

《分布式能源系统概论》

实践作业

作业题目：基于 EPTE 指标的冷热电联供系统经济性比较分析

专 业： 能源与动力工程

班 级： 2023 级能源与动力工程一班 (化能杨班)

学生姓名：唐玮嘉

学 号： 2023428020130

指导教师：陶实副教授

年 月 日：2025 年 5 月 23 日

专业：能源与动力工程 班级：2023 级能源与动力工程一班 (化能杨班)

学生姓名	唐玮嘉	学号	2023428020130
论文题目	基于 EPTE 指标的冷热电联供系统经济性比较分析		
设计目的、 主要内容 及要求	论文目的:	研究冷热电联供系统的经济性,通过 EPTE 指标对两种燃气轮机和燃气内燃机进行经济性比较分析,探讨其各自的经济适用范围。	
	主要内容:	1. 引言: 简述分布式能源及冷热电联供的背景意义,引出经济性评价及 EPTE 指标。2. EPTE 计算模型: 详细介绍 EPTE 的定义、计算公式,包括发电收益、供热收益、燃料成本、维修成本的计算方法,以及热价的确定方法。3. 基础数据与参数拟合: 说明燃气轮机和燃气内燃机的主要性能参数数据来源。	
	要求:	1. 统一使用 A4 纸打印; 2. 论文撰写格式请参考附录。(实际按本模板格式撰写) 3. 数据处理和图表绘制要求清晰、规范,分析合理。	
进度安排			
主要参考资料	1. 《分布式冷热电联产系统装置及应用》, 金红光等主编, 中国电力出版社, 2010 年 2. 《小型吸收式制冷机原理与应用》, 王林主编, 中国建筑工业出版社, 2011 年		

摘要

本文旨在通过热电性能经济参数 (EPTE) 对燃气轮机和燃气内燃机两种冷热电联供系统的经济性进行比较研究。首先,详细阐述了 EPTE 的计算模型,包括发电收益、供热收益、燃料成本、维修成本以及热价的确定方法。其次,基于课程提供的机组性能数据,利用 Origin 软件对燃气轮机和燃气内燃机的发电效率、热电效率、单位维修费用和机组价格随额定功率的变化规律进行多项式拟合,得到了相应的经验公式。在此基础上,设定了年运行 5000 小时的工况,并考虑了两种对比分析情景:(1) 电价分别为 0.6 元/kWh 和 0.8 元/kWh (天然气价格固定为 2.5 元/m³);(2) 天然气价格分别为 2.5 元/m³ 和 3.5 元/m³ (电价固定为 0.6 元/kWh)。通过计算和绘制 EPTE 随额定功率变化的曲线,对比分析了不同能源价格和功率等级下两种机组的经济适用性。研究结果将揭示不同类型机组在特定条件下的经济优势区间,为分布式能源系统的选型和优化提供参考。

关键词

冷热电联供; EPTE; 经济性分析; 燃气轮机; 燃气内燃机; Origin 拟合; 能源价格

目录

目录	4
1 引言	5
2 EPTE 计算模型	5
2.1 2.1 EPTE 定义	5
2.2 2.2 各分项计算	5
3 基础数据与参数拟合	7
3.1 3.1 数据来源	7
3.2 3.2 参数拟合方法	7
3.3 3.3 拟合系数	8
3.4 3.4 拟合曲线图示例	9
4 案例分析与情景设置	12
4.1 4.1 计算参数	12
4.2 4.2 分析情景	12
5 结果与讨论	12
5.1 5.1 不同电价下的 EPTE 比较	12
6 结论	13

1 引言

随着能源结构的转型和环境保护要求的日益提高，分布式能源系统因其能源利用效率高、环境友好、供能可靠性强等优点，受到了广泛关注与应用。冷热电联供（CCHP）作为一种重要的分布式能源系统形式，能够根据用户需求同时提供电、热、冷三种能源，实现了能源的梯级利用，具有显著的节能和减排效益。

在 CCHP 系统的规划与设计中，经济性是决定项目可行性的关键因素之一。热电性能经济参数 (EPTE) 是一种综合评价 CCHP 系统经济性的指标，它综合考虑了系统的初投资、运行成本（燃料、维修）以及能源产出（电、热）的收益。通过 EPTE 分析，可以对不同类型、不同容量的 CCHP 机组在特定能源价格和运行策略下的经济表现进行量化比较，为系统选型提供科学依据。

本次作业旨在采用 EPTE 指标，对市场上常见的燃气轮机和燃气内燃机两种 CCHP 原动机进行经济性对比分析。将利用 Origin 软件对机组的关键性能参数进行曲线拟合，并在不同的电价和天然气价格情景下，计算和比较两种机组的 EPTE 值，探讨其各自的经济适用范围。

2 EPTE 计算模型

2.1 2.1 EPTE 定义

热电性能经济参数 EPTE 定义为系统的年净收益与机组初投资的比值，反映了单位投资的盈利能力或投资回收的快慢程度。其基本计算公式如下：

$$EPTE = \frac{\text{年净收益}}{\text{机组价格}} = \frac{\text{年总收益} - \text{年总支出}}{\text{机组价格}}$$

其中：

- 年总收益 = 年发电收益 + 年供热收益
- 年总支出 = 年燃料支出 + 年维修支出

2.2 2.2 各分项计算

假设机组年运行小时数为 T (h/year)。

1. 年发电量 (E_{gen}):

$$E_{gen} = P_{rated} \times T \quad (\text{kWh/year})$$

其中 P_{rated} 为机组额定发电功率 (kW)。

2. 年发电收益 (R_{elec}):

$$R_{elec} = E_{gen} \times C_{elec} \quad (\text{元/year})$$

其中 C_{elec} 为上网电价或用户侧替代电价 (元/kWh)。

3. 年供热量 (Q_{supply}): 机组的供热功率 P_{heat} 可由发电功率 P_{rated} 、发电效率 η_e 和热电效率 η_{th} 计算得到:

$$P_{heat} = P_{rated} \times \frac{\eta_{th} - \eta_e}{\eta_e} \quad (\text{kW})$$

则年供热量为:

$$Q_{supply} = P_{heat} \times T = E_{gen} \times \frac{\eta_{th} - \eta_e}{\eta_e} \quad (\text{kWh/year})$$

这里 η_e 和 η_{th} 均为随 P_{rated} 变化的函数。

4. 热价 (C_{heat}): 热价通常参考等效的燃气锅炉产热成本确定:

$$C_{heat} = \frac{C_{fuel}}{HV_{ng,kWh} \times \eta_{boiler}} \quad (\text{元/kWh})$$

其中:

- C_{fuel} 为天然气价格 (元/m³)。
- $HV_{ng,kWh}$ 为天然气低位热值, 单位转换为 kWh/m³ (例如, 35200 kJ/m³ \approx 9.778 kWh/m³)。
- η_{boiler} 为燃气锅炉效率 (例如, 取 0.85)。

5. 年供热收益 (R_{heat}):

$$R_{heat} = Q_{supply} \times C_{heat} \quad (\text{元/year})$$

6. 年燃料消耗量 (V_{fuel}):

$$V_{fuel} = \frac{E_{gen}}{\eta_e \times HV_{ng,kWh}} \quad (\text{m}^3/\text{year})$$

7. 年燃料支出 ($C_{f,total}$):

$$C_{f,total} = V_{fuel} \times C_{fuel} \quad (\text{元}/\text{year})$$

8. 年维修支出 ($C_{m,total}$):

$$C_{m,total} = C_{maint_rate} \times E_{gen} \quad (\text{元}/\text{year})$$

其中 C_{maint_rate} 为单位发电量的维修费用 (元/kWh)，是随 P_{rated} 变化的函数。

9. 机组价格 (IC): 机组价格通常指设备初投资 (元)，是随 P_{rated} 变化的函数。

3 基础数据与参数拟合

3.1 3.1 数据来源

本研究中燃气轮机和燃气内燃机的性能参数（额定功率、发电效率、热电效率、维修费用率、机组价格）数据来源于课程提供的参考图表（参考类似教材中的表 4-2 和表 4-3）。

3.2 3.2 参数拟合方法

为获得连续的性能参数随额定功率变化的函数关系，采用 Origin 软件对上述离散数据点进行多项式拟合。拟合目标参数包括：发电效率 $\eta_e(P)$ ，热电效率 $\eta_{th}(P)$ ，维修费用率 $C_{maint_rate}(P)$ ，以及机组价格 $IC(P)$ 。根据提供的拟合结果信息，采用三阶多项式模型：

$$y = A + B_1 \cdot P + B_2 \cdot P^2 + B_3 \cdot P^3$$

其中 y 为待拟合参数， P 为额定发电功率 (kW)， A, B_1, B_2, B_3 为拟合系数。

3.3 拟合系数

根据提供的 Origin 拟合结果摘要 (基于 OCR 图片 ‘OCR_ 多项式拟合 1.png’ 和 ‘OCR_ 多项式拟合 2.png’), 燃气轮机 (GT) 和燃气内燃机 (ICE) 的主要性能参数拟合系数如下 (请注意, 效率值在计算时应转换为小数形式, 价格单位可能需统一):

燃气轮机 (GT) 拟合系数:

- 发电效率 $\eta_{e,GT}(P)$: $A = 20.4623, B_1 = -5.04871 \times 10^{-4}, B_2 = 6.41759 \times 10^{-8}, B_3 = -1.13939 \times 10^{-12}$ (百分比)
- 热电效率 $\eta_{th,GT}(P)$: $A = 66.64929, B_1 = -5.90039 \times 10^{-4}, B_2 = 5.38413 \times 10^{-8}, B_3 = -9.27892 \times 10^{-13}$ (百分比)
- 维修费用率 $C_{maint,GT}(P)$: $A = 0.03006, B_1 = 6.92431 \times 10^{-8}, B_2 = -2.55999 \times 10^{-12}, B_3 = 3.37218 \times 10^{-17}$ (元/kWh) (此处的维修费用拟合系数来自”维修费用”项, 原数据单位可能需要确认是否为元/kWh)
- 机组价格 $IC_{GT}(P)$: $A = 849.40872, B_1 = 1.71435, B_2 = 1.58074 \times 10^{-4}, B_3 = -3.27059 \times 10^{-9}$ (千元)

燃气内燃机 (ICE) 拟合系数:

- 发电效率 $\eta_{e,ICE}(P)$: $A = 21.55525, B_1 = 0.0204, B_2 = -9.11454 \times 10^{-6}, B_3 = 1.0748 \times 10^{-9}$ (百分比)
- 热电效率 $\eta_{th,ICE}(P)$: $A = 80.92531, B_1 = -0.02353, B_2 = 1.02267 \times 10^{-5}, B_3 = -1.19163 \times 10^{-9}$ (百分比)
- 维修费用率 $C_{maint,ICE}(P)$: $A = 0.33582, B_1 = -4.503 \times 10^{-4}, B_2 = 1.72254 \times 10^{-7}, B_3 = -1.8877 \times 10^{-11}$ (元/kWh) (此处的维修费用拟合系数来自”维修费用”项, 原数据单位可能需要确认是否为元/kWh)
- 机组价格 $IC_{ICE}(P)$: $A = 136.25293, B_1 = 0.14314, B_2 = 1.75 \times 10^{-3}, B_3 = -2.66086 \times 10^{-7}$ (千元)

注意: 上述系数中, 效率的截距单位为%, 计算时需除以 100。机组价格单位为千元, 计算 EPTE 时需乘以 1000。维修费用率的拟合数据来源和单位需仔细核对, 确保其物理意义为元/kWh。

3.4 3.4 拟合曲线图示例

为直观展示拟合效果，应给出关键参数（如发电效率、机组价格）的拟合曲线与原始数据点的对比图。

多项式拟合 (2025/4/28 22:33:56)

参数

		值	标准误差	t值	Prob> t
发电效率	截距	21.55525	2.03809	10.57622	1.30595E-4
	B1	0.0204	0.00935	2.18159	0.08095
	B2	-9.11454E-6	5.01014E-6	-1.81922	0.12854
	B3	1.0748E-9	6.57762E-10	1.63403	0.16318
热电效率	截距	80.92531	1.23274	65.6468	1.55295E-8
	B1	-0.02353	0.00566	-4.16089	0.00882
	B2	1.02267E-5	3.03039E-6	3.37473	0.01979
	B3	-1.19163E-9	3.97848E-10	-2.99518	0.03027
电热比	截距	36.28762	6.20708	5.84616	0.00207
	B1	0.09024	0.02848	3.16869	0.02485
	B2	-3.99735E-5	1.52586E-5	-2.61973	0.04711
	B3	4.69599E-9	2.00324E-9	2.34419	0.06604
维修费用	截距	0.33582	0.02414	13.91386	3.44609E-5
	B1	-4.503E-4	1.1074E-4	-4.06627	0.00967
	B2	1.72254E-7	5.93308E-8	2.90329	0.03366
	B3	-1.8877E-11	7.7893E-12	-2.42345	0.05986
机组价格	截距	136.25293	58.15193	2.34305	0.06613
	B1	0.14314	0.26682	0.53647	0.61463
	B2	0.00175	1.42952E-4	12.23226	6.45899E-5
	B3	-2.66086E-7	1.87677E-8	-14.17791	3.14318E-5
epte2	截距	0	0	0	0
	B1	0	0	0	0
	B2	0	0	0	0
	B3	0	0	0	0

已使用Reduced Chi-Sqr的平方根缩放标准误差。
部分输入数据点缺失。

统计

	发电效率	热电效率	电热比	维修费用	机组价格	epte2
点数	9	9	9	9	9	0
自由度	5	5	5	5	5	0
残差平方和	83.37797	30.50337	773.35952	0.01169	67878.85124	0
R平方(COD)	0.6161	0.87099	0.77962	0.92159	0.99956	0
调整后R平方	0.38577	0.79358	0.6474	0.87454	0.9993	0

汇总

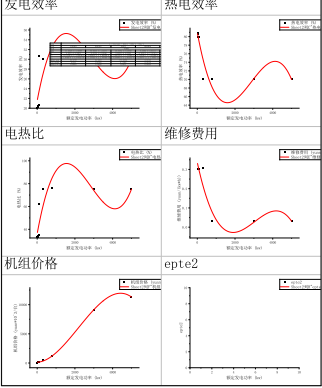
	截距		B1		B2		B3		统计
	值	标准误差	值	标准误差	值	标准误差	值	标准误差	调整后R平方
发电效率	21.55525	2.03809	0.0204	0.00935	-9.11454E-6	5.01014E-6	1.0748E-9	6.57762E-10	0.38577
热电效率	80.92531	1.23274	-0.02353	0.00566	1.02267E-5	3.03039E-6	-1.19163E-9	3.97848E-10	0.79358
电热比	36.28762	6.20708	0.09024	0.02848	-3.99735E-5	1.52586E-5	4.69599E-9	2.00324E-9	0.6474
维修费用	0.33582	0.02414	-4.503E-4	1.1074E-4	1.72254E-7	5.93308E-8	-1.8877E-11	7.7893E-12	0.87454
机组价格	136.25293	58.15193	0.14314	0.26682	0.00175	1.42952E-4	-2.66086E-7	1.87677E-8	0.9993
epte2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

方差分析

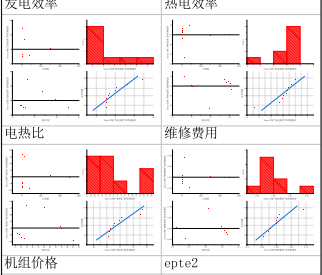
	DF	平方和	均方	F值	Prob>F
发电效率	模型	3 133.81092	44.60364	2.67479	0.15823
	误差	5 83.37797	16.67559		
	总计	8 217.18889			
热电效率	模型	3 205.93219	68.64406	11.25188	0.0116
	误差	5 30.50337	6.10067		
	总计	8 236.43556			
电热比	模型	3 2735.90213	911.96738	5.89614	0.04262
	误差	5 773.35952	154.6719		
	总计	8 3509.26165			
维修费用	模型	3 0.13743	0.04581	19.58928	0.00341
	误差	5 0.01169	0.00234		
	总计	8 0.14912			
机组价格	模型	3 1.55285E8	5.17617E7	3812.80029	<0.0001
	误差	5 67878.85124	13575.77025		
	总计	8 1.55353E8			
epte2	模型	0 0	0	0	<0.0001
	误差	0 0	0		
	总计	0 0			

在0.05水平，拟合方程并不明显好于方程 $y=\text{constant}$.
在0.05水平，拟合方程明显好于方程 $y=\text{constant}$.
在0.05水平，拟合方程明显好于方程 $y=\text{constant}$.
在0.05水平，拟合方程明显好于方程 $y=\text{constant}$.
在0.05水平，拟合方程明显好于方程 $y=\text{constant}$.
在0.05水平，拟合方程明显好于方程 $y=\text{constant}$.

拟合曲线图



残差图



多项式拟合 (2025/4/28 22:33:11)

参数					
		值	标准误差	t值	Prob> t
发电效率	截距	20.4623	0.25261	81.0044	2.38347E-10
	B1	-5.04871E-4	1.23432E-4	-4.09026	0.00643
	B2	6.41759E-8	8.72676E-9	7.35392	3.23658E-4
	B3	-1.13939E-12	1.49392E-13	-7.62686	2.64958E-4
热电效率	截距	66.64929	2.32835	28.62507	1.20367E-7
	B1	-5.90039E-4	0.00114	-0.51862	0.62259
	B2	5.38413E-8	8.0437E-8	0.66936	0.52817
	B3	-9.27892E-13	1.37699E-12	-0.67386	0.5255
电热比	截距	44.9277	3.07626	14.60465	6.46726E-6
	B1	-0.00117	0.0015	-0.7781	0.46607
	B2	1.71484E-7	1.06275E-7	1.61359	0.15774
	B3	-3.08162E-12	1.8193E-12	-1.69385	0.14123
维修费用	截距	0.03006	1.241E-4	242.26058	3.33803E-13
	B1	6.92431E-8	6.06394E-8	1.14188	0.29702
	B2	-2.55999E-12	4.28724E-12	-0.59712	0.57226
	B3	3.37218E-17	7.33926E-17	0.45947	0.66207
机组价格	截距	849.40872	575.16502	1.47681	0.19019
	B1	1.71435	0.28105	6.09992	8.8431E-4
	B2	1.58074E-4	1.98701E-5	7.95538	2.09875E-4
	B3	-3.27059E-9	3.40153E-10	-9.61508	7.24177E-5

已使用Reduced Chi-Sqr的平方根缩放标准误差。

统计					
	发电效率	热电效率	电热比	维修费用	机组价格
点数	10	10	10	10	10
自由度	6	6	6	6	6
残差平方和	2.07743	176.4955	308.09306	5.01393E-7	1.07701E7
R平方 (COD)	0.98681	0.15955	0.82703	0.63667	0.99931
调整后R平方	0.98022	-0.26068	0.74055	0.45501	0.99897

	截距		B1		B2		B3		统计
	值	标准误差	值	标准误差	值	标准误差	值	标准误差	
发电效率	20.4623	0.25261	-5.04871E-4	1.23432E-4	6.41759E-8	8.72676E-9	-1.13939E-12	1.49392E-13	0.98022
热电效率	66.64929	2.32835	-5.90039E-4	0.00114	5.38413E-8	8.0437E-8	-9.27892E-13	1.37699E-12	-0.26068
电热比	44.9277	3.07626	-0.00117	0.0015	1.71484E-7	1.06275E-7	-3.08162E-12	1.8193E-12	0.74055
维修费用	0.03006	1.241E-4	6.92431E-8	6.06394E-8	-2.55999E-12	4.28724E-12	3.37218E-17	7.33926E-17	0.45501
机组价格	849.40872	575.16502	1.71435	0.28105	1.58074E-4	1.98701E-5	-3.27059E-9	3.40153E-10	0.99897

方差分析					
	模型	DF	平方和	均方	F值
发电效率	模型	3	155.46357	51.82119	149.66882
	误差	6	2.07743	0.34624	
	总计	9	157.541		
热电效率	模型	3	33.5045	11.16817	0.37966
	误差	6	176.4955	29.41592	
	总计	9	210		
电热比	模型	3	1473.13205	491.04402	9.5629
	误差	6	308.09306	51.34884	
	总计	9	1781.22511		
维修费用	模型	3	8.78607E-7	2.92869E-7	3.50467
	误差	6	5.01393E-7	8.35654E-8	
	总计	9	1.38E-6		
机组价格	模型	3	1.56909E10	5.23029E9	2913.77471
	误差	6	1.07701E7	1795020.56274	
	总计	9	1.57016E10		

在0.05水平, 拟合方程明显好于方程 y=constant.
在0.05水平, 拟合方程并不明显好于方程 y=constant.
在0.05水平, 拟合方程明显好于方程 y=constant.
在0.05水平, 拟合方程并不明显好于方程 y=constant.
在0.05水平, 拟合方程明显好于方程 y=constant.

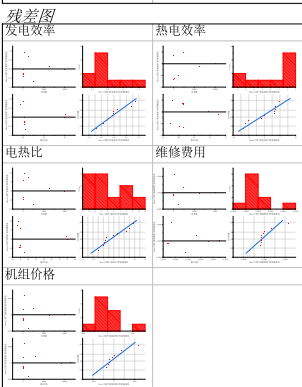
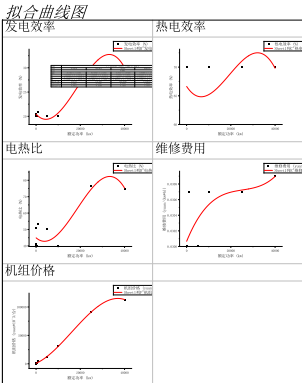


图 2- 燃气轮机拟合曲线示例

4 案例分析与情景设置

4.1 4.1 计算参数

- 年运行小时数 $T = 5000 \text{ h/year}$
- 天然气低位热值 $HV_{ng} = 35200 \text{ kJ/m}^3 \approx 9.778 \text{ kWh/m}^3$
- 燃气锅炉效率 $\eta_{boiler} = 0.85$

4.2 4.2 分析情景

为考察不同能源价格对两种机组经济性的影响，设定以下分析情景：

1. 情景一：不同电价，天然气价格固定

- 子情景 1.1: 电价 $C_{elec} = 0.6 \text{ 元/kWh}$, 天然气价格 $C_{fuel} = 2.5 \text{ 元/m}^3$
- 子情景 1.2: 电价 $C_{elec} = 0.8 \text{ 元/kWh}$, 天然气价格 $C_{fuel} = 2.5 \text{ 元/m}^3$

在此情景下，热价 $C_{heat,1} = 2.5 / (9.778 \times 0.85) \approx 0.300 \text{ 元/kWh}$ 。

2. 情景二：不同天然气价格，电价固定

- 子情景 2.1: 电价 $C_{elec} = 0.6 \text{ 元/kWh}$, 天然气价格 $C_{fuel} = 2.5 \text{ 元/m}^3$ (同 1.1)
- 子情景 2.2: 电价 $C_{elec} = 0.6 \text{ 元/kWh}$, 天然气价格 $C_{fuel} = 3.5 \text{ 元/m}^3$

在子情景 2.2 下，热价 $C_{heat,2} = 3.5 / (9.778 \times 0.85) \approx 0.421 \text{ 元/kWh}$ 。

5 结果与讨论

基于上述 EPTE 模型、拟合参数和情景设定，计算得到不同条件下燃气轮机和燃气内燃机的 EPTE 值随额定功率的变化情况。

5.1 5.1 不同电价下的 EPTE 比较

下图展示了在天然气价格为 2.5 元/m^3 时，电价分别为 0.6 元/kWh 和 0.8 元/kWh 的情况下，两种机组 EPTE 随功率的变化曲线。

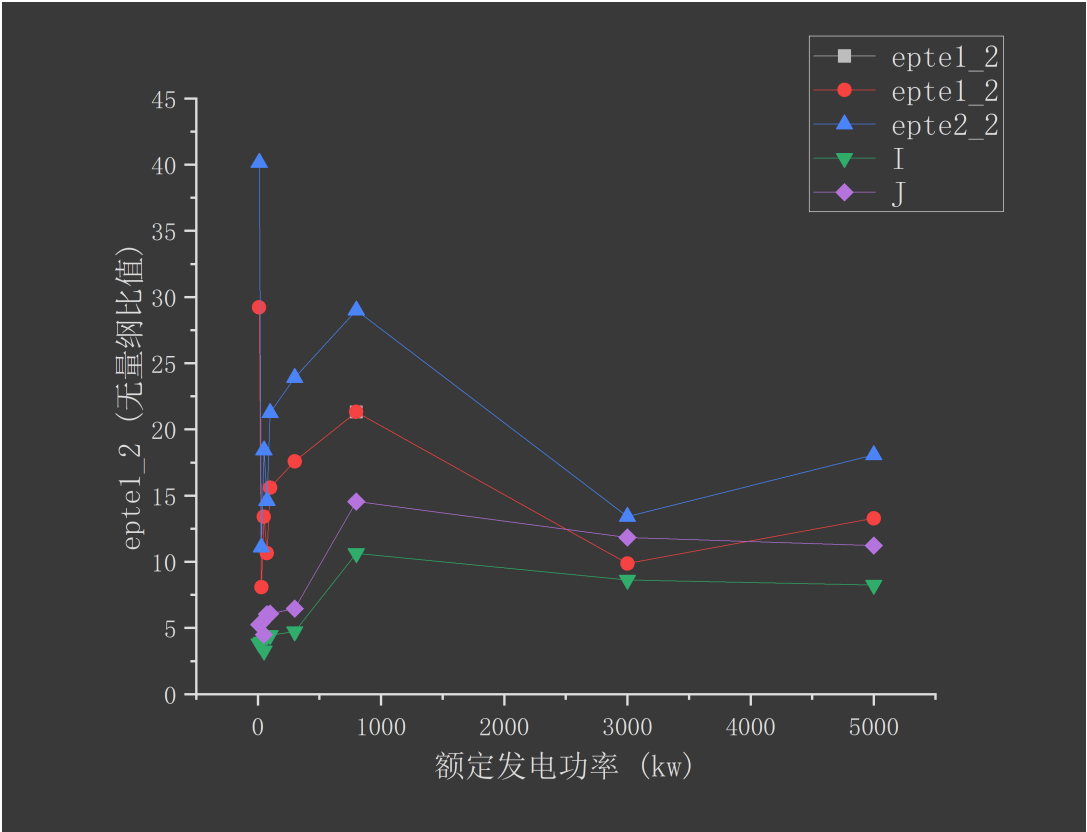


图 3: 不同电价下燃气轮机与内燃机 EPTE 对比 (天然气价格 2.5 元/m³)

分析讨论（预期）：

- 通常情况下，EPTE 值随功率增大有先增后降或持续增加的趋势，具体取决于初投资和运行效率的规模效应。
- 电价升高会显著提高系统的发电收益，从而整体提升 EPTE 值。
- 对比两种机组：在低功率段，可能内燃机因其相对较低的初投资和较高的部分负荷效率而表现出更好的经济性。在高功率段，燃气轮机的规模效应可能更显著。
- 需要观察是否存在一个交叉点，在该点前后两种机组的经济性发生反转。电价的变化可能会影响这个交叉点的位置。

6 结论

通过本次基于 EPTE 指标对燃气轮机和燃气内燃机冷热电联供系统的经济性比较分析，可以得到以下主要结论：(根据上述分析结果，总结以下几点)

1. 两种机组（燃气轮机和燃气内燃机）的 EPTE 随额定功率变化的总体趋势如何？是否存在最优经济运行功率区间？
2. 电价对两种机组 EPTE 的影响程度如何？高电价对哪种机组更有利？
3. 天然气价格对两种机组 EPTE 的影响程度如何？高气价对哪种机组的经济性削弱更大？
4. 在设定的不同能源价格情景和功率范围内，燃气轮机和燃气内燃机的经济性优劣对比如何？是否存在明显的适用性交叉点？
5. 本研究对实际 CCHP 项目选型有何指导意义？

例如：研究表明，在较低功率范围内（如 $P < XXX \text{ kW}$ ），燃气内燃机由于其 XX 特性，在 YY 能源价格条件下具有较高的 EPTE 值。而在较大功率范围（如 $P > XXX \text{ kW}$ ）或 ZZ 能源价格条件下，燃气轮机则显示出更好的经济性。电价的提升普遍有利于提高两种机组的经济性，但对 XX 机组的影响更为显著。天然气价格的上涨则对 XX 机组的 EPTE 冲击较大。因此，在进行 CCHP 系统方案选择时，应充分考虑项目的装机容量需求以及当地的能源价格水平。

附录

本次课程设计的计算和数据分析主要借助 OriginPro 软件进行数据拟合和图表绘制。主要的 Origin 操作步骤包括：

1. 将原始数据（额定功率、发电效率、热电效率、维修费用率、机组价格）导入 Origin 工作表。
2. 选取对应的数据列，使用“Analysis”菜单下的“Fitting”功能，选择“Polynomial Fit”进行多项式拟合。
3. 根据拟合结果（系数、 R^2 值）评估拟合优度，并生成拟合曲线图。
4. 将通过拟合公式计算得到的 EPTE 数据导入 Origin，绘制 EPTE 随额定功率变化的对比曲线图。

本报告中涉及的拟合曲线图和 EPTE 对比图均由 Origin 生成。

课程论文成绩评定表

院系：化学工程与能源技术学院 班级：2023 级能源与动力工程一班 (化能杨班)
姓名：唐玮嘉 学号：2023428020130

项目	子项目	分值	优秀 ($x \geq 90\%$)	良好 ($90\% > x \geq 80\%$)	中等 ($80\% > x \geq 70\%$)	及格 ($70\% > x \geq 60\%$)	不及格 ($x < 60\%$)
平时考核	平时考核	20	学习态度认真, 科学作风严谨, 严格保证设计时间并按任务书中规定的进度开展各项工作。	学习态度比较认真, 科学作风良好, 能按期圆满完成任任务书规定的任务。	学习态度尚好, 遵守组织纪律, 基本保证设计时间, 按期完成各项工作。	学习态度尚可, 能遵守组织纪律, 能按期完成任务。	学习马虎, 纪律涣散, 工作作风不严谨, 不能保证设计时间和进度。
课程论文报告	报告内容组织书写	40	结构严谨, 逻辑性强, 层次清晰, 语言准确, 文字流畅, 完全符合规范化要求, 书写工整或用计算机打印成文; 图纸非常工整、清晰。	结构合理, 符合逻辑, 文章层次分明, 语言准确, 文字流畅, 符合规范化要求, 书写工整或用计算机打印成文; 图纸工整、清晰。	结构合理, 层次较为分明, 文理通顺, 基本达到规范化要求, 书写比较工整; 图纸比较工整、清晰。	结构基本合理, 逻辑基本清楚, 文字尚通顺, 勉强达到规范化要求; 图纸比较工整。	内容空泛, 结构混乱, 文字表达不清, 错别字较多, 达不到规范化要求; 图纸不工整或不清晰。
	技术水平	40	设计合理、理论分析与计算正确, 文献查阅能力强、引用合理、调查调研非常合理、可信。	设计合理、理论分析与计算正确, 文献引用、调查调研比较合理、可信。	设计合理, 理论分析与计算基本正确, 主要文献引用、调查调研比较可信。	设计基本合理, 理论分析与计算无大错。	设计不合理, 理论分析与计算有原则错误, 文献引用、调查调研有较大的问题。
指导教师签名		指导教师评定成绩: _____					