



中国电力数据库更新

2021/04/04

背景：随着中国发电技术进步、电力结构调整，电网供给单位千瓦时电力所需的化石燃料减少。单位度电的二氧化碳排放、甲烷排放、一氧化二氮排放也相应降低。使用数据库中原有的 2018 年之前的中国电力数据作为输入，不考虑电网的变化以及区域电力结构的特点，会导致产品生命周期环境影响（包括碳足迹）偏高。基于此，为真实反映产品因消耗电力而产生的环境影响，本文更新了全国和各省单位度电（供电）化石燃料的消耗量，以及温室气体排放量。

更新步骤：

1. 基于《中国能源统计年鉴 2019》中各省能源平衡量表，获得 2018 年各省火力发电量及化石燃料消耗量。
2. 根据《省级温室气体清单编制指南（试行）》和《中国能源统计年鉴 2019》，确定各类型化石燃料的含碳量、碳氧化率及平均低位热值，确定二氧化碳排放因子。

表 1 各类型化石燃料的含碳量、碳氧化率及平均低位热值

	含 碳 量 Carbon Content	碳 氧 化 率 Oxidation rate	平均低位发热量 Lower heating value
	克 碳/兆焦(g carbon/MJ)	%	兆焦/吨 燃料 或 兆焦/万 立方米 燃气 (MJ/t fuel or MJ/10,000 m ³ gas)
原煤 Raw Coal	26.37	98	20,908
洗精煤 Cleaned Coal	25.41	98	26,344
其它洗煤 Other Washed Coal	25.41	98	10,454
型煤 Briquette	33.56	98	17,584
焦炭 Coke	29.42	93	28,435



焦炉煤气 Coke Oven Gas	13.58	99	173,535
其他煤气 Other Gas	12.20	99	202,218
原油 Crude Oil	20.08	98	41,816
汽油 Gasoline	18.90	98	43,070
柴油 Diesel	20.20	98	42,652
燃料油 Fuel Oil	21.10	98	41,816
液化石油气 Liquefied Petroleum Gas	17.20	99	50,179
炼厂干气 Refinery Gas	18.20	99	45,998
天然气 Natural Gas	15.32	99	389,310
其他石油制品 Other Petroleum Products	20.0	98	35,168
其他焦化产品 Other Coking Products	29.42	93	38,099
煤矸石 Gangue	25.8	98	8,363
高炉煤气 Blast Furnace Gas	70.8	99	37,630
转炉煤气 Converter Gas	46.9	99	79,450
石油焦 Petroleum Coke	27.5	98	31,947
液化天然气 LNG	15.32	99	51,434

二氧化碳排放因子计算公式如下：

$$Co_{CO_2,k} = CC_k \times R_{C,k} / 100 \times 44 / 12$$

其中， $Co_{CO_2,k}$ 表示 k 类型的燃料 CO_2 排放因子 (g CO_2 /MJ)， $R_{C,k}$ 表示碳氧化率 (%)， CC_k 表示含碳量 (g carbon/MJ)。

3. 根据《2006年 IPCC 国家温室气体清单指南》，确定甲烷和一氧化二氮的缺省排放因子。
4. 依据《2006年 IPCC 国家温室气体清单指南》方法，计算各省各类型化石燃料热量值并计算各省各类型化石燃料的二氧化碳、甲烷、一氧化二氮排放量。
计算公式如下：

$$Cal_{i,k} = C_{i,k} \times H_k \times 10000$$

$$E_{CO_2,i,k} = Cal_{i,k} \times Co_{CO_2,k} / 1000$$



$$E_{CH_4,i,k} = Cal_{i,k} \times Co_{CH_4,k}/1000$$

$$E_{N_2O,i,k} = Cal_{i,k} \times Co_{N_2O,k}/1000$$

其中， $Cal_{i,k}$ 表示 i 省份，k 类型的燃料热量值（MJ）； $C_{i,k}$ 表示 i 省份，k 类型的燃料消耗量（万 t 或亿 m^3 ）； H_k 表示 k 类型的燃料平均低位发热量（MJ/t fuel or MJ/10,000 m^3 gas）， $E_{CO_2,i,k}$ 表示 i 省份，k 类型的燃料 CO_2 排放量（kg CO_2 ）， $E_{CH_4,i,k}$ 表示 i 省份，k 类型的燃料 CH_4 排放量（kg CH_4 ）， $E_{N_2O,i,k}$ 表示 i 省份，k 类型的燃料 N_2O 排放量（kg N_2O ）， $Co_{CO_2,k}$ 表示 k 类型的燃料 CO_2 排放因子（g CO_2 /MJ）， $Co_{CH_4,k}$ 表示 k 类型的燃料 CH_4 排放因子（g CH_4 /MJ）， $Co_{N_2O,k}$ 表示 k 类型的燃料 N_2O 排放因子（g N_2O /MJ）。

5. 火力发电厂包括燃煤、燃油、燃气电厂，其分别消耗的化石燃料类型如表 2 所示。计算各类型电厂消耗化石燃料热量值。

表 2 火力发电厂消耗燃料类型

火力发电厂类型	燃料类型
燃煤电厂	原煤，洗精煤，其他洗煤，型煤，焦炭，其他焦化产品，煤矸石，石油焦
燃油电厂	原油、汽油、柴油、燃料油、其他石油制品
燃气电厂	焦炉煤气、其他煤气、炼厂干气、高炉煤气、转炉煤气、天然气、液化天然气

6. 基于《2018 年电力工业统计资料汇编》，获得各省火电厂用电率。基于各省燃煤、燃油、燃气火电厂厂用电率相同的假设。假设燃煤、燃油、燃气电厂消耗化石燃料热量值的比例，与燃煤、燃气、燃油电厂发电量的比例相同（以标准煤计）。结合步骤 1 中得到的各省火力发电量，计算得到各省燃煤、燃油、燃气电厂供电量。计算公式如下：

$$Q_{s,i,j} = Q_{p,i,j} \times (1 - \varphi_{i,j})$$

其中， $Q_{s,i,j}$ 表示 i 省份，j 类型的火力发电厂供电量（亿 kWh）； $Q_{p,i,j}$ 表



示 i 省份, j 类型的火力发电厂发电量 (亿 kWh); $\varphi_{i,j}$ 表示 i 省份, j 类型的火力发电厂厂用电率 (%)。

表 3 2018 年各省各类型火力电厂供电量

地区	总供电量	燃煤电厂供电量	燃气电厂供电量	燃油电厂供电量
	亿千瓦时	亿千瓦时	亿千瓦时	亿千瓦时
北京市	439.09	17.64	383.75	0.18
天津市	684.59	522.54	146.75	7.30
河北省	3059.52	2449.71	607.98	1.47
山西省	2989.91	2738.32	214.43	0.44
内蒙古	4642.84	4595.48	38.73	0.33
辽宁省	1869.00	1731.89	124.00	2.61
吉林省	820.29	782.97	6.30	0.76
黑龙江省	987.91	821.06	26.39	0.40
上海市	809.18	648.01	135.71	1.56
江苏省	4927.93	4042.69	779.49	0.64
浙江省	3326.22	2980.88	209.32	0.66
安徽省	2616.07	2453.02	80.82	0.27
福建省	2370.74	2121.58	172.79	1.90
江西省	1233.39	1125.64	70.51	0.12
山东省	5566.87	5241.35	187.09	0.89
河南省	2911.63	2703.64	99.77	1.71
湖北省	2749.36	2469.99	170.58	1.15
湖南省	1483.07	1276.66	116.78	2.79
广东省	4489.80	3666.47	619.57	2.60
广西	1670.38	1426.54	136.58	0.42
海南省	302.83	275.04	16.79	0.02
重庆市	771.47	706.09	53.87	0.37
四川省	3668.71	2562.69	753.27	7.49
贵州省	1922.39	1861.95	39.96	1.52
云南省	3209.13	2777.05	313.34	1.87
陕西省	1796.23	1642.86	143.41	0.35
甘肃省	1492.17	1461.33	21.60	0.16
青海省	801.23	608.71	3.18	0.11
宁夏	1557.72	1529.88	23.78	0.22
新疆	3100.62	3065.91	31.20	0.20

7. 结合步骤 1 中得到的化石燃料消耗量, 计算燃煤电厂单位千瓦时供电量, 消耗的硬煤等化石燃料的实物量, 统称为“度电煤耗”; 计算燃油电厂单位千瓦时供电量, 消耗的柴油、燃料油等化石燃料的实物量, 统称为“度电油耗”; 计



算燃气电厂单位千瓦时供电量，消耗的天然气等化石燃料的实物量，统称为“度电气耗”。计算公式如下：

$$P_{coal,i,k} = C_{i,k} \times 10000000 / Q_{s,i,j} / 100000000$$

$$P_{gas,i,k} = C_{i,k} / Q_{s,i,j}$$

$$P_{oil,i,k} = C_{i,k} \times 10000000 / Q_{s,i,j} / 100000000$$

其中， $P_{coal,i,k}$ 表示 i 省，燃煤火力发电厂，k 类型燃料的“度电消耗”(kg/kWh)； $P_{gas,i,k}$ 表示 i 省，燃气火力发电厂，k 类型燃料的“度电消耗”(m³/kWh)； $P_{oil,i,k}$ 表示 i 省，燃油火力发电厂，k 类型燃料的“度电消耗”(kg/kWh)。

8. 结合步骤 4 中计算得到的化石燃料消耗产生的温室气体排放量，计算燃煤、燃油、燃气电厂单位千瓦时供电量，排放的二氧化碳、甲烷和一氧化二氮，统称为“度电温室气体排放”。

$$GH_{CO_2,i,j} = \Sigma E_{CO_2,i,k} / Q_{s,i,j} / 100000000$$

$$GH_{CH_4,i,j} = \Sigma E_{CH_4,i,k} / Q_{s,i,j} / 100000000$$

$$GH_{N_2O,i,j} = \Sigma E_{N_2O,i,k} / Q_{s,i,j} / 100000000$$

其中， $GH_{CO_2,i,k}$ 表示 i 省，j 类型的火力发电厂的度电二氧化碳排放 (kg CO₂/kWh)， $GH_{CH_4,i,k}$ 表示 i 省，j 类型的火力发电厂的度电甲烷排放 (kg CH₄/kWh)， $GH_{N_2O,i,k}$ 表示 i 省，j 类型的火力发电厂的度电一氧化二氮排放 (kg N₂O/kWh)。

9. 基于《2018 年电力工业统计资料汇编》，获得中国六大电网（东北电网、西北电网、华北电网、华东电网、华中电网、南方电网）之间的电力交换情况，如图 1 所示。

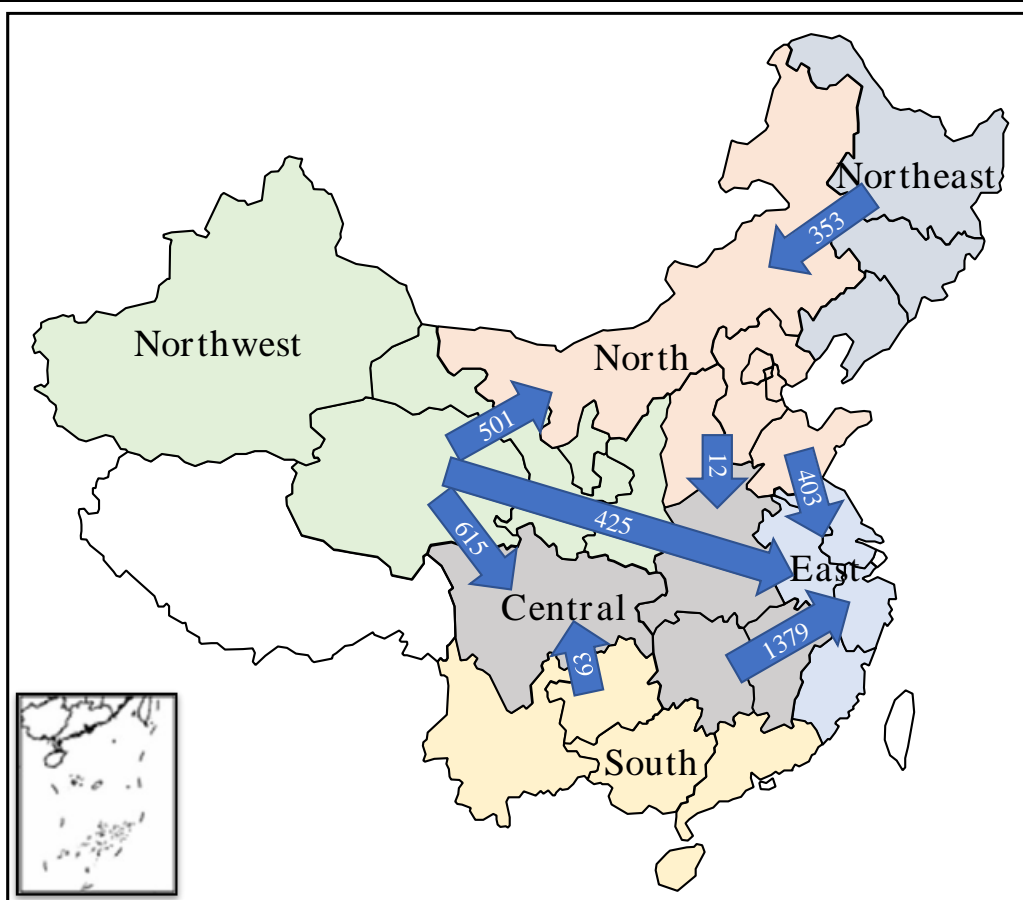


图 1 中国六大电网净输出电量 (单位: 亿 kWh) (忽略华东电网净送入南方电网电量 (0.1 亿 kWh))

10. 假设电网首先混合其覆盖省份 (本地发电产生) 的供电量与净输入电量, 之后向受电网净输出电量。由此可计算六大电网中, 各省份供电量占比。实际电网运行过程比假设情况复杂, 这里我们进行了统计意义上的简化假设和平均, 以便得到代表性的结果。
11. 对 Ecoinvent 中国本土化数据库中中国电力数据进行更新, 如图 2 所示。
 - i. 更新中国电网高压电力数据。首先, 更新各省燃煤、燃气、燃油电厂的度电燃料消耗量和度电温室气体排放量; 其次, 更新各省电力结构中, 不同发电类型的供电量比例; 最后, 更新中国六大电网中, 各省供电量比例。
 - ii. 更新中国六大电网中压电力数据。中压电使用高压电降压得到, 即高压电作为输入, 使用步骤 (i) 中更新后的中国六大电网高压电力数据, 替代原有高压电作为输入。
 - iii. 更新中国六大电网低压电力数据。低压电使用中压电降压得到, 即中压电作



为输入，使用步骤 (ii) 中更新后的中国六大电网中压电力数据，替代原有中压电作为输入。

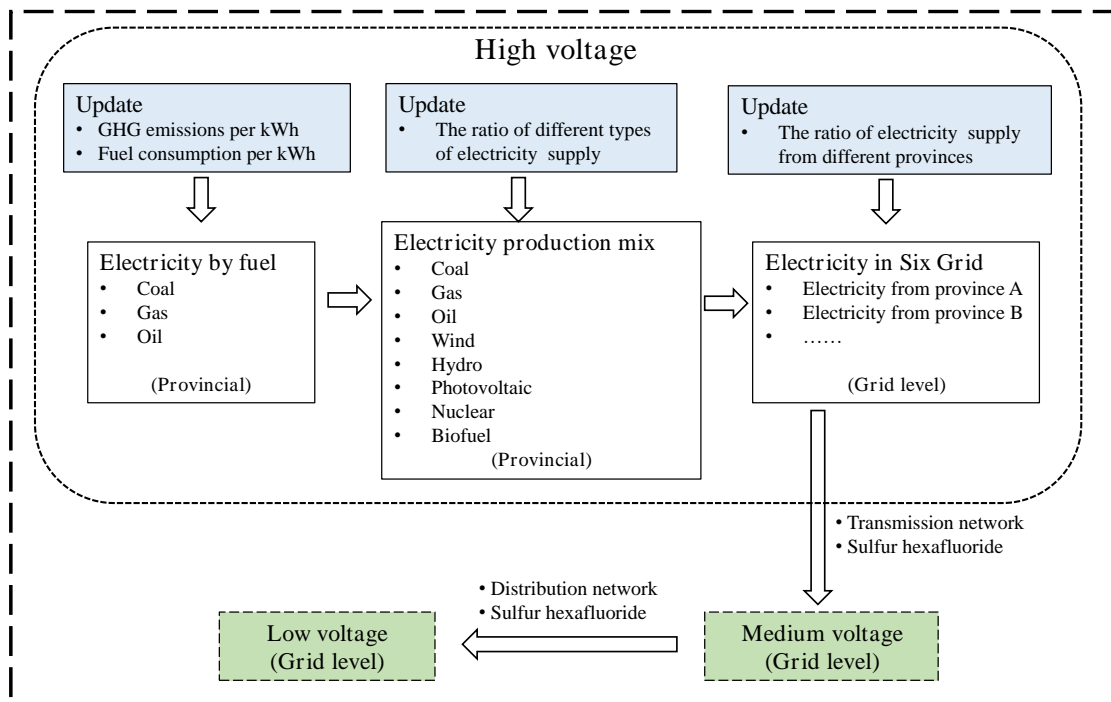


图 2 Ecoinvent 电力数据更新步骤

12. 中国本土化数据库的电力数据更新的应用。

考虑到全国统一完整生命周期清单数据的欠缺，从事国内产品 LCA 评价工作的时候大部分情况下使用的原料、工艺等背景数据均来源于欧盟和全球平均数据，这些背景数据基本上都会消耗电力。在某些情况下，电力消耗所造成的环境影响很大，有时候高达 80%以上（比如某些高耗能原材料制备）。因此建议在开展本土 LCA 研究的过程中使用中国本土电力数据，在一米一平台和 SimaPro 中国客户群，我们免费提供经过本土化的国内数据，供大家选择使用，使 LCA 评价的结果更接近中国产品的实际环境潜在影响水平。要使用中国本土化的数据进行评价，请注册登陆 www.1mi1.org，购买了 SimaPro 专业版的用户可以发邮件（email: support@1mi1.cn）免费申请使用中国本土化数据库。

13. 全球变暖结果比较

使用 IMPACT 2002+环境影响评估方法，分析 2015 年和 2018 年六大电网单位千瓦时高压供电量全球变暖环境影响结果（如图 3 所示）。



2015 年六大电网全球变暖环境影响结果可知，东北电网的 CO₂ 排放量最高（1.20 kg CO₂ eq），其次是华北电网（1.09 kg CO₂ eq）、华东电网（0.84kg CO₂ eq）和西北电网（0.79 kg CO₂ eq），华中电网（0.58 kg CO₂ eq）和南方电网（0.51 kg CO₂ eq）的环境影响最低，供给单位千瓦时高压电仅排放约东北电网一半的温室气体。

2018 年六大电网全球变暖环境影响结果可知，华北电网的 CO₂ 排放量最高（1.04 kg CO₂ eq），其次是东北电网（0.87 kg CO₂ eq）、华东电网（0.72kg CO₂ eq）和西北电网（0.67 kg CO₂ eq），华中电网（0.44 kg CO₂ eq）和南方电网（0.35 kg CO₂ eq）的环境影响最低，供给单位千瓦时高压电仅排放约华北电网三分之一的温室气体。

2018 年六大电网全球变暖环境影响结果均比 2015 年低，其中南方电网降低了 30.14%，东北电网降低了 27.94%，华中电网降低了 24.49%，西北电网降低了 15.33%，华东电网降低了 14.40%，而华北电网仅降低了 4.74%。

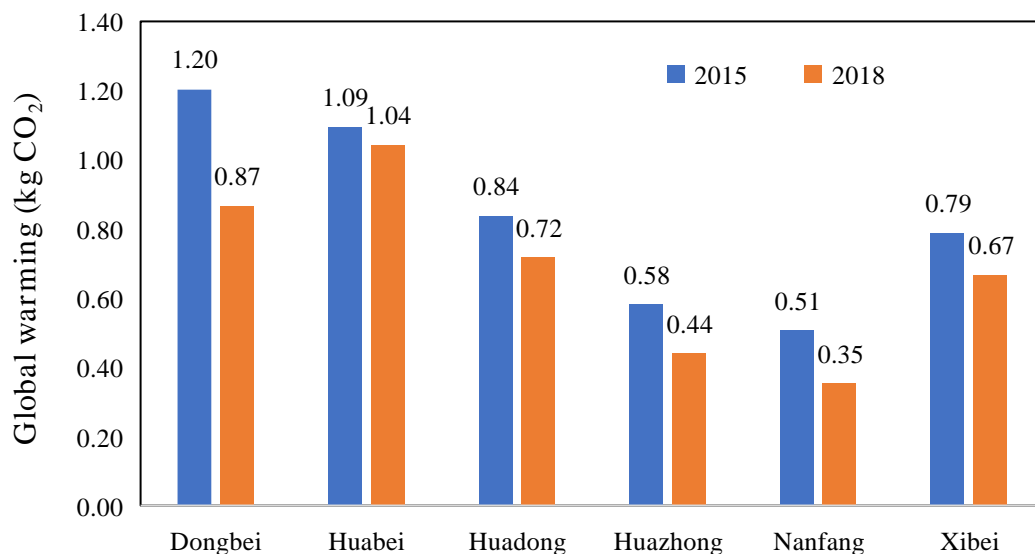


图 3 2015 年与 2018 年六大电网 1kWh 高压供电全球变换环境影响结果比较

备注：

1. 本文假设各省燃煤、燃油、燃气电厂厂用电率相同，均等于该省火电厂厂用电率。实际中，三类电厂厂用电率存在差异，在数据具备的条件下，可以进一步精确计算。
2. 各省火力发电、风能发电、水能发电、太阳能发电、核能发电的厂用电率数据，来源于《2018 年电力工业统计资料汇编》。