

附件 2

2021 年电力二氧化碳排放因子计算说明

为便于不同主体核算电力消费的二氧化碳排放量，生态环境部、国家统计局组织国家气候战略中心等单位研究确定了 2021 年电力平均二氧化碳排放因子、电力平均二氧化碳排放因子（不包括市场化交易的非化石能源电量）和化石能源电力二氧化碳排放因子，并征询了相关部门和专家的意见。现将上述电力二氧化碳排放因子计算方法公布如下。

一、全国、区域及省级电力平均二氧化碳排放因子计算方法

（一）电网划分

根据我国电网的分布现状，电网分成三个层级，分别为全国电网、区域电网和省级电网。

1. 全国电网

根据数据的可获得性，全国电网覆盖中国大陆地区，暂不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾省。

2. 区域电网

根据我国区域电网分布现状和数据的可获得性，将电网边界统一划分为华北、东北、华东、华中、西北、南方和西南电网，不包括西藏自治区、香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾省。上述电网边界包括的地理范围如表 1 所示。

表 1 区域电网边界

| | 覆盖范围 |
|----|--|
| 华北 | 北京、天津、河北、山西、山东、蒙西（除赤峰市、通辽市、呼伦贝尔市和兴安盟外的内蒙古其他地区） |
| 东北 | 辽宁、吉林、黑龙江、蒙东（赤峰市、通辽市、呼伦贝尔市和兴安盟） |
| 华东 | 上海、江苏、浙江、安徽、福建 |
| 华中 | 河南、湖北、湖南、江西 |
| 西北 | 陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆 |
| 南方 | 广东、广西、云南、贵州、海南 |
| 西南 | 四川、重庆 |

3. 省级电网

按照省级电网与省级行政区域边界相一致原则，将省级电网划分为北京、天津、河北、山西、内蒙古、山东、辽宁、吉林、黑龙江、上海、江苏、浙江、安徽、福建、河南、湖北、湖南、江西、四川、重庆、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、广东、广西、云南、贵州和海南电网，暂不考虑西藏自治区、香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾省四个地区的省级电网。

(二) 计算方法

1. 全国电力平均二氧化碳排放因子

$$EF_n = \frac{Em_n + \sum_j (EF_j \times E_{imp,j})}{E_n + \sum_j E_{imp,j}} \quad (1)$$

式中：

EF_n 全国电力平均二氧化碳排放因子， $kgCO_2/kWh$

Em_n 中国火力发电产生的二氧化碳直接排放量（由公式（2）计算得到）， tCO_2

E_n 中国总发电量， MWh

EF_j 向中国净出口电力的 j 国发电平均二氧化碳排放因子， $kgCO_2/kWh$

$E_{imp,j}$ j 国向中国净出口的电量， MWh

j 向中国净出口电量的其他国家

其中：

$$Em_n = \sum_m (FC_m \times NCV_m \times EF_m / 1000) \quad (2)$$

式中：

FC_m 中国用于火力发电的化石燃料 m 的消费量， t 或 m^3

NCV_m 化石燃料 m 的平均低位热值， GJ/t 或 GJ/m^3

EF_m 化石燃料 m 的二氧化碳排放因子（由公式（3）计算得到）， tCO_2/TJ

m 发电消费的化石燃料种类

其中：

$$EF_m = CC_m \times OF_m \times \frac{44}{12} \quad (3)$$

式中：

| | |
|-----------------|--------------------------|
| CC_m | 化石燃料 m 的单位热值含碳量, tC/TJ |
| OF_m | 化石燃料 m 的碳氧化率, % |
| $\frac{44}{12}$ | 碳到二氧化碳的换算系数 |

2. 区域电力平均二氧化碳排放因子

$$EF_r = \frac{Em_r + \sum_j (EF_{r,j} \times E_{imp,j,r}) + \sum_k (EF_k \times E_{imp,k,r})}{E_r + \sum_j E_{imp,j,r} + \sum_k E_{imp,k,r}} \quad (4)$$

式中:

| | |
|---------------|--|
| EF_r | 区域电网 r 平均二氧化碳排放因子, kgCO ₂ /kWh |
| Em_r | 区域电网 r 覆盖的地理范围内发电产生的二氧化碳直接排放量 (由公式 (5) 计算得到), tCO ₂ |
| $EF_{r,j}$ | 向区域电网 r 净送出电量的区域电网 j 的平均二氧化碳排放因子, kgCO ₂ /kWh |
| $E_{imp,j,r}$ | 区域电网 j 向区域电网 r 净送出的电量, MWh |
| EF_k | 向区域电网 r 净出口电量的 k 国发电平均二氧化碳排放因子, kgCO ₂ /kWh |
| $E_{imp,k,r}$ | k 国向区域电网 r 净出口的电量, MWh |
| E_r | 区域电网 r 覆盖的地理范围内年度总发电量, MWh |
| r | 东北、华北、华东、华中、西北、南方和西南区域电网之一 |
| j | 向区域电网 r 净送出电量的其他区域电网 |
| k | 向区域电网 r 净出口电量的其他国家 |

其中:

$$Em_r = \sum_m (FC_{m,r} \times NCV_m \times EF_m / 1000) \quad (5)$$

式中:

| | |
|------------|---|
| $FC_{m,r}$ | 区域电网 r 覆盖的地理范围内用于发电的化石燃料 m 的消费量, t 或 m ³ |
| NCV_m | 化石燃料 m 的平均低位热值, GJ/t 或 GJ/m ³ |
| EF_m | 化石燃料 m 的二氧化碳排放因子 (由公式 (6) 计算得到), tCO ₂ /TJ |
| m | 发电消费的化石燃料种类 |

其中:

$$EF_m = CC_m \times OF_m \times \frac{44}{12} \quad (6)$$

式中:

| | |
|-----------------|--------------------------|
| CC_m | 化石燃料 m 的单位热值含碳量, tC/TJ |
| OF_m | 化石燃料 m 的碳氧化率, % |
| $\frac{44}{12}$ | 碳到二氧化碳的换算系数 |

3. 省级电力平均二氧化碳排放因子

$$EF_p = \frac{Em_p + \sum_n (EF_n \times E_{imp,n,p}) + \sum_k (EF_k \times E_{imp,k,p}) + (EF_r \times E_{imp,r,p})}{E_p + \sum_n E_{imp,n,p} + \sum_k E_{imp,k,p} + E_{imp,r,p}} \quad (7)$$

式中:

| | |
|---------------|--|
| EF_p | p 省电力平均二氧化碳排放因子, kgCO ₂ /kWh |
| Em_p | p 省发电产生的二氧化碳直接排放量 (由公式 (8) 计算得到), tCO ₂ |
| EF_n | 向 p 省净送出电量的 n 省电力平均二氧化碳排放因子, kgCO ₂ /kWh |
| $E_{imp,n,p}$ | n 省向 p 省净送出的电量, MWh |
| EF_k | 向 p 省净出口电量的 k 国发电平均二氧化碳排放因子, kgCO ₂ /kWh |
| $E_{imp,k,p}$ | k 国向 p 省净出口的电量, MWh |
| EF_r | 区域电网 r 的平均二氧化碳排放因子, kgCO ₂ /kWh |
| $E_{imp,r,p}$ | 区域电网 r 向 p 省净送出的电量 (由公式 (10) 计算得到), MWh |
| E_p | p 省年度总发电量, MWh |
| p | 北京、天津、河北、山西、内蒙古、山东、辽宁、吉林、黑龙江、上海、江苏、浙江、安徽、福建、河南、湖北、湖南、江西、四川、重庆、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、广东、广西、云南、贵州和海南 30 个省份之一 |
| n | 向 p 省净送出电量的其他省份 |
| k | 向 p 省净出口电量的国家 |
| r | p 省所在的区域电网 |

其中:

$$Em_p = \sum_m (FC_{m,p} \times NCV_m \times EF_m / 1000) \quad (8)$$

式中:

| | |
|------------|---|
| $FC_{m,p}$ | p 省用于发电的化石燃料 m 的消费量, t 或 m ³ |
| NCV_m | 化石燃料 m 的平均低位热值, GJ/t 或 GJ/m ³ |
| EF_m | 化石燃料 m 的二氧化碳排放因子 (由公式 (9) 计算得到), tCO ₂ /TJ |

m 发电消费的化石燃料种类

其中：

$$EF_m = CC_m \times OF_m \times \frac{44}{12} \quad (9)$$

式中：

CC_m 化石燃料 m 的单位热值含碳量，tC/TJ

OF_m 化石燃料 m 的碳氧化率，%

$\frac{44}{12}$ 碳到二氧化碳的换算系数

$$E_{imp,r,p} = \max[(E_{u,p} - E_p - \sum_n E_{imp,n,p} - \sum_k E_{imp,k,p}), 0] \quad (10)$$

式中：

$E_{u,p}$ p 省年度总用电量，MWh

二、全国电力平均二氧化碳排放因子（不包括市场化交易的非化石能源电量）计算方法

$$EF_{residual} = \frac{Em_n}{E_n - E_{trade}} \quad (11)$$

式中：

$EF_{residual}$ 全国电力平均二氧化碳排放因子（不包括市场化交易的非化石能源电量），
kgCO₂/kWh

Em_n 中国火力发电产生的二氧化碳直接排放量（由公式（12）计算得到），tCO₂

E_n 中国总发电量，MWh

E_{trade} 全国市场化交易的非化石能源电量，MWh

其中：

$$Em_n = \sum_m (FC_m \times NCV_m \times EF_m / 1000) \quad (12)$$

式中：

FC_m 中国用于火力发电的化石燃料 m 的消费量，t 或 m³

NCV_m 化石燃料 m 的平均低位热值，GJ/t 或 GJ/m³

EF_m 化石燃料 m 的二氧化碳排放因子（由公式（13）计算得到），tCO₂/TJ
 m 发电消费的化石燃料种类

其中：

$$EF_m = CC_m \times OF_m \times \frac{44}{12} \quad (13)$$

式中：

CC_m 化石燃料 m 的单位热值含碳量，tC/TJ

OF_m 化石燃料 m 的碳氧化率，%

$\frac{44}{12}$ 碳到二氧化碳的换算系数

三、全国化石能源电力二氧化碳排放因子计算方法

$$EF_{\text{fossil}} = \frac{Em_n}{E_{\text{thermal}} - E_{\text{biomass}}} \quad (14)$$

式中：

EF_{fossil} 全国化石能源电力二氧化碳排放因子，kgCO₂/kWh

Em_n 中国火力发电产生的二氧化碳直接排放量（由公式（15）计算得到），tCO₂

E_{thermal} 中国火力发电量，MWh

E_{biomass} 中国生物质发电量，MWh

其中：

$$Em_n = \sum_m (FC_m \times NCV_m \times EF_m / 1000) \quad (15)$$

式中：

FC_m 中国用于火力发电的化石燃料 m 的消费量，t 或 m³

NCV_m 化石燃料 m 的平均低位热值，GJ/t 或 GJ/m³

EF_m 化石燃料 m 的二氧化碳排放因子（由公式（16）计算得到），tCO₂/TJ

m 发电消费的化石燃料种类

其中：

$$EF_m = CC_m \times OF_m \times \frac{44}{12} \quad (16)$$

式中：

CC_m 化石燃料 m 的单位热值含碳量, tC/TJ

OF_m 化石燃料 m 的碳氧化率, %

$\frac{44}{12}$ 碳到二氧化碳的换算系数

四、数据来源

2021 年全国和分省发电化石燃料消费量和发电量、全国火力发电量数据来源于国家统计局发布的《中国能源统计年鉴 2022》，各化石燃料品种的平均低位热值、单位热值含碳量、碳氧化率等参数来源于《中国能源统计年鉴 2022》、纳入全国碳排放权交易市场管控的发电机组实测数据加权平均值以及国家温室气体清单数据，进口电量、跨区域和跨省电量交换情况以及生物质发电量来源于中国电力企业联合会发布的《中国电力统计年鉴 2022》，进口国发电二氧化碳排放因子来源于国际能源署（IEA）发布的《Emissions Factors 2023》，全国市场化交易的非化石能源电量来源于各电网公司统计数据加总。