
- [6] Viani GA, Afonso SL, Stefano EJ, et al. Adjuvant trastuzumab in the treatment of her-2-positive early breast cancer: a meta-analysis of published randomized trials[J].BMC Cancer, 2007,7:153-163

- [7] 张玉宝,马春雷,张国强,等.乳腺癌原发灶和淋巴结转移灶 MDR-1 基因表达及临床分析[J].中国肿瘤临床,2004,31(21):1221-1224  
Zhang Yubao, Ma Chunlei, Zhang Guoqiang, et al. The research on relations between MDR-1 mRNA expression and clinical pathological features of patients with breast cancer [J]. Chin J Clin Oncol, 2004,31 (21):1221-1224
- [8] Hao X, Sun B, Hu L, et al. Distinctive gene and protein expression between primary breast cancers and their lymph node metastases revealed by combined cDNA microarray and tissue microarray. Cancer, 2004, 100(6): 1110-1122
- [9] Santinelli A, Pisa E, Stramazzotti D, et al. HER-2 status discrepancy between primary breast cancer and metastatic sites. Impact on target therapy. Int J Cancer, 2008,122(5):999-1004