

# 能效指标：政策制定必备指南

*residential  
services  
industry  
transport*



# 能效指标：政策制定必备指南

## 国际能源署

国际能源署是一个自治机构，创立于1974年11月。其在过去和现在都具有两重使命：通过对石油供应的实际中断做出集体响应来促进其成员国的能源安全；为其29个成员国及其他国家提供确保可靠、廉价的清洁能源供应方法的权威研究和分析。国际能源署在其成员国之间开展全面的能源合作计划，每个成员国都有义务持有相当于其90天净进口的石油库存。国际能源署的目标是：

- 确保成员国获得可靠、充足的各种形式能源供应：特别是，在石油供应中断时要通过维持有效的应急响应能力来实现。
- 促进在全球范围内推动经济增长和环境保护的可持续能源政策，尤其是要减少导致气候变化的温室气体的排放。
- 通过采集和分析能源数据改善国际市场的透明度。
  - 支持全球能源技术协作，保障未来能源供应并减轻其环境影响，包括通过改善能源效率以及开发和推广低碳技术。
  - 通过和非成员国、产业界、国际组织及其他利益相关者进行接触和对话找到全球能源挑战的解决方案。

国际能源署的成员国包括：

澳大利亚  
奥地利  
比利时  
加拿大  
捷克  
丹麦  
爱沙尼亚  
芬兰  
法国  
德国  
希腊  
匈牙利  
爱尔兰  
意大利  
日本  
韩国  
卢森堡  
荷兰  
新西兰  
挪威  
波兰  
葡萄牙  
斯洛伐克  
西班牙  
瑞典  
瑞士  
土耳其  
英国  
美国



**International  
Energy Agency**  
Secure  
Sustainable  
Together

© OECD/IEA, 2015  
**International Energy Agency**  
9 rue de la Fédération  
75739 Paris Cedex 15, France  
[www.iea.org](http://www.iea.org)

请注意本出版物在使用和分发时  
有具体限制。相关条款请参照：  
[www.iea.org/t&c/](http://www.iea.org/t&c/)

欧洲委员会也参与了国际能源署的工作。

# 前言

自从1997年以来，国际能源署（IEA）已经发布了关于终端用能能效提高的趋势（另称为能效指标）所产生影响的报告。在这段时期，IEA和其他能效专家一道工作，一直致力于引领制定能效指标的工作，而且还与各国和其他关键利益相关者密切合作，改进能源和相关最终用途数据的收集工作。IEA《能源统计手册》（IEA，2005）、《石油危机和气候挑战——IEA成员国能源利用三十年》（IEA，2004）和《新千年能源利用》（IEA，2007）都是这一协作成果的实例。

作为一种能源资源，能源效率具有独特的潜能，能够为长期能源安全、经济增长、甚至是改善健康和舒适状况做出同步贡献；特别值得一提的是，能效还是减少温室气体排放的关键手段。通过减少或限制能源需求，能效措施能够增加应对各种风险的弹性，比如能源价格上涨和波动，能源基础设施受到的压力和能源供应体系的中断。

《能效市场报告》（IEA，2013）强调了能效作为一种重大能源资源的地位及其在全球能源市场中发挥的关键作用。其结论表明，在许多IEA国家，能效投资带来的能源需求减少会超过任何其他燃料的产出。这表明，能效不只是一种隐性燃料，而事实上还是“第一燃料”。能效指标可用于对这一隐性燃料或第一燃料的规模到底有多大进行量化描述。为了更好理解能效的驱动因素和发展潜力，重要的就是要制定和维护合理的能效指标，以便为政策制定过程提供更好的信息，帮助决策者制定最适合国内和/或国际政策目标的政策。然而，选择和开发适当的指标支持政策制定并非直截了当的事情。

《能效指标：政策制定必备指南》及其配套文件《能效指标：统计学基础》（IEA，2014）致力于提供必要的工具，启动或进一步开发深度指标，支持制定有效的能效政策。《能效指标：统计学基础》（IEA，2014）的目的是服务于统计师和能源分析师，用于收集制定能效指标所需信息。

《能效指标：政策制定必备指南》旨在为能源分析师提供所需工具，确定制定能效指标（EEI）的重点工作领域，以及如何选择和开发可为能效政策提供最好支持的数据和指标。从这些指标中获得的信息将会帮助政策制定者制定能效目标，追踪实现这些目标的进展。

我谨以国际能源署署长之名授权本报告之出版。

**Maria van der Hoeven**

国际能源署署长

# 致谢

本出版物由IEA可持续能源政策和技术司（SPT）筹备。可持续能源政策和技术司司长Didier Houssin、能源技术政策处负责人Jean-Francois Gagne和能源数据中心主任Jean-Yves Garnier提出了重要的指导和建议。

Nathalie Trudeau（前IEA同事）曾担任项目负责人，并总体负责该研究的设计和开发。Emer Dennehy负责完成该项目，监督最后的起草和形成的过程。其他主要贡献者包括Taejin Park、Cecilia Tam和Robert Tromop。该项工作也得益于许多其他IEA同事的专业能力，特别是Nina Campbell、François Cuenot、Davide D’Ambrosio、Araceli Fernandez、Assen Gasharov、Marc LaFrance、Roberta Quadrelli和Kira West。也非常感谢Sharon Burghgraeve在桌面印刷方面提供的支持。Erin Crum在Cheryl Haines的支持下对手稿进行了编辑。IEA宣传和信息办公室提供了制作协助，主要贡献者包括：Astrid Dumond、Muriel Custodio 和 Bertrand Sadin。

该工作受到IEA能源研究和技术委员会的指导。诚挚感谢该委员会各位委员和其他IEA政府官员的建议和意见。大量审阅人员为本报告中的分析提供了宝贵的反馈和意见。这些人员包括：

Heidelinde Adensam，奥地利联邦经济、家庭和青年部

John Appleby，加拿大自然资源部

Chris Bayliss，国际铝业协会

Wolfgang Bittermann，奥地利统计局

Didier Bosseboeuf，法国环境与能源署（ADEME）

Ann Christin Bøeng，挪威统计局

Moon-Sun Choi，韩国能源经济研究所

Hein Dang，新西兰能源效率和能源节约局

Pilar de Arriba Segurado，西班牙能源多元化和节能研究所

Albert Dessi，澳大利亚工业部

Alessandro Federici，意大利国家新技术、能源和可持续经济发展机构

Carlos Garc í a Barquero，西班牙能源多元化和节能研究所

Jesus Pedro Garcia Montes，西班牙能源多元化和节能研究所

G é raldine Grosjean，比利时瓦隆尼亚区公共事务局（SPW）

Andreas Haider Mag, 奥地利联邦经济、家庭和青年部  
Rurik Holmberg, 瑞典能源局  
Sung Moon Jung, 国际能效合作伙伴关系组织  
Richard Longman, 澳大利亚基础设施和运输部  
Baya Kieffer, 非洲能源委员会  
Shigeru Kimura, 日本能源经济研究所  
Ron Knapp, 国际铝业协会  
Tabea Kolbel, 经合组织工商咨询委员会  
Bruno Lapillonne, Enerdata咨询公司  
Carlos López López, 西班牙能源多元化和节能研究所  
Yuji Matsuo, 日本能源经济研究所  
Gene McGlynn, 澳大利亚工业部  
Roeland Mertens, 欧盟委员会统计司 (EuroStat)  
Gergana Miladinova, 欧盟委员会能源总司 (DG ENER)  
Nils Olof Nylund, 芬兰VVT技术研究中心  
Stephen Oxley, 英国能源和气候变化部  
Tabaré Pagliano, 乌拉圭能源研究和发展研究所  
Christoph Ploiner, 奥地利能源局  
Teresa Ponce de Leão, 葡萄牙国家能源和地质实验室  
Nicola Rega, 欧洲纸浆和造纸工业联盟  
Hori Shiro, 日本经济产业省  
Oliver Story, 澳大利亚工业部  
Oliver Thunus, 卢森堡国家统计局 (STATEC)  
Florentine Visser, 德国国际合作机构 (GIZ)  
Thibaud Voita, 国际能效合作伙伴关系组织  
Leonie Wilson, 澳大利亚能源效率和可再生能源局  
Linlin Wu, 国际铝业协会

IEA秘书处还想对所有三次能效研讨会的参与者的间接贡献表示致谢, 这三次会议为本手册的筹备铺平了道路。

IEA感谢中国国家发展和改革委员会能源研究所对中文译文进行了审阅和对中文版出版所做的贡献，特别感谢韩文科和刘静茹。本报告之中文翻译是在国际能源署“新兴经济体能源效率项目”支持下完成的。国际能源署对丹麦政府和欧盟委员会为该项目提供的资金支持谨致谢意。

欢迎点评和提问，请将评论和问题发送至：[EnergyIndicators@iea.org](mailto:EnergyIndicators@iea.org)。

Energy Efficiency Indicators Analysts

Directorate of Sustainable Energy Policy and Technology

International Energy Agency

9, rue de la Fédération

75739 Paris Cedex 15

France

<b>1</b>	<b>引言</b> .....	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>IEA能源消费趋势分析方法论</b> .....	<b>21</b>
	1. 能效指标 .....	21
	2. 政策信息和评估 .....	26
	理解政策相互作用的框架：驱动力、状况、对策 .....	26
	3. 分解或因素分解分析 .....	27
<b>3</b>	<b>制定居民生活能效指标</b> .....	<b>29</b>
	1. 居民生活能源消费的主导因素是什么？ .....	29
	2. 能源是如何消费的和最近是如何发展变化的？ .....	31
	3. 如何对指标制定进行优先排序（应开发哪些指标？） .....	33
	4. 按金字塔级别制定指标 .....	34
	一级指标.....	34
	二级指标.....	39
	5. 解释居民能源消费变化的附加指标 .....	50
	6. 居民生活能源需求变化分解 .....	50
	7. 居民生活政策信息和评估 .....	52
	补充信息的重要性 .....	52
<b>4</b>	<b>制定服务业能效指标</b> .....	<b>55</b>
	1. 服务业能源消费的主导因素是什么？ .....	55
	2. 能源是如何消费的和最近是如何发展变化的？ .....	56
	3. 如何对指标制定进行优先排序（应开发哪些指标？） .....	59



4. 按金字塔级别制定指标 .....	62
一级指标.....	62
二级指标和超越二级的指标 .....	63
5. 解释服务业能源消费变化的附加指标 .....	70
6. 服务业能源需求变化分解 .....	70
7. 服务业政策信息和评估 .....	71
商业建筑能源需求的驱动因素 .....	72
电气设备的增长 .....	72
空气调节负荷会增加设备能量负荷 .....	72
低能耗商业建筑 .....	72
政策解决方案的主要方面 .....	74
补充信息的重要性 .....	74

## **5 制定工业部门能效指标..... 75**

1. 工业部门能源消费的主导因素是什么? .....	75
2. 能源是如何消费的? 最近是否有变化? .....	77
3. 如何对指标制定进行优先排序 ( 应开发哪些指标? ) .....	79
4. 按金字塔级别制定指标 .....	81
一级指标.....	82
二级指标 .....	83
三级指标: 具体工业/具体工艺技术指标 .....	86
5. 解释工业能源消费变化的附加指标 .....	94
6. 工业能源需求变化分解 .....	95
7. 工业部门政策信息和评估 .....	97
补充信息的重要性 .....	98

## **6 制定交通运输行业能效指标..... 101**

### **A) 制定客运部门指标 .....** 101

1. 客运部门能源消费的主导因素是什么? .....	101
----------------------------	-----

2. 能源是如何消费的？最近是否有变化？ .....	101
3. 如何对客运指标的制定进行优先排序 .....	104
4. 按金字塔级别制定指标 .....	104
一级指标.....	105
二级指标.....	106
三级指标：公路 .....	108
5. 解释客运能源消费变化的附加指标 .....	109
6. 客运能源需求变化分解 .....	110
7. 客运政策信息和评估 .....	114
客运系统效率 .....	114
乘用（轻型车）燃油经济性的政策 .....	115

## **B) 制定货运部门指标 ..... 115**

1. 货运部门能源消费的主导因素是什么？ .....	115
2. 能源是如何消费的？最近是否有变化？ .....	116
3. 如何对货运指标制定进行优先排序 .....	118
4. 按金字塔级别制定指标 .....	118
一级指标.....	119
二级指标.....	120
三级指标：公路 .....	122
5. 解释货运能源消费变化的附加指标 .....	123
6. 货运能源需求变化分解 .....	124
7. 货运政策信息需求和评估 .....	125
货运能源需求驱动因素 .....	126
补充信息的重要性.....	126

## **附录 ..... 129**

附录A：分解/因素分解方法论 .....	129
附录B：关于制定能效指标的倡议.....	135

附录C：缩写、简称和度量单位.....	139
附录D：词汇表.....	141
附录E：参考文献.....	147
附录F：IEA可供选择的指标金字塔.....	151

## 图目录

图2.1 IEA能源指标金字塔.....	23
图2.2 IEA能源指标方法中各行业、分行业和最终用途分解图.....	25
图3.1 经合组织和非经合组织国家的居民生活能源消费.....	31
图3.2 居民生活能源消费和综合能源强度.....	32
图3.3 居民生活CO <sub>2</sub> 排放和强度.....	33
图3.4 居民生活详细指标金字塔.....	34
图3.5 德国、挪威、西班牙、英国和美国一级指标例子.....	36
图3.6 2010年印度农村和城市地区能源消费和能源强度估算.....	38
图3.7 加拿大不同住宅类型的能源消费和能源强度.....	39
图3.8 室内采暖能源强度和气候补偿后强度.....	40
图3.9 不同国家热水能源强度的例子（户均实际居住住宅能耗）.....	42
图3.10 热水二级之外的指标：以用电加热装置为例.....	43
图3.11 澳大利亚、法国和意大利照明能源强度例子.....	44
图3.12 各国炊事能源强度例子（能耗/实际居住住宅）.....	46
图3.13 各国家用电器能源强度例子（实际居住住宅户均能耗）.....	48
图3.14 大型家电和小家电能耗情况.....	49
图3.15 1990年到2010年人均室内采暖变化的分解.....	51
图4.1 经合组织和非经合组织国家服务业能源消费.....	57
图4.2 服务业能源消费和综合能源强度.....	58
图4.3 2010年加拿大不同能源强度水平的例子.....	58

图4.4	服务业详细指标金字塔.....	59
图4.5	主要国家一级指标例子.....	62
图4.6	主要国家观测的能源强度和气候补偿的能源强度 .....	64
图4.7	主要国家照明能源强度例子 .....	67
图4.8	主要国家其他设备类别能源强度例子 .....	69
图4.9	服务业能源强度变化分解（1990年到2010年） .....	71
图5.1	IEA使用的工业部门定义 .....	75
图5.2	经合组织和非经合组织国家的工业能源消费 .....	77
图5.3	工业分行业的能源消费.....	79
图5.4	工业部门详细指标金字塔.....	80
图5.5	一级指标的例子：单位工业增加值总能耗 .....	83
图5.6	工业分解的例子 .....	85
图5.7	2010年各国钢铁和有色金属行业生产一吨钢的能耗 .....	86
图5.8	主要国家2010年各工艺路线产量和能源强度.....	88
图5.9	各国吨熟料能耗 .....	90
图5.10	电力效率潜力.....	91
图5.11	2010年基于最佳实践技术的化工和石化行业当前节能潜力 .....	93
图5.12	各区域单位铝熔炼电耗.....	94
图5.13	1990到2010工业能源强度变化分解 .....	97
图6.1	各种交通运输模式能源消费 .....	101
图6.2	各国不同模式客运能源消费情况.....	102
图6.3	客运能源消费和人均单位GDP能耗.....	103
图6.4	不同交通模式占人公里总数的比例.....	103
图6.5	客运详细指标金字塔 .....	104
图6.6	主要国家一级指标：以人公里计算的客运能源消费 .....	105
图6.7	IEA十五国二级指标例子：按交通运输车辆类型划分的单位人公里能耗 .....	107

图6.8	加拿大不同公路用车的能源消费例子 .....	109
图6.9	影响客运能源消费的因素 .....	111
图6.10	1990年到2010年人均轿车能耗变化分解.....	112
图6.11	不同模式货运能源消费.....	116
图6.12	货运能源消费和能源强度.....	117
图6.13	各种运输模式在货运吨公里总量中的占比 .....	117
图6.14	货运详细指标金字塔 .....	118
图6.15	主要国家一级指标：货运能源强度.....	119
图6.16	二级例子：各种运输模式的吨公里能耗 .....	121
图6.17	不同的公路用车能源强度趋势：来自加拿大的例子 .....	122
图6.18	IEA十五国中影响货运能源消费的因素 .....	125
图6.19	IEA十五国1990年到2010年卡车能源强度变化情况分解图.....	125
图A.1	CO <sub>2</sub> 分解因素简略图 .....	133
图F.1	以建筑面积为基础的居民生活指标金字塔 .....	152
图F.2	以家庭为基础的居民生活指标金字塔 .....	153
图F.3	服务业指标金字塔 .....	154
图F.4	工业指标金字塔 .....	155
图F.5	客运业指标金字塔 .....	157
图F.6	货运指标金字塔 .....	158

## 表目录

表3.1	居民生活所用指标汇总.....	35
表3.2	一级指标描述.....	37
表3.3	二级指标描述：室内采暖.....	40
表3.4	二级指标描述：室内制冷.....	41
表3.5	二级指标描述：热水 .....	43

表3.6	二级指标描述：照明.....	45
表3.7	二级指标描述：炊事.....	47
表3.8	主要国家炊事平均单位能耗（ kWh/年）.....	47
表3.9	二级指标描述：家用电器.....	48
表3.10	附加指标描述：居民生活.....	50
表3.11	居民生活能源消费分解所用变量总结.....	51
表3.12	居民生活政策信息补充信息.....	52
表4.1	服务业使用的指标汇总.....	60
表4.2	主要IEA国家服务业建筑物分类.....	61
表4.3	一级指标描述.....	63
表4.4	二级指标描述：室内采暖.....	65
表4.5	二级指标描述：室内制冷.....	66
表4.6	二级指标描述：热水.....	67
表4.7	二级指标描述：照明.....	68
表4.8	二级指标描述：其他设备.....	69
表4.9	附加指标描述：服务业.....	70
表4.10	用于服务业能源消费分解的变量汇总表.....	71
表4.11	服务业政策信息补充信息.....	74
表5.1	工业部门所用指标汇总.....	82
表5.2	一级指标描述.....	83
表5.3	二级指标描述：工业.....	86
表5.4	2009年全球化工和石化分行业采用最佳实践技术的能效提高潜力.....	92
表5.5	附加指标描述：工业部门.....	95
表5.6	用于工业能源消费分解的变量汇总.....	95
表5.7	工业政策信息补充信息.....	98
表6.1	指标汇总：客运部门.....	105

表6.2	一级指标描述.....	106
表6.3	二级指标描述：客运部门.....	108
表6.4	三级指标描述：公路.....	109
表6.5	附加指标描述：客运业.....	110
表6.6	交通运输行业能源消费分解的变量汇总.....	111
表6.7	轻型车辆政策信息补充信息.....	115
表6.8	货运业指标汇总.....	119
表6.9	一级指标描述.....	120
表6.10	二级指标描述：货运.....	122
表6.11	三级指标描述：公路.....	123
表6.12	附加指标描述：货运业.....	123
表6.13	货运能源消费分解所用变量汇总.....	124
表6.14	货运政策信息补充信息.....	127
表A.1	不同分解分析方法对比.....	130
表A.2	加法和乘法三因素分解分析方法对比.....	131
表A.3	三因素对数平均迪氏指数方法论的例子.....	131
表A.4	三因素拉氏方法论例子.....	132

## 文本框目录

文本框2.1	行为对能效的影响.....	24
文本框2.2	能效提高的多重效益.....	26
文本框4.1	政策挑战：服务业对电力依赖日益增加.....	73
文本框5.1	工业部门中的方法论问题.....	77
文本框5.2	能效指标对企业的益处.....	80
文本框5.3	工业能源和CO <sub>2</sub> 指标：使用经济或实物量值.....	84
文本框5.4	基于最佳可获得技术的分析.....	87

文本框5.5	考虑产能利用率和不同活动基础的分解分析.....	96
文本框6.1	交通运输行业的能效：系统效率与车辆效率 .....	100
文本框6.2	发现运输问题和用户需求 .....	112
文本框6.3	通过机动性管理、环保驾驶和相关政策改善运行效率.....	114
文本框6.4	货运机动性管理和物流：政策解决方案的主要方面.....	126



世界各国日益认识到转变能源使用方式的迫切性。能源安全造成的担忧、高能源价格的社会经济影响和不断增强的应对气候变化意识促使许多国家更加注重制定促进能效提高的政策和措施。两件事变得日益清晰：

- 确保更好利用全球能源资源需要制定涵盖多种可选方案的政策。人们日益认识到，提升能效通常是实现这一目标的最经济有效、最经证实和最方便可用的手段。
- 建立和维持良好的政策要求具有优质、及时、可比和详细的数据，这些数据远远超出了能源平衡表中目前包括的数据，应反映每个国家经济活动的鲜明特点和可获得资源情况。

数十年来，各国已经使用能源平衡表中的数据作为一种手段，跟踪按能源类型和主要行业类型划分的能源消费情况，也用其计算综合指标（比如人均能源消费总量）。综合指标具有经常情况下现成可用和能广泛获取的优点：因此，这些指标以简单的术语揭示了能源消费中的宏观发展。然而，如果这些指标使用不当，其有用性会受到局限，甚至产生误导性结果。例如，使用单位国内生产总值（GDP）最终消费总量或人均最终消费总量来评估一国用能绩效是不正确的，因为这些指标会受到诸多因素的影响（例如气候、财富和经济结构）。

由于每个主要行业会受到不同基本因素的影响，不同行业的分析会需要不同的解释数据。此类数据没有汇报在能源平衡表中，目前只可获得若干国家的数据。因此，估算总体能效就需要终端能源消费行业的详细数据。

制定先进的指标并非易事，要求动用财力和人力收集详细数据和分析信息。几个国家最近收集了更为详尽的终端能源消费数据，这一努力已有助于制定能效指标，以便提供重要信息来了解过去发展趋势、评估能源节约潜力和加强能效政策。然而，仍有更多工作需要开展。全套详细指标无法在几年内就制定出来。重要的是，国家需要进行优先排序，确定哪些行业或一个行业的哪些细分部门需要优先考虑，然后积累获得专门技术来建立指标。

本出版物的目的是为分析师和政策制定者提供必要的工具，以对开发能效指标进行优先排序和建立有意义的指标来支持政策制定和落实。本出版物是对《能效指标：统计学基础》（IEA，2014）的补充，为开展能效指标数据收集计划提供

指导。本手册辟有专章对每一个终端能源消费行业进行讨论，这些行业包括居民消费、服务、工业、客运和货运。“IEA能源消费趋势分析方法论”一章综述了推荐的分析方法论、相关优点和注意事项，这些适用于专章所对应的所有终端能源消费行业。

# IEA能源消费趋势分析方法论

## 1 能效指标

能源指标是一个分析经济活动和人类活动、能源消费和二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放之间的相互作用的重要工具。这些指标告诉政策制定者在哪里可以实现能源节约。除了提供过去能源消费趋势的信息，能效指标还可用于帮助对未来能源需求进行建模和预测。

从能源政策角度理解，最重要的问题之一就是，能效提高在多大程度上影响了不同国家的最终能源强度变化。要理解能效的影响，有必要把影响能源需求的活动、经济结构和其他外在因素的变化产生的影响与能源强度（这些是能源强度的代理指标）的变化分开。使用了一种分解思路来实现这一点，该思路把活动、结构和能源强度的每一个变化因素对每个行业 and 国家的最终能源消费的影响分割开来，并进行量化。

IEA指标思维是基于一种概念化的指标金字塔结构，其描绘了一个能源指标层级结构，金字塔底部的指标最详细，顶部的指标最宽泛（图2.1）。

### 问与答

#### 问题1：能源强度和能源效率之间的区别是什么？

如果在能量输入相同的情况下能够提供更多的服务，或提供同样的服务所需能量输入减少，则能效更高。能源强度定义为分行业和各种最终用途的单位活动或单位产出能源消费量。一般能源强度的计算是用所消费的能源除以经济指标（例如，国内生产总值[GDP]或行业增加值）。能源强度由许多因素决定，而不只是能效。此类因素会包括经济结构、产业基础类型、汇率、能源服务的可负担性、国家大小、气候和行为。效率影响会被这些非能源相关的因素变动掩盖，所以，使用能源强度作为能效的代理指标会产生误导性结果。

#### 问题2：能效和节能之间的区别是什么？

节能是指通过生活方式或行为的改变（例如，关掉无人房间的灯）限制或减少能源消费，而能效是指通过采用更加高效的装置（例如，使用紧凑型的荧

光灯，而不是白炽灯）来限制或减少能源消费。在分解分析中，在基于实际能源消费的强度效应用作能源强度代理指标的情况下，技术能效和节能都包括在能源强度改进中。

### 问题3：应使用一次能源供应还是最终能源需求来制定指标？

能效是在具体的行业和最终用途中实现的；因此，应使用最终能源需求。为了更准确地表达能效提高，应尽可能在最细化的最终用途层面计算指标。

一般而言，个体无法影响把一次能源转化为可供消费者使用的有用能源的效率，消费者包括精炼和发电等行业。因此，能效指标集中关注最终能源需求。为了计算能源系统总体效率，如果具有数据和资源，开发初级能效指标就是有价值的。特别是最终用途实现电气化的情况下，就更是如此。

同样，可以为一次能源消费和最终能源消费开发能源相关的CO<sub>2</sub>排放指标。对于每一层级，只要能够获得按能源种类划分的能源消费信息，就可能制定CO<sub>2</sub>指标。上述指标的目的和局限也适用于CO<sub>2</sub>指标。

### 问题4：什么是分解分析，为何它是有用的？

孤立地看，能效指标只能提供一个特定行业或分行业的能源消费驱动因素的部分信息。分解分析会用于解开各种因素对能源消费总量的影响。国际能源署（IEA）分析终端能源消费趋势的方法论通常区分影响能源消费的三个主要部分：活动水平；结构（一个行业内的活动结构）；能源强度。每个个体因素的影响都在分解分析中进行了量化，所以，与能源政策有关的因素可以与能源消费的结构和活动组份的变化分割开来。

### 问题5：应优先考虑哪个行业？

每个国家都应重点考虑其能源消费最高的行业，以制定能效指标，或选择将有助于解决具体政策优先领域的指标。如果没有足够多的能源消费最高的行业的数据，则应把可以计算出有意义的终端能源消费指标的行业放在首位。

### 问题6：废弃物是碳中和吗？

只有生物质废弃物才可以认为是碳中和。例如，水泥窑燃烧废旧轮胎的二氧化碳含量要依据天然橡胶与石油橡胶的比例来确定。

**金字塔结构最顶层**（最综合的指标）定义为能源消费与GDP的比值。换言之，它可以被定义为能源消费与另一宏观经济变量的比值，比如人口。非常有必要同时既考虑基于GDP的指标又考虑基于人口的指标，以观察这两个关键因素对能源消费的影响。

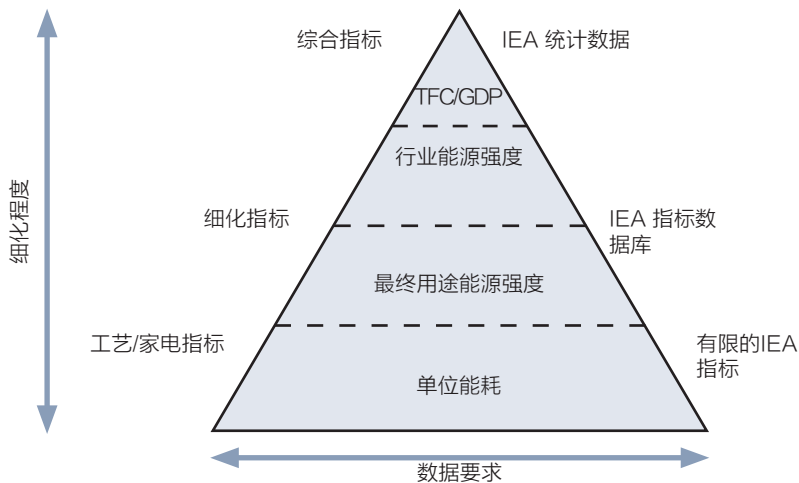
**第二行的元素**可以被定义为每个主要行业的能源强度，用每个行业单位活动的能源消费来度量。同样，根据该行业的关键驱动因素，也有必要考虑既用实物量单位也用货币单位作为能源消费的分母。

**下面的行**代表组成每个行业的分行业或最终用途，并渐进式地提供更多细节，例如，对特定的能源服务、物理过程或关键终端能源消费的家用电器进行特征定性。

综合指标为一个行业能源消费趋势背后的原因提供了一个总体概念。然而，需要更详细的信息了解能源消费的关键驱动因素，提供关于如何影响这些趋势的政策相关分析。

这一层级结构之所以重要是因为它显示了最低层级的详细变化（这可能是政策实施导致的结果[例如，家用电器最低能效标准]、技术进步[例如，更高效的高炉]、结构改革[例如，增加或改进铁路基础设施]或行为变化[例如，能源管理]）如何能够与更高序列的指标关联起来，显示前者对后者的影响。有了这一层级结构，人们可以从组成部分出发更好解释能源消费更为综合的变化，并更加小心地选择所要求的分析深度。这一选择依赖于要回答的问题。

图2.1 • IEA能源指标金字塔



说明：除非另有说明，本出版物中的所有表格和图形均源自IEA数据和分析。TFC=最终消费总量。

沿着金字塔结构往下，会要求更多数据和更复杂的分析，把下层数据再综合，反馈到更高层级。然而，每下一级也会为具体行业、最终用途、工艺和/或技术的能效提供更好的测量。与金字塔中每一层级的强度相关联的是活动和结构变量。结构变量用于在形成强度或使用综合参数时对各种强度进行权重分配。

在其当前工作中，IEA采用了超过20种终端能源消费模式的详细信息，覆盖居民生活、服务业、工业和交通运输业（图2.2）。这一信息，结合经济和人口数据，会用于识别限制能源消费背后的因素，还有日益增长的能源消费背后的因素。IEA 能源指标一般在分解层面反映比值或数量，能够描述能源消费与人类和经济活动之间的联系。该指标包括活动测量（比如工业产出或货物托运量）、结构发展测量（比如工业产出结构的变化或运输业模式份额的变化）和能源强度测量（定义为每单位活动的能源消费）。

鉴于并非所有指标都是与所有国家相关的，制定这些指标和收集必要数据可用的资源通常有限，确定哪些指标应优先考虑就显得非常重要。这一筛选是基于该国可获得的信息、可用资源和需要回答的政策问题。

筛选和制定指标只是分析一个具体行业能源情况和得出关于如何解读其过去和影响未来发展的初步结论的第一步。每一项指标都有其自身的用途，但也局限于其可以解释的内容。提供准确的情况要求一套指标，对这些指标进行联合分析将可以为政策制定提供强有力的基础。也可能制定CO<sub>2</sub>指标；发现的能效指标用途和任何局限也适用于相关的CO<sub>2</sub>指标。

### 文本框2.1 ● 行为对能效的影响

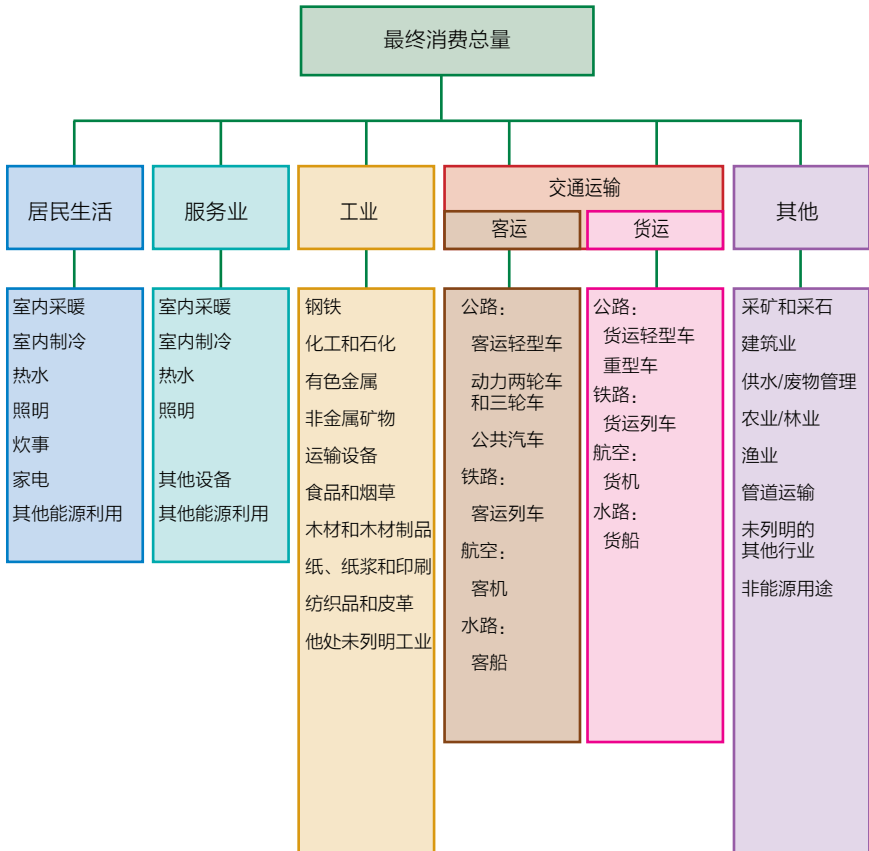
人类对能源消费的理解尺度能够促进和增大技术型的能源节约。这是指塑造与技术选择、采纳、使用和维护相关的人类行为模式的众多社会、文化和心理因素。智慧能源行为、选择和实践发挥着关键作用，可以在挖掘额外的能源节约潜力的同时确保这样的节约在未来能够持续下去。人类理解尺度部分解释了潜在的和实际的能效水平之间存在的众所周知的差距程度，还是理解和减少消费者态度和行为之间存在的甚至更大的差距之关键所在。相反地，通过技术能效提高实现的能源节约会被负面的行为因素所抵消。

试图量化行为相关的能源节约潜力和试图对可能会有助于这些节约行为变化的性质进行特征定性的研究努力表明，对行为相关的能源和温室气体节约的保守估计是，在接下来的五到十年时间里会在20%到30%之间。据估计，如果人们采用成本有效的节能和能效行为，美国有可能节约将近22%的家庭能源消费（大约9.1 EJ）（Laitner、Ehrhardt-Martinez和McKinney，2009）。除其他引人关注的结论之外，该项研究的结论还认为，超过半数的潜在能源节约（57%）可以通过低成本或无成本的行为变化来实现，而不是要求更复杂的投资决定。

关于能效标识所产生影响的研究表明，当被告知了家电能效的时候，消费者很快会采用最高效的技术，特别是当能效节约和货币节省之间的关系很明确的时候。

人类理解尺度方法应试图在个人和组织的需求、能力、资源和动机的背景下理解能源消费，并理解阻碍行为变化和导致具体能源服务需求的社会和文化制约和机遇。尽管多数能源相关行为的研究都集中关注个人和家庭，而不是工业或商业团体的行动，但消费者可能包括居民生活、工业和商业能源消费者。重要的是，人类理解尺度视角可以极大地补充和扩展传统的、最常用的人类行为技术经济模型。

图2.2 • IEA 能源指标方法中各行业、分行业 and 最终用途分解图



说明：服务业包括商业和公共服务业。

## 2 政策信息和评估

政策制定者日益追求前瞻性指标，以便能够发现问题，解释可能出现的情况和为何需要特殊的政策考虑。能效政策和方案开发要求终端能源消费层面的详细数据，以便可以对计划层面的决定进行估算和评估。政策制定者必须讲述一个令人信服的和清晰的故事，所以需要具有实质意义的信息，以便能够建立清晰的政策情景。与其他背景数据割裂的指标价值有限。能效指标的有效解释和通告日益重要，要求实质内容和解释，而不只是优质的数据和漂亮的指标。

分析师还应考虑政策制定者经常要求关于未来趋势发生之前或发生之时的信息；他们想要能够在引入政策之前就定义基线，能够认识到自动发生的变化，还有政策所带来的变化。

### 文本框2.2 ● 能效提高的多重效益

能效政策正从天真的“能源节约”视角转向越来越多寻求发现多元消费者和社会效果，以获得更好了解的视角。例如，这包括有能力提供健全的、改善的社会服务，解决居民生活中的社会不平等情况，应对全球金融危机之后艰难环境中的新兴挑战。

制定衡量能效多重效益的方法论超出了本手册的范围。关于能效多重效益的进一步讨论可见于IEA出版物《广泛撒网——能效提高的多重效益》（IEA，2012）和《能效市场报告》（IEA，2013）。

## 理解政策相互作用的框架：驱动力、状况、对策 .....

所有政策设计和落实的核心都是需要了解为何要引入政策和政策的作用如何。各种框架有助于发现问题，评估影响和理解根本原因和影响。驱动力——状况——对策（经济合作与发展组织[OECD]，1996）框架是分析这些关系的一个有用框架。

需要三类信息理解背景和政策可选方案：

- 关于为何终端用户会按照他们的方式使用能源的信息：能源需求的驱动力
- 关于现有情况是什么及其是如何作用的信息：能源消费的状况
- 关于政策可选方案和潜在影响的信息：政策应助推的对策。

这些信息共同形成了一个信息循环，可以根据它们测量的绩效定期评审和更新政策。需要指标为每一个要素提供信息：驱动力、状况和对策。



政策对策需要解决这些驱动力，往往采取微妙的方式。例如，在居民生活中，很少有政府可能通过监管居住密度或家庭规模来管理居民能源需求。由于家庭规模增加而产生的能源消费增长已经被大幅的能效进步所抵消（IEA，2013）。

事后评估的补充信息，例如，对家电最低能效标准（MEPS）和标识的评估显示，多数能效提高来自于能源需求的大量减少，因为家电存量逐渐转向更高效的家用电器。有用的政策信息是家电能效的提高能够抵消人口和生活方式的驱动力，家电能效计划应得到加强或持续，以成本有效的方式限制或抑制能源需求的增长。

在指标金字塔二级、三级及其此后层级中，指标提供了所有行业中的主要状况指标；按燃料类型划分的能源消费和分配到关键最终用途的能源消费应在地域或区域层面进行分解细化，以反映气候和社会驱动因素。

### 3 分解或因素分解分析

分解或因素分解分析量化不同的驱动力或因素对能源消费的影响。理解每一个要素如何影响能源消费是有必要的，以确定哪个领域具有减少能源消费的最大潜力和制定能效政策时应该优先考虑哪些领域。

终端能源消费趋势分解经常需要区分影响能源消费的三个主要部分：综合活动、行业结构和能源强度。在这种情况下，能源强度是能效提高的代理指标。这是一个三要素分解分析的例子。然而，如果具有更多的详细数据，就有可能把分解拓展到超过三个因素。关于分解分析和有关方法更为详细的讨论参见附录A。

分解分析的一个关键问题是选择活动定义。理想情况下，精选活动指标将会利用容易获得的数据，应尽可能切合所述政策目标和计划活动目标。实体活动度量（例如，吨数）和活动价值（多少元）对测量能效都是具有宝贵价值的，对两者都应该进行持续统一的追踪。

应在地域或区域层面对能源消费按分配到关键最终用途的不同燃料进行细分，以反映气候和社会驱动因素。能源消费分解可以延伸到通过引入燃料结构和碳强度（或CO<sub>2</sub>强度）因素来解决CO<sub>2</sub>排放变化的问题。

# 制定居民生活能效指标

## 1 居民生活能源消费的主导因素是什么？

居民生活包括与私人住宅相关的活动，包括公寓和房屋内的所有用能活动，包括室内采暖和热水、制冷、照明、炊事和使用家用电器（包括大型家电和小家电），不包括个人交通（这部分涵盖在交通运输行业中）或生产电力和热力的能源消费（这部分涵盖在能源转化行业）。这是为了保持与报告给国际能源署（IEA）的国家能源平衡表的一致性。

居民生活和不同最终用途的能源消费趋势受各种各样的因素驱动，包括总体能效提高，人口变化，能源结构，城市化率，实际居住住宅数量，每户居民数，住宅面积，住宅类型，建筑特点年龄状况，收入水平和增长，消费者偏好和行为，能源可获得性，气候条件，家用电器和设备普及率，标准。

更通常来说，为了制定能源指标，要考虑两个重要的活动变量来解释能源消费趋势：居民生活建筑面积（需要室内采暖和室内制冷的建筑面积）和实际居住住宅数量（用于热水、照明和家用电器）。<sup>1</sup>然而，有必要理解每个因素如何影响能源消费，以确定减少能源消费的最大潜力在哪里和在制定能效政策时应该优先考虑哪个领域。

### 问与答

#### 问题1：在居民生活中应开发哪个指标？

在居民生活使用化石燃料份额高的国家，应该优先制定耗能大的最终用途指标，大多数是室内采暖（对于寒冷国家）和热水指标。

在政策目标是减少电力基荷或峰荷（限制所要求的容量增加或达到100%电气化率）的国家，应优先考虑制定家用电器、照明和室内制冷的指标，因为它们的主要的电力用户。

1. 关于与每种终端能源消费有关的活动变量的具体情况，在随后的章节中介绍了更多详情。

## 问题2：对于家用电器所要求的分解层级是什么？

对于使用能源的大型家用电器，比如冰箱、洗衣机、洗碗机，所要求的分解层级是在单类家电层面。关于电视的数据一般都能够获取，但是关于其他小型电力和电子电器的数据尽管令人关注，但可能难以获取，在这种情况下，此类家用电器，比如电脑、笔记本电脑和手机，可以归纳到数字家电的类别里。

## 问题3：什么是气候补偿？

气候补偿是对室内采暖和制冷能源消费的调整，目的是通过消除逐年温度变化的影响，实现随时间推移消费模式的合理化。建议使用特定年份采暖度日数（HDD）或制冷度日数（CDD）\*与30年平均采暖度日数或制冷度日数数值的比值调整室内采暖或制冷。

## 问题4：应该使用住宅总量还是实际居住住宅总量？

实际居住住宅总量应被用于计算居民生活终端能源消费指标，以避免计算经常不用的住宅或空置住宅的消费时出现扭曲。要了解进一步讨论，请参考《能效指标：统计学基础》（IEA，2014）。

## 问题5：是否应该区分城市住宅和农村住宅？

在农村或城市地区的住宅类型和大小存在显著区别的国家，或可获得性和燃料结构不同的国家，如果有数据可获得，建议进行城市/农村区分。

## 问题6：发达国家和发展中国家进行比较时，是否应该排除生物质？

在某些高度依赖传统生物质的地区，建筑物能源消费占到最终能源消费总量的高达80%（IEA，2013）。因此，为了覆盖居民生活能源消费总量，生物质应该包括在内，但结果不应用于排名目的。在高度依赖生物质的国家，有望会出现高强度，因为传统生物质的利用效率可能不高。在任何比较中，有关国家可获得的当地能源资源应给予考虑。

## 问题7：该如何分析交通车辆用电？

交通运输能源消费不应包括在居民生活中。然而，在某些国家，一些交通运输相关的能源消费无法与居民生活能源消费分开。例如，在冬天极度严寒的国家，用于交通车辆电池保暖的缸体加热器的电力消费，就无法容易地从居民用电中分离出来。

\*参照IEA配套手册《能效指标：统计学基础》（IEA，2014）中关于采暖度日数和制冷度日数的定义。

## 2 能源是如何消费的和最近是如何发展变化的?

在2011年，居民生活能源消费占全球最终能源消费的大约23%。尽管在1990年到2011年期间居民生活在最终能源消费总量中的占比保持稳定，但由于众多因素的影响，包括人口和实际居住住宅数量增加、住宅面积发生变化、家用电器数量增多、财富增加，居民生活能源消费总量却增加了35%。

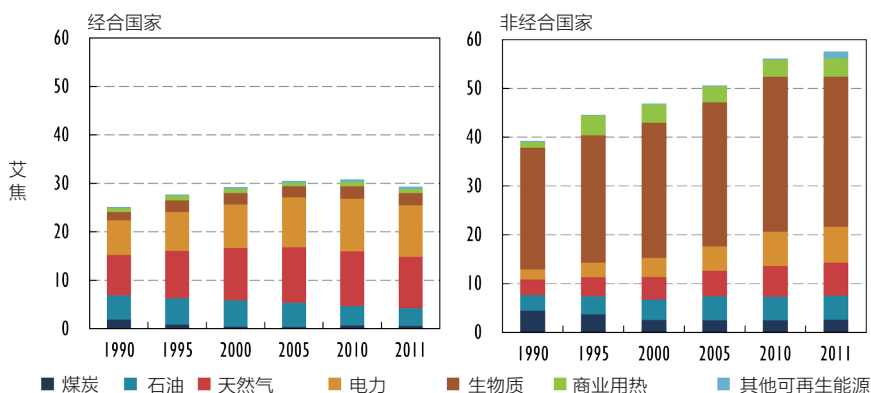
居民生活能源消费的相对重要性和满足这些能源需求所需的能源在不同国家和地区之间差异很大。电力和天然气是经济合作与发展组织（OECD）成员国使用的主要能源商品，在2011年占到其居民生活能源要求总量的几乎四分之三。

全球来看，生物质依然是居民生活最重要的能源。其多用于热带非经合组织国家的炊事和热水。煤炭和石油的份额下降，而天然气和电力变得日益重要。

经合组织国家里的用电一直在迅速攀升，主要是由于小家电的渗透增加和用于室内采暖和热水的热泵使用范围更加宽广。

在非经合组织国家，可再生能源（主要是传统生物质）依旧是占主导地位的能源商品，占最终能源消费的56%，但其份额在下降。尽管在2011年电力消费只占13%，却是迄今为止增长最快的能源商品，自1990年以来，电力使用增加了270%。区域供暖对于一些国家的居民生活一直都很重要，例如，在俄罗斯有近50%的份额。

图3.1 ● 经合组织和非经合组织国家的居民生活能源消费



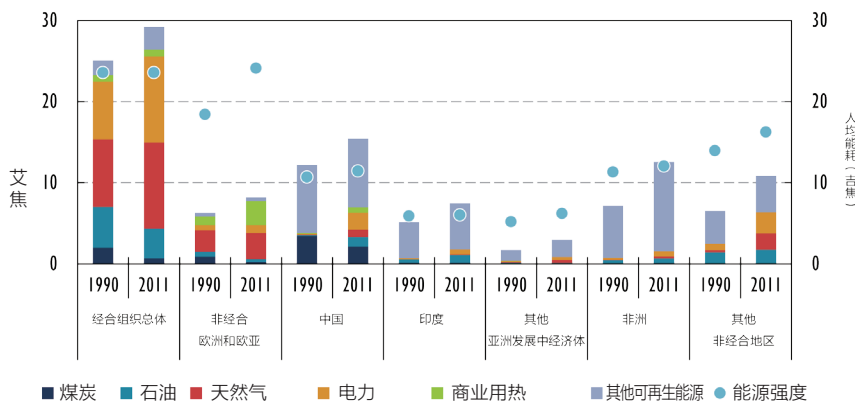
人均能耗是居民生活使用最广泛并且也是可获得的指标。该指标常用于对比不同国家的相对强度或能源效率情况。尽管其提供了一些关于能源消费趋势的有意义的启示，但基于该指标对比不同国家的表现则具有误导性。其关于家庭能源消费情况的信息非常少，不能反映不同国家的具体情况。

例如，印度和亚洲其他发展中经济体的人均能耗低并不表明这些国家的能效，但反映了这样的事实：这些国家采暖要求非常低；有很大比例的人口生活在农村地区，一些人用不上电力；家用电器渗透率低。在一些国家，此类因素可被对传统生物质的大量依赖所抵消，特别是在炊事和热水方面。传统生物质的利用效率通常很低，有时低至8%至15%，这可以解释为何高度依赖生物质的地方能源强度高，非洲就是如此。

经合组织国家的附加可获得的信息表明，经合组织国家在1990年到2011年期间人均消费增加并不是由于效率下降。这一增加可以用其他因素解释，比如平均房屋大小增加，每栋住宅居民人数减少和家庭拥有的小型家电数量增加。事实上，这些国家多数最终用途的能效都得到了提高。

由于最终能源消费的增加和能源结构的变化，全球居民生活二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放<sup>2</sup>在1995年和2011年之间增加了27%，达到将近5吉吨CO<sub>2</sub>（GtCO<sub>2</sub>），这比最终能源消费的增加还多，意味着居民生活能源结构的CO<sub>2</sub>强度增加。

图3.2 ● 居民生活能源消费和综合能源强度

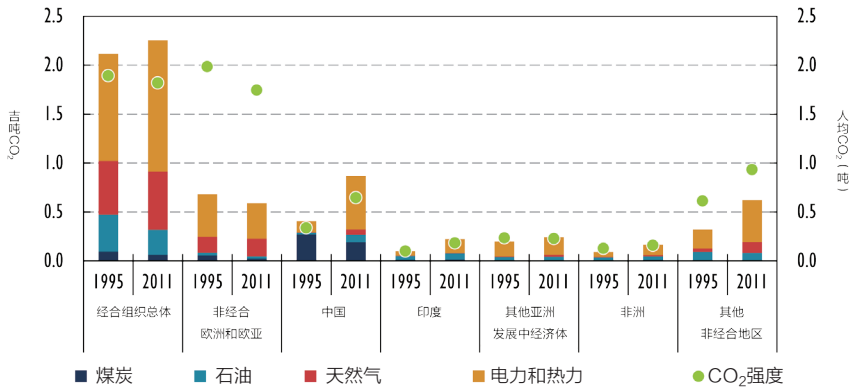


对居民生活人均排放的研究显示，在2011年，全球二氧化碳人均排放量是0.71吨（tCO<sub>2</sub>），比1995年高4%。然而，各国之间差异较大。经合组织国家在2011年的人均CO<sub>2</sub>排放平均是非经合组织国家的四倍，这一差异是两方面因素的共同作用：非经合组织国家中人均居民生活能源消费较低；由于可再生能源份额高，使得能源结构碳强度较低。这一差异还不如1995年的令人震惊，当年的经合组织平均CO<sub>2</sub>强度是非经合组织的五倍以上。经合组织国家电力和热力CO<sub>2</sub>强度的下降

2. CO<sub>2</sub>排放既包括直接排放，也包括间接排放。因为没有1990年的热力CO<sub>2</sub>排放因子，本报告中各部分所用的CO<sub>2</sub>排放分析基准年1995年。

(-14%)，结合考虑非经合组织国家设备推广速度增加及电力和热力CO<sub>2</sub>强度增加(+24%)，部分解释了1995年到2011年期间的总体趋势。

图3.3 • 居民生活CO<sub>2</sub>排放和强度



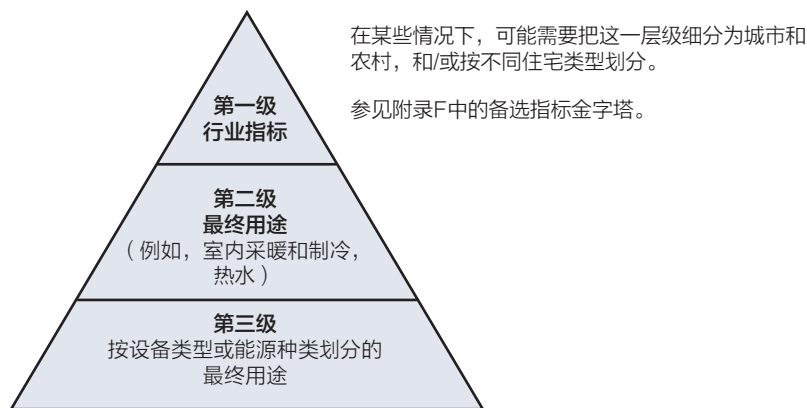
### 3

## 如何对指标制定进行优先排序（应开发哪些指标？）

定义制定居民生活能效指标的分析框架的方法有很多。详细程度很大程度上依赖于可获得的信息和国情。对于多数建筑存量主要由一种建筑类型构成的国家，在不同的住宅类型之间进行细分可能不会成为优先考虑事项。例如，在俄罗斯，超过70%的住宅建筑是居住多家庭的（EBRD，2011）。另一方面，这一特性对于其他国家可能是重要的，例如，在加拿大，单一家庭住宅占到住宅存量的大约55%，多家庭住宅占30%。这一点尤为重要，因为在加拿大单一家庭住宅的平均每户家庭能源消费是公寓的两倍。

同样，在一些燃料和设备可用性存在显著差异的国家，区分农村和城市家庭可能是必要的。但是，在农村和城市家庭可获取同一种能源和具有同样的相对收入的其他国家，这种区别是不相关的。在多数经合组织国家中，城市和农村家庭在住宅类型方面的主要区别是：在城区主要是多家庭住宅，在农村地区主要是单家庭住宅。

图3.4 ● 居民生活详细指标金字塔



## 4 按金字塔级别制定指标

表3.1总结了居民生活部分描述的所有指标, 并简要介绍了这些指标的用途。该表与《能效指标: 统计学基础》(IEA, 2014)中关于指标的讨论是互相匹配的。

### 一级指标

#### 居民生活综合能源强度

**定义:** 人均、实际居住住宅户均或单位建筑面积的居民能耗总量。人均能耗表明一个国家/地区的每个人消费多少能源。

实际居住住宅户均能耗和单位建筑面积能耗要比居民生活人均能耗的指标更好, 因为居民能耗的关键驱动因素——住宅规模可以使这些指标合理化。

- 实际居住住宅户均能耗考虑了居民人数的变化, 可用于解释为何类似国家具有不同的人均能耗。对于类似的人口, 如果每栋住宅居住的人更多, 一个国家的实际居住住宅数量就可能会较低。实际居住住宅数量较低意味着需要采暖和制冷的住宅数量会越少, 家用电器总数也越少。
- 单位建筑面积能耗考虑住宅的相对大小。同样, 在具有类似的人口和类似的实际居住住宅数量的国家, 平均住宅较大的国家能源消费总量可能会较高, 因为它们要消耗更多能源满足类似的室内温度要求。另一方面, 照明、热水和家用电器的能源消费与住宅数量和每户住宅居民数的关系比与住宅实际大小的关系更加密切。

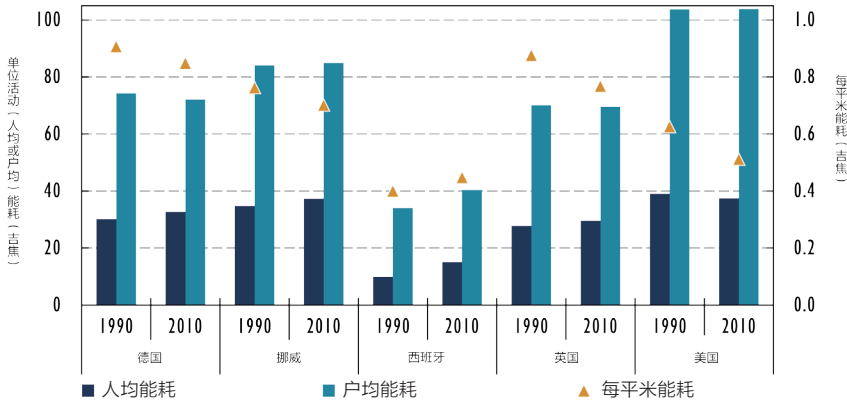
表3.1 • 居民生活所用指标汇总

指标	覆盖范围	能源数据	活动数据	代码	建议指标
人均室内采暖能耗	总体	室内采暖总能源消费	总人口	H2a	
户均采暖能耗	总体	室内采暖总能源消费	总住宅数	H2b	
单位建筑面积（和单位供暖建筑面积）采暖能耗	总体	室内采暖总能源消费	总建筑面积	H2c	⊙
	按住宅类型	A类型住宅室内采暖能源消费	A类型住宅建筑面积	H3a	
	按采暖系统	采用系统 $\alpha$ 的住宅的室内采暖能源消费	采用供暖系统 $\alpha$ 的住宅的建筑面积	H3b	
	按能源种类	采用能源Z的住宅的室内采暖能源消费	采用能源Z的住宅的建筑面积	H3c	
带空调住宅户均室内制冷能耗	总体	室内制冷总能源消费	装有空调的住宅总数	C2a	
带空调住宅单位面积室内制冷能耗	总体	室内制冷总能源消费	总制冷建筑面积	C2b	⊙
	按住宅类型	A类型住宅室内制冷能源消费	装有空调的A类型住宅制冷建筑面积	C3a	
	按制冷系统类型	采用空调系统 $\alpha$ 的住宅的室内制冷能源消费	采用空调系统 $\alpha$ 的住宅制冷建筑面积	C3b	
	按能源种类	采用能源Z空调系统的住宅的室内制冷能源消费	采用能源Z空调系统的住宅制冷建筑面积	C3c	
人均热水能耗	总体	热水总能源消费	总人口	W2a	
户均热水能耗	总体	热水总能源消费	总住宅数	W2b	⊙
	按热水系统类型	采用热水系统 $\alpha$ 的住宅热水能源消费	采用热水系统 $\alpha$ 的住宅总数	W3a	
	按能源种类	采用能源Z热水系统的热水能源消费	采用能源Z热水系统的住宅总数	W3b	
人均照明能耗	总体	照明总能源消费	总人口	L2a	
户均照明能耗	总体	照明总能源消费	总住宅数	L2b	⊙
	按住宅类型	A类型住宅照明能源消费	A类型住宅数量	L3a	
单位面积照明能耗	总体	照明总能源消费	总建筑面积	L2c	
	按住宅类型	A类型住宅照明能源消费	A类型住宅总建筑面积	L3b	
人均炊事能耗	总体	炊事总能源消费	总人口	K2a	
户均炊事能耗	总体	炊事总能源消费	总住宅数	K2b	⊙
	按能源种类	采用炊事能源Z的炊事能源消费	采用炊事能源Z的住宅数量	K3a	
人均家电能耗	总体	家电总能源消费	总人口	A2a	
户均家电能耗	总体	家电总能源消费	总住宅数	A2b	
每台家电平均能耗	按家电类型	所有A类型家电能源消费	A类型家电数量	A3a	⊙

■ 采暖    ■ 制冷    ■ 热水    ■ 照明    ■ 炊事    ■ 家电



图3.5 ● 德国、挪威、西班牙、英国和美国一级指标例子



**一级指标用途：**比较这三项指标可能有助于理解哪些最终用途对能源消费影响最大，因为不同的最终用途会受不同的活动驱动因素影响（即，室内采暖和室内制冷趋势多数受总建筑面积驱动，家用电器、照明和热水与实际居住住宅数量的关系更加密切）。

**对政策制定的意义：**这些指标提供了关于该行业发展演变及其如何进行国际对比的一般见解。但是考虑到影响这些指标的因素众多，所获得的信息不足以确认在哪些地方可以提高能效和在哪里需要更多关注。

**跨国对比：**基于这些指标对比不同国家的情况可能会造成误导。然而，它可以为能源消费的未来趋势提供指示。随着生活标准和能源获取得到改善，人均消费非常低的发展中国家的能源消费将最有可能增加。

#### 数据可获得性和数据来源：

- 能源消费：通常可从全国能源平衡表和IEA 能源平衡表中获得
- 人口：可从联合国经济和社会事务部和国家统计局获得
- 实际居住住宅：或许可以从国家统计局获得，例如，通过家庭开支调查获得。

**相关指标：**通常可以从能源平衡表中获得不同能源种类的能源消费。对不同能源水平和趋势的分析可能有助于确定哪种最终用途是最重要的和哪种是最大的能源消费者。电力是家用电器、照明和室内制冷的主要能源来源；生物质和煤炭多用于炊事和热水；天然气和石油多用于室内采暖和热水。

表3.2 • 一级指标描述

指标	所要求数据	目的	局限性
居民生活人均能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>各类能源的居民生活能源消费总量</li> <li>人口</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可为许多国家构建并可提供统一的可比基础</li> <li>为哪种最终用途可能是一直以来增长最快的提供定性信息</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>不衡量能效发展情况</b></li> <li>该指标会受到不同的家用电器的普及率、居民人数、家庭收入水平、房屋大小和住宅类型发展趋势、水和室内制冷装置的效率、所用灯泡类型、建筑围护结构能效的影响</li> </ul>
实际户均居民生活能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>能源消费</li> <li>实际居住住宅数量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>为综合能源强度趋势提供概要信息</li> <li>当不知道最终用途的能源消费时，实际居住住宅户均能耗可被视为能源强度指标</li> <li>如果知道天气情况、耗源家用电器拥有量和住宅面积，就可以得出一些重要结论</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>不衡量能效发展情况</b></li> <li>受许多与能效无关的因素影响，比如收入水平或能源价格的变化</li> </ul>
居民生活单位建筑面积能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>能源消费</li> <li>总建筑面积</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>监测居民生活的能源消费</li> <li>与户均能耗结合，可以为哪些可能是能源消费的主要驱动因素提供有用启示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>不衡量能效发展情况</b></li> <li>受许多与能效无关的因素影响，比如收入水平或能源价格的变化</li> </ul>

### 一级进一步分解：城区和农村地区居民生活能源强度

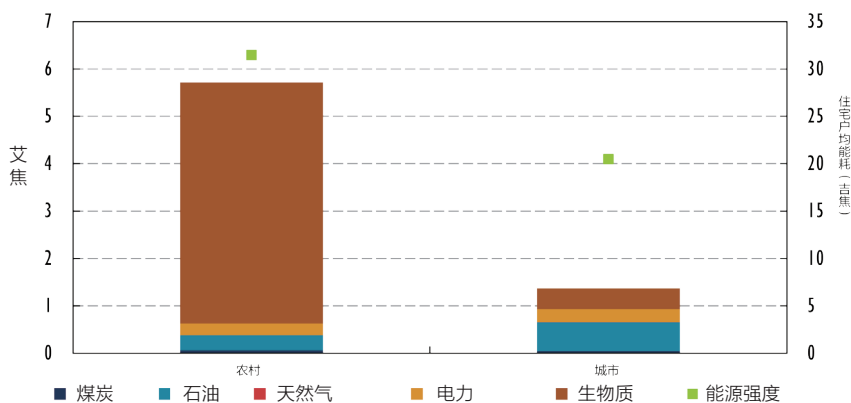
在农村和城市地区能源消费模式差异很大的国家，为了更好地理解总体趋势和根据不同的情况确定充分的政策干预，要求为每个细部门制定指标。前一层级中明确的不同指标及其定义、目的和局限也可适用于这一层级。然而，不能从能源平衡表中获得能源消费细分的信息。

对印度这些指标的分析表明，城市地区的能源强度比农村低。这可能是与直觉相背的，因为城市人口一般收入水平较高，具有更多耗能设备，具有更好的能源接入。

这两类地区中居民生活使用燃料结构差异很大可以在很大程度上解释这一结果。在农村地区，超过四分之三的能源是生物质；在城市地区该份额不足50%。这一惊人的差异部分解释了农村地区能源强度较高的情况。在印度，生物质多用于居民生活炊事，其效率可低至8%到15%。作为一个对比点，常规燃烧锅炉中使用天然气的效率可高达84%。

这些指标的发展演变也会对居民生活能源消费总体趋势产生影响。由于城市人口人均能耗比农村低，一国城市化率的增加将转化为一国总体人均能耗的下降。这一下降将反映居民生活组成结构的变化，而不是居民生活能效的提高。

图3.6 • 2010年印度农村和城市地区能源消费和能源强度估算



### 进一步分解一级指标：不同住宅类型的居民生活能源强度

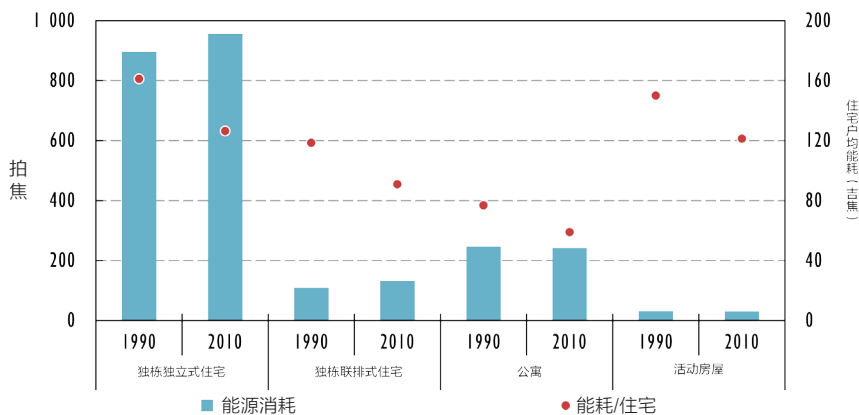
考虑不同的住宅类型对于理解居民生活能源消费总体趋势可能是重要的。住宅类型对采暖和制冷要求具有显著影响。在单一家庭住宅建筑中，所有墙壁和屋顶都受外部因素影响，要维持其舒适度一般需要比公寓建筑更多的能源，因为公寓中可能只有一面墙朝外。因此，单一家庭住宅建筑占比普遍较高国家的能源需求，要高于住宅存量大部分是多家庭住宅建筑或公寓的国家。

同时，住宅类型通常对家用电器或热水的能源消费无直接影响。就其本质而论，这一层级只对具有较高采暖或制冷负荷的国家和住宅类型非常多元的国家是重要的。前一层级中明确的不同指标及其定义、目的和局限在这一层级也适用。然而，不能从能源平衡表中获得能源消费细分的信息。

对加拿大户均能耗的分析表明，单一家庭住宅能源强度是公寓的两倍多。单位建筑面积能耗的对比可能会显示不同的差距规模。因此，公寓在加拿大的相对重要性的变化，对总体居民生活能源消费趋势有上行影响，其相对重要性在1990年到2010年期间是降低的。

虽然有时可从全国普查或调查中获取按住宅类型划分的总建筑面积或实际居住住宅数量，但这一层级的能源消费通常要求进行具体的家庭调查。考虑到建立该指标所需要的资源，应对其必要性进行仔细评估，如果认为对于支持更好的政策制定是必要的，才应着手制定。

图3.7 ● 加拿大不同住宅类型的能源消费和能源强度



说明：加拿大的能源是按照总热值报告的。

资料来源：NRC（加拿大自然资源部）（2013），加拿大自然资源部能效管理办公室全国能源利用数据库。

## 二级指标

### 按最终用途划分能源强度：室内采暖

**定义：**人均室内采暖能耗，实际居住住宅户均能耗或单位建筑面积能耗。在一些国家，总建筑面积中只有一部分是有采暖的；在这种情况下，该指标应使用采暖建筑面积作为活动变量，以提供更加准确的强度趋势结果。首选指标是单位建筑面积能耗。

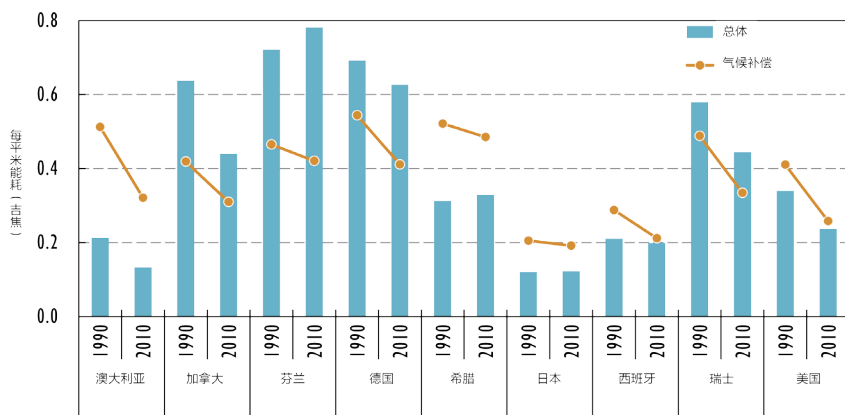
**对政策制定的意义：**室内采暖强度不但受气候影响，而且还受建筑容积、建筑年龄、建筑围护结构的效率、消费者偏好、设备使用方式、控制功能、所用能源、运行局限和采暖设备效率等影响。因此，为了给政策制定提供坚强的基础，需要更为详细的建筑物和采暖设备信息。

**跨国对比：**要使该指标适用于跨国对比，应对室内采暖能源消费进行修正，以考虑任何特定年份的采暖度日数。

尽管对比的更准确的基础是需要采暖的总建筑容积，而不是总面积，但国家通常没有房屋容积的数据。就其本质而论，基于容积的指标不会在本手册中讨论。

**数据可获得性和数据来源：**就其他最终用途而言，能源消费信息并非普遍存在，需要进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中详细介绍了如何收集此类信息（IEA，2014）。

图3.8 ● 室内采暖能源强度和气候补偿后强度



说明：采用2 700 采暖度日数进行气候补偿。

表3.3 ● 二级指标描述：室内采暖

指标	所要求数据	目的	局限性
室内采暖人均能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>室内采暖能源消费</li> <li>人口</li> </ul>	给出室内采暖能源消费趋势的特征	该指标不考虑建筑面积和采暖建筑面积所占份额的影响
室内采暖实际居住住宅户均能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>室内采暖能源消费</li> <li>实际居住住宅数量</li> </ul>	给出室内采暖能源消费趋势的特征	该指标不考虑建筑面积和采暖建筑面积所占份额的影响
室内采暖单位建筑面积能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>室内采暖能源消费</li> <li>总建筑面积</li> </ul>	给出室内采暖能源消费趋势的特征	<ul style="list-style-type: none"> <li>不对设备和建筑能效进行区分</li> <li>不能衡量能效发展情况</li> <li>不考虑未采暖建筑面积和没有室内采暖的住宅</li> </ul>
室内采暖单位供暖建筑面积能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>室内采暖能源消费</li> <li>总供暖建筑面积</li> </ul>	在总建筑面积中只有部分采暖的情况下，该指标为室内采暖能源消费趋势提供了一个更好的指标	<ul style="list-style-type: none"> <li>不对设备和建筑能效进行区分</li> <li>不能衡量能效发展情况</li> </ul>

### 超越二级指标

影响室内采暖能源消费的因素包括：消费者偏好（例如，首选的室内温度）；家庭收入；住宅的类型、年龄和效率；能源种类；所用技术。需要包括消费者行为在内的详细信息制定有效指标，对这些驱动因素中的每一个进行评估。

从技术选择角度看，有许多根本不同的技术都会对能源消费产生巨大影响。在未来，建议收集家庭是否使用热泵代替电阻加热器和使用冷凝锅炉代替常规锅炉的数据（IEA，2013）。

## 按最终用途划分能源强度：室内制冷

**定义：**配备空调的住宅户均制冷能耗或单位建筑面积制冷能耗。鉴于在多数国家只有一部分住宅装有空调，有时住宅的总建筑面积中仅有一部分进行制冷，使用总人口、实际居住住宅或建筑面积作为活动变量的指标对于这一最终用途将不具有相关性。尽管配备空调的住宅户均能耗量是一个相关指标，单位建筑面积制冷能耗则是优先选用的指标，因为它考虑了一户住宅中制冷的面积。与室内采暖指标相关的优点和注意事项也适用于室内制冷指标。

**对政策制定的意义：**该指标能够为制冷能耗增加的潜力以及提高最终用途能效的潜力提供进一步的见解。

**跨国对比：**要使该指标适用于跨国对比，就应对制冷能耗进行修正，考虑任何特定年份的制冷度日数。

**数据可获得性和数据来源：**就其他最终用途而言，能源消费数据并非普遍可获得。要求进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中提供了关于收集这一信息的细节（IEA，2014）。

表3.4 ● 二级指标描述：室内制冷

指标	所要求的数据	目的	局限性
带空调的住宅户均室内制冷能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>制冷能耗</li> <li>安装空调的住宅数量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>给出制冷能耗趋势的特征</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>未考虑住宅中进行制冷的面积</li> </ul>
单位建筑面积室内制冷能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>制冷能耗</li> <li>制冷的建筑面积</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>给出制冷能耗趋势的特征</li> <li>可被用作制冷能效的代理指标</li> <li>可能表明政策的有效性（最低能效，或高效空调机的推广）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>未考虑用于给房屋制冷的不同技术，所以，可能低估或高估实际的能效</li> </ul>

说明：人均室内制冷并不是一个相关指标，因为制冷在居民生活中使用并不广泛。

### 超越二级指标

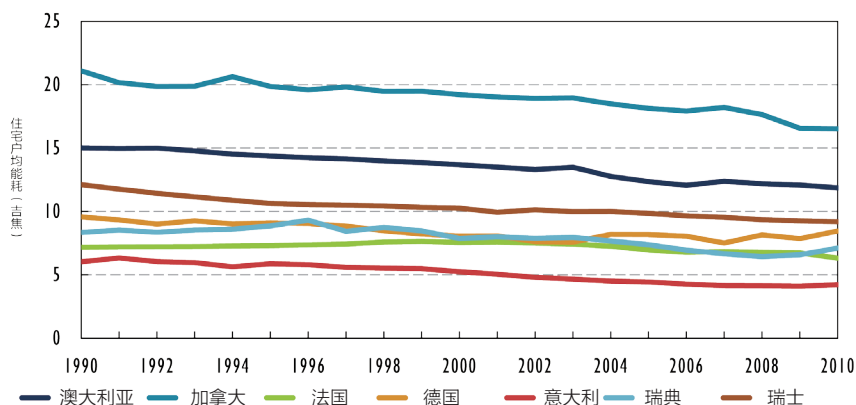
目前只有少数几个国家能够制定所提议的一级指标。这些指标可能会作为能源强度的代理指标，但是更好跟踪政策或潜力情况，则要求进一步提供不同制冷技术的数据。澄清政策问题然后进行仔细设计的调查是第一步。室内制冷可以通过不同的技术实现，比如集中式、窗挂式或分体式系统。为更好跟踪制冷能效趋势，为了更好地理解如何影响这一趋势，要求提供技术层面的信息（产品销售趋势）。

## 按最终用途划分能源强度：热水

**定义：**人均热水能耗或户均实际居住住宅的热水能耗。实际居住住宅户均能耗被认为是比人均能耗更好的指标。热水会采用不同的能源类型，在发展中国家以生物质为主，在经合组织国家以天然气为主。

实际居住住宅户均能耗为深入了解热水能效提供了有用的信息，但用于跨国对比时还受不同的每户住宅平均居住人数影响。

图3.9 ● 不同国家热水能源强度的例子（户均实际居住住宅能耗）



发达国家和发展中国家所用能源大不相同，对两者的热水器效率进行对比与评估可能并不相关。当生物质份额高时，强度会比较高。然而，研究能源结构随时间推移的变化和对平均强度能够为燃料结构对水加热总体强度的影响提供更进一步的见解。

由于发展中国家不是所有家庭都具有或希望有热水，非常重要的就是要考虑配备热水的住宅数量和该服务的充足性。这一信息正常情况下收集不到。

**对政策制定的意义：**该指标高度依赖于所用能源类型、热水器效率和出水口、热水的普及率。尽管可以提供重要的启示，但要评估减少能耗的潜力还需要更多详细的信息。

**跨国对比：**由于能源强度依赖于配备热水的实际居住住宅数量（或热水器数量）和所消耗的能源，所以根据这一指标对比发达国家和发展中国家的情况可能具有误导性。

**数据可获得性和数据来源：**就其他最终用途而言，能耗数据并非普遍可获得，需要进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中详细介绍了如何收集此类信息（IEA，2014）。

表3.5 ● 二级指标描述：热水

指标	所要求数据	目的	局限性
人均热水能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>热水能耗</li> <li>人口</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供了热水能耗趋势的特征</li> <li>如果该指标是在能源种类层面制定的，它可能表明政策实施的有效性（最低能效，或太阳能热水的推广）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>该指标不考虑能够获得热水或需要热水的人口数量</li> <li>不考虑每户居民数的影响</li> <li>未考虑热水能耗的能源类型</li> </ul>
实际居住住宅户均热水能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>热水能耗</li> <li>实际居住住宅数量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供了热水能耗趋势的特征</li> <li>如果该指标是在能源种类层面制定的，它可能表明政策实施的有效性（最低能源性能，或太阳能热水的推广）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不考虑能够获得热水或需要热水的实际居住住宅数量</li> </ul>

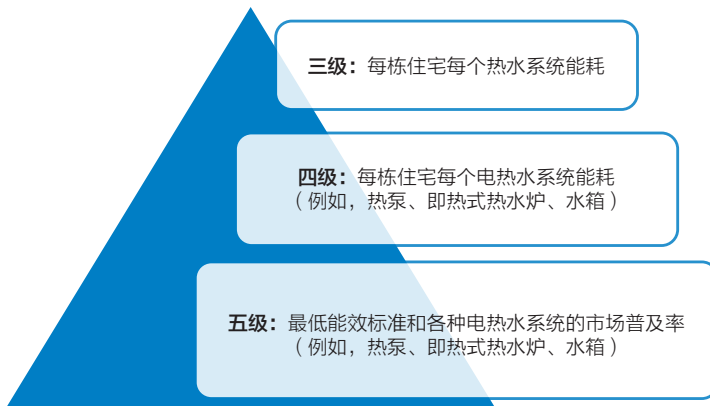
## 超越二级指标

尽管开发热水二级指标为能源消费趋势提供了一个良好的基础，但要对能效提高的影响和潜力进行更好评价，就要求在更加细化的层面制定指标。

能源强度指标应按能源和技术类型进行制定（图3.10），以跟踪政策实施的效果。尽管基于能源种类的指标可能足以理解如何影响能源消费趋势，但最低能效标准（MEPS）的制定和对实际执行的跟踪还是要求制定按技术类型划分的指标。具有如此程度的细节将会为理解针对某种特定技术的政策如何影响能源消费总量提供良好基础，也可用于对比不同技术在各个国家的效率。

例如，在未来，获取和通报热泵热水器和电阻热水器市场饱和度数据将具有重要意义。同样，通报即热式冷凝式燃气热水器、冷凝式燃气热水器和传统的燃气热水器份额将对政策制定者具有很大帮助（IEA，2013）。

图3.10 ● 热水二级之外的指标：以用电加热装置为例



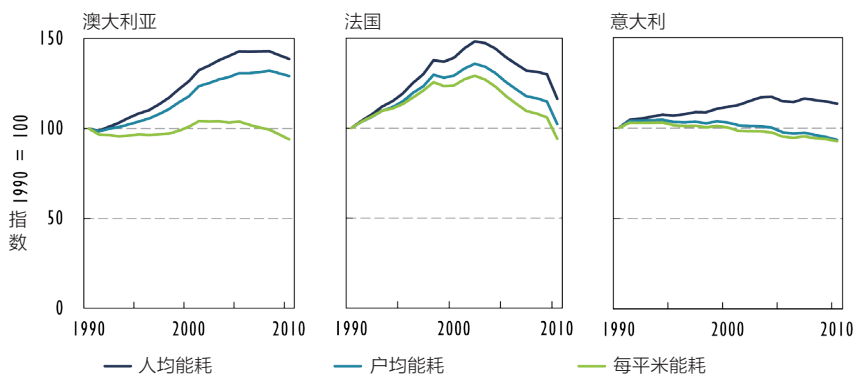


## 按最终用途划分能源强度：照明

**定义：**人均照明能耗，实际居住住宅户均照明能耗或单位建筑面积照明能耗。人均能耗表明一个国家/地区的每个人照明消耗了多少能量。

实际居住住宅户均能耗和单位建筑面积能耗被认为是比人均能耗更好的指标。

图3.11 ● 澳大利亚、法国和意大利照明能源强度例子



尽管照明要求和人口之间有明确的关联，但户均能耗考虑了几个人可能占用同一个房间的情况，因此，要求的（人均）能源会少于住宅里只有一个人的情况。

单位建筑面积能耗考虑需要照明的面积。然而，照明要求和建筑面积之间的联系不如户均能耗明显。一个住在小住宅的人理论上需要的照明并不会少于一个住在大型多房间的住宅里的人需要的照明，因为只有这个人所在的房间要求照明。

通常来说，随着时间的推移，这三项指标会遵循同一趋势，每平方米能耗下降速度会快于人均和户均能耗。

**对政策制定的意义：**尽管照明能源强度仍然包括不同的地区/国家的日照时间差异，但还是为不同国家照明质量和照明服务水平的文化期待提供了启示，也为一国照明效率水平和进一步减少能源消费的潜力提供了启示。

**跨国对比：**国家之间的不同能源强度表明，照明能效水平和节能措施/行为都有所不同。

**数据可获得性和数据来源：**就其他最终用途而言，能源消费信息并非普遍可获得，因而要求进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中详细介绍了如何收集此类信息（IEA，2014）。

**相关指标：**电力是主要的照明能源。然而，煤油和液化石油气（LPG）在一些国家仍然在使用，太阳能是一种新能源，其在未来的重要性可能会增加。在照明所使用的能源类型不同的情况下，应按照能源类型制定该指标，以更好的了解照明能耗的趋势。

表3.6 ● 二级指标描述：照明

指标	所要求数据	目的	局限性
人均照明能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>照明能耗</li> <li>人口</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>给出了照明能源消费趋势的特征</li> <li>可能表明节能宣传活动的有效性或高效照明法规实施的影响</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既包括能效的影响，也包括消费者行为的影响</li> <li>该指标不考虑每户居民数量效应</li> <li>不考虑每个国家的日光通量差异</li> <li>不考虑当地消费者对灯光颜色的偏好</li> </ul>
户均实际居住住宅照明能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>照明能耗</li> <li>实际居住住宅数量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可以用作照明能效的代理指标</li> <li>提供了照明能源消费趋势的特征</li> <li>可能表明节能宣传活动的有效性或高效照明法规实施的影响</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既包括能效的影响，也包括消费者行为的影响</li> <li>不考虑每个国家的日光通量差异</li> <li>不考虑当地消费者对灯光颜色的偏好</li> </ul>
单位建筑面积照明能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>照明能源消费</li> <li>总建筑面积</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供了照明能源消费趋势的特征</li> <li>可能表明节能宣传活动的有效性或高效照明法规实施的影响</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既包括能效的影响，也包括消费者行为的影响</li> <li>未考虑个人照明需求</li> <li>未衡量技术能效的发展</li> <li>不考虑每个国家的日光通量差异</li> <li>不考虑当地消费者对灯光颜色的偏好</li> </ul>

#### 超越二级指标

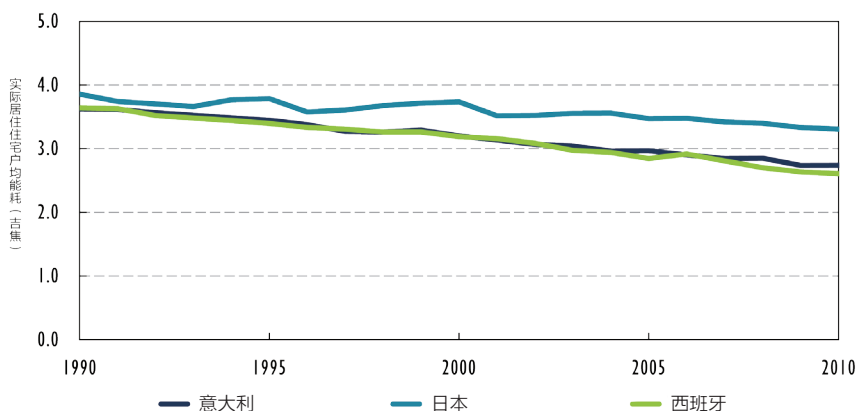
实际居住住宅户均照明能耗可以为这一终端用途的能效提供一个代理指标。然而，有可能进一步完善该指标和更好评估已经落实到位用以减少照明能源强度的政策或措施。

一所住宅里的照明可以使用不同类型的光源（例如，白炽灯泡、卤灯、紧凑型荧光灯 [CFL]、直管形荧光灯或发光二极管[LED]）。要跟踪促进使用高效照明措施的实际影响，可能需要开展详细调查，收集住宅中灯具的数量及其效率和用途的信息。这一要求要对不同类型照明源的数量进行收集，与每种照明类型的估算能耗相比，会更为复杂，但其结果却存在着很大的差异。

## 按最终用途划分能源强度：炊事

**定义：**人均能耗或实际居住住宅户均能耗。实际居住住宅户均能耗被认为是一个比人均能耗更好的指标。由于难以获取详细数据，炊事不包括小家电，比如微波炉和电饭煲。这些小家电包括在“家用电器”这一最终用途中。尽管在许多发达国家炊事被视为归属于“家用电器”类别，但考虑到其特殊性，在此处分开介绍。尽管用于家用电器的主要能源是电力，但多种能源都可用作炊事。在发展中国家中，生物质通常是使用最广泛的炊事能源，最主要的是农村地区。从具有详细炊事数据的国家情况来看，在过去的20年中，因为高效炊事家用电器市场份额的增加，炊事能源消费已经下降了20%（图3.12）。

图3.12 • 各国炊事能源强度例子（能耗/实际居住住宅）



由于不同国家所用能源类型不同，对比炊事能源强度可能对于评价一国炊事能源强度的表现并不相关。把主要依靠生物质的亚洲发展中国家与经合组织国家进行比较，不会提供太多启示。然而，对于能源结构类似的国家而言，这一比较是有意义的，比如在发达国家。不同国家的社会情况和习俗也会对此一指标产生影响。

**对政策制定的意义：**在主要依靠常规能源的国家，该指标提供了关于炊事效率水平的重要启示。对于在炊事中使用多种不同类型能源的国家，应按能源种类开发该指标。

**跨国对比：**对于使用类似能源的国家，该指标可用于进行跨国对比。

**数据可获得性和数据来源：**就其他最终用途而言，能源消费并非普遍可获得，需要进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中详细介绍了如何收集此类信息（IEA，2014）。

表3.7 • 二级指标描述：炊事

指标	所要求数据	目的	局限性
人均炊事能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>炊事能源消费</li> <li>人口</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供了炊事能源消费趋势的特征</li> <li>如果该指标是根据能源种类制定的，它可能表明政策的有效性（最低能效标准或高效生物质烹调用炉的推广）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>该指标不考虑每户住宅居民人数的影响</li> <li>未考虑使用小家电进行炊事或炊事习惯</li> </ul>
户均实际住宅炊事能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>炊事能源消费</li> <li>实际居住住宅数量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可以用作炊事能效的代理指标（如果一些国家根据能源种类制定该指标）</li> <li>提供了炊事能源消费趋势的特征</li> <li>如果该指标是根据能源种类制定的，它可能表明政策的有效性（最低能效标准或高效生物质烹调用炉的推广）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>未考虑使用小家电进行炊事或炊事习惯</li> </ul>

## 超越二级指标

炊事器具类型繁多。为了更好地追踪炊事能效发展趋势，一个关键指标就是炊事器具的单位产品能耗（UEC），通常用每年多少千瓦时（度）电表示（kWh/年）。一国的平均单位能耗可以通过用能源消费总量（换算成kWh）除以炊事器具总数量获得。该指标的制定可针对市场平均存量（表3.8），也可针对市场上销售的新炊事设备。可以使用该指标制定未来政策，确保未来的法规或最低能效标准（MEPS）将会推动最佳可获得技术（BAT）的市场发展。

表3.8 • 主要国家炊事平均单位能耗（kWh/年）

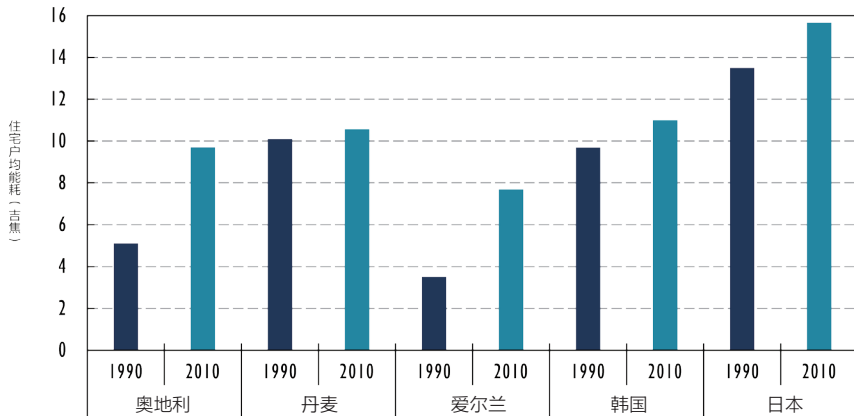
	1990	1995	2000	2005	2010
加拿大	834	822	813	784	716
芬兰	493	无数据	无数据	无数据	308
德国	531	477	504	508	539
新西兰	719	686	743	650	691
英国	931	863	821	812	732

按最终用途划分能源强度：家用电器<sup>1</sup>

**定义：**人均或户均实际居住住宅家用电器能耗。实际居住住宅户均能耗被认为是比人均能耗更好的指标。

1. 电器包括大型家电（冰箱、冰柜、洗衣机、干衣机、洗碗机）及插接式负荷的小型电器（例如计算机、打印机、电视、烤面包机、咖啡机）。

图3.13 ● 各国家用电器能源强度例子（实际居住住宅户均能耗）



由于这一最终用途包括许多不同的家用电器，不同的家用电器具有不同的趋势和普及率水平，就此对一个国家的能效情况下结论会产生误导。然而，把这一最终用途的能源消费趋势与其他最终用途进行比较，能够为其对居民生活能源消费总量的相对影响提供有用启示。

**对政策制定的意义：** 尽管该指标可以为这一最终用途在该行业里的相对重要性提供重要启示，但要用其表示提高这一最终用途能效的潜力却太过笼统。

表3.9 ● 二级指标描述：家用电器

指标	所要求数据	目的	局限性
人均家用电器能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>家用电器能耗</li> <li>人口</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供了家用电器能源消费趋势的特征</li> <li>当与其他最终用途进行对比时，可以为其在居民生活中重要性的变化提供启示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>该指标不考虑户均实际居住住宅居民数的影响</li> <li>未考虑不同家用电器的相对普及率</li> <li>不考虑大小/容量，用途</li> </ul>
户均实际居住住宅家用电器能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>家用电器能耗</li> <li>实际居住住宅数量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供了家用电器能源消费趋势的特征</li> <li>当与其他最终用途进行对比时，可以为其在居民生活中重要性的变化提供启示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>该指标不考虑户均实际居住住宅居民数的影响</li> <li>未考虑不同家用电器的相对普及率</li> <li>不考虑大小/容量，用途</li> </ul>

**跨国对比：** 考虑到其异质性，使用该指标进行跨国对比会具有误导性。然而，随时间推移，观察这一最终用途在居民生活中的总体趋势和相对重要性能够为一国的能耗情况提供有用启示。

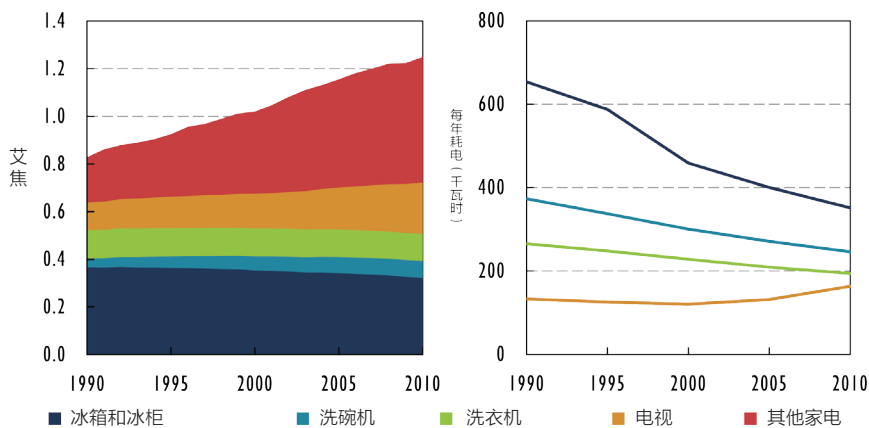
**数据可获得性和数据来源：**就其他最终用途而言，能源消费数据并非普遍可获得，要求进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中详细介绍了如何收集此类信息（IEA，2014）。

### 超越二级指标

由于家用电器类型众多，需要进一步分解，以理解家用电器能耗趋势，为政策制定提供相关指标。第一步是区分大家电和小家电。分析这两类家电之间的能源消费趋势表明，尽管在1990年到2010年期间家用电器总能耗增加了，但这一增加只是由于小家电能耗增加（图3.14）。尽管住宅数量和普及率增加，主要家用电器能耗还是比较稳定，这彰显了多年能效执法的效果。

为更好跟踪家用电器能效发展趋势，一个关键指标就是大型家电的单位产品能耗（UEC）（小家电很少有该指标数据），通常用kWh/年表示。一国的平均单位产品能耗可以通过用总能耗（换算成kWh）除以家用电器总数来获得。该指标的制定可针对市场平均存量，也可针对市场新售家用电器。可以使用该指标制定未来政策，确保未来的法规或最低能效标准将会推动最佳可获得技术的市场发展。

图3.14 ● 大型家电和小家电能耗情况



说明：只包括澳大利亚、奥地利、加拿大、丹麦、法国、德国、意大利、荷兰、瑞士和英国的数据。

尽管单位产品能耗是一个重要指标，但还应考虑其他考量因素，以便了解不同国家的单位产品能耗差异。可获得的数据表明，对于大型家电，北美国家比欧洲国家消耗能源更多。除了一些家用电器比如洗碗机和冰柜的普及率较高，解释这一差异的关键因素还有不同家用电器的大小。例如，美国冰箱的平均容量是606升，而欧洲比较接近279升（4E 1A，2013）。更加详细的跨国对比应考虑冰箱容量的因素。

## 5 解释居民能源消费变化的附加指标

正如前面所指出的，有众多因素影响居民生活能源消费。尽管下述指标不会被视作能源指标，但它们可以提供重要信息，以更好评估能源消费的宏观经济驱动因素。重要的是，这些信息要定期评估，以便可以追踪人口和居民生活部门结构随时间推移的潜在变化趋势。当这一工作统一开展时，可以采用三要素分解方法以解释不同驱动力情况下能源消费的变化（参见“居民生活能源需求变化分解”部分）。

表3.10 • 附加指标描述：居民生活

指标	所要求数据	目的	局限性
户均实际居住住宅居民数	<ul style="list-style-type: none"> <li>人口</li> <li>实际居住住宅数量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>按能源类型划分的能源价格</li> <li>按能源类型和最终用途划分的能源消费</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>该指标自身提供的信息很少，即，如果下降是由于人口下降所致，则对能源消费的影响或许可以忽略</li> </ul>
平均住宅大小	<ul style="list-style-type: none"> <li>总建筑面积</li> <li>实际居住住宅数量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>了解住宅面积对室内采暖、照明和制冷能耗的影响这通常是影响住宅能耗最重要的因素</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>只为受住宅面积影响的最终用途提供有用信息</li> <li>众多因素中影响能源消费趋势的一个要素</li> </ul>
电力和有效热价格对比能源消费	<ul style="list-style-type: none"> <li>按能源类型划分的能源价格</li> <li>按能源类型和最终用途划分的能源消费</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>评价随时间推移和不同国家之间能源价格对能源消费的影响会达到什么程度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>其他非价格因素也对能源消费水平产生影响，比如建筑规范、文化方面、气候和个人可支配收入</li> </ul>
社会经济状况和房屋使用权	<ul style="list-style-type: none"> <li>收入</li> <li>实际居住住宅使用权</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>了解社会经济因素如何影响居民生活能源消费</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>社会经济因素不涵盖影响能源消费行为的所有因素</li> </ul>

## 6 居民生活能源需求变化分解

尽管所展示的详细指标为居民生活能源消费状况提供了部分必要解释，但它们并不能解释所观察到的能源消费变化背后的驱动因素是什么，不能“照原样”用来为政策可选方案和能效提高对居民生活部门的影响提供指导。例如，尽管所有家用电器能效都提高了，但家用电器能源消费总量还是有可能增加；这一增加可能受家用电器数量增加的推动，家电数量增加会受消费者财富增加或实际居住住宅数量增加的推动。

表3.11详细介绍了按照终端用途对居民生活能耗进行分解分析所要求的变量。能源强度是能效提高的代理指标。

表3.11 • 居民生活能源消费分解所用变量总结

终端用途	活动 (A)	结构 (S)	能源强度 (I)
室内采暖	人口	建筑面积/人口	室内采暖能耗*/建筑面积
制冷	“	“	室内制冷能耗**/建筑面积
热水	“	实际居住住宅/人口	热水能耗***/实际居住住宅
炊事	“	“	炊事能耗*** /实际居住住宅
照明	“	“	照明能耗/实际居住住宅
家电	“	家用电器拥有量/人口	家用电器能耗/家用电器拥有量

\*使用采暖度日数对气候变化情况进行校准。

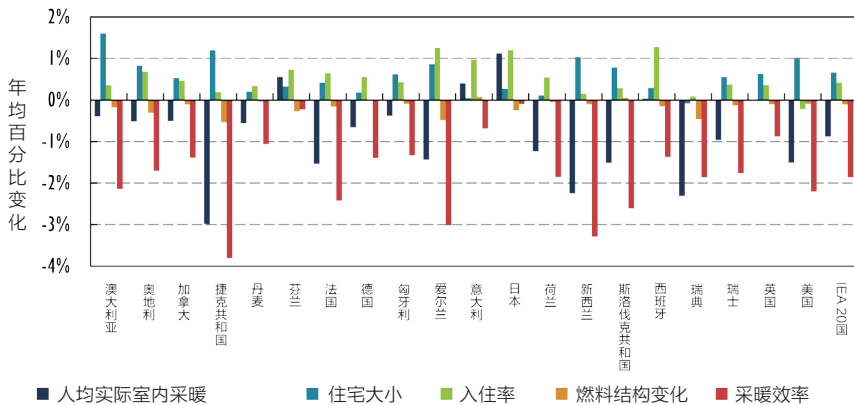
\*\*使用制冷度日数对气候变化情况进行校准。由于缺乏数据，制冷没有包括在IEA分解分析中，在多数国家分析中也没有包括。

\*\*\*根据家庭居住情况进行了校准。

在总体居民生活层面，活动部分反映了人口增长是主要驱动因素。结构变化包括三项关键因素：人均住宅面积（用于室内采暖和制冷）；人均家用电器拥有量；每户住宅居住人数（用于热水、照明和炊事）。能源强度效应包括所有居民生活终端能源消费强度变化所产生的影响。

分解分析提供了不同因素在某段时期如何影响能源趋势的关键启示。例如，人均室内采暖的分解揭示了能源消费变化背后驱动因素的重要信息。分析显示，对于所分析的多数国家，较少入住人员和较大的房屋会倾向于推高能源需求。这一增加通常会被终端能源转换损失降低所抵消，更重要的是，会被室内采暖有用强度（效率效应的代理指标）下降所抵消。西班牙是最显著的例外：室内采暖的有用强度是依据总建筑面积计算的；西班牙强度的增加最有可能是由于采暖建筑面积份额的增高。<sup>4</sup>

图3.15 • 1990年到2010年人均室内采暖变化的分解



4. 本手册中包含的分解分析结果是基于简单拉氏指数分解方法体系采用分解分析计算的。参见附录A了解关于分解分析方法论的进一步讨论。



## 7 居民生活政策信息和评估

人类对住房、餐饮服务、卫生、出行和娱乐的需求会推动技术的使用，技术使用是居民生活衍生能源需求的核心所在。现代能源利用技术继续以日益有效的服务转变家庭生活，把居民从手工洗衣、洗碗碟中解放出来；促进了更安全的食物储存和炊事，改善了舒适度和照明；给我们的家庭带来越来越多的视觉和听觉教育及娱乐资源。

### 补充信息的重要性

超越二级指标是能效规划信息的核心，为补充信息提供了必要的框架背景。然而，这些信息几乎总需要技术、市场和消费者行为信息的补充。一般任何指标为制定政策提供信息的能力都会随着接近根本驱动力和状态变量而改进。有必要检查确保所用指标准确反映影响目标政策成果的因素。

尽管能效指标为制定和追踪政策提供了强有力的基础，但还是要求提供补充信息进行详细政策评估（表3.12）。

表3.12 • 居民生活政策信息补充信息

政策和典型的三级指标	补充信息需求	补充性指标
建筑规范 kWh/m <sup>2</sup> , kWh/人, kWh/家庭, 采暖服务用能 (MJ), 热水服务用能 (MJ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>用于实现热性能建模和建立基线历史存量信息，政策的成本有效性分析</li> <li>消费者福祉影响和能源贫困人口特征</li> <li>政策的需求影响</li> <li>离网系统和太阳能光热系统</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>未来保温和供暖能源性能，舒适状况；室内温度、湿度、气密性、健康和福祉状况</li> <li>最终用途用电需求 (kW)</li> </ul>
低净能耗建筑 kWh/m <sup>2</sup> , kWh/家庭, 采暖服务用能 (MJ) 热水服务用能 (MJ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>日益廉价的离网电力系统和太阳能光热系统的未来影响</li> <li>政策的成本有效性分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>采取保温后的采暖性能、舒适状况、健康和福祉评价</li> <li>最终用途对来自电网和可再生能源的用电需求 (kW)</li> </ul>
保温/防寒保暖改造 kWh/m <sup>2</sup> , kWh/家庭, 采暖服务用能 (MJ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>历史信息，用以评估成果和消费者福祉影响</li> <li>政策的需求影响</li> <li>离网系统和太阳能光热系统</li> <li>政策的成本有效性分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>采取保温前后的采暖能源性能、舒适状况、健康和福祉影响响应</li> <li>最终用途用电需求 (kW)</li> </ul>
建筑标识	<ul style="list-style-type: none"> <li>用于标识设计、评审和认证的技术信息</li> <li>标识技术性能验证，消费者响应性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>用于标识验证的现有建筑存量信息</li> </ul>

政策和典型的三级指标	补充信息需求	补充性指标
家电最低能效标准和标识（包括照明） kWh/最终用途活动（MJ/最终用途；照明， kWh/制冷， kWh/IT， kWh/电视…	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 家电库存和销售数据</li> <li>• 最低能效标准和标识对能源需求的影响</li> <li>• 政策的成本有效性分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 每户住宅的家用电器数量，其使用模式</li> <li>• 最终用途层面的用电需求（kW），间隔不到1小时取样一次，持续一整年，信息技术（ICT）网络能源消费</li> <li>• 市场和消费者对政策的反应</li> <li>• 最终用途避免使用能源的价值</li> </ul>
家电测试标准和测量	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 最低能效标准性能验证</li> <li>• 市场合规</li> <li>• 政策的成本有效性分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 合规测试结果</li> </ul>
市场转化政策	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 库存和销售数据</li> <li>• 对能源需求以及市场开发的影响</li> <li>• 政策的成本有效性分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 销量和价格变化</li> <li>• 市场投资和增长速度</li> </ul>

## 1 服务业能源消费的主导因素是什么？

服务业也称为商业和公共服务业或第三产业，按照国际标准行业分类的划分，包括所有与贸易、金融、房地产、公共管理、健康、食品和住宿、教育和商业服务相关的活动。<sup>1</sup>其涵盖的能源消费领域包括：室内采暖、制冷和通风；热水；照明；若干其他杂项用能设备，比如商用电器和炊事器具、X光机、办公设备、发电机。交通运输或商业运输车队的能源消费，以及电力和热力生产的能源消费不包括在服务业中。

影响服务业能源消费的主要因素是经济活动水平，这通常用该行业的增加值产出表示。较高的经济活动会造成商业活动和建筑物存量的增加，会有更多的人受雇于该行业。这两个效应都会造成能源服务需求增加。能源消费总量和终端能源消费的趋势也受气候、建筑面积、建筑类型（相对于行业活动）、建筑年龄、经济成熟度、建筑能源管理质量、人均收入、气候条件和能效提高的影响。经济和人口结构也会对行业的结构产生影响。

### 问与答

#### 问题1：评估服务业能效的最佳活动度量指标是什么？

尽管常用于度量服务业的能效，增加值会成为量化服务业能效的误导性活动度量指标。这是因为增加值会受到非能源相关因素的影响，例如，不同的汇率和价格效应。

不同的服务类别和最终用途具有不同的最佳活动度量指标。理想情况是，在分行业或最终用途层面利用这些活动度量指标制定服务业能效指标。

1. ISIC修订版第4版编码为两位数的类——33、36-39、45-96、99，不包括8422组（UNSD，2008）。

## 问题2: 按PPP计算的增加值和MER计算的增加值之间有何区别?

按购买力平价 (PPP) \*计算的增加值消除了不同国家价格水平的差异, 而按市场汇率 (MER) \*\*计算的增加值却没有消除。在可能的情况下, 会优先考虑使用购买力平价增加值评估服务业效率。

\*购买力平价是通过消除不同国家价格水平之间的差异使不同货币的购买力相等的货币兑换率。就其最简单的形式而言, 购买力平价只是价格相对值, 显示了不同国家同一货物或服务以本国货币计价的价格的比率。

\*\*市场汇率用以描述主要由市场力量决定的汇率。

## 2 能源是如何消费的和最近是如何发展变化的?

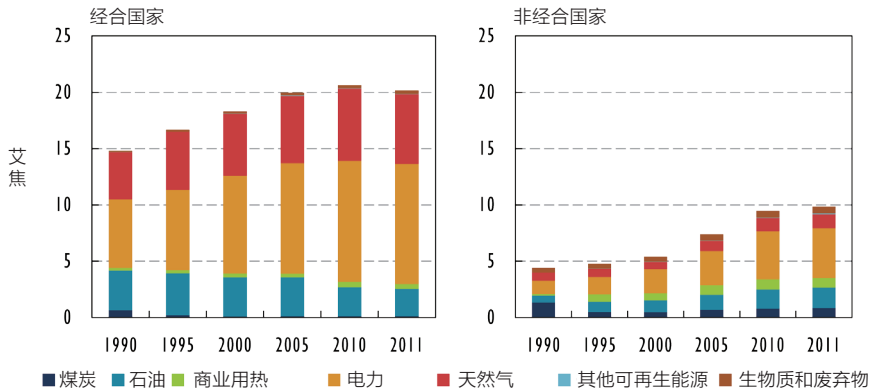
在2011年, 全球服务业最终能源消费是30 EJ, 占全球最终能源消费的8%。与这一能源消费相关的二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 排放, 包括来自电力的间接排放, 是3吉吨二氧化碳 (GtCO<sub>2</sub>), 占到能源相关排放总量的大约10%。就全球而言, 服务业能源消费在1990年到2011年期间增加了几乎56%。自1990年以来, 经济合作与发展组织 (OECD) 成员国服务业能源消费增长了36% (由于经济衰退, 在2008年到2010年之间出现了小幅下滑), 非经合组织国家增长了123%。发达经济体的服务业曾经增长迅猛, 但现在已经发展成熟, 所以增长放缓, 而新兴经济体在已经实现工业化之后开始发展服务活动。尽管经合组织国家服务分行业能源消费增长放缓, 经济衰退对这些国家的影响也更为明显, 但经合组织地区仍然占服务分行业全球能源消费的大约68%。

自1990年以来, 非经合组织地区比经合组织地区发展更快, 但这一趋势部分是因为其服务业能源消费水平发展起点一般较低 (非经合组织欧洲和欧亚例外)。在1990年到2011年期间, 中国的服务分行业能源消费年增长率为8.4%, 而其他亚洲发展中国家和非洲的增长率为5%。中国现在占全球服务分行业能源消费的9%, 在1990年时只有3%。在1990年时, 非经合组织国家占全球服务分行业能源消费的大约23%; 到2011年时, 这一占比已经增加到大约33%。

电力是迄今为止服务业使用最广泛的能源商品, 在2011年的全球份额达到50%。自1990年以来, 电力消费翻了一番还多, 这一直是推动该行业全球能源消费增加的主要因素。这反映了耗电设备的作用和重要性日益增加, 比如能够实现资本和人力资源高增加值的办公设备、计算和信息通信技术 (ICT) 设备、照明和空调服务。要求获取可靠电力服务的增加也可能在一些发展中国家中发挥了作用。

不同国家和地区的服务业能源结构之间存在大量差异。电力和天然气是很多经合组织国家中占主导地位的最终能源商品，石油在经合组织亚洲大洋洲地区、墨西哥和中国也是一种重要的燃料。<sup>2</sup>生物质在印度依然大量使用，占服务业最终消费总量的50%。煤炭直接利用在中国和南非都占有很大份额。在俄罗斯，50%的服务业能源需求是由区域供暖提供的。

图4.1 • 经合组织和非经合组织国家服务业能源消费



单位增加值能耗是服务业使用最广泛的可获得指标。该指标会用于对比不同国家服务业的相对强度或效率性能。总体而言，这一指标在1990年到2010年期间出现下滑，显示该行业整体能效提高。然而，此下降可能是由于服务业结构的变化所致。需要附加数据确认能效提高。

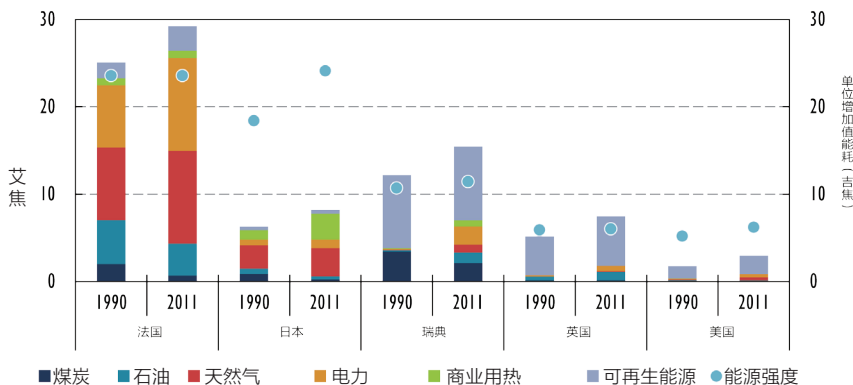
在多数国家，在1990年到2010年期间，服务业最终能源消费总量比经济活动增长速度要慢。根据该指标，20个国际能源署（IEA）成员国<sup>3</sup>的终端能源强度（单位增加值能耗）在此期间下降了18%。

服务业能源消费也与建筑面积密切相关。有九个IEA成员国具有详细数据，是可能算出2010年的单位增加值能耗和单位建筑面积能耗的。然而，只能为其中的六个国家进行从1990年到2010年的分析。两项指标之间的差异惊人：尽管单位增加值能耗在1990年到2010年期间增加了3%，但每平方米能耗却降低了11%。

2. 石油似乎占到中国2011年最终能源消费的39%，由于统计传统，这一份额可能被夸大了，该统计把一些商业运输能源也包括在服务业当中。

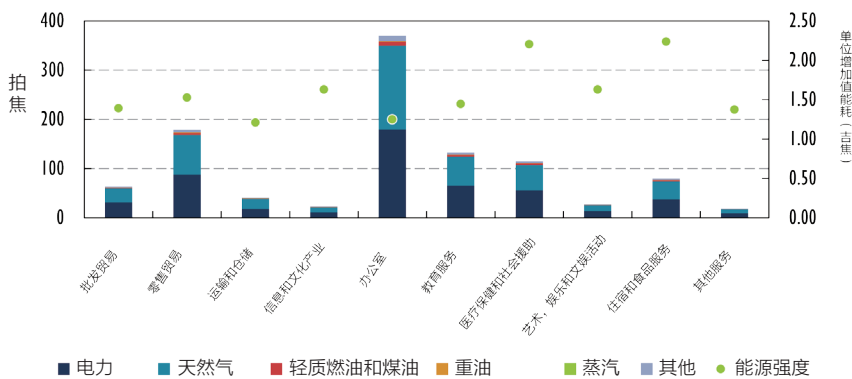
3. 澳大利亚、奥地利、比利时、加拿大、丹麦、芬兰、法国、德国、匈牙利、意大利、日本、韩国、卢森堡、荷兰、新西兰、挪威、西班牙、瑞典、英国、美国。

图4.2 ● 服务业能源消费和综合能源强度



解读能效变化的趋势是困难的，尤其是在没有更详细的结构信息的情况下。不同的服务业活动尽管消耗近乎相同量的能源，却可以带来不同水平的经济产出。例如，金融业建筑物和零售业建筑物可以具有同样的最终能源需求情况，然而前者产出的经济活动水平却要高很多。能源强度高度依赖于一国服务业的结构。不同的建筑类型具有不同的能量需求（例如，保健设施比仓库需要更多能源），该建筑类型在服务分行业中的相对重要性将对该行业的能源强度和CO<sub>2</sub>排放产生直接影响。

图4.3 ● 2010年加拿大不同能源强度水平的例子



### 3 如何对指标制定进行优先排序（应开发哪些指标？）

服务业是一个可获得信息最少的行业。在许多国家，在全国能源平衡表中服务类别被作为“其他”类别或包罗万象的类别。要为该行业制定有意义的指标，第一个必要步骤是确保能源平衡表数据准确代表本行业的能源消费。少数几个国家具有该行业总建筑面积的信息。开展调查或开发模型估测这一变量是为这一行业制定指标的另一必要步骤。应优先考虑确保综合层面服务业指标准确性和相关性的设计过程。

该行业情况复杂，包括很多不同的建筑类型，会提供不同的服务和为不同目的提供能源。例如，医院的能源消费模式与餐厅或仓库的模式会有很大不同。因此，理解服务业能源消费趋势要求按服务类型和按最终用途划分的详细信息。

然而，考虑到即便是要获得最综合层面的信息也有难度，第一步或许可以在最终用途层面制定指标（图4.4）。理解哪个最终用途在该行业是相对最重要的可能会为政策制定者提供宝贵信息，让其了解减少能源消费的最大潜力可能在哪里（例如，如果60%的能源用于室内采暖，那么提升建筑围护结构和采暖设备效率的政策将会成为优先考虑）。

图4.4 • 服务业详细指标金字塔

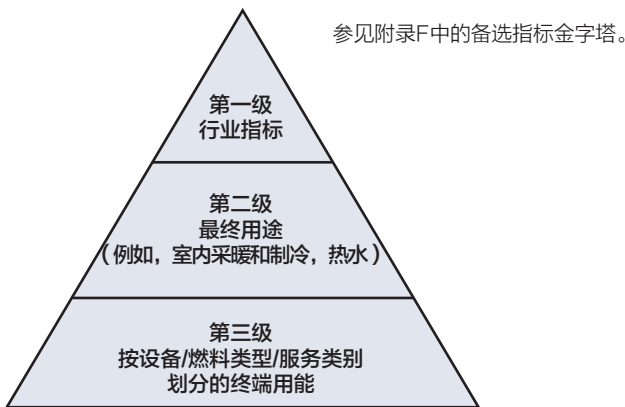


表4.1总结了服务业部分描述的所有指标，并概要介绍了这些指标的用途。该表与《能效指标：统计学基础》中关于指标的讨论互相匹配（IEA，2014）。

表4.1 • 服务业使用的指标汇总

指标	覆盖范围	能源数据	活动数据	代码	建议指标
单位增加值室内采暖能耗	总体	采暖总能耗	总增加值	H2a	
单位建筑面积室内采暖能耗	总体	采暖总能耗	总建筑面积	H2b	☺
	按采暖系统	系统 $\alpha$ 采暖能耗	采用采暖系统 $\alpha$ 的采暖建筑面积	H3a	
	按能源种类	能源Z采暖能耗	采用能源Z的采暖建筑面积	H3b	
单位活动室内采暖能耗	按服务类别	服务类别A采暖能耗	服务类别A的活动单位	H3c	
单位增加值室内制冷能耗	总体	制冷总能耗	总增加值	C2a	
单位制冷建筑面积室内制冷能耗	总体	制冷总能耗	总制冷建筑面积	C2b	☺
	按室内制冷系统	制冷系统 $\alpha$ 制冷能耗	采用制冷系统 $\alpha$ 的建筑面积	C3a	
	按服务类别	服务类别A制冷能耗	服务类别A的制冷建筑面积	C3b	
单位活动室内制冷能耗	按服务类别	服务类别A制冷能耗	服务类别A的活动单位	C3c	
单位增加值热水能耗	总体	热水总能耗	总增加值	W2a	
单位活动热水能耗	按服务类别	服务类别A热水能耗	服务类别A的活动单位	W3a	☺
单位增加值照明能耗	总体	照明总能耗	总增加值	L2a	
单位建筑面积照明能耗	总体	照明总能耗	总建筑面积	L2b	
	按服务类别	服务类别A照明能耗	服务类别A的建筑面积	L3a	
单位活动照明能耗	按服务类别	服务类别A照明能耗	服务类别A的活动单位	L3b	☺
单位增加值其他设备能耗	总体	其他设备总能耗	总增加值	E2a	
	按服务类别	服务类别A其他设备能耗	服务类别A的增加值	E3a	
单位建筑面积其他设备能耗	总体	其他设备总能耗	总建筑面积	E2b	
单位活动其他设备能耗	按服务类别	服务类别A其他设备能耗	服务类别A的活动单位	E3b	☺

■ 采暖    ■ 制冷    ■ 热水    ■ 照明    ■ 其他设备



由于不同活动能源消费情况不同，需要按活动类型划分的进一步信息，以理解服务业的动态状况。只有少数国家在收集可以制定服务业详细指标的详细数据。在按照最终用途或服务类型对不同国家之间的强度水平进行对比时，要格外小心，因为建筑物的分类并不统一（表4.2）。加拿大和美国是仅有的具有每种建筑类型最终用途详细信息的国家。在欧盟（EU）国家年度能效评价在线数据库（ODYSSEE）中和在日本，具有分别按最终用途和按建筑类型划分的数据——没有每种建筑类型按最终用途划分的数据。此外，不是所有国家都具有与每种服务类别关联的活动测量。

表4.2 ● 主要IEA国家服务业建筑物分类

加拿大	美国	ODYSSEE 数据库 (欧盟)	日本
批发贸易	仓库和存储	贸易（批发和零售）	批发和零售
零售贸易	商业 零售（购物中心除外） 封闭和开放式购物中心		批发和零售
运输和仓储			
卫生保健和社会援助	卫生保健 住院 门诊	卫生和社会行动行业	学校
教育服务	教育	教育，研究	办公室和建筑物
办公室	办公室	办公室	旅馆和客栈
住宿和食品服务	住宿	旅馆，餐厅	餐厅
	食品服务		
	食品销售		
艺术、娱乐和文娱 信息和文化产业			剧院和娱乐场所
	公众集会	行政设施	
	公共秩序和安全		
	宗教信仰		
	服务		
	空置		
其他服务	其他		其他

在具有建筑物层面信息的国家，建筑面积会用作制定指标的活动变量。尽管这可以为一些最终用途（例如，室内采暖）提供良好指标，但其他最终用途则与建筑物里所从事的活动类型更加密切相关。例如，餐厅内的炊事能源消费与要提供的用餐次数的关系比与餐厅总建筑面积的关系更大。所选“替代活动单位”将会依赖于所提供服务类型，也要看所评价的最终用途。

## 4 按金字塔级别制定指标

考虑到服务业可获得的信息的稀缺性，本部分将主要讨论该行业的不同最终用途，而不进一步解决不同活动类型的具体情况。然而，下面描述的每一层级不但可以用于整个服务业，而且还可以用于不同的建筑类型。

### 一级指标

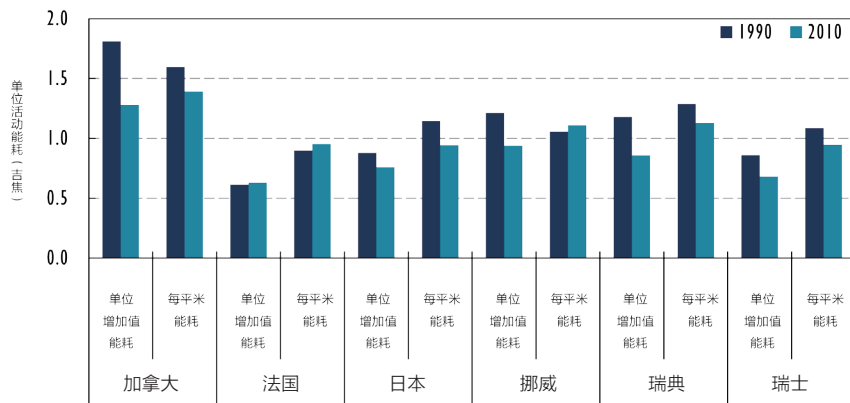
#### 服务业综合能源强度

**定义：**服务业单位增加值能耗或单位建筑面积能耗。

- 单位增加值能耗表明了能源消费与经济发展的一般关系。
- 单位建筑面积能耗可以为推动能源消费变化的最终用途提供启示。此外，当与单位增加值能耗结合使用时，它还能够为推动能源消费的行业的性质提供指示。

单位建筑面积能耗强度一般比单位增加值能耗下降要多（图4.5）。这与全球经济衰退之前几年所观察到的趋势不同。这一情况表明，最近多数国家服务业单位面积的产出价值降低了。

图4.5 ● 主要国家一级指标例子



**一级指标用途：**比较这两个不同的指标，再结合按能源类型进行的分析，可能有助于理解哪种最终用途对能源消费具有最强烈的影响。

**对政策制定的意义：**考虑到影响该指标的因素众多，还无法得出在哪些地方可以提高能效和在哪里需要更多关注的结论。

**跨国对比：**基于这一指标对比各国情况具有很强的误导性，如果增加值用作活动指标，误导性还会更大。服务业综合强度高度依赖于行业结构以及所用能源。

**数据可获得性和数据来源：**

- 能源消费：通常可从全国能源平衡表和IEA能源平衡表中获得。
- 服务增加值：可从世界银行获得，或许也可从国民经济核算中获得。
- 建筑面积：或许可以从国家统计局获得。

**相关指标：**通常可以从能源平衡表中获得不同能源种类的能源消费。对不同能源消费水平和趋势的分析可能有助于识别哪种最终用途是最重要的和哪种是最大的能源消费者。电力通常是办公室和高科技设备、照明和室内制冷的主要能源；生物质和煤炭多用于炊事和热水；天然气和石油多用于室内采暖和热水。此外，每平方米燃料消费的变化可以为电力室内采暖量不大的国家提供一种室内采暖强度趋势的代理指标。单位建筑面积电耗反映了最终用途的变化情况，比如室内制冷、通风、照明和办公设备。

表4.3 ● 一级指标描述

指标	所要求数据	目的	局限性
服务业单位增加值能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 服务业能源消费总量</li> <li>• 服务业增加值总量（按固定汇率计算）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反映总能耗相对于增加值的趋势</li> <li>• 显示能源消费与经济发展的一般关系</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>不衡量能效发展情况</b></li> <li>• 依赖于多种因素，比如气候、地理和服务业结构</li> <li>• 受服务业结构变化影响</li> <li>• 不同的服务业活动可以产出的经济产出水平差异很大</li> <li>• 增加值受一系列与能源消费变化无关的价格效应的影响</li> </ul>
服务业单位建筑面积能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 服务业能源消费总量</li> <li>• 服务业总建筑面积</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 与前面的指标结合使用可以提供推动能源消费的行业性质的指示</li> <li>• 能够提供关于推动能源消费变化的最终用途的启示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>不衡量能效发展情况</b></li> <li>• 依赖于多种因素，比如气候、地理和服务业结构</li> <li>• 受服务业结构变化影响；不同的建筑类型具有非常不同的能源要求</li> </ul>

**二级指标和超越二级的指标** .....

一般而言，二级指标能提供足够的与行业分析有关的信息，可以支持制定能效政策。然而，一些终端能源消费二级指标只提供非常通用的信息，要制定有用指标还需要进入第三级。

**按最终用途划分能源强度：室内采暖**

**定义：**单位增加值或单位建筑面积室内采暖能耗。在一些国家，总建筑面积中只有一部分有采暖；在这种情况下，该指标应使用采暖建筑面积作为活动变量，以提供更加准确的强度趋势结果。首选指标是单位建筑面积能耗。

**对政策制定的意义：**室内采暖强度不但受气候影响，而且还受建筑年龄、建筑围护结构效率、所用能源和采暖设备效率的影响。因此，需要更详细的建筑物和设备信息为政策制定提供坚实的基础。

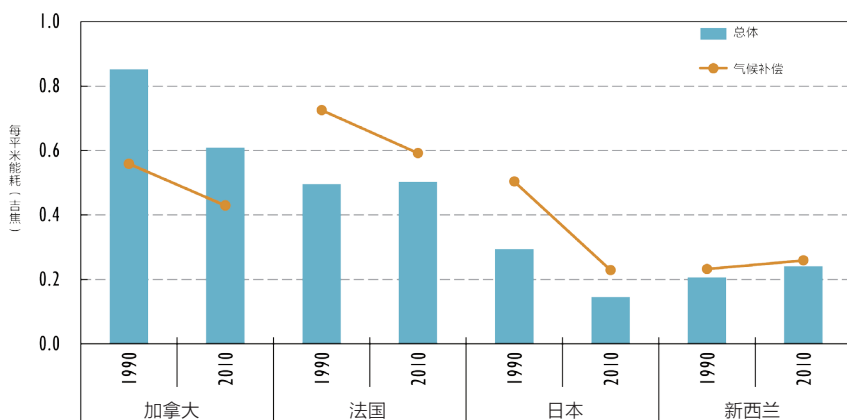
**跨国对比：**要使该指标适用于跨国对比，就应对室内采暖能源消费进行修正，以考虑任何特定年份的采暖度日数（HDD）。

尽管用于对比的更准确的基础是采暖的总容积而不是总面积，但各国一般都没有建筑容积数据。就其本质而论，本出版物中不会讨论基于容积的指标。

**数据可获得性和数据来源：**就其他最终用途而言，能源消费并非普遍可获得，要求进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中详细介绍了如何收集此类信息（IEA，2014）。

**相关指标：**如同居民生活一样，一国的气候条件对室内采暖能源消费具有显著影响。只有四个国家具有进行气候补偿所需要的室内采暖能源消费和采暖度日数数据。气温补偿揭示了有趣的结果。尽管观察到的室内采暖强度在法国保持稳定，但当考虑气候条件时，则显示有了改进。对于加拿大，严酷的冬季解释了其室内采暖能源强度比法国高的情况。日本和新西兰是岛国中需要较低采暖能耗的良好例子，在岛国中，海洋会调节大陆性气候所经历的极端温度。

图4.6 ● 主要国家观测的能源强度和气候补偿的能源强度



说明：使用2700 采暖度日数调整后的强度。

表4.4 • 二级指标描述：室内采暖

指标	所要求数据	目的	局限性
单位增加值 室内采暖 能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>室内采暖能耗</li> <li>服务增加值</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供了室内采暖能源强度趋势的特征</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>该指标不考虑建筑面积和采暖建筑面积所占份额的影响</li> </ul>
单位建筑面 积室内采暖 能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>室内采暖能耗</li> <li>总建筑面积</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供了室内采暖能源强度趋势的特征</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不对设备和建筑能效进行区分</li> <li>不衡量能效发展情况</li> <li>未考虑采暖建筑面积的份额</li> <li>未考虑不同类型建筑所要求的采暖水平</li> </ul>
单位采暖建 筑面积室内 采暖能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>室内采暖能耗</li> <li>采暖总面积</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>因为考虑了采暖建筑面积的份额，所以可以提供更好的指标</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不对设备和建筑能效进行区分</li> <li>不衡量能效发展情况</li> <li>未考虑不同类型建筑所要求的采暖水平</li> </ul>

### 超越二级指标

尽管室内采暖单位建筑面积能耗能够为服务业室内采暖能效提供启示，但还是需要更详细的信息，以更好评估能源节约潜力和追踪政策或措施的实施情况。该指标应按建筑类型（因为不同的建筑物具有不同的采暖要求）和采暖系统类型进行制定。

### 按最终用途划分能源强度：制冷

**定义：**单位增加值或单位制冷建筑面积的制冷能耗。在服务业建筑面积有很大份额需要制冷的国家，总建筑面积也可用作一种活动度量指标。尽管单位增加值能耗相关性很小，但在缺乏建筑面积数据的情况下仍然可以使用。

**对政策制定的意义：**该指标能够为制冷能源消费增加的潜力以及提高最终用途能效的潜力提供启示。然而，强度不只受气候影响，而且还受建筑年龄、建筑围护结构效率和制冷设备效率的影响。因此，需要更为详细的建筑物和设备信息，为政策制定提供坚强的基础。

**跨国对比：**要使该指标适用于跨国对比，就应对制冷能源消费进行修正，以考虑特定年份的制冷度日数（CDD）。<sup>4</sup>

**数据可获得性和数据来源：**就其他最终用途而言，能源消费并非普遍可获得，需要进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中详细介绍了如何收集此类信息（IEA，2014）。

4. 了解更多关于制冷度日数和采暖度日数的信息，参见《能效指标：统计学基础》词汇表。

表4.5 ● 二级指标描述：室内制冷

指标	所要求数据	目的	局限性
单位增加值 制冷能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 制冷能源消费</li> <li>• 服务增加值</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 提供了制冷消费的一般趋势特征</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不考虑要求制冷的建筑面积或服务结构</li> <li>• 未考虑用于为建筑物提供制冷所采用的不同技术，所以可能低估或高估实际的能效</li> </ul>
单位制冷建筑 面积（或 总建筑面积） 制冷 能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 制冷能源消费</li> <li>• 制冷建筑面积（或总建筑面积）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 提供了制冷能源消费趋势的特征</li> <li>• 可被用作制冷能效的代理指标</li> <li>• 可能会表明政策的有效性（最低能效标准或高效空调机的推广）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 未考虑用于为建筑物提供制冷所采用的不同技术，所以可能低估或高估实际的能效</li> </ul>

### 超越二级指标

当前只有少数国家能够制定所提议的二级指标。制定这些指标是关键的第一步。这些指标可用作能源强度的代理指标，但是更好追踪政策或潜力要求提供关于不同的建筑类型中制冷使用情况和用于制冷的不同技术的进一步数据。为了更好追踪制冷能效发展趋势，也为了更好地理解如何影响这一趋势，需要技术层面的信息。

### 按最终用途划分能源强度：热水

**定义：**单位增加值热水能耗。由于热水需求对于具体建筑物中的一些活动类型是重要的，因此，一个忽视了功能的指标的相关性是很小的。此外，对比所用能源大不相同的国家可能对于评价热水器效率并不相关。然而，研究随时间推移的能源结构变化和对比平均强度能够为燃料结构对热水总体强度的影响提供启示。由于不是所有类型的建筑物和所有活动都要求热水，所以，需要建筑物或活动层面的更多细节为政策制定提供有用信息。

**对政策制定的意义：**该指标高度依赖于所用能源类型和热水的普及率。需要更多详情评估减少能源消费的潜力。

**跨国对比：**由于强度依赖于行业结构、对热水的需求和所消耗的能源，所以基于这一指标对比各国情况可能具有误导性。

**数据可获得性和数据来源：**至于其他最终用途，能源消费并非普遍可获得，需要进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中介绍了关于如何收集这一数据的详细情况（IEA，2014）。

表4.6 ● 二级指标描述：热水

指标	所要求数据	目的	局限性
单位增加值热水能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>热水的能源消费</li> <li>服务增加值</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供了热水能耗趋势的特征</li> <li>如果在能源类型层面制定该指标，它可能表明技术结构的变化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>该指标不考虑热水的使用/需求</li> <li>未考虑用于热水的能源类型</li> </ul>

### 超越二级指标

有必要制定二级之外的指标，以评价热水效率和能效提高的潜力。

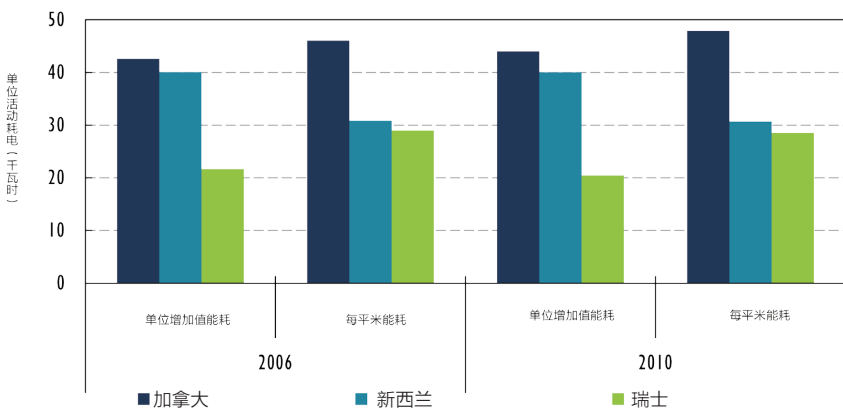
作为第一步，应按建筑类型或活动类型确定能源强度。如果热水在具体建筑类型能源消费总量中的份额是比较重要的，那么应该收集技术层面的更深一步细节和制定指标，用以支持政策制定和评估进一步减少能耗的潜力。具有如此程度的细节将为理解针对某一特定技术的政策如何影响能源消费总量提供良好基础，而且也可以比较国家之间不同技术的效率。

### 按最终用途划分能源强度：照明

**定义：**单位增加值或单位建筑面积照明能耗。

- 单位建筑面积能耗被视为是比单位增加值能耗更好的指标，因为它可以为提高照明能效的政策可选方案提供信息。
- 单位建筑面积能耗考虑的是可能要求照明的总的表面。尽管这是一个比单位增加值照明能耗更好的指标，但是它没有考虑建筑物不同部分的具体照明要求（存储区对比工作区），出租区对比公用区，外部照明或特效照明，或不同的建筑类型对照明强度的需求（办公空间对比仓库）。

图4.7 ● 主要国家照明能源强度例子



**对政策制定的意义：**照明能源强度和国家之间的差异可能为一国的照明效率水平和进一步减少能源消费的潜力提供重要启示。

**跨国对比：**各国能源强度差异显示照明能效和节能措施/行为水平都不相同。但是它们不会提供照明需求/用途的特征。

**数据可获得性和数据来源：**就其他最终用途而言，照明能源消费并非普遍可获得，要求进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中详细介绍了如何收集此类信息（IEA，2014）。

**相关指标：**电力是主要照明能源。然而，一些国家依然在使用煤油。离网太阳能照明是一种新的电源，在未来重要性可能会增加。在提供照明所消费的能源类型不同的情况下，应按能源种类制定该指标，以更好了解照明能源趋势。

表4.7 ● 二级指标描述：照明

指标	所要求数据	目的	局限性
单位增加值 照明能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>照明能源消费</li> <li>服务增加值</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供照明能源强度的一般趋势特征</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>未考虑建筑和活动类型的照明需求</li> <li>不考虑工作排班和日间照明小时数和有效性</li> <li>不衡量能效发展情况</li> </ul>
单位建筑面积 照明能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>照明能源消费</li> <li>总建筑面积</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可以用作照明能效的代理指标</li> <li>提供照明能源强度的一般趋势特征</li> <li>可能表明节能宣传活动的有效性或高效照明法规的影响</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>包括能效和照明需求/用途对不同建筑物的影响</li> <li>未考虑具体建筑类型的照明需求</li> <li>不考虑工作排班和日间照明</li> </ul>

#### 超越二级指标

按服务类别对照明强度（单位服务活动照明能耗）进行分解会为照明效率的跨国对比提供一个更好的指标。

此外，评价照明能源消费减少的潜力和追踪措施和政策的进步可能会要求进行详细调查，例如，收集的信息包括灯泡类型、数量、效率和用途。

#### 按最终用途划分能源强度：其他设备<sup>5</sup>

**定义：**单位增加值或单位建筑面积其他设备的能耗。在这一综合层面，该指标不会给我们提供太多启示。办公设备能源消费与员工数量关系更加密切，炊事用能源依赖于要提供的用餐次数，等等。然而，研究所用燃料结构的趋势可能会有助于了解影响总体能源消费趋势的设备类型。

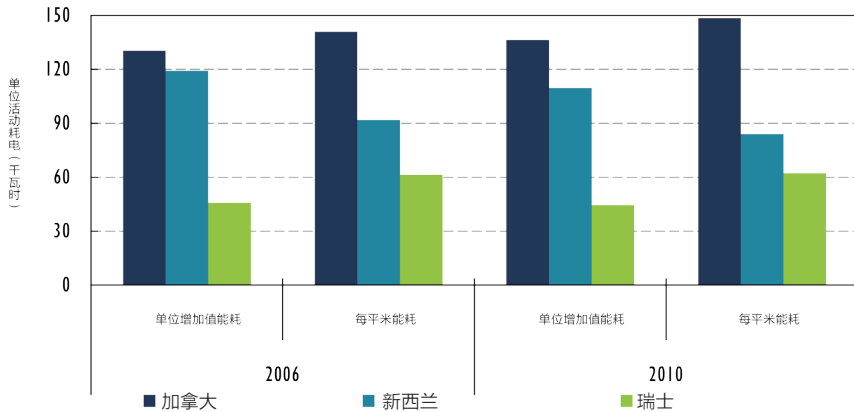
5. 服务业的其他设备包括许多不同的装置，包括：电脑、复印机、冰箱、台灯、X光机、炊事设备、泵、通风机、压缩机和传送带。



**对政策制定的意义：**这一指标太过笼统，无法深入了解提高这一最终用途能源效率的潜力。

**跨国对比：**考虑到其他设备类别的异质性，使用该指标进行跨国对比会具有误导性，尤其是这一类别在不同的国家或地区可能会具有不同的界限。此外，由于许多不同因素在影响其他设备的能源消费，无法得出关于这一最终用途能效的结论。

图4.8 ● 主要国家其他设备类别能源强度例子



**数据可获得性和数据来源：**就其他最终用途而言，其他设备类别的能源消费并非普遍存在，需要进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中详细介绍了如何收集此类信息（IEA，2014）。

表4.8 ● 二级指标描述：其他设备

指标	所要求数据	目的	局限性
单位增加值其他设备能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>其他设备能源消费</li> <li>服务增加值</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供了其他设备强度趋势的特征</li> <li>当总能源与其他最终用途比较时，可以为其在服务业中重要性的变化提供启示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>这是一个综合强度指标，不考虑行业结构、设备使用类型或不同设备的效率</li> </ul>
单位建筑面积其他设备能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>其他设备能源消费</li> <li>服务业总建筑面积</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供了家用电器能源消费趋势的特征</li> <li>当总能源与其他最终用途比较时，可以为其在居民生活中重要性的变化提供启示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>这是一个综合强度指标，不考虑行业结构、设备使用类型或不同设备的效率</li> </ul>

#### 超越二级指标

由于有很多种不同类型的服务设备，需要进一步分解，了解设备能源消费趋势和提供与政策制定相关的指标。考虑到为服务业制定二级指标的难度，鉴于相关的

指标应按建筑类型或活动类型制定，对于多数国家，制定更详细的指标并非迫切需要解决的优先事项。

重点应是制定二级指标。如果该分析表明其他设备占能源消费总量的一大部分，那么接下来的优先事项就是为这一最终用途制定更为详细的指标，可以按照活动类型收集更多信息，或为某一种类型的设备收集信息。

## 5 解释服务业能源消费变化的附加指标

具体服务业分行业有用活动数据的信息，例如，旅馆入住夜晚数或住院夜晚数，会与服务业能源消费相关，在《能效指标：统计学基础》（IEA，2014）中进行讨论。

有几项附加指标能够有助于了解服务业能源消费趋势，并为该行业可能遵循的未来趋势提供启示。人均能耗表明一个国家或地区的每一个人所使用的能量量。

表4.9 • 附加指标描述：服务业

指标	所要求数据	目的	局限性
人均服务业建筑面积与人均增加值的关系（就业也可用于替代人口）	<ul style="list-style-type: none"> <li>人口</li> <li>服务增加值</li> <li>服务业建筑面积</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>了解服务业增加值如何影响建筑面积</li> <li>为服务业建筑面积未来趋势提供启示</li> <li>可以帮助计算建筑面积估算值</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>该指标完全是活动驱动型指标</li> <li>经济的改变可能会改变增加值增长和建筑面积增长之间的关系</li> <li>发达国家和发展中国家之间关系差异的信息</li> </ul>
服务业产出在国内生产总值（GDP）总量中的份额	<ul style="list-style-type: none"> <li>服务增加值</li> <li>GDP总量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>了解服务业在经济中的趋势和重要性</li> <li>可能会帮助评估服务业未来趋势</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>该指标完全是活动驱动型指标</li> <li>根据国家发展水平不同，服务业增长速度与GDP的关系也可能差异很大</li> </ul>

## 6 服务业能源需求变化分解

服务业可用的数据很少。因此，一般不会在最终用途层面进行分解细化，而只在综合强度层面或在一些分行业层面进行细化（表4.10）。

对于服务业，已经制定了考虑该行业建筑面积生产率的更详细的强度分解（单位增加值能耗）。不幸的是，在缺乏全面数据的情况下，此分析目前只有九个IEA国家可能实现。

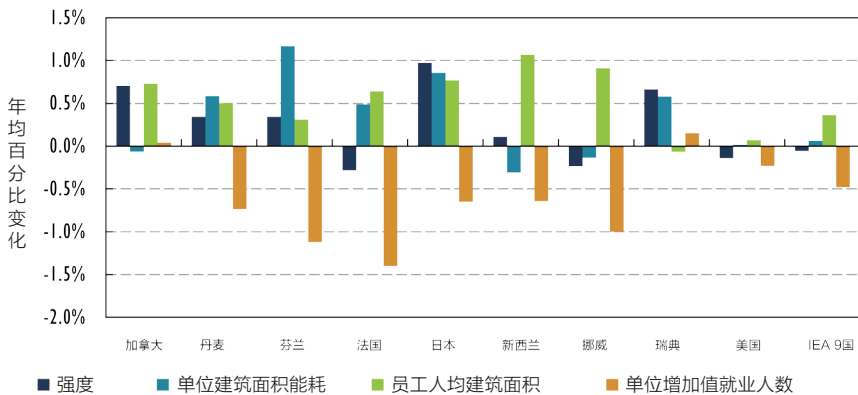
表4.10 • 用于服务业能源消费分解的变量汇总表

部门	活动 (A)	结构 (S)	强度 (I)
服务业 (ISIC 33-99) *	增加值	增加值所占份额	能耗/增加值

\*UNSD (联合国统计司) (2008), 《所有经济活动的国际标准行业分类修订本第4版》, 联合国, 纽约。获取网址: <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcst.asp?Cl=27>

在IEA九国中, 三个因素的变化——单位建筑面积能耗、每位员工所占有的建筑面积和单位增加值员工数量 (劳动生产率的倒数)——已经与能源强度的变化 (单位增加值能耗) 相互作用, 并对其产生了影响。几乎所有国家的劳动生产率都已提高 (即, 单位增加值所需员工数量的减少), 这也是减少服务业能源强度的最大因素, 经常也是唯一因素。相比之下, 大量国家似乎已经看到每位员工所占有的建筑面积增加, 而且增加了单位建筑面积能耗, 这会对能源强度造成上行压力。<sup>6</sup>

图4.9 • 服务业能源强度变化分解 (1990年到2010年)



## 7 服务业政策信息和评估

在发达经济体中, 服务业占到经济结构的一大部分。政策分析的挑战源于该行业自身非常多样化的事实, 多种最终用途活动经常会发生在一家企业或一栋建筑里。

从商业实践角度看, 委托代理障碍 (比如, 房东和租户的目标不同) 是这一行业一个尤为重要的问题, 多数商业活动发生在租来的建筑物里。<sup>7</sup>

6. 本手册中所包括的分解分析结果是使用基于简单拉氏指数分解方法论的分解分析进行计算的。参见附录A 了解关于分解分析方法论的进一步讨论。

7. 若想充分探讨这一问题和解决方案, 可参照Mind the Gap: Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency (IEA, 2007)。

能效政策和计划制定要求这些终端产出的信息，并要有充分的细节，以便对计划层面的决定进行估测和评价。如往常一样，政策制定者寻求可以自信采取行动的实质性信息，以便可以勾勒清晰、令人信服的政策。这要求商业驱动因素和合同情况的实质内容和解释，以及最终用途层面的能源和活动信息。

## 商业建筑能源需求的驱动因素.....

服务业能源消费的驱动力很大程度上依赖于商业部门活动发展状况。在发展中国家中，服务业可能落后于工业部门，成熟度较低。的确，由于服务业能源利用活动依赖于电力的可获得性，没有良好的电力供应质量，服务业就难以建立。

## 电气设备的增长.....

在技术层面，能源消费主要是由服务业建筑物内部的活动主导，而不是由建筑外围护的热损主导。使用者、家用电器和设备所导致的建筑内部的热负荷通常高到足以需要开空调，以降低建筑内部热量增加，这些会成为空调负荷增加的主要驱动因素。在某些情况下，设备负荷会很高；在医院，医疗设备是医院能源需求中比病床数或气候更重大的驱动因素。此外，倾向于使用较大的建筑面积会加剧制冷负荷，此种情况下在建筑核心部分需要高度人工照明、人工通风和制冷。

## 空气调节负荷会增加设备能量负荷.....

当考虑建筑内部负荷（比如办公设备、照明和太阳能辐照升温）与空气调节负荷的关系时，建筑内部负荷最小化的重要性就变得显而易见。采用正常的空气调节，任何内部负荷都要额外增加30%的制冷负荷——即，它要求30瓦特（W）的额外空调制冷能量消除一个100瓦的灯散发的热量。任何减少内部负荷的努力都可以避免对空调系统的额外需求。因此，减少服务业最终用途热负荷是一个关键政策目标。主要政策可选方案是对照明、办公设备、餐厅和餐饮设备采用最低能效标准和利用高效照明设备改造低效照明系统。

## 低能耗商业建筑.....

一些新建建筑的设计采用非常少的外供能源。这些建筑保温好，通过只使用最高效的电器和照明器具把内部热负荷降到最低水平，高效利用日光，遮阳设计能够减少对太阳热的吸收，通常使用自然通风而不是空调。由于采用较薄的地板型材，能够增加对自然光和对流通风的使用，一些较老的建筑也倾向于降低能源要求。由于业界依然在学习这些建筑物在实际运行条件下会如何工作，所以，对这些建筑物进行监测是重要的。

### 文本框4.1 • 政策挑战：服务业对电力依赖日益增加

服务业电力消费蕴含着巨大的能效机会。然而，该行业在能效政策方面收到的关注甚少。

世界范围内，服务业电力消费预计会比居民生活电力消费增加的更快。在经合组织国家，商业电力消费占总电力消费的比例从1990年的26%增加到2009年的33%，现在与居民生活的占比持平。在1990年之前，经合组织国家服务业使用的主要能源是石油和天然气。在2009年，电力占最大份额。在1990年到2009年期间，经合组织国家中服务业电力消费年增长率高于居民生活。同一趋势也曾见于一些新兴经济体，比如巴西、印度和俄罗斯。美国能源信息局预期在2008年到2035年期间全球服务业电力消费增速要快于居民生活，其中多数是用于照明、空间制冷和通风。

**服务业设备电力节约的潜力在全球来看都是很大的。**服务业最大的潜力曾见于照明、空调和制冷。通过服务业设备能效政策估算电力节约潜力的研究较少，而针对居民生活家用电器的研究估算则很多。

Rosenquist et al. (2006) 分析了最低能效标准 (MEPS) 为美国居民生活和服务业设备带来的全国电力节约潜力。按照估算，从2010年到2030年，家用电器和设备效率的累计电力节约潜力为7 167 太瓦时 (TWh) (占基础情景累计能耗的将近4%)，其中3 834 太瓦时 (TWh) 会来自商业设备，高于居民生活。服务业最大的节能潜力在制冷，紧随其后的是照明和空调。

McNeiland Letschert (2008) 评估了通过能效标准和标识政策带动的服务业设备全球电力节约潜力。在服务业，照明和室内制冷具有最大的节约潜力，紧随其后的是制冷。

对澳大利亚服务业空调机开展了对标研究。澳大利亚于2001年开始在空调机领域全面引入实施最低能效标准 (MEPS)。精密控制空调机和冷却机于2009年开始实施最低能效标准。根据当时的估算，到2025年时，空调机实施最低能效标准每年电力节约潜力可以达到5 718 吉瓦时 (GWh) (相当于2009年服务业和居民用电的将近 5%)：服务业空调机为 3 065 GWh，居民生活空调机为2 653 GWh。

## 政策解决方案的主要方面

政策需要对这些驱动力作出回应，通常是以微妙的方式。在服务业中，根据商业设施的最低能效标准，提供必要的建筑性能数据，能够让租户和建筑物业主在能效市场上造成推拉效应。从中期来看，因为家用电器市场逐渐变得更高效率，该行业能效提高主要源于由此带来的实质性能源需求的减少。从长远来看，建筑改造和建筑更替将会推动降低建筑物及其中央能源系统的能源消费。

## 补充信息的重要性

三级指标是规划信息的核心，而且重要的是，能够为补充信息提供一个必要的框架背景。然而，这些几乎总需要得到技术、市场和消费者行为信息的补充。表4.11显示了需要补充信息方案的一些服务业政策问题。

分析师应该考虑到政策制定者经常在未来趋势发生之前或发生之时就要求相关的趋势信息。网络化服务的增长表明，需要较详细地了解服务业中联网设备的电力消费。

表4.11 • 服务业政策信息补充信息

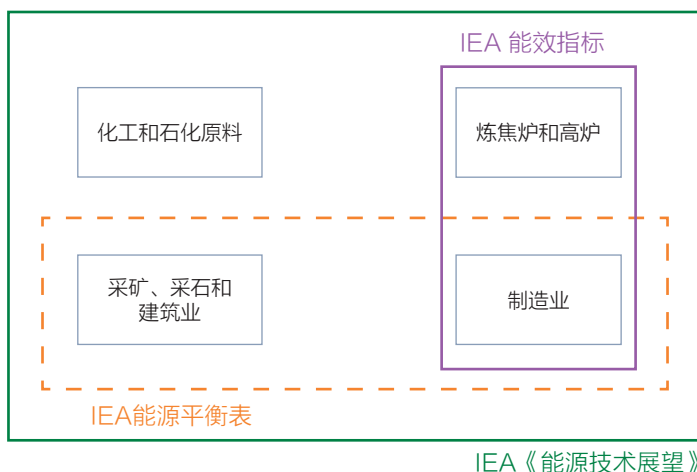
政策和三级指标	补充信息需求	补充性指标
建筑规范 千瓦时每平方米 (kWh/m <sup>2</sup> ) kWh/人, kWh/美元, 采暖服务用能 (MJ), 热水服务用能 (MJ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要历史存量信息，以便能够进行热建模和建立基线</li> <li>政策的需求影响</li> <li>离网系统和太阳能光热系统</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>未来能效性能、舒适状况和员工生产率；室内温度、湿度、气密性</li> <li>最终用途用电需求 (kW)</li> </ul>
建筑标识	<ul style="list-style-type: none"> <li>认证体系设计和评审的技术信息</li> <li>认证技术性能的验证</li> <li>消费者响应性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>用于标识验证的目前存量信息</li> </ul>
保温/ 防寒保暖改造	<ul style="list-style-type: none"> <li>事后信息以评估产出和生产率影响</li> <li>政策的需求影响</li> <li>离网系统和太阳能光热系统</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>改造前后能效性能、舒适状况</li> <li>最终用途用电需求 (kW)</li> </ul>
低净能耗建筑	<ul style="list-style-type: none"> <li>日益廉价的离网电力系统和太阳能光热系统的未来影响</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>进行保温处理后的供暖性能、舒适状况、健康和福祉影响响应</li> <li>最终用途对来自电网和可再生能源贡献的用电需求 (kW)</li> </ul>
设备最低能效标准和标识 kWh/最终用途活动 (MJ/照明, kWh/制冷, kWh/IT, kWh/电视……)	<ul style="list-style-type: none"> <li>设备存量和销售数据</li> <li>最低能效标准和标识对服务业能源需求的影响</li> <li>政策的成本有效分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>每种服务业务的设备数量和类型及其用途和派生的能源需求</li> <li>最终用途层面的用电需求 (kW)，包括ICT网络能源消费</li> <li>市场和消费者对政策的反应</li> <li>终端避免能源利用的价值</li> </ul>

# 制定工业部门能效指标

## 1 工业部门能源消费的主导因素是什么？

工业部门具有异质性，而且非常复杂。关于该行业包括什么或不包括什么没有独特的定义（图5.1）。此外，活动分类（经济增加值或物质生产指标）不一定与能源消费分配直接匹配。

图5.1 ● IEA使用的工业部门定义



IEA《能源技术展望》

一般而言，工业部门涵盖制成货物和产品的制造、原材料采矿和采石、建筑。不包括电力和热力生产，炼油厂，电力、燃气和水的供应。国际能源署（IEA）能源平衡表遵循这一定义。

为制定能效指标之需要，工业是指工业中的各个制造业（不包括采矿、采石和建筑业），包括高炉和炼焦炉（这在IEA能源平衡表中包括在能源转化行业里）。当评价减少能源消费和排放的潜力时，如《能源技术展望》等出版物的做法一样，作为化工和石化工业原料的能源消费也包括在内。在IEA能源平衡表中，原料包括在“非能源利用”这一类别中。

能源是生产所有制造品的一个关键要素。在所有其他参数保持相同的情况下，工业产量（产出）的增加一般都将导致能源消费增加，而多数工艺在正常作业中都有一些固定和可变组份，所以，如果对该工艺的产出需求下降，强度将会增加。这一能源与产出的关系以及各国之间如何比较将受几项因素影响，比如：工厂的平均年龄（由于比较新的或更新改造的工厂通常比较老的工厂更高效）；所采用的维修做法；能源质量（例如，热值）；所生产的产品质量、所用原材料和要求的产品质量（例如纯度水平）；所采用的工艺或技术；在综合层面还有工业部门的组成。

本节的目的是提供最常用的和可获得的工业指标。然而，应当认识到，要对工业部门能效进行“准确的”分析，就需要对制造生产中使用的每种工艺进行更详细的分析。在2007年，IEA出版了《跟踪工业能效和CO<sub>2</sub>排放》（IEA，2007），这为工业部门的指标分析提供了方法论。

## 问与答

### 问题1：应该使用经济单位产量还是实物单位产量来制定指标？

理想情况下，实物单位产量数据应被用于制定工业部门指标。如果没有实物产量数据，那么增加值数据可以用来提供一种总体的趋势特征，但是不能用作能效指标。

### 问题2：是否可能解释工业的结构差异？

是，有足够详细的分解，全面的分解分析将会分离出结构变化在工业中的影响。

### 问题3：国家应为哪些分行业制定指标？

应优先考虑能耗最高、具有足够可获得的数据进行分析的工业分行业。如果没有数据可获得，国家应该把收集分行业的物质生产和能源消费数据作为优先事项。

### 问题4：最佳可获得技术（BAT）和最佳实践技术（BPT）的区别是什么？

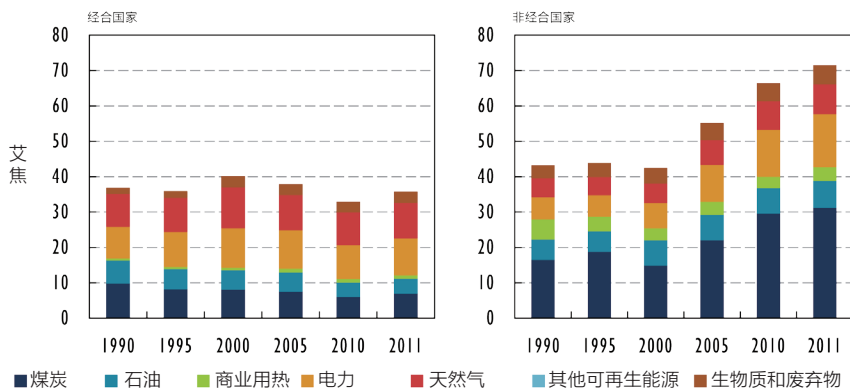
最佳可获得技术是市场上具有的最高效技术。最佳实践技术是商业化可获得最高效技术。在化工行业，使用最佳实践技术这个术语，而不是最佳可获得技术，因为后者通常只在一两家工厂使用，并未广泛商业化，只反映了个别化工厂的特殊情况。



## 2 能源是如何消费的？最近是否有变化？

2011年，全球工业最终能源消费总计为107 EJ，占全球最终能源消费总量的29%。这包括焦炉和高炉消耗的燃料能源以及原料能源。相关的CO<sub>2</sub>排放为10.55吉吨二氧化碳（GtCO<sub>2</sub>），包括使用电力的间接排放。自1990年以来，全球工业能源消费已经增加了41%，多数增长是在非经合组织（OECD）成员国，主要是在中国，自从21世纪早期以来，其工业材料需求和生产增加已经推动了能源消费的强劲增长。经合组织国家中全球工业能源消费份额从1990年的超过46%下降到2011年的33%，这反映了随着更多的高耗能工艺转移到新兴经济体，全球经济结构发生了重大转变（图5.2）。

图5.2 ● 经合组织和非经合组织国家的工业能源消费



说明：包括高炉和焦炉消耗的燃料能源以及原料能源。

### 文本框5.1 ● 工业部门中的方法论问题

许多工业分行业的能源消费是复杂的。即便是可获得必要的的数据，也经常不能直截计算对政策分析有用的统一、可对比的指标。有三个领域特别需要小心考虑。

**综合层面：**根据将来的用途和可获得的信息程度，可以在不同的综合层面制定能源消费和CO<sub>2</sub>指标。综合层面非常重要，因为它决定了结构差异对研究结果的影响程度。结构差异可以包括：

- **输入资源的可获得性和质量。**一些工业生产过程的能源需求将依赖于可获得的自然资源或其他资源的质量，例如，矿石质量。该指标需要考虑跨国对比中资源质量的差异。

- **产品的定义。**定义要求小心谨慎。例如，就钢铁业而言，对于铁的吨数、粗钢的吨数或成品钢的吨数的选择可以产生巨大差异。
- **产品多样性。**工业产品不是统一的。指标的设计必须使产品分类具有合理性。
- **工艺技术的定义。**工业产品可以采用不同的工艺技术进行生产，各种不同工艺技术的能源要求也差异很大。工业分行业层面的指标应考虑跨国对比中不同的工艺技术在总产量中所占的份额。

这些问题可以通过在不同的综合层面制定指标来解决。

**边界问题：**为了对各国进行统一分析，有必要对每个分行业使用共同的边界定义。此类边界限制与下面因素相关：

- **生产步骤。**工业生产过程通常由几个步骤组成。一个指标包括或不包括哪些工艺/生产步骤在跨国对比中可以造成差异，故而需要完全描述。
- **蕴含的能量和碳。**能量和碳都可以存于材料中。当材料进行回收或焚烧时，能量可以回收，而在焚烧时，产品中存储的任何碳都会释放。这些因素和潜力应在材料/产品生命周期的基础上进行评估。
- **过程排放。**工业CO<sub>2</sub>排放中有很很大一部分是过程排放，与使用化石燃料无关。在重要的情况下，燃料燃烧产生的排放应包括在过程排放中，并与能源相关的排放隔离开来，以便可以对减少能源消费的潜力进行分析。

**分解问题：**除了设定统一的界限，在构建能源消费和CO<sub>2</sub>排放指标时还会出现若干重要的分解问题，比如：

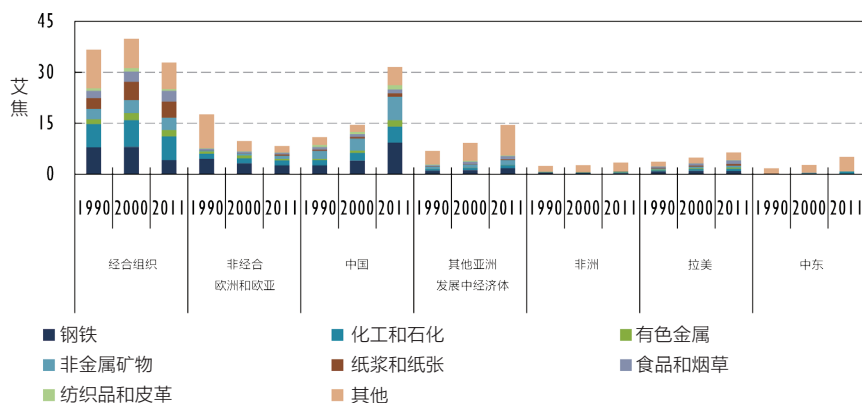
- **工业联产。**\*在热电联产发挥着重要作用的分行业中，对热电联产的处理需要特别考虑，以确保热电联产的CO<sub>2</sub>排放和效率提高得到正确反映。在现场生产的电力和热力需要与该现场的生产效率及其碳足迹关联起来。
- **余热燃料的处理。**工业使用大量的余热燃料。第一步是改善所用余热燃料的通报（例如，通报热值和碳含量）。指标应使用一个在系统层面适合的余热排放分配系统。
- **电力和热力自生产。**一些产业会生产自己的电力和热力。就一次能源和CO<sub>2</sub>排放分配而言，如果该指标使用国家平均效率和电力生产排放因子或特定工业的排放因子，则会有很大差异。

\* 联产是指热力和电力的联合生产。

资料来源：IEA，2007

工业部门也发生了重要的结构变化：在1990年到2011年期间，五个耗能最高的工业分行业<sup>1</sup>的能源消费相对其他分行业呈现出增加趋势。2011年，这五个分行业占到工业最终能源消费总量的56%以上，而1990年的占比为45%（图5.3）。

图5.3 ● 工业分行业的能源消费



### 3 如何对指标制定进行优先排序（应开发哪些指标？）

在综合层面，工业是一个可获得较全面信息的行业。在许多国家，能源平衡表在国际标准行业分类（ISIC）两位数代码层面进行分解细（UNSD，2008）。国内生产总值（GDP）的大类分解（例如，对于服务业和工业）数据也可从不同的国家单位和国际组织广泛获取。该信息可用于评估工业部门在整个经济中的重要性，并指明是否应优先考虑该行业。

考虑到该行业的多样性和每个工业能源消费状况差异很大，使用大类强度指标（单位增加值能耗）进行跨国对比，或甚至用于评价工业能效随着时间推移的变化，具有很大的误导性。例如，就中国的情况来说，1990年到2000年期间单位增加值能耗降低了65%，而在2000年到2010年期间只降低了15%。然而，对产业层面的数据分析表明，高耗能行业增加了其在全部工业生产中的份额，因此，尽管能效提高，但是对能源强度有上行影响。

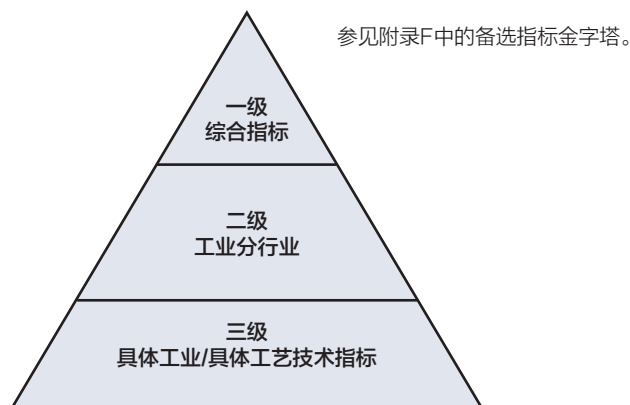
此外，不同行业会使用不同的燃料结构；铝的生产是电力密集型，煤炭是炼铁的主要能源，化工品多数使用石油和天然气。如果目标是减少某一种具体燃料的消

1. 全球范围五个高耗能分行业：钢铁、水泥、化工和石化、纸浆和造纸、铝。

费，而不是提高总体能效，那么优先排序将依赖于该具体行业的燃料结构。然而，由于燃料结构高度依赖于所用的工艺技术，所以不太可能通过简单的燃料转换减少消费，但是将会要求工艺改造和工艺能效提高。

总体而言，关键的第一步是制定综合指标，以了解工业部门在经济中的重要性（图5.4）。然后，需要按照工业分行业建立指标，评估能源是在哪里消费的和如何消费的，哪些领域可能具有更大的减少能源消费的潜力。接着，应制定深度指标，以确保减少能源消费的政策和行动能够针对具有此种潜力的领域。在做出关于应该优先考虑哪个工业制定深度指标的决定时，还应考虑该工业分行业在该国经济中的重要性、该行业的节能潜力（可以通过最佳可获得技术分析和/或对标进行评估）、数据可获得性或获得该数据的潜力。

图5.4 ● 工业部门详细指标金字塔



从行业角度来看，制定指标至关重要。提高能效会减少对能源的需求，减少能源成本，增加竞争力和工厂利润。详细指标能够帮助识别在其生产工艺范围内可以减少能源消费的领域。能源管理系统（EMS）能够帮助制定、追踪和改善企业内的能源指标。一个已经发展成熟的能源管理系统能够帮助制定能效目标并对其进行优先排序，并且能够界定战略性能效升级项目。

### 文本框5.2 ● 能效指标对企业的益处

IEA成员国的经验说明，产业界自身可能对相关能效指标非常感兴趣。企业可以利用此类指标汲取教训，学习如何变得更加高效，而且可以把自身与其他企业进行对标或规划自身随时间推移的进步。指标还能够帮助产业界

改善可靠性和灵活性；例如，热交换器积垢可能会导致某一工艺中能效水平下降，但是也可以达到限制产能的程度。

最后，指标可用于增加竞争力。在能源补贴高的国家，更能反映成本的定价将会鼓励更有效利用能源的行为，而这反过来会增加净收入。通过全国性计划为能效提供进一步刺激，可以增加对工业的激励：如果股东把能效提高视为是支持国家目标，公司可能会看到股价上升。

收集与中小企业能源消费相关的数据还不是一种普遍的全球性做法。在许多情况下，要求强制数据通报的基本立法是不存在的，比如，对于欧盟排放交易计划中涉及到工业能源大用户。IEA的经验是，中小企业的的数据是能源格局中的一个重要组成部分。在一些IEA国家，中小企业是自愿通报相关数据。在其他国家，通报则是强制性的。

IEA还发现，收集大型企业的的历史数据可能会更加困难：如果一个分行业有一两家企业，这些企业可能会由于保密问题而不情愿通报。然而，这些障碍或许可以通过建立适当的数据收集和传播机制来克服。几个工业协会已经成功落实了此类机制。

## 4 按金字塔级别制定指标

本部分解释了可以在金字塔的每一层级和为每个工业分行业制定什么样的指标，以及应该如何对它们进行解读。鲜有可能定义一个单一的“真实”指标来捕捉一个分行业或一种工艺中需要传递的所有能源消费和CO<sub>2</sub>排放信息。只选择一个指标进行跨国对比会产生具有误导性的结果。

即便是在更加详细的层面，所展示的指标只能提供一个工业提升潜力数量级的概要情况。建议在把此类指标用作设定目标的基础之前，要逐个国家进行更详细的分析。

表5.1总结了工业部门描述的所有指标，并简要概述了这些指标的用途。该表与《能效指标：统计学基础》中关于指标的讨论互相匹配（IEA，2014）。

表5.1 ● 工业部门所用指标汇总

指标	覆盖范围	能源数据	活动数据	代码	建议指标
单位实物量产出能耗	分行业	分行业能源消费总量	分行业实物产出	IS2a	☺
	工艺/产品类型	工艺/产品类型能源消费	工艺/产品类型产出	IS3a	
单位增加值能耗	分行业	分行业能源消费总量	分行业增加值	IS2b	
	工艺/产品类型	工艺/产品类型能源消费	工艺/产品类型增加值	IS3b	

## 一级指标

### 工业部门能源强度

**定义：**测量一个单位经济产出需要多少能源。

行业结构——有较大份额的能源消费和物料生产来自高耗能的分行业——对能源强度有上行影响，但主要是被世界上许多地区的能效提高所抵消，特别是发展中国家的能效提高，发展中国家的高增长速度已经可以让其增加新型高效产能。

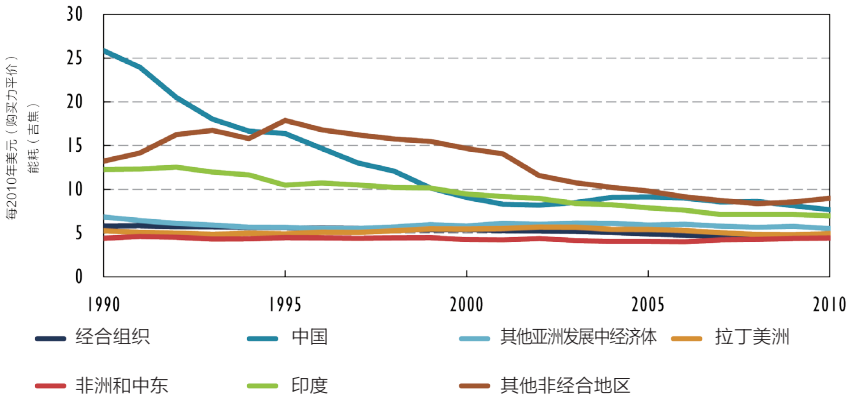
尽管自1990年以来工业能源强度出现下降，但由于全球工业材料需求增加，能源消费却继续增加，从而导致能源消费总量和CO<sub>2</sub>排放增加（图5.5）。能源强度改善不一定意味着直接的能效提高：其他因素也可以发挥作用，比如，高耗能工业占较高份额的经济结构发生变化和材料价格出现波动。

**一级指标用途：**为工业部门能源强度的演变提供了总体视角。在经济结构或所用的不同技术/原料没有重大变化的国家，这提供了能效总体趋势的特征。

**对政策制定的意义：**考虑到影响该指标的因素众多，至于在哪些地方可以提高能效和在哪里需要更多关注，还无法得出结论。

**跨国对比：**由于其受许多非能效因素影响，比如该产业的结构、资源质量，对于一些工业分行业还有天气条件，基于该指标评估能效表现会具有误导性。

图5.5 ● 一级指标的例子：单位工业增加值总能耗



#### 数据可获得性和数据来源：

- 能源消费：通常可从全国能源平衡表和IEA能源平衡表中获得
- 工业增加值：可从世界银行获得，或许也可从国民经济核算中获得。

表5.2 ● 一级指标描述

指标	所要求数据	目的	局限
单位工业增加值总能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>工业能源消费总量</li> <li>工业增加值总额（按固定汇率计算）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>反映了能源消费总量相对于增加值的趋势</li> <li>指明能源消费与经济发展的一般关系</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>不衡量能效发展情况</b></li> <li>受多种因素影响，比如经济结构</li> <li>影响随时间推移变化的因素不一定与能效相关</li> </ul>

## 二级指标

二级分解依赖于可获得的数据，既包括能源消费数据，也包括活动数据（生产增加值或实物量单位）。例如，尽管在一些国家，对于“纸浆、纸和印刷”这个总体类别可能具有可获得的信息，而在该工业分行业重要的国家，可能会获得按纸浆和纸的类型划分的更细化的数据（图5.6）。因此，在这一层面制定指标的相关性将会高度依赖于每一工业分行业可获得信息的水平。

在这一层面，评价能源强度的最佳指标是单位产量能耗。然而，只有一些产业可以采用该指标，因为一些产业一般太多样化而没有统一的产量度量（例如，化工行业），一些产品可能是采用同一工艺技术生产的。

### 文本框5.3 • 工业能源和CO<sub>2</sub>指标：使用经济或实物量值

工业能源和CO<sub>2</sub>指标一般是由能源消费或CO<sub>2</sub>排放的度量值除以活动的度量值构成。活动通常定义为特定分行业或产品的生产，可以用经济术语（例如，增加值）或实物量单位（例如，产品重量或数量）度量。通常来说，以货币单位计算的指标会用于行业或整个经济层面。基于实物量单位的指标更适合于详细的分行业分析。

使用经济值有几方面的好处。首先，尽管生产不同的产品，但活动度量单位（货币价值）是类似的。这使得有可能在不同工业分行业之间进行指标的比较。第二，在实际层面，多数IEA国家的不同分行业的工业增加值数据——包括分解到不同分行业的数据——可从经合组织获取。这方便统一的跨国对比。考虑到不同分行业的能源价格，这些指标也为该行业提供了一种**经济效率感**——将成本考虑到能源消费中，获得了多少增加值。

然而，基于经济指标会存在一个显著缺点：它们受与基本物质生产层面变化无关的一系列价格效应的影响。

一种可替代方案是基于实物量计算能源消费和CO<sub>2</sub>排放指标，例如，使用基于生产吨数的活动度量。这些类型的指标通常称为“单位产品（产值）能源”或“单位能源”消耗；其优势在于它们不受价格变化影响。因此，在分解细化层面，尽管实物量指标包括不同产品等级的影响，但可以为某种具体生产工艺的技术效率提供更好的度量。然而，因为分母是以实物量单位测量的，不可能在不进行换算的情况下对比不同单位定义的指标，例如，把生产增长速度应用于一个基准年的增加值。

### 基于增加值或实物单位产量的工业能源强度

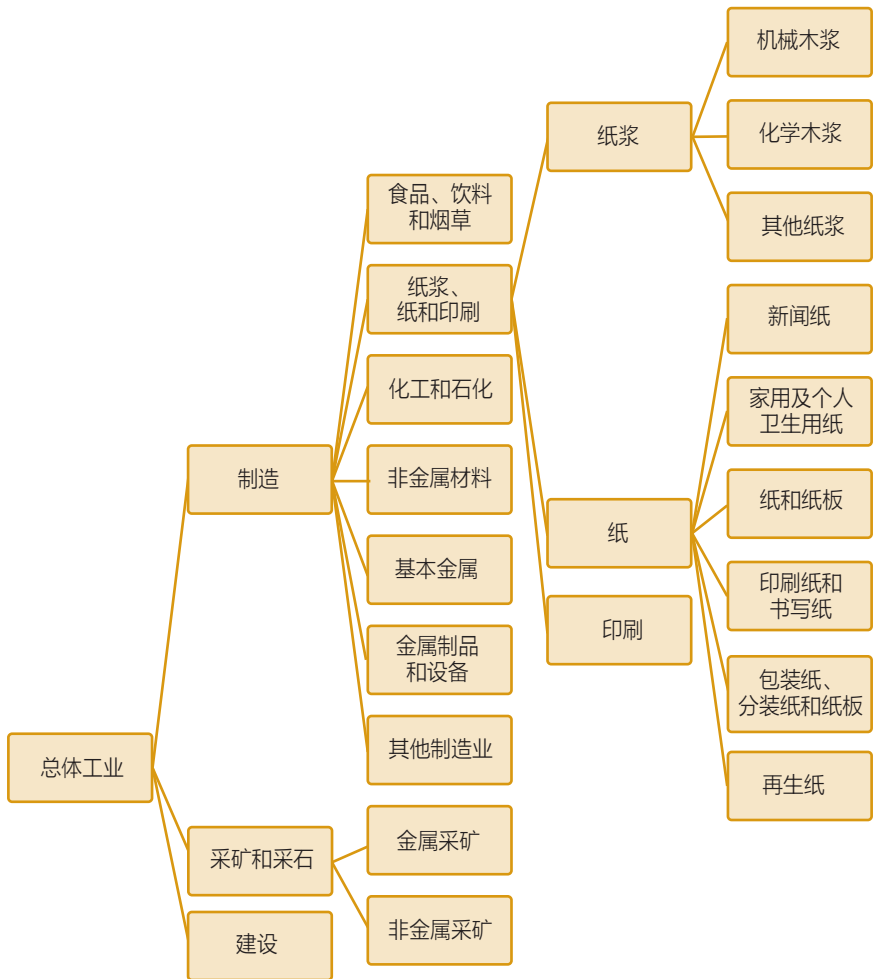
**定义：**测量生产一个单位的经济产出或一个单位的实物产量需要多少能源。

在可获得的情况下，单位产量能耗是首选指标。

**对政策制定的意义：**当该指标是在相当细化的层面制定的时候，能源强度能够提供有助于理解能效性能和减少能源消耗潜力的重要启示。



图5.6 • 工业分解的例子



说明：类别反映 IEA 《能源技术展望》（ETP）建模类别，因此，可能不同于一些 ISIC 工业类别。参见《能效指标：统计学基础》（IEA，2014）中的工业 ISIC 类别。

**跨国对比：**若有充分的分解程度，就有可能比较各国情况和评价它们的相对效率。

**数据可获得性和数据来源：**尽管对于能源平衡表中的工业分行业，可以获得综合层面的能源消费，而进行跨国对比或确保政策相关性所需的分解细化程度却无法获得。详细的能源消费数据或许可以通过特别工业调查或从全国性工业协会获取。

**相关指标：**有了这一级别的信息，就有可能计算“结构调整”能源消费。尽管该指标仍然包括一些工业分行业的结构变化、能源输入质量和所用工艺流程的差异，但要进行国家之间的对比，则是比单位GDP能耗总量更好的指标（图5.7）。

图5.7 ● 2010年各国钢铁和有色金属行业生产一吨钢的能耗

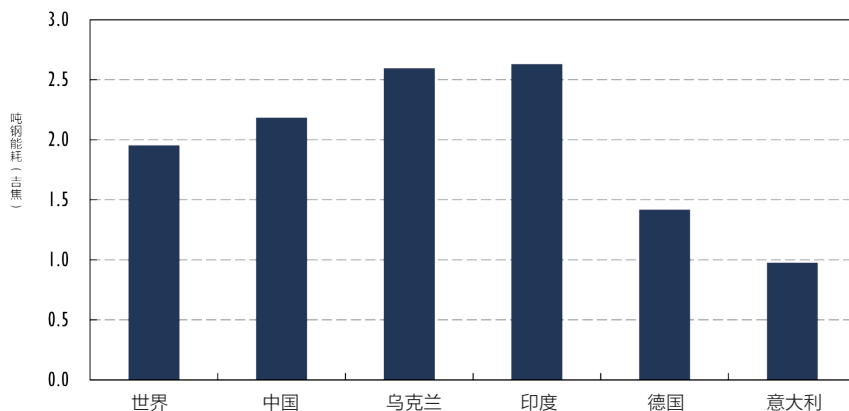


表5.3 ● 二级指标描述：工业

指标	所要求数据	目的	局限性
工业分行业的单位增加值能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>各工业分行业的能源消费</li> <li>对应的增加值（按固定汇率计算）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指明能源消费与经济发展的一般关系</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可能会隐藏工业内部一些重要的结构转变（但是这一影响一定程度上会被使用更详细的能源和增加值数据所抵消）</li> <li>增加值受与基本物质生产层面变化无关的一系列价格效应的影响</li> </ul>
工业分行业单位物质生产能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>各工业分行业的能源消费</li> <li>对应的实物单位产量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指明能源消费与物质生产的关系。通常称为“单位产品（产值）能源”或“单位能源”消耗</li> <li>在细化分解层面，可以更准确度量某种具体生产工艺能效</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不可能对比以不同单位定义的指标</li> <li>无法给出整个行业能效综合情况</li> </ul>

### 三级指标：具体工业/具体工艺技术指标 .....

考虑到工业部门涵盖的分行业数量，不可能为每个分行业提供一个针对每种工艺的指标详尽清单。就其本质而论，本部分的讨论集中于五个高耗能分行业：钢铁、水泥、纸浆和纸、化工和石化、铝。

### 文本框5.4 • 基于最佳可获得技术的分析

传统上，由于缺乏数据，IEA使用了基于单位增加值产出能耗或CO<sub>2</sub>排放的工业指标。尽管此类指标善于捕捉综合能源消费趋势和效率，但它们不太适合于按照分行业或工艺对能效发展进行详细的跨国对比，或用于考察能效提高潜力。这是因为它们没有充分考虑产品质量差异、生产工艺和原料结构的差异，国家之间在这方面差异会很大。此外，基于经济比值的指标无法通过技术数据进行确认。因此，IEA进行了一项重大研究（IEA，2007），该研究展示了基于物质生产的详细指标、一些工业关键指标的典型值和主要对标结果。此种方案的好处是这些指标：

- 不受价格波动影响，这便于趋势分析
- 可与工艺操作和技术选择直接相关，因此，可以对技术能效进行更密切的测量
- 可以对效率提高潜力进行具有充分根据的分析。

已经为钢铁、水泥、纸浆和纸、化工和石化、铝工业制定了细化指标。这些指标用于追踪随时间推移的能效进步，也用于计算每个分行业通过使用最佳可获得技术或最佳实践技术实现能源消费减少的技术潜力。最佳可获得技术分析的最新结果可参见2012年《能源技术展望》（IEA，2012）。

## 钢铁

钢材是通过大约十几个生产工艺生产的，根据产品结构、可获得的原材料、能源供应和资本投资的不同，会采用不同的生产工艺。目前使用的主要有三种工艺路线：<sup>2</sup>

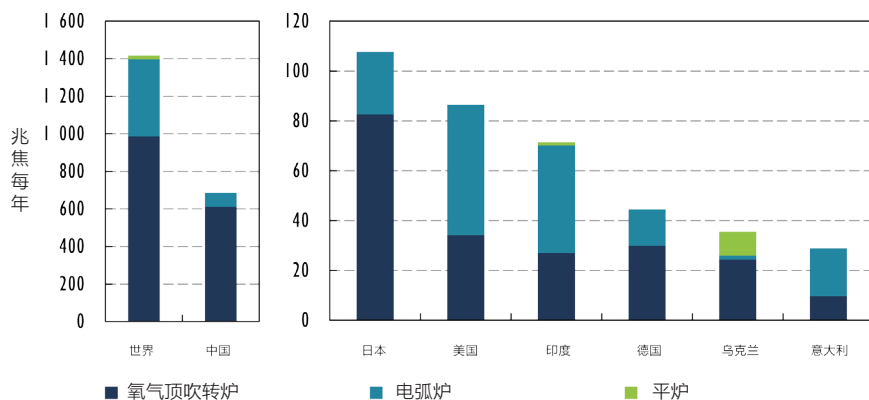
- 高炉（BF）/氧气顶吹转炉（BOF），其中的铁70%到100%来自铁矿石，其余为废钢作为原料
- 废钢/电弧炉（EAF）法，以废钢作为原料
- 直接还原铁（DRI）/电弧炉法，以铁矿石作为铁原料，也经常采用废钢。<sup>3</sup>

2. 第四种是平炉（OHF）工艺路线，其采用的铁原料的情况类似于氧气顶吹转炉工艺路线，但是是一种淘汰落后的技术，其所生产的钢铁只占当前全球产量的不足3%。

3. 在废钢供应短缺且有廉价的化石燃料供应的地方（例如，搁浅的天然气供应，译者注：这是指由于远离消费中心而未加利用的天然气），直接还原铁可以经济地替代废钢。

废钢/电弧炉路线能源强度（每吨4吉焦[GJ/t]到6吉焦[GJ/t]）比高炉/氧气顶吹转炉路线（13GJ/t到14GJ/t）要低很多<sup>4</sup>，因为无需把铁矿石还原成铁，从而消除了对矿石准备、炼焦和炼铁步骤的需求。<sup>5</sup>

图5.8 ● 主要国家2010年各工艺路线产量和能源强度



资料来源：世界钢铁协会（World Steel），（2011），《钢铁统计年鉴》2011，布鲁塞尔。  
说明：包括高炉能源消费。EAF炼钢既包括废钢/EAF，也包括DRI/EAF路线。印度是世界上最大的直接还原铁生产国，其生产采用煤炭，这比采用天然气直接还原铁能源强度要大很多。Mt=百万吨。

对整个分行业吨粗钢能源消费进行广泛的对比用途有限，因为生产工艺差异很大。至少，BF/BOF、废钢/EAF和DRI工艺需要分开对待。即便如此，各国之间的粗钢生产能效还是会有很大差异，甚至单一工厂之间也差异巨大（图5.8）。这些差异可以通过一些因素进行解释，比如规模经济、余能回收水平、铁矿石质量、操作专有知识和质量控制。该分行业有用指标包括：

- 每吨粗钢一次能源和最终能源消费总量（包括精整加工）
- 每吨BF/BOF 钢生产一次能源和最终能源消费总量
- 每吨直接还原铁最终能源消费总量（将以天然气为基础和以煤炭为基础的生产工艺分开）
- 每吨电弧炉钢一次能源和最终能源消费总量（不包括精整加工）
- 每吨粗钢直接CO<sub>2</sub>排放总量。

4. 电弧炉若100%采用废钢原料，每炼一公吨钢消耗的电力大约是1.6 GJ，随着采用直接还原铁的增加，耗电还要更多一些。然而，在实际运行中，电弧炉能耗要高一些。要真的进行比较，电力应该用一次能源单位来表示。电力生产效率在35%到50%以上，电弧炉的一次能源消耗会在每公吨钢4 GJ到6 GJ。

5. 读者若想获取更多关于工业中不同最佳可获得技术价值的信息，可参考IEA，2007报告。

这些详细指标需要基于各国采用统一的边界定义，并考虑到若干常见行业惯例。这些做法包括铁矿球团、焦炭和废钢的广泛交易，销售高炉煤气和焦炉煤气用于发电，回收并现场利用的焦炉煤气的份额，利用炉渣副产品作为水泥熟料的替代品。然而，目前没有构建这些详细指标所需的必要细化能源数据。也没有可比数据用于在综合层面为轧钢和精整加工制定指标。需要开展更多工作来收集必要的数据库。

## 水泥

有两种基本类型的水泥生产工艺和多种不同的窑型。根据原材料原料的水分情况，水泥生产会采用“湿法”或“干法”。干法减少了对水分蒸发的需要，因此能源强度要低很多（干法为每吨熟料能耗大约3.0GJ，而湿法窑炉为每吨熟料6.3 GJ）。另外一个主要差异是立窑和更高效的回转窑之间的差异。如今最先进的干法回转窑的燃料效率是相当高的，每吨熟料使用大约2.9 GJ到3.0 GJ能源。

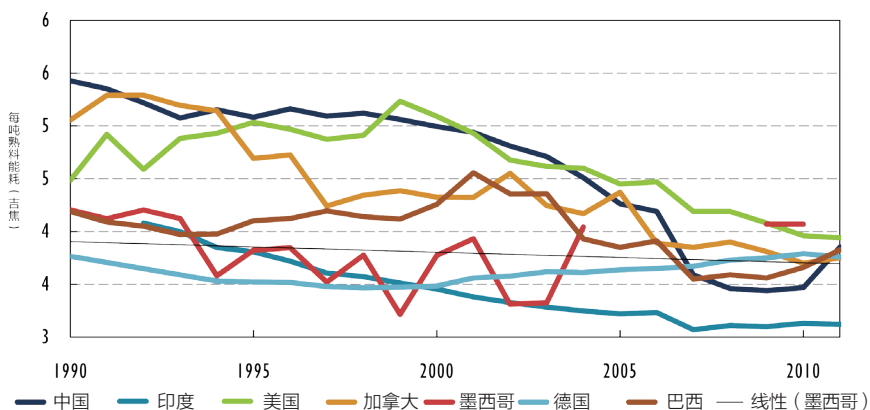
由于水泥生产是一个相对简单的过程，具有良好定义的系统边界和统一的产品，所以非常适合于指标分析。可以很容易地计算熟料（是炉窑中部分熔融的产品，随后进行研磨用于生产水泥）和水泥生产的一些指标，以跟踪随时间推移的发展情况。它们包括：

- 每吨熟料能耗，包括替代燃料
- 每吨水泥电耗
- 每吨水泥消耗的一次能源当量总量
- 每吨水泥CO<sub>2</sub>排放总量（包括过程排放和能源相关的排放）
- 熟料生产中替代燃料用量
- 熟料/水泥比
- 每吨熟料余热回收量
- 每吨水泥能耗（包括电力）的CO<sub>2</sub>排放。

或许，从能效角度看，最重要的指标是生产每吨熟料的平均能源消费。该指标显示，在1990年到2011年期间，多数国家的熟料生产能源强度经历了下降趋势（图5.9）。这很大程度上是由于从湿法转变为干法水泥窑，还有使用预热炉和预分解炉的最新技术取代了落后的干法窑。

在解读所展示的绝对能源强度时需谨慎。需要进一步工作完善该指标，确保所有国家采用统一的定义和界限。然而，看起来印度具有最高效的熟料生产，处于或接近预热炉和预分解炉先进干法窑的热耗实际下限。在中国，每吨熟料的平均能耗目前是大约3.45 GJ。欧盟、加拿大和美国每吨熟料能耗都在3.8 GJ到4.0 GJ左右。

图5.9 ● 各国吨熟料能耗



资料来源：CSI（水泥可持续发展倡议行动组织）（2013），Getting the Numbers Right数据库，世界可持续发展工商理事会，日内瓦；IEA估算。

在解读所展示的绝对能源强度时需谨慎。需要进一步工作完善该指标，确保所有国家采用统一的定义和界限。然而，看起来印度具有最高效的熟料生产，处于或接近预热炉和预分解炉先进干法窑的热耗实际下限。在中国，每吨熟料的平均能耗目前是大约3.45 GJ。欧盟、加拿大和美国每吨熟料能耗都在3.8 GJ到4.0 GJ左右。

## 纸浆和纸

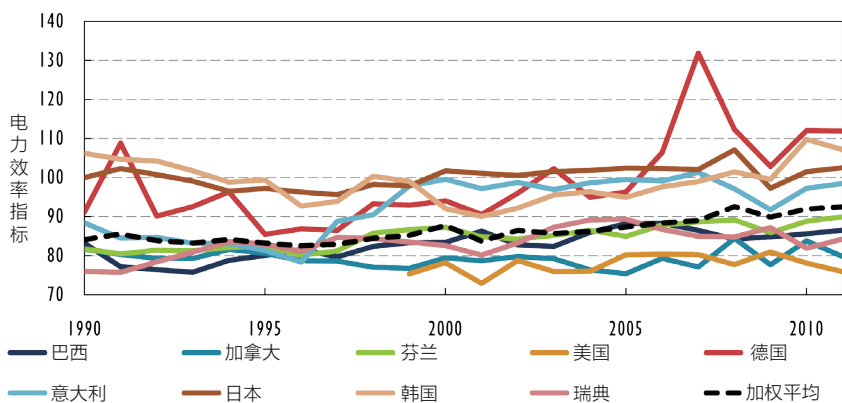
纸和纸浆工业的能源消费要在若干不同的纸浆生产和纸生产工艺之间进行分配。主要工艺有：

- 化学制浆
- 机械制浆
- 纸回收
- 纸生产。

理想情况下，应为该分行业的每一主要产品类别甚至是其他产品类别制定能源和CO<sub>2</sub>指标（例如，生产特种纸通常比生产纸板消耗更多能源）。IEA制定的用于纸浆和纸分行业的能源指标旨在用于纸浆和造纸工业能源强度的国家对比，并作为潜在改进的第一指示。缺乏具体产品层面的公开可获得的能源消费数据使得制定单个工艺指标是不可行的，因此，提议使用综合产品指标：

- 基于热力燃料消费的能效指数
- 基于电力消费的能效指数（图5.10）
- CO<sub>2</sub>排放指数。

图5.10 ● 电力效率潜力



计算能效指数的方法论如下：

- 最终能源消费使用IEA 能源统计
- 定义机械纸浆、化学纸浆、废纸纸浆、脱墨废纸纸浆和七种不同等级纸的最佳可获得技术价值
- 增加生产量和最佳可获得技术，计算实际最低能源消费
- 把实际最低能源消费和实际能源消费（终端能耗）分开。

这是整个纸浆和纸分行业的能效指数。能效提高潜力的计算是一百减去能效指数。

## 化工和石化

化工和石化行业非常多元化，该行业有数千家企业，生产着数万种产品，生产数量从数公斤到数千吨不等，有几种产品是通过同一工艺技术联合生产的。因为这一复杂性，没有可靠的单个工艺层面的能源消费数据。此外，该分行业的总燃料投入有超过半数作为生产原料的，所以是非能源消费。

尽管为所有化工和石化产品制定单独的指标是不现实的，但从理论上讲，为该分行业（不包括原料使用）构建综合能源指标还是可能的，并可为关键产品（比如氨、乙烯、丙烯和苯、甲苯、二甲苯）制定单独指标。此外，对于某些产品，可以考虑使用的不同生产工艺，这些也需要考虑。

然而，在现实中，数据问题是实质问题，要把用作原料的能源从通报的总体能源数据中分离出来并不总是能够实现，这使得分析原料质量对能源消费的影响变得艰难。比较不同国家和工艺技术的这些指标并非易事，而且可能误导，因为并非所有差异都可以归因于节能潜力。因此，采用了一种类似于纸和纸浆工业的思路，制

定了一个整体指标（包括原料），该指标可以对比实际能源消费和最佳可获得技术水平。把工艺与能源相关的CO<sub>2</sub>排放分隔开也有助于分析CO<sub>2</sub>减排的现实潜力。

苯、甲苯和二甲苯的产量通常可按蒸汽裂解（能耗更高）和石脑油萃取生产工艺分开。对于不同的原料，这一分配可以根据蒸汽裂解的乙烯生产量和最终的芳烃产率计算。同样地，丙烯产量可以按蒸汽裂解和流化床催化裂解生产工艺进行分配。

由于这一锁定的作为原料的能源和碳，化工和石化行业的能源指标会不同于其他分行业。理想情况下，应在单个工艺和产品层面制定指标，但是如纸浆和纸分行业一样，缺乏这一细节程度的能源数据使这种思路不可行。相反，对于能源（包括作为原料的能源消费）和CO<sub>2</sub>（包括能源相关的和工艺过程CO<sub>2</sub>排放），都基于42种最重要的产品制定了产品综合指标，占到化工和石化行业总能源消费的95%以上。这些指标是：

- 能源消费总量中不包括电力消费与最佳实践技术的对比
- 能源消费总量中包括电力消费与最佳实践技术的对比
- 总体和工艺过程CO<sub>2</sub>排放与最佳实践技术的对比。

考虑到化工和石化分行业的异质性，当前的效率指标不适合于国家之间的比较。然而，监测其随时间推移的发展演变给能效趋势提供了宝贵信息。

表5.4 ● 2009年全球化工和石化分行业采用最佳实践技术的能效提高潜力

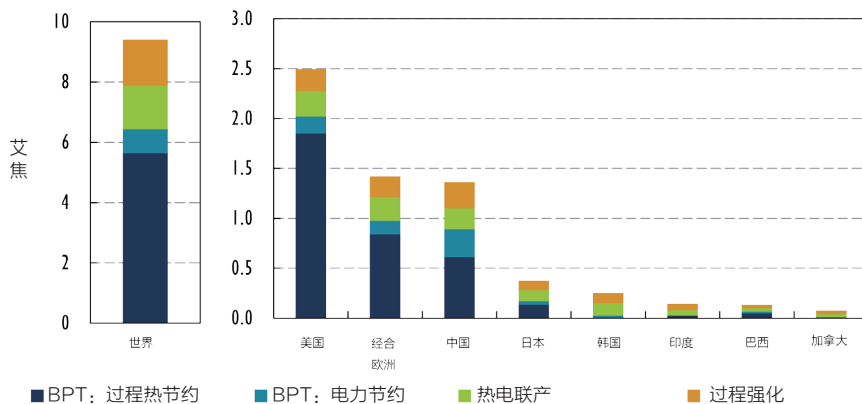
	不包括电力				包括电力			
	报告总量 (EJ)	计算的 BPT总量 (EJ)	能效指标	提高潜力	报告总量 (EJ)	计算的 BPT总量 (EJ)	能效指标	提高潜力
美国	5.5	4.1	0.73	26.9%	6.3	4.3	0.68	31.9%
日本	1.9	1.8	0.90	9.8%	2.1	1.8	0.84	15.8%
中国	4.9	4.4	0.89	11.1%	6.1	4.4	0.73	27.3%
德国	1.1	1.0	0.93	7.1%	1.2	1.0	0.85	14.7%
加拿大	0.7	0.6	0.85	14.6%	0.7	0.5	0.82	18.1%
荷兰	0.7	0.5	0.69	31.1%	0.8	0.5	0.66	34.0%
巴西	0.5	0.5	0.94	6.4%	0.6	0.5	0.83	17.1%
中国台北	0.9	0.8	0.91	8.9%	1.0	0.8	0.82	18.3%
意大利	0.3	0.3	0.77	22.7%	0.4	0.3	0.69	31.1%
世界	32.5	27.8	0.86	14.4%	36.1	28.7	0.79	20.5%

说明：这些数值是基于该行业直接通报的实际能源和原料消费数据，由于在能源通报边界上可能存在差异，所以不用于跨国对比。然而，这些指标可用于追踪一国在化工和石化分行业提高能效方面的进步。



上述综合强度指标中概述的节约是在核心化工工艺中实施最佳实践技术所能实现的唯一能源节约。在该分行业中有进一步的机会可以在中短期实现能源节约，包括工艺过程强化/整合、联产、循环利用和能量回收（图5.11）。

图5.11 ● 2010年基于最佳实践技术的化工和石化行业当前节能潜力



## 铝

铝生产可以分为原铝生产和回收铝。原铝生产的能源强度是回收铝的大约20倍，占能源消费的大部分。

原铝的生产分为三个不同步骤：

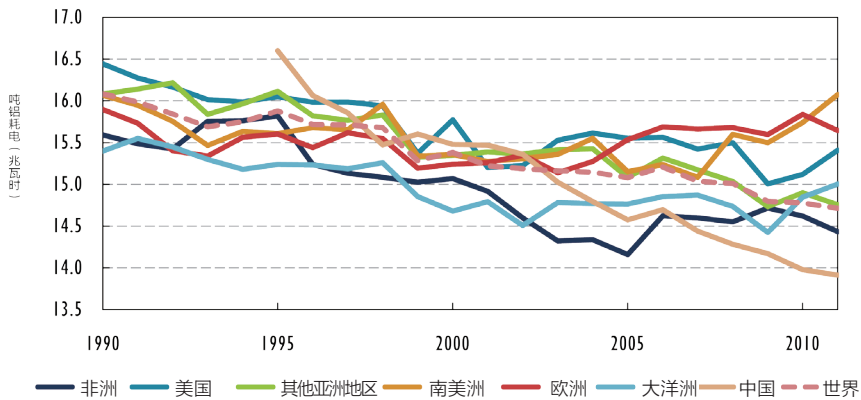
- 铝矾土（矿石）开采
- 氧化铝精炼
- 铝熔炼。

原则上，有可能为每一步构建能效和 CO<sub>2</sub> 指标。

氧化铝精炼厂消耗的大多数能源是蒸汽形式。氧化铝的煅烧（干燥）要求大量高温热。由于对蒸汽需求高，现代化的工厂会使用联产系统。

几乎所有氧化铝都是采用拜耳法生产的，此法结合了萃取（采用烧碱进行溶出）和煅烧工艺。一个拜耳法工厂的燃料消费会在10 GJ/t氧化铝和15 GJ/t氧化铝之间。通过更好的热综合利用、进一步采用联产和改进联产系统，这一能耗可以降低至9.5 GJ/t。

图5.12 ● 各区域单位铝熔炼耗电



说明：MWh=兆瓦时。

资料来源：IAI（国际铝业协会）（2013），原铝生产，IAI，伦敦。参见<http://www.world-aluminium.org/statistics/>了解地域覆盖范围的定义。

氧化铝工厂的最佳实践电耗是大约203 kWh/t氧化铝。溶出的能耗会在6.3 GJ/t 氧化铝到12.6 GJ/t 氧化铝之间变化，而煅烧窑的燃料消耗会在静态窑炉的3.4 GJ/t到回转窑的4.2 GJ/t 氧化铝之间（Worrell和De Beer，1991）。

电解是铝生产过程中高耗能的步骤。电解有两种主要类型的冶炼方式：预焙阳极的 Hall-Héroult 和自焙阳极的较落后的Söderberg电解槽。预焙电解槽吨铝电耗是13 000千瓦时（kWh）到16 500 kWh，而Söderberg自焙电解槽的吨铝电耗是大约15 000 kWh到18 000 kWh（EC，2001）。Hall-Héroult 电解工艺是一种成熟技术，但还是有可能改进其生产率和环境性能。由于电力强度高，单位电耗是铝熔炼最重要的能源指标。

2006年世界吨原铝生产平均电耗是15 206 kWh。在过去的25年当中，该平均值每年下降大约0.4%。就各地区的情况来看，2012年吨铝电耗的平均值从中国的13 844 kWh到南美的15 912 kWh。由于采用新生产设施和产能提高，中国是产能最高效的国家，现在产量占全球产量的40%以上，已经促使该行业全球能效提高速度加速，在2006年到2012年期间年均约为0.7%。

## 5 解释工业能源消费变化的附加指标

有几项附加指标能够有助于理解工业能源消费的趋势，并为该行业可能遵循的未来趋势提供启示。

表5.5 • 附加指标描述：工业部门

指标	所要求数据	目的	局限性
按能源种类划分的工业能源消费总量	<ul style="list-style-type: none"> <li>按能源类型划分的能源消费总量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>最终能源结构对最终能源消费总量效应的启示</li> <li>CO<sub>2</sub>排放趋势的启示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>观察到的能源趋势不一定是能效提高（或恶化）的结果</li> <li>众多因素中影响能源消费趋势的一个要素</li> <li>可归因于相对燃料价格的变化，产业结构和工艺的转变，和青睐使用更清洁燃料的环境立法的实施</li> </ul>
分能源品种、分行业的能源消费	<ul style="list-style-type: none"> <li>分行业和分能源类型的能源消费</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>解释能源结构在每个工业分行业能源消费趋势中发挥的作用</li> <li>为CO<sub>2</sub>排放趋势提供启示</li> <li>在一个非常细化的层面制定时，不受工业结构影响</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>观察到的能源趋势不一定是能效提高（或恶化）的结果</li> <li>受相对燃料价格变化、工业工艺转变和环境立法的实施的影响</li> <li>如果在综合层面制定，会受工业结构影响</li> </ul>
工业增加值组成（按固定汇率计算）	<ul style="list-style-type: none"> <li>各工业分行业增加值，按固定汇率计算</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供关于每个分行业相对重要性的信息</li> <li>提供该工业分行业的结构对能源消费影响的启示</li> <li>帮助解释能源消费趋势的定性信息</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>增加值受到一系列价格效应的影响，与物质生产水平变化无关</li> <li>工业增加值的组成可能掩盖一个工业分行业一些重要的结构变化</li> <li>未能提供受量化结构变化影响的增加值和能源消费之间的关联</li> </ul>

## 6 工业能源需求变化分解

尽管支持政策制定和进行国家之间对比的最佳指标是金字塔中的三级指标，但在第二层级对行业进行分解可以为总体能源消费趋势和发展演变受结构变化影响的程度提供重要启示。如果具有关于能源和增加值更详细的信息，就有可能完善分解分析。

表5.6 • 用于工业能源消费分解的变量汇总

工业		活动 (A)	结构 (S)	强度 (I)
ISIC 10-12	食品产品，饮料，烟草产品	增加值	增加值份额	能源消费/增加值
ISIC 17	纸和纸制品	“	“	“
ISIC 20-21	化学品及化学制品	“	“	“
ISIC 23	非金属矿物产品	“	“	“
ISIC 24	基本金属	“	“	“

工业		活动 (A)	结构 (S)	强度 (I)
ISIC 25-28	金属制品、机械和设备	“	“	“
ISIC 10到32, 不包括 ISIC 19和上述描述的	其他工业	“	“	“

对于具有统一数据的20个IEA国家（IEA20），能源消费与产出（以增加值度量）一直脱钩很厉害。在1990年到2010年期间，尽管产出增加了39%，但这20个IEA国家工业部门的最终能源消费只增加了5%。此外，分析显示，能效提高（以结构调整强度的变化度量）是限制多数国家能源消费增长的主要因素（图5.13）。没有这些改进带来的能源节约，这20个IEA国家的能源消费就会比2010年高出21%。这代表着2010年能源节约达到7.3 EJ，这相当于在这一年避免了5.2亿吨CO<sub>2</sub>排放。<sup>6</sup>

### 文本框5.5 • 考虑产能利用率和不同活动基础的分解分析

最近的经济危机已经对工业部门能源强度产生了重大影响。为了应对在世界多数地方对工业生产需求下降的情况，较老的和/或效率较低的设施被关闭。其结果是总体工业能效得到改进。在其他情况下，生产设施不一定会关停，但是生产水平降低了，因此降低了产能利用率。这一产能利用降低一般会导致能源强度增加，因为一些工艺对于不同的生产水平会需要同样量的能源，或很难关停再重启。

加拿大计算了产能利用率变化对于工业的影响。在最近的2008年到2009年经济危机期间能源强度（能源消费/GDP）增加了6.8%，而产能利用率则从77.8%降低到72.1%。分解分析表明，产能利用率下降对能源强度产生了剧烈影响，把从1990到2009年的增加降低到5.5%。在2011年，产能利用率恢复到79%，强度增加也恢复到衰退前的12%的水平。此结果突显了在分解工业能源消费变化时，需要考虑产能利用率的变化。

6. 本手册中包含的分解分析结果是使用基于简单拉氏指数分解方法体系的分解分析方法进行计算的。参见附录A了解关于分解分析方法体系的进一步讨论。

图5.13 • 1990到2010工业能源强度变化分解



少数几个国家显示了与总体趋势不同的结果。例如，在芬兰、挪威和瑞典，结构变化是限制能源消费增长的主要因素。就芬兰和瑞典的情况而言，这一效应被结构调整强度的急剧下滑放大。相比之下，挪威的结构调整强度增加了，但是因为工业朝着能源强度较低的结构发展，综合能源强度有所下降。丹麦和西班牙结构调整强度也出现增加。就丹麦而言，这主要是由于食品和饮料及非金属矿物分行业能源强度增加，而在西班牙，化学品分行业的能源强度增加是一个重要因素。

## 7 工业部门政策信息和评估

提升工业能效有许多方案可供使用，包括设备维护和翻新，改装或替代过时技术，通过再造工程和流程精简改善过程一体化，再利用和回收利用产品和材料，或改善工艺控制，通过最小化产品废品率和/或最大化材料产率来增加过程生产率。能源成本作为工业总体成本的一部分占比高，经常鼓励该行业落实这些能效可选方案当中的许多方案，将其作为常规业务做法的一部分。

然而，在多数情况下，对能效方案的落实有可能低于技术可行的水平，而且通常甚至会低于经济可行水平，这主要是由于几方面的问题，包括：

- 未能认识到能效效益的积极影响
- 投资回报率门槛低，融资有限
- 公众对非常规制造工艺接受度低
- 各方面的市场失效，比如投资和收益配给不当，获取信息有限，扭曲的财政和监管政策，能源补贴及其他。

因此，政府已经出台了多种不同的政策应对措施，以试图解决这些问题。这些政策包括工艺设备效率标准，能源管理要求，能源消费削减目标，在新增产能中采用最佳可获得技术，财务激励，财政激励，能源税和碳税，能力建设，培训。

## 补充信息的重要性 .....

三级之后的指标是规划信息的核心，为补充信息提供了必要的框架背景。然而，这些几乎总需要技术、资源可用性和生产信息的补充。一般任何指标的政策信息告知能力都会随着其接近生产背后的基本驱动力而改进。验证所用指标，确保准确反映影响针对性政策成果的因素是有用的。

尽管能效指标为制定和追踪政策提供了强有力的基础，但还是需要补充信息进行详细政策评估（表5.7）。

表5.7 • 工业政策信息补充信息

政策和典型的四级指标	补充信息需求	补充性指标
<b>工艺设备最低能效标准 (MEPS)</b> • 能量输入/能量输出	• 设备存量和销售数据 • 政策的成本效益	• 设备数量和类型，用途和衍生的能源需求 • 设备年龄
<b>能源管理和对标</b> • 能源节约 • 能源强度	• 工业背景的评估 • 确定的计划范围，不管是针对大企业或还是中小企业	• 管理前后能效性能 • 投资价值和回报期 • 管理前能效性能
<b>回收</b> • 回收纸率 • 消费后塑料回收 • 回收物料可获得性（铝和钢铁）	• 生产消费水平 • 回收率 • 可行的回收利用率技术评估	• 材料需求趋势 • 材料质量

分析师还应考虑，根据燃料和原材料的可获得性和质量，工业生产过程可能会存在变化。例如，在印度，当地的煤炭不适合于制造焦炭，但是它可用于DRI生产，因此，该国由于低质量资源和缺乏可获得的废钢，低效的DRI工艺路线份额较高。在化工分行业，原料的选择和可获得性也将决定能耗降低的潜力水平。正常情况下，基于天然气的工艺技术所需的过程能源少于基于其他原料技术的需求，比如石油和煤炭。

# 制定交通运输行业能效指标

交通运输行业包括采用公路、铁路、水路和航空等运输模式运送人和货物。接着会把每一种模式的数据会按照燃料进行分解。本分析不包括管道运输、国际航空和海洋运输。

交通运输行业能源消费受各种各样的因素驱动——对于客运和货运部分驱动因素是不同的。因此，客运和货运能源消费和能效趋势会分开计算，并会在不同章节介绍。

## 问与答

**问题1：为何管道、国际油舱、海运和航空的能源消费要从交通运输行业中排除？**

这些类别的能源消费经常跨越许多领土界限。把跨境交通运输行业能源消费分配到一个单一国家/地区是非常具有挑战性的，所以把它们从交通运输能效指标分析中除去。

**问题2：什么是燃料旅游？**

全国能源平衡表统计单个国家的燃料销售。在与邻国价格差距较大的国家，可能会存在燃料旅游或跨境贸易。这会导致某个具体国家的销售不会真实反映在该国的交通运输活动中。如果没有任何调整，任何基于这些数字的指标都没有意义。这对客运和货运都是问题。

**问题3：为何需要区分客运和货运？**

客运和货运具有非常不同的动机、组织和发展动因，因此，为了理解每一部分消费背后的主要驱动因素，应对两者分开考察。

**问题4：没有旅客或货物运输的野外作业能源消费该如何统计？**

野外作业的能源消费会统计在其他行业中（即，居民生活/服务业/工业）。野外用车的主要目的不是运送货物或人员，而是使用机械用于其他作业（例如，牵引车，推土机）。

### 问题5：交通运输相关的基础设施，比如火车站或机场，是否包括在这一行业？

不，交通运输相关的基础设施的能源消费包括在服务业中。这种能源消费最好是作为建筑物能源消费而不是交通运输行业能源消费。

国家和地区之间不同运输模式能源消费趋势差异很大。平均而言，非经合组织成员国的增长（100%）要大于经合组织国家（26%）。非经合组织国家的大幅增加部分是由于几个大国的经济快速增长，这带来了个人可支配收入增加，汽车保有量增加和货物运输需求增加。在所分析的国家 and 地区当中，由于20世纪90年代中早期的重大经济结构调整，1990年到2011年期间非经合组织欧洲和欧亚是仅有的交通运输行业能源消费下降的地区。

### 文本框6.1 • 交通运输行业的能效：系统效率与车辆效率

定义交通运输行业的能效并非轻而易举的事情。许多措施可以减少能源消费和二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放。对于指标，能效分析旨在测量具体车辆或运输模式的效率。就其本质而论，综合指标，比如单位人公里（能源消费/pkm）或吨公里（能源消费/tkm）的能源消费定义为“强度指标”。

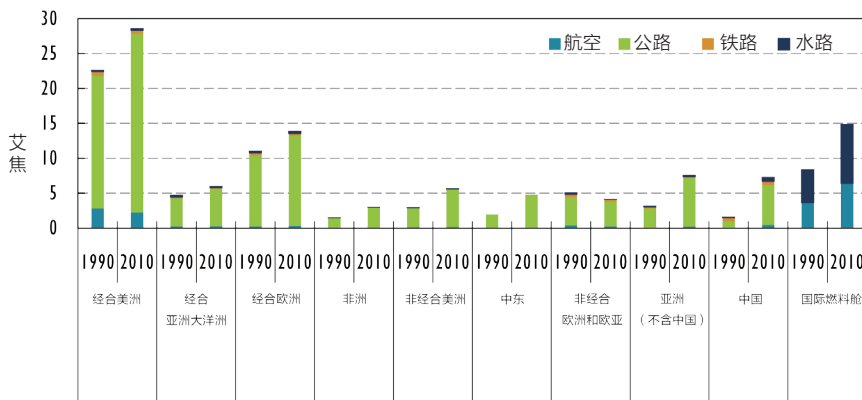
然而，在评价整体交通运输系统时，运输模式转换也可以解读为效率。即便是每辆车的具体能效没有改进，依然有可能通过采用相对更高效的运输模式（例如，使用公共交通而不是开私家车）更高效地使用交通运输系统。

选择哪些指标最有用取决于要回答的政策问题。例如，跟踪燃油经济性政策的影响将会要求在车辆类型层面制定能效指标，但是跟踪鼓励公共交通政策的影响将会要求制定强度指标。

在1990年到2011年期间，交通运输行业能源消费增加了几乎55%，达到102 EJ（不包括国际运输用燃料），曾是增长最快的终端能源消费行业。在2001年，全球最终能源消费总量的27%是交通运输行业能源消费。与能源消费增加情况一致，相关的CO<sub>2</sub>排放也显著增加，达到6.8吉吨二氧化碳（GtCO<sub>2</sub>）。公路运输是迄今最大的能源消费者，占2010年交通运输行业能源消费总量的90%，也是交通运输行业能源消费增加的主要贡献者。尽管非公路模式在1990年到2010年期间只增加了5%，公路运输能源消费却猛增了55%。



图6.1 • 各种交通运输模式能源消费



说明：所有国际航海和航空都包括在最后的条柱中，被视为一个单独的区域。结果，只有国内航海运输和船运会在每个地区或国家考虑。对于本分析的其他部分，不包括国际运输用燃料。

## A) 制定客运部门指标

客运包括通过公路、铁路、水路和航空运送人。公路运输进一步细分为两轮车和三轮车、乘用车和公共汽车。只包括国内航空旅行，不涵盖国际航空旅行。

### 1 客运部门能源消费的主导因素是什么？

客运能源消费趋势受人口和人口密度、土地使用扩张、交通基础设施、出行模式、收入、车辆拥有率、车辆乘坐率、消费者偏好和平均燃油经济性变化的影响。

更常见的情况是，为了制定客运能效指标，解释能源消费趋势要考虑的主要活动变量是人公里和车公里。

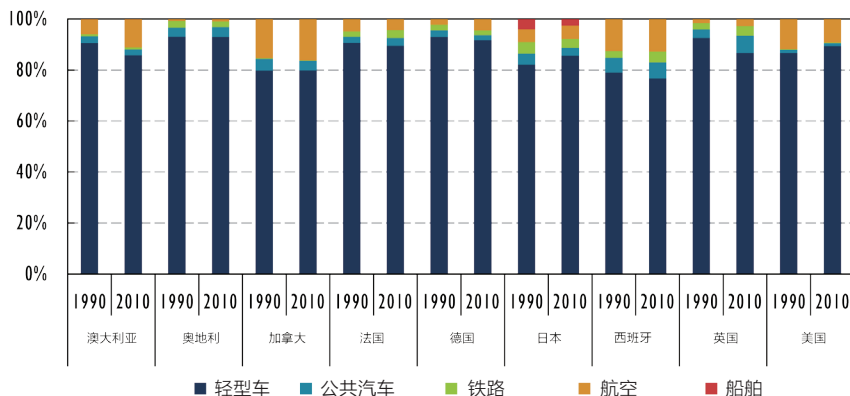
### 2 能源是如何消费的？最近是否有变化？

只有15个国际能源署（IEA）成员国<sup>1</sup>具有制定客运部门能效指标所需的分解数据。因此，此处介绍的该部门例子将会覆盖这些国家。

1. 只有澳大利亚、奥地利、加拿大、丹麦、芬兰、法国、德国、意大利、日本、荷兰、新西兰、西班牙、瑞典、英国和美国的客运数据。

自1990年以来，不同客运模式在最终能源消费中所占的份额一直保持比较稳定的状态。轻型车（LDV——配有八个或以下座位供私人使用的四轮车辆（包括轿车、微型客车、运动型多用途车（SUV）和私人用皮卡车）在迄今为止所分析的所有国家中所占能源消费份额最大，平均占客运能源消费总量的88%。国内航空旅行占客运能源消费的大约8%，剩余份额则由公共汽车、铁路客运和船舶客运包揽。由于轻型车、公共汽车和飞机几乎全部依赖石油燃料，所以能源消费和排放之间有很强的关联。

图6.2 ● 各国不同模式客运能源消费情况



客运极度依赖石油产品，这占到最终能源消费的93%。客运燃料结构近年经历了一些重要变化。最显著的变化是，在欧洲轿车增加了柴油的使用。因此，IEA十五国中柴油在客运能源消费中的份额已经从1990年的8%增加到2010年的15%。在一些客运模式中，很明显有从石油产品转向其他燃料的趋向。

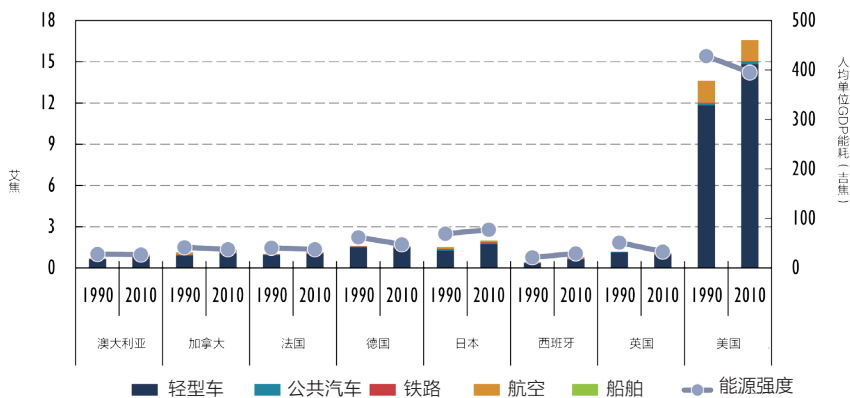
由于燃料结构逐年没有重大变化，所以，交通运输行业的二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放趋势紧密跟随能源消费趋势。该指标的目的和局限也适用于CO<sub>2</sub>指标。

考察人均单位GDP客运能耗揭示了国家之间的有趣差别，既包括消费水平的差别，也包括消费趋势的差别。有几个国家的人均单位GDP能耗在此时期保持比较稳定的水平，或甚至出现下降。相比之下，西班牙人均单位GDP能耗剧烈增加，主要是由于轿车使用强劲增长。美国的人均单位GDP能耗在IEA十五国中是最高的，这反映了其行驶距离较长和车辆较大、较重的综合影响。客运业的CO<sub>2</sub>排放显示了类似的趋势。

为了更好地理解能源消费和排放趋势，有必要考察其与基本驱动因素之间的联系。在1990年到2010年期间，以人公里度量的旅客出行活动在IEA十五国中稳步增加。西班牙和新西兰旅行能源消费增长最强劲。在IEA十五国中，轻型车明显主

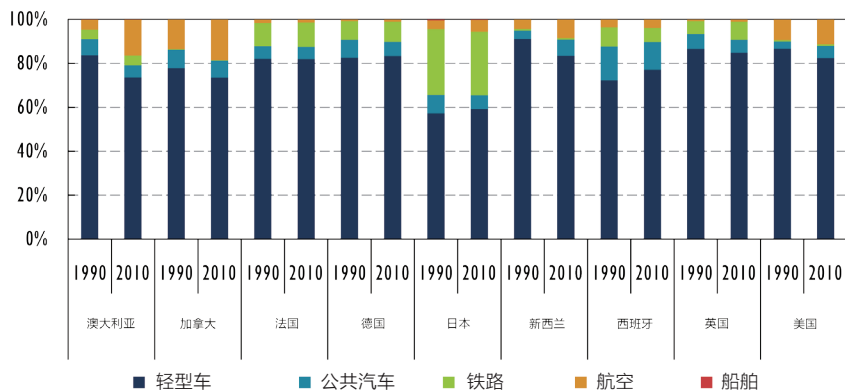
导着总体交通方式分配。平均而言，它们在1990年占总人公里的82%，在2010年占78%。然而，轿车出行所占份额在各国情况不同，反映了人口和地理特点的多样性，以及不同的城市和城际交通运输供应水平。

图6.3 • 客运能源消费和人均单位GDP能耗



如图6.4所示，旅客出行模式结构自1990年以来变化甚微。航空旅行比任何其他模式增加都更快，但是轻型车在客运总体交通方式分配中仍然占据主导地位。特别是，旅行速度是人们选择旅行多少和多远的一个重要因素。

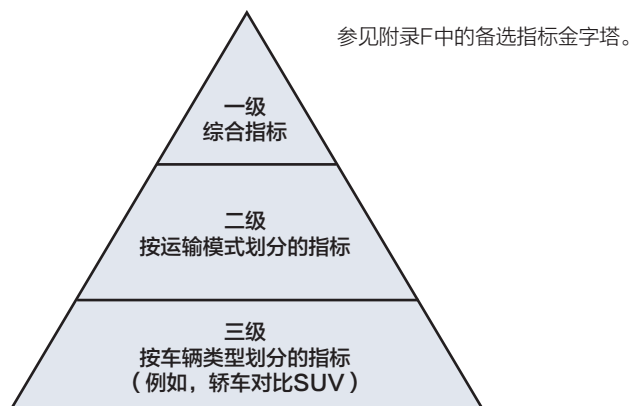
图6.4 • 不同交通模式占人公里总数的比例



### 3 如何对客运指标的制定进行优先排序

交通运输行业面临的一个难题是，在能源平衡表中只有整个交通运输行业的能源消费数据，没有在客运和货运之间进行细分。因此，必要的第一步是制定有意义的指标，把交通运输能源消费总量分解到客运和货运中。IEA试图进行交叉检查，结合自上而下的（通过能源消费调查问卷）和自下而上的（来自车辆存量、里程数和燃油经济性）方法，以确保交通运输数据是连贯的。迄今为止，已经完成了44个国家的平衡表。

图6.5 ● 客运详细指标金字塔



一旦第一级分解完成，关于要制定哪些指标和在哪个层级制定的决定就会很大程度上依赖于可获得的信息、行业结构和要回答的问题。对于多数国家，考虑到公路运输在总客运中份额高，为公路部门开发更为详细的信息将最有可能成为优先事项。公路部分的分解层级还依赖于该国国情/具体情况。在多数亚洲国家当中，两轮车和三轮车是非常普遍的交通运输模式，而在多数北欧国家它们所占市场份额很小。

### 4 按金字塔级别制定指标

表6.1总结了客运部门中描述的所有指标，并对这些指标的用途进行了简单综述。该表与《能效指标：统计学基础》中关于指标的讨论互相匹配（IEA，2014）。

表6.1 ● 指标汇总：客运部门

指标	覆盖范围	能源数据	活动数据	代码	建议指标
人均单位GDP客运能耗	范围	客运能源消费总量	GDP；总人口	P2a	
单位车公里客运能耗	总体	客运能源消费总量	客运单车公里总数	P2b	
	按模式/客运车辆类型	模式/车辆类型A客运能源消费	客运模式/车辆类型A的单车公里数	P3a	
单位人公里客运能耗	总体	客运能源消费总量	人公里总数	P2c	
	按模式/客运车辆类型	模式/车辆类型A客运能源消费	客运模式/车辆类型A的人公里数	P3b	☺

## 一级指标

### 客运总能源强度

**定义：**人公里或人均单位GDP的客运总能耗。首选指标是单位人公里能耗。

能源强度（能源消费/人公里）趋势既受每种模式的能源强度影响，也受该模式在一个特定国家所占份额的影响。对于多数国家，单位人公里能耗在下降。运输模式能效提高抵消了轿车和航空旅行份额增加的影响，此类出行能源强度更大。日本、丹麦、荷兰、西班牙和美国是例外，在这些国家单位人公里能耗已经增加。对于日本，这可以归因于铁路份额下降（由于人们转乘轿车所致）和轿车能源强度增加，因为人们从较小的车辆转换成较大的车辆（至少直到近年），抵消了能效提高。

图6.6 ● 主要国家一级指标：以人公里计算的客运能源消费

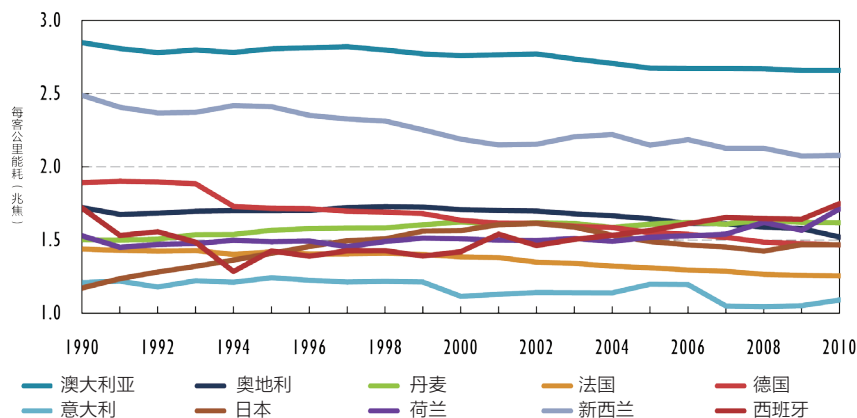


表6.2 ● 一级指标描述

指标	所要求数据	目的	局限
单位人公里 客运能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 客运能源消费总量</li> <li>• 总人公里数</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 为综合能源强度趋势提供总体概述</li> <li>• 考虑在旅行的旅客数量——“使用效率”（例如，使用一辆车运送三个人比使用三辆车更高效）</li> <li>• 为模式转换的影响提供概要信息</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不衡量能效发展情况</li> <li>• 每种运输模式的相对重要性嵌入到了该指标中，很难分解</li> <li>• 受许多与能效无关的因素影响，比如公共交通网络、轻型车保有量、人口密度和出行模式</li> </ul>
人均单位 GDP客运 能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 客运能源消费总量</li> <li>• GDP和总人口</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 为一国财富变化对客运能源消费的效应提供启示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不衡量能效发展情况</li> <li>• 每种运输模式的相对重要性嵌入到了该指标中，很难分解</li> <li>• 受许多与能效无关的因素影响，比如公共交通网络、密度和出行模式</li> </ul>

**一级指标用途：**为客运总体强度趋势提供了一种一般指示。当使用不同模式旅客出行的份额时，或许可以获得更多驱动该变化的因素的启示。

**对政策制定的意义：**考虑到影响这些指标的因素众多，关于在哪些地方可以提高能效和在哪些地方需要更多关注，目前还无法得出结论。

**跨国对比：**基于这一指标对比各国情况可能具有误导性，因为该指标不只受不同运输模式强度的影响，还受保有量水平和青睐的运输模式及其他因素影响。

**数据可获得性和数据来源：**即便是在这一非常综合的层面，可获得的信息也很少。《能效指标：统计学基础》中提供了收集这一信息的不同方法的详情（IEA，2014）。

## 二级指标

### 按运输方式划分的客运能源强度

**定义：**每种运输模式（公路、铁路、水运和空运）的单位人公里能耗。

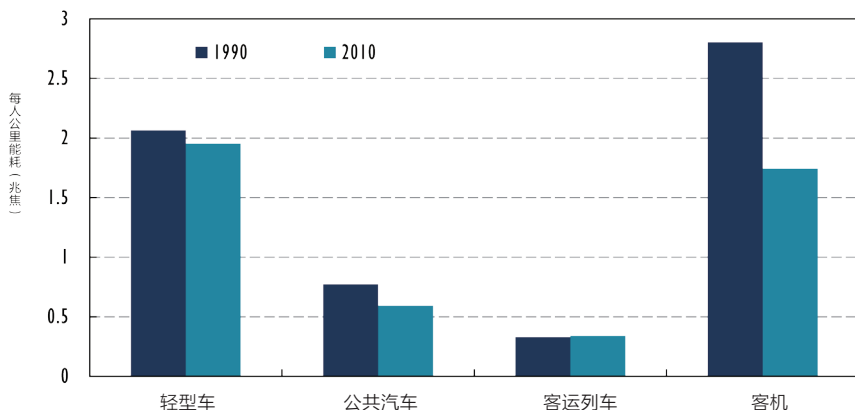
在1990年到2010年期间，多数客运模式的最终能源强度（按每人公里能耗度量）都出现小幅下降或变化。航空旅行强度降幅最大，达到38%（图6.7），这归因于几项因素的综合影响。

得益于计算流体动力学、先进材料和发动机设计软件工具开发方面的巨大进步，航空发动机的能效一直在改进。增加对轻质材料（例如，复合材料）的使用降低了对升力的要求。平均负荷系数的增加有效降低了能源强度：在长途运输中，填补一个空座多运一位旅客和运送更多人相比，几乎没有能源消费变化。低成本航空的出现已经大大改变了国内航班的负荷系数。

尽管其他客运模式的能源强度还未下降，除了铁路有13%的下降，但还是有很大的技术潜力。IEA十五国的平均公路能源强度增加了3%。有几项因素影响了这一发展：新型客运轻型车的效率改善趋势被更大份额的更大、更重的车辆所抵消；由于在测试周期中使用优化的车辆，导致测试的燃油经济性和现实生活中的燃油经济性差距扩大（IEA，2012c）；拥堵增加和渴望烧油的驾驶习惯和客运负荷系数的演进（尽管并没有多少IEA十五国的负荷系数演变证据，但负荷系数越低，单位人公里能源强度就越高）。然而，由于公路运输涉及许多不同类型的车辆，需要更详细的数据来对这一交通运输细分部分的变化进行更深入的分析。

**对政策制定的意义：**铁路、空运和船舶的能源强度对于能效政策的制定是相关的。然而，必须小心处理公路指标，因为此种模式由若干不同类型的车辆组成，而这些车辆占了能源消费的绝大多数，其相对份额可能会对公路运输总体强度产生重要影响。

图6.7 • IEA十五国二级指标例子：按交通运输车辆类型划分的单位人公里能耗



**跨国对比：**同样地，铁路、水运和空运能源强度适合于跨国对比，但是需要更多细节对公路运输进行适当对比。随着非公路模式的份额在增加，也可能需要更多细节对每种模式自身的具体情况进行更好的特征定性。

**数据可获得性和数据来源：**能源消费和相关活动数据不能广泛获取，需要进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中详细介绍了如何收集此类信息（IEA，2014）。

表6.3 ● 二级指标描述：客运部门

指标	所要求数据	目的	局限性
各种运输模式的单位人公里能耗	• 运输模式的人公里	• 对于铁路、水运和空运，强度是一个帮助制定交通运输能源政策的有用指标	• 对于公路运输，可能会掩盖重要的结构变化（例如，由于安全特性增强或带有空调的公共汽车的增加，公共汽车的效率正在恶化）

### 三级指标：公路 .....

#### 不同公路用车类型的客运能源强度

**定义：**对于每一种公路用车类型，能源强度显示单位人公里能耗或公路用车中各种车辆类型的能源消费份额。

二级指标是制定和跟踪铁路、水运和空运模式政策的良好基础。就其本质而论，三级部分只关注公路运输——即便是有可能为其他模式制定三级指标（例如，按飞机类型划分的航空旅行强度，把铁路分为城区铁路、城际铁路和高速铁路）。

客运的公路运输部分可按许多不同的方式进行分解。例如：

- 按车辆类型分解（轻型车、公共汽车、摩托车和三轮车）
- 按车辆提供的服务分解（例如，私人用途、商业用途[出租车]、公共服务[救护车]）
- 结合类型和类别。

通常来说，国家按车辆类型制定公路运输详细分解指标。分解细化程度依赖于每个国家公路运输的结构、不同分解的数据可获得性、用于开发数据和指标的可用资源。至少，应该区分轻型车和公共汽车。一些国家可能希望/要求进一步分解，例如，对发展中国家的两轮车和三轮车进行分解和对北美的轿车和轻型货车（比如SUV）进行分解（图6.8）。不同的公路用车消费模式的发展演变将会对能源消费总量和能源强度产生重要影响。

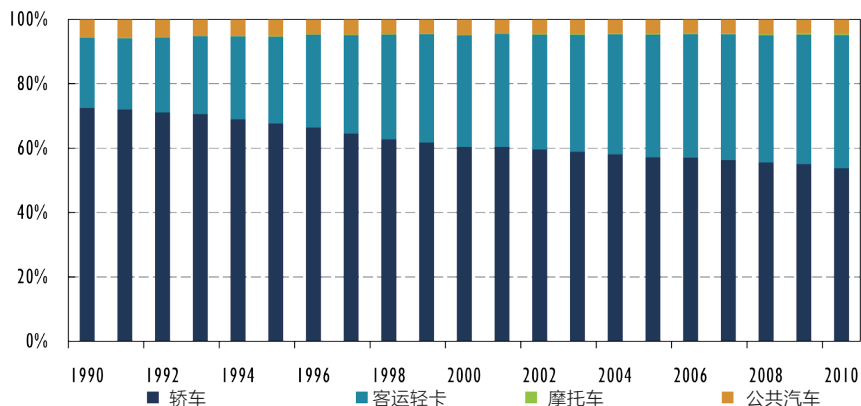
**对政策制定的意义：**根据分解细化程度和车辆存量的结构组成，单位人公里能耗对于跟踪公路客运效率是相关的。

**跨国对比：**国家之间的不同强度既表明公路运输能效水平不同，也揭示了驾驶条件的变化的特征。

**数据可获得性和数据来源：**能源消费和相关人公里数据并非普遍可获得，要求进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中详细介绍了如何收集此类信息（IEA，2014）。



图6.8 • 加拿大不同公路用车的能源消费例子



**相关指标：**单位人公里能耗为客运能效提供了一种有意义的度量方法，而燃油经济性（单位行驶距离能耗）则提供了车辆能效度量方法。这两个能效指标之间的区别是，人公里能耗考虑了一辆车中出行的人数，而燃油经济性只与车辆有关，没有考虑出行的人数。尽管人公里能耗有助于评估推广拼车计划是否成功，但车辆燃油经济性与评估改进车辆能效的政策更为相关。

表6.4 • 三级指标描述：公路

指标	所要求数据	目的	局限
各种公路运输车辆单位人公里能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>各种公路运输车辆的客运能源消费</li> <li>各种公路运输车辆的人公里</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>如果描述的足够详细，公路用车能源强度是一个有意义的总结性指标</li> <li>强度可用于帮助制定交通运输能源政策</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>该指标依然受与能效无关的因素影响，比如车队中轻型车车辆重量的变化和车辆特征</li> <li>如果分解细化程度有限，可能会掩盖重要的结构变化</li> </ul>
单位车公里能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>按轻型车类型划分的车辆存量</li> <li>轻型车车公里</li> <li>轻型车能源消费</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>为车辆存量的平均燃油经济性提供启示。与能源消费/人公里相反，它不受车辆乘坐率的影响</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>如果分解细化程度有限，可能会掩盖嵌入的结构变化</li> </ul>

## 5 解释客运能源消费变化的附加指标

正如前面所指出的，有众多因素影响客运部门的能源消费。尽管下述指标不被视为能源消费或能效指标，但可以提供重要信息，以更好评估能源消费的宏观经济驱动因素。

表6.5 ● 附加指标描述：客运业

指标	所要求数据	目的	局限
旅客出行活动	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 总人公里数</li> <li>• 人口</li> <li>• GDP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 聊解消费者的交通运输趋势</li> <li>• 为了解出行的潜在演变提供基准</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 只是活动主导的。未提供能效测量指标</li> <li>• 未考虑交通运输的精选模式、出行目的或可用的不同出行可选方案</li> </ul>
各种模式人公里份额	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 各类车辆的人公里</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 为交通模式份额的变化提供评价</li> <li>• 提供关于该部门活动趋势的有用定性信息</li> <li>• 为活动变化如何影响能源消费变化提供定性信息</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 只是活动主导的。未提供能效测量指标</li> <li>• 出行模式受许多多元化因素的影响，比如收入、司机的年龄状况、家庭规模、灵活的工作和休闲活动、地理特点和地方交通运输政策</li> </ul>
轿车保有量	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 轿车存量</li> <li>• 人口</li> <li>• 人均GDP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有助于理解平均出行距离的趋势</li> <li>• 为获得轿车出行的未来趋势提供良好基础</li> <li>• 帮助解释轿车出行增加的情况</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 未考虑拥有的轿车类型</li> </ul>
每辆车每年行驶公里数	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 车辆平均行驶距离</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 为出行模式的变化提供评价</li> <li>• 提供关于该部门活动趋势的有用定性信息</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 只是活动主导的。未提供能效测量指标</li> <li>• 每辆车行驶的公里数受多种因素影响，比如每个家庭拥有的车辆数、收入、灵活的工作和休闲活动、地理特点和地方交通运输政策</li> </ul>
轻型车燃油经济性	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 按轻型车类型划分的车辆存量</li> <li>• 轻型车车公里数</li> <li>• 轻型车能源消费</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 车辆存量的效率提供评价</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 如果分解细化程度有限，可能会掩盖内在的结构变化</li> </ul>

## 6 客运能源需求变化分解

尽管所展示的详细指标为解释客运业能源消费变化提供了一些必要工具，但它们不能“照原样”用于提供该行业能效提高产生的影响的信息。例如，尽管燃油经济性提升了，但如果有更多的车出售或如果消费者开车更多和/或在艰难的驾驶条件下驾驶，轿车的能源消费总量就有可能增加。同样地，即便是每种运输模式都会提高其能效，模式偏好的变化（公路（轻型车）出行增加和火车出行减少）也可能会增加能源消费。

在总体客运层面，活动组分反映了总体人公里的增长，结构反映了各种模式人公里份额的相对变化。强度效应应包括所有模式中的强度变化。

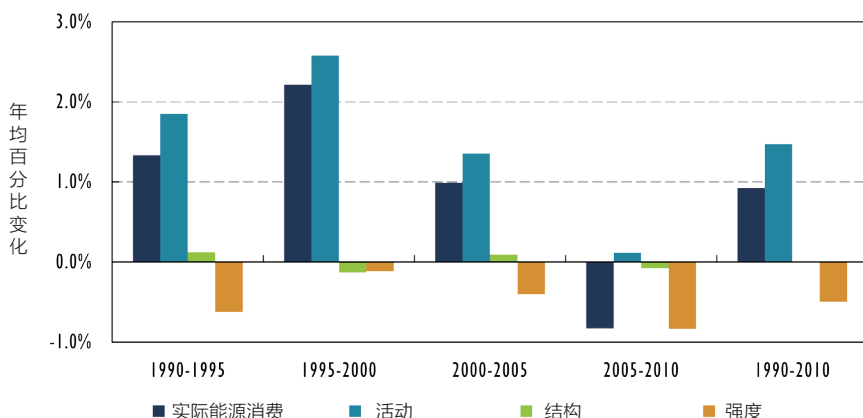
所有交通模式的能源消费在1990年到2010年期间都大幅增加。毫不意外，活动增加（即，更多人公里）是推高能源消费的最重要因素。结构变化——尤其是轿车和航空运输份额的增加——在这个时期只产生了有限的影响。能源消费的上行压力被能源强度少量的降低所抵消，能源强度平均每年降低0.1%。

表6.6 • 交通运输行业能源消费分解的变量汇总

客运	活动 (A)	结构 (S)	强度 (I)
公路 (轻型车)	人公里	人公里份额	能源消费/人公里
公路 (公共汽车)	“	“	“
铁路	“	“	“
国内航空	“	“	“

说明：由于缺乏数据，水路客运不包括在IEA分解分析中。

图6.9 • 影响客运能源消费的因素



由于许多IEA国家燃料价格降低和全球经济走强，旅客出行增长在1995年到2000年之间是最强劲的。能源强度减小幅度在1990年到1995年期间和2000年到2005年期间似乎比其他时期更大，但石油价格上涨和引入更高效的车辆（尤其是轿车）加速了后来时期的能源强度减小。尽管近期的经济低迷对能源消费产生了显著影响（图6.9中的2005-10），但还是需要更为详细的平均负荷系数和所用车辆类型/大小信息解释能源强度增加背后的关键因素。应该注意，能源强度效应是车辆效率、运行条件和负荷系数之间复杂互动的结果。因此，这种组合效应经常难以预测。

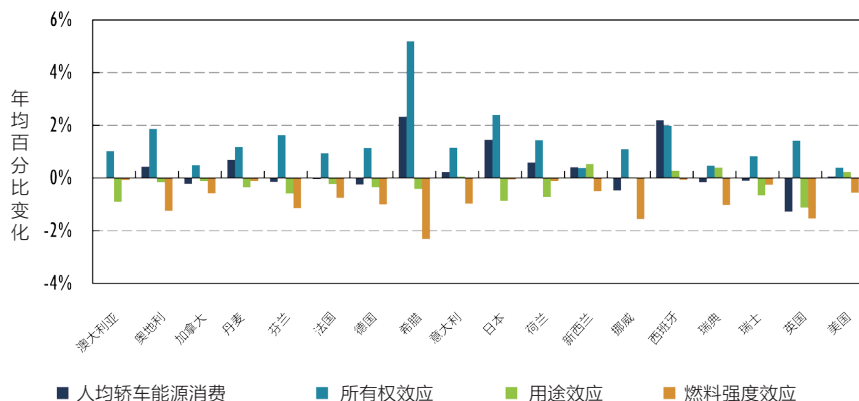
当具有所要求的信息时，可以按车辆类型进行更详细的分解。例如，轻型车人均能耗的变化可以分解，为保有量效应、用途效应和燃料强度效应（能源强度的代理指标）的影响提供解释。

有几项因素影响了IEA国家的轿车能源消费。所有国家的轿车保有量都有增加。尽管西班牙和日本是从1990年比较低的保有量水平开始上涨的，但增长最为强劲。对于多数国家，轿车保有量的增长会让人均轿车能耗每年增加大约1.0%。各国轿车使用量（即，每辆轿车的行驶距离）对人均能耗的影响差异更大。在多数国

家，每辆轿车的行驶距离出现下降，家庭开始拥有一辆以上轿车的趋势可以解释这种情况，其意思是不同轿车分担了旅程。因此，每辆车的行程趋向下降。

综合考虑轿车保有量和使用量可以给出人均行驶总距离。对于多数国家，轿车燃料强度的减少不足以抵消轿车保有量和使用量的增加。因此，许多IEA国家的轿车人均能耗都有增加。此种情况的显著例外是英国。在英国，能源强度大幅降低的效应被轿车使用量下降所放大，这不只是抵消了轿车保有量的增加。<sup>2</sup>

图6.10 • 1990年到2010年人均轿车能耗变化分解



## 文本框6.2 • 发现运输问题和用户需求

识别当前的交通运输问题和预期的未来需求可以帮助组织政策对策，改善交通运输系统效率。需要考虑的问题包括：

### 机动性

是否对个人、家庭、企业和公共服务的机动性需求进行了监测和理解？  
预测的人口机动性需求是多少？

是否存在机动性服务妥协让步的部门领域或人口群体？

社会经济状况、对机动性服务使用权与就业和出行距离、时间或模式之间有什么关系？

2. 本手册中包含的分解分析结果是使用基于简单拉氏指数分解方法体系的分解分析方法进行计算的。参见附录A了解关于分解分析方法体系的进一步讨论。

城市中各交通模式的份额是多少？低能耗模式是否得到利用？如果没有，为何没有？对公共交通是否有激励，比如公交专用道，交通灯信号优先，私家车拥堵和停车收费？

出行时间是否变得更长？是否已经评价了拥堵和过度出行时间的成本？

交通运输（包括私家车）在城市中发挥什么作用？

### 基础设施

交通运输网络是否处于良好维护的状态，是否安全可靠？如果这个网络的一条腿出了问题，是否有替代路线可用？是否能够满足预期增长？

公共交通运输时间是否快于私人交通运输？现有模式是否进行了有效对接？对一个城市不熟悉的访客 是否能够容易的使用公共交通模式抵达他们的目的地？

售票系统是否方便，是否允许可以在不同的模式和运营商之间进行换车的行程？公共交通是否干净舒适？是否有空调和互联网连接之类的便利设施？

是否有鼓励能源效率更高的交通运输模式的现有交通运输系统发展计划和有效的系统维护和发展战略？

### 土地使用

人们在哪里工作？在哪里居住？孩子在哪里上学？

该城市的规模和密度是多大？如何进行区划？

目的地是相距很远还是随机分布，或者是否有高密度和高活动区域节点？

发展是否发生在城市中心之外？有什么样的政府机制可以改变已建成的环境？

### 经济

城区经济结构现在是什么样？利益相关者关于未来发展方向是否达成一致？经济应该如何影响交通运输和出行以及如何受其影响？

缺乏机动性是否会对大量公民或一个阶层的公民获得更好就业造成负面影响？

IEA政策路径“*The Tale of Renewed Cities*”（IEA，2013）概述了制定这些政策可选方案的过程。

## 7 客运政策信息和评估

### 客运系统效率

客运政策和项目涉及大量基础设施规划和长寿命资产投资。分析这些项目的经济社会影响并非易事。许多决策者和利益相关者需要被很好告知成本和产出效益。政策分析还应定义一个清晰的反事实，即，概述在缺乏任何干预的情况下会发生什么的基线情况。

开发基线情况要求对下述方面有清晰的理解：

- 推动机动性需求的人口趋势和经济转变
- 未来技术可选方案及其成本和能力（参见IEA《能源技术展望》[IEA, 2012a]和技术路线图[IEA, 2012b]）
- 来自全球燃料期货市场和各国能源市场的未来能源价格趋势（例如，IEA市场报告和纽约商品交易所 [NYMEX]）
- 持续存在的不充分的或不断恶化的机动性和拥堵的成本
- 与反事实和高效的政策可选方案和建模相关的生命周期成本和效益；其对关键变量的敏感性
- 公有和私有成本和长期金融可选方案
- 政策可选方案的实质性影响，以便所有成本和效益都清楚。

上述分析是复杂的。为行之有效，客运政策制定需要超越旅客出行的主要车辆和模式指标（车公里，百公里油耗，人公里），以理解未来家庭和个人的机动性需求是什么，以及如何最好地满足他们的需求。这要求关于机动性的人类和社会维度的信息。

#### 文本框6.3 • 通过机动性管理、环保驾驶和相关政策改善运行效率

信息通信技术可以通过让交通更加顺畅对交通灯进行智能控制，避免街道和公路上的拥堵，提供反馈工具（比如轿车、公共交通车辆、船只等等上面的燃料消费计量表）减少能源消费。

低成本政策可选方案是通过“环保驾驶”改善车辆的运行效率。简单的行为实践可以改善车辆的安全性和燃油经济性。

关键补充信息需求是调查驾驶习惯和政策落实前后的能耗率。

从长远来看，运输业对石油的依赖需要减少。石油储量不断减少将会导致常规石油变得更加昂贵，因此需要进行转变，使得全球经济在应对油价震荡方面更具弹性。

## 乘用（轻型车）燃油经济性的政策 .....

轻型车在客运中的主导地位和它们如今比较差的燃油经济性意味着改善轻型车燃油经济性的措施是优先事项。可以考虑轻型车的三个方面（表6.7），但是实施燃油经济性标准政策是所有国家的优先事项。IEA技术路线图《公路用车燃油经济性》（IEA，2012b）概述了如何实现车辆燃油经济性的潜力，特别是通过政府政策来实现。IEA的政策路线出版物《提高公路用车燃油经济性》（IEA，2012c）为设计燃油经济性政策提供了指导。

表6.7 • 轻型车辆政策信息补充信息

政策和三级指标	补充信息需求	补充性指标
客运轻型车燃油效率标准	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 车辆使用数据：行驶距离；用于政策设计的各种模式的车辆载荷（行人、自行车、轿车、公共汽车、火车、飞机、轮渡）</li> <li>• 标准和标识</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 每年车辆销售、存量和报废统计数据（按照模式和模式的数量，按照排放范围，按照发动机大小和按照车辆重量）</li> <li>• 车辆拥有率</li> </ul>
改善客车燃油效率的政策	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 用于认证体系设计和审议的技术车辆信息</li> <li>• 认证技术性能的验证</li> </ul>	
燃料高效的非发动机部件	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 关于轮胎状态和辅助设备的信息</li> </ul>	

## B) 制定货运部门指标

货运涵盖使用货运轻型车、重型车辆、铁路、船舶在国内托运货物，因为缺乏数据把国内和国际行程分开，所以不包括航空货运。管道也被排除，因为它们经常跨越许多地域界限，所以，把这一能源消费分配到一个单一的国家或地区是非常具有挑战性的。

### 1 货运部门能源消费的主导因素是什么？

货运能源消费趋势受总货物托运量变化的推动，而托运量则受与运输原材料、中间产品和最终消费品相关的经济活动驱动。因此，货运增加和国内生产总值（GDP）增长之间有很强的关联（尽管如果产业结构发生变化会出现脱钩，例如，从初级消费品转向高价值消费品）。货运模式的选择部分受地理情况、目的地（例如，地方对比国际）、可用基础设施、成本和货物价值的驱动。

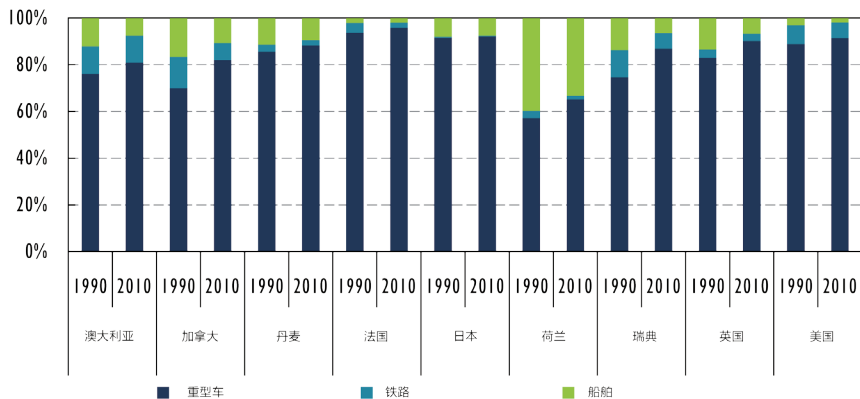
一般来说，为了制定能源指标，考虑用于解释能源消费趋势的主要活动变量有车公里和吨公里。然而，理解每个因素如何影响能源消费对于确定减少能源消费的最大潜力在哪里和在制定能效政策时应该优先考虑哪个领域是必要的。

## 2 能源是如何消费的？最近是否有变化？

如同客运情况一样，制定货运业指标所要求的分解只有15个国际能源署成员国具有。这些国家货运能源消费在1990年到2010年期间增加了几乎30%，达到14 EJ。二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放也有类似的增长。能源和排放之间的紧密联系是由于对石油基燃料的依赖。在2010年，总货运占交通运输行业总量的三分之一。

货运能源消费的强劲增长几乎完全是由于重型车辆能源需求增加造成的，重型车辆增加了33%。在2010年时，重型车辆（HDV）在货运能源消费总量中的份额增加到90%。铁路货运最终能源消费总量增加了6%，但是其在能源消费中的份额从1990年的6%下滑到2010年的5%。

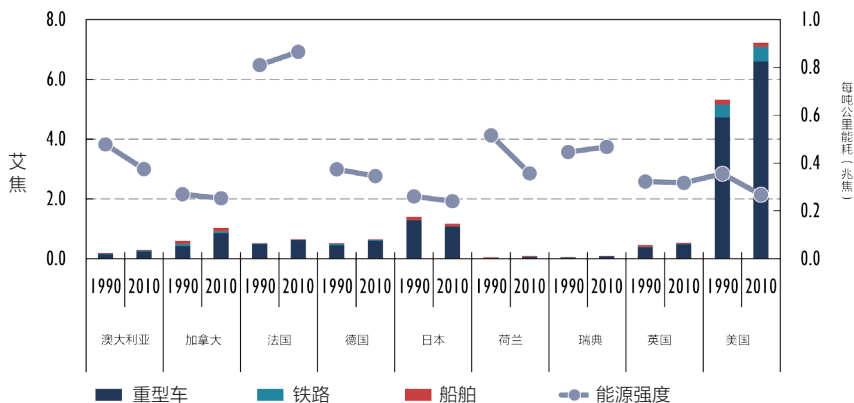
图6.11 • 不同模式货运能源消费



单位GDP能耗显示各国之间差异很大，这反映了三个因素的组合影响：单位GDP货物托运量；各种货运模式所占份额；每种模式的能源强度（吨公里能耗）。加拿大单位GDP能耗最高，很大程度上是由于其运距长。相比之下，奥地利和瑞典排放强度要低很多，这是由于运距要短很多和能源强度低于平均值的综合影响。在2010年，铁路和船运占加拿大（19%）、澳大利亚（18%）和荷兰（35%）能源消费的很大一部分。所有IEA十五国，除日本之外，在1990年到2010年期间来自重型车辆的能源消费都有增加。

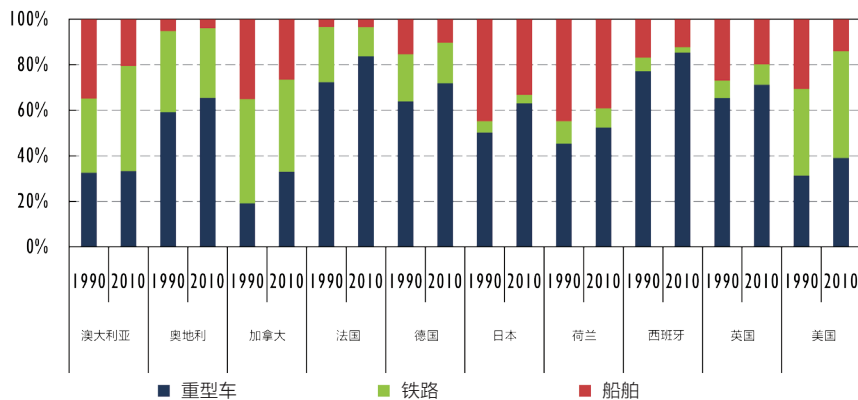


图6.12 • 货运能源消费和能源强度



为了更好了解能源消费和排放趋势，有必要考察其与背后的驱动因素的关系。在1990年到2010年期间，以吨公里表示的货物托运活动在IEA十五国中稳步增长。运量增长最强劲的是澳大利亚、奥地利和荷兰。重型车货运在模式分配中占主导地位，已经从1990年占总吨公里的40%增加到2010年的47%。然而，各国重型车份额差异很大，反映了地域和贸易模式多元化的特点。

图6.13 • 各种运输模式在货运吨公里总量中的占比

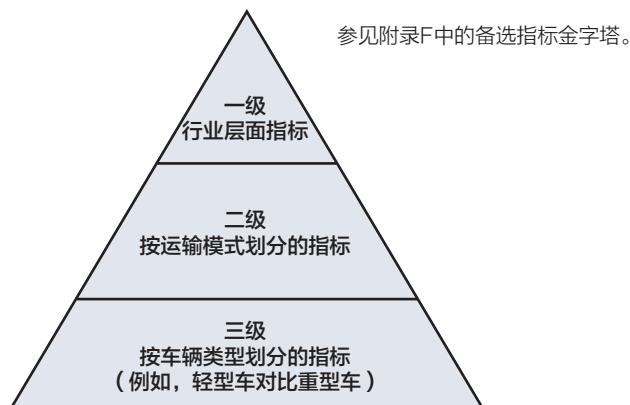


说明：国际航海和航空货运不包括在这一模式份额中。

### 3 如何对货运指标制定进行优先排序

如同客运业一样，能源平衡表中也没有现成可用的货运能源消费数据。因此，必要的第一步是对不同货运部分的能源消费进行分解。一旦第一级分解完成，关于要制定哪个指标以及在什么层面制定指标就会很大程度上依赖于可获得的信息、行业结构和要回答的问题。对于多数国家，考虑到公路模式在总货运中的份额高，为公路部门开发更为详细的信息将最有可能成为优先事项。公路运输部分的分解程度还依赖于该国国情/具体情况。例如，加拿大和美国有很大比例的大型重型车辆（18个车轮）；澳大利亚具有最高效的重型车车队之一，其特点是以公路列车（译者注：公路列车英文原文“road train”，是最常用澳大利亚的一个术语，采用一个牵引车头牵引两节或两节以上的挂车或半挂车）模式对矿物进行长距离运输。

图6.14 ● 货运详细指标金字塔



目前收集的货运部分信息非常之少，对该行业活动进行测量面临着诸多障碍。《能效指标：统计学基础》（IEA，2014）中介绍了一些收集该信息的实践的例子。因此，关于进一步开发哪个指标的决定将基于可获得的信息、可用资源和需要回答的政策问题。

### 4 按金字塔级别制定指标

表6.8总结了货运分行业中描述的所有指标，并对这些指标的用途进行了概述。该表与《能效指标：统计学基础》（IEA，2014）中的指标讨论互相匹配。

表6.8 • 货运业指标汇总

指标	覆盖范围	能源数据	活动数据	代码	建议指标
单位GDP货运能耗	总体	货运能源消费总量	GDP	F2a	
单位车公里货运能耗	总体	货运能源消费总量	货运车公里总数	F2b	
	按货运模式/ 车辆类型	模式/车辆类型 α 货运能源消费	货运模式/车辆类型 α 的车公里数	F3a	
单位吨公里货运能耗	总体	货运能源消费总量	吨公里总数	F2c	
	按货运模式/ 车辆类型	模式/车辆类型 α 货运能源消费	货运模式/车辆类型 α 的吨公里数	F3b	☺

### 一级指标

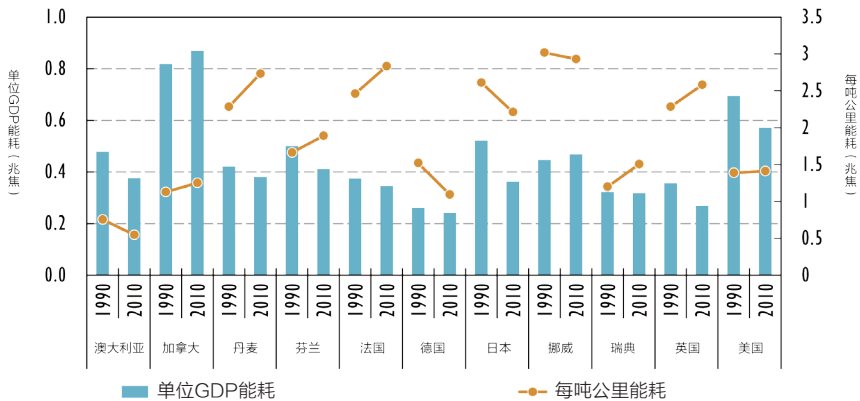
#### 货运综合能源强度

**定义：**单位吨公里或单位GDP的总体货运能源消费。

吨公里能耗被认为是货运能源强度更好的指标。

单位GDP货运强度为能源消费如何相对于所生产货物的价值而演进提供了一种指示。为了获得这一关系的更好指标，只有运输货物的增加值应给予考虑。然而，很少能够获取这一级别的信息。

图6.15 • 主要国家一级指标：货运能源强度



吨公里能耗趋势受到每种模式能源强度、此种模式在特定国家所占份额和负荷系数的影响。对于多数国家，吨公里能耗正在增加。这一能源强度增加是由于重型车货运所占份额较高，重型车比铁路或船舶能源强度更高。及时制度（Just-in-time）物流也为货物交付的速度造成额外的限制，影响货运系统的总体效率。

**一级指标的用途：**为货运总体强度趋势提供一种一般指示。当使用不同模式的吨公里份额时，可能会得到更多关于驱动该变化的因素的启示。

**对政策制定的意义：**考虑到有许多因素影响这些指标，关于在哪些地方可以提高能效和在哪些地方需要更多关注，还不能得出结论。

**跨国对比：**根据这一指标进行国家之间的对比可能具有误导性，因为它不但受不同模式的强度驱动，而且还受可用运输模式、负荷系数、所用车辆类型、每次行程所走距离、该国贸易和地理情况的驱动。

**数据可获得性和数据来源：**即便是在这一非常综合的层面，可用的信息也很少。《能效指标：统计学基础》中描述了收集这一信息的不同方法（IEA，2014）。

表6.9 • 一级指标描述

指标	所要求数据	目的	局限
单位GDP货运能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 货运能源消费总量</li> <li>• GDP总量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 为综合能源强度趋势提供总体概述</li> <li>• 为经济活动与货运之间的关系提供了一种理解</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不衡量能效发展情况</li> <li>• 不考虑每种运输模式的相对重要性</li> <li>• 受许多与能效无关的因素影响，比如基础设施可用性、产能利用率、所运输货物的类型、该国的大小和地理情况</li> </ul>
吨公里货运能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 货运能源消费总量</li> <li>• 总吨公里数</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 为综合能源强度趋势提供总体概述</li> <li>• 考虑所运输货物的数量（吨数）——“使用效率”（例如，使用一辆车运输一吨货物，而不是使用两辆车各自运输500公斤货物）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不衡量能效发展情况</li> <li>• 不考虑每种运输模式的相对重要性</li> <li>• 受许多与能效无关的因素影响，比如基础设施可用性、产能利用率、所运输货物的类型、该国的大小和地理情况</li> </ul>

## 二级指标

各种运输模式的货运强度

**定义：**每种运输模式（公路、铁路、船舶）每吨公里的能耗。

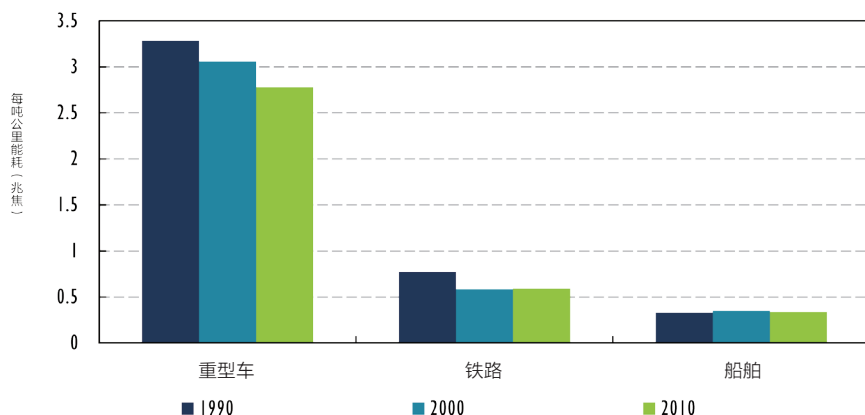
为每种模式制定指标可以更好了解货运结构的变化和能源消费变化背后的因素。

重型车、船舶和铁路能源强度差异很大，重型车是能源强度最大的。平均而言，把一吨货物运输一公里，重型车消耗的能源是铁路的5到20倍，但是从系统角度看，由于铁路要求在运程开端和结尾有公路的衔接，其高效率只有在一些轨头到

轨头的运行中才能在技术上实现。重型车能源强度的范围大可部分被所运输货物的类型、该国的大小和地理情况、平均负荷系数以及城区送货车辆和长途运输车的区分所解释，长途运输车要大很多，而且能源强度较低。

不同模式能源强度之间的差异对货运能源消费趋势具有一些重要的影响。首先，因为其能源强度要高很多，公路货物托运的增长对能源消费的影响要比铁路或船舶货运增长的影响更大。因此，加拿大和新西兰货运能源消费的增长可部分被公路货运活动增长相对较高的情况解释。第二，重型车的强度减少带来的能源节约要高于铁路和船舶的强度减少带来的节约或高于这两种模式之间的模式转换带来的节约。

图6.16 ● 二级例子：各种运输模式的吨公里能耗



**对政策制定的意义：**铁路和船舶能源强度对于能效政策的制定是相关的。然而，必须小心处理公路货运指标，因为此种模式由若干不同类型的车辆组成，而且它们的相对份额可能会对公路运输总体强度产生重要影响。

**跨国对比：**同样地，铁路和船舶能源强度适合于跨国对比，但是需要更多细节对公路运输进行适当对比。

**数据可用性和数据来源：**能源消费和相关活动数据不能广泛获取，要求进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》（IEA，2014）中介绍了如何收集这一信息。

表6.10 ● 二级指标描述：货运

指标	所要求数据	目的	局限
各种运输模式的吨公里能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>各种运输模式货运能源消费</li> <li>各种运输模式的吨公里数</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各种模式的能源强度是有意义的总结性指标</li> <li>强度可用于帮助制定交通运输能源政策</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>这些指标仍然受与能效无关的因素的影响，比如公路货运车队车辆相对权重的变化和负荷系数变化</li> <li>可能掩盖公路部分的结构变化</li> </ul>

### 三级指标：公路

#### 按公路用车类型计算的货运能源强度

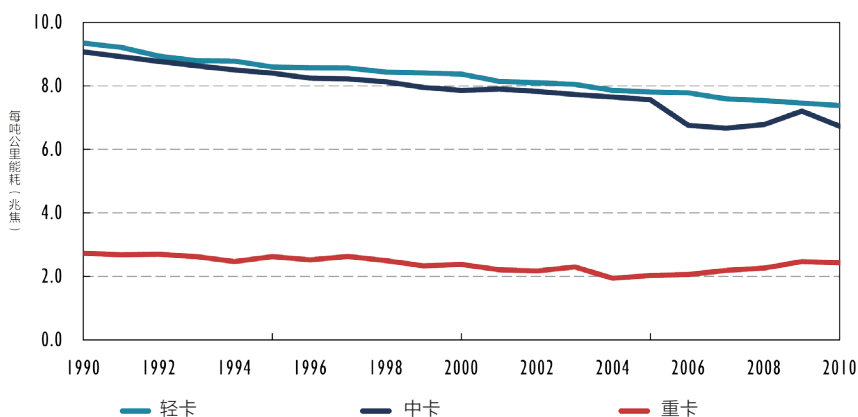
**定义：**是指每种公路用车类型的吨公里能耗。

二级指标足以为制定和跟踪铁路和船运模式政策提供相关基础。就其本质而论，三级部分只关注公路运输。

货运的公路部分通常是按照车辆重量或大小来分解的。例如，加拿大把公路货运细分为轻卡（总车重量最高3 855千克的卡车）、中卡（总车重量3 856千克到14 969千克的卡车）和重卡（总车重量大于或等于14 970千克的卡车）。并非所有国家都使用同样的车重界限来对车辆进行分类，因此应小心进行国家之间的对比。

分解细化程度和用于进行分解的参数选择依赖于该国具体情况和整个车队状况。例如，在铁路或船舶通常用于长途运输和公路货运车辆一般用于短途运输的国家，如果车队相对同质化，公路货运车辆的分解可能并非优先事项。

图6.17 ● 不同的公路用车能源强度趋势：来自加拿大的例子



**对政策制定的意义：**根据分解细化程度和车辆存量的结构组成，吨公里能耗是与跟踪公路货运效率相关的。

**跨国对比：**国家之间的不同强度表明公路货运能效水平不同。

数据可获得性和数据来源：能源消费和相关的吨公里数不能广泛获取，需要进行具体调查、监测或建模。《能效指标：统计学基础》中详细介绍了如何收集此类信息（IEA，2014）。

**相关指标：**吨公里能耗为货运效率提供了一个有意义的度量指标，而燃油经济性（单位行驶距离能耗）则提供了车辆效率的指标。这两项能效指标之间的差异是，吨公里能耗考虑了一辆车运输的货物数量（重量），而实验室测试的燃油经济性只与车辆有关，而没有考虑车辆负荷。那两项指标提供不同的信息，吨公里能耗与平均负荷系数和负荷容量结合使用时，对评价货物运输管理的潜在改进是有用的。

表6.11 • 三级指标描述：公路

指标	所要求数据	目的	局限性
各种公路运输模式吨公里能耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>各种公路运输模式货运能源消费</li> <li>各种公路运输模式的吨公里数</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各种公路模式的能源强度，如果有足够详细的信息，可以是一个有意义的总结指标</li> <li>强度可用于帮助制定交通运输能源政策</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>该指标仍然受与能效无关的因素的影响，比如车辆重量和车辆特征</li> <li>如果分解细化程度有限，可能会掩盖重要的结构变化</li> </ul>

## 5 解释货运能源消费变化的附加指标

正如前面所指出的，有众多因素影响货运业能源消费。尽管下述指标不被视为能源消费或能效指标，但它们可以提供重要信息，以更好评估能源消费的宏观经济驱动因素。

表6.12 • 附加指标描述：货运业

指标	所要求数据	目的	局限
不同模式吨公里份额	<ul style="list-style-type: none"> <li>不同模式货运吨公里</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>为模式份额的变化提供评价</li> <li>提供关于该部门活动趋势的有用定性信息</li> <li>为活动变化如何影响能源消费变化提供定性信息</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>只是活动主导的。未提供能效测量指标</li> <li>吨公里受许多因素影响，比如基础设施可用性、产能利用率、所运输货物的类型、该国的大小和地理情况</li> </ul>
公路货运车辆每辆平均负荷	<ul style="list-style-type: none"> <li>公路货运车辆每辆平均负荷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>帮助解释公路货运车辆吨公里能耗的变化</li> <li>负荷系数变化与货物托运能源强度变化之间的强关联</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>该指标自身并不为公路货运车辆能效趋势提供指标</li> <li>平均负荷会由车队组成变化所引致</li> </ul>

## 6 货运能源需求变化分解

货运能源消费的变化可分解为货物托运总量（活动）、模式结构和本分析中所包括的三种货运模式能源强度的变化。总体来说，在1990年到2010年期间，IEA十五国的货运能源消费总量年均增长率为1.3%。这与活动中观察到的增加是一致的，按照总吨公里数进行测量。模式结构的变化——特别是向更多公路货运的转变——已经倾向于增加能源消费，但是这已经被能源强度的减小所抵消，能源强度平均每年降低了0.9%。

当这些趋势被进一步分解到各个具体时期时，就会出现略微不同的景象。在1990年到1995年期间，公路货物托运迅速增加，年均增长2.4%。在此期间，能源强度的减少不足以抵消向能源更密集的模式转变。因此，货运能源消费比货运活动水平增加更迅速。尽管在20世纪90年代后半叶经济快速增长，但货物托运增速放缓。<sup>3</sup>

表6.13 • 货运能源消费分解所用变量汇总

货运	活动 (A)	结构 (S)	强度 (I)
卡车	吨公里	吨公里份额	能源消费/吨公里
公路（公共汽车）	“	“	“
铁路	“	“	“
国内船运	“	“	“

说明：由于缺乏数据，航空货运不包括在IEA分解分析中。

重型车辆能源消费可以进一步分解，以便考虑负荷系数（每吨公里的HDV-km，即，每辆重型车的平均货运量）的变化和车辆能源强度（在运送货物时，每辆重型车每公里的平均能耗）的变化。对于所展示的许多国家，车辆能源强度在1990年到2010年期间是下降的，这说明，平均而言，重型车每辆车变得更加高效。然而，重型车辆的能源强度受负荷系数的演变影响最强烈。

3. 本手册中包含的分解分析结果是使用基于简单拉氏指数分解方法体系的分解分析方法进行计算的。参见附录A了解关于分解分析方法体系的进一步讨论。



图6.18 • IEA十五国中影响货运能源消费的因素

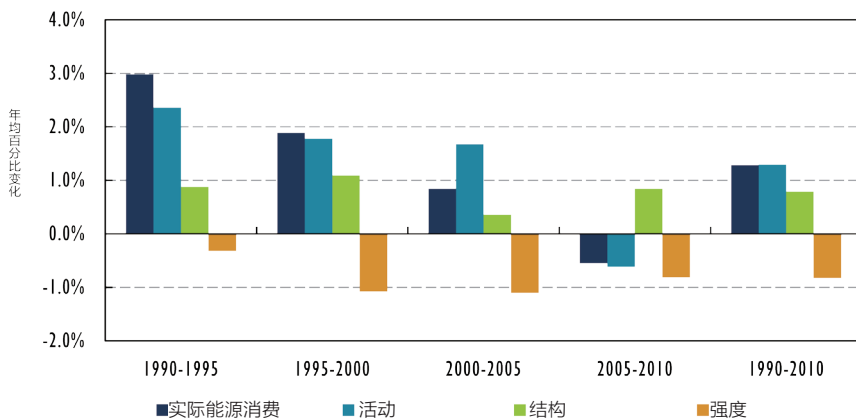
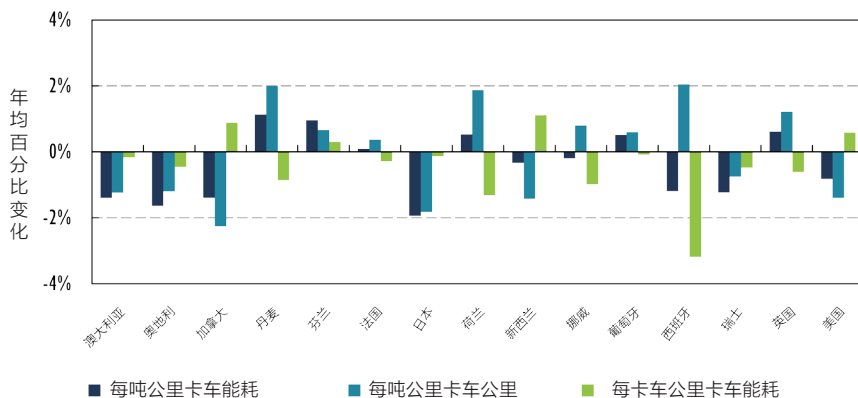


图6.19 • IEA十五国1990年到2010年卡车能源强度变化情况分解图



## 7 货运政策信息需求和评估

货运系统在把产品和服务送到市场的过程中发挥着关键作用，这对经济表现做出了必要贡献。政策分析中的挑战源于该行业要服务异质化的经济体中多样化的工业、商业和家庭活动需求。

关键能效指标既包括基于质量的指标（兆焦[MJ]/吨公里），也包括基于货物价值的指标（兆焦/美元/公里）指标。两者都显示了对同一货运活动的不同视角。能效政策和计划制定要求关于不同活动能源消费的信息：送货车、快递、长途运输货车、铁路、管道、航空货运和船运、最终用途产出水平、具有可以对计划层面

的决定进行估算和评估的充分细节。在系统整合的情况下——例如，内陆铁路转运站到海港，公路——铁路——公路集装箱物流，对各环节和整体系统的性能都要了解。如往常一样，政策制定者寻求可以自信采取行动的实质信息，以便能够勾勒出明确和令人信服的政策情景。这还要求了解从事商业运输的司机和合同运输情况，例如，货运合同结构是如何设计的，什么能激励卡车所有人和司机，以及最终用途层面的能源和活动信息。

## 货运能源需求驱动因素

货运能源消费驱动力很大程度上受产业结构、资源禀赋、历史发展道路及其如何塑造了一个国家的生产产出、进出口的影响。在欠发达国家和第一产业庞大的国家，货运业将会载运大宗初级产品（矿产、木材、粮食作物，等等）。在一个更为发达的经济体中，货运系统主要运送最末端产品。确实，没有一个良好的货运系统，一个经济体就很难获得发展，因为只能简单的拼命把货物送到市场上。因此，一个高效的货运系统是发展的前导。

### 文本框6.4 • 货运机动性管理和物流：政策解决方案的主要方面

货运系统性能和能源强度日益由涵盖下述几方面的物流管理系统决定：

- 调度系统优化装载量和卸货后装载量
- 计算机化的派遣和托运追踪系统
- 车载全球定位系统（GPS）帮助提供单个行程的实时情况，帮助优化实时交通状况下的路线
- 燃油经济性自动反馈
- 自动干预措施，比如发动机每分钟转数（RPM）限速器和自动化的离合器。

## 补充信息的重要性

三级指标是规划信息的核心，而且重要的是为补充信息提供了必要的框架背景。然而，这些几乎总需要得到技术、市场和消费者行为信息的补充。用于跟踪货运能源消费改进的指标和制定这些指标所需的信息在本部分前面进行了概述。附加货运政策问题和所需补充信息在下面进行了概述（表6.14）。

分析师应该考虑到，通常情况下，在未来趋势发生之前或发生之时，政策制定者就会要求提供关于未来趋势的信息。工业产能持续增长、所生产的货物和服务类型、不断变化的出口格局提出了比较详细地了解建设未来高效货运网络的驱动因素和可选方案的需求。

表6.14 • 货运政策信息补充信息

政策和四级指标	补充信息需求	补充性指标
重型车辆燃油效率标准	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 用于政策设计、标准和标识验证的车辆使用数据：行驶距离，车辆载荷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 预期能源性能</li> <li>• 分行业层面的能源需求</li> </ul>
改进货运车辆燃油效率的政策	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 认证体系设计和评审的技术信息</li> <li>• 认证技术性能的验证</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 用于政策设计和评估的当前存量信息，性能验证</li> </ul>
通过生态驾驶和相关政策改进运行效率	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 司机培训和使用反馈仪器，比如轿车和公共交通工具中的燃料消费表</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 调查政策落实前后的驾驶习惯和能耗率</li> </ul>
货运系统效率	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 车辆使用数据：行驶距离，用于政策设计的车辆载荷</li> </ul>	

# 附录A： 分解/因素分解方法论

该附录简述了常见指数分解或因素分解<sup>1</sup>分析方法论的关键要素，该方法论会把终端能源消费行业（居民生活、服务业、工业、客运和货运业）的能源消费变化以及不同国家或地区的整体经济进行分解或因素分解。

能效指标无法预测总体能源消费的变化或量化单个组分或因素对总体能源消费的影响。因此，经常情况下，有必要进行更详细的分析，以充分理解若干不同因素或驱动力对总体能源消费的综合影响。分解分析通常用于把能效变动与其他影响能源消费的因素隔离开来，比如，经济结构和生产活动或经济活动。

例如，一个通用的经济整体能源强度指标是能源消费与GDP的比率。人们广泛认为，该指标的变化是经济结构变化的结果，而不只是技术能效变化的效应。结构变化的一个例子就是高耗能工业部门的GDP产出与整体GDP的比率变化，即便所有行业技术能效保持不变，也会带来总体能源强度的变化。

分解的目的是：

- 把预先定义的因素对能源消费变化的相对贡献进行量化
- 追踪能源消费变动的源头
- 测量能源政策和技术的效力。

对终端能源消费趋势进行分解通常需要对影响能源消费的三个主要因素进行区分：总体**活动**，行业**结构**<sup>2</sup>和**能源强度**效应<sup>3</sup>。能源服务可以被定义为能源所用于的实际活动，例如，为特定数量的室内空间进行供暖，使其达到标准温度，保持一定时间的长度。一个行业能源服务需求的定量测量值等于活动效应（A）和结构效应（S）的乘积。然后，满足能源服务需求的终端能源消费会表达为所交付的或最终的单位活动能耗——能源强度（I）。

根据数据可获得性，按行业或按主要最终用途和按燃料对能源消费进行细分可以融入分解体系中。如果可能，还应在地理或区域层面进行分解，以反映气候和社会驱动因素对总体能源消费的影响。如果有更详细的数据，最好可以考察更多因素对总体能源消费的影响（比如产能利用率，天气，等等）。

1. 在本附录剩余部分称为“分解”。

2. 是指一个行业内的活动结构，运输业的模式结构（公路、铁路、水路和航空），居民生活的终端能源消费，工业部门中各分行业在总制造业增加值中的份额。

3. 能源强度在此是指每单位活动或产出“消费的”能源，是技术能效提升的代理指标。

关于分解的一个关键问题就是对活动定义的选择。理想情况下，所选活动指标度量将会利用容易获得的数据，尽可能的紧密契合开展分析的国家或地区或组织的既定政策目标和计划活动目标。

一般会建立指数，考察随着时间推移各分解因素或效应的变化。采用了四项重要标准决定指数分解<sup>4</sup>分析方法论的选择：

- 指数方法论必须具有良好的理论基础，即，少量或没有其他项<sup>5</sup>或相互作用项，而且还必须满足时间可逆性的指数要求。
- 指数方法论必须适用于所有行业和分行业，以便它们能够按同样的方式解读，使得可能对分行业结果进行综合。
- 对指数的解释必须直截了当（即，结果必须易懂）。
- 必须有计算不同效应的数据。

表A.1对比了一些常见指数分解方法论。它们的区分主要是各个行业或分行业所采用的权重以及其他项（或相互作用项）的存在情况或分配。

表A.1 ● 不同分解分析方法对比

指数	完美分解*	分行业加法	时间可逆	理解难易
LMDI I	是	是	是	适中
改进拉氏（Laspeyres）	是	是	否	适中
LMDI II	是	否	是	适中
费雪（Fischer）理想指数	是	否	是	适中
简单平均数/算术平均数/迪维西亚（Törnqvist）	否	否	是	适中
调整后的PMD I和II	否	是	是	困难
帕氏（Paasche）指数	否	是	否	非常容易
简单拉氏	否	是	否	非常容易

\* 无其他项。

由于对基准年和数学表达式类型或配置（加法或乘法分析）的选择，同一方法论会有多种形式。

基准年的选择极为重要，可以是固定的或环比。环比是指没有单一基准年的情况，但要求时序数据，对于每一年，前一年会用作基准年。环比方法被认为可以获得更准确的结果，并且方便对多个时期进行分析。

4. 分解分析方法来源于价格/经济指数理论。

5. 作为分解分析的一部分，相对于所分析的其他效应的一个小其他项或相互作用项是可以容忍的。

选择加法或乘法配置很大程度上依赖于数据可获得性，还要看作为分解分析工作的一部分，需要考察的各个单个效应或因素的影响是要求相对变化还是要求绝对值。表A.2介绍了加法和乘法配置之间的区分。对于完美分解，加法分析的其他项应当为0，而对于乘法分解，其他项则应为1。

表A.2 • 加法和乘法三因素分解分析方法对比

加法 (加和形式)	乘法 (乘积形式)
$\Delta E = \Delta E_{ACT} + \Delta E_{STR} + \Delta E_{INT} + E_{RSD}$	$R = R_{ACT} \cdot R_{STR} \cdot R_{INT} \cdot R_{RSD}$
其中: $\Delta E = E^{YearT} - E^{Year0}$	$R = E^{YearT} / E^{Year0}$
其中: ACT = 活动, STR = 结构, INT = 强度, RSD = 居民生活	

对数平均迪氏指数 I (LMDI I) 方法论 (表A.3) 满足表A.1中考察的四项标准中的三项, 其中最重要的是完美分解 (即, 不会产生其他项)。然而, 有意见认为, 和非专家沟通这种方法相当困难, 而且还不适合所分析的数据集中有零或负数的情况。

表A.3 • 三因素对数平均迪氏指数方法论的例子

	加法	乘法
活动效应 (A)	$E_t^A = \sum_i L(E_i^T, E_i^0) \cdot \ln \left( \frac{A^T}{A^0} \right)$	$R_t^A = \exp \sum_i \left( \frac{L(E_i^T, E_i^0)}{L(E^T, E^0)} \cdot \ln \left( \frac{A^T}{A^0} \right) \right)$
结构效应 (S)	$E_t^S = \sum_i L(E_i^T, E_i^0) \cdot \ln \left( \frac{S_i^T}{S_i^0} \right)$	$R_t^S = \exp \sum_i \left( \frac{L(E_i^T, E_i^0)}{L(E^T, E^0)} \cdot \ln \left( \frac{S_i^T}{S_i^0} \right) \right)$
强度效应 (I)	$E_t^I = \sum_i L(E_i^T, E_i^0) \cdot \ln \left( \frac{I_i^T}{I_i^0} \right)$	$R_t^I = \exp \sum_i \left( \frac{L(E_i^T, E_i^0)}{L(E^T, E^0)} \cdot \ln \left( \frac{I_i^T}{I_i^0} \right) \right)$
	$E^T$ = 年T的能源消费 $E^0$ = 年0的能源消费 $i$ = 分行业或终端用途	$L(a,b) = \frac{a-b}{\ln a - \ln b}$ 此处 $a, b > 0$ 且 $a \neq b$ $\ln$ = 自然对数, $\exp$ = 指数

简单拉氏方法论 (表A.4) 以易于理解和交流而著称。然而, 此种方法论中有一个其他项, 这个其他项可能会比较大 (特别是考察较长的时期或非常迅速的变化

时[在衰退或扩张中])，并会引起对使用该方法论进行分解获得的结果的准确性和有用性的质疑。

表A.4 ● 三因素拉氏方法论例子

	加法	乘法
活动效应 (A)	$E_t^A = A_t \cdot \sum_i S_0^i \cdot I_0^i - E_0$	$R_t^A = \frac{A_t \cdot \sum_i S_0^i \cdot I_0^i}{E_0}$
结构效应 (S)	$E_t^S = A_0 \cdot \sum_i S_t^i \cdot I_0^i - E_0$	$R_t^S = \frac{A_0 \cdot \sum_i S_t^i \cdot I_0^i}{E_0}$
强度效应 (I)	$E_t^I = A_0 \cdot \sum_i S_0^i \cdot I_t^i - E_0$	$R_t^I = \frac{A_0 \cdot \sum_i S_0^i \cdot I_t^i}{E_0}$
$t =$ 最终年份, $0 =$ 基准年, $i =$ 分行业或终端用途		

本手册中包括的分解分析结果是基于简单拉氏指数分解方法论采用分解分析<sup>6</sup>计算获得的。一旦计算了所考察的每一组成部分的变化对能源消费产生的相对影响，就有可能隔离与最终用途能效提高（能源强度减少）相关的能源消费影响——即，例如，在三因素分解分析中，可以将其与活动和结构组分的转变带来的变化分隔开来。

**假设能源消费**（英语缩写：HEU<sup>i</sup>）被定义为每个行业的能源强度都在其基准年数值的基础上保持不变的情况下年t里会发生的能源消费。

$$HEU_t^i = \frac{E_t}{R_t^i}$$

由于能源强度降低而产生的**能源节约 (energy savings)**可以被定义为假设能源消费和实际能源消费之间的差额。

$$SAVINGS_t^i = HEU_t^i - E_t$$

6. 参见IEA出版物《新千年能源利用——IEA成员国发展趋势》（IEA，2007）附录A和《石油危机和气候挑战——IEA成员国能源利用三十年》（IEA，2004）第二章中对IEA三因素分解分析方法体系的描述。

通过引入燃料结构和碳强度（或CO<sub>2</sub>强度）维度作为附加因素，该分析还可以延伸到考察二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放（G）的变化。燃料结构（F）可被用于代表不同终端能源消费中燃料份额的变化（包括电力）和代表单位能源消费的CO<sub>2</sub>排放碳强度（C）。

$$F_t^{i,f} = \frac{E_t^{i,f}}{E_t^i} \quad C_t^{i,f} = \frac{G_t^{i,f}}{E_t^{i,f}}$$

根据下述公式，一个行业的CO<sub>2</sub>排放（G）可以分解为活动、结构、能源强度、燃料结构和碳强度效应，其中f代表燃料类型：

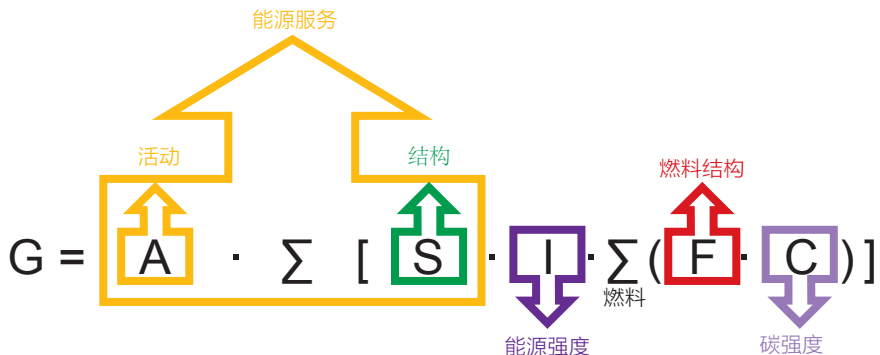
$$G_t = A_t \cdot \sum_i \left[ S_t^i \cdot I_t^i \cdot \sum_f (F_t^{i,f} \cdot C_t^{i,f}) \right]$$

这使得有可能计算假设的CO<sub>2</sub>排放，还有CO<sub>2</sub>减少量。例如，下述两个公式分别表示碳强度效应和对应的减少量。

$$G_t^C = \frac{A_0 \cdot \sum_i [S_0^i \cdot I_0^i \cdot \sum_f (F_0^{i,f} \cdot C_t^{i,f})]}{G_0} \quad CO_2 SAVINGS_t^C = \frac{G_t}{G_t^C} - G_t$$

图A.1中所示的能源服务效应和能源或CO<sub>2</sub>强度效应之间的分隔，从政策角度来看是重要的，因为限制能源服务需求很少会成为政策目标。IEA采用的分解处理方法顾及到观察能源和CO<sub>2</sub>强度相关的政策元素的影响时，会与能源消费的结构组分和活动组分的变化分隔开来。这可以帮助确定政策在何处最有效，一旦政策已经落实，也可以监测进度。

图A.1 • CO<sub>2</sub>分解因素简略图





# 附录 B:

## 关于制定能效指标的倡议

有若干项区域性和全国性倡议支持把制定能源指标作为一种政策制定工具。该附录总结了精选区域组织和国际能源署（IEA）成员国国内能源指标工作的当前状况。

### Eurostat

Eurostat是欧盟统计局，位于卢森堡。其任务是为欧盟提供欧盟层面的统计数据，实现国家和地区之间的对比。欧盟统计局的主要作用是在欧盟层面处理和公布对比统计信息。欧盟统计局也同成员国合作，达成涵盖概念、方法、结构和技术标准的通用统计“语言”。欧盟统计局提供范围广泛的能源消费统计数据。

要了解更多关于欧盟统计局的信息和获取数据，请访问：

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>。

### ODYSSEE网络

ODYSSEE能效指标数据库已经成为欧盟27国、克罗地亚和挪威评估和监测每年能效绩效和能源相关的二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放的参考。该数据库包括200个指标，涵盖欧盟15国从1980年到2010年的数据和欧盟27国从1996年到2010年的数据，也用于在国家层面和欧盟层面监测和评估能效政策。该数据库会定期更新（至少每年一次），并支持采用通用方法论制定对比能效指标。这些数据主要是通过各国全国性数据收集的，有一些附加数据来自欧盟统计局。ODYSSEE数据库中的指标既涵盖能效，也涵盖CO<sub>2</sub>。法国的环境和能源管理机构ADEME<sup>1</sup>是该项目的牵头单位，Enerdata提供协助，后者是技术协调机构，负责收集各国机构提交的数据。

关于ODYSSEE的进一步信息，可参见：[www.odyssee-indicators.org](http://www.odyssee-indicators.org)。

### 区域可再生能源和能效中心

区域可再生能源和能效中心（RCREEE）是一个独立的非政府区域组织，致力于在阿拉伯地区实现和增加可再生能源和能效实践的采用。RCREEE与地区政府和全球性组织一道，发起并领导清洁能源政策、策略、技术和能力发展对话，目的

---

1. 其法语名称为：Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie（ADEME）。

是为了增加阿拉伯国家在未来能源中的份额。在2011年，Plan Bleu和RCREEE在南部和东部地中海国家项目中首次引入了能效指标，该项目的主要目标是：

- 加强公共部门专家和民间专家在计算和分析能效指标方面的能力
- 在目标国家的政策制定者中间传播指标文化
- 引起各国政策制定者对于困难的意识，困难涉及能源数据和社会经济数据的获取及其可用性和可靠性
- 促进本地区国家在经验和数据方面的交流，以便能逐渐开发一个类似于欧洲的ODYSSEE的地区数据库
- 创建一个能够设计、计算和分析能效指标的地区专家网络，把能效指标作为一种评估本地区能效政策影响的工具。

关于RCREEE的进一步信息，可参见：[www.rcreee.org](http://www.rcreee.org)。

### 亚太经合组织能源工作组

亚太经合组织能源工作组（APEC EWG）创建于1990年，其主要目标是最大化能源行业对本地区经济和社会福祉的贡献，而同时缓解能源供应和消费对环境的影响。认识到信息和能源统计的重要性，EWG成立了一个能源数据和分析专家组（EGEDA），该专家组负责开发亚太经合组织能源数据库，并在成员经济体中建立一个能源数据收集网络。

专家组一直致力于在亚太经合组织地区开展能源统计和能源指标分析方面的能力建设，其中包括收集能源消费数据。

关于EGEDA的进一步信息，可参见：[www.ieej.or.jp/egeda/](http://www.ieej.or.jp/egeda/)。

### 拉丁美洲和加勒比经济委员会

联合国拉丁美洲和加勒比经济委员会（ECLAC）是联合国下属一个鼓励经济合作的地区委员会。拉丁美洲和加勒比经济委员会包括44个成员国和8个准成员。拉丁美洲和加勒比经济委员会公布覆盖该地区各国的统计数据，包括经济、人口、社会和环境统计。在2001年，拉丁美洲和加勒比经济委员会开始落实能效指标数据库。截止2013年初，有11个国家参与了这一倡议。该数据库是基于ODYSSEE模型开发的，包括2001年往后的数据。

关于拉丁美洲和加勒比经济委员会的进一步信息，可参见：[www.cepal.org/](http://www.cepal.org/)。

### 亚洲开发银行

多年以来，亚洲开发银行（ADB）已经帮助其发展中成员国（DMCs）收集和传播更好的统计数据。亚开行传播从发展中成员国和其他国际来源汇编的关键

经济、金融和社会指标。此外，还通过两项重大的新计划制定和汇编详细交通运输指标：

- 制定新的“可持续交通鉴定评级”（STAR）框架，指导交通运输项目的设计，以便它们在经济、社会和环境方面能够更加可持续发展。该框架包括测量一个项目在可持续的各个方面的相对可持续性的指标。
- 开发数据和统计收集工具，该工具会为亚洲和太平洋地区国家的全球交通运输情报（GTI）计划提供信息输入，来自该项工作的主要成果之一就是《亚洲和太平洋地区交通运输业统计数据和发展展望》这一出版物。

关于亚开行的进一步信息，可参见：[www.adb.org](http://www.adb.org)。

### 水泥可持续发展倡议行动组织

在世界可持续发展工商理事会的水泥可持续发展倡议行动组织（CSI）的保护下，若干主要水泥企业已经就计算和报告CO<sub>2</sub>排放的方法论达成一致。水泥CO<sub>2</sub>议定书提供了一套计算CO<sub>2</sub>排放的统一方法论，旨在报告这些排放，可用于不同用途。

CSI还运行了一个全球水泥行业能源和CO<sub>2</sub>绩效数据库“Getting the Numbers Right”。该数据库覆盖由46家企业所有的超过900处水泥生产设施，占全球水泥生产的大约26%。包含到2010年数据的全球和区域报告可见于：[www.wbcscement.org/co2data](http://www.wbcscement.org/co2data)。

关于CSI的进一步信息，可参见：[www.wbcscement.org/](http://www.wbcscement.org/)。

### 国际铝业协会

国际铝业协会（IAI）会员占到世界原铝产量的大约80%，协会每年都会提供能源和活动数据。原铝冶炼厂的电力用量和氧化铝生产的能源消费会分开监测。其结果可在地区层面公开获取。

关于国际铝业协会的进一步信息，可参见：[www.world-aluminium.org/](http://www.world-aluminium.org/)。

### 全球燃油经济性倡议组织

全球燃油经济性倡议组织（GFEI）的存在是为了促进围绕燃油经济性问题的辩论和讨论。根据目前关于现有技术的证据，相信在燃油经济性方面可以取得巨大获益，这一获益能够帮助每个国家，但尤其能够帮助那些处于发展中世界的国家，以解决气候变化、能源安全和可持续机动性等迫切问题。就更长长期来看，该组织想要看到全球轿车在燃油经济性能力方面有真正的提升。为实现该目的，该组织将继续提升认识、呈现证据和提供支持，其采用的工作方式会让越来越多的国家采取适合自己国情和自身车队情况的有效燃油经济性标准和政策。在该伙伴关系的活动范

围内，IEA已经开发了一项每年两次的数据采集活动，收集、编辑和分析新车平均燃油经济性的数据，以追踪新轿车能效的进步。此类指标工作的最新更新是在2013年初出版的，可以从下述网站下载：

[www.globalfueleconomy.org/Documents/Publications/wp8\\_international\\_comparison.pdf](http://www.globalfueleconomy.org/Documents/Publications/wp8_international_comparison.pdf)。

### 世界资源研究所地球趋势数据库

地球趋势（EarthTrends）以世界资源研究所（WRI）系列资源为基础，是一个免费的在线资源库，主要关注塑造世界发展的环境、社会和经济趋势。该网站面向公众提供200多个国家的全面重要统计数据、地图和图像。

互联网上的很多环境信息都是支离破碎的、埋藏在某处或要付费才能获得。地球趋势汇集了世界上40多个一流统计机构的数据，还有世界资源研究所制作的地图和分析，将其汇集到一个统一的知识库中，方便迅速搜索和检索。作为对其内容的补充，地球趋势还提供了详细的元数据，这些元数据会报告研究方法论和信息的可靠性。所有这些资源都向公众免费开放。

该网站目前正在进行深入维护，很快将会重新上线。

[www.wri.org/project/earthtrends/](http://www.wri.org/project/earthtrends/)

# 附录 C： 缩写、简称和度量单位

## 1 缩写和简称

BOF	氧气顶吹转炉
BATs	最佳可获得技术
BPT	最佳实践技术
BF	高炉
CFLs	紧凑型荧光灯
CO <sub>2</sub>	二氧化碳
CDD	制冷度日数
DRI	直接还原铁
EAFF	电弧炉
EEI	能效指标
EMS	能源管理系统
EU	欧盟
GPS	全球定位系统
GDP	国内生产总值
HDD	采暖度日数
ICT	信息和通信技术
IEA	国际能源署
ISIC	国际标准行业分类
LPG	液化石油气
LEDs	发光二极管
LDVs	轻型车
LMDI	对数平均迪氏指数

MER	市场汇率
MEPS	最低能效标准
NYMEX	纽约商品交易所
OHF	平炉
ODYSSEE	年度能效评价在线数据库
OECD	经济合作与发展组织（简称“经合组织”）
PMD	迪维西亚参数法
RPM	每分钟转数
SMEs	中小企业
SUVs	运动型多用途车
PPP	购买力平价
UEC	单位能源消费

## 2 度量单位

EJ	百万万亿焦耳（ $10^{18}$ 焦耳）
GtCO <sub>2</sub>	吉吨二氧化碳（ $10^9$ 公吨CO <sub>2</sub> ）
kg	千克
kWh	千瓦时（ $10^3$ 瓦时）
MWh	兆瓦时（ $10^6$ 瓦时）
energy/pkm	单位人公里能耗
t	公吨
TWh	太瓦时（ $10^{12}$ 瓦时）
tCO <sub>2</sub>	吨二氧化碳（CO <sub>2</sub> ）
energy/tkm	单位吨公里能耗

## 附录 D： 词汇表

**氧气顶吹转炉：**在该工艺中，从炉顶部吹氧把高温液态铁金属冶炼成钢。

**最佳可获得技术：**最佳可获得技术是指工艺、设施或操作方式的最新发展阶段（最先进的），这包括考虑有关某一种措施是否真正适合提高能效。

**最佳实践技术：**与最佳可获得技术相比，最佳实践技术是应用于目前已使用的技术和工艺的术语。

**生物质能：**生物质能是一种可用作燃料或用于工业生产的生物材料，包括固体生物质（例如，木材、植物和动物产品），源自生物质的气体和液体，工业废弃物和城市垃圾。

**高炉：**高炉是一种用于熔炼的冶金炉。燃料和矿石会通过炉子顶部持续不断地送入，而空气（氧气）会被吹送到炉体底部，以便在物料向下移动的时候在整个炉内产生化学反应。最终产品通常是从炉底排出的熔融金属和矿渣，烟气会从炉子顶部排出。这种类型的高炉通常用于把铁矿石冶炼成热金属（生铁），这是一种用于钢铁商业化生产的中间材料。

**气候补偿：**气候补偿是对室内采暖和室内制冷能源消费的调整，目的是通过消除同比温度变化产生的影响，实现随时间变化消费模式的合理化。

**煤炭：**煤炭既包括原煤（包括硬煤和褐煤），也包括各种衍生燃料（包括型煤，褐煤煤球，焦炉焦，气焦，煤气厂 煤气，焦炉煤气，高炉煤气和转炉煤气）。泥炭也包括在内。

**联产：**联产是指联合生产热力和电力。

**热电联产（CHP）：**热电联产，也称“联产”（英语：cogeneration），是一种联合生产电力和蒸汽或电力和热水的技术。与把电力和热力生产分开相比，这种技术会提高效率。

**商业用热：**是指终端用户消费的热，只包括生产用于销售的热力。

**制冷度日数（CDD）：**是指满足超出日均气温（可以是实际平均或历史平均）的期望温度环境所需的季节性制冷要求总量。期望温度或设定温度会因偏好不同和消费者行为不同而存在差异，但设计工程师通常会按照国家或地区制定的标准规范来设计。例如，如果期望温度是20℃，而日平均气温是30℃，那么这一天会有10个

制冷度日数。所有具有制冷负荷的天数加起来就会得到该季节的制冷度日数总数，根据气候情况，会出现很大变动。

**分解分析：**分解或因素分解是指把能源消费分解为不同的组成部分或组成因子。

**直接排放：**直接排放是指可直接归因于建筑物上的终端用能设备的排放。

**直接还原铁：**通过对铁矿球团在固态条件下进行化学还原生产的产品。

**干法窑：**一种不使用水/石灰石浆液混合物作为原料生产水泥熟料的窑炉。

**电弧炉（EAF）：**使用电力熔炼废钢和其他金属的熔炉。

**发电量：**一个电厂生产的电力总量，包括自用电力及输配电损失。

**能源平衡表：**以能源商品供应和消费之间的商品平衡表形式展示的能源统计数据，以自然单位表达。

**节能：**节能是指通过改变生活方式或行为（例如，关掉无人房间的灯）限制或减少能源消费。

**能源效率：**能源效率（简称“能效”）是指通过采用效率更高的装置来限制或减少能源消费（例如，使用紧凑型荧光灯泡取代白炽灯泡）。如果某装置在能量输入相同的情况下能够提供更多服务或使用较少的能量输入可提供同样的服务，则其能效更高。

**能源强度：**能源强度是一种衡量指标，用能源消费量除以产品实物量或经济量。

**因素分解：**参见“分解分析”。

**国内生产总值：**国内生产总值（GDP）是一国内部生产的获得官方认可的最终货物和服务的市场价值。

**热力：**热力可以从燃料燃烧、核反应堆、地热储层、捕获太阳光、化学放热工艺和热泵中获得，可以从这些技术工艺的周围环境空气和液体中提取热力。热力可用于家庭用热水，室内采暖或制冷，或工业过程用热。该类别所包括的多数热力来自热电联产燃料的燃烧，但有少量热是来自地热源、电动热泵和锅炉。

**采暖度日数（HDD）：**是指满足超出日均气温（可以是实际平均或历史平均）的期望温度环境所需的季节性采暖要求总量。期望温度或设定温度会因偏好不同和消费者行为不同而存在差异，但设计工程师通常会按照国家或地区制定的标准规范来设计。例如，如果期望温度是20° C，而日平均气温是5° C，那么这一天会有15个采暖度日数。所有具有采暖负荷的天数加起来就会得到该季节的采暖度日数总数，根据气候情况，会出现很大变动。



**间接排放：**间接排放一般是指归因于集中电厂或热电联产电厂的排放，也可指用于区域供暖和制冷网络的电力和工业生产过程中的排放。

**天然气：**由气体组成，赋存于地下矿床，可以是液态或气态，主要由甲烷组成。既包括源于只生产气态形式的烃类气田的“非伴生”气，也包括原油生产过程中产生的“伴生”气以及从煤矿中采收的甲烷（煤矿瓦斯）。

**油：**油包括原油，凝析油，天然气凝析液，炼厂原料和添加剂，其他烃类（包括乳化油，合成原油，从含沥青矿物中提取的矿物油，比如页岩油，沥青砂和煤炭液化制油）和石油产品（炼厂气，乙烷，液化石油气，航空汽油，车用汽油，航空燃料，煤油，汽油/柴油，重燃料油，石脑油，石油溶剂油，润滑油，沥青，石蜡和石油焦）。

**平炉（OHF）：**平炉是落后类型的冶金炉，通过间歇式生产工艺熔炼生铁和废钢生产粗钢，其中炉料是通过直接火焰和来自炉顶和炉壁的辐射进行加热。

**发电：**电厂、热力厂和热电联产（CHP）工厂所使用的燃料。公用企业和生产燃料用于自用的小型厂（自供企业）都包括在内。

**购买力平价：**购买力平价是使不同货币的购买力相等的货币兑换率。这考虑了不同国家之间在物价水平和消费模式上的差异。

**可再生能源：**可再生能源包括用于发电和生产热力的生物质和垃圾，地热，水电，太阳能光伏，聚光太阳能发电，风能和海洋（潮汐和波浪）能源。

**居民生活分部门：**居民生活分部门包括与私人住宅相关的活动，涵盖公寓和房屋内的所有用能活动，包括室内采暖和热水、制冷、照明和使用家用电器，不包括私人交通能源消费，私人交通包括在交通运输业中。

**服务分部门：**服务分部门包括与贸易、金融、房地产、公共管理、卫生、食品、住宿、教育和商业服务（国际标准行业分类50到55和65到93）相关的活动，这也称为商业和公共服务部门。涵盖室内采暖、制冷和通风、热水、照明和一些其他各类用能设备，比如商业家用电器和炊事器具，X光机，办公设备和发电机。服务分部门不包括用于运输或商业运输车队的能源消费。

**最终能源消费总量：**最终能源消费总量（TFC）是不同终端用能部门的消费总和。最终消费总量分解为下述行业的能源需求：工业（包括制造业和采矿业），交通运输，居民生活，服务业和其他（包括农业和非能源消费）。

**一次能源供应总量：**一次能源供应总量等于一次能源需求总量，这只代表本国范围内的需求，不包括国际海运燃料，世界能源需求除外。

增加值：增加值用于描述一个实体获得一个可能被视为同质产品的产品情况，该产品与竞争对手产品没有多少差异（即便是有差异也不多），其为潜在消费者提供了某种特性或附加性能，比如能效能够带来更大价值感。

## 地区和国家集团

**非洲：**阿尔及利亚、安哥拉、贝宁、博茨瓦纳、布基纳法索、布隆迪、喀麦隆、佛得角、中非共和国、乍得、科摩罗、刚果、科特迪瓦、刚果民主共和国、吉布提、埃及、赤道几内亚、厄立特里亚、埃塞俄比亚、加蓬、冈比亚、加纳、几内亚、几内亚比绍、肯尼亚、莱索托、利比里亚、利比亚、马达加斯加、马拉维、马里、毛里塔尼亚、毛里求斯、摩洛哥、莫桑比克、纳米比亚、尼日尔、尼日利亚、留尼旺、卢旺达、圣多美和普林西比、塞内加尔、塞舌尔、塞拉利昂、索马里、南非、苏丹、斯威士兰、多哥、突尼斯、乌干达、坦桑尼亚联合共和国、赞比亚、津巴布韦。

**中国：**指中华人民共和国，包括香港。

**欧洲：**阿尔巴尼亚，奥地利，比利时，波斯尼亚，克罗地亚，塞浦路斯，捷克共和国，丹麦，芬兰，法国，德国，希腊，匈牙利，冰岛，爱尔兰，意大利，卢森堡，马其顿，马耳他，荷兰，挪威，波兰，葡萄牙，罗马尼亚，塞尔维亚，斯洛伐克共和国，西班牙，瑞典，瑞士，土耳其和英国。

**欧盟（27国）：**奥地利，比利时，保加利亚，塞浦路斯，捷克共和国，丹麦，爱沙尼亚，芬兰，法国，德国，希腊，匈牙利，爱尔兰，意大利，拉脱维亚，立陶宛，卢森堡，马耳他，荷兰，波兰，葡萄牙，罗马尼亚，斯洛伐克共和国，斯洛文尼亚，西班牙，瑞典和英国。

**拉丁美洲：**安提瓜和巴布达，阿根廷，巴哈马，巴巴多斯，伯利兹，百慕大，玻利维亚，巴西，智利，哥伦比亚，哥斯达黎加，古巴，多米尼克，多米尼加共和国，厄瓜多尔，萨尔瓦多，法属圭亚那，格林纳达，瓜德罗普岛，危地马拉，圭亚那，海地，洪都拉斯，牙买加，马提尼克，荷属安的列斯，尼加拉瓜，巴拿马，巴拉圭，秘鲁，圣基茨—尼维斯—安圭拉，圣卢西亚，圣文森特和格林纳丁斯和苏里南，特立尼达和多巴哥，乌拉圭和委内瑞拉。

**中东：**巴林，伊朗伊斯兰共和国，伊拉克，约旦，科威特，黎巴嫩，阿曼，卡塔尔，沙特阿拉伯，叙利亚，阿拉伯联合酋长国和也门。

**非经合组织：**包括非经合组织亚洲，非经合组织欧洲和欧亚，中东，非洲和非经合组织拉丁美洲区域集团。

**非经合组织亚洲：**阿富汗，孟加拉国，不丹，文莱，柬埔寨，中国台北，库克群岛，朝鲜，东帝汶，斐济，法属波利尼西亚，香港，印度，印度尼西亚，基里巴斯，老挝，澳门，马来西亚，马尔代夫，蒙古，尼泊尔，新喀里多尼亚，巴基斯

坦, 巴布亚新几内亚, 中华人民共和国, 菲律宾, 萨摩亚, 新加坡, 所罗门群岛, 斯里兰卡, 泰国, 汤加, 瓦努阿图和越南。

**非经合组织欧洲和欧亚:** 阿尔巴尼亚, 亚美尼亚, 阿塞拜疆, 白俄罗斯, 波斯尼亚和黑塞哥维那, 保加利亚, 克罗地亚, 格鲁吉亚, 哈萨克斯坦, 吉尔吉斯共和国, 拉脱维亚, 立陶宛, 前南斯拉夫马其顿共和国, 摩尔多瓦共和国, 罗马尼亚, 俄罗斯联邦, 塞尔维亚, 塔吉克斯坦, 土库曼斯坦, 乌克兰和乌兹别克斯坦。由于统计原因, 这一地区还包括塞浦路斯, 直布罗陀和马耳他。

**非经合组织拉丁美洲:** 安提瓜和巴布达, 阿根廷, 阿鲁巴, 巴哈马, 巴巴多斯, 伯利兹, 百慕大, 玻利维亚, 英属维尔京群岛, 开曼群岛, 巴西, 哥伦比亚, 哥斯达黎加, 古巴, 多米尼克, 多米尼加共和国, 厄瓜多尔, 萨尔瓦多, 福克兰群岛, 法属圭亚那, 格林纳达, 瓜德罗普岛, 危地马拉, 圭亚那, 海地, 洪都拉斯, 牙买加, 马提尼克, 蒙特塞拉特, 荷属安的列斯, 尼加拉瓜, 巴拿马, 巴拉圭, 秘鲁, 圣卢西亚, 圣皮埃尔和密克隆, 圣基茨和尼维斯, 圣文森特和格林纳丁斯, 苏里南, 特立尼达和多巴哥, 特克斯和凯科斯群岛, 乌拉圭和委内瑞拉。

**大洋洲:** 澳大利亚和新西兰。

**经合组织:** 包括经合组织美洲, 经合组织亚洲和大洋洲, 经合组织欧洲区域集团。

**经合组织美洲:** 加拿大, 智利, 墨西哥和美国。

**经合组织亚洲大洋洲:** 包括由日本、韩国和以色列组成的经合组织亚洲和由澳大利亚和新西兰组成的经合组织大洋洲。

**经合组织欧洲:** 奥地利, 比利时, 捷克共和国, 丹麦, 爱沙尼亚, 芬兰, 法国, 德国, 希腊, 匈牙利, 冰岛, 爱尔兰, 意大利, 卢森堡, 荷兰, 挪威, 波兰, 葡萄牙, 斯洛伐克共和国, 斯洛文尼亚, 西班牙, 瑞典, 瑞士, 土耳其和英国。

**其他亚洲发展中经济体:** 非经合组织亚洲区域集团, 不包括中国, 有时候也不包括印度(如果对其进行单独分析的话)。

## 附录E： 参考文献

### 前言

IEA (International Energy Agency) (2014), *Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2013), *Energy Efficiency Market Report*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2007), *Mind the Gap: Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2005), *Energy Statistics Manual*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2004), *Oil Crises & Climate Challenges: 30 Years of Energy Use in IEA Countries*, IEA Publishing, Paris.

### IEA能源消费趋势分析方法论

IEA (International Energy Agency) (2014), *Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics*, IEA Publishing, Paris.

IEA (International Energy Agency) (2013), *Energy Efficiency Market Report*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2012), *Spreading the Net: the Multiple Benefits of Energy Efficiency Improvements*, IEA Publishing, Paris.

Laitner, J., K. Ehrhardt-Martinez and V. McKinney (2009), *Examining the Scale of the Behaviour Energy Efficiency Continuum*, proceeding of ECEEE 2009 summer study, La Colle sur Loup, June 2009

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (1996), *Environmental Indicators for Agriculture*, Volume 1 Concepts and Frameworks, OECD Publishing, Paris.

### 制定居民生活能效指标

4E IA (Implementing Agreement for a Co-operative Programme on Efficient Electrical End-Use Equipment) (2013), *4E Benchmarking Document: Domestic Refrigerated Appliances*, 4E IA, [http://mappingandbenchmarking.iea-4e.org/shared\\_files/491/download](http://mappingandbenchmarking.iea-4e.org/shared_files/491/download).

EBRD (European Bank Restructure and Development) (2011), *Russian Urban Housing Energy Efficiency Programme – Model Development: Analyse the Current State of the Housing Stock*, EBRD, Moscow.

IEA (International Energy Agency) (2014), *Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2013), *Transition to Sustainable Buildings: Strategies and Opportunities to 2050*, IEA Publishing, Paris.

NRC (Natural Resources Canada) (2013), *National Energy Use Database, Office of Energy Efficiency*, NRC, Ottawa.

### 制定服务业能效指标

IEA (International Energy Agency) (2014), *Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2007), *Mind the Gap: Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency*, IEA Publishing, Paris.

McNeil, M. and V. Letschert (2008), *Global Potential of Energy Efficiency Standards and Labeling Programs*, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley.

Rosenquist, G., M. McNeil, M. Iyer, S. Meyers and J. McMahon (2006), “Energy Efficiency Standards for Equipment: Additional Opportunities in the Residential and Commercial Sectors”, *Energy Policy*, Vol. 34, Elsevier, Amsterdam, pp. 3257–3267

UNSD (United Nations Statistics Division) (2008), *International Standard Industrial Classification Rev. 4*, UNSD, New York.

### 制定工业部门能效指标

CSI (Cement Sustainability Initiative) (2013), *Getting the Numbers Right Database*, World Business Council for Sustainable Development, CSI, Geneva.

EC (European Commission) (2001), *IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industry*, Brussels/Seville.

IAI (International Aluminium Institute) (2013), *Primary Aluminium Production*, IAI, London.

IEA (International Energy Agency) (2014), *Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2012), *Energy Technology Perspectives 2012*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2007), *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions*, IEA Publishing, Paris.

UNSD (United Nations Statistics Division) (2008), *International Standard Industrial Classification Rev. 4*, UNSD, New York.

World Steel Association (WorldSteel), (2011), *Steel Statistical Yearbook 2011*, Brussels.

IEA (International Energy Agency) (2014), *Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2013), *Policy Pathway: The Tale of Renewed Cities*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2012a), *Energy Technology Perspectives 2012*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2012b), *Technology Roadmap: Fuel Economy for Road Vehicles*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2012c), *Policy Pathway: Improving the Fuel Economy of Road Vehicles*, IEA Publishing, Paris.

## 附录 A

IEA (International Energy Agency) (2007), *Energy Use in the New Millennium*, IEA Publishing, Paris.

IEA (2004), *Oil Crises & Climate Challenges: 30 Years of Energy Use in IEA Countries*, IEA Publishing, Paris.

## 附录F： IEA可供选择的指标金字塔

本部分包含本手册考察的每一个最终用途行业的可供选择的指标金字塔。这些可供选择的金字塔至少有四个层级，而手册主体部分的金字塔只有三层。这些四层金字塔适用于具有相当详细的终端能源消费数据的国家。最终，数据可获得性和各行业及分行业的同质性将会决定什么是各国要制定的最适当指标。指标金字塔应根据各国具体情况和数据情况进行调整。

## 1

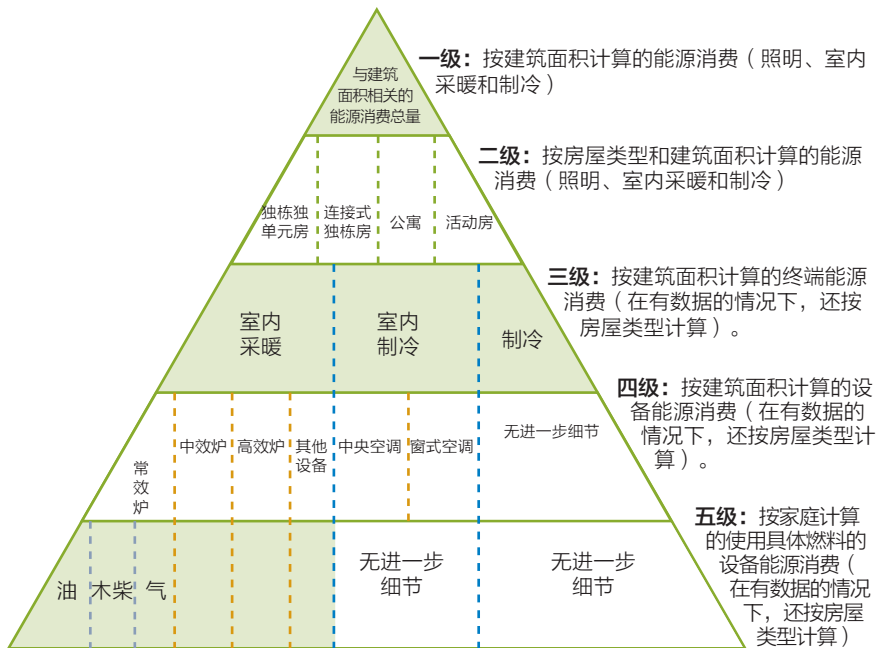
## 可供选择的指标金字塔例子：居民生活

居民生活包括与私人住宅相关的活动，涵盖公寓和房屋中的所有用能活动，包括室内采暖，热水，制冷，照明和家用电器的使用，不包括个人交通，其涵盖在交通运输行业中。

定义居民生活分析框架有众多不同的方法。所选详细程度很大程度上依赖于可获得的信息。例如，加拿大使用了两个不同的金字塔：一个用于能源消费与家庭数量相关的最终用途，一个用于能源消费与建筑面积相关的最终用途。使用能源消费权重对指标进行汇总。

下述例子显示了两个居民生活指标金字塔。这些金字塔将适用于具有非常详细的终端能源消费数据的国家，并非每个国家都是如此。如前所述，金字塔应根据各国具体情况和数据情况进行调整。

图F.1 ● 以建筑面积为基础的居民生活指标金字塔

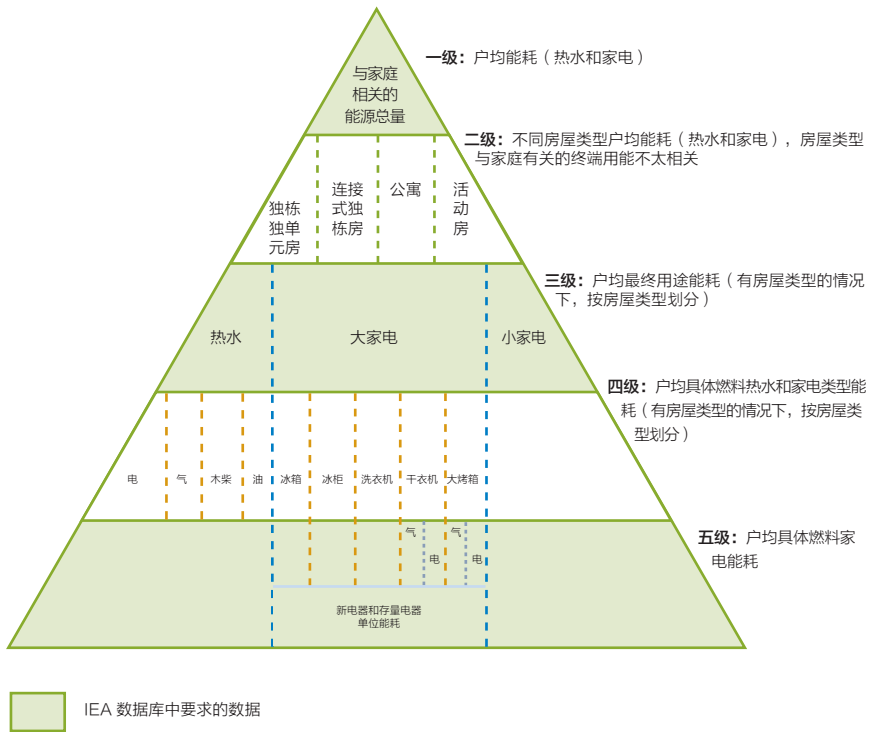


IEA 数据库中要求的数据

说明：一些国家拥有按住房类型和房产系统划分的信息。然而，该信息并非是由IEA收集的。IEA数据库包括18个IEA成员国的一级、三级和五级指标信息。一些国家拥有的信息比IEA数据库更为详细。



图F.2 • 以家庭为基础的居民生活指标金字塔



说明：一些国家拥有按住房类型和房产系统划分的信息。然而，该信息并非是由IEA收集的。IEA数据库包括一级、三级、四级和五级指标信息，这些国家根据金字塔层级向IEA报告数据。一些国家拥有的信息比IEA数据库更为详细。

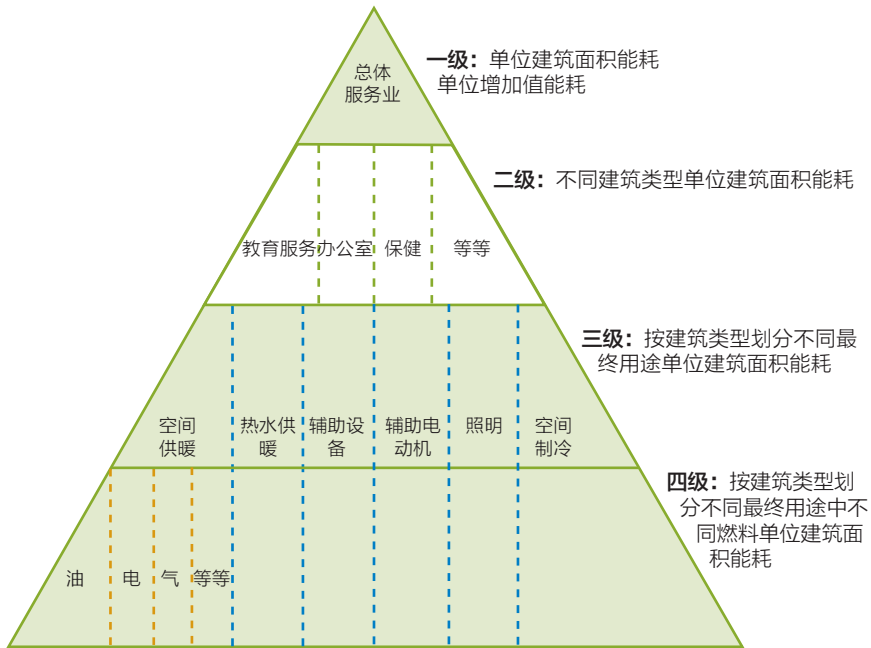
## 2 可供选择的指标金字塔例子：服务业

服务业包括与贸易、金融、房地产、公共管理、健康、教育和商业服务相关的活动。

很少国家能够分析服务业的能效趋势。一般使用的总体指标是服务业单位增加值能耗。然而，不同的服务业活动在消耗近乎同样的能量时经济产出水平差异会很大。例如，金融业建筑物的最终能源需求状况与零售业建筑物相同，但是经济产出水平却大不相同。

单位建筑面积能耗被一些国家认为是这个行业的最佳指标。

图F.3 ● 服务业指标金字塔



IEA 数据库中要求的数据

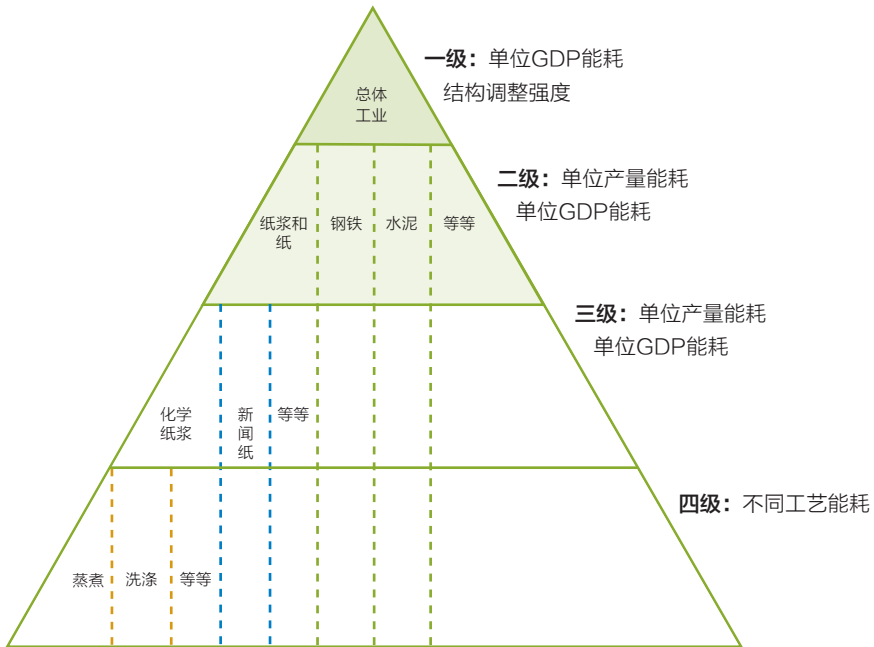
说明：对于IEA成员国，只有三个国家向IEA报告了不同最终用途的能源消费（三级）。只有七个国家报告了服务业总建筑面积。IEA是基于增加值分析服务业能源强度的。一些国家拥有的信息比IEA 数据库更为详细。

### 3 可供选择的指标金字塔例子：工业

工业部门涵盖制成品和产品的制造，原材料采矿和采石，建造，不包括发电，炼油厂，电力、燃气和水的配送。

工业金字塔显示了此行业该如何分解和每一层级可以使用的不同指标（图G.4）。此处只是一个说明，可能并非与所有国家相关。

图F.4 • 工业指标金字塔



IEA 数据库中要求的数据

说明：对于IEA国家，IEA数据库包含21个成员国工业部门的二级指标信息。一些国家拥有的信息比IEA数据库更为详细。

## 一级：总体工业部门

在总体层面常用的指标是单位GDP能耗。这一比值测量的是生产一单位的经济产出需要多少能量。然而，基于这一指标评估能效情况会有误导性，因为它会受到许多非能效因素的影响，比如，该产业的结构，资源质量，对于一些工业部门还要考虑天气条件的影响。

基于此原因，许多国家为整体工业部门制定了结构调整强度。构建结构调整指标要求金字塔二级或三级的能源消费和GDP 数据。

## 二级和三级：各工业部门

根据可用的数据和每种工业的相对重要性，二级和三级中所代表的工业部门通常因国家而异。

在这些层级，评价能效的最佳指标是每单位产量的能源消费。然而，由于一些产业异质性太强，没有一个一致的产量测量值，GDP（或另一货币价值，比如总产出）就成为次佳的选择。

## 四级：工艺指标

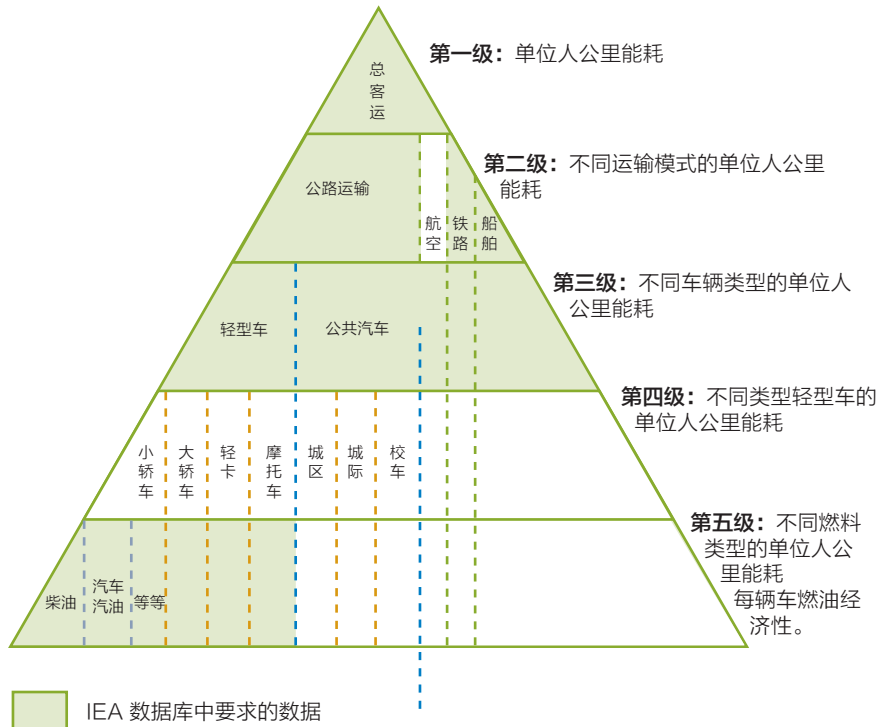
IEA指标数据库不包含四级指标信息。只有有限的几个国家具有有限几个产业的此类信息。然而，即便是这一个层级的部分信息也有助于解释能源消费趋势。

## 4 可供选择的指标金字塔例子：交通运输业

交通运输行业包括通过公路、铁路、水路和航空运送人和货物。本分析不包括管道和国际航空运输和水路运输。

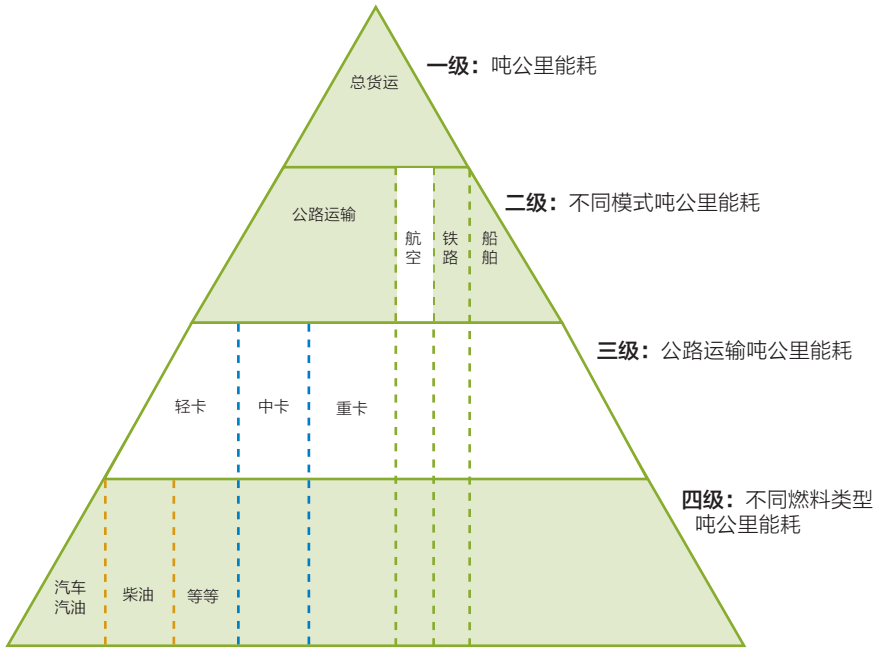
尽管有可能展示整体交通运输行业的能源消费，但对该行业更详细的分析还是要求客运和货运要分开分析，因为它们受不同的基本因素影响。

图F.5 ● 客运业指标金字塔



说明：IEA数据库不包含按公共汽车类型划分的信息。由于缺乏信息，船舶不包括在IEA分析中。在IEA数据库，轻型车只是在摩托车和其他轻型车之间进行了分解。一些国家拥有的信息比IEA数据库更为详细。

图F.6 ● 货运指标金字塔



IEA 数据库中要求的数据

说明：IEA数据库不包含按公路货运车辆类型划分的信息。由于缺乏信息，航空旅行不包括在IEA分析中。一些国家拥有的信息比IEA数据库更为详细。

# Online bookshop

[www.iea.org/books](http://www.iea.org/books)

PDF versions at 20% discount

Email: [books@iea.org](mailto:books@iea.org)



Energy  
Technology  
Perspectives  
series

World  
Energy  
Outlook  
series

Energy  
Policies  
of IEA  
Countries  
series

Energy  
Statistics  
series

Oil

Medium-  
Term Market  
Reports  
series

Renewable  
Energy

Energy  
Efficiency  
Market  
Report

Energy  
Policies  
Beyond IEA  
Countries  
series

Coal

Gas

此报告原文用英语发表。虽然国际能源署已尽力确保中文译文忠实于英文原文，  
但译文和原文之间仍难免略有差异。

This document and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries, and to the name of any territory, city or area.

This publication reflects the views of the IEA Secretariat but does not necessarily reflect those of individual IEA member countries. The IEA makes no representation or warranty, express or implied, in respect of the publication's contents (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the publication.

IEA PUBLICATIONS, 9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15  
Layout by Jacken Zheng and printed in France by IEA, October 2015  
Cover design: IEA, photo credits: © GraphicObsession



# 能效指标：政策制定必备指南

能源效率日益成为世界各地众多国家的政策重点。能效被广泛认为是解决众多能源相关问题的最经济有效和现成可用的手段，这些问题包括能源安全、高能源价格的社会经济影响、对气候变化的担忧。同时，能效还能增加竞争力和提高消费者福利。

在这一背景下，制定和维持合理有据的能效指标具有重要意义，这可以更好地为政策制定提供更好的信息，帮助决策者制定最适合其国内外目标的政策。然而，选择和制定适当的能效指标为政策制定提供支持并非轻而易举之事。

本出版物力求为能源分析师和政策制定者提供以下帮助：

- ◆ 确定制定能效指标的优先领域
- ◆ 界定哪些部门具有最大的能效提高潜力
- ◆ 筛选能够为这些部门政策制定提供最好支持的数据和指标
- ◆ 建立应用能效指标和追踪能效政策进展的有关战略

本出版物及其配套文件《能效指标：统计学基础》旨在为建立和 / 或进一步制定深层能效指标提供必要工具，从而为决策过程提供支持。