

《方向性预测性情报的综合分析研究》

第 06 号

1981 年度研究成果

国内外升板建筑技术发展的研究

中国建筑科学研究院建筑情报研究所

目 录

综 合 报 告

引 言	(1)
一、国外升板建筑技术的发展过程	(2)
(一) 国外升板建筑技术的回顾	(2)
(二) 国外升板建筑技术的现状和基本特点	(4)
(三) 国外升板建筑技术发展的评述	(7)
二、国外升板建筑技术中的几种体系	(10)
(一) 升板结构的组成及其处理原则	(10)
(二) 国外升板建筑技术的体系简介	(13)
三、升板建筑技术的经济性	(20)
(一) 影响升板建筑经济性的因素	(20)
(二) 国外升板建筑技术经济分析	(23)
四、我国升板建筑技术发展的经验和存在问题	(24)
(一) 升板建筑技术发展概况	(24)
(二) 有关技术经济指标的分析	(32)
(三) 存在问题	(34)
五、对我国发展升板建筑技术的建议	(36)
(一) 有关政策和体制改革方面的建议	(37)
(二) 有关设计和施工方面的建议	(38)
六、附 录	(39)
(一) 国内升板结构板用钢量比较合理的工程汇总表(篇幅所限, 仅列部分工程)	(39)
(二) 国内升板建筑技术发展大事记	(41)
(三) 参考文献和资料	(42)

综合报告

国内外升板建筑技术发展的研究

引言

升板建筑技术在国外主要是建造居住和公共建筑所采用的一种方法,它是实现建筑工业化的途径之一。其基本原理是在施工现场就地重叠浇筑建筑物的楼、屋面板,柱亦在现场预制,吊装好的柱即为提升各层楼、屋面板的支承和导架,用提升机把各层板提升到设计标高后,加以固定,形成板柱框架结构。由于这种建造房屋的方法具有很多优点,例如各层混凝土板均为就地重叠浇筑,不需底模,只需少量边模,可节约大量木材;混凝土浇筑均为地面施工,高空作业少,施工安全;施工工序简单,速度快;不需大型起重设备,只需一些千斤顶等小型机具,加工制作简易,适合于城市中狭小场地上施工等。因此,从50年代初期到60年代末期,升板建筑技术已遍及美、加拿大、英、法、古巴、墨西哥、澳大利亚、新西兰、瑞典、荷兰、日本、苏联、东德、西德、保加利亚、捷克、南斯拉夫、奥地利、埃及等国。我国于60年代中期开始研究并采用,到70年代,升板建筑技术也遍及全国23个省、市、自治区约40余个、中城市,大多数用于仓库和多层厂房建筑中,在一些地区获得很好的技术经济效果,逐步形成具有我国特点的工业化建筑体系。但是,由于一些客观原因,近几年来,我国有些城市用升板法建造房屋已比较少。特别是70年代以来,以美国为首的西方几个升板建筑技术比较发达的国家,由于工业化模板(灵活模板、大模板、飞模等)现浇体系发展很快,而升板建筑不多。在有关建筑的杂志上,对升板建筑技术报导也就很少。我国建筑业中也传说美国升

板公司已经倒闭,升板建筑技术已不行时了。言下之意,我国升板建筑技术也无必要发展,在我国建筑业中引起一些混乱。姑且不论这种看问题的思想方法是否正确,从技术观点来看,上述看法也不够全面。尽管各国在发展升板建筑技术进程中,有其兴旺时期,在某些国家由于某种原因也可能衰落下去。但是,从升板建筑技术本身来看,从世界的总体上来看,升板建筑技术仍然是当前世界上一项比较先进的工业化建筑技术。而且,对我国建筑业来说,如何发展建筑工业化尚处于起步阶段,各种工业化建筑体系还在研究和实践中,某种体系在发展过程中,出现这样或那样的问题,这是不奇怪的,关键是在学习国外先进建筑技术时,要研究其产生的背景和能够得到发展的基本条件,并结合我国的国情和建筑业的现状,因地制宜、讲求综合的技术经济效果。何况我国的升板建筑技术经过十余年的发展,已具有我国自己的特点,在一些城市中已成为多层建筑中一个比较好的适合现场机械化的工业化建筑体系。因此,对升板建筑技术能否继续在我国存在和发展下去,亦应实事求是地研究分析。本研究报告就是基于上述认识、在搜集国内外大量资料的基础上进行整理、分析、归纳综合而成的。由于我们的水平有限,错误之处在所难免,希望得到各方面的批评、指正。

本子项在研究过程中,曾得到国内二十余个省、市、自治区有关设计、施工、科研、教学等单位很多同志的支持和帮助,特别是江苏省建筑科学研究所王伟和工程师提供了很有参考价值的德文资料的译文,在此一并表示衷心感谢。

一、国外升板建筑技术的发展过程

(一) 国外升板建筑技术的回顾

1、升板法的产生

自从法国的August Perret(1874~1954)于1903年在巴黎建造了钢筋混凝土公寓建筑以后,从此开创了钢筋混凝土建筑的历史。随后,各式各样的钢筋混凝土建筑物如雨后天春笋般地竞相发展,其中第一幢无梁楼盖建筑于1906年诞生了。到了1913年,无梁楼盖建筑在世界上已建成1000多幢。最初的钢筋混凝土建筑均用模板现浇而成,特别是无梁楼盖建筑,除了柱模板外,要用满堂脚手支撑楼模板。然后,灌筑混凝土,待混凝土达到强度后,才能把支撑、模板拆走,特别是当时的模板均为散拼模板,在现场临时锯割、拼装成型,工序繁复。随着钢筋混凝土建筑迅速发展,人们愈来愈感到必须改进钢筋混凝土建筑施工工艺。虽然在1908年,著名的美国发明大王爱迪生发明了混凝土工程的装配式模板,促使混凝土施工工艺大大前进了一步。但是,模板工程的造价在钢筋混凝土建筑中比重仍然较大,木材消耗量也多。能否不用模板呢?用一个美国建筑师的话来说:“为什么要先盖一所木房子,然后在里面又再盖一间混凝土的呢?”一针见血地指出现浇混凝土施工工艺方面的缺点。由于钢筋混凝土建筑施工工艺逐渐引起人们的重视和研究的兴趣,终于在1913年由美国学者A·Pelter提出用升板法建造钢筋混凝土建筑,历经演变发展而成为一整套的现代升板建筑技术。

2、发展过程

早在1884年英国人J·J·C·C·C从事于建筑提升法的理论工作,提出升板法原理,由于当时没有很好解决带梁楼板的重叠生产方法和板柱结合方法,使升板原理长期未得到应用。

1927年有个法国人获得建筑提升法的专利权。他的设想是:先在地坪上将顶层做好,然后向上顶起一个层高,在其间做下一层,再顶起,如次循环,逐层施工,逐层顶升,直至全部完工为止。但是,这一设想一直没有见之行动。

1946年法国人B·Lafaille在法国房屋建造部的倡议下,进行了一些改革,于1947年用类似现代升板法的方式,试建一幢7层住宅。可是由于提升机升到0.7米时,出了严重故障而失败,致未能贯彻始终。这个试验的不幸使欧洲的提升法停顿了若干年。

但是,美国建筑师P·Youtz和营造商T·Slick两人颇具慧眼,看到提升法的优越性,仍不断进行研究,经过两年,做了大量的试验,于1948年建成了第一幢试验房屋。终于创造出以他俩命名的升板法(Youtz—Slick—Lift Slab),成为整个50年代里最为动人的建筑技术。

从1950年起,升板法就在美国迅速地发展起来。1950~1951年期间,他们在圣安东尼奥城仅用14个月就建成一个大学的成套的办公楼和教学楼,以及在洛杉矶建成了一座17000平方米的停车库。1953年美国成立了一个升板专业公司,专门生产出售成套升板施工设备,并承担施工任务。据该公司统计,截至1955年9月,用升板建筑技术约建成了258幢房屋,建筑面积超过100万平方

米。其中学校103幢、办公楼85幢、工业厂房50幢、住宅20幢，分布于美洲的几个国家。这时，升板建筑技术已大大完善，造价比一般传统建筑技术低10%。

于是，升板建筑技术在美国、加拿大、澳洲及全欧洲广泛传播。随着施工技术的发展和机械制造的发展，升板法原理逐渐推广到提升大跨度桥梁、大型公共建筑的屋顶和网架以及其它构筑物，形成一项具有特色的提升法建筑技术。例如，1951年法国用顶升法施工了一幢跨度达101.5米、重达4200吨的薄壳屋顶，就其体积和顶升高度来说，在当时土木建筑界中也是史无前例的。

1955~1956年，法国又在一幢11层钢筋混凝土住宅及10层钢框架住宅建筑施工中，采用分间楼板提升法，被命名为Porte-d-es—LiLas法，并在法国内外获得专利，还经法国房屋工程科技中心认可为一种新施工方法。

1955年以后，升板建筑技术得到越来越多的应用而且在技术上也有许多发展。例如，苏联、保加利亚、捷克、东德、西德和美国都相继对整体结构提升工艺，特别是升板法，进行了大量的、有系统的试验研究工作。

1956~1957年，美国加利福尼亚大学工程系对升板的受剪状况作了大量研究。A.-C.Scordelis, K.S.Pister及T.Y.Lin(美籍华人)在升板法开始时就认为预应力双向混凝土薄板的采用对消除楼板裂纹、减轻结构重量、减少板的挠度以及降低造价等具有头等重要的意义。1956年在温斯迪特成功地用预应力升板建成一幢6层医院。到1958年，当西德还有人偏爱于钢柱时，美国的混凝土学会杂志(ACI)发表了大量调查报告表明，在升板法中采用钢筋混凝土柱更为经济，耐火性和耐久性更可靠些。

1958年，苏联列宁格勒研究院，对由升板法基础上发展的升层法，给予很高的评价，认为既结合了升板和预制大墙板两者的

优点，又不需要额外增加特殊的提升工具。并于1959年用升层法建成了两幢试验住宅。后来英国在考文垂采用经过改进的升层法（这种方法以“杰克、勃洛克”名著称，升板设备在整个施工过程中设于地下层内）建成一幢17层具有97户的住宅。这就是有名的垫块顶升楼层法。目前，荷兰和西德采取这种方法建造多、高层公共建筑是比较多的。其中比较著名有海牙的20层transistorum大厦和乌赫列塔的22层transistorum—II大厦。

从50年代末期起，苏联和东欧一些国家对在住宅和公共建筑中采用升板建筑技术越来越感兴趣。例如，捷克从1959年起采用升板法建造了一批21层以下的住宅、工业和行政用房。保加利亚从1966年起全面推广升板建筑技术。现在据不完全统计，用升板法建造的住宅已占保加利亚全部住宅的20%以上，遍及30个城镇。苏联亚美尼亚共和国在掌握升板升层法的同时，开始有系统地进行有关多层建筑承载竖井和骨架受力状况的模拟实验和实体实验，以确定它们的动力特性、弯曲和扭转刚度、骨架和竖井及填充墙在动荷载下的相互作用，从而找出通过特殊的能吸收振动机械能的减震措施和提高建筑物抗震性能的途径。到目前为止，他们在9度地震区已建成了9、10、12、16层住宅建筑约62万平方米以上，办公、公共生产性房屋约5万平方米，其中有学校、幼儿园、车库、诊疗所、咖啡一饭馆，图书馆、俱乐部以及其它对象。

1976年10月，在埃里温曾由苏联国家建委等召开“全苏第二次升板升层建筑施工会议”。

除了苏联将升板建筑应用于地震区以外，在日本、新西兰等国的地震区也采用过升板建筑。这方面的代表作是地震烈度为9度~10度的东京中心区建成的一幢12层百货大楼。

60年代初,各国在用提升法施工中的建筑设计理论,构造设置、结构计算与施工机具等方面又进一步发展。例如1962年,东德、捷克、南斯拉夫及苏联等国,在升板法中开始采用无柱帽的平板。

为了提高升板建筑的整体性和受风荷载的稳定性,1960年美国在旧金山建成一幢13层公寓式住宅。其特点是把楼梯间和电梯井集中成三个高达36.8米的竖筒,用滑模施工。这样可以代替立柱承受风荷载,而立柱只承受楼板传来的荷载。因此,房屋的水平刚度和稳定性得到大大加强,能达到抗震的要求。

为了降低造价和加快施工进度,英国于1960年在伯明翰的9层住宅升板工程中,首次采用结构钢制提升环,取代了铸钢提升环,而且第一次采用塑料薄膜做楼板的隔离层。

1962年到1965年,瑞典、西德和欧洲混凝土委员会范围内,已对提升环作了220次以上的试验研究。

从1963年到1965年间东德对升板法的尺寸公差、防火、隔音、防腐等要求,先后在《技术标准质量规范和供应条件》(TGL-Technische Normen, Giitevorschriften und Lieferbedingungen)中,根据大量的调查研究,作出相应的规定。

1963年,西德开展国际设计竞赛初步设计时,Gordon A. Friesen(华盛顿医院协会顾问)受委托参与组织工作,在他的推动下,创造了升板法到位,悬挂法固定的施工方法。1965年,西德首先采用此法建造了一幢13层办公楼。其中央核心筒用滑模施工,然后在其顶上悬挂活动脚手架,将各层楼板按自上而下的次序向上提升,并悬挂于中央核心筒上。从1968年到1973年又建成一幢规模巨大、功能完备的1136床位的双核心筒悬挂式18层病房大楼。

到1965年为止,欧、美、澳、亚洲的国

家升板建筑面积达到600余万平方米。1966年又创造了升板层数的最高记录,在哥伦比亚的波哥大建成一幢36层的哥伦比亚航空公司的大楼。

总之,在整个60年代里,可以说是升板建筑技术蓬勃发展、日趋成熟的阶段。

到了70年代,美国的升板建筑很少,但在苏联和欧洲一些国家,升板建筑技术仍然在发挥独特的优势。1975年英国一家升板公司和阿拉伯承包商们签订了在埃及用升板法建造住宅区的合同,此外,在澳门也承包升板建筑。1979年在维也纳建成的国际上影响颇大的联合国国际机构建筑群中,大量的楼盖工程是用升板法施工的。

由此可见,升板法建筑技术随着现代建筑,特别是高层建筑的发展,已成为一种很有效的建筑技术,同时升板法本身亦越来越多地与其他建筑技术结合使用。并在提升手段上也有新的突破。

3、应用范围

(1)各层楼板平面尺寸基本一致的多、高层民用建筑,例如住宅、医院、疗养院、图书馆、档案馆、旅馆、百货商店等;国外升板建筑一般均为9~20层,最高达36层;

(2)凡楼面活载较大,而活荷载本身又不能叠起堆放或上架,必须分层安放的建筑,如汽车库,各种物资仓库以及多层厂房等;

(3)凡结构自重特大,不便工厂制作、场外运输或在高空制作的大跨度屋面结构。如大跨网架和薄壳屋面等;

(4)凡在国家新开拓地区,尚未设置建筑工业企业或者建立永久性建筑工业企业不合理的情况下的各类建筑。

(二)国外升板建筑技术的现状和基本特点

1、建筑平面布置与造型的多样化
国外升板建筑大都用于住宅和公共建

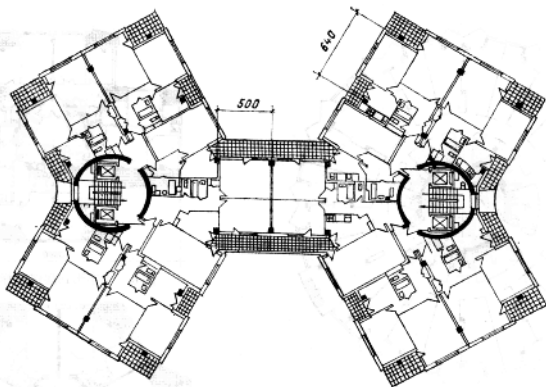


图1 12层对称三叶形住宅标准平面图

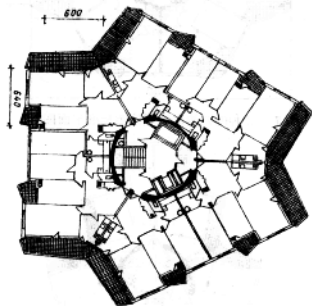


图2 三角形16层住宅标准平面图

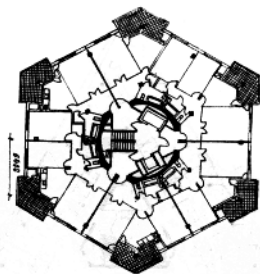


图3 六边形16层住宅标准平面图

筑，主要是由于升板建筑技术可以自由地选择柱网而不受模数限制，各层楼板亦可自由地固定在任意高度形成不同的层高，所以，升板建筑能以其变化多端的平面组合和空间造型赢得人们的好感。苏联升板建筑平面形式有三棱形、三角形、对称三叶形、十字形、阶梯形、圆形等以及用上述基本形式组合成的各种变化多端的平面方案（见图1～9）。他们在建设有居民25000人的埃里温样板远景发展区中，成功地以十字形、三棱

形等建筑平面及其组合，采用升板法和升层法建造了每户有很舒适的并有高级服务的高层公寓以及学校、幼儿园、车库、诊疗所、咖啡馆、饭店、图书馆、俱乐部等全套的住宅小区，使城市建设总体具有独特的艺术风格。但是，并没有额外增加建筑材料和投资，完全依靠升板建筑所独有的特点。

2、利用竖筒做为抗侧力结构，满足抗震要求

整层的连续楼板能够很好地把地震荷载

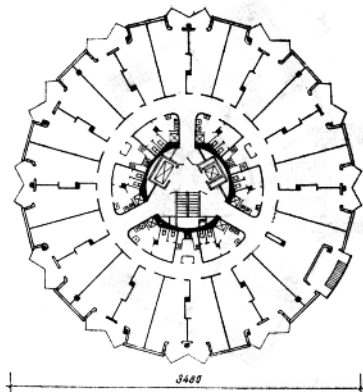


图4 圆形多层住宅标准平面图

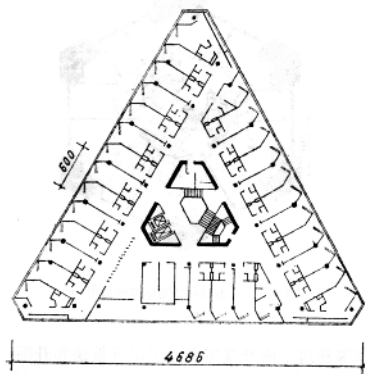


图5 250床位的疗养院标准平面图

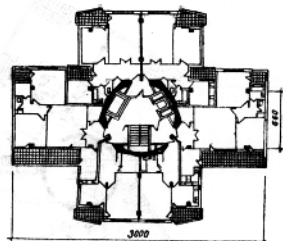


图6 十字形16层住宅标准平面图

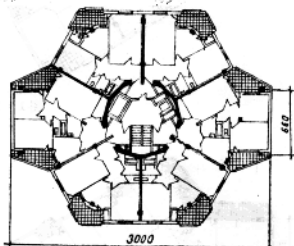


图7 变种的六边形16层住宅标准平面图

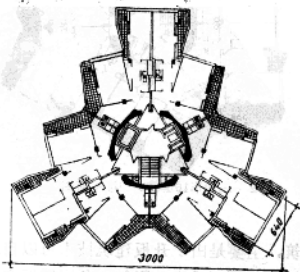


图8 变种的三角形16层住宅标准平面图

和风荷载传递给垂直刚构件。而把楼、电梯交通竖筒做为高层建筑的核心体以保证建筑物的稳定并更为有利。国外升板建筑都充分利用竖筒，因而能在高层建筑和地震区中广泛采用。把屋面板做为操作平台，又为竖筒施工创造良好的施工条件。

8、提升技术多样化，应用非常广泛

(1) 不受场地的限制：建筑场地的地形、面积的大小等，对之几乎没有影响。

(2) 不受建筑类型的限制，举凡各种型式的楼盖（肋型、带柱帽、平底）、屋面结构（大梁式、桁架式、网架式）、墙（整

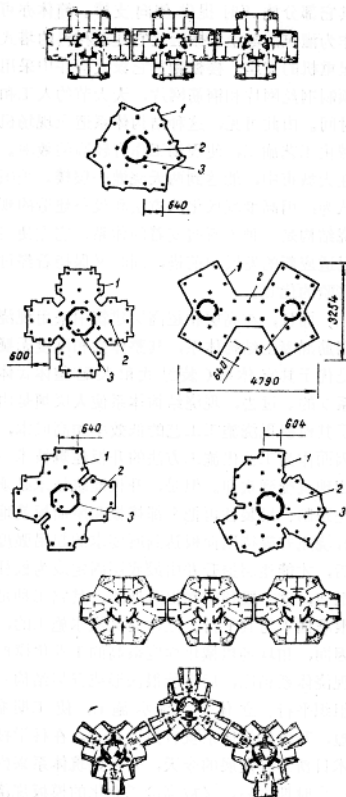


图9 变化多端的升板建筑平面形状

体的核心筒或单片的墙板)以及水塔、烟囱等构造物甚至悬挂结构都可采用此法。

(8) 不受建筑尺度和质量的限制: 不论是低层的、多层的或大跨度的厅堂式建筑, 或高达数十米至一百多米高层、超高层的建筑, 或是重达数千吨、容量达一万多立方米的构筑物, 均可采用此法。

(4) 不受提升对象的限制: 既可提升建筑物本身, 也可提升“直接施工机具”(提模、滑模、降模等)使之同时直接完成建筑的施工。(间接施工机具系指拌和机、起重机等)

(5) 不受提升方向的限制: 既可垂直提升(滑模、提模、升板), 也可斜向提升(倾斜的屋面或者看台), 甚至还可负向提升(降模)。

(6) 不受提升阶段的限制: 在一建筑内可由下而上连续提升, 直至到顶; 也可采用同一高层建筑, 在垂直方向分成若干段, 同时在各段内进行立体平行大流水作业。

(7) 不受单一施工方法的限制: 在提升法本身内外, 可在一幢建筑内多种施工方法可同时结合使用。如(楼板升板和降模法、墙体和核心筒滑模法或提模法, 甚至和装配式大墙板结合使用的层升法)。

(8) 不受提升手段的限制: 既可利用压力, 又可利用拉力, 还可综合利用压力和拉力作为提升的力源。既能利用固体的机械作用, 也能利用液体的甚至气体的压力作用。既可利用一般的机械设备, 也可利用精密的液压设备。既可通过圆拉杆、扁钢带或钢索以提升, 也可通过建筑下层部位柱块、墙块、墙片增高以顶升其上层部位。既能在陆上提升, 又能在空中实施提升作业。

(三) 国外升板建筑技术发展的评述

从1948年美国开发了升板建筑技术的实用价值以来, 国外升板建筑技术已有三十余年的历史, 但是, 进入70年代以来, 以美国为首的一些发达国家采用升板法建造房屋逐渐减少。而在苏联, 特别是在亚美尼亚, 用升板法和层升法建造了很多房屋, 取得很成功的经验, 又引起美国、日本、意大利和阿根廷等国的专业公司的兴趣。由于美、苏两国的升板建筑技术的发展在国外有一定的代

表性。为此，我们现就美、苏两国的升板建筑技术发展的趋势作一初步分析。

1、美国升板建筑技术趋向衰落

如前所述，美国升板建筑技术是由于当时以木模现浇工艺被人们厌烦而兴起的。升板建筑技术问世后，其独特的优点马上引起美国承包商和其它国家注意，并风行一时。有关建筑技术杂志、会刊对此介绍和评论比较多，这是很自然的。从升板建筑技术发展阶段来看，50年代到60年代这一时期，美国升板建筑技术的确是很兴盛的。但是，改革传统的木模现浇工艺，开发钢筋混凝土结构建筑新技术，升板建筑技术并不是唯一的。而且，模板技术本身也是在不断革新和发展，美国几十年来开发了各式各样的工业化模板技术，例如滑模、大模板、台模、隧道模、永久式模板等等，特别是60年代以来，模板已由专门模板工厂制作，在美国称为“工厂制作模板（Factory built form）”。产品规格具有一定的标准化、系列化和通用化，形成一种社会性商品。模板的强度、精度大大提高，装拆方便，不仅能多次重复周转使用，而且保证混凝土质量。大型自升式塔式起重机和混凝土泵解决了混凝土垂直运输问题，轻便、小型预应力张拉千斤顶能够很方便地在高空对平板结构进行预应力操作，并不比在地面上灌注混凝土和张拉预应力筋来得困难。这一整套工业化模板现浇钢筋混凝土施工工艺，使现场机械化程度进一步提高，从而加快施工速度并相应降低成本，昔日的传统木模板现浇混凝土工艺已不能与之相比。从结构形式来看，最常用的也是平板（无梁楼板）结构。一般在7.5米跨度内用无肋平板，更大跨度用单向或双向密肋板（井梁楼板）。中等跨度和大跨度楼板结构的主要形式是双向密肋板。这种楼板体系是按模数进行设计，用标准模壳灌注，跨度可达12米。平板结构一般依靠一个中心筒抵抗侧向力。筒体提前用滑模施工，可为

其它部分施工时提供侧向支撑。筒体亦可作为灌注混凝土和搬运其它建筑材料的塔式起重机的支座。楼板和其板式构件中采用预制钢丝网片和钢筋网片，大大节约人工和时间。由此可见，这种结构体系适应现场机械化工艺施工，使现场工作有较高的效率。在大城市中，能达到两天浇灌十层楼。美国认为：用高度现代化的方法和设备建造的现浇结构是一种不断演变着的体系，它在使自己适应新的发展中前进，同时又保持着经过考验的优点。

而且，在高层和超高层建筑中采用现浇钢筋混凝土结构体系，其整体性和刚度无疑是优于其它体系（装配式和装配整体式体系）的。过去，现浇结构体系使人厌烦是由于其模板现浇施工工艺的低效率和高成本，因而作为工业化施工方法的升板建筑技术一出现就受到欢迎。但是，升板建筑技术必须先预制、吊装柱再把全部楼板和屋面板就地叠浇完并等待屋面板达到所要求的起吊强度后，才能逐层提升并由最底层固定成为板柱框架，这一段预制和提升期间，其它工种是很难插入与其平行、立体交叉流水施工的，因而，和现场机械化程度很高的工业化模板现浇体系相比，后者能很快形成框架结构并组织平行、立体交叉流水施工，使工期缩短，升板建筑体系就有点逊色了。在科学技术日新月异发展的今天，升板建筑体系兴盛一个时期之后，又被高度工业化的模板现浇体系否定，这是一种正常的现象。但是，升板建筑技术的优点仍然在一定的范围和条件下发挥作用，例如在房屋拥挤的地段建造多、高层房屋时，升板建筑仍然会有一席之地。

2、苏联升板建筑技术有新的发展

苏联直到50年代末期才开始采用升板建筑技术，而且一开始就采用了升层法。1959年在列宁格勒用升层法建成一幢四层住宅，其外墙板是工厂化生产的夹心板（厚18.5厘

米、重760公斤)，隔墙板为石膏矿渣板。升层法实际上是升板法和预制装配式墙板的结合，而苏联是预制装配式墙板建筑发达的国家，墙板生产和装配施工水平都比较高，所以在苏联用升层法建造房屋是比较多，这也是充分发挥它的特点。

从60年代初，苏联亚美利加即开始用升板、升层法建造住宅和公共建筑。1961年到1962年，首先用升层法在埃里温的7度地震区建造了一幢试验性住宅，工程实践表明，在苏联亚美利加地区条件下采用升层法是有前途的。因此，苏联亚美利加国立建筑工业管理处和工业建筑部认为升板、升层法实验和设计是恰当的，决定继续进行研究，以便使用这种方法建造高层房屋。接着于1964~1965年又用升层法在埃里温8度地震区建成一幢40户的9层塔式住宅，不仅在结构方案上由于采用楼、电梯井筒和两侧剪力墙承受水平荷载，并使刚度中心靠近房屋纵轴，以减少水平荷载作用下的扭矩，从而提高房屋的抗震性能，而且在建筑平面布置和立面处理上也获得很好的效果。苏联在埃里温的实践，特别是通过一系列的模型试验和实体试验，对多、高层升板建筑的动力特性、弯曲和扭转刚度、骨架和竖筒及填充墙在动荷载作用下相互作用有了进一步了解，并且通过特殊的能吸收振动机械能的减震措施，找出提高建筑物抗震性能的途径，在地震区采用升板、升层法建造多、高层房屋是可行的。据1980年报导，苏联已在埃里温地区用升板、升层

法建成9、10、12、16层住宅建筑62万平方米以上，还建成公共建筑约5万平方米。此外，在列宁格勒、莫斯科、基辅也建成一些升板建筑，其中比较著名的有1973年在莫斯科建造的15层莫斯科档案馆，总高度为42米，可存放资料350万份。1976年建成了15层莫斯科加里巴尔基大街的书店和基辅的16层住宅等。

苏联认为，升板、升层法可以降低施工成本15~20%，10层居住房屋的总劳动消耗只和9层装配式大板房屋的指标一样，钢材指标比其控制指标减少12%。而且在建筑生产基地费用小的情况下，可以获得高的劳动生产率并同时提高城市建筑方案的水平。而且这种方法成功地综合了整体和装配式钢筋混凝土的优点，它可以在地震区、或者不论在发达的建筑工业基地的地区还是在国家的新开拓地区都可以应用。所以把升板、升层法称之为工业化施工有效的方向之一，可以将其变为房屋建筑的万能方法之一。

苏联目前正在大力开拓边远地区的自然资源，实行自然环境保护措施和其它措施，导致建筑不仅向东方和北方转移，同时也向山区和很难进入的地区、高地震区转移。这些地区的基本建设投资额高速增长，必须增加居住和公共建筑来改造城市和农村居民点，在解决这些建筑任务中，把升板、升层法作为是现实的基础。因而升板、升层法在苏联仍在发挥它独特的优势。

二、国外升板建筑技术中的几种体系

(一) 升板结构的组成及其处理原则

1、基础

升板建筑与一般多、高层建筑一样，可以做成整片式的基础，也可以是支承柱的独立柱基。在上述任何一种情况下，基础设计都要满足荷载的一般构造要求，力求在升板过程中和建筑使用期间不发生不均匀沉降。

柱与基础的连接有两种：插于杯口基础和和基础上对接（焊接或螺栓连接）。前者是主要方式，为了获得理想的效果，柱的高度和位置要精确，杯口尺寸和深度也必须精确。后者用于钢柱，也可用于钢筋混凝土柱。

2、柱

柱可采用现浇钢筋混凝土柱、预制钢筋混凝土柱或钢柱。其数量和位置取决于建筑

师对底层的平面布置。外柱可以围绕结构设置，但最好设置得稍靠里面，使板起悬臂作用，这样就可以使板产生连续梁的效应，从而减少最大的弯矩值。

由于柱子（包括安装在顶上的液压千斤顶）是供提升整个结构用的，所以应当特别注意其底部锚固、刚度、承载能力和抗风能力，而最重要的则是提升过程中本身的稳定性。如果柱子是依照最终情况设计的，那么，一般地说，它是能够承受提升荷载的。

其设计原则如下：

(1) 柱的横断面应优先选用圆形、正方形，并在全长内，断面保持一致；

(2) 为使提升轻便和减少柱接头数量，应尽量采用一根到顶的整根预制柱；

(3) 必须考虑能满足使用阶段的荷载压力，以及提升过程中所产生的临时应力，

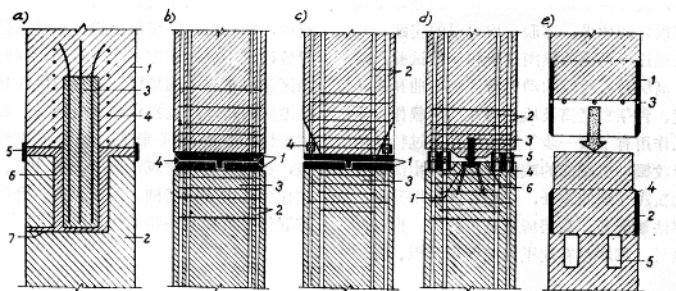


图10 预制钢筋混凝土柱的五种接头

- | | | | | |
|-----------|------------|-------------|-----------|----------|
| a) 湿式焊接头， | b) 平板式焊接头， | c) 平板式螺栓接头， | d) 热剂焊接头， | e) 插式接头， |
| 1—上柱的柱脚， | 1—钢板， | 1—钢板， | 1—钢板， | 1—上钢圈， |
| 2—下柱的柱头， | 2—柱内配筋， | 2—柱内配筋， | 2—柱内配筋， | 2—下钢圈， |
| 3—预制棒头， | 3—中央突芯， | 3—中央突芯， | 3—铆钉， | 3—压力灌浆口， |
| 4—环形箍筋， | 4—环形焊缝 | 4—螺母 | 4—石棉板， | 4—焊缝坡口， |
| 5—可拆轮箍， | | | 5—钢螺母， | 5—预留支承缺口 |
| 6—压力灌浆， | | | 6—后填砂浆 | |
| 7—灌浆孔 | | | | |

此外，柱的刚度和侧向弯曲应力也要考虑。

(4) 保持垂直方向的允许尺寸公差，以便精确地连接楼板，还要保持平面内的基本尺寸公差，如楼板提升环与柱的问题。

钢筋混凝土柱一般可以承受较大的压力。当柱长较大而带有弯曲纵向力的时候，其弹性不如钢柱。但是，钢柱为了防火的要求，需做覆盖层，因而，其综合价格在2层升板结构中，与预应力钢筋混凝土不相上下，在5层升板结构中单位面积造价要增加31%。这种最初由美国人提出的见解，日益为欧洲等国家所接受，保加利亚还曾经做了离心式混凝土柱的5层升板试验楼，有圆形和方形断面两种。在某些升板结构中，柱可以是临时性的，在承重墙选好，即可移走、重复使用。

3、柱接头

柱比较长时，应采用分段预制柱，关键是选择便于施工和经济合理的形式。选择柱接头时应注意：

(1) 柱接头对接时，不需费用过大的辅助结构，劳动强度也较低；

(2) 要有较高的装配尺寸精度；

(3) 有力的连接方式、较短的工期。

柱接头一般有湿式和干式两种方法。具体做法如图10所示。

湿式接头(图10a)连接有力、整体性好，但必须等灌浆硬化后才能承受荷载；

干式接头(图10b、c)能立即承受荷载，较多选用焊接接头。相互连接的钢板尺寸符合允许公差要求，能保证最高度的安全。

西德一著名的快速施工公司GmbH推荐采用干式接头，但提出注意防止接头处钢筋相互之间不必要的叠接。热剂焊接头可减少工地大量焊接工作量(图10d)。有些国家为了节省上述接头工作量，采用粘结法和整体拉紧的方法。

4、楼板

楼板的三种形式(图11)

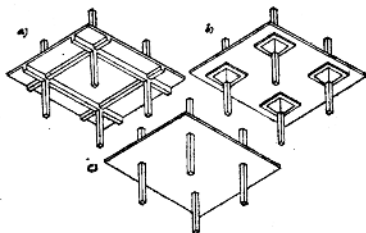


图11 楼板的三种基本形式

- a) 井式楼板；
- b) 方锥体柱帽楼板；
- c) 平底式楼板

(1) 肋形楼板 包括单向和双向、疏松和密肋等各种肋形楼板，如井式楼板也属于此种形式；

(2) 带柱帽楼板 有方锥形和圆锥形柱帽楼板；

(3) 平底楼板 即无柱帽楼板，其板底和柱头均无突出部分。

早在1915年，法国人lecorbusier就提出过平底楼板的设想，把平板作为初始承重单元。1962年，东欧正式提出“不带柱帽的楼板”，就是把柱帽做在楼板内的一种实心平板。

实心平板具有下列优点：①施工方便；②有较大的自重，因而隔音效果较好；③板底平整，便于做清水，不加粉刷；④有利防火；⑤高度最大，空间利用好；⑥管线安装方便，一般可在地面上做在楼板内或技术夹层内。

升板法平底楼板的厚度，可按照美国沿用较多的权威公式，取跨度的 $1/36 \sim 1/45$ ，最小厚度为15厘米左右。住宅及公共建筑中非预应力的平板跨度可达到7.2米。通常在现浇整体楼板中，为控制跨中挠度在最小限度内，将跨中的底模略为提高。但在升板法叠浇楼板中就无法做到。各国规范有关平板厚度规定如表1。

各国规范有关平板厚度规定汇总表 表 1

规范	类	钢材	板最小厚度 (厘米)	
			有柱帽	无柱帽
美国	普	16锰	L/36 ≤ 10.2	L/33 ≤ 12.7
	普	26锰硅	L/33 "	L/30 "
	普	5号钢	L/40 "	L/36 "
苏联	普		L/32	
	轻		L/30	
英国	普		边跨 L/36	边跨 L/32
			中跨 L/40	中跨 L/36
			不少于 15	

板的厚度还应满足下式要求:

$$\text{无柱帽板: } h = 1.26 \cdot L \left(1 - 2 \frac{C}{3L} \right)$$

$$\sqrt{q/R + 3.8}$$

$$\text{有柱帽板: } h = 1.08 \cdot L \left(1 - 2 \frac{C}{3L} \right)$$

$$\sqrt{q/R + 2.5}$$

h —板厚 (厘米)

R —混凝土标号 (公斤/厘米²)

C —柱帽宽 (米)

L —柱距 (米)

q —均布活荷载 (公斤/米²)

对跨度较大的和自由挠度较大的板, 美国有人从经济角度出发认为, 跨度超过 6 米, 如能采用预应力混凝土则更为有利。预应力板系在地面上浇制, 一般采用后张法施工, 即待混凝土硬化后, 再行施加应力。在升板施工中, 挠度是一个极其严重的问题, 而施加预应力和在地面上浇灌混凝土, 就可以把可能产生的挠度减少到最低限度或者完全消除。这种方法可以制造出比普通钢筋混凝土板强度大的薄壁板件, 这种薄板, 一层层分开支承在柱子上, 使混凝土结构外形显得十分轻巧宽敞。为了减轻柱子的荷载, 可

以采用每立方英尺 110 磅的轻混凝土。

5. 提升环

提升环既是支座又是连接装置, 它密合地箍紧在柱上, 并把柱子固定在嵌在柱周的混凝土板上。提升环是用铸钢或型钢加工制成的, 上面开有槽孔, 通过这些槽孔, 即可把液压千斤顶的提升杆连接起来。在每根柱子上各个板的提升位置处都有一个提升环。在竖立柱子的时候, 应即把提升环套上。

提升环设计要满足三个条件:

(1) 承受楼面全部荷载, 不使楼板受到冲剪破坏;

(2) 伸进提升环内的提升杆, 固定和调换均应安全而方便;

(3) 将荷载传递到柱上的连接点上, 要保证安全又简易。

捷克和东德对在支座处的楼板进行了大量的试验研究表明, 楼板靠近支座处的弯曲力矩是放射形地斜向各邻柱, 板内的应力是按照柱子的距离呈同心圆状渐次减小的。根据这个原理, 捷克采用了一种预制预应力钢筋混凝土圆形支座板 (柱帽板), 并获得国际上的专利。即将平底楼板在柱周围不大于 2.4 米直径的部分, 厚 140~200 毫米, 配 $\phi 8$ 放射形甩出钢筋, 标号达 550 号。然后, 在现场将圆板的甩出钢筋与楼板钢筋连接, 再外加三层环形钢筋用 300 号混凝土浇筑成一体。可承受支座处全部剪力和弯矩。只要预制和现浇两部分结合牢固, 接缝处可不产生裂缝, 整个楼板的厚度比其它的模板为薄。这种自重较小的特点就为高层建筑采用升板法创造了条件。据苏联使用这种支座板经验表明, 和普通用提升环的模板相比较, 其模板厚度可降低 25%, 节约钢材 40%, 减少混凝土 20~25%。

楼板通过提升环在柱上的支座方法如图 12 所示。这些板柱节点受力概念明确, 安装亦比较简易, 通过焊接或二次浇筑混凝土均能传递弯矩。这种节点属于无柱帽节点。

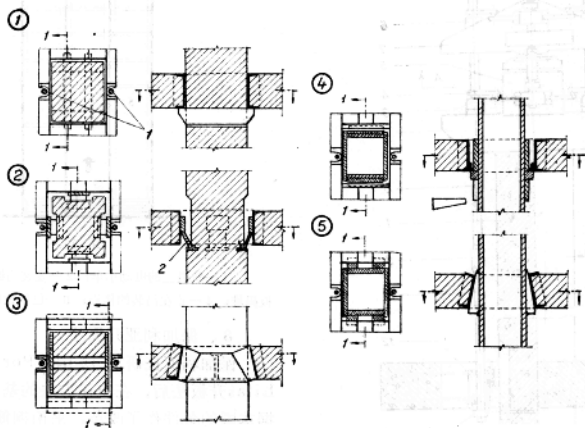


图12 楼板在柱上的几种支座方法

1—提升杆，

2—钢高脚

(二) 国外升板建筑技术的体系简介

1、美国Youtz—Slick升板法

美国从1948年开始研究设计和建造了第一批试验性升板工程以后，升板建筑技术逐步完善，并形成一整套升板施工工艺。其特点是：

(1) 提升设备体系化 提升设备有一定的格局，一般由三个部分组成，电动液压或电动机传动的提升机，拉杆或爬杆以及中央控制台。一般认为液压系统的承载能力和提升力几乎是没有限度。图13是Youtz—Slick专用的液压提升器，每台配二套提升杆。每套提升杆分上部带螺纹杆、中部光面杆及下部直接承受负荷的支承杆。这种做法，除美国外，在澳洲、欧洲也很流行。中央提升控制台由一台控制台及油压器（油泵）组成，在高层建筑中油压器位于最高层

楼板上，对低层建筑，靠近建筑布置即可。最初每台油压器配一台控制器，现在一台控制台带50台油压器。

(2) 技术参数比较先进而有规律性。

每次提升节拍约10~25毫米。各提升器的提升高差能控制在±2毫米内。提升速度每小时约为1.0~2.0米。

(3) 采用此类油压提升设备的优缺点如下

优点：①设备的自重和尺寸较小；

②提升速度均匀而连续；

③操作安全而简易；

④通过压力表来控制提升，比较方便；

缺点：①由于油管摩擦力损失而导致降低油压机、电动机的工作效率；

②由于管道的漏油损失、接头处的不够严密而进入空气或形成气泡，使油压机不能均匀地工作。

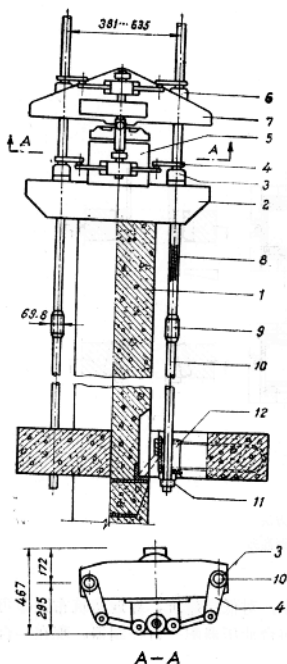


图13 Youtz-Slick液压提升器

- | | |
|------------|------------------|
| 1—建筑物的柱子； | 7—提升横梁； |
| 2—支承横梁； | 8—梯形螺纹，外径44.5mm； |
| 3—固定用螺母； | 9—提升杆接头； |
| 4—传动臂； | 10—提升杆； |
| 5—70吨的提升缸； | 11—吊环大轴用螺母； |
| 6—固定用螺母； | 12—浇在楼板内的吊环 |

2、法国的Porte—des—Lilas升板法

这是一种在框架柱网以内的楼板分别提升的一种方法。其基本方法如图14所示。此法是五十年代中期法国建筑业，在熟练工人缺乏、材料昂贵、建筑周期长、住宅造价高的情况下，经法国建筑师和工程师、技师等合作研究，创造了这种特别适合高层建筑钢筋混凝土框架预应力楼板提升施工法。

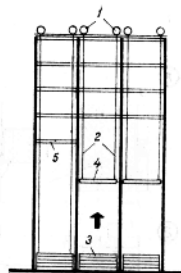


图 14

1—轨道上的电动小车；2—安装用钢索；3—一楼板码堆；4—正在吊装的楼板；5—已就位的楼板

3、保加利亚升板法

保加利亚在研究法国的Porte—des—Lilas升板法后，在上述方法的基础上，根据本国的条件作了改革，采用钢筋混凝土柱代替钢柱、蒸养平底楼板以及泡沫混凝土外墙。楼板尺寸的大小根据柱网平面布置，采用 2.4×4.8 米和 3.6×4.8 米两种基本规格，这种方法被认为经济性和平面布置灵活性均大有改进。图15表示保加利亚各层楼板同时提升步骤。

4、西德大步距升板法

此法特点是，油压机设在两根槽钢组成的架子里，两外侧各有一根用Sigma钢制成的带螺纹拉杆，直径26毫米，每段长8米以上，装有步距12厘米的梯形突轮，其细部构造见图16。按图示循环动作，即可产生提升动作，每小时可提升6米。此法首次用于1967年西德Miihster高级财经局的办公大楼，共11层，38.88米高，基底面积500平方米，全长146米，楼板分四段提升，总共升板面积为22000平方米。柱子分三段连接，共104次提升节拍，见图17。

5、东德Lehmann升板法

Lehmann体系是在滑模爬杆法的基础上发展起来的，其爬升设备的原理是基于自

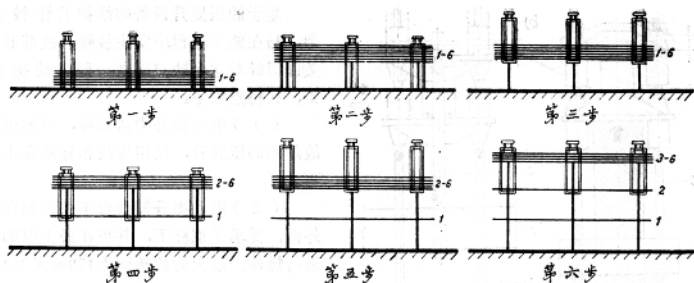


图15 保加利亚各层楼板同时提升步演

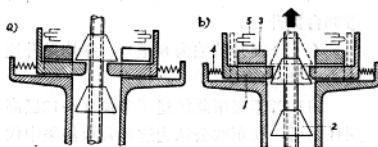


图16 大步距升板机升板机梯形突轮细部

a) 起步位置, b) 提升时情况

1—舌簧; 2—梯形突轮; 3—隧道式异块;

4—弹簧; 5—接触开关

动增强的夹紧作用, 所不同的是所用的HL—Ⅷ通用提升器, 别具特色, 可正放或倒放。正放时如图18a所示, 夹紧力的总方向是由下向上交替进行, 能将拉杆逐渐拔起, 拉杆下端所带住的楼板随之上升。如固定在

爬杆上并倒过来安装时, 如图18b所示, 则可象滑梯即墙在爬杆上爬升, 同时通过提杆将楼板提起。

该设备提升为20吨, 允许步距为100毫米, 但为便于控制提升差异, 最大步距控制在30毫米内。提升速度为每秒2.5毫米, 总体提升速度为2.5米/小时。

此法首次用于提升两块20.5米×8.5米的六层楼板, 柱距6米×6米的楼房施工中, 与大规模板施工法相比, 工期缩短, 人工费用降低20%以上。

6、捷克机械传动升板法

这也是一种与液压传动升板相抗衡的升板法。其主要构造为, 带螺纹的一对对升杆通过顶部横梁悬挂在建筑物的每根钢柱的两

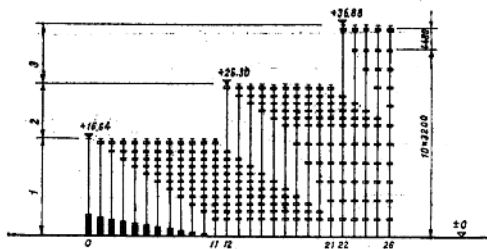


图17 西德Miihster高级财经局办公大楼升板节拍示意