福建省能源代谢系统的建立及生态分析

一. 成果完成人及所在单位： 杨玉金，环境科学与工程学院 指导教师：李永平

二. 成果简介：

以福建省六大经济部门的能源消耗为研究对象，结合投入产出模型与生态网络分析（包括：网络效应分析和网络控制分析），构建福建省能源代谢网络。通过投入产出模型分析，揭示各部门的能源消耗与部门间的能源流动；基于网络效用分析，探究能源消耗下成对部门间的生态关系；使用网络控制分析，识别代谢网络中部门间的能源依赖关系。这项研究对于缓解福建省能源供应紧张、改善能源消费结构和促进地区的可持续发展均有重要的理论指导意义。

三. 主要研究内容及创新点：

针对福建省能源短缺问题，以福建省六大经济部门的能源消耗为研究对象，建立福建省能源代谢网络。首先，通过福建省统计局和中国能源统计年鉴获取各部门的能源消耗量和福建省的投入产出表（2012 年价值型）。然后引入能源强度要素，将价值型的投入产出模型转换为描述部门间能源流动的能源流模型，基于能源流模型进行部门直接和间接能源消耗分析以及能源流动分析；随后将部门间的能源流模型，结合生态网络分析中的流入流出相等原理，建立福建省的能源代谢网络（见图 1）；基于能源代谢网络框架分别进行网络效应分析和网络控制分析，通过效用分析揭示出福建省能源消耗下成对部门间的生态关系（即：互惠、剥削或竞争关系），通过控制分析识别出能源代谢网络中部门间的控制依赖关系（见图 2）。通过上述分析可明确：1 各部门的能源消耗占比及部门间的能源流动方向；2 能源代谢网络中的主导生态关系；3 能源代谢网络中关键的控制和依赖部门；为福建省未来能源的合理分配提供导向，为协调部门间的可持续发展提供了科学的指导。研究结果表明：福建省的能源消耗结构不合理，其中工业部门（Ind）直接消耗（6.57×10^7 吨标煤）与流向其它部门（1.87×10^7 吨标煤）的能源量最多，但却完全依赖于交通运输部门（Tsp），能源代谢网络被剥削关系（87%）所主导。因此，在未来的发展中要加大对控制性强的 Tsp 部门能源投入，并提升部门间的协同生产关系，形成部门互惠的发展模式，以促进福建省的可持续发展。

10^4 吨	f_{Agr}	f_{Ind}	f_{Con}	f_{Tsp}	f_{Wrc}	f_{Oth}	z	T_i
f_{Agr}	70.74	460.49	12.14	20.56	11.08	24.42	283.11	882.55
f_{Ind}	433.07	11502.69	17.98	906.83	260.80	249.81	6569.01	19940.19
f_{Con}	14.60	1772.76	33.60	222.42	37.27	41.82	176.66	2299.13
f_{Tsp}	1.57	424.42	16.71	20.56	17.67	125.62	786.21	1392.76
f_{Wrc}	61.27	230.19	3.74	20.07	25.44	140.30	333.45	814.46
f_{Oth}	6.16	610.05	12.69	79.13	123.36	278.34	527.07	1636.80
y	295.14	4939.59	2202.26	123.19	338.84	776.50		
T_j	882.55	19940.19	2299.13	1392.76	814.46	1636.80		

图 1 福建省能源代谢网络

	Agr	Ind	Con	Tsp	Wrc	Oth
控制分配矩阵 CA						
Agr	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00
Ind	0.00	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00
Con	0.69	0.81	0.00	0.26	1.00	0.94
Tsp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wrc	0.29	0.02	0.00	0.01	0.00	0.06
Oth	0.02	0.16	0.00	0.01	0.00	0.00
依赖分配矩阵 DA						
Agr	0.00	0.11	0.00	0.89	0.00	0.00
Ind	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Con	0.15	0.25	0.00	0.33	0.15	0.12
Tsp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wrc	0.68	0.05	0.00	0.19	0.00	0.08
Oth	0.08	0.72	0.00	0.20	0.00	0.00

图 2 部门间控制与依赖关系

四. 主要研究成果及应用情况

研究成果在 2019 年第四届国际环境工程与可持续发展国际会议(CEESD2019)中作主题汇报，并成功发表 EI 收录会议论文一篇《Ecological network analysis of urban energy metabolism - a case study of Fujian Province》。

联系人：杨玉金， 电 话：15852080480 Email: ctulip@163.com