

城市新能源车充电桩安装位置规划

2022 年 3 月 25 日

队名: Three-eyed crow (三眼乌鸦-预知未来)

队长: 陈永保

单位: 上海理工大学

电话: 18818262667

邮箱: chenyongbao@usst.edu.cn

本设计方案基于 Jupyter lab 平台, 使用 Python 语言, 根据提供的基础数据以及自行调研数据, 对烟台市各区市范围内各停车场、充电站的充电桩数据、营收情况及未来发展进行分析。通过分析目前山东省烟台市已有充电桩发展及使用情况, 设计模型算法, 对莱山区电动桩的未来发展提供规划方案。本方案在考虑已有充电桩的使用频率及充电量的基础上, 主要规划了莱山区 2021、2025、2030 年充电桩的安装数量及安装位置, 可为莱山区新能源汽车充电桩安装位置提供参考依据, 所用分析方法也可用于我国其它地区充电桩规划。

本设计方案共包括六个章节, 前四个章节主要根据初赛阶段数据进行分析, 第一章节内容主要介绍烟台市整体充电桩分布及使用情况; 第二章节详细对莱山区充电桩分布及使用情况进行分析; 第三章节提供一种方案 A, 规划了莱山区充电桩 2021, 2025, 2030 年建设情况; 第四章节提出一种新的方案 B, 由于所需数据现阶段没有提供, 方案 B 仅提供了一种规划思路, 并没有像方案 A 那样给出具体规划数字。后两章节根据决赛阶段追加数据, 结合初赛数据进行更加深入分析, 第五章对莱山区各充电站 2021 年充电订单时长、营收情况等进行了详细分析, 第六章节进行了总结。

特别说明:

1、本报告代码基于 Jupyter lab 平台, 利用 Python 语言开发, 由 Notebook ipynb 文件生成而来, 为了更好的展示内容, 同时提供了 html 和 ipynb 文件格式, html 文件可方便查看/缩放文件中的图片, ipynb 文件可查看全部交互式内容。所以本报告有区别于传统的文字阐述报告, 本报告尽量以最少的文字描述, 而多以代码、图片、数据结构等交互式的方式进行呈现。其它文件可从本人

github 账户平台下载, 下载链接 <https://github.com/Bob05757/EVs-planning-competition>。

2、本报告设计方案来源于山东省大数据局举办的山东省第三届数据应用创新创业大赛-城市新能源车充电桩安装位置规划。数据来源分为初赛阶段和决赛阶段数据, 初赛阶段数据, 包括 4 个 excel 数据表(表 1 烟台地区现有充电桩信息.xlsx, 表 2 烟台地区充电站充电次数及充电量信息.xlsx, 表 3 国网烟台供电公司充电站信息.xlsx, 表 4 国网烟台供电公司个人充电桩信息(脱敏).xlsx)。决赛阶段追

加数据，包括 5 个 excel 数据表（充电设备 equipmentinfo.xls，充电设备接口 connectorinfo.xls，充电站 stationinfo.xls，订单信息 orderinfo_2.xls，供应商 apiinfo.xls）。

1 烟台地区各区市充电桩数据分析

1.1 烟台市基本情况介绍

烟台市是我国一个地级市，全市土地面积约 13745 平方公里，由 5 个市辖区（芝罘区、福山区、牟平区、莱山区、蓬莱区），6 个县级市组成（龙口市、莱阳市、莱州市、招远市、栖霞市、海阳市）。分区情况见下图。截至 2020 年 11 月，常住人口约为 710 万人。



图 1.1 烟台市分区图

1.2 烟台市充电站数据分析

竞赛数据提供了各区市的充电站点经纬度、充电桩数量、充电次数、以及充电量等基础数据信息。通过动态地图，展示各区市充电站数据信息，例如通过经纬度展示充电桩定位，通过密度热图展示充电桩数量及使用频率等，将是一种更加直观的方法。本方案借助 folium 地图包（建立在 Python 生态系统上的开源库），展示烟台市各区市充电桩信息，非常方便实现各区域充电桩定位、充电桩数

据热图。以下实现地图包的导入和数据信息的交互式展示。

本方案主要使用的 python 数据分析包包括：pandas, folium, numpy, 以及绘图包 matplotlib。

[75]: # 导入地图模块包 folium、数据分析包 pandas

```
import folium  
import pandas as pd
```

[76]: # 定义世界地图

```
world_map = folium.Map()  
  
# 烟台中心区域经纬度定位  
latitude = 37.45  
longitude = 121.43  
  
# 创建烟台市地图  
Yantai_map = folium.Map(location=[latitude, longitude], zoom_start=12)  
  
# 显示烟台市地图  
Yantai_map
```

[76]: <folium.folium.Map at 0x28e2a3d27c0>



图 1.2 烟台市 folium 地图显示

竞赛项目提供的基础数据，包括四个 excel 表格（表 1 烟台地区现有充电桩信息，表 2 烟台地区充电站充电次数及充电量信息，表 3 国网烟台供电公司充电站信息，表 4 国网烟台供电公司个人充电桩信息（脱敏））。表 3 数据与表 1、2 为重叠关系，并未采用，表 4 为家庭充电桩规划，本方案也未进行分析，故本规划所用数据为表 1、2 和自行调研数据。

首先加载原始数据表 1 和表 2。分析数据前，通过 pandas 包的 merge 函数来合并表 1 和表 2，

并对数据进行简单处理，主要为对表 1 和表 2 数据进行合并，从而汇总各充电站的充电桩个数，并计算各充电桩的使用频率及利用效率等指标。表 1 中的相同充电站被合并，统计各充电站充电桩数量，从而得到了后期分析所需的基本数据信息及格式需求。

数据处理过程不在此累述，可参见 `data-processing.ipynb` 文件（上文 `github` 链接下载）。这里从合并的汇总数据进行下一步分析，数据存储在 `data_emerge_all.csv` 文件中。

```
[77]: # 加载原始数据表 1 和表 2，路径信息根据个人电脑实际选择
data_1= pd.read_excel("C:
    ↳\\Users\\Q\\OneDrive\\02_Programs\\2021-Data-competition-Shangdong\\烟台 1-创
    意赛-城市新能源车充电桩安装位置规划\\表 1 烟台地区现有充电桩信息.xlsx")
data_2 = pd.read_excel("C:
    ↳\\Users\\Q\\OneDrive\\02_Programs\\2021-Data-competition-Shangdong\\烟台 1-创
    意赛-城市新能源车充电桩安装位置规划\\表 2 烟台地区充电站充电次数及充电量信息.xlsx")
```

下列代码加载 `data_emerge_all.csv` 数据文件

```
[78]: data = pd.read_csv("C:
    ↳\\Users\\Q\\OneDrive\\02_Programs\\2021-Data-competition-Shangdong\\data_emerge_all.
    ↳csv")
```

通过各充电站的经纬度信息，基于 `GeoJSON` 的地理空间数据交换格式地图信息，可自动识别出各充电站所属的区市，并添加到 `data_emerge_all.csv` 文件中，即为 `data` 中 `district` 列。由以下代码实现。

```
[79]: # 获取各充电站所属区市信息
import requests
import json
district_all = pd.Series()
for lat, lgn in zip(data.latitude, data.longitude):
    key = 'GjG3XAdmywz7CyETWqHwIuEC6ZExY6QT'
    r = requests.get(url='http://api.map.baidu.com/geocoder/v2/',
    ↳params={'location':f'{lat},{lgn}', 'ak':key, 'output':'json'})
    result = r.json()
    # print(result)
    province = result['result']['addressComponent']['province']
    city = result['result']['addressComponent']['city']
    district = result['result']['addressComponent']['district']
    # print(district)
```

下面表格展示了处理好后的数据结构。表格列名英文说明如下：

Station_name: 充电站名称, district: 所属区市, year_month: 数据记录月份, power_consum (kWh) : 充电量, times_charging: 充电次数, Number_charging_piles: 充电桩数量 latitude: 纬度, longitude: 经度, Unit_per_Cha_time: 单次充电量 (kWh), Unit_per_Cha_pile: 每个充电桩月均充电量 (kWh) month_use_frequency_per_pile: 每个充电桩月均使用次数。

[80]: # 显示前五行数据信息

```
data.head()
```

```
[80]:   Unnamed: 0      Station_name district  year_month  power_consum (kWh)  \
0          0      烟台高新区公交场站    莱山区      202109      ↗
   ↘147737.44
1          1      烟台泓澳新能源充电站    蓬莱市      202109      ↗
   ↘135702.52
2          2      烟台莱山长宁路充电站    莱山区      202109      ↗
   ↘125802.78
3          3      烟台康和新城公交场站    芝罘区      202109      ↗
   ↘120385.80
4          4  山东省烟台市开发区天马相城公交车充电站    福山区      202109      ↗
   ↘117562.77

      times_charging  Number_charging_piles  latitude  longitude  \
0            1857                  17  37.411116  121.530138
1            3621                  12  37.784622  120.764465
2            5098                  25  37.447031  121.438939
3            1948                  9  37.508728  121.323249
4            1236                 16  37.580740  121.175610

      Unit_per_Cha_time  Unit_per_Cha_pile  month_use_frequency_per_pile
0            79.56        8690.44                      109
1            37.48        11308.54                     302
2            24.68        5032.11                      204
3            61.80        13376.20                     216
4            95.12        7347.67                       77
```

[81]: # 删除数据存在空值的行, 即存在数据缺失的充电站点

```
data.dropna(inplace=True)
```

利用 `folium` 的地图标记功能，可标记各充电站在地图上所处的区域，标记上的数字大小代表所在区域拥有的充电站数量。

```
[82]: # 导入 Plugins 模块
from folium import plugins
# 标记实例化
incidents =plugins.MarkerCluster().add_to(Yantai_map)
# 循环添加各充电站的标记
for lat, lng, label, in zip(data.latitude, data.longitude, data.
    ↪Number_charging_piles):
    folium.Marker(
        location=[lat, lng],
        icon=None,
        popup=label,
    ).add_to(incidents)

# 把标记加入到地图上
Yantai_map.add_child(incidents)
```

[82]: <folium.folium.Map at 0x28e2a3d27c0>

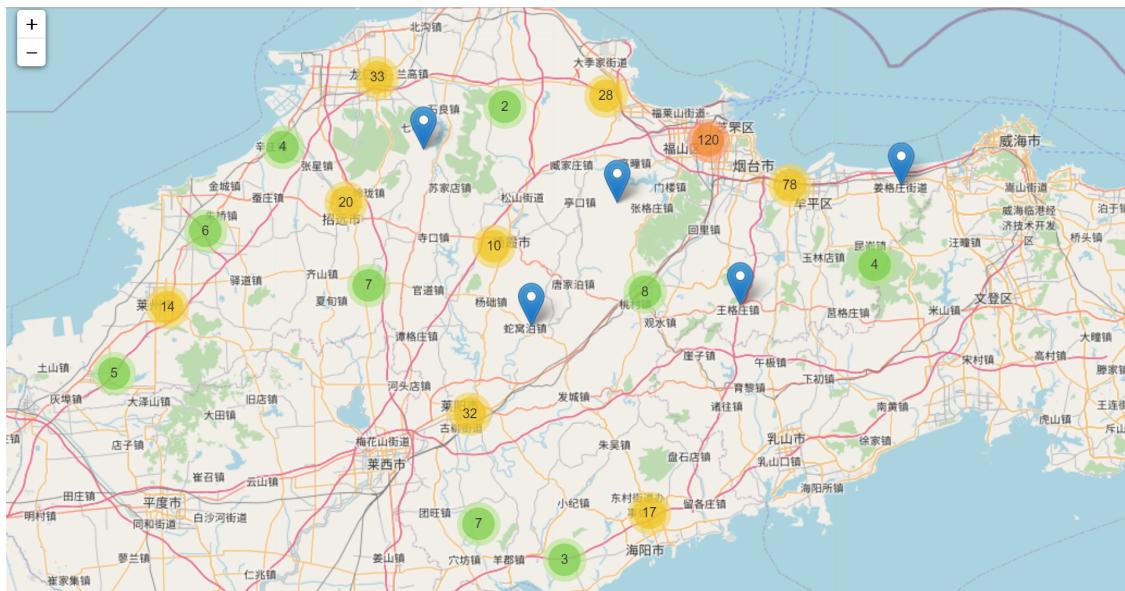


图 1.3 烟台市各充电站标记

由于各充电站拥有的充电桩数量不同，如果把充电桩数量多少体现在标记图中将更加直观。以下代

码通过 folium 的 CircleMarker 功能可实现该目的，圆圈的大小代表充电桩数量多少。

```
[83]: # Instantiate a feature group for the incidents in the dataframe
incidents = folium.map.FeatureGroup()

# 循环标记
for lat, lng, nums in zip(data.latitude, data.longitude, data.
                           Number_charging_piles):
    incidents.add_child(
        folium.CircleMarker(
            [lat, lng],
            radius=nums, # define how big you want the circle markers to be
            color='yellow',
            fill=True,
            fill_color='red',
            fill_opacity=0.4,
            tooltip = nums
        )
    )

# 添加及显示标记
Yantai_map_piles_num = folium.Map(location=[latitude, longitude], zoom_start=12)
Yantai_map_piles_num.add_child(incidents)
```

```
[83]: <folium.folium.Map at 0x28e2acc2880>
```

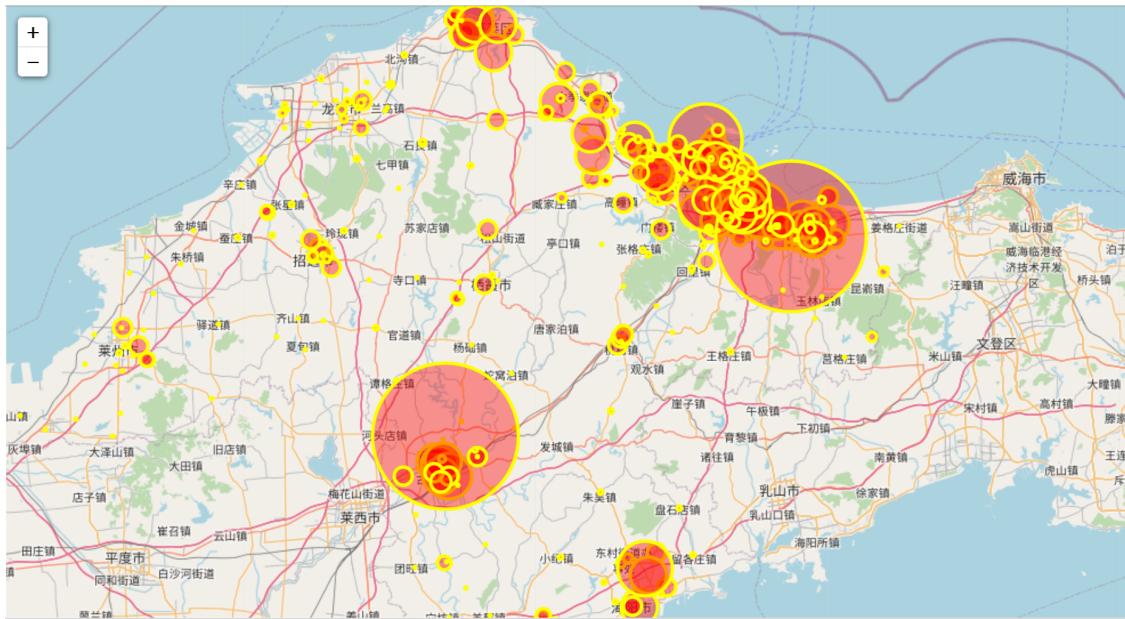


图 1.4 烟台市各充电站充电桩数量标记

基础的地图没有显示各区市的边界线，接下来对烟台各区市边界进行绘制，通过加载 json 地理信息文件，实行代码如下。

```
[84]: import json
import requests
def basic_map():
    Yantai_geo = 'city_geojson-master/city_geojson-master/geojsons/Yantai.json'
    basic_map = folium.Map(location = [latitude, longitude], zoom_start = 12)
    folium.GeoJson(
        data = (open(Yantai_geo, "r", encoding="utf-8-sig")).read(),
        style_function=lambda feature: {
            'fillColor': '#ffff00',
            'color': 'black',
            'weight': 2,
            'dashArray': '5, 5'
        }
    ).add_to(basic_map)
    return basic_map

#display map
basic_map()
```

[84]: <folium.folium.Map at 0x28e2a43aa30>



图 1.5 烟台市区市边界线

生成烟台市充电桩数量热图，暖色（红色）越深代表该区域充电桩数量越多，冷色（深蓝色）越深代表充电桩数量越少。实现代码如下：

[85]: `from folium.plugins import HeatMap`

```
# 准备充电桩数量数据
heatdata = data[['latitude', 'longitude', 'Number_charging_piles']].values.
    ↪tolist()

# 把数量信息添加到地图
basic_heatMap = basic_map()
HeatMap(heatdata).add_to(basic_heatMap)

basic_heatMap
```

[85]: <folium.folium.Map at 0x28e2a43a640>

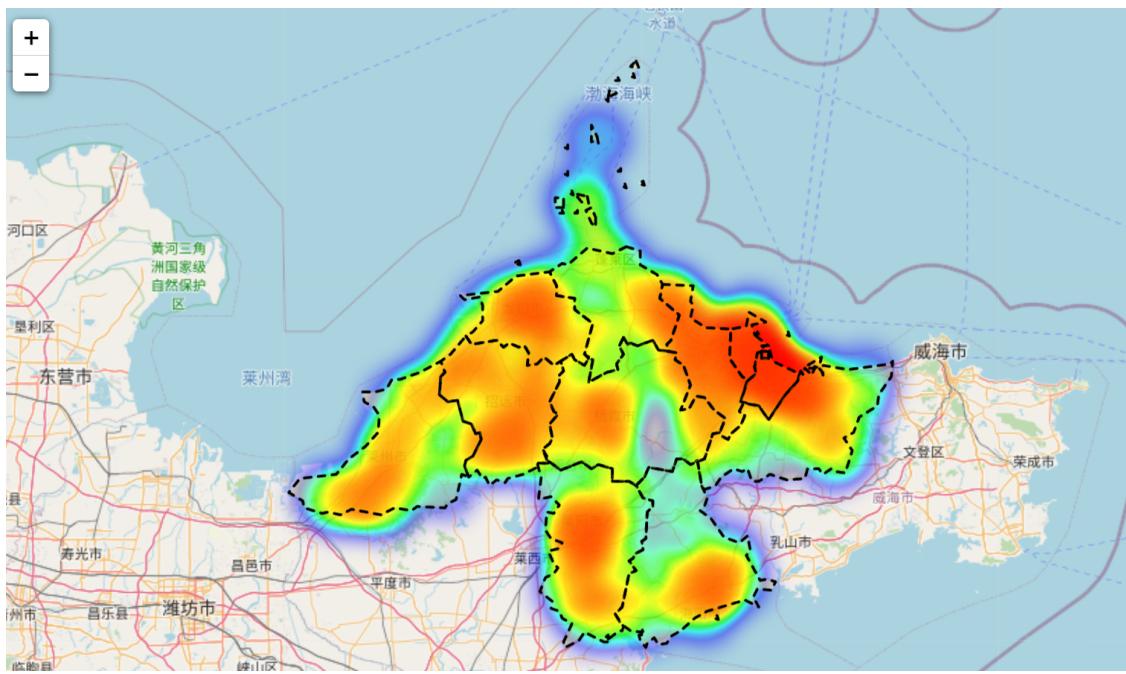


图 1.6 烟台市充电桩数量热图

在地图上标记烟台市所有充电桩位置信息，可以看出不同区域充电站密集度，实现代码如下：

```
[86]: # 构建特征图
incidents = folium.map.FeatureGroup()
# 添加经纬度定位信息
for lat, lng, name in zip(data.latitude, data.longitude, data.Station_name):
    incidents.add_child(
        folium.CircleMarker(
            [lat, lng],
            radius=7, # define how big you want the circle markers to be
            color='yellow',
            fill=True,
            fill_color='red',
            fill_opacity=0.4,
            popup=name
        )
    )
# 展示定位地图
basic_map().add_child(incidents)
```

[86]: <folium.folium.Map at 0x28e2a8f3250>

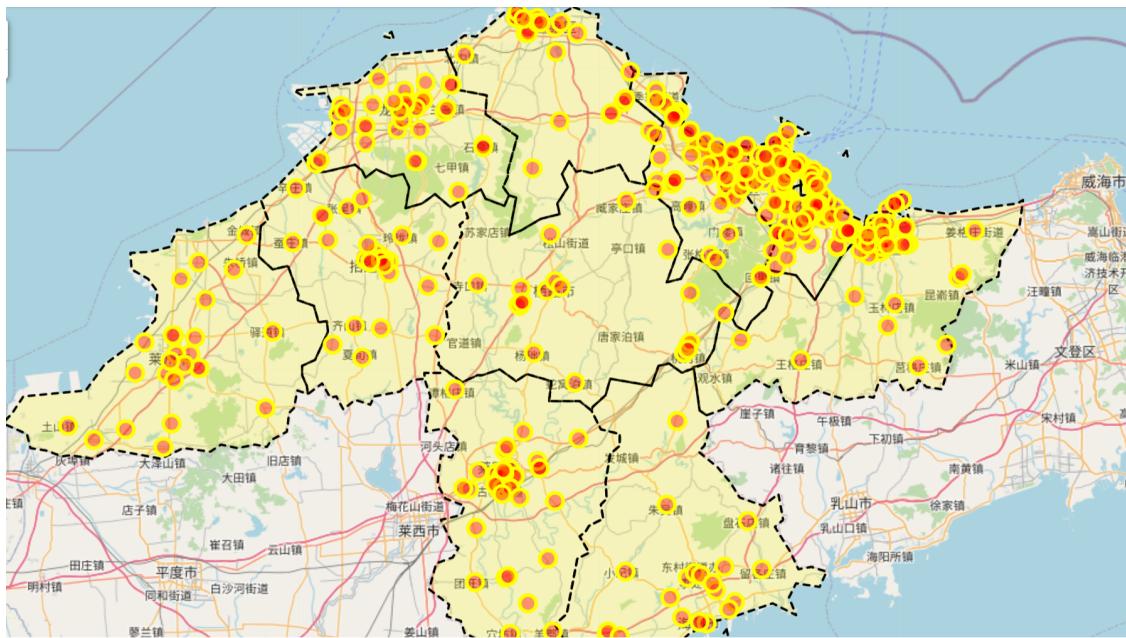


图 1.7 烟台市充电桩站位置信息

通过 `head` 函数，展示烟台市部分充电站汇总信息，如下：

```
[87]: # 显示前五条  
data.head()
```

```
[87]: Unnamed: 0      Station_name district  year_month power_consum (kWh)  \  
0          0      烟台高新区公交场站    莱山区    202109  ↗  
  ↘147737.44  
1          1      烟台泓澳新能源充电站    蓬莱市    202109  ↗  
  ↘135702.52  
2          2      烟台莱山长宁路充电站    莱山区    202109  ↗  
  ↘125802.78  
3          3      烟台康和新城公交场站    芝罘区    202109  ↗  
  ↘120385.80  
4          4  山东省烟台市开发区天马相城公交充电站    福山区    202109  ↗  
  ↘117562.77  
  
  times_charging  Number_charging_piles  latitude  longitude  \\  
0            1857                  17  37.411116  121.530138
```

1	3621	12	37.784622	120.764465
2	5098	25	37.447031	121.438939
3	1948	9	37.508728	121.323249
4	1236	16	37.580740	121.175610

	Unit_per_Cha_time	Unit_per_Cha_pile	month_use_frequency_per_pile
0	79.56	8690.44	109
1	37.48	11308.54	302
2	24.68	5032.11	204
3	61.80	13376.20	216
4	95.12	7347.67	77

本竞赛项目是为莱山区充电桩再规划进行设计，所以对各区市充电站数据进行按区市归类及汇总，实现代码如下。

```
[88]: import numpy as np
data_laishan = data[data.district=='莱山区']
data_muping = data[data.district=='牟平区']
data_zhifu = data[data.district=='芝罘区']
data_fushan = data[data.district=='福山区']
data_penglai = data[data.district=='蓬莱市']
data_longkou = data[data.district=='龙口市']
data_zhaoyuan = data[data.district=='招远市']
data_qixia = data[data.district=='栖霞市']
data_haiyang = data[data.district=='海阳市']
data_laiyang = data[data.district=='莱阳市']
data_laizhou = data[data.district=='莱州市']
data_laishan.head()
```

```
[88]:   Unnamed: 0   Station_name district  year_month  power_consum (kWh) \
0          0    烟台高新区公交场站    莱山区      202109       147737.44
2          2    烟台莱山长宁路充电站    莱山区      202109       125802.
   ↵78
13         13  山东省烟台市莱山光华充电站    莱山区      202109        ↵
   ↵64413.98
14         14    烟台朱港堡公交场站    莱山区      202109       58316.32
```

16 16 烟台上海滩花园公交场站 莱山区 202109 51615.

→61

	times_charging	Number_charging_piles	latitude	longitude	\
0	1857		17	37.411116	121.530138
2	5098		25	37.447031	121.438939
13	3201		8	37.467384	121.443810
14	2191		7	37.351410	121.350403
16	968		8	37.440314	121.462538

	Unit_per_Cha_time	Unit_per_Cha_pile	month_use_frequency_per_pile
0	79.56	8690.44	109
2	24.68	5032.11	204
13	20.12	8051.75	400
14	26.62	8330.90	313
16	53.32	6451.95	121

充电桩的使用频率体现了充电桩利用情况，根据原始数据提供的 2021 年 9 月份的充电数据，可绘制各区市的充电桩平均使用次数 (`month_use_frequency_per_pile`) 的箱线图。实现代码如下。

说明：中间橙色线为中位数线，橙色线上、下分别为上、下四分位线，上、下四分位线上方为上限值，下方为下限值，圆圈归类为异常值点（本方案并未对异常值点进行特别剔除处理）。从箱线图对比其它区市可以看出，莱山区中位数线较低（低于平均水平），而四分位线处于平均水平，说明莱山区存在较多充电桩利用率较低（推测有较多新安装的充电桩），而部分充电桩存在使用拥挤的情形，说明充电站位置及充电桩数量存在可优化的空间。

[89]: `len(data_all_districts)`

[89]: 11

[90]: # 保存各区市数据

```
data_all_districts = [data_laishan, data_muping, data_zhifu, data_fushan,  
→data_penglai, data_longkou, data_zhaoyuan, data_qixia, data_haiyang,  
→data_laiyang,data_laizhou]  
data_boxplot = [0]*len(data_all_districts)  
for i in range(len(data_all_districts)):
```

```

    data_boxplot[i] = data_all_districts[i].
→drop(data_all_districts[i][data_all_districts[i]['Unit_per_Cha_time']==0].
→index).month_use_frequency_per_pile

```

[91]: # 绘制箱线图

```

import matplotlib.pyplot as plt
# 用来正常显示中文标签
plt.rcParams['font.sans-serif']=['SimHei']
# 各区市名
district_name =_
→['laishan','muping','zhifu','fushan','penglai','longkou','zhaoyuan'
,'qixia','haiyang','laiyang','laizhou']
plt.figure(figsize=(12,6))
plt.boxplot(data_boxplot, labels=district_name)
plt.xlabel('区市名')
plt.ylabel('充电桩月平均使用次数(次)')

```

[91]: Text(0, 0.5, '充电桩月平均使用次数(次)')

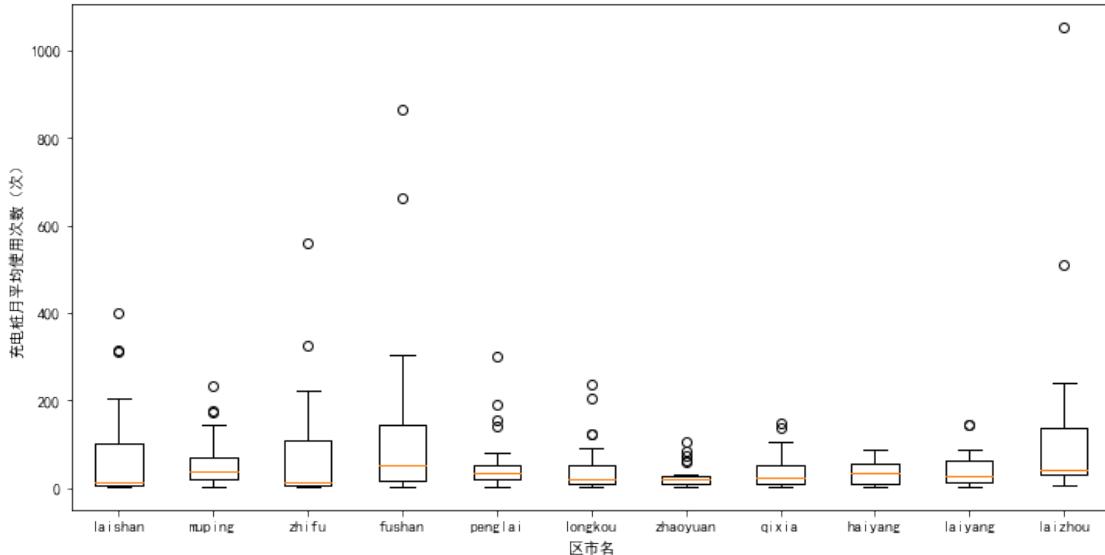


图 1.8 各区市充电桩月使用频率箱线图

同样，用箱线图绘制各区市每次充电量情况，实现代码如下。从图中可以看出，单次充电量存在一

些被划定为异常点，可能的原因之一是电动公交车等大容量的充电情形。

[92]: # 删除充电量为零的充电站

```
data_power_per_char_time = [0]*len(data_all_districts)
for i in range(len(data_all_districts)):
    data_power_per_char_time[i] = data_all_districts[i].
    →drop(data_all_districts[i][data_all_districts[i]['Unit_per_Cha_time']==0].
    →index).Unit_per_Cha_time
```

[93]: # 绘制单次充电量

```
plt.figure(figsize=(12,6))
plt.boxplot(data_power_per_char_time, labels=district_name)
plt.xlabel('区市名')
plt.ylabel('单次充电量 (kWh)')
```

[93]: Text(0, 0.5, ' 单次充电量 (kWh)')

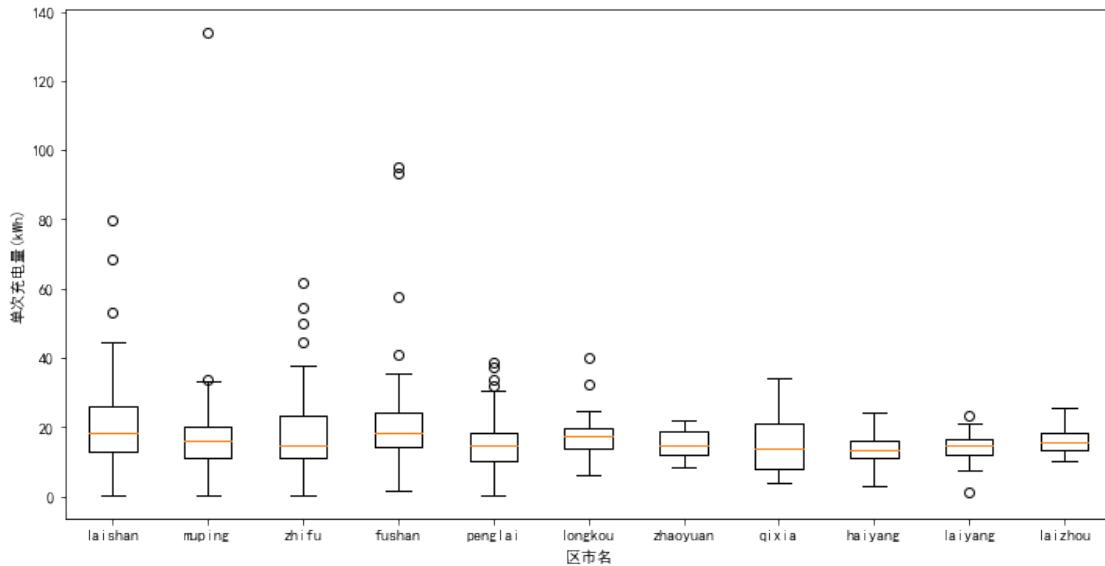


图 1.9 各区市单次充电电量

接着，绘制各充电桩月充电量。月充电量的大小反映了各桩的使用率信息。实现代码如下。

[94]: data_power_per_char_pile = [0]*len(data_all_districts)

```
for i in range(len(data_all_districts)):
```

```
    data_power_per_char_pile[i] = data_all_districts[i].  
    ↪drop(data_all_districts[i][data_all_districts[i]['Unit_per_Cha_time']==0].  
    ↪index).Unit_per_Cha_pile
```

```
[95]: plt.figure(figsize=(12,6))  
plt.boxplot(data_power_per_char_pile, labels=district_name)  
plt.xlabel('区市名')  
plt.ylabel('各桩月均充电量 (kWh)')
```

```
[95]: Text(0, 0.5, '各桩月均充电量 (kWh)')
```

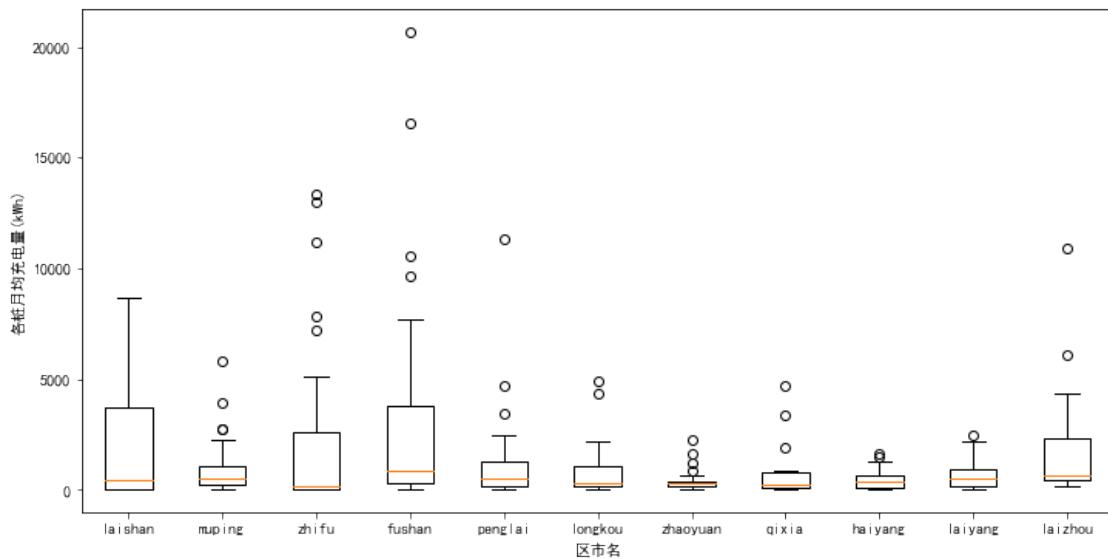


图 1.10 各区市各桩月均充电量箱线图

各区市充电桩数量和总充电桩数量可以体现区域发展情况，由以下代码实现，分别绘制了柱状统计图。

```
[96]: # 统计各区市充电桩总数量  
total_num_piles = [0]*len(data_all_districts)  
for i in range(len(data_all_districts)):  
    total_num_piles[i] = data_all_districts[i]['Number_charging_piles'].sum()
```

```
[97]: # 绘制柱状图  
plt.figure(figsize=(12,6))
```

```

plt.bar(district_name, total_num_piles, tick_label=district_name)
plt.xlabel('区市名')
plt.ylabel('充电桩总数量')
for a,b in zip(district_name, total_num_piles):
    plt.text(a,b,
              b,
              ha='center',
              va='bottom',
              )

```

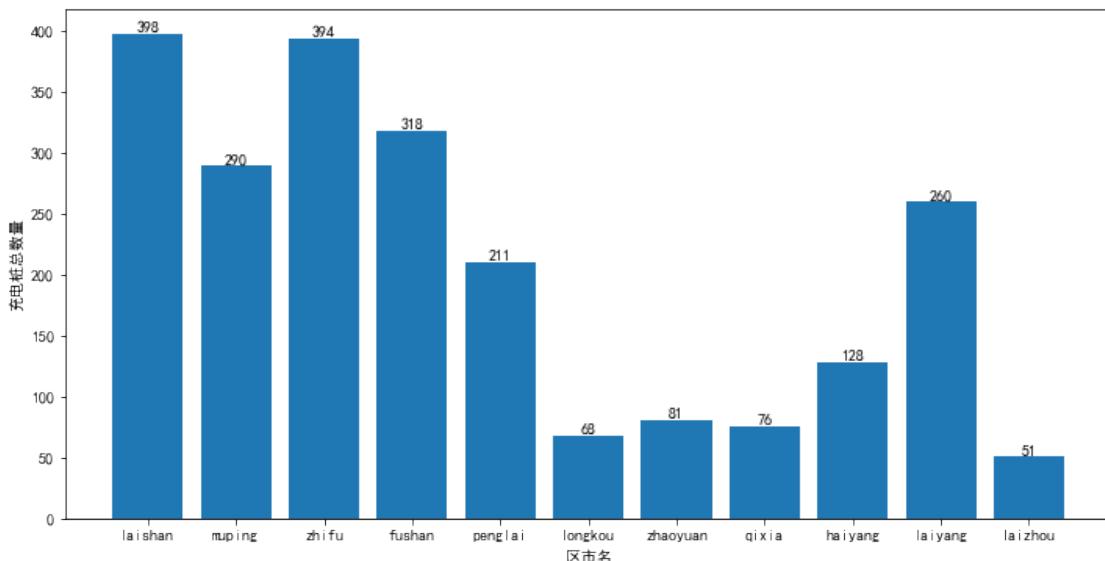


图 1.11 各区市总充电桩数量

[98]: # 汇总各区市总充电站数量

```

total_num_stations = [0]*len(data_all_districts)
for i in range(len(data_all_districts)):
    total_num_stations[i] = data_all_districts[i]['Station_name'].count()

```

[99]: # 汇总各区市总充电站数量柱状图

```

plt.figure(figsize=(12,6))
plt.bar(district_name, total_num_stations, tick_label=district_name)
plt.xlabel('区市名')
plt.ylabel('充电站总数量')

```

```

for a,b in zip(district_name, total_num_stations):
    plt.text(a,b,
              b,
              ha='center',
              va='bottom',
              )

```

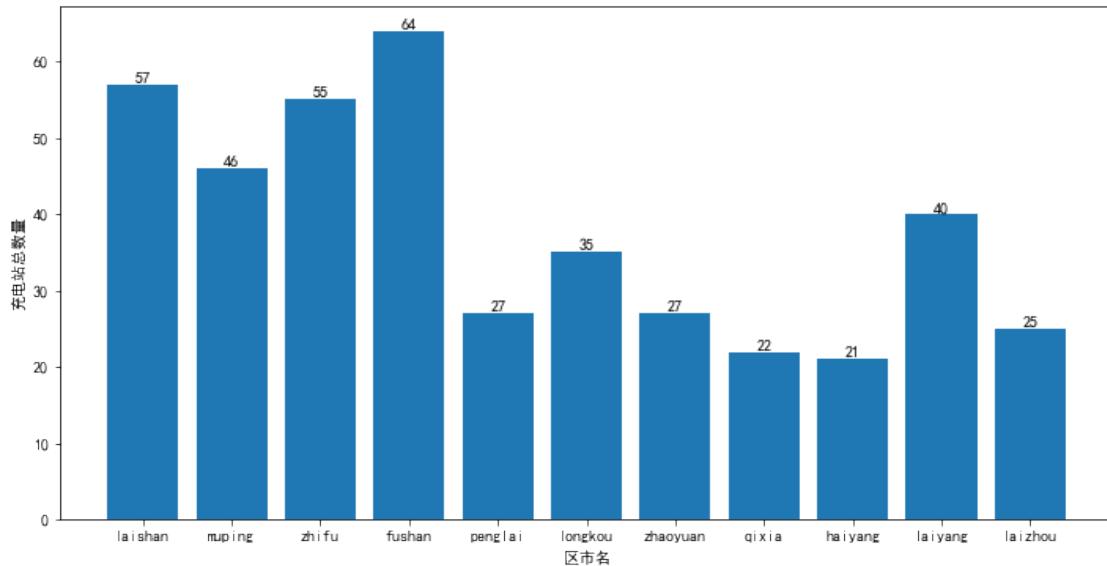


图 1.12 各区市总充电站数量

2 莱山区各充电站数据分析

莱山区的充电桩规划为本竞赛的目的，本章节将对莱山区的充电桩现状进行更为详细的分析，为下一章节充电桩未来发展提供依据。

```
[100]: # 计算莱山区充电桩总数
num_stations_laishan = total_num_stations[0]
# 展示莱山区充电桩数据表
data_laishan.head()
```

```
[100]: Unnamed: 0      Station_name district  year_month  power_consum (kWh)  \
0            0      烟台高新区公交场站      莱山区        202109       147737.44
```

2	2	烟台莱山长宁路充电站	莱山区	202109	125802.
13	13	山东省烟台市莱山光华充电站	莱山区	202109	□
14	14	烟台朱港堡公交场站	莱山区	202109	58316.32
16	16	烟台上海滩花园公交场站	莱山区	202109	51615.
13	13	烟台光华充电站	莱山区	202109	64413.98
16	16	烟台上海滩花园公交场站	莱山区	202109	61

	times_charging	Number_charging_piles	latitude	longitude	\
0	1857	17	37.411116	121.530138	
2	5098	25	37.447031	121.438939	
13	3201	8	37.467384	121.443810	
14	2191	7	37.351410	121.350403	
16	968	8	37.440314	121.462538	

	Unit_per_Cha_time	Unit_per_Cha_pile	month_use_frequency_per_pile
0	79.56	8690.44	109
2	24.68	5032.11	204
13	20.12	8051.75	400
14	26.62	8330.90	313
16	53.32	6451.95	121

莱山区各充电站数量展示由下列代码实现。

```
[101]: # charging piles number
from pylab import *
mpl.rcParams['font.sans-serif'] = ['SimHei']
plt.figure(figsize=(40,8))
plt.bar(data_laishan['Station_name'], data_laishan['Number_charging_piles'],
        tick_label=data_laishan['Station_name'])
plt.xlabel('莱山区充电站名')
plt.ylabel('充电桩数量')
for a,b in zip(data_laishan['Station_name'],
                data_laishan['Number_charging_piles']):
    plt.text(a,b,
              b,
```

```

        ha='center',
        va='bottom',
    )
plt.xticks(rotation = 90)
import warnings
warnings.filterwarnings('ignore')

```

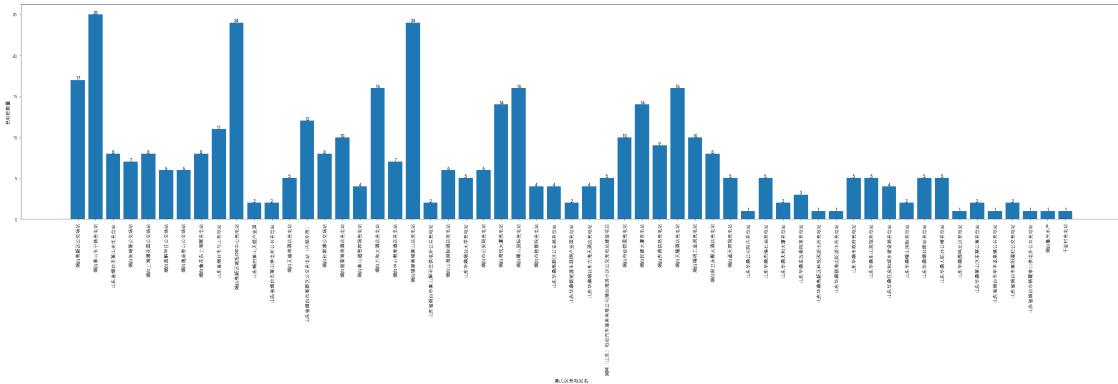


图 2.1 莱山区各充电站充电桩数量

各充电站月使用频率由以下代码实现。

```
[102]: # 绘制月使用频率图
plt.figure(figsize=(40,8))
plt.bar(data_laishan['Station_name'],_
        data_laishan['month_use_frequency_per_pile'],_
        tick_label=data_laishan['Station_name'])

plt.xlabel('莱山区充电站名')
plt.ylabel('每个充电桩月均使用次数')

for a,b in zip(data_laishan['Station_name'],_
                data_laishan['month_use_frequency_per_pile']):
    plt.text(a,b,
              b,
              ha='center',
              va='bottom',
    )
plt.xticks(rotation = 90)
```

```
import warnings  
warnings.filterwarnings('ignore')
```

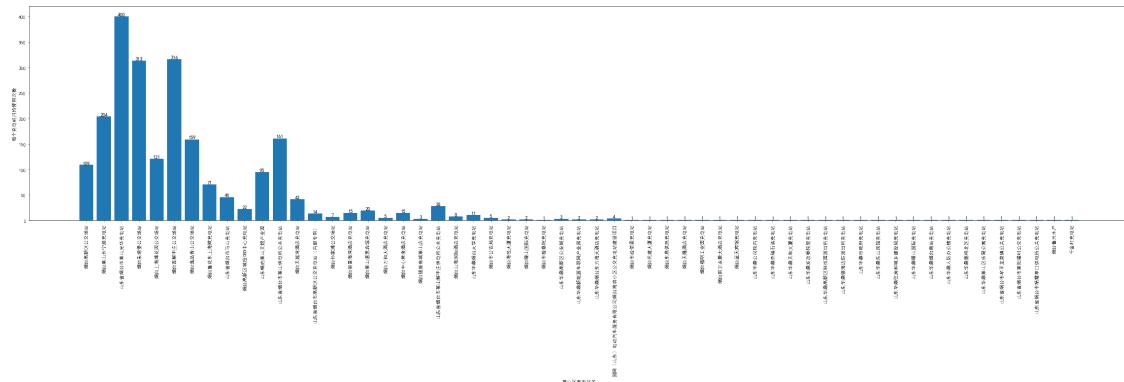


图 2.2 莱山区充电桩月均使用次数

同样，绘制各充电站地理位置。

[103]: # 绘制各充电站地理位置

```
laishan_map = folium.Map(location = [latitude, longitude], zoom_start = 12)  
incidents_laishan = plugins.MarkerCluster().add_to(laishan_map)  
for lat, lng, name in zip(data_laishan.latitude, data_laishan.longitude, □  
    ↪data_laishan.Station_name):  
    incidents_laishan.add_child(  
        folium.CircleMarker(  
            [lat, lng],  
            radius=7, # define how big you want the circle markers to be  
            color='yellow',  
            fill=True,  
            fill_color='red',  
            fill_opacity=0.4,  
            popup=name  
        )  
    )  
circleMarker_laishan = basic_map()  
circleMarker_laishan.add_child(incidents_laishan)
```

[103]: <folium.folium.Map at 0x28e2cdeaa60>

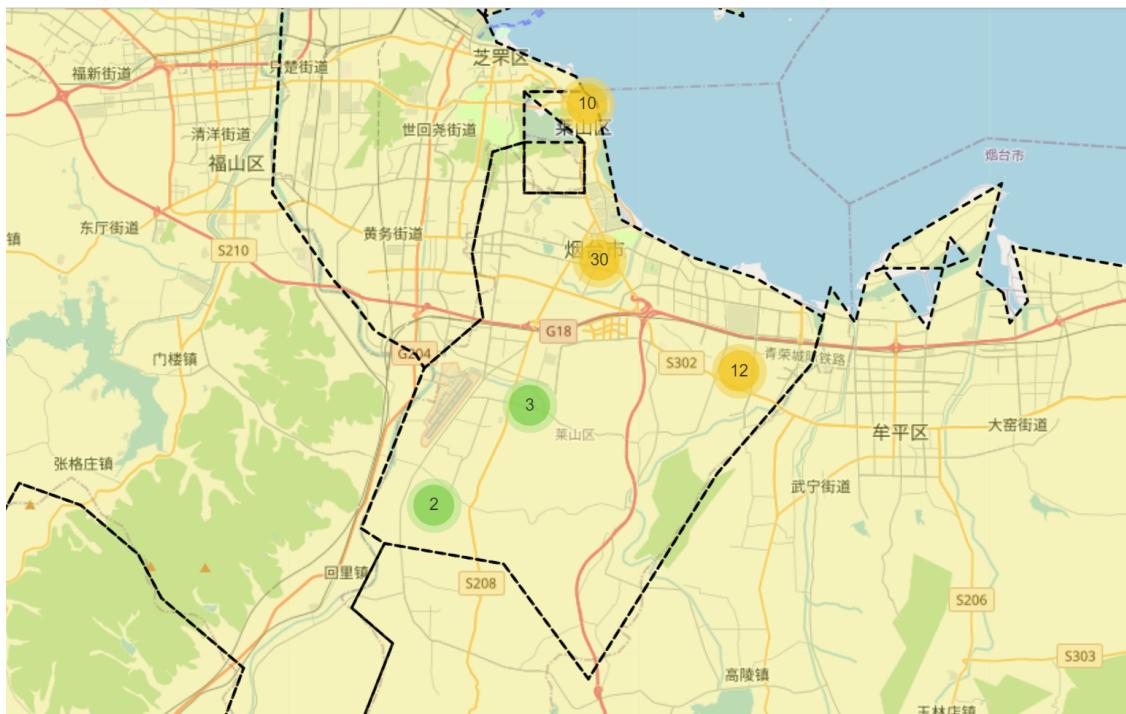


图 2.3 莱山区充电站位置

绘制莱山区充电桩数量、使用频率、单次充电量等热图。

```
[104]: # 绘制热图
heatMap_laishan = circleMarker_laishan
heatdata = data_laishan[['latitude', 'longitude', 'Number_charging_piles']].
    ↪values.tolist()
HeatMap(heatdata).add_to(heatMap_laishan)
heatMap_laishan
```

[104]: <folium.folium.Map at 0x28e2cdeaa60>

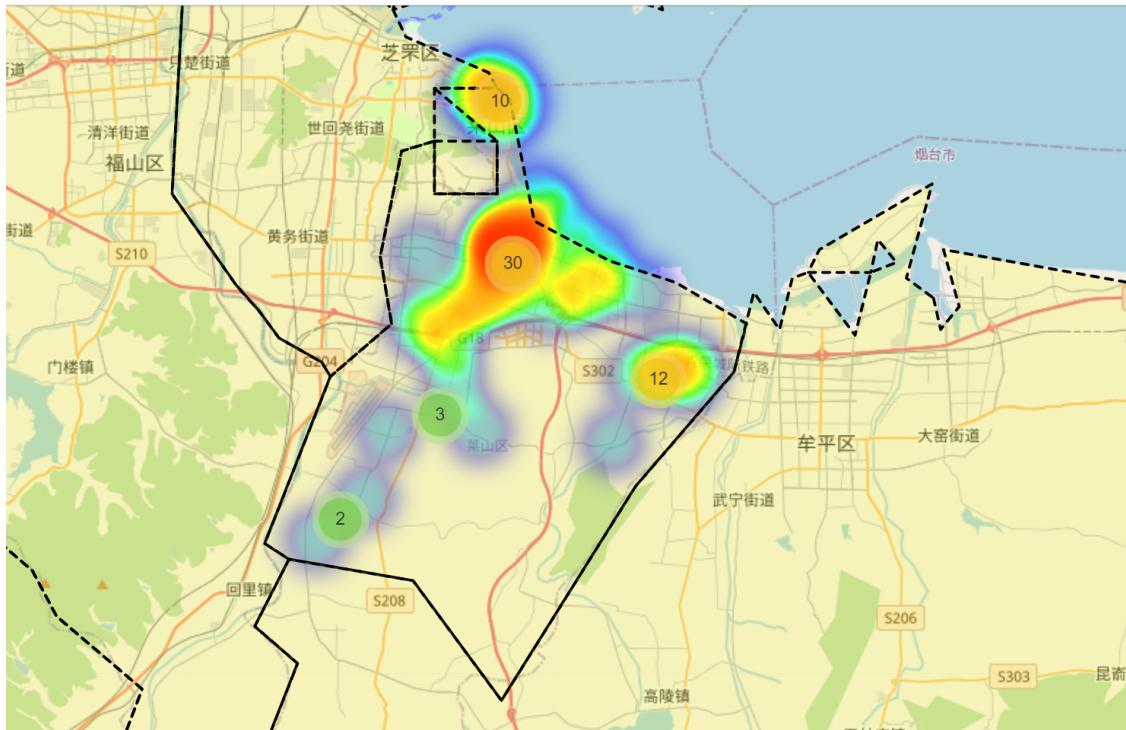


图 2.4 莱山区充电桩数量热图

```
[105]: # 充电桩月使用频率热图
heatMap_use_frequncy_laishan = circleMarker_laishan
heatdata =_
    ↪data_laishan[['latitude', 'longitude', 'month_use_frequency_per_pile']].values.
    ↪tolist()
HeatMap(heatdata).add_to(heatMap_use_frequncy_laishan)
heatMap_use_frequncy_laishan
```

```
[105]: <folium.folium.Map at 0x28e2cdeaa60>
```

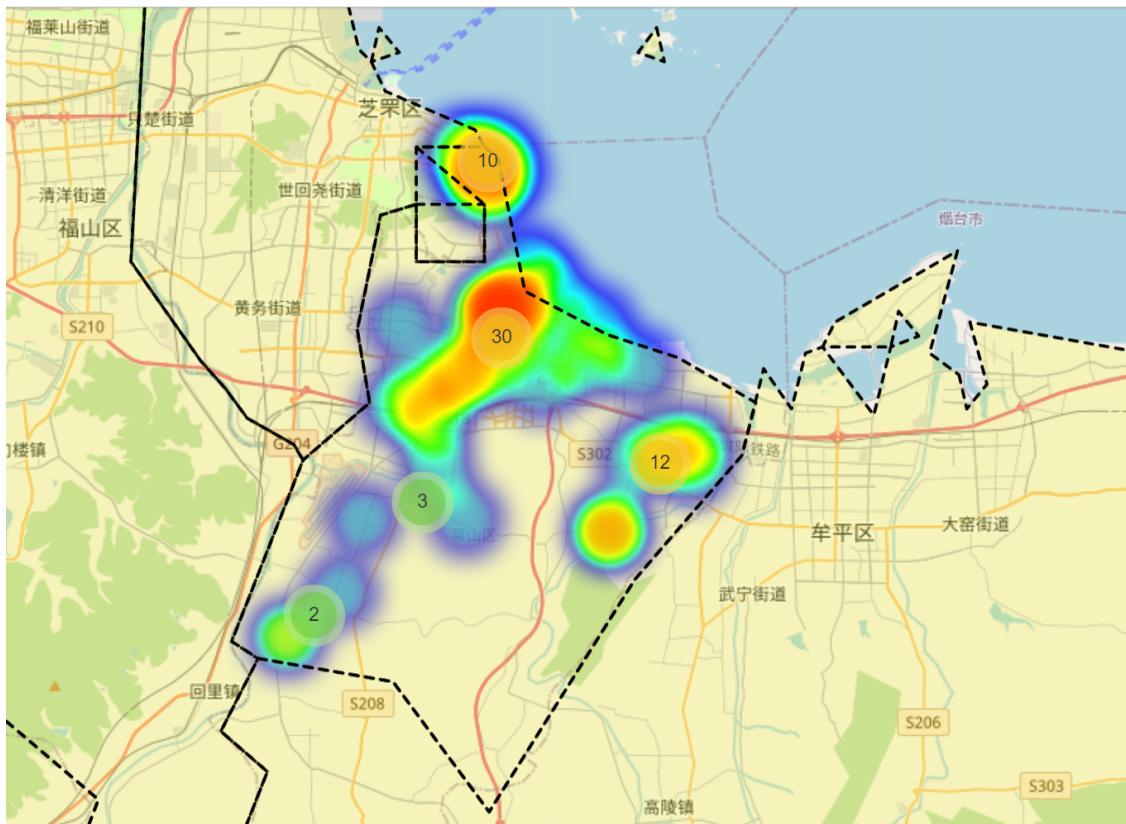


图 2.5 莱山区充电桩月使用频率热图

```
[106]: # heatmap of power use of each charging time
heatMap_power_use_times_laishan = circleMarker_laishan
heatdata = data_laishan[['latitude', 'longitude', 'Unit_per_Cha_time']].values.
           ↪tolist()
HeatMap(heatdata).add_to(heatMap_power_use_times_laishan)
heatMap_power_use_times_laishan
```

```
[106]: <folium.folium.Map at 0x28e2cdeaa60>
```

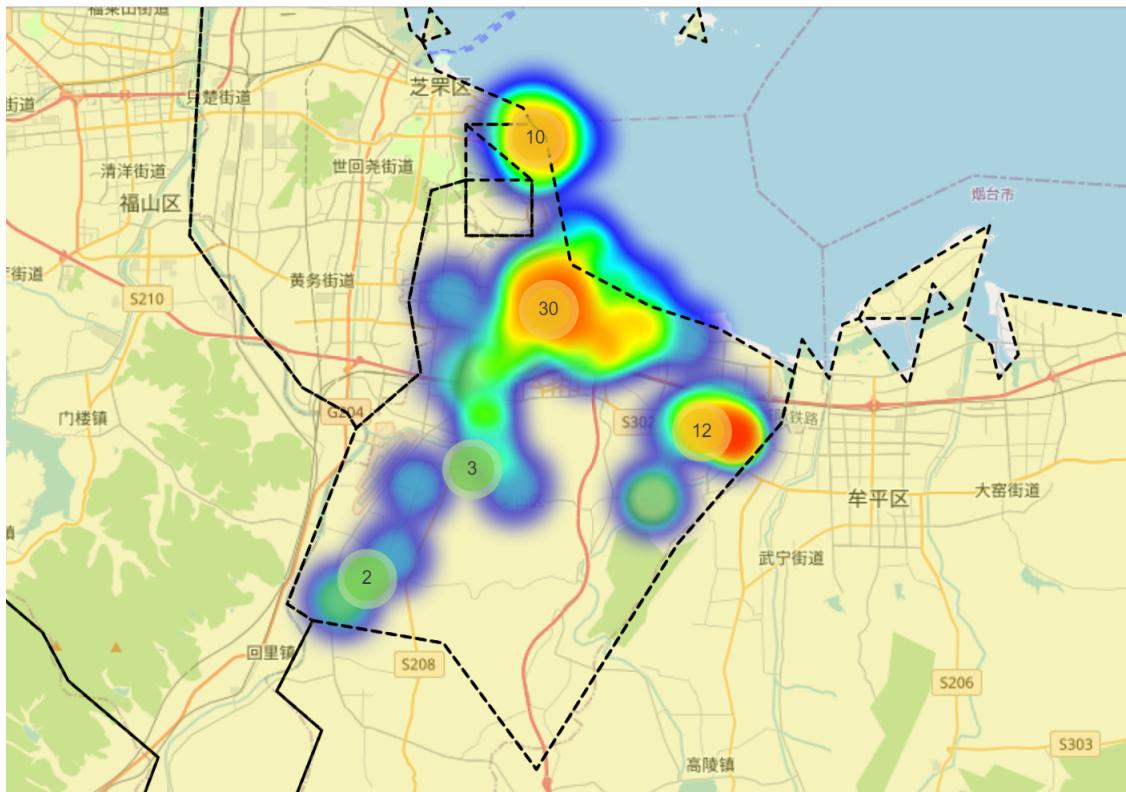


图 2.6 莱山区单次充电量热图

```
[107]: # 各充电桩月均充电量热图
heatMap_power_use_piles_laishan = circleMarker_laishan
heatdata = data_laishan[['latitude', 'longitude', 'Unit_per_Cha_pile']].values.
          tolist()
HeatMap(heatdata).add_to(heatMap_power_use_piles_laishan)
heatMap_power_use_piles_laishan
```

```
[107]: <folium.folium.Map at 0x28e2cdeaa60>
```

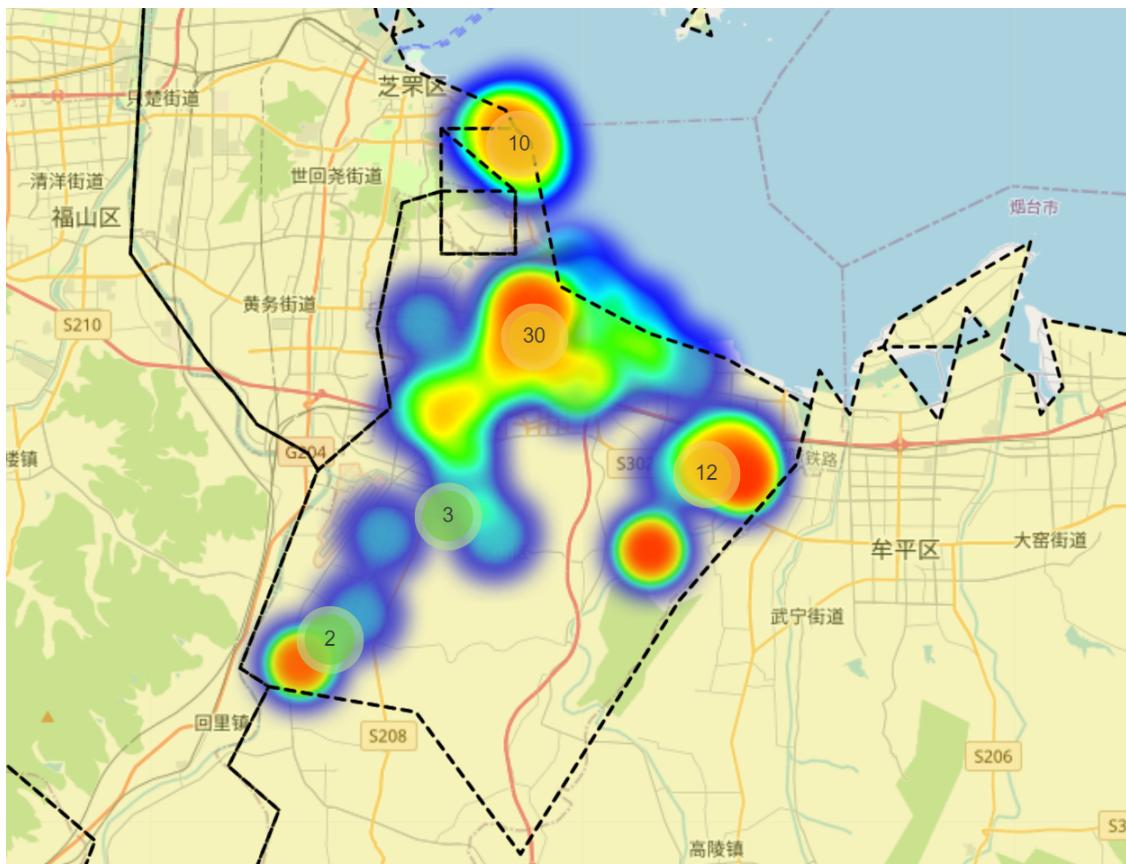


图 2.7 莱山区单桩月约充电量

3 方案 A：莱山区充电桩未来发展规划（2021, 2025, 2030），在已有充电桩基础上规划充电桩

方案 A 是在已有充电桩选址的基础上，规划不同站点充电桩数量的未来发展情况，方案 A 中假设各站点历史充电需求即为莱山区各地点实际充电需求，也不新增加充电桩（或新增加的充电桩与原有充电桩距离小于一定距离，例如小于 100m），在原有充电桩基础上，根据实际充电需求，增加各个充电桩的充电桩安装数量。

[108]: # 显示部分莱山区数据信息情况

```
data_laishan.head()
```

	Unnamed: 0	Station_name	district	year_month	power_consum (kWh)	\
0	0	烟台高新区公交场站	莱山区	202109	147737.44	
2	2	烟台莱山长宁路充电站	莱山区	202109	125802.	

→78

13	13	山东省烟台市莱山光华充电站	莱山区	202109	64413.98
14	14	烟台朱港堡公交场站	莱山区	202109	58316.32
16	16	烟台上海滩花园公交场站	莱山区	202109	51615.
					61

	times_charging	Number_charging_piles	latitude	longitude	\
0	1857		17	37.411116	121.530138
2	5098		25	37.447031	121.438939
13	3201		8	37.467384	121.443810
14	2191		7	37.351410	121.350403
16	968		8	37.440314	121.462538

	Unit_per_Cha_time	Unit_per_Cha_pile	month_use_frequency_per_pile	
0	79.56	8690.44		109
2	24.68	5032.11		204
13	20.12	8051.75		400
14	26.62	8330.90		313
16	53.32	6451.95		121

3.1 2021 充电桩规划

对莱山区充电站进行筛选，筛选出充电桩月均使用频率大于 10 的充电桩的定位，实现代码如下。

```
[109]: # 实例化地图
incidents_demand_point_high_use_frequency = folium.map.FeatureGroup()
# 指定月均使用频率
month_use_frequency = 10
data_high_use_frequency = data_laishan[data_laishan['month_use_frequency_per_pile'] > month_use_frequency]
# 定位
for lat, lng, name in zip(data_high_use_frequency.latitude, data_high_use_frequency.longitude, data_high_use_frequency['Number_charging_piles']):
    incidents_demand_point_high_use_frequency.add_child(
        folium.CircleMarker(
```

```

        [lat, lng],
        radius=7, # define how big you want the circle markers to be
        color='yellow',
        fill=True,
        fill_color='red',
        fill_opacity=0.4,
        popup=name

    )
)

# Add incidents to map
basic_map().add_child(incidents_demand_point_high_use_frequency)

```

[109]: <folium.folium.Map at 0x28e2a978310>

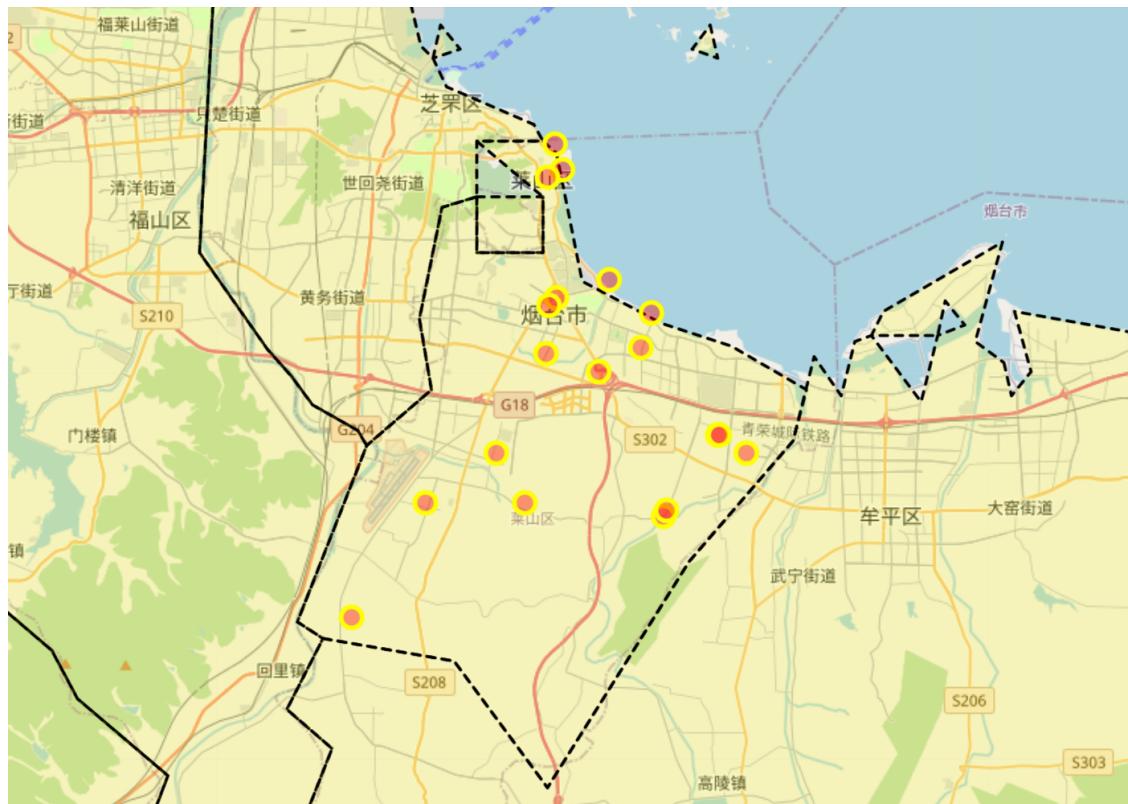


图 3.1 莱山区使用频率较高充电站

```
[110]: # 数据展示
```

```
data_high_use_frequency.head()
```

```
[110]: Unnamed: 0    Station_name district  year_month  power_consum (kWh) \
0          0    烟台高新区公交场站      莱山区    202109       147737.44
2          2    烟台莱山长宁路充电站      莱山区    202109       125802.
   ↪78
13         13  山东省烟台市莱山光华充电站      莱山区    202109       64413.98
   ↪61
14         14    烟台朱港堡公交场站      莱山区    202109       58316.32
16         16    烟台上海滩花园公交场站      莱山区    202109       51615.

times_charging  Number_charging_piles  latitude  longitude \
0            1857                      17  37.411116  121.530138
2            5098                      25  37.447031  121.438939
13           3201                      8   37.467384  121.443810
14           2191                      7   37.351410  121.350403
16           968                       8   37.440314  121.462538

Unit_per_Cha_time  Unit_per_Cha_pile  month_use_frequency_per_pile
0             79.56          8690.44                  109
2             24.68          5032.11                  204
13            20.12          8051.75                  400
14            26.62          8330.90                  313
16            53.32          6451.95                  121
```

为充电站充电情况定义相关指标，如下：

需求因素指标（**demand factor**），使用率（**time_use_efficiency**），以及需增加的电动桩数量（**piles_add_number**）。

在我们方案设计中，我们假设当使用率大于 1 时（具体数字可根据实际需求进行调整），需要在原来充电桩的基础上新安装充电桩，安装数量由充电需求决定。

```
[111]: # 计算需求因素指标
```

```
data_high_use_frequency['demand factor'] = ↪
  ↪(data_high_use_frequency['month_use_frequency_per_pile']/3).astype(int)
```

```

# define the indexes to judge the stations efficiency/overload or not, 5 means
# charging 5 hours per time, usually, 2 hours can be full charged with public
# charging pile

# but customer won't remove the EV cars immediately, so we assume 5 hours per
# charging time, if time_use_efficiency>1 means that more charging piles
# should be installed

# otherwise, no more charging piles are needed

# 根据调研数据，假设每次充电时长（包括 EV 停留时间）为 5 小时 (duration=5)
duration = 5

# 计算使用效率
data_high_use_frequency['time_use_efficiency'] =
    (data_high_use_frequency['month_use_frequency_per_pile']/30)*duration/24

# 当使用率大于 1 时，需要增加充电桩数量
station_add_piles =
    data_high_use_frequency[data_high_use_frequency['time_use_efficiency']>1.0]
station_add_piles['piles_add_number'] = np.
    ceil(station_add_piles['times_charging']*duration/
        (30*24)-station_add_piles['Number_charging_piles']).astype(int)

```

在现在充电桩充电情况下（2021），需要新增充电桩的充电站信息表如下。

[112]: station_add_piles.head(10)

	Unnamed: 0	Station_name	district	year_month	power_consum (kWh)	
2	2	烟台莱山长宁路充电站	莱山区	202109	125802.78	
13	13	山东省烟台市莱山光华充电站	莱山区	202109	64413.98	
14	14	烟台朱港堡公交场站	莱山区	202109	58316.32	
18	18	烟台西解甲庄公交场站	莱山区	202109	49071.64	
30	30	烟台逸品香山公交场站	莱山区	202109	29516.10	
65	65	山东省烟台市莱山供电所公共充电站	莱山区	202109	6546.01	

	times_charging	Number_charging_piles	latitude	longitude	\
2	5098	25	37.447031	121.438939	
13	3201	8	37.467384	121.443810	
14	2191	7	37.351410	121.350403	
18	1898	6	37.388390	121.492616	
30	956	6	37.393285	121.429032	
65	322	2	37.393078	121.383545	

	Unit_per_Cha_time	Unit_per_Cha_pile	month_use_frequency_per_pile	\
2	24.68	5032.11	204	
13	20.12	8051.75	400	
14	26.62	8330.90	313	
18	25.85	8178.61	316	
30	30.87	4919.35	159	
65	20.33	3273.01	161	

	demand factor	time_use_efficiency	piles_add_number
2	68	1.416667	11
13	133	2.777778	15
14	104	2.173611	9
18	105	2.194444	8
30	53	1.104167	1
65	53	1.118056	1

绘制 2021 年充电站需要新增充电桩数量。

```
[113]: # 绘制柱状图
plt.figure(figsize=(12,8))
plt.bar(station_add_piles['Station_name'], ↪
        station_add_piles['piles_add_number'], ↪
        tick_label=station_add_piles['Station_name'])
plt.xlabel('充电站名-2021 规划')
plt.ylabel('新增充电桩数量')
plt.xticks(rotation = 90)
for a,b in zip(station_add_piles['Station_name'], ↪
               station_add_piles['piles_add_number']):
```

```
plt.text(a,b,  
        b,  
        ha='center',  
        va='bottom',  
)
```

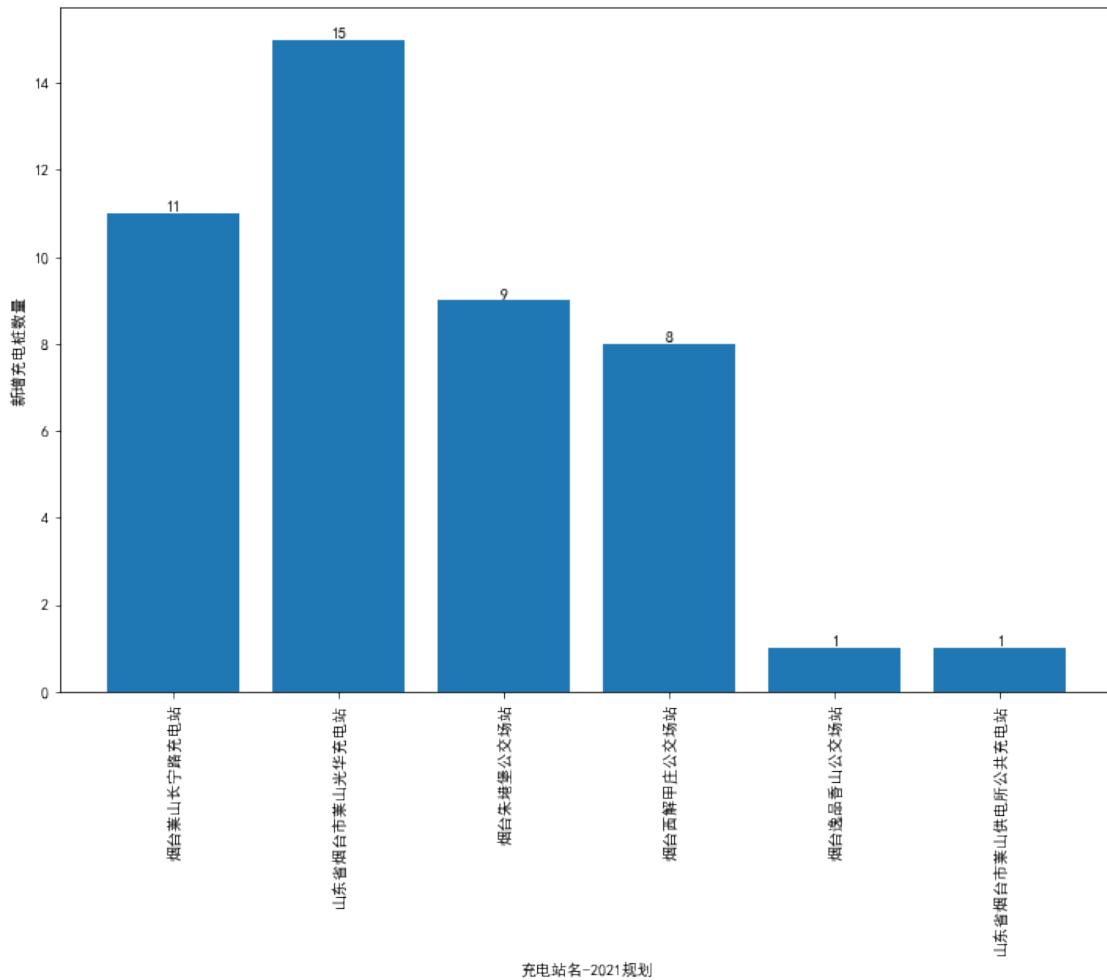


图 3.2 新增充电桩数量-2021

3.2 2025 充电桩规划

方案根据我国未来电动汽车的发展速度，对莱山区 2025 年充电桩规划。根据调研信息，2025 年我国电动车保有量为 2021 年的 3 倍左右。

<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prCHC47071920>, <https://www.canalys.com/newsroom/can>

%E7%BB%8F%E5%8E%86%E9%80%82%E5%BA%A6%E5%A2%9E%E9%95%BF%E7%9A%842020%E5%BC%

说明：下列程序计算时，充电桩的发展速度可根据实际发展进行调整，得出不同发展速度下所需的新增充电桩数量。

```
[114]: data_laishan['time_use_efficiency'] =  
       ↪(data_laishan['month_use_frequency_per_pile']/30)*duration/24
```

```
[115]: # 计算莱山区 2025 年充电桩需求情况  
  
increase_rate_2025 = 3  
  
data_laishan_2025 = data_laishan  
  
data_laishan_2025['month_use_frequency_per_pile'] =  
       ↪data_laishan_2025['month_use_frequency_per_pile']*increase_rate_2025  
  
data_laishan_2025['time_use_efficiency'] =  
       ↪(data_laishan_2025['month_use_frequency_per_pile']/30)*duration/24
```

```
[116]: # 计算从 2021 年到 2025 年，充电桩新增需求量  
  
station_add_piles_2025 =  
       ↪data_laishan_2025[data_laishan_2025['time_use_efficiency']>1.0]  
  
station_add_piles_2025['piles_add_number'] = np.  
       ↪ceil(station_add_piles_2025['times_charging']*increase_rate_2025*duration/  
       ↪(30*24)-station_add_piles_2025['Number_charging_piles']).astype(int)
```

2025 年充电桩发展情况，以及需要新增充电桩的充电站信息表如下，并绘制新增需求图。

```
[117]: station_add_piles_2025.head(57)
```

```
[117]:   Unnamed: 0      Station_name district  year_month power_consum (kWh)  \  
0          0        烟台高新区公交场站    莱山区    202109      ↪  
       ↪147737.44  
2          2        烟台莱山长宁路充电站    莱山区    202109      ↪  
       ↪125802.78  
13         13    山东省烟台市莱山光华充电站    莱山区    202109      ↪  
       ↪64413.98  
14         14        烟台朱埠堡公交场站    莱山区    202109      ↪  
       ↪58316.32  
16         16    烟台上海滩花园公交场站    莱山区    202109      ↪  
       ↪51615.61
```

18	18	烟台西解甲庄公交场站	莱山区	202109	□
→ 49071.64					
30	30	烟台逸品香山公交场站	莱山区	202109	□
→ 29516.10					
53	53	烟台鲁花东上海赋充电站	莱山区	202109	□
→ 9792.35					
61	61	山东畅的莱山天煜产业园	莱山区	202109	□
→ 8409.60					
65	65	山东省烟台市莱山供电所公共充电站	莱山区	202109	□
→ 6546.01					

	times_charging	Number_charging_piles	latitude	longitude	\\
0	1857		17	37.411116	121.530138
2	5098		25	37.447031	121.438939
13	3201		8	37.467384	121.443810
14	2191		7	37.351410	121.350403
16	968		8	37.440314	121.462538
18	1898		6	37.388390	121.492616
30	956		6	37.393285	121.429032
53	564		8	37.522659	121.442859
61	189		2	37.411027	121.416223
65	322		2	37.393078	121.383545

	Unit_per_Cha_time	Unit_per_Cha_pile	month_use_frequency_per_pile	\\
0	79.56	8690.44		327
2	24.68	5032.11		612
13	20.12	8051.75		1200
14	26.62	8330.90		939
16	53.32	6451.95		363
18	25.85	8178.61		948
30	30.87	4919.35		477
53	17.36	1224.04		213
61	44.50	4204.80		285
65	20.33	3273.01		483

time_use_efficiency piles_add_number

0	2.270833	22
2	4.250000	82
13	8.333333	59
14	6.520833	39
16	2.520833	13
18	6.583333	34
30	3.312500	14
53	1.479167	4
61	1.979167	2
65	3.354167	5

[118]: # 绘制需求图

```
plt.figure(figsize=(12,8))
plt.bar(station_add_piles_2025['Station_name'], ↴
        station_add_piles_2025['piles_add_number'], ↴
        tick_label=station_add_piles_2025['Station_name'])

plt.xlabel('充电站名-2025 规划')
plt.ylabel('新增充电桩数量-自 2021 年')
plt.xticks(rotation = 90)
for a,b in zip(station_add_piles_2025['Station_name'], ↴
                station_add_piles_2025['piles_add_number']):
    plt.text(a,b,
              b,
              ha='center',
              va='bottom',
              )
```

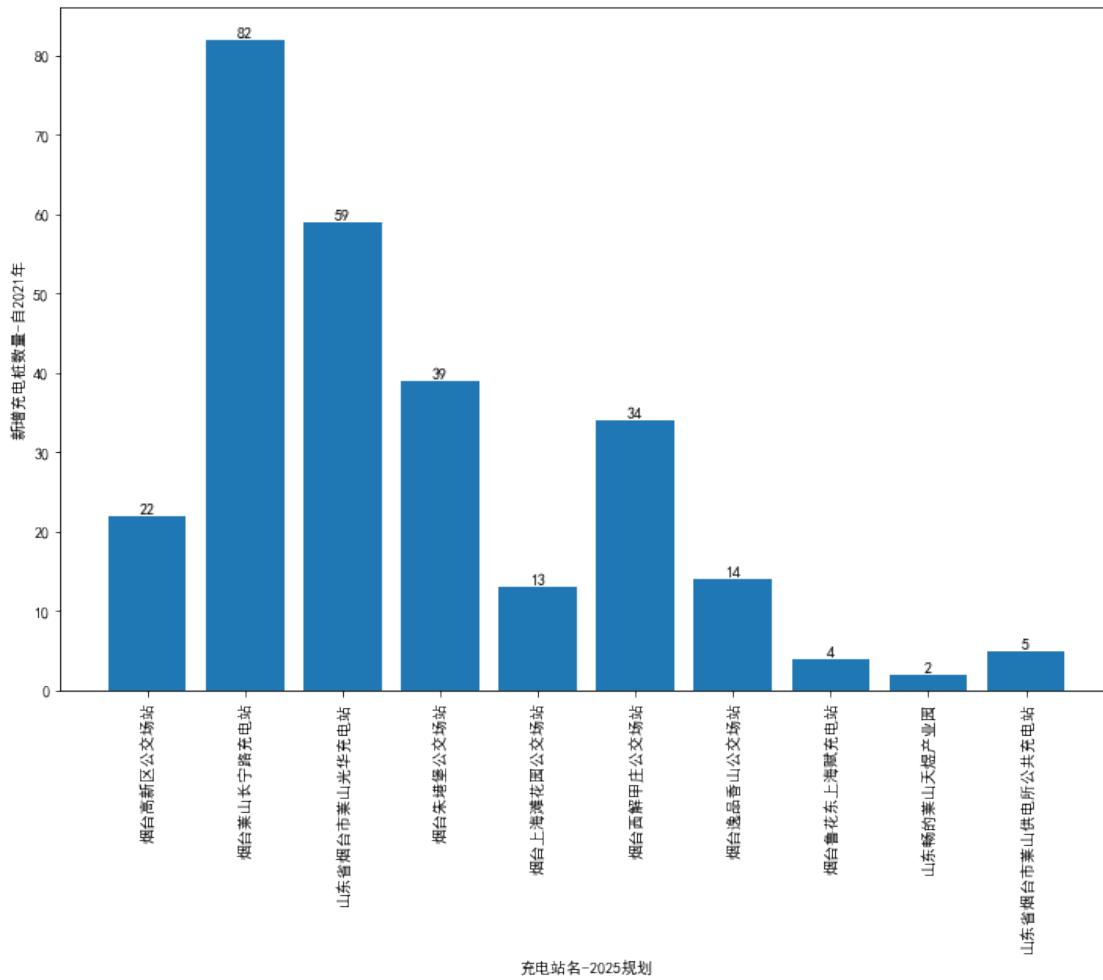


图 3.3 新增充电桩数量-2025

3.3 2030 充电桩规划

根据调研信息，2030 年我国电动车保有量为 2021 年的 6 倍左右。参考数据链接：

<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prCHC47071920>, <https://www.canalys.com/newsroom/can>

<https://finance.sina.com.cn/chajing/cyxw/2019-05-19/doc-ihvhiews2890186.shtml>

下列程序计算时，充电桩的发展速度可根据实际发展进行调整，得出不同发展速度下所需的新增充电桩数量。图中新增数量以 2021 年现有充电桩数量为基础，若 2025 年已经新增部分充电桩，则 2030 年实际新增数量需要减去 2025 年新增数量。图中负数表示可以适当减少的充电桩数量，表明该地区充电桩一直存在盈余现象。

```
[119]: # 计算充电需求
increase_rate_2030 = 6
data_laishan_2030 = data_laishan
data_laishan_2030['month_use_frequency_per_pile'] = data_laishan_2025['month_use_frequency_per_pile']*increase_rate_2030
data_laishan_2030['time_use_efficiency'] = (data_laishan_2030['month_use_frequency_per_pile']/30)*duration/24
```

```
[120]: # 计算所需增加充电桩数量
station_add_piles_2030 = data_laishan_2030[data_laishan_2030['time_use_efficiency']>1.0]
station_add_piles_2030['piles_add_number'] = np.ceil(station_add_piles_2030['times_charging']*increase_rate_2030*duration/(30*24)-station_add_piles_2030['Number_charging_piles']).astype(int)
```

```
[121]: # 展示需求列表
station_add_piles_2030.head(10)
```

	Unnamed: 0	Station_name	district	year_month	power_consum (kWh)	\
0	0	烟台高新区公交场站	莱山区	202109	147737.	
	44					
2	2	烟台莱山长宁路充电站	莱山区	202109		
	125802.78					
13	13	山东省烟台市莱山光华充电站	莱山区	202109		
	64413.98					
14	14	烟台朱埠堡公交场站	莱山区	202109	58316.	
	32					
16	16	烟台上海滩花园公交场站	莱山区	202109		
	51615.61					
18	18	烟台西解甲庄公交场站	莱山区	202109		
	49071.64					
30	30	烟台逸品香山公交场站	莱山区	202109		
	29516.10					
53	53	烟台鲁花东上海赋充电站	莱山区	202109		
	9792.35					

57	57	山东省烟台市马山充电站	莱山区	202109	□
60	60	烟台高新区城投 CBD 中心充电站	莱山区	202109	□
		→9203.06			
		→8828.70			

	times_charging	Number_charging_piles	latitude	longitude	\\
0	1857		17	37.411116	121.530138
2	5098		25	37.447031	121.438939
13	3201		8	37.467384	121.443810
14	2191		7	37.351410	121.350403
16	968		8	37.440314	121.462538
18	1898		6	37.388390	121.492616
30	956		6	37.393285	121.429032
53	564		8	37.522659	121.442859
57	502		11	37.417534	121.517010
60	518		24	37.449213	121.482192

	Unit_per_Cha_time	Unit_per_Cha_pile	month_use_frequency_per_pile	\\
0	79.56	8690.44		1962
2	24.68	5032.11		3672
13	20.12	8051.75		7200
14	26.62	8330.90		5634
16	53.32	6451.95		2178
18	25.85	8178.61		5688
30	30.87	4919.35		2862
53	17.36	1224.04		1278
57	18.33	836.64		828
60	17.04	367.86		396

	time_use_efficiency	piles_add_number
0	13.625	61
2	25.500	188
13	50.000	126
14	39.125	85
16	15.125	33
18	39.500	74

30	19.875	34
53	8.875	16
57	5.750	10
60	2.750	-2

[122]: # 绘制需求图

```
plt.figure(figsize=(12,8))
plt.bar(station_add_piles_2030['Station_name'], ↴
        station_add_piles_2030['piles_add_number'], ↴
        tick_label=station_add_piles_2030['Station_name'])
plt.xlabel('充电站名-2030 规划')
plt.ylabel('新增充电桩数量-自 2021 年')
plt.xticks(rotation = 90)
for a,b in zip(station_add_piles_2030['Station_name'], ↴
               station_add_piles_2030['piles_add_number']):
    plt.text(a,b,
              b,
              ha='center',
              va='bottom',
              )
```

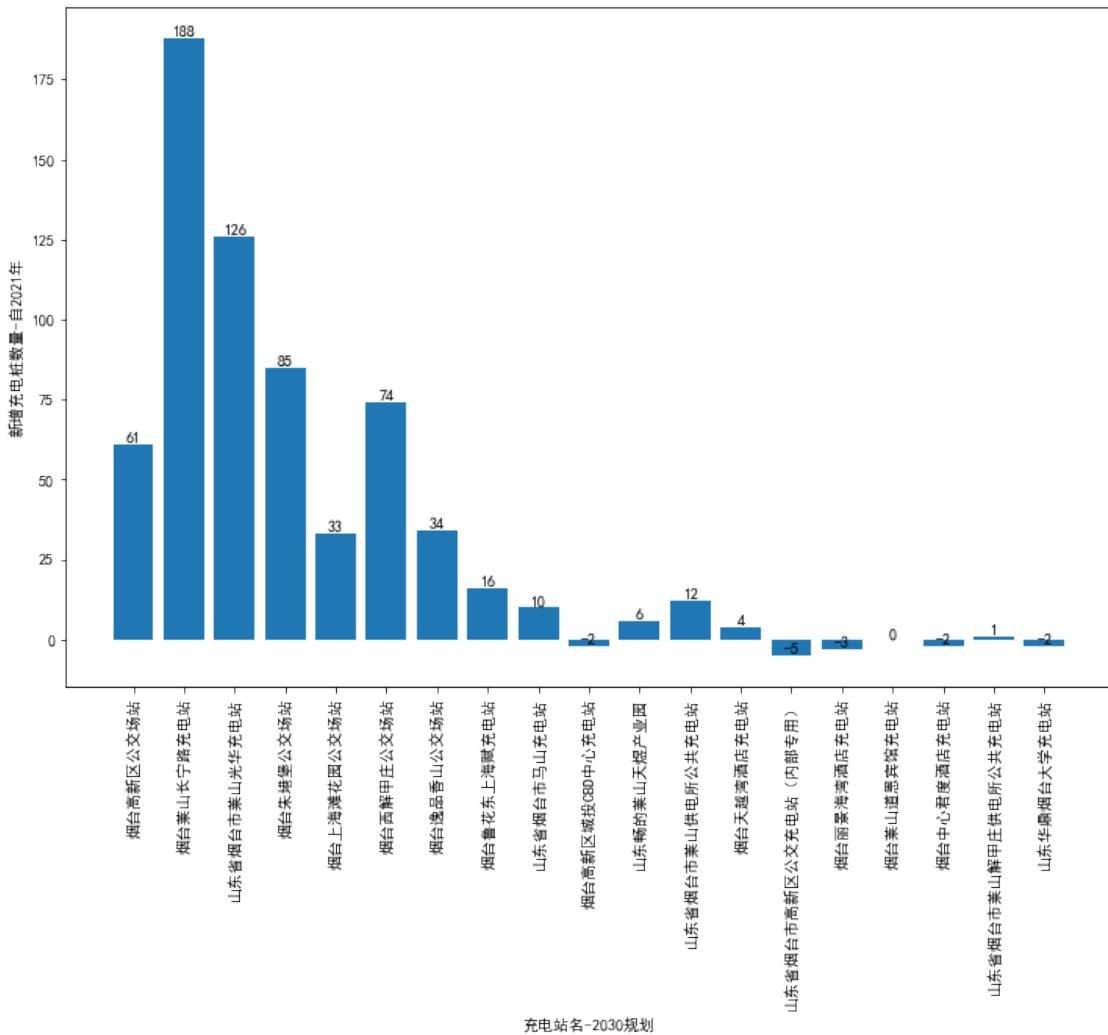


图 3.4 新增充电桩数量-2030

4 方案 B：莱山区充电桩未来发展规划（2025, 2030），选定新的充电站地址

关于计划 B，新增的充电桩为选择新的安装地址，在此情况下，需要调研信息包括莱山区人流/车流密度，准确充电需求点及需求量，建筑分类等，可通过假设若干可能选址坐标，通过求解 P-中值问题（P-median），得到全局下的最短距离选址情况。

由于对基础所需数据要求较高，主办方未提供所需数据，也难以通过简单调研获取准确信息，因此，方案 B 在目前阶段，仅提供一个可行思路，并未提供量化的新增数量及所选地址情况。

P-中值模型建立需要的参数信息有：1、带经纬度的充电需求量；2、新设充电站选择经纬度；3、新增充电站及充电桩数量。充电需求点到实际充电站的直线距离可根据以下代码进行计算。

P-中值问题是 **NP-hard** 问题，即模型寻优计算所需计算资源会因变量维度增加而成指数增加。莱山区有若干个需求点和若干个充电站，无法直接求解 P-中值问题，目前可通过启发式方法间接求解，包括贪心算法等。<http://doi.10.11860/ji.ssn.1673-0291.20200131>; <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.022>; <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111719>.

若后期提供相应的所需数据，可对方案 B 进一步完善，得到未来发展的量化结果。

[123]: # 计算地图上两定位点距离矩阵代码示例

```
import math

def get_distances(locs_1, locs_2):
    n_rows_1 = locs_1.shape[0]
    n_rows_2 = locs_2.shape[0]
    dists = np.empty((n_rows_1, n_rows_2))
    # The loops here are inefficient
    for i in range(n_rows_1):
        for j in range(n_rows_2):
            dists[i, j] = get_distance_from_lat_long(locs_1[i], locs_2[j])
    return dists*1.609344

def get_distance_from_lat_long(loc_1, loc_2):
    earth_radius = 3958.75

    lat_dif = math.radians(loc_1[0] - loc_2[0])
    long_dif = math.radians(loc_1[1] - loc_2[1])
    sin_d_lat = math.sin(lat_dif / 2)
    sin_d_long = math.sin(long_dif / 2)
    step_1 = (sin_d_lat ** 2) + (sin_d_long ** 2) * math.cos(math.
    ↪radians(loc_1[0])) * math.cos(math.radians(loc_2[0]))
    step_2 = 2 * math.atan2(math.sqrt(step_1), math.sqrt(1-step_1))
    dist = step_2 * earth_radius
    return dist
```

```

locations = np.array(data_high_use_frequency[['latitude', 'longitude']])
distance_matrix = get_distances(locations, locations)
print(f'the maximum distance is {distance_matrix.max()} km')
print(f'the average distance is {distance_matrix.mean()} km')

```

```

the maximum distance is 20.717927505163097 km
the average distance is 7.842522650069849 km

```

5 烟台地区各区市充电桩数据再分析，基于决赛额外追加数据情景

决赛阶段追加数据说明如下：包括 5 个 excel 文件：订单信息 `orderinfo_2.xlsx`, 充电站 `stationinfo.xls`, 充电设备 `equipmentinfo.xls`, 充电设备接口 `connectorinfo.xls`, 供应商 `apiinfo.xls`

订单信息文件提供了各充电桩的 2021 年各月份实时充电信息，即各订单信息，是分析的重点，结合充电站和充电设备文件，可筛选各充电站及其各充电桩年充电使用及营收情况，给出更精准的数据分析结果和充电桩未来发展规划建议。

需要说明的是，分析过程中，订单信息数据可能未收集所有充电站 2021 年所有订单信息，缺失多少不得而知，为了更好的进行分析总结，未考虑大部分订单缺失的可能情况，假设订单数据收集基本完整，能够反应充电情况。

首先加载订单信息和充电站信息数据表，代码如下：

```

[145]: # 加载追加数据表，路径信息根据个人电脑实际选择
form_1= pd.read_excel("C:
    ↳\Users\Q\OneDrive\02_Programs\2021-Data-competition-Shangdong\烟台 1-创意赛-城市新能源车充电桩安装位置规划\决赛追加数据\订单信息 orderinfo_2.xlsx", ↳
    ↳header=1)

form_2 = pd.read_excel("C:
    ↳\Users\Q\OneDrive\02_Programs\2021-Data-competition-Shangdong\烟台 1-创意赛-城市新能源车充电桩安装位置规划\决赛追加数据\充电站 stationinfo.xls", ↳
    ↳header=1)

```

展示订单信息 `orderinfo_2.xlsx` 数据结构

```
[146]: form_1.head(5)
```

	StartChargeSeq	ConnectorID	StartTime	\
0	00072E1E1D993E01	202001033G0	2021-03-17 17:45:30	
1	0105350300210424203655	010535030	2021-04-24 20:36:55	

```

2 0105350301210320200904    010535031 2021-03-20 20:09:04
3 0105350301210327184955    010535031 2021-03-27 18:49:55
4 0105350301210404215143    010535031 2021-04-04 21:51:43

```

	EndTime	TotalPower	TotalElecMoney	TotalSeviceMoney	\
0	2021-03-17 20:41:37	16.70	21.53	0.0	
1	2021-04-25 06:36:20	42.44	0.00	0.0	
2	2021-03-20 23:43:02	22.45	17.96	0.0	
3	2021-03-28 01:13:12	43.24	34.59	0.0	
4	2021-04-05 03:16:02	36.30	29.04	0.0	

	TotalMoney	StopReason	SumPeriod	ChargeDetails	
0	21.53	5	NaN	NaN	
1	0.00	5	NaN	NaN	
2	17.96	5	NaN	NaN	
3	34.59	5	NaN	NaN	
4	29.04	5	NaN	NaN	

展示订单信息充电站 stationinfo.xls 数据结构

```
[143]: form_2.head(5)
```

	StationID	StationName	AreaCode	Address	\
0	MA01CF8F84974	烟台芝罘区通世南路充电站	370602	烟台市芝罘区通世南路朗郡停车场	
1	7884616611034179418	山东华鼎老市政府院里充电站	370602	烟台市芝罘区通世路 111 号政府礼堂停车场	
2	3958158013706020001	烟台阳光家居充电站	370602	山东省烟台市芝罘区芝罘屯路 84 号	
3	7884616611034999870	山东华鼎芝罘区政府充电站	370602	烟台市芝罘区市府街 76 号	
4	3354097802020082716322018	烟台浩福充电站	370602	山东烟台市芝罘区	

	StationType	StationStatus	StationLng	StationLat	Construction	\
0	1	50	121.381126	37.476558	255	
1	1	50	121.385803	37.527924	2	

2	1	50	121.365780	37.555369	3
3	1	50	121.400131	37.540541	2
4	1	50	121.373554	37.478788	1
	OpenAllDay	BusineHours	ElectricityFee	ServiceFee	\
0	1	周一至周日 ,00:00-24:00	0.4	0.55	
1	1	00:00:00~23:59:59	1.10	0.6	
2	1	周一至周日 00:00-24:00	电费:00:00~24:00:1.2	服务费:00:00~24:00:	
			→0.6		
3	1	00:00:00~23:59:59	0.80	0.6	
4	1	00:00-23:59	1.00	0.30	
EquipmentInfos \					
0	[{"EquipmentStatus":50,"ManufacturerName": "杭州中...				
1	[{"ManufacturerName": " 武汉合康智能电气有限公司","Equipment...				
2	[{"EquipmentStatus":50,"ManufacturerName": " 特来电...				
3	[{"ManufacturerName": " 武汉合康智能电气有限公司","Equipment...				
4	[{"EquipmentStatus":50,"ManufacturerName": " 科士达...				
ConnectorID					
0	[[{"EquipmentStatus":50,"ManufacturerName": " 杭州...				
1	[[{"ManufacturerName": " 武汉合康智能电气有限公司","Equipmen...				
2	[[{"EquipmentStatus":50,"ManufacturerName": " 特来...				
3	[[{"ManufacturerName": " 武汉合康智能电气有限公司","Equipmen...				
4	[[{"EquipmentStatus":50,"ManufacturerName": " 科士...				

根据 ConnectorID 定位充电站名，添加到 form_1 表格中

```
[234]: # define a function to search for connectorID and find the station name
def find_stationName(connectorID='01222005048101'):
    form_2['Tor'] = form_2['EquipmentInfos'].apply(lambda x: connectorID in x)
    SN = form_2[form_2['Tor']==True]['StationName'].values
    return SN
```

```
[250]: # add the stationname column
import datetime
starttime = datetime.datetime.now()
```

```

form_1['StationName'] = form_1['ConnectorID'].apply(lambda x:_
    ↪find_stationName(x))
endtime = datetime.datetime.now()
print(endtime-starttime)

```

0:25:31.790674

各订单对应的充电站名称已添加到 `form_1` 数据表中。

[575]: `form_1.head(5)`

	StartChargeSeq	ConnectorID	StartTime	
0	00072E1E1D993E01	202001033G0	2021-03-17 17:45:30	
1	0105350300210424203655	010535030	2021-04-24 20:36:55	
2	0105350301210320200904	010535031	2021-03-20 20:09:04	
3	0105350301210327184955	010535031	2021-03-27 18:49:55	
4	0105350301210404215143	010535031	2021-04-04 21:51:43	

	EndTime	TotalPower	TotalElecMoney	TotalSeviceMoney	
0	2021-03-17 20:41:37	16.70	21.53	0.0	
1	2021-04-25 06:36:20	42.44	0.00	0.0	
2	2021-03-20 23:43:02	22.45	17.96	0.0	
3	2021-03-28 01:13:12	43.24	34.59	0.0	
4	2021-04-05 03:16:02	36.30	29.04	0.0	

	TotalMoney	StopReason	SumPeriod	ChargeDetails	StationName
0	21.53	5	NaN	[烟台浩福充电站]	[烟台浩福充电站]
1	0.00	5	NaN	[君和新能源充电站]	[君和新能源充电站]
2	17.96	5	NaN	[君和新能源充电站]	[君和新能源充电站]
3	34.59	5	NaN	[君和新能源充电站]	[君和新能源充电站]
4	29.04	5	NaN	[君和新能源充电站]	[君和新能源充电站]

从 `form_1` 中筛选重要的数据列，并保存于 `data_final` 数据表中，并进行重新排序，用于后期分析。

[364]: `# resorting the columns`

```

data_final = form_1[['ConnectorID', 'StationName', 'StartTime', 'EndTime',_
    ↪'TotalPower',_
    'TotalElecMoney', 'TotalSeviceMoney', 'TotalMoney', 'StopReason']]

```

```
data_final['StationName'] = data_final['StationName'].str[0]
```

[364]:	ConnectorID	StationName	StartTime	\
0	202001033G0	烟台浩福充电站	2021-03-17 17:45:30	
1	010535030	君和新能源充电站	2021-04-24 20:36:55	
2	010535031	君和新能源充电站	2021-03-20 20:09:04	
3	010535031	君和新能源充电站	2021-03-27 18:49:55	
4	010535031	君和新能源充电站	2021-04-04 21:51:43	
...	
946465	120000000000000010290464002	君和新能源政府宾馆充电站	2021-12-07 18:39:38	
946466	120000000000000010290464001	君和新能源政府宾馆充电站	2021-12-13 14:21:16	
946467	120000000000000010290464001	君和新能源政府宾馆充电站	2021-12-16 20:36:00	
946468	120000000000000010290464001	君和新能源政府宾馆充电站	2021-12-17 17:32:08	
946469	120000000000000010290464002	君和新能源政府宾馆充电站	2021-12-17 17:35:12	
	EndTime	TotalPower	TotalElecMoney	TotalSeviceMoney \
0	2021-03-17 20:41:37	16.70	21.53	0.00
1	2021-04-25 06:36:20	42.44	0.00	0.00
2	2021-03-20 23:43:02	22.45	17.96	0.00
3	2021-03-28 01:13:12	43.24	34.59	0.00
4	2021-04-05 03:16:02	36.30	29.04	0.00
...
946465	2021-12-07 19:16:08	21.54	14.00	9.21
946466	2021-12-13 15:37:03	22.06	16.55	9.43
946467	2021-12-16 21:37:14	34.95	26.21	14.94
946468	2021-12-17 17:32:41	0.10	0.08	0.04
946469	2021-12-17 17:46:53	6.54	4.91	2.80
	TotalMoney	StopReason		
0	21.53	5		
1	0.00	5		
2	17.96	5		
3	34.59	5		
4	29.04	5		
...		
946465	23.21	5		

```

946466      25.98      5
946467      41.15      5
946468      0.12       5
946469      7.71       5

```

[946470 rows x 9 columns]

添加每个订单充电时长列，Totaltime，单位为分钟（minutes）

```

[368]: # add totaltime column
data_final['Totaltime'] = (pd.to_datetime(data_final['EndTime'])-pd.
                           to_datetime(data_final['StartTime'])).apply(lambda x: x.seconds//60)
data_final = data_final[['ConnectorID', 'StationName', 'StartTime', \
                        'EndTime', 'Totaltime', 'TotalPower', \
                        'TotalElecMoney', 'TotalServiceMoney', 'TotalMoney', \
                        'StopReason']]
data_final

```

	ConnectorID	StationName	StartTime	\
0	202001033G0	烟台浩福充电站	2021-03-17 17:45:30	
1	010535030	君和新能源充电站	2021-04-24 20:36:55	
2	010535031	君和新能源充电站	2021-03-20 20:09:04	
3	010535031	君和新能源充电站	2021-03-27 18:49:55	
4	010535031	君和新能源充电站	2021-04-04 21:51:43	
...	
946465	120000000000000010290464002	君和新能源政府宾馆充电站	2021-12-07 18:39:38	
946466	120000000000000010290464001	君和新能源政府宾馆充电站	2021-12-13 14:21:16	
946467	120000000000000010290464001	君和新能源政府宾馆充电站	2021-12-16 20:36:00	
946468	120000000000000010290464001	君和新能源政府宾馆充电站	2021-12-17 17:32:08	
946469	120000000000000010290464002	君和新能源政府宾馆充电站	2021-12-17 17:35:12	

	EndTime	Totaltime	TotalPower	TotalElecMoney	\
0	2021-03-17 20:41:37	176	16.70	21.53	
1	2021-04-25 06:36:20	599	42.44	0.00	
2	2021-03-20 23:43:02	213	22.45	17.96	
3	2021-03-28 01:13:12	383	43.24	34.59	
4	2021-04-05 03:16:02	324	36.30	29.04	

...
946465	2021-12-07	19:16:08	36	21.54	14.00
946466	2021-12-13	15:37:03	75	22.06	16.55
946467	2021-12-16	21:37:14	61	34.95	26.21
946468	2021-12-17	17:32:41	0	0.10	0.08
946469	2021-12-17	17:46:53	11	6.54	4.91
...
TotalServiceMoney	TotalMoney	StopReason			
0	0.00	21.53	5		
1	0.00	0.00	5		
2	0.00	17.96	5		
3	0.00	34.59	5		
4	0.00	29.04	5		
...		
946465	9.21	23.21	5		
946466	9.43	25.98	5		
946467	14.94	41.15	5		
946468	0.04	0.12	5		
946469	2.80	7.71	5		

[946470 rows x 10 columns]

本竞赛主要是针对莱山区，因此筛选出所有莱山区充电订单信息，共有约 16 万条订单信息，保存于 `data_final_laishan` 中。

```
[463]: # screen the data from Laishan district
data_final_laishan = data_final[data_final['StationName'].apply(lambda x: x
                                                               if str(x) in data_laishan['Station_name'].values)]
# add charging time column (Date)
data_final_laishan['Date'] = data_final_laishan['StartTime'].apply(lambda x: x
                                                               if str(x[0:10]) == '2021-01-01' else str(x[0:10]))
data_final_laishan
```

	ConnectorID	StationName	StartTime	\
3271	001000042	烟台上海滩花园公交场站	2021-01-01 00:07:16	
3272	001000042	烟台上海滩花园公交场站	2021-01-01 00:07:53	
3282	001000042	烟台上海滩花园公交场站	2021-01-01 00:08:30	

3284	001000031	烟台上海滩花园公交场站	2021-01-01 00:37:20
3286	000200051	烟台西解甲庄公交场站	2021-01-01 02:01:06
...
926698	2018070213080470301421	山东畅的莱山天煜产业园	2021-12-17 10:41:39
926702	2018070213080470301421	山东畅的莱山天煜产业园	2021-12-18 08:03:23
926703	2018070213080470301421	山东畅的莱山天煜产业园	2021-12-19 07:50:56
926708	2018070213080470301421	山东畅的莱山天煜产业园	2021-12-19 08:01:09
926711	2018070213080470301421	山东畅的莱山天煜产业园	2021-12-20 07:53:10

	EndTime	Totaltime	TotalPower	TotalElecMoney	\
3271	2021-01-01 00:07:21	0	0.00	0.00	
3272	2021-01-01 00:07:58	0	0.00	0.00	
3282	2021-01-01 02:00:09	111	237.35	80.70	
3284	2021-01-01 02:19:07	101	196.76	66.90	
3286	2021-01-01 02:59:15	58	28.16	9.58	
...
926698	2021-12-17 16:50:37	368	52.70	52.70	
926702	2021-12-19 06:21:49	1338	59.20	59.20	
926703	2021-12-19 07:51:39	0	0.00	0.00	
926708	2021-12-19 16:43:55	522	38.50	38.50	
926711	2021-12-20 07:53:44	0	0.00	0.00	

	TotalSeviceMoney	TotalMoney	StopReason	Date
3271	0.00	0.00	5	2021-01-01
3272	0.00	0.00	5	2021-01-01
3282	0.00	80.70	5	2021-01-01
3284	0.00	66.90	5	2021-01-01
3286	0.00	9.58	5	2021-01-01
...
926698	26.35	79.05	5	2021-12-17
926702	29.60	88.80	5	2021-12-18
926703	0.00	0.00	5	2021-12-19
926708	19.25	57.75	5	2021-12-19
926711	0.00	0.00	5	2021-12-20

[162860 rows x 11 columns]

在初赛数据表中，莱山区总充电站个数为 57 个，决赛阶段追加的数据中，通过订单分析，发现只有 41 个充电站有活跃订单信息，另外 16 个充电站无订单信息，可能是数据未上传，也有可能充电站未启用。以下分析假设订单信息收集基本完整，而未出现大面积订单未被统计的情形。

以下代码通过对每个充电站订单数（充电次数）进行 2021 年全年分析，可以得到各充电站全年充电次数变化情况，从而可作为各充电站营收情况。

根据全年逐天充电次数曲线，可分析出各充电站的运行转台。从下图 5.1 可以发现，有些充电站充电次数全年较为平稳，例如烟台西解甲庄公共场站，山东省烟台马山充电站，说明运营相对比较稳定；而有些充电站呈下降趋势，可能原因之一是充电桩故障未得到及时维修，例如烟台逸品香山公交站，烟台海悦大厦充电站，可对相应充电站点进行故障分析排查。

```
[585]: # plot charing time for each charging station of 2021
plt.figure(figsize=(20, 45))
for i, name in zip(range(41), data_final_laishan['StationName'].unique()):
    Data_fig = data_final_laishan[data_final_laishan['StationName']==name]
    plt.subplot(9, 5, 1 + i)
    plt.plot(pd.DataFrame(pd.to_datetime(Data_fig['Date']).value_counts()).
             sort_index(), label=name)
    plt.xticks(rotation=90)
    # plt.xlabel('时间(年月)')
    plt.ylabel('充电次数')
    plt.legend()
```

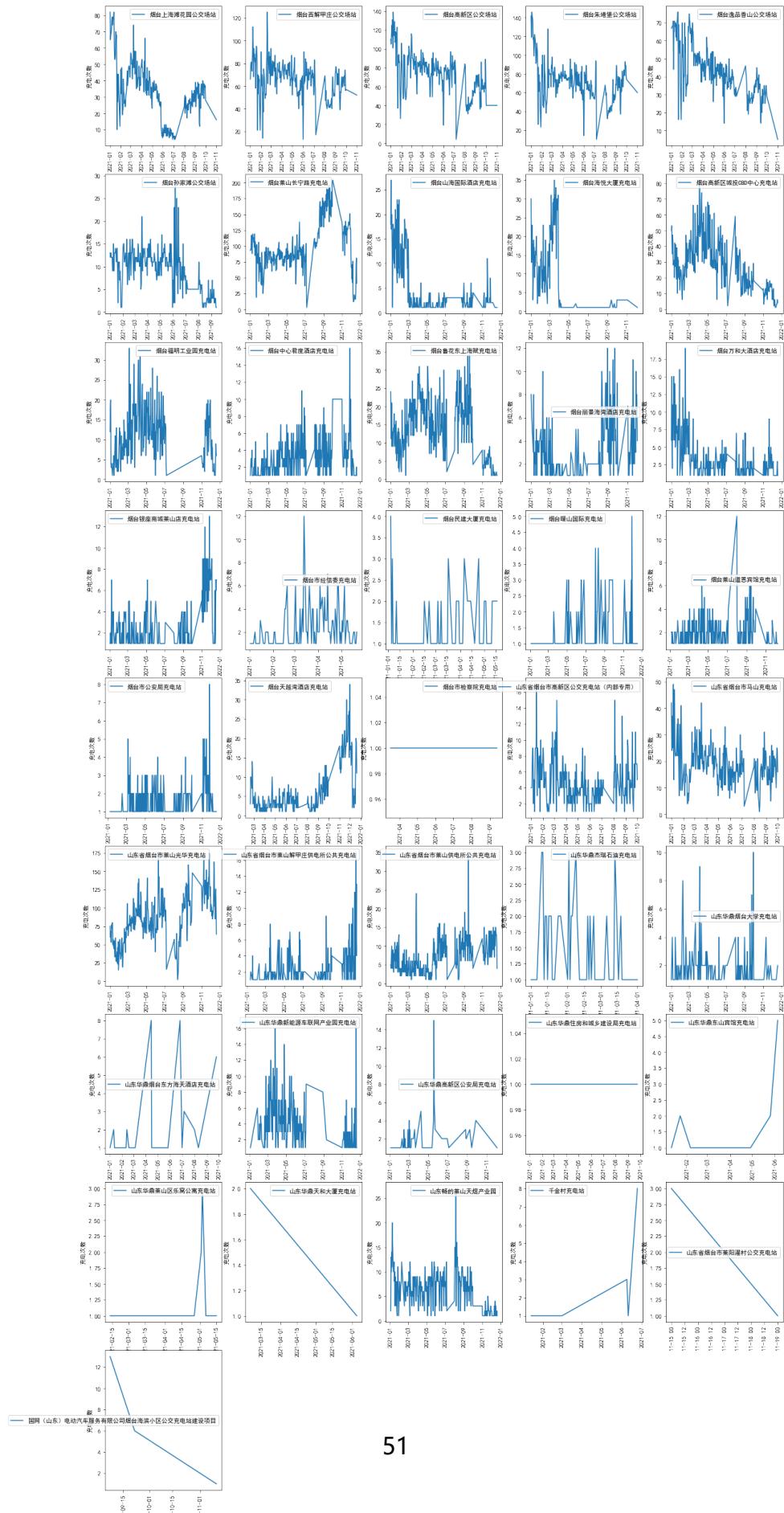


图 5.1 莱山区各充电站 2021 年充电次数统计

每个站充电桩数量不同，以下代码块实现从初赛数据中摘取充电桩数量信息

```
[437]: # define a function to obtain the number of charging piles for each charging station
def get_charging_num(index=data_final_laishan_sum.index, name=['Number_charging_piles']):
    charging_num_total = []
    for i in zip(index):
        charging_num = data_laishan[data_laishan['Station_name']==i[0]][name].values
        charging_num_total = np.append(charging_num_total, charging_num)
    return charging_num_total.astype(int)
```

```
[438]: # sum up the charging time, charging power, incomes of each station
data_final_laishan_sum = data_final_laishan.
    .groupby('StationName')[['TotalTime', 'TotalPower', 'TotalMoney']].sum()
# add the charging piles number for each station
data_final_laishan_sum['Number_charging_piles'] = .
    .get_charging_num(index=data_final_laishan_sum.index)
data_final_laishan_sum
```

```
[438]:
```

StationName	TotalTime	TotalPower	TotalMoney	\
千金村充电站	38	4.10	6.15	
国网（山东）电动汽车服务有限公司烟台海滨小区公交充电站建设项目			40	5.
山东华鼎东山宾馆充电站	215	36.00	0.00	
山东华鼎住房和城乡建设局充电站	283	55.40	0.00	
山东华鼎天和大厦充电站	155	18.00	0.00	
山东华鼎新能源车联网产业园充电站	69040	13397.40	11273.13	
山东华鼎杰瑞石油充电站	9660	1059.20	139.32	
山东华鼎烟台东方海天酒店充电站	2306	313.40	36.00	
山东华鼎烟台大学充电站	30229	1871.10	2400.56	

山东华鼎莱山区乐窝公寓充电站	2325	178.40	321.12
山东华鼎高新区公安局充电站	7361	664.20	361.76
山东畅的莱山天煜产业园	368378	75688.40	113529.95
山东省烟台市莱山供电所公共充电站	348233	43765.29	47568.13
山东省烟台市莱山光华充电站	1542954	492585.84	420469.88
山东省烟台市莱山解甲庄供电所公共充电站	79461	7435.40	□
→8618.98			
山东省烟台市莱阳濯村公交充电站	6	0.37	0.00
山东省烟台市马山充电站	380193	89068.21	70303.31
山东省烟台市高新区公交充电站（内部专用）	350141	55734.18	□
→1506.99			
烟台万和大酒店充电站	76359	15353.53	27334.83
烟台上海滩花园公交场站	278541	359229.86	162687.05
烟台中心君度酒店充电站	98777	12185.39	16577.86
烟台丽景海湾酒店充电站	48051	11356.28	17373.18
烟台天越湾酒店充电站	79350	42435.36	37213.58
烟台孙家滩公交场站	219135	262023.61	106172.05
烟台山海国际酒店充电站	146749	14940.59	25259.96
烟台市公安局充电站	55515	4589.12	4688.98
烟台市检察院充电站	355	91.61	87.02
烟台市经信委充电站	29991	1704.88	2886.46
烟台暖山国际充电站	13726	1080.82	1909.26
烟台朱港堡公交场站	750224	496073.42	344108.99
烟台民建大厦充电站	8424	1999.41	2936.25
烟台海悦大厦充电站	104321	20494.06	28407.15
烟台福明工业园充电站	231604	39043.68	58827.59
烟台莱山道恩宾馆充电站	20974	9188.17	13343.04
烟台莱山长宁路充电站	1550845	746718.86	605159.23
烟台西解甲庄公交场站	759062	408027.99	271416.07
烟台逸品香山公交场站	452651	355016.46	302245.59
烟台银座商城莱山店充电站	34371	11702.03	12296.89
烟台高新区公交场站	1403872	1315793.61	584434.70
烟台高新区城投 CBD 中心充电站	576045	130672.80	142038.79
烟台鲁花东上海赋充电站	369619	66875.07	87145.42

Number_charging_piles

StationName

千金村充电站

1

国网（山东）电动汽车服务有限公司烟台海滨小区公交充电站建设项目



→ 5

山东华鼎东山宾馆充电站

5

山东华鼎住房和城乡建设局充电站

4

山东华鼎天和大厦充电站

2

山东华鼎新能源车联网产业园充电站

2

山东华鼎杰瑞石油充电站

5

山东华鼎烟台东方海天酒店充电站

4

山东华鼎烟台大学充电站

5

山东华鼎莱山区乐窝公寓充电站

2

山东华鼎高新区公安局充电站

4

山东畅的莱山天煜产业园

2

山东省烟台市莱山供电所公共充电站

2

山东省烟台市莱山光华充电站

8

山东省烟台市莱山解甲庄供电所公共充电站

2

山东省烟台市莱阳濯村公交充电站

2

山东省烟台市马山充电站

11

山东省烟台市高新区公交充电站（内部专用）

12

烟台万和大酒店充电站

16

烟台上海滩花园公交场站

8

烟台中心君度酒店充电站

7

烟台丽景海湾酒店充电站

10

烟台天越湾酒店充电站

5

烟台孙家滩公交场站

8

烟台山海国际酒店充电站

6

烟台市公安局充电站

6

烟台市检察院充电站

4

烟台市经信委充电站

10

烟台暖山国际充电站

16

烟台朱港堡公交场站

7

烟台民建大厦充电站

14

烟台海悦大厦充电站

14

烟台福明工业园充电站

10

烟台莱山道恩宾馆充电站

4

烟台莱山长宁路充电站	25
烟台西解甲庄公交场站	6
烟台逸品香山公交场站	6
烟台银座商城莱山店充电站	24
烟台高新区公交场站	17
烟台高新区城投 CBD 中心充电站	24
烟台鲁花东上海赋充电站	8

每个充电站营收总金额是充电站营业情况的重要指标，下列代码绘制各充电站的营收总额，排名前三的为烟台莱山长宁路充电站，烟台高新区公交场站，山东省烟台市莱山光华充电站。而有些站点营收几乎为零，原因之一是订单信息未获取，原因之二是站点还未营业，原因之三是站点经营不善，需要根据现场调研排查。

```
[580]: # economic analysis of each station
mpl.rcParams['font.sans-serif'] = ['SimHei']
plt.figure(figsize=(30,8))
plt.bar(data_final_laishan_sum.index, data_final_laishan_sum['TotalMoney'], u
        tick_label=data_final_laishan_sum.index)
plt.xlabel('莱山区充电站名')
plt.ylabel('总营业额 (元)')
for a,b in zip(data_final_laishan_sum.index,u
                 data_final_laishan_sum['TotalMoney']):
    plt.text(a,b,
              b,
              ha='center',
              va='bottom',
              )
plt.xticks(rotation = 90)
import warnings
warnings.filterwarnings('ignore')
```

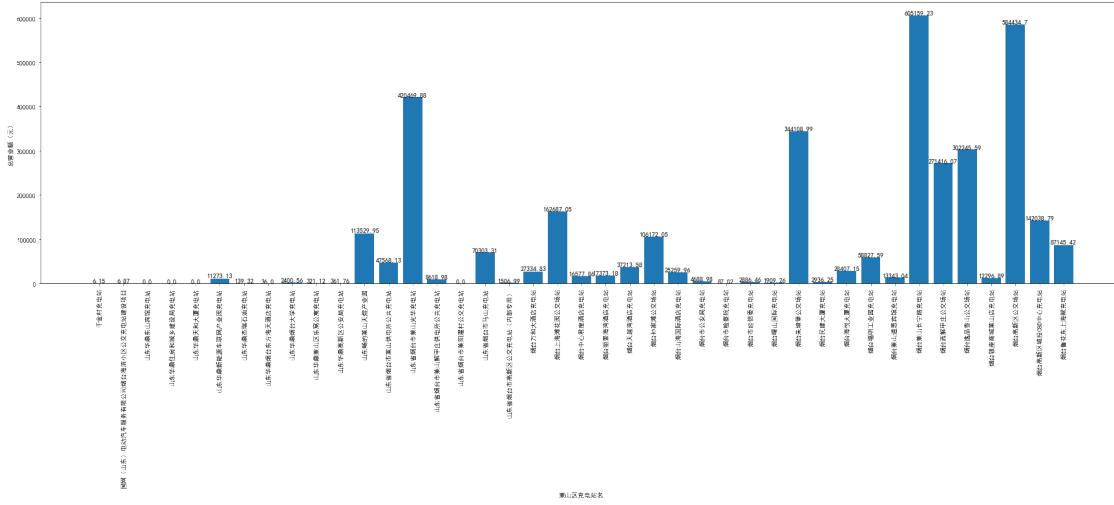


图 5.2 莱山区各充电站营业总额

每个充电站充电桩个数不同，平均到每个充电桩的年营收总额更能体现各站点的经营情况。单个充电桩平均年营收排名前三的为山东畅的莱山天煜产业园，山东省烟台市莱山光华充电站，烟台逸品香山公交场站

```
[535]: # economic analysis of each station
mpl.rcParams['font.sans-serif'] = ['SimHei']
plt.figure(figsize=(30,8))
plt.bar(data_final_laishan_sum.index, data_final_laishan_sum['TotalMoney']/
         data_final_laishan_sum['Number_charging_piles'], □
         tick_label=data_final_laishan_sum.index)
plt.xlabel('莱山区充电站名')
plt.ylabel('总收益（元）')
for a,b in zip(data_final_laishan_sum.index, □
                 round(data_final_laishan_sum['TotalMoney']/
                     data_final_laishan_sum['Number_charging_piles'],2)):
    plt.text(a,b,
              b,
              ha='center',
              va='bottom',
              )
plt.xticks(rotation = 90)
```

```
import warnings  
warnings.filterwarnings('ignore')
```

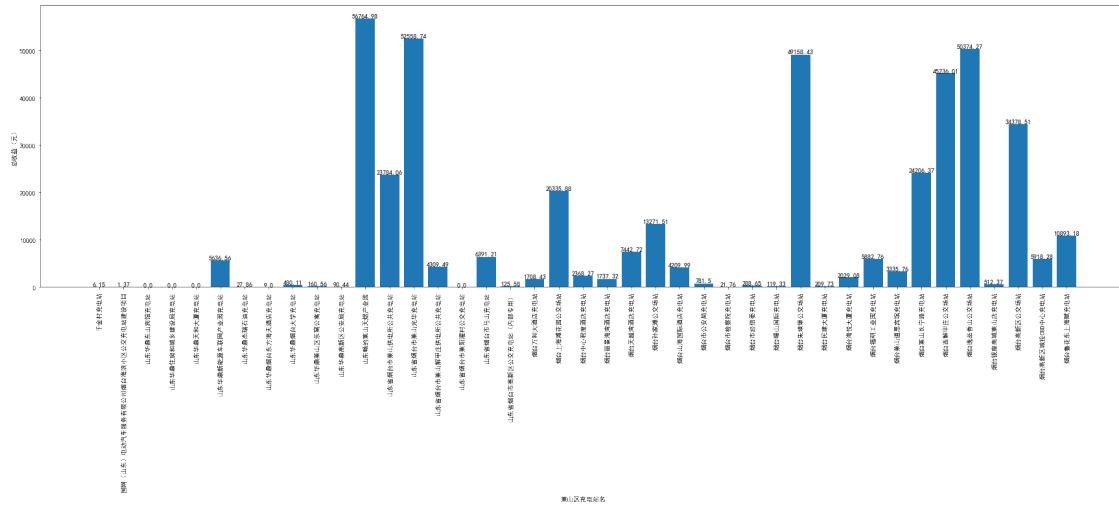


图 5.3 莱山区各充电站各充电桩平均营业总额

以下代码对莱山区各充电站每个订单充电时长及营收额进行数据统计分析，包括最小值，最大值，中位数，平均值以及方差。方差的大小体现了数据的波动范围，方差越大，说明数据之间差异越大，充电行为模式较多；反之，说明充电行为模型单一且较为稳定。

```
[564]: # data statistics
data_final_laishan_sta = data_final_laishan.
    ↪groupby('StationName')[['Totaltime', 'TotalPower', 'TotalMoney']].
    ↪aggregate(['min', np.median, np.mean, np.std, max])
data_final_laishan_sta
```

	Totaltime	\		
	min	median	mean	std
StationName				
千金村充电站	0	1.0	2.533333	5.026596
国网（山东）电动汽车服务有限公司烟台海滨小区公交充电站建设项目	0	1.0	0	1.0
→2.000000 2.449490				
山东华鼎东山宾馆充电站	0	1.0	15.357143	22.
→012609				

山东华鼎住房和城乡建设局充电站	0	28.0	56.600000	68.
→824414				
山东华鼎天和大厦充电站	3	71.0	51.666667	42.
→442117				
山东华鼎新能源车联网产业园充电站	0	71.0	88.173691	114.
→507811				
山东华鼎杰瑞石油充电站	0	87.0	125.454545	128.
→196143				
山东华鼎烟台东方海天酒店充电站	0	1.0	48.041667	73.
→858680				
山东华鼎烟台大学充电站	0	56.0	106.066667	157.
→448401				
山东华鼎莱山区乐窝公寓充电站	1	104.5	105.681818	60.
→482494				
山东华鼎高新区公安局充电站	0	19.0	65.141593	92.
→868846				
山东畅的莱山天煜产业园	0	95.0	211.104871	243.
→775107				
山东省烟台市莱山供电所公共充电站	0	74.0	164.649173	233.
→529303				
山东省烟台市莱山光华充电站	0	45.0	61.577763	86.
→897835				
山东省烟台市莱山解甲庄供电所公共充电站	0	48.0	162.496933	□
→302.774845				
山东省烟台市莱阳濯村公交充电站	1	1.0	1.500000	1.
→000000				
山东省烟台市马山充电站	0	49.0	82.239455	133.
→890270				
山东省烟台市高新区公交充电站（内部专用）	0	211.0	322.116835	□
→318.588291				
烟台万和大酒店充电站	0	69.0	85.508399	96.
→046894				
烟台上海滩花园公交场站	0	20.0	33.660544	31.
→503363				

烟台中心君度酒店充电站	0	67.0	118.579832	122.
→853468				
烟台丽景海湾酒店充电站	0	68.0	73.811060	63.
→510965				
烟台天越湾酒店充电站	0	52.0	52.135348	26.
→847270				
烟台孙家滩公交场站	0	107.0	101.077030	58.267813
烟台山海国际酒店充电站	0	95.0	137.405431	129.
→401547				
烟台市公安局充电站	0	159.5	168.227273	104.195397
烟台市检察院充电站	49	59.0	88.750000	66.334380
烟台市经信委充电站	0	98.5	124.962500	114.334945
烟台暖山国际充电站	0	80.0	92.120805	86.729925
烟台朱港堡公交场站	0	32.0	42.249479	33.248399
烟台民建大厦充电站	2	78.0	90.580645	77.023052
烟台海悦大厦充电站	0	76.0	75.485528	45.181949
烟台福明工业园充电站	0	77.0	87.364768	68.
→204914				
烟台莱山道恩宾馆充电站	0	36.0	44.912206	32.
→193534				
烟台莱山长宁路充电站	0	52.0	53.112949	29.
→649947				
烟台西解甲庄公交场站	0	44.0	46.505453	29.
→128560				
烟台逸品香山公交场站	0	40.0	42.118824	20.
→232198				
烟台银座商城莱山店充电站	0	53.0	56.905629	36.
→251783				
烟台高新区公交场站	0	48.0	76.496949	64.970744
烟台高新区城投 CBD 中心充电站	0	67.0	68.018066	45.
→224760				
烟台鲁花东上海赋充电站	0	68.0	88.446758	90.
→212311				

TotalPower \

		max	min	median	mean	
StationName						
千金村充电站		19	0.0	0.000	0.273333	
国网（山东）电动汽车服务有限公司烟台海滨小区公交充电站建设项目		10	0.0			□
→0.000 0.268000						
山东华鼎东山宾馆充电站		71	0.0	0.300	2.571429	
山东华鼎住房和城乡建设局充电站		158	0.0	3.000	11.	
→080000						
山东华鼎天和大厦充电站		81	0.4	7.800	6.000000	
山东华鼎新能源车联网产业园充电站		1189	0.0	12.200	17.	
→110345						
山东华鼎杰瑞石油充电站		537	0.0	15.200	13.755844	
山东华鼎烟台东方海天酒店充电站		291	0.0	0.000	6.	
→529167						
山东华鼎烟台大学充电站		1087	0.0	5.400	6.565263	
山东华鼎莱山区乐窝公寓充电站		185	0.0	7.100	8.	
→109091						
山东华鼎高新区公安局充电站		372	0.0	0.600	5.	
→877876						
山东畅的莱山天煜产业园		1389	0.0	40.000	43.374441	
山东省烟台市莱山供电所公共充电站		1132	0.0	18.440	20.	
→692809						
山东省烟台市莱山光华充电站		1329	0.0	18.660	19.	
→658612						
山东省烟台市莱山解甲庄供电所公共充电站		1338	0.0	14.430	15.	
→205317						
山东省烟台市莱阳濯村公交充电站		3	0.0	0.000	0.	
→092500						
山东省烟台市马山充电站		1329	0.0	17.640	19.266323	
山东省烟台市高新区公交充电站（内部专用）		1434	0.0	56.290	□	
→51.273395						
烟台万和大酒店充电站		890	0.0	14.120	17.193203	
烟台上海滩花园公交场站		172	0.0	15.040	43.411463	
烟台中心君度酒店充电站		692	0.0	12.450	14.628319	
烟台丽景海湾酒店充电站		1089	0.0	16.290	17.444363	

烟台天越湾酒店充电站	174	0.0	26.385	27.881314
烟台孙家滩公交场站	1223	0.0	134.545	120.859599
烟台山海国际酒店充电站	1280	0.0	12.370	13.989316
烟台市公安局充电站	746	0.0	12.915	13.906424
烟台市检察院充电站	188	7.2	17.240	22.902500
烟台市经信委充电站	531	0.0	7.005	7.103667
烟台暖山国际充电站	433	0.0	5.080	7.253826
烟台朱港堡公交场站	809	0.0	24.630	27.936781
烟台民建大厦充电站	424	0.0	19.410	21.499032
烟台海悦大厦充电站	517	0.0	13.715	14.829276
烟台福明工业园充电站	621	0.0	14.380	14.727906
烟台莱山道恩宾馆充电站	151	0.0	15.090	19.674882
烟台莱山长宁路充电站	681	0.0	24.100	25.573440
烟台西解甲庄公交场站	460	0.0	26.060	24.998652
烟台逸品香山公交场站	1013	0.0	32.120	33.034006
烟台银座商城莱山店充电站	332	0.0	15.995	19.374222
烟台高新区公交场站	364	0.0	45.240	71.697559
烟台高新区城投 CBD 中心充电站	1278	0.0	14.300	15.
→429543				
烟台鲁花东上海赋充电站	1394	0.0	14.010	16.002649

StationName	TotalMoney				\
	std	max	min	median	
千金村充电站	0.733355	2.40	0.00	0.000	
国网（山东）电动汽车服务有限公司烟台海滨小区公交充电站建设项目	0.849009	3.81	0.00	0.000	✉
→ 0.00 0.000					
山东华鼎东山宾馆充电站	3.719270	12.40	0.00	0.000	
山东华鼎住房和城乡建设局充电站	14.577105	32.60	0.00	0.	
→000					
山东华鼎天和大厦充电站	4.951767	9.80	0.00	0.000	
山东华鼎新能源车联网产业园充电站	20.173417	117.80	0.00	0.	
→000					
山东华鼎杰瑞石油充电站	8.674198	32.00	0.00	0.000	
山东华鼎烟台东方海天酒店充电站	9.336270	37.20	0.00	0.	
→000					

山东华鼎烟台大学充电站	6.805364	58.40	0.00	3.200
山东华鼎莱山区乐窝公寓充电站	6.175135	17.20	0.00	12.
→780				
山东华鼎高新区公安局充电站	8.038298	33.60	0.00	0.
→000				
山东畅的莱山天煜产业园	30.049643	120.20	0.00	60.000
山东省烟台市莱山供电所公共充电站	19.078800	273.47	0.00	19.
→140				
山东省烟台市莱山光华充电站	14.533183	82.70	0.00	14.
→830				
山东省烟台市莱山解甲庄供电所公共充电站	13.320681	63.31	0.00	■
→15.410				
山东省烟台市莱阳濯村公交充电站	0.185000	0.37	0.00	0.
→000				
山东省烟台市马山充电站	15.902804	91.49	0.00	12.860
山东省烟台市高新区公交充电站 (内部专用)	35.045079	140.14	0.00	■
→ 0.000				
烟台万和大酒店充电站	12.417213	87.89	0.00	25.380
烟台上海滩花园公交场站	59.825145	250.01	0.00	10.630
烟台中心君度酒店充电站	12.034007	74.23	0.00	17.070
烟台丽景海湾酒店充电站	9.587806	62.30	0.00	24.520
烟台天越湾酒店充电站	16.194421	88.15	0.00	22.235
烟台孙家滩公交场站	52.993042	255.10	0.00	47.730
烟台山海国际酒店充电站	10.830974	96.15	0.00	20.680
烟台市公安局充电站	11.119816	68.68	0.00	12.845
烟台市检察院充电站	19.379760	49.93	6.84	16.375
烟台市经信委充电站	5.768853	25.86	0.00	11.910
烟台暖山国际充电站	7.011665	44.24	0.00	9.150
烟台朱港堡公交场站	17.748228	119.96	0.00	17.000
烟台民建大厦充电站	15.838383	52.07	0.00	29.110
烟台海悦大厦充电站	8.762098	63.93	0.00	18.960
烟台福明工业园充电站	7.103769	92.78	0.00	21.670
烟台莱山道恩宾馆充电站	16.534478	85.49	0.00	21.240
烟台莱山长宁路充电站	13.609689	88.12	0.00	18.760
烟台西解甲庄公交场站	13.647866	67.84	0.00	14.890
烟台逸品香山公交场站	11.951541	83.76	0.00	28.640

烟台银座商城莱山店充电站	13.754579	83.08	0.00	16.915
烟台高新区公交场站	65.751683	261.00	0.00	27.560
烟台高新区城投 CBD 中心充电站	8.707324	78.09	0.00	15.
→340				
烟台鲁花东上海赋充电站	10.635204	69.89	0.00	17.990

StationName	mean	std	max
千金村充电站	0.410000	1.100032	3.60
国网（山东）电动汽车服务有限公司烟台海滨小区公交充电站建设项目	0.343500	1.	
→160591 5.22			
山东华鼎东山宾馆充电站	0.000000	0.000000	0.00
山东华鼎住房和城乡建设局充电站	0.000000	0.000000	0.00
山东华鼎天和大厦充电站	0.000000	0.000000	0.00
山东华鼎新能源车联网产业园充电站	14.397356	20.175628	112.68
山东华鼎杰瑞石油充电站	1.809351	7.479490	46.44
山东华鼎烟台东方海天酒店充电站	0.750000	3.824210	24.00
山东华鼎烟台大学充电站	8.423018	13.283990	116.80
山东华鼎莱山区乐窝公寓充电站	14.596364	11.115243	30.96
山东华鼎高新区公安局充电站	3.201416	8.298248	47.04
山东畅的莱山天煜产业园	65.060143	45.076512	180.30
山东省烟台市莱山供电所公共充电站	22.490842	23.012022	343.93
山东省烟台市莱山光华充电站	16.780536	15.127255	99.84
山东省烟台市莱山解甲庄供电所公共充电站	17.625726	16.615369	79.74
山东省烟台市莱阳濯村公交充电站	0.000000	0.000000	0.00
山东省烟台市马山充电站	15.207292	15.802152	88.66
山东省烟台市高新区公交充电站（内部专用）	1.386375	6.510393	46.12
烟台万和大酒店充电站	30.610112	22.016951	158.20
烟台上海滩花园公交场站	19.660066	19.709970	117.79
烟台中心君度酒店充电站	19.901393	16.350702	107.63
烟台丽景海湾酒店充电站	26.686912	14.996530	99.68
烟台天越湾酒店充电站	24.450447	15.238114	114.42
烟台孙家滩公交场站	48.972348	28.447948	249.93
烟台山海国际酒店充电站	23.651648	18.375431	163.45
烟台市公安局充电站	14.209030	11.400178	72.11

烟台市检察院充电站	21.755000	18.410179	47.43
烟台市经信委充电站	12.026917	9.741115	43.97
烟台暖山国际充电站	12.813826	12.522187	79.64
烟台朱塔堡公交场站	19.378780	12.637061	98.66
烟台民建大厦充电站	31.572581	22.983918	75.77
烟台海悦大厦充电站	20.555101	12.216898	90.79
烟台福明工业园充电站	22.190717	10.868480	139.16
烟台莱山道恩宾馆充电站	28.571820	24.240766	132.51
烟台莱山长宁路充电站	20.725341	12.561335	115.84
烟台西解甲庄公交场站	16.628849	10.338230	65.57
烟台逸品香山公交场站	28.123717	11.312399	78.85
烟台银座商城莱山店充电站	20.359089	15.510523	93.73
烟台高新区公交场站	31.845832	23.182189	176.87
烟台高新区城投 CBD 中心充电站	16.771613	10.150677	105.77
烟台鲁花东上海赋充电站	20.853175	13.964410	99.27

以下函数实现数据统计图绘制，同时也可对除莱山区的其它区市进行统计分析。

```
[570]: def plot_sto(data=data_final_laishan_sto, name_1='Totaltime', name_2='mean'):
    mpl.rcParams['font.sans-serif'] = ['SimHei']
    plt.figure(figsize=(30,8))
    plt.bar(data.index, data[name_1][name_2], tick_label=data.index)
    plt.xlabel('莱山区充电站名')
    plt.ylabel(name_1 + ' (' + name_2 + ')')
    for a,b in zip(data.index, round(data[name_1][name_2],2)):
        plt.text(a,b,
                  b,
                  ha='center',
                  va='bottom',
                  )
    plt.xticks(rotation = 90)
    import warnings
    warnings.filterwarnings('ignore')
```

以下代码实现展示充电站各订单每次充电的平均时长，时长越长，可能存在电已经充满，而充电桩仍然被占用的情况。从下图 5.4 可以看出山东省烟台市高新区公交充电站（内部专用）平均充电时间最长，超过 6 小时，可能跟内部专用特性有关。其它充电站充电时长通常在 1.5 个小时左右，可

得出基本为快充模式。

[571]: `plot_sta(name_1='Totalthime', name_2='mean')`

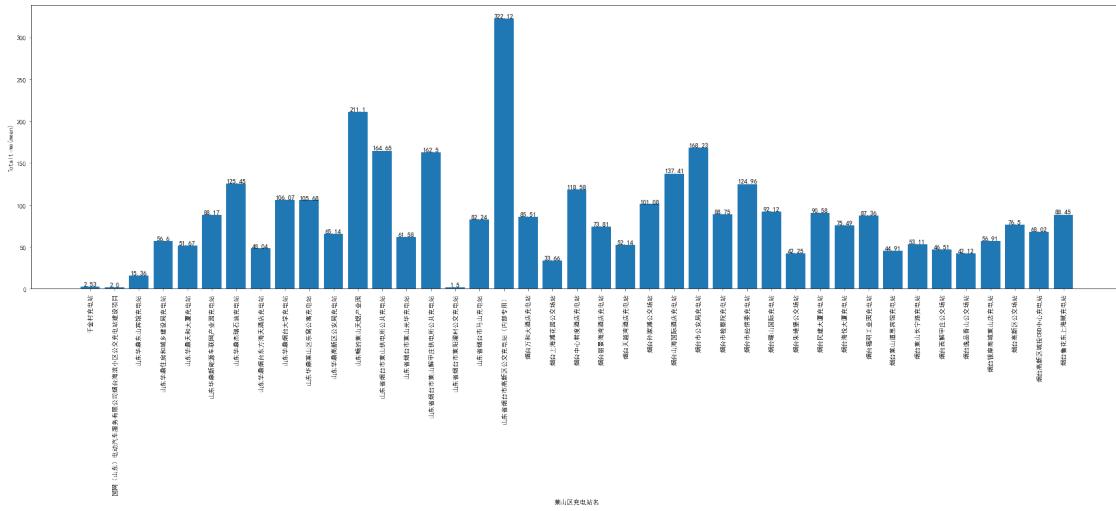


图 5.4 莱山区各充电站平均单次充电时长（分钟）

以下代码实现展示各充电站各订单每次充电的平均营收额。从下图 5.5 可以看出山东畅的莱山天煜产业园平均营业额最多，超过 65 元。其它充电站平均单次充电营业额通常在 20 元左右。

[572]: `plot_sta(name_1='TotalMoney', name_2='mean')`

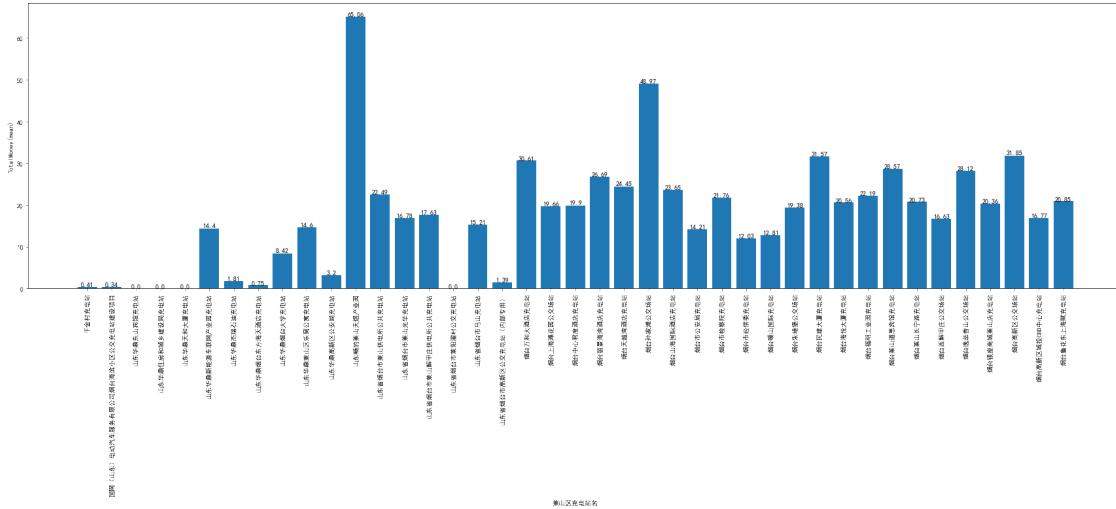


图 5.5 莱山区各充电站平均单次充电营业额（元）

下图 5.6 为各充电站单次充电的时间方差，排名前三的为山东省烟台市高新区公交充电站（内部专用），山东省烟台市莱山解甲庄供电所公共充电站，山东畅的莱山天煜产业园。说明各用户充电时长不确定性更大，有些用户充电时长很短就结束了订单，而有些充电时长又较长。

```
[573]: plot_sta(name_1='Totaltime', name_2='std')
```

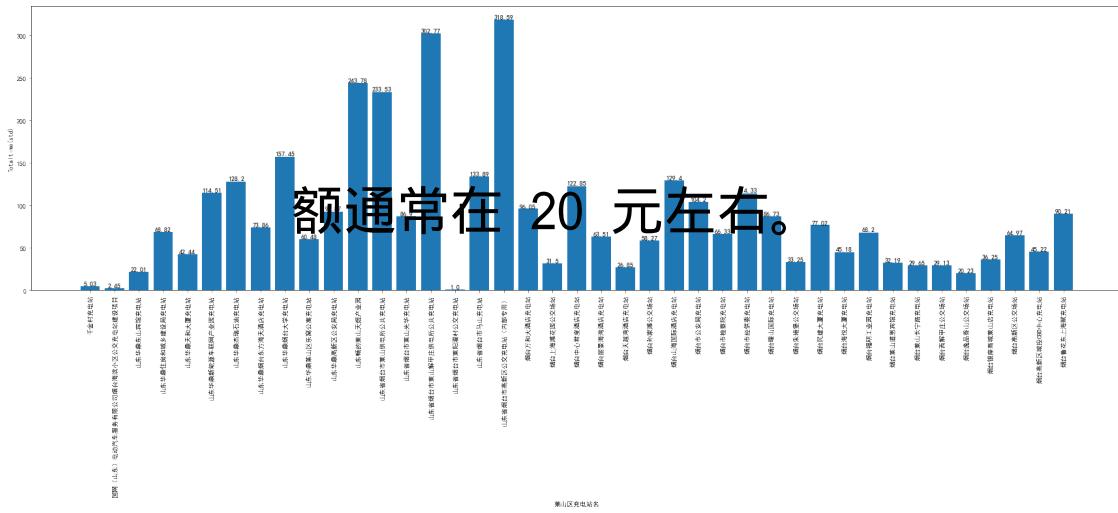


图 5.6 莱山区各充电站平均单次充电时长方差统计

6 主要结论

通过初赛阶段和决赛阶段的数据挖掘及分析，主要结论如下：

- (1). 莱山区、芝罘区、福山区充电桩布局最多，栖霞山、龙口市、莱州市充电桩布局最少。充电桩月平均使用次数前三分别为福山区、莱州市、莱山区。莱州市充电桩布局少，但需求量较大，莱州市可适当新增充电桩数量。
 - (2). 莱山区到 2025 年需要增加的充电桩数量约为 274 个，到 2030 年需要增加的充电桩数量约为 651 个。
 - (3). 2021 年，烟台莱山长宁路充电站、烟台高新区公交场站、山东省烟台市莱山光华充电站为营收总额前三的充电站。山东畅的莱山天煜产业园、山东省烟台市莱山光华充电站、烟台逸品香山公交场站为单个充电桩营收额前三的充电站。
 - (4). 山东省烟台市高新区公交充电站（内部专用）单次平均充电时间最长，超过 6 小时，其它充电站充电时长通常在 1.5 个小时左右。
 - (5). 山东畅的莱山天煜产业园单次订单充电平均金额最高，为 65 元，其它充电站平均单次充电金额通常在 20 元左右。

