EPTCHINA.CN
中国电力科技网

热电联产远距离低能耗集中供热技术研讨会

王志强

山西省兴能发电有限责任公司副总经理，土建高级工程师。从事大型煤矿项目、选煤厂项目、火电厂项目、火电厂余热回收利用改造项目等工程建设管理工作三十五年。

供热改造工程建设——低位热能有效利用

CEEC 中国能建　华源泰盟

2018年3月20-22日　中国·太原

兴能发电
2X300MW+2X600MW+2X660MW

山西兴能发电有限责任公司
供热改造工程简介

——古交发电厂低位热能的有效利用

兴能发电
XINGNENG POWER

主要内容

- 电厂项目简介
- 供热改造工程
- 供热综合评价

一、电厂项目简介

- 循环经济　　负荷中心
- 煤电联营　　综合利用
- 坑口电厂　　空冷节水
- 中水复用　　超低排放
- 盘活资源　　实现三化

减量化　再循环　资源化

山西省是全国第一大煤炭生产省，也是全国第一大电力输出省。以煤炭为基础、以电力为中心的能源产业及其延伸开发，是建设新型能源和工业基地的第一优势产业。但电力产业的发展很大程度上取决于水资源的承载力、环境的容量和电力生产的综合竞争力。古交发电厂按照循环经济“减量化、再循环、资源化”的要求，很好地解决了燃煤发电的一系列环境资源问题，极大地提高了电厂的综合经济效益和竞争力，为全省电力产业的新型化做出了很好的表率和示范。

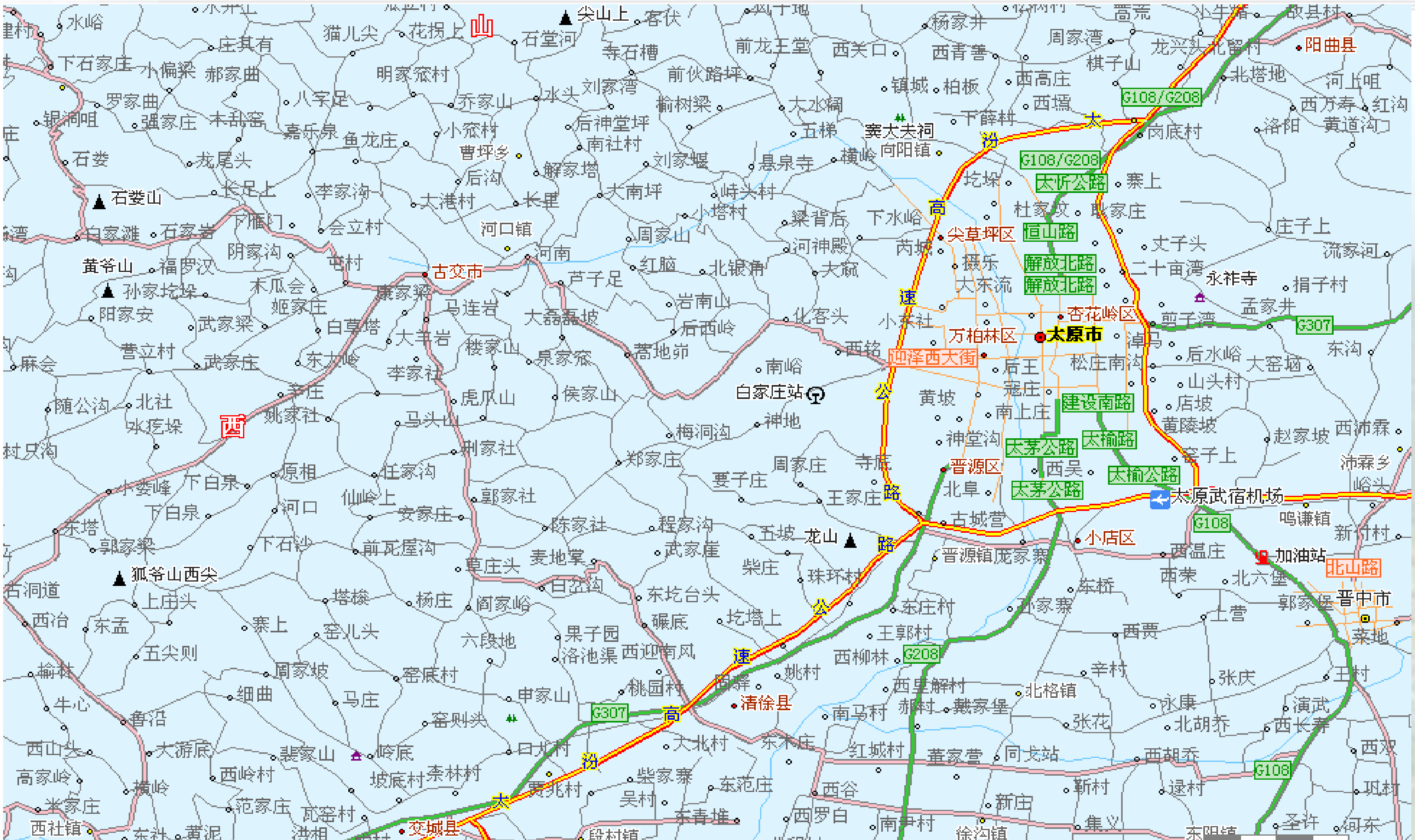
2005年古交发电厂被列入了国家首批循环经济试点单位。多年来，经过我们煤炭人不断探索和不懈努力，我们走出了一条“煤电材，煤电热”大循环之路。

古交发电厂规划装机容量为3120ＭＷ，其中一期工程2X300ＭＷ，二期工程2X600ＭＷ，三期工程2X660ＭＷ。

山西兴能发电有限责任公司

SHANXI XINGNENG POWER COMPANY LLTD.

负荷中心



煤电联营

古交发电厂是由国内煤炭行业的龙头企业：山西焦煤集团公司投资建设的煤电联营项目。项目真正实现了：**煤炭办电、电煤联手、产业联动、优势互补，是实施输煤输电并举战略的双盈项目。**

综合利用

古交电厂燃用洗中煤、煤泥、煤矸石等低热值燃料，从根本上解决了洗中煤、煤泥和煤矸石就地堆放造成的环境污染，并提高了煤炭资源的综合利用率。其执行情况为：

古交电厂一、二、三期工程的锅炉及其辅助系统完全按照古交矿区洗煤副产品进行设计制造；一期工程投产后，已实现燃用洗中煤及煤泥200万吨/年；二期工程投产后，燃用洗中煤400万吨/年。三期可燃用洗中煤500万吨/年，届时古交矿区五个洗煤厂的全部副产品---洗中煤、煤泥将全部用于电厂发电。真正实现了“煤炭资源的吃干”。

坑口电厂

古交发电厂位于古交矿区中心位置，距年产原煤500万吨的屯兰矿井主斜井口仅800M，与其他四个矿井的公路距离也均在13KM以内，并且都有铁路专用线相连，特别是东曲矿到屯兰配煤厂投资3亿元，建设7KM地下专用皮带输煤通道，因而属于典型的坑口电厂，可以大大节约运输成本。

山西兴能发电有限责任公司
SHANXI XINGNENG POWER COMPANY LLTD.

坑口电厂

古交电厂

古交配煤厂

屯兰矿

屯兰选煤厂

中水处理厂

循环经济　环保节能　煤电联营　坑口电厂　燃洗中煤　负荷中心

全封闭运输

与全国同类型项目相比，电厂内不设卸煤沟和露天储煤场，洗中煤自配煤厂至电厂主厂房入口运输及储存为全封闭，彻底消除了煤场堆放，燃料运输对环境的污染。

直接空冷

*直接空冷：采用直接空冷技术和装备，比常规湿冷机组节水在**70%**以上。*

- 一期空冷岛系统工程总投资1.45亿元，由德国巴克杜尔公司承担设计、设备制造。
- 二期空冷岛系统工程总投资2.5亿元，由美国GEA公司承担设计、设备制造。
- 截止目前，系统运行正常，其出力均满足机组夏季满负荷运行的要求。

中水复用

（二）、中水复用：古交发电厂辅机冷却循环水全部采用经深度处理的矿井排水、城市污水——中水；日消耗中水**20000**吨。

一期工程脱硫除尘岛，二期工程脱硫岛均采用设计、设备、安装、调试总承包交钥匙工程，一期总投资1.65亿元，二期总投资1.35亿元，并随主机同时设计、同时施工，同时投入使用。

按照山西省 2017 年底前 30 万千瓦及以上机组全部完成超低排放改造的整体要求，2015年，我们组织完成了一二期四台机组的超低排放改造工作。目前，四台机组已全部完成相关性能试验和环保验收工作，各项指标全部符合国家超低排放标准，均取得环保验收批复文件，享受到奖励电价。环保设施运维水平不断提升，设施投入率达到100%；环保工作再上新台阶。

盘活资产

古交发电厂一期、二期、三期工程的占地，全部利用股东－－西山煤电集团公司原古交矿区供应仓库、坑木加工厂、消防队、机修中心等企业自有存量土地，其中一、二期占地463亩，三期占地343亩，使这块土地重新发挥了作用，有效盘活了企业存　量土地资产。

贮灰场

一期工程在电厂西北面900米外投资1744万元，建设有一个占地529亩，贮灰容量为745万立方米的张镇沟灰场，设计服务年限为11年。

二期工程在电厂西北面2000米外投资2432万元，建设有一个占地940.8亩，贮灰容量1763万立方米的元家山灰场，设计服务年限为10.36年。

。

为了有效缓解粉煤灰排放带来的一系列问题，在古交发电厂三期扩建工程项目启动之初，即将“2 X4500吨新型干法水泥生产线”、“20万吨石膏及3000平方米纸面石膏板生产线”作为电厂三期工程的配套项目列入了整体规划，并力争实现粉煤灰综合利用的“三同时”。上述二项目建成投产后可以年处理粉煤灰200万吨/年以上，脱硫石膏30万吨以上，可以实现电厂三期扩建工程投产后粉煤灰及脱硫石膏的综合利用，并能部分减少电厂一二期工程粉煤灰的排放量，对于节省土地、实现资源综合利用具有十分重要的意义。

二、供热改造工程

- 立项依据
- 供热管线
- 社会效益
- 工程建设

（一）、供热立项依据

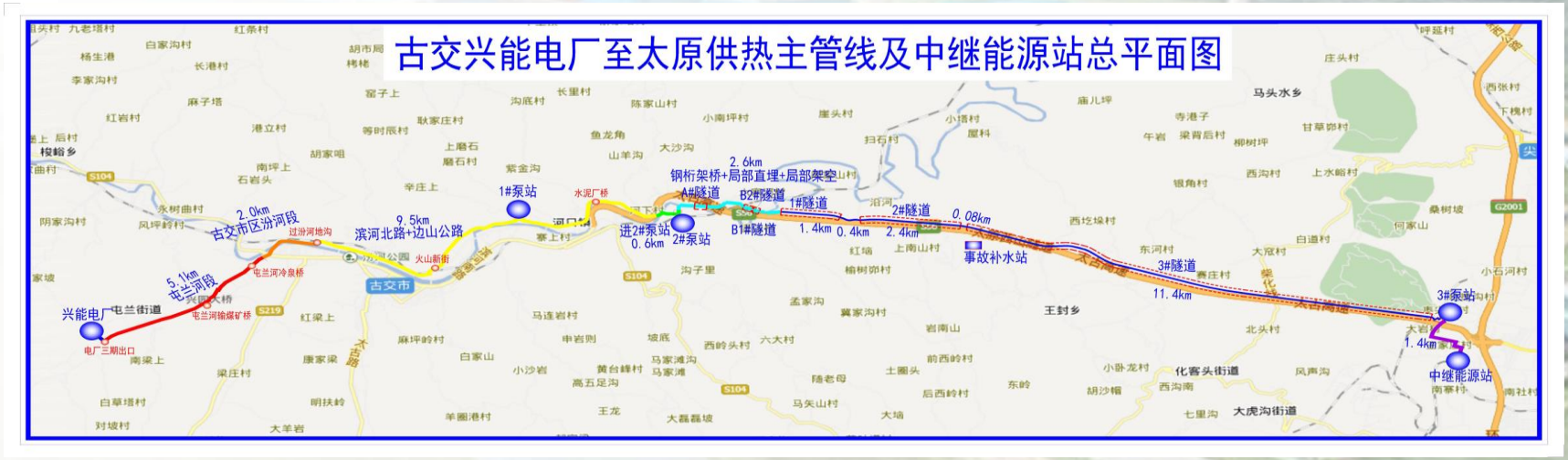
1、太原市清洁能源供热全覆盖规划方案

2013年2月24日太原市政府市长办公会议，确定山西兴能发电有限责任公司古交发电厂作为太原市集中供热热源之一，2013年5月清华大学完成了《太原市清洁能源供热方案(2013年-2020年)》（以下简称为《供热方案》），2013年6月29日太原市政府对其进行了批复。

立项依据

2、山西省发展和改革委员会批准

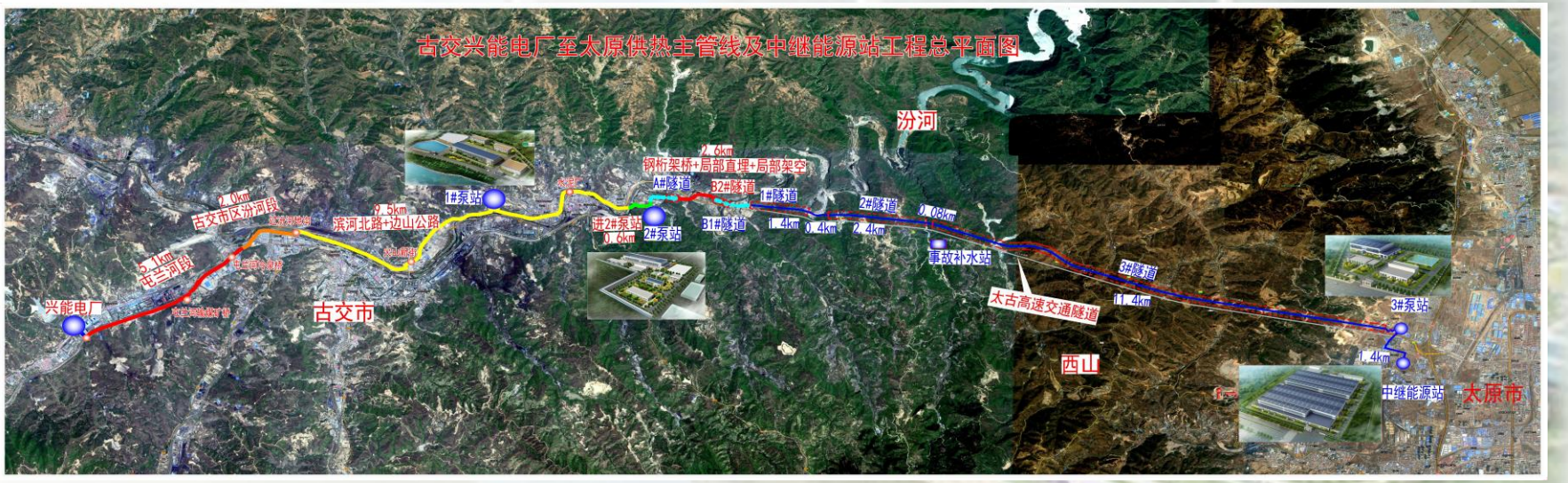
2013年9月30日，太原市热力公司与兴能发电公司签订《集中供热协议书》，2013年11月4日山西省发展和改革委员“晋发改资环发[2013]2145号《山西省发展和改革委员会关于古交兴能发电厂至太原供热主管线及中继能源站工程预可行性研究报告的批复》”。



（二）、古交兴能发电厂至太原供

热主管线及中继能源站工程

《主管线工程》总投资48亿元，主要建设内容：敷设四根DN1400供热主管道37.8千米（两供两回）；建设中继泵站3座、事故补水站1座、末端中继能源站1座、隧道工程15.17千米及配套工程。



（三）、节约能源及环境保护的效果

- 节约能源：达产后，一个采暖季的年抽汽供热量1137万GJ，乏汽年供热量2663万GJ，乏汽供热每年节约标煤99.8万吨/年。
- 减排效果：达产后每年可减少CO2排放量217万吨，减少SO2排放量6.6万吨，减少NOX排放量3.3万吨，减少碳粉尘2.9万吨。CO2、SO2、NOX及烟尘是造成大气污染的重要污染源，由于其排放量的减少，使城市空气质量得到改善。
- 社会效益：节约大量一次能源消耗，同时减少了煤、灰渣等在装卸、运输，贮存过程中对环境、交通及占地的影响。
- 降低噪声：由于集中燃煤锅炉房一般分散在建筑群中，如果离居民及办公地点较近，锅炉运行过程中风机水泵产生的噪声及运煤、除灰车辆产生的噪声在一定程度上干扰了居民的生活。
- 占地减少：由于不再新建锅炉房，将大大减少城市占地，有利于城市的建设和发展。

● 工程建设

- 项目建设模式：合同能源管理
- 项目技术方案：城市热网　供热参数　供热规模
- 供热改造工程：供热方案　供 热 量　主要设备
  项目投资　建设工期　社会效益

（四）、项目建设模式

项目建设单位：山西兴能发电有限责任公司
项目设计单位：山西电力勘测设计研究院
主机改造单位：东方电气集团东方汽轮机
项目监理单位：北京中达联咨询有限公司
项目总包单位：项目工程采用合同能源管理模式（联合体中标）
山西省工业设备安装有限公司，
北京国电蓝天节能科技技术开发有限公司
其中：项目施工单位：山西省工业设备安装有限公司
项目调试单位：国电蓝天科技开发有限责任公司
项目运行单位：山安蓝天科技节能有限公司供热公司

（五）、项目技术方案简介

在本工程根据各个供热区域参数以及机组的特点，并且吸取已建同类工程经验，最终选用多热网、多级串联高背压供热方案，实现热量的梯级和最大化利用，以达到节能减排的目的。

1、城市热网简介

本供热项目工程将向太原市、古交市、马兰矿区、屯兰矿区及电厂厂区五个热网供热。

2、供热参数

太 原 市：供回水温度130/30℃　循环流量30000t/h
古 交 市：供回水温度130/40℃　循环流量4020t/h
马兰矿区：供回水温度120/60℃　循环流量1940t/h
屯兰矿区：供回水温度120/60℃　循环流量1265t/h
厂　　区：供回水温度110/70℃　循环流量538t/h

3、供热规模

太 原 市：供热负荷3924MW 供热面积8000万㎡，年供热量3606万GJ
马兰矿区：供热负荷135MW　供热面积162万㎡，年供热量117万GJ
屯兰矿区：供热负荷88MW　供热面积107万㎡，年供热量77万GJ
厂　　区：供热负荷25MW　供热量22万GJ。
注：太原市包括古交市

（六）、供热改造工程简介

根据供热区域参数以及机组的特点，本工程采用了空冷机组乏汽余热多级串联供热系统，即热网循环回水在电厂内依次经过不同背压的凝汽器逐次对热网循环水进行加热，经多级加热后，进入热网循环水泵进行升压，升压后进入尖峰加热器进行终级加热，再向外网输送。

1、供热方案简介

- 太原市热网：供热采用5、6号机常规凝汽器（10.5KPa.a）+4号机常规凝汽器（15KPa.a）+3号机高背压凝汽器（35KPa.a）+2号机高背压凝汽器（54KPa.a）+1号机超高背压凝汽器（70KPa.a）+尖峰加热器逐级串联的供热方案。
- 古交市热网：供热采用4号机常规凝汽器（15KPa.a）+3号机高背压凝汽器（35KPa.a）+2号机高背压凝汽器（54KPa.a）+1号机超高背压凝汽器（70KPa.a）+尖峰加热器逐级串联的供热方案。
- 马兰、屯兰矿区热网：供热采用3号机高背压凝汽器（35KPa.a）+2号机高背压凝汽器（54KPa.a）+1号机超高背压凝汽器（70KPa.a）+尖峰加热器逐级串联的供热方案。
- 厂区热网：供热采用2号机超高背压凝汽器（54KPa.a）+1号机超高背压凝汽器（70KPa.a）尖峰加热器逐级串联的供热方案。

2、电厂供热量简介

- 一、二期机组改造：
- 1号机组运行背压为70kpa；
- 2号机组运行背压为54kpa；
- 3号机组运行背压为35kpa,额定供热抽汽量470t/h；
- 4号机组运行背压为15kpa,额定供热抽汽量600t/h；
- 三期供热参数：设计背压10.5kpa，额定供热抽汽量800t/h 。

- 电厂近期（一二期改造工程）年供热量2231万GJ，其中：抽汽年供热量305万GJ，乏汽年供热量1926万GJ。

- 电厂远期（一二三期工程合计）年供热量3800万GJ，其中：抽汽年供热量1137万GJ，乏汽年供热量2663万GJ。

3、主要设备

- 太原供热系统(1个系统)
- 凝　汽　器：1号机组　1台　157MW　80℃加热到89℃
- 　　2号机组　1台　178MW　73℃加热到80℃
- 　　3号机组　2台　133MW　54℃加热到73℃
- 　　4号机组　2台　152MW　45℃加热到54℃
- 　　5号机组　1台　200MW　30℃加热到45℃
- 　　6号机组　1台　200MW　30℃加热到45℃
- 循环水　泵：4台　流量　4500t/h　扬程110mh20　1800kw
- 补　水　泵：2台　流量　130t/h　扬程70mh20
- 尖峰加热器：太原供热站2台140MW　89℃加热到99℃
- 　　三期　3台195MW　99℃加热到130℃
- 共用设　备：软水器、疏水冷却器、凝结水冷却器、除氧器、排污泵、真空泵等
- 古交、屯兰、马兰、厂区忽略

4、一二期供热改造工程概算投资及实际完成情况

◆《项目可研报告》：一、二期供热改造工程静态投资概算：61225万元。其中：主厂房内部（主机）改造工程13028.23万元，厂区供热工程(含首站和热网)50770.08万元。

◆2、项目经公开招标：一、二期供热改造工程合同总价为53451.92万元，其中：主厂房内部（主机）改造工程10454.92万元，厂区供热工程(含首站和热网)合同总价为42997万元。

古交发电厂供热工程项目建设投资概算、计划、完成统计表

序号	年度	工程内容	投资（万元）				备注
			计划(估算)	合同	目前完成	目前完成合同%	
1	2014	1#机组改造	2678.23	2678.23	2678.23	100	设备(东汽)+安装(山东电建)
2	2015	2#机组改造	4035	2250	2250	100	
		一期厂区供热工程	15000	15000	15000	100	合同能源管理(山安蓝天)
3	2016	3#机组改造	3365	1771.2+805.49=2576.69	2576.69	100	设备(东汽)+安装(山东电建)
		4#机组改造					
		二期厂区供热工程	26159.77	20960	20960	100	合同能源管理(山安蓝天)
4	2017	1#机组改造	2950	2950	2950	100	设备(东汽)+安装(山东电建)
		一期厂区供热工程	7037	7037	7037	100	合同能源管理(山安蓝天)
合　　计			61225	53451.92	53451.92	100	

5、一二期供热改造工程完成情况

- **一二期主厂房内供热改造工程**

✓ 1#机组供热改造（打孔抽汽）：2014年7月13日开工，09月30日竣工。
✓ 2#机组供热改造（高背压）　：2015年9月25日开工，10月31日竣工。
✓ 3#机组供热改造（打孔抽汽）：2015年9月25日开工，10月31日竣工。
✓ 4#机组供热改造（打孔抽汽）：2016年3月01日开工，05月31日竣工。
✓ 1#机组供热改造（超高背压）：2017年9月10日开工，10月20日竣工。

- **一期厂区供热改造工程：**

✓ 2015年05月26日，一期供热首站正式开工。
✓ 2015年10月25日，系统注水打压完成。
✓ 2015年10月30日，整套试运行完成。
✓ 2015年10月30日，正式投入商业运行。

建设工期

- **二期厂区供热改造工程：**

✓ 2016年3月5日，二期供热首站正式开工。
✓ 2016年8月31日，太原供热1号管线系统具备注水条件。
✓ 2016年10月18日，单机调试结束。
✓ 2016年10月20日，系统调试结束。
✓ 2016年10月25日，整套系统调试结束。
✓ 2016年10月27日，厂内外系统冷态联合调试结束。
✓ 2016年10月28日，三内外系统开始升温，并同时进行热态联合调试。
✓ 2016年10月31日，热态联合调试结束。
✓ 2016年11月01日，二期供热系统正式投入商业运行。

三、综合评价

- 供热收益
- 运行参数
- 乏汽利用
- 综合评价

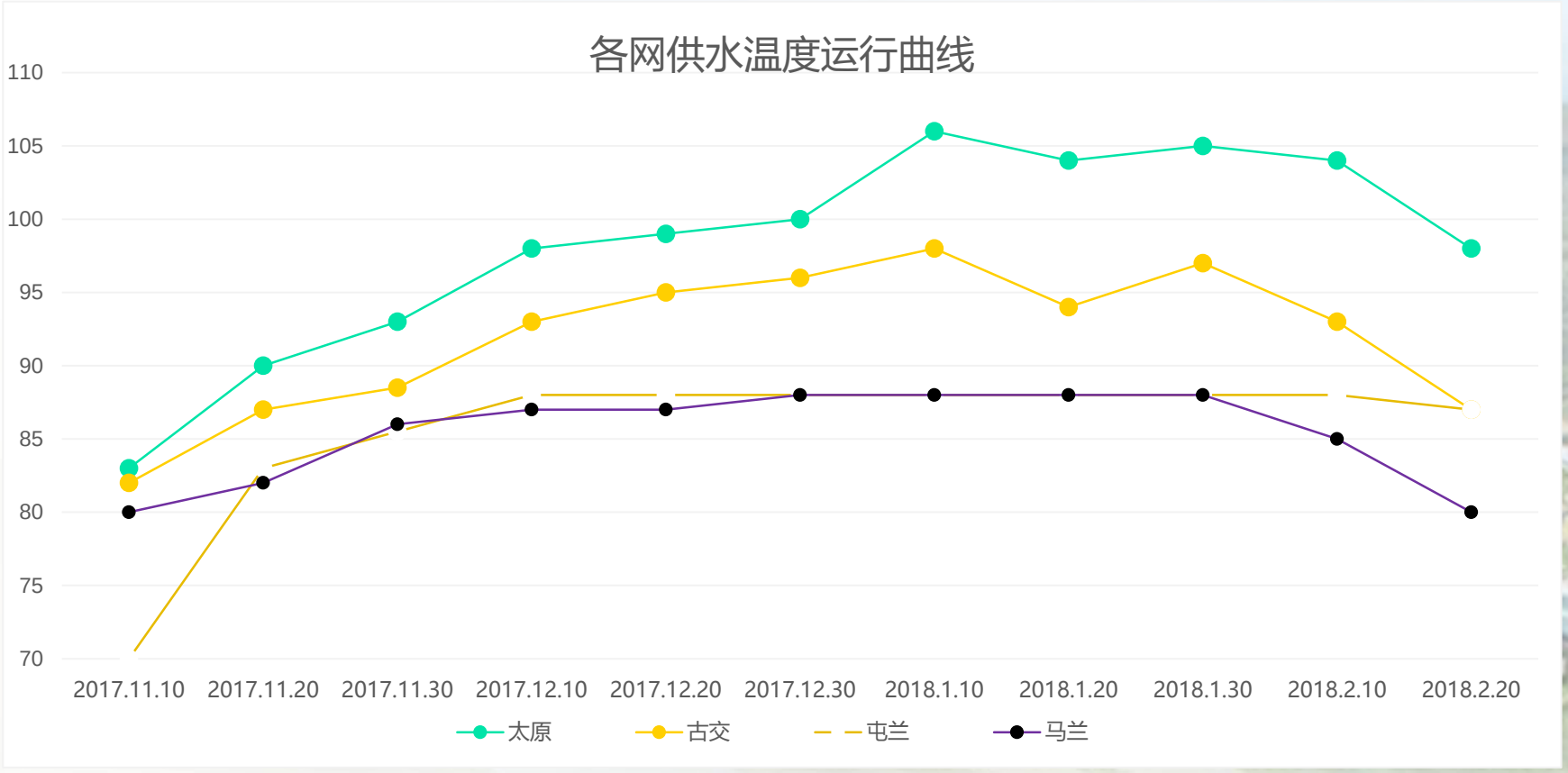
（一）、供热收益-----2015、2016供热结算汇总表

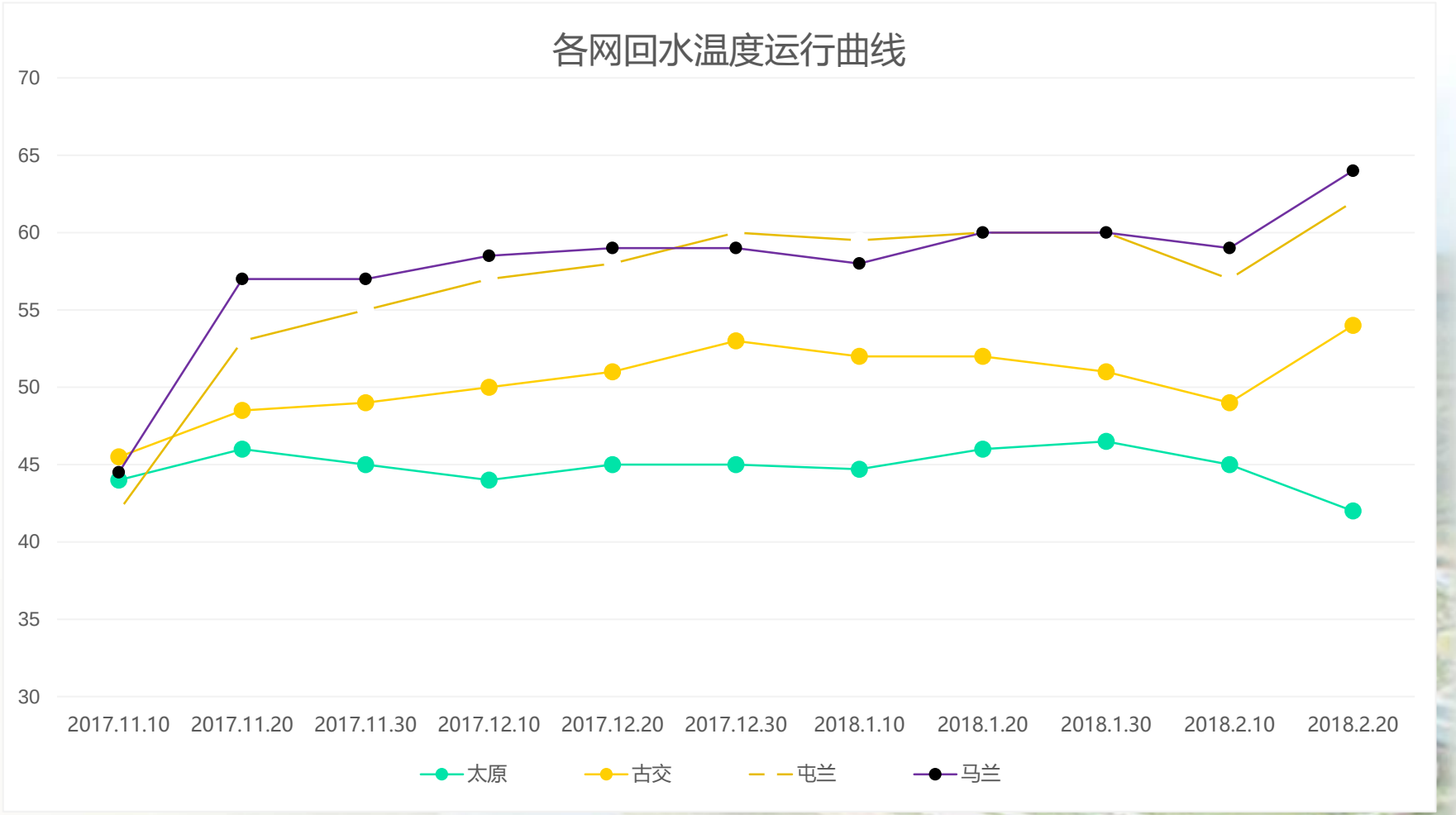
序号	年度	供热方向	20152016外网			备注
			量（GJ）	单价（元/GJ）	合同额（元）	
1	2015~2016供热季	太原	0	0	0	
2		古交	1840580	25	46014500	
3		马兰	347088	27.5	9544920	
4		屯兰	398618	27.5	10911995	
5		厂区	0	0	0	
合　　计			2586286		63521415	
1	2016~2017供热季	太原	7833322.79	15.0	117499841.9 +39160000.0	其中：补充软化水258525×10=2585250元，太原市政府补贴5元/GJ，总计补贴3916万
2		古交	2402636.00	20.0	48052720.0	
3		马兰	398765.00	27.5	10966037.5	
4		屯兰	429117.00	27.5	11800717.5	
5		厂区	90070.00	0	0	
合　　计			11153910.79		227479316.9	元
总　　计			13740196.79		291000731.9	

供热收益

- **增加收入：** 自供热工程投入商业运行后，2015年供热面积为700万平方米，供热收费为6353万元；2016年供热面积为3300万平方米，供热收费达22747万元（政府补贴3916万元），2017年供热面积为4600万平方米，初步测算收益达30000万元以上。2018年三期投产，供热能力可达8000平方米，供热收益将大幅度提高。
- **增加电量：** 本项目实施后，古交发电厂即由现在的纯发电机组变成了热电联产机级。在每年151天的采暖期，其发电负荷得到了根本的保证。
- **政策奖励：** 财政部、国家发展改革委2011年6月21日联合印发的《节能技术改造财政奖励资金管理办法》中第六条规定：东部地区节能技术改造项目根据项目完工后实现的年节能量按240元/吨标准煤给予一次性奖励，中西部地区按300元/吨标准煤给予一次性奖励。

（二）、供热改造工程系统运行参数




各网回水温度运行曲线
70
65
60
55
50
45
40
35
30
2017.11.10
2017.11.20
2017.11.30
2017.12.10
2017.12.20
2017.12.30
2018.1.10
2018.1.20
2018.1.30
2018.2.10
2018.2.20
太原
古交
屯兰
马兰

（三）、乏汽利用

2016~2017年度供热期供汽量统计表

供暖方向	乏汽量（GJ）	抽汽量（GJ）	合　计
太原	7043445.345	789877.445	7833322.79
古交	2361957.5	40678.5	2402636
屯兰	429063.5	53.5	429117
马兰	398734.6	30.4	398765
厂区	85652.6	4417.4	90070
总　计	**10318853.545**	**835057.245**	**11153910.79**
占比%	**92.51**	**7.49**	**100**

2017～2018年度供热期供汽量统计表

供暖方向	2017年11月（GJ）		2017年12月（GJ）		2018年01月（GJ）		2018年2月（GJ）		2018年3月（GJ）		合　计		总 计
	乏汽量	抽汽量	乏汽量	抽汽量	乏汽量	抽汽量	乏汽量	抽汽量	乏汽量	抽汽量	乏汽量	抽汽量	
太原	2598490	54709	2891078	518190	3077091	870327	2589769	563400			11156428	2006626	13163054
古交	496407	2	54634	53165	564499	101044	449563	45886			2056813	200097	2256910
屯兰	79510	0	99491	0	108214	0	91630	0			378846	0	378846
马兰	84195	0	100586	0	107017	0	91549	0			383347	0	383347
厂区	24203	0	26576	0	26593	0	21286	0			98658	0	98658
小计	3282806	54711	3664075	571355	3883414	971371	3243797	609286			14074092	2206723	16280815
合计	3337517		4235430		4854785		3853083				16280815		
	98.36	1.64	86.51	13.49	79.99	20.01	84.19	15.81			86.45	13.55	100

（三）、综合评价

- **系统运行平稳：** 系统投运三年来，仅发生过一次系统停运、二次电厂机组事故停机，但均未给居民供热造成重大影响。

- **泛汽利用率高：** 系统投运三年来，在初末寒（近四十天）期，机组高背压运行产生的乏汽即可满足外网要求的供水温度，特别是屯兰矿、马兰矿、电厂厂区三个外网，整个采暖季仅泛汽即可满足供暖需求，大大降低了供热成本。

  其中：

  2016~2017年度采暖季乏汽利用率达93%。

  2017~2018年度采暖季初步测算可达90%。

- 运行补水量小：两年多来，补水量很小，不足1%。
- 温降损 失 小：两年多来，37.8KM温降未超过1度。
- 循环水 量 小：太原市每个供热系统设计循环水量为15000t/h，

  但目前最多11000t/h；设计循环水泵扬程为110mh2o，但目前循环水泵扬程仅为30mh2o。
- 供热温度均匀：昼夜供水温度均匀，能够满足热力调度要求，满足了用户采暖温度要求，达到了设计效果。
- 综合评价结论：太古项目充分证明了大温差、

  长距离输送、大高差集中供

谢 谢
兴能发电
XINGNENG POWER