

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会



张建伟

太原市热力公司总经理，教授级高级工程师，中国城镇供热协会标准化技术委员会委员，住建部标准化技术委员会委员，山西省市政公用协会供热分会会长，享受国务院特殊津贴。长期从事城市集中供热的发展规划、项目设计、技术管理与咨询、供热生产管理，供热项目基本建设管理和现场指导等工作。组织设计的热力站二次侧动压降低装置获得国家实用型专利。先后组织设计并建设了太古供热项目、南部供热项目等多个国内外超大型长远距离供热输送项目，在供热建设及规划设计方面具有丰富经验。

太原市太古长输管线及中继能源站集中供热工程 建设与运行情况

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



太古长输管线及中继能源站集中供热工程 建设与运行情况

太原市热力公司
总经理 张建伟

2017年3月

主要介绍内容

工程背景

工程基本情况

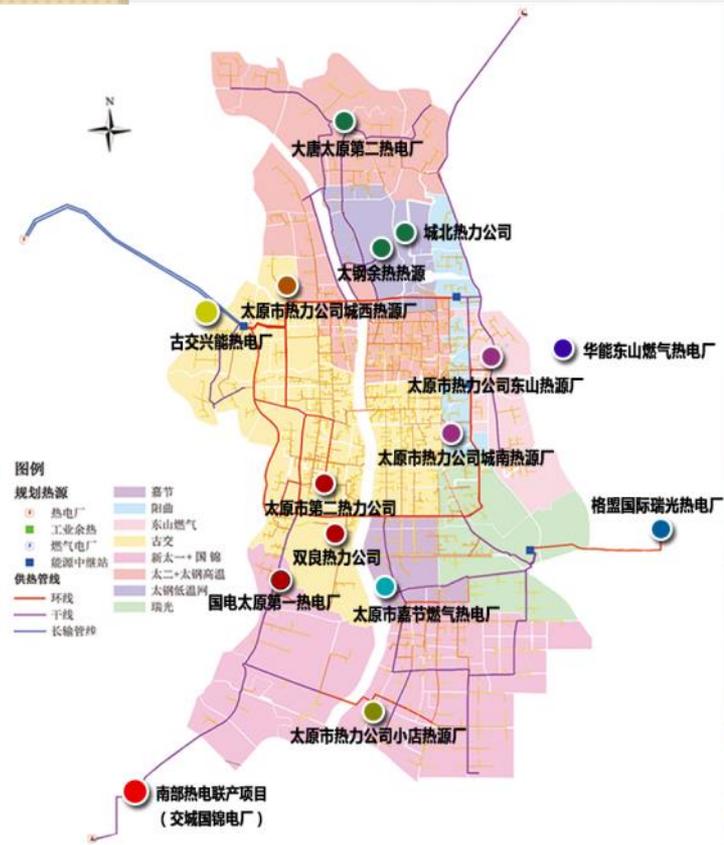
工程建设照片

主要技术及难点

系统运行状况及运行数据分析

关键技术总结及新技术展望

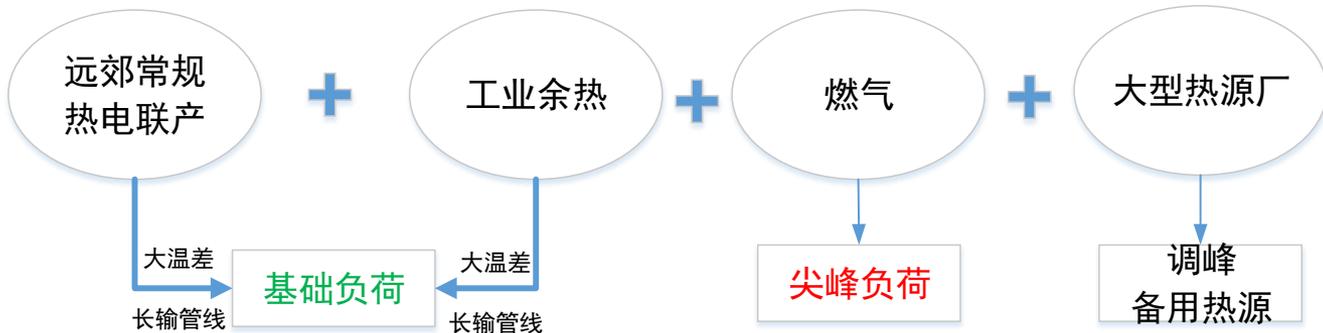




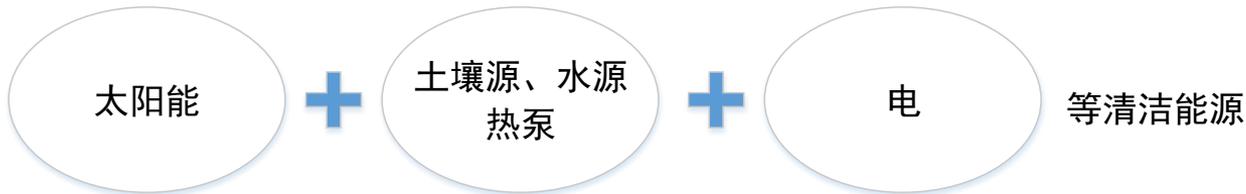
- 2013年，为全面推进清洁能源供热全覆盖，改善京津冀地区的采暖季空气质量，降低能源消耗，提升人居环境城市形象，提高城市居民生活质量，全面落实国家节能减排、环境保护、以人为本、执政为民、可持续发展等政策。
- 太原市政府批复通过了《**太原市清洁能源供热方案**（2013~2020）》，同时对《太原市集中供热专项规划》进行了修编。对太原市的集中供热的原则、热源及供热方式等进行了调整。

工程背景——太原市先进的供热规划理念

主要



补充



- 以太古供热工程的设计热负荷，
- 设计负荷蒸汽管道约DN2000，
- 50%时管道DN1400；
- 蒸汽损耗减发电量约20亿度，
- 用循环水耗电约2亿度；
- 长输蒸汽只能用高品位蒸汽
- 长输热水可以利用低品位乏气。



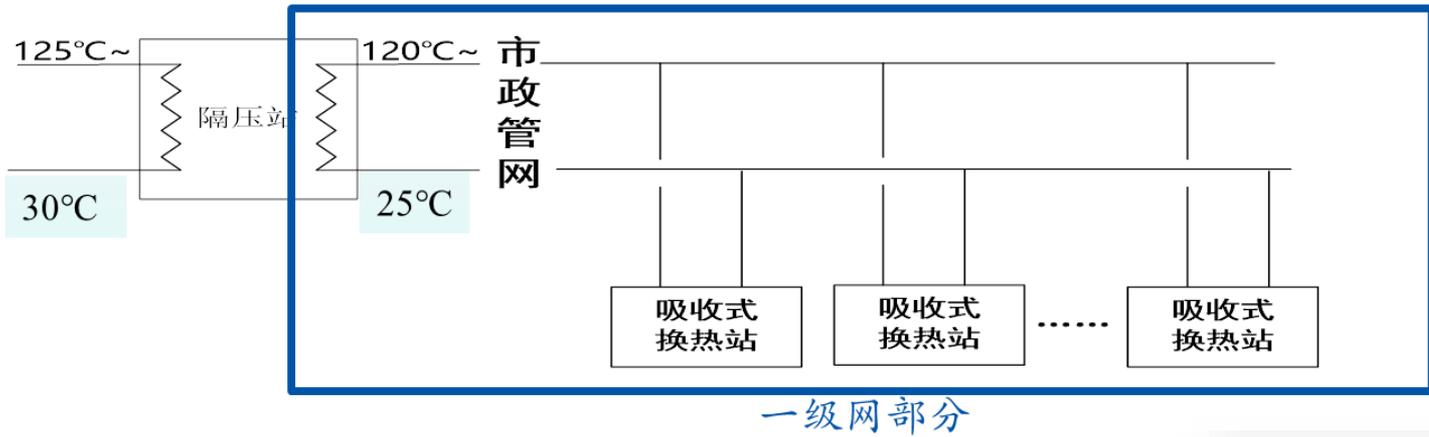
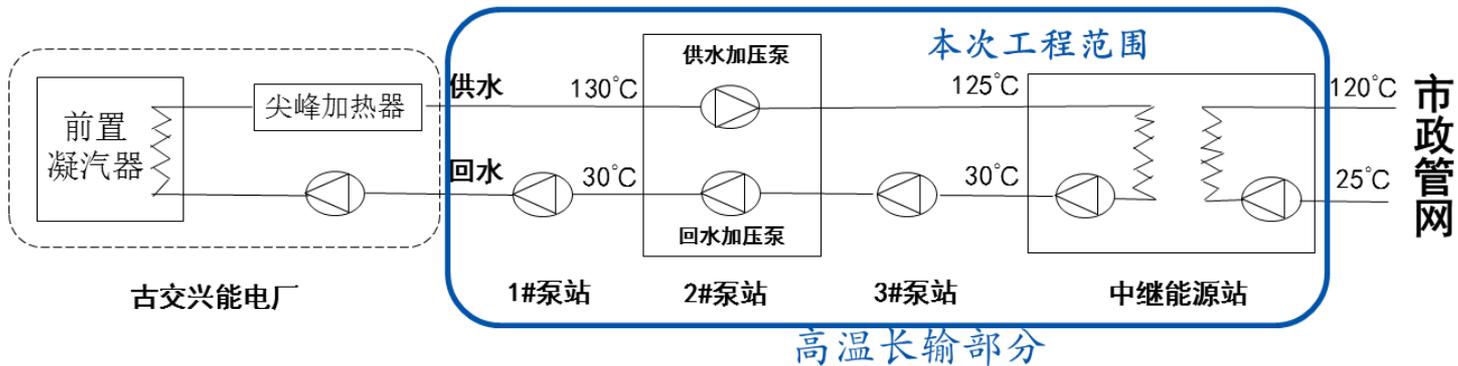
工程基本情况——建设内容及概述



太古供热工程热源为古交兴能电厂既有的一期2台300MW、二期2台600MW和规划建设的三期2台600MW机组；供热项目建设总投资48亿元，主要项目包括：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。管道自西至东，由兴能电厂开始途经古交市、屯兰河、古交市区汾河、古交市滨河北路及边山公路、汾河河谷段、隧道穿越西山山区至太原市进入中继能源站。通过中继能源站大型板式换热器隔压换热后向太原市环网供热，最终实现向太原的供热。

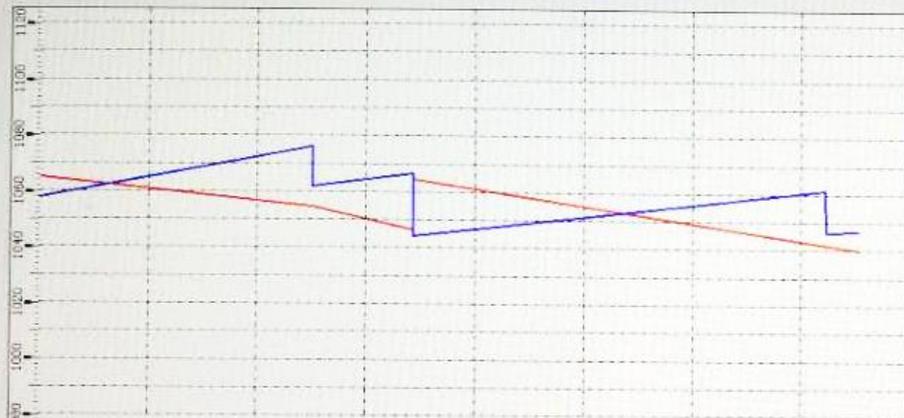
- ◆完全建成后，配合下游的大温差换热站改造及燃气调峰改造，近期可实现供热面积5000万平方米，远期可实现供热面积7600万平方米。
- ◆设计热负荷4028MW，年设计总供热量3506万 GJ
- ◆电厂供热能力3484MW (3579万 GJ/a) 中继能源站供热能力3314MW (3399万GJ/a)
- ◆末端换热站调峰714MW (107万GJ/a)

工程基本情况——工程建设范围

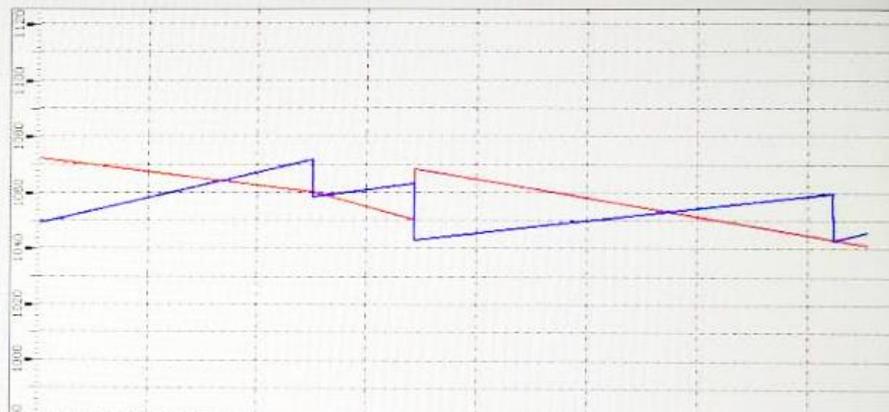


工程基本情况——工程水压图

古交至太原供热长输管线一水压图



古交至太原供热长输管线二水压图



内容	电厂		RTU					泵站		RTU	隧道						泵站				中继能源站	
	三期出口	二期凝汽器	三期出口	输煤矿桥	冷泉桥	汾河地沟	火山新街	1#泵站		水泥厂	隧道阀门1	隧道阀门2	隧道阀门3	隧道阀门4	隧道阀门5	隧道阀门6	2#泵站		3#泵站		高温侧	一级网侧
供水								西侧	东侧								西侧	东侧	西侧	东侧		
回水																					暂缺	
供回水压差																						
地面标高 (m)																						
总桩号 (km)																						





由于回收了大量电厂乏汽余热，节能环保效益非常显著。

工程建设照片——热源兴能电厂



2017年3月30日星期四

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

11



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

工程建设照片——屯兰河段直埋管线



2017年3月30日星期四

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

12



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

工程建设照片——滨河北路及边山公路直埋管线



2017年3月30日星期四

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

13



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

工程建设照片——汾河段直埋管及过河线地沟



2017年3月30日星期四

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

14



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

工程建设照片——汾河钢桁架



工程建设照片——供热隧道



16-8-27 11:28

工程建设照片——1#泵站



2017年3月30日星期四

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

17



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

工程建设照片——2#泵站



2017年3月30日星期四

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

18



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

工程建设照片——3#泵站



2017年3月30日星期四

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

19



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

工程建设照片——中继能源站



2017年3月30日星期四

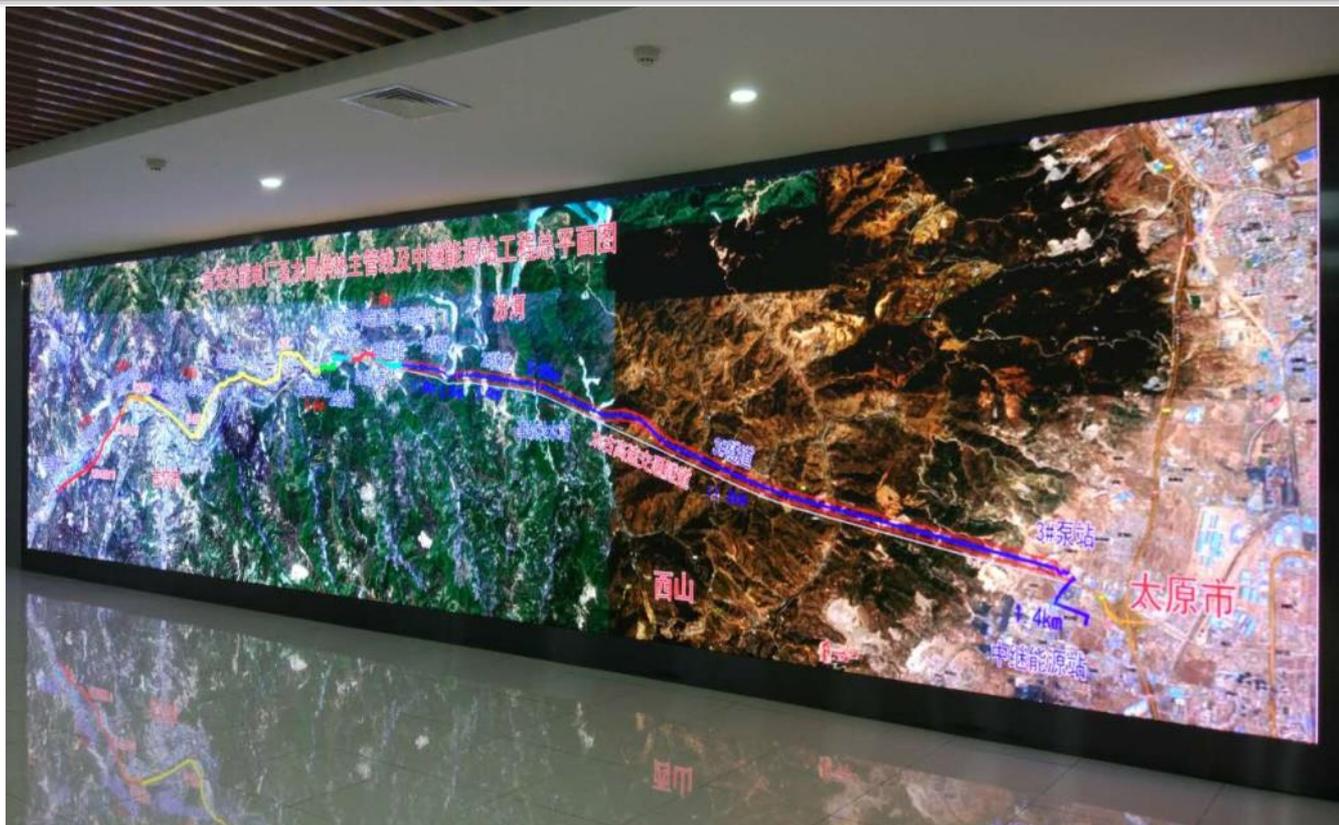
太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

21



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

工程建设照片——调度中心



2017年3月30日星期四

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

22



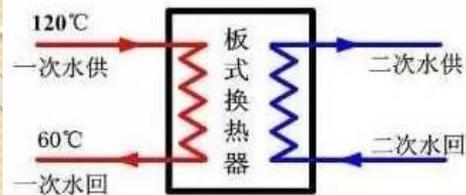
太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

工程技术及问题总结

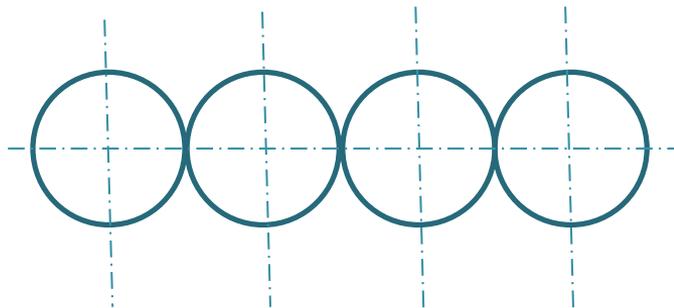
1. 下游换热站进行大温差改造，大幅度提高长距离输送经济性。
2. 采用大温差换热机组，有效的降低了回水温度，为回收电厂余热创造了先决条件。
3. 用2年时间打通了15公里的供热隧道，把握了整个工程的时间节点。
4. 根据各种地形因地制宜的选择合理的管线敷设方式，解决了工程中碰到的各种难题。
5. 合理穿越了尖山铁矿、引黄、铁路等关键节点。
6. 采用各种措施有效控制长输温降。



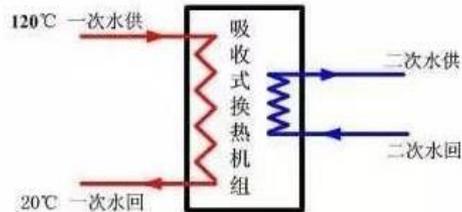
主要技术及难点——大温差技术降低了输送管径



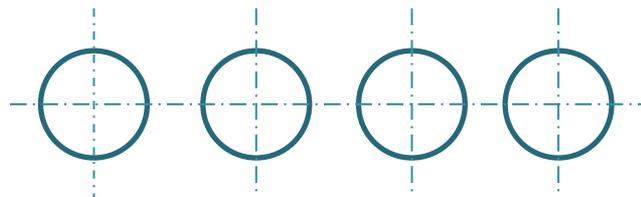
常规的换热器



常规温差需要4xDN2000mm



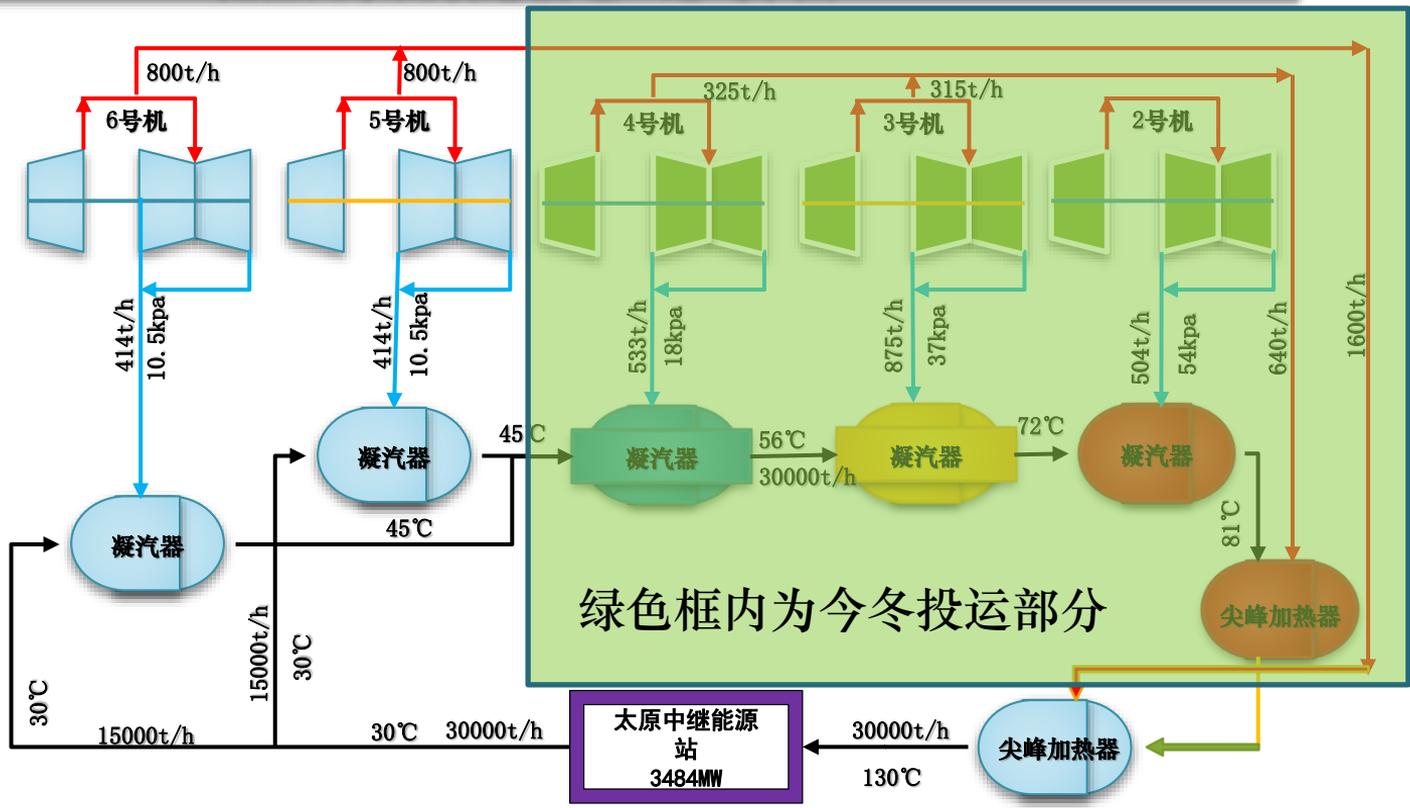
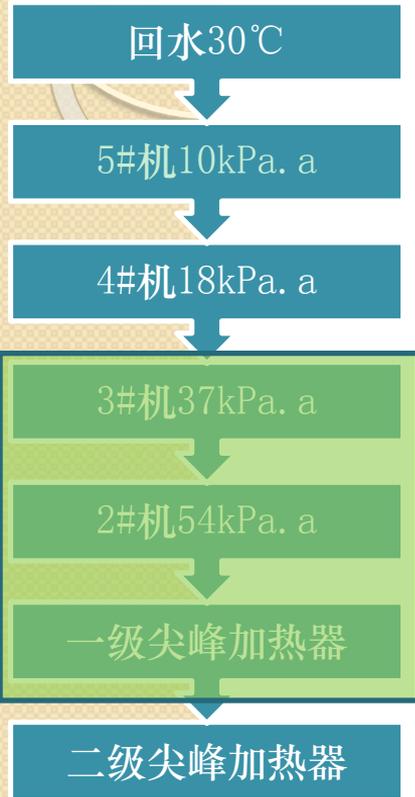
吸收式换热机组



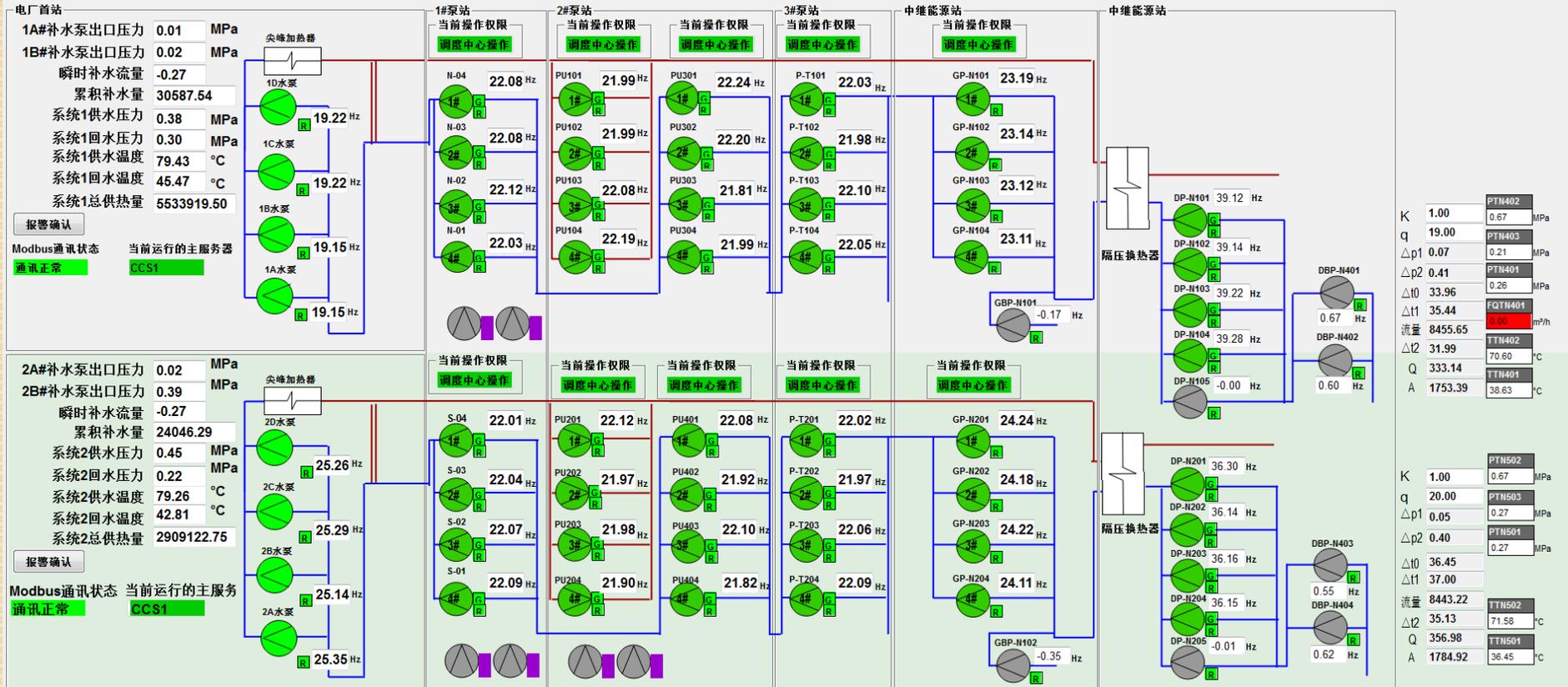
大温差仅需要4xDN1400mm

一次网回水温度显著低于二次网回水温度，在保持二次网运行工况不变的前提下，可将一次网的回水温度由50-60℃降低至15-30℃，在热力站设置吸收式换热机组降低市区热网的回水温度，使长输管线的供、回水温差由传统的60℃提升到100℃以上，比常规技术的热量输送能力提高70%以上；其大温差小流量的运行特点，特别适合热量通过管道超远距离输送，显著降低管网建设初投资，降低长输供热的成本。同时，较低的热网回水温度也为热源的余热回收创造了条件。

主要技术及难点——低温回水回收逐级电厂乏气余热



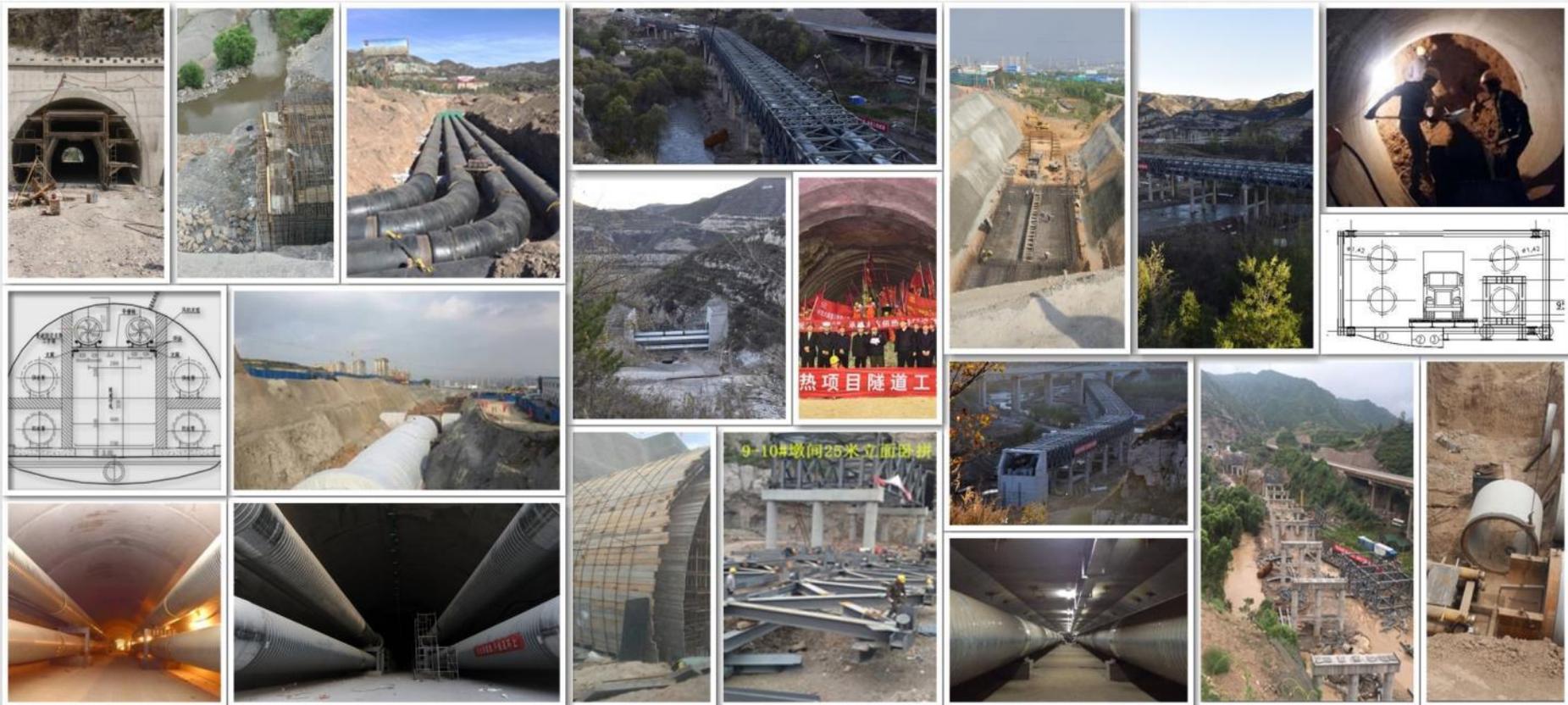
主要技术及难点——两套系统多50余台水泵的协调稳定控制



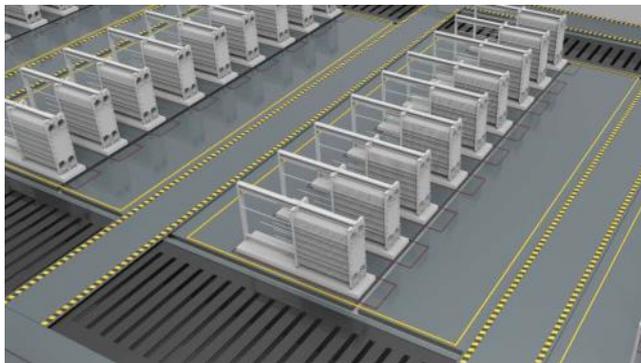
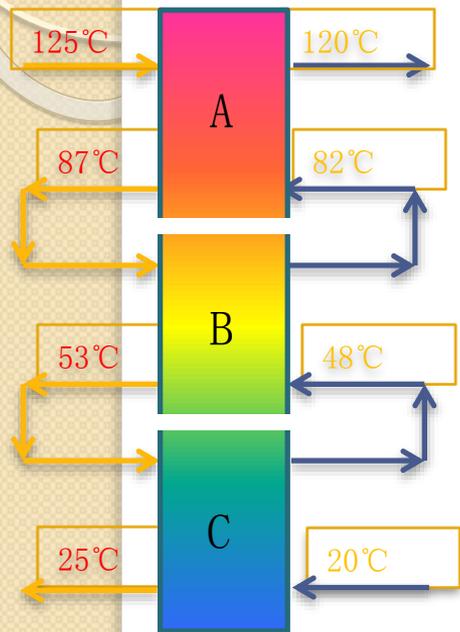
主要技术及难点——多级水泵的合理运行调整

	设计使用情况	台数	功率	转动惯量 Kg.m ²	流量	扬程	地面标高 (m)	与热源距离	备注
			(kw)		(t/h)	(m)		(km)	
兴能电厂	4用无备	4	1465	178	4300	110	1030	0	回水
1#泵站	4用无备	4	1250	306	4300	70	975	12.6	回水
2#泵站	4用无备	4	1400	178	4300	90	955	17.2	供水
	4用无备	4	1800	204	4300	100	989		回水
3#泵站	4用无备	4	1250	306	4300	70	897	36.2	回水
中继能源站	4用无备	4	1400	178	4300	90	852	37.8	回水
一级网	5用无备	5	1600		3500	120	852		回水

主要技术及难点——复杂多样的敷设方式



主要技术及难点——三级串联的大型板式换热器降低端差



主要技术及难点——热力实业有限公司严格控制聚氨酯及保温管质量



2017年3月30日星期四

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

30



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

主要技术及难点——管沟填沙



2017年3月30日星期四

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

31



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

主要技术及难点——明挖隧道



2017年3月30日星期四

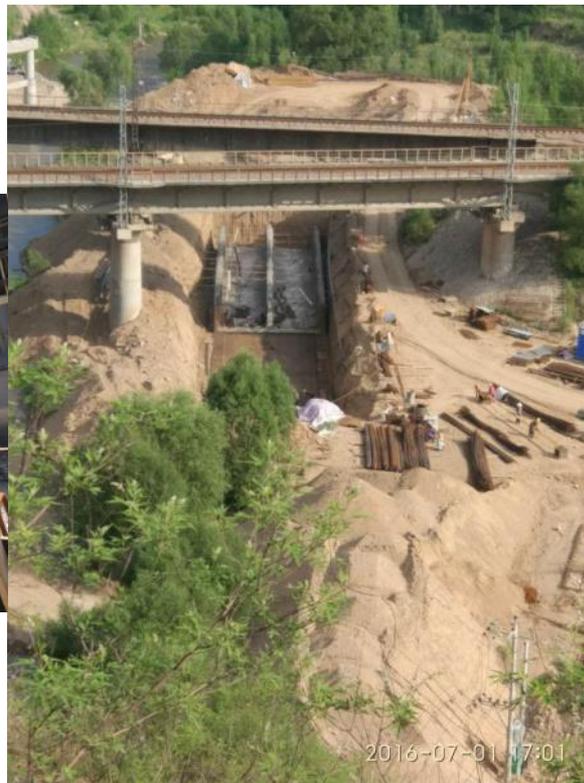
太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

32



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

主要技术及难点——过既有铁路施工



2017年3月30日星期四

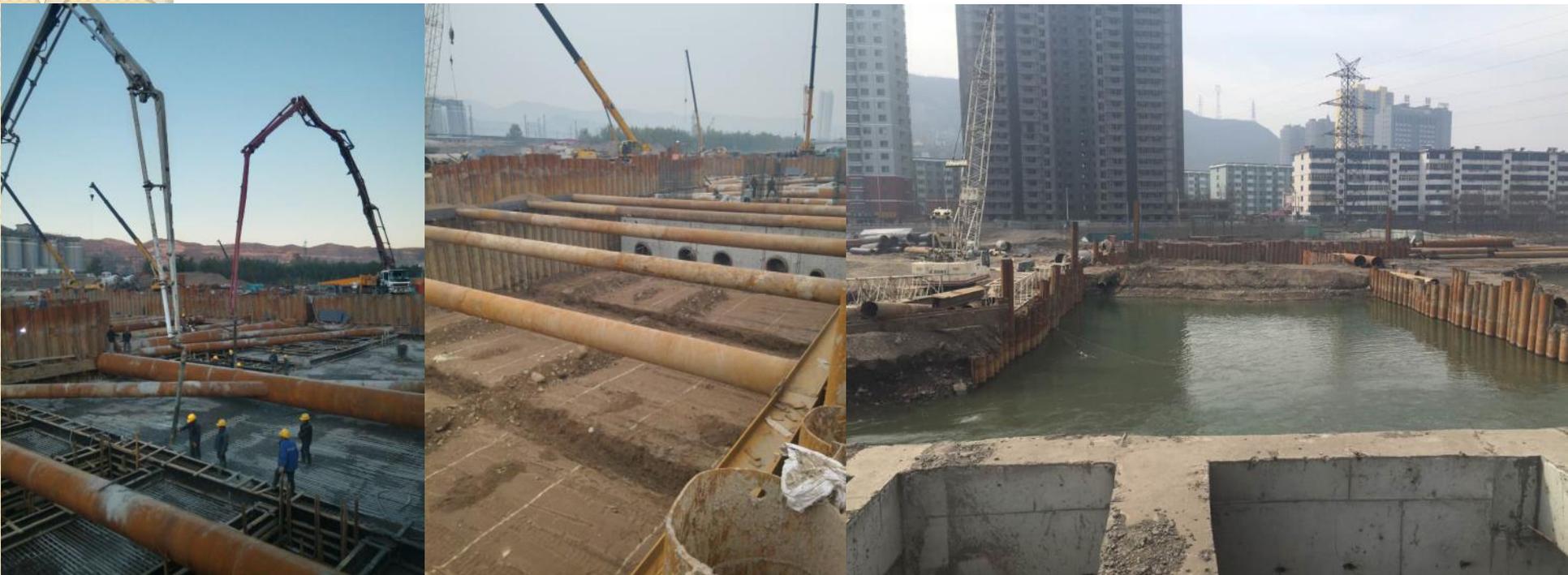
太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

33



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

主要技术及难点——过汾河管沟施工



2017年3月30日星期四

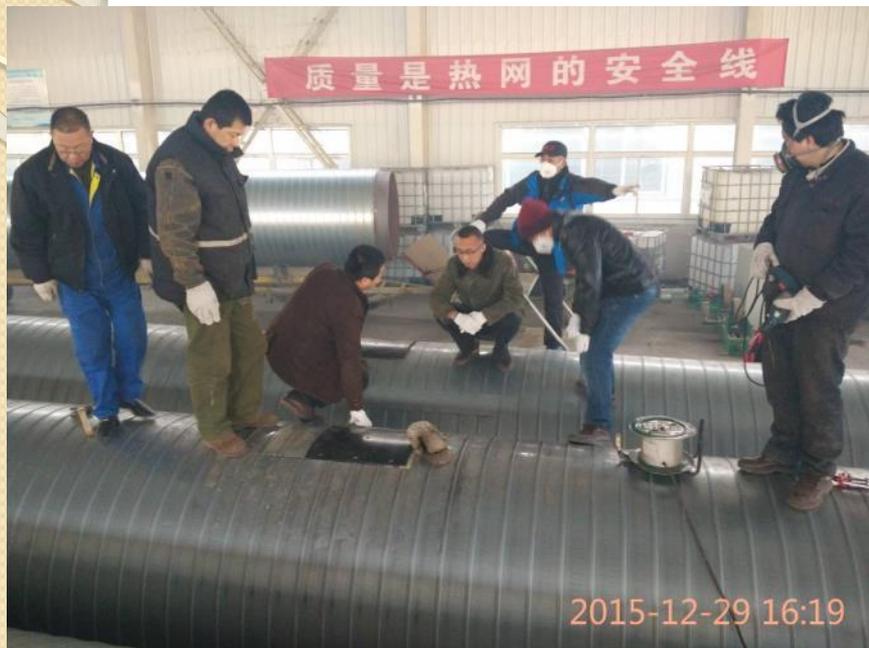
太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

34



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

主要技术及难点——架空用镀锌铁皮外护的聚氨酯保温管



主要技术及难点——预装配型管道绝热支座



2017年3月30日星期四

太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

36



太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

主要技术及难点——隔热固定支架及预装配型管道绝热支座



2017年3月30日星期四

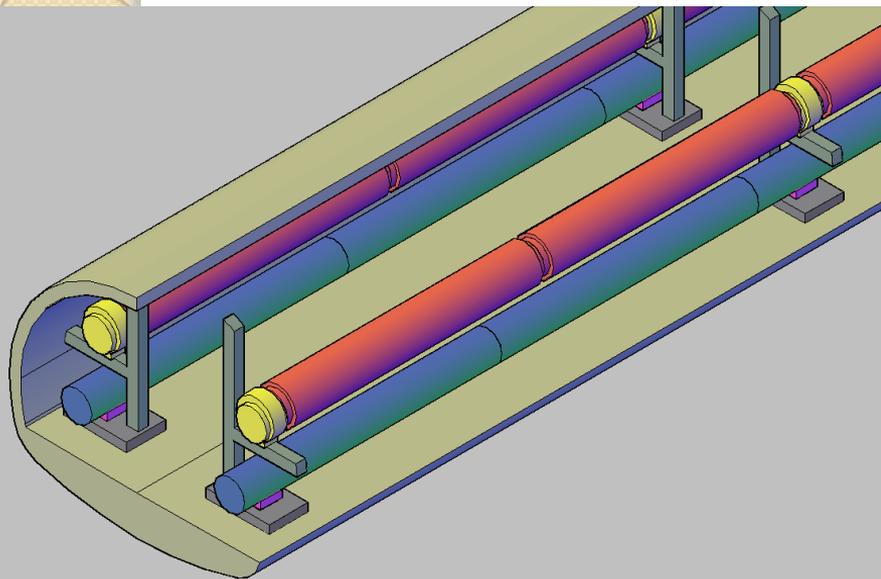
太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

37

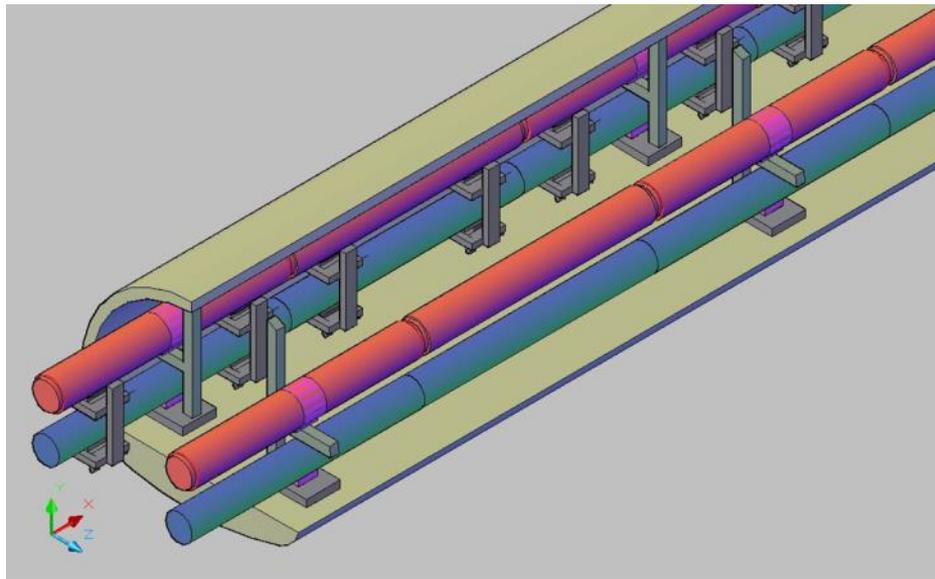


太原市热力公司
TAIYUAN HEATING POWER CO.

主要技术及难点——隧道内安装方式的调整节约了焊接量及焊接时间



支架间距为25m，原方案为管件式绝热
支座，每跨3道焊缝。



支架间距为25m，将管道长度调整为
12.5m，支座预装配在管道中间，减
少为每跨两道焊缝。

新设备的应用——直管压力平衡型波纹管补偿器

在钢桁架管路段，由于结构限制无法处理管道盲板力，因此普通补偿器均不能选用，而压力平衡性波纹管补偿器国内最大口径为DN1200。



系统运行状况及运行数据分析——系统投运情况

10月28~29日系统I一次启动成功

12月15日系统II一次启动成功

12月23日系统II正式并网，升温运行

12月25日系统I、系统II日供热量持续稳定在7万GJ以上

12月31日系统端差调整至设计参数以内

日耗电量最高47万kWh

兴能电厂基本能按照要求温度进行调整。高温侧运行状态稳定,实现高温侧流量的稳定控制

目前，采用乏汽供热比例约占70%，采用抽汽供热比例约占30%，余热回收节能效果显著

系统耗电输热比约1:50，能量角度经济性较显著

系统电热费用比约1:3.6



系统运行状况及运行数据分析——主要参数记录

兴能电厂及中继能源站主要参数记录表

2017年01月22日 17:00

内容			兴能电厂	能源站高温网	能源站一级网	要求电厂温度
系统I	压力 MPa	供水	0.35	1.86	0.83	97
		回水	0.28	1.94	0.21	
	温度 ℃	供水	96.61	95.82	93.30	
		回水	49.59	49.56	41.62	
	频率Hz		18	23	39*4	
	循环流量t/h		8169	—	—	
	水质	硬度mmol/L	—	0.69-0.73	0.51-0.57	
碱度mmol/L		—	1.9	3.1-3.5		
氯根mg/L		—	34-39	51		
系统II	压力 MPa	供水	0.40	1.85	0.83	97
		回水	0.20	1.94	0.21	
	温度 ℃	供水	95.99	94.70	93.14	
		回水	46.71	46.51	41.89	
	频率Hz		24	25	38*3	
	循环流量t/h		8601	—	—	
	水质	硬度mmol/L	—	0.69-0.75	同系统I一级网	
碱度mmol/L		—	1.7-1.8			
氯根mg/L		—	33-38			

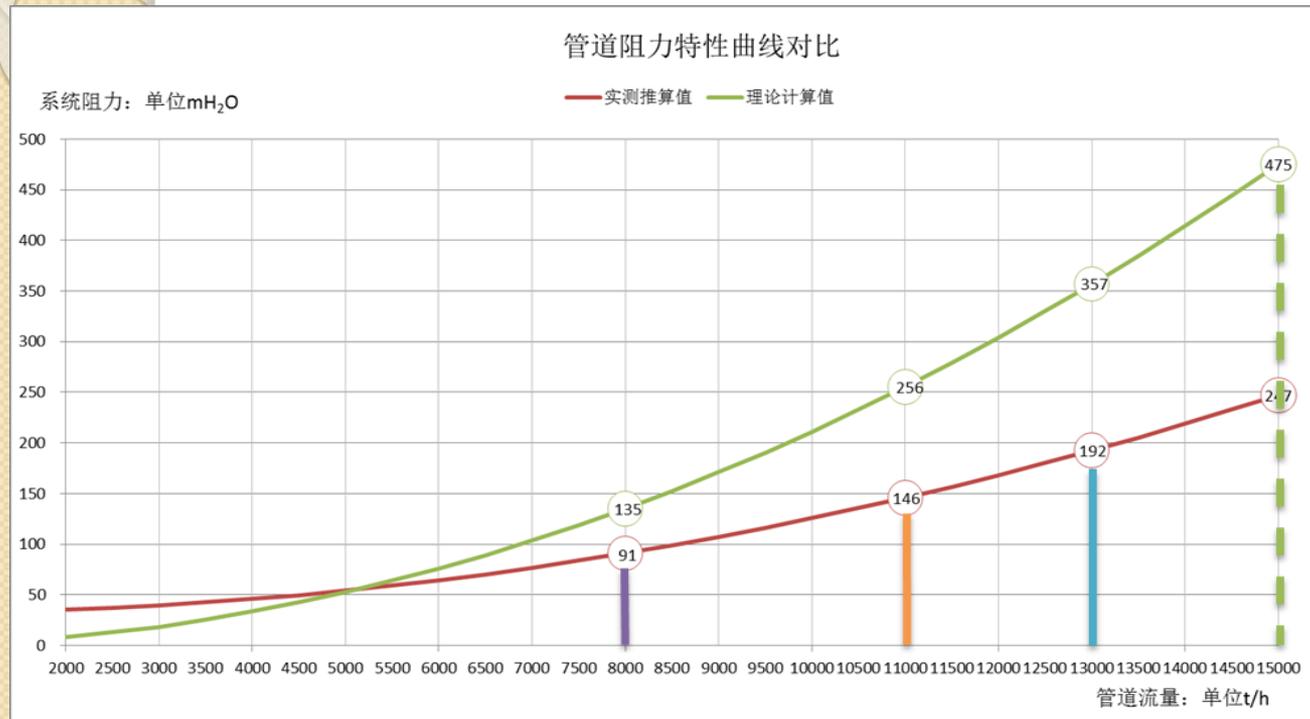
兴能电厂及中继能源站主要参数记录表

2017年03月09日 08:00

内容			兴能电厂	能源站高温网	能源站一级网	要求电厂温度
系统I	压力 MPa	供水	0.35	1.90	0.83	90
		回水	0.29	1.97	0.21	
	温度 ℃	供水	86.13	83.46	80.99	
		回水	49.94	46.98	40.64	
	频率Hz		17	21	38*4	
	循环流量t/h		7802	—	—	
	水质	硬度mmol/L	—	0.69-0.70	0.45-0.47	
碱度mmol/L		—	1.6-1.8	3.0-3.1		
氯根mg/L		—	43	46-47		
系统II	压力 MPa	供水	0.40	1.92	0.83	90
		回水	0.22	1.97	0.21	
	温度 ℃	供水	86.26	83.72	82.68	
		回水	45.63	45.28	39.93	
	频率Hz		22	22	36*3	
	循环流量t/h		7405	—	—	
	水质	硬度mmol/L	—	0.72-0.75	同系统I一级网	
碱度mmol/L		—	1.5-1.6			
氯根mg/L		—	30-35			



系统运行状况及运行数据分析——管道阻力特性曲线



由于供热未达满流量，电厂三期未施工完毕。

换热器投入组数较多；

仅投了部分前置凝汽器；

仅投了一级尖峰加热器；

系统高温侧阻力明显低于设计阻力。

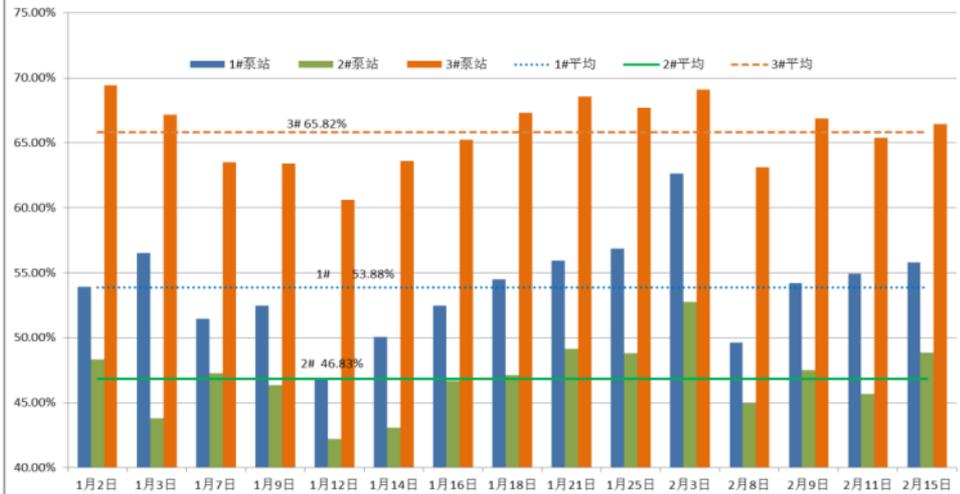
系统运行状况及运行数据分析——水泵效率测算

单系统13000t/h投运水泵效率统计估算



当单系统流量13000t/h时，经测算：
水泵效率69.31%，63.26%，62.19%

双系统8000t/h投运水泵效率统计估算



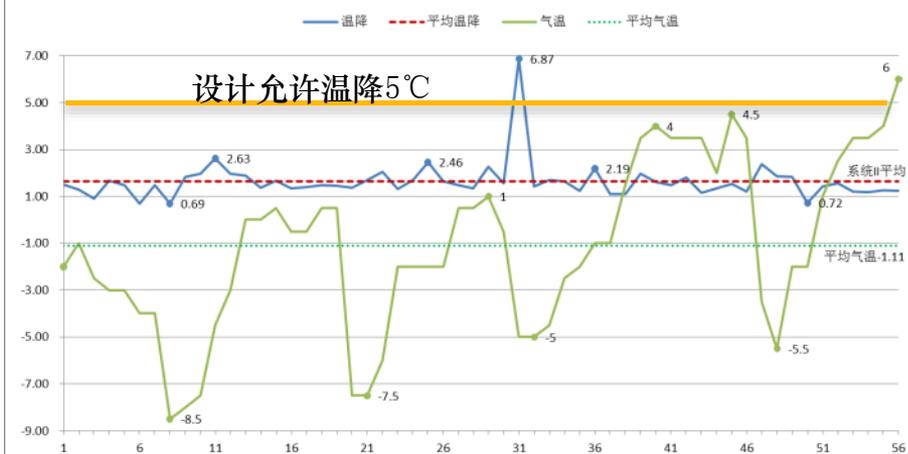
当双系统流量8000t/hx2时，经测算：
水泵效率65.82%，53.88%，46.83%

系统运行状况及运行数据分析——高温网管线温降统计

系统I供水管线温降与室外温度统计



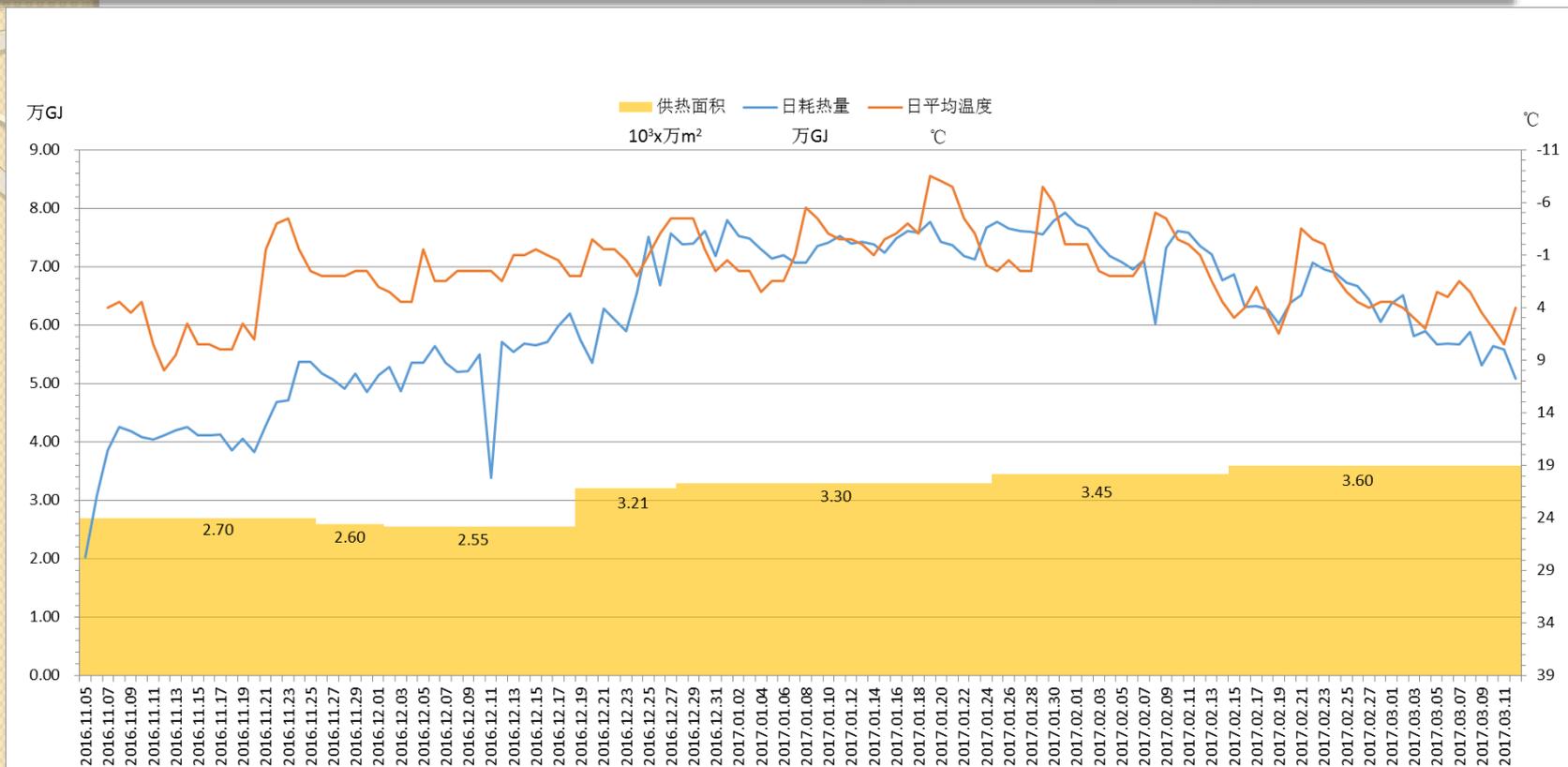
系统II供水管线温降与室外温度统计



经统计，实际高温网温降在 $0.5 \sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 之间，严格的控制在设计参数内。



系统运行状况及运行数据分析——日耗热量、室外气温、供热面积统计

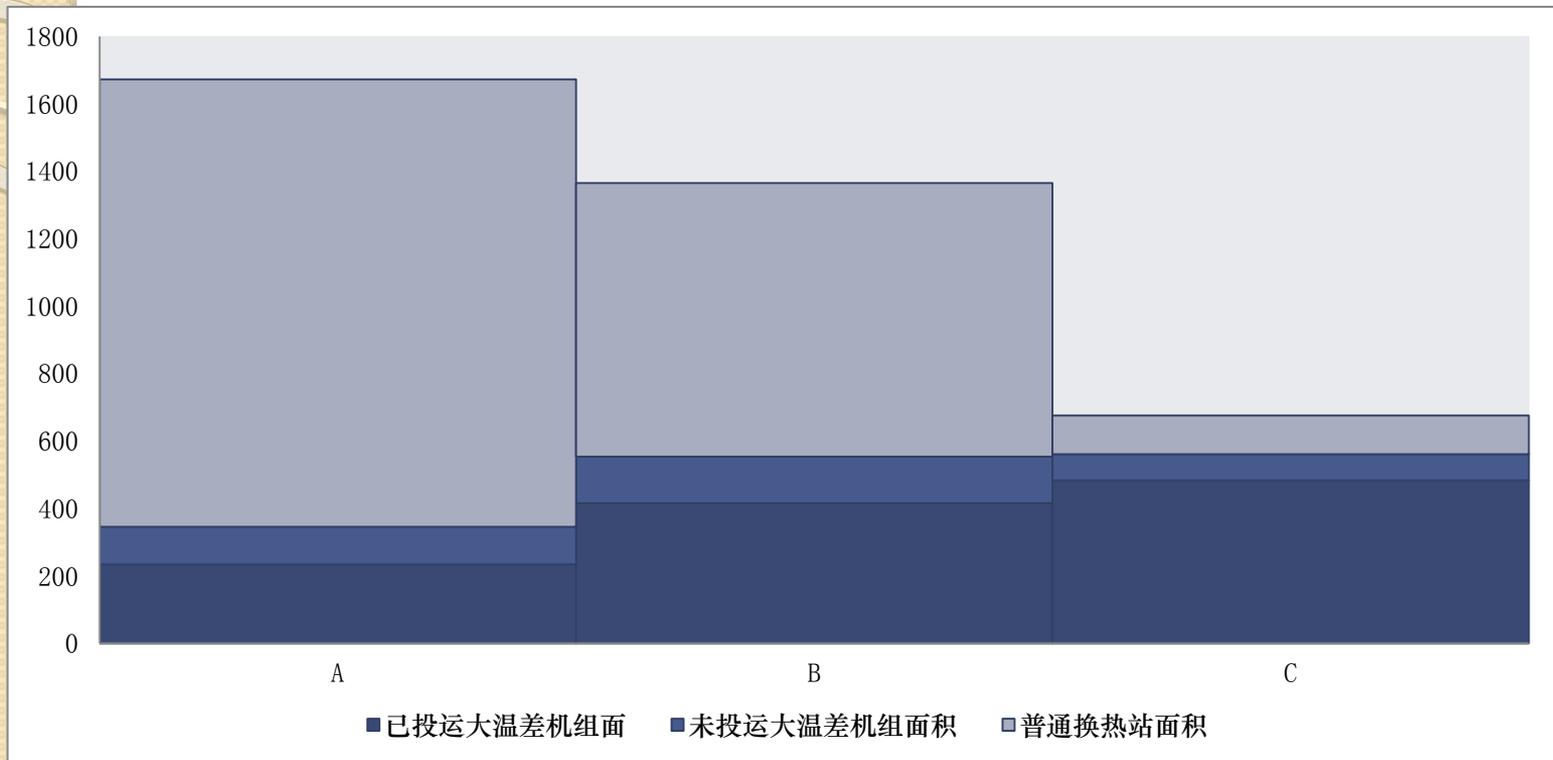


运行情况介绍——热力站回水温度对比

站号	回水温度/°C	站号	回水温度/°C	站号	回水温度/°C	站号	回水温度/°C
城西G26	61	城西G53	21	一供暖303C	63.88	一供暖222	22.01
城西G40	50	城西T46A	23	一供暖301C	60.67	一供暖416	23.07
城西G28A	48	城西G50	23	一供暖204A	55.5	一供暖106	23.21
城西G51	48	城西T46B	24	一供暖409	55.1	一供暖213	23.46
城西G17	47	城西G41	25	一供暖224	54.58	一供暖403A	23.86
城西G39	47	城西G22	27	一供暖336	54.4	一供暖106	24.09
城西G42	47	城西G49	28	一供暖107	53.55	一供暖209B	24.48
城西T41	45	城西G50D	28	一供暖224	51.01	一供暖216A	24.72
城西T32	45	城西G50A	29	一供暖336	50.57	一供暖305	25.3
城西G54	44	城西T46	29	一供暖403	49.8	一供暖221	25.58



运行情况介绍——大温差换热站改造比例

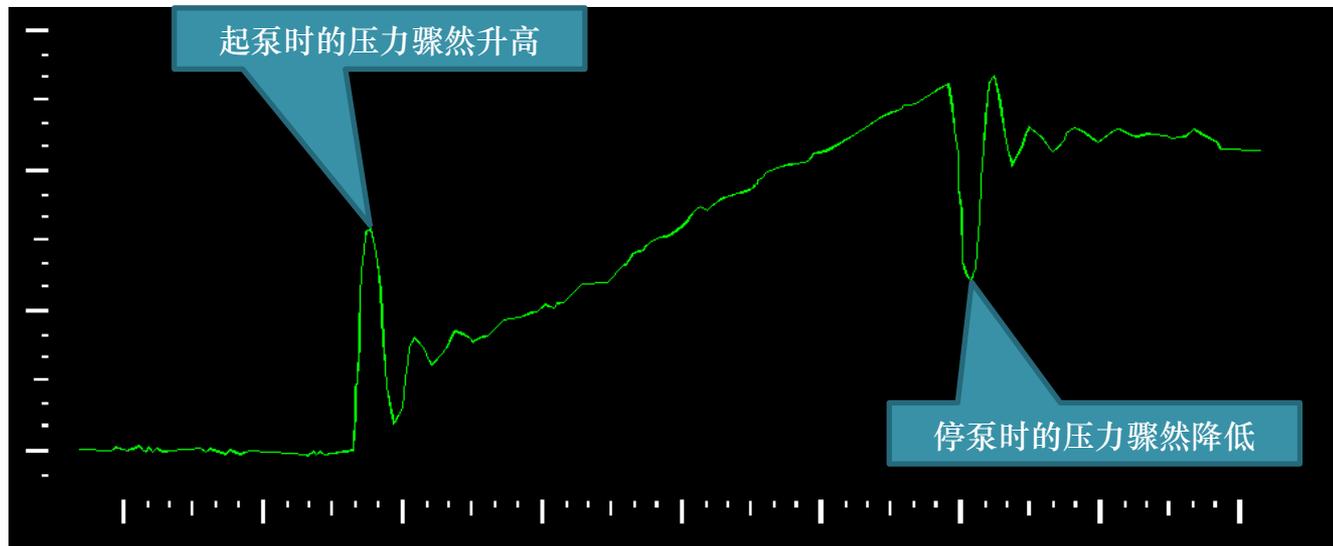


运行情况介绍——设计参数与本采暖季运行参数对比

		设计状态及参数	本采暖季状态及参数	单位
高温网	电厂供水	130	97	°C
	电厂回水	30	50	°C
	能源站供水	125	95.5	°C
	能源站回水	25	48	°C
	温差	95	46	°C
	流量	30000	16000	t/h
一级网	供水	120	93	°C
	回水	20	39	°C
	温差	95	48	°C
	流量	30000	16000	t/h
供热能力	近期可实现供热面积	5000	3600	m ²
	远期可实现供热面积	7600	—	m ²
	总供热量	3506	—	万 GJ/a
其他	大温差改造比例	70%	30%	



其他运行特点——泵起停时的水击波现象



工程技术及特点总结

结合太原市的城市供热规划及供热热源分布，热力站实施大温差换热改造+电厂实施乏气余热回收利用改造

实现以远郊热电联产型长输供热+大型调峰+工业余热为主的供热方式

大温差换热采用清华大学的吸收式热泵技术，将一级网回水温度由70~60℃降低到40~30℃左右

热电厂实现乏汽回收利用，提高了电厂的供热能力，余热供热比例在50%以上，最大限度减少采暖燃煤耗量

高温长输网38km（高差180m）+市区22km（高差70m），为国内长距离（60km）大高差（250m）供热提供了范例

解决了直埋、地沟、钢桁架穿越汾河、长距离供热隧道穿越西山，穿越铁路、既有桥梁、尖山铁矿等工程难点

实现了两套系统，5回1供，共计50余台大型中继循环泵的联动输热、稳定运行

采用镀锌铁皮聚氨酯保温管，预装配式绝热支座，剪力钉式固定支座，聚四氟乙烯隔热桥等技术有效控制了长输温降

实现了高温长输网各泵站的自动控制及实时监控，实现太原市各热力站数据及室内温度的实时采集

有效解决了省城居民的供热需求实现能源高效、清洁利用，提高能源利用效率，产生了良好的节能和环境效益



新技术展望

采用管道内涂料减阻技术进一步降低输送耗电

采用新型保温材料进一步降低管线温降

进一步提高系统的自控水平，实现上下游热网的全自控平衡调节

进一步利用大数据对热网数据进行优化平衡

采取集中式热泵及蓄热技术进一步降低回水温度

利用互联网+机器人及先进的传感器技术，开展供热管网泄漏监测研究



介绍完毕
谢 谢

