



EPTCHINA.CN
中国电力科技网



中国华电
CHD

第三届热电联产远距离低能耗集中供热技术研讨会



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》行业标准起草工作。

格盟国际瑞光电厂冷热联供工程案例分析

主办单位：中国电力科技网

协办单位：华电宁夏灵武发电有限公司 宁夏华电供热有限公司

2020年1月8-10日 中国·银川



CEEC 中国能建山西院

EPTCHINA.CN

格盟国际瑞光电厂冷热联供项目案例分析

主讲人：刘冲

中国能源建设集团山西省电力勘测设计院有限公司

2020年1月

目 录

1

概况

2

项目建设意义

3

项目设计和工作内容

4

方案介绍

5

运行数据分析

6

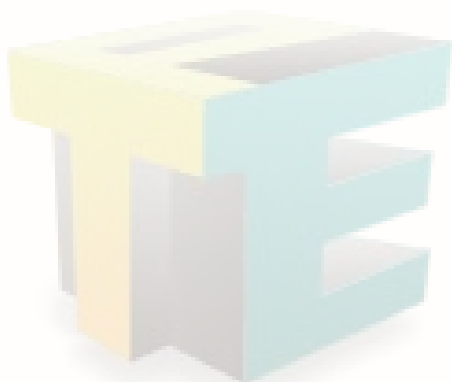
各类空调制冷机比较

7

各类热源加热生活热水燃料
成本比较

8

总 结



EPTCHINA.CN

1

概况

中国电力科技网

1. 概况

瑞光电厂地理位置

- 瑞光热电厂位于山西省太原市东南、晋中市正北方向的东沙沟村附近，距太原市区约11km，距晋中市约10km。厂区北邻山区，处于山区南侧的浅丘区上。厂区自东北向西南倾斜。



1. 概况

瑞光电厂装机容量

- 山西瑞光热电有限责任公司由山西国际能源（格盟国际）集团有限公司投资兴建，一期建设 $2 \times 300\text{MW}$ 空冷供热机组，于2012年1月双机投产发电。
- 锅炉为亚临界压力、一次中间再热、单炉膛、自然循环、平衡通风、固态排渣、汽包型燃煤锅炉，上海锅炉厂生产。
- 汽轮机为亚临界蒸汽参数、一次再热、单轴双缸双排汽采暖抽汽凝汽式空冷机组，上海汽轮机厂生产。

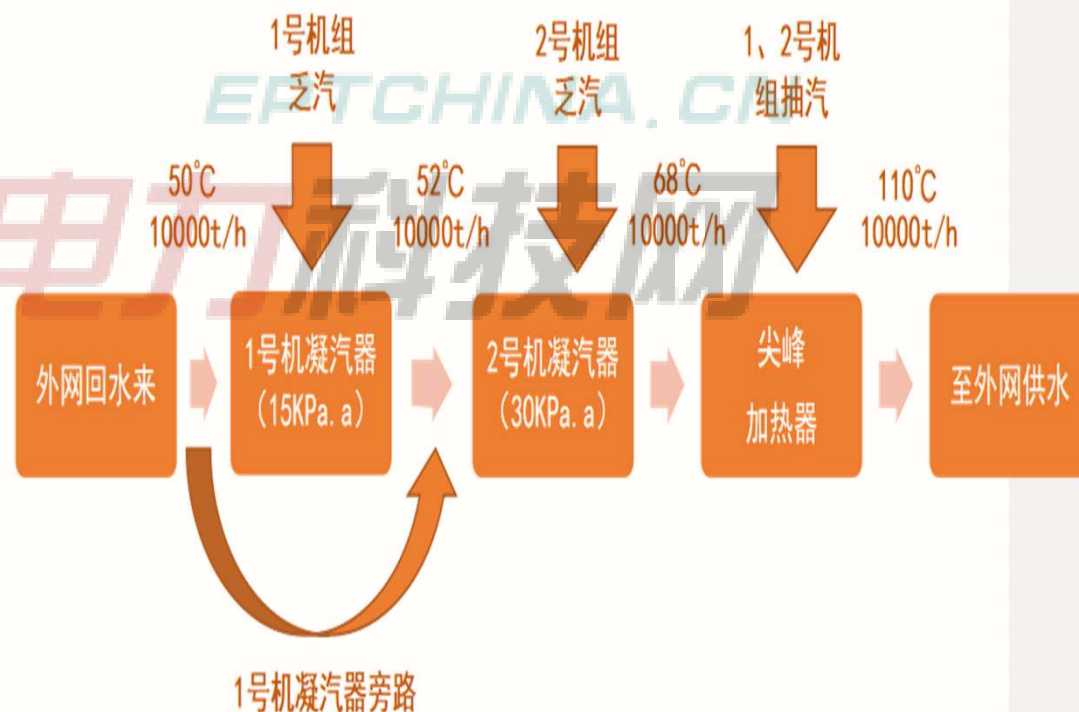


1. 概况

瑞光电厂供热现状

- 采暖五段抽汽，抽汽参数为0.4MPa，246℃，额定抽汽量为525t/h，最大抽汽量为560t/h。由于电厂进行了1、2号机高背压改造，当机组冬季高背压（30KPa.a）运行时，最大抽汽量按照300t/h考虑。
- 循环水参数：目前，电厂冬季供热循环水流量为10000t/h，其中太原7000t/h，晋中3000t/h，供回水温度为110/50℃，热负荷为696.67MW，
- 供热面积：供太原1200万平米，供晋中市600万平米，供热面积1800万平米。

现状供热系统示意图



1. 概况

冷热用户武昌机场供热供冷现状

➤ 武昌机场场区分为航站区、机务区和生活区。

➤ 原有热源：

机务区：3台6t/h燃煤热水锅炉，供7.4万平米；

动力区能源站：2X20t/h燃煤热水锅炉+2X20t/h蒸汽锅炉，供航站区和生活区。

➤ 采暖供回水温度：68/55℃，供热面积54万平米，

➤ 制冷站内现有制冷量为 3×5.82 MW蒸汽驱动型溴化锂制冷机+3台LRS冷却塔，冷冻水供回温度7/12℃，驱动蒸汽由锅炉房2×20t/h蒸汽锅炉提供。供冷面积11.9万平米

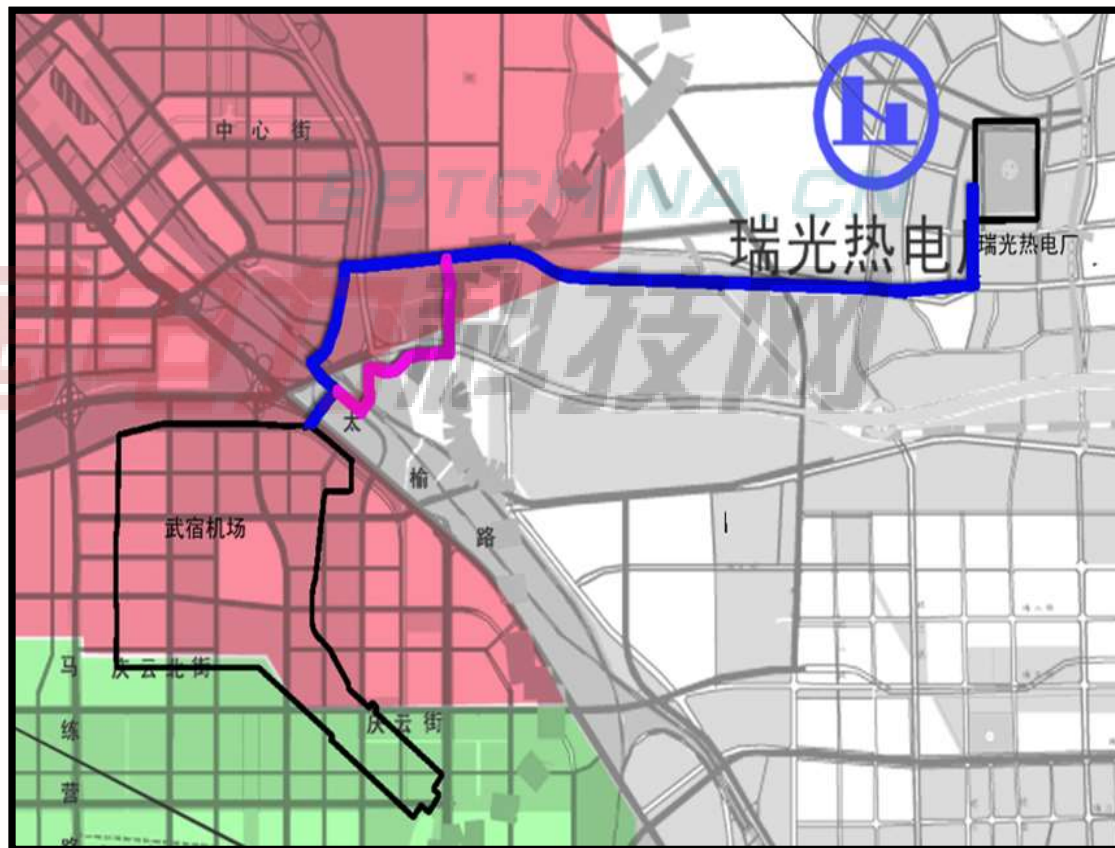


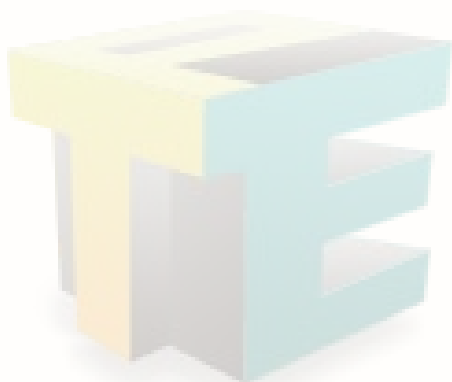
1. 概况

武宿机场近期供热供冷规划

- 近期规划供热面积和热负荷：
近期规划供热面积：101.4万平米，79.6MW，
近期规划供冷面积：21.9万平米，供冷负荷31.4MW。
- 近期规划生活热水：10MW。
- 近期规划热源：瑞光电厂提供高温热水。
- 冬季供热（110/50℃），夏季通过高温热水（120/70℃）驱动溴化锂机组制冷（7/12℃）。
- 生活热水夏季利用空调冷却水和热网回水加热，冬季利用热网回水和供水加热。
- 近期规划管网：由瑞光电厂沿龙城大街敷设至机场，供热半径12.5公里，管径2XDN500。
- 热力站：4座（改建3座，新建1座），
- 制冷站：1座（改建）。

瑞光电厂至武宿机场供热管网路由图





2

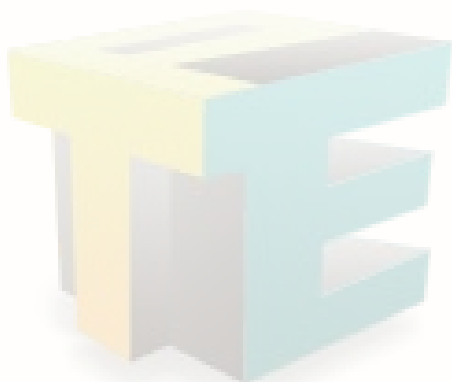
项目建设意义

EPTCHINA.CN

中国电力科技网

2. 项目建设意义

- ✓1. 替代原来燃煤锅炉，年节约 $4.9 \times 10^4 \text{tce}$ 标准煤；
- ✓2. 提供夏季制冷，拓宽电厂供能服务种类；
- ✓3. 冷热联供使电厂及供热系统每年运行时间由5个月提高到10个月以上，增加电厂经济；
- ✓4. 夏季制冷为全年供生活热水提供了经济基础，成本低，市场竞争优势明显；
- ✓5. 利用瑞光电厂抽汽+空冷岛乏汽余热产生的高温水实现冷热联供，在国内还是首例，对于热电联产冷热联供有参考作用。



EPTCHINA.CN

3

项目设计和工作内容

中国电力科技网

3. 项目设计和工作内容

➤ 热源部分：

建立独立的机场供热系统，建立冷热联供首站

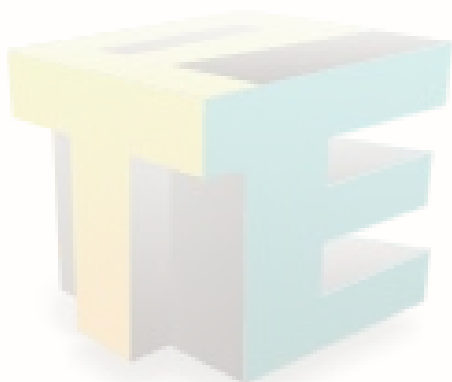
➤ 热网部分：

新敷设一路热力网主干线长度约12.5km（沟槽长度） $2\times DN500-2\times DN250$ 的供热管道。

改造现有制冷站1座，改造现有热力站3座，新建1座热力站，新建1座中继泵站。

热力站至热用户冷热管网优化，建立热水供应站





4

方案介绍

EPTCHINA.CN

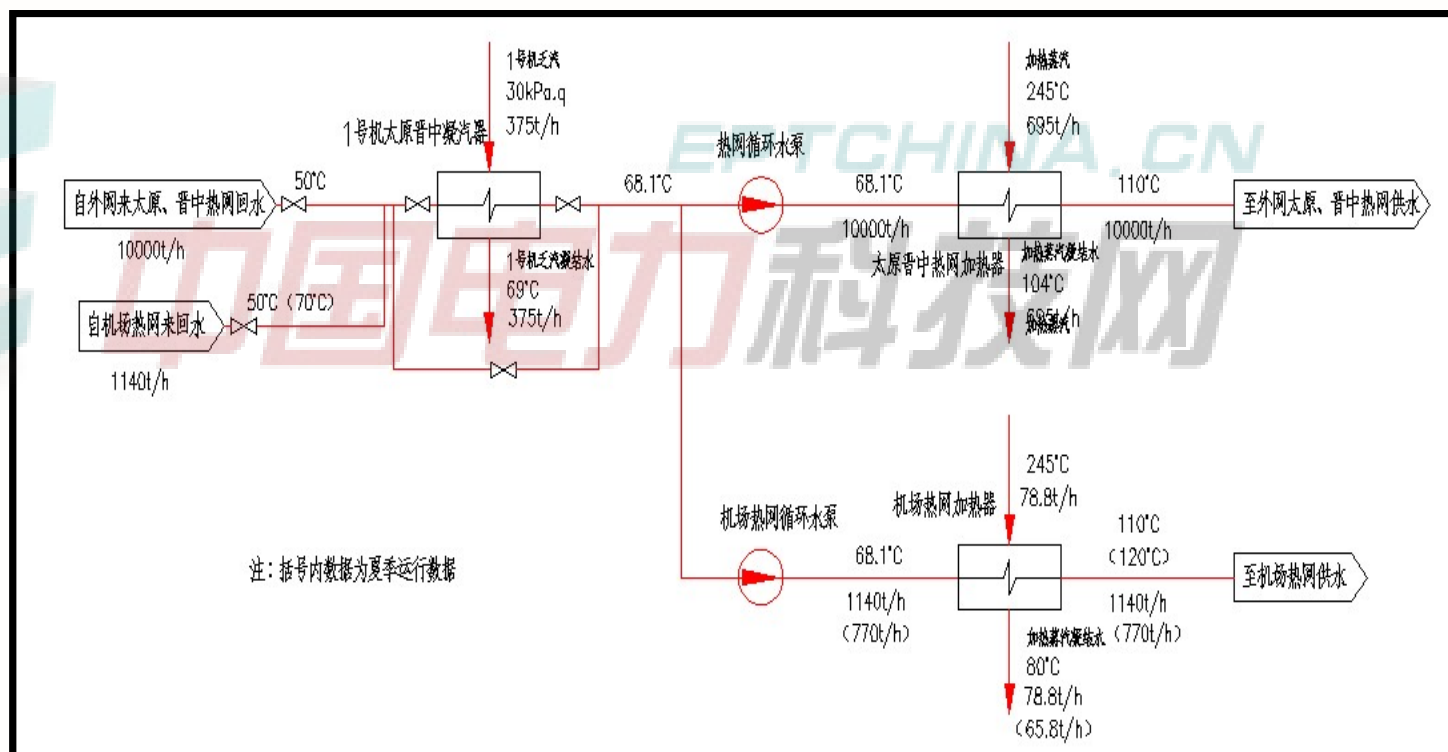
中国电力科技网

4. 方案介绍

电厂内供热系统

- 热网循环水量1140t/h, 冬季供回水温度110/50℃, 流量1140t/h, 与原系统混水后进入1#机凝汽器, 出水温度68℃, 经过冷热联共首站加热到110℃供出,
- 夏季利用冷热首站将回水70℃加热到120℃供出,
- 蒸汽由5段抽汽引来, 蒸汽参数0.4MPa, 246℃, 疏水经冷却后排至对应热井中。

电厂供热系统图

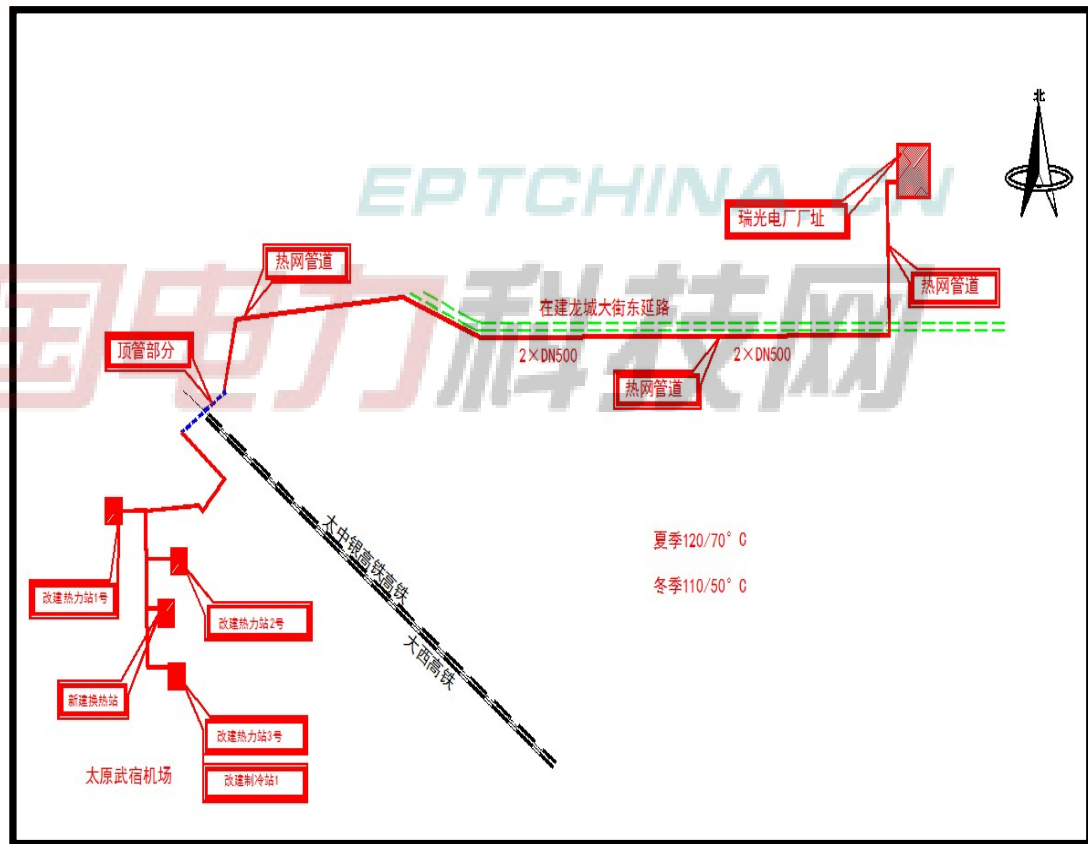


4. 方案介绍

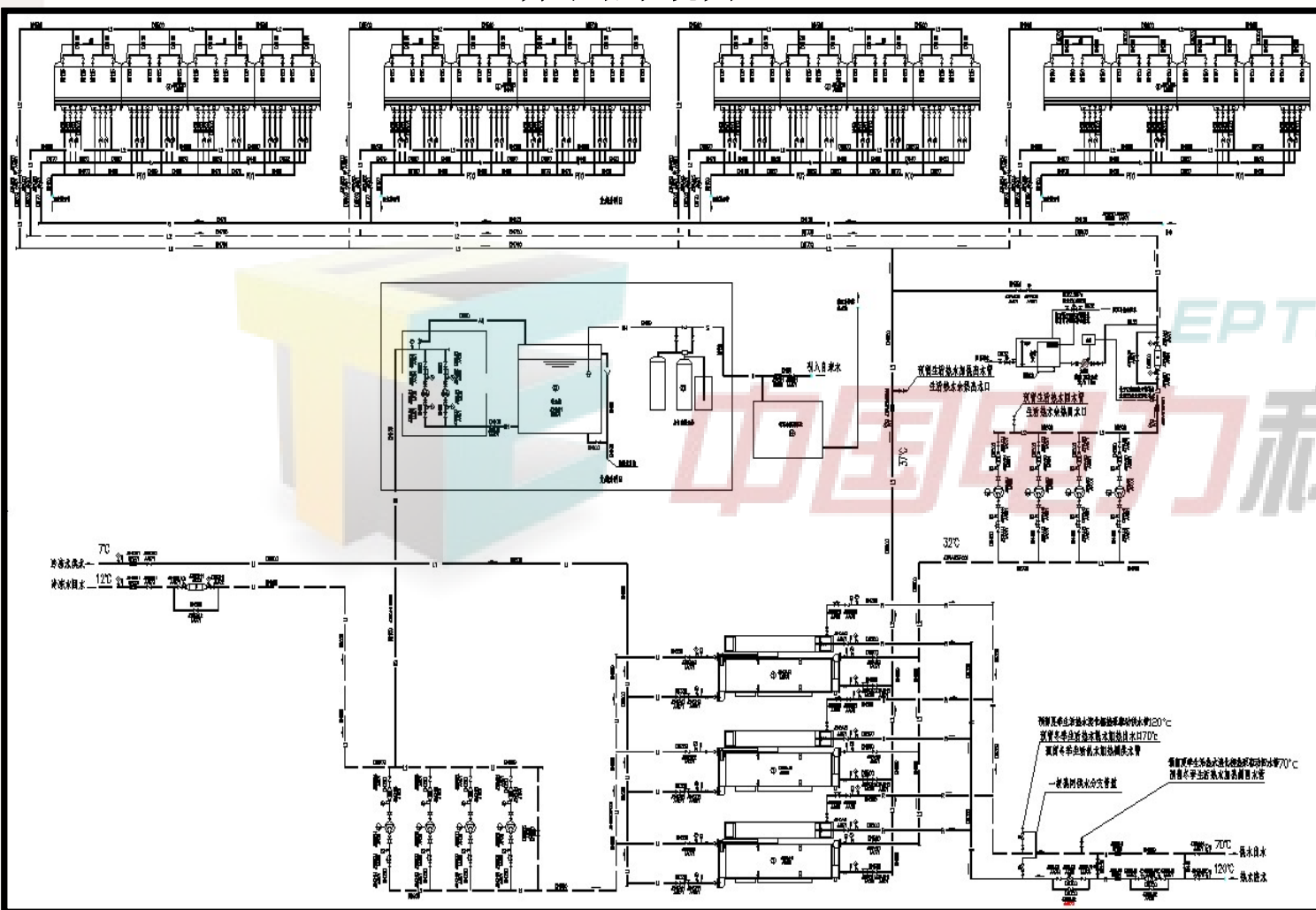
电厂外供热系统

- $2 \times \text{DN}500$ 供热管道沿龙城大街东延路段的南侧敷设，穿越大西高铁、太中银高铁至飞机场，冬季供机场4个热力站和1个冷热站，供热半径12.4公里，全程以直埋为主，局部地点架空敷设。
- 改建热力站1-3号：供热面积71.4万平米，56.1MW；板换换热，一级管网 $110/50^\circ\text{C}$ ，二级管网 $70/45^\circ\text{C}$ ；
- 新建热力站：供热面积30万平米，23.5MW，板换换热，一级管网 $110/50^\circ\text{C}$ ，二级管网 $70/45^\circ\text{C}$ ；
- 夏季制冷站利用 $3 \times 5812\text{kW}$ 热水驱动型溴化锂吸收式冷水机组供冷，驱动热水由瑞光电厂提供，供冷面积11.9万平米，制冷负荷16.4MW，远期规划供冷面积21.9万平米，制冷负荷31.4MW，进出口温度为 $120/70^\circ\text{C}$ ；通过溴化锂吸收式冷水机组驱动后制出冷冻水，冷水进出口温度为 $12/7^\circ\text{C}$ ；冷水机组产生的余热通过冷却水送至冷却塔排放到大气中，冷却水进出口温度 $32/37^\circ\text{C}$ 。
- 夏季由于冷水机组产生的余热都排放到大气中，造成能源浪费，从节能能源的角度考虑，规划将部分余热进行回收，生活热水通过冷却水板换、一级网回水板换梯级换热向机场内酒店、餐厅等周围用热大户供应生活热水，不但利用了余热，而且降低了现状用户的制水成本。

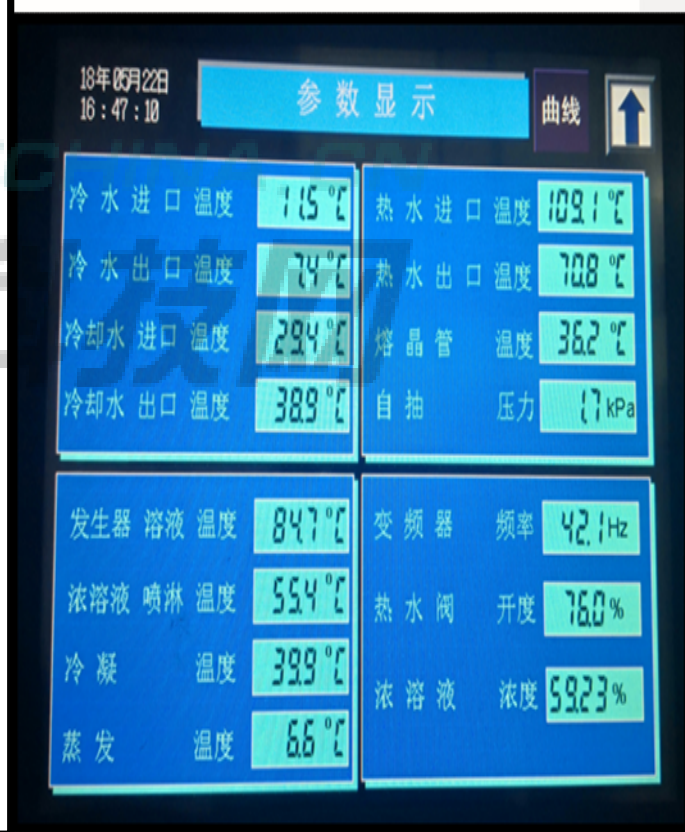
瑞光电厂冷热联供管网示意图



制冷站系统图



制冷站运行数据

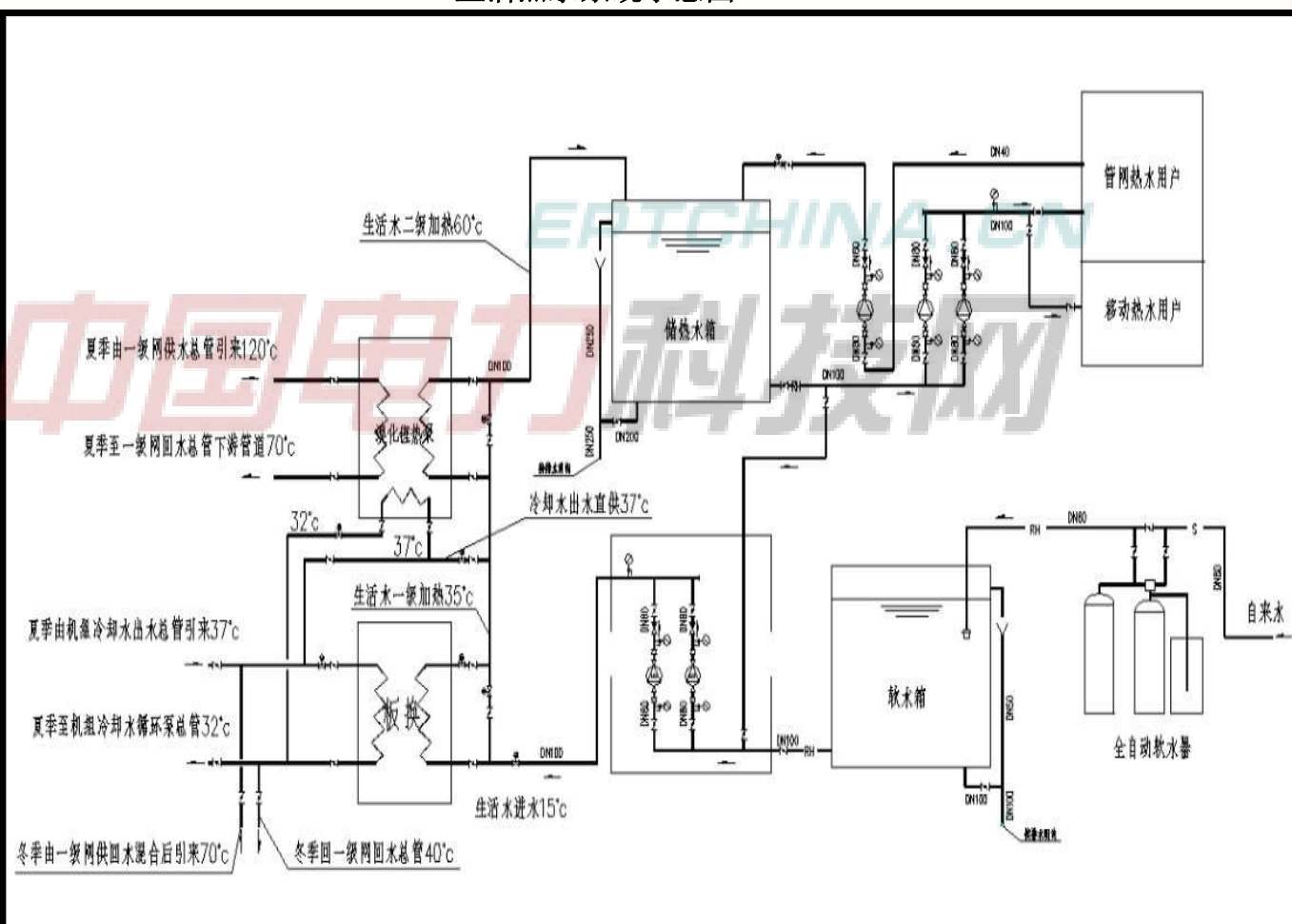


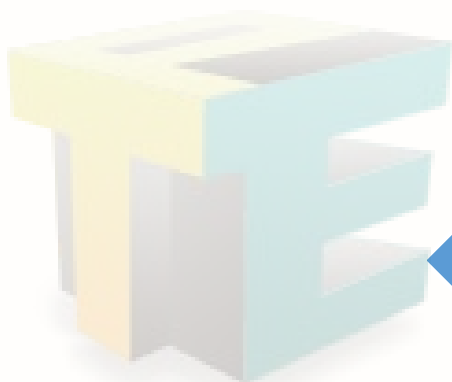
4. 方案介绍

生活热水系统介绍

- 利用冷却塔余热和一级管网热水制备，可为有条件接入的管网热用户和移动车用户供应生活热水。
- 1. 采用板换和热水型溴化锂热泵梯级加热生活热水，第一级加热水由制冷机组冷却水出水总管引来（37℃），换热后接入冷却水循环泵总管（32℃）；
- 2. 第二级由一级热网供水（120℃）驱动溴化锂热泵，提取制冷机冷却水余热，驱动热水出水回至一级热网回水总管，
- 3. 生活热水由软水器制备至软水箱，经过软水泵提供动力，首先进入板换加热到35℃（冷却水质达标可直接接入溴化锂热泵热水入口），再进入溴化锂热泵加热到60℃，冬季关闭溴化锂热泵各阀门，由一级网供回水混合后（70℃）将生活热水由10℃加热到60℃，加热后的生活热水入热水储热水箱储存，可根据需要直供热用户。
- 4. 生活热水夏季余热利用率约67%，冬季余热利用率96%，全年平均余热利用80%，经济效益较好。

生活热水系统示意图





5

运行数据分析

EPTCHINA.CN

中国电力科技网

5. 运行数据分析

表中数据是近期、远期及2016-2019年实际运行数据的比较，实际运行的供热面积、制冷面积和近期规划比较接近，从运行数据上比较差异如下：

1. 热指标近期规划/运行数据

夏季为137.8W/m2 / 63.9W/m2, 冬季为78.5W/m2 / 53.18W/m2,

2. 电厂近期规划供热负荷/运行：

夏季：16.4MW / 7.03MW 冬季：46.4MW / 32.97MW

近期规划年供热量/运行年供热量：

夏季：19.3万GJ / 10.17万GJ 冬季：43.32万GJ / 32.26万GJ

全年：62.62万GJ / 42.43万GJ

近期规划供/回水温度/实际运行供/回水温度：

夏季120/70℃ / 118/86℃, 冬季110/50℃ / 83/56℃

近期规划流量/运行流量：

夏季：402t/h/280t/h, 冬季：668t/h/1050t/h,

近期规划耗煤量/运行耗煤量：

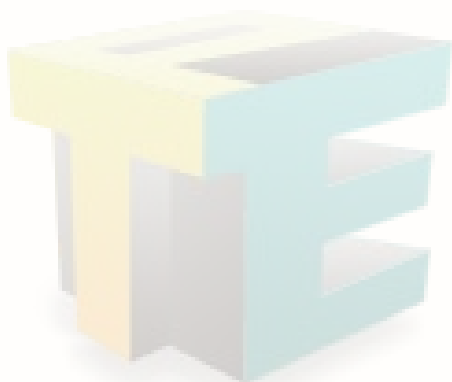
夏季：3880tce/2045tce, 冬季：5257tce/3920tce

近期规划总耗煤量/运行耗煤量：9137tce/5965tce

近期规划冬季余热占比/运行冬季余热占比：59%/86%

设计规划和实际运行数据比较

技术经济指标		单位	远期规划 夏季制冷	远期规划 冬季供热	近期规划 夏季制冷 (改造前)	近期规划 冬季供热 (改造前)	夏季制冷 实际运行 (2016-2019)	冬季供热 实际运行 (2016-2019)
技术指标	设计制冷/供热面积	10 ⁴ m ²	21.9	101.4	11.9	61.4	11	62
	冷/热指标	W/m ²	143.4	78.5	137.8	78.5	63.90	53.18
	所需冷/热负荷	MW	31.4	79.6	16.4	46.4	7.03	32.97
	电厂供热热负荷	MW	44.9	79.6	26.42	46.4	10.4	32.97
	电厂年 供热量	用于制冷/采暖	10 ⁴ GJ	74 (余热占 59%)	19.3	43.32 (余热占 59%)	10.17	32.26 (余热占 86%)
		合计	10 ⁴ GJ	113.57		62.62	42.43	
	设计供回水温度	℃	120/70	110/50	120/70	110/50	118/86	83/56
	设计热网水流量	t/h	774	1140	402	668	280	1050
	冬夏季耗煤量	t/a	7955	8980	3880	5257	2045	3920
	年耗标煤量	t/a	16935		9137.0		5965	



6

各类空调制冷机比较

EPTCHINA.CN

中国电力科技网

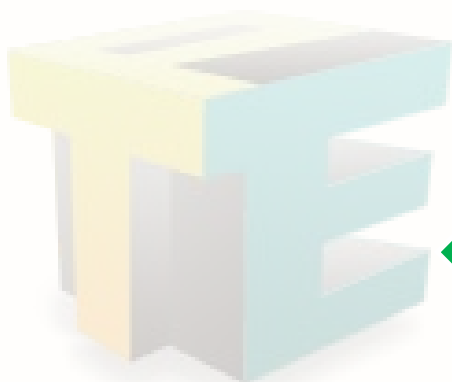
6. 各类空调制冷机比较

多种空调制冷机比较

通过比较，本工程选择利用热水驱动溴化锂制冷机，有以下优点：

- ✓ 1.采用高温热水驱动，采用0.2-0.3MPa.a低品位压力蒸汽可换出120℃-110℃高温热水，运行成本低；
- ✓ 2.可远距离输送高温热水到用热区域；
- ✓ 3.附近有较多热水用户，可利用冷却塔余热和空冷岛乏汽余热全年供热，余热占比达80%，余热利用率高，运行成本低，有市场竞争优势；
- ✓ 4.由于冷热联供，拓展电厂供热能源种类，供热管网由原来的5个月增加到10个月，管网利用率高，增加收益。

制冷机类型	电动压缩制冷机	蒸汽溴化锂制冷机	热水溴化锂制冷机	直燃型溴化锂制冷机
数据名称				
制冷容量 MW	16.4	16.4	16.4	16.4
能效系数	6	1.276	0.7	1.4
驱动能量 MW	2.73	12.85	23.42	11.71
驱动能源类型	电力	低压蒸汽	高温热水	燃气
驱动能源参数	10KV 电力	0.4MPa.g 蒸汽，需从电厂引出 1.0MPa.g，240℃蒸汽	120℃高温热水，利用冬季供热管道，电厂利用 0.2-0.3MPa.g 蒸汽加热	利用低压燃气加热
余热容量 MW	19.14	29.25	39.85	28.11
动力费用 元/时 (对应设计容量)	2192.0 (电价 0.8 元/kW)	3080.0 (蒸汽价格 140 元/吨)	1687.0 (供热趸售价 20 元/GJ)	3731.0 (燃气价 3.15 元/立方)
优点	能效高，体积小，运行成本较低	能效适中，汽源价格较低时，成本较低	运行成本低，可利用电厂低压蒸汽换热	能效较高，成本取决于气价。
缺点	受电力容量限制	受汽源成本限制，余热量大，需合理利用	余热量排放大，需合理利用余热	受气源能力和气价限制
适用条件	1.适合在电力容量富裕区域	1.适合在汽源距离近，汽价较低区域， 2.排热量大，建议尽量多利用余热给附近热水用户， 3.不推荐大面积使用	1.适合电力容量不足，有冬季供热管道可利用， 2.排热量大，适合在附近有较多热水用户区域使用， 3.不推荐大面积使用。 4.由于采用 120℃高温水，老旧管网不适合使用	1.适合电力容量不足 2.适合燃气富裕且气价较低区域。



7

各类热源加热生活热水燃料
成本比较

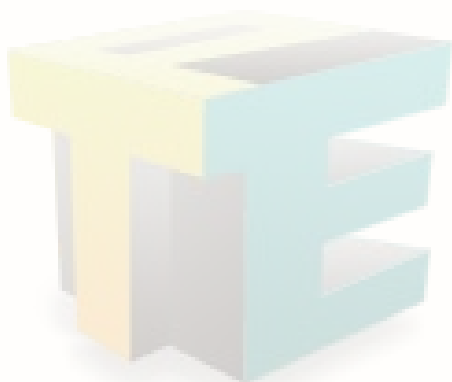
EPTCHINA.CN

中国电力科技网

7. 各类热源加热生活热水燃料成本比较

序号	项目名称	天然气加热水	电加热水	空气源热泵	冷热联供 (抽汽+乏汽+冷却塔 余热)	备 注
1	加热燃料成本元 /吨. 水	17.08元 (按3.15元 /m ³)	15.27元 (按低谷电 0.286元/度)	6.10元 (按低谷电0.286 元/度, 储热, COP=2.5)	2.18元 (抽汽35元/GJ, 余热 5元/GJ, 考虑5%热损 耗, 余热按全年占 80%计算)	15℃加热到60℃ 0.1884GJ/吨. 水
2	1GJ热量用能燃 料成本	90.7元	83.33元	32.4元	11.57元	电加热利用低谷电

从燃料加热热水的成本分析, 利用电厂的抽汽和乏汽及冷却塔余热加热生活热水成本比天然气和电加热成本显著降低, 比空气源热泵利用低谷电储热在成本上也有明显优势。



8

总结

EPTCHINA.CN

中国电力科技网

8. 总结

- ✓ 1. 由瑞光电厂至武宿机场供热半径12.5公里，2XDN500供热直埋管道，采用冷热联供，热网运行期达10个月，经济效益较好；
- ✓ 2. 电厂采用采暖五段抽汽，抽汽参数为0.4MPa，246℃制备高温热水，远距离输送到飞机场实现冷热联供，运行费用低，同时可利用电厂乏汽和冷却塔余热利用同一个管网全年供应生活热水（还没有实施），变废为宝，拓展电厂供能种类；
- ✓ 3. 远期期规划供热面积101.4万平米，79.6MW，供冷面积：21.9万平米，供冷负荷31.4MW，远期期规划生活热水10MW；
- ✓ 4. 近期规划供热面积61.4万平米，46.4MW，供冷面积：11.9万平米，供冷负荷16.4MW，生活热水：5MW；
- ✓ 5. 瑞光电厂提供高温热水，冬季供热110/50℃，夏季通过高温热水120/70℃驱动溴化锂机组制冷7/12℃；
- ✓ 6. 生活热水夏季利用空调冷却水和热网回水加热，冬季利用热网回水和供水加热，
- ✓ 7. 替代原来燃煤锅炉，年节约4.9万吨标准煤，减少SO₂排放量0.34万吨，减少CO₂排放量10.9万吨，减少NO_x排放量1640吨，减少烟尘排放量1490吨，减排灰渣1.5万吨。
- ✓ 8. 适合电力容量不足，供热制冷区域有较多热水用户的区域使用，由于冷却水排热量较大，不推荐大面积使用。
- ✓ 9. 由于采用120℃高温水，老旧管网不适合使用。

CEEC 中国能建山西院

EPTCHINA.CN

谢谢！

中国电力科技网

主讲人：刘冲

中国能源建设集团山西省电力勘测设计院有限公司

2020年1月