



华电电力科学研究院

HUADIAN ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



适应东北地区热电联产机组配备 蓄热装置的可行方案探讨

华电电力科学研究院

2016年3月



主要内容

1

东北网能源现状

2

调峰蓄热系统概述

3

调峰蓄热系统的基本工作原理

4

调峰蓄热系统的关键技术

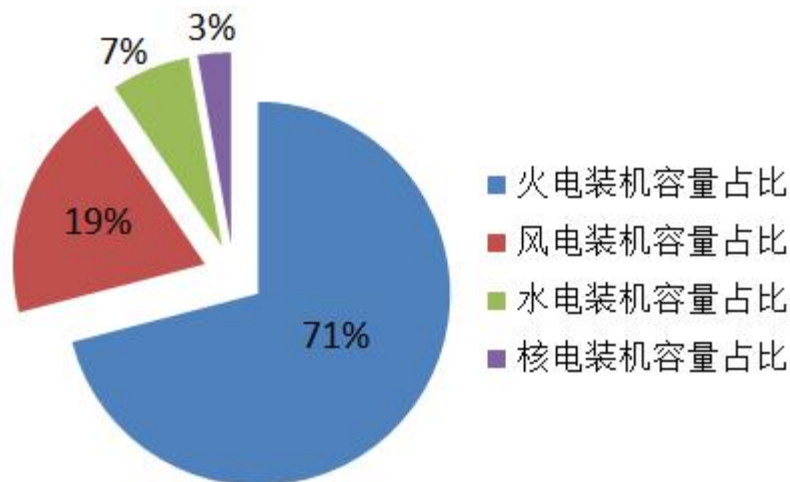
5

调峰蓄热系统的典型案例介绍



1、东北网能源现状——能源现状

截止2015年底，东北全网总装机容量1.2亿千瓦，其中：风电装机2347万千瓦，风电占比19.6%，**比例为全国六大区域最高**；水电装机803万千瓦，比例较低；核电装机336万千瓦，发展较快。



冬季供热时，东北电网热电联产供热机组运行容量占火电运行总容量的**70%**，而作为电力调峰主力的大型纯凝火电机组及水电机组占比仅**28%**。由于供热机组生产电能的同时又要满足热负荷需求，在采暖季，供热机组为保证供热，不能深度调峰，调峰能力大幅下降。

电源结构不合理、系统调节能力不足



1、东北网能源现状——能源现状

十二五期间，东北电网最大电力负荷增长**33%**，电源装机增长**66%**，电源增长明显高于负荷增长。在不出现大量大机组集中临检、缺煤停机前提下，东北电网最大富余发电能力达到**约2000万千瓦**左右。

2014年，东北地区调峰缺口**达600万kwh**，至2015年调峰缺口达到**800万kwh**，缺口仍存在上升趋势。

电网项目核准滞后于新能源项目，新能源富集地区不同程度都存在跨省跨区通道能力不足问题。十三五期间，国家拟建设扎鲁特特高压输变电线路，向山东地区送电，以缓解东北电网电力过剩、冬季低谷时段电热矛盾突出的问题。但是山东区域消纳能力也只有**600万千瓦**。

——以上数据来自东北能源监管局统计数据

电力增长乏力、电网发展滞后、新能源消纳空间有限



2、调峰蓄热系统概述——调峰电源

我国可选的调峰电源主要包括水电、气电、煤电机组等。



水电机组——其中抽水蓄能电站调节性能优良，具有“蓄电池”特性，但其受限于站址资源条件的约束；



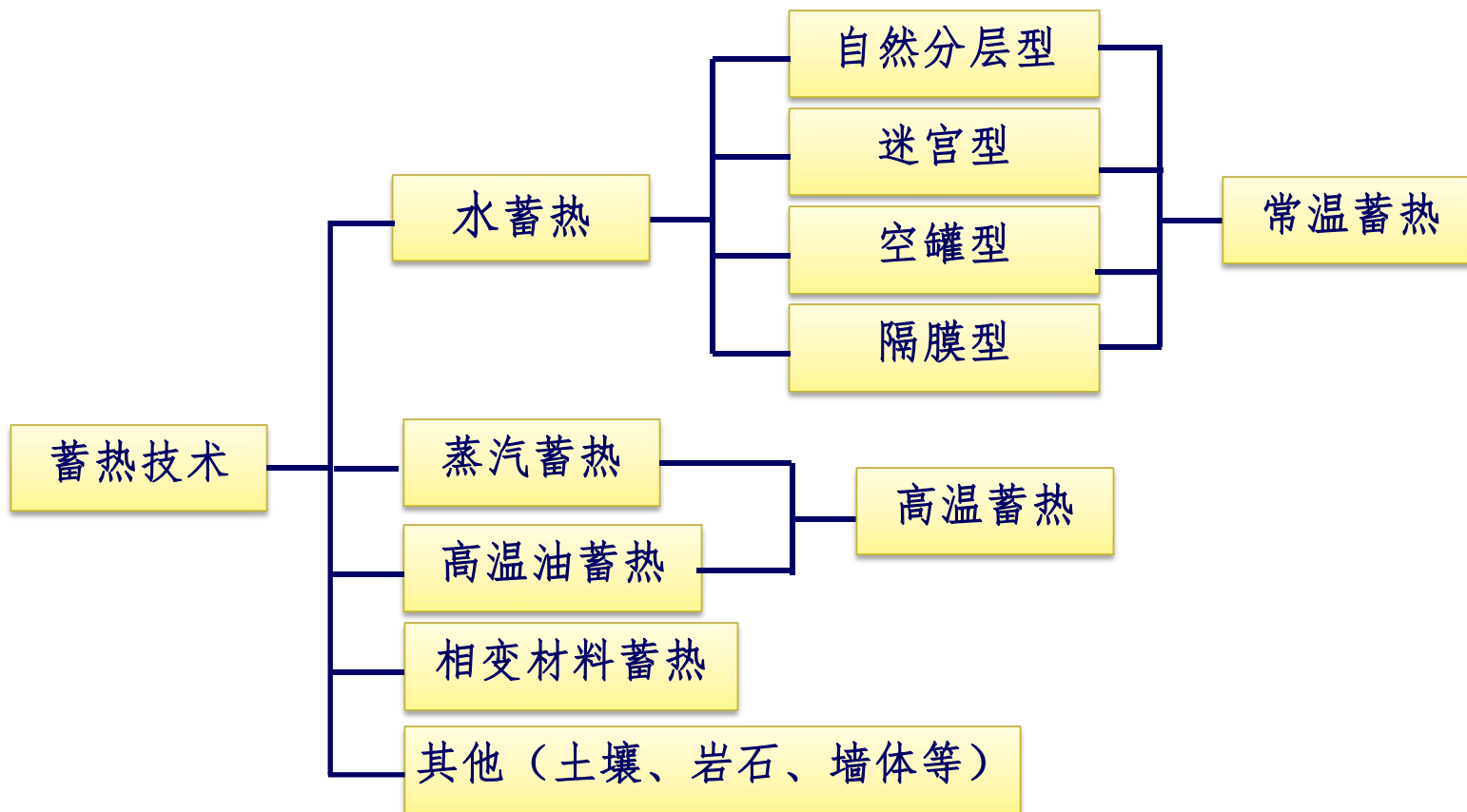
气电机组——调峰能力强，但天然气成本较高，国内联合循环机组多为满足尖峰供电和供热需求，机组总体调峰容量有限；



煤电机组——调峰能力一般可达机组容量的50%左右。纯凝机组调峰能力受锅炉最小稳燃负荷限制，热电联产机组则可通过抽汽调节机组调峰能力。煤电作为调峰电源具有技术和经济上的优势，我国在一定时期内需依赖煤电作为主要调峰容量提供主体。



2、调峰蓄热系统概述——蓄热技术





2、调峰蓄热系统概述——蓄热装置

蓄热装置的热源可以为蒸汽或电能。

热电联产机组的调峰蓄热系统可以在用电负荷高、供热负荷低时，多抽汽将热量储存起来；当电负荷低、供热负荷高时，将储存的热量释放出来用于供热。

或者，在夜间用电低谷期将电能转化成热能，并以显热或潜热的形式储藏，在用电高峰期将储藏的热量释放出来满足采暖或生活热水需要，以达到转移尖峰电力、节省电费、减轻电力负荷的需要。



电热锅炉



热水蓄热罐



2、调峰蓄热系统概述——国内外应用概述

■ 蓄热装置在热电联产供热系统中的应用已有几十年的历史，最早在丹麦芬兰等北欧国家应用，随后在上世纪的八九十年代，韩国等国也引进了蓄热技术。

■ 对于丹麦的热电联产电厂，无论是集中式的还是分散式的，蓄热装置都是其重要的组成部分。

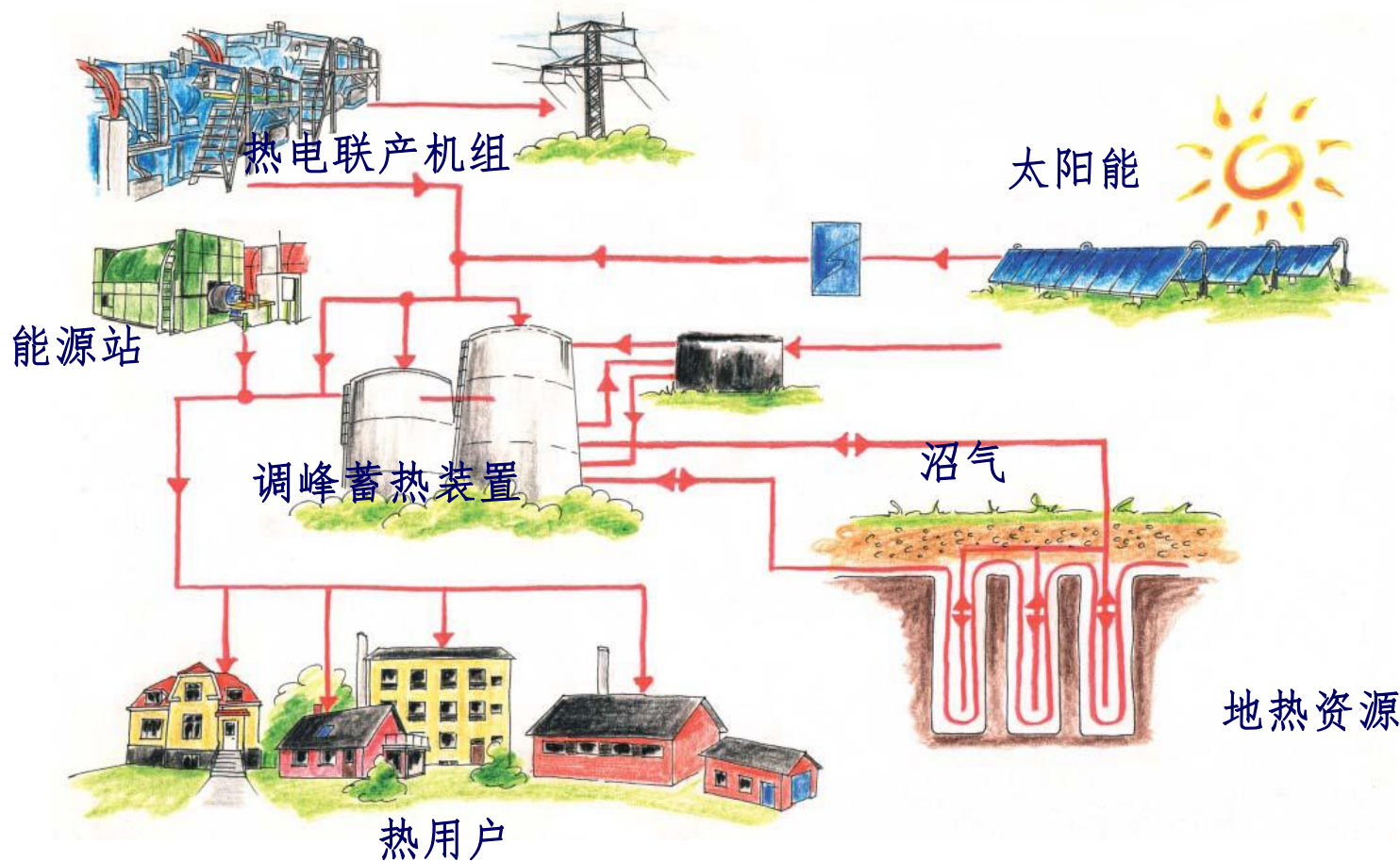
■ 丹麦在全球风能领域一直都位居世界前列，并计划在2020年前实现清洁能源占总发电量比重的50%。丹麦成功的为清洁能源提供了调峰调频服务，其中调峰蓄热系统的建设就是其中的重要手段之一。





2、调峰蓄热系统概述——国内外应用概述

丹麦集中供热优化技术——多能源互补供热系统





2、调峰蓄热系统概述——国内外应用概述



丹麦Avedøre电厂

装机容量：1×250MW+1×560MW燃气蒸汽联合循环机组

蓄热系统：2×20000m³带压蓄热罐。储水温度超过100℃，为哥本哈根供热。



丹麦Asnaes电厂

蓄热系统：20000m³常压蓄热罐，设计热水温度为98℃。



2、调峰蓄热系统概述——国内外应用概述

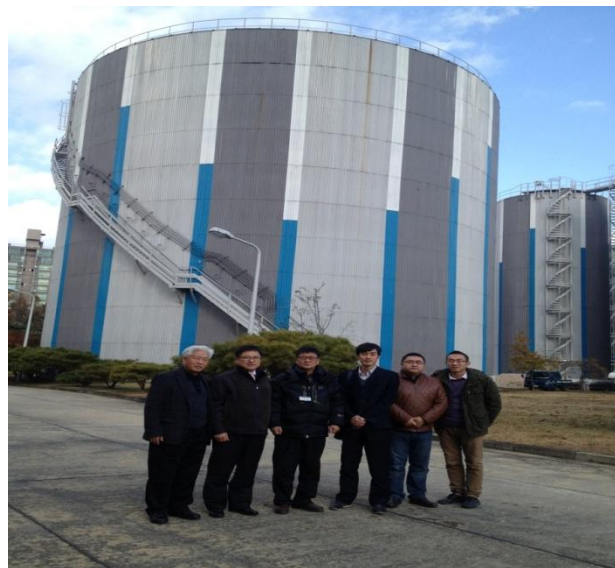


韩国华城电厂

机组容量：2×160.8MW燃气轮机，
2×265t余热锅炉，190.2MW汽轮机。

蓄热系统：2×25000m³蓄热罐。

机组热效率为83.35%。



韩国首尔木洞热电厂

蓄热系统：2×1600m³+1×20000m³
蓄热罐

供热面积：约1300万m²

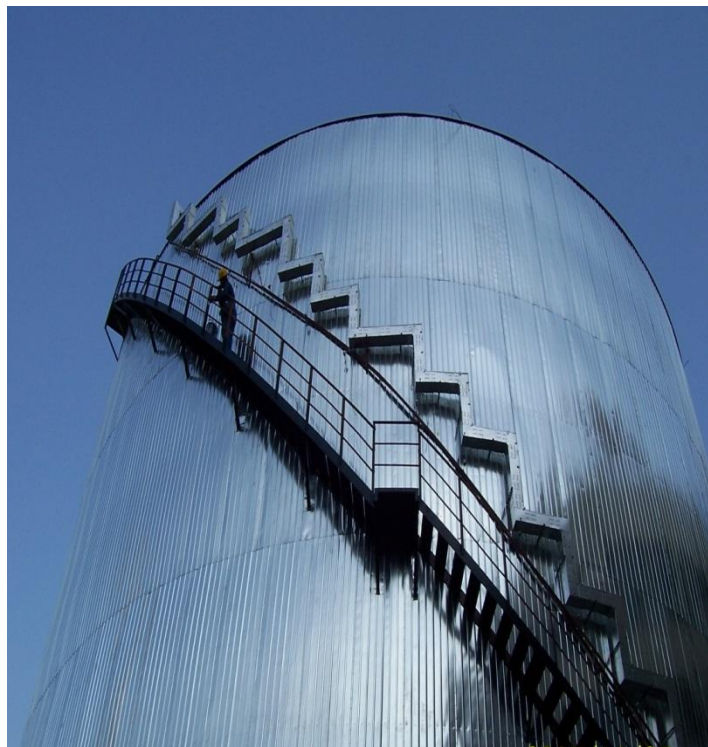
2014年华电电科院组织相关技术
人员赴韩国考察蓄热技术。



2、调峰蓄热系统概述——国内外应用概述

蓄热装置在我国区域供热中的应用还处于起步阶段。

2005年北京市热力集团为了优化北京市供热系统的经济运行，最大限度地利用热电联产区域供热的规模经济优势与节能环保优势，提高热网运行的可靠性，在左家庄供热厂内建设了中国第一个区域供热蓄热罐项目。



左家庄供热厂建设有一个高度25.2m，直径23m的8000m³容积蓄热罐，最高运行温度为98℃，蓄热量为285MWh（1026GJ），蓄热罐与热网直接相连，可以起到定压的作用。



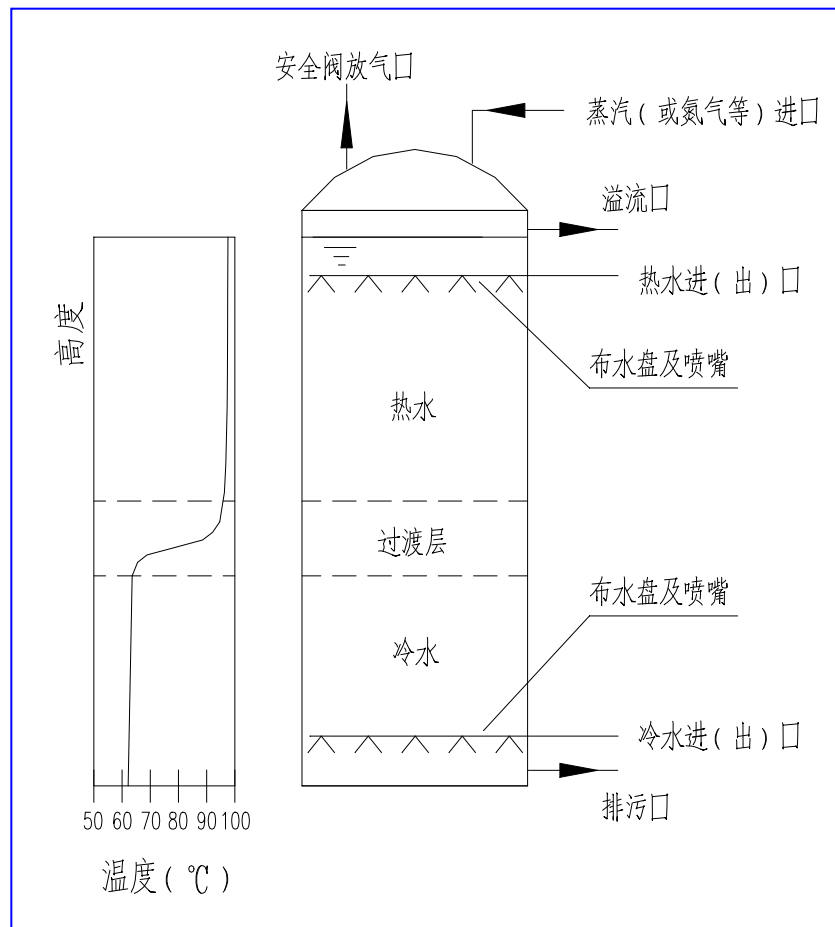
3、调峰蓄热系统的基本工作原理——工作原理

热水蓄热罐为调峰蓄热系统中的关键设备。热水蓄热罐是根据**水的分层原理**设计和工作的，蓄热罐内部储存热水和冷水，水温不同，水的密度不同，热水在上，冷水在下，中间为过渡层。

蓄热时，热水从上部水管进入，冷水从下部水管排出，过渡层下移；

放热时，热水从上部水管排出，冷水从下部水管进入，过渡层上移。

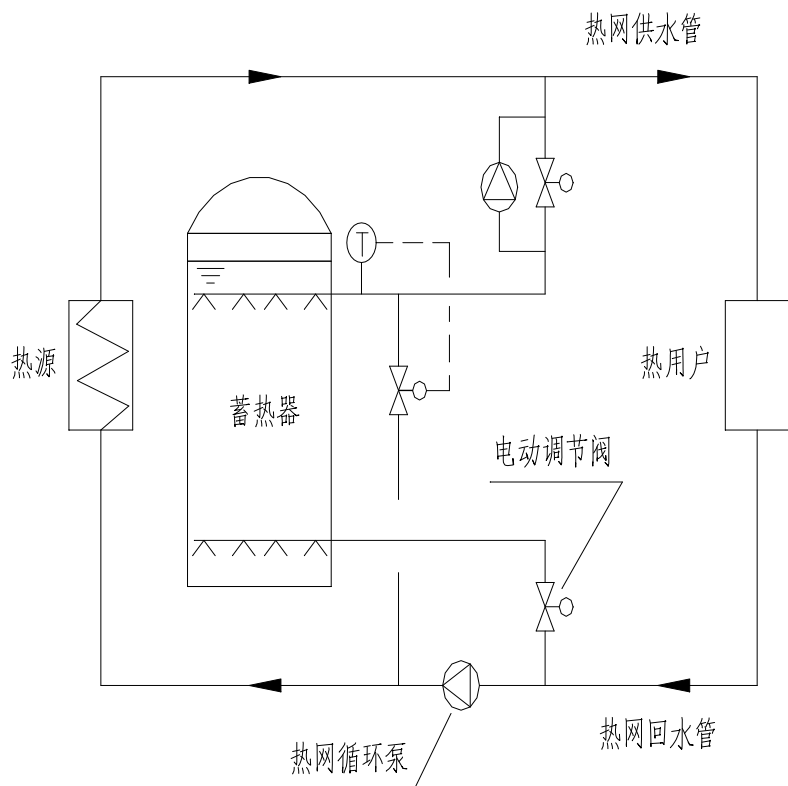
蓄放热过程中蓄热罐内液面保持平衡。



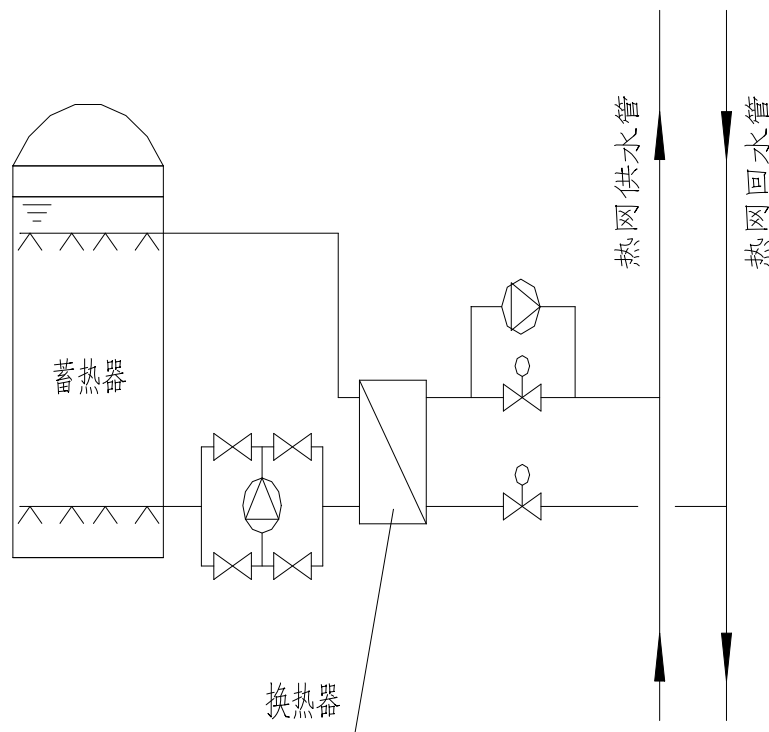


3、调峰蓄热系统的基本工作原理——连接方式

热水调峰蓄热系统根据与热网系统之间的连接方式分为**直接式**和**间接式**。



直接式连接系统



间接式连接系统



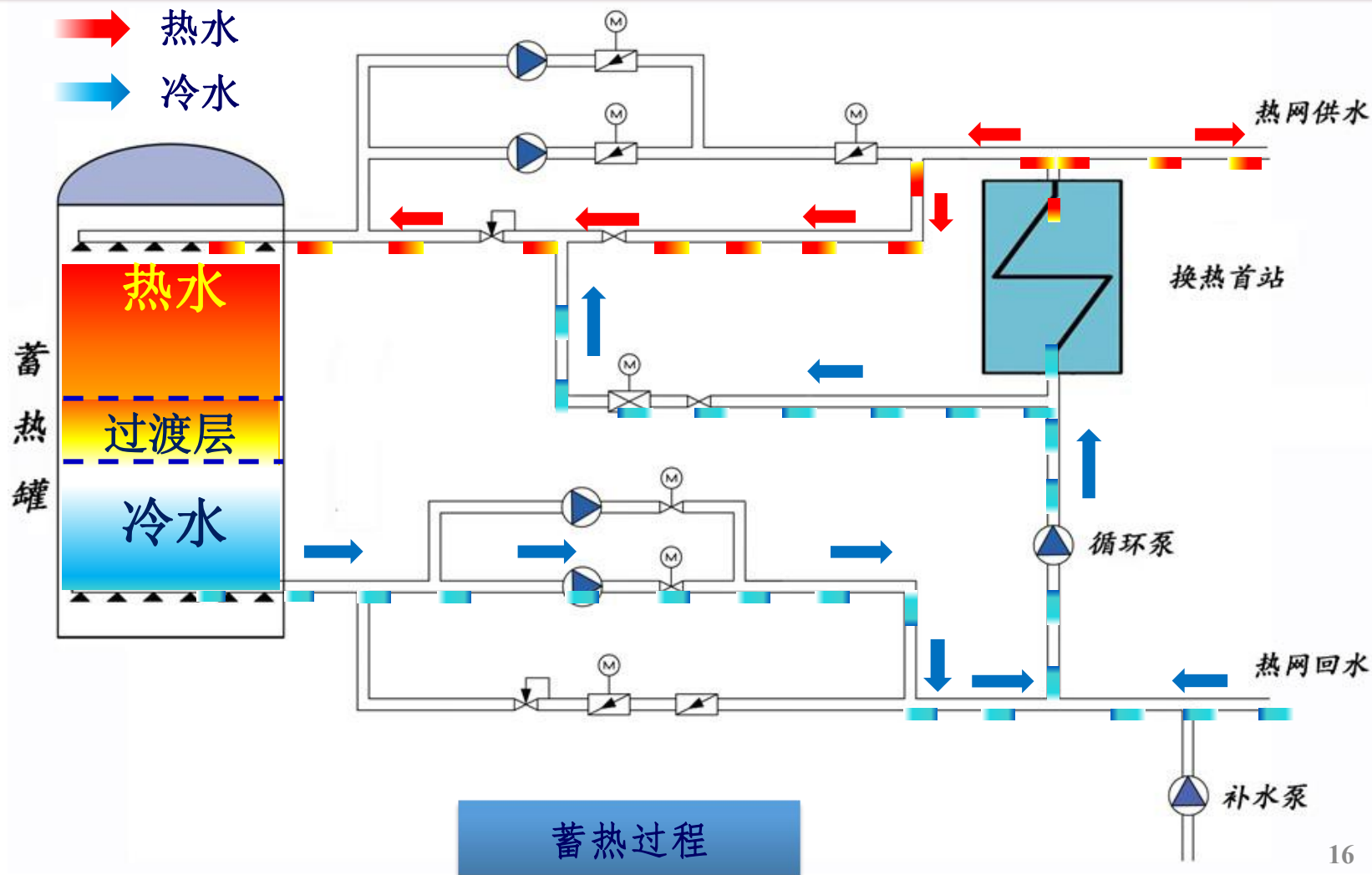
3、调峰蓄热系统的基本工作原理——连接方式

	直接式蓄热系统	间接式蓄热系统
连接特点	与热网水系统直接相连	通过换热器与热网水系统相连
优点	◆ 系统连接相对简单 ◆ 设备投资相对较少 ◆ 可作为热网水的补水系统 ◆ 可对热网水系统起到定压作用	◆ 蓄水系统与热网水独立，受热网水系统影响较小 ◆ 蓄放热控制过程相对简单
缺点	◆ 与热网水系统相连，受热网水影响较大 ◆ 蓄放热控制过程相对复杂	◆ 系统连接相对复杂 ◆ 设备投资相对较大

直接式和间接式系统的选取，需结合热网水系统的供回水参数等实际情况综合考虑。

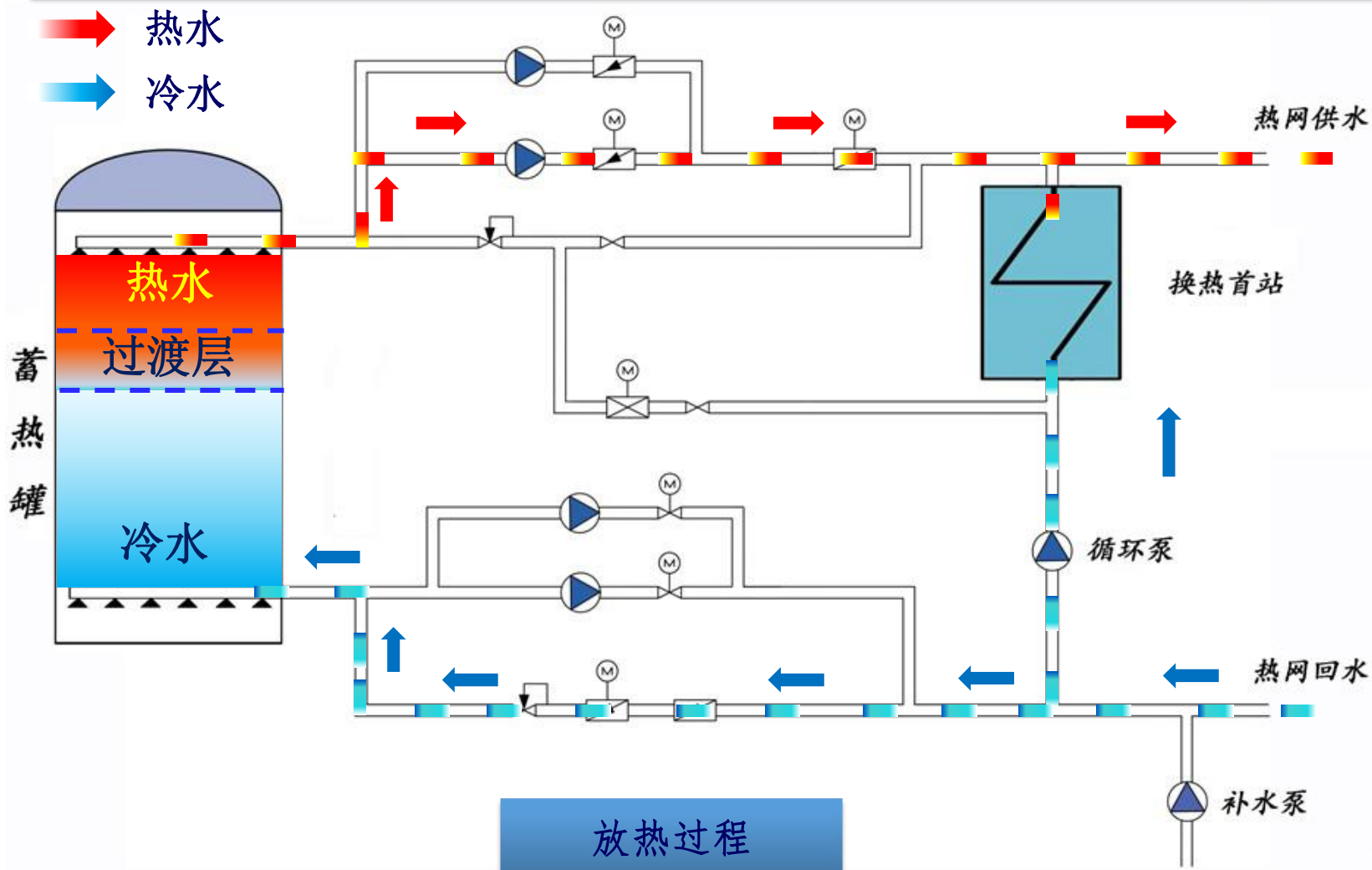


3、调峰蓄热系统的基本工作原理——蓄热过程





3、调峰蓄热系统的基本工作原理——放热过程





3、调峰蓄热系统的基本工作原理——功能和作用

（一）热电联产机组电力调峰，清洁能源消纳

可根据用电需求，调整优化电和热的产量，并在需要时供暖。在电需求量相对过剩时减少发电量，而在不足时增加发电量。相应的产热量供过于求时，进行蓄热，而当产热量供不应求时，则对蓄热加以利用。调节机组发电负荷，为清洁能源消纳提供空间。

（二）增强供热安全性，提升系统灵活性

介于热源侧与热用户侧之间，既可以充当热源，又可以作为热用户。当首站无法满足尖峰热负荷时可充当调峰热源，另外能新增供热面积。从而增强了供热的安全性以及提升了系统灵活性。



3、调峰蓄热系统的基本工作原理——功能和作用

（三）热负荷实时调节，保证按需供热

用户侧的供热需求随着用户用热习惯和天气变化等时刻变化，热电联产机组抽汽实时调节存在困难，利用蓄热装置可以满足热负荷实时调节需求，保证按需供热。

（四）尖峰热源的替代，供热系统的备用热源

对供热系统负荷需求的削峰填谷，可取代建设尖峰热源。同时，当某热源因故而停止供热时，蓄热系统可以及时运行补充供热，防止造成大面积停热状态。



3、调峰蓄热系统的基本工作原理——功能和作用

（五）直接式蓄热系统的功能

- ◆ 可作为热网定压系统

始终保持恒定的液位高度，它可保证供热系统静压值恒定。

- ◆ 可作为事故紧急补水系统

突然爆裂而大量失水时，可立即向热网补水维持系统压力。

- ◆ 可作为热网安全运行的保障

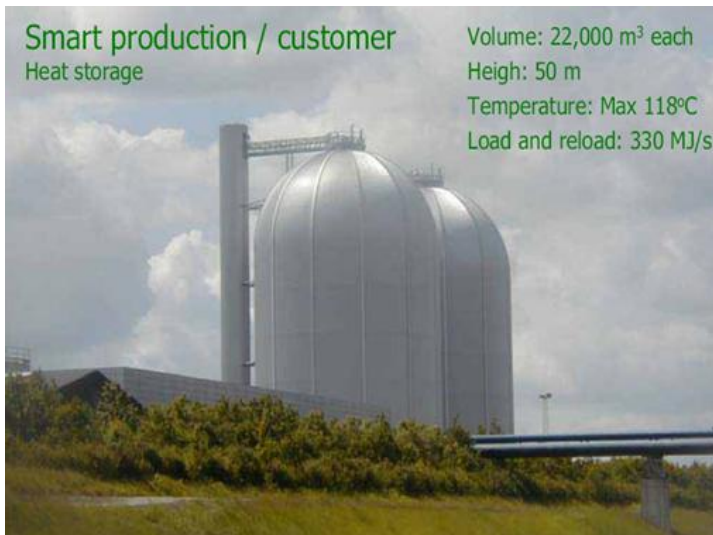
供热系统水泵因意外原因而突然停止运行时，可大大缓解水击造成的高压振荡，减轻水击造成的破坏与灾难。



3、调峰蓄热系统的关键技术——蓄热罐

蓄热罐为具有一定容积的罐，是调峰蓄热系统中的关键设备。可用钢板焊接而成或钢筋混凝土结构。

蓄热罐根据压力变化情况可分为常压式蓄热罐和带压式蓄热罐两类。



带压蓄热罐设计水温: >98°C

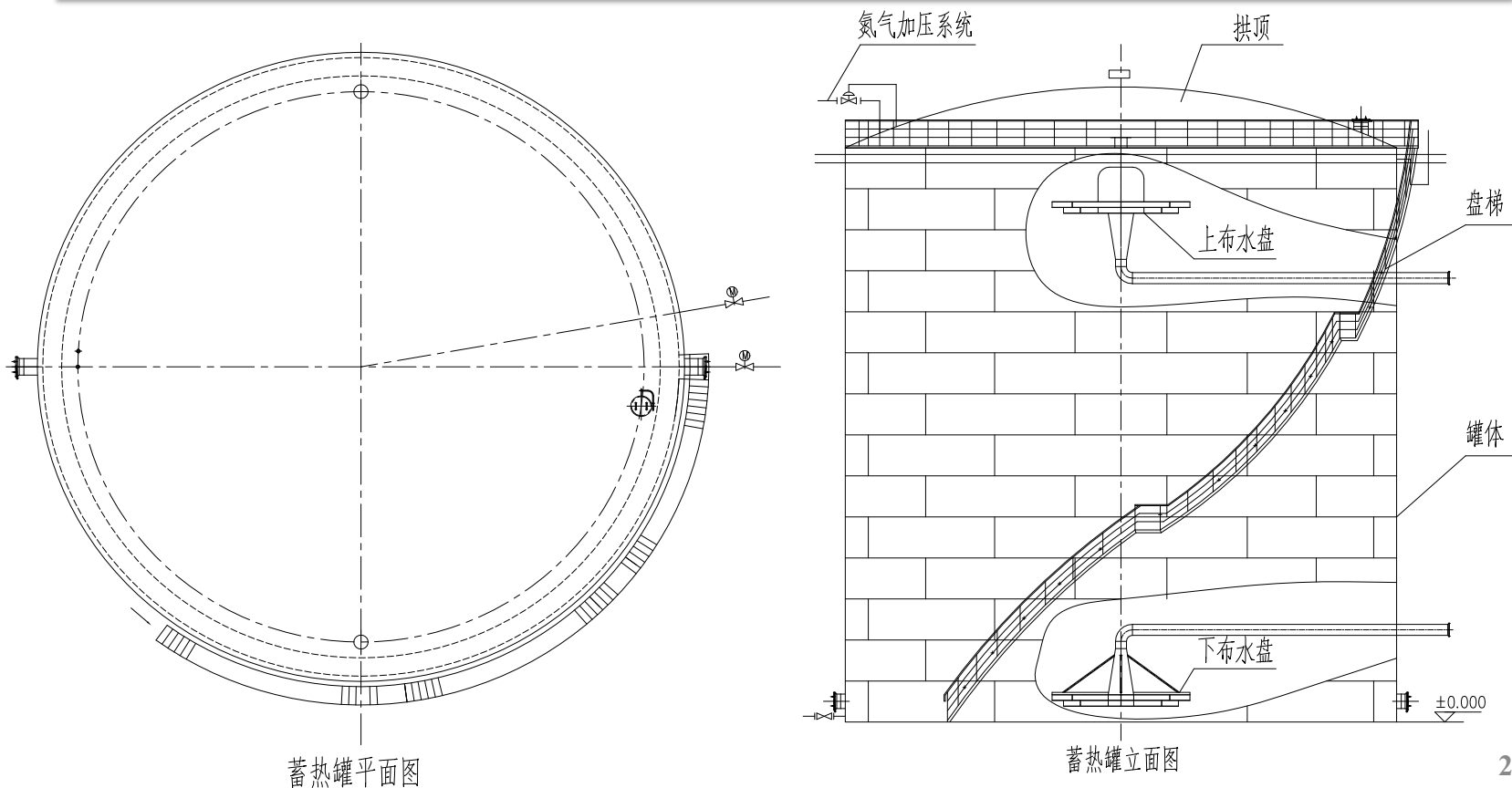


常压蓄热罐设计水温: 98°C



4、调峰蓄热系统的关键技术——蓄热罐结构

蓄热罐本体结构主要由罐体、拱顶、上下布水盘、盘梯、氮气加压系统以及相关辅助设备等构成。





4、调峰蓄热系统的关键技术——蓄热罐选型

蓄热罐容积的确定主要需考虑问题：

- ◆ 热电联产机组最大调峰能力，即机组最大供热能力
- ◆ 不同时段内外网用户端的热负荷需求（最大热负荷需求）
- ◆ 电负荷以及热负荷波动的时间周期
- ◆ 热网系统的水力工况



供热现状一

机组供热负荷 **大于** 外网热负荷需求

此时，蓄热罐选型则 **以外网热负荷** 为依据。



供热现状二

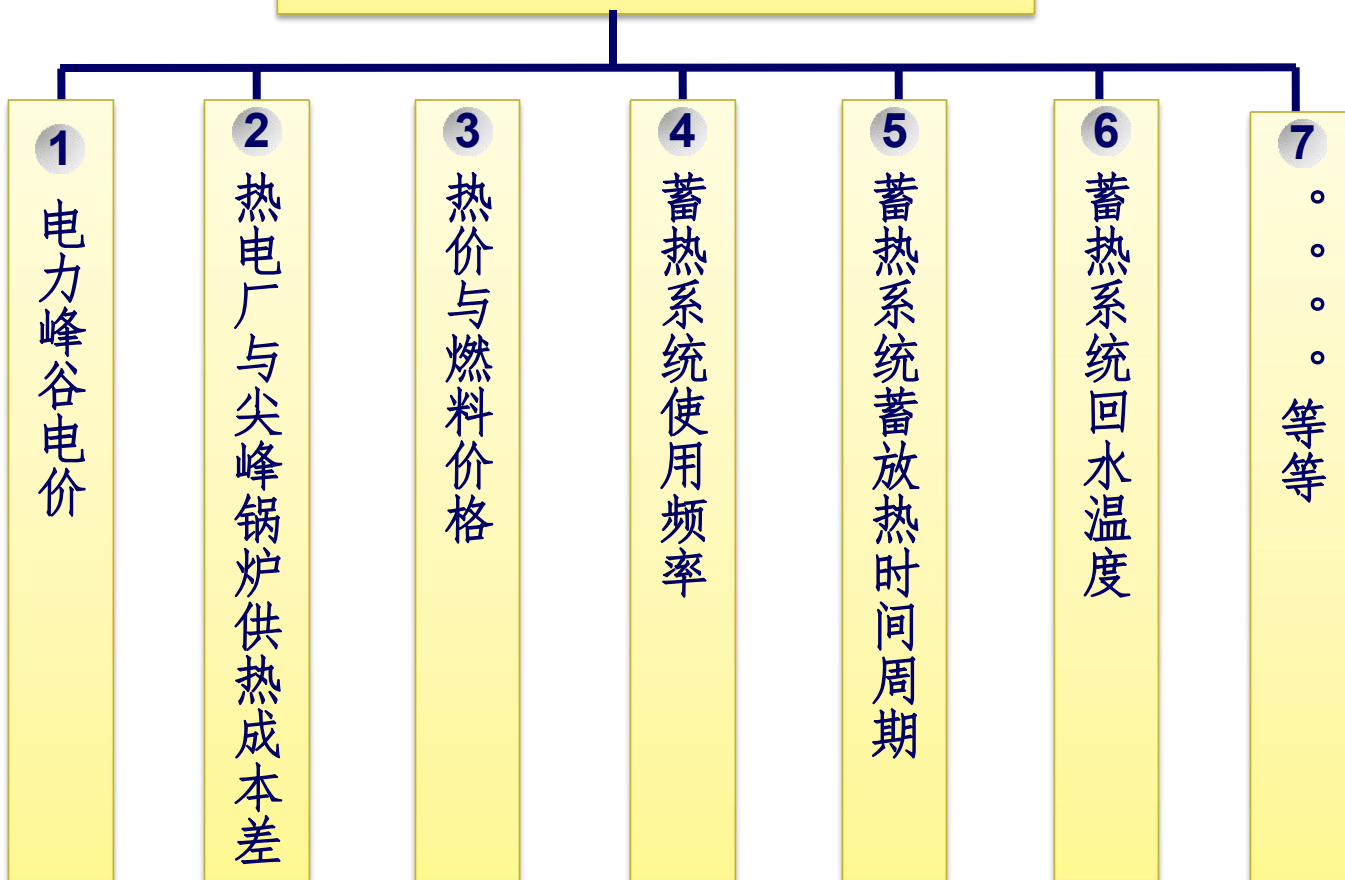
机组供热负荷 **小于** 外网热负荷需求

此时，蓄热罐选型则以 **机组供热能力** 为依据。



4、调峰蓄热系统的关键技术——蓄热系统经济性

蓄热系统的经济性取决于





4、调峰蓄热系统的关键技术——蓄热罐

对于蓄存98℃热水的蓄热罐，回水温度越低，其蓄热量越大，则效益越好，投资回收期越短。对于10000m³的蓄热罐，当水温为98/65℃时，其蓄热能力为380MWh(1368GJ)；如果回水温度降低至50℃，则蓄热能力提高至495MWh(1782GJ)，增长30%。

蓄热罐建设规模越大，则蓄热罐比投资额越低。10000m³蓄热罐蓄热量380MWh，可以以63MW连续供热6小时，满足供热系统的调峰。相比于建设一台60MW尖峰锅炉，建设安装蓄热罐的投资低于建设同等规模供热厂的投资，同时节约大量与燃料相关的费用，以及大量运行费用。



4、调峰蓄热系统的关键技术

华电电科院在供热及调峰蓄热方面获得的专利

《一种应用于热网的直接蓄热系统》

《一种应用于热网的间接蓄热系统》

《一种用于低压采暖抽汽的电厂低温余热回收装置》

《蓄热罐布水盘连接结构》

《凝汽式汽轮机组的调峰蓄能系统及其运行调节方法》

《一种基于吸收式热泵的电厂余热回收装置》

……等等





5、调峰蓄热系统的典型案例——富拉尔基发电厂调峰蓄热系统

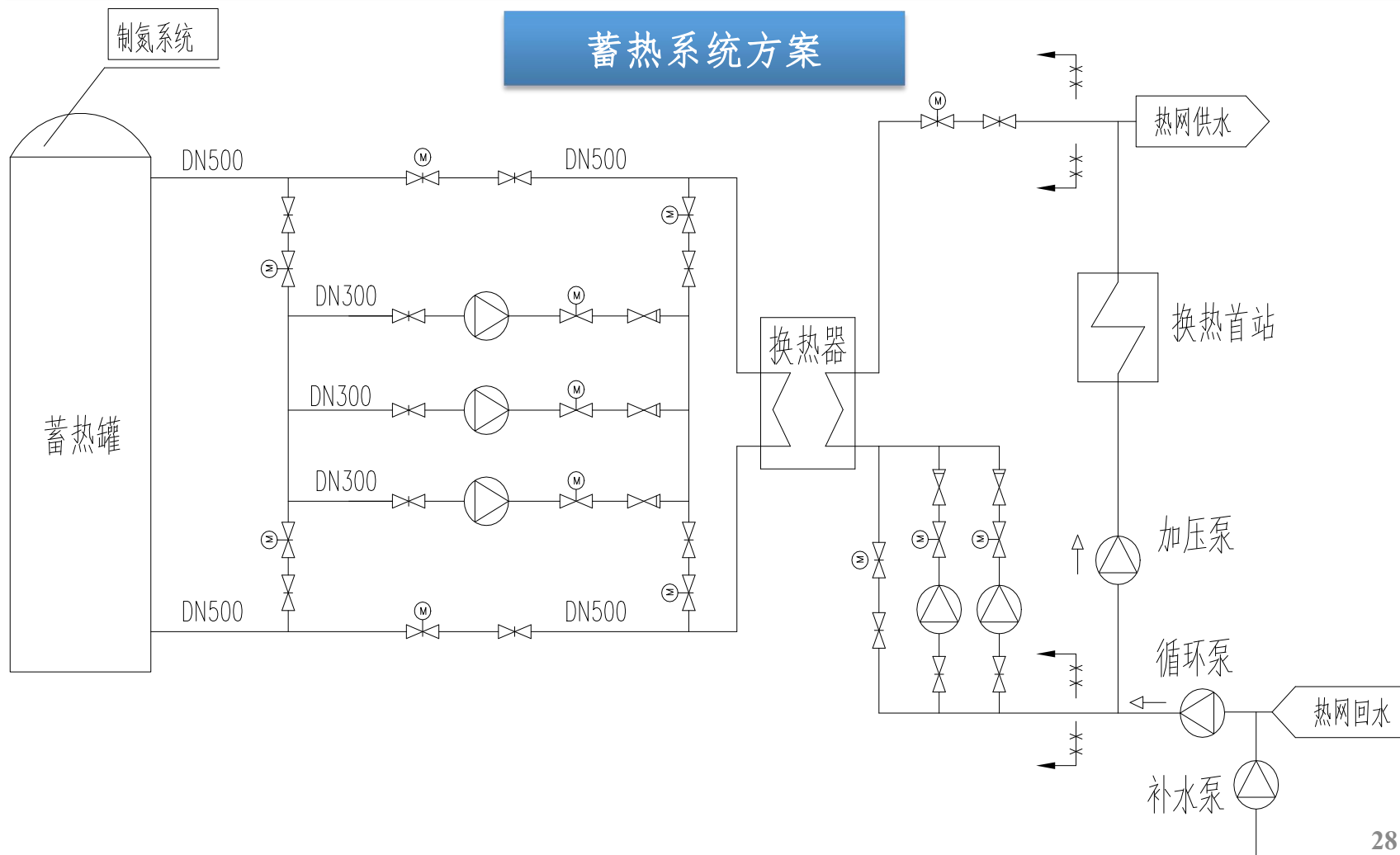
华电能源股份有限公司富拉尔基发电厂调峰蓄热系统案例

项目背景：

- 东北地区调峰缺口不断增大，调峰受到供热限制，热电矛盾突出。
- 企业自身发展的需要。现有6台220MW纯凝机组，为了达到2020年现役电厂平均煤耗低于310克的目标，企业必须谋发展。
- 富拉尔基地区供热面积的增长，解决单一热源问题，保障供热安全。
- 东北网调峰辅助政策的出台，积极鼓励企业进行调峰技术的研发，进一步提高清洁能源的消纳空间。
- 该项目已经被列为华电集团2016年度重大科技项目，计划于今年供暖季开始投产运行。



5、调峰蓄热系统的典型案例——富拉尔基发电厂调峰蓄热系统





5、调峰蓄热系统的典型案例——富拉尔基发电厂调峰蓄热系统

机组供热改造技术方案

将2台200MW纯凝机组，通过供热改造变为热电联产机组。同时在厂内建设1个8000m³的常压间接式蓄热系统。满足富拉尔基未来250万m²供暖面积的热负荷需求。

通过该调峰蓄热系统，单台机组的电负荷可以最低降至88.16MW，机组调峰率达56%。

本项目中的蓄热罐运行以完成一次蓄热和放热过程为一个周期，根据对富拉尔基发电厂往年电负荷情况分析，蓄热罐蓄热时间为17小时，放热时间为7小时。

由于外网供热面积较小的原因，外网热负荷需求小于机组最大供热能力，因此，机组在供热初末期内，不能发挥机组的最大调峰能力。



5、调峰蓄热系统的典型案例——富拉尔基发电厂调峰蓄热系统

蓄热罐选型

- ◆ 选用常压式热水蓄热罐；
- ◆ 根据外网热负荷需求，结合机组最大调峰能力，确定选用1个8000m³的常压蓄热罐，实际蓄热容量为7850m³；
- ◆ 蓄热罐供回水设计温度为：98℃/65℃；
- ◆ 由于电厂热网水来自富拉尔基热电厂热网泵出口，回水压力高达1.2MPa，结合电厂实际情况，从投资角度等综合考虑本方案选择间接式蓄热系统。

投资估算

工程建设工期为6个月，静态总投资约2600万元。



5、调峰蓄热系统的典型案例——富拉尔基发电厂调峰蓄热系统

项目意义

- ◆ 在热电联产机组上配备蓄热系统，实现满足外网供热负荷需求的同时，对机组电负荷起到深度调峰的作用。探索摸索出一条对热电联产机组进行深度调峰，为清洁能源提供消纳空间的思路。
- ◆ 结合当前东北能源监管局出台的《〈东北电力调峰辅助服务市场监管办法（试行）〉补充规定》补偿政策，核算补偿金额，也为政府相关补偿政策的制定提供一定的现实依据。



谢谢！