

利用“智能镜面”以 18 层代替 30 层以上住宅的节地设想

An Assumption of Land Saving in Residence with 18 Floors Instead of 31 Floors Using “Smart Mirror”

吴正旺 | WU Zhengwang 张泽 | ZHANG Ze

摘要: 提出利用“智能镜面”辅助住宅主动获得日照,并在此基础上用18层的住宅代替目前居住区普遍应用的30层以上住宅,建设“合院式居住区”,以节约建设用地并形成“小街巷、密路网”的生活性街道。以北京某居住区为例进行重新规划设计,通过分析研究发现,该设想具有显著的节地效果,经济效益突出,其户型能满足安全疏散、视线卫生以及日照等相关规范要求,且公摊率低。更重要的是,居住区形成了领域感较强的合院式组团,并增加了若干城市道路。重新进行的规划设计也发现,该设想也会带来建筑密度有所提高、绿地率降低以及噪声增加等不足。跟踪“智能镜面”等技术的发展,研究并推进住宅及居住区规划建设的节地策略,对于我国城市的可持续发展,对于推进开放式居住区建设,具有重要意义。

关键词: 智能镜面、合院式、居住区、节约土地

Abstract: In order to save construction land and form a living street with “Small Streets and Dense Road Network”, it is proposed to use “Smart Mirror” to assist the residence to obtain sunshine actively, and then use 18 storey residence to replace the residence with more than 30 storey, which is widely used in residential areas. Taking Beijing as an example, the planning and design results show that the idea has significant land saving effect, outstanding economic benefits, and the house type can meet the requirements of safety evacuation, sight hygiene and sunshine, and the sharing rate is low. More importantly, the residential area has formed a courtyard like group with strong sense of field, and added a number of urban roads. The new planning and design also found that the idea will also bring some shortcomings, such as the increase of building density, the reduction of green space rate and the increase of noise. Tracking the development of “Smart Mirror” and other technologies, studying and promoting the land saving strategy of housing and residential area planning and construction is of great significance for the sustainable development of cities and the construction of open residential areas in China.

Keywords: Smart Mirror, Courtyard Type, Residential Area, Land Saving

本文旨在针对我国大陆地区的居住区建设提出一种新的节地设想,这一设想基于“智能镜面”技术。

当前,我国大陆地区每年约有1400万人进城落户。按照《城市用地分类与规划建设用地标准》GB50137—2011之规定,每年需新增建设用地约3640km²。研究表明,按最低要求,未来20年中国建设用地总量应控制在国土面积的4.5%之内。1996—2008年,全国建设用地面积年均增加3350km²。到2016—2017年增加到5687km²。

同期,农业用地年均减少2042km²,耕地年均减少6933km²,节地形势紧迫。

在我国大陆地区,日照对住宅节地的影响巨大,突出体现在“日照间距”政策上。“日照间距”最早由沃尔特·格罗皮乌斯(Walter Gropius)在1920年代提出,但除苏联外,在欧洲并未受到重视。受苏联的影响,从1980年代开始,“日照间距”逐渐成为我国大陆地区居住区设计的一项重要原则,并一直沿用至今。特别是在北方地区,为满足在冬至日(或大寒日)所有住宅均有1间主要

作者:

吴正旺, 华侨大学建筑学院教授, 博导, 闽江学者;
张泽, 华侨大学建筑学院硕士研究生。

华侨大学科研基金资助项目“华侨聚居区人居环境保护与可持续发展研究”(605-50X19022)

DOI: 10.12285/jzs.20200614001

卧室获得 1~3 小时满窗日照之规定,许多居住区不得不采取公摊面积较大、层数较多、户型不甚理想且造价较高的高层点式住宅,同时还造成大量山墙沿街的情况。即便如此,其容积率也仍远低于日本等国。在 2005 年出台的《建筑基准法》(修订)中,日本取消了对日照时数要求的规定,除建筑阴影不得超过用地界线 5m 外,对用地内建筑之间已不再有间距和日照要求,此后其高层住宅的容积率升高至约 5.0。为提高土地利用效率,清华大学建筑学院教授王丽方先生在 2007 年曾提出取消“日照间距”的建议以节约土地。

技术的发展已使日照可以主动获得,其典型代表是“智能镜面”。所谓“智能镜面”,指的是将“定日镜”技术引入建筑领域,以实时追踪日照,并将其定向反射到建筑内部的一种太阳辐射主动利用技术。“定日镜”最早可追溯到 1950 年,那时苏联利用“定日镜”技术成功研制了世界上第一座塔式太阳能热发电试验装置。2000 年后,对“定日镜”的抗风、仿真、跟踪机构以及镜面材料的研究相继获得突破,特别是“光感纠偏”“自旋+仰角”等控制技术的突破,使得基于“定日镜”技术的太阳能热电站已达到商业化应用的水平,造价大大降低。包括 2014 年供电能力达到 392 MW 的美国加利福尼亚的伊凡帕(Ivanpah)太阳能热电厂以及 2018 年中国青海省德令哈的 10 MW 光热电站等。2018 年,笔者利用“智能镜面”辅助北京某教学楼获得日照,也获得成功(图 1)。

上述研究及实践带来一个新的课题:随着“定日镜”“智能镜面”等太阳辐射主动利用技术相继成熟、可靠,能否利用“智能镜面”来辅助住宅获得日照,在遵循现有《城市居住区规划设计标准》等规范的基础上,采用“合院式布局”,以公摊更少、造价更低、室外空间更舒适、尺度更宜人的 18 层住宅来代替目前普遍采用的 30 层以上住宅?其容积率是否有所增加甚至显著提高?



图 1: 笔者开展的利用“智能镜面”为建筑自动提供日照的实验场景

一、合院式住宅的发展瓶颈

合院式住宅指的是“由房屋与墙四面围合形成院落或天井的民居样式,包括其组合变化”,长期深受我国人民喜爱,主要有三合院、四合院及单位大院等多种类型。(1) 四合院在北方最为常见,并以北京等地最为典型。(2) 在闽南及台湾地区,三合院常见于经济条件较差的家庭。(3) 单位大院则是合院式的一种变化。虽然规模及尺度都很大,但它仍延续了合院式住宅封闭、内向及围合的特征,是中华人民共和国建立以来逐渐形成的聚居模式。(4) 由于合院式住宅很难满足在冬至日(大寒日)所有户型均能获得 1~3 小时日照的要求,因此在居住区建设中逐渐消失。

随着“智能镜面”等太阳辐射主动利用技术的成熟,合院式住宅的“日照”缺点很可能将被克服,在居住区建设中,这一传统布局方式在节地方面的优势明显:(1) 理论上,由于合院式布局的四个方向均建设了住宅,比起行列式布局,十分有利于节地。(2) 有利于形成内部庭院及居住区生活性街道。(3) 能有效增加城市机动车道的路网密度,缓解交通拥堵。

上述设想虽然理论上可行,但在实际应用中究竟效果如何?会带来什么不足?为了回答这一问题,本文尝试以北京某居住区为例,利用“智能镜面”辅助住宅获得日照,以“合院式布局”进行重新规划设计,并与该居住区的现状进行对比,在保证所有户型均能满足现有国家规范对日照、视线卫生以及室外活动空间等要求的基础上,测试其增加建筑面积、增加住宅户数以及节约土地等方面的实际效果,也

探讨其导致建筑密度增加、绿地率降低等方面的不利影响,并对这一模式在营造居住街区的生活气息、改善城市道路网的效果进行分析。

二、利用“智能镜面”以 18 层代替 30 层以上住宅以节约土地的可行性

北京某居住区建于 2014 年,其总用地面积约 31.6 万 m^2 ,容积率 2.2,绿地率约 40%,建筑面积约 69.5 万 m^2 ,总户数 4 308 户,住宅为 18 层及 31 层(图 2)。在重新进行的规划设计中,其住宅均采用 18 层,在采取围合式的合院式布局后,在用地南北方向增加了 4 条城市道路,在东西方向增加了 2 条城市道路,形成了以四合院为封闭单元的“小街巷、密路网”居住区(图 3)。

由于“智能镜面”能实时追踪、定向反射日照,可全天为指定住宅提供日照,因此该规划设计可以适当摆脱对“日照间距”的依赖,转而更专注于空间、街道、户型及节地等内容。以下从剖面、总平面及户型 3 个方面加以分析。

1. 利用“智能镜面”以 18 层代替 30 层以上住宅的剖面设计

在现状中,该居住区中的住宅有 18 层和 31 层两种,其 31 层住宅的南北向间距为 105m,18 层住宅的南北向间距为 85m,所有户型均能满足日照要求。(1) 重新进行的规划设计表明,在“智能镜面”的辅助下,新的居住区形成了更符合社会学理论的每 240~384 户为一个封闭单元的布局^[1]。由于不必完全依赖“日照间

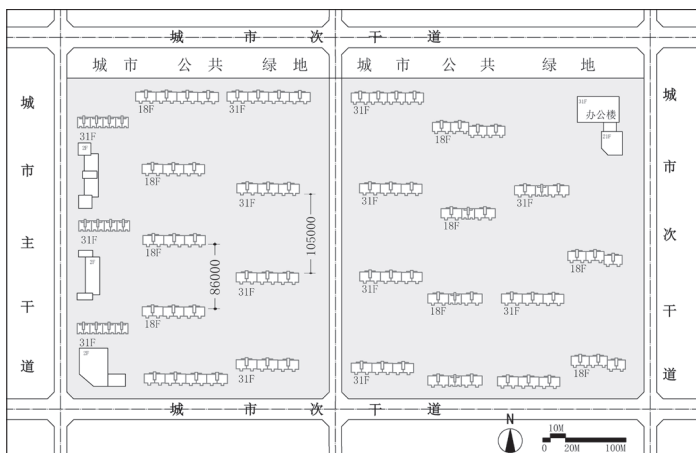


图2: 北京某居住区现状总平面图

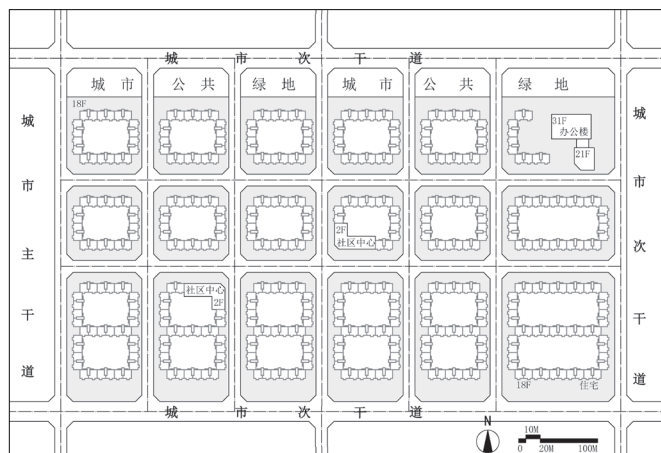
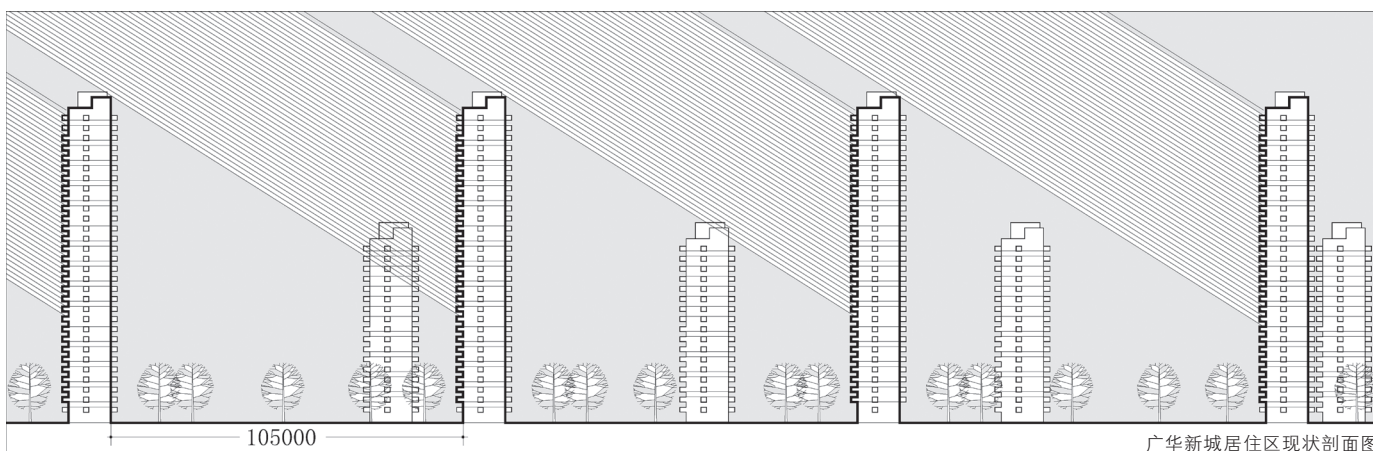
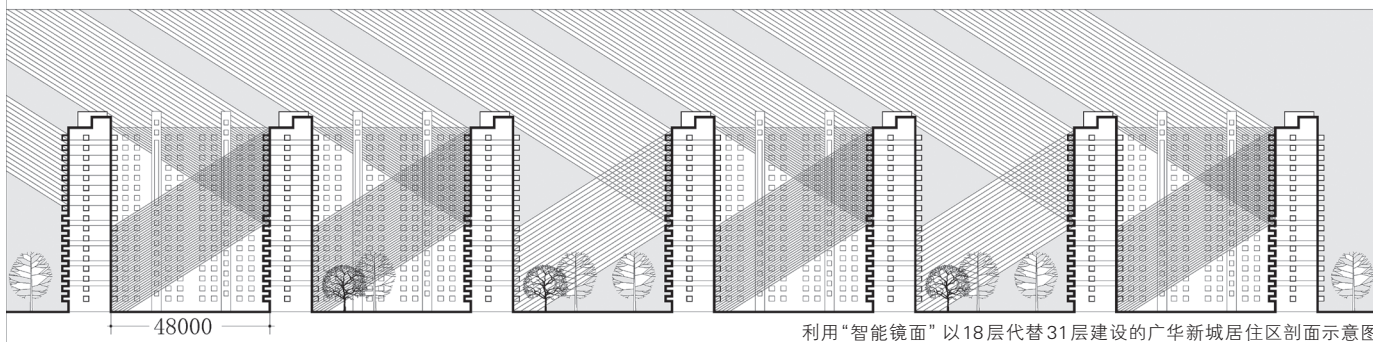


图3: 设想利用“智能镜面”以18层代替30层以上住宅建设的合院式北京某居住区总平面图



广华新城居住区现状剖面图



利用“智能镜面”以18层代替31层建设的广华新城居住区剖面示意图

图4: 设想利用“智能镜面”以18层代替30层以上住宅建设的合院式北京某居住区与现状的剖面图对比

距”获得日照,在新的规划设计中,原有18层及31层住宅均改为18层住宅,形成3排23个四合院,各户型均满足日照的基本需要。(2)设计还发现,行列式布局的住宅,其南北向间距过大,是造成土地利用降低的主要原因。以冬至日为例,当日当地太阳高度角最大为26°,当地“日照间距系数”为1.7,原有居住区的规划布局正是按照这个系数进行的,其2幢18层住宅之间的南北向间距最小处为 $2.8 \times 18 \times 1.7 = 85\text{m}$ 。理论上,其2

幢31层住宅之间的南北向间距最小应为 $2.8 \times 31 \times 1.7 = 147\text{m}$,在现状中,由于31层住宅的左右两侧均有较大空隙可供日照渗入,故二者之间距离减少至105m(图2)。这样确实也保证了所有住宅在冬至日均能获得2小时以上的日照(图4上)。但2幢住宅之间的间距远远超过人均室外空间的使用需要,直接造成了土地利用低下。同时,这种尺度过大、过于空旷的室外开放空间,很难阻止冬季西北风侵入,其风环境并不舒适。而在我国大陆的南方地

区,在相似的情况下,住宅南北向建筑之间的间距更要小很多。以广州为例,在冬至日,当日太阳高度角最大为43°,其“日照间距系数”为0.5,则2幢18层住宅之间的南北向间距最少可为 $2.8 \times 18 \times 0.5 = 25.2\text{m}$,比该居住区的85m要少59.8m。如果是100m的住宅,二者相差将更大。(3)重新进行的规划设计还发现,利用“智能镜面”将住宅南面窗间墙上的日照反射,在改善住宅室内天然采光条件的同时还能部分室外空间提供一定的日照,这对于

北方冬季而言有重要意义。(4) 规划设计进一步表明,合院式布局的居住区,其室外容易形成具有生活气息的街道空间,更符合“中央城市工作会议 2016”关于建设“小街巷、密路网”街区的要求(图 3)。(5) 设计也表明,利用“智能镜面”以 18 层代替 31 层住宅形成的合院式居住区也存在若干不足。一方面,从剖面的空间关系上看,室外场地的面积有较大幅度的减少,空间也会紧迫一些。另一方面,由于合院各个方向均布局了住宅,其建筑密度较高。(6) 需要注意的是,由于“智能镜面”必须从北向住宅将日照反射到其南向的另一幢住宅,因此,对于最北 1 排住宅的下半部分而言,其获得日照的方式是从本组团的东、西两侧屋面及外墙上将日照反射到其下半部住宅中(图 4 下)。

2. 利用“智能镜面”以 18 层代替 30 层以上住宅的总平面设计

在总平面设计方面,本次重新进行的规划设计表明,以 18 层代替 30 层以上住宅建设的合院式居住区确实具有若干优势:(1) 能增加建筑面积约 60.1 万 m²,增加约 86%。(2) 其总户数可增加约 3900 套,其经济价值高达 721 亿元 RMB。(3) 增加了 23 个四合院和若干市政道路,街区的尺度感、领域感、归属感显著增强。但从总平面布局看,这一布局方式也有一定不足:(1) 建筑密度将增加约 13.8%,

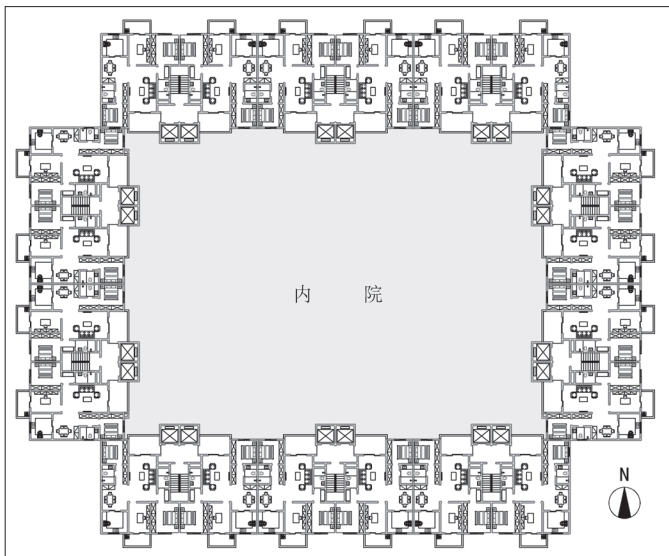


图 5: 设想利用“智能镜面”以 18 层代替 30 层以上住宅建设的合院式北京某居住区的基本组团户型平面图

达 22.8%。(2) 绿地率减少至 25%,已接近最低要求等(表 1)。

从总平面的场地设计看,新的布局虽然导致室外活动空间面积有所减小,但由于机动车及其停车空间均位于地下,加上地面原有的绿地率(约 40%)很高,因此改造后仍能满足相关规范所规定的绿地率及人均室外活动场地的面积要求。新增加的 23 个四合院的面积最小的约 3008m²,最大的达到约 5433m²,仍明显大于南方同类型居住区。由于四合院内可避免冬季西北风侵入,因此相对于现状的行列式布局要舒适很多。但需要注意的是,四合院在冬至日其日照较少,需要利用东西向建筑的屋面安装“智能镜面”加以弥补,或利用建筑外墙进行漫反射加以改善(图 3)。

3. 利用“智能镜面”以 18 层代替 30 层以上住宅的户型设计

从本次规划设计的户型方面看,在“智能镜面”的辅助下,合院式住宅的组团中包含了 10~14 个单元,部分组团还形成了“前后”2 个合院。每个单元以“2 部电梯+1 部封闭楼梯”进行疏散,每单元 2 户,户型均南北通透。其四合院长度约为 65m~114m,宽度约 48m,高度约 50m,其高宽比约为 0.95,具有较好的空间围合感(图 4)。在每个四合院单元中,上半部住宅(10~18 层)主要卧室朝南获得日照,下半部住宅(1~9 层)则利用“智能镜面”从北向全天获得反射日照,满足日照要求。四合院四周布置电梯、阳台及厨房,主要卧室及卫生间满足视线卫生要求。

关于公摊:一般而言,层数越多,公摊率越大,当层数达到 30 层以上时,其公摊率甚至可达 25% 以上,这就造成了巨大浪费。由于采用 18 层进行住宅建设,每单元 2 户,每户建筑面积约为 156m²,每层 20 户共 6240m²,每套楼电梯建筑面积约 56m²,每户公摊 28m²,公摊率可降低到 18%,与现状的 28% 公摊率相比较,整体公摊率减少了 10%,换言之,总建筑面积中增加了 10% 的套内使用空间,其面积高达 129.6m² × 10% = 13.0 万 m²,市场价值高达 156 亿 RMB。在楼栋间的视线卫

设想利用“智能镜面”以 18 层代替 30 层以上住宅建设的合院式北京某居住区与现状的指标对比 表 1

分项	现状	以 18 层代替 30 层以上住宅,按“合院式居住区”建设	增加(减少)的百分比	备注
总用地面积	31.6 万 m ²	31.6 万 m ²	不变	不含办公楼
建筑占地面积	约 2.9 万 m ²	约 7.2 万 m ²	增加 4.3 万 m ²	不含办公楼
住宅建筑密度	9%	22.8%	增加 13.8%	
总住宅建筑面积	约 69.5 万 m ²	约 129.6 万 m ²	增加 60.1 万 m ²	不含地下室
公摊率	约 28%	约 18%	减少约 10%	不计设备用房
容积率	约 2.2	约 4.1	增加 1.9	不计办公楼
绿地率	约 40%	约 25%	减少约 15%	四合院内绿地按 70% 计
总户数	4 308 套	8 208 套	增加 3900 套	
住宅市场价值	约 834 亿 RMB	约 1555 亿 RMB	增加约 721 亿 RMB	按 12 万 RMB/m ² 计

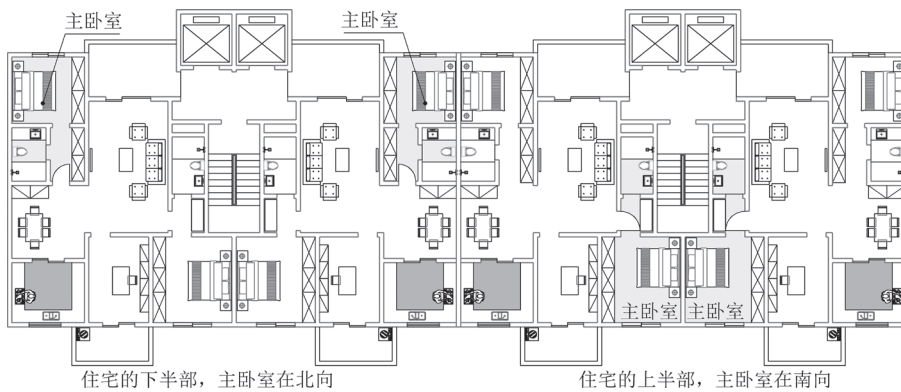


图6: 重新设计的北京某居住区18层南北向住宅下半部及上半部户型平面图

生方面, 东西南北4个方向上住宅均有2个卧室朝外, 距离其他住宅的水平距离为38m(图5), 不存在严重的视线卫生问题。需要特别注意的是, 南面住宅的3个卧室中, 2个卧室朝南、1个朝北, 而厨房则设置在南向, 这样设计的原因在于, 该住宅的下半部主卧室是从北向获得日照的, 而上半部则从南向获得日照。对于北面的住宅, 则反之亦然(图6)。

从户型设计结果看, 利用“智能镜面”辅助住宅获得日照, 以18层代替30层以上住宅, 确实能够通过建设合院式住宅来节约建设用地, 不仅公摊率显著降低, 且户型也很理想。这一设想最适用的地域应是中国北方, 其原因是中高纬度地区的“日照间距系数”较大, 因此板式住宅的南北向之间的间距要远大于南方地区。

三、结论

土地是国家发展的最主要资源之一。在过去40年间, 既有的日照间距政策有力促进了住宅建设, 但随着住宅高层化, 这一政策也导致一些地区土地利用难以提高、室外开放空间过大以及居住区布局呆板等不足。随着“智能镜面”等日照主动利用技术的发展, 将这些技术引入住宅建设领域, 有必要对居住区布局及住宅设计进行新的思考。(1)在“智能镜面”的辅助下, 以18层代替30层以上住宅, 将四合院布局模式引入居住区建设, 其容积率可提高约86%, 总户数增加约90%, 建筑面积增加约86%, 节约土地的效果明

显, 经济效益巨大。(2)这一设想也会带来绿地率有所降低、建筑密度有所提高等不利影响, 但不严重。(3)以18层代替30层以上住宅建设的合院式住宅, 其户型实用、公摊面积较小、造价较低并能形成有利于邻里交往的合院空间。(4)“日照间距系数”对该设想的有效性有巨大影响, 该策略较为适宜在中高纬度地区, 而在南方地区则需慎重。(5)“智能镜面”有可能会产生眩光, 但通过合理设置反射日照的方位角、俯仰角, 可以改善。

注释

[1] 社会学认为, 要有效作出决策, 其行为主体不宜超过500个。

参考文献

- [1] 徐彬冰, 朱凤武, 姚新春. 关于第三次全国土地调查的思考[J]. 中国土地, 2018(05): 22-24.
- [2] 刘勇, 李仙. 中国建设用地可持续发展战略研究[J]. 经济纵横, 2013(09): 24-31.
- [3] 张播, 赵文凯. 国外住宅日照标准的对比研究[J]. 城市规划, 2010, 34(11): 70-74.
- [4] 张守仪, 田东海. 围合式住宅小团及其日照环境[J]. 建筑学报, 1995(04): 10-15.
- [5] 陈昌勇. 基于日照计算的城市住宅容积率取值方法研究[J]. 规划师, 2017, 33(03): 139-143.
- [6] 彭雷, 李保峰. 基于步行友好视角的城市居住区研究——以武汉市为例[J]. 建筑师, 2018, 6: 74-80.
- [7] 建筑资料研究社/日建学院编(2017)《建筑基准法关系法令集》[M]
- [8] 建筑资料研究社/日建学院编(2017)《建筑基准法关系法令集》[M]
- [9] 王丽方. 取消日照间距政策——节约土地资源[J]. 团结, 2007(04): 43-44.

- [10] 吴正旺, 许芬, 闫阳, 胡中正, 狄岳, 梁雪辉, 吴彦强. 一种利用镜面自动追踪、定向反射日照的采光采暖装置[P]. CN209386585U, 2019-09-13.
- [11] 白瑞明. 浅述太阳能热发电的发展历史和现状[J]. 中国建设动态(阳光能源), 2007(01): 65-66.
- [12] 余强, 徐二树, 常春, 杨正. 塔式太阳能电站定日镜场的建模与仿真[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(23): 90-97+155.
- [13] 王莺歌. 塔式太阳能定日镜结构风荷载特性及风致响应研究[D]. 湖南大学, 2011.
- [14] Xuan; Dai, Yanjun; Li, Xian; Wang. Detailed study on sun-tracking characteristic of a point-line-coupling beam-down concentrating solar tower with linear fresnel heliostats. Taiyangneng Xuebao. v 39, n 7, p 1833-1840, July 28, 2018.
- [15] 何丽娟. 塔式电站中定日镜场的建模与仿真[D]. 南京师范大学, 2014.
- [16] 郭铁铮, 刘德有, 钱艳平, 陈强, 卞新高, 郭苏. 基于DSP的定日镜跟踪控制系统研究[J]. 太阳能学报, 2010, 31(01): 5-11.
- [17] 刘化果. 高性能塔式太阳能定日镜控制系统研究[D]. 济南大学, 2010.
- [18] 蔡其文. 高反射率太阳能薄膜反射材料的性能研究及膜系设计[D]. 华南理工大学, 2012.
- [19] 王涛. 基于光敏感应及角度计算的太阳追踪系统的设计与实现[D]. 电子科技大学, 2009.
- [20] 冯果川. 意义的生产——以普通住宅户型设计为例的日常建筑学研究[J]. 建筑师, 2013(03): 48-52.
- [21] 孙飞虎, 王志峰, 郭明煊, 梁文峰. 基于跟踪轴参考位错位法的定日镜自动纠偏系统[J]. 太阳能学报, 2016, 37(04): 877-883.
- [22] Rowan Hooper. California's heliostat mirrors harness sun's power[J]. New Scientist, 2013, 218(2920).
- [23] 张志勇. 地下和无窗建筑定日镜导光管采光照明的试验研究[A]. 中国照明学会、台湾区照明灯具输出业同业公会、海峡两岸第七届照明科技与营销研讨会专题报告文集[C]. 中国照明学会、台湾区照明灯具输出业同业公会, 2000: 24.
- [24] Wu, Zhengwang; Yan, Yang; Di, Yue. Experiment on increasing solar radiation for building by using "Smart Mirror". Journal of Asian Architecture and Building Engineering, v18, n3, p204-210, 2019, DOI: 10.1080/13467581.2019.1620750
- [25] 吴正旺, 吴彦强. 利用“镜面反射”增加日照、节能减排的实验[J]. 建筑学报, 2017, 04: 91-94
- [26] 陆元鼎, 杨谷生编, 中国民居建筑, 广州: 华南理工大学出版社, 2003.11
- [27] 佚名. 台湾民居: 三合院或四合院[J]. 中华民居, 2011(01): 107.
- [28] 连晓刚. 单位大院: 近当代北京居住空间演变[D]. 清华大学, 2015.
- [29] 潘曦. 墙外·墙内: 20世纪后期的住宅及其研究分野之形成[J]. 建筑师, 2019(06): 58-63.

图片来源

所有图片图表均为作者提供。