

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.04.009

## 我国第三产业发展与节水研究

黄晓家<sup>1,2</sup>, 赵 潭<sup>3</sup>, 于水静<sup>1</sup>, 曹 薇<sup>1</sup>, 吴懂礼<sup>1</sup>, 于 凯<sup>1</sup>

(1. 中国中元国际工程有限公司, 北京 100089; 2. 南华大学 土木工程学院, 湖南 衡阳 421001; 3. 北京市水务局, 北京 100038)

**摘 要:** 分析了我国近年来产业发展和产业结构的变迁过程,随着我国城市化的进一步发展,当前第三产业在国民经济中的贡献已跃居第一,其用水量也占到了城市总用水量的60%左右。通过对比分析我国与美、英、日等发达国家在万元GDP用水量,第二、三产业万元GDP增加值用水量以及用水效益等指标的差异,发现我国第三产业节水存在巨大空间,若不积极开展节水,到2035年第三产业用水量将增加至现状的2.7倍,将是城市现状用水总量的1.6倍,第三产业节水俨然已成为我国城市节水的主攻方向。通过分析我国第三产业节水发展不平衡、不充分等问题,提出了由文化、管理、科技三轮驱动的节水理念和节水模式;针对第三产业用水大户空调冷却循环水系统的节水问题,深入开展研究分析,并提出了相应的节水措施;对实现节水优先的治水方针、提升以水资源为刚性约束条件的城市承载力有着积极的意义,为进一步促进新时代我国城市节水向纵深和精细化发展提供了新思路。

**关键词:** 第三产业; 用水效益; 节水; 冷却水

**中图分类号:** TU99 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)04-0049-08

## Research on China's Tertiary Industry Development and Water Saving

HUANG Xiao-jia<sup>1,2</sup>, ZHAO Tan<sup>3</sup>, YU Shui-jing<sup>1</sup>, CAO Wei<sup>1</sup>, WU Dong-li<sup>1</sup>, YU Kai<sup>1</sup>

(1. China IPPR International Engineering Co. Ltd., Beijing 100089, China; 2. School of Civil Engineering, University of South China, Hengyang 421001, China; 3. Beijing Water Authority, Beijing 100038, China)

**Abstract:** This article analyzes the process of China's industrial development and industrial structure changes in recent years. With the further development of China's urbanization, the current tertiary industry's contribution to the national economy has occupied the first place, and its water consumption has also accounted for about 60% of the total urban water consumption. Through a comparative analysis between China and developed countries such as the United States, Britain, and Japan, it shows the differences in water consumption per 10 000 yuan of GDP, water consumption per 10 000 yuan of value-added GDP in the secondary and tertiary industries, and water efficiency. It is found that there could be further progress for water saving in China's tertiary industry. If we failed on water saving, the water consumption of the tertiary industry will increase to 2.7 times of the current value by 2035, which will be 1.6 times of the current urban total water consumption. Therefore, water saving in the tertiary industry has become the main direction of water saving in Chinese cities. Through the analysis of the unbalanced and inadequate development of water saving in the tertiary industry in China, the water-saving concept and water-saving model driven by culture, management, and technology are

proposed. Besides, this article has also conducted a deep investigation on the water saving of the air-conditioning cooling circulating water system, which is the major water users in the tertiary industry. Related water saving measures are suggested. This paper contributes to the development on the water-saving and support is as a priority governance policy, which could improve the urban carrying capacity limited by water resources rigid constraints, and also provide new ideas for further promoting the in-depth and refined development of urban water saving in China in the new era.

**Key words:** tertiary industry; water efficiency; water saving; cooling water

2019年,我国城市总用水量达 $628.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,其中第三产业用水量约为 $375.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,约占城市总用水量的59.7%,是城市最大的用水部分。从未来产业发展来看,我国2035年远景目标为人均国内生产总值达到中等发达国家水平,GDP翻一番,即人均GDP要达到2万美元左右,是2020年我国人均GDP的2.0倍,GDP增长空间极大。而从产业结构来看,对于经济发达的国家,第三产业往往是国家的支柱产业,世界高等收入国家平均第一产业占比约为1.5%,第二产业占比约为25.6%,第三产业占比约为72.9%<sup>[1]</sup>。其中,美国第三产业占比高达81%,而我国现状仅为53.9%,我国未来产业结构也将不断发展优化。因此,随着第三产业的快速发展,其用水量及在城市用水中的比重也将逐步增加,研究第三产业节水对促进我国城市节水,实现节水优先的治水方针,提升以水资源为刚性约束条件的城市承载力具有重大意义。

## 1 我国产业结构与用水现状

从20世纪70年代至今,我国产业结构发生了巨大的变化,经历了两次转变:1970年—1985年由“二一三”型转变为“二一三”型,2012年后转变为“三二一”型。第一产业GDP比重持续下降,第二产业GDP比重在40%~50%间浮动,第三产业GDP比重稳步上升,从1970年的547.2亿元增长至2019年的534 233.1亿元,逐渐占据绝对优势的经济主导地位。

我国用水总量整体呈增长趋势,2015年用水总量为 $6 103.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,达到历史高峰。随着用水管理的严格化和节水意识的强化,用水总量有所降低,其后趋于平稳,稳定在 $(6 015 \sim 6 040) \times 10^8 \text{ m}^3$ 。近年来我国人均GDP增长迅猛,1990年—2019年GDP平均增长率高达8.8%,2019年已突破1万美元,但与美、英、日发达国家仍有一定差距。2000年—

2015年,我国第二、三产业单位用水效益由34元/ $\text{m}^3$ 提升至178元/ $\text{m}^3$ ,在2010年已超过美国,但远低于英、日两国的472元/ $\text{m}^3$ 和656元/ $\text{m}^3$ ,具体见图1(各国单位用水效益按现价汇率折合成人民币)。我国第三产业用水效益提高仍有巨大空间。

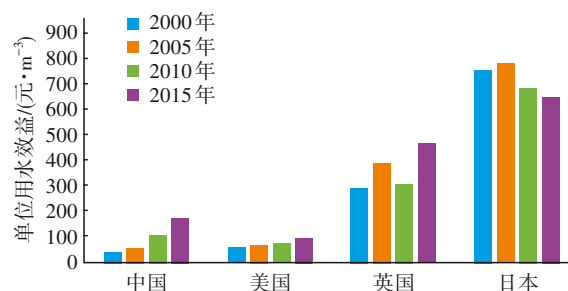


图1 各国第二、三产业单位用水效益

Fig. 1 Water use benefits in the secondary and tertiary industries in different countries

## 2 我国第三产业发展现状及趋势

### 2.1 第三产业产值分析

根据《中国统计年鉴》,1970年—2019年我国三次产业的产值所占比重分别见图2。

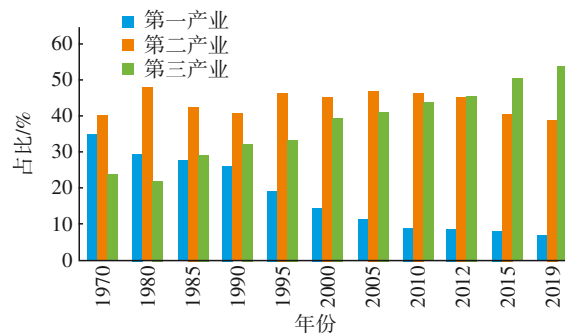


图2 我国三次产业比重变化情况(1970年—2019年)

Fig. 2 Changes in the proportions of the three industries in China (1970–2019)

在1992年确立市场经济之前,我国三次产业产值相对稳定,市场经济之后,我国国内生产总值大幅度增长。其中,第一产业产值在生产总值中的比

重持续下降,在2010年跌破10%;第二产业产值比重较为稳定,在40%~50%之间浮动;而第三产业产值呈快速增长趋势,在2012年超过第二产业跃居第一,俨然已在产业格局中占据主导地位。

此外,在我国“十四五”规划和2035年远景目标中,2035年我国将达到中等发达国家水平,人均国内生产总值将翻一番。根据相关数据统计,发达国家第三产业占国内生产总值的平均比值约72.9%,美国则高达81%。可以推算我国2035年国内生产总值将达到203.2万亿元,其中第三产业产值约142.24万亿元,第三产业未来具有极大的发展空间。

## 2.2 第三产业行业构成

根据《中国统计年鉴》,1980年—2019年第三产业各行业产值占比数据见图3。其中,包括信息传输、软件和信息技术服务业,科学研究和技术服务业,水利、环境和公共设施管理业,居民服务、修理和其他服务业,教育、卫生和社会工作,公共管理、社会保障和社会组织以及国际组织等其他行业增速始终很稳定且处于较高水平,2019年其对经济增长的贡献已超过金融业与房地产的总和,产值比重约为42.7%,其次为批发和零售业、金融及房地产业,合计约45.8%。

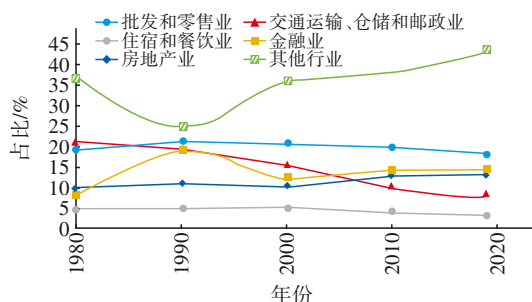


图3 第三产业各行业比重变化情况

Fig.3 Changes in the proportions of different industries in the tertiary industry

## 2.3 第三产业建筑面积

根据国家统计局数据,2012年—2019年第三产业各建筑类型新增竣工面积数据分析见图4。2012年—2017年第三产业建筑竣工面积呈增长趋势,而在2017年—2019年逐年下降,第三产业建筑建造速度有所放缓。通过分析计算2012年—2019年第三产业累计竣工面积可知,商业和服务新增建筑面积占比最大,累计新增 $44.3 \times 10^8 \text{ m}^2$ ,占38.5%;其次为办公建筑,占31.7%;而文化、体育和娱乐累计新增

竣工面积仅占5.6%。

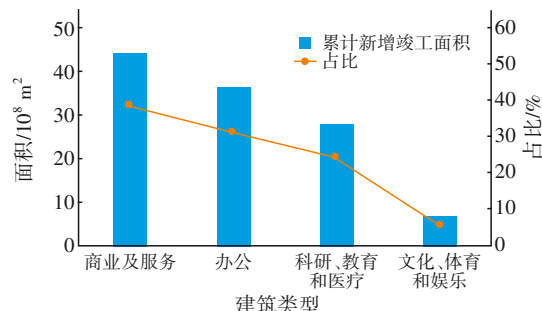


图4 第三产业各建筑类型新增竣工面积数据分析  
(2012年—2019年)

Fig.4 Analysis of new completed floor space data of different tertiary industry building types (2012–2019)

## 3 第三产业用水现状分析

### 3.1 用水总量分析

我国用水构成可划分为农业用水、工业用水、生活用水和生态环境补水,其中生活用水包括居民家庭用水和公共服务业用水,生活用水量与居民家庭用水量之差就是公共服务业用水量,即第三产业用水量。

依据历年《中国统计年鉴》数据,对比分析我国1970年—2019年间的用水量变化,见图5~7。

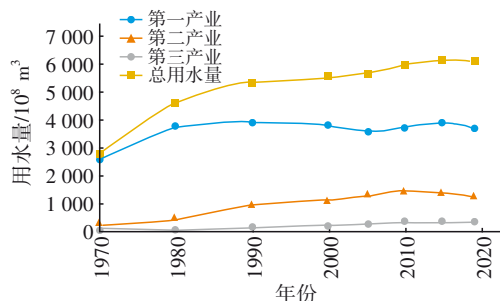


图5 用水总量及用水构成变化(1970年—2019年)

Fig.5 Changes in total water consumption and water use composition (1970–2019)

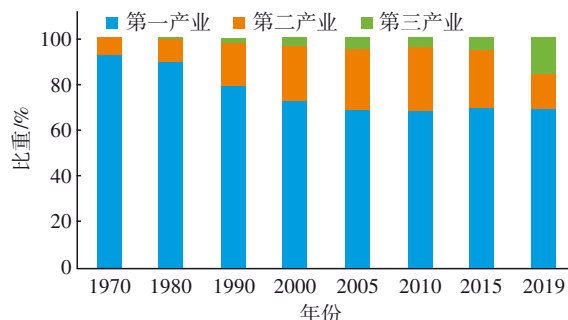


图6 我国三次产业用水量的比重变化(1970年—2019年)

Fig.6 Changes in the proportion of water consumption of the three industries in China (1970–2019)

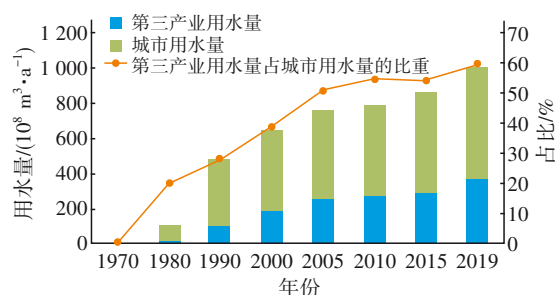


图7 第三产业和城市用水量变化(1970年—2019年)

Fig.7 Changes in water consumption of the tertiary industry and cities (1970–2019)

近50年来,我国总用水量总体呈增长趋势,2010年—2019年增速变缓,2015年达到峰值 $6\,103.2\times 10^8\text{ m}^3$ ,其后出现了负增长或振荡微增长,并趋于稳定。其中,第一产业用水量最大,近50年平均约占总用水量的70.5%;第二产业用水量在1970年—2010年间一直处于增长趋势,其后逐年下降;第三产业用水量在1970年—2019年始终保持增长状态,2019年第三产业用水量约为 $375.4\times 10^8\text{ m}^3$ ,占总用水量的6.2%,占城市总用水量的59.7%(城

市总用水量包括居民生活用水、工业用水、第三产业或公共用水、生态用水),是城市用水构成中最大的用水方向。

### 3.2 用水效益分析

我国与世界主要发达国家用水效益数据对比见表1,以万元GDP增加值用水量表示用水效益水平。1970年—2015年,我国人均GDP有了翻天覆地的变化,但仍远低于国外发达国家水平,2015年人均GDP仅为发达国家的3/20~3/10。

同时期,我国用水效益也有了巨大提升,第二及第三产业万元GDP用水量分别从1970年的 $1\,971.5$ 、 $70.39\text{ m}^3$ 降低为2015年的 $47.5$ 、 $8.7\text{ m}^3$ ,分别下降97.6%、90.2%。但对比国外发达国家,我国第二产业万元GDP增加值用水量已低于美国,但仍高于英、日两国;第三产业的万元GDP增加值用水量仍高于美、英、日发达国家的用水量,约为国外发达国家的1.4~11.7倍。因此可见,我国还应继续强化节水、进一步实施节水技术、普及节水型器具、加强节水宣传。

表1 我国与美、英、日人均GDP与万元用水量对比

Tab.1 Comparison of per capita GDP and water consumption per 10 000 yuan between China and the United States, Britain, and Japan

项 目			1970年	1980年	1990年	2000年	2005年	2010年	2015年
中国	人均GDP/(元·人 <sup>-1</sup> )		279.0	468.0	1 663.0	7 942.0	14 368.0	30 808.0	50 237.0
	用水效益/(m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup> )	第二产业	1 971.5	2 072.8	1 216.4	249.5	145.9	75.5	47.5
		第三产业	70.39			45.5	33.1	15.4	8.7
美国	人均GDP/(元·人 <sup>-1</sup> )		12 863.6	19 078.8	113 377.6	298 428.0	352 764.2	316 999.6	345 659.9
	用水效益/(m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup> )	第二产业	3 011.4	2 204.57	424.27	158.19	136.64	127.94	96.05
		第三产业	63.6	33.21	25.47	9.17	7.42	7.41	6.03
英国	人均GDP/(元·人 <sup>-1</sup> )		5 775.37	15 355.95	103 924.54	240 560.61	342 955.79	260 323.47	275 720.55
	用水效益/(m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup> )	第二产业				26.9	20.9	27.2	17.2
		第三产业				6.9	4.5	5.2	4.0
日本	人均GDP/(元·人 <sup>-1</sup> )		5 016.1	14 484.9	121 314.0	318 983.7	301 511.3	294 729.8	215 032.2
	用水效益/(m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup> )	第二产业				12.5	12.2	13.8	14.5
		第三产业				0.6	0.5	0.6	0.7

注: 美国用水量数据来源于USUG,英国数据来源于英国国家统计局,日本数据来源于日本国土省水资源部。发达国家人均GDP按现汇率折合成人民币。

2019年,我国第三产业GDP为53.42万亿元,用水量为 $375.4\times 10^8\text{ m}^3$ ,第三产业万元GDP增加值用水量为 $7.0\text{ m}^3/\text{万元}$ 。根据预测,2035年我国第三产业总产值将达到142.24万亿元,若不积极实施节水措施,推算2035年第三产业用水量将达到 $1\,000\times 10^8\text{ m}^3$ ,是现状用水量的2.7倍,约是城市现

状用水总量的1.6倍。届时,我国城市总用水量将大幅增加,部分地区水资源总量将难以支撑经济社会可持续发展,需要开展新一轮的引水工程和供水工程建设,人力和财力成本投入巨大。因此,我国必须积极推进第三产业节水,若能达到英国现状用水效益水平,2035年我国第三产业的总用水量将略



低于城市现状总用水量;若能达到日本现状用水效益水平,2035 年我国第三产业用水量将反而减少。可见,第三产业节水有着巨大的经济、社会和环境效益。

3.3 用水构成分析

第三产业用水包括人员用水、设备用水和其他用水等三部分,其中,人员用水包括饮用、盥洗室、洗浴、保洁等用水;设备用水包括空调、采暖等用水;其他用水则包括厨房、绿化、医院的治疗用水等。

以北京市中心城区第三产业用水为例,见图 8。其中,机关用水量占比最大,约为 19%,其次是学校,为 15%。这是由于北京市“四个中心”的定位决定了机关事业单位、学校和科研院所较多,因而用水量相对较高。

受行业性质、规模与用水特性差异的影响,各行业内部用水结构不一,具体见表 2<sup>[2]</sup>。第三产业中不同行业的用水构成差异较大,具有显著的行业特

色,例如机关事业单位以办公为主,办公楼的用水量最高;宾馆以住宿为主,客房用水量最高。另外在办公类、宾馆类建筑中空调和供暖的用水比重相对较高,其中办公类空调用水量占到 20%~30%,而学校空调用水量较少,主要是由于采用中央空调的建筑较少,以分体式空调为主。

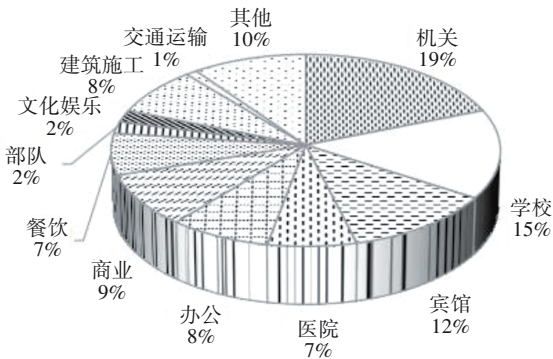


图 8 北京市第三产业用水构成  
Fig.8 Water composition of the tertiary industry in Beijing

表 2 北京市主要公共服务行业内部用水结构

Tab.2 Internal water use structure of Beijing’s main public service industries

机关事业单位		三星级以下宾馆		四星级以上宾馆		医院		学校	
用水部位	用水比例/%	用水部位	用水比例/%	用水部位	用水比例/%	用水部位	用水比例/%	用水部位	用水比例/%
办公楼洗涤 公厕	30~40	客房客人生 活用水	60	客房客人生 活用水	30	门诊、住院部和 办公楼	40	宿舍	36~42
食堂	20	职工浴室、餐 饮和卫生	20	职工浴室、餐 饮和卫生	22	实验室、洗衣 房、空调和供暖	40	教学、办公、 图书馆	8~11
浴室	15~25	空调和保洁	2~5	保洁	10~11	食堂、浴室、宿 舍、绿化	20	食堂	8~11
空调和供暖	20~30	洗衣房	2	空调	6~11			浴室	6(插卡式)/12(脚 踏式)
其他	10	绿化	1	绿化	2			体育场所	5
				对外餐厅	14~17			空调和供暖	4~6
								实验室	4
								招待所	5~6
								其他	4

4 第三产业节水技术

笔者在文献<sup>[3]</sup>中已提出了建筑节能的方向和措施。近年来,随着“节水优先,空间均衡,系统治理,两手发力”治水方针的贯彻实施,城市绿色低碳运行和成本效益最优化的可持续发展理念的推行,我国各城市地区积极采取因地制宜的节水措施,取得了一定的节水成果。

未来在新时代背景下,为更好地适应产业快速发展、城市化进程加快以及第三产业用水大幅增长的发展趋势,通过总结各地区节水工作经验,提出通过以文化、管理和科技三轮驱动的节水理念和节水模式,以水资源为刚性约束,在水资源承载力和总量不变的前提下,助力提升城市承载力,落实绿色低碳的新发展理念,贯彻节水优先治水方针,有

效缓解城市日益增长的用水需求和水资源不足的供需矛盾。

#### 4.1 第三产业节水存在的问题

我国节水措施从最初的一户一表改造、计划用水与定额管理、节水三同时管理以及水平衡测试,逐步发展到包括节水型器具推广普及、根治跑冒滴漏现象、节水技改、建筑中水、再生水以及雨水回收利用、无水少水清洁生产、高耗水行业限制、管网漏损控制等节水措施;同时,我国逐步开展了节水型单位、企业和居住小区等节水载体的建设与评价、国家节水型城市评比与表彰。

经过近40年城市节水工作的开展,已取得了丰硕的节水成果,但仍然存在发展不平衡、不充分等问题,具体如下:

① 爱水惜水的良好节水行为有待进一步加强,这主要体现在大便器存在用前冲洗一次、用后冲洗一次的浪费行为,如何打消人们内心卫生安全疑虑,还应各方努力;另外洗手和洗澡时无效水流过长,导致水的浪费。

② 三级计量有待进一步完善,我国现状一级水表的安装率接近100%,但二、三级安装率极低,单位的用水构成无法清晰划分,节水措施无法用数据评价。

③ 节水型器具还有待进一步更换,尽管节水器具已得到大面积推广应用,但2004年以前建设的早期公共建筑内的卫生器具仍存在使用老旧器具,不节水的情况仍存在。

④ 计划用水和定额管理实施不到位,超计划用水累进加价制度的有效实施有待于进一步完善。现状各城市普遍采用以企业近三年用水量加权值和增长系数的乘积作为计划用水指标,未能依据企业实际用水情况及用水定额制定用水计划,现行计划用水的方法已不能适应新时代节水优先治理方针的要求。

⑤ 用水大户冷却循环水等系统节水不充分,其节水潜力有待于进一步挖掘。

⑥ 企业、园区内的给水管网漏水仍较严重,有待于进一步加强治理。

#### 4.2 文化、管理、科技三轮驱动节水

为贯彻治水方针“系统治理”的要求,按照“全方位、全覆盖、全过程”的原则,提出了以文化、管理和科技三轮驱动的节水理念和节水模式,全面推进

新时代城市节水的新需求。

① 文化节水。通过建立节水先进单位、先进居住区、个人表彰和奖励机制等,使职工和居民爱水、惜水、减少无效水流,形成良好的用水习惯,进一步促进节水意识、节水氛围和良好节水习惯的形成。

② 管理节水。通过加装水表,合理收费机制的建立,做到既促进经济发展,又实现节水的经济合理的水费收取机制。强化用水定额的制定,建立以定额管理为基石的计划用水机制,以累进加价收费为措施限制高耗水行为,实现第三产业管理节水。

③ 科技节水。以科技为先导,在不影响用水功能和效果的情况下,采用节水产品、节水器具(如无水少水卫生器具)、雨水回收利用、中水和城市再生水应用、工业园区水的循环循序利用、空调冷却水系统节水技术等节水措施,促进第三产业科技节水的发展,实现科学节水。

#### 4.3 第三产业空调冷却循环水系统节水技术

空调冷却用水是第三产业用水中较大组成部分,尽管现状很多单位企业已经采用了循环水系统,但因其用水量巨大,仍具有一定的节水空间,是第三产业节水的新指向,可通过提高循环水的浓缩倍数减少补水量,采用无水的清洁生产系统,如VRV的风冷系统等,进一步开展节水工作。

##### ① 建筑空调形式分析

随着生活质量的不断提升和工作环境品质的提高,我国大量公共建筑均采用集中空调系统,以确保室内环境舒适,提高工作效率。集中空调按冷热源可以分为水冷机组、风冷机组、热泵机组。风冷机组VRV系统一般仅适用于 $(1\sim 2)\times 10^4\text{ m}^2$ 以下建筑规模的空调系统,大型建筑目前还是采用水冷空调系统。

根据文献<sup>[4]</sup>统计,第三产业中平均约56%的建筑采用水冷机组空调系统(见图9),其中,66.7%的科研、教育和医疗建筑采用水冷空调机组,办公建筑在63.6%以上,文化、体育和娱乐建筑约为50.0%,商业及服务约为45.5%。值得注意的是,文献中调查统计数据并不能完全代表所有第三产业建筑,但具有一定的代表性和统计学意义,在此将按上述比例计算第三产业建筑空调循环水系统的用水量。

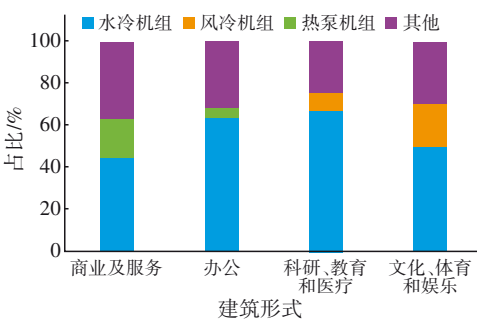


图9 第三产业建筑空调形式  
Fig.9 Forms of air-conditioning in tertiary industry buildings

② 空调节水量预测

水冷空调机组的冷却水循环系统每年需要补充大量的水,以补充系统的蒸发、风吹和排污等三部分损失,由于前两者基本固定不变,因此减少排污是节水的根本内容。有研究表明,系统的浓缩倍数越高排污量越低<sup>[3]</sup>,因此可通过提高浓缩倍数来降低排污量而实现节水。

一般采用中央空调的建筑,按其空调的建筑面积可计算冷却补水量。补水量计算公式如下:

$$V=aSvt$$
 (1)

式中: $V$ 为补水量, $m^3$ ;  $a$ 为补水率,与系统浓缩倍数有关,浓缩倍数高则补水率在1.5%左右,浓缩倍数低则补水率为2%<sup>[4]</sup>,高浓缩倍数系统比低浓缩倍数可节水210 L/( $m^3 \cdot a$ );  $S$ 为采用冷水机组空调系统的建筑面积, $m^2$ ;  $v$ 为循环冷却水量,一般为30~40 L/( $h \cdot m^2$ ),取35 L/( $h \cdot m^2$ );  $t$ 为空调运行时间,一天运行10 h,一年运行120 d。

根据统计的数据计算第三产业空调系统的用水量和节水预测。

根据文献<sup>[5]</sup>,我国1996年—2014年第三产业建筑竣工总面积累计达70×10<sup>8</sup> m<sup>2</sup>,加上所统计的2015年—2019年第三产业建筑竣工面积,即可粗略得到2019年全国第三产业总建筑面积约146.3×10<sup>8</sup> m<sup>2</sup>。第三产业各行业建筑面积见表3。

若均采用低浓缩倍数的空调系统,补水率约2%,冷却水补水量约69.6×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/a,占到第三产业用水量的18.5%;若均采用高浓缩倍数的空调,则补水量约52.2×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/a,年节水量为17.4×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,约为第三产业用水量的5%;若全部采用无水冷却的空冷系统,则可节约水(52~70)×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/a,其节水量相当可观。

表3 2019年全国第三产业建筑面积及空调补水量  
Tab.3 National tertiary industry construction area and air-conditioning water supply in 2019

项目	建筑面积/ 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>	水冷机组 占比/%	空调补水量/10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	
			补水率1.5%	补水率2%
商业及服务	563 001.1	45.5	161 384.3	215 179.0
办公	463 466.6	63.6	185 701.8	247 602.4
科研、教育和医疗	354 923.8	66.7	149 142.5	198 856.7
文化、体育和娱乐	81 557.3	50	25 690.6	34 254.1
合计	1 463 000		521 919.2	695 892.2

注:不同行业的建筑面积数据根据2012年—2019年全国第三产业建筑面积占比计算得到。

5 结论

通过分析研究我国、世界主要发达国家的产业构成与发展、用水构成与用水效益,在我国已进入城市文明的今天,第三产业已成为主导产业,其用水量已占城市总用水量的59.7%。随着城市化进一步发展,至2035年我国第三产业总产值将达142万亿元,其用水量将大幅增加,在国家实施用水总量和用水强度严格双控背景下,为改善城市经济社会可持续发展,总结了我国第三产业用水量和用水构成,指出了第三产业节水存在的问题和节水空间,提出了以文化、管理、科技三轮驱动的节水理念和节水模式,研究了空调冷却循环水的节水措施并分析了节水潜力。贯彻城市节水优先的治水方针,提升以水资源为刚性约束条件的城市承载力,提高城市可持续发展能力,可为我国在新时代城市节水提供纵深发展和精细化发展方向。

① 我国第三产业的万元用水量从1970年的70.39 m<sup>3</sup>降低为2015年的8.7 m<sup>3</sup>,用水效益提高了90.2%,但现状仍是发达国家的1.4~11.7倍,因此我国还应进一步加强节水管理,积极采取节水措施,提高用水效益,实现经济社会可持续发展。

② 至2035年,我国第三产业总产值预计将达到142万亿元,若不积极实施节水措施,推算到2035年第三产业用水量将达到1 000×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,是现状用水量的2.7倍,约是城市现状用水总量的1.6倍,这将给城市经济社会可持续发展带来较大影响。因此,我国必须积极推进第三产业节水,若按照英国或日本现状用水效益水平,第三产业用水量将略低于城市现状总用水量,甚至小于现状第三产

业用水量。

③ 提出了以文化、管理、科技三轮驱动的节水新理念和新模式,以期实现城市最大用水构成即第三产业的节水达到合理的目标值。

④ 我国空调冷却循环水系统是第三产业用水的主要构成,若第三产业建筑均采用无水空冷系统,则年可节约水量 $(52 \sim 70) \times 10^8 \text{ m}^3$ ;当必须采用水冷系统时,应采用高浓缩倍数空调冷却循环水系统,可比低浓缩倍数系统节水 $210 \text{ L}/(\text{m}^3 \cdot \text{a})$ ;若我国第三产业建筑中采用水冷空调机组的系统均为高浓缩倍数系统,则每年可节水 $17.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,节水量相当可观。

#### 参考文献:

- [1] 刘淑茹,徐丽丽.中美两国产业结构发展状况比较分析[J].工业技术经济,2014,33(10):41-48.  
LIU Shuru, XU Lili. Comparison and analysis of the industrial structure development in China and America [J]. Industrial Technology & Economy, 2014, 33(10): 41-48(in Chinese).
- [2] 翁建武,蒋艳灵,陈远生.北京市公共生活用水现状、问题及对策[J].中国给水排水,2007,23(14):77-82.  
WENG Jianwu, JIANG Yanling, CHEN Yuansheng. Present status, problems and countermeasures of public domestic water consumption in Beijing[J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(14):77-82(in Chinese).

- [3] 黄晓家.建筑给水排水“四节”理念与技术研究[J].给水排水,2007,33(7):86-90.  
HUANG Xiaojia. On four saving principle and technology in building water system design[J]. Water & Wastewater Engineering, 2007, 33(7): 86-90 (in Chinese).
- [4] 叶凌.既有公共建筑集中空调系统的调查统计与节能改造研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2007.  
YE Ling. Investigation and Statistic on Centralized Air-conditioning Systems in Existing Public Buildings and Research on Their Energy-efficient Retrofit [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2007 (in Chinese).
- [5] 侯静.我国城镇公共建筑能耗预测及能效提升路径研究[D].北京:北京交通大学,2017.  
HOU Jing. Research on Energy Consumption Forecast and Energy Efficiency Improvement Roadmap of Urban Public Buildings in China [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2017(in Chinese).

**作者简介:**黄晓家(1964—),男,山东莱西人,大学本科,教授级高级工程师,全国工程勘察设计大师,主要研究方向为城市节水、海绵城市、建筑与工业给排水、消防工程、废水再生回用。

**E-mail:** 13501165425@163.com

**收稿日期:** 2021-05-08

**修回日期:** 2021-05-28

(编辑:丁彩娟)

**大力推进水利薄弱环节建设,  
提高防灾减灾能力**