



中华人民共和国国家标准

GB/T 33757.2—202X

分布式冷热电能源系统的节能率 第2部分：多能源互补驱动系统

Energy saving rate for distributed energy system of combined cooling, heating and power-Part 2: Multi-energies hybrid systems

（征求意见稿）

（2023年9月）

202X – XX – XX 发布

202X – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

前 言

- 本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。
- 请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。
- 本文件由全国能量系统标准化技术委员会（SAC/TC459）提出并归口。
- 本文件起草单位：中国科学院工程热物理研究所、中国标准化研究院 等。
- 本文件主要起草人：

分布式冷热电能源系统的节能率 第2部分：多能源互补驱动系统

1 范围

本标准规定了多能源互补驱动分布式冷热电能源系统节能率的系统界定与统计范围、计算方法、系统评价的实施步骤与方法。

本标准所述多能源主要指：气体或液体化石燃料、气体或液体生物质燃料、氢、可再生电（光伏电和风电）、网电、外部工业余热、太阳热能等。

本标准不适用于纯可再生能源驱动的系统。系统输入的网电仅限于用作风机、水泵的动力。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 2587—2009 用能设备能量平衡通则
- GB/T 2589—2020 综合能耗计算通则
- GB/T 3484—2009 企业能量平衡通则
- GB/T 17167—1997 企业能源计量器具配备与管理导则
- GBT 19001—2018 质量管理体系GBT 19001—2016应用指南
- GB/T 28750—2012 节能量测量和验证技术通则
- GB/T 32910.4—2021 数据中心 资源利用 第4部分：可再生能源利用率
- GB/T 33757.1—2017 分布式冷热电联供系统的节能率 第1部分：化石能源驱动系统

3 术语和定义

3.1

多能源互补驱动分布式冷热电能源系统 Multi-energies hybrid systems of combined cooling, heating and power

临近用户设置，各类以化石能源、可再生能源和氢能驱动的发电，并梯级利用、互补利用各类输入能源和系统发电余热联产冷和（或）热，且就地向用户输出电、冷和/或热的能源系统；以下简称多能源系统。

注：参考GB/T 33757.1-2017的术语和定义3.1修改。

3.2

统计报告期 statistical reporting period

统计用计时时段，为一个供冷季和一个供热季的连续运行年；以下简称报告期。

注：参考GB/T 28750—2012的术语和定义3.4修改。

3.3

报告期能耗 energy consumption in reporting period

在报告期内，多能源系统为生产冷热电而实际消耗的各种能源实物量（包括燃料、电、外部工业余热、太阳热能）的计量能源量。若输入的是可再生能源或网电，则该能源量为按照其从一次能源到输入能源的转化过程效率规定值推算的一次能源的量。

注：参考参考GB/T 2589—2012的术语3.5、GB/T 28750—2012的术语和定义3.6和GB/T 33757.1—2017的术语和定义3.2修改。

3.4

校准能耗 adjusted energy consumption

以常规技术和分产方式产出与多能源系统相同的冷热电时，按照规定方法分别将可再生能源折算为可再生能源消耗，并将化石能源折算为煤消耗的两者的合计能耗量。

注：参考GB/T 28750—2012的术语和定义3.7和GB/T 33757.1—2017的术语和定义3.3修改。

3.5

节能率 energy saving ratio

校准能耗与报告期能耗的差值相对于校准能耗的比值。

注：参考GB/T 33757.1—2017的术语和定义3.5修改。

3.6

综合能源利用率 comprehensive utilization ratio of energy

在报告期内，多能源系统的净产电、产冷和产热的综合能源量相对于报告期能耗的比值。

3.7

环境热源 environmental heat sources

符合热能设备与装置获取热能的参数要求之空气、水（河水、湖水等）、土壤；为热容量极大，温度相对稳定的自然环境热库。

4 系统界定与统计范围

4.1 多能源系统边界为系统的整体。多能源系统主要由各类以生产冷热电为目的的单元设备组成；具体包括供电设备、供冷设备（包括除湿）、供热设备、储能设备、调峰设备及所有界区内的相关附属设备。多能源系统的构成示意如图 1。

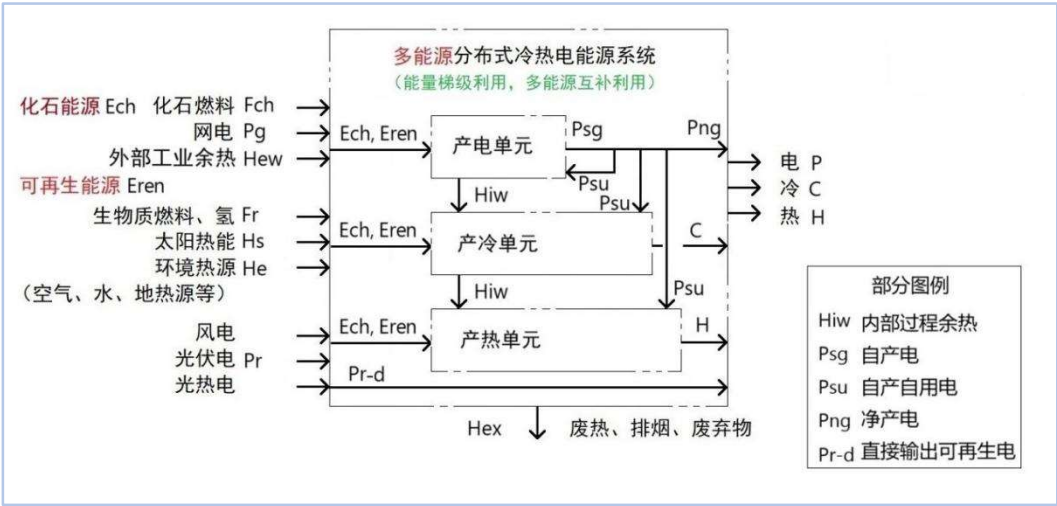


图 1 多能源系统构成与输入和输出能流示意

多能源系统中不包括可再生能源驱动的发电设备，也不包括生物质燃料的制造设备（如生物柴油或生物气体燃料制造设备等）；但是包括太阳能集热器、太阳能热化学反应器（如太阳能甲醇合成气设备）、环境热源的获取设备（如热泵的空气源、水源或地源换热器等）。

边界一经确定，在报告期能耗计算过程中不应改变。

4.2 多能源系统的输入能源中的燃料，包括各种化石燃料和可再生燃料以及氢；电，包括网电和各种可再生电等；以及热，包括外部工业余热和太阳能，以及环境热源。多能源系统的输出能源为电、冷和热。多能源系统的输入和输出示意如图 1。

4.3 能耗数据的统计范围包括各类以生产冷热电为目的实际消耗的一次能源和二次能源等各种能源；不包括基建、技改等项目建设消耗的以及生产过程中回收利用的和向外输出的能量量。

4.4 能耗数据的原始数据包括能源计量器具读数记录、能耗在线监测系统的数据记录、能源统计报表、收/发货单、能源费用账单等。多能源系统应执行 GB/T 17167 的规定，配备满足管理需要的能源计量器具，制定和实施有关文件，对计量器具的购置、安装、维护和定期检定实行管理，保证其准确可靠。多能源系统应参照 GB/T 19001 的要求，严格管理输入与输出能源的数量和质量，以及经济核算台账。根据输入与输出数据的管理要求，考核多能源系统整体的能量平衡。能量平衡方法按 GB/T 2587 和 GB/T 3484 及有关标准规定进行。

5 计算方法

5.1 节能率

节能率按照公式（1）计算：

$$\begin{aligned}\alpha &= (E_a - E_r) / E_a \\ &= 1 - E_r / E_a\end{aligned}\quad (1)$$

式中：

α ——多能源系统的节能率；

E_r ——报告期能耗，按照附录 A 计算，单位为太瓦时（TWh）；

E_a ——校准能耗，按照附录 B 计算，单位为太瓦时（TWh）。

5.2 综合能源利用率

综合能源利用率按照公式（2）计算：

$$\beta = (P_{ng} + C + H) / E_r \quad (2)$$

式中：

β ——多能源系统的综合能源利用率；

P_{ng} 、 C 和 H ——分别为净产电、产冷和产热的能量量，单位为太瓦时（TWh）。

净产电按照公式（2a）计算：

$$\begin{aligned}P_{ng} &= P_{ng-ch} + P_{ng-r} \\ &= P_{sg} - P_{su} \\ &= P - P_{r-d} \\ &= P - (P_r - P_{r-cons})\end{aligned}\quad (2a)$$

式中：

P_{ng-ch} 和 P_{ng-r} ——分别为利用化石能源的净产电和利用可再生能源的净产电的能量量，单位为太瓦时（TWh）；

P_{sg} 和 P_{su} ——分别为自产电和自产自用电的能量量，单位为太瓦时（TWh）；

P 、 P_{r-d} 、 P_r 和 P_{r-cons} ——分别为多能源系统的输出电、直接输出的可再生电、输入的可再生电和为产冷和产热消耗的可再生电的能量量，单位为太瓦时（TWh）。

6 系统评价的实施步骤与方法

6.1 确定系统边界与统计范围

按照 4.1 的要求确定多能源系统边界，并按照 4.3 的要求确定能耗数据的统计范围。

6.2 统计各类能耗数据

统计多能源系统的各类能耗数据和冷热电输出数据，编制计算报表；计算报表的编制方法和要求参见附录 C；并通过报表核实与系统能量平衡的核提高数据质量。

6.3 计算评价指标

计算多能源系统的各项评价指标数值。评价指标的数值计算方法说明参见附录 C。

6.4 分析和评价多能源系统

多能源系统的分析和评价包括：1) 评价系统的电、冷和热的负荷比例；2) 分析能源利用和多能源互补特性，评价多能源系统的评价系统的能量集成水平和多能源互补利用的状况；3) 评价可再生能源利用特性等。综合上述评价，揭示能量损失原因与技术不足，选择合理用能、高品质用能的技术途径，探索多能源系统改进潜力。

多能源系统的分析与评价方法参见附录 C。

附录 A
(规范性)

报告期能耗的计算方法

A.1 报告期能耗

报告期能耗按照公式 (A.1) 计算：

$$E_r = F_{\text{cons}} + P_{\text{cons}} + H_{\text{cons}} \tag{A.1}$$

式中：

F_{cons} 、 P_{cons} 和 H_{cons} ——分别为消耗于生产冷热电的各种燃料、电和热的能量量，单位为太瓦时 (TWh)。

A.2 燃料的消耗量

A.2.1 燃料物性与能源转化过程的效率规定值

(1) 燃料物性

计量各种输入燃料能量量时，若涉及燃料混合物组分的分子量、标准燃烧热 (25℃，低热值)、气体燃料比容 (25℃，100 kPa) 或液体燃料密度，可分别按照表 A.1 查取。燃料混合物的燃烧热的计算方法参见附录 C。

表 A.1 部分燃料纯组分的物性

1. 气体燃料					
序号	气体燃料	分子式	分子量 g/mol	比容 cm³/g	标准燃烧热 kJ/mol
1	氢气 (气)	H ₂	2.016	12305.50	241.9
2	一氧化碳 (气)	CO	28.010	884.53	283.0
3	甲烷 (气)	CH ₄	16.043	1542.34	803.0
4	乙烷 (气)	C ₂ H ₆	30.070	818.07	1428.9
5	丙烷 (气)	C ₃ H ₈	44.097	552.67	2043.5
6	丁烷 (气)	C ₄ H ₁₀	58.123	413.27	2658.0
7	乙炔 (气)	C ₂ H ₂	26.038	946.14	1257.2
8	乙烯 (气)	C ₂ H ₄	28.054	878.53	1323.4
9	丙烯 (气)	C ₃ H ₆	42.081	579.95	1926.2
10	二甲醚 (气)	C ₂ H ₆ O	46.069	528.73	1328.6
2. 液体燃料					

序号	液体燃料	分子式	分子量	密度 g/cm ³	标准燃烧热 kJ/mol
1	戊烷（液）	C ₅ H ₁₂	72.150	0.6262（20℃）	3245.5
2	己烷（液）	C ₆ H ₁₄	86.177	0.6606（25℃）	3855.8
3	环己烷（液）	C ₆ H ₁₂	84.161	0.7739（25℃）	3656.1
4	甲醇（液）	CH ₄ O	32.042	0.7914（20℃）	638.3
5	乙醇（液）	C ₂ H ₆ O	46.069	0.7893（20℃）	1235.0
6	1-丙醇（液）	C ₃ H ₈ O	60.096	0.7997（25℃）	1845.6
7	苯（液）	C ₆ H ₆	78.114	0.8765（20℃）	3135.8
8	甲苯（液）	C ₇ H ₈	92.141	0.8623（25℃）	3734.6

注：液体燃料密度数值后的括号内为测试温度。

（2）能源转化过程的效率规定值

多能源系统的能耗数据中的化石能源量维持其统计计量数据；网电或可再生能源，则须按照其从一次能源到输入能源的转化过程效率规定值折合成相应的一次能源量。若涉及网电或某种再生能源，相应的能源转化过程效率规定值分别按照表 A.2 查取。

表 A.2 能源转化过程效率规定值

项目	一次能源/系统输入能源	转化过程	数值
电	煤/网电	燃煤发电效率（ η_P ），%	40.77
可再生电	太阳能辐照/光伏电	光伏发电效率（ η_{P-PV} ），%	20.0
可再生电	风力/风电	风力发电效率（ η_{P-W} ），%	37.5
生物质燃料	生物质/气体生物质燃料	气体生物质转化效率（ η_{P-r} ），%	80.0
太阳热能	太阳能辐照/热能	太阳能平板式集热效率（ η_{S-1} ），%	50.0
太阳热能	太阳能辐照/热能	太阳能槽式集热效率（ η_{S-2} ），%	60.0

A. 2. 2 各种燃料的消耗量

在化石燃料和生物质燃料（包括氢）全部被用于生产冷热电的条件下，各种燃料的消耗量，按照公式（A.2）计算：

$$F_{\text{cons}} = F_{\text{ch}} + F_{\text{r}} \tag{A.2}$$

式中：

F_{ch} 和 F_{r} ——分别为化石燃料和生物质燃料的能源量，单位为太瓦时（TWh）。

A. 2. 3 化石燃料的消耗量

化石燃料的消耗量按照公式 (A.2a) 计算：

$$F_{\text{ch}} = (3.6 \times 10^{-3}) m_{\text{F-ch}} \Delta_c h_{\text{F-ch}} \quad (\text{A.2a})$$

式中：

3.6×10^{-3} ——千焦转换成太瓦时的系数，单位为太瓦时每千焦 (TWh/kJ)；

$m_{\text{F-ch}}$ ——化石燃料的总质量，单位为千克 (kg)；

$\Delta_c h_{\text{F-ch}}$ ——化石燃料的燃烧热 (低热值) 实测值，单位为千焦每摩尔 (kJ/kg)。

无实燃烧热 (低热值) 的实测值时，化石燃料的消耗量按照公式 (A.2b) 计算：

$$F_{\text{ch}} = (3.6 \times 10^{-3}) n_{\text{F-ch}} \sum x_i \Delta_c H_i^0 \quad (\text{A.2b})$$

式中：

$n_{\text{F-ch}}$ ——化石燃料的总摩尔量，单位为摩尔 (mol)；

x_i ——化石燃料混合物中某个组分的摩尔分数；

$\Delta_c H_i^0$ ——化石燃料的燃烧热 (低热值)；数值按照表 A.1 查取，使用其他来源数据时需要说明；单位为千焦每摩尔 (kJ/mol)。

A.2.4 生物质燃料的消耗量

生物质燃料的消耗量按照公式 (A.2c) 计算：

$$F_r = (3.6 \times 10^{-3}) m_{\text{F-r}} \Delta_c h_{\text{F-r}} / \eta_{\text{F-r}} \quad (\text{A.2c})$$

式中：

$m_{\text{F-r}}$ ——生物质燃料的总质量，单位为千克 (kg)；

$\Delta_c h_{\text{F-r}}$ ——生物质燃料的燃烧热 (低热值) 实测值，单位为千焦每摩尔 (kJ/kg)；

$\eta_{\text{F-r}}$ ——气体生物质转化效率，按照表 A.2 查取。

无实燃烧热 (低热值) 的实测值时，生物质燃料的消耗量按照公式 (A.2d) 计算：

$$F_r = (3.6 \times 10^{-3}) n_{\text{F-r}} \sum x_j \Delta_c H_j^0 / \eta_{\text{F-r}} \quad (\text{A.2d})$$

式中：

$n_{\text{F-r}}$ ——生物质燃料的总摩尔量，单位为摩尔 (mol)；

x_j ——生物质燃料混合物中某个组分的摩尔分数；

$\Delta_c H_j^0$ ——生物质燃料的燃烧热 (低热值)，数值按照表 A.1 查取，使用其他来源数据时需要说明；单位为千焦每摩尔 (kJ/mol)。

A.3 电的消耗量

按照网电全部被消耗，各种电的消耗量按照公式（A.3）计算：

$$P_{\text{cons}} = P_{\text{g}} / \eta_{\text{p}} + P_{\text{r-cons}} / \eta_{\text{p-r}} \tag{A.3}$$

式中：

P_{g} ——输入的网电的能源量，单位为太瓦时（TWh）；

η_{p} 和 $\eta_{\text{p-r}}$ ——分别为燃煤发电效率和可再生电发电效率（对应发电方式选择），按照表 A.2 查取。

A.4 热的消耗量

各种热的消耗量按照公式（A.4）计算：

$$H_{\text{cons}} = H_{\text{ew}} + H_{\text{s}} / \eta_{\text{s}} \tag{A.4}$$

式中：

H_{ew} 和 H_{s} ——分别为外部工业余热和太阳热能的消耗量，单位为太瓦时（TWh）；

η_{s} ——太阳热能的集热效率（对应集热器形式），按照表 A.2 查取。

附录 B
(规范性)

校准能耗的计算方法

B.1 校准能耗与能效规定值

B.1.1 校准能耗

校准能耗按照公式 (B.1) 计算：

$$E_a = (P_{a-ch} + P_{a-r}) + (H_{a-ch} + H_{a-r}) \tag{B.1}$$

式中：

P_{a-ch} 和 P_{a-r} ——分别为利用化石能源产电和用电的校准能耗，以及利用可再生能源产电和用电的校准能耗，单位为太瓦时 (TWh)；

H_{a-ch} 和 H_{a-r} ——分别为利用化石燃料、外部工业余热产热的校准能耗，以及利用生物质燃料、太阳能热能产热的校准能耗，单位为太瓦时 (TWh)。

B.1.2 能效规定值

校准能耗须合计将可再生能源折算为可再生能源的消耗，以及将化石能源折算为煤的消耗。其计算所需的能效规定值分别按照表 B.1 查取。

表 B.1 校准能耗计算的能效规定值

项目	参数名称	数值
产热	燃煤锅炉热效率 (η_B)，%	85
	气体生物质锅炉热效率 (η_{B-b})，%	95
	太阳能平板式集热效率 (η_{s-1})，%	50.0
	太阳能槽式集热效率 (η_{s-2})，%	60.0
	电热器热效率 (η_H)，%	95
产冷	压缩式制冷性能系数 (COP_C)，-	4.5

B.2 产电和用电的校准能耗

B.2.1 利用化石能源产电和用电的校准能耗

利用化石能源产电和用电的校准能耗按照公式 (B.2) 计算：

$$P_{a-ch} = (P_{ng-ch} + P_{C-ch} + C_{nP-ch} / COP_C + P_{H-ch} + H_{hp-ch} / \eta_H) / \eta_P \tag{B.2}$$

式中：

$P_{\text{ng-ch}}$ ——利用化石能源净产电的能量量，单位为太瓦时（TWh）；

$P_{\text{C-ch}}$ 和 $C_{\text{nP-ch}}$ ——分别为利用自产自用的化石能源电作压缩式制冷的耗电量，以及利用化石燃料、外部工业余热、内部过程余热热源的吸收式制冷产冷量，单位为太瓦时（TWh）；

COP_{C} ——压缩式制冷性能系数，按照表 B.1 查取；

$P_{\text{H-ch}}$ 和 $H_{\text{hp-ch}}$ ——分别为利用自产自用的化石能源电作电加热产热的耗电量，以及利用自产自用的化石能源电作压缩式热泵制热的产热量，以单位为太瓦时（TWh）；

η_{H} ——电热器热效率，按照表 B.1 查取。

B.2.2 利用可再生能源产电和用电的校准能耗

利用可再生能源产电和用电的校准能耗按照公式（B.3）计算：

$$P_{\text{a-r}} = (P_{\text{ng-r}} + P_{\text{C-r}} + C_{\text{nP-r}}/COP_{\text{C}} + P_{\text{H-r}} + H_{\text{hp-r}}/\eta_{\text{H}})/\eta_{\text{P-r}} \quad (\text{B.3})$$

式中：

$P_{\text{ng-r}}$ ——利用可再生能源净产电的能量量，单位为太瓦时（TWh）；

$P_{\text{C-r}}$ 和 $C_{\text{nP-r}}$ ——分别为利用可再生电作压缩式制冷的耗电量，以及利用太阳能热作吸收式制冷产冷量，单位为太瓦时（TWh）；

$P_{\text{H-r}}$ 和 $H_{\text{hp-r}}$ ——分别为利用可再生电作电加热产热的耗电量，以及利用可再生电作压缩式热泵制热的产热量，以单位为太瓦时（TWh）。

B.3 产热的校准能耗

B.3.1 利用化石能源产热的校准能耗

利用化石能源产热的校准能耗按照公式（B.4）计算：

$$H_{\text{a-ch}} = H_{\text{H-ch}}/\eta_{\text{B}} \quad (\text{B.4})$$

式中：

$H_{\text{H-ch}}$ ——利用化石燃料、外部工业余热、内部过程余热的产热量，单位为太瓦时（TWh）；

η_{B} ——燃煤锅炉热效率，按照表 B.1 查取。

B.3.2 利用可再生能源的校准能耗

利用可再生能源的校准能耗按照公式（B.5）计算：

$$H_{a-r} = H_{H-b} / \eta_{B-b} + H_{H-s} / \eta_s \tag{B.5}$$

式中：

H_{H-b} 和 η_{B-b} ——分别为利用气体生物质燃料的产热量，单位为太瓦时（TWh）；以及气体生物质燃料锅炉热效率，按照表 B.1 查取；

H_{H-s} 和 η_s ——分别为利用太阳能热能的产热量，单位为太瓦时（TWh）；以及太阳能集热效率（对应集热器形式），按照表 B.1 查取。

附录 C
(资料性)

多能源系统评价示例

C.1 确定系统边界和统计范围

本案例为一个天然气和光伏电互补驱动的分布式冷热电能源系统系统。输入的化石能源为天然气，可再生能源为光伏电。天然气侧主要包括内燃发电机组，余热吸收式制冷机组和余热换热器（产热）。光伏电侧主要包括光伏电输出单元，光伏电压缩式制冷机组和热泵机组（产热）；另外，光伏电还被用作天然气侧的风机、水泵等设备的动力。所以，天然气侧并非纯化石能源。该系统的输入与输出框图如图 D.1。

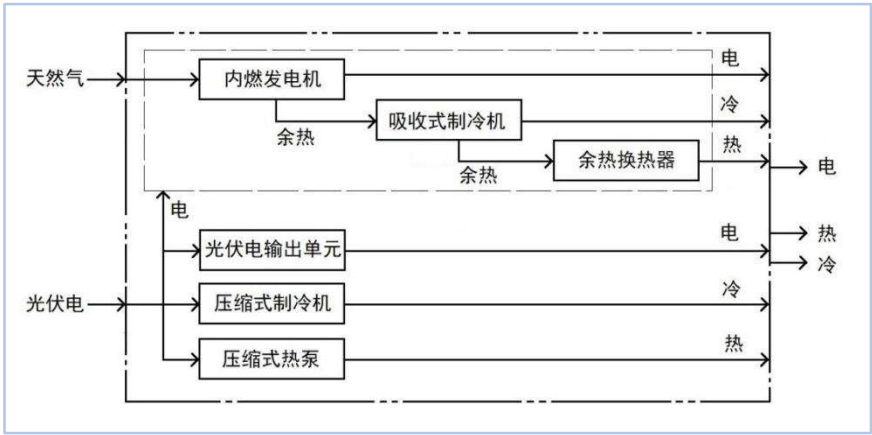


图 C.1 天然气和光伏电多能源系统

统计范围包括，报告期的天然气、光伏电的输入能源量、用于产电、产冷和产热的能耗、以及冷热电的产出数据。

C.2 能源数据统计

C.2.1 输入天然气能源量的计算

输入天然气的组成（摩尔分数）为：甲烷 0.85、乙烷 0.09、丙烷 0.04 和丁烷 0.04。按照附录 A 的方法和表 A.1 的数据，可计算天然气混合物的平均标准燃烧热为：

$$\begin{aligned}\Delta_c H_m^0 &= \sum x_i \Delta_c H_i^0 = 0.85 \times 803.0 + 0.09 \times 1428.9 + 0.04 \times 2043.5 + 0.02 \times 2658.0 \\ &= 946.05 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

类似地，可以计算出天然气混合物的平均分子量和平均比容分别为 19.27 g/mol 和 1414.99 cm³/g。

根据能源统计，报告期内的天然气平均流量为 29.36×10⁶ m³/h，故可计算出天然气能源量：

$$\begin{aligned} F_{\text{ch}} &= 3.6 \times 10^{-3} (V/M_{\text{m}}/v_{\text{m}}) \Delta_c H_{\text{m}}^{\theta} \\ &= 3.6 \times 10^{-3} \times (29.36 \times 10^6 / 19.27 / 1414.99) \times 946.05 \\ &= 2.380 \text{ GW} \end{aligned}$$

式中：

V ——输入的天然气总量，单位为立方米每时（ m^3/h ）；

M_{m} 和 v_{m} ——分别为输入天然气的平均分子量和平均比容，单位为克每摩尔（ g/mol ）和立方厘米每克（ cm^3/g ）。

按报告期为 240 天计，可计算出其天然气能源量为 13.709 TWh。

C.2.2 输入天然气能源量的计算

表 C.1 至表 C.3 的能源数据统计表汇总了案例系统的冷热电输出负荷、输入天然气能源量等能源统计数据，还包括了为计算报告期能耗、校准能耗、节能率和综合能源利用率所必需的数据。

表 C.1 能源数据统计表 1：冷热电输出数据

多能源系统输出	能源量，TWh	多能源系统输出	能源量，TWh
输出电量 P	10.813	直接输出可再生电量 $P_{\text{r-d}}$	5.000
输出冷量 C	6.394	输出热量 H	5.245

表 C.2 能源数据统计表 2：报告期能耗计算所需数据

化石能源侧①的消耗	能源量，TWh	可再生能源侧①的消耗	能源量，TWh
天然气等气体燃料 F_{ch}	13.709	天然气等气体燃料 F_{ch}	
生物质燃料、氢气 F_{r}		生物质燃料、氢气 F_{r}	
网电 P_{g}		网电 P_{g}	
化石能源自产自用电 $P_{\text{su-ch}}$		可再生能源自产自用电 $P_{\text{su-r}}$	
可再生电 $P_{\text{r-cons}}②$	0.367	可再生电 $P_{\text{r-cons}}$	2.042
外部工业余热 H_{ew}		外部工业余热 H_{ew}	
太阳能热 H_{s}		太阳能热 H_{s}	

注：①分别指以消耗化石能源为主的一侧和以消耗可再生能源为主的一侧。②消耗于产冷和（或）产热的可再生电 $P_{\text{r-cons}}$ 。

表 C.3 能源数据统计表 3：校准能耗计算所需数据

化石能源侧的消耗	能源量，TWh	可再生能源侧的消耗	能源量，TWh
化石能源净产电 $P_{\text{ch-ng}}$	5.813	可再生能源净产电 $P_{\text{r-ng}}$	

$P_{\text{su-ch}}$ 作压缩制冷耗电 $P_{\text{C-ch}}$		可再生电或 $P_{\text{su-r}}$ 压缩制冷耗电 $P_{\text{C-r}}$	1.688
化石燃料或热源吸收式制冷量 C_{nP}	3.894	太阳能热源吸收式制冷量 $C_{\text{nP-r}}$	
$P_{\text{su-ch}}$ 作电加热产热耗电 $P_{\text{H-ch}}$		可再生电或 $P_{\text{su-r}}$ 作电加热产热耗电 $P_{\text{H-r}}$	
$P_{\text{su-ch}}$ 作压缩式热泵产热量 $H_{\text{hp-ch}}$		可再生电或 $P_{\text{su-r}}$ 作压缩式热泵产热量 $H_{\text{hp-r}}$	2.500
化石燃料、外部工业余热、内部过程余热的产热量 $H_{\text{H-ch}}$	2.936	气体生物质燃料产热量 $H_{\text{H-b}}$	
		太阳能热能产热量 $H_{\text{H-s}}$	

C.3 评价指标计算

C.3.1 计算条件说明

本案例采用本标准给出的物性参数、参数规定和基本公式，没有其他特别的选择和规定；并采用本标准的专用计算软件进行数据处理和指标计算。

C.3.2 评价指标计算

基于表 C.1 至表 C.3 的能源数据统计表，按照本标准的计算方法，可以得到表 C.4 的计算结果。

表 C.4 计算结果

项目	输出电量 P	输出冷量 C	输出热量 H
负荷, TWh	10.813	6.394	5.245
比例, -	1	0.591	0.485
项目	报告期能耗 E_{r} , TWh	校准能耗 E_{a} , TWh	节能率 α , %
多能源系统	19.380	33.774	42.619
项目	净产电, TWh	净产电、产热和产冷合计, TWh	综合能源利用率 β , %
多能源系统	5.813	17.451	90.049

C.4 系统分析与评价

表 C.4 第一栏的冷热电输出结果显示，该系统的电、冷和热的负荷比例大致在 1：0.6：0.5 左右。

分析表 C.4 的第二栏是评价指标节能率。该系统的节能率达到 42.6%的较好水平。在该系统的化石能源（天然气）侧利用光伏电来驱动其风机、水泵等设备的情况下，天然气侧采用了内燃机和利用其余热的溴化锂吸收式制冷机、余热换热器构成了能量梯级利用的方式。同时，可再生能源（光伏电）侧

采用了电能与环境热源互补利用的热泵方式产热等技术，也为提高该系统的节能率做出了贡献。

分析表 C.4 的第三栏是评价指标综合能源利用率。综合能源利用率的定义虽然是“效益”比“代价”，但其数值会超过 100%。因为制冷过程实际上是对外吸热，即系统输出冷是负的输出。该系统有相当比例的产冷和产热负荷，使其综合能源利用率达到 90.0%，表明该系统有相对好的收益。

该系统仍有进一步节能潜力。例如，可以选用性能先进设备，采用余热除湿、太阳能供热等技术，采用储能、化石能源与可再生能源互补利用或昼夜分时运行等变工况运行等技术，增加可再生能源的利用程度，以及实施改善设备保温和保冷等措施等。
