



“现代杯” 全国优秀建筑给水排水论文集

中国工程建设标准化协会建筑给水排水专业委员会 编
中国土木工程学会水工业分会建筑给水排水委员会

“现代杯” 全国优秀建筑 给水排水论文集

中国工程建设标准化协会建筑
给水排水专业委员会

中国土木工程学会水工业分会建筑
给水排水委员会

编

图书在版编目 (C I P) 数据

“现代杯”全国优秀建筑给水排水论文集/中国工程建设标准化协会建筑给水排水专业委员会, 中国土木工程学会水工业分会建筑给水排水委员会编. —天津: 天津大学出版社, 2013.9

ISBN 978-7-5618-4815-9

I. ①现… II. ①中… ②中… III. ①建筑—给水工程—文集 ②建筑—排水工程—文集 IV. ①TU82-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第234488号

出版发行 天津大学出版社

出版人 杨欢

地 址 天津市卫津路92号天津大学内 (邮编: 300072)

电 话 发行部 022-27403647

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 天津大学出版社有限责任公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 210 mm × 285 mm

印 张 10.5

字 数 355千

版 次 2014年4月第1版

印 次 2014年4月第2次

定 价 38.00元



凡购本书, 如有质量问题, 请向我社发行部门联系调换

《“现代杯”全国优秀建筑给水排水论文集》编委会

主 任：张 桦

副 主 任：沈 迪 高承勇

主 编：冯旭东 徐 凤

编 委：方玉妹 方汝清 王冠军 王 珏 王 研 王 峰 王靖华
王增长 归谈纯 关兴旺 刘西宝 刘建华 孙 钢 朱建荣
张伯仑 张 勤 赵力军 赵世明 赵 锂 徐 扬 崔长起
符培勇 黄晓家 程宏伟 (按姓氏笔画顺序排列)

序 言

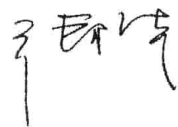
为促进建筑给水排水行业的技术进步，鼓励专业人员锐意进取和积极创新的专业精神，中国工程建设标准化协会建筑给水排水专业委员会和中国土木工程学会水工业分会建筑给水排水委员会（以下简称“两委会”）组织了由现代建筑设计集团冠名的“‘现代杯’全国优秀建筑给水排水论文评选活动”。经过近六个月的征集动员，经过业内专家的层层把关、严格筛选和网上公示，由获奖论文集结而成的《“现代杯”全国优秀建筑给水排水论文集》强势诞生了。

这部论文集共收录获奖论文30篇，内容涉及基础数据实验研究、工程典型案例分析、国家标准编制探讨、未来给排水技术发展展望等诸多领域，集中反映了近年来我国建筑给水排水专业在节能、节水、绿色、环保、超限等关键技术和专项应用研究方面孜孜以求探索的结晶，为举行的“两委会”换届会议献上了一道风味独特的技术盛宴。

这部论文集，能够使人感受到我国广大建筑给水排水专业人士的自信、深沉和睿智。翔实的数据、鲜活的案例、透彻的分析、精辟的总结，源自于给排水设计师在工作中的认真与执著。体现了设计师们聪明的才智和丰富的经验，经历了实践、反思、再实践、再反思的思维火花反复撞击的过程。

这部论文集，既有“高屋建瓴”的恢宏大作，又有“一管之见”的碧玉之文，在“百家争鸣”中与同行们互相交流心得，取长补短，不失为赏心乐事。它山之石，可以攻玉。只要我们善于学习、借鉴、思考，只要我们敢于实践、质疑、创新，建筑给水排水专业的明天必将更加辉煌，请让我们用勤勉和智慧，携手同行，深耕细作，不断向专业的深度和广度挺进，共同谱写出行业进步的华美乐章！

“雄关漫道真如铁，而今迈步从头越”。现代建筑设计集团将在支持“两委会”发展的道路上坚定地前行！



前 言

为促进建筑给水排水行业的技术进步,鼓励专业人员锐意进取和积极创新的专业精神,中国工程建设标准化协会建筑给水排水专业委员会和中国土木工程学会水工业分会建筑给水排水委员会(以下简称“两委会”)于2013年5月,发布《关于举办“现代杯”全国优秀建筑给水排水论文评选活动的通知》。

本次优秀论文评选活动总共征集参评论文75篇,根据“通知”精神,由“两委会”常委对所有投稿论文进行函审,总共24位常委(超过总数2/3)参加了评审工作,评出入围论文36篇。

2013年8月底,在西安召开终评会议,由“两委会”主任委员、副主任委员以及特邀资深委员组成的专家评审组对入围的论文进行评审,并经网上公示,确定获奖论文30篇,具体如下。

一等奖(1篇)

雨水控制与利用系统的计算

二等奖(4篇)

公共建筑区域分布式供能系统生活热水耗热量计算——上海案例分析

关于建筑给水技术发展的设想

夏热冬冷地区模块式立体绿化智能化节水灌溉研究

UV/TiO₂联合消毒技术灭活建筑给水的微生物效果研究

三等奖(5篇)

医院排水通气管的防大气污染及灭菌技术研究

尊重科学 尊重实践 尊重调查研究——编制国家标准应该遵循的原则

大型商业建筑中餐饮类给排水设计分析

浅析建筑同层排水技术的应用

当今世界(含中国)洁净气体消防技术领域的疑难困境之剖析及改进振兴之建议

鼓励奖(20篇)

规范通气管连接的条文亟待修改

建筑给水纤维增强无规共聚聚丙烯复合管道的特性及应用

关于建筑灭火技术问题的思考

温度对于热水系统中军团菌的影响

“绿色超高层建筑”三星级标识给排水设计解析

超限高层建筑给排水设计中的节水、节能技术要点

城市雨水资源化利用现状、趋势及雨水综合利用规划案例

大型商业建筑消防给水系统设计要点

高层建筑排水系统模拟仿真分析

工程回访若干问题与应对措施

关于建筑排水技术发展的设想

民用建筑中城市热网凝结水的回收利用探讨

医疗机构特殊废水处理的探讨

超高层建筑消防给水转输设计探讨

综合医院给水定额比较与分析

自动喷水灭火系统的设计优化研究

城市综合交通枢纽雨洪排水规划研究

虹吸排水系统的探索与应用

变频调速给水设备小流量节能运行设计要点解析

新型寄宿制高级中学宿舍给水设计流量初探

中国工程建设标准化协会建筑给水排水专业委员会
中国土木工程学会水工业分会建筑给水排水委员会

二〇一三年十月

目 录

一等奖

雨水控制与利用系统的计算 赵世明 赵锂 王耀堂 赵昕 朱跃云 (001)

二等奖

公共建筑区域分布式供能系统生活热水耗热量计算——上海案例分析.....张亚峰 高乃云 冯旭东 王珏 (006)

关于建筑给水技术发展的设想.....姜文源 吕晖 刘彦菁 (013)

夏热冬冷地区模块式立体绿化智能化节水灌溉研究.....陈吉 吕伟娅 缪丹 卞阳 (017)

UV/TiO₂联合消毒技术灭活建筑给水的微生物效果研究...杨帆 李星 赵锂 黄柳 沈晨 李建业 傅文华 (024)

三等奖

医院排水通风管的防大气污染及灭菌技术研究.....徐凤 朱建荣 (028)

尊重科学 尊重实践 尊重调查研究——编制国家标准应该遵循的原则

.....萧正辉 夏葆真 谢凤君 程功 郑帆 (031)

大型商业建筑中餐饮类给排水设计分析.....马信国 章霞芳 (039)

浅析建筑同层排水技术的应用.....冯旭东 王珏 李云贺 张亚峰 (046)

当今世界(含中国)洁净气体消防技术领域的疑难困境之剖析及改进振兴之建议.....唐祝华 (052)

鼓励奖

规范通风管连接的条文亟待修改.....张 淼 (072)

建筑给水纤维增强无规共聚聚丙烯复合管道的特性及应用.....冯旭东 王 珏 (075)

关于建筑灭火技术问题的思考·····	姜文源 吕晖 刘彦菁	(079)
温度对于热水系统中军团菌的影响·····	杨帆 赵锂 李星 李建业 沈晨 傅文华	(084)
“绿色超高层建筑”三星级标识给排水设计解析·····	张亮	(092)
超限高层建筑给排水设计中的节水、节能技术要点·····	王学良 郭建伟	(095)
城市雨水资源化利用现状、趋势及雨水综合利用规划案例·····	刘建华 李旭东 刘小芳 马旭升	(098)
大型商业建筑消防给水系统设计要点·····	徐扬	(105)
高层建筑排水系统模拟仿真分析·····	陈霞 郭颂歌 毛升星	(108)
工程回访若干问题与应对措施·····	程宏伟 刘德明	(114)
关于建筑排水技术发展的设想·····	姜文源 吕晖 刘彦菁	(117)
民用建筑中城市热网凝结水的回收利用探讨·····	梁葆春	(121)
医疗机构特殊废水处理的探讨·····	栾雯俊 汤福南	(124)
超高层建筑消防给水转输设计探讨·····	郑文星	(127)
综合医院给水定额比较与分析·····	崔景立 张彬 董松松 张海宇 张晓娟 周军榕	(130)
自动喷水灭火系统的设计优化研究·····	刘德明 王子龙 李泽裕	(134)
城市综合交通枢纽雨洪排水规划研究·····	李传志	(137)
虹吸排水系统的探索与应用·····	费艳林	(141)
变频调速给水设备小流量节能运行设计要点解析·····	黄新天 李姿	(145)
新型寄宿制高级中学宿舍给水设计流量初探·····	何苏伟 邓斌	(149)

雨水控制与利用系统的计算

赵世明 赵锂 王耀堂 赵昕 朱跃云

中国建筑设计研究院

摘 要:雨水控制利用工程的设计雨水量应为不透水硬化面上的雨水径流增量, 依此计算的蓄水设施容积、雨水耗用设施的规模将比现行《规范》减小, 投资降低; 雨水控制利用工程各利用方式的容积间具有相互关联性; 雨水利用工程的雨水消耗能力(入渗和回用)不宜小于雨水径流增量。文章给出了多种雨水控制利用方式组合应用时的目标计算要求及多参数间的相互制约关系, 揭示了各利用方式的内在关系, 并使得雨水控制利用工程的规模确定更加具备可操作性。

1 问题的产生

1.1 《规范》现状

《建筑与小区雨水利用工程技术规范》(以下简称《规范》)对建筑小区中的雨水排放总体控制(4.1.5条)进行了规定, 并分别对入渗(6.1.4、6.1.5条)、收集回用(7.1.2、7.1.3条)、调蓄排放(9.0.4、9.0.5条)的设置规模做了规定, 摘录如下。

4.1.5 雨水利用系统的规模应满足建设用地外排雨水设计流量不大于开发建设前的水平或规定的值, 设计重现期不得小于1年, 宜按2年确定。

4.2.1 雨水设计径流总量和设计流量的计算应符合下列要求。

1. 雨水设计径流总量应按下列式计算:

$$W=10\psi_c h_y F \quad (4.2.1-1)$$

式中 W ——雨水设计径流总量 (m^3);

ψ_c ——雨量径流系数;

h_y ——设计降雨厚度 (mm);

F ——汇水面积 (hm^2)。

2. (略)

6.1.4 渗透设施的日渗透能力不宜小于其汇水面上重现期为2年的日雨水设计径流总量。其中入渗池、井的日入渗能力, 不宜小于汇水面上的日雨水设计径流总量的1/3。雨水设计径流总量按本规范第(4.2.1-1)式计算, 渗透能力按本规范第(6.3.1)式计算。

6.1.5 入渗系统应设有储存容积, 其有效容积宜能调蓄系统产流历时内的蓄积雨水量, 并按本规范第(6.3.4~6.3.6)式计算; 入渗池、井的有效容积宜能调蓄日雨水设计径流总量。雨水设计重现期应与渗透能力计算中的取值一致。

7.1.2 雨水收集回用系统设计应进行水量平衡计算, 且满足如下要求:

1. 雨水设计径流总量按本规范第(4.2.1-1)式计算, 降雨重现期宜取1~2年;

2. 回用系统的最高日设计用水量不宜小于集水面日雨水设计径流总量的40%;

3. 雨水量足以满足需用量的地区或项目, 集水面最高月雨水设计径流总量不宜小于回用管网该月用水量。

7.1.3 收集回用系统应设置雨水储存设施。雨水储存设施的有效储水容积不宜小于集水面重现期1~2年的日雨水设计径流总量扣除设计初期径流弃流量。当资料具备时, 储存设施的有效容积也可根据逐日降雨量和逐日用水量经模拟计算确定。

9.0.4 调蓄排放系统的降雨设计重现期宜取2年。

9.0.5 调蓄池容积宜根据设计降雨过程变化曲线和设计出水流量变化曲线经模拟计算确定, 资料不足时可采用下列式计算:

$$V=\max \left[\frac{60}{1000}(Q-Q')t_m \right] \quad (9.0.5-1)$$

式中 V ——调蓄池容积 (m^3);

t_m ——调蓄池蓄水历时 (min), 不大于120 min;

Q' ——设计排水流量 (L/s), 且

$$Q' = \frac{1\,000W}{t'} \quad (9.0.5-2)$$

式中 t' ——排空时间 (s), 宜按6~12 h计。

1.2 《规范》存在的主要问题

(1) 《规范》对雨水利用工程的设计雨水(径流)量计算不够严密, 需要研究、完善。该参数意义重大, 直接影响雨水控制利用工程的蓄水容积和雨水消耗的规模配置, 影响工程投资和工程效果。

(2) 对于同时设有两种甚至三种雨水控制利用系统的小区, 其总体的蓄水容积和各系统蓄水容积的关系、总体的雨水消耗和各系统雨水消耗的关系, 上面列出的条款及《规范》的其他条款都没有涉及, 这使得设计人员往往难以入手, 影响《规范》的可操作性。

2 雨水控制利用工程的设计雨水量

2.1 建设场地最大日降雨外排水量不应大于开发建设前的值

根据《规范》4.1.5条“雨水利用系统的规模应满足建设用地外排水设计流量不大于开发建设前的水平或规定的值, 设计重现期不得小于1年, 宜按2年确定。”外排水设计流量不应大于开发建设前的外排水径流量。即

$$Q_p \leq Q_0 \quad (1)$$

式中 Q_p ——外排水设计流量;

Q_0 ——开发建设前的外排流量。

把给排水专业普遍采用的雨水径流量公式代入式(1), 得

$$\psi_p q_p F \leq \psi_0 q_0 F \quad (2)$$

式中 ψ_p ——开发建设后径流系数;

q_p ——开发建设后设计暴雨强度 (L/(s·hm²));

F ——汇水面积 (hm²);

ψ_0 ——开发建设前径流系数;

q_0 ——开发建设前设计暴雨强度 (L/(s·hm²))。

忽略小区内开发建设前、后设计降雨历时的差异, 即令 $q_p = q_0$, 代入式(2), 得

$$\psi_p \leq \psi_0 \quad (3)$$

根据目前给排水径流系数的概念可知, 径流系数为

场次降雨径流雨水量 W_ψ 和降雨量 W 之比, 即

$$\psi = \frac{W_\psi}{W} \quad (4)$$

把式(4)代入式(3), 并整理得

$$W_p \leq W_0 \quad (5)$$

式中 W_p ——场地开发建设后的外排水量;

W_0 ——场地开发建设前的外排水量。

用设计重现期发生的最大日或最大24 h降雨径流表征式(5)中的值, 则可表述为: 建设场地开发建设后, 设计重现期的最大日降雨产生的外排水量 W_p 不应大于建设开发前的值 W_0 。

2.2 控制截留雨水量的计算

场地开发建设后雨水径流会增加, 其原因是汇水面的不透水硬化。为了达到式(5)的要求, 需要把开发建设过程中因不透水硬化的汇水面上的雨水径流增量全部拦蓄起来并消纳。

根据雨水径流量公式(6), 可得到雨水径流增量的计算式(7):

$$W = 10 \psi_c h_y F \quad (6)$$

式中 W ——雨水设计径流总量 (m³);

ψ_c ——径流系数;

h_y ——设计降雨厚度 (mm);

F ——汇水面积 (hm²)。

$$\Delta W = W_y - W_0 = 10 h_d F_y (\psi_y - \psi_0) \quad (7)$$

式中 ΔW ——汇水面不透水硬化产生的雨水径流增量 (m³);

W_y ——不透水硬化汇水面的雨水径流量 (m³);

W_0 ——汇水面硬化前的雨水径流量 (m³);

h_d ——1~2年重现期最大日降雨厚度 (mm);

F_y ——不透水硬化汇水面积 (hm²);

ψ_y ——不透水硬化汇水面的径流系数;

ψ_0 ——汇水面硬化前的径流系数。

建设场地在开发之前一般为生长有植物的自然地面, 径流系数约为0.2, 代入式(7), 得

$$\Delta W = 10 h_d F_y (\psi_y - 0.2) \quad (8)$$

式(7)和式(8)便是雨水控制利用工程需要截留的雨水量, 又称设计雨水量。

3 雨水控制利用工程的蓄水容积

3.1 雨水控制利用工程的蓄水容积计算

(1) 截留雨水需要设置贮存容积。有效贮存容积可用式(9)表示:

$$V+W_x \geq \Delta W \quad (9)$$

式中 V ——雨水控制利用工程的总有效贮存容积;

W_x ——蓄水过程中雨水利用设施消耗在场地内的雨水量。

雨水控制利用方式有三种,总有效贮存容积为三种方式的贮存容积之和,即

$$V=V_1+V_2+V_3 \quad (10)$$

式中 V_1 ——入渗设施需要设置的有效容积(m^3);

V_2 ——收集回用设施需要设置的有效容积(m^3);

V_3 ——调蓄排放设施需要设置的有效容积(m^3)。

实际工程中,雨水控制利用往往不把三种方式同时应用在一个工程中,而是只采用其中的一种或两种,这时未采用的方式其容积为0。

雨水控制利用设施在蓄水过程中消耗在建设区中的雨水量为三种设施的消耗量之和,即

$$W_x = W_{x1} + W_{x2} + W_{x3} \quad (11)$$

式中 W_{x1} ——入渗设施内累积的雨水量达到最大值过程中渗透的雨水量(m^3);

W_{x2} ——收集回用设施蓄水期间消耗在建设区中的雨水量(m^3);

W_{x3} ——调蓄排放设施累积的雨水量达到最大值过程中消耗在场地内的雨水量(m^3)。

对于雨水收集回用方式, W_{x2} 为两部分雨水量之和。一部分为初期雨水弃流设施吸纳的雨水量;另一部分是蓄水过程中雨水用户消耗的雨水量,该值较小,一般忽略不计。调蓄排放设施不在场地内消耗雨水,故 $W_{x3}=0$ 。这样, W_x 可写为

$$W_x = W_{x1} + W_{x2} \quad (12)$$

式中 W_{x2} ——初期雨水弃流量。《规范》5.6.5条对弃流量的计算做了规定。

把式(10)、式(12)代入式(9),得贮存容积的配置公式:

$$(V_1+W_{x1})+(V_2+W_{x2})+V_3 \geq \Delta W \quad (13)$$

当不满足式(13)时,就要加大雨水控制利用设施的贮存容积,直到公式满足为止。

(2) 对于只采用入渗方式的雨水控制利用工程,则

$V_2 = V_3 = 0$, 得

$$\begin{aligned} V_1 + W_{x1} &\geq \Delta W \\ V_1 &\geq \Delta W - W_{x1} \end{aligned} \quad (14)$$

即雨水入渗工程的贮存容积可以比设计截留雨水量 ΔW 小(减去 W_{x1})。其计算方法《规范》6.3.4条已经给出。

对于只采用收集回用方式的雨水控制利用工程,则 $V_1=V_3=0$,得

$$\begin{aligned} V_2 + W_{x2} &\geq \Delta W \\ V_2 &\geq \Delta W - W_{x2} \end{aligned} \quad (15)$$

即雨水收集回用工程的贮存容积不应小于设计截留雨水量 ΔW 扣除初期雨水弃流量 W_{x2} 。

根据式(13),当一个工程采用一种或多种雨水控制与利用方式时,则每一种利用方式或设施都需要设置相应的贮存容积。

入渗设施的贮存容积根据《规范》6.3.4条计算,收集回用设施、调蓄排放设施贮存容积应按该设施负担的汇水面根据式(8)计算,各容积之和应满足式(9)。

3.2 雨水控制利用工程的蓄水容积设置

入渗利用和收集回用系统的贮存容积一般独立设置,调蓄排放和收集回用设计的贮存容积可合建为一个蓄水池。贮存的水优先回用,未用掉的雨水待下次暴雨到来前夕再进行排放,留出空间截留即将到来的降雨径流。

贮存雨水的蓄水设施可建造成多种形式。收集回用系统的蓄水设施一般采用景观水体、混凝土池、埋地模块池、水罐等。入渗系统的蓄水设施一般采用绿地下凹、浅沟渠、埋地砾石层、埋地模块渠或池等。调蓄排放系统的蓄水设施一般采用模块池、混凝土池等。

4 雨水控制利用工程的耗水能力

4.1 雨水控制利用工程的耗水能力配置计算

雨水控制利用工程需要对截留蓄存的雨水进行利用、消纳,消耗的雨水量之和应满足

$$W_1 + W_2 + W_3 \geq \Delta W \quad (16)$$

式中 W_1 ——入渗设施承担的雨水利用量(m^3);

W_2 ——收集回用设施承担的雨水利用量(m^3);

W_3 ——调蓄排放设施承担的雨水利用量(m^3)。

由于调蓄排放方式只能控制而不能消耗雨水,故 $W_3=0$ 。则式(16)可写为式(17):

$$W_1 + W_2 \geq \Delta W \quad (17)$$

(1) 入渗设施的渗透雨水量或雨水利用量按式

(18) 计算:

$$W_1 = W_s = \alpha K / A_s t_s \quad (18)$$

式中 W_s ——入渗设施的渗透雨水量 (m^3);

α ——综合安全系数, 一般可取0.5~0.8;

K ——土壤渗透系数 (m/s);

J ——水力坡降, 一般可取1.0;

A_s ——需要配置的有效渗透面积 (m^2);

t_s ——渗透时间 (s), 按24 h选取, 对于渗透池和渗透井, 宜按3 d选取。

(2) 回收利用设施的雨水利用量按式 (19) 计算:

$$W_2 = \sum q_i n_i t = Q_d \cdot t \quad (19)$$

式中 q_i ——第*i*种用水户的日用水定额 (m^3/d), 根据《建筑给水排水设计规范》和《建筑中水设计规范》计算;

n_i ——第*i*种用水户的用户数量;

t ——用水时间, 一般取3 d, 当雨水主要用于小区景观水体, 并且作为该水体主要水源时, 可取7 d 甚至更长时间, 但需同时加大蓄水容积;

Q_d ——雨水回用系统最高日用水量。

(3) 把式 (18)、式 (19) 代入式 (17), 得雨水控制利用设施的耗水能力配置公式:

$$\alpha K / A_s t_s + \sum q_i n_i t \geq \Delta W \quad (20)$$

当式 (20) 不被满足时, 就需要扩大雨水利用工程的雨水消纳能力, 比如增加有效渗透面积 A_s 或增加回用系统的用户数量 n_i 等, 直到式 (20) 成立为止。

对于有些雨水利用工程, 由于条件的限制没有足够的渗透面积和雨水用户, 导致渗透量和回用量较小, 无法满足式 (20), 这时就需要配置调蓄排放控制方式蓄存雨水, 并在下一次暴雨到来前夕排空。

4.2 雨水控制利用工程的耗水设施配置

截留蓄存的雨水通过入渗和雨水用户而利用、消耗掉。入渗系统和收集回用系统的汇水面一般分开独立设置, 从而耗水设施——入渗和回用设施为并联布置。但也有些工程把两种系统的汇水面合为一体, 雨水首先汇入蓄水池, 供应雨水用户, 从蓄水池溢流出的雨水再进入雨水渗透设施进行蓄存和入渗, 即两种系统串联布置。这种串联布置的系统在雨水用户较多的情况下采用会提高雨水的

回用率, 因为对于小于设计降雨量的降雨, 雨水会被雨水用户优先使用。

5 结论与分析

5.1 结论

(1) 雨水控制利用工程的设计雨水量应为不透水硬化面上的雨水径流增量, 用下式计算:

$$\Delta W = 10 h_d F_y (\psi_y - \psi_0) \quad (21)$$

式中 h_d ——1~2年重现期最大日降雨厚度。

(2) 雨水控制利用工程应设蓄水容积, 各利用方式的容积之和应满足式 (22):

$$(V_1 + W_{x1}) + (V_2 + W_{x2}) + V_3 \geq \Delta W \quad (22)$$

式中, 每一种控制利用方式的容积应按其汇水面上雨水径流增量计算。

(3) 雨水控制利用工程的雨水消耗能力 (入渗和回用) 应满足下式:

$$\alpha K / A_s t_s + \sum q_i n_i t \geq \Delta W \quad (23)$$

式中, 入渗时间 t_s 按24 h计, 雨水回用时间 t 按3 d计。当小区内受条件限制, 比如入渗面较小、雨水回用量较少无法满足式 (23) 时, 应设调蓄排放设施, 并在下次暴雨到来前夕排空。

5.2 分析

(1) 雨水控制利用设计雨水量公式 (21) 和《规范》中的式 (4.2.1-1) 相比, 具有如下两点优势。

①更为符合《规范》4.1.5条的一般要求。该条文的意思是项目用地可以向外排放雨水, 但不要大于开发建设之前的排放量。这样, 把开发建设过程中被硬化的汇水面上产生的雨水径流增量进行控制利用便可。而现行《规范》中式 (4.2.1-1) 计算的不是径流增量, 而是全部径流量, 与4.1.5条不太匹配。

②截留蓄存的雨量为地面硬化产生的径流增量, 不包含地面硬化之前的径流雨量, 这样蓄水设施的容积、耗用雨水的设施规模比现行《规范》减小, 投资降低。

(2) 雨水控制利用工程的蓄水容积公式 (22) 和雨水消耗利用公式 (23), 给出了多种雨水控制利用方式组合应用时的目标计算要求及多参数间的相互制约关系, 揭示了各利用方式的内在关系, 并使得雨水控制利用工程的规模确定更加具备可操作性。

参 考 文 献

- [1] GB 50400—2006. 建筑与小区雨水利用工程技术规范. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [2] 建设部工程质量安全监督与行业发展司, 中国建筑标准设计研究院. 全国民用建筑工程设计技术措施——给水排水. 北京: 中国计划出版社, 2003.
- [3] 汪慧贞, 车武, 李俊奇. 城区雨水渗透设施计算方法及关键系数. 给水排水, 2001, 27(11): 18-23.
- [4] 黄延林, 马学尼. 水文学. 4版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [5] GB 50014—2006. 室外排水设计规范. 北京: 中国计划出版社, 2006.
- [6] 北京市市政工程设计研究总院. 给水排水设计手册(第5册)——城市排水. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986.
- [7] 《建筑与小区雨水利用工程技术规范》编制组. 建筑与小区雨水利用工程技术规范实施指南. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.

公共建筑区域分布式供能系统生活热水耗热量计算

——上海案例分析

张亚峰¹ 高乃云¹ 冯旭东² 王珏²

1 同济大学环境科学与工程学院, 上海四平路1239号 200092;

2 华东建筑设计研究总院有限公司, 上海汉口路151号 200002

摘要: 区域分布式供能系统以其高效的能源利用率、灵活的运行方式、良好的调峰性能等优点, 得到越来越广泛的应用。生活热水负荷作为区域分布式供能系统中的负荷之一, 其正确、合理的计算是系统高效运行、设备冗余有效降低的前提条件。

鉴于国内现行规范对这一系统尚无详细的设计参数和明确的计算方法, 本文结合工程实例, 研究区域分布式供能系统生活热水耗热量计算的整个过程; 推算并验证酒店综合用水量; 提出典型日变化曲线的概念并分析典型日判定的方法; 根据国外的数据资料和国内的监测资料对典型日生活热水耗热量时变化曲线进行模拟, 并根据模拟结果探求合理的供热方案。

关键词: 区域供能 生活热水 耗热量 典型日 时变化 分布式供能

1 引言

在用户内部或靠近用户, 联合供应电、热(冷)能, 输入的能源可以是燃气、轻柴油、生物质能、氢能、太阳能、风能等, 这样的系统称为分布式供能系统。区域分布式供能系统(District Combine Heating & Power)即为一个区域服务的分布式供能系统, 简称DCHP。设计合理的区域分布式供能系统可以综合不同功能的建筑负荷, 错峰配置设备容量, 降低冗余的设备负荷, 减少不必要的能耗。有研究显示经过能耗平衡计算的日本东京新宿新都心地区CHP系统(Cooling Heating and Power, 区域功能系统的一种)节能约33.5%; 2000年, 欧盟CHP发电量已占总发电量的9%, 当时计划2010年达到18%; 1992年, 丹麦CHP供热已占区域供热的60%, 热电装机容量占总装机容量的56%, 2005年已提高到66%以上; 20世纪90年代初, 美国全国应用分布式

供能技术的项目已经有60多个, 且规划到2020年50%的新建商用建筑采用分布式供能, 15%的现有商用建筑采用分布式供能。

相比于日、美、欧等发达国家和地区, 中国的区域供能系统起步较晚, 特别是区域分布式供能系统对生活用水耗热量的计算, 国内的规范及设计手册尚无法提供详细的设计参数与方法。现行的规范对生活热水耗热量的计算主要针对单栋建筑, 计算的指标为最高日最大时耗热量, 缺少用于与其他供热项综合分析或叠加的典型日用水时变化曲线与全年变化曲线。如果以最高日最大时耗热量简单叠加, 区域供能系统就失去了意义。

根据欧、美、日等地区 and 国家的工程实例, 结合上海居民的生活习惯、上海市酒店的年入住率变化情况以及地表水体年水温变化等因素, 引入生活热水典型日的判定及其耗热量的计算方法; 结合日本酒店和办公建筑

的日用水量变化曲线及上海市本地酒店日用水变化的实测结果,分析并模拟出公共建筑生活热水的典型日耗热量时变化曲线,并根据模拟结果探求合理的供热方案。

2 系统简介

本项目区域分布式供能系统实为冷、热、电三联供(CHP)系统,系统以天然气为主要原料,通过燃气发电机燃烧发电,供电制冷离心机组制冷。其中燃气发电机排出的低品位的蒸汽供给溴化锂机组(双效吸收式制冷机),在制冷季可以用来制冷,在采暖季可以用来供热。考虑到区域的热负荷较大,系统还配备了燃气锅炉来补充热量。系统供应范围以公共建筑为主,拟供应的建筑类别为酒店、办公、商业、文化娱乐、会议展览和公共设施等。系统的基本形式如图1所示。

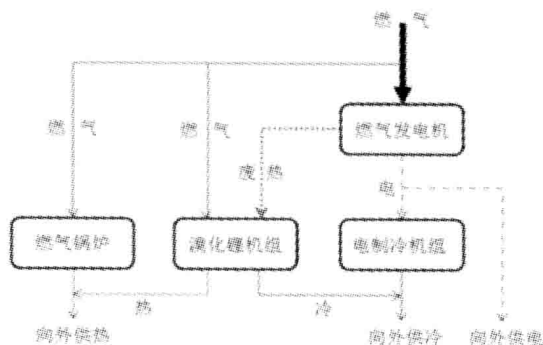


图1 区域分布式供能系统示意图

区域生活热水的热媒由供能中心提供,每个地块的入口设置热交换站,进行二次交换后供应地块生活热水,同时供能中心的热媒还承担地块采暖的热负荷。所以,精确的生活热水耗热量计算及正确的典型日生活热水耗热量时变化曲线将是有效降低冗余的设备负荷、减小热媒管网管径的必要条件。

3 数据分析

区域供能中心的设计早于地块的设计,在进行区域供能中心设计之初,能得到的只有各个地块的规划数

据,如功能、面积等。根据目前国内生活热水耗热量计算公式,用水单位指标(m)、水温指标(t)、热水用水定额(q_r)是完成计算的必要条件,计算公式如下所示:

$$Q_d = m \times q_r \times c \times P_r \times (t_r - t_l) \quad (1)$$

式中 Q_d ——日耗热量(kJ/d);

m ——用水单位数或设计人数(床位数/人);

q_r ——热水用水定额(L/(cap·d)或L/(b·d));

c ——水的比热(kJ/(kg·℃)),一般取4.187;

P_r ——热水密度(kg/L);

t_r ——热水温度(℃);

t_l ——冷水温度(℃)。

供能系统中生活热水耗热量计算的目的是得到典型日生活热水的耗热量变化曲线,并将此曲线与典型日采暖耗热量变化曲线进行叠加,最终得出区域总的典型日耗热量变化曲线,并根据此曲线的峰值进行设备容量计算。

从公式(1)可以看出:水的比热是常数;热水温度确定后,可以确定热水密度;剩下的参数都需要进行分析、计算。具体分析如下。

3.1 基础数据分析

3.1.1 用水单位数或设计人数(m)指标分析

用水单位数或设计人数(m)的推求后续分析计算的基础,按照项目的功能规划,根据《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2005 表B.0.6-1中对不同建筑类别的人均占有面积设定值计算各地块的人数指标。另外,《规范》规定的人均占有面积指标仅为有效面积,并非建筑面积,需要根据不同建筑的有效面积与建筑面积之比进行修正。本项目采用的人均占有面积的指标修正值如表1所示。

表1 人均占有面积指标修正值

建筑类别	房间类别	人均占有面积		有效面积/建筑面积
		规范值	修正值	
办公建筑	普通办公	4.00	6.67	0.55~0.6
	高档办公	8.00	13.33	0.55~0.6
	会议室	2.50	4.17	0.55~0.6
	走廊	50.00	83.33	0.55~0.6
	其他	20.00	33.33	0.55~0.6
宾馆建筑	普通客房	15.00	30.00	0.45~0.6
	高档客房	30.00	55.00	0.45~0.6
	会议室、多功能厅	2.50	5.00	0.45~0.6
	走廊	50.00	100.00	0.45~0.6
	其他	20.00	40.00	0.45~0.6
商场建筑	一般商店	3.00	3.00	N/A
	高档商店	4.00	4.00	N/A

每个地块按照功能可以划分为办公、商业、文化娱乐、酒店、服务性酒店、会议展览和公共设施（考虑到商业、会议展览和公共设施的用水项主要是公共卫生间用水，使用时间集中、总用量少、不确定因素多，所以其生活热水不做集中供给，由就地设置的电热水器供给，本文后续将不再对这些功能的建筑进行讨论）。根据表1修正后的人均占有面积指标及各地块的各种功能用房的规划指标计算设计人数，由于数据量较大，本文在明确计算方法、确定参数后，不再在本文中列举计算结果。

通过上述的计算，得出各个地块不同功能建筑的水单位数或设计人数（*m*）指标。

3.1.2 水温（*t*）指标分析

典型日不同于通常定义的最高日，应该与实际情况保持良好的相似度。另外，考虑到区域分布式供能系统的体量较大，细小的偏差在此系统都会被放大，所以计算中根据月份不同将不同的冷水水温引入水温指标中。上海市地表水体的水温月监测数据如表2所示。

表2 上海市地表水体水温月监测数据

月份	采样点	样品水温/℃				平均值
		1	2	3	4	
1	南侧	6.2	5.7	5.9	6.8	6.15
	北侧	6.2	5.7	5.9	6.8	
2	南侧	6.9	8	8.6	8.9	8.10
	北侧	6.9	8	8.6	8.9	

3	南侧	11.2	11.4	12.6	14.9	12.53
	北侧	11.2	11.4	12.6	14.9	
4	南侧	16.9	18.5	17.1	18.6	17.8
	北侧	16.9	18.5	17.3	18.6	
5	南侧	20.8	19	21.5	22.6	20.96
	北侧	20.8	19.1	21.3	22.6	
6	南侧	22.8	23.8	26	28	25.13
	北侧	22.7	23.7	26	28	
7	南侧	28.1	28.6	29.6	27.7	28.43
	北侧	28.1	28.6	29.6	27.1	
8	南侧	29.9	29.5	29.6	28.3	29.33
	北侧	29.8	29.5	29.7	28.3	
9	南侧	27.9	24.5	24.6	25.4	25.59
	北侧	27.9	24.4	24.6	25.4	
10	南侧	25.6	25.3	23.5	22.1	24.10
	北侧	25.6	25.2	23.5	22	
11	南侧	20.2	18.1	16.9	14.9	17.53
	北侧	20.2	18.1	17	14.8	
12	南侧	12.9	11.5	10	9.4	10.91
	北侧	12.8	11.4	9.9	9.4	

注：以上数据来自上海市水务部门检测数据，监测点分南、北两处，每月取样4次。月地表水温按照8个数据的平均值计。

表2给出了上海市每个月地表水温的平均值,此数值在后续的计算中被作为冷水水温引入公式中。另外,对于热水水温,除酒店按照60℃考虑以外,其余按照40℃考虑。

3.1.3 酒店热水综合用水量(q)指标分析

办公建筑的用水相对简单,主要是公共卫生间的用水,现行的规范有相应的用水定额。酒店用水类别较多,有顾客用水、员工用水、餐饮用水、洗衣房用水、泳池用水等,现行规范只有针对酒店各项用水的用水定额,但对于本项目,酒店可用的数据只有面积指标,根据上述的基础数据分析结果,已经可以得到酒店的设计人数指标,若要最终得到酒店的生活热水用水量指标,需引入酒店热水综合用水量指标。

《全国民用建筑工程设计技术措施(2009年版)》(以下简称《技术措施》)中有综合用水量指标的定义,为了得到更准确的计算结果,本文收集了上海及周边地区的8家酒店的用水量数据(设计),对这些数据进行分析,并将分析结果与《技术措施》中的酒店热水综合用水量指标进行比较,希望能够得到一个比较可信的酒店综合用水量指标。这8家酒店的用水量数据如表3所示。

对表3中的数据进行整理、分析可以得到两个指标:酒店综合用水量指标和酒店热水综合用水量指标。对比表3和《技术措施》中的酒店综合用水量指标,基本

相同。所以,认为表3对酒店热水综合用水量指标的分析亦可信。取酒店综合用水量指标为1 200 L/(cap·d),酒店热水综合用水量指标为380 L/(cap·d)。

经过上述的基础数据分析与计算,已经具备计算日耗热量的条件,但是在此条件下计算出来的日耗热量并不能作为设备容量选择的设计依据,需要进行典型日耗热量计算并对计算结果进行时变化模拟,然后根据模拟结果进行方案组合分析,最终的分析结果与采暖典型日变化曲线叠加才能得出设备容量设计依据。

3.2 典型日生活热水耗热量时变化分析

典型日是指对目标函数的各个相关影响因素进行分析,得到各个因素的影响权重,并最终筛选出可以作为判定条件的某日。本文研究的典型日的目标函数为耗热量。

3.2.1 典型日的选择

从式(1)可以看出,在确定了热水综合用水量的前提下,日耗热量与用水单位数或设计人数(m)及温度差($t_r - t_l$)有关。对于酒店来说,用水单位数或设计人数(m)与酒店的入住率有密切关系;对于办公建筑来说,用水单位数或设计人数(m)基本不会有太大变化。温度差($t_r - t_l$)主要是地表水温随气温变化而变化,对于酒店和办公建筑影响相同。本文将根据上述研究的基础数据,分析酒店与办公建筑典型日。

表3 上海及周边8家酒店用水量数据(设计)

序号	面积	客房数	人数	用水量指标		综合用水量	热水综合用水量
				最高日	热水最高日		
	m ²	间	人	m ³ /d	m ³ /d	L/(cap·d)	L/(cap·d)
1	40 000.00	248	496	444	96	895.16	193.55
2	30 217.00	144	288	530	150	1 840.28	520.83
3	N/A	770	1 440	2 082	460	1 445.83	319.44
4	40 068.00	284	568	803.21	282.51	1 414.10	497.38
5	150 000	879	1 758	1 338	583.6	761.09	331.97
6	N/A	N/A	1 142	1 703	N/A	1 491.24	0.00
7	69 199	322	644	864.3	317.6	1 342.08	493.17
8	N/A	360	720	803	348	1 115.28	483.33
对除样本2的其他样本计算结果取平均值						1 209.26	386.47

注:1. 样本2的计算结果与其他样本偏差较大,分析发现此样本为SPA主题酒店,不同于传统的酒店,所以在最终的计算中将此样本剔除。
2. 本文主要研究生活热水耗热量,所以对于酒店热水综合用水量的分析尽量减少不相关用水项,表中的最高日用水量是扣除循环冷却水用水量之后的指标。