

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.20.010

住宅生活热水热负荷计算及燃气热水器选型分析

钟于涛, 唐先权, 周李茜, 余洁

(四川省建筑设计研究院有限公司, 四川 成都 610017)

摘要: 针对《建筑给水排水设计标准》(GB 50015—2019)中“当局部热水供应设备供给2个及2个以上用水器具同时使用时,宜采用带有贮热调节容积的热水器”的规定,通过对比燃气快速热水器参数与卫生器具热负荷的关系,分析燃气快速热水器在住宅生活热水供应中存在的问题。结果表明:市场上常见的产热水能力为8~16 L/min的燃气快速热水器仅能供一个卫生器具使用,一厨一卫、一厨两卫的住宅宜采用有贮热调节容积的热水器。

关键词: 生活热水; 燃气快速热水器; 热负荷

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)20-0057-04

Thermal Load Calculation of Domestic Hot Water and Analysis of Gas Water Heater Selection

ZHONG Yu-tao, TANG Xian-quan, ZHOU Li-xi, YU Jie

(Sichuan Provincial Architectural Design and Research Institute Co. Ltd., Chengdu 610017, China)

Abstract: Standard for Design of Building Water Supply and Drainage (GB 50015 - 2019) stipulates that water heater with heat storage regulation volume shall be used when the local hot water supply equipment supplies two or more plumbing fixture for simultaneous use. The problems of gas instantaneous water heater in domestic hot water supply were analyzed by comparing the relationship between the parameters of the gas instantaneous water heater and the thermal load of the plumbing fixture. The gas instantaneous water heater with hot water producing capacity of 8 - 16 L/min that is common in the market could only supply to one plumbing fixture. It is suggested that the dwellings with a kitchen and a bathroom, a kitchen and two bathrooms should equip the water heater with heat storage regulation volume.

Key words: domestic hot water; gas instantaneous water heater; thermal load

依据《建筑给水排水设计标准》(GB 50015—2019,以下简称《建水标》),当局部热水供应设备供给2个及2个以上用水器具同时使用时,宜采用带有贮热调节容积的热水器。

燃气热水器以其结构紧凑、便于安装、热效率高、水温稳定、可长时间使用等诸多优点而在住宅中得到了广泛应用^[1]。通常,设有3个或3个以上卫生间的住宅采用容积式热水器和热水循环系统,而一厨一卫和一厨两卫的住宅采用燃气快速热水器。

随着人们对生活热水品质要求的提高,针对燃气快速热水器生活热水系统使用舒适性的投诉越来越多。

通过对比燃气快速热水器参数与卫生器具热负荷的关系,分析燃气快速热水器在住宅生活热水供应中存在的问题,以提出家用燃气热水器选型建议。

1 燃气热水器

家用燃气快速热水器产热水能力经历了从3 L/min到5 L/min再到8、10 L/min,甚至更高的发

展历程。目前国内市场上燃气快速热水器产热水能力多为 8 ~ 16 L/min, 也有少量 20、24 L/min 的产品, 研发机构还在开发产热水能力更高的燃气快速热水器^[2]。产品上标注的产热水能力是指热水器在最大热负荷状态下, 供水压力为 0.1 MPa、温升折算为 $\Delta t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 每分钟流出的热水量。如产品中标注的产热水能力为 12 L/min, 若进水温度为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 出热水温度为 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, 温升为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 热水流量为 12 L/min, 但如果要求出热水温度达到 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, 温升为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 则热水流量只能达到 7.5 L/min 左右。

2 生活热水设计秒流量

为便于对比分析, 住宅生活用水定额统一取 220 L/(人·d)、小时变化系数统一取 2.5, 一厨一卫、一厨两卫的住宅用水人数按分别按 3、4 人计算。卫生器具的给水额定流量、当量见表 1, 卫生器具给水当量总数见表 2, 卫生器具数量见表 3。

表 1 卫生器具的给水额定流量、当量

Tab. 1 Rated flow and fixture units for water supply of plumbing fixture

卫生器具	额定流量/(L·s ⁻¹)	当量
洗涤盆	0.20(0.14)	1.00(0.70)
洗衣机	0.20	1.00
拖布池	0.20	1.00
洗脸盆	0.15(0.10)	0.75(0.50)
大便器(水箱)	0.10	0.50
淋浴器	0.15(0.10)	0.75(0.50)
浴盆	0.24(0.20)	1.20(1.00)
注: 括号内的数值系在有热水供应时, 单独计算冷水或热水时使用。		

表 2 卫生器具给水当量总数

Tab. 2 Total fixture units for water supply of plumbing fixture

项 目	一厨一卫	一厨两卫	
		无浴盆	有浴盆
引入管当量总数	5.00	7.00	7.45
冷水当量总数	4.20	5.70	6.20
热水当量总数	1.70	2.70	3.20

表 3 卫生器具数量

Tab. 3 Quantity of plumbing fixture 个

卫生器具	一厨一卫	一厨两卫	
		无浴盆	有浴盆
洗涤盆	1	1	1
洗衣机	1	1	1
拖布池	1	1	1
洗脸盆	1	2	2
大便器(水箱)	1	2	2
淋浴器	1	2	1
浴盆			1

根据住宅配置的卫生器具给水当量、使用人数、用水定额、使用时数及小时变化系数, 按下式计算最大用水时的卫生器具给水当量平均出流概率 U_0 :

$$U_0 = \frac{100q_L m K_h}{0.2 \cdot N_G \cdot T \cdot 3600} \quad (1)$$

式中: q_L 为最高日用水定额, 取 220 L/(人·d); m 为每户用水人数, 一厨一卫、一厨两卫的住宅分别按 3、4 人计算; K_h 为小时变化系数, 取 2.5; N_G 为每户设置的卫生器具给水当量数; T 为用水时数, 取 24 h; 0.2 为一个卫生器具给水当量的额定流量, L/s。

根据计算管段上的卫生器具给水当量总数, 计算该管段的卫生器具给水当量的同时出流概率:

$$U = 100 \frac{1 + \alpha_c (N_g - 1)^{0.49}}{\sqrt{N_g}} \quad (2)$$

式中: U 为计算管段的卫生器具给水当量同时出流概率, %; α_c 为对应于 U_0 的系数, 按《建水标》附录 B 取用; N_g 为计算管段的卫生器具给水当量总数。

根据计算管段上的卫生器具给水当量同时出流概率, 按下式计算该管段的设计秒流量:

$$q_g = 0.2 \cdot U \cdot N_g \quad (3)$$

式中: q_g 为计算管段的设计秒流量, L/s。

计算结果见表 4。

表 4 设计秒流量计算结果

Tab. 4 Calculation results of design peak flow

项 目	一厨一卫			一厨两卫(无浴盆)			一厨两卫(有浴盆)		
	入户管	冷水	热水	入户管	冷水	热水	入户管	冷水	热水
N_G	5.00	4.2	1.70	7.00	5.70	2.70	7.45	6.20	3.20
$U_0/\%$	1.91	2.27	5.62	1.82	2.23	4.72	1.71	2.05	3.98
α_c	0.010 25	0.013 24	0.042 79	0.009 52	0.012 91	0.034 58	0.008 64	0.011 41	0.027 97
$U/\%$	45.63	49.94	79.45	38.66	43.04	63.59	37.43	41.19	58.20
$q_g/(\text{L} \cdot \text{s}^{-1})$	0.46	0.42	0.27	0.54	0.49	0.34	0.56	0.51	0.37

可见,一厨一卫的住宅入户管设计秒流量为 0.46 L/s,冷水管设计秒流量为 0.42 L/s,热水管设计秒流量为 0.27 L/s;一厨两卫的住宅无浴盆时入户管设计秒流量为 0.54 L/s,冷水管设计秒流量为 0.49 L/s,热水管设计秒流量为 0.34 L/s;一厨两卫的住宅有浴盆时入户管设计秒流量为 0.56 L/s,冷水管设计秒流量为 0.51 L/s,热水管设计秒流量为 0.37 L/s。根据住宅热水管设计秒流量及卫生器具额定流量可以得出,一厨一卫、一厨两卫的住宅同时使用热水的卫生器具数量分别不少于 2 个和 3 个。

表 5 冬季卫生器具热负荷计算结果

Tab.5 Calculation results of thermal load of plumbing fixture in winter

卫生器具	额定流量/ (L·s ⁻¹)	使用温度/ ℃	热负荷/(kJ·h ⁻¹)			需产热水能力/(L·min ⁻¹)		
			冷水 4℃时	冷水 7℃时	冷水 14℃时	冷水 4℃时	冷水 7℃时	冷水 14℃时
洗涤盆	0.15	40	8.14×10 ⁴	7.46×10 ⁴	5.88×10 ⁴	13.0	11.9	9.4
洗涤盆	0.15	50	1.04×10 ⁵	9.72×10 ⁴	8.14×10 ⁴	16.6	15.5	13.0
洗涤盆	0.20	40	1.09×10 ⁵	9.95×10 ⁴	7.84×10 ⁴	17.3	15.8	12.5
洗涤盆	0.20	50	1.39×10 ⁵	1.30×10 ⁵	1.09×10 ⁵	22.1	20.6	17.3
洗脸盆	0.15	30	5.88×10 ⁴	5.20×10 ⁴	3.62×10 ⁴	9.4	8.3	5.8
淋浴器	0.10	38	5.12×10 ⁴	4.67×10 ⁴	3.62×10 ⁴	8.2	7.4	5.8
淋浴器	0.125	38	6.41×10 ⁴	5.84×10 ⁴	4.52×10 ⁴	10.2	9.3	7.2
淋浴器	0.15	38	7.69×10 ⁴	7.01×10 ⁴	5.43×10 ⁴	12.2	11.2	8.6
浴盆	0.24	40	1.30×10 ⁵	1.19×10 ⁵	9.41×10 ⁴	20.7	19.0	15.0

表 6 夏季卫生器具热负荷计算结果

Tab.6 Calculation results of thermal load of plumbing fixture in summer

卫生器具	额定流量/ (L·s ⁻¹)	使用温度/℃	热负荷/ (10 ⁴ kJ·h ⁻¹)	需产热水能力/(L·min ⁻¹)
洗涤盆	0.15	40	4.52	7.2
洗涤盆	0.15	50	6.78	10.8
洗涤盆	0.20	40	6.03	9.6
洗涤盆	0.20	50	9.04	14.4
洗脸盆	0.15	30	2.26	3.6
淋浴器	0.10	38	2.71	4.3
淋浴器	0.125	38	3.39	5.4
淋浴器	0.15	38	4.07	6.5
浴盆	0.24	40	7.24	11.5

由表 5、6 可知,我国不同区域的冷水计算温度不同,卫生器具热负荷差异较大;同类型卫生器具在额定流量、使用温度不同的情况下,热负荷差异较大;卫生器具在不同季节的热负荷差异较大;不同用水效率等级卫生器具的热负荷差异也较大。

根据实际经验和人体舒适性可知,厨房洗涤盆的使用温度一般不会超过 40℃。在冷水温度为 7℃的条件下,产热水能力为 12 L/min 的家用燃气热

3 卫生器具热负荷计算

住宅中常用卫生器具热负荷按下式计算:

$$Q_g = 3\,600 q_g' (t_r - t_l) C \cdot \rho_r \tag{4}$$

式中: Q_g 为生活热水耗热量,kJ/h; q_g' 为器具额定秒流量,L/s; t_r 为使用温度,℃; t_l 为冷水温度,℃; C 为器具额定秒流量,L/s; ρ_r 为热水密度,1.0 kg/L。

冬季不同冷水计算温度时卫生器具热负荷计算结果见表 5,夏季(冷水温度按 20℃计)卫生器具热负荷计算结果见表 6。

水器满足洗涤盆热负荷需求,符合表 5 的计算结果,建议家用厨房洗涤盆热负荷计算按额定流量为 0.15 L/s、使用温度为 40℃进行取值。

4 热水器选型分析

由表 5 可知,住宅常用卫生器具热负荷为浴盆>洗涤盆>淋浴器>洗脸盆。目前市场上大部分燃气快速式热水器产品产热水能力为 8~16 L/min,浴盆、洗涤盆、淋浴器、洗脸盆需要热水器产热水能力分别为 15.0~20.7、9.4~13.0、8.6~12.2、5.8~9.4 L/min。洗涤盆、淋浴器同时使用需要热水器产热水能力为 18.0~25.2 L/min,洗涤盆、洗脸盆、淋浴器同时使用需要热水器产热水能力为 23.8~34.6 L/min,洗涤盆、淋浴器、浴盆同时使用需要热水器产热水能力为 33.0~45.9 L/min。由此可见,市场上常见的产热水能力为 8~16 L/min 的燃气快速热水器所提供的温升和水量仅能供一个卫生器具使用,当其对多个卫生器具同时供应热水时会造成热水量不足、温度下降,影响生活热水使用舒适性。

为满足多个用水点同时使用的需求,有两种解决方案,一是增大燃气热水器的产热能力,该方案会

导致热水器大部分工作状态与额定状态偏差大,热效率降低,甚至低于最小热负荷,热水器无法启动;二是采用带有贮热调节容积的热水器,贮热调节设备可根据实际情况内置或外置。

5 贮热调节容积

一厨一卫的住宅同时使用热水的卫生器具数量不小于2个,按洗涤盆+淋浴器同时使用考虑;一厨两卫(无浴盆)的住宅同时使用热水的卫生器具数量不少于3个,按洗涤盆+2个淋浴器同时使用考虑;一厨两卫(有浴盆)的住宅按浴盆+洗涤盆+淋浴器同时使用考虑。

根据《建水标》表3.2.12和表6.2.1-2,淋浴器混合阀额定流量为0.15 L/s,一次用热水定额为70~100 L,用水时间为7.8~11.1 min。贮热调节容积(贮热温度55℃)贮存的热量不应小于耗热量与产热量之差,为便于计算,取用水时间为10 min计算贮热调节容积,计算结果见表7。可见,贮热调节容积与卫生器具配置、冷水温度、燃气快速热水器产热水能力有关,冷水温度为4℃、燃气快速热水器产热水能力为16 L/min时,建议一厨一卫、一厨两卫(无浴盆)、一厨两卫(有浴盆)的住宅采用贮热调节容积分别不小于45、105、147 L的热水器。

表7 贮热调节容积计算结果

Tab.7 Calculation results of heat storage regulation volume

卫生器具配置	冷水温度/℃	耗热量/ 10 ⁴ kJ	燃气快速热水器产热能力 8 L/min			燃气快速热水器产热能力 16 L/min		
			产热量/10 ⁴ kJ	贮热量/10 ⁴ kJ	贮热容积/L	产热量/10 ⁴ kJ	贮热量/10 ⁴ kJ	贮热容积/L
一厨一卫	4	2.64	0.84	1.80	84	1.68	0.96	45
一厨一卫	7	2.41	0.84	1.57	78	1.68	0.73	37
一厨一卫	14	1.88	0.84	1.04	61	1.68	0.20	12
一厨两卫(无浴盆)	4	3.92	0.84	3.08	144	1.68	2.24	105
一厨两卫(无浴盆)	7	3.58	0.84	2.74	136	1.68	1.90	95
一厨两卫(无浴盆)	14	2.79	0.84	1.95	114	1.68	1.11	65
一厨两卫(有浴盆)	4	48.1	0.84	3.97	186	1.68	3.13	147
一厨两卫(有浴盆)	7	44.0	0.84	3.56	177	1.68	2.72	136
一厨两卫(有浴盆)	14	3.45	0.84	2.61	152	1.68	1.77	69

6 结语

住宅的卫生器具配置不同时,热水设计秒流量对应的卫生器具同时使用数量不同,一厨一卫、一厨两卫的住宅同时使用热水的卫生器具数量分别不少于2个和3个,而市场上常见的产热水能力为8~16 L/min的燃气快速热水器所提供的温升和水量仅能供一个卫生器具使用,当其对多个卫生器具同时供应热水时会造成热水量不足、温度下降,影响生活热水使用舒适性。

一厨一卫、一厨两卫的住宅宜采用有贮热调节容积的热水器,贮热调节容积应根据计算温度、卫生器具配置、热水器产热能力计算确定。

参考文献:

- [1] 朱连喜,郑瞰. 零冷水型家用燃气热水器设计原理及测试方案[J]. 家电科技,2018(2):35-37.
ZHU Lianxi,ZHENG Tun. Design principle and test plan of instant hot water heater[J]. Journal of Appliance

Science & Technology,2018(2):35-37(in Chinese).

- [2] 崔颂,沈文权,徐德明,等. 32 L大容量燃气热水器的开发与模拟研究[J]. 太原理工大学学报,2018,49(3):418-422.
CUI Song, SHEN Wenquan, XU Deming, et al. The development and simulation study of a gas water heater with capacity of 32 L[J]. Journal of Taiyuan University of Technology,2018,49(3):418-422(in Chinese).

作者简介:钟于涛(1982-),男,湖北仙桃人,硕士,高级工程师,国家注册公用设备工程师(给水排水)、一级注册消防工程师、注册环保工程师、咨询工程师(投资),从事建筑给水排水工程设计与研究工作。曾获中国勘察设计协会水系统工程与技术分会“水业杰出青年”及“凯泉杯”给水排水行业“优秀青年工程师”称号。

E-mail:13501067076@163.com

收稿日期:2021-03-02

修回日期:2021-04-30

(编辑:孔红春)