



大机组供热改造与优化运行技术2015年会



康 慧

中国电力工程顾问集团公司研发中心教授级高级工程师，毕业于哈尔滨工业大学。拥有注册咨询师（投资）、注册监理师、注册核安全工程师、注册设备监理师和注册公用设备师的职业资格。研究方向：集中供热、电厂标识系统、电厂安全等。主要著作：《实用集中供热手册》、国家标准《电厂标识系统编码标准》、《热电联产规划设计》、《燃气三联供系统规划、设计、建设与运行》。

热电厂集中供热热源备用系数的探讨

主办单位：中国电机工程学会热电专业委员会

承办单位：中国电力科技网

支持单位：南京苏夏工程设计有限公司



热电厂集中供热系统 热源备用系数的探讨

中国电力工程顾问集团有限公司
工程技术中心 康慧

2015年12月

说明：本文的内容有争议，只是探讨。

▶ 引言：

- ▶ 我国热电联产行业存在的主要问题：
- ▶ 缺热不缺电，希望在不增加发电量、排污总量的前提下，扩大热电厂的供热能力。
- ▶ 有多种渠道：可从技术、管理两方面入手，（其中管理分为：行政、价格、政策、设计标准等）。本课题将从设计标准角度进行探讨。

目录

1、现行设计标准的规定

2、目前存在的问题

* 3、有关因素分析

* 4、推荐的解决方案

5、应做的工作

- ▶ 1、现行设计标准（大、小火规）的规定
- ▶ 集中供热系统热源备用系数又称：
 - ▶ （1）最低供热量保证率、（2）限额供热系数、
 - ▶ （3）热源安全可靠系数。
- ▶ 定义：在集中供热系统中，当一个容量最大的热源故障时，其余热源所提供热量占总供热量的比值。
- ▶ 热源备用系数是影响热电厂所担负供热面积的一个重要参数。

- ▶ 请看：《大中型火力发电厂设计规范》（GB50660-2011）
第5.3.1条：锅炉的台数及容量与汽轮机的台数及容量的匹配应符合下列规定：（1）对于凝汽式汽轮机。（略）。
- ▶ （2）对于供热式汽轮机宜一机配一炉。当1台容量最大的蒸汽锅炉停用时，其余锅炉对外供汽能力若不能满足热力用户连续生产所需的100%生产用汽量和60%-75%（严寒地区取上限）的冬季采暖、通风及生活用热量要求时，可由其他热源供给。

▶ （以下简称：531条款）

（小火规GB50049-2011有相同的叙述）

- ▶ 这里不讨论生产用汽量100%备用问题，只讨论供暖问题。
- ▶ 在上述条文中，60%-75%就是集中供热系统热源的备用系数。对于以热电厂为主要热源的集中供热系统，在热电联产项目的前期工作中，应根据第5.3.1条款的规定进行集中供热系统热源安全备用容量（主要是锅炉容量）的校核，见表-1。

表-1 集中供热系统热源安全备用容量校核表

(也有采用已知供热面积校核的。结论：多热源一般无问题，单热源有问题)

热源组合	一个最大锅炉故障时的备用容量	北京地区 (60%) 缺的 备用热源容量	长春地区 (70%) 缺的 备用热源容量
3*300MW (单热源热电厂组合，不多见的)	600WM (67%)	0	3%
2*300MW+2*300MW (多热源)	900WM (75%)	0	0
2*300MW+2*70MW (锅炉) (多热源)	440WM (59.5%)	0	10%
<u>2*300MW</u> (单热源热电厂组合，最多见的)	<u>300WM</u> (50%)	<u>10%</u>	<u>20%</u>

补充参考资料：

表-2 热电厂的供热能力

按照300MW亚临界机组和350MW超临机组两种情况考虑。在一般情况下，供热机组TMCR工况下的供热能力见下表。

机组类型	最大供暖 抽汽量	额定 供热能力	长春可供 热面积 (万m ²) Q=54	北京可供 热面积 (万m ²) Q =39
2×300MW	2×520t/h	631.7MW	1170	1580
2×350MW	2×550t/h	664.5MW	1230	1661

▶ 2、目前存在的问题

- ▶ 设计单位在执行5.3.1条款时，会遇到以下两个问题：
- ▶ 第一，我国集中采暖区从北纬50度到北纬35度，不分地区统一规定热源备用系数取60%-75%（严寒地区取上限），缺少细化规定，选择范围大，不好执行。
- ▶ 第二、对于多热源集中供热系统，无问题。但对于以2*300WM级热电厂为主要供热热源集中供热系统(这是我国目前采暖区最多的热电厂供热热源组合)，热源备用系数大，增加备用热源的投资。

- ▶ 例如：长春地区某热电厂（2*300MW）理论供热能力1000t/h（蒸吨），按第5.3.1条款规定：当1台容量最大的锅炉停用时，选择70%的热源备用系数，其余锅炉的对外供汽能力应达到700t/h（蒸吨），为了维持理论供热能力1000t/h（蒸吨），需建设200t/h（蒸吨）的备用热源；按每1蒸吨燃煤锅炉房投资估算约54万元，约10800万元建备用热源。

- ▶ 在实际工程中，由于多种原因(环保、经济、运行亏损)，建设方很难也不愿在热电厂外建设调峰和备用热源，只能少带供热面积，此例只能按714t/h（蒸吨）的供热能力带供热面积。
- ▶ 总体上，比理论供热能力约降低10%（南）--28%（北）。

可从 两方面看这问题：

运营方想扩大，531条款是枷锁；想少带， 531条款是保护伞。

但从今后发展看：扩大供热面积是趋势。

认为：应合理、适度、方便执行。下面开始讨论：

▶ *3、有关因素分析

▶ 3.1 我国的气候分区

- ▶ 我国地处北温带，幅员辽阔，气候差异悬殊。为了区分我国气候条件，我国相关规范中按环境温度划分的中国气候分区。《民用建筑热工设计规范》将全国划分成五个区，即严寒(A、B区)、寒冷、夏热冬冷、夏热冬暖和温和六个气候分区，其中严寒A、B地区和寒冷地区需进行集中供暖，见表-3。

表-3 我国按冷暖度划分的气候分区

(其原则作为供热热源备用系数细化选择的基础)

气候分区	代表性城市
严寒地区A区	海伦、博克图、伊春、呼玛、 <u>海拉尔</u> 、 <u>满洲里</u> 、 <u>齐齐哈尔</u> 、富锦、 <u>哈尔滨</u> 、 <u>牡丹江</u> 、 <u>克拉玛依</u> 、佳木斯、安达
严寒地区B区	<u>长春</u> 、 <u>乌鲁木齐</u> 、 <u>延吉</u> 、 <u>通辽</u> 、 <u>通化</u> 、 <u>四平</u> 、 <u>呼和浩特</u> 、 <u>抚顺</u> 、 <u>大柴旦</u> 、 <u>沈阳</u> 、 <u>大同</u> 、 <u>本溪</u> 、 <u>阜新</u> 、 <u>哈密</u> 、 <u>鞍山</u> 、 <u>张家口</u> 、 <u>酒泉</u> 、 <u>伊宁</u> 、 <u>吐鲁番</u> 、 <u>西宁</u> 、 <u>银川</u> 、 <u>丹东</u>
寒冷地区	<u>兰州</u> 、 <u>太原</u> 、 <u>唐山</u> 、 <u>阿坝</u> 、 <u>喀什</u> 、 <u>北京</u> 、 <u>天津</u> 、 <u>大连</u> 、 <u>阳泉</u> 、 <u>平凉</u> 、 <u>石家庄</u> 、 <u>德州</u> 、 <u>晋城</u> 、 <u>天水</u> 、 <u>西安</u> 、 <u>拉萨</u> 、 <u>康定</u> 、 <u>济南</u> 、 <u>青岛</u> 、 <u>安阳</u> 、 <u>郑州</u> 、 <u>洛阳</u> 、 <u>宝鸡</u> 、 <u>徐州</u>

▶ 3.2 集中供暖系统故障

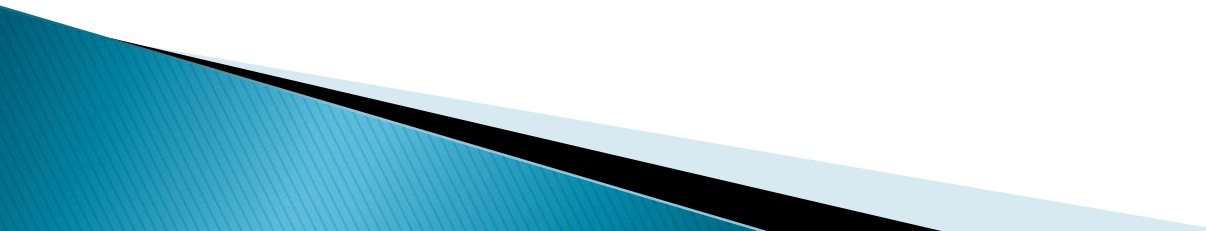
▶ 以下分别列举集中供暖系统可能发生的故障。

▶ 热源部分：

▶ #（1）锅炉故障，减少供热量，与热源备用有直接关系，构成公共安全事件。

▶ （2）热电厂某段母线电气故障。

▶ （3）热电厂汽机故障

- (4) 热电厂热网首站的循环泵故障
 - (5) 热电厂热网首站的热网加热器故障
 - (6) 供热系统内部的管道部件及小设备损坏
 - (7) 热网失水量过大
 - (8) 供热系统突然超压故障
- 

热网部分：

#（1）一次主干管网故障，可能引发冰冻。与热源备用有间接关系，构成公共安全事件。（管道、补偿器、阀门泄漏）

（2）一次分支管网上的故障

（3）换热站、二次管网、用户的故障

其他：

▶（1）由气候奇寒引发的燃料供应问题。

▶（2）大型热电厂因缺煤停止供热。

▶（3）供热企业濒于倒闭停止供热。

- ▶ 归纳：热网主干管道故障和锅炉故障是大型集中供暖系统可能出现的严重故障，可能构成公共安全事件。当故障时，应防止两种情况发生：
 - ▶ （1）防止供热系统中的水冰冻，不停止主循环泵运行和少量供热可保不冰冻。（少量供热？）
 - ▶ （2）防止热用户室温过快的降低到住户难以忍受的程度。
 - ▶ （室温低限？所需时间？）

▶ 3.3 关于少量供热问题

- ▶ 在我国，集中供热行业受俄罗斯影响较大，供热制度、供热模式、学科设置是参照前苏联的体系建立的。
- ▶ 目前，还在影响我国的学术著作：柯比约夫的《供热学》、索柯诺夫的《热化与热力网》、约宁的论文《供热管网系统的可靠性》。上述著作构成了我国供热行业的理论基础。
- ▶ 最低供热量保证率来自俄罗斯的《热力网设计规范》
- ▶ （CII124.13330.2012），为保证事故时管道不冻坏。
- ▶ 请看我国现行行业标准——城镇供热管网设计规范（CJJ34-2010）的509条款。

5.0.9条：供热系统中热源间的连同干线的最低供热量保证率：

表-4 热源间的连同干线的最低供热量保证率

采暖室外计算温度℃	最低供热量保证率%
$t > -10$	40
$-10 \leq t \leq -20$	55
$t < -20$	65

▶ 3.4 关于热用户室温低限及所需时间的问题

- ▶ 热用户室温下降涉及以下因素（模糊概念）：
 - ▶ （1）当地冬季室外采暖计算温度，不同纬度不一样。
 - ▶ （2）发生故障时的室外气温。
 - ▶ （3）热用户房间的保温性能，房间朝向。
 - ▶ （4）故障延续的时间。
 - ▶ （5）事故情况下，住户可以忍受的室温，最低允许温度限值。
 - ▶ （6）事故情况下，限额供热量的大小与室温的关系。

补充资料：关于房间冷却时间的研究

- ▶ 哈尔滨工业大学任先超硕士做过建筑房间事故工况下冷却过程的试验研究。
- ▶ 北京地区（ $t=-9^{\circ}\text{C}$ ），顶层北向房间（最不利房间）取不同限额供热系数 B （即热源备用系数），室温从 18°C 冷却到 10°C 所需时间：
- ▶ 研究结果：
 - ▶ （1） $B=0.60$ ，所需时间为167小时（7天）。
 - ▶ （2） $B=0.55$ ，所需时间为111小时（4.62天）；
 - ▶ （3） $B=0.50$ ，所需时间为 86小时（3.58天）。

▶ 3.5 小结（对有关因素分析）

- ▶ 防止热用户室温过快的降低到住户难以忍受的程度。这是5.3.1条款规定60–75%备用量的主要目的。
- ▶ 目前，我国近年发生的集中供热系统故障中：有因为缺乏备用热源而出现问题的例子（石家庄西郊供热公司，2012年底，只有一台供热锅炉），还没有因为热源备用系数选择小而出现问题的例子。综上所述，对于供热系统故障，在乎的是有或没有备用热源，而不必纠结于备用热源的大小（75%或65%）。

▶ *4、推荐的解决方案

▶ 考虑以下前提：

- ▶ （1）事故延续时间，据经验，在最冷期以3天（72h）为宜。
- ▶ （2）室温最低允许温度为 10°C ，一般情况下，事故3天内，可能低于这一限值的热用户不会高于热用户总数的3%。对低于 10°C 的热用户，可考虑采用其他应急措施：开辅助电暖，对低收入户发放电暖气（同时进行电费补贴）。
- ▶ （3）事故超3天，组织低于 10°C 的热用户临时疏散。

- ▶ （4）根据各城市室外采暖计算温度进行分区（好执行）。
- ▶ （5）应满足5.0.9条款的有关规定，并与其对应。
- ▶ 管网备用与供热热源备用的匹配关系：
 - ▶ 网65—40%，热源75—60%。
- ▶ 热源备用值的上下限选取有学问：略高于或等于管网，南方小、北方大。
- ▶ （6）热源备用系数低限（寒冷区）应尽量选择较低数值，特别在北京及以南地区，热源备用系数应50%以下。
- ▶ 根据上述内容，提出热源备用系数的选择方案，见表-5。

***表-5 我国供暖区各城市热源备用系数选择方案**

城市分区 及代表性城市名称 (略)	分区内各城市 冬季采暖计算 温度 t 的范围 ($^{\circ}\text{C}$)	方案一 (75%—60%) 特点：按原规定 (第5.3.1条)	方案二(折中) (75%—50%) 特点：原规定下限降 低10%	方案三 (65%—50%) 特点：原规定上下限 各降低10%
A区： 哈尔滨等	$t < -20$	75%—70%	75%—65%	65%—60%
B区： 沈阳等	$-10 \leq t \leq -20$	70%—65%	65%—55%	60%—55%
C区： 北京等	$t > -10$	65%—60%	55%—50%	55%—50%

- ▶ 对表-5所提出的方案说明如下：
- ▶ （1）方案一，不需修改现行设计规范，可直接使用，热源备用系数大，对扩大热电厂供热面积不利。
- ▶ （2）方案二、三，（对照509条款）。热源备用系数降低，对扩大供热面积有利，需修改现行设计规范
- ▶ （3）表中的热源备用系数可给出某一范围供选择、也可细化到每个城市一个值，可探讨优劣。

一个实例：

- ▶ 石家庄地区（ $t=-6.2^{\circ}\text{C}$ ，C区），一个 $2\times 300\text{MW}$ 级的热电厂，热源备用系数分别取60%（方案一）、50%（方案二、三），不考虑在热电厂外建设调峰和备用热源。
- ▶ 计算该热电厂理论上可承担的供热面积，见表-6。
- ▶ 从表中可知：按不同热源备用系数计算的理论可供热面积相差264（ 万m^2 ），约占总供热面积的20%。

表-6 按不同热源备用系数计算的理论供热面积

机组类型	供热能力 (MW)	按60%备用计算的理论可供 热面积 (万m ²)	按50%备用计算的理论可供 热面积 (万m ²)
2×300MW	631.7	1316	1580

▶ 5、应做的工作

拟刊登在《区域供热》（市政）、《电力工程技术》（电力）杂志上。充分征求各行业意见后，写进有关设计标准和手册。

- ▶ 1、新编制：集中供热设计手册（正在，2016年完成）
- ▶ 2、新编行业设计标准：热电厂热网首站设计规程（正在）
- ▶ 3、修订国标：大中型火力发电厂设计规范GB50660-2011（拟：2017年）
- ▶ 4、修订国标：小型火力发电厂设计规范GB50049-2011

目前的电力行业，电研究的多，缺少供热研究，需加强有组织的行动。我集团组织三北设计院近年的有关研究工作：

- ▶ 1、调峰热源（已完成）
- ▶ 2、热网回水温度（正在进行，与清华江院士合作）
- ▶ 3、热源备用系数（正在进行）
- ▶ 4、KKS在集中供热系统厂外部分的应用（已完成）
- ▶ 以上成果将写进设计手册、设计标准。形成生产力。

作者简介：

- ▶ 康慧 （1953-） 哈尔滨工业大学，现在中国电力工程顾问集团有限公司工程技术中心工作，教高。拥有注册公用设备师（暖通）、注册核安全工程师、注册监理师、注册设备监理师、注册咨询师（投资）的执业资格。研究方向：集中供热、电厂标识系统。