

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会



王远清

中国能源建设集团山西省电力设计院教授级高工，山西意迪光华电力勘测设计有限公司执行董事、总经理，山西省土木学会建筑热能动力专业委员会主任委员，山西省电力勘察设计协会理事。多年致力于节能产品的开发及节能技术的应用，主持过古交兴能电厂、嘉节燃气电厂、运城关铝等多个电厂的余热利用改造工程的实施和方案制定，获得过多项国家技术专利。

山西兴能发电有限责任公司供热工程项目设计方案

主办单位：中国电力科技网 协办单位：山西兴能发电有限责任公司 中能建山西省电力勘测设计有限公司
2017年3月30-31日 中国·太原 太原市热力公司 山西工业设备安装集团公司 国电科学技术研究院

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会



刘 冲

山西省电力勘测设计院有限公司光华公司总工程师兼副总经理，教授级高级工程师。从事城市供热和火力发电厂余热回收等节能技术的设计和研究，有发明专利1项，实用新型专利21项。多次获得国家级、省部级奖项，发表论文10余篇。参与《发电厂热泵系统设计规程》行业标准的起草工作。

山西兴能发电有限责任公司供热工程项目设计方案

主办单位：中国电力科技网 协办单位：山西兴能发电有限责任公司 中能建山西省电力勘测设计院有限公司
2017年3月30-31日 中国·太原 太原市热力公司 山西工业设备安装集团公司 国电科学技术研究院



山西兴能古交电厂长输热水供热项目 大机组供热改造案例分析

中能建山西省电力勘测设计院有限公司
中能建山西意迪光华电力勘测设计院有限公司

演讲人：王远清

2017年3月30日

目录

第一章 概述

第二章 太古供热方案

第三章 太古供热系统

第四章 太原供热运行数据

第五章 总结及体会

一、概述

1.1、山西省的位置



山西省位于黄河中游东岸，
华北平原西面的黄土高原上。
人口3664万，面积
15.67万平方公里。

太原市位区图：太原市位于山西省中部，地理坐标为北纬 $37^{\circ}27' \sim 38^{\circ}25'$ ，东经 $111^{\circ}30' \sim 113^{\circ}09'$ 之间。人口：2015年320万，2020年预计360万。



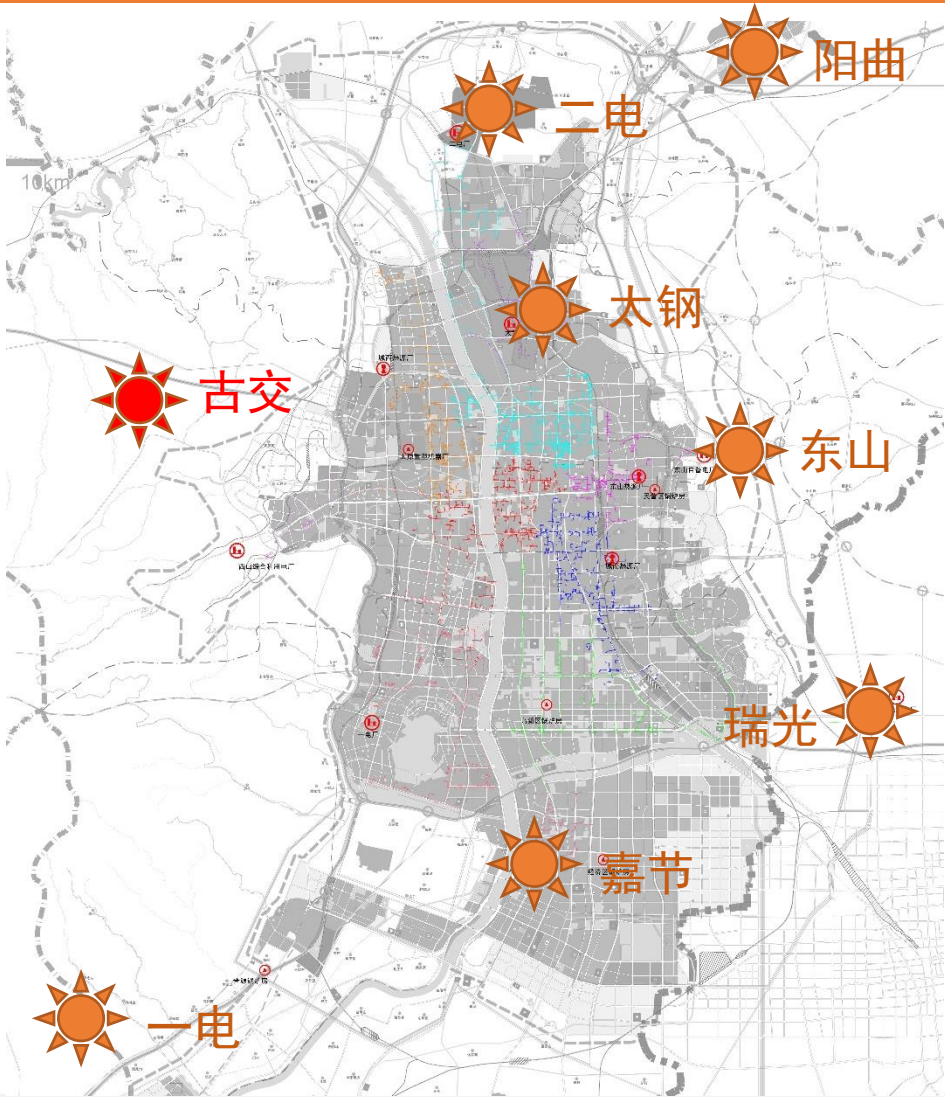
古交市，位于太原市西北部，距太原市约34km。人口20.9万，面积1542.6平方千米。
山西兴能发电厂，位于古交市西部，距太原市约40km。

1.2、太原市供热现状

太原市规划范围不同热源类型所占比例统计表（2014年）

热源类型	总建筑面积 (万平米)	分类建筑面积 (万平米)	所占比例 (%)
热电联产集中供热	16100	9733	60
大型热源厂集中供热		2656	16
较大型区域锅炉房供热		538	4
燃气、谷期电、水地源热泵等清洁能源供热		1773	11
分散锅炉房供热		1400	9
合 计		16100	100

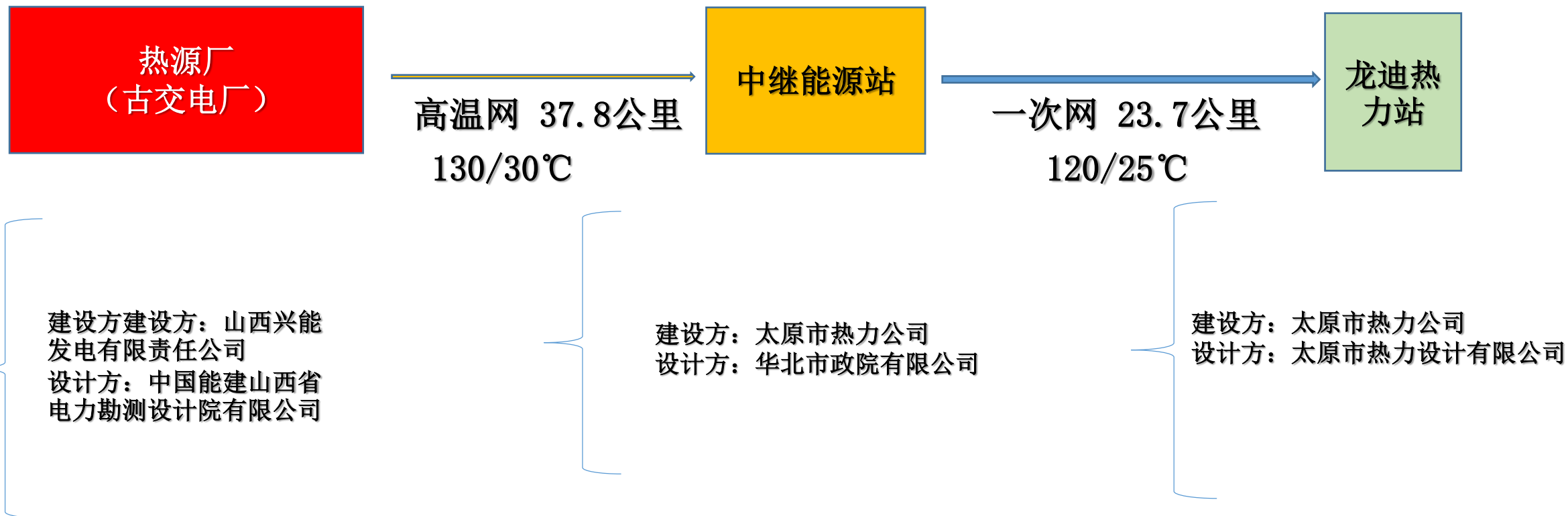
1.3、太原市近期供热规划（2020年）



序号	热源名称	供热面积（万m ² ）
1	古交	7600
2	太钢	3000
3	嘉节	1200
4	瑞光	1200
5	二电	3200
6	一电	3200
7	东山	1200
8	阳曲	1500
	合计	22100

1.4.太古供热系统图

- 根据清洁能源规划
- 供热半径：37.8公里+23.7公里=61.5公里



1.5、太古长输供热高温网

太古供热三级管网制：

高温网：37.8公里

一级网：23.7公里

供热半径：61.5公里

热力站均采用大温差供热机组

供热面积：

近期：5000万平米

远期：7600万平米

高温网近期供回水温度：

近期：97/45℃

远期：130/30℃

一次网：近期：90/50℃

远期：120/25℃



二、古交电厂大机组供热改造

■ 古交兴能电厂机组概况

山西兴能发电有限责任公司位于太原市古交矿区，共有三期机组。

(1) 兴能电厂一期（1、2号机）为2台30万千瓦亚临界直接空冷纯凝式汽轮机组，原有设计不进行对外供热，已投产；

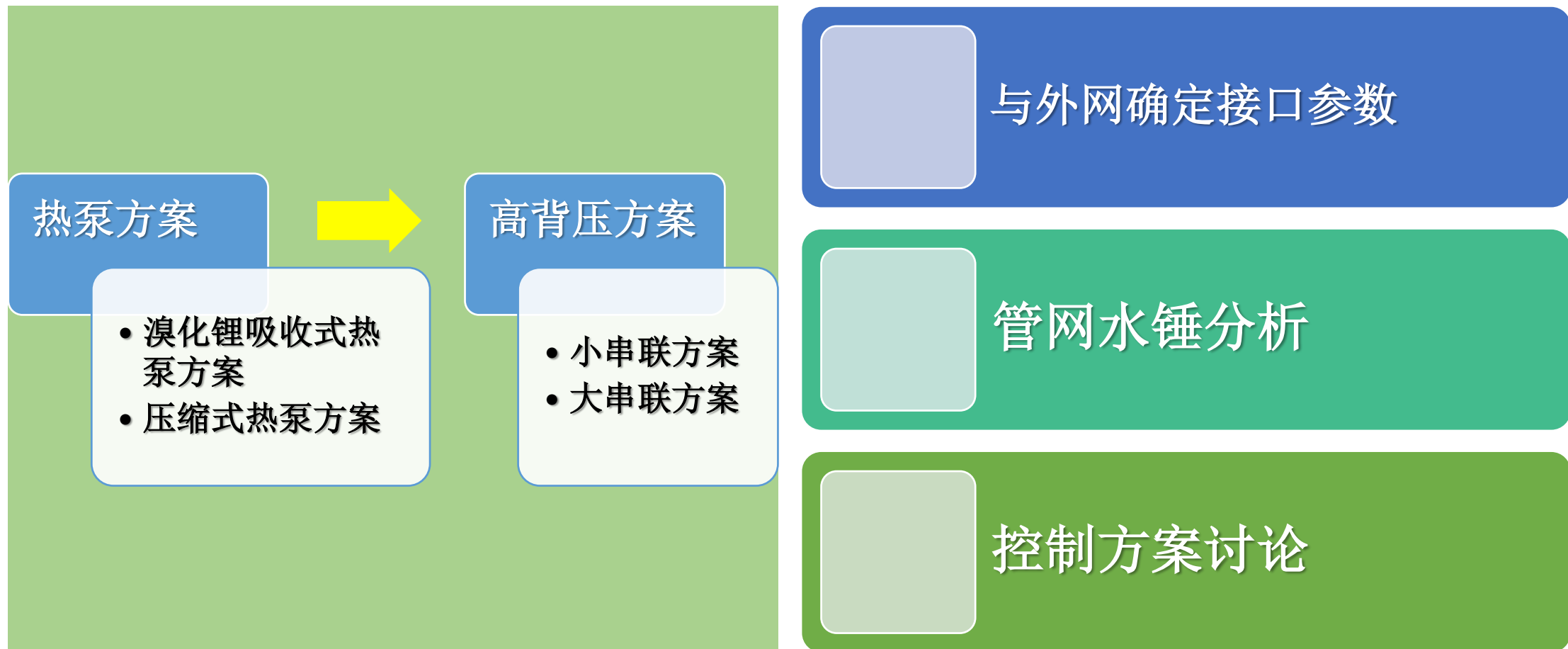
(2) 兴能电厂二期（3、4号机）为2台60万千瓦超临界直接空冷纯凝式汽轮机组，原有设计也不进行对外供热，已投产；

(3) 兴能电厂三期（5、6号机）为2台66万千瓦超超临界直接空冷抽凝式汽轮机组，进行对外供热，正在建设过程中，预计2017年投产。

■ 古交兴能电厂一、二、三期机组



2.2、古交电厂大机组供热方案拟定过程

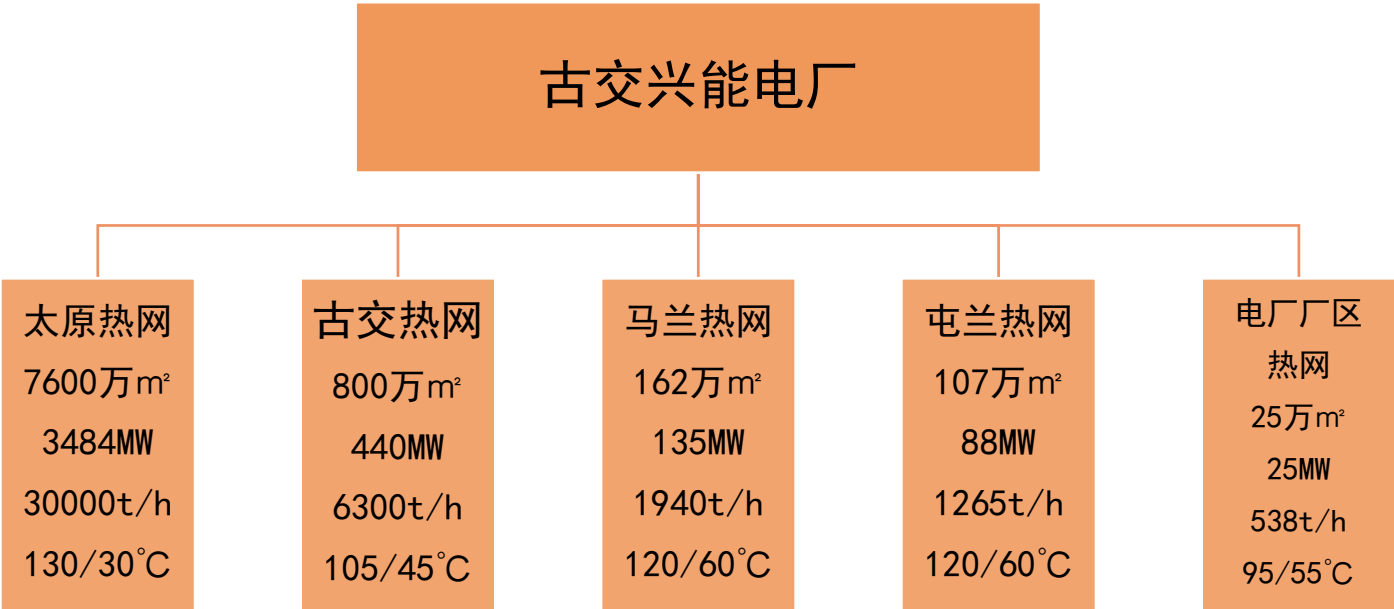


2.3古交电厂供热能力

■ 古交兴能电厂配套热网概况

古交兴能电厂在满足对太原市进行供热的基础上，兼顾给古交、矿区等热网供热。

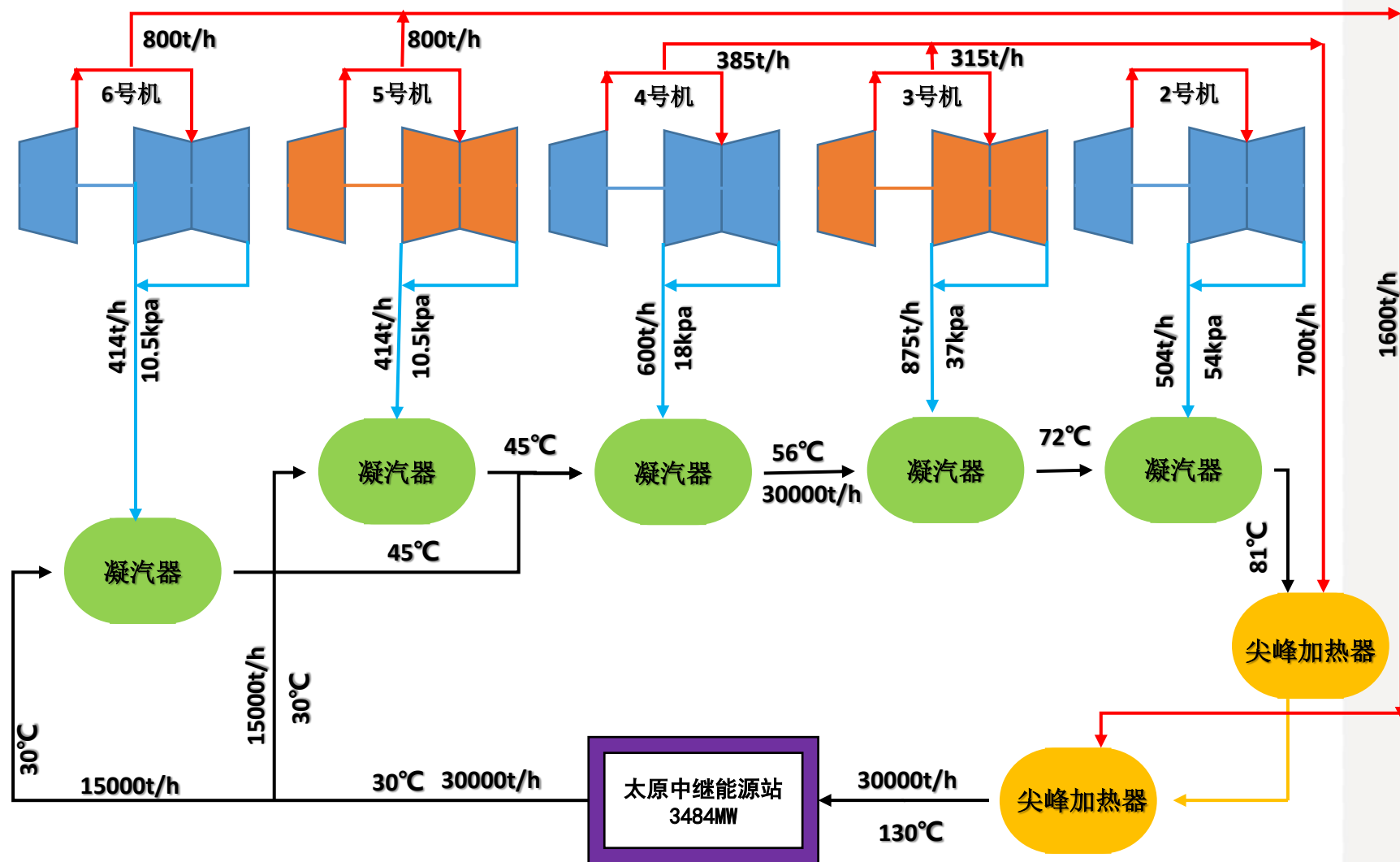
- 1. 太原供热能力：3484MW
- 2. 太原供热面积：7600万平米
- 其中，近期：5000万平米
- 远期：7600万平米



3.1 太原供热系统热网循环水系统

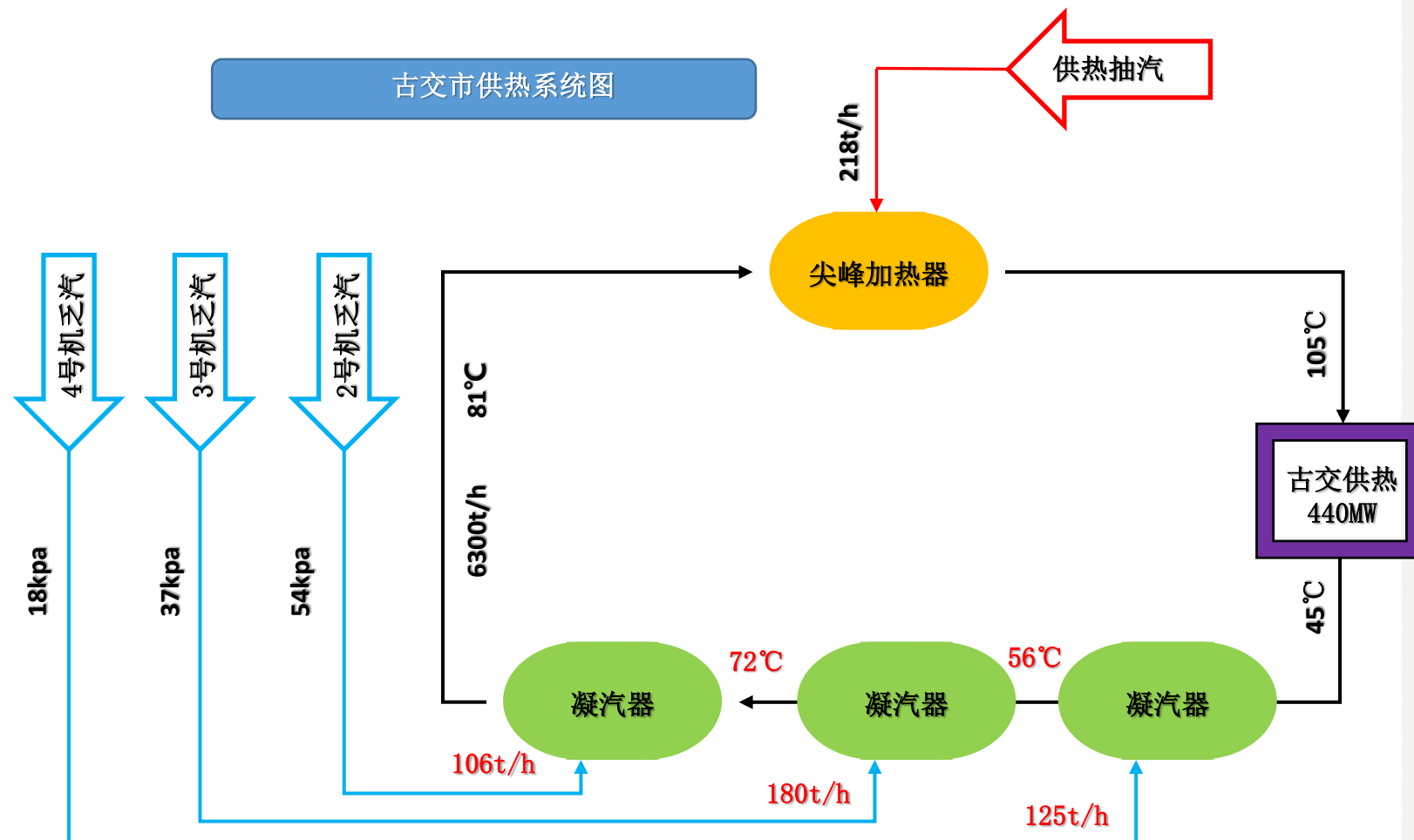
太原热网系统图

1. 供热能力: 3484 MW
2. 年供热量: 3198万 GJ/a
3. 余热利用量: 2305万 GJ/a
4. 年余热利用率: 72 %
5. 抽汽量: 2240 t/h
 - 1) 3#机抽汽: 315 t/h
 - 2) 4#机抽汽: 325 t/h
 - 3) 5#、6#机抽汽: 1600 t/h
6. 乏汽利用量:
 - 1) 2#机54kPa乏汽: 504 t/h
 - 2) 3#机37kPa乏汽: 875 t/h
 - 3) 4#机18kPa乏汽: 533 t/h
 - 4) 5#机10.5kPa乏汽: 414 t/h
 - 5) 6#机10.5kPa乏汽: 414 t/h



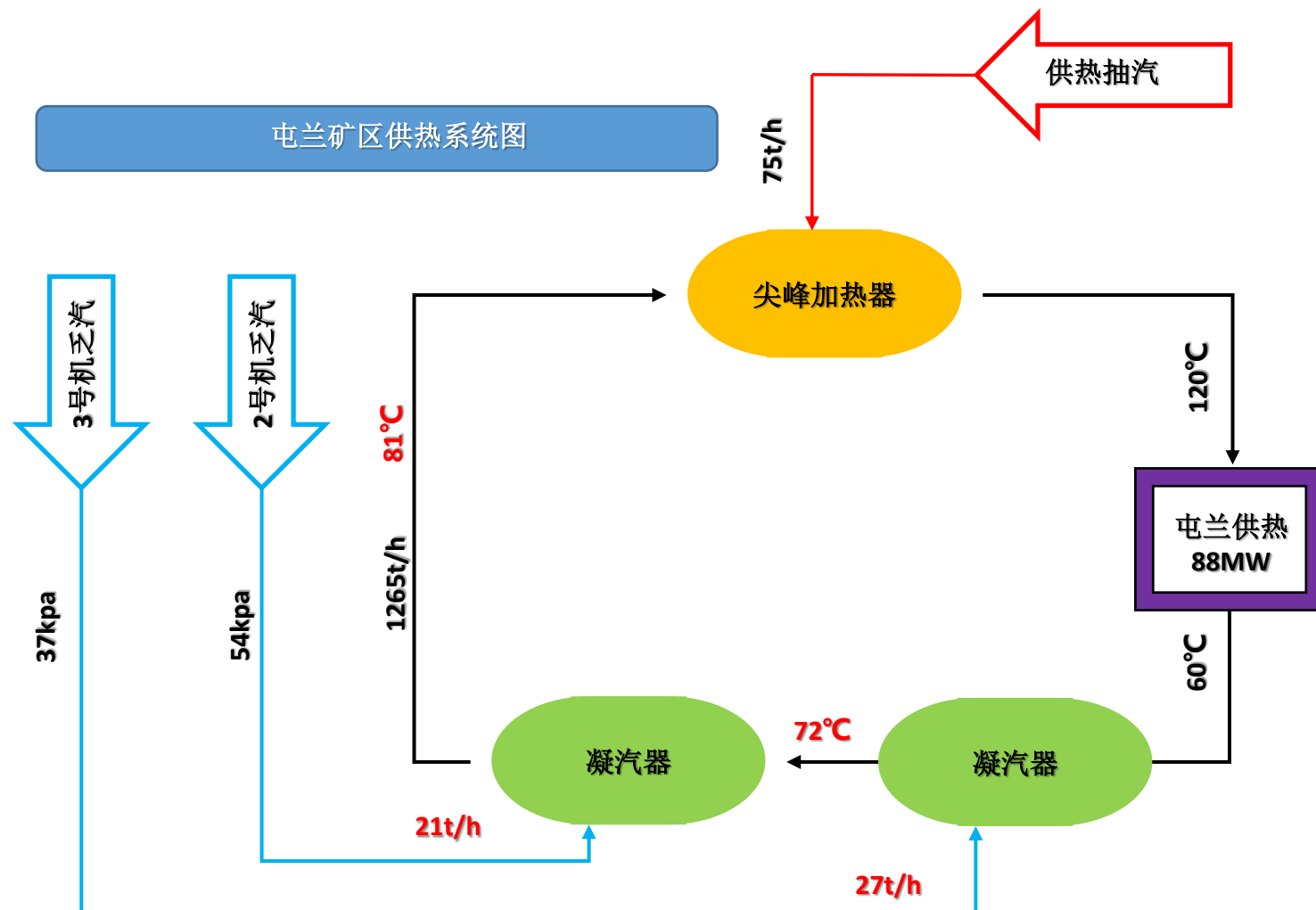
3.2 古交供热系统热网循环水系统

1. 供热能力: 440 MW
2. 年供热量: 407万 GJ/a
3. 余热利用量: 277万 GJ/a
4. 年余热利用率: 68 %
5. 抽汽量: 218 t/h
1#机抽汽: 218 t/h
6. 乏汽利用量:
 - 1) 2#机54kPa乏汽: 106 t/h
 - 2) 3#机37kPa乏汽: 180 t/h
 - 3) 4#机18kPa乏汽: 125 t/h



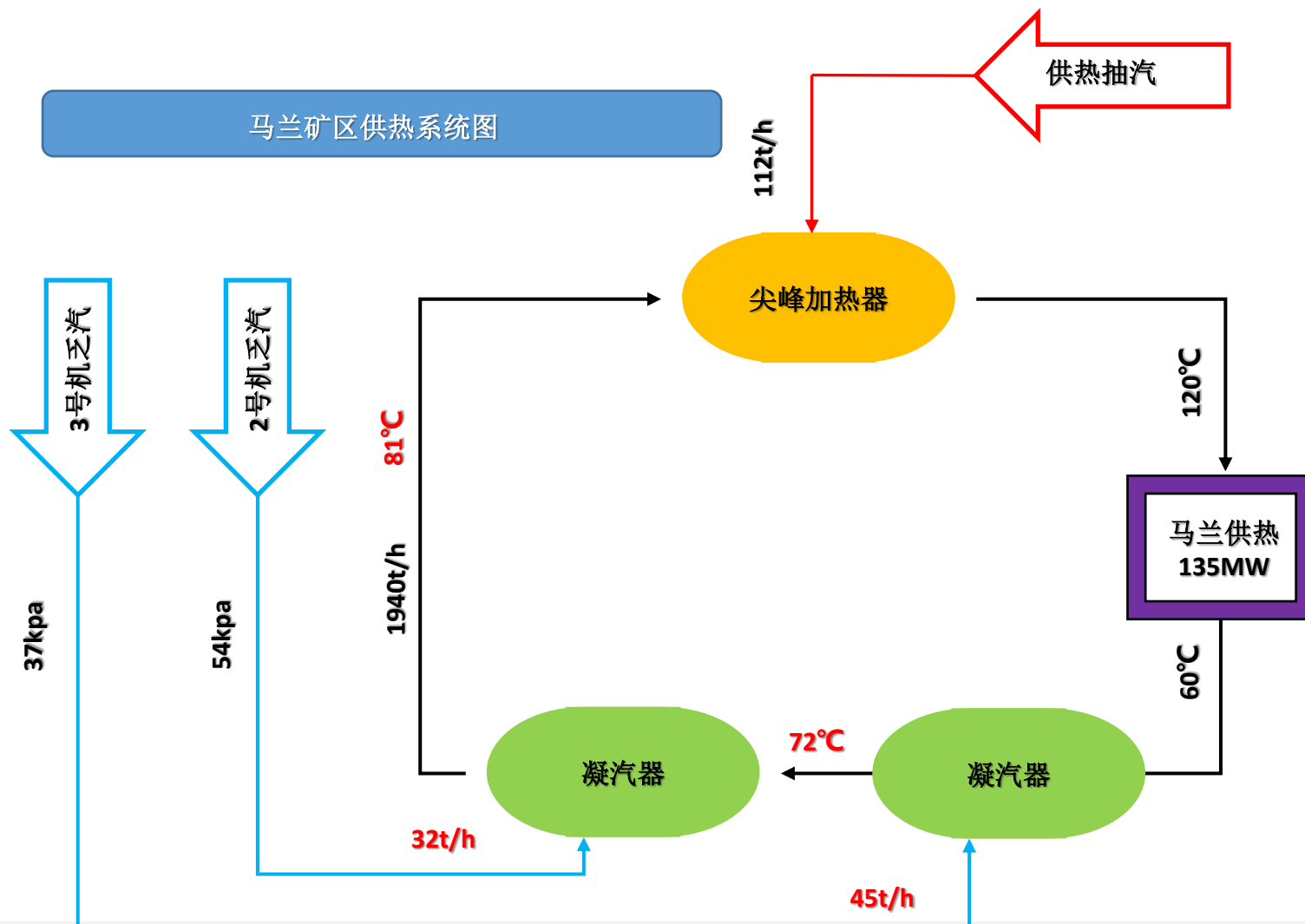
3.3 屯兰供热热网循环水系统3

1. 供热能力: 88 MW
2. 年供热量: 77万 GJ/a
3. 余热利用量: 55万 GJ/a
4. 年余热利用率: 71 %
5. 抽汽量: 75 t/h
1#机抽汽: 75 t/h
6. 乏汽利用量:
 - 1) 2#机54kPa乏汽: 27 t/h
 - 2) 3#机37kPa乏汽: 21 t/h



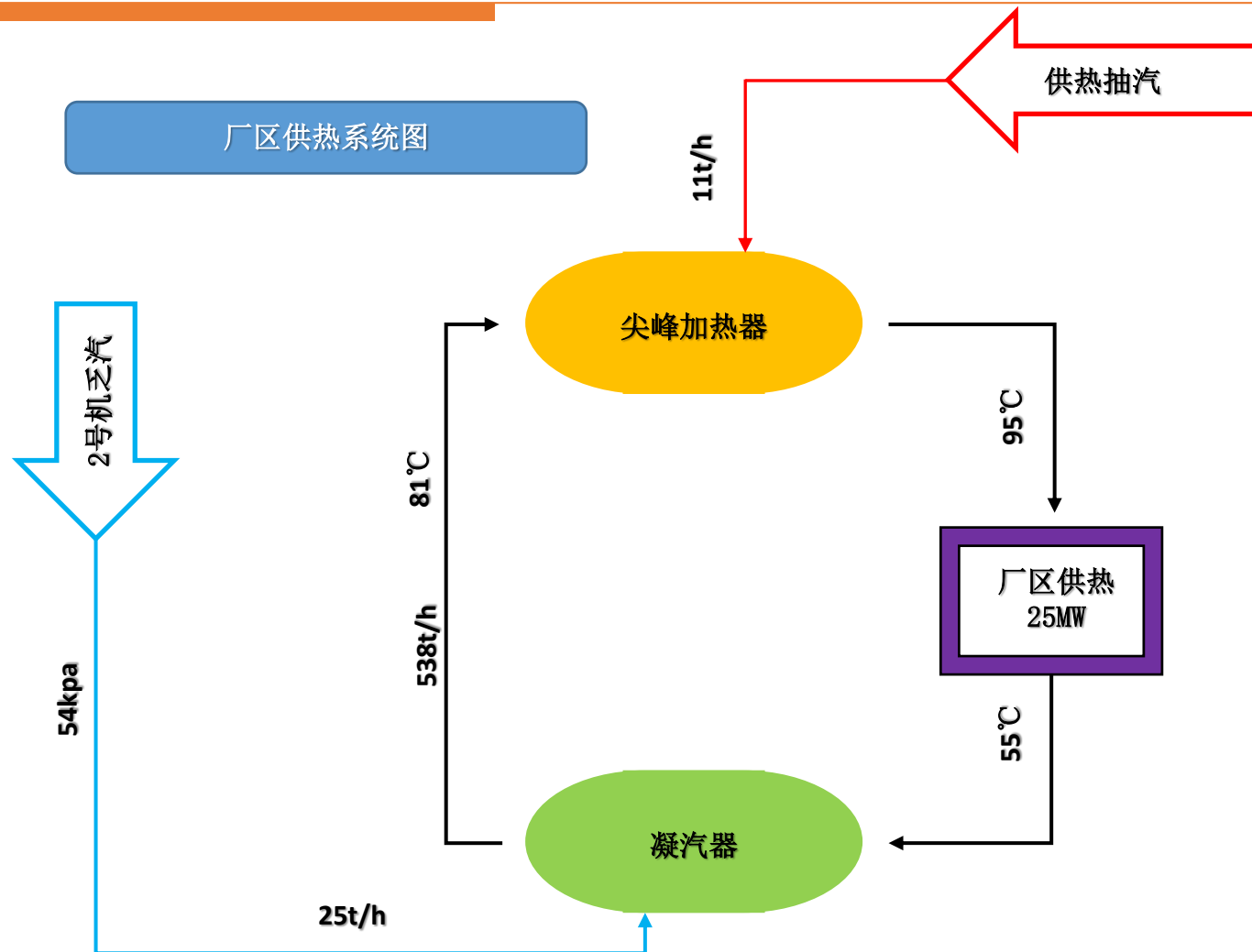
3.4马兰供热热网水系统

1. 供热能力: 135 MW
2. 年供热量: 117万 GJ/a
3. 余热利用量: 86万 GJ/a
4. 年余热利用率: 73 %
5. 抽汽量: 112 t/h
1#机抽汽: 112 t/h
6. 乏汽利用量:
 - 1) 2#机54kPa乏汽: 32 t/h
 - 2) 3#机37kPa乏汽: 45 t/h

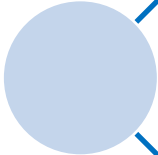


3.5 厂区供热热网系统

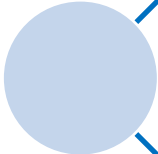
1. 供热能力: 25 MW
2. 年供热量: 22万 GJ/a
3. 余热利用量: 20万 GJ/a
4. 年余热利用率: 90 %
5. 抽汽量: 11 t/h
- 1#机抽汽: 11 t/h
6. 乏汽利用量:
- 2#机54kPa乏汽: 25 t/h



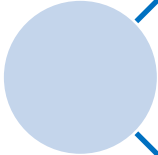
3.6小结



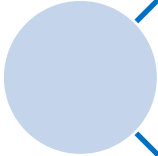
1.总供热能力: 4172MW



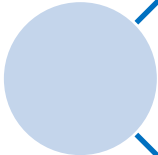
2.年供热量: 3824 GJ/a



3.年供热乏汽:2743 GJ/a



4.乏汽供热占比: 72 %



5.机组采暖期能源效率: 85 %

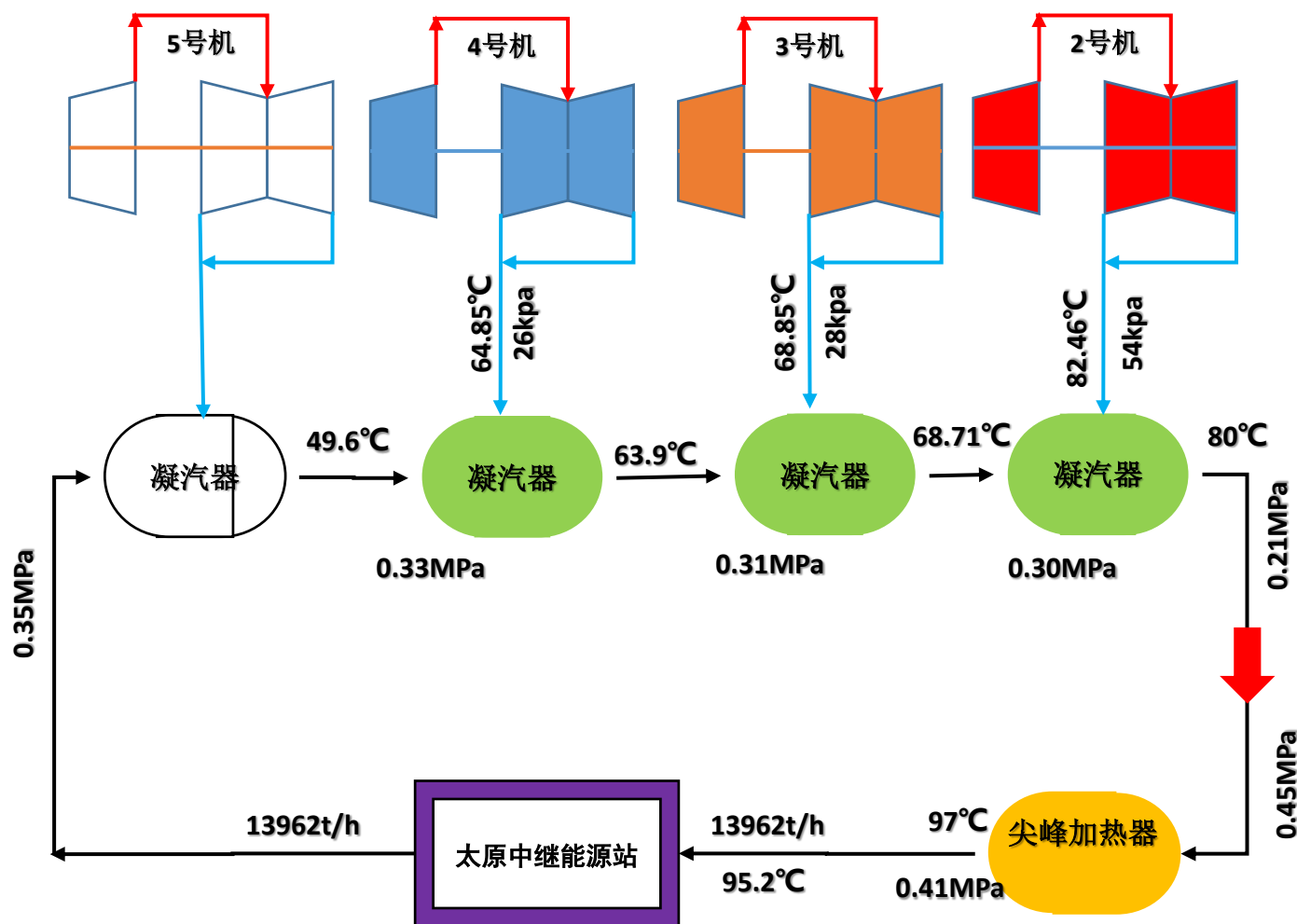
4.1 2016-2017年冬季运行数据

序号	名称	单位	太原热网			古交热网			屯兰热网			马兰热网		
			初寒	严寒	末寒	初寒	严寒	末寒	初寒	严寒	末寒	初寒	严寒	末寒
1	循环水流量	t/h	13112	15525	15058	3869	5320	5010	906	1245	1186	668	1121	1046
2	供水平均温度	℃	86	95	84	77	85	80	82	82	80	82	82	80
3	回水平均温度	℃	50	45	50	47	50	51	56	57	55	53	57	55
4	平均热负荷	MW	551	906	597	135	217	170	27	36	35	23	33	31
5	月平均乏汽供热量	万GJ	102.0	168.0	110.0	36.9	43.0	36.0	6.5	9.0	6.4	6.6	8.6	6.5
6	月平均抽汽供热量	万GJ	39.0	76.0	45.0	7.1	10.0	7.0	0.7	0.8	0.6	0.6	0.9	0.5
7	月平均供热量	万GJ	141.0	244.0	155.0	44.0	53.0	43.0	7.2	9.8	7.0	7.2	9.5	7.0

4.2 2016-2017年冬季机组运行数据

时段	#1机组供热量 (万DJ)	#2机组供热量 (万DJ)	#3机组供热量 (万DJ)			#4机组供热量 (万DJ)			合计 (万DJ)		
	抽汽	乏汽	乏汽	抽汽	合计	乏汽	抽汽	合计	乏汽	抽汽	总供热量
初寒期月平均	3.38	103.74	29.24	19.72	48.96	19.66	23.89	43.55	152.64	46.99	199.63
严寒期月平均	19.08	84.82	114.51	32.79	147.29	28.94	35.71	64.65	228.26	87.58	315.84

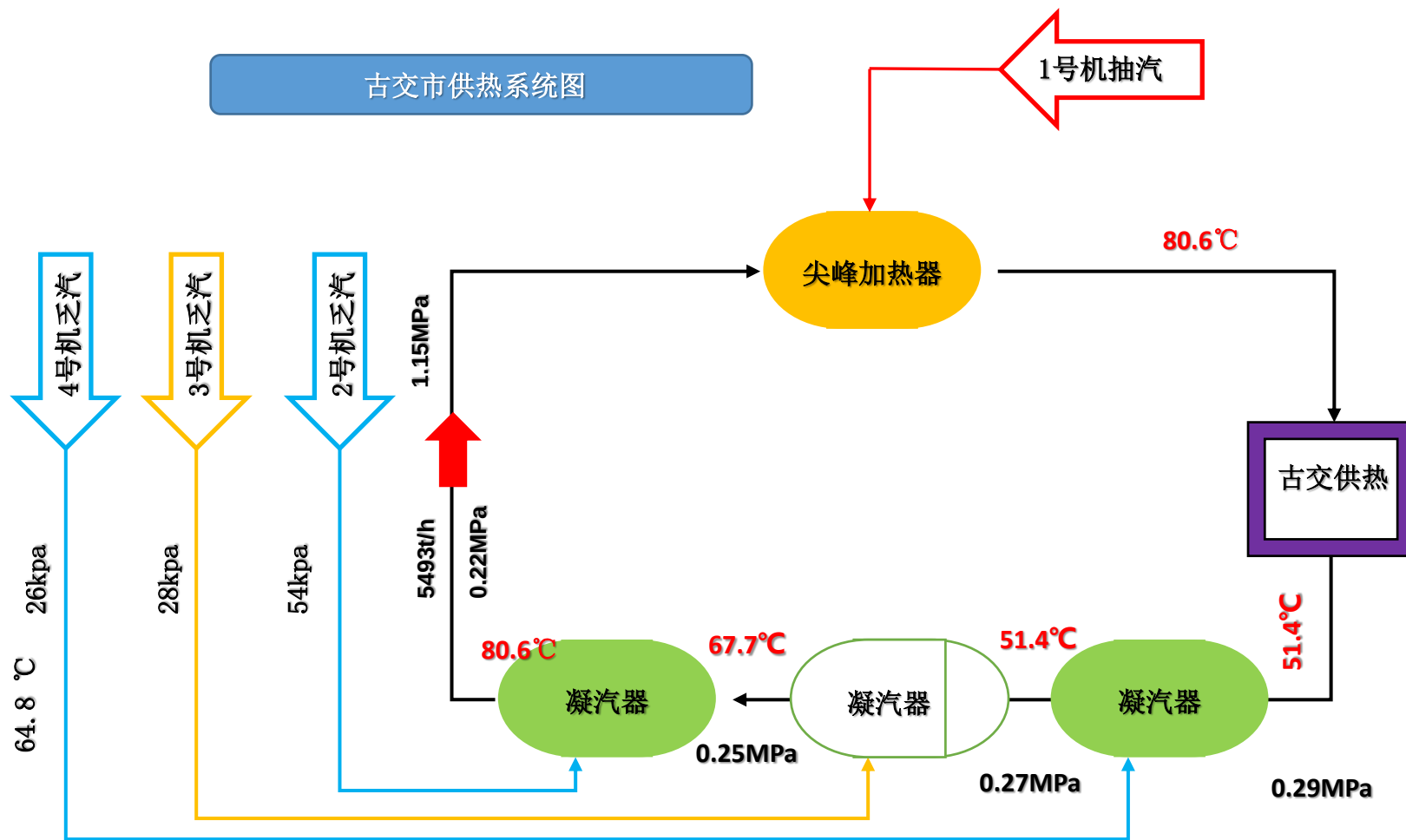
4.3 太原供热系统热网循环水系统运行数据



2016年-2017年采暖季, 太古线供热面积2000万平方米, 在2016年10月29日太原热网循环水系统1#线启动运行, 12月15日2#线启动运行, 1、2#线设计参数: 流量15000t/h, 热网回水压力0.50MPa, 每台凝汽器进出水压降0.03MPa, 循环泵入口压力 ≥ 0.15 MPa, 围墙内1米到循环泵入口压降 ≤ 0.35 MPa。

实际运行在流量接近设计值时以上参数均满足设计要求。

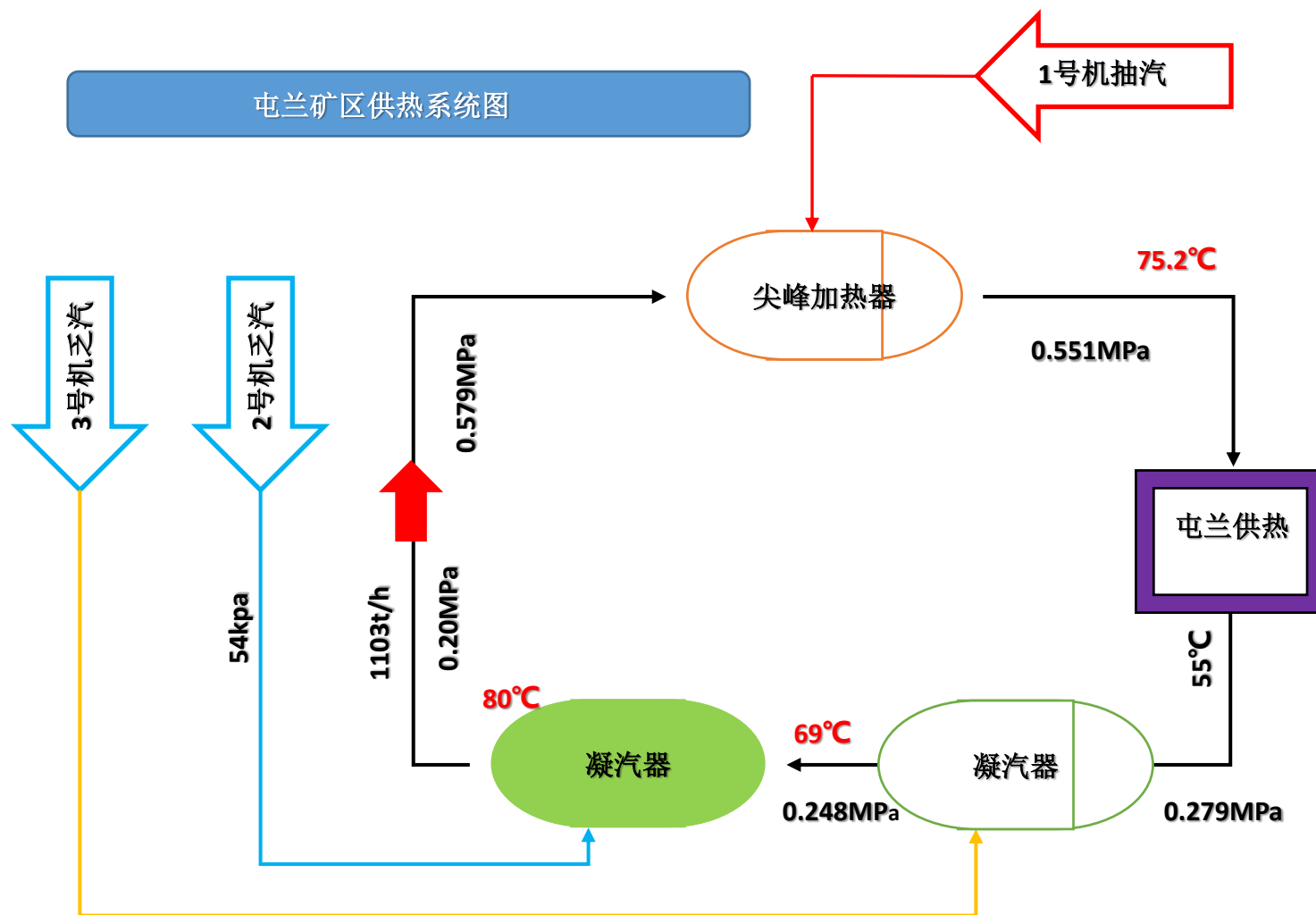
4.4 古交供热系统热网循环水系统运行数据



2016年-2017年采暖季，古交供热线供热面积400万平方米，在2016年10月29日太原热网循环水系统1#线启动运行，设计参数：流量6300t/h，热网回水压力0.40MPa，每台凝汽器进出水压降0.03MPa，循环泵入口压力 ≥ 0.2 MPa，围墙内1米到循环泵入口压降 ≤ 0.2 MPa。

实际运行在流量接近设计值时以上参数均满足设计要求。

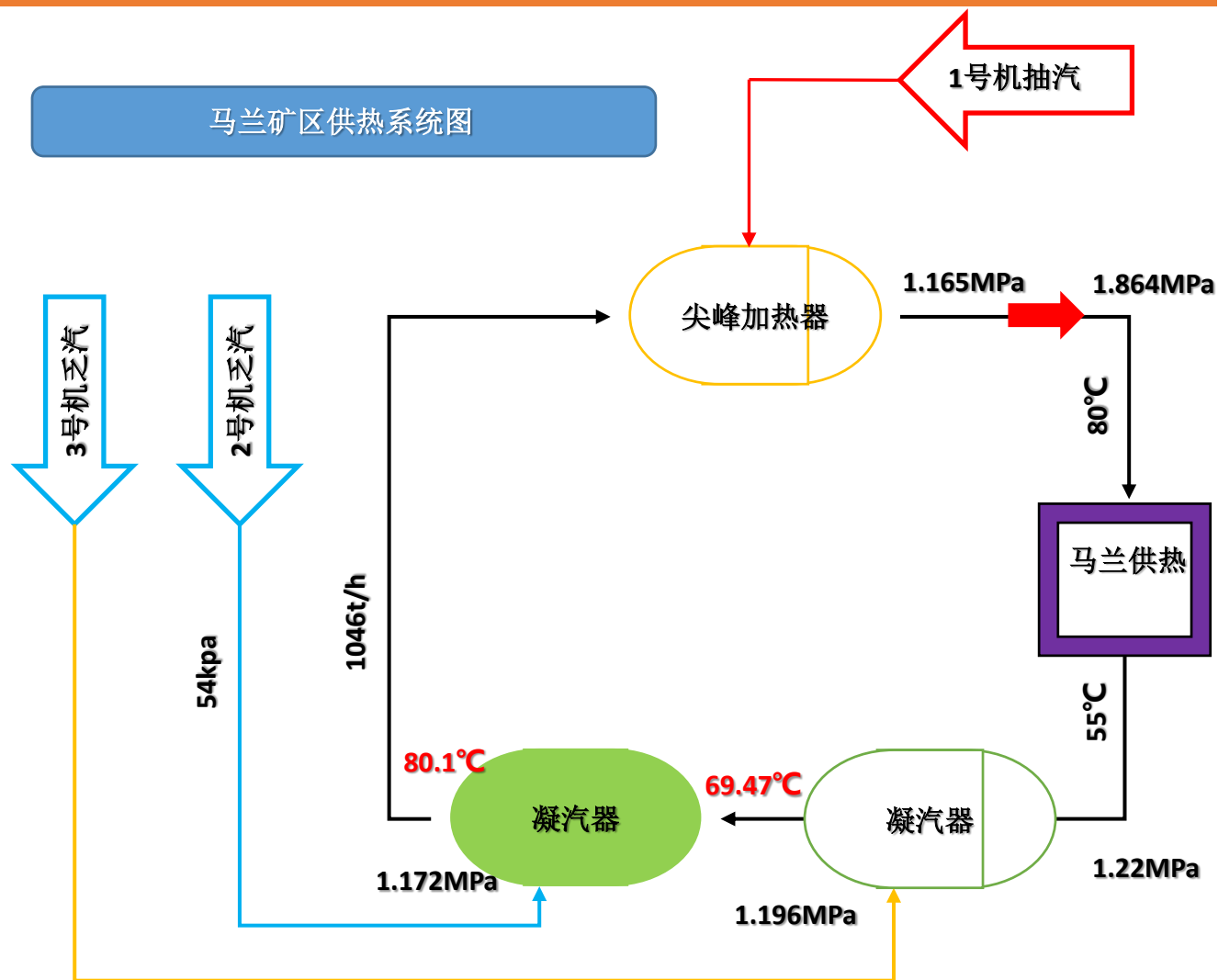
4.5 屯兰供热热网循环水系统运行数据



2016年-2017年采暖季，屯兰供热线供热面积80万平方米，电厂比最低热力站高30米，在2016年10月29日启动运行，设计参数：流量1265t/h，热网回水压力0.35MPa，每台凝汽器进出水压降0.05MPa，凝汽器承压等级1.6MPa，定压压力0.35MPa。

实际运行目前最高供水温度不超过95°C，因此定压压力调整0.2MPa。

4.6 马兰供热热网水系统运行数据



2016年-2017年采暖季，马兰供热线供热面积80万平米，在2016年10月29日启动运行，设计参数：流量1940t/h，热网回水压力1.47MPa，每台凝汽器进出水压降0.05MPa，凝汽器承压等级2.5MPa，采用旁通管定压，定压压力1.47MPa。

实际运行目前最高供水温度不超过95°C，因此定压压力调整1.17MPa。

1. 2016年1-3月份1、2#机组向古交市、屯兰矿、马兰矿供热，1#机抽汽，2#机54KPa高背压运行。

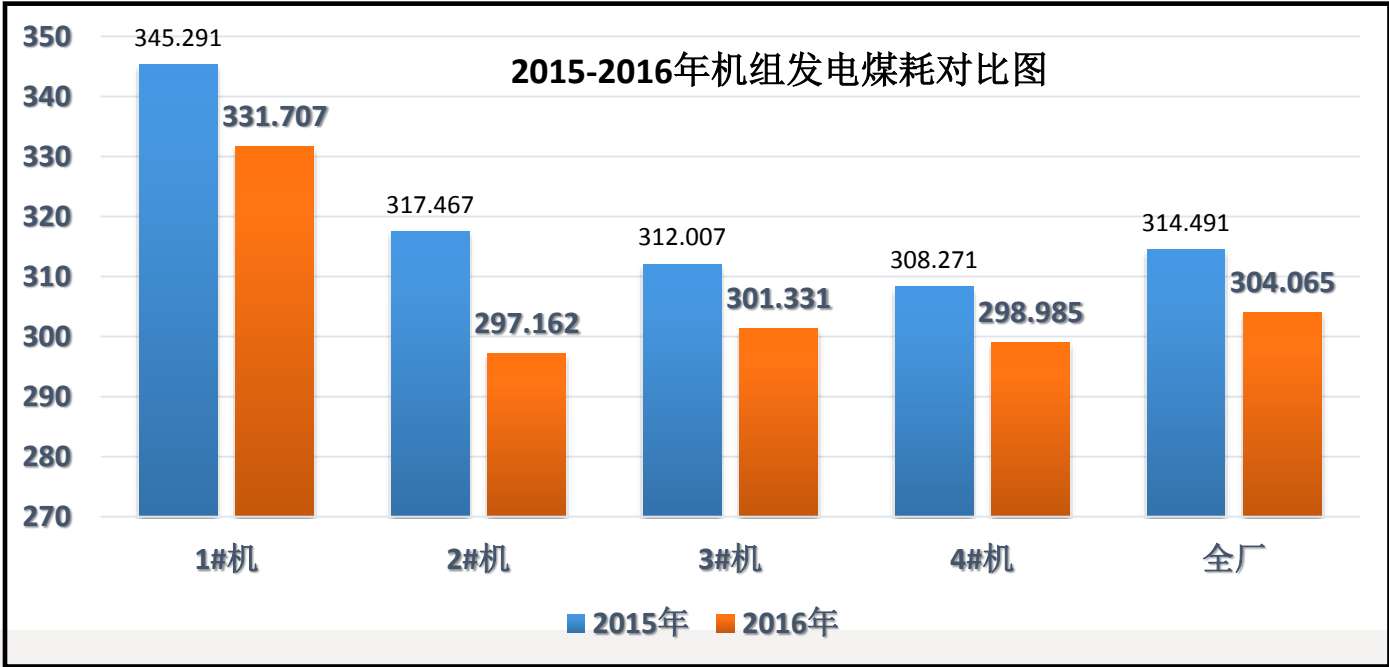
2. 11-12月太古供热线投运，1#机抽汽供热；

2#机54KPa高背压供热；

3#机35KPa供热，抽汽供热；

4号机15KPa供热，抽汽供热。

时 间	发电量	发电煤耗（g/kWh）				
		1#机	2#机	3#机	4#机	全厂
2015年	650904	345.291	317.467	312.007	308.271	314.491
2016年	717204	331.707	297.162	301.331	298.985	304.065
差值	66300	-13.584	-20.305	-10.676	-9.286	-10.425

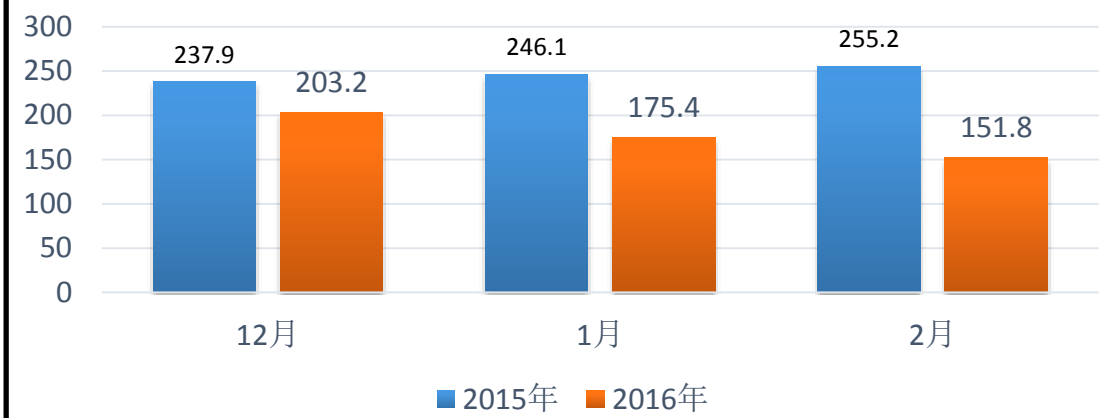


4.7 供热实际效果

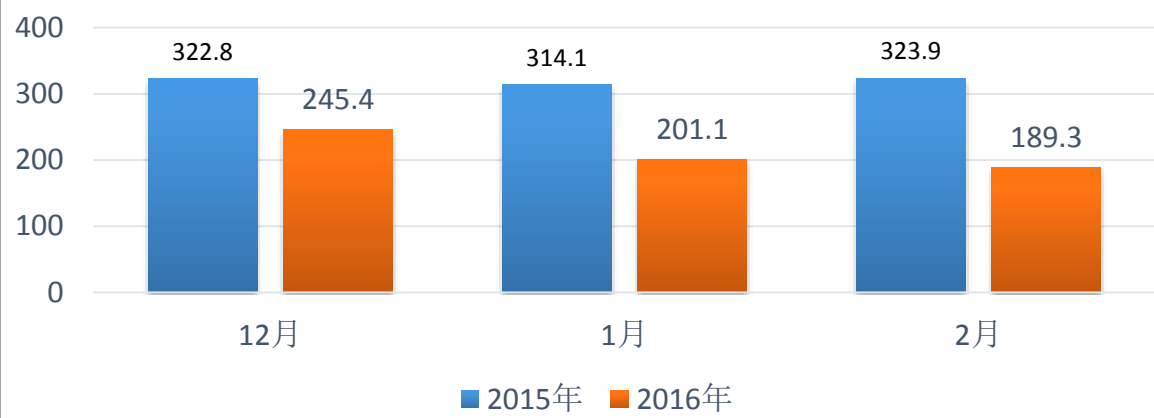
#2 机组(2016.12-2017.2)							
	发电量（万度）	乏汽供热量（吉焦）	抽汽供热量（吉焦）	总供热量（吉焦）	发电煤耗（克/千瓦时 (2016.12-2017.2)	发电煤耗（克/千瓦时） (2015.12-2016.2)	发电煤耗同期差值 (克/千瓦时)
12月	16723.1	805455.1	0.0	805455.1	203.2	237.9	-34.7
01月	16703.6	888168.0	0.0	888168.0	175.4	246.1	-70.7
02月	15058.6	924809.6	0.0	924809.6	151.8	255.2	-103.4
#3 机组(2016.12-2017.2)							
	发电量（万度）	乏汽供热量（吉焦）	抽汽供热量（吉焦）	总供热量（吉焦）	发电煤耗（克/千瓦时 (2016.12-2017.2)	发电煤耗（克/千瓦时） (2015.12-2016.2)	
12月	32554.8	861390.0	123472.5	984862.5	245.4	322.8	-77.4
01月	32403.1	1175083.0	297853.0	1472936.8	201.1	314.1	-113
02月	29660.2	1141191.3	301384.7	1442576.1	189.3	323.9	-134.6
#4 机组(2016.12-2017.2)							
	发电量（万度）	乏汽供热量（吉焦）	抽汽供热量（吉焦）	总供热量（吉焦）	发电煤耗（克/千瓦时 (2016.12-2017.2)	发电煤耗（克/千瓦时） (2015.12-2016.2)	
12月	35840.2	335078.0	198146.0	533224.8	267.4		
01月	35641.1	289398.0	297145.0	586543.1	264.9		
02月	8279.7	30419.1	70230.3	100649.4	279.8		

4.7 供热实际效果

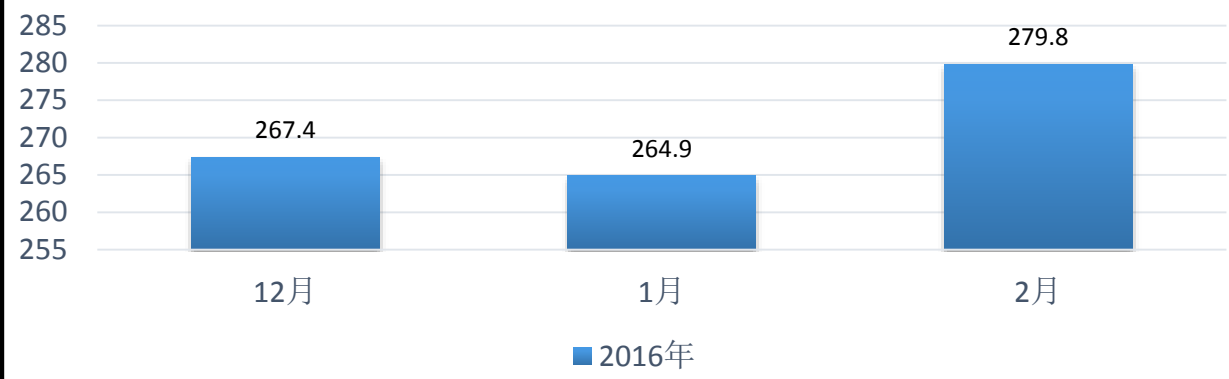
2015-2016年2号机组发电煤耗对比图



2015-2016年3号机组发电煤耗对比图



2016年4号机组发电煤耗图



五、总结及体会

1) 采用大温差**130/30℃**回水，电厂深度利用乏汽余热成为可能；

2) 电厂利用机组不同的排汽背压逐级提升热网循环水温度，符合“温度对口，梯级利用”的用能原则。

3) 五个独立的供热系统，每个系统都以利用乏汽余热为主。年供热量中乏汽占比达到**75%**，机组能源效率达到**85%**

4) 供热达**8600**万平方米，在全国目前是供热面积最大，供热距离最远的电厂。

5) 太古供热系统采用六级升压泵、高差**180**米，在调试和运行的以及安全运行的保障措施上都是前所未有的。

6) 升压泵级数多、高差大，在水锤的防范措施上也与众不同。

五、总结及体会

1. 通过技术创新，深度开发利用工业余热

“2014年我国北方城镇采暖面积达120亿平米，采暖用能超过1.8亿吨标煤（燃煤占90%：热电联产42%，燃煤锅炉48%。），北方地区电力、钢铁、水泥等3.0亿吨标煤低品位的余热资源没有利用”——《余热暖民工程实施方案》发改环资【2015】2491号。

- 1) 现有城镇热电联产集中供热系统中，大多数火力发电厂的余热利用低于50%，还有大量的乏汽余热、烟气余热、辅机冷却水余热没有回收。
- 2) 现有的钢铁、焦化、水泥等行业的工业余热大多数还没有深度开发利用。
- 3) 如果余热能够深度开发利用，从总量上足够城镇采暖用。

2. 通过技术创新，扩大集中供热的供热半径，充分利用各种热能

- 1) 热源和热用户输送距离这个矛盾制约着热能的有效利用，随着国家节能减排、清洁能源供热、供给侧改革各项政策的颁布执行，这个矛盾会在一定范围内环节，余热的利用会更加合理高效。

3. 新工业园区的规划尽量靠近已有大型火力发电厂

新工业园区的规划已有大型火力发电厂应积极主动游说政府规划部门将工业园区规划在电厂附近，很好地解决园区的冷、热、电及中水回用问题，互惠互利！



谢谢

中能建山西省电力勘测设计院有限公司
中能建山西意迪光华电力勘测设计院有限公司

演讲人：王远清

2017年3月30日