



上海财经大学
SHANGHAI UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS

Energy Data and Energy Balances

能源数据与能源平衡

Jianghua Liu/刘江华

[Email:liu.jianghua@shufe.edu.cn](mailto:liu.jianghua@shufe.edu.cn)

单元目标

1. 理解能源平衡表的基本概念与结构
2. 掌握能源数据的转换方法（标准煤/标准油换算）
3. 能够独立阅读与解读中国和其他国家的能源平衡表
4. 理解 EBT 在能源政策与碳中和战略中的作用



单元内容

- 能源核算框架
- 能源平衡表的构建与解读
- 能源平衡表的应用与政策分析



第一部分：能源核算框架

1. 基本定义

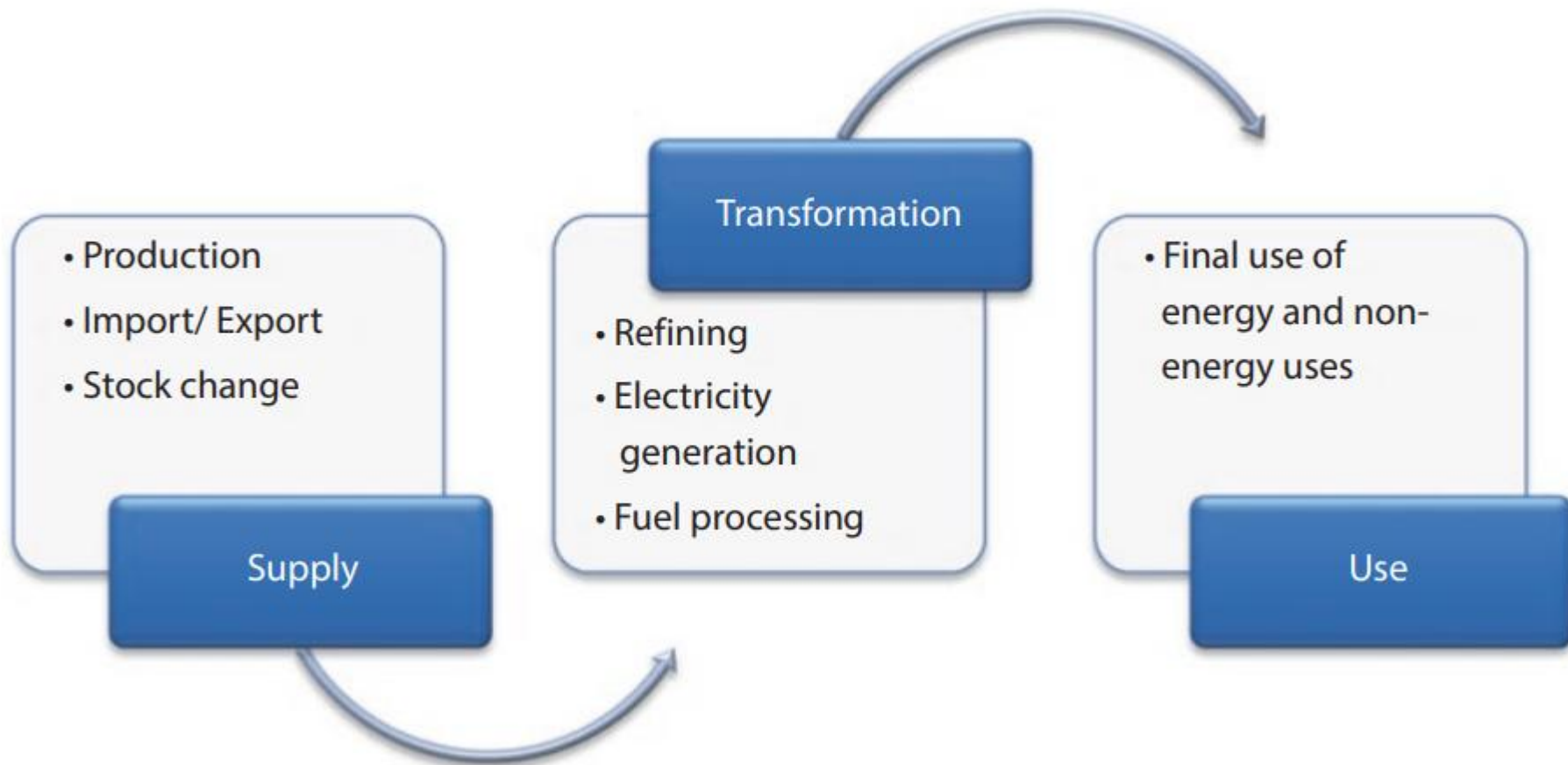
能源核算框架是一套记录能源流全过程的会计体系，涵盖从一次能源供给，经由各类转化环节，到最终消费和非能源用途的完整链条。其核心作用是**避免重复计算**，并保证能源数据在不同部门和能源形态之间的可比性。

问题：为什么要避免重复计算？

同一种能源在不同环节可能以不同形态多次出现，如果不加区分就会导致总量被高估。能源平衡表的目标是核算能源净流量，而不是所有物理数量的机械相加。如果重复计算，就无法准确衡量一个国家的能源供给、转化效率和最终消费规模，也会影响能源强度、碳排放等指标的真实性。



第一部分：能源核算框架



问题：为什么是这三个部分？



能源平衡表三部分逻辑说明

能源平衡表分为“供给—转换—最终消费”三大部分，这是国际能源统计的标准做法。之所以采用这三部分结构，原因主要有以下几点：

1. 能源流动的自然顺序

能源的生命周期可分为三个阶段：获取（供给）—转化—使用。先有资源获取（国内生产、进口、库存释放），再经过转化满足使用条件，最后进入终端消费。因此，三部分结构符合能源从“源头”到“终端”的自然流动逻辑。

2. 避免重复计算

如果直接把供给与消费相加，会重复计入转化环节的能源（如煤炭发电再转化为电力）。通过将“转化”单独列出，可以清晰区分一次能源和二次能源，确保平衡表数据真实、无重复。

3. 国际标准的统一性

IRES、IEA 以及各国能源统计体系均采用三部分结构，保证各国能源数据的可比性和互操作性，便于国际比较与碳排放核算。

4. 政策分析的便利性

供给部分有助于判断能源安全（进口依赖度、库存调节能力）；转化部分用于衡量能源效率（发电效率、炼油损耗、输配损失）；最终消费部分反映产业结构和消费结构。三部分分工使平衡表既是统计工具，也是政策工具。



3. 单位与折算

IRES 推荐统一使用焦耳 (Joule) 作为国际标准单位，同时允许辅以吨油当量 (toe) 和吨标准煤 (tce) 等商业单位。热值换算以净热值 (NCV) 为优先，因其更符合当前能源利用的技术条件。



Energy balances use a simple aggregation method where each energy source is converted to a common energy unit and aggregated by simple addition. Two types of units are commonly used:

能源平衡表将能源商品的所有物理单位都统一为热量单位，主要的方法有两种：

Precise (or scientific) units: Scientific units include calorie, joule, Btu and kWh. These indicate the heat or work measures of the energy.

精确的（科学的）单位：包括卡、焦、Btu（英热制单位）以及kWh。这表明了能源可以发的热量或者可以做的功。



Joule

The unit of heat in the SI-system. The Joule is

- a unit of energy equal to the work done when a force of one newton acts through a distance of one meter.
- 4.184 joule of heat energy (or one calorie) is required to raise the temperature of a unit weight (*1 g*) of water from 0°C to 1°C , or from 32°F to 33.8°F



Calorie

A calorie is commonly defined as

- the amount of heat required to raise the temperature of one gram of water 1°C
- $1 \text{ kcal} = 4184 \text{ J} = 3.9683 \text{ Btu} = 1000 \text{ cal}$

BTU - British Thermal Unit

The unit of heat in the imperial system - the *BTU* - is the amount of heat required to raise the temperature of one pound of water through 1°F (58.5°F - 59.5°F) at sea level (30 inches of mercury).

[Joules to BTU conversion calculator \(rapidtables.com\)](http://rapidtables.com)

	Joule	Calorie	BTU
Joule	--	0.2390	0.000948
Calorie	4.184	--	0.00397
BTU	1055	252	--



Imprecise (or commercial) units: These units provide a sense of physical

Table 2.9 Conversion from precise to imprecise units

Energy units	
1 Mtoe	10^7 Gcal
1 Mtoe	3.968×10^7 MBtu
1 GWh	860 Gcal
1 GWh	3412 MBtu
1 TJ	238.8 Gcal
1 TJ	947.8 MBtu
1 MBtu	0.252 Gcal
1 MBtu	2.52×10^{-8} Mtoe
1 Gcal	10^7 Mtoe
1 Gcal	3.968 MBtu

For example, IEA defines the ton of oil equivalent as one metric ton of crude oil having a net calorific value of 10 Gcal (=41.9 GJ).



4. 统计差额与平衡关系

能源平衡表通过“供给总量 = 转化 + 最终消费 + 统计差额”来实现闭合。统计差额用于反映数据收集和核算中不可避免的误差或估算缺口。

问题：为什么会存在差额呢？

1. **数据来源不同步**：供给数据往往来自生产部门、海关和库存，消费数据则来源于用户调查或企业报送，两者在时间段和地理范围上可能存在不一致。
2. **计量方法与换算差异**：同一种能源在供给和消费环节可能采用不同的计量方法（重量、体积、能量单位），热值折算系数差异（如煤炭质量差异、NCV 与 GCV 混用）也会带来偏差。
3. **统计误差与漏报**：部分能源消费部门可能存在漏报或估算不足，进出口数据可能存在时差（如年底进口、次年消费）。
4. **转换与损耗估算不精确**：发电厂、炼油厂等转换环节的效率多采用行业平均值，输电损耗、管道泄漏多由模型推算而非实测，因此带来误差。



- 思考题：为什么会有统计差额？
- 思考题：为什么需要用统一单位表示能源？
- 思考题：能源核算框架通常包括供给、转换和最终消费三个部分？

实践题：如何在SankeyMATIC上绘制能源平衡表图？



第二部分：能源平衡表的构建与解读

1. 基本定义

能源平衡表是一种统计表格，系统记录一个国家或地区在特定时期内能源的供给、转换和最终消费，旨在全面反映能源流动与利用的全过程。它以能量单位为度量，避免能源在不同环节的重复计算，并保持供给与使用之间的平衡。(联合国统计司 (UNSD, IRES))

问题：与能源核算框架有什么关系？



Table 2.1 Categories of energy commodities

Form	Primary	Secondary
------	---------	-----------

Table 2.2 Energy classifications

Renewability	Commercial	Non-commercial/ Traditional	Conventional	Non-conventional
Renewable	Large hydro Geothermal	Animal residue Crop residue Sustainably sourced fuel- wood Windmills and water mills	Solar energy Mini/micro hydro projects	
Non-renew- able	Fossil fuels (coal, oil, natural gas)	Unsustainable fuelwood		Oil from oil sands Oil from coal or gas

Source Author



The supply involves indigenous production, imports or exports of fuel and changes in stock levels (either stock pileup or stock draw down).

能源供给包括国内生产或者减少）。

Transformation conver

secondary energies for

processes normally invo

Transportation and trans

能源转换就是讲不同形

用的二次能源。转化过程

过程都会产生能量的损失。

The final users utilize

needs of cooling, heating, lighting, motive power, etc.

最终用户使用不同形式的能源来满足最终的需求，如制冷、取暖、照明、提供动力等。

- Resource-rich country, supply segment well developed 资源丰富的国家，国内供给 更好地开发（美国）
- Resource-poor country, transformation and final use segments more developed 资源贫乏的国家，转化和终端使用部门更发达（日本）

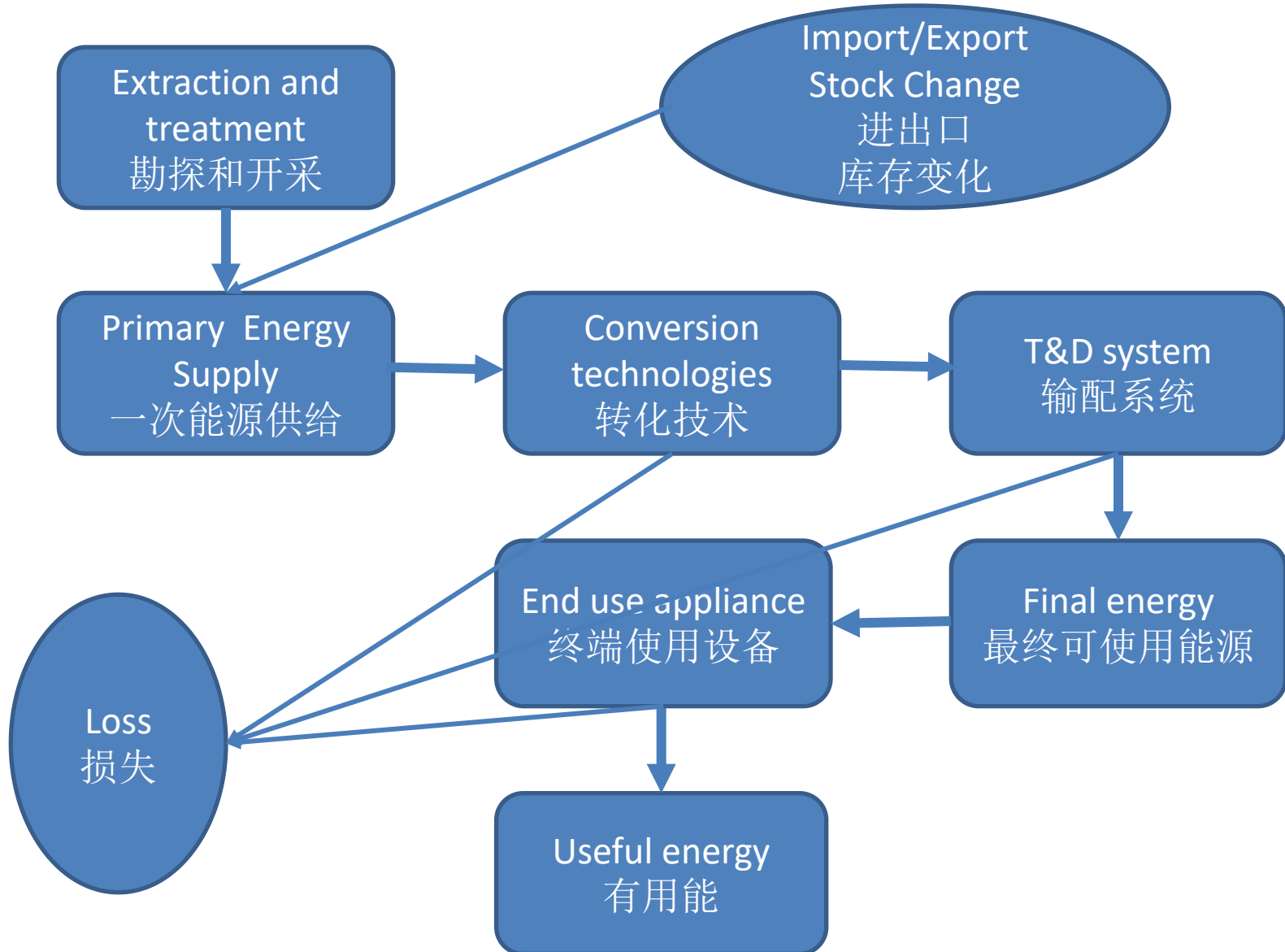
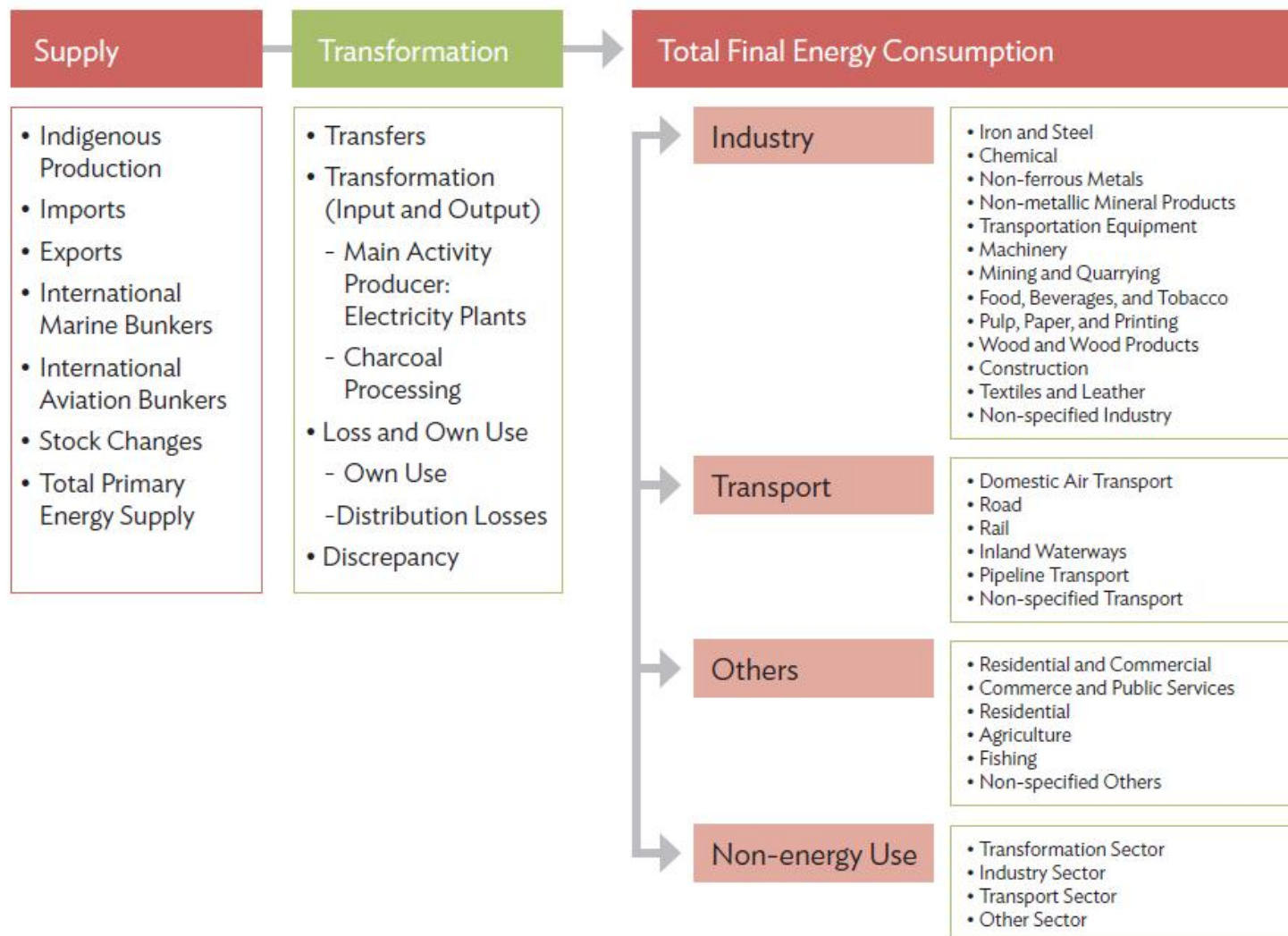




Figure 2.1. Energy Flow in the Energy Balance





Normally the framework is applied to each individual fuel or energy type used in an economy and thus the energy account is essentially a matrix where

- Each type of fuel is considered along the columns. The columns are chosen based on the importance of energy commodities in the country under consideration. More diversified the energy system, more detailed accounting is required.
- Each row captures the flow of energy. The rows are organized in three main blocks to indicate the supply of energy, its transformation and final use (see Fig. 2.3).

一般来说，能源会计框架以矩阵的形式体现，其中：

列是不同的能源品种，每个国家可以根据能源品种的重要性来进行选择，能源品种越丰富，说明该国的能源信息越详细；

行是能源流的信息。行主要是通过能源供给、转化和终端使用三个模块来体现能源流的信息。



- 纵向构成:

纵向来看, 能源平衡表包括**六个部分**, 分别为:

一、可供本地区消费的能源量; 二、加工转换投入 (-) 产出 (+) 量;
三、损失量; 四、终端消费量; 五、平衡差额; 六、消费量合计。各部分存在如下平衡关系。

一、可供本地区消费的能源量=五、平衡差额+六、消费量合计;
六、消费量合计=四、终端消费量+三、损失量-二、加工转换投入
(-) 产出 (+) 量

- 横向构成:

横向来看, 能源平衡表包括**七个部分**——煤品、油品、天然气、热力、电力、其他、合计, 其中煤品、电力、合计三项较为特殊, 具体如下。

煤品: 平衡表中“煤合计”**不代表**所有煤品的总和。

煤炭消费=煤合计+煤矸石+焦炭+焦炉煤气+高炉煤气+转炉煤气+其他煤气+其他焦化产品

煤合计=原煤+洗精煤+其他洗煤+煤制品

原煤=无烟煤+烟煤+褐煤

烟煤=炼焦烟煤+一般烟煤



As energy is used for meeting certain needs, it is used in conjunction with appliances. The efficiency of the appliance affects the demand. The consumer is interested in the useful energy (i.e. the energy required to meet the need and not the final or primary energies). Reducing losses can reduce pressure on fuel demand.

由于能源是用来满足人们的某种需求的，因此，能源的使用是通过设备实现的。设备的效率会影响能源的需求。消费者感兴趣的是有效的能量，即能够提供服务的能量。因此，降低损耗从而提高终端能源使用率可以更好地满足需求。

下面通过一个例子来说明。



An example will clarify this point. For example, a person wants to travel 10 kilometres in a car which uses one litre of fuel per 10 km. Transportation of fuel from refinery to the user involves a 5% loss. The refinery operates at an efficiency level of 95% and produces 30% gasoline from the crude oil it uses. The crude oil recovery rate from the national fields is 20% at present. How much crude oil is required to complete the distance?

举例说明：一个人需要开车旅行10公里，该汽车每10公里需要耗油1升。已知将汽油从炼油厂运输到消费者损耗为5%；炼油厂的效率是95%，原油转化汽油的效率为30%。原油的开采率为20%。请问，该汽车行使10公里需要消耗原油多少升？



The content of Energy Balance Table

1. Upper sector (Primary Energy Supply) – This sector intends to show flows representing indigenous energy production, imports, and exports in the national territory, as well as stock changes to provide information on the amount of energy available in the national territory during the reference period. The supply flows consist of production of primary energy products and imports of both primary and secondary energy products. The flows removing energy from the national territory are exports of primary and secondary energy products and international bunkers. The aggregate of the balance, which is the total energy supply, is computed as:

Total Primary Energy Supply

*= Indigenous Production + Imports + Exports + International Marine Bunkers
+ International Aviation Bunkers + Stock Changes*



The content of Energy Balance Table (to be continued)

2. Middle sector (Energy Transfer and Transformation) – This sector intends to show flows of how energy is transformed, transferred, used by energy industries for their own use, and losses in distribution and transmission. Power generation and petroleum refinery processes are major activities in this sector.

3. Lower sector (Final Energy Consumption) – This sector intends to show flows of how energy is being consumed by the final users. The flows reflect the final energy consumption and non-energy use of energy products. Thus, it excludes deliveries of fuel and other energy products for use in transformation processes and use of energy products for the energy needs of the energy industries (both covered in the middle block). Final energy consumers are grouped into three main categories:

- (i) Manufacturing, construction, and non-fuel mining industries;
- (ii) Transport; and
- (iii) Others (agriculture, forestry and fishing, commerce and public services, households, and other consumers).



The content of Energy Balance Table (to be continued)

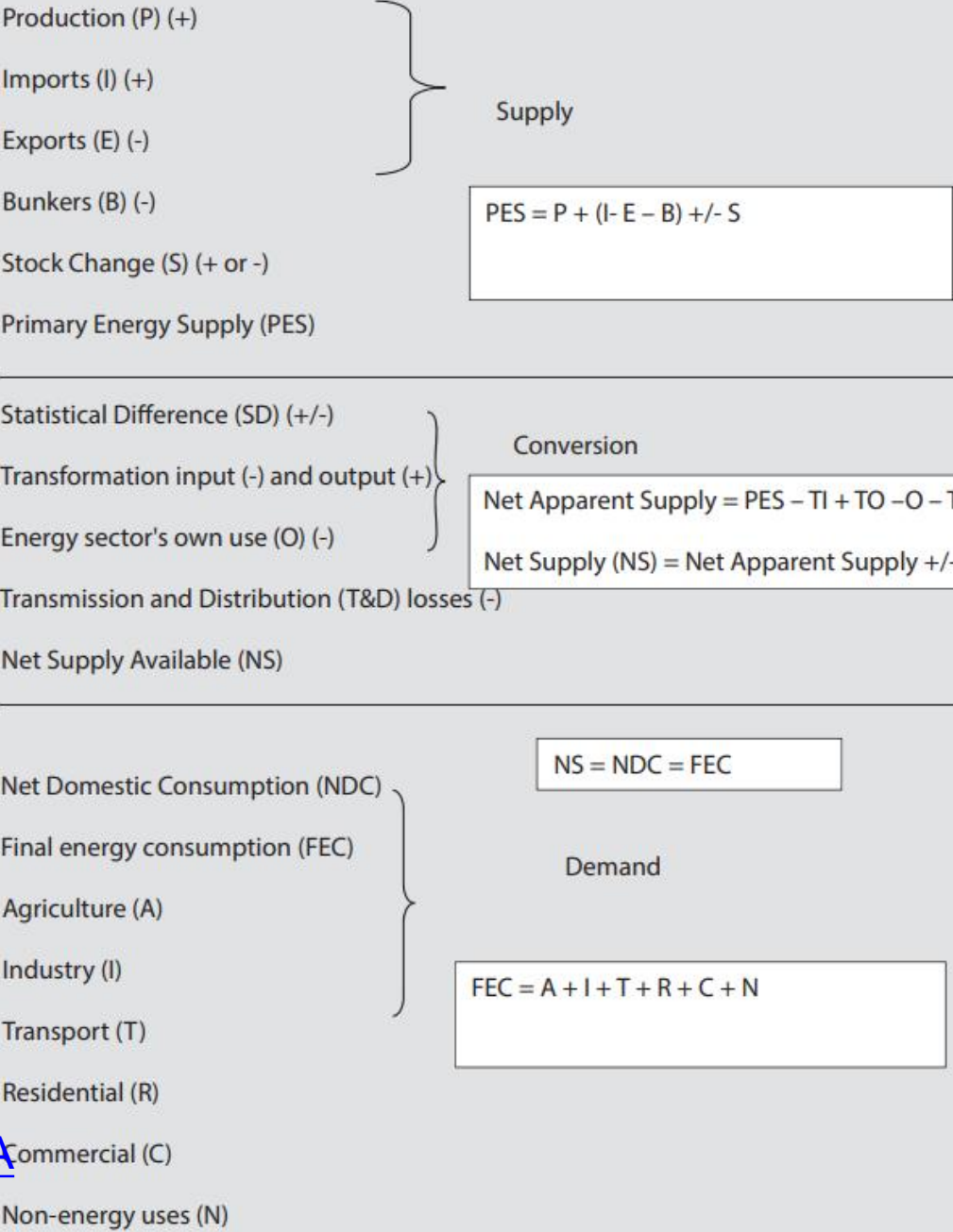
A separate row is reserved for the statistical difference, which is defined as the difference between the total supply of energy products and its total use.

The statistical difference occurs because of the discrepancy arising from various practical limitations and problems related to the collection of the data which make up supply and demand.

These include sampling or other collection errors and/or data taken from different data sources which use different time periods, different spatial coverage, different fuel specifications, or different conversions from volume to mass or from mass to energy content in the supply and demand sides of the balance.

$$\begin{aligned} \text{Statistical Difference} = & \text{Total Primary Energy Supply} + \text{Transfers} + \\ & \text{Transformation} + \text{Energy Industries' Own Use} + \\ & \text{Losses} - \text{Final Consumption} \end{aligned}$$

Fig. 2.3 Main
considered in e
accounting. *Sou*
(1982), Codoni
UN (1991) and



e Table

Supply

Conversion

Demand

数据来源: [IEA](#)



我国的能源平衡表：

- 《中国能源统计年鉴》公布了截止**2021**年全国**30**个省、自治区、直辖市（除西藏）的能源平衡表（实物量）（**1986**、**1989**、**1991-1996**、**1991**、**1997-1999**、**2000-2002**、**2004-2022**）。
- 各省市统计年鉴，全国**30**个省、自治区、直辖市（除西藏）公布了本地区的综合能源平衡表（标准量）。
- [《香港能源统计年刊》](#)发布了**2022**年香港整体能源平衡表。
[《澳门统计年鉴》](#)发布了澳门**2021**年能源平衡表。国际能源署数据库发布了台湾地区**2021**年能源平衡表。



课堂作业：

- 1、我国现有的能源平衡表有哪些？（省份、城市、年份）；
- 2、通过学校的图书馆找到中国能源统计年鉴里面的国家和省份的能源平衡表：
 - （1）对比和解读**2014**年和**2024**年我国的能源平衡表；
 - （2）分别找一个能源生产为主的省份和一个能源消费为主的省份，对比两个省份的能源平衡表的区别。
- 3、找两个国家的能源平衡表，一个是能源禀赋丰裕的国家，一个是能源进口为主的国家如日本，比较二者**2022**年的能源平衡表。