

超高层建筑空调水系统竖向分区研究

北京市建筑设计研究院有限公司 张铁辉[☆] 赵伟

摘要 设备和管道系统的承压能力是影响空调水系统竖向分区的主要因素。通过对国内外 30 余项规范标准及 10 多个厂商产品参数的调研,分析了空调系统主要设备、管道及连接方式的承压能力;结合 20 个工程案例,对国内外在建和建成的典型超高层建筑空调水系统形式和竖向分区方法进行了归类总结;基于理论与工程案例分析,得出了超高层建筑空调水系统竖向分区原则和不同高度超高层建筑水系统竖向分区方案。

关键词 超高层建筑 空调水系统 竖向分区 管道承压 设备承压

Research on vertical zoning of air conditioning water system in super high-rise buildings

By Zhang Tiehui[★] and Zhao Wei

Abstract The pressure bearing capacity of equipment and pipeline system is a main factor affecting vertical zoning of air conditioning water system. Based on the research of more than thirty standards at home and abroad, as well as parameters of various products from more than ten manufacturers, analyses the pressure bearing capacity of major equipments, pipes and connections of air conditioning systems. Combined with twenty projects, classifies and summarizes the forms of air conditioning water system and the methods of vertical zoning in typical super high-rise buildings in the construction and completion at home and abroad. According to analysis in theory and by project cases, obtains both the principles and the schemes of vertical zoning of air conditioning water system in super high-rise buildings with different heights.

Keywords super high-rise building, air conditioning water system, vertical zoning, pressure bearing of pipeline, pressure bearing of equipment

★ Beijing Institute of Architectural Design, Beijing, China

①

0 引言

截至 2013 年底,全球已建成的超过 300 m 的超高层建筑约 85 栋;超过 200 m 的约 870 栋;仅 2012 年初到 2013 年底,全球建成的超过 300 m 的超高层建筑约 30 栋;超过 200 m 的约 180 栋^[1]。20 世纪,我国的超高层建筑非常少,1990 年超过 200 m 的建筑仅有 5 栋;进入 21 世纪,超高层建筑在我国得到了蓬勃发展,到 2011 年底,全国已建成的 200 m 以上的超高层建筑有 230 栋,其中 2011 年全年就建成了 23 栋。目前,我国在建的 200 m 以上的超高层建筑达 230 栋,远远超过了世界上任何一个国家^[1]。截至 2012 年,在全球已建成的高度排名前 20 名的超高层建筑中,我国占了 50%,到 2020 年,这一比例预计将增加到 60% (见图 1)^[1]。

超高层建筑的飞速发展,给勘察设计行业包括

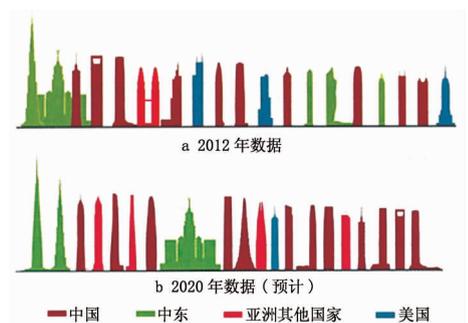


图 1 全球最高 20 栋建筑的地区分布^[1]

①[☆] 张铁辉,男,1964 年 11 月生,大学,教授级高级工程师,副总工程师

100045 北京市南礼士路 62 号北京市建筑设计研究院有限公司

(010) 88043143

E-mail: zth64@126.com

收稿日期:2014-02-27

修回日期:2014-03-10

暖通专业在内的各专业都带来了许多新问题,对这些问题进行深入研究,特别是对其中关键技术问题进行研讨与分析,具有重要的意义。

空调水系统竖向分区是超高层建筑空调设计中一个非常关键和重要的环节,空调水系统竖向分区是否合理,将会对工程的安全性、节能性、经济性和运行管理等产生重大的影响。目前国内相关规范和技术措施对空调水系统竖向分区尚无具体规定,设计人员对此缺乏清晰的认识。因此,对空调水系统竖向分区进行深入研究是非常重要和有意义的。国外特别是美国和日本在此方面已进行了一定的研究^[2-3],虽然从公开的文献资料中尚未查阅到 300 m 以上超高层建筑空调水系统竖向分区方法,但其设计理念已在工程案例中有所体现。随着我国超高层建筑的蓬勃发展,国内此方面的研究工作也有了一定的进展,其成果已在文献资料^[4-7]和一些拥有自主知识产权的工程案例中得到体现。本文在总结前人工作的基础上,基于理论与工程案例,分析研究超高层建筑空调水系统竖向分区方法。

1 影响空调水系统竖向分区的主要因素

随着建筑高度的不断增加,空调水系统工作压力也逐渐增大,为解决设备和管道系统高承压问题,可采用设置板式换热器竖向分区或选择高承压设备和管道系统方案。当采用设置板式换热器竖向分区方案时,虽然系统工作压力较低,但由于中间换热设备和分区循环泵增多,从冷源供出的冷水经换热设备梯级换热后温度升高,能源利用效率降低,末端设备换热面积增大,投资和能耗亦随之增加,运行管理复杂。当采用高承压设备和管道系统

方案时,虽然系统工作压力较高,设备和管道系统投资有所增大,但由于节省了中间换热设备和分区循环泵,冷水温度和末端设备换热面积不变,与竖向分区方案相比,投资和能耗降低,能源利用效率提高,运行管理简单,在安全性、节能性、经济性和运行管理等方面具有综合优势。因此,设备和管道系统承压能力的选择和如何充分利用设备和管道系统承压能力,尽量减少竖向分区,便成为影响空调水系统竖向分区的主要因素。

2 设备和管道系统承压

对已建成工程案例所做的调研结果表明,由于承压能力选择的依据不同,不同工程中设备和管道系统的承压多种多样。因此,有必要通过对现行国内外规范标准及产品参数的调研,分析设备和管道系统承压能力,为确定超高层建筑空调水系统竖向分区原则提供依据。

2.1 设备(含阀门)的承压

表 1 中是目前产品标准对冷热源和末端设备及阀门的承压或压力试验规定。除 GB/T 19232—2003《风机盘管机组》标准明确规定了承压要求外,其余设备标准对设备承压没有明确规定,仅给出了设计压力下压力试验的相关要求。设备常用压力系列值见表 2。从表 2 中可知,风机盘管机组的最大承压为 1.6 MPa,与标准要求一致;空调机组的最大承压为 1.6 MPa;常规冷水机组的最大承压为 2.0 MPa,经过特殊设计后,可以达到 3.0 MPa;板式换热机组的最大承压和水泵最大工作压力均为 2.5 MPa。阀门的承压规格最多,设计时根据系统的工作压力选取即可。

表 1 设备承压或压力试验规定

	标准名称	承压或压力试验规定
冷热源	GB/T 18430.1—2007《蒸汽压缩循环冷水(热泵)机组 第 1 部分:工业或商业用及类似用途的冷水(热泵)机组》	机组水侧在 1.25 倍设计压力(液压)下,按照 JB/T 4750 中液压试验方法进行检验
	GB/T 18431—2001《蒸汽和热水型溴化锂吸收式冷水机组》	机组水侧在 1.25 倍设计压力下压力试验
	GB/T 18362—2008《直燃型溴化锂吸收式冷(温)水机组》	机组水侧在 1.25 倍设计压力下压力试验
	NB/T 47004—2009《板式热交换器》	机组水侧在不小于 1.3 倍设计压力下压力试验
	GB/T 3166—2004《热水锅炉参数系列》	出水压力等级 0.4~2.5 MPa,共 11 档
末端设备	GB/T 19232—2003《风机盘管机组》	机组水侧在 1.6 MPa 压力下能正常运行,且无渗漏
	JB/T 9066—1999《柜式风机盘管机组》	980 kPa 压力、80 °C 的热水下能正常工作
	GB/T 14294—2008《组合式空调机组》	490 kPa 压力、200 °C 的蒸汽下能正常工作
	JB/T 9064—1999《盘管 耐压试验与密封性检查》	水侧在 1.5 倍设计压力下压力试验
	GB/T 14296—2008《空气冷却器与空气加热器》	水侧在 1.5 倍设计压力下压力试验
阀门	GB/T 8464—2008《铁制和铜制螺纹连接阀门》	1.0,1.6,2.0,2.5,4.0 MPa
	GB 13927—1992《通用阀门 压力试验》	0.25,0.6,1.0,1.6,2.0,2.5,4.0,5.0 MPa 及以上

表 2 不同厂商产品承压调研结果

调研的厂家数量	承压规格/MPa	备注
冷水机组	4	1.0, 1.6, 2.0, 2.5, 3.0 承压 2.5 MPa 及以上为非标产品
空调机组	5	1.6(1.75) 除一家企业的产品承压为 1.75 MPa 外,其余企业产品的承压均为 1.6 MPa
风机盘管	5	1.6(1.75) 除一家企业的产品承压为 1.75 MPa 外,其余企业产品的承压均为 1.6 MPa
空调循环泵	4	1.0, 1.6, 2.5
板式换热器	3	1.0, 1.6, 2.0, 2.5

注:括号内数据为其中一家企业的产品承压值。

2.2 管道系统承压

和附件三部分。国内标准对金属管材和管道连接的承压规定见表 3,4。

本文中所述管道系统包括管材、管道连接方式

表 3 钢管的承压规定

标准名称	承压规定
GB/T 3091—2008《低压流体输送用焊接钢管》	液压试验最高压力不大于 5.0 MPa。 $p_1 = 2S_1t/D_1$,其中 p_1 为钢管的最低试验压力,MPa; S_1 为钢管下屈服强度的 60%,N/mm ² ; t 为钢管的壁厚,mm; D_1 为钢管的外径,mm
GB/T 12771—2008《流体输送用不锈钢焊接钢管》	液压试验最高压力不大于 10.0 MPa。 $p_2 = 2S_2R/D_2$,其中 p_2 为试验压力,MPa; S_2 为钢管的公称壁厚,mm; R 为允许应力,取规定非比例延伸强度的 50%,MPa; D_2 为钢管的公称外径,mm
GB/T 14976—2002《流体输送用不锈钢无缝钢管》	液压试验最高压力不大于 20.0 MPa。 $p_2 = 2S_2R/D$,其中 R 为允许应力,取抗拉强度的 40%,MPa
GB/T 8163—2008《输送流体用无缝钢管》	液压试验最大试验压力不超过 19.0 MPa。 $p_2 = 2S_2R/D_2$,其中 R 为允许应力,取规定下屈服强度的 60%,MPa
CJ/T 151—2001《薄壁不锈钢水管》	最大工作压力 1.6 MPa
CECS 153:2003《建筑给水薄壁不锈钢管道工程技术规程》	最大工作压力 1.6 MPa
GB/T 19228.2—2011《不锈钢卡压式管件组件 第 2 部分:连接用薄壁不锈钢管》	最大工作压力 1.6 MPa

表 4 钢管应用于空调水系统时不同连接方式的承压规定

连接方式	类型	标准名称	承压规定
螺纹连接	螺纹	GB 50243—2002《通风与空调工程施工质量验收规范》	最大工作压力 1.0 MPa
法兰连接	螺纹法兰	GB 50243—2002《通风与空调工程施工质量验收规范》, GB/T 9113—2010《整体钢制管法兰》	0.6, 1.0, 1.6 MPa
	平焊法兰	GB 50243—2002《通风与空调工程施工质量验收规范》, GB/T 9113—2010《整体钢制管法兰》	0.6, 1.0, 1.6, 2.5 MPa
	对焊法兰	GB 50243—2002《通风与空调工程施工质量验收规范》, GB/T 9113—2010《整体钢制管法兰》	4.0, 6.4, 10.0 MPa
焊接连接	焊接		无特殊要求
沟槽连接	螺纹式机械三通	GB 50243—2002《通风与空调工程施工质量验收规范》, CJ/T 156—2001《沟槽式管接头》	最大工作压力 1.6 MPa
	挠性接头	GB 50243—2002《通风与空调工程施工质量验收规范》, CJ/T 156—2001《沟槽式管接头》	最大工作压力 2.5 MPa
卡压、卡套连接	卡压、卡套	GB/T 19228.2—2011《不锈钢卡压式管件连接用薄壁不锈钢管》	最大工作压力 1.6 MPa

注:GB 50243—2002《通风与空调工程施工质量验收规范》规定,钢塑复合管道螺纹连接适用工作压力不大于 1.0 MPa;钢塑复合管道法兰与沟槽连接时,工作压力不大于 2.5 MPa。

国外的标准体系与国内基本类似,管材、管道连接方式、管道配件和阀门的承压均分别规定,以美国为例,一般由美国机械工程师协会(ASME)制定。在此基础上,还给出了系统标准体系,如美国供暖制冷与空调工程师协会(ASHRAE)在遵守这些标准的基础上,根据不同系统、管材、连接方式和配件材料给出了系统最大工作压力,如表 5 所示。英国暖通空调设计手册《CIBSE Guide Books》也有类似的规定。

2.3 小结

2.3.1 设备承压

通过调研发现:

1) 对于普通风机盘管,除一家企业的产品承压为 1.75 MPa 外,其余企业的产品承压均不超过 1.6 MPa。

2) 对于空调机组盘管,除一家企业的产品承压为 1.75 MPa 外,其余企业的产品承压均不超过 1.6 MPa。

3) 冷水机组最大承压一般不超过 2.0 MPa。

4) 水泵、板式换热机组最大承压均不超过 2.5 MPa。

5) 阀门的承压可根据系统工作压力选取。

2.3.2 管道系统承压

1) 薄壁不锈钢管道最大承压不能超过 1.6 MPa,

表5 《ASHRAE Handbook》给出的系统最大工作压力^[8]

系统	管材	类型	连接方式	配件		最高工作温度/℃	最高工作温度下的最大工作压力/kPa
				等级	材料		
循环水管(≤DN50)	焊接钢管	标准	螺纹连接	125	铸铁	120	860
	铜管	L型	钎焊		精铜	120	1 030
循环水管(≥DN65)	A53 B ERW 钢	标准	焊接	标准	展性钢	120	2760
			法兰连接	150	展性钢	120	1 720
			法兰连接	125	铸铁	120	1 200
			法兰连接	250	铸铁	120	2 760
			沟槽连接		延性铸铁(球墨铸铁)	110	2 070
蒸汽管路(≤DN50)	焊接钢管	标准	螺纹连接	125	铸铁		620
	焊接钢管	标准	螺纹连接	150	展性铸铁		620
	A53 B ERW 钢	标准	螺纹连接	125	铸铁		690
	A53 B ERW 钢	标准	螺纹连接	150	展性铸铁		860
	A53 B ERW 钢	XS	螺纹连接	250	铸铁		1 380
	A53 B ERW 钢	XS	螺纹连接	300	展性铸铁		1 720
蒸汽管路(≥DN65)	钢管	标准	焊接	标准	展性钢		1 720
	钢管	标准	法兰连接	150	展性钢		1 380
	钢管	标准	法兰连接	125	铸铁		690
	A53 B ERW 钢	XS	焊接	XS	展性钢		4 830
	A53 B ERW 钢	XS	法兰连接	300	展性钢		3 450
	A53 B ERW 钢	XS	法兰连接	250	铸铁		1 380

注:A53 B指 ASTM(美国材料试验协会)A53 标准 B级;ERW 为电阻焊;XS 为加厚壁厚。

钢塑复合管、铜管最大工作压力不超过 2.5 MPa。焊接钢管和无缝钢管的承压与壁厚成正比,与管径成反比,应根据系统工作压力、温度和管径选择钢管材质和壁厚;当系统工作压力≤1.6 MPa 时,可采用焊接钢管,当系统工作压力大于 1.6 MPa 时,宜采用无缝钢管。

2) 管道系统承压主要取决于连接方式承压。螺纹连接最大承压不超过 1.6 MPa;卡压、卡套连接最大承压不超过 1.6 MPa;沟槽连接采用螺纹式机械三通时其最大承压为 1.6 MPa,不采用螺纹式三通时最大承压为 2.5 MPa;螺纹法兰连接最大承压为 1.6 MPa,普通焊接法兰连接最大承压为 2.5 MPa,特殊工艺的法兰可以达到 4.0 MPa,甚至更高的承压要求;焊接连接承压可以达到管道本身的承压要求。

3) 管道附件的承压应根据系统工作压力选取。

3 案例分析

3.1 案例概况

笔者调研了 20 个项目,其中 17 个在国内且已建成(15 个在大陆,占调研项目总数的 75%,港台 2 个,占 10%),占调研项目总数的 85%,其余在国外,占 15%;2000 年以后建成的项目 16 个,占调研项目总数的 80%。图 2 显示了调研项目的高度和层数。

3.2 空调冷热源分析

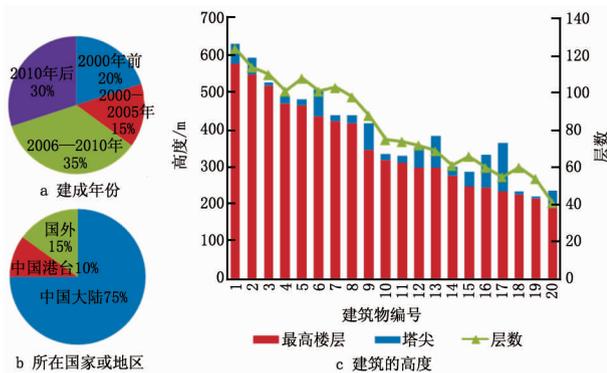


图2 调研项目的高度和层数

所有工程项目的冷源均采用电制冷机组,部分工程采用直燃机或蒸汽吸收式制冷机作为辅助和备用冷源;热源以锅炉和区域供热为主。冰蓄冷技术得到了越来越多的应用,2006 年以后新建的 13 个项目中,10 个项目采用了冰蓄冷;最高楼层高度 400 m 以上的 8 个项目中,7 个项目采用了冰蓄冷;国外和中国港台的 5 个项目中,4 个项目采用了冰蓄冷。

3.3 设备承压分析

表 6 为与图 2 对应的各项目设备设计承压情况。通过分析可以总结出如下结论:

1) 建筑高度越高,设计师越倾向于选择高承压的冷水机组;一般情况下(尤其是 300 m 以下的建筑),冷水机组的承压在 1.6 MPa 以下。

表6 设备承压情况

	项目编号													
	1	2	3	4	6	9	12	13	14	15	16	18	19	20
冷水机组最大承压/MPa	1.6	1.6	2.0	2.1	1.6	2.1	1.5	1.5	1.0	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
空调机组最大承压/MPa	1.6	1.0	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
板式换热器和水泵最大承压/MPa	2.5	2.6	2.5	2.5	1.6	2.8			2.5	1.6	1.6	1.6	2.5	1.6

2) 无论建筑高度如何变化,空调末端的设计承压均不超过 1.6 MPa。

3) 当冷水机组或板式换热器和水泵需要增大承压时,设计师倾向于优先增大板式换热器和水泵的承压来应对建筑高度的增加,很多项目选择采用承压为 2.5 MPa 的板式换热器和水泵。

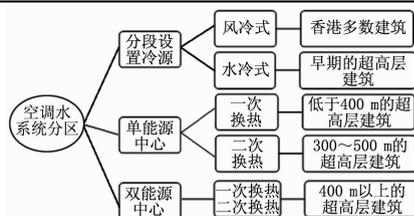
3.4 空调水系统分区方式分析

在调研的 20 个项目中主要有 3 种分区方法,如图 3 所示。

1) 15 个项目采用单能源中心方式,且能源中心均设置在地下室,占调研项目总数的 75%。

2) 3 个项目采用双能源中心方式,占调研项目总数的 15%。

3) 2 个项目采用分段设置冷源方式,占调研项目总数的 10%。



3.4.1 单能源中心(有些超高层建筑顶部观光层另设了独立冷源,也归入此类)

3.4.1.1 一次换热方式

单能源中心一次换热方式用于建筑最高楼层高度低于 400 m、系统高度(系统高度指空调水系统最低点至最高点的高度)低于 410 m 的建筑。如图 4 所示,有以下几种设计方案。

1) 系统高度低于 240 m 建筑常用分区方案

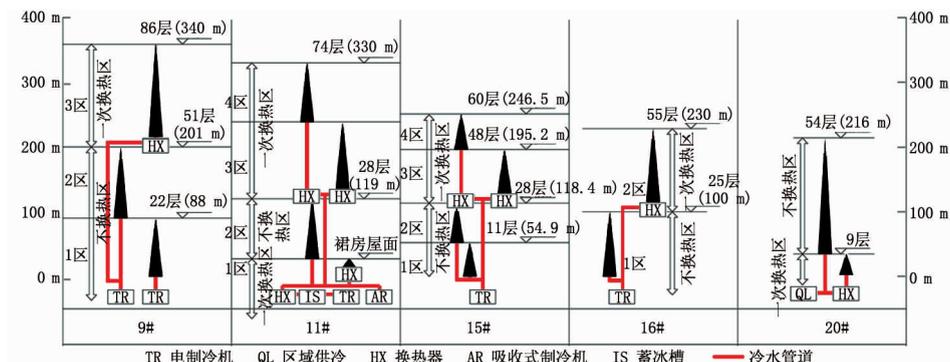


图4 一次换热方式不同的分区方案

① 方案 1。制冷机设置于地下设备用房内, 120 m 以下区域由制冷机直供, 保证制冷机和此分区内的空调末端承压小于 1.6 MPa; 在中间设备层设置板式换热器进行一次换热, 向 120 m 以上区域供冷, 保证此分区内的空调末端承压小于 1.6 MPa。这种方式最大系统高度不超过 240 m, 是最普遍的设计方案, 16# 项目即采用此方案。

② 方案 2。制冷机与换热器均设置于地下设备用房内, 120 m 以下区域通过板式换热器一次换热供冷, 120 m 以上区域由制冷机直供。这种方式最大系统高度不超过 200 m, 保证制冷机的承压小于 2.0 MPa。通常应用于系统高度 240~410 m 建筑的低区。20# 项目采用了此方案。

③ 方案 3。制冷机与换热器均设置于地下设备用房内, 换热器分为两组, 其中一组承压为 1.6 MPa, 供建筑低区; 另一组承压为 2.5 MPa, 供建筑高区。这种方式最大系统高度不超过 210 m, 在日本的某些建筑中有应用。

④ 方案 4。不设换热器, 将冷水机组分为两组, 其中一组承压为 1.6 MPa, 供建筑低区; 另一组承压为 2.0 MPa, 供建筑高区。这种方式系统最大高度不超过 200 m, 通常应用于系统高度 240~410 m 建筑的低区。

2) 系统高度 240~410 m 建筑常用分区方案

系统高度 240~410 m 的建筑, 其 200 m 以下区域可采用方案 2 和方案 4 分区方式。通过案例

汇总分析,归纳出4种系统高度240~410 m建筑常用的分区方法。

① 方案1。制冷机设置于地下设备用房内,在不超过120 m的设备层设置板式换热器进行一次换热,换热器分为两组,其中一组承压为1.6 MPa,供120~240 m区域;另一组承压为2.5 MPa,供240 m以上区域。这种方式最大系统高度不超过330 m,是应用最普遍的设计方法,15#项目采用了此方案。

② 方案2。制冷机设置于地下设备用房内,将冷水机组分为两组,其中一组承压为1.6 MPa,供120 m高度以下区域;另一组承压为2.0 MPa,供120~200 m区域(也可以全部采用2.0 MPa高压制冷机,通过板式换热器供120 m以下区域)。在不超过200 m设备层设置一次换热器,供200 m以上区域。这种方式最大系统高度不超过410 m,

9#项目采用了此方案。

③ 方案3。基于方案2,当采用冰蓄冷方案后,由于板式换热器的承压可达2.5 MPa,使得此方案的最大系统高度能达到420 m,11#项目采用了这种设计方法。

④ 方案4。方案2采用高承压的制冷机才能实现,如果仍采用1.6 MPa以下低承压制冷机,那么当系统高度超过330 m时,也可考虑采用二次换热方式。但调研的案例中,均没有采用这种方式,也说明设计师均倾向于在满足设备承压要求的同时,尽量减少换热次数。

3.4.1.2 二次(多次)换热方式

单能源中心二次(多次)换热方式用于建筑最高楼层高度400~600 m、系统高度低于620 m的建筑。如图5所示,有如下2种方案:

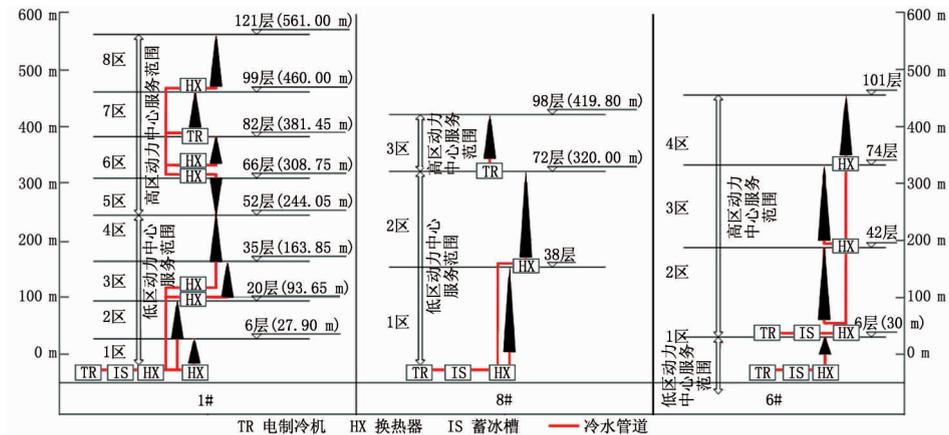


图5 二次(多次)换热方式不同的分区方案

1) 方案1。制冷机设置于地下设备用房内,将冷水机组分为两组(也可以全部采用2.0 MPa高压制冷机,通过板式换热器供120 m以下区域),其中一组承压为1.6 MPa,供120 m高度以下区域,另一组承压为2.0 MPa,供120~200 m区域。在不超过200 m高度处设置一次换热机组,在不超过410 m高度处设置二次换热机组,这种方式最大系统高度不超过620 m,4#项目即采用此方案。

2) 方案2。基于方案1,当采用冰蓄冷方案后,由于板式换热机组的承压可达2.5 MPa,使得此方案的最大系统高度能达到630 m,2#,3#,6#项目均采用了这种设计方法(见图5)。

3.4.2 双能源中心

双能源中心用于建筑最高楼层高度超过400

m的建筑,且不同的能源中心对应服务于建筑中不同的功能区域。如图6所示,有如下3种方案:

1) 方案1。裙房部分设置单独的能源中心,裙房以上酒店或者办公区设置另一个能源中心。这种方式主要是针对裙房和塔楼分属不同的物业,或者有截然不同的使用要求,适用的最大系统高度与二次换热方式基本一致的建筑。6#项目即采用此方法。

2) 方案2。当顶部酒店系统高度低于120 m时,可考虑为其设置独立的电动冷水机组。建筑其他部分则使用建筑底部的能源中心。这种方案可实现的最大系统高度为740 m。8#项目采用此方案。

3) 方案3。在单能源中心方案(即系统高度240~410 m建筑分区方案2,3)的基础上,在竖向

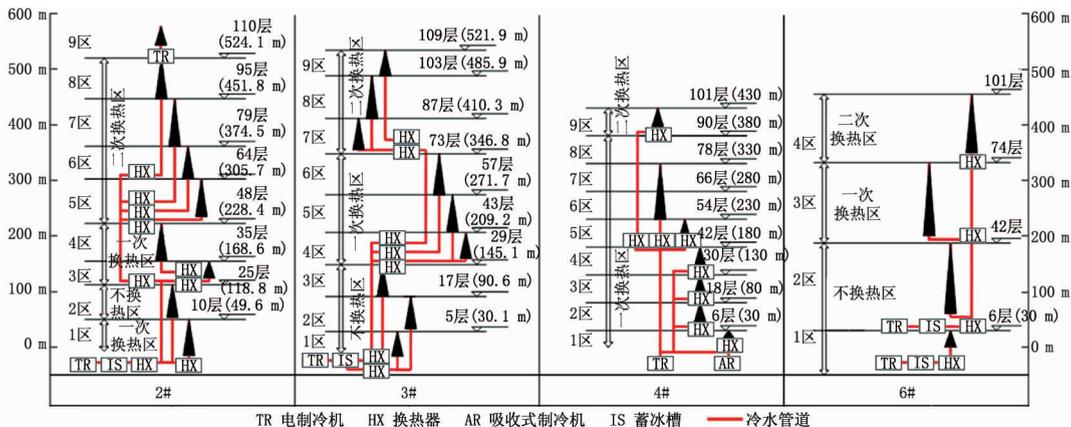


图6 双能源中心案例及分区方案

再增加一个同样的分区方案。这种方案可实现的最大系统高度为 820 m。1# 项目采用此方案。当然如果每个能源中心均考虑二次换热,其最大系统高度还可以进一步增加。

3.4.3 分段设置冷水机组

分段设置冷水机组理论上可用于任意高度的建筑,其优势在于无梯级换热,可减少焓损失及梯级换热对冷源和末端设备的影响;其缺点也非常明显,首先是冷水机组位于百米以上高度的设备机房内,冷水机组特别是大型水冷机组运输难度较大,且当建筑投入使用后,由于一般货梯的载重量和空间无法满足整机和大型部件运输要求,很难实现整机和大型部件更新;此外,噪声、振动处理也比较复杂。12# 和 13# 项目均为我国 20 世纪 90 年代建成的超高层建筑,由于当时国内没有高承压的冷水机组,且板式换热器技术也不过关,因而采用了此方案(见图 7)。实际上这种设计方案在目前来看仍然有很多可借鉴的地方,值得进一步深入研究、探讨其在超高层建筑中应用的合理性。

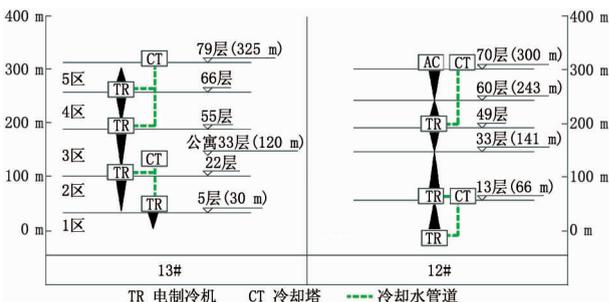


图7 分段设置冷水机组案例及分区方案

3.5 小结

3.5.1 冷热源

1) 所有项目冷源都采用电制冷,部分采用直燃机或蒸汽吸收式冷水机组作为辅助冷源;

2) 项目热源一般为市政热力或蒸汽锅炉;

3) 冰蓄冷得到了广泛应用,400 m 以上的 8 个项目中的 7 个项目,5 个国外、中国港台项目中的 4 个项目采用了冰蓄冷。

3.5.2 换热次数

所有项目均采用板式换热器,换热次数均不超过两次。

3.5.3 设备和管道承压

所有项目末端设备的承压均不超过 1.6 MPa,冷源和板式换热器及其管道的承压则根据项目的具体情况选择不同的承压要求,但承压均不超过 2.5 MPa。

4 超高层建筑空调水系统竖向分区原则

依据上述分析并结合现行设计规范和技术措施的规定,可总结出空调水系统竖向分区原则:

1) 空调水系统的竖向分区应根据设备、管道及附件的承压能力确定。

2) 末端设备的承压不宜超过 1.6 MPa。

3) 冷水机组和板式换热器的承压应根据项目的具体情况选择不同的承压要求,冷水机组承压不宜超过 2.0 MPa,板式换热器承压不宜超过 2.5 MPa。当冷水机组或板式换热机组和水泵需要增大承压时,宜优先增大板式换热机组和水泵的承压。

4) 系统最大工作压力不宜超过 2.5 MPa。

5) 系统工作压力不超过 1.6 MPa,管道连接方式可采用螺纹连接、沟槽连接、法兰连接和焊接连接;系统工作压力大于 1.6 MPa 且不超过 2.5

MPa,管道连接方式可采用焊接法兰连接、沟槽连接和焊接连接。

6) 当系统高度低于 620 m 时,冷水机组可不上楼;当建筑高度超过 620 m,可考虑冷水机组上楼。

7) 当系统高度超过 410 m 时,建筑的上段和下段具有不同的功能区且各区需要独立管理时,可考虑冷水机组上楼。

8) 尽量避免采用冷水机组上楼方案。当采用冷水机组上楼方案时,应制定安全、可靠、合理的技术方案,以满足冷水机组和大型部件运输、安装及调试和运行维护等要求。

9) 尽量减少换热次数,一般不超过两次;两次换热或者多次换热时,冷源可考虑采用蓄冰方式。

5 不同高度超高层建筑空调水系统竖向分区方案

依据上述超高层建筑空调水系统竖向分区原则,可得到不同高度超高层建筑空调水系统竖向分区方案:

1) 系统高度 120 m 以下的建筑,水系统竖向可不分区,所有区域冷量由制冷机直供。

2) 系统高度 120~240 m 的建筑,推荐采用图 8a 方案。

3) 系统高度 240~330 m 的建筑,推荐采用图 8b 方案。

4) 系统高度 330~410 m 的建筑,推荐采用图 8c 方案。

5) 系统高度 410~620 m 的建筑,当建筑功能单一时,推荐采用图 8d 方案。当建筑在竖向(上段和下段)具有不同的功能区且各区需要独立管理时,推荐采用双能源中心方案,每个能源中心供冷区域可按冷水机组直供和图 8a, b, c 确定竖向分区方案。

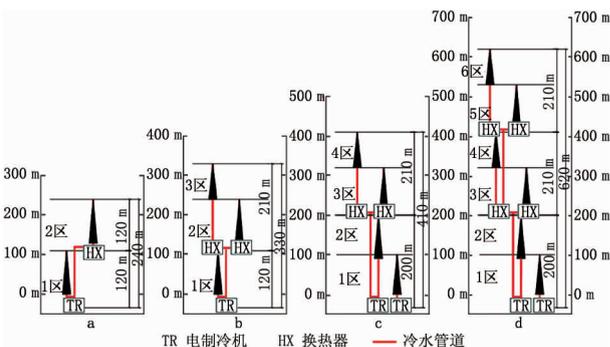


图 8 不同系统高度竖向分区方案

6) 系统高度超过 620 m 的建筑,推荐采用双能源中心方案,每个能源中心供冷区域可按冷水机组直供和图 8 确定竖向分区方案。由于图 8d 方案最大系统高度可达 620 m,故双能源中心方案最大组合系统高度可达 1 240 m。

7) 图 8c 和 8d 方案也可采用一组高承压冷水机组,通过板式换热器供 120 m 以下区域。

8) 图 8 推荐的竖向分区方案均为该方案能够达到的最大系统高度,当具体工程情况与推荐方案不同时,建议按竖向分区原则并结合工程具体情况进行相应的调整。

9) 空调热水系统竖向分区方案可参考空调冷水系统竖向分区原则,此处不再赘述。

6 结语

通过对设备及管道系统承压能力和工程案例分析,总结了超高层建筑空调水系统竖向分区方法,得出了超高层建筑空调水系统竖向分区原则,给出了 1 240 m 以下不同高度超高层建筑空调水系统竖向分区方案。

本文所述竖向分区原则和竖向分区方案为原则性建议,在具体工程中,空调水系统竖向分区方案还需根据工程具体情况,并结合相关标准、政策法规、施工工艺、施工水平和运行管理水平,经技术经济比较后确定,以实现安全、节能、经济、合理的设计目标。

参考文献:

- [1] Antany Wood. Best tall buildings 2012[M]. Council on Tall Buillings and Urban Habitat Chicago, 2012: 13-17
- [2] Donald E Ross. HVAC design guide for tall commercial buildings[M]. Atlanta: ASHRAE, 2004
- [3] 林茂俊,译. 超高层大楼设备设计[M]. 台湾:徐氏基金会出版, 1983
- [4] 刘天川. 超高层建筑空调设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2004
- [5] 林其昌. 超高层建筑空调水系统设计探索[C]//全国暖通空调制冷 1996 年学术年会资料集, 1996:560-567
- [6] 王钰. 超高层建筑空调水系统的分区技术[J]. 中国建设信息供热制冷, 2007(4):51-55
- [7] 曹莉,王红朝,潘云钢. 超高层建筑空调水系统设计探讨[J]. 深圳土木与建筑, 2010,7(2):160-163
- [8] ASHRAE. ASHRAE handbook [M]. Atlanta: ASHRAE, 2012