

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会



李永红

北京清华同衡规划设计研究院能源所高级工程师，注册设备工程师，负责供热、燃气等能源基础设施的规划、以及建筑节能、供热新技术等。作为核心人员发明的“基于吸收式换热的热电联产供热技术”和“全热回收的天然气高效清洁供热技术及应用”分别获2012年和2016年北京市科技发明一等奖。作为主要负责人承担了太原、石家庄、济南、张家口、郑州等城市以电厂余热回收、引入长距离热源，城市热网大温差输配为特点的集中供热专项规划。

《太原市清洁能源供热方案(2013年-2020年)》 解读

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

太原市清洁供热方案 (2013~2020) 解读

**北京清华同衡规划设计研究院有限公司
能源规划设计研究所
2017年3月**

概要

1

太原供热2012年情况及存在问题

2

清洁供热规划方案简要介绍

3

规划方案减排效益、经济性预测

4

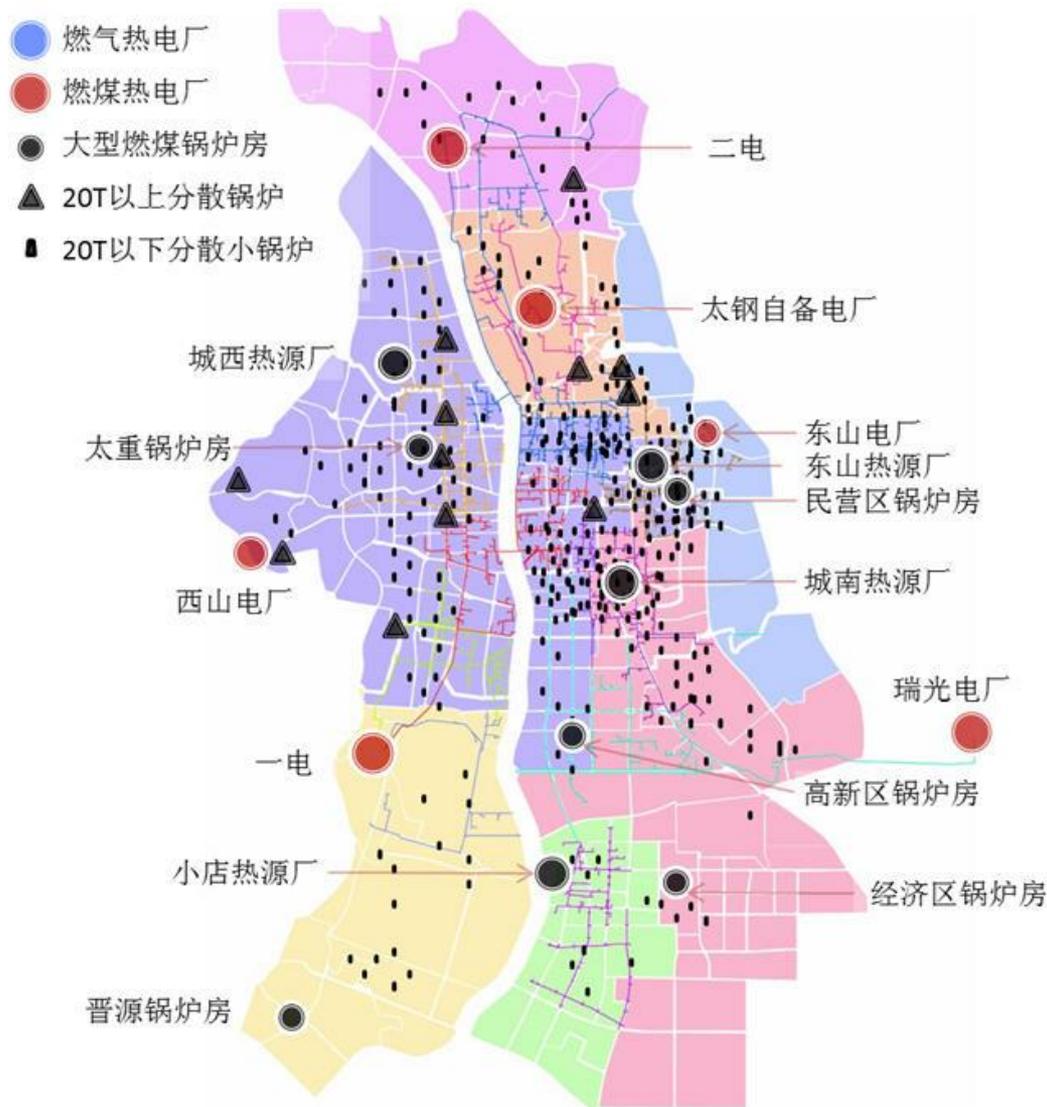
规划实施情况

5

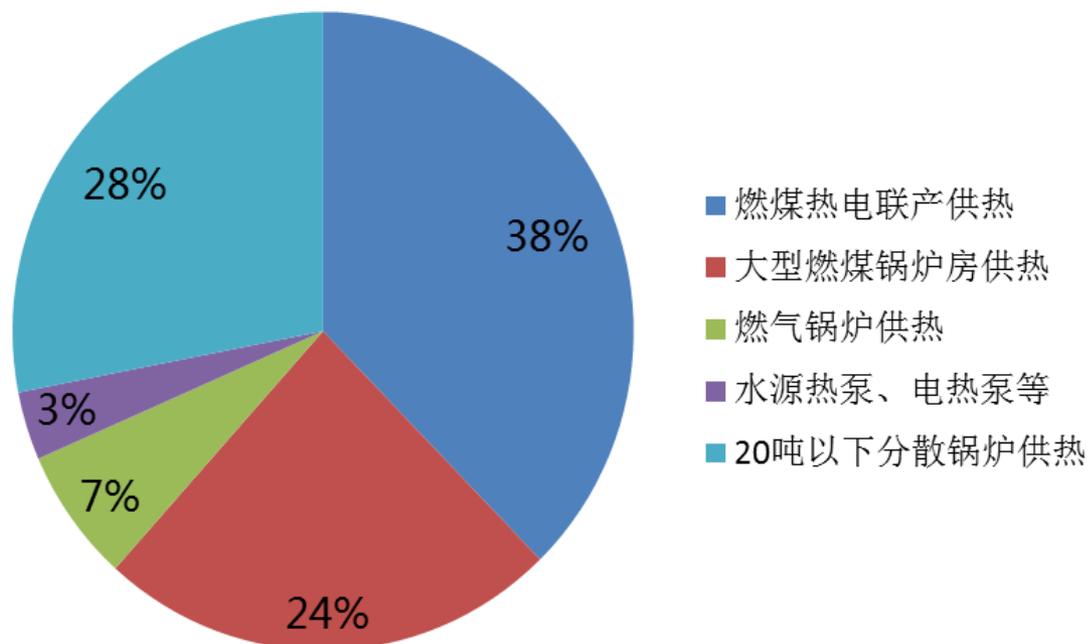
总结及建议

太原现状热源供热面积及分布

国电太一电厂	1780
大唐太二电厂	1880
太钢自备电厂	900
瑞光热电厂	530
城西热源厂	780
东山自备电厂	90
东山热源厂	404
城南热源厂	778
小店热源厂	375
西山综合利用电厂	322
高新区锅炉房	157
经济区锅炉房	106
太重动力车间	176
民营区锅炉房	72
晋源锅炉房	175
燃气分散供热	993
地源热泵等	505
20t以上分散锅炉	477
20t以下小锅炉	4100
合计（万平米）	14600



供热现状

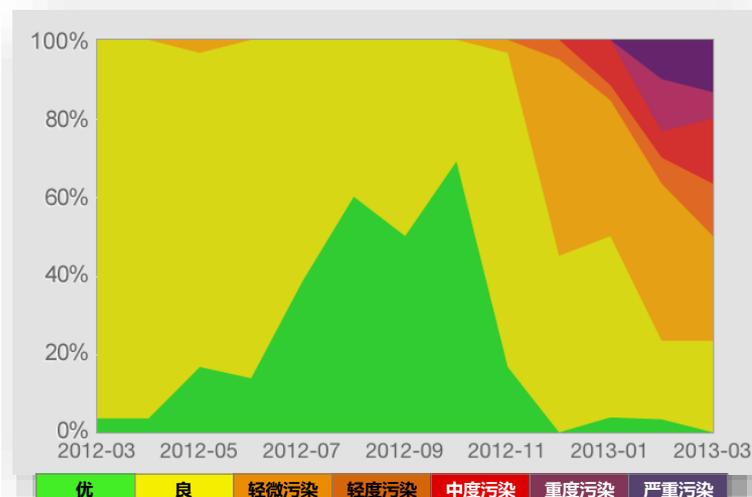


2012年太原市供热构成情况

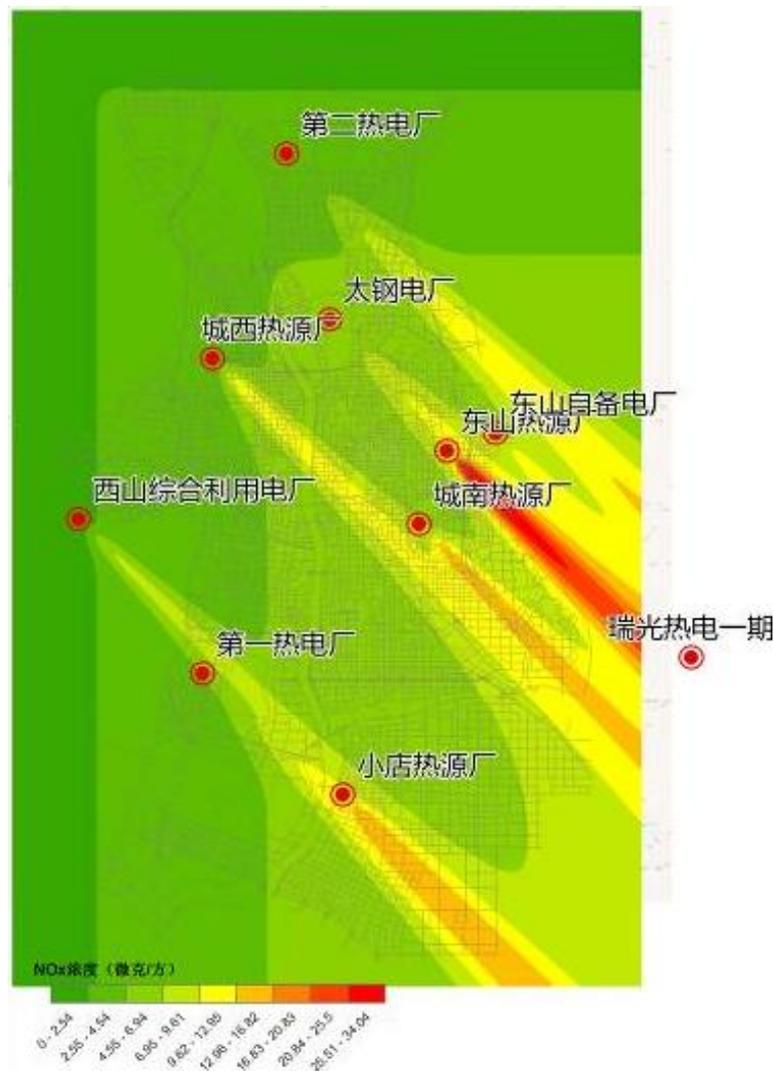
各类燃煤锅炉供热面积占总供热面积超过**50%**，燃煤锅炉仍然是太原市供热系统的主要组成部分。

存在问题

- ◆集中供热仅达标1.05亿m²
- ◆大型热源供热能力不足0.7亿m²
- ◆大型热源多位于城市上风向；
- ◆分散采暖燃煤量估算150万吨，占冬季燃煤总量的18%左右，分散燃煤锅炉分布于人口密集区；



太原市逐月污染等级分布



太原市NOx排放浓度分布
(现状模拟)

概要

1

太原供热2012年情况及存在问题

2

清洁供热规划方案简要介绍

3

规划方案减排效益、经济性预测

4

规划实施情况与反思

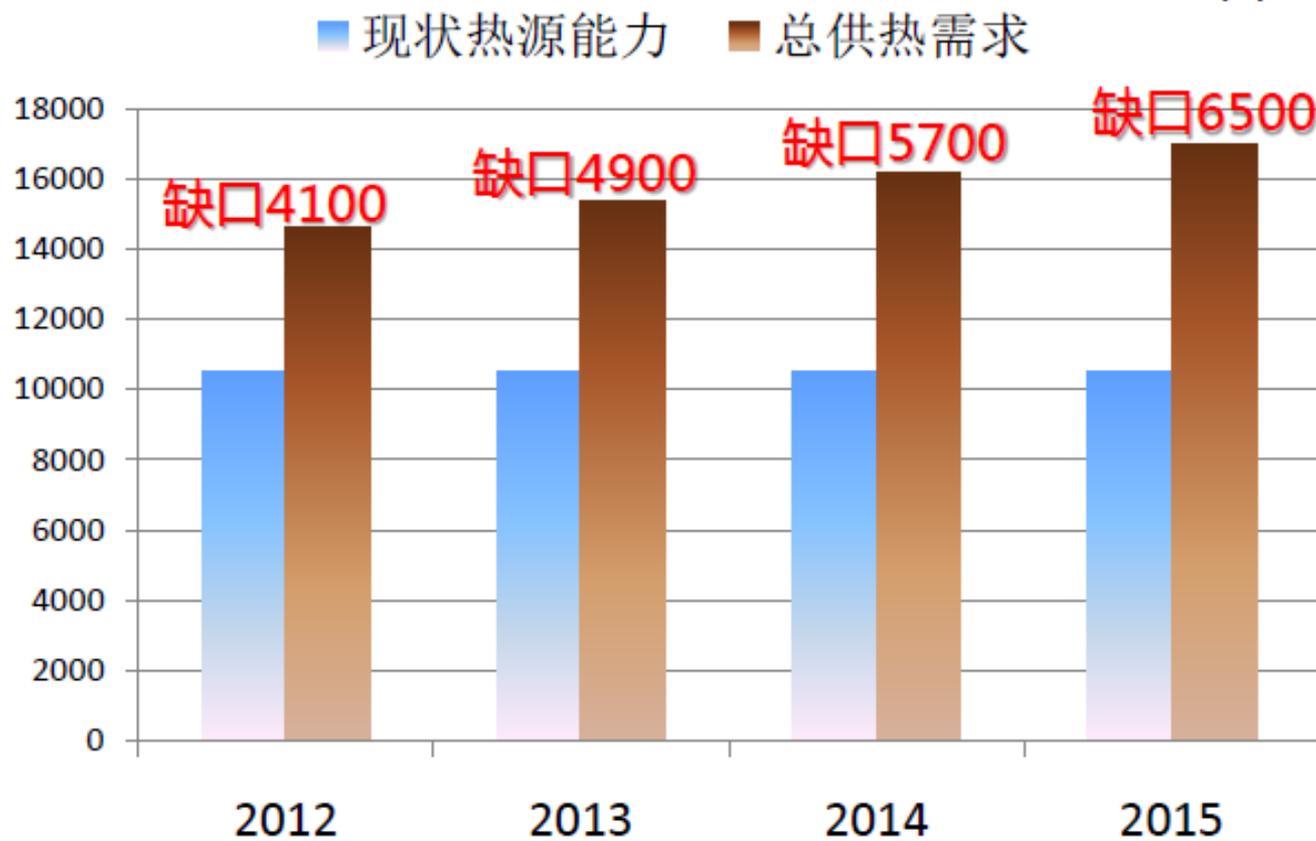
5

总结及建议

供热总体目标

- ◆ 2013采暖季达标扩网**2500**万m²；
- ◆ 2015采暖季供热面积**17000**万m²，**实现集中供热全覆盖**
- ◆ 2020采暖季供热面积**21000**万m²

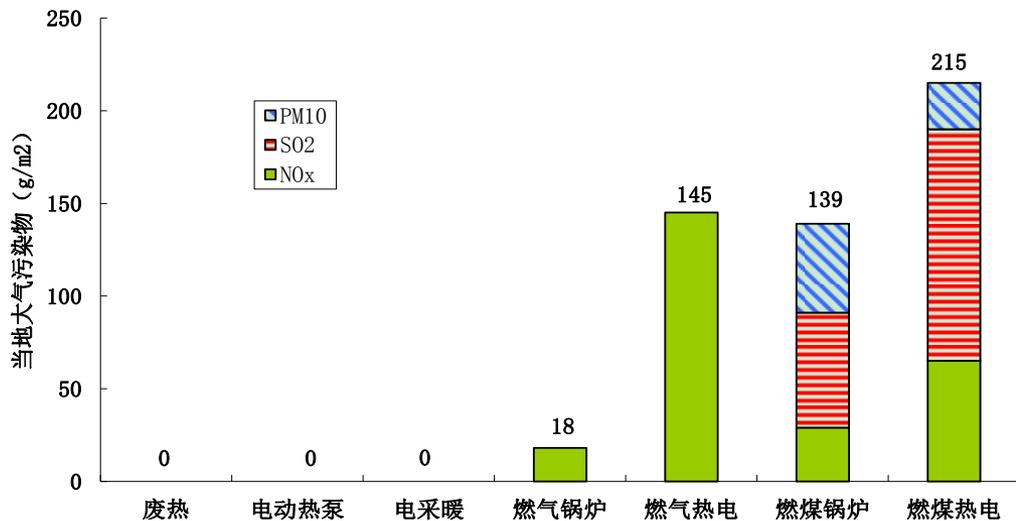
单位：万m²



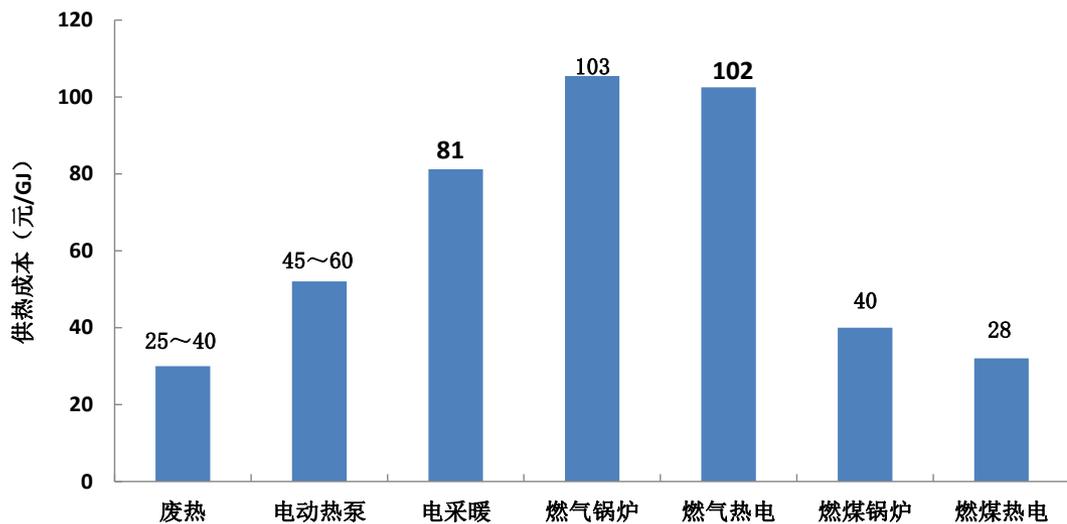
近期（2013年-2015年）清洁热源能力缺口

采暖供热方式的比较

◆ 全年当地大气污染物排放量



◆ 供热成本（系统总初投资折算+运行费用）



注：天然气采暖3.15元/Nm³，标煤600元/tce，燃气热电厂天然气价2.3元/Nm³，供热成本为扣除发电收益后的折算（由于燃气热电厂投建的主要目的为供热，上网发电价格参照燃煤发电上网价格0.4元/kWh计算）。电采暖谷电价格0.292元/kWh，电热泵电价，居民电价0.467元/kWh，一般工商业电价0.676元/kWh

供热方式分析小结

- ◆ 全面取代主城区内各种分散小锅炉；
- ◆ 燃煤热电联产和大型锅炉房应避免设在主城区，特别是上风向，尽可能选择在城市远郊发展；
- ◆ 燃气热电联产全年NO_x排放量大，加之冬季气源保障和价格因素，在城市周边发展从环境影响、安全保障和经济性上并无优势；
- ◆ 天然气锅炉成本过高，且冬季保障难度大，现阶段不宜大规模使用，适宜作为调峰热源。
- ◆ 工业余热可实现无污染供热，具备规模后经济性尚好，应优先考虑。

供热规划方案总体思路

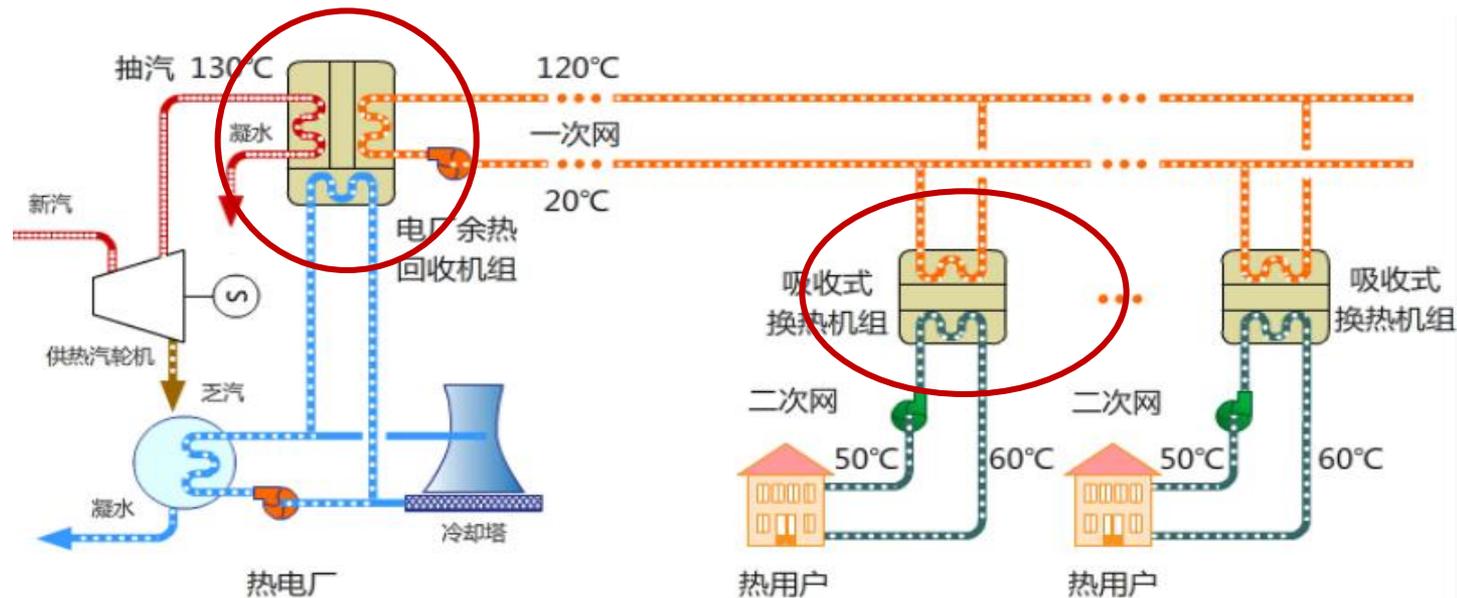
- 远郊常规热电联产 + 工业余热为主，其他清洁能源为补充，建立清洁、安全、稳定的供热系统
 - 由远郊常规热电联产及工业余热承担基础负荷，通过大温差运行的长输管线向主城区大热网输配，利用燃气承担尖峰负荷，大型热源厂作为备用安全保障

余热、废热利用集中供热存在的主要问题

- 废热回收难，温度20-40 °C，品位低，导致电厂及工业企业尚有大量废热未被利用
- 集中热网回水温度高(60度)，常规热网供回水温差小，输送能力低



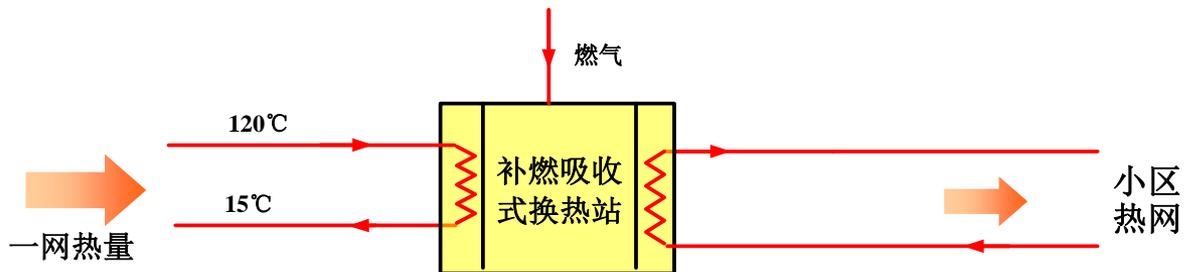
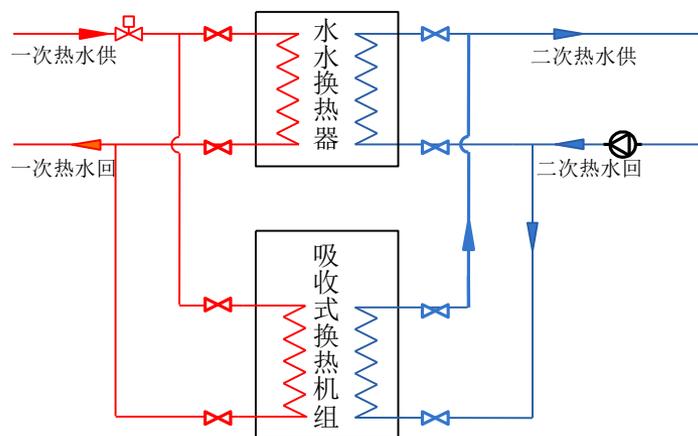
基于吸收式换热的热电联产集中供热新技术



1. 可高效回收汽轮机乏汽余热，热电联产集中供热系统能耗降低 **40%~50%**，一次水回水温度降低到**20°C**甚至更低，也为高效回收工业余热创造条件。
2. 供热系统供热能力提高 **30%~50%**
3. 热网输送能力提高 **60%~80%**，可实现远距离供热，对于新建大型热网可降低管网建设投资。

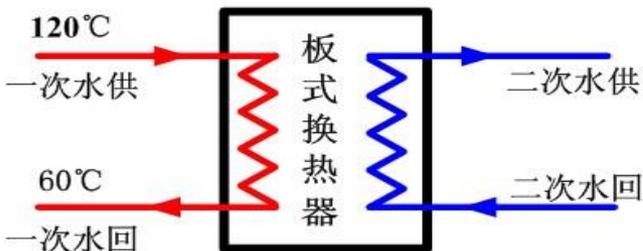
热力站改造

■ **大温差热力站：** 具备改造条件热力站及新建热力站、燃气锅炉房均可改为大温差热力站，提升一次热网输送能力，满足新增负荷需求

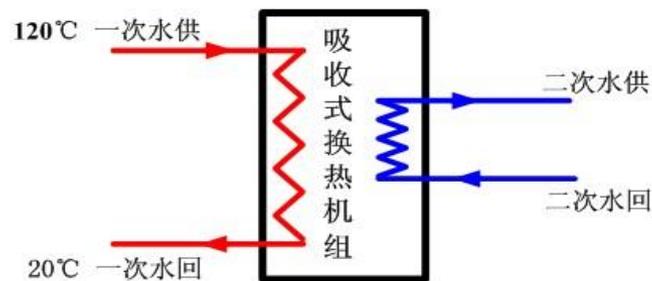


热水型和补燃型吸收式换热机组

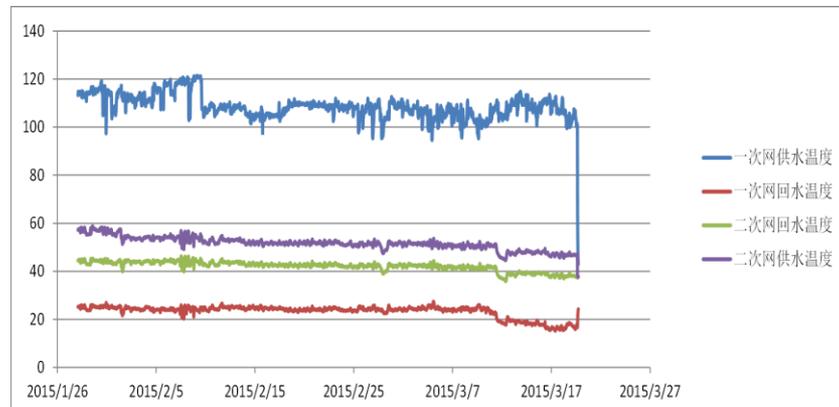
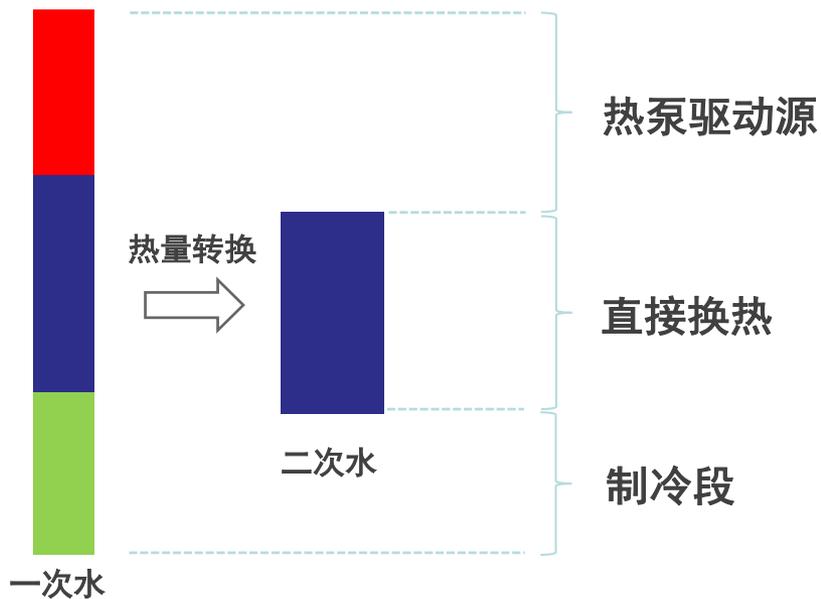
■ 吸收式换热机组专利流程



常规的换热器

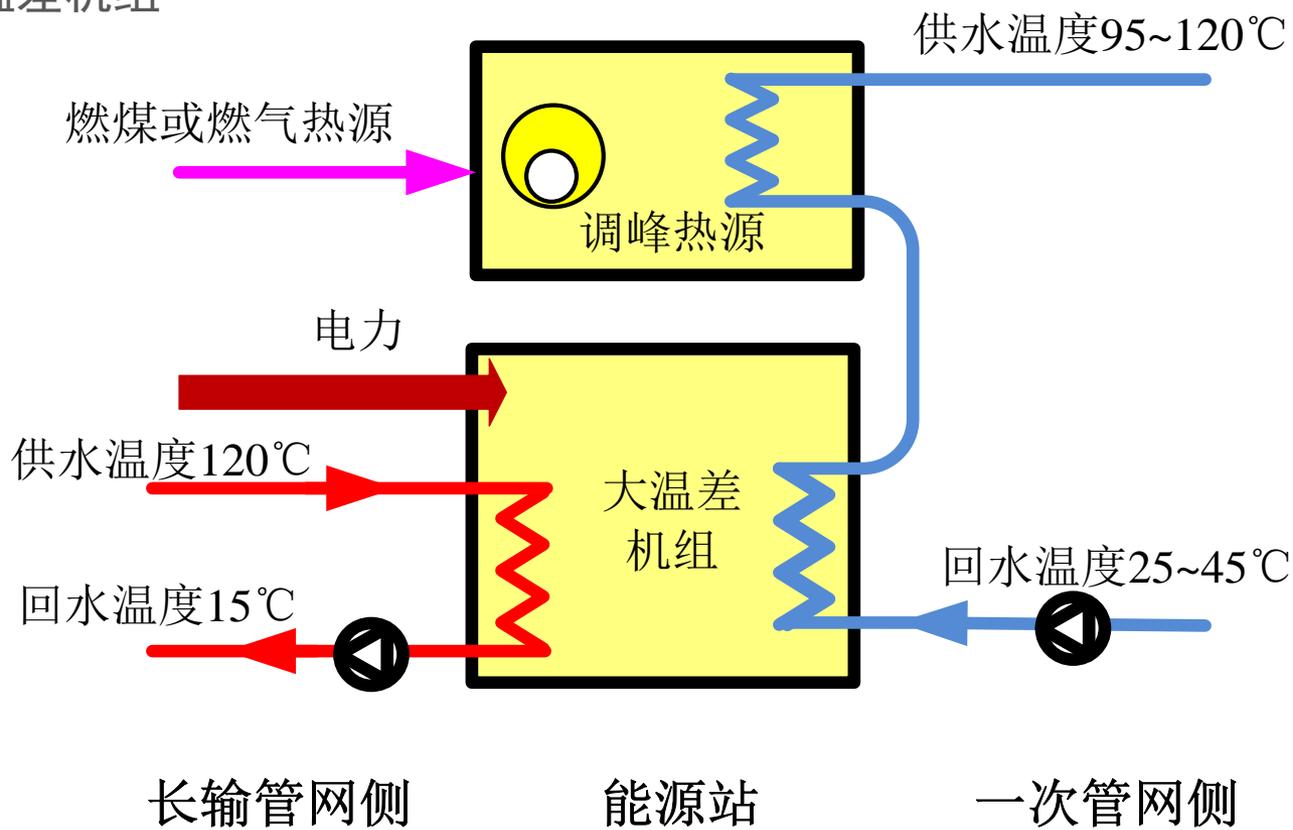


吸收式换热机组



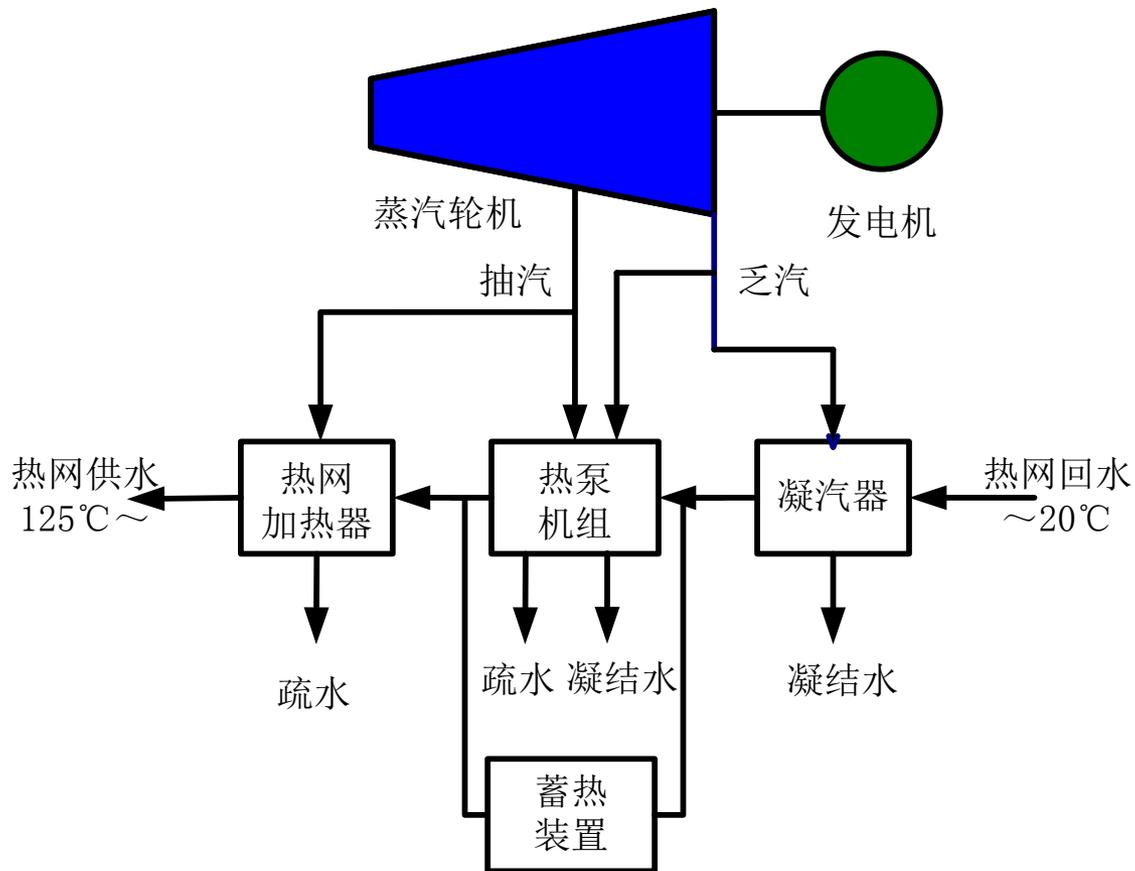
中继能源站建设

■ **中继能源站：**充分利用现状供热区域热水管网，由于承压耐温限制，利用原有小型热电厂用地、燃煤锅炉房、大型换热站用地改造为能源站，进一步降低回水温度至 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，燃气调峰或用现状燃煤锅炉调峰，能源站内设大温差机组



能源首站

■能源首站：余热供热系统回收机组乏汽余热，并利用蓄能系统增加电厂供热期发电上网负荷调节能力。



长距离供热系统的技术思路

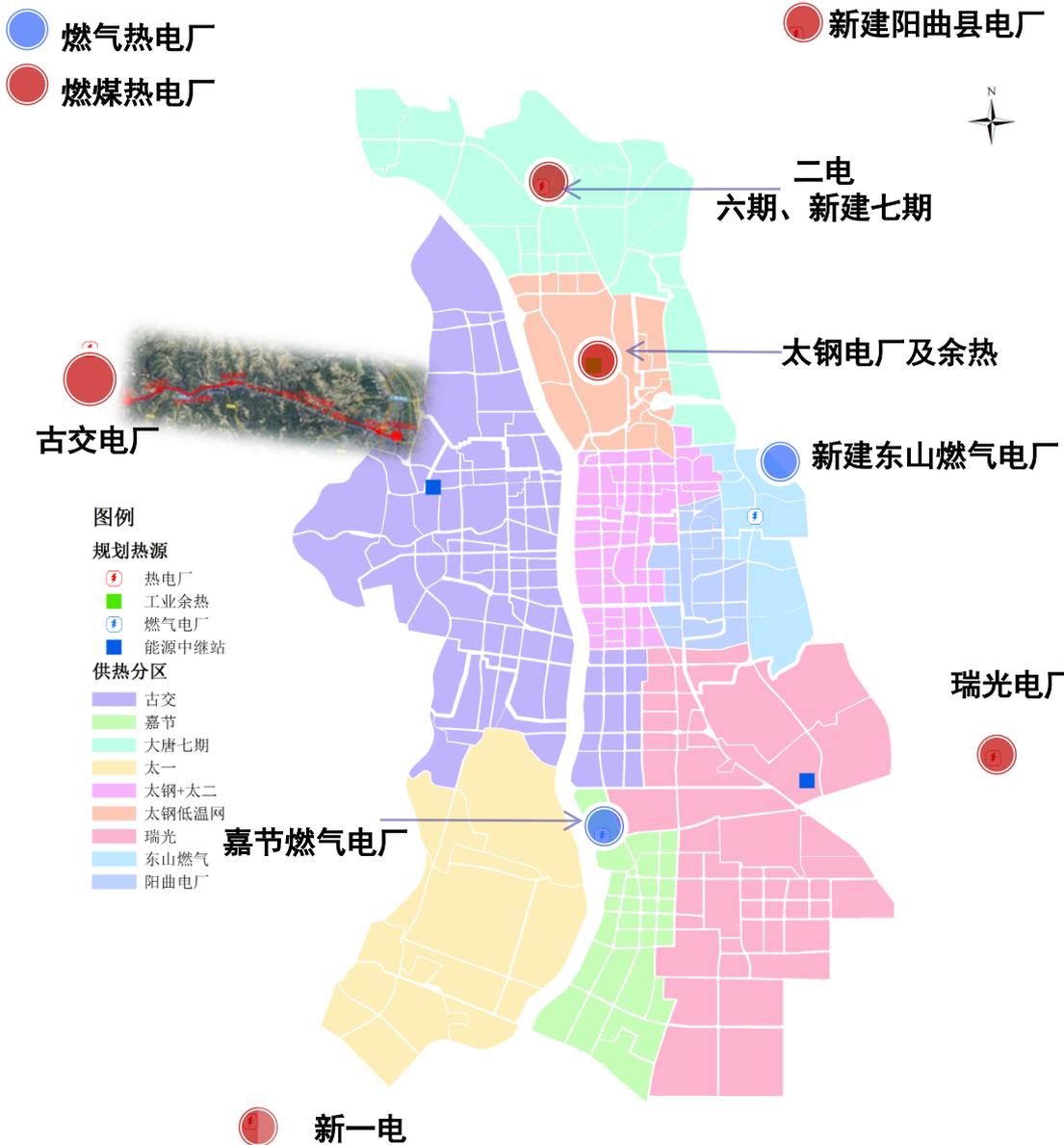
- ◆ 通过降低热网回水温度，使电厂可以大幅度地利用乏汽余热，使余热占整个电厂输出热量的55%以上，从而显著降低了近一半的电厂供热成本；
- ◆ 通过增大热网供回水温差，即热网供回水温度由传统的130/70℃变为130/～20℃，提高长距离供热管线的输送能力70%以上，使得长途管线能输送更多的热量，从而降低单位热量的投资折旧成本；
- ◆ 通过采取调峰措施，使长途输送管网在整个供热期承担基本供热负荷，提高了该长输管网的利用率，进一步降低了长途管网的供热输送成本。

热源布局(2020年)

清洁供热全覆盖**2.1亿**平方米

为保障2020年目标，提出对八个重点热源改造方案：

- 1) 古交发电厂
- 2) 太原钢铁集团有限公司
- 3) 嘉节燃气热电厂
- 4) 瑞光热电厂
- 5) 大唐太原第二热电厂
- 6) 国电太原第一热电厂
- 7) 东山燃气热电厂
- 8) 阳曲热电厂



规划2020年形成八源一网的供热格局

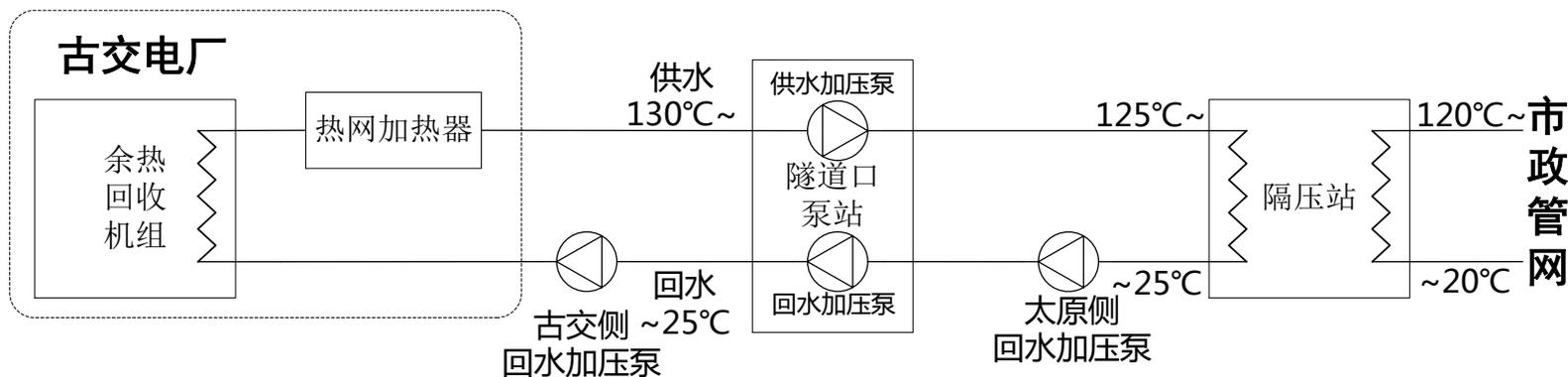
1. 往南的两组DN1400管线中一组沿西中环敷设，另一组沿西外环高速敷设。用于往南输送古交热源热量；
2. 沿北中环敷设DN1200管线用于往东、往南输送古交热源热量及太原二热、太钢；
3. 沿东中环敷设DN1200管线东中环地势标高较高，远期作为东山片区低区供热干管使用
4. 沿南中环敷设DN1200管线用于往东输送古交热量及往西输送瑞光热量



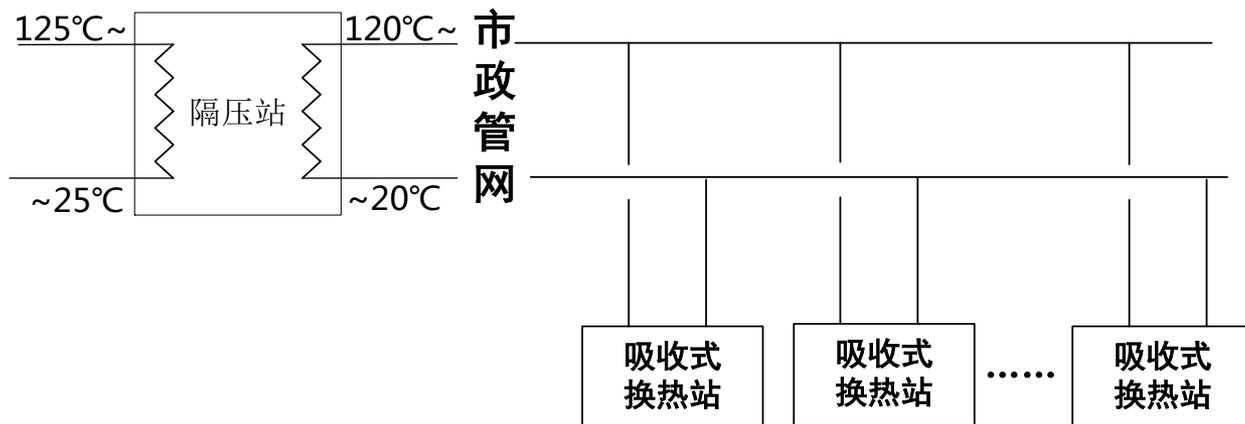
太钢低温供热，主要供太钢周围地区

重点建设、改造项目之一：古交电厂供热项目

古交电厂长距离供热系统总供热能力4028MW（包括燃气调峰，去除热损失后数值），可承担集中供热面积7600万平米



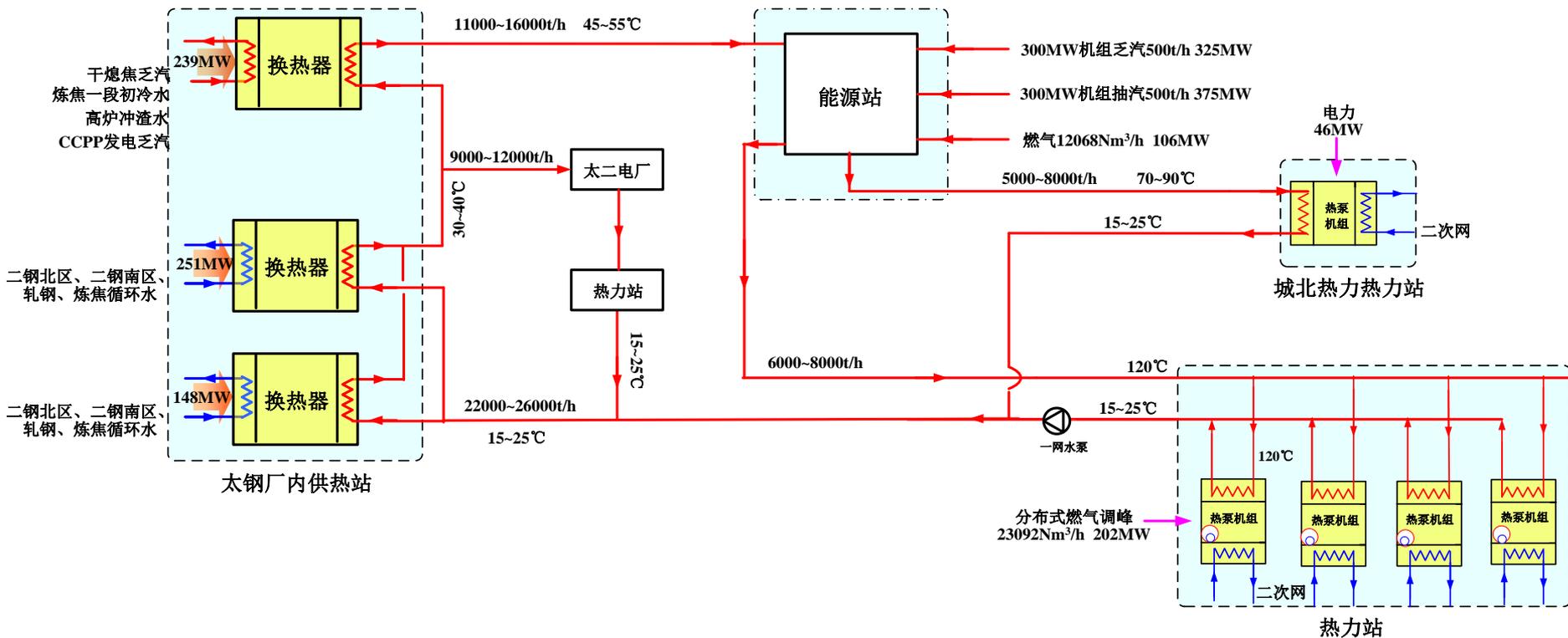
a) 古交电厂至隔压站供热管网系统流程



b) 隔压站至热力站供热管网系统流程

重点改造项目之二：太钢余热回收项目

供热量：1693MW
 回收余热量：964MW
 燃气热量：308MW
 电力：46MW



太钢余热回收流程示意图

太钢余热资源

工段	介质	流量	回水温度	供水温度	热量
		t/h	℃	℃	MW
焦化	一段初冷水	1500	58	45	22.5
	二段初冷水	3750	43	35	28.5
	净环水	1500	45	35	12
高炉4350（2座）	冲渣水	2448	70	50	93
高炉1800	冲渣水	1430	70	50	
二钢北区	软水	1330	40	33	10.8
	软水	1330	39	33	9.3
	软水	465	31.5	28	1.9
	净环水	1000	39	31	9.3
	软水	1800	37.6	30	15.9
	净环水	2400	32	30	5.6
	净环水	960	32	30	2.2
	软水	1182	41	30	15.1
	浊环水	1500	45	33	20.9
		1490	40	30	17.3
	浊环水	1000	36	30	7
1000		43	30	15.1	
二钢南区	浊环水	760	40	32	7.1
	浊环水	1000	40	32	9.3
	浊环水	750	42.1	30	10.5
	浊环水	600	32	30	1.4
轧钢	浊环水	16000	35	30	92.9
	净环水	5500	35	30	31.9
	浊环水	11000	35	30	63.9
	净环水	4200	35	30	24.4
ccpp等发电机	循环水	16000	27	19	91
干熄焦	乏汽	70	63		45.5
2*300MW机组	乏汽	500	50		325
				合计	989

低温循环水余热462MW
市区高温网回水和城北热力
低温网回水为20℃

太钢设计方案

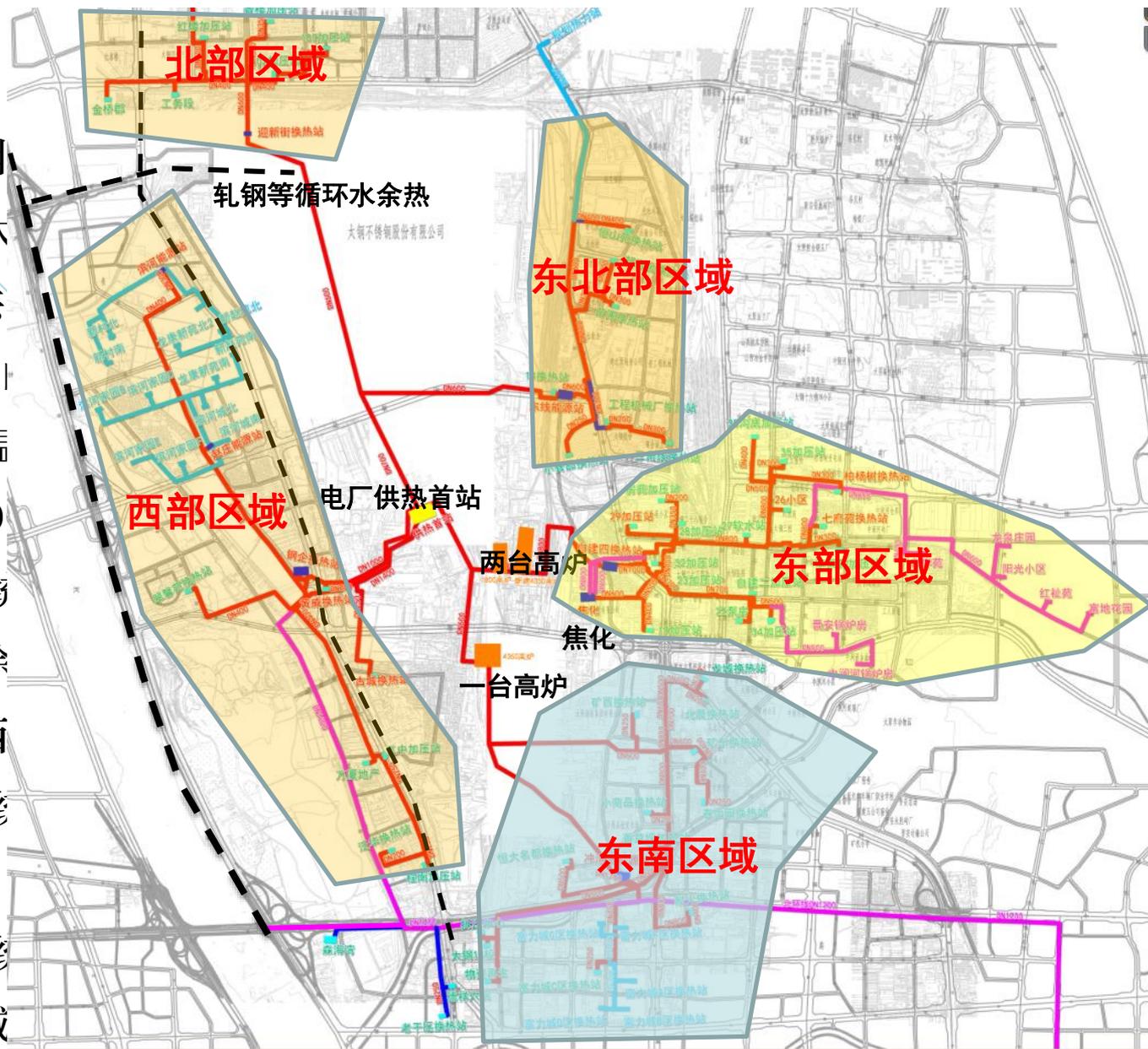
◆ 太钢方案

◆ 本方案计划将城北余热为主，置换出大温网以电厂抽汽供130/70℃设计管网，温网以回收太钢低温供热区域，供热130

◆ 太钢供热系统发电机组乏汽余力公司北部、西

◆ 太钢供热系统独立供热循环，

◆ 太钢供热系统主要的供热区域



太钢方案经济性

◆ 太钢方案经济性

- ◆ 按从太钢购热回水温度45℃以上加热热量20元/GJ，回水温度45℃以下加热热量5元/GJ计算，太钢每年余热收益1.1亿元。
- ◆ 经营期内市热力公司高温网供热成本约为20元/GJ。
- ◆ 城北热力公司考虑设备投资折旧、运行成本及各种财务费用后，低温网供热成本约为37.7元/GJ，接近于古交发电厂至太原市区供热综合成本（38.6元/GJ），略低于大型燃煤锅炉集中供热综合成本（45.8元/GJ），远低于蓄热式电锅炉供热能源成本（约84.0元/GJ，全部按谷电价格核算）和天然气供热能源成本（约113.6元/GJ）。

重点改造项目之三、四、五、六、七、八：

——嘉节、瑞光、太二、太一电厂、阳曲、东山燃气电厂余热回收改造

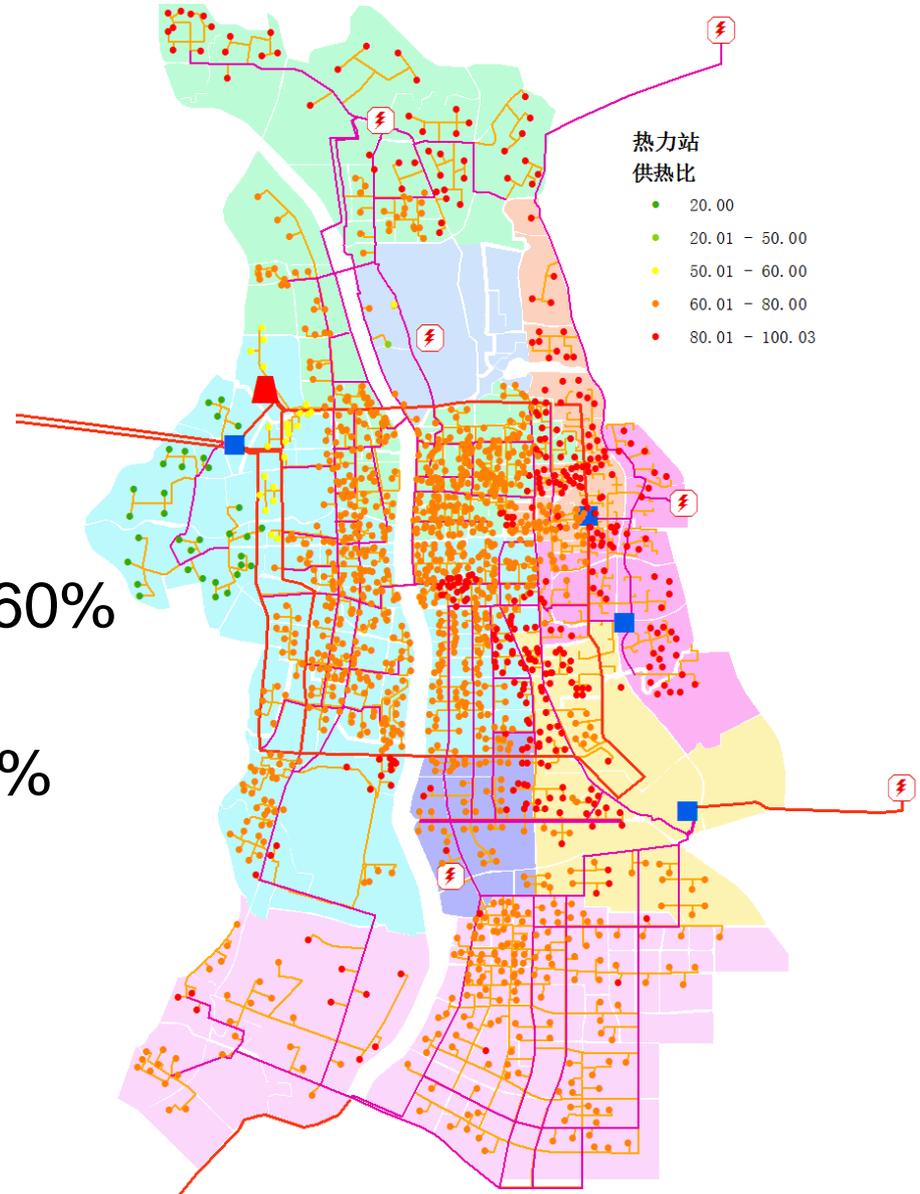
- ◆ **嘉节电厂**：采用大温差技术回收空冷岛乏汽余热以及烟气余热，将排烟温度降至30度以下，使得电厂供热能力提高50%以上，总计承担市区供热面积1400万平米。
- ◆ **瑞光电厂**：位于晋中市榆次区，对一期装机2×300MW机组进行大温差余热回收改造，70%为太原地区供热。可承担南部地区供热面积1200万平米。
- ◆ **太二电厂六期及七期**：太二保留六期2×300MW供热机组；新建七期供热机组后拆除现有四、五期机组。进行余热回收改造后，可承担供热面积2700万平米。
- ◆ **太一电厂**：太一现有机组拆迁后新建厂在南部姚村重新选址。规划建设4×350MW供热机组，采用余热回收改造后，承担供热面积3000万平米。
- ◆ **阳曲电厂回收乏汽热量总供热1500万平米，东山燃气电厂回收烟气余热总供热1000万平米**

主力热源供热面积表

热源	含调峰供热面积 (万m ²)	热负荷(MW)	备注
新太一电厂 (4×350MW)	3000	1590	旧址拆除, 异地重建
太二电厂 (4×300MW)	2700	1696	拆除四五期, 新建七期, 七期兼顾工业用汽
古交电厂 (2×300MW+4×600MW)	7600	4028	新建三期2×600MW, 新建 向市区供热长输管线
太钢	3000	1590	含自备电厂及工艺余热
嘉节燃气电厂 (2×9F)	1000	530	现状
瑞光电厂 (2×300MW)	1200	636	现状, 向榆次供热30%, 向太原供热70%
阳曲热电厂 (2×350MW)	1500	795	新建
东山燃气电厂 (2×9F)	1000	530	新建
合计	21000	11130	

古交供热管道事故工况

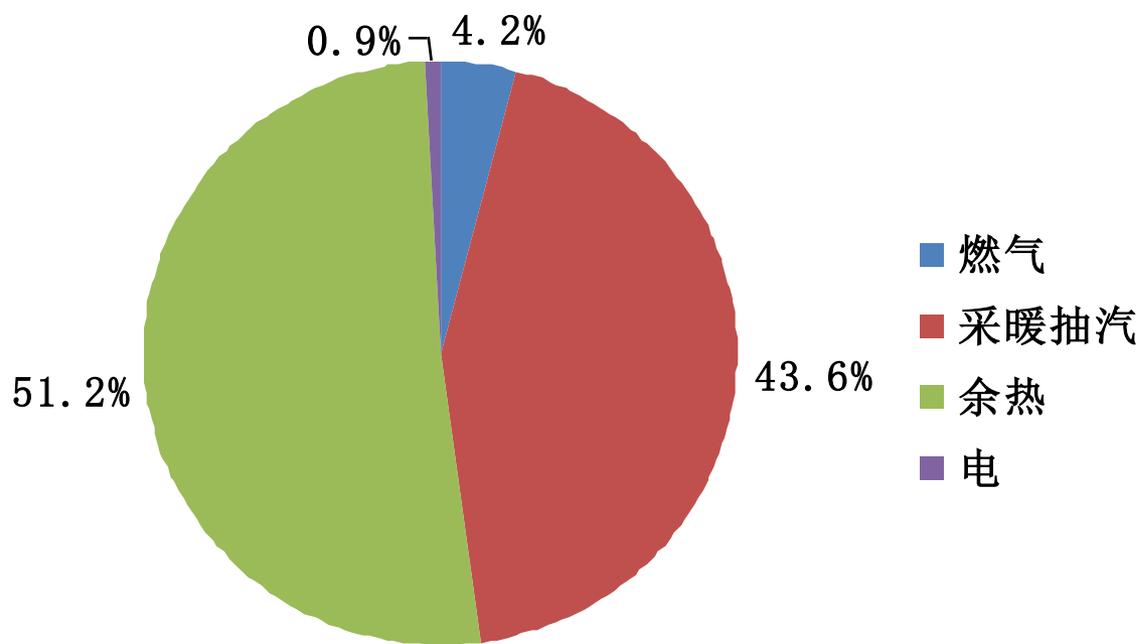
- 古交热源/长输管道事故
- 影响面积：7600万m²
- 其他热源通过环网支援
- 绝大部分区域供热比大于60%
- 大部分区域供热比大于80%



主方案的配套措施

- 主方案的配套措施
 - 天然气调峰
 - 天然气调峰 20%，年耗气量12000万立方米
 - 储气调峰容量4000~5000万立方米
 - 电力驱动
 - 太钢低温负荷区需要约46MW的电力驱动负荷

2020年太原市集中供热系统供热能源结构



概要

1

太原供热2012年情况及存在问题

2

清洁供热规划方案简要介绍

3

规划方案减排效益、经济性预测

4

规划实施情况

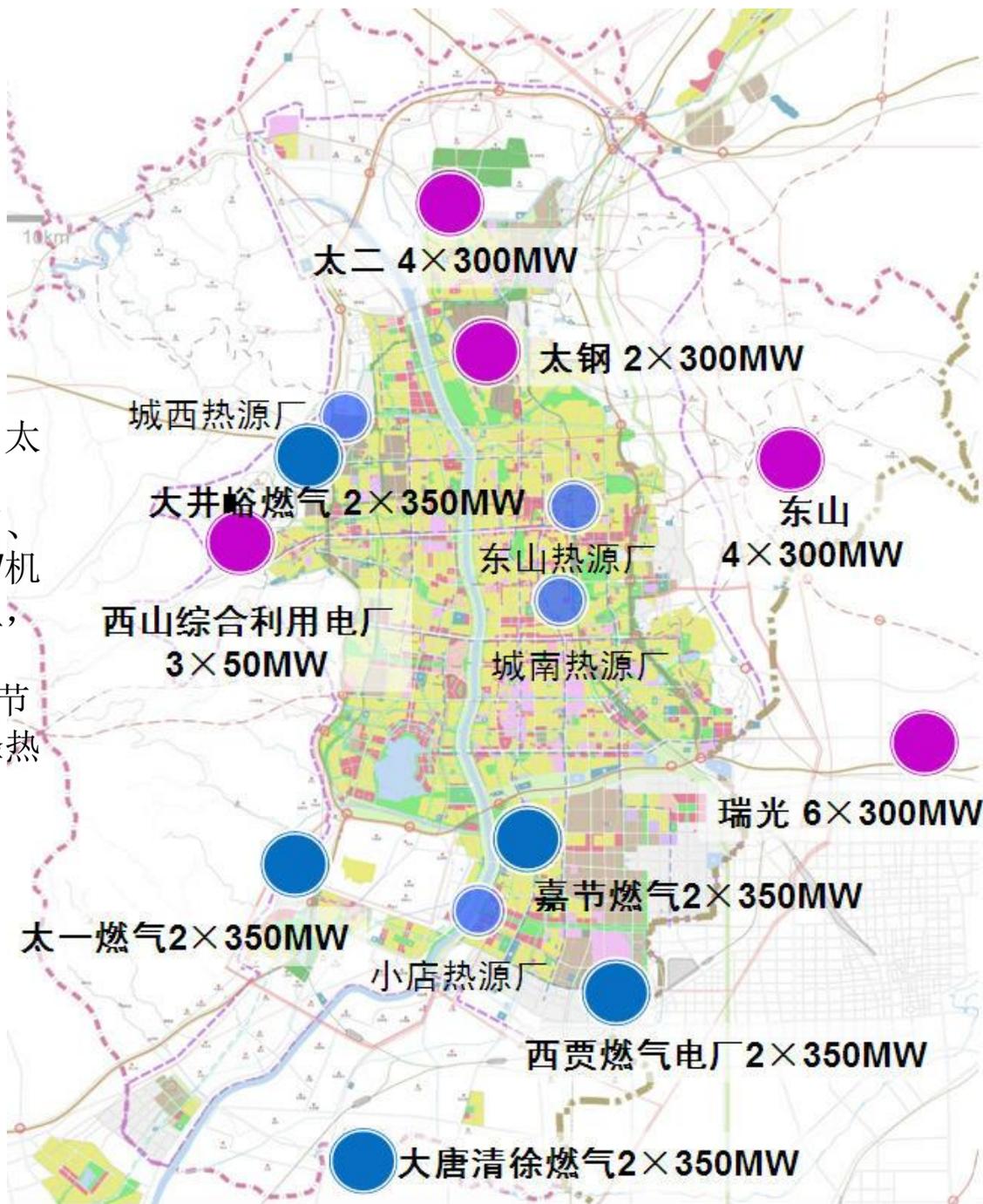
5

总结及建议

参考方案

供热热源布局

保留现有大型热源厂、西山综合电厂、太钢自备热电厂、太原第二热电厂六期，拆除太原第一热电厂和太原第二电厂四、五期，新建太原二电厂七期 $2 \times 300\text{MW}$ 机组，新建瑞光热电二期 $4 \times 300\text{MW}$ 机组，东山燃煤电厂 $4 \times 300\text{MW}$ 机组，5套 $2 \times 9\text{F}$ 燃气蒸汽联合循环电厂（包括嘉节电厂），大型热源厂和燃气锅炉作调峰热源。



对比方案 热源列表

序号	热源项目	装机容量	设计供热面积 (万m ²)
1	二电六期、七期	4×300MW	2000
2	瑞光热电二期	4×300MW	1400
3	瑞光热电一期	2×300MW	700
4	西山综合电厂	3×50MW	350
5	太钢电厂	2×300MW	710
6	东山热源厂	3×64MW	300
7	城南热源厂	7×64MW	700
8	城西热源厂	4×116MW	700
9	小店热源厂	2×14MW+1×29MW +2×70MW	280
10	嘉节电厂	2*350	1000
11	东山燃煤电厂	4*300	2000
12	4个燃气电厂	8*350MW	4000
13	燃气调峰供热	3636MW	6860

备注：标记红色为新建热源，其中二电关停四五期，新建七期；其余热源保持现状

污染物当地减排量分析（太原市主城区）

对比方案	燃料消耗	PM10 (t)	SO ₂ (t)	NO _x (t)
二电六、七期	209.8万tce	908	4273	2370
西山综合电厂	36.7万tce	159	748	415
东山燃煤电厂	209.8万tce	908	4273	2370
太钢燃煤自备热电厂	104.9万tce	454	2136	1185
大型燃煤热源厂	3.2万tce	72	131	36
嘉节燃气电厂	8.95亿m ³	0	0	1530
燃气锅炉	3.35亿m ³	0	0	503
4个新建燃气电厂	35.8亿m ³	0	0	6120
对比方案合计	-	2501	11561	14529

规划方案	燃料消耗	PM10 (t)	SO ₂ (t)	NO _x (t)
太原第二热电厂	209.8万tce	908	4273	2370
太钢燃煤自备热电厂	104.9万tce	454	2136	1185
太钢燃气调峰	0.16亿m ³	0	0	25
嘉节燃气电厂	8.95亿m ³	0	0	1530
东山燃气电厂	8.95亿m ³	0	0	1530
分布式燃气调峰	1.06亿m ³	0	0	159

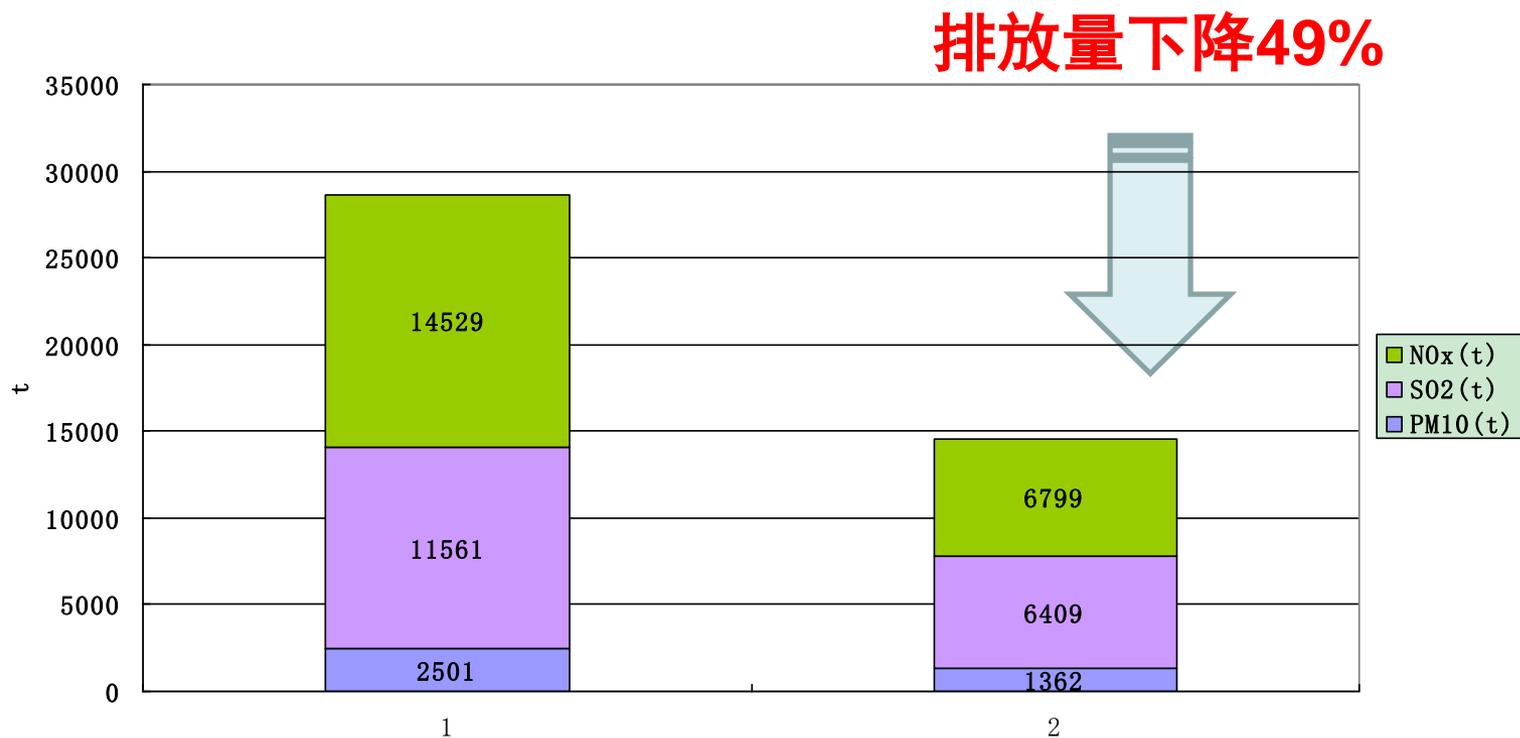
说明：

- 对比方案热源供热能力与规划方案相当；
- 规划方案合计、阳曲、新太一远距离输热不对太原主城区产生当地污染物排放；

1362 6409 6799

污染物当地减排量分析（太原市主城区）

单位：吨

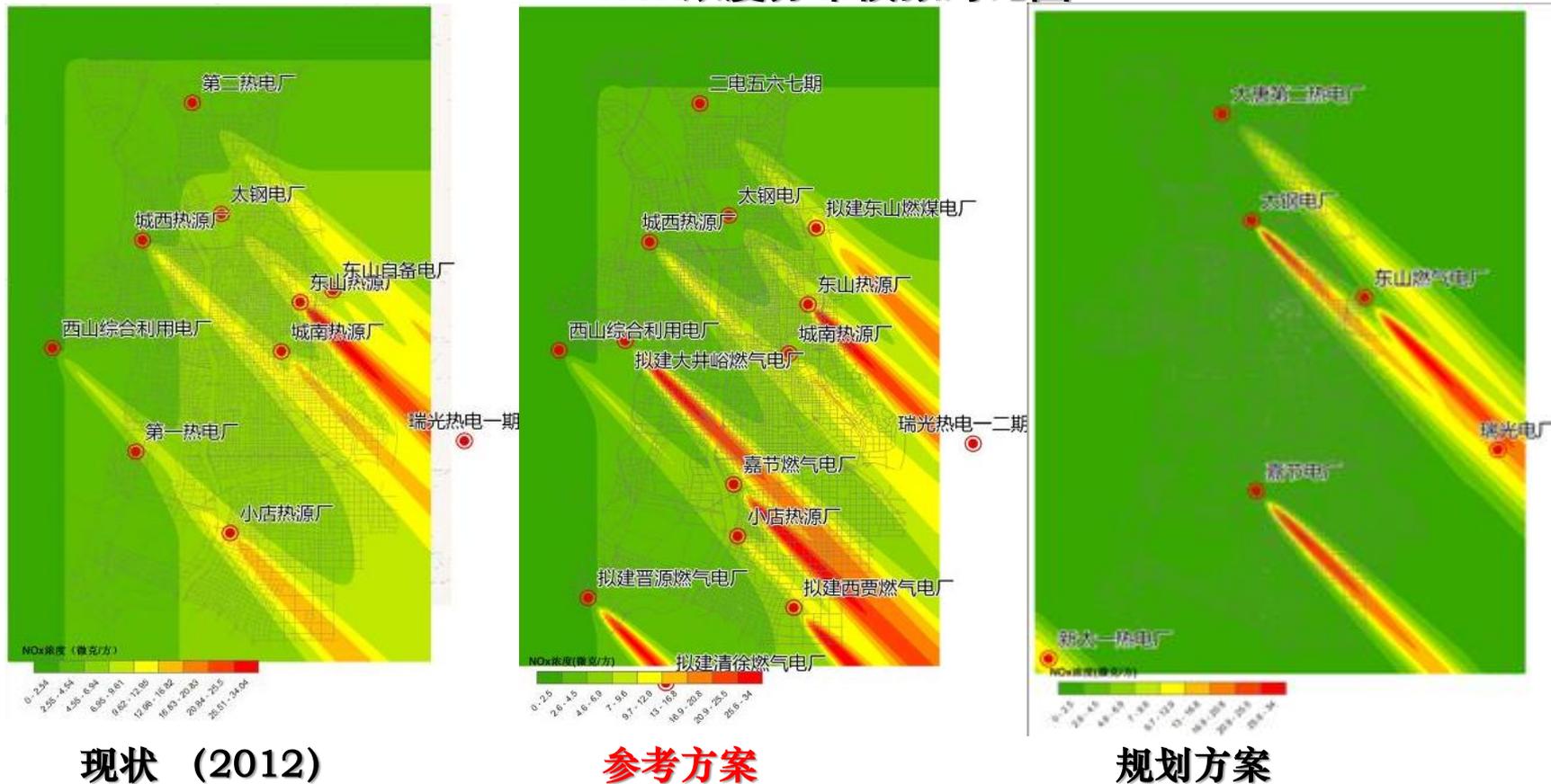


污染物当地减排量分析（太原市主城区）

污染物当地减排量分析（太原市主城区）

规划方案中余热回收替代大量一次能源消耗，且大部分主热源和调峰锅炉均设在远郊；相比对比方案减少当地PM10、SO2、NO_x排放合计14021吨，显著改善冬季大气环境，城区污染物减排效果优于大规模使用天然气。

No_x浓度分布模拟对比图



方案投资预测

◆总投资将达到**149.1**亿元

◆八大热源厂内余热回收改造投资**15.7**亿元

◆主城区热力站大温差技术改造投资**52.1**亿元

◆古交电厂及瑞光、太一、阳曲新建电厂至主城区的长输管线系统（含隔压站及到城区的主干管线）需投入建设资金**56.8**亿元。

方案改造投资预测表（单位：亿元）

系统	热源厂内投资	长输管线系统	热力站改造	总投资
古交	4.5	48.1	12.8	65.4
太钢	低温供热区	-	3.1	15.1
	高温供热区	-	6.1	
太二	1.2	0.7	7.4	9.3
嘉节	1.1	-	2.8	3.9
太一	0.8	3.3	7.4	11.5
瑞光	0.3	0.4	2.8	3.5
阳曲电厂	0.8	4.3	6.9	12.0
东山燃气电厂	1.1	-	2.8	3.9
储气及其他	-	-	-	15
不可预见费	-	-	-	10
总计	15.7	56.8	52.1	149.5

方案改造供热成本预测（2020年）

热源名称	热源			热网系统			供热系统			
	投资成本	能源成本	总成本	投资成本	能源成本	总成本	投资成本	能源成本	总成本	
	元/平米	元/GJ	元/GJ	元/平米	元/GJ	元/GJ	元/平米	元/GJ	元/GJ	
古交	10.44	13	15	80		19.6	38.2	87.7	19.6	40
太钢	23.4	15.9	20	低温网	31.7	27.5	34.3	46.3	25.1	35.2
				高温网	23.1	23.9	28.9			
嘉节	9.4	59.8	61.5	16.2		63.1	66.6	23.7	63.1	68.2
新太一	2.2	16.1	16.5	26.8		22.4	28.4	29	22.4	28.8
太二	2	16.4	16.8	25.1		21.4	26.8	26.6	21.4	27.2
瑞光	2.5	16.2	16.7	32.4		21.1	28.3	34.9	21.1	28.8
余热供热平均	8.2	18.7	20.3	44.3		24.9	34.9	50.9	24.8	36.4
参考值：区域 燃煤锅炉	45	28	40					45	28	40

除了嘉节燃气电厂外，其他几个项目的经济性并没有明显劣势，从2020年最终形成的余热供热系统来看，供热系统总成本36.4元/GJ，低于区域燃煤锅炉的供热成本，在经济上是可行的。

概要

1

太原供热2012年情况及存在问题

2

清洁供热规划方案简要介绍

3

规划方案减排效益、经济性预测

4

规划实施情况与反思

5

总结及建议

2015年供热现状

◆总供热面积1.744亿平米

◆以热电联产和大型热源厂为主的清洁供热面积为1.66亿平米，其中热电联产供热面积1.12亿平米；

◆市热力公司所属小店、城南、城西、东山等大型热源厂供热面积3000万平米；

◆西山、太重、高新、晋源等区域燃煤锅炉房供热面积768万平米，

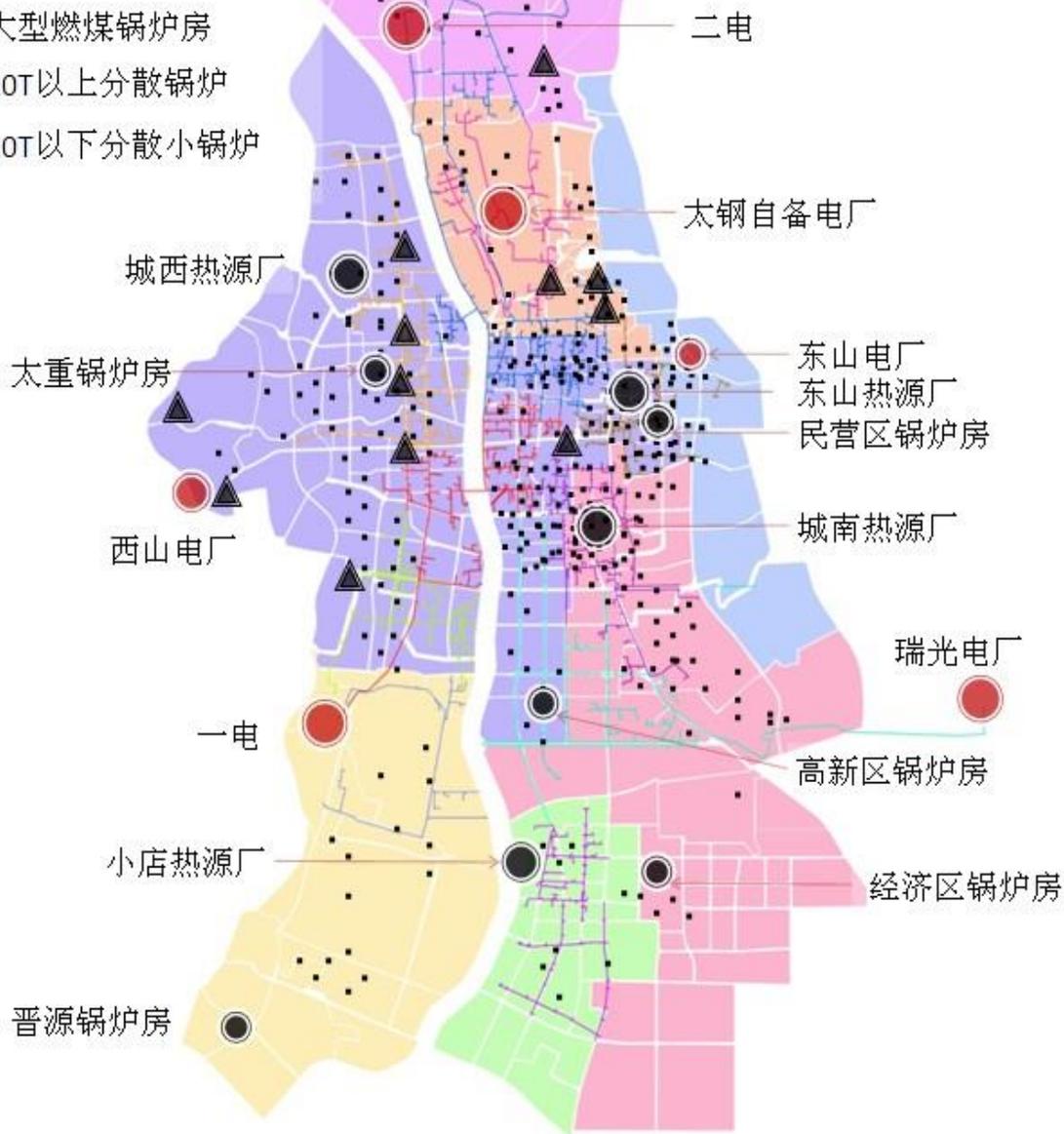
◆燃气、谷期电、水地源热泵等其它清洁方式供热面积1667万平米。

◆非清洁供热方式供热面积835万平米，涉及分散燃煤锅炉409台。

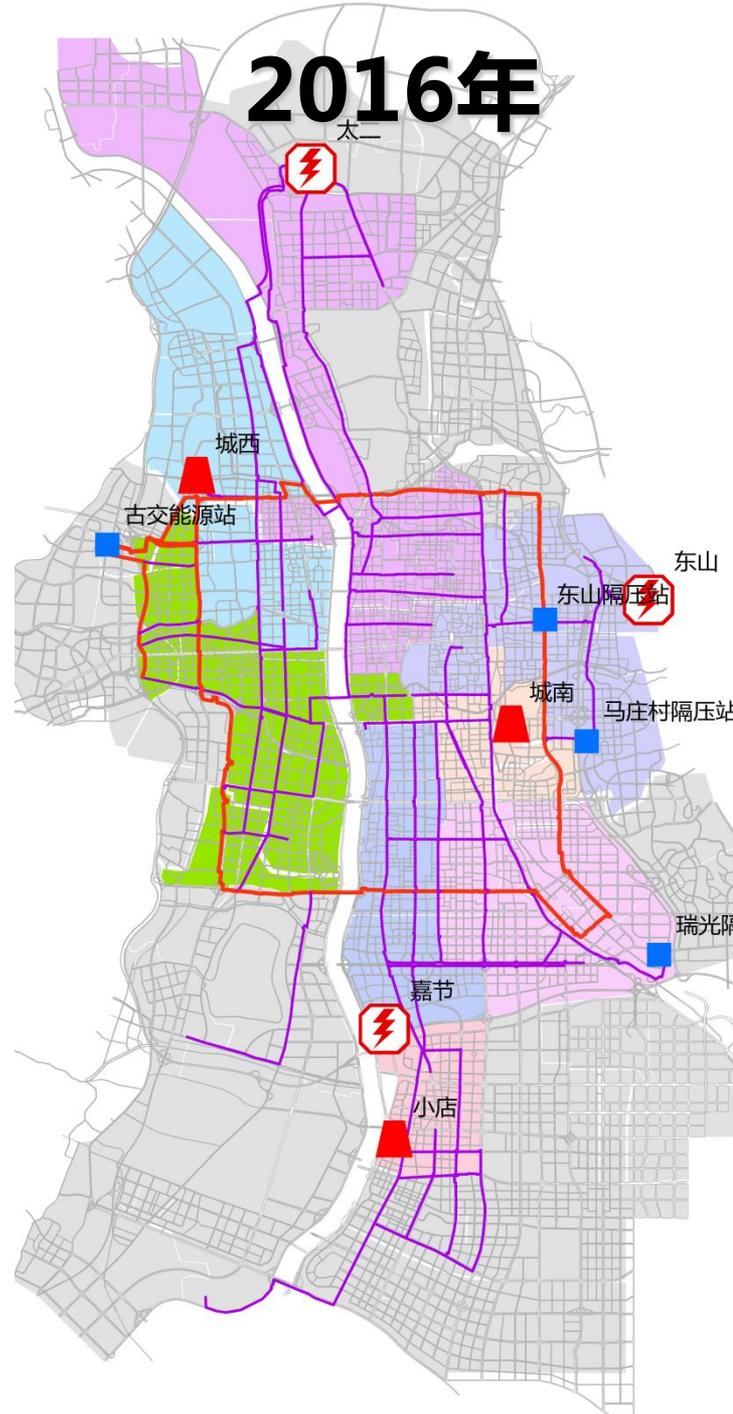
2012年

太原

- 燃气热电厂
- 燃煤热电厂
- 大型燃煤锅炉房
- ▲ 20T以上分散锅炉
- 20T以下分散小锅炉



2016年



古交电厂供热项目投入运行

■敷设4根DN1400管线, 共计37.8公里（其中主隧道长度15.17公里），高差180米。沿途建设三座中继泵站，一座事故补水站和一座中继能源站。

■一期2×300MW, 二期2×600MW为现状机组，三期2×600MW机组，正在建设，2017年底投运

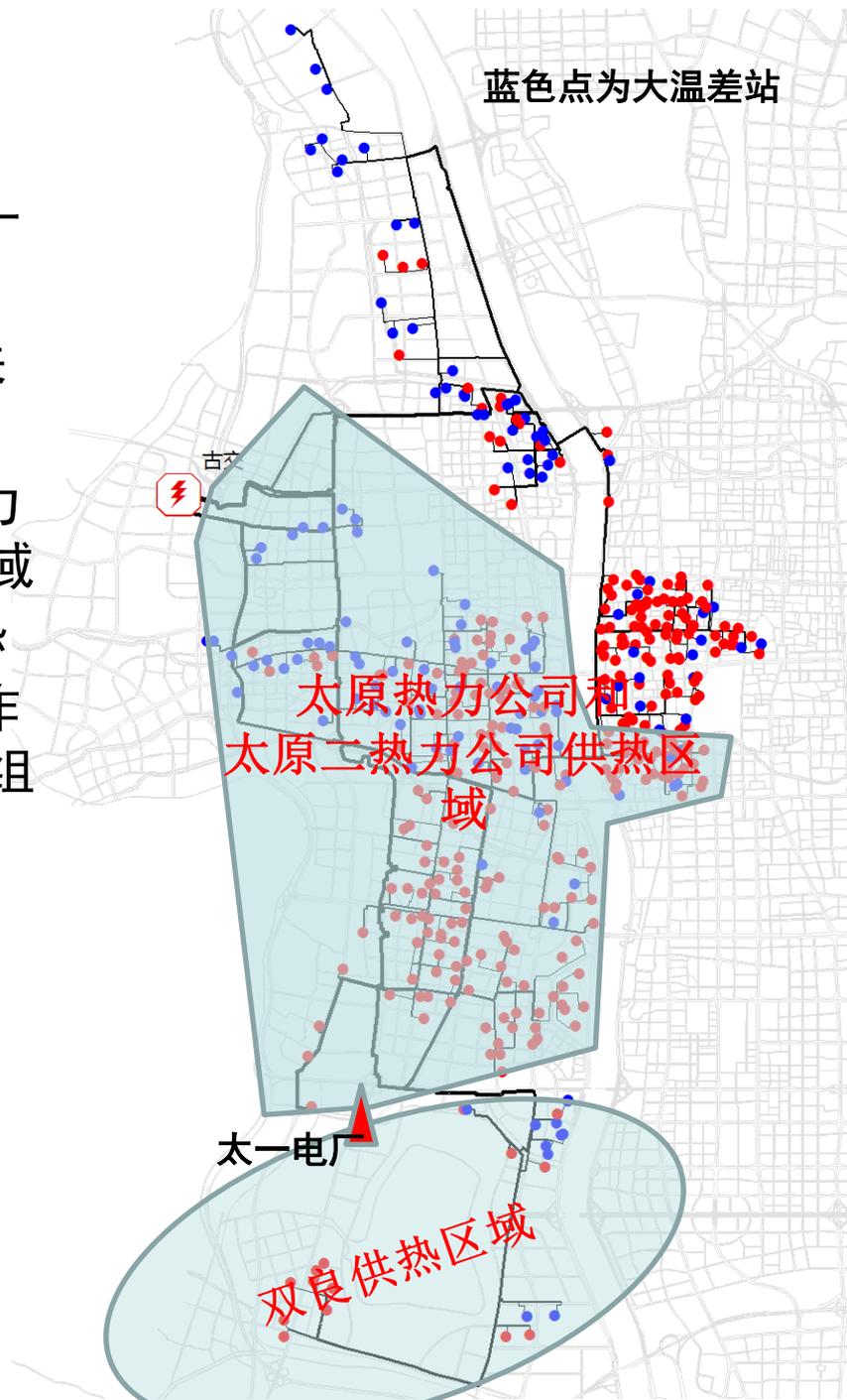


古交电厂供热项目投入运行

■设计一期供热5000万平米，原计划古交电厂总供热面积4135万平米，其中大温差供热站1432万平米。太原一热电（4*300MW机组）关停

■目前实际供热2700~3600万平米，太原热力其余负荷由城西锅炉和二热电供热，双良区域500万平米仍由太一电厂一台30万kW机组供热

■古交电厂1#机供古交区域，2#、3#、4#机作为太古长输管线的热源，2#机改为高背压机组，排汽压力设计54kPa。



概要

1

太原供热2012年情况及存在问题

2

清洁供热规划方案简要介绍

3

规划方案减排效益、经济性预测

4

规划实施情况

5

总结及建议

总结

◆规划采用热电联产+工业余热利用为主的新型模式，引入古交电厂热源，充分利用太钢余热，新建阳曲、东山燃气热电、新太一热电，八大供热热源可实现清洁供热覆盖2.1亿平米

◆规划方案实施后，在均实现小燃煤锅炉替代和满足新增负荷的前提下，主城区与常规供热方案相比减少大气污染物排放49%，为改善太原冬季大气环境质量提供强有力的保障。

建议

- ◆ 为保证燃气供应安全，尽快启动储气调峰设施的建设，抓紧着手规划选址。
- ◆ 中继能源站、热力站内为进行余热回收热力站电力需求量大，成本昂贵，需结合电网调峰落实电价优惠政策。
- ◆ 余热回收需热网和热源分别投资，建议对热价按照回水温度分段计费，以提高热源和热网企业实施积极性
- ◆ 新建居住建筑全部采用地板辐射采暖等低温采暖末端
- ◆ 加大老旧供热管网系统改造力度，古交供热区域在供热流量一级网0.84/0.22MPa，计算参数1.05/0.15MPa。供水压力在管网流量达到设计后会继续提高20米左右，一些管线压力临近1.6MPa，对现状管线的承压是挑战

城市供热保障建议

- **多热源联网供热，增加不同主力热源主干线的联通，实现互联互通，互为备用**
- **热化系数的概念，（热电联产管理办法），增加调峰热源的比重，增加热电联产机组出力，减少热电耦合**
 - **积极推进热电联产机组与供热锅炉协调规划、联合运行。调峰锅炉供热能力可按供热区最大热负荷的25%-40%考虑。热电联产机组承担基本热负荷，调峰锅炉承担尖峰热负荷，在热电联产机组能够满足供热需求时调峰锅炉原则上不得投入运行。**
 - **鼓励热电机组配置蓄热、储能等设施实施深度调峰，并给予调峰补偿。鼓励有条件的地区对配置蓄热、储能等调峰设施的热电机组给予投资补贴**
- **增加市区热源供热能力，城区供热机组余热回收挖潜改造，引入域外热源，大型纯凝机组供热改造并长距离输送至市区**
- **通过大温差改造，增大现状管网输配能力**

**请各位领导和专家
多提宝贵意见!**



Copyright 2013. All Rights Reserved