



EPTCHINA.CN
中国电力科技网

SXEC 苏夏

第十届“大机组供热改造与优化运行技术2018年会”



李晓明

华北电力设计院工程有限公司发电热机处高级工程师，主要从事火力发电厂热机设计、火力发电厂供热灵活性改造。承担国内多项350MW等级、660MW等级燃煤机组的可行性研究、初步设计和施工图设计工作，参与公司多项科标业项目。

供热机组热经济指标计算相关问题及讨论

2018年10月10-12日

中国·常熟



供热机组热经济指标计算相关问题及讨论

2018年10月

CPECC 中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司

- 供热式机组的热经济指标计算的方法没有统一，不同的设计规程、规范或设计手册中的计算方法存在差异，不同工程项目因人不同采用计算方法不同，计算结果相差较大。
- 热电联产书籍中有论述，但计算方法比较早，提供实例也较早，对当前大型供热机组的计算参考性较差，部分内容和当前技术规程不统一，在技术上存在分歧。
- 有必要对一些争议较大的指标的计算方法进行讨论，形成统一的规定。

国家的政策规定

主要的热经济指标

供热计算工况的确定和讨论

采暖期热电比的计算

供热标准煤耗率

耗煤量计算及节煤计算

一、根据国家计委、国家经贸委、国家环保总局、建设部联合发布的《关于发展热电联产的若干规定》（计基础[2000]1268号文件）的要求，供热式汽轮发电机组的蒸汽流既发电又供热的常规热电联产。应符合下列指标：

总热效率年平均大于45%。

总热效率=（供热量+**供电量**×3600千焦/千瓦时）/（燃料总消耗量×燃料单位低位热值）×100%

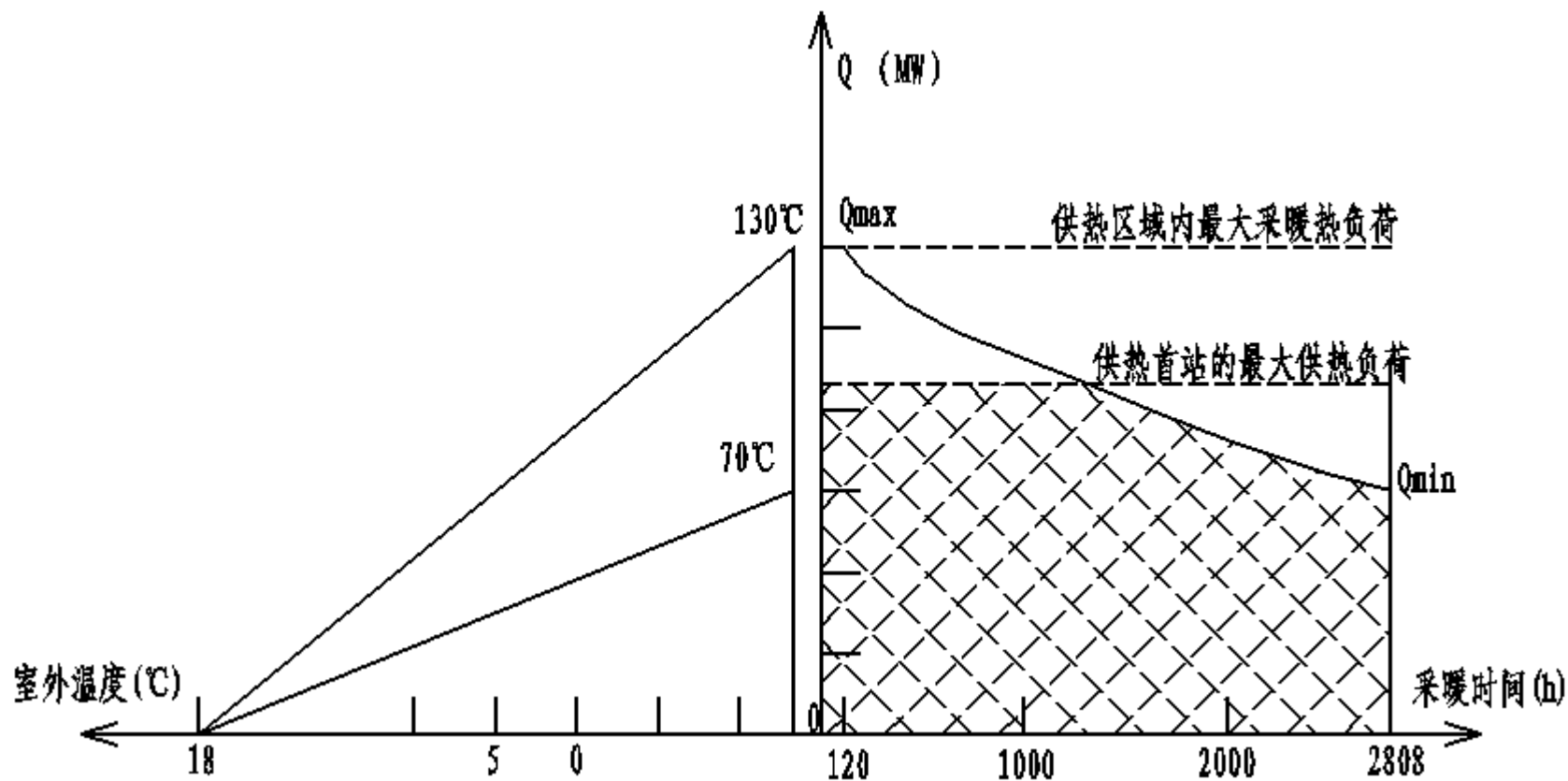
热电联产的热电比：

- （1）单机容量在50MW以下的热电机组，其热电比年平均应大于100%；
- （2）单机容量在50MW至200MW以下的热电机组，其热电比年平均应大于50%；
- （3）单机容量200MW及以上抽汽凝汽两用供热机组，**采暖期**热电比应大于50%。

热电比=供热量/（**供电量**×3600千焦/千瓦时）×100%

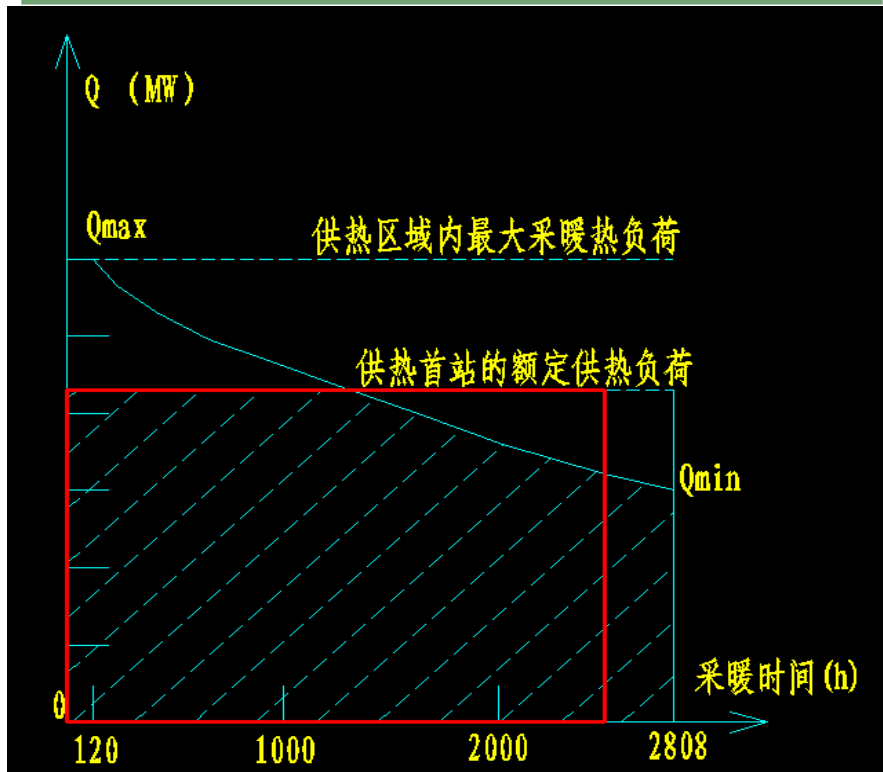
二、《热电联产管理办法》（发改能源[2016]617号）：规划新建2台30万千瓦级抽凝热电联产机组，**采暖期**热电比应不低于80%。

序号	项目	单位	序号	项目	单位
1	年发电量	(kW•h)/a	9	年平均供电标准煤耗率	g/(kW•h)
2	年供热量	GJ/a	10	年耗标准煤量	万t/a
3	年平均发电标准煤耗	g/(kW•h)	11	年节约标准煤量	万t/a
4	设计供热标准煤耗率	kg/GJ	12	年平均全厂热效率	%
5	综合厂用电率	%	13	采暖期热电比	%
6	供热厂用电率	%	14	年平均热电比	%
7	发电厂用电率	%	15	热化系数	
8	年供电量	(kW•h)/a			

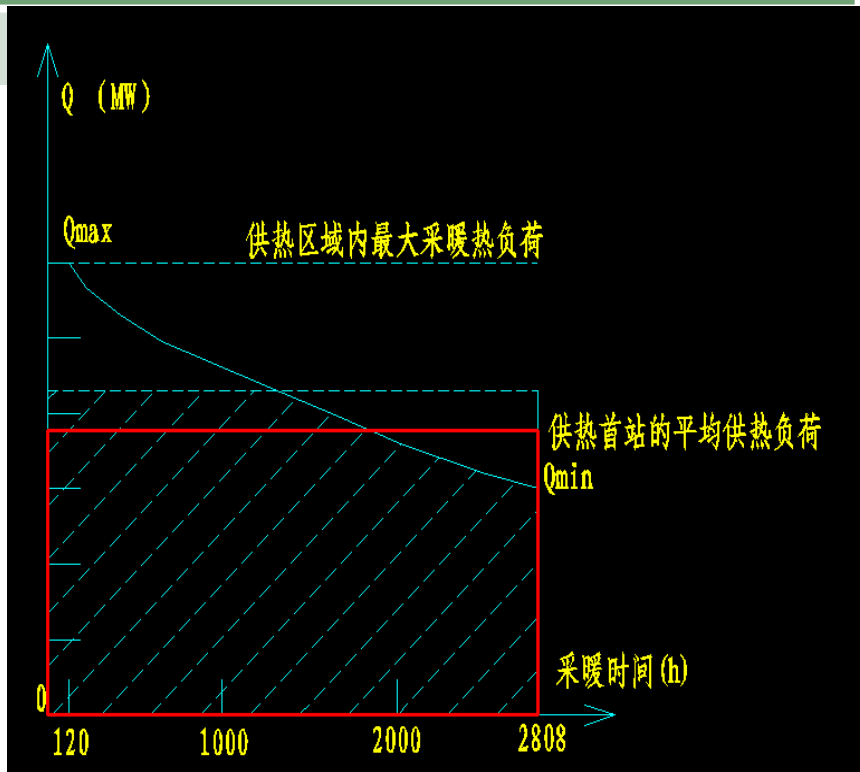


典型的年持续采暖热负荷曲线图

抽汽量按机组额定供热负荷



抽汽量按机组平均供热负荷



序号	项目	单位	按额定供热负荷计算热经济指标	按平均供热负荷计算热经济指标
1	年发电利用小时数	h	5000	5000
2	年发电量	(kW•h)/a	35×10^8	35×10^8
2.1	供热工况发电量	(kW•h)/a	19.07×10^8	22.51×10^8
2.2	纯凝工况发电量	(kW•h)/a	15.93×10^8	12.49×10^8
3	年供热量	GJ/a	7992618	7992618
4	年平均发电标准煤耗	g/(kW•h)	230.373	229.917
5	年供电量	(kW•h)/a	32.66×10^8	32.66×10^8
6	年平均供电标准煤耗率	g/(kW•h)	243.523	243.041
7	年耗标准煤量	万t/a	110.49	110.33
8	年节约标准煤量	万t/a	24.43	24.59
9	年平均全厂热效率	%	60.99	61.08
10	采暖期热电比	%	124.79	105.73
11	年平均热电比	%	67.99	67.99
12	热化系数		0.7	0.7

- 按平均供热负荷计算，供热工况汽轮机按照TMCR工况进汽量，而热负荷数值相对较低，抽汽量较低，发电量较多，整个供热期发电量较多，而纯凝工况发电量相对较少，因此最终计算得到的发电煤耗、供电煤耗、节煤指标和热效率值较好。
- 但是整个采暖期汽轮机绝大部分时间电负荷是处于可调节工况，电网运行肯定需要抽凝式汽轮机进行相关的负荷调整。汽轮机按照TMCR工况进汽量有待商榷。
- 因此，建议按机组额定供热负荷计算。

- 工程前期，采暖期供热量可以计算得出来，但发电量很难计算。整个采暖期汽轮机绝大部分时间电负荷是处于可调节工况，电网运行肯定需要抽凝式汽轮机进行相关的负荷调整，不同年份，不同机组采暖期平均电负荷肯定是不相同的，很难计算出实际采暖期热电比。
- 采暖期热电比没有一个可以从技术上精确解释的计算方法，目前见到的计算方法是：以汽轮机厂提供机组的额定采暖抽汽工况热电比为准，作为采暖期热电比。
- 建议采暖期热电比定义为“额定采暖期热电比”，这样不会引起歧义。

设计手册	计算公式 (kg/GJ)
《热电联产项目可行性研究报告计术规定》、 《热电联产规划设计手册》， P163页	$b_{rp} = \frac{34.12}{\eta_{gL}\eta_{gd}} + \text{供热耗电率} \times b_d$
《热电联产规划设计手册》， P196页	$b_{rp} = \frac{34}{\eta_{gL}\eta_{gd}}$
《大中型火力发电厂设计规范》 GB 50660-2011	$b_{rp} = \frac{34.16}{\eta_{gL}\eta_{gd}\eta_{hs}}$
《供热机组热经济性计算研究》	$b_{gr} = \frac{34.121}{\eta_{gl}\eta_{gd}}$

分子上的数字，表示表示每GJ供热量对应标煤耗量（kg），区别在于标准煤低位发热量的取值不同。

- 标准煤收到基低位发热量：7000kcal/kg，换算为kJ/kg的系数在不同的规范中有不同的取值。
- 《火力发电厂燃烧系统设计计算技术规程》（DL/T 5240-2010）：煤质热量单位由卡换算成焦时，是用20℃卡，其换算关系是 |cal|₂₀=4.1816J，而不用国际蒸汽表卡 |cal|_{1T}=4.1868J。所以标准煤的发热量7000kcal/kg应写成29271 kJ/kg，而不是29307 kJ/kg。
- 《大中型火力发电厂设计规范》（GB 50660-2011）的公式：
 $7000\text{kcal/kg} = 7000 \times 4.1816 = 29271 \text{ kJ/kg} \quad (34.16\text{GJ/kg})$
- 《综合能效计算通则》（GB/T 2589-2008）6.2中规定“低（位）发热量等于29307千焦（kJ）的燃料，称为1千克标准煤（1kg）”，
 $\text{相当于 } 7000\text{kcal/kg} = 7000 \times 4.1868 = 29307 \text{ kJ/kg} \quad (34.12\text{GJ/kg})$
- 建议按照电力规程和规范，标准煤收到基低位发热量29271 kJ/kg。

- 推荐采用《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660-2011中的公式。

$$b_{rp} = \frac{34.16}{\eta_{gL} \eta_{gd} \eta_{hs}}$$

- 热网首站的效率，主要是考虑热网首站蒸汽管道、循环水管道及换热器散热造成的损失。
- 《热电联产项目可行性研究计术规定》中供热标煤耗实际包括两部分，一部分为供热部分锅炉的直接耗煤，一部分为供热耗电折算的耗煤量。
- 因为煤价和电价不一样，供热耗煤和供热耗电的成本建议分开计算。

- 机组年燃煤量=锅炉BMCR燃煤量×锅炉设备年利用小时数
- 锅炉设备年利用小时数=额定供热小时数+额定纯凝工况发电利用小时数
- 额定供热工况对应TMCR工况下的进汽量，额定纯凝工况对应THA工况下的进汽量，而全年耗标煤量是按照BMCR工况下小时耗标煤量进行计算，对应的是VWO工况下的进汽量。因此，采用此方法，全年标煤计算值较实际值大一些。保证煤炭运输、转运及制粉系统等有足够的裕量。
- 节煤计算：用于计算热电联产和热电分产之间燃煤量差别，计算环保排放量的差别使用。
- 《热电联产项目可行性研究技术规定》和《热电联产规划设计手册》编制较早，比较基准的热电分产指标较差。建议选用当前的集中供热锅炉平均效率和纯凝机组的年平均发电标准煤耗，数值可以参照《电力工程设计手册——集中供热设计》：
- 比较基准的集中供热锅炉平均效率，取值80%；
- 比较基准纯凝机组的年平均发电标准煤耗，对于供热湿冷机组取286g/(kW·h)，对于供热空冷机组取305g/(kW·h)。

- 1、供热工况建议按机组额定供热负荷计算。
- 2、采暖期热电比建议定义为“额定采暖期热电比”。
- 3、标准煤收到基低位发热量 29271 kJ/kg 。
- 4、供热标准煤耗计算，推荐采用《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660-2011中的公式，建议考虑热网首站蒸汽管道、循环水管道及换热器散热造成的损失。
- 5、全年标煤计算值较实际值大一些，不建议修改，可以保证煤炭运输、转运及制粉系统等有足够的裕量。
- 6、节煤计算用于计算热电联产和热电分产之间燃煤量差别。比较基准的热电分产指标，建议选用当前的集中供热锅炉平均效率和纯凝机组的年平均发电标准煤耗，

谢 谢！