

# PS3 报告说明

## 引用说明

**任务 1:** 1.时间数据转换（`num2date`与`pandas`） 将 NetCDF 的时间变量（数值）转为可读的日期格式，采用 netCDF4 时间转换教程中 `num2date` 函数的参数（单位、日历类型）以及 Pandas 时间序列基础学习`pd.to\_datetime`转换和时间属性提取 2. 数组计算与缺失值处理（`numpy`），按条件筛选数据（如`month\_mask`）、计算平均值（`np.nanmean`）、处理缺失值（`np.nan`）。采用 NumPy 基础教程中数组索引、条件筛选、聚合函数（`mean`、`nanmean`）以及 NumPy 缺失值处理理解`np.nanmean`如何忽略缺失值。3. 绘图（`matplotlib`）多面板绘图（`subplots`）、彩色图（`pcolormesh`）、时间序列图（`plot`）、添加标签/图例。Matplotlib 官方入门教程涵盖基础绘图流程和参数设置。Matplotlib 多子图示例对应 12 个面板的绘图逻辑。 4. 经纬度索引查找（`numpy.argmin`） 通过`np.abs(...).argmin()`找到最接近目标经纬度的网格点。 NumPy argmin 文档理解如何用该函数找最小值索引（对应最接近的点）。

### 任务 2:

1.`groupby`计算气候态与异常（核心气象分析逻辑）`groupby('time.month').mean()` 计算月度气候态；`groupby('time.month') - 气候态` 计算 SST 异常。xarray 官方文档中 GroupBy 操作，详解`groupby`的分组、聚合、减法操作，附带“气候态与异常计算”的示例，与代码中 Niño 3.4 指数的计算逻辑完全一致。2.Pangeo 气候数据教程：气候态与异常以实际气候数据为例，讲解如何用 xarray 计算气候态、异常值，直接支撑代码中“SST 异常”的计算步骤。3.Niño 3.4 指数的气候学背景与定义，区域平均(`mean(dim=['lat', 'lon'])`) 得到 Niño 3.4 指数；与 El Niño/La Niña 阈值 ( $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ) 对比。 NOAA 官方：ENSO 与 Niño 指数定义解释 Niño 3.4 区域的地理范围、指数计算方法，以及 El Niño/La Niña 的阈值标准。NCAR 气候数据指南：Niño 指数说明详细对比不同 Niño 区域（1+2、3、3.4、4）的定义，以及指数在气候研究中的应用，帮助理解代码的科学意义。 4.matplotlib 可视化与中文字体设置 matplotlib 官方文档：基础绘图，涵盖折线图、参考线、图例、网格的基础用法，代码中的可视化元素均可在此找到对应示例。 matplotlib 官方文档：字体设置详解如何设置中文字体（如“Microsoft YaHei”），解决代码中“中文标题/标签显示异常”的问题。针对国内用户常见的“matplotlib 中文乱码”问题，分步讲解`font.sans-serif`和`axes.unicode\_minus`的设置逻辑。

### 任务 3:

1.Unidata 气象数据处理教程针对气象数据（如再分析、观测数据）的 xarray 操作，与代码中“气象变量（t2m、skt）处理”场景高度契合。2.气候态与异常计算（`groupby`核心逻辑），`groupby('valid\_time.month').mean()` 计算月度气候态 - `原始数据.groupby(...) - 气候态` 去除季节周期，xarray 官方 GroupBy 文档详细解释`groupby`的分组、聚合、减法操作，附带“气候态异常计算”的示例，与代码中“去除季节周期”的逻辑完全一致。 Pangeo 气候数据分析教程以实际气候数据为例，讲解如何用 xarray 计算气候态、异常值，直接支撑代码中“t2m 异常时间序列”的计算步骤。3. 空间分布（如“某一时刻的 t2m 空间分布”xarray 可视化文档，详解 xarray 与 matplotlib 的集成，包括二维数据的空间分布（`plot()`/`pcolormesh()`）、色标选择（`cmap='coolwarm'`）等，对应代码中的“空间分布图”。 时间序列折线图（如“t2m 全球平均时间序列”） matplotlib 官方折线图教程涵盖折线图的绘制、标题/标签设置、网格调整，与代码中的“时间序列图”完全对应。数值分布直方图（如“t2m 数值分布”） matplotlib 官方直方图教程讲解直方图的分箱（`bins=50`）、概率密度（`density=True`）、颜色/透明度设置，对应代码中的“直方图”。 多子图与色条统一（如“季节气候态空间分布对比”） matplotlib 官方子图与色条教程 详解多子图布局（`subplots`/`flatten`）、色条的统一添加与位置调整，对应代码中“季节气候态多图对比”的实现。散点图（如“t2m 与 skt 的散点图”）matplotlib 官方散点图教程讲解散点图的点密度（`alpha=0.6`）、

颜色选择、标题标签设置，对应代码中的“变量间散点图”。4.中文字体与警告处理，中文字体设置（`font.sans-serif`、`axes.unicode\_minus`）matplotlib 官方字体教程 + 中文社区解决方案 - 官方字体文档解决 matplotlib 中文显示异常的问题，包括字体选择（如“Microsoft YaHei”）、负号显示等，与代码中的字体配置完全对应。警告过滤 Python 官方警告处理文档 讲解如何过滤特定模块/类别的警告，对应代码中“忽略 matplotlib 用户警告”的逻辑。

# 运行结果

## 任务 1:

```
# coding: utf-8
import netCDF4 as nc
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import pandas as pd
from netCDF4 import num2date
import os

nc_path = r'C:\Users\Morchain\Downloads\200301_202006-C3S-L3_GHG-PRODUCTS-OBS4MIPS-MERGED-v4.3.nc'
if not os.path.exists(nc_path):
    print(f'错误: 文件不存在! 路径: {nc_path}')
    exit()
try:
    ds = nc.Dataset(nc_path)
except Exception as e:
    print(f'打开文件失败: {e}')
    exit()

print("可用变量: ", list(ds.variables.keys()))

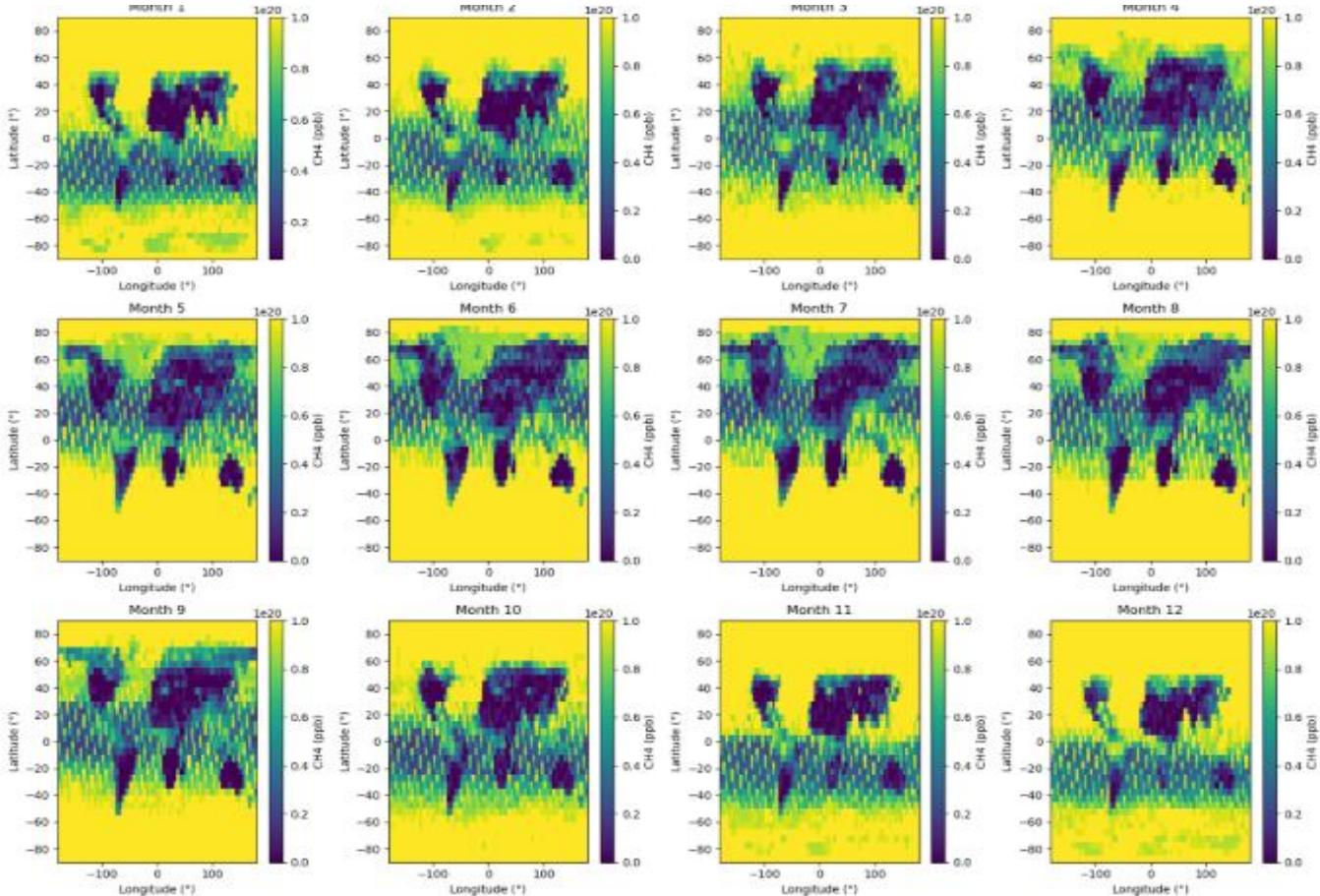
# 处理时间变量 (确保转换为pandas datetime)
time = ds.variables['time'][:]
time_units = ds.variables['time'].units
time_calendar = ds.variables['time'].calendar if hasattr(ds.variables['time'], 'calendar') else 'gregorian'
df_time = pd.DataFrame({'time': time}, index=pd.date_range('1980-01-01', periods=len(time), freq='1M'))
df_time['date'] = pd.to_datetime(df_time['date'].astype(str)) # 确保转换为pandas datetime
months = df_time['date'].dt.month # 提取月份
methane_var_name = 'xch4'
xch4 = ds.variables[methane_var_name][:].astype(np.float64) # 确保转换为float64
print("xch4维度: ", xch4.shape) # 应该是 (12, len(lat), len(lon))

# 处理甲烷浓度 (确认维度和形状)
```

```
# 任务1.1: 每月甲烷气浓度 (12面板绘图)
lon = ds.variables['lon'][:]
lat = ds.variables['lat'][:]

climatology = []
for month in range(1, 13):
    month_mask = (months == month)
    if not np.any(month_mask):
        print(f'警告: 无{month}月数据, 将用0填充')
        climatology.append(np.zeros([len(lat), len(lon)]))
        continue
    monthly_data = xch4[month_mask, :, :]
    monthly_mean = np.nanmean(monthly_data, axis=0) # 去除NaN值
    climatology.append(monthly_mean)
climatology = np.array(climatology)

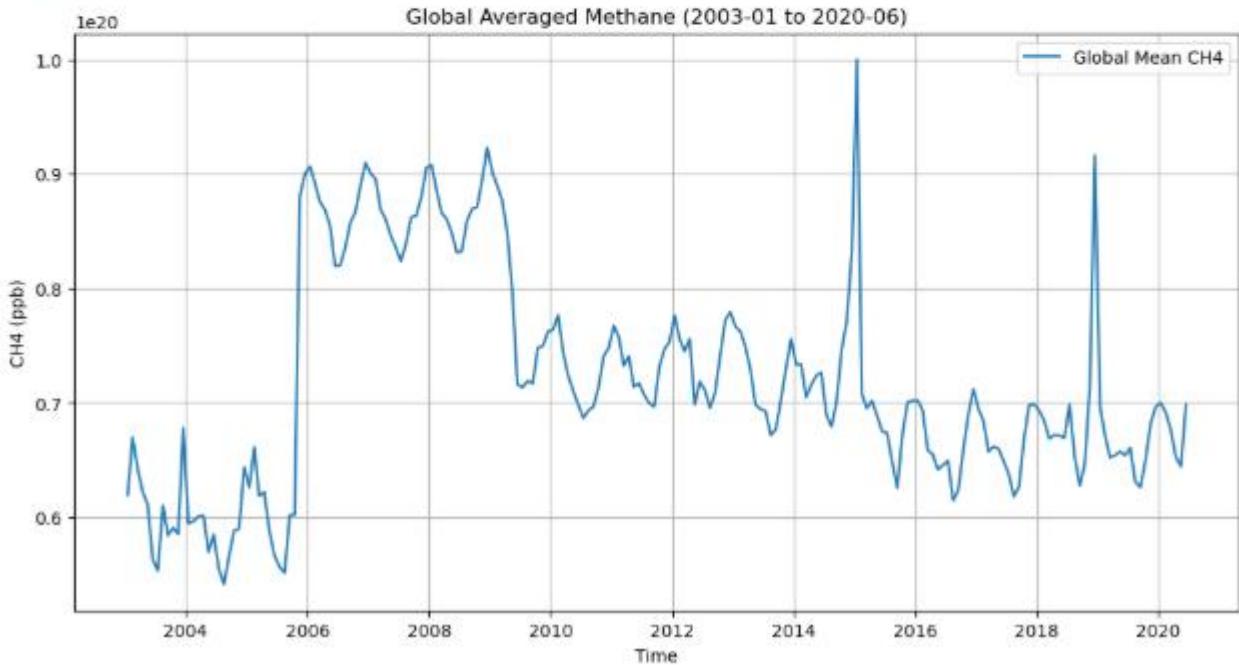
fig, axes = plt.subplots(3, 4, figsize=(16, 12))
axes = axes.flatten()
for i in range(12):
    im = axes[i].pcolormesh(lon, lat, climatology[i], cmap='viridis')
    axes[i].set_title(f'Month {i+1}')
    axes[i].set_xlabel('Longitude (°)')
    axes[i].set_ylabel('Latitude (°)')
    fig.colorbar(im, ax=axes[i], label='CH4 (ppb)')
plt.tight_layout()
plt.savefig('monthly_climatology.png')
plt.show()
```



## 1.2:

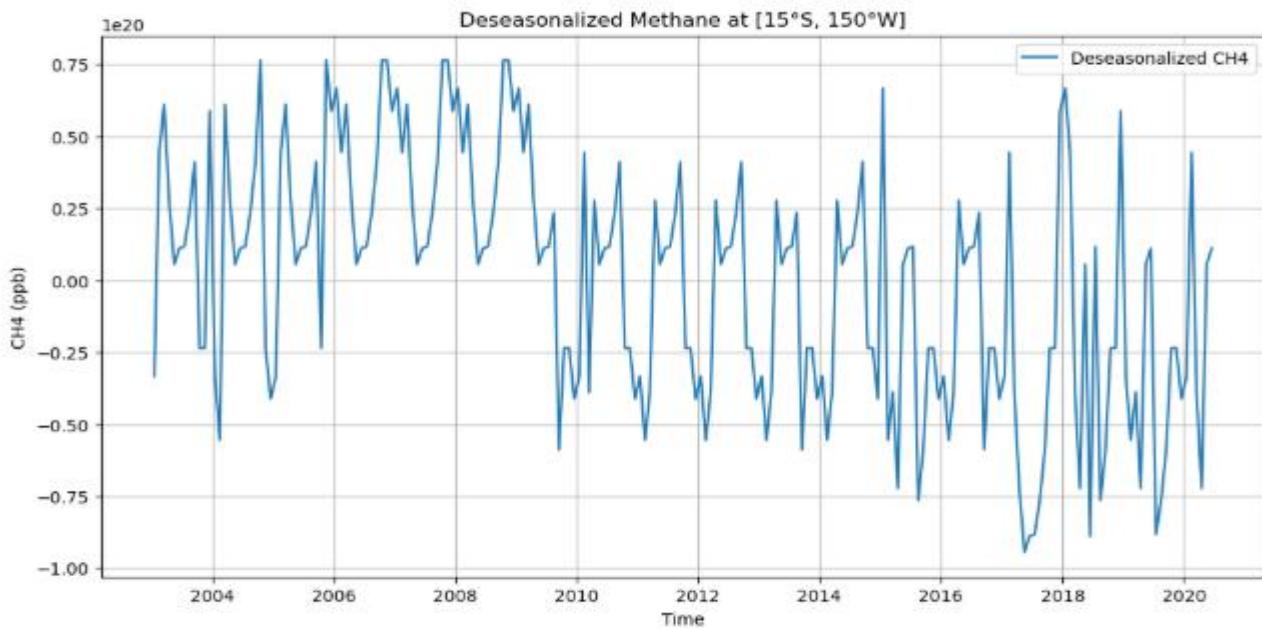
```
# 任务1.2: 全球平均甲烷时间序列
global_means = []
for t in range(len(df_time)):
    xch4 = df_time['time', 'lat', 'lon'].values
    lat_mean = np.nanmean(xch4[t, :, :], axis=0, keepdims=True) # 纬度方向(第1轴) 平均
    global_mean = np.nanmean(lat_mean) # 经度方向(第0轴) 平均
    global_means.append(global_mean)

plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.plot(df_time['date'], global_means, label='Global Mean CH4')
plt.xlabel('Time')
plt.ylabel('CH4 (ppb)')
plt.title('Global Averaged Methane (2003-01 to 2020-06)')
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.savefig('global_mean_time_series.png')
plt.show()
```



描述：浓度在观测期内呈波动变化，期间出现多次起伏，2016年前后出现显著的浓度峰值，之后回落并维持波动状态。

## 1.3:



结果描述：该点去季节化后甲烷浓度年际波动显著，在 -1.0~0.75 ppb 区间内震荡，无明显长期趋势，体现了年际尺度因素对该区域甲烷浓度的影响。

## 任务 2:

```
# 代码2
import xarray as xr
import matplotlib.pyplot as plt

file_path = r'C:\Users\Monchain\Wwachi\NOAA_NCDC_ERSST_v3b_SST.nc'
ds = xr.open_dataset(file_path)
# 查看数据结构（确认数据是否正确）
print(ds)
print("经度范围: ", ds.lon.min().values, ds.lon.max().values)
print("纬度范围: ", ds.lat.min().values, ds.lat.max().values)

xarray.Dataset: Size: 44MB
Dimensions: (lat: 89, lon: 180, time: 684)
Coordinates:
 * lat      (lat) float32 3568 -88.0 -86.0 -84.0 -82.0 ... 82.0 84.0 86.0 88.0
 * lon      (lon) float32 7208 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 ... 352.0 354.0 356.0 358.0
 * time     (time) datetime64[ns] 5k8 1960-01-15 1960-02-15 ... 2016-12-15
Data variables:
    sst      (time, lat, lon) float32 44MB ...
Attributes:
    Conventions: IRIDL
    source: https://iri-ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCDC/.ERSST/...
    history: extracted and cleaned by Ryan Abernathey for Research Comp...
经度范围: 0.0 358.0
纬度范围: -88.0 88.0
```

```
# [6]: # 定义Niño 3.4区域
lat_bounds = [-5, 5]
# 经度: 170°W到120°W, 数据中经度差0~360, 转换为190°E到240°E
lon_bounds = [190, 240]

# 选择区域内的sst数据
sst = ds['sst'].sel(
    lat=slice(lat_bounds[0], lat_bounds[1]),
    lon=slice(lon_bounds[0], lon_bounds[1])
)
```

```
# [7]: # 计算月平均值 (Monthly Climatology)
sst_clim = sst.groupby('time.month').mean(dim='time')
```

```
# [8]: #4. 计算SST异常 (Anomalies)
sst_anomaly = sst.groupby('time.month') - sst_clim

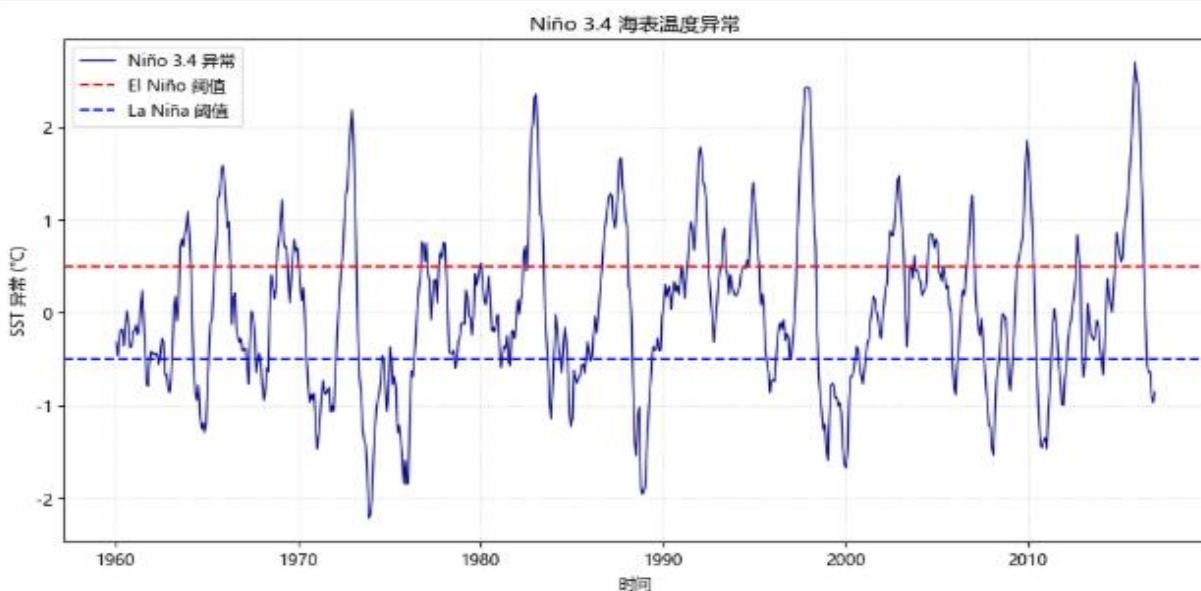
# 计算Niño 3.4指数 (区域平均异常)
nino34 = sst_anomaly.mean(dim=['lat', 'lon'])
```

```
# [9]: # 可视化Niño 3.4指数
plt.figure(figsize=(12, 6))

nino34.plot(linewidth=1, color='navy', label='Niño 3.4 指数')
plt.axhline(y=0.5, color='red', linestyle='--', label='El Niño 阈值')
plt.axhline(y=-0.5, color='blue', linestyle='--', label='La Niña 阈值')

# 字体更换为微软雅黑字体
plt.rcParams['font.sans-serif'] = ['Microsoft YaHei']
plt.rcParams['axes.unicode_minus'] = False

plt.title("Niño 3.4 海表温度异常")
plt.ylabel('sst 指数 (°C)')
plt.xlabel('时间')
plt.legend()
plt.grid(linestyle=':', alpha=0.5)
plt.show()
```



## 任务 3:

```
[11]: # 任务3
import xarray as xr
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import warnings # 导入警告处理模块
from matplotlib import font_manager # 正确导入
# 定义字体路径于资源文件
file_path = r'C:\Users\Morchain\Hwachi\data_stream-mod4.nc'
ds = xr.open_dataset(file_path)

# 打印数据集基本信息和所有变量，确认可用变量名
print("数据集结构:")
print(ds)
print("\n所有可用变量: ", list(ds.variables))

数据集结构:
<xarray.Dataset> Size: 19GB
Dimensions:  (valid_time: 66, latitude: 1801, longitude: 3600)
Coordinates:
  number      int64 8B ...
* valid_time  (valid_time) datetime64[ns] 5288 2015-01-01 ... 2025-06-01
* latitude    (latitude) float64 14kB 90.0 89.9 89.8 ... -89.8 -89.9 -90.0
* longitude   (longitude) float64 29kB -180.0 -179.9 -179.8 ... 179.8 179.9
expver       (valid_time) <U4 1kB ...
Data variables:
t2m          (valid_time, latitude, longitude) float32 2GB ...
skt          (valid_time, latitude, longitude) float32 2GB ...
stl1         (valid_time, latitude, longitude) float32 2GB ...
lbit         (valid_time, latitude, longitude) float32 2GB ...
asn          (valid_time, latitude, longitude) float32 2GB ...
swvl1        (valid_time, latitude, longitude) float32 2GB ...
ssr          (valid_time, latitude, longitude) float32 2GB ...
cvabs        (valid_time, latitude, longitude) float32 2GB ...
u10          (valid_time, latitude, longitude) float32 2GB ...
tp            (valid_time, latitude, longitude) float32 2GB ...
lai_hv        (valid_time, latitude, longitude) float32 2GB ...
Attributes:
GRIB_centre:      ECMF
GRIB_centreDescription: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
GRIB_subCentre:    B
Conventions:      CF-1.7
institution:     European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
history:         2025-11-12T13:41 GRIB to CDM+CF via cfgrb-0.9.1...
所有可用变量: ['number', 'valid_time', 'latitude', 'longitude', 'expver', 't2m', 'skt', 'stl1', 'lbit', 'asn', 'swvl1', 'ssr', 'cvabs', 'u10', 'tp', 'lai_hv']
```

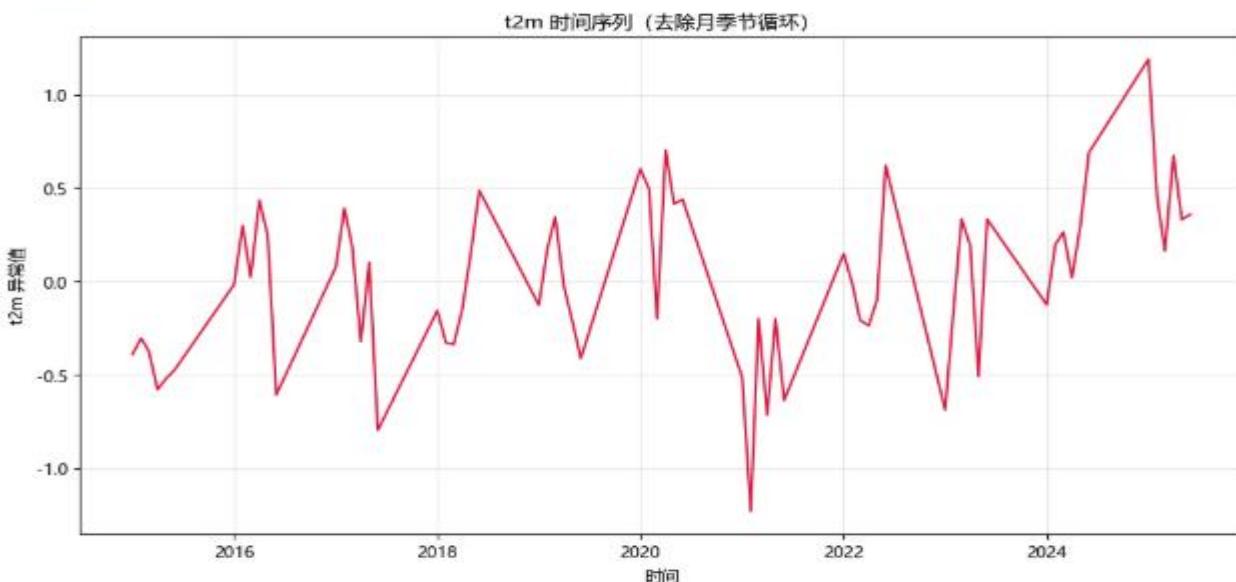
## 任务 3.1:

```
[12]: # 防止字符串警告
warnings.filterwarnings("ignore", category=UserWarning, module="matplotlib")
# 字体设置
plt.rcParams["font.family"] = ["Microsoft YaHei", "simHei"]
plt.rcParams["axes.unicode_minus"] = False # 防御负号正常显示

[13]: # 读取数据集并选择变量（即t2m）
file_path = r'C:\Users\Morchain\Hwachi\data_stream-mod4.nc'
ds = xr.open_dataset(file_path)
var_name = 't2m'
data = ds[var_name]
time_dim = 'valid_time' # 防御数据集的时间维变量

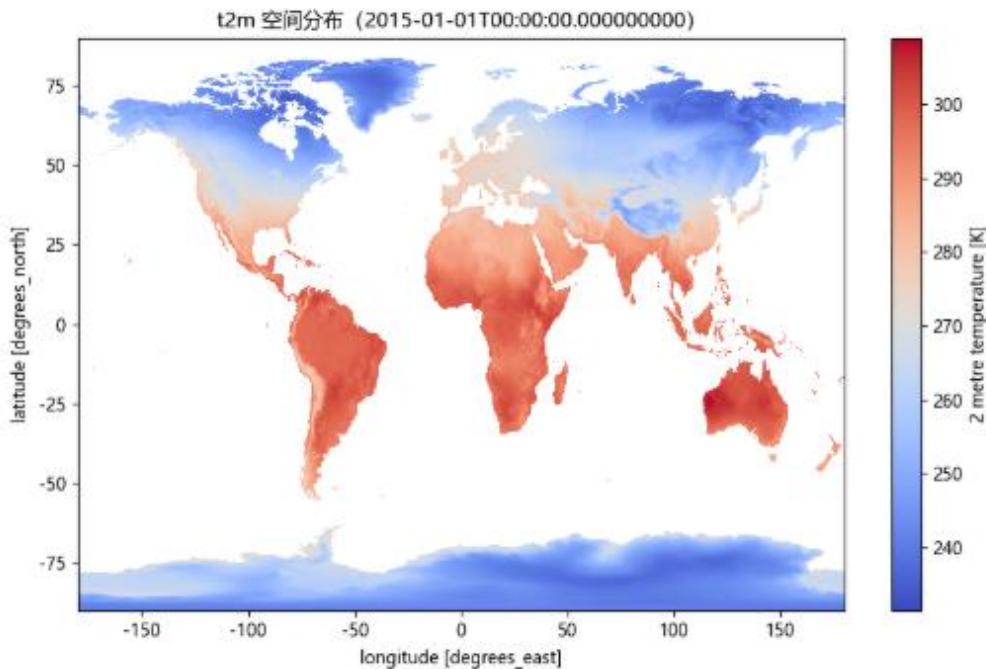
[14]: # 任务3.1: 选择“去除月季节循环”的时间序列
# 计算月气候态（多年同月平均值）
climatology = data.groupby('valid_time.month').mean(dim='valid_time')
# 去除季节循环（原数据 - 对应月气候态）
anomaly = data.groupby('valid_time.month') - climatology
# 空间平均（全局平均）
anomaly_mean = anomaly.mean(dim=['latitude', 'longitude'])

plt.figure(figsize=(12, 6))
anomaly_mean.plot(linewidth=1.5, color='crimson')
plt.title(f'{var_name} 时间序列（去除月季节循环）')
plt.xlabel('时间')
plt.ylabel(f'{var_name} 均值')
plt.grid(alpha=0.3)
plt.show()
```

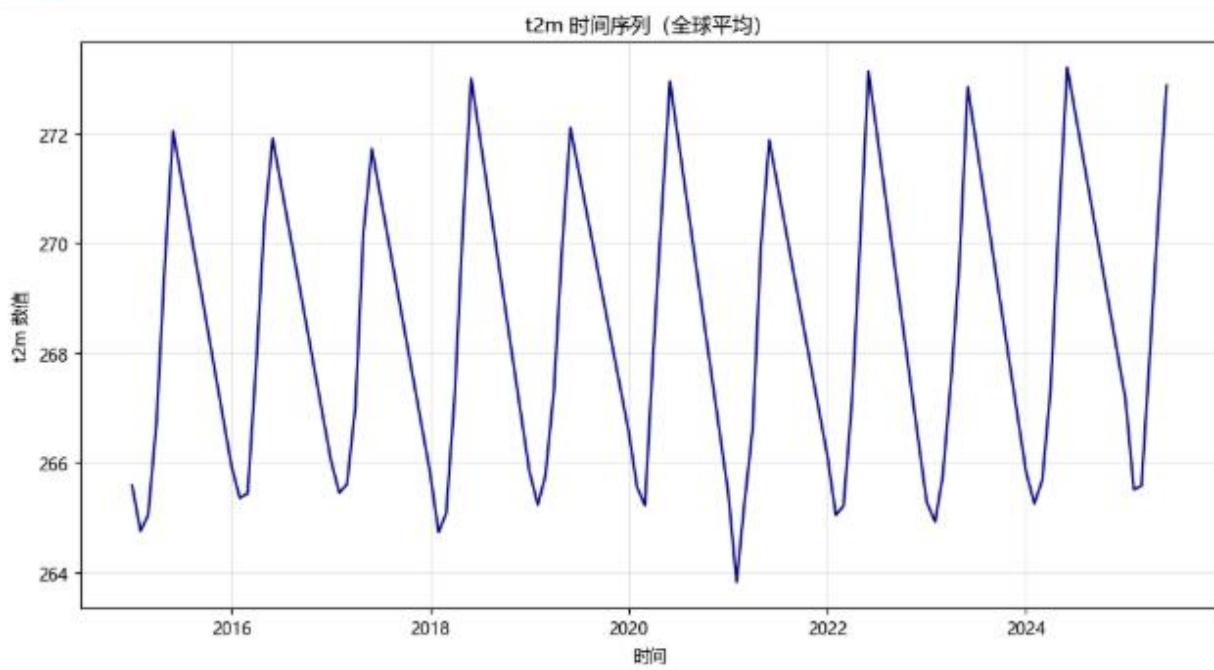


## 任务 3.2:

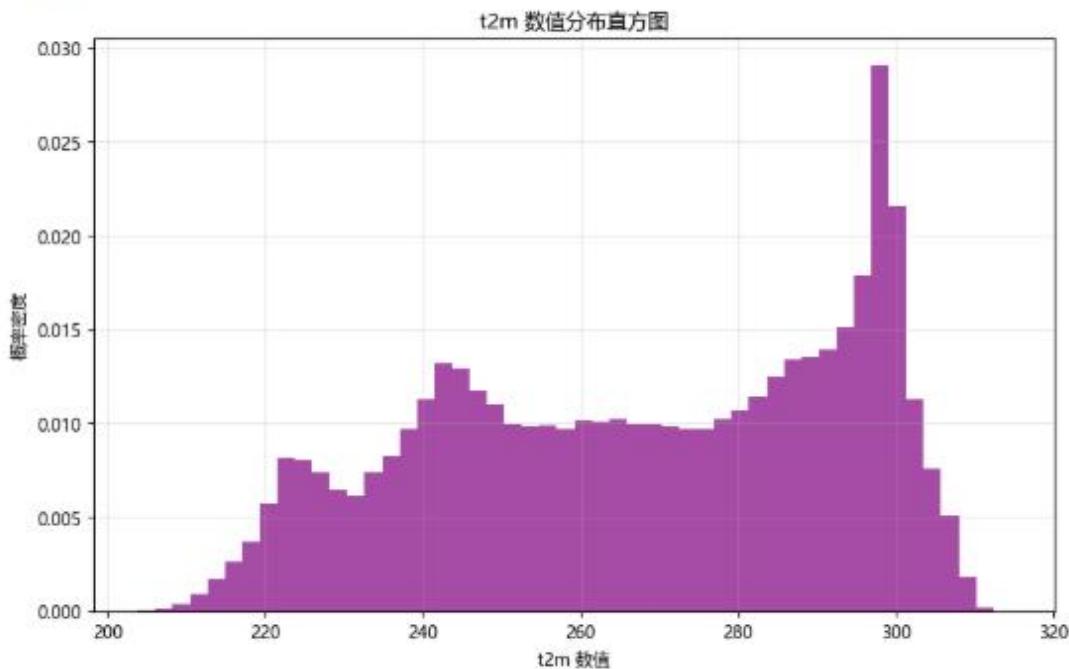
```
[15]: # 任务3.2: 绘制5种不同的图  
# 图1: 某一时刻的空间分布图(第一个时间步)  
data_first = data.isel(valid_time=0)  
plt.figure(figsize=(10, 6))  
data_first.plot(cmap='coolwarm') # 通过设置cmap为冷暖色  
plt.title(f'{var_name} 空间分布 ({data_first.valid_time.values})')  
plt.show()
```



```
[16]: # 图2: 变量的时间序列(空间平均)  
data_time_mean = data.mean(dim=['latitude', 'longitude'])  
plt.figure(figsize=(12, 6))  
data_time_mean.plot(linewidth=1.5, color='navy')  
plt.title(f'{var_name} 时间序列 (全球平均)')  
plt.xlabel('时间')  
plt.ylabel(f'{var_name} 值')  
plt.grid(alpha=0.3)  
plt.show()
```



```
[18]: # 图3: 受量的数值分布直方图
data_flat = data.values.flatten() # 展示数据为一维数组
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.hist(data_flat, bins=50, density=True, alpha=0.7, color='purple')
plt.title(f'{var_name} 数值分布直方图')
plt.xlabel(f'{var_name} 数值')
plt.ylabel('频率')
plt.grid(alpha=0.3)
plt.show()
```



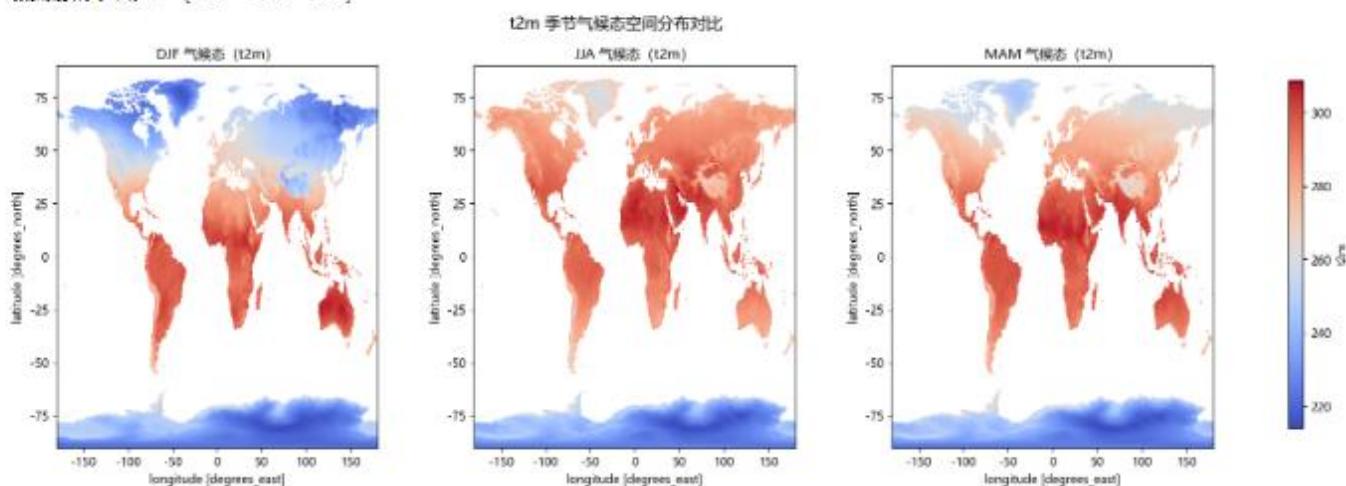
```
[27]: # 图4: 多季节气候态空间分布对比
climatology_season = ds[var_name].groupby(f'{time_dim}.season').mean(dim=time_dim)
print("数据集实际季节标签: ", climatology_season.season.values)
seasons = list(climatology_season.season.values)

# 调整子图布局为1x3 (因数据集实际季节数量为3)
fig, axes = plt.subplots(nrows=1, ncols=3, figsize=(10, 6))
axes = axes.flatten()

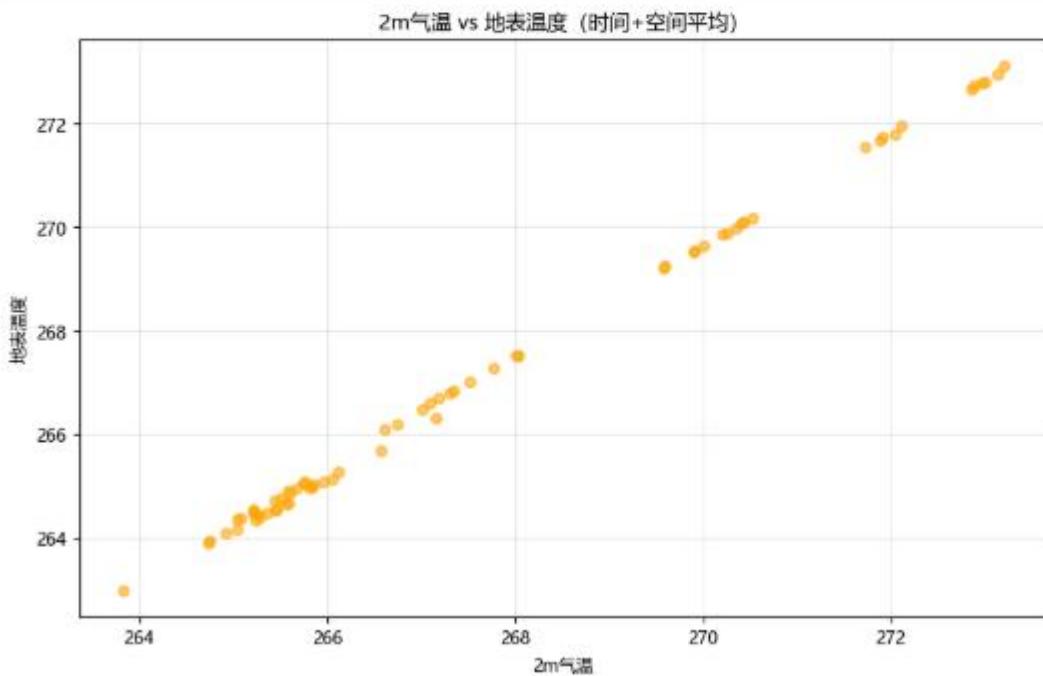
for i, season in enumerate(seasons):
    clim = climatology_season.sel(season=season)
    im = clim.plot(ax=axes[i], cmap='coolwarm', add_colorbar=False)
    axes[i].set_title(f'{season} 气候态 ({var_name})')

# 统一颜色条
cbar_ax = fig.add_axes([0.95, 0.15, 0.01, 0.7]) # 对比一开始画的缩小了颜色条宽度和调整水平位置
fig.colorbar(im, cax=cbar_ax, label=var_name)
plt.subplots_adjust(right=0.9, wspace=0.3) # 调整右侧空间给颜色条, 同时调整子图间距
plt.suptitle(f'{var_name} 季节气候态空间分布对比', fontsize=14) # 调整标题字号
plt.show()
```

数据集实际季节标签: ['DJF' 'JJA' 'MAM']



```
# [20]: # ES: t2m与skt的数据点图
if 'skt' in ds.variables:
    skt = ds['skt']
    t2m_mean = data.mean(dim=['latitude', 'longitude'])
    skt_mean = skt.mean(dim=['latitude', 'longitude'])
    plt.figure(figsize=(10, 6))
    plt.scatter(t2m_mean, skt_mean, color='orange', alpha=0.6)
    plt.title('2m气温 vs 地表温度 (时间+空间平均)')
    plt.xlabel('2m气温')
    plt.ylabel('地表温度')
    plt.grid(alpha=0.3)
    plt.show()
```



```
[ ]:
```