The Emergy Structure and Labor Factor Analysis of Ceramic Industry in Dehua, Fujian Province

Bo SONG[1], Juan SUN[2]

Department of Environmental Engineering, School of Civil and Environmental Engineering,
University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China
1.songbo@pku.edu.cn, 2.sunjuan2008@163.com

Abstract: The emergy structure and labor factor of ceramic industry in Dehua, Fujian province was analyze with related statistical data from 2001 to 2005. The results show that, form the angle of origin, the total emergy is mainly composed of capital and no-renewable purchased resources input; form the angle of function, the total emergy is mainly composed of labor and material. The labor factor has become most important in emergy structure, and it will increase rapidly with the revaluation of RMB and the end of demographic bonus in china.

Keywords: emergy analysis; ceramic industry; emergy structure; labor factor

福建省德化县陶瓷行业能值结构及劳务影响因素分析

宋波[1]，孙娟[2]

北京科技大学土木与环境工程学院环境工程系，北京，中国，100083
1.songbo@pku.edu.cn, 2.sunjuan2008@163.com

摘　要：利用能值核算方法，依据 2001-2005 年的统计数据，分析了福建省德化县陶瓷行业能值结构及劳务影响因素。结果表明，从输入能值来源结构来看，德化县陶瓷产业的能值主要由资金和外购不可再生资源为主；从输入能值功能结构来看，德化县陶瓷产业的能值主要由劳务和原材料为主；劳务已成为输入能值的最大影响因素，并将随着人民币升值和人口红利终结而继续迅速升高，给德化县陶瓷产业的发展带来巨大压力。

关键词：能值分析 陶瓷行业 能值结构 劳务影响因素

1.引言

20世纪80年代，H.T. Odum等人提出的能值(Emergy)理论及其一整套的分析方法，客观的评价了自然界在人类经济活动中所起的重要作用[1-5]。近十年来，国内大批学者通过综合研究，使能值综合研究方法不断拓展和完善[6-9]。在这一时期，国内外学者不断发现新的问题，能值方法被应用到多个领域中[10-13]。在我国工业生态经济系统评估中也已经有应用，如王灵梅等人对火电厂生态工业园区生态经济系统能值评估及不同煤基发电系统的可持续性评价[14]、冯霄等人对多产品工业系统的结构优化分析[15]、郝艳红等人对生活垃圾焚烧发电系统的能值评估[16]等。由于能值分析方法对生产过程投入的物质、能量、劳务、货币的价值的有效定量评估，有越来越多的学者进入该领域的探索，但应用范围仍然有限。

陶瓷行业是我国传统工业之一，也是矿产资源消耗量大、能耗高、污染比较大的行业。与国外先进水平相比，我国陶瓷产品的生产设计水平落后，产品附加值不高，导致出口价格一直偏低。由于我国劳动力丰富，导致陶瓷产业普遍存在低水平使用人力资源的情况。多数企业不是积极引进先进的技术和设备、推动产业升级、提升产品附加值，而是热衷于雇佣大量工人从事简单枯燥的劳动，长期依靠压低工人工资，利用廉价劳动力进行粗放式扩张，导致社会问题日益严重。另外，市场经济条件下，资源在陶瓷行业发展过程中的价值仅以货币形式表现，在带来巨大经济效益的同时，也带来了严重的环境问题[17,18]。因此，有必要采用一种相对客观的生态经济分析方法对我国陶瓷这种高能耗、低附加值、低工资报酬状态进行评估，这也是可持续发展的理念的体现[19-21]。

本文考虑了陶瓷生产的物质能量流动特点，利用能值流动系统图和能值流动数据核算表，研究陶瓷行业的

能值构成，尤其是劳动力对能值的贡献情况，从社会、经济和生态环境方面复合分析陶瓷行业面临的问题，以期为制定相关政策提供依据。

2．研究对象

德化县位于福建省中部、泉州市最北部，总面积2232.16km^2，地形复杂，气候属中亚热带季风性气候，兼备海洋性、大陆性气候，具有四季分明、雨量充沛、潮湿多雾、日照略少等特点。年平均气温 18℃，年降水量 2000mm，年均无霜期 260 天左右，气候环境良好。德化县的产业结构为工业主导型，2005 年德化县 GDP 总量为 51.26[1] 亿元，工业总产值 66.37 亿元。陶瓷业是德化县的支柱产业，现有陶瓷企业 1200 多家，2005 年陶瓷行业从业人员 7.8 万人，产值 40.82 亿元，占全县工业总产值的 61.5%。

3．研究方法

陶瓷行业以消耗自然资源作为主要发展动力，需要从多种相关行业获得大量的物质、能源流入。如采矿业为其提供大量的陶瓷土等原材料；发电厂提供生产所需的水电、火电等能源，利用量较大的煤、柴油、天然气、液化石油气大部分都需要从外部进口，运输业为其输送原材料、能源及最终产品。另外，还需要一些辅助产业如包装材料、建筑等行业等。

德化县境内拥有丰富的矿产资源及林木资源，能够提供满足其陶瓷生产需求的部分资源、能源，由此推动了陶瓷行业的兴起与繁荣。随着陶瓷行业规模的逐渐扩大，在本地区资源不能满足生产要求的情况下，德化便需要从外地进口大量原材料及能源以维持陶瓷生产。将陶瓷行业相关物质能量流分为本地自给（可更新和不可更新）、外地进口（可更新和不可更新）及资金（劳务、服务、固定资产折旧等）3 部分，以能值分析方法为基础，以陶瓷生产系统为边界，建立德化县陶瓷行业生态经济能值流动系统图[22]，如图 1 所示。

图中，本地可更新资源包括水电、生产耗水。

本地不可更新资源可分为能源、原辅材料和包装材料 3 类。其中能源包括原煤、火电；原辅材料主要是指陶瓷土；包装材料主要包括是包装纸（箱）和泡沫塑料。

外地购入可更新资源为零。

外地购入不可更新资源也可分为能源、原辅材料和包装材料 3 类。其中能源包括原煤、型煤、天然气、汽油、柴油、燃料油、液化石油气、液化天然气；原辅材料主要是指陶瓷土；包装材料主要是包装纸（箱）。计算资金主要包括运输成本费用、劳务输入和固定资产折旧。

[1] 数据来源于 2006 年《德化县统计年鉴》

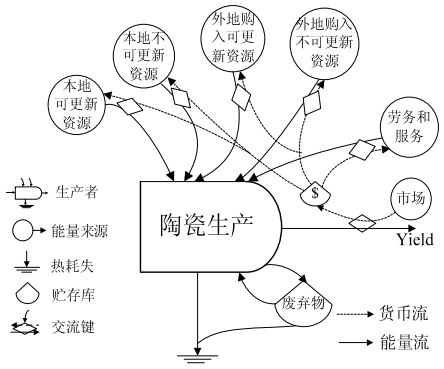

Figure 1.Emergy flows diagram of the ceramic industry in Dehua

图 1.德化县陶瓷行业能值流动系统图

另外，对于陶瓷行业来说，以陶瓷生产为核心所确定的边界范围内，环境资源与其生产过程没有直接关系，系统内可更新和不可更新资源的输入为零。需要注意系统内部资源与本地资源的区别，前者定位为陶瓷生产系统内部，后者定位为德化县境内，二者在空间上不完全重合。

按照以上划定的系统边界，依据 2002-2006 年《德化县统计年鉴》（收录 2001-2005 年数据）、德化县相关部门的发展和规划报告，结合实地调研数据，核算并分析德化县陶瓷行业能值结构。

4．结果与讨论

按照能值计算方法，对德化县陶瓷行业 2001-2005 年能值指标进行核算，结果如表 1 所示。

4.1 能值的来源结构

表 1 中可见，德化县总输入能值呈现逐年增加趋势，各分项能值也大多呈增长趋势。需要说明的是，2004 年，德化县建成液化天然气站，用天然气作为陶瓷烧制的能源。由于天然气具有热值高、易控温、无灰尘等优点，迅速得到陶瓷企业的认可，2005 年天然气用量高速增长，较 2004 年增加了 5.5 倍。

按照能值的来源，分为资金、本地可更新资源、本地不可更新资源、外购不可更新资源 4 项，进行分类汇总，结果如图 2 所示。

图中可见，本地可更新资源占比最低，最高不超过 5%；本地不可更新资源占比基本维持稳定，但 2005 年

978-1-935068-46-4 © 2010 SciRes.

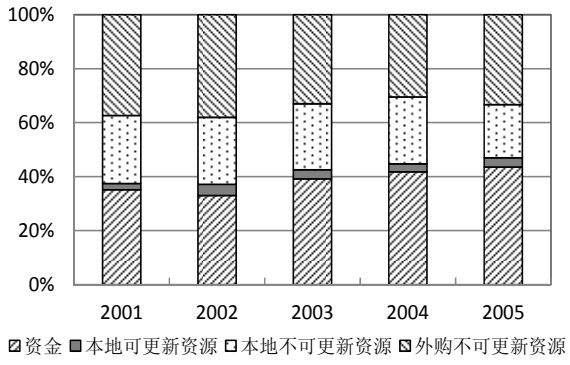

Figure 2. Emergy structure of ceramics industry in Dehua classified by origin (2001-2005)

图 2.德化县陶瓷行业能值来源结构（2001-2005 年）

有一定程度的下降；外购不可更新资源总体呈现下降趋势；资金能值呈较快上升趋势，且自 2003 年以来已经超过外购不可更新资源，成为占比最高的一项。

4.2 能值的功能结构

考察表 1 可见，资金能值由运输、劳务和固定资产折旧 3 项构成。其中劳务成本（即陶瓷从业人员的工资收入）权重最大，除 2002 年占资金能值的 77.8%之外，其余 4 年都保持在 80%以上。

将表 1 中各项能值按照其在陶瓷生产过程中的功能，分为劳务、能源、运输、包装材料、原材料、其它 5 项，并进行分类汇总，结果如图 3 所示。

图中可见，其它类能值（即固定资产折旧）所占比重最低，历年保持在 2-3%。

运输和包装材料能值也较低，历年分别保持在 4-6%和 6-9%，但都呈现一定的增长趋势。原材料能值主要包括各种能源和陶瓷土等，历年占总能值比重高达 30%左右，尤其是 2001-2003 年，是所有 5 类能值中比重最高的一项。但原材料能值占比呈现明显的下降趋势，从 2001 年的 37.5 下降到 2005 年的 28.7%，显示出原材料能值消耗在陶瓷生产中将退居次要地位。

Table 1. Input emergy of the ceramic industry in Dehua from 2001 to 2005

表 1 德化县陶瓷行业输入能值数据总表（2001-2005）　　单位：sej

	符号	2001	2002	2003	2004	2005
本地可更新资源	RL	4.42E+19	7.37E+19	6.91E+19	6.73E+19	8.65E+19
其中：　水电		4.38E+19	7.33E+19	6.87E+19	6.68E+19	8.60E+19
生产耗水		4.19E+17	4.19E+17	4.43E+17	4.43E+17	4.47E+17
本地不可更新资源	NL	4.73E+20	4.39E+20	4.95E+20	5.57E+20	4.97E+20
其中：　原煤		1.70E+19	2.90E+19	1.54E+19	3.14E+19	2.65E+19
火电		7.97E+18	2.05E+18	3.50E+19	1.71E+17	1.37E+19
陶瓷土		3.31E+20	2.97E+20	3.21E+20	3.38E+20	3.42E+20
包装纸		1.17E+20	1.12E+20	1.23E+20	1.88E+20	1.14E+20
泡沫塑料		8.63E+16	1.17E+17	1.08E+17	3.65E+17	7.36E+17
外地购入不可更新资源	NO	7.01E+20	6.74E+20	6.68E+20	6.84E+20	8.40E+20
其中：　原煤		3.40E+19	5.80E+19	3.09E+19	6.28E+19	5.30E+19
型煤		7.38E+18	5.04E+18	7.64E+18	3.72E+18	1.65E+18
天然气		0	0	0	1.42E+19	9.22E+19
汽油		1.06E+16	1.03E+19	1.47E+18	1.10E+17	9.99E+16
柴油		2.81E+20	2.48E+20	2.23E+20	2.00E+20	1.61E+20
燃料油		0	9.51E+18	3.57E+19	1.20E+19	3.21E+19
液化石油气		6.26E+18	8.94E+18	7.40E+18	1.14E+19	4.45E+18
液化天然气		0	0	0	8.23E+17	0
陶瓷土		3.73E+20	3.34E+20	3.62E+20	3.80E+20	3.85E+20
包装纸		0	0	0	0	1.11E+20
资金	I	6.59E+20	5.85E+20	7.93E+20	9.39E+20	1.10E+21
其中：运输成本		7.48E+19	8.05E+19	1.00E+20	1.24E+20	1.44E+20
劳务		5.36E+20	4.55E+20	6.42E+20	7.63E+20	8.99E+20
固定资产折旧		4.91E+19	4.95E+19	5.09E+19	5.18E+19	5.53E+19
合计		1.88E+21	1.77E+21	2.02E+21	2.25E+21	2.53E+21

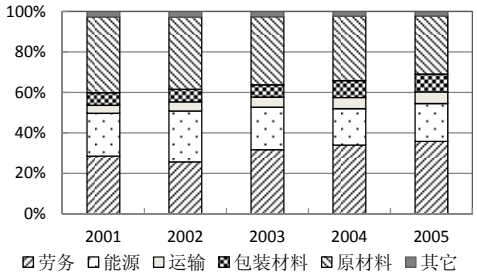

Figure 3. Emergy structure of ceramics industry in Dehua classified by function(2001-2005)

图 3.德化县陶瓷行业能值功能结构（2001-2005 年）

自 2004 年以来，劳务能值成为占比最大的一项，且历年显著，从 2001 年的 28.5%升高到 2005 年的 35.8%。劳务能值总量巨大，且迅速增加，预示着未来陶瓷生产中的主要能值将以劳动者报酬的形式出现。

4.3 劳务影响因素分析

造成劳务成为最大的能值成本因素并有可能进一步上升的原因在于以下 4 个方面。

(1)能值产出效率低

利用改进的净能值产出率(Net Emergy Yield Ratio, EYR)衡量能值生产过程的效率。按照原初定义，EYR=总产出能值/总付费能值。由于在本系统中不存在免费能值，导致历年所有的总产出能值=总付费能值，EYR 恒等于 1，因而无法衡量能值的产出效率。另外，陆宏芳等也指出，传统的 EYR 并不是越高越好，因为并非所有的系统产出都有益于人类，污染物、废弃物等方面的产出对人类具有负效益[6]。针对这些问题，本文采用改进的 EYR[22]，定义 EYR=系统输出总货币能值(也就是把系统输出的总产值按照全国能值货币比折算成能值)/系统总投入能值（由于免费能值=0，其实这一项就是总付费能值）。EYR=1 时，系统处于盈亏平衡点；EYR 值越高，表明系统获得一定的经济能值投入，生产出来的产品能值越高，即工业生态系统的生产效率越高。

德化县陶瓷行业净能值产出率虽然逐年上升，但总体水平均远小于 1，2005 年也只有 0.44。表明陶瓷产品中所包含的能值小于经济系统投入的能值，产品的生产效率和资源综合利用效率仍然较低。

(2)对外贸易中能值大量外流

利用能值交换率(Emergy Exchange Ratio, EER)衡量能值进口国在交换过程中的能值受益状况。EER 是购买者获得的能值与购买者支付货币相当的能值的比值。

能值交换率是以购买方的视角进行核算的，该值越大，表示进口国在交换过程中收益的能值越多。由于德化县的陶瓷产品 80%以上用于出口，也就是说属于能值卖出方。为继续沿用能值交换率指标，需要对支付和购入重新界定。将其对外交易视为“支付产品”、“购入货币”的过程，这样，购入的能值就是货币能值，支付的能值就是产品能值。其表达式为：

ETR=贸易国能值货币比(sej/$)×本地陶瓷行业出口交货值($)/本地陶瓷行业出口交货能值(sej)=贸易国能值货币比(sej/$)/本地陶瓷行业能值货币比(sej/$)

通俗地说，ETR 就是本国用 1 个单位能值，能够换多少贸易对象的能值。显然，ETR=1 时，表示贸易双方能值盈亏平衡；ETR 越大，表示在贸易中受益越多。

目前德化县陶瓷产品主要出口对象是欧美和日本。在与发达国家和地区进行贸易的过程中，德化县陶瓷行业能值受益率 ETR 均远小于 1，对美国仅为 0.23，对日本也仅有 0.30。与之相对比，香港 1988 年城市 ETR 为 1.28，台湾地区 1988 年为 1.9，美国佛罗里达州 1988 年为 2.2。

这表明德化陶瓷行业在对外交换过程中实际上处于长期亏损状态，能值大量外流。

(3)人民币升值进一步压缩陶瓷企业利润空间

德化县陶瓷产品主要销往国外，按照惯例以美元结算，而生产陶瓷的原材料和能源等则购自国内。人民币升值将导致出口换回的美元再折换为人民币后数量减少，而生产成本不减，因此企业的利润将会减少。

2006 年，德化县陶瓷企业平均利润率仅为 8-10%，其中大量企业利润率已低于 5%。自 2005 年至 2009 年，人民币兑美元汇率已经上升了 20%，进一步压缩了德化县陶瓷企业的利润空间。

(4)人口红利将终结，劳动力价格有上升空间大

由于利润微薄，企业无力承担产业升级的风险。为维持正常运转，只能靠压低工人工资。德化县陶瓷产业从业人员大多是农民工，主要从事较为简单的生产活动。由于劳动技能不高，这些从业人员的收入普遍低于当地平均水平，一般为当地职工平均收入的 70%左右。2001-2005 年德化县职工年均工资分别为 1289（泉州市平均水平）、1302、1423、1572、1808 美元（按当年平均汇率折算，以下同），而同期德化

978-1-935068-46-4 © 2010 SciRes.

县陶瓷行业从业人员年均工资分别为 910、735、992、1151、1323 美元。

随着我国人口逐渐老龄化，劳动力充裕所带来的人口红利将逐渐终结，劳动者报酬已经开始攀升。由于德化县陶瓷产业劳动力报酬起点低（即分母小），受劳动报酬上涨的影响相对显著，表现为近年来劳务能值迅速上升，并成为最大的能值成本因素。

5．结论与建议

(1)从输入能值来源结构来看，德化县陶瓷产业的能值主要由资金和外购不可再生资源为主，前者呈上升趋势，后者呈下降趋势。

(2) 从输入能值功能结构来看，德化县陶瓷产业的能值主要由劳务和原材料为主，前者呈上升趋势，后者呈下降趋势。

(3) 劳务已成为输入能值的最大影响因素，并将随着人民币升值和人口红利终结而继续迅速升高，给德化县陶瓷产业带来巨大压力。

建议德化县在继续提高系统资源综合利用效率，实现废弃物循环利用，加大可更新资源的使用强度，完善资源利用结构的同时，还应致力于：加快陶瓷产品结构调整，发展艺术瓷雕及中高档日用瓷，提升陶瓷行业附加值；推进生产技术改革与产品创新，尽快由劳动密集型向技术密集型产业转型，提高劳动力资源的使用效率，以对冲薪酬上涨所带来的成本压力；转变经营思路，积极开拓国内市场，培育并顺应内需，以规避人民币升值所带来的不良影响。

References (参考文献)

[1] Odum HT. Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making [M]. New York: John Wiley & Sons, 1996.
[2] Lan SF., Qin P., Lu HF. Emergy analysis of eco-economic system [M]. Beijing: Chemical Industry Press，2002.
蓝盛芳，钦佩，陆宏芳．生态经济系统能值分析[M]．北京：化学工业出版社，2002.
[3] Huang SL. Urban Ecological Economy and Energy [M]. Taibei: Jane bookstore, 2004.
黄书礼．都市生态经济与能量[M]．台北：詹氏书局，2004.
[4] Ulgiati S, Odum HT, Bastianoni S. Emergy use, environmental loading and sustainability an emergy analysis of Italy [J]. Ecological Modelling, 1994, 73: 215-268
[5] Brown MT, Ulgiati S. Emergy evaluation and environmental loading of electricity production systems [J]. Journal of Cleaner Production, 2002, 10: 321-334
[6] Lu HF., Lan SF., Li L., Peng SL. Studies on emergy indices for evaluating system sustainable development property [J]. China Environmental Science, 2002,22(4):380-384.
陆宏芳,蓝盛芳,李雷,彭少麟.评价系统可持续发展能力的能值指标[J].中国环境科学,2002,22(4):380-384.
[7] Cai BF., Qin DT. Application of Energy Theory in Research of Ecosystem Stability [J]. Chinese Journal of Environmental Science, 2004,25(5):10-14.
蔡博峰，秦大唐．能值理论在生态系统稳定性研究中的应用[J]．环境科学，2004，25(5)：10-14.
[8] Zhang YH., Lan SF., Chen FP. Emergy Analysis of Resources and sustainable development in Hainan Province [J]. Ecologic Science, 1998, 17(2):121-122.
张耀辉，蓝盛芳，陈飞鹏．海南省资源环境与可持续发展的能值分析[J]．生态科学，1998，17(2)：121-122.
[9] Chen MG., Jin PH., Huang LX. Emergy analysis of mulberry-silkworm ecosystem in China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology，2006，17(2)：233-236.
陈敏刚，金佩华，黄凌霞．中国蚕桑生态系统能值分析[J]．应用生态学报，2006，17(2)：233-236.
[10]Odum HT. Emergy evaluation of an OTEC electrical power system [J]. Energy, 2000, 25: 389-393.
[11]Kang D., Park SS. Emergy evaluation perspectives of a multipurpose dam proposal in Korea [J]. Journal of Environmental Management, 2002, 66: 293-306.
[12]Laganis J., Debeljak M. Sensitivity analysis of the emergy flows at the solar salt production process in Slovenia [J]. Ecological Modelling, 2006, 194: 287-295.
[13]Brown MT, Ulgiati S. Emergy evaluation and environmental loading of electricity production systems [J]. Journal of Cleaner Production, 2002, 10: 321-334.
[14]Wang LM., Zhang JT., Ni WD. Emergy evaluation of Eco-Industrial Park with Power Plant[J]. Ecological Modelling, 2005, 189: 233-240.
[15]Feng X., Min SL., Dai YL., Liu YZ. Emergy Analysis of Industrial Multi-product Systems[J]. The Chinese Journal of Process Engineering, 2005,5(3)：317-321.
冯霄，闵淑玲，代玉利，刘永忠．多产品工业系统的能值分析[J]．过程工程学报，2005，5(3)：317-321.
[16]Hao YH., Wang LM., Qiu LX. Energy Analysis of Engineering of Power Plant Using Municipal Solid Waste [J]. Power System Engineering. 2006, 22(6)：25-28.
郝艳红，王灵梅，邱丽霞．生活垃圾焚烧发电工程的能值分析[J]．电站系统工程，2006，22(6)：25-28
[17]Huang LY., Lin SM. The Current Situation and Thinking of Ceramic industry development [J]. Science and Technology Information, 2008(18): 645-646.
黄利榆，林少敏. 陶瓷行业发展的现状及思考[J]. 科技信息，2008(18)：645-646.
[18]Wang JJ., Li X. China's Ceramic Industry and Harmonious Development of Environmental Protection [J]. China ceramics，2006, 42 (10) : 3-6.
王继杰,李旭. 中国陶瓷产业与环境保护的协调性发展[J]. 中国陶瓷, 2006, 42 (10) : 3-6.
[19]Peng J., Liu S., Lv J. Retrospect and Prospect of Research on Emergy Analysis in the Ecological Assessment of Regional Sustainable Development [J]. China Population Resources and Environment, 2006, 16(5): 47-51.
彭建，刘松，吕婧．区域可持续发展生态评估的能值分析研究进展与展望[J]．中国人口、资源与环境，2006，16(5)：47-51.
[20]Dong XB., Yan MC., Dong Y. Emergy-based ecological and economic systems analysis of Inner Mongolia and Sustainable Development Strategy Research[J]. Progress in Geography, 2007, 26(3): 47-56.
董孝斌，严茂超，董云．基于能值的内蒙古生态经济系统分析与可持续发展战略研究[J]．地理科学进展，2007，26(3)：47-56.
[21]Lu HF., Lan SF., Peng SL. The new expansion of Emergy Evaluation Indicators for System Sustainable Development[J]. Environmental Science,2003, 24(3):150-154.
陆宏芳,蓝盛芳,彭少麟. 系统可持续发展的能值评价指标的新拓展[J]. 环境科学,2003,24(3):150-154.
[22]Song B., Liu Q., Sun J. The Emergy Analysis of Ceramic Industry in Dehua, Fujian Province [A]. In: SCI RES PUBL. EBM2010: International Conference on Engineering and Business Management[C]. Chengdu, 2010, VOLS 1-8: 3627-3632.