

建筑科学研究报告

REPORT OF BUILDING RESEARCH

1981

No. 20

工业化住宅建筑体系经济效果 及其发展途径的探讨

Economic Analysis of Industrialized Housing and
Ways for Development

中国建筑科学研究院
CHINESE ACADEMY OF BUILDING RESEARCH

提 要

本专题内容由三个部分组成：（1）对我国近年来各地区修建的中、小型砌块、装配式大板、大模板现浇混凝土、框架轻板等四种有代表性的工业化住宅建筑体系的经济效果，采用工程造价、材料和人工耗用量、施工工期、一次投资费用、能源用量、建筑使用功能等六项指标进行了分析评价；（2）从城市人口增长趋势，对住宅需要量进行了预测。并根据我国技术水平、经济条件、资源情况，探讨了我国发展住宅工业化的前景；（3）根据研究分析的结果，提出了不同工业化住宅建筑体系的适用范围与提高经济效果的途径。

Economic Analysis of Industrialized Housing and Ways for Development

Zhang pei-zhen Sun han-pu

Yao jia-chen Li hai-ru

Abstract

The contents of this paper are classified into three groups as follows: (1) Economic analysis and evaluation of four types of industrialized residential constructions (walls of medium or small size blocks, precast r. f. concrete panels, r. f. concrete monolithic walls cast with wall forms, r. f. concrete frame structure with light panels) constructed recently in different locations of our country. The evaluation of these industrialized residential constructions are made on the basis of six indexes (i. e. construction cost, material and labour cost, construction duration, investment, energy cost and performance); (2) The author predicts the demand for residential buildings in cities, taking into consideration the tendency of an increase in urban population. A forecast is made for development of industrialized residential constructions in our country under our present technical, economic and resource conditions; (3) As a result of this investigation, the author proposes the suitable range for each different type of industrialized residential construction and suggests ways for improving the economic result.

目 录

一、前 言.....	(1)
二、四种工业化住宅建筑体系经济效果的分析和比较	(2)
三、对我国发展住宅建筑工业化具体条件的分析	(5)
四、工业化住宅建筑体系适用条件、范围的探讨和改善其经济效果 的具体意见	(8)
附件一 中小型砌块住宅建筑经济效果调查	(14)
附件二 装配式大板住宅建筑技术经济分析	(20)
附件三 大模板现浇混凝土多层住宅建筑技术经济分析	(27)
附件四 框架轻板住宅建筑技术经济分析	(35)

工业化住宅建筑体系的经济效果及其发展途径的探讨

中国建筑科学研究院建筑经济研究所

张蓓真 孙汉甫 姚嘉春 李惠如

一、前言

住宅建设走工业化的道路，是第二次世界大战后，许多国家加快住宅建设，解决房荒的一条成功经验。由于住宅建筑量大面广、地区性强，这些国家在实现住宅建筑工业化的进程中，都很注重技术经济综合研究，从本国实际条件出发，确定各自发展住宅建筑工业化的途径和步骤。

五十年代初期，我国住宅建筑都是采用手工砌筑的砖木、砖石结构。这种传统建造方法虽有它自身一定优点，但是，由于它建设速度慢，劳动强度大，不能适应大规模经济建设和城镇发展对住房的需要。借鉴国外经验，早在1956年国务院就明确提出：“采取积极步骤，逐步向建筑工业化过渡”的方针。二十多年来，这个方针对促进建筑业的发展，完成大量的工业和民用建筑，起了很大作用。特别是近几年来，工业化住宅建筑发展较快。到目前为止，我国在技术上比较成熟、应用推广面积较大的有砌块、装配式大板、大模板现浇混凝土三种工业化住宅建筑体系，框架轻板住宅建筑体系尚处于试验研究阶段。据全国建工系统不完全统计，截至1979年底，共建成中、小型砌块住宅建筑约800万平方米，大板住宅建筑约266万平方米，大模板住宅建筑约212万平方米，框架轻板住宅建筑约20余万平方米，滑模、升板住宅建筑约25万平方米，各类工业化住宅建筑面积总计达1323万平方米，其中：一半以上约700万平方米是在近三、四年内建成的。北京、上海、天津、沈阳、南宁、常州、广州、苏州、唐山等市，1979年建成的工业化住宅，已占当年新建住宅总量的20~30%。但是，总的来说，住宅建筑工业化的发展是不快的。三十年来，各类工业化住宅建筑面积仅占全国新建住宅面积6亿平方米的百分之三左右。主要原因一是极左路线的影响，只强调发展建筑工业化，不重视建筑工业化的经济效果，以致造成不少地方工业化住宅的经济效果不够理想。实践证明，只有注重从当地的具体条件出发，因地制宜地选择技术方案，取得良好经济效果，工业化住宅建筑体系才能顺利推广、发展。如上海，六十年代初期试验推广的粉煤灰密实砌块，既克服了当地制砖土源严重不足的困难，又充分利用了当地丰富的工业废料资源，砌块住宅建筑的造价很快与砖混住宅建筑的造价拉平，十多年来，共建成砌块住宅建筑600万平方米，占全国砌块住宅建筑总量的四分之三，占该市一九七九年住宅竣工面积的40%。北京市“内浇外砌”大模板体系，一九七四年才初次采用，一九七九年累计竣工面积即达191万平方米，

该年全市竣工大模板住宅64万平方米，约占全市竣工住宅266万平方米的四分之一，占全市竣工的工业化住宅的四分之三。广州市小型混凝土空心砌块，投资少、上马快，充分利用当地丰富的废石渣资源，并与当地技术装备水平相适应，也出现了迅速推广的好形势。该市一九七八年下半年才决定推广小型混凝土空心砌块，一九七九年一年即推广了18万平方米，其中住宅建筑约10万平方米，占当年住宅竣工面积的三分之一。反之，如果不从我国或当地实际条件出发，机械地搬用外国、外省经验，不讲求经济效益，不进行技术经济分析，搞“一阵风”、“一刀切”，其结果必然是哪种体系都试一试，哪种体系也推广不开，投资花了不少，工业化水平没有多大提高。

工业化住宅建筑与砖混住宅建筑相比，一般说来，均具有工期短、工效高、劳动强度轻、整体性好、抗震性强、坚固耐久、使用寿命长等优点。但是，在发展过程中，不少地区的工业化住宅建筑体系，由于使用功能和工程质量至今尚未完全过关，造价过高，主要材料消耗过多，经济效果不够理想，影响了它的发展。本专题的研究目的在于，通过对四种工业化多层住宅建筑体系的经济效果和当前我国发展工业化住宅建筑具体条件的分析、对比，探讨每一种工业化住宅建筑体系的适用条件和范围，提出改善和提高工业化住宅建筑体系经济效果的看法和意见，以求推动住宅工业化的发展，多快好省地加快住宅建设。

二、四种工业化住宅建筑体系经济效果的分析和比较

工业化住宅建筑体系的经济效果，目前，在我国一般采用多指标来反映。按照《工业化住宅建筑体系经济效果的评价方法》规定，评价工业化住宅建筑体系经济效果的指标体系，由主要指标和辅助指标两部分计十个指标组成。根据这些指标在评价经济效果中的作用和现今能够搜集到的资料，拟从工程造价、主要材料和人工耗用、施工工期、一次性投资、能源耗用和建筑使用功能等六个方面进行分析、比较。

本专题主要搜集、分析、研究了北京、天津、沈阳、上海、南宁、苏州、广州、无锡、武汉等城市工业化住宅建筑体系的技术经济分析资料。

1. 工程造价 是个反映经济效果的综合指标。特别是在我们这样一个人口众多、资金缺乏，而住宅建造需要量又很大的国家来说，工程造价的高低，对于技术方案的选择和推广起着举足轻重的作用，是应着重考虑的主要指标。当然，它不是评价工业化住宅建筑体系经济效果好坏的唯一指标，评价某种工业化住宅建筑体系的经济效果，还必须结合其他指标来综合考虑。

根据上述几个城市的资料，几种工业化住宅建筑的工程造价，与当地标准基本相同的砖混住宅建筑相比较，它们的造价变化有一个共同的趋势，即按砖混、中小型砌块、内浇外砌、南方混凝土空心大板、全现浇、内浇外挂、北方混凝土实心大板、框架轻板的次序而逐步升高。砖混、中小型砌块、内浇外砌三者造价基本接近。如以当地砖混住宅的每平方米造价为100%，则小型砌块住宅建筑的每平方米造价比砖混高2%，混凝土中型砌块高8%，内浇外砌高5~10%，混凝土空心大板高5~15%，全现浇高15~25%，内浇外挂高20~50%，混凝土实心大板高40~60%，框架轻板高50~90%。但是，如果能够注意发挥地区优势，引用当地的资源和工业废料，依据当地的气候和技术装备条件，采用适合的生产、施工工艺，工业化住宅建筑的造价，可以有所降低。例如，南宁的混凝土空心大板，苏州的框架轻板的工程造价，分别只比当地砖混住宅建筑高6%和13%（见表1a）。

工业化住宅建筑的面积利用系数一般比砖混住宅建筑要高。大模板、大板建筑约高5~

7%，框架轻板建筑约高9~12%。如果按照有效面积计算造价，则几种工业化住宅建筑与砖混住宅建筑每平方米造价的差额将会相应减少。有的地方如无锡市的“内浇外砌”大模板和混凝土空心大板，按有效面积计算的工程造价则发生相反方向的变化，接近甚至还略低于砖混住宅建筑的工程造价（见表1b）。

从各个分部工程造价在总造价中所占比重分析，工业化住宅建筑中，墙体、楼面、屋盖三项分部工程造价约占士0以上土建工程造价的50~80%，而墙体工程造价又要占士0以上土建工程造价的30~60%左右。另从造价构成看，不同类型住宅建筑造价的高低主要受生产、施工工艺和取费办法的影响。因此，注意不同结构构造方案和生产、施工工艺方案的选择，对降低工业化住宅建筑的造价具有重要作用（见表2、表3）。

2. 主要材料和人工消耗 主要材料指钢材、水泥、木材、粘土砖。前三项材料在一些工业比较发达、资源比较丰富的国家不作为考核住宅建筑经济效益的指标，但在我国，由于三材生产和需求之间存在较大缺口，有的地方人多地少，土源缺乏，因此，主要材料耗用量的多少，也是评价工业化住宅建筑体系经济效益好坏的主要指标之一。

(1) 钢材用量。从上列几个城市几种工业化住宅建筑体系的钢材消耗分析发现，各种体系钢材耗用量也有与工程造价相类似的递增趋势，即按砖混、砌块、内浇外砌、全现浇、内浇外挂、全装配式大板、框架轻板的次序，每平方米建筑面积用钢量递增2~3公斤左右。仅南宁市混凝土空心大板的钢材耗用量与砖混住宅建筑相同。

(2) 水泥和砖用量。水泥用量，几种工业化住宅建筑中，除北京市的框架轻板外，其他城市的框架轻板和硅酸盐砌块，都接近或略低于砖混住宅，混凝土中小型砌块高出15%，内浇外砌高出15~35%，全现浇、内浇外挂高出30~50%，混凝土空心大板高出25~55%，混凝土实心大板高出35~75%。由于工业化住宅建筑全部或部分用混凝土、钢筋混凝土或工业废料代替粘土砖作承重、围护结构，因此，不同工业化住宅建筑的耗砖量也各不相同。全装配式大板、全现浇和内浇外挂大模板、框架轻板等，士0以上基本上不用粘土砖。有的中小型砌块住宅建筑须部分粘土砖。内浇外砌每平方米建筑面积用粘土砖约100~120块。砖混住宅，北方平均为200块，南方平均为150块。

(3) 木材用量。一般工业化住宅建筑木材耗用量与砖混住宅相比，有的地方高，有的地方低点，总的来说比较接近。其中，仅框架轻板建筑，由于安装轻质墙板和固定门框等需要耗用木材，因此，各地框架轻板住宅木材耗用量普遍较砖混住宅高，一般多耗用30%。

(4) 用工量。一般每平方米用工均在3个工日左右，上海为2~2.5个工日。框架轻板由于生产、施工工艺不够成熟，耗工较多，北京市仅现场用工就3.7~4.8个工日，武汉全部用工为4.08工日。北京混凝土实心大板和武汉空心大板用工，分别为3.5工日和4.6工日，比当地砖混住宅用工还多，显然是不合理的。

(以上(1)~(4)见表1a)

3. 施工工期 是反映住宅建设速度的指标。施工工期应是指单位工程从开工到竣工的全部日历天数。在我国现行的住宅建设管理体制条件下，缩短工期的经济效益并不反映在工程造价降低和投资提前回收上，它带来的最突出的经济效益，是可以加快住宅建设速度，及早满足社会需要，其次是可以引起工程成本中部分间接费节约。

据北京市建工局对近年来竣工的四百栋各类住宅施工工期(平均值)的统计，砖混住宅工期最长，为11.1个月，装配式大板住宅工期最短，为9.4个月，内浇外挂住宅工期为10个月，内浇外砌住宅工期为10.4个月，分别比砖混住宅施工工期缩短15%、10%和6%。框架

轻板住宅建筑由于尚处在试验阶段，结构构造和施工工艺尚未定型，现场作业量多，装修复杂，施工工期为18.9个月（见表4）。苏州市一九七九年已建成框架轻板7万平方米，施工工期仍比当地砖混住宅建筑长。广州的小型砌块和株洲的中型混凝土砌块住宅建筑，施工工期都比砖混住宅建筑缩短三分之一，约为6个月。南宁市混凝土空心大板住宅建筑施工工期只3个月，为砖混建筑的三分之一。

据统计，在总工期中，±0以下工程、主体结构工程、装修安装工程各占工期的比例大致为2:1:1；由此可见，缩短工期的潜力主要在两头；缩短工期而引起的间接费节省，约占缩短期间间接费开支的40%。

4. 一次投资费用 是各地根据自己的经济能力，选择取舍工业化住宅建筑体系时，需要着重考虑的一个主要指标。这里每平方米建筑面积所需的一次投资费用，是按所形成的年生产能力计算的，未考虑时间因素和拨款改贷款支付的利息等。

（1）钢筋混凝土大板厂（线）一次投资费用。北京市第三构件厂建成钢筋混凝土大板生产线，投资2000多万元，形成年生产12万立方米成套构件、30万平米建筑面积的生产能力，每立方米配套构件需一次投资费用150元，折合每平方米建筑面积一次投资费用70元。建厂需要三年。天津市现场预制钢筋混凝土大板成套构件，采用露天台座、蒸气养护，年生产能力1万立方米配套构件，一次投资费用60万元，年可建成大板住宅建筑2.5万平米，每立方米配套构件一次投资费用60元，每平方米建筑面积一次投资费用25元。生产线从一九七七年六月开始筹建，到一九七八年一月第一幢大板建筑构件吊装，全部只用了六个月。南宁市工厂预制钢筋混凝土大板，采用露天台座、自然养护，年生产3.3万立方米成套构件，年可建成大板住宅建筑13.2万平米，一次投资费用330万元，每立方米配套构件一次投资100元，每平方米建筑面积一次投资25元。

（2）框架轻板成套构件一次投资费用。以苏州为例，利用原有厂房设备价值83万元，新增投资216万元，合计299万元，年生产能力可建成10万立方米住宅建筑，每平方米建筑面积一次投资费用30元。无锡每平方米建筑面积框架轻板一次投资费用约45元。

每套钢模（可供施工面积150平米）一次投资费用7万元，按一年可完成四栋住宅计算，每年可完成住宅建筑34,400平米，每平方米建筑面积需大模板一次投资费用5元。

（3）砌块厂一次投资费用。年生产能力1.5万立方米的混凝土小型砌块厂，广州市一次投资为16万元，三水县为24万元，年可完成砌块建筑6万平米，每平方米建筑面积投资费用约3~4元。这些厂大多只需半年即可建成。中型砌块厂，株洲市年产3万立方米的中型砌块成型生产线，一次投资费用173万元，年可完成住宅建筑12万平米，每平方米建筑面积一次投资费用14元。

以上几种工业化住宅建筑体系的一次投资费用，由于包括的范围、生产规模、技术装备水平、使用年限都不一样，不宜进行直接对比，但可以大致看出一个趋势，即钢筋混凝土大板和框架轻板的一次投资费用较高，大模板和小型砌块建筑的一次投资费用较低。中型砌块的一次投资则比小型砌块高出较多。还可以看出，同样是钢筋混凝土大板建筑，现场预制比工厂预制一次投资低。同样为工厂预制，南方地区又比北方地区一次投资低。

5. 建筑使用功能 是反映住宅建筑适用性的指标。住宅建筑的适用性，除了考虑平面布置是否合理，户面积标准是否适当，结构有无足够强度外，还应满足保温、隔热、隔声、防火、防潮、防腐等多种使用功能的要求。按理，各类工业化住宅建筑均应在满足当地对住宅建筑使用功能的低限要求以后，才允许大面积推广应用。但是，目前这几种工业化住宅建筑

体系的使用功能。大多达不到当地的最低要求。例如北方寒冷地区，由于工业化住宅外墙保温隔热性能不好，墙体内部表面温度过低，容易导致内墙面结露展霜；为使室内达到设计温度 18°C ，需比砖混住宅增加暖气片 $18\sim 20\%$ ，每平方米建筑面积造价增加 $0.7\sim 1.30$ 元。南方地区混凝土大板和混凝土砌块的隔热、防水性能较差，在夏季炎热天气，墙体内部表面温度比24砖墙高出 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ ，为改善墙体的隔热性能，南宁采用内墙抹粉加混凝土空心花格遮阳措施，每平方米建筑面积造价需增加 0.65 元，上海采用内墙面粉珍珠岩的措施，每平方米墙面增加造价 2.71 元，效果并不显著。另外，由于南方混凝土外墙板一般只有 $14\sim 18$ 厘米厚，外墙接缝防水问题，尚未彻底解决。框架轻板建筑采用的各种轻质墙板，至今尚不能满足隔声、防潮等使用功能的要求，外墙面采用多层或多层石膏板的做法，仍达不到半砖墙隔声 45 分贝的水平，相邻住户干扰较大，石膏板受潮后强度下降，翘曲变形，增加了施工和经常维修费用（见表5和南宁装配式混凝土空心大板鉴定材料）。

6. 能源消耗 是反映某项工业化住宅建筑体系对能源需求程度的指标。近年来已引起国内广大建筑工作者的重视。它包括主要构件材料生产、混凝土构件制作、材料运输以及现场施工阶段的能源消耗量。

几种工业化住宅建筑体系按生产过程分析，原材料生产及构配件制作的能源消耗量约占全部消耗量的 78% ，施工过程约占 15% ，运输（不包括快运运输）约占 7% 。如果按体系类别划分，折合为标准煤，砖混住宅每平方米建筑面积约为 88 公斤，北方大板约为 80 公斤，“内浇外砌”大模板约为 69 公斤，框架轻板约为 48 公斤，南方混凝土空心大板约为 40 公斤（见表6）。如以砖混住宅为 100% ，则北方大板为 92% ，“内浇外砌”大模板为 78% ，框架轻板为 55% ，南方大板为 44% 。

砖混住宅的能源消耗量最高，主要是由于制砖过程能源消耗量较大，约占总消耗量的 50% 。南方混凝土空心大板住宅能源消耗量少，由于它材料生产能源耗用量少，加上构件生产采用自然养护，因此，其能源消耗量仅为北方大板住宅建筑的一半。

上列数据，是住宅建造过程的能源消耗量，至于各类住宅在长期使用过程中的能源消耗量，由于没有这方面的资料积累，暂未考虑。

综合以上六个方面，可以看出，各种砌块建筑、“内浇外砌”大模板建筑以及南方地区混凝土空心大板建筑，经济效果较好。全装配式大板，一般说来，目前在使用功能和经济指标方面还不够理想，需要切实改进。框架轻板建筑由于轻质墙尚处于试验阶段，使用功能和经济指标都还没有完全过关。

三、对我国发展住宅工业化具有条件的分析

各国实现住宅工业化的路子各不相同，我国住宅工业化走什么路子，采取什么步骤，必须从我国的具体技术、经济、资源条件出发，并要和我国目前的组织管理水平相适应，才能取得良好的经济效果，推动住宅工业化的健康发展。

我国的技术、经济、资源条件如何，在确定住宅工业化的发展途径和步骤时应注意那些问题？

1. 我国人口众多，住房十分紧张，住宅建造量很大，资金又很缺乏。因此，就全国来说，住宅建筑的每平米造价不可能太高。我国现有城镇（包括独立的工矿区） 367 个，人口约 1.28 亿，其中，设市的城市 213 个，人口 8 千 5 百万。建国三十年来，国家用于住宅建设的投资计 420 多亿元，占基本建设投资总额的 8.5% ，新建住宅 59420 多万平方米，约占全国城

镇现有住宅建筑总量的60%，比解放初期增加1.5倍，但是，同期的城镇人口却增长2.4倍，城镇居民的居住水平，不但没有提高，反而有所下降，由一九四九年的4.5平方米，下降为3.6平方米，下降了0.9平方米，缺户约占总户数的三分之一。根据预测，如到一九八五年每人平均居住面积达到5平方米，一九九〇年达到6平方米，加上这十年内城镇人口的自然增长和机械增长、拆迁和配套工程用房，一九八一至一九八五年，全国城镇需完成住宅建筑面积五亿一千七百万平方米，一九八六年至一九九〇年需完成住宅建筑面积七亿六千万平方米，即十年内平均每年需完成住宅一亿二千七百万平方米，按一九七九年全国各类住宅建筑平均每平米造价100.40元计算，则每年用于住宅建设的投资需800亿元。一九七九年是我国以来历史上住宅建设投资最高的一年，共720亿元，约占当年基本建设总投资800亿元的14%。最近召开的中央工作会议上，清算建国以来经济建设中的“左”的错误，决定在今后五年（1981~1985年）内进一步贯彻以调整为中心的国民经济总方针，基本建设要压缩。一九八一年全国基本建设总投资压缩为300亿元，其中，住宅建设投资为60亿元。木材调整时期内，不可能有大幅度的增长，每年用于住宅建设的投资大致只能维持在九七九年水平。住宅建设的投资规模与住宅建设需要资金之间存在较大差距。因此，就我国经济水平来说，每平米造价的高低，应是确定住宅建筑工业化发展途径和步骤时，着重考虑的主要因素。大多数省、市，只能重点选用那些造价与砖混建筑接近或稍高的工业住宅建筑体系。另外，住宅建设资金不足，也说明了只有在工业化住宅建筑不断降低造价以后，才有可能得到大量推广应用。

2. 我国建筑业的技术装备水平不高，配置又不平衡。短期内此种状况不可能有多大改变。因此，就全国大多数地区来说，住宅工业化水平不可能发展太快了。住宅建筑工业化，即是用现代大工业的生产和组织方法大批量地生产住宅。它的本质是建筑产品生产的机械化。至于在一定时期内建筑业的机械化水平如何，则取决于整个国家的工业技术基础和建筑业的组织管理水平，只有互相适应，才有可能取得良好的经济效益。

当前，我国整个建筑队伍在技术装备方面存在的问题是：（1）装备水平比较低。美国一九五三年每个建筑工人的动力装备为14马力，而我国一九七九年每个建筑工人的动力装备只有5.68马力；（2）施工机械不配套。据施工系统统计，现有机具中，运输机械较多，施工机械较少。在三十种主要施工机械中，轻便多功能、高效率的机具则更少；（3）分布很不平衡。以主要吊装机械为例，一九七九年全国共有4200多台，而上海、北京、天津、辽宁等八个省、市就占有塔吊总数的51%，中央各部委占有38%，有的一个省、市、自治区只有几台、十几台；（4）管理水平低。一九七九年全国二十种主要施工机械设备的完好率只有87.6%，利用率更低。以上问题如不妥善解决，则工程造价高。在国民经济调整时期，国家不可能拿出更多投资来装备建筑业，随着工业水平的提高，主要应靠现有机械装备的合理配套和加强科学管理。就全国大多数省、市、自治区来说，只能发展那些与当地技术装备条件相适应的工业化住宅建筑体系（资料来源：一九七九年国家建委全国主要施工机械设备统计）。

3. 我国建材工业比较落后，品种少、产量低，主要建筑材料缺口较大，轻质、高强、新型材料更少，而地方材料和工业废料资源富集，利用很少。因此，在选择工业住宅建筑材料时，应贯彻就地取材和合理利用工业废料原则。建筑材料是建筑业的“粮食”。据统计，一般住宅建筑需用的建筑材料就有七八类二千多种。因此，住宅建筑工业的发展，在很大程度上取决于建材工业能否提供品种增多、价廉物美、品种齐全的材料和制品。如前所

述, 在今后十年内, 如全国平均每年需要建造住宅建筑一亿二千七百万平方米, 则每年大约需要耗用水泥1500万吨、钢材200万吨、木材850万立方米、红土砖330亿块、砂石骨料7500万吨。

但是, 目前建材生产还是个薄弱环节。建材的产量、质量、品种都不能满足建筑工业发展的需要, 已经成为影响加快住宅建设的一个突出矛盾。

水泥 一九七九年全国产量7400万吨, 其中, 能够用于工程上的“大水泥”只有2300万吨; 在“大水泥”中, 又有近一半的矿渣水泥。据了解, 美国建筑业水泥消耗量约占全国水泥总产量的70%, 而我国一九七九年用于基本建设的水泥只有3084万吨, 仅占当年全国水泥产量的40%, 用于建筑业和住宅建筑就更少了。不但数量缺, 而且品种少, 远不能适应工业化住宅建筑中钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土结构日益增多的需要。

木材 我国资源不丰富。一九七九年全国木材产量4685万立方米, 其中国家统配木材约4000万立方米, 分到基建口的木材为1094万立方米。按估算, 仅住宅建筑就需用650万立方米, 显然是不可能的。因此, 利用其它材料代替木材应是建筑业的一个长期的技术政策。

钢材 我国钢产量不高, 成材率更低。一九七九年全国钢产量1622万吨, 其中基建口的钢材为662万吨, 可能用于建造住宅的钢材更少。由于建筑用钢要求不高, 国家库存钢不少, 只要国家重视建筑用钢生产, 还是有可能满足住宅建设需要的。

骨料 我国砂、石资源丰富。发展工业化住宅建设需要的轻质骨料, 目前生产还比较少, 而且价格较高。在天然轻质骨料资源丰富的地区, 尽快组织开采应用, 是解决工业住宅建筑对轻质骨料需要的有效途径。

轻质材料和新型墙体材料 目前多处于试验研究和试生产阶段, 生产工艺和质量大多没有过关, 建筑功能也不够好, 需进一步加强试验研究。

粘土砖 一九七九年全国产砖1100亿块, 其中废土上砖厂生产440亿块。在我国住宅建筑中, 虽然工业化住宅建筑有所发展, 但砖混住宅建筑仍占95%以上, 并且可以预见, 在今后相当长的时期内, 粘土砖仍是我国的主要墙体材料。据建材部预测, 除了少数缺乏土地地区, 只要充分挖掘现有厂能力, 再增加一些投资, 粘土砖的产量还是可以满足建筑业的需要的。

在我国, 材料费一般占住宅建筑造价的50~60%, 因此, 正确选用材料, 就地取材, 充分利用工业废渣, 是降低造价的重要途径。我国地方建筑材料和工业废渣资源丰富, 据统计, 目前我国工业废渣的年排放量达1亿吨, 其中, 粉煤灰三千六百万吨, 煤矸石七千万吨, 高炉矿渣一千八百万吨, 锯末灰百万吨, 尾矿粉一亿吨, 工业和民用炉渣五千万吨。但利用得不好, 高炉矿渣利用率只有10%左右, 粉煤灰、煤矸石利用率只有10%左右。工业发达国家, 粉煤灰利用率一般占20%以上, 日本、丹麦达到90%以上。这说明, 在我国充分利用工业废渣, 大有潜力可挖。

从建材资源和生产情况来看, 在今后十年内, 我国住宅建筑的承重结构和围护结构所用的材料, 主要还应是砖, 各种砌块和新型墙体材料是补充。

4. 我国劳动力资源丰富, 工资水平低, 对住宅建筑造价影响不大。因此, 就全国来说, 当前工业化住宅建筑主要应依靠机械化生产和经营管理科学化、科学化, 来加快建设速度, 缩短施工周期, 而不宜采用工业化程度很高的技术。建筑业是个劳动密集型部门, 即是在一些劳动力短缺、建筑工人工资较高、工业技术发达的国家里(一般工资费用要占房屋建筑总造价的50%左右), 建筑业的技术装备水平也都低于其他工业部

門。这些国家建筑业的职工人数一般要占该国职工总数的8~10%。我国劳动力资源丰富，工人工资水平又低，一般工资费用只占房屋建筑造价的10%左右，一九七九年建筑业职工人数只占全国职工总数的6%，因此，相对来说，我国建筑业职工人数与其他国家相比，还是比较少的。因此，应充分发挥我国劳动力资源丰富这一优势，注意选用那些劳动消耗量稍高一点，但与我国当前技术装备水平相适应的工业化住宅建筑体系，不仅能取得良好的经济效益，也有利于解决社会就业问题。

建筑工业化是我国住宅建设坚定不移的发展方向，但是，根据我国国情，它的发展应是一个由低级向高级循序渐进的长期过程。目前，就全国大多数省、市、自治区来说，住宅建筑工业化尚处于发展的初期阶段，主要通过采用“适用技术”和经营管理合理化、科学化来取得良好的经济效益，推动住宅建筑工业化的发展。

四、工业化住宅建筑体系适用条件、范围的探讨和

改善其经济效益的具体意见

(一) 工业化住宅建筑体系适用范围探讨

联合国经济和社会事务部关于逐步实现建筑工业化的报告中说：“工业化是本世纪内不可逆转的潮流，它最终将达到地球上最不发达的地区。但由于建筑工作量太庞大而且复杂，任何变化只能逐步地采取。拒绝工业化的可能性更加不发达。采用过分高级的技术则已造成巨大的损失”。这个意见，很值得我们借鉴。我国地域辽阔，各地的技术、经济、资源、气候等条件相差悬殊，发展很不平衡，选用什么工业化住宅建筑体系，总的来讲要贯彻因地制宜的原则，不同时期、不同地区、不同工业化程度，应有不同的要求。在探索和实践中，就各类工业化住宅建筑体系的适用范围作初步探讨，找出适用范围。

中、小型砌块住宅建筑体系，具有较经济的使用功能和综合经济效益。保温、隔热、隔声功能以及工程造价、钢材耗用量均和砖混结构接近，生产、施工简便，无需大型机械设备，只要少量投资就能较快形成生产能力，比砌块小砖工艺高，劳动强度低，施工进度快，可广泛采用粉煤灰、煤矸石、石渣等多种工业废料和“小水源”等地方材料，适应性强，具有较强的生命力。在中、小城市和大城市均可采用。是当前发展工业化住宅的重要途径之一。

中型砌块（指主规格为 $170 \times 880 \times 200\text{mm}$ 的中型砌块）与小型砌块相比较，小型砌块更有广阔的发展前景。原因是：（1）中型砌块建筑的抗震问题尚未解决，建筑物的高度受到限制（有关砌块建筑的高度限值，见《中型砌块建筑与施工规程（讨论稿）》），而我国是个多地震国家（全国23个城市），就有80多个城市需要采取抗震设防措施，这就大大限制了中型砌块建筑的推广应用范围；（2）中型砌块的规格尺寸和建筑结构设计受到很大限制；（3）中型砌块的生产工艺设备和运输、吊装机具配套等问题，有待研究解决。而小型砌块则没有上述缺陷。

大模板现浇混凝土住宅建筑体系，又分为“全现浇”、“内浇外挂”、“内浇外砌”等三种结构类型。所有的大模板建筑都具有结构整体性强、抗震性能好、工艺简单、质量好、工效高、进度快、能减轻劳动强度等优点。但寒冷地区冬季施工养护问题有待妥善解决。

“全现浇”大模板建筑，外墙施工性能较差，外墙现浇混凝土与内墙现浇混凝土同时浇筑的工艺问题，有待进一步研究解决。水泥、钢材耗用量较多，造价较高。

“内浇外挂”大模板建筑，需要完善工艺设备，工程造价、钢材、水泥耗用量均较高，施工工期较短，但要求较高的组织管理水平，外墙的防水、保温、隔热问题有待解决。目前

有的城市正在利用原有外墙板生产线，在水泥中掺用粉煤灰等工业废料，作降低造价和水泥用量的努力。

“内浇外砌”大模板建筑，具有大模板体系和砖混（或砌块）体系两者的优点，使用功能好，一次投资少，造价低，外墙就可用小砖，也可用各种砌块，材料资源丰富，适应性较广，并与我国目前生产技术和组织管理条件相适应，使用功能和经济效益都比较理想，是近年来“大模板”工艺中推广最快的一种结构形式，是具有水泥预制的优点，中城市，可以做为发展工业化住宅的主要途径之一，大模板推广。

装配式大板住宅建筑体系，具有工业化水平高，工效高，施工速度快，抗震性能好，耐用年限长以及不受季节影响，能够全年施工等优点。与此同时，由于大板建筑住宅装备水平要求高，在经济效果方面突出的问题是：一次投资大，建厂时间长，工程造价高。因此，一般说来，只宜在投资能力强，建筑建造量大而又长期稳定的特大城市，大城市，或已建有配套大板预制构件厂的城市推广应用。南方地区混凝土空心大板住宅经济效益较好，特别是在砂石资源丰富而水源又很缺乏的地区，也是发展住宅工业化的主要途径之一。当前，大板建筑的使用功能，除北京地区外墙板质量较好，防水、保温问题基本解决了以外，在严寒地区和南方地区，都不同程度的存在结露、热、裂、渗、漏等问题，工程质量有待进一步改进提高。

框架轻板住宅建筑体系，具有平面布置灵活，建筑自重轻，抗震性能好，墙体薄、使用面积增大等优点，但由于这种体系尚处于试验研究和试生产阶段，轻质墙板在材性、制作工艺和应用技术上尚未过关，隔声、防潮等性能较差，现场耗工多，工期长。如果在多层住宅建筑中不能充分发挥框架承重的作用，仅轻质板墙的造价就高于其它工业化住宅建筑承重墙造价，因而，几乎所有城市的框架轻板住宅建筑的造价都高于当地其它工业化住宅建筑的造价。初步认为，框架轻板体系可首先在高层建筑以及平面、空间需要灵活分隔的多层建筑中采用。框架结构体系的发展，可采取多种途径，除发展框架轻板外，还可以发展轻砌块、轻砖、空心砌块、空心砖等。

在发展、完善工业化住宅建筑体系的同时，应充分注意砖混结构建筑的技术改造。这是因为现在的砖混建筑虽然有了很大进步，已经发展成为部分工业化建筑，是一种建筑功能比较好，造价最便宜的结构体系。但是由于它施工现场仍保留有大量的手工砌筑、抹灰等湿作业，工效低，工期长，劳动强度大，不能适应加快住宅建设发展的要求。加上砖墙质量破坏农田，在许多水源缺乏地区，它的发展受到限制。因此，在发展、完善工业化住宅建筑体系的同时，应充分重视对砖混建筑的技术改造。首先，应抓紧粘土砖的技术改造，使之向大块、空心、薄壁、高强度发展，并配备改进运输方式，施工工艺和配套机具，使之适应建筑工业化的发展。在土壤丰富的平原和丘陵地区，仍应重点发展砖混住宅。

（二）改善和提高工业化住宅建筑体系经济效益的几点看法和意见

如前所述，目前各种工业化住宅建筑体系，无论是在技术上，还是在经济上都还不够完善，需要逐步提高，改善和提高其经济效益。要评价各种工业化住宅建筑体系的经济效果，不仅要对其已经取得的经济效果进行分析和比较，而且应该在大量调查研究的基础上，提出它们的预期经济效果，可惜这一工作我们做得不多。此外，要从每个地区具体的技术、经济、资源、自然条件，提出每种体系的合理规模的预期经济效果，也是很困难的。现仅从前面的技术经济分析中，提出改善和提高工业化住宅建筑体系经济效益的几点具体看法和意见：

1. 各种体系之间，应取长补短，互相渗透，发展工业化住宅建筑体系，并以取得良好的经济效益为目的，不同体系是按照不同承重结构和施工工艺划分的，其间并没有严格的界线。国外，越南不同系，就是六种体系，同一个国家同一时期可以有多种，几十种体系。因此，完全没有必要拘泥于原先的某种概念，定义，而不敢越雷池半步，为取得良好经济效益，各种体系之间应该取长补短，互相渗透，不断创新。“内板外砌”是轻钢薄层混凝土结构和砖结构两者成功结合的案例之一。按此想法，轻钢轻板体系的墙板，在轻板的技术经济没有过关之前，也可以改用各种轻块、轻砖，成为轻块和轻砖两种体系的结合。苏州市框架轻板住宅，为进一步改善其使用功能和降低工程造价，其分户墙均以加气轻煤灰砌块代替了原来采用的卵石窗堵孔条板，大大降低了工程成本。东北地区为解决现浇水板板底旁施工问题，和盒装配式水板的使用功能、造价问题，正在试验建造“内板外砌”，即内墙为预制板，外墙为砖墙或砌块，这确是为取得良好经济效益两种体系互相渗透的一种尝试。

2. 搞好结构材料、构造方案和施工工艺方案的优选。前面已经说过，在住宅建筑中，主体结构特别是墙体结构对整个工程造价中占很大比重。搞好主体结构，特别是墙体结构材料、构造方案和施工工艺方案的选择，是提高整个工程经济效果的重要环节。沈阳地区采用的外墙板35厘米厚普通钢筋混凝土的热工性能比20厘米厚陶质混凝土外墙板好，而后者每建筑平米墙体造价却比前者贵55%。北京市五栋框架轻板住宅，由于选用的墙体材料和构造形式不同，其单方土建造价高低相差20%，钢材用量相差35%，木料用量相差45%，现浇用工相差30%，不同施工工艺方案对预制还是现浇，是工厂预制还是现场预制造价影响也很大。如苏州轻钢轻板楼的柱子，采用离心工艺生产的空心柱，与现场浇筑的实心柱节省木材，但造价却比实心柱贵10%左右，而现浇柱子又比预制板楼贵，不津京装配式水板建筑配套构件采用现场预制，仅运费一项，每平米建筑面额就可降低6.56元，约占全部土建造价的5%。另外，采用现场预制还可以取得节省木材、节省用地，提高工效等优点。在有条件的地方，采用现场预制，可以提高装配式水板体系的经济效果。

3. 改革现行的不合理的体制和经营管理制度，正确的确定工业化住宅建筑的产品价格。工业化住宅建筑是个社会化程度很高、综合性很强的产品，建筑业部门的单独领导，分散经营、自成系统、不讲核算的经营管理体制，已经严重影响着住宅工业化的发展和经济效益的发挥，必须加以研究、改革，使建筑企业真正成为拥有综合生产能力和独立经济核算的联合企业。目前大多数地区工业化住宅的工程造价，一般仍沿用传统建筑的定额取费率。这样，定额实际上是虚高目的，在套用时往往高估不补低，补充定额，又常常是随编随用，只调上不调下，本应降低造价，实际上是提高造价。本省是定额收费的一定比例收费的。工业化住宅建筑直接费用和各种费率的定额，本应降低。因此，现行的定额、取费办法，不但不能正确的确定工业化住宅建筑的产品价格，反映它的经济效益，也不能成为促使企业不断降低工程成本的动力。另外，定额和取费率的定额和取费率，也不重视对住宅建筑体系的发展。最近，我们对北京市装配式水板多层住宅建筑降低造价的可行性进行了调查。一九七九年，北京市装配式水板多层住宅建筑（编号为77板住-1）的土建工程造价每平方为110元，比同样八层高的砖混多层住宅（编号为88板住-1）的每平方为73元，高出50%以上。经分析，造价偏高的主要原因，并不是由于墙体材料的需要，而在于定额定额和取费的不合理。“77板住-1”的材料费比“88板住-1”的造价高出部分的5.3%，而由于预算定额和取费不合理所造成的造价偏高，却占了高出部分的50%左右。如果采取以下三项措施，一是，在保持现有的工艺、管理水平不变的情况下，把“77板住-1”的施工现

场管理费降到“76住一1改”的水平；二是，一九七九年构件厂的年产量，已比编制大板配套构件定额时，增长了一倍，各种摊销和构件生产成本都应有相应的降低，构件出厂价格也应有所降低；三是，混凝土预制构件的材料费应按实计价。以上三项相加，初步估算，可以降低造价15%左右，即从目前的一百一十元，降到九十五元以下。如果进一步挖掘潜力，大板住宅建筑的造价还有可能降低。因此，如何科学合理编制工业化住宅建筑体系的概预算定额和各种费率，正确地确定工业化住宅建筑的产品价格，是有待今后研究解决的重要课题，也是降低工业化住宅建筑工程造价，提高工业化住宅建筑经济效益的主要途径之一。

无锡市按建筑面积和有效面积计算的造价比较

表 1B

体系名称	有效面积系数	建 筑 面 积		有 效 面 积	
		每平方米造价 (元/m ²)	%	每平方米造价 (元/m ²)	%
砖混	0.839	76.03	100	90.62	100
硅酸盐砌块	0.839	77.31	101.7	92.15	101.7
内浇外砌	0.882	77.22	101.6	87.55	96.6
混凝土空心大板	0.896	80.33	105.7	89.65	98.93
混凝土实心大板	0.916	82.60	108.6	90.17	99.5
框梁轻板	0.930	94.50	124.3	101.61	112.13

注：资料来源：无锡市建研所姚南成同志写的《无锡市工业化住宅建筑经济效益初步探讨》

各类住宅建筑分部分项工程造价指标比较

单位：元/每平方米建筑面积 表 2

分部工程 类型	±0 造价	墙 体					楼、屋 面			
		以±0 建造价					以±0以上 建造价%			
		合 计	占±0以上 建造价%	外 墙	内 墙	隔 墙	合 计	占±0以上 建造价%	楼地面	屋 面
北京市：装配式大板 内浇外砌 砖混	110.03	50.81	46.2	22.44	28.37		23.32	22	23.32	
	79.88	26.83	34	9.84	16.99		20.0	25	20.0	
	72.37	25.33	33	12.43	12.9		14.61	20	14.61	
武汉市：装配式大板 全现浇 框轻 砖混	98.85	30.91	32	12.02	16.96	1.93	17.66	18	12.0	5.66
	94.71	29.53	31	12.97	14.26	2.28	18.27	19	12.92	5.35
	122.73	36.98	30	15.11	6.98	14.89	27.5	22	20.47	7.03
	80.22	22.85	28	9.07	11.08	1.86	14.53	16	9.75	4.78
苏州市：框轻 砖混	84.38	41.52	49	18.80	内隔墙13.17+ 柱子9.75		26.41	31	26.41	
	68.95	26.63	39	14.24	12.39		20.47	30	20.47	
沈阳市：装配式大板 全现浇 内浇外砌 砖混	141	87.85	62	42.27	37.93	7.65	25.35	18	17.27	8.08
	112	43.26	38	27.5	14.38	1.38	14.90	13	10.07	4.83
	97.3	26.84	28	9.65	15.11	2.08	20.32	21	16.15	4.17
	89	24.48	27	10.85	13.02	0.61	18.52	21	12.55	5.97

北京市大板住宅(77板住1)与砖混住宅(76住1改)造价构成分析

单位:元/每平方米建筑面积

项 目	77 板 住 1				76 住 1 改		比 较	
	其中:		合 计	各分项占 平米造价 %	合 计	各分项占 平米造价%	77板住1比76 住1造价增减 (+、-) 额	各分项增减(+、-) 所占比重 %
	现场施工	构件厂						
1、材料费	13.79	24.85	48.44	44	46.48	83.7	+1.96	+5.3
2、人工费	4.85	4.17	9.02	8	6.95	9.5	+2.10	+5.7
3、大型机械费	1.68	6.02	7.70	7	1.27	1.7	+6.43	+17.4
4、小型机械费	3.29	—	3.29	3	1.98	2.7	+1.31	+3.5
5、差旅费	—	8.75	3.75	3.4	—	—	+3.75	+10.1
6、台座架木摊销	—	0.54	0.54	0.5	—	—	+0.54	+1.5
7、模板摊销	0.18	0.67	0.83	0.8	0.93	1.3	-0.10	-0.2
8、构件运输费	2.34	—	2.34	2	—	—	+2.34	+6
9、二次搬运费	1.73	—	1.73	1.6	1.10	1.50	+0.63	+1.7
10、废品品附加费	0.50	1.20	1.70	1.6	—	—	+1.70	+4.6
11、砂石调价	0.21	—	0.21	0.2	0.55	0.7	-0.34	-0.9
12、施工管理费	19.01	10.58	29.39	26.9	11.64	16	+17.75	+48
13、包干费	11.88	—	1.08	1	2.09	2.9	-1.01	-2.7
合计	48.65	61.92	110.02	100	72.97	100	+37.06	100

北京市各类多层住宅实际总工期

表4

体 系 名 称	试验栋数(栋)	平均工期(月)	最快工期(月)
砖混	160	11.1	5.3
砌块	11	11.3	11.3
内浇外砌	82	10.4	4.8
内浇外挂	9	10.0	7.1
装配式大板	75	9.4	4.5
框架板框	4	18.9	9.7
筒模	2	13.6	12.3

注:资料来源:北京市建工局胡世德同志写的《试论工业化住宅建筑》

外墙热工性能

表5

墙体结构形式	总热阻	导热系数	传热系数
北 京 地 区			
37厘米厚现砌砖墙	0.745	0.7	1.34
14厘米厚混凝土外贴12.5厘米加气混凝土	0.686	1.33+0.22	1.58
30厘米厚陶粒混凝土	0.645	0.65	1.55
24厘米厚现砌砖墙	0.525	0.7	1.90
28厘米厚复合外墙板	0.769	1.33+0.22	1.30
注 阳 地 区			
37厘米厚现砌砖墙	0.745	0.7	1.34
30厘米厚现砌陶粒混凝土	0.860	0.45	1.17
35厘米厚现砌陶粒混凝土	0.721	0.65	1.38
30厘米厚陶粒外墙板	0.644	0.65	1.55
50厘米厚现砌砖墙	0.897	0.7	1.11
上 海 地 区			
24厘米厚现砌砖墙	0.525	0.7	1.90
16厘米厚陶粒外墙板	0.414	0.69	2.40
18厘米厚混凝土山墙	0.313	1.33	3.19
19厘米厚砌块	0.683	0.54	1.85

各类住宅建筑按标准折算的能源消耗比较

单位: 公斤/每平方米建筑面积 表6

体系名称	建材生产及构件制作	运 输	施 工	合 计
砖混	71.5	5.9	11.0	87.8
装配式空心大板	64.2	4.6	11.2	80.0
内浇外砌大板	56.5	4.8	7.4	68.5
框架轻板	36.8	2.6	8.7	48.1
装配式空心大板	28.2	3.1	8.6	39.3

注: 1. 表内数字未包括使用阶段能耗消耗。

2. 建材生产及构件制作的能耗消耗是指生产过程消耗的煤、电、蒸汽, 折算成标准煤计算的。

3. 运输能耗消耗是按建材运输距离25公里标准折算的。

4. 施工阶段的能耗消耗是按各种体系的施工组织设计耗能量计算的。