A

通过时间序列ARIMA模型以及灰色模型进行预测，得到2025以及2050的预测结果，并将其作为四个国家能源的可再生目标

1、2025年与2050年清洁可再生能源的使用情况

地热能

2025

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | AZ2025 | CA2025 | NM2025 | TX2025 |
| 地热能源产生电力(能量) |  | 419100.5 |  |  |
| 地热能源产生电力（数量） | 6.102082 | 13209.79 | 1.879495 | 9.237758 |
| 地热能源消费总量(能量) | 5.942306 | 164471.1 | 16.55245 | 46.58408 |
| 地热总用途消费(能量) | 1.206965 | 131.1605 | 9.544297 | 243.967 |

2050

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | AZ2050 | CA2050 | NM2050 | TX2050 |
| 地热能源产生电力(能量) | 0.240076 | 15138.69 | 0.040245 | 0.253194 |
| 地热能源产生电力（数量） | 0.234181 | 0.363458 | 0.034239 | 0.238657 |
| 地热能源消费总量(能量) | 0.239901 | 221095.3 | 1.079608 | 2.271709 |
| 地热总用途消费(能量) | 0.015927 | 4.708517 | 0.316705 | 10.41735 |

Arizona、California、New Mexico 和Texas均使用地热能源产生电力

水电

2025

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | AZ2025 | CA2025 | NM2025 | TX2025 |
| 水电总产量（能量） | 138719.3 | 734375.2 | 14.7309 | 1303.923 |
| 水电总产量（数量） | 4514.853 | 58782.93 | 1.672769 | 13.56062 |
| 水电由最终用户部门生产（能量） | 2.542321 | 79.79297 | 4.461153 | 18.41907 |
| 水电由最终用户部门生产（数量） | 2.047096 | 69.13125 | 3.543845 | 17.45385 |

2050

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | AZ2050 | CA2050 | NM2050 | TX2025 |
| 水电总产量（能量） | 222464.7 | 1419844 | 0.730815 | 278.6604 |
| 水电总产量（数量） | 2910.786 | 97774.33 | 0.03515 | 0.438992 |
| 水电由最终用户部门生产（能量） | 0.061109 | 2.41087 | 0.133611 | 0.437355 |
| 水电由最终用户部门生产（数量） | 0.046189 | 2.016927 | 0.099758 | 0.411493 |

Arizona、California、New Mexico 和Texas均有了水电的生产，并且Arizona和California的水电总产量远大于New Mexico 和Texas。

风能

2025

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | AZ2025 | CA2025 | NM2025 | TX2025 |
| 电力部门从风能产生的电力。 | 0 | 756596.4 | 1.13E+11 | 8.06946E+12 |
| 电力部门从风能产生的电力。 | 0 | 82364.39 | 1.34E+10 | 1.08789E+12 |
| 风能产生的电力。 | 0 | 756596.4 | 1.13E+11 | 8.06946E+12 |

2050

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | AZ2050 | CA2050 | NM2050 | TX2050 |
| 电力部门从风能产生的电力。 |  | 5611687 | 2.33323E+14 | 7.14E+16 |
| 电力部门从风能产生的电力。 |  | 643352.4 | 2.94679E+13 | 1.1E+16 |
| 风能产生的电力。 |  | 5611687 | 2.33323E+14 | 7.14E+16 |

Arizona没有开始利用风能产生电力，California、New Mexico 和Texas均开始利用风能产生电，NM

太阳能

2025

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | AZ2025 | CA2025 | NM2025 | TX2025 |
| 太阳能光伏产生电力（能量） | 9787.020216 | 87652.4 | 6288.946 | 66825.64 |
| 太阳能光伏产生电力（数量） | 30.47301814 | 478.1425 | 18.08381 | 181.6276 |
| 光伏和太阳能热能总消耗（能量） | 7028.905237 | 50920.72 | 2698.444 | 27320.87 |
| 光伏和太阳能热能最终用途总消耗量（能量） | 23361.14159 | 139189.3 | 1092.299 | 1112.989 |

2050

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | AZ2050 | CA2050 | NM2050 | TX2050 |
| 太阳能光伏产生电力（能量） | 7029.744 | 63483.18 | 4512.275 | 47972.58 |
| 太阳能光伏产生电力（数量） | 15.62094 | 297.8487 | 9.120407 | 92.05074 |
| 光伏和太阳能热能总消耗（能量） | 5659.444 | 40575.82 | 1982.458 | 19718.06 |
| 光伏和太阳能热能最终用途总消耗量（能量） | 98934.37 | 634981.9 | 2793.134 | 2440.867 |

B

**不可再生**

煤炭

2025：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | AZ | CA | NM | TX |
| 煤炭消耗总量（能量） | 526480.789 | 53194.4822 | 406132.6438 | 767638.0146 |
| 煤炭消耗总量（数量） | 26888.7089 | 2224.46 | 21982.986 | 39428.196 |
| 煤炭总支出（价格） | 959.3209 | 185.0694 | 983.4232 | 2563.9469 |
| 煤炭最终用途总消费量（能量） | 8729.9917 | 32739.1827 | 1495.7424 | 22879.8314 |
| 煤炭最终用途总消费量（数量） | -1814.4088 | 1389.161 | 60.3272 | -7964.5021 |
|  |  |  |  |  |
| 煤炭生产总量（能量） | 9424.7356 | 0 | 33328 | -13980.564 |
| 煤炭生产总量（数量） | 166371.376 | 0.0269 | 466100.4539 | -236065.7762 |
| 煤炭平均价格 | 2.2263 | 2.8837 | 2.5224 | 3.6888 |
|  |  |  |  |  |
| 生产与消耗之差（数量） | 139482.667 | -2224.4331 | 444117.4679 | -275493.9722 |

数量上：

1、AZ的生产量大于消耗总量

2、CA的生产量小于消耗总量

3、NM的生产量大于消耗总量

4、TX的生产量小于消耗总量

5、四个州之间整个生产消耗能够保证（总生产>总消耗）

6、煤炭的价格为TX>CA>NM>AZ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | AZ | CA | NM | TX |
| 煤炭消耗总量（能量） | 685654.3 | 53194.48 | 562337.5 | -394292 |
| 煤炭消耗总量（数量） | 35123.64 | 2224.46 | 30437.98 | -50569.1 |
| 煤炭总支出（价格） | 1279.481 | 256.2499 | 1607.808 | 2563.928 |
| 煤炭最终用途总消费量（能量） | 8729.992 | 32739.18 | 1495.742 | 22879.83 |
| 煤炭最终用途总消费量（数量） | -5346.3 | 1389.161 | 60.3272 | -22115.3 |
| 煤炭生产总量（能量） | 175626 | 0.0269 | 466100.5 | -1322918 |
| 煤炭生产总量（数量） | 13540.6 | 0 | 46146 | -91025.8 |
| 煤炭平均价格 | 2.8524 | 2.8837 | 3.4926 | 6.4561 |
| 生产与消耗之差（数量） | -21583 | -2224.46 | 15708.02 | -40456.7 |

2050

数量上：

1、AZ的生产量小于消耗总量

2、CA的生产量小于消耗总量

3、NM的生产量大于消耗总量

4、TX的生产量小于消耗总量

5、四个州之间整个生产消耗不能够保证（总生产<总消耗）

6、煤炭的价格为TX>NM>CA>AZ

天然气

2025

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | AZ2025 | CA2025 | NM2025 | TX2025 |
| 天然气总支出（价格） | 2884.814 | 14165.7127 | 824.2508 | 13058.66 |
| 天然气总用量（能量） | 10.971 | 1563641.172 | 175567.1 | 2046354 |
| 天然气总消耗量（体积） | 690886.8 | 2338778.123 | 240638.1 | 3384370 |
| 天然气总消耗量（能量） | 13957.63 | 2402376.973 | 247302.8 | 3462216 |
| 天然气销售生产（能量） | 1084.509 | 309836.689 | 2066319 | 8081647 |
| 天然气销售生产（体积） | 4743.345 | 276575.2534 | 1834597 | 7291493 |
| 天然气最终用途总支出 | 10.971 | 17587.8248 | 672.7995 | 8862.849 |
| 天然气最终用途总用量(体积) | 2884.814 | 1522577.495 | 170742.1 | 1996949 |
| 天然气均价，各行业（价格） | 0 | 7.4391 | 6.2112 | 6.0488 |
| 生产消耗体积差 | -686143 | -2062202.87 | 1593959 | 3907123 |

2050

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | AZ2050 | CA2050 | NM2050 | TX2050 |
| 天然气总支出（价格） | 2884.814 | 14165.7127 | 824.2508 | 13058.66 |
| 天然气总用量（能量） | 10.9708 | 1563641.172 | 175567.1 | 2046354 |
| 天然气总消耗量（体积） | 956612.4 | 2338778.123 | 240638.1 | 3384370 |
| 天然气总消耗量（能量） | 19325.94 | 2402376.973 | 247302.8 | 3462216 |
| 天然气销售生产（能量） | 1898.311 | 309836.689 | 2861057 | 8081647 |
| 天然气销售生产（体积） | 7940.919 | 276575.2534 | 2540211 | 7291493 |
| 天然气最终用途总支出 | 10.9708 | 17587.8248 | 931.5685 | 8867.708 |
| 天然气最终用途总用量(体积) | 2884.814 | 1522577.495 | 170742.1 | 1996949 |
| 天然气均价，各行业（价格） | 0 | 7.4391 | 6.2112 | 6.0488 |
| 生产消耗体积差 | -948672 | -2062202.87 | 2299573 | 3907123 |

为了达到能源紧凑目标，同时也需要考虑到四个州的能源状况，也就是四个州对各类能源的需求（在这里为了简化处理只考虑9种能源）。共同开发，合作共赢，是采取行动的三项准则，将能源紧凑目标分为以下几个小目标进行多目标规划。

1、能源利用最大化（即效率最大化），效率就是能源的能量大小与数量的比较f1(x)；

2、可再生能源最小恶化（也就是保证可再生能源的稳步增长，不会衰减）f2(x)；

3、区域调配的成本最小化f3(x)。

相应的约束条件：

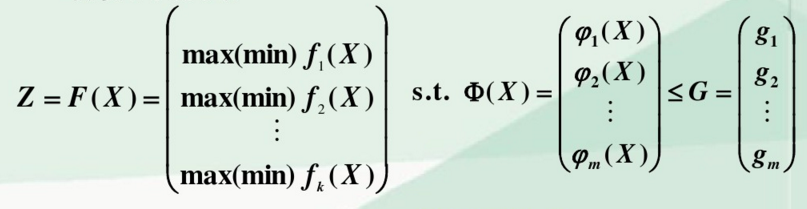
1、每个州每一年产出的能源(简化为9种能源，又因为有四个州，故有变量36个，在这里表示为xijk代表第i个洲給第k个州第j种能源的数量)是固定的；

2、每个州每年需要的能源是固定的；

3、保证每个州的总产出大于等于消耗，以维持社会各方面的稳定健康发展。

从上述的1960-2009的实际数据以及2010-2050的预测数据，可以得到能源的时空分布，更加便利的为我们进行跨区域的调配。

建立如下的多目标规划模型：



Max f1(x)

Max f2(x)或者 min f2(x)

Min f3(x)

s.t.