

对北京市《居住建筑节能设计标准》 (2013 版)中建筑物耗热量 指标计算的解读

北京市建筑设计研究院有限公司 贺克瑾[☆]

摘要 介绍了该标准中建筑物耗热量指标计算的要点及指标限值的确立,比较了与 2006 版标准以及现行国家行业标准的异同。

关键词 建筑物耗热量指标 围护结构热工性能权衡判断 太阳辐射得热 居住建筑 标准

Understand of index of heat loss of building in Design standard for energy efficiency of residential buildings (2013) in Beijing

By He Kejin[★]

Abstract Presents the main points of calculating index of heat loss of building and the establishment of the limit value of the index in the standard. Compares similarities and difference among the current standard, its early revision in 2006 and the current national industry standard.

Keywords index of heat loss of building, building envelope trade-off option, heat gain of solar radiation, residential building, standard

★ Beijing Institute of Architecture Design, Beijing, China

①

0 引言

北京市“十二五”时期建筑节能发展规划中要求,从 2012 年起,北京市新建居住建筑要执行修订后的居住建筑节能设计标准,节能幅度将达到 75% 以上。对于北京市的居住建筑,供暖能耗是建筑能耗的主体,无论现行行业标准还是北京市地方标准,都规定以建筑物耗热量指标是否大于标准中给出的限值,作为围护结构总体热工性能权衡判断的唯一判断依据。而标准规定当居住建筑体形系数、窗墙面积比或建筑各部分围护结构热工性能参数不满足标准中的限值要求时,必须进行围护结构热工性能的权衡判断。

现行 JGJ 26—2010《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》^[1](简称《行标》)已于 2010 年 8 月开始实施,北京市原地方标准 DBJ 11—602—2006《居住建筑节能设计标准》^[2](简称《06 版地标》)中耗热量指标计算方法与其存在一些差异,需要加以协调。

因此,修编后的北京市标准 DB 11/891—2012《居住建筑节能设计标准》(第 2 版)^[3](简称《13 版地标》)中,建筑物耗热量指标的计算方法与《06 版地标》相比有了较大改变,与《行标》相比也有一些不同。

1 建筑物耗热量指标计算

《06 版地标》中建筑物耗热量指标 q 按下式计算:

$$q = q_1 + q_2 - q_3 \quad (1)$$

式中 q_1 为单位建筑面积通过围护结构的传热耗热量, W/m^2 ; q_2 为单位建筑面积的空气渗透耗热量, W/m^2 ; q_3 为单位建筑面积的建筑物内部包括炊事、照明、家电和人体散热的得热量,取 $3.8 W/m^2$ 。

①[☆] 贺克瑾,女,1975 年 5 月生,硕士研究生,高级工程师
100045 北京市西城区南礼士路 62 号北京市建筑设计研究院有限公司
(010) 88043365
E-mail: hekj@biad.com.cn
收稿日期:2013-03-29
修回日期:2013-10-28

《13版地标》中建筑物耗热量指标 q_H 按下式计算:

$$q_H = \frac{Q_{HT} - Q_{TY} + Q_{INF}}{A_0} - q_{IH} \quad (2)$$

式中 Q_{HT} 为单位时间通过建筑外围护结构的温差传热量, W ; Q_{TY} 为单位时间通过建筑物外围护结构透明部分的太阳辐射得热量, W ; Q_{INF} 为单位时间建筑物空气换气耗热量, W ; A_0 为建筑物的建筑面积, m^2 , 按标准附录规定计算; q_{IH} 为折合到单位建筑面积上单位时间建筑物内部得热量, W/m^2 , 取 $3.8 W/m^2$ 。

《行标》中建筑物耗热量指标 q_H 按下式计算:

$$q_H = q_{HT} + q_{INF} - q_{IH} \quad (3)$$

式中 q_{HT} 为折合到单位建筑面积上单位时间内通过建筑围护结构的传热量, W/m^2 ; q_{INF} 为折合到单位建筑面积上单位时间内建筑物空气渗透耗热量, W/m^2 。

《13版地标》中建筑物耗热量指标计算公式的形式虽然与《行标》有所不同, 但计算方法基本一致, 与《06版地标》相比, 则有了较大的改动。

1.1 计算采用的气象参数与室内供暖计算温度

建筑节能与气候密切相关, 需要按照不同地区气候条件对建筑节能影响的差异性提供相应气象参数, 明确各气候区的建筑节能设计基本要求, 从总体上做到合理利用气候资源, 防止气候对建筑的不利影响。

《行标》采用滑动平均法对各地的气象参数进行统计计算, 并根据计算得到的供暖度日数(HDD18)与空调度日数(CDD26), 重新划分了严寒和寒冷地区的气候子区。根据《行标》, 北京属于寒冷(B)区, 供暖期室外平均温度为 $0.1^\circ C$ 。

表2 《13版地标》与《06版地标》围护结构传热系数修正系数 ϵ_i 对比

	南向		东、西向		北向		水平方向	
	13版	06版	13版	06版	13版	06版	13版	06版
外墙(包括外门和开敞式阳台的阳台门不透明部分)	0.83	0.70	0.91	0.86	0.95	0.92		
屋顶不透明部分							0.98	0.91
门窗和屋顶的透明部分	有阳台	1	0.50	1	0.74	1	0.86	1
	无阳台	1	0.18	1	0.57	1	0.76	

《13版地标》中, 单位时间通过建筑外围护结构的温差传热量按下式计算:

$$Q_{HT} = \sum \epsilon_i K_i F_i \zeta_i (t_n - t_e) \quad (6)$$

式中 K_i 为外围护结构传热系数, $W/(m^2 \cdot K)$; ζ_i

同时, 《行标》将 $18^\circ C$ 规定为计算耗热量指标的室内供暖温度, 这仅为计算耗热量指标所采用的数值, 并不等同于实际的室温。

修编后的《13版地标》, 供暖期室外平均温度以及冬季室内供暖计算温度均采用《行标》中的数值。表1为《06版地标》与《13版地标》室内外计算温度对比。

表1 《06版地标》与《13版地标》室内外计算温度对比

	《13版地标》	《06版地标》
供暖期室外平均温度/ $^\circ C$	0.1	-1.6
冬季室内供暖计算温度/ $^\circ C$	18(楼梯间或封闭外走廊取12)	16

根据《行标》的条文说明, 按不同温差计算的耗热量指标可按下式进行相应的折算:

$$q'_{HI} = (q_{HI} + 3.8) \frac{t'_i - t'_e}{t_i - t_e} - 3.8 \quad (4)$$

式中 q'_{HI} 为按《13版地标》室内外温差修正后的耗热量指标, W/m^2 ; q_{HI} 为按《06版地标》室内外温差计算的耗热量指标, W/m^2 ; t'_i 为《13版地标》冬季室内供暖计算温度, $^\circ C$; t'_e 为《13版地标》供暖期室外平均温度, $^\circ C$; t_i 为《06版地标》冬季室内供暖计算温度, $^\circ C$; t_e 为《06版地标》供暖期室外平均温度, $^\circ C$ 。

1.2 围护结构传热修正系数与温差修正系数

《06版地标》中, 单位面积围护结构传热耗热量按下式计算:

$$q_1 = \frac{17.6}{A_0} \sum_{i=1}^m \epsilon_i K_{mi} F_i \quad (5)$$

式中 ϵ_i 为围护结构传热系数的修正系数(不同朝向的屋顶、外墙、外窗 ϵ_i 见表2, 不供暖楼梯间的内墙和户门、不供暖空间上部楼板、伸缩缝、沉降缝墙等的 ϵ_i 值, 以温差修正系数 n 值代替, 见表3); K_{mi} 为围护结构的平均传热系数, $W/(m^2 \cdot K)$; F_i 为围护结构的面积, m^2 。

为温差修正系数(取值见表4); t_n 为室内计算温度, $^\circ C$ 。

围护结构传热系数的修正系数 ϵ_i 主要是考虑太阳辐射对传热的影响, 《行标》中的 ϵ_i 是根据编

表 3 《06 版地标》温差修正系数 n

		温差修正系数 n
带通风间层的平屋顶、坡屋顶顶棚及与室外空气相通的不供暖地下室上面的楼板等		0.90
与有外门窗的不供暖楼梯间相邻的内墙和户门		0.30
不供暖地下室上面的楼板	外墙上有窗户时	0.75
	外墙上无窗户且位于室外地坪以上时	0.6
	外墙上无窗户且位于室外地坪以下时	0.4
与有外门窗的不供暖房间相邻的隔墙		0.7
与无外门窗的不供暖房间相邻的隔墙		0.4
伸缩缝、沉降缝墙		0.3
抗震缝墙		0.7

表 4 《13 版地标》温差修正系数 ζ_i

		ζ_i		
		南向	北向	东、西向
非供暖封闭式阳台与房间之间的保温隔墙和门窗	凸阳台	0.44	0.62	0.56
	凹阳台	0.32	0.47	0.43
不供暖地下室上面的楼板、地下室供暖空间与不供暖空间之间的隔墙	外墙上有窗户		0.75	
	外墙上无窗户且位于室外地坪以上		0.6	
	外墙上无窗户且位于室外地坪以下		0.4	
变形缝墙			0.3	
其他暴露在室外空气中的外围护结构			1.0	

制时采用的气象参数中当地太阳辐射数据及典型围护结构表面辐射吸收系数等计算得到的,《13 版地标》供暖期室外平均温度等气象数据采纳了《行标》数据,因此,围护结构传热系数的修正系数 ϵ_i 也采用了《行标》中北京的数值。由表 2 可以看出,《13 版地标》中 ϵ_i 数值较《06 版地标》偏高。而之所以《13 版地标》中透明部分的修正系数 ϵ_i 均为 1,是因为耗热量指标计算方法将透明部分的温差传热与太阳辐射得热分别计算, ϵ_i 仅用于计算围护结构透明部分的温差传热量,因此透明部分取 1。

由表 3,4 可以看出,《13 版地标》与《06 版地标》相比,增加了与房间之间设置保温隔墙和门窗的非供暖封闭式阳台的温差修正系数,具体数值采用了《行标》数据,同时不再列出与不供暖楼梯间相邻内墙及户门的温差修正系数,这是因为《13 版地标》耗热量指标对于不供暖楼梯间(外廊)的计算方法发生了改变,不再计算楼梯间(外廊)与房间隔墙传热量,而是直接计算此部分外墙传热量。

《06 版地标》中伸缩缝、沉降缝、抗震缝的温差修正,在《13 版地标》中统一按变形缝处理,其他暴露在室外空气中的外围护结构温差修正系数均按 1.0 考虑。处于供暖房间和室外之间的非供暖空间,例如通过保温地板或隔墙与不供暖地下室接触的房间,因起到了室内外温差缓冲的作用,也应进行温差修正,而《行标》未提供此部分温差修正系数。因此,《13 版地标》其他部分温差修正系数沿用《06 版地标》数据。

1.3 太阳辐射得热量计算

《13 版地标》建筑物耗热量指标中,单位时间通过建筑物外围护结构透明部分的太阳辐射得热量 Q_{TY} 计算公式如下:

$$Q_{TY} = \sum I_{TYi} C_{mci} F_{mci} + \sum I_{TYi} C'_{mci} F'_{mci} \quad (7)$$

式中 I_{TYi} 为北京地区建筑物外围护结构透明部分供暖期平均太阳辐射照度, W/m^2 ; C_{mci} 为一般外门窗的太阳辐射修正系数; F_{mci} 为一般外门窗和屋顶透明部分的面积, m^2 ; C'_{mci} 为保温设在内侧的封闭式阳台的太阳辐射修正系数; F'_{mci} 为分隔封闭式阳台和房间的透明保温门窗面积, m^2 。

《06 版地标》以及之前各版地标中,围护结构透明部分的太阳辐射得热是综合考虑在围护结构传热系数的修正系数中的,并未对其单独计算,这样的计算方法比较简便,但是无法顾及围护结构透明部分不同遮阳系数以及窗框比等因素的影响。《13 版地标》借鉴了《行标》的计算方法,将外围护结构透明部分的太阳辐射得热单独计算,计算方法及各朝向供暖期太阳平均辐射照度数值等参考《行标》。

《13 版地标》建筑物外围护结构透明部分的太阳辐射得热量分为两部分计算:对于一般外窗、屋顶透明部分、与房间之间无门窗隔断的封闭式阳台或保温设在外侧的封闭式阳台,均按一层透明部分考虑。对于保温设在内侧的封闭式阳台,太阳辐射得热要考虑两层窗的衰减,其中内侧窗(即分隔封闭式阳台和室内的窗或玻璃门)的遮阳还必须考虑封闭式阳台顶板的作用,封闭式阳台顶板可以看作水平遮

阳台。

《13版地标》计算方法中,外窗遮阳系数 S_c 对太阳辐射得热量影响较大,以北京市某 11 层住宅为例,计算不同外窗综合遮阳系数对应的建筑耗热量指标,计算结果拟合曲线见图 1。

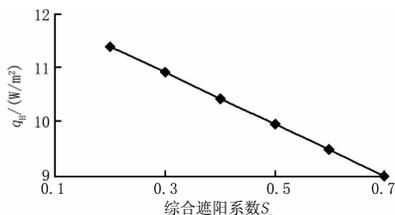


图 1 外窗综合遮阳系数对建筑耗热量指标的影响

由图 1 可以看出,外窗综合遮阳系数 S_c 由 0.2 增加到 0.7,耗热量指标降低了约 21%,可见 S_c 的变化对耗热量指标的影响较大;同时也说明围护结构透明部分的太阳辐射得热量在耗热量指标中占有相当大的比例。因此,针对围护结构透明部分类型与构造的不同,单独计算其透明部分太阳辐射得热量是合理的。标准修编过程中,为了使耗热量指标限值计算结果既不过宽也不过严, S_c 值最终按照 0.5 计算。

按照上述计算方法,通过某外窗的传热量应为

$$Q = Q_{HT} - Q_{TY} = \epsilon K_{mc} F_{mc} \zeta (t_n - t_e) - I_{TY} C_{mc} F_{mc} \quad (8)$$

由式(8)可看出,当 $K_{mc} < \frac{I_{TY} C_{mc}}{t_n - t_e}$ 时(外窗的 ϵ 与 ζ 皆为 1.0),该朝向外窗就会成为得热构件,尤其是南向(南向供暖期平均太阳辐射照度 I_{TY} 较大)。尽管冬季太阳辐射得热成为有利条件,《13版地标》仍对各朝向窗墙面积比有限制,因为外窗传热系数 K 值降低受到经济性和当前技术条件的制约;另外,虽然北京地区居住建筑的主要能耗为供暖能耗,但是设计时应兼顾夏季空调能耗,外窗 S_c 过大或者窗墙面积比过大会造成夏季空调能耗的增大。因此,设置合理的窗墙面积比以及选择合适的外窗热工性能参数,对于降低建筑能耗非常重要。

1.4 不供暖楼梯间及外廊的计算

《06版地标》在计算耗热量指标时,屋顶、外墙以及外门窗面积需要减去不供暖楼梯间及外廊的面积,同时计算不供暖楼梯间(外廊)的隔墙、户门传热量,而计算体形系数及窗墙面积比时,屋顶、外墙以及外门窗面积则不需要减去不供暖楼梯间及

外廊部分的面积。这种计算方法比较复杂,而且容易混淆计算建筑物耗热量指标与窗墙面积比时的外墙(窗)面积。

《13版地标》规定计算耗热量指标时,计算不供暖楼梯间(外廊)的外墙传热,不计算房间与楼梯间的隔墙传热。楼梯间外墙传热,从理论上讲室内温度应取供暖设计温度(供暖楼梯间)或楼梯间自然热平衡温度(非供暖楼梯间),比较复杂,为简化计算起见,规定统一取 12°C ,封闭外走廊也按此处理。《行标》对不供暖楼梯间及外廊的计算方法与《13版地标》相同。

1.5 凸窗的计算

《行标》规定,计算凸窗上、下、左、右边窗与边板的传热量,但忽略太阳辐射得热的影响。《13版地标》规定,对于凸窗,应按各朝向垂直面(不包括上下板)的实际面积计算温差传热量,不能忽略侧窗或侧板的面积,计算窗墙面积比和太阳辐射得热量时取洞口面积。计算温差传热量时边窗可计入该凸窗的主朝向,按各垂直立面透明部分的实际总面积计算。而《06版地标》规定凸窗上下板及垂直面均需要计算。

《13版地标》之所以忽略凸窗顶板、底板的热损失,是因为其附录 C 中外墙平均传热系数的修正系数中已经包含了凸窗突出外墙部分顶板和底板的热损失,计算凸窗耗热量指标时上下板不需再重复计算。而对于凸窗的上下板和左右边窗或边板,为了简化计算,忽略其太阳透射得热。

1.6 建筑面积与体积的取值

各版地标及行标都规定建筑面积 A_0 应按各层外墙外包线围成的平面面积的总和计算,但《行标》规定只包括半地下室面积,不包括地下室面积;《13版地标》规定包括供暖的半地下室和地下室的面积。

对于建筑体积 V_0 ,《06版地标》与《行标》规定应按与计算建筑面积所对应的建筑物外表面和底层地面所围成的体积计算,《13版地标》规定应按与计算建筑面积 A_0 所对应的建筑物外表面和供暖空间底层地面或地板所围成的体积计算。

2 围护结构热工性能权衡判断方法与耗热量指标的确立

20世纪90年代及以前,北京市的住宅形式比较单一,各版地标对居住建筑围护结构热工性能的节能判断一直采用唯一数值的耗热量指标。随着住

宅形式的多样化,唯一数值已经不能反映各种不同类型居住建筑的耗热量指标,因此《06版地标》参照国外相关标准的方法,采用了“参照建筑对比法”进行围护结构热工性能的权衡判断。按照1980年基准水平节能65%,计算出建筑耗热量指标为 14.65 W/m^2 。在此基础上选择“基准建筑”,按照 14.65 W/m^2 的限值,通过分析计算,分解为各项围护结构传热系数限值和窗墙面积比推荐值,并以此作为居住建筑最基本的节能要求。这种权衡判断方法计算较为复杂,不能直观表示建筑物的耗热量指标,且难以对体形系数进行权衡判断。

本次修编后,地标权衡判断采用与现行《行标》一致的方法,即按建筑层数分类确定的“耗热量指标法”进行直观的比较。北京市《关于进一步提高住宅节能标准的请示》(以下简称《请示》)中,对住

宅节能设计的各项指标和做法提出了具体要求,《13版地标》以供暖节能率达到75%为节能目标,以《请示》中确定的各项外围护结构传热系数为基本计算参数,对应 ≤ 3 层、4~8层、9~13层及 ≥ 14 层的住宅层数分类,每组分别选取3~5栋比较典型的居住建筑作为耗热量指标限值计算的模型,各组建筑的体形系数、窗墙面积比均在限值范围内。

经过大量计算,各组建筑耗热量指标计算数值分布及与《行标》中北京的耗热量指标折算为节能率为75%的数值对比见表5。为了与《06版地标》对应,采用其中4~8层分组中普通住宅的耗热量指标作为比较的基准,将《06版地标》 14.65 W/m^2 耗热量指标折算为节能率为75%的耗热量指标,同时按照计算所采用的供暖期室内外计算温差进行修正,折算后的耗热量指标为 10.71 W/m^2 。

表5 典型建筑耗热量指标及《行标》折算数值

	建筑层数/层			
	≤ 3	4~8	9~13	≥ 14
各组计算 $q_H/(\text{W/m}^2)$	12.44~16.51	9.44~13.18	9.96~10.22	8.33~9.85
《行标》折算 $q_H/(\text{W/m}^2)$	11.50	10.71	9.57	8.64

由表5可以看出,建筑耗热量指标变化的基本趋势是随楼层升高而减小,即随体形系数减小而减小。通过对计算建筑的耗热量指标计算数据的分析,以及与《行标》数值折算75%节能率耗热量指标的对比,最终确定北京地区居住建筑不同层数建筑物耗热量指标限值,见表6。

表6 各分组建筑耗热量指标限值

$q_H/(\text{W/m}^2)$	建筑层数/层			
	≤ 3	4~8	9~13	≥ 14
	14.5	10.5	9.5	8.5

这样按层数分类分别设定建筑物耗热量指标限值,便于围护结构热工性能权衡判断时进行直观的比较,既避免了采用唯一数值的耗热量指标衡量不同类型的住宅,又便于操作。

另外,为了便于进行建筑节能判定,《13版地标》提供了各类建筑热工节能判断表文本,以及建筑总体热工性能直接判断表和建筑总体热工性能权衡判断表的电子表格。

3 结论

3.1 《13版地标》中建筑物耗热量指标计算方法较《06版地标》有较大改动,尤其是太阳辐射得热计算,与《行标》相比也不完全相同。

3.2 《13版地标》采用《行标》的权衡判断方法,按照不同层数给出适合北京地区居住建筑耗热量指标的限值,操作简单,同时也可以直观反映北京地区新建居住建筑的整体供暖能耗水平。

参考文献:

- [1] 中国建筑科学研究院. JGJ 26—2010 严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010
- [2] 北京市建筑设计研究院. DB 11-602—2006 居住建筑节能设计标准[S]. 北京:北京市建筑设计标准化办公室,2006
- [3] 北京市建筑设计研究院有限公司. DBJ 11/891—2012 居住建筑节能设计标准[S]. 2版. 北京:北京市城乡规划标准化办公室,2013