

文章编号 1000-5013(2000)04-384-06

# 居住建筑最小窗面积及窗墙比的确定

冉 茂 宇

(华侨大学建筑系, 泉州 362011)

**摘要** 根据居住建筑对室内光环境要求的特点, 以标量采光系数为依据, 提出确定居住建筑最小窗面积及窗墙面积比的方法. 该方法较全面地考虑了影响室内光环境的 4 大因素, 即室外光气候、房间大小、室外遮挡和室内表面对光的吸收. 利用该方法对我国各光气候区进行计算, 结果表明旧规范所规定的采暖居住建筑北向房间窗墙面积比(0.2)确实偏小. 这与实践中心人们会无意识地加大北向窗墙面积比的事实相符. 通过对 6 栋 T 形住宅的采光进行问卷调查, 将统计结果与该方法的计算结果进行比较, 说明该方法的合理可行性.

**关键词** 居住建筑, 窗墙面积比, 昼光环境, 标量采光系数

**中图分类号** TU 113.5+3; TU 113.5+4

**文献标识码** A

窗与墙作为建筑物的主要外围护结构, 对于采暖空调建筑的能耗有着重大影响. 通过窗墙的耗热量, 通常占采暖建筑总耗热量的 80% 以上<sup>[1]</sup>. 为了达到节能的目的, 旧规范<sup>[2]</sup>对不同地区采暖居住建筑各部分围护结构的传热系数, 以及窗的气密性进行限制, 对各朝向窗墙面积比的最大值作出规定. 但其规定的窗墙面积比, 在实践中常不能满足住户对昼光环境的要求, 因而往往被突破. 新标准 JGJ 26-95 已将原北向窗墙面积比从 0.20<sup>[3]</sup>增到 0.25<sup>[4]</sup>. 其被突破的原因有如下 3 点. (1) 缺乏有关民用建筑室内昼光环境的评价设计标准. (2) 规范在确定各朝向窗墙面积比时, 其所基于的北向基准居室(开间×进深×层高=3.3 m×4.8 m×2.8 m)的取法, 未考虑房间大小变化, 以及不同光气候对采光的影响. 据其确定的窗墙面积比, 只适用于与基准居室几何模型完全一样的其它朝向房间. (3) 未考虑其它因素对昼光环境的影响. 如室内表面对光的吸收状况, 室外对天空光的遮挡等. 因此, 旧规范中规定的窗墙面积比有待进一步完善. 另外, 最小窗面积及窗墙比的确定, 对于在外墙上利用自然能也是很有意义的.

## 1 标量采光系数及其确定

标量采光系数指室内空间某点上的标量照度, 与同一时刻室外水平面照度之比<sup>[5,6]</sup>, 即

$$C_b = E_i / E_o \quad (1)$$

式中  $C_b$  为标量采光系数,  $E_o$  为室外同一时刻水平照度,  $E_i$  为室内空间某点的标量照度. 后者是指空间点的受照量, 与入射光方向无关, 也不指明受照面的方向. 它可以用位于受测点处一

个小球表面上的平均照度来描述, 也可用平均柱面照度来表示。

由于一般居住建筑室内没有明确的视觉作业要求, 视觉感受和受照方式基本上是三维的。人们对光环境的主观感受和评价, 主要受室内各表面外观明亮程度及室内光线分布的影响。与水平照度没有多大关系, 与平均球面照度或平均柱面照度有直接关系。因此, 对于居住建筑而言, 采用标量采光系数作为评价指标比传统使用的水平面上的天然采光系数更为适宜, 可由英国 BRS 的天然采光室内反射分量的计算公式来确定<sup>[7]</sup>, 即

$$\text{IRC} = \frac{0.85W}{100A_b} \frac{(S\rho_t + 5\rho_c)}{(1 - \rho_b)} \quad (2)$$

式中  $\rho_t$  为地板空间反射率,  $\rho_c$  为顶棚空间反射率,  $\rho_b$  为整个室内表面的有效反射率。它们均可由相应空间各表面的反射率加权平均求出, 即  $\rho = \sum A_i \rho_i / \sum A_i$ 。W 为窗洞面积,  $A_b$  为整个室内表面积, S 则为与室外遮挡有关的系数。式(2)在文[8]中又被写为

$$\text{IRC} = \frac{W}{A_b} \eta f \quad (3)$$

式中  $\eta$  为房间的效率因素, 取决于墙的表面  $A_w$  与房间总表面  $A_b$  之比和墙的反照率  $\rho_w$ ,  $f$  为窗因素即平面上的垂直照度与室外水平面上的照度之比, 可由窗中心测得的遮挡角度确定。

显然, 式(2), (3)的实质及考虑的影响因素完全相同, 只是表达式不同而已。在已知窗面积及其它因素后, 计算标量采光系数是不难的。但是对于已知标量采光系数及其它因素, 要确定窗面积是比较复杂的, 需进行试算。因为各种反射率的确定本身受窗面积的影响。因此, 从分析和实际估算窗面积而言, 特别是对建筑设计师, 上式均过于繁杂。因此需导出一种更简单实用的形式。

如图 1 所示, 以窗高中心作一平面, 将室内外空间分成上、下两部分。窗洞面积 W 所受的光照度由室外上、下两部分空间引起, 即上部天空和天空遮挡物发射的光照度  $E_1$ , 下部地面和地面遮挡物发射的光照度  $E_2$ , 则进入室内的光通量  $\Phi$  为

$$\Phi = W(E_1 + E_2)\tau \quad (4)$$

式中  $\tau$  为窗玻璃的散射透射率。天然光进入室内后经来回反射在室内形成散射光场。这种光场类似于声音在室内产生的混响散射声场。与文[9, 10]对声场的处理一样, 室内散射光密度 D 为

$$D = \frac{4\Phi}{C\sum A_i \alpha} = \frac{4W(E_1 + E_2)\tau}{C\sum A_i \alpha} \quad (5)$$

式中 C 为光速,  $A_i$ ,  $\alpha$  为室内第 i 个表面的面积和对散射光的吸收率。在稳态散射光场下, 室内任一点处散射光密度又可<sup>[11]</sup>写为

$$D = 4B/C \quad (6)$$

式中 B 为室内表面对光的平均发射率。由式(5), (6)得

$$B = \frac{W(E_1 + E_2)\tau}{\sum A_i \alpha} \quad (7)$$

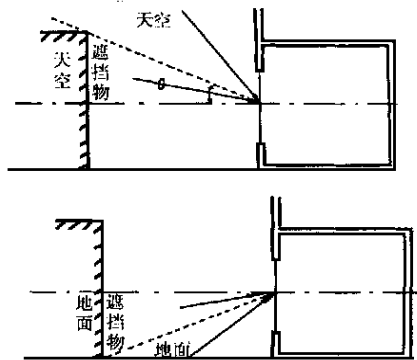


图 1 窗受照度的分解

考虑到表面对光的吸收,室内某一点任一平面的标量照度  $E_i$  可近似写为

$$E_i = B(1 - \alpha) \quad (8)$$

式中  $\alpha = \sum A_i \alpha_i / \sum A_i$ , 为室内平均有效吸收率. 将式(7)代入式(8)得:

$$E_i = \frac{W(E_1 + E_2)\tau}{\sum A_i \alpha} (1 - \alpha). \quad (9)$$

在无遮挡和均匀天空条件下,  $E_1$  和  $E_2$  都将在数值上等于产生这种照度(以  $a_{sb}$  为单位)的亮度一半. 在标准的全阴天  $E_1$  为室外水平照度的 0.39 倍. 根据文 [7], 可取地面的亮度为平均天空亮度的 1/10, 任何一个遮挡建筑物的亮度具有被遮挡天空亮度的 1/10. 因此在均匀天空亮度  $L$  下, 室外水平照度  $E_0$  和  $E_2$  分别表示为

$$E_0 = \pi L, \quad E_2 = \pi L / 20. \quad (10)$$

考虑  $E_1$  受遮挡角  $\theta$  的影响, 其最终形式可以写成

$$E_1 = S\pi L. \quad (11)$$

其中  $S$  是取决于遮挡角  $\theta$  的系数(表 1). 将式(9), (10), (11)代入式(1)整理得:

表 1 不同遮挡角  $\theta$  对应的  $S$  值

$\theta(^{\circ})$	0	10	20	30	40	50	60
全阴天	39	35	31	25	20	14	10
均匀天空	50	42	35	27	21	16	11

$$C_b = \frac{W(S + 5)\tau}{100\sum A_i \alpha} (1 - \alpha), \quad (12a)$$

或

$$C_b = \frac{W(S + 5)\tau}{100A_b \alpha} (1 - \alpha). \quad (12b)$$

式(12)与式(2)、(3)实质和反映的影响因素相同, 但用室内表面平均有效吸收率代替了式(2)、(3)中各种反射率, 使计算简化方便. 在实际估算采光面积时, 只要根据室内表面明亮程度(暗、中、明亮), 对应取  $\alpha$  为 0.7, 0.5, 0.3 即可进行概略估算. 这样既不会太复杂, 也不会有大的误差. 式(12)反映了同一光气候中各种因素对室内标量采光系数的影响. 因此, 按此式来确定窗面积, 即可保证居住建筑室内有满意的昼光环境, 弥补现行规范中的不足.

## 2 最小窗面积及最小窗墙面积比的确定

式(12b)用窗面积表示为

$$W = \frac{100A_b \alpha C_b}{(S + 5)\tau(1 - \alpha)}. \quad (13)$$

或用窗墙面积比  $X$  表示为

$$X = \frac{100C_b \alpha}{\tau(S + 5)(1 - \alpha)f_{wb}} \quad (14)$$

式中  $X$  为窗墙面积比即窗洞面积与其所在外墙面积(包括窗洞)之比,  $f_{wb}$  为外墙面积与室内总表面积之比. 由式(13)可确定房间所需的最小窗面积  $W$ , 它可以直接反映室内昼光环境好坏. 由式(14)可确定房间所需的最小窗墙面积比  $X$ . 然而, 在外墙面积一定的情况下, 最小窗墙面积比将随房间的进深增大而增大. 当进深增大到某一值时, 最小窗墙面积比可大于 1, 即将整个外墙作成窗, 还不能满足房间采光要求. 因此, 用窗墙面积比不能直接反映室内昼光环

境的好坏.但由于居住建筑一般层高 2.7~3.0 m,开间 3.3~3.6 m,进深很少超过 5 m;在这样的范围内,所需窗墙面积比不会大于 1,可近似反映室内光环境的好坏.

如果以窗墙面积比来规定房间所需的最小窗面积,就必须首先知道其影响因素.从式(14)可知,影响窗墙面积比的因素有标量采光系数  $C_b$ 、体现房间大小的因素  $f_{wb}$ 、室内表面对光的平均吸收率  $\alpha$  以及遮挡因素  $S$ .由于  $C_b$  只表示对室外水平照度的相对百分数,不表示绝对分量.因此对不同的光气候应有不同的  $C_b$ ,才能保证天然光的充分利用.根据文[12]对视觉工作的分级及现场调查和经济分析,取 5 000 lx 为我国Ⅱ类光气候室外临界照度,用相应的光气候系数除 5 000 lx 即可得其它光气候区的室外临界照度.如果认为居住建筑中的活动为一般性工作,仍按照工业企业侧窗采光系数规定的方法,得到我国各区对  $C_b$  的要求,即Ⅰ~Ⅳ区分别为:0.85, 0.90, 1.00, 1.10, 1.20.根据光气候分区查取  $C_b$  值,结合  $f_{wb}$ ,  $\alpha$ ,  $S$  即可确定满足采光要求的最小窗面积和最小窗墙面积比.对于制定居住建筑采光标准限值而言,若考虑取  $\alpha=0.5$  (室内明亮程度中等),  $S=39$  (全阴天室外无遮挡),  $\tau=0.85$  (普通玻璃),则式(14)简化为

$$X = 2.67C_b/f_{wb}. \quad (15)$$

按式(15)对旧规范中北向基准居室在Ⅰ~Ⅳ类光气候区进行计算,结果分别为 0.19, 0.20, 0.22, 0.24, 0.27.由计算结果可知,对于与基准居室同样大小的房间,北向窗墙面积比取 0.2,对于Ⅰ类光气候区的确偏小,不能满足Ⅰ、Ⅱ类光气候区的采光要求.新标准将其提高到 0.25,虽然满足了Ⅰ、Ⅱ区的要求,但对Ⅲ、Ⅳ区却偏大,不利于节能,而对于Ⅰ区又偏小,不能满足采光要求.上述计算是无遮挡的情况,若考虑遮挡,其值还要大些.

如果用式(13)直接规定房间所需最小窗面积大小,则更具有合理性和客观性.同样考虑取  $\alpha=0.5$ ,  $S=39$ ,  $\tau=0.85$ ,可得

$$W = 2.67A_b C_b. \quad (16)$$

### 3 T形住宅采光调查

上述方法是就居住建筑采光所需最小窗面积提出的.因此,它不仅适用于采暖、空调住宅,也适于非采暖、空调住宅.既可用于单面墙上有窗的情况,也可用于多面墙上有窗的情况.因而,可以在任何光气候区对采暖、空调或非采暖、空调住宅进行采光好坏的调查,以检验该方法的可行性.为此,笔者就福建省泉州市(属Ⅱ类光气候区)的 6 栋四层平面结构完全相同的 T 形住宅进行了采光问卷调查,涉及的住户共 67 家.图 2 是 T 形住宅的平面图和房间编号.图 3 是调查结果的统计百分数( $\sigma$ )结果.表 2 是现存窗墙比、窗面积和计算所需窗墙比、窗面积的对照表.

从图 2 可知,房间编号 01 与 04 平面结构完全相同,都是南北各一间,仅是因方位不同而有东西窗之别.房间编号 01 北间开有东窗,房间编号 04 北间开有西窗.从图 3 统计结果可知,房间编号 01 和 04 中绝大多数住户认为其采光效果满意(好或很好),而房间编号 05, 06, 07, 08 中绝大多数住户认为其采光效果不满意(差或很差).在表 2 中,最后一栏具体示出了回答“满意(好或很好)”的百分率.从表 2 中“计算所需”栏与“现有”栏比较可知,房间编号 01, 04 南北两间现有的窗面积(窗墙面积比)与计算所需的窗面积(或窗墙面积比)十分接近,只有

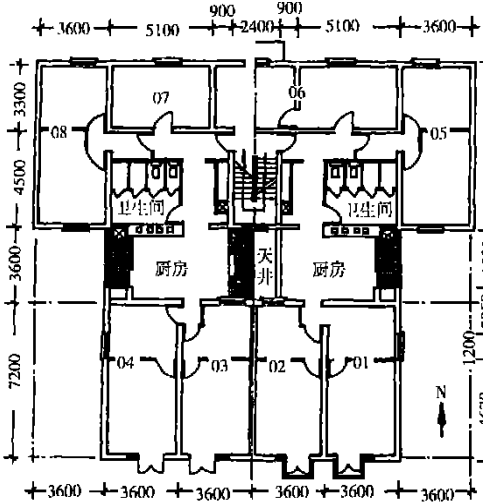


图 2 T 形住宅平面图及房间编号

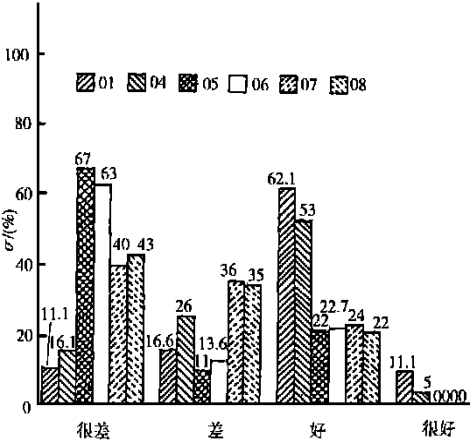


图 3 T 形住宅采光调查的统计结果

表 2 现有窗面积或窗墙面积比与计算所需值及统计结果对照表

项 目	01		04		05		06		07/单	08	
	南	北	南	北	南	北	南	北		南	北
现有 $X$	0.30	0.27	0.30	0.27	0.20	0.20	0.14	0.17	0.14	0.20	0.20
计算所需 $X$	0.29	0.28	0.29	0.28	0.29	0.24	0.22	0.23	0.22	0.29	0.24
现有 $W$	2.12	1.41	2.12	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
计算所需 $W$	2.06	1.46	2.06	1.46	2.06	1.67	2.16	1.86	2.16	2.06	1.46
回答满意率/(%)	72.3		60.5		22.0		22.7		24.0	22.0	

少部分住户认为采光不满意，而房间编号 05, 06, 07, 08 各间现有窗面积(或窗墙面积比)均小于计算所需值，有近 80% 住户认为其采光效果不满意。由此可知，用本文提出的方法来计算规定居住建筑所需窗面积或窗墙面积比，与住户的主观感受评价具有一致性。

4 结束语

(1) 居住建筑的采光，要求以标量采光系数为评价指标。(2) 在制定居住建筑，特别是采暖空调居住建筑的采光标准时，宜结合建筑光气候和建筑热工气候分区制定，并用最小窗面积进行限制。(3) 文中方法确定的采暖空调居住建筑的窗面积或窗墙面积比，可满足室内昼光环境的要求，与人们的主观评价一致。(4) 通过采暖居住建筑外墙的传热损失，总是随窗墙面积比增加而增加。因此，文中确定的窗面积或窗墙面积比，是满足采光要求和节能的最小窗面积或最小窗墙面积比。

参 考 文 献

1 杨善勤. 民用建筑节能设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997. 9 ~ 10

2 中华人民共和国电子工业部第二设计研究院编. 采暖通风工程师常用规范选[M]: 上册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995. 334 ~ 384

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

- 3 中华人民共和国建设部编. GB 50176-93 民用建筑热工设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 1993. 12~14
- 4 中国建筑科学研究院编. JGJ 26-95 民用建筑节能设计标准[S]: 采暖居住建筑部分. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996. 7~10
- 5 杨公侠. 视觉与视环境[M]. 上海: 同济大学出版社, 1985. 59~60
- 6 詹庆旋. 建筑光环境[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994. 23~90
- 7 Thomas V 编. 日光与建筑译文集[M]. 肖辉乾等译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988. 70~90
- 8 希尔德 E 著. 建筑环境物理学[M]. 岳文其等译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987. 83~84
- 9 西安冶金建筑学院编. 建筑物理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987. 223~226
- 10 Gremer L, Müller H 著. 室内声学设计原理及其应用[M]. 王季卿等译. 上海: 同济大学出版社, 1995. 154~164
- 11 库特鲁夫 H 著. 室内声学[M]. 沈 豪译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1982. 91~100
- 12 杨光璇, 罗茂羲. 建筑采光和照明设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1980. 32~41

## Determining Least Window Area and Area Ratio of Window to Wall of Residential Building

Ran Maoyu

(Dept. of Arch., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

**Abstract** Based on the specialized claim of residential building for indoor light environment, a method based on scalar lighting coefficient is advanced for determining least window area and area ratio of window to wall. The method all-sidedly considers outdoor light climate, room size, outdoor shelter, and light absorption as four important factors influencing indoor light environment. The method is applied to the computation of various light climate regions in our country. Regarding the area ratio of window to wall in north room for heating residential building, this method explains that 0.2 as area ratio in old specification is on the low side and no wonder that people are likely to enlarge unconsciously the ratio of window to wall in north room. This method is illustrated to be reasonable and feasible by questionnaire investigation into the daylight of six T-shaped houses and by the comparison of calculated results of this method with statistical results.

**Keywords** residential building, area ratio of window to wall, daylighting environment, scalar lighting coefficient