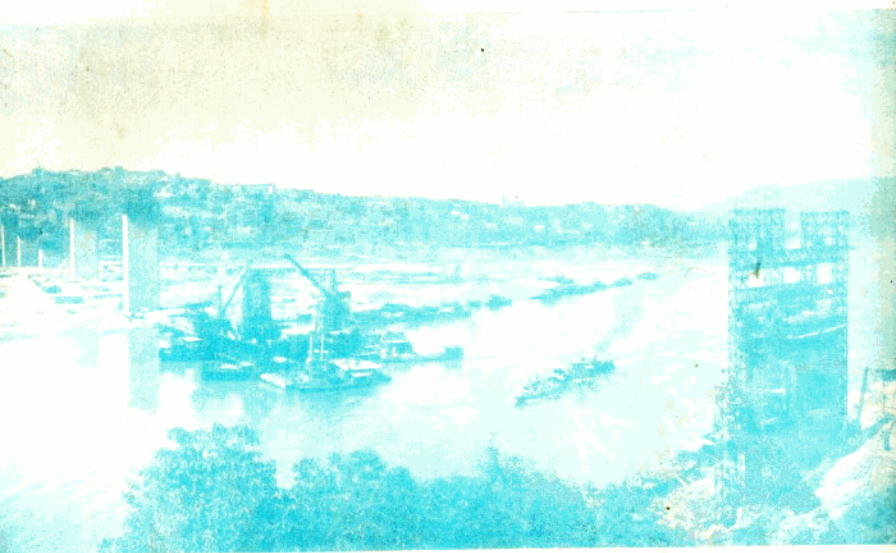


液压滑升模板在国内外的 发展情况简介



重庆市长江大桥建设指挥部
四川省建筑科学研究所

一九七八年三月

近年来，液压滑升模板（以下简称滑模）已在全国各地推广应用，并为我国化工、化肥、电站等成套设备的建设，争得高速度、高质量地建成投产，作出了一定的贡献。据不完全统计，滑模施工的壁板结构已超过廿五万平方米，框架结构超过十二万平方米，有提升设备的施工单位，构筑物均采用滑模施工。全国已有近千台的液压控制台和六万台左右的各类型中、小吨位的千斤顶，在各类结构的滑模施工中发挥了作用。

我国属于多地震的国家，我省又是一个经常发生地震的省份，发展现浇机械化施工新技术，尤其有现实意义。在现浇混凝土建筑中，我国目前有大块模板、升板和滑模三种机械化的施工方法，滑模灵活性较大、适应性较强，可在各种工程中应用，尤其适用于高层建筑及构筑物施工。为了进一步普及这项新技术，特将国内外滑模的情况，作一简单介绍，以供参考。

目 录

一、国内外滑模发展简况	(1)
二、滑模装置、提升设备和控制技术	(3)
(一) 滑模装置	(3)
(二) 提升设备	(4)
(三) 控制技术	(5)
三、国内外滑模在各类结构的应用情况	(12)
(一) 构筑物	(12)
(二) 壁板结构	(18)
(三) 框架结构	(25)
(四) 排架及柱	(26)
四、经济技术指标及混凝土配合比	(32)

一、国内外滑模发展简况

本世纪三十年代，在我国南方某水泥厂，已采用机械式方法，浇筑等截面贮仓。解放后，随着大规模经济建设的发展，新建的贮仓、水池、烟囱等构筑物，多用手工的螺旋式千斤顶或手动倒练葫芦作为提升设备，进行滑模施工。1965年，我国基建战线的职工，研制成液压穿心式千斤顶，把滑模工艺大大地推进一步。随着滑模工艺的革新，新材料的应用和新机具的研制成功，滑模已逐渐成为现浇机械化施工方法的一种有效新技术，应用范围不断扩大。

1973年，国家建委组织滑模新技术的研究和推广，系统地总结了各地的实践经验，进一步普及提高，建立了年产三千台液压千斤顶、五十台液压控制台的专业工厂，安排了科研项目，解决施工、设计存在的问题，制定了《液压滑升模板施工暂行规定》，并在广州、沈阳、四川纳溪等地进行高层建筑、多层建筑和高层框架结构滑模工程试点工程，先后召开两次全国性的现场经验交流会，有力地促进该项技术在全国各地推广和应用。

通过实践和研究，我国滑模新技术突破了国外的应用范围，创造了具有我国特色的构筑物“双滑”工艺、多层壁板结构“空滑插板”工艺和框架结构“无顶撑吊混凝土模板”滑升法三种新工艺。近年来，研制成功卡块式千斤顶、爬升式塔吊、随升塔吊、随升井架、激光仪等配套机具和仪器，并对滑模的摩阻力、侧压力、支承杆的承载力计算及模板与墙体的连接节点等，进行了研究，为滑模的推广应用开创了大好局面。迄今，采用滑模施工的较大的工程，在构筑物方面有唐山陡河电站的180米烟囱，上海金山卫石油化工总厂的150米的烟囱，重庆长江大桥51~62米高的大型桥墩，上海浦东散装粮食贮仓群，以及引进化肥建设项目的造粒塔等，均取得多快好省的效果。框架结构一次滑升面积最大的首都钢铁公司的二烧结厂，占地面积达1677米²，工业高层框架以湖南岳阳化工厂、云、贵、川三个引进项目的化肥厂尿素车间主厂房为最高，高达63~75米。公用建筑框架以哈尔滨市电视大楼为最大，建筑面积7140米²，高69米。多层壁板结构的滑模工程，以沈阳市、南京市两地滑升较多，已分别竣工五万和二万米²。高层壁板结构在北京、沈阳、吉林、上海等地，已建成一批11层、12层、16层、18层和22层的住宅和公寓，其中，上海市万人体育馆附近9幢13层、16层的建筑群，建筑面积超过七万米²。

在国外，1903年已有人应用滑模。以后按应用年代顺序为美国（1914年）、苏联（1926年）、德国（1927年）、法国（1936年）。但是，当时的提升机具、材料运输机械和模板装置均较落后。直至1946年，瑞典开始研究液压千斤顶，到60年代就大规模地把液压技术应用到滑模工艺中，实现连续浇灌混凝土，不断提升的工艺。由于液压技术、激光技术和起重机械，在国外发展迅速，相互渗透，相互促进，很快地改变了国外滑模的设备面貌和施工工艺。与此同时，从60年代起，国外高层建筑迅速发展，又加速了该项技术在国外的发展速度。众所周知，采用滑模新技术施工，具有施工速度快，机械化水平高，节约人工、木材，工程的整体刚度好，成本较低等优点。而资本主义世界地价高昂，高层建筑本身要

求有较高的抗震、抗风荷的性能，滑模工艺正好满足这些要求，又可为资本家牟取最大的利润。

欧洲国家，如苏联、法国、意大利、波兰，在二次世界大战后恢复建设，大量采用预制装配化建筑。随着时间的推移，尽管苏联等一些国家的预制装配建筑仍占统治地位，但已明显转向发展现浇结构。以法国为例，二次大战后预制大板与现浇滑模、大模板的比例为二比一，至1968年已变为一比一，现在倒过来，成为一比二。西德、意大利也有类似情况。他们认为，现浇机械化适应性、灵活性比预制装配化强，一次投资比预制大板少（约为预制大板的12%），且其投资可以很快地回收。规模大的工程，一次就可以把模板费用摊销，不需要大型施工机械，不需要构件堆放空地和运费，不受预制厂服务半径的限制及开工率不足的威胁。据1971年基辅出版的《高构筑物的滑模施工》一书称，苏联莫斯科保温混凝土托辣斯曾用轻质混凝土，于1930年滑升一幢五层的住宅建筑。但从苏联《建筑者》、《混凝土与钢筋混凝土》和《施工机械化》等杂志报导分析，他们真正应用液压滑升模板亦是在60年代中期，曾先后在土拉、索契、佛利雅齐纳、塔干什和莫斯科等地，用滑模修建15层、16层住宅建筑和电视塔等构筑物，并确认“现浇结构是装配式结构的重要补充”。最近苏联的1976年到1980年建筑施工机械化发展规划规定：“简化模板类型，广泛采用装配式模板、滑模和现浇机械化……”。英国建造中的建筑工程项目，现浇混凝土占60%，其体系建筑中，有滑模现浇体系，认为滑模在高度18米至25米的建筑工程中应用较为经济。波兰的情况与英国类同，在十八个体系建筑中亦有滑模体系。保加利亚、匈牙利、捷克等国采用滑模的工程项目，均比苏联多，其中波兰较先进，水平不低于日本。捷克系从西德引进“西门子”专利，千斤顶是双缸式，支承杆插在两个千斤顶缸体之间。

亚洲的日本、马来西亚、新加坡、香港等国家和地区，也较广泛地采用滑模修建办公大楼、旅馆和桥墩。香港的康乐大厦高52层，以上部进行滑模施工，下部正常营业而闻名。从杂志资料及报导的图片获悉，其提升设备系购买西德、美国的专利。这些国家或地区的建筑界，比较重视发展现浇机械化，它们共同点，就是采用现浇混凝土结构为主。以日本为例，日本七大城市中，现浇混凝土结构约占混凝土工程的50%，其中东京已超过65%。

罗马尼亚、朝鲜等国，滑模新技术发展到较高水平。六十年代，罗马尼亚已大力发展滑模新技术，建立了研究滑模的专业科研、设计机构和设备制造厂，滑模工程的竣工面积从1960年3.7万米²发展到1964年52万米²，七十年代初，几乎每盖四幢住宅中，便有一幢用滑模施工，近年又增至40%。朝鲜应用滑模新技术始于1970年，其滑模装置及提升设备同罗马尼亚基本一样，但发展的速度很快，已建立专业施工队伍和设备制造厂，制定标准设计，并规定十二层以上建筑物均采用滑模设计和施工。

二、滑模装置、提升设备和控制技术

(一) 滑模装置

在资本主义国家,滑模技术自60年代进入液压阶段后,往往把滑模装置和提升设备(有些国家还和控制技术)配套,以各种专利的面貌出现。从一些报导及专利图片获悉,其模板有普通钢模、不锈钢钢模、塑料模、胶合板模和钢木混合式模板。钢模板压制成型的较多。塑料模板一般用于有特殊要求的建筑立面部份。木模采用厚度2.5厘米的板材;胶合板模的厚度从10~19毫米不等,其表面经过耐水处理。模板的高度,因各国的应用范围和提升速度不同。日本是1~1.5米;美国是1.07~1.37米;欧洲法英等国家为0.96~1.12米;罗马尼亚和朝鲜为1.15米。七十年代初期,日本五大建筑公司中有三家,从美国、瑞典和西德引进滑模专利技术,开始在工业建筑及高层建筑中应用。加拿大、新加坡、香港、澳大利亚、捷克等国或地区均引进西德“阿尔”公司、“西门子”专利,进行滑模施工。据悉,“西门子”专利的滑模装置,在世界各地每年完成40万平方米的建筑面积。据国家建委去罗马尼亚考察报告介绍,罗的滑模装置及设备,已向国外15个国家出口,每套价值合人民币四万七千元。国外操作平台的用料,承重骨架基本上均采用型钢。苏联、朝鲜、罗马尼亚亦有采用钢筋与角钢组成的桁架,再在上面铺设檩木或铺板,与我国的一些地区的做法类同。朝鲜的钢木混合式模板,规定重复周转使用90次,约滑升3000米。罗马尼亚的胶合板模板,规定用170~240米;钢模板用1000~1500米。图(1)为英国的木提升架。图(2)为金属提升架附限位找平装置。

国内滑模的模板一般均采用钢模。除沈阳采用1.5~2毫米厚钢板,直接压制的卷边模板外,一般用厚度不小于1.5毫米的钢板和不小于 $\angle 34 \times 4$ 的小角钢制作。木模或钢木混合模板,已逐渐淘汰。模板高度除构筑物采用1.20~1.60米外,建筑物一般采用1~1.2米。标准模板宽度一般采用50厘米。视工程的结构情况增添不同宽度尺寸的异型板、收分模板、堵头板及拐角的整体角模。图(3)为堵头模板。图(4)为标准模板。

围圈,一般采用角钢或槽钢制作,其断面尺寸根据荷载的大小确定,选用 $\angle 75 \times 6$ 角钢或 $\square 8$ 、 $\square 10$ 槽钢。上下围圈的间距,视模板的高度而定,一般选用50~70厘米。当梁跨或门窗洞口尺寸大于2.5米时,把上下围圈设计成承重桁架。

提升架是按实际水平力、垂直荷载、外挑架扭矩大小及位置进行确定。根据结构类别提升架分通用型和专用型两种。前者为双横梁的“开”字型,并附有调整模板倾斜度或构件宽度的收分装置。后者是标准设计工程专用提升架,或烟囱的专用提升架。还有一些特殊提升架,如深井的单侧滑模及大直径构筑物的“A”型架,为特殊部份服务的“Y”型、“+”字型提升架及双层平台用的“H”型提升架。按材料区分,各地有用槽钢、钢管、角钢或其中两者混合使用的,具体尺寸,依结构类别及构件的断面尺寸而异。

操作平台包括挑架和吊架子。由于我国滑模的应用,已突破国外的结构范围,故操作

平台的型式较多。有柔性的平台见图(5),亦有刚性的平台见图(6)°。但是,外挑架宽度80~160厘米,吊架宽60~80厘米,这两方面是比较接近一致,均采用角钢及元钢组成。一般操作台承重骨架的结构形式可归纳为:

(1) 构筑物

小直径的连续变截面筒壁结构,如烟筒、排气塔、贮仓等,操作平台由辐射梁、环梁和上料的随升井架,组成空间的稳定结构;大直径的筒壁结构,如水池、油罐、深井、大贮仓等,用大型三角架、环梁、辐射拉杆和拉力环组成柔性平台,或由辐射桁架和拉力环组成刚性平台。

(2) 高层壁板结构和框架结构

由于墙体配筋或框架梁的关系,操作平台被分割成一个个小块块,操作平台由承重围圈、承重桁架组成,必要时内围圈和桁架间加设水平、垂直支撑,以保证小方块内的整体刚度。一般用型钢和元钢制作。

(3) 多层壁板结构

墙体未配筋或配设少量构造筋,一般采用“空滑插板”工艺。为方便平台板灵活揭开安装楼板,操作平台一般沿内外墙,用通长槽钢(□8~□12)重叠布置,交叉处用“U”型螺栓连结,组成比开间略小的小方格,上面铺设钢木组成的活动铺板。

(4) 重型柱及排架

一般采用柱间桁架和柱子围圈,组成空间稳定结构,均由型钢制作。

(5) 一些特殊构筑物,如竖井、桥墩、沉箱,由于面积小,但钢筋量及混凝土量很大,为了解决工作面和堆料问题,把平台设计成二层或三层。一般上部料台由提升架接长,另加桁架组成;下料台(或工作台)由吊架再往下增挂一层。一般采用型钢及元钢制作。

(二) 提 升 设 备

国外,滑模的千斤顶分机械式和气缸式两类。前一类已逐步发展为微型电机带动一台小的蜗轮蜗杆小千斤顶,类似升板的提升机;后者分水压、气压及机油液压式三种,也发展到一台小千斤顶,由一台小型油泵供油。这样,为采用光电或激光装置进行同步自动控制,创造了良好条件,亦为采用脉冲信号控制进、排油提供可能性。英国英格兰的挪丁亨动力站烟筒,采用电子计算机控制260台千斤顶同步,以及莱士面粉厂用脉冲计时器控制360台各种类型的液压千斤顶同步滑升,便是例证。但基本上仍系液压千斤顶占统治地位,其起重量归纳起来,可分三个级别,即:起重量3~5吨的为小型千斤顶,行程一般1~5厘米,油压60~100公斤/厘米²,自重15公斤左右,卡头型式以钢珠式为主,也有卡块式;起重量6~12吨的为中型千斤顶,油压100~200公斤/厘米²,卡头一般采用卡块式,以钢管作支承杆;起重量超过12吨的千斤顶称为重型千斤顶,均为卡块式千斤顶。目

前, 英美等国均有起重量22吨的液压千斤顶, 用于滑模工程的起重塔吊部位。此外, 瑞典、西德还有升降式液压千斤顶; 瑞典的升降式千斤顶由两台同一型号千斤顶及一台过载保护器组成, 支承杆为 $\phi 26$ 毫米钢丝绳, 负荷能力为12吨, 顶内卡头为卡块式; 西德的升降式千斤顶是双缸式, 同型号的两个缸筒设于两侧, 支承杆及安全自锁装置在中间。

由于千斤顶起重量不同和油泵的功率大小不同, 国外的液压控制台的种类较多。但是, 国外的液压控制台不仅控制千斤顶, 还包括自动回报装置, 自动调平、自动收分和自动纠偏等方面的控制工作, 甚至可以用电子计算机, 按编制程序进行自动控制。英国莱士面粉厂及挪丁亨发电厂烟囱的滑升工作过程中, 就是用液压脉冲讯号和电子计算机控制滑升工作。

国内的滑模提升设备, 除个别地区采用升板的蜗轮蜗杆式的提升机, 或手动螺旋式千斤顶外, 基本上系缸式的液压千斤顶。

随着滑模施工工艺的创新和配套设备的不断完善, 小吨位的卡块式液压千斤顶已开始大批量地生产。此外, 湖南省建五公司已制成起重量7吨、行程为120毫米的双缸式千斤顶, 上海、沈阳、四川亦研制成8~12吨的中型液压千斤顶, 以适应随升塔吊及框架结构滑升的需要。这些中型吨位千斤顶除沈阳地区系钢珠式外, 均系卡块式。首钢建筑公司、冶金建筑研究院、四平市拉伸机厂等单位, 已研制出升降式液压千斤顶的样机。液压控制台除专业厂生产外, 各地自己制造的也很多, 为了适应大面积滑升工程的需要, 其齿轮泵均采用大于18公升/分钟, 甚至达42公升/分钟。根据不完全统计, 全国目前已有起重量8吨以下千斤顶六万二千台左右。国内原有一批手动螺旋式千斤顶, 仍在使用的, 但已不再生产。

国内三个主要千斤顶生产厂的产品技术指标如表(1)

表(1)

液 压 千 斤 顶 型 号		产 品 制 造 厂	起重量 (吨)	行 程 (厘米)	卡头型式	适应支承杆 钢材级别及 直径(厘米)	进排油 方 式	标准使用 荷 的下降 量(毫米)
小 型 千 斤 顶	HQ—35	上海建筑安装机械制造厂	3.5	3.5	七 点 钢珠式	I 级 钢 φ2.5	单 缸	3.2~9.1
	HJ—35	大 连 拉 伸 机 厂	3.5	3.5	四 片 卡块式	I、II、III级钢 φ2.5 φ2.2	"	3~6.5
	YL—35	四 川 德 阳 修 造 厂	4.0	3.5	三 片 卡块式	I、II、III级钢 φ2.8 φ2.5	"	3~5

图(7)为钢珠式千斤顶。图(8)为卡块式千斤顶。图(9)为常用的液压控制台。

(三) 控 制 技 术

国外滑模工程的控制技术, 远比我国先进, 究其原因, 除国外的微型电动机、小型油

泵货源充足外,电子计算机的应用也较普遍,促使专用控制装置迅速发展。同时,亦有专业人员进行研制,达到专利的成熟水平,这样,在操作平台的高差自动回报、自动给、排油(或启动、停止电动机)方面、自动收分模板、自动纠偏方面均有成熟的控制装置。

我国滑模的控制技术,目前仍处于继续完善的发展阶段。水平度的控制技术,包括升差控制技术和测量手段两方面。目前一般采用限位阀,电磁换向阀配合限位阀控制升差,主要靠控制分组油路的进油量来达到目的。测量手段有“水杯法”、“自动倾角仪”测量法,以及人工在支承杆做标志等。已开始用激光扫描法代替水平仪抄平的工作。垂直度的控制,除少数滑模工程用激光对中仪外,仍采用经纬仪和大锤球进行控制。目前一般用两种手段同时观测,互相校核,以达到更高的精度。

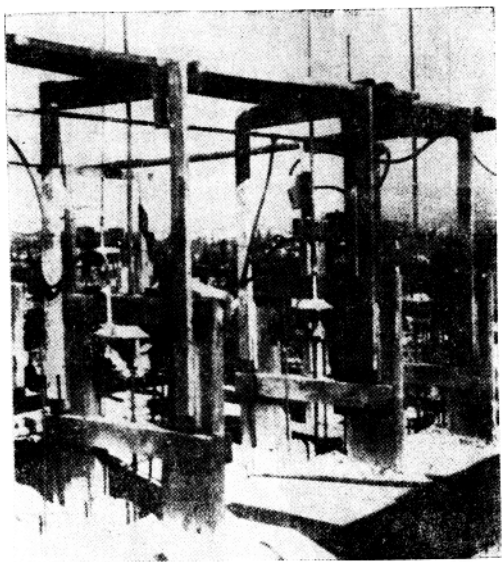
激光对中仪在滑模工程中应用,还是在近年才开始,但已充分显示出优越性,它不受天气(风、雨、雾、)的影响,白天、黑夜均可使用。激光技术的发展史很短。国外第一台红宝石固体激光器是于1960年才问世,仅有18年的历史。

激光技术在建筑中,最先用于地下工程的定向,在滑模工程用于操平和对中。激光仪系由氦氖气体的激光管,同电光调制器、投影系统和刻度显示器组成。目前大多数把激光器做成小功率的分束激光器,电源用交流电50赫、220伏,或用直流电源输出电压2.8~3.2千伏/3.5—6毫安,利用激光束从光源发出光线往远处传播时,维持光束大小(可调节)不扩大的特性,在远处视传感器上,显示出刻度,或在支承杆上射印一个1.5~3毫米紫红斑点。国外,离光源122米时,精度达±3.2毫米。国内的上海、北京、哈尔滨、西安等地无线电厂或光学仪器厂已有产品供应。

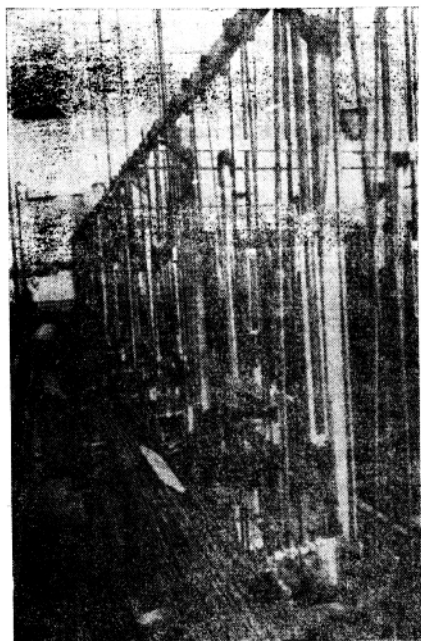
偏差值是衡量工程质量的一项重要指标,一些工程的竣工工程偏差值见表(2),我国滑模施工的工程的偏差值完全符合要求。今后,随着控制仪器的发展和技术的完善,预期会达到更高的水平。图(10)为限位阀、图(11)为国外的激光仪、图(12)为国产激光仪。

表(2)

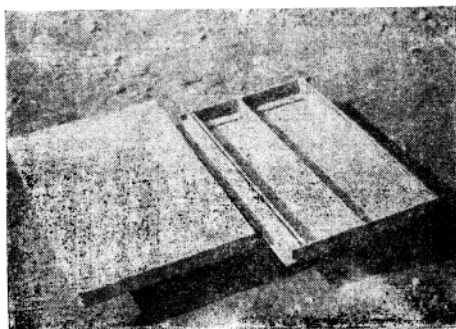
国名	工 程 名 称	工 程 概 况	高 度 (M)	偏差值 (CM)	备 注
英国	股 票 交 易 大 楼	26层	113	1.25	1969年 伦敦
美国	"	"	138	2.5	利物浦
苏联	定 型 注 宅	15层、16层住宅		2~5	1967~68年 土拉·索契
中国	首钢二烧结厂框架	11层	28.8~48	1~1.3 局部偏 3~3.5	1974年 北京
"	金山卫石油化工厂电站烟囱		150	4	1974年 上海
"	红 阳 二 井 井 塔		55.21	3.5	1975年 辽宁
"	泸天化工厂尿素框架	11层	63	2.8	1974年 四川
"	8070 候 机 楼 框 架	6层	30	1.8	1975年 安徽
"	唐山陡河电厂烟囱		180	1.5	1975年 河北



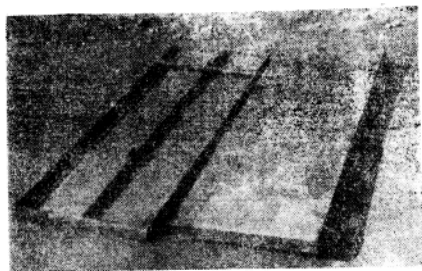
图(1) 英国木提升架



图(2) 金属提升架 (附限位找平装置)



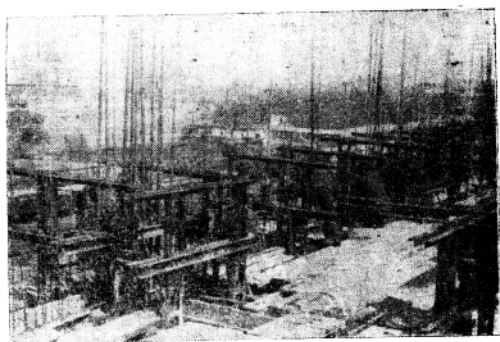
图(3) 梁的堵头模板



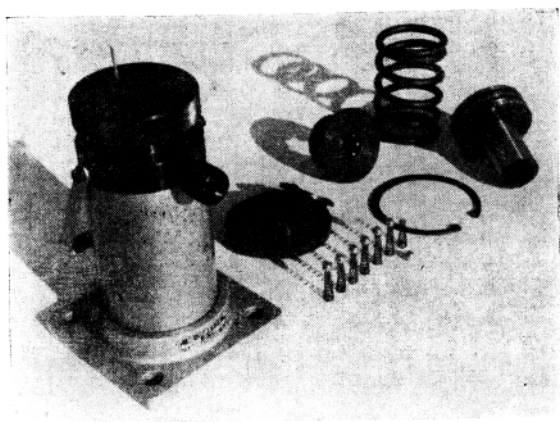
图(4) 标准模板



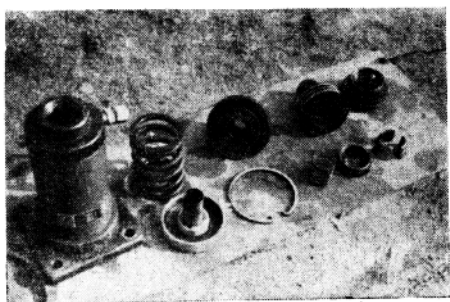
图(5) 柔性平台



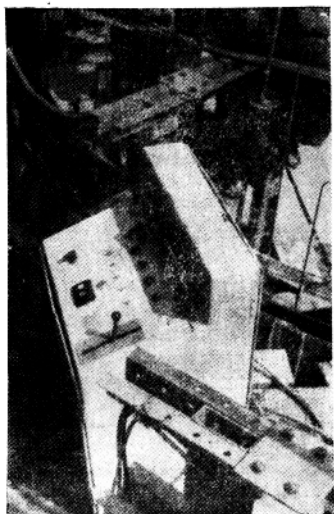
图(6) 刚性平台



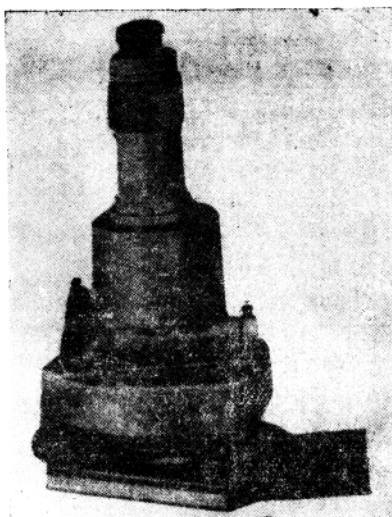
图(7) 钢珠式千斤顶



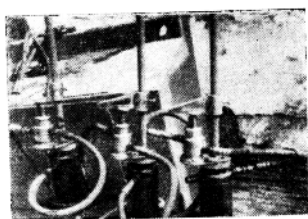
图(8) 卡块式千斤顶



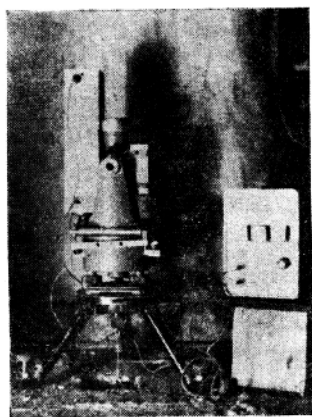
图(9) 液压控制台



图(11) 国外激光仪



图(10) 油路中限位阀



图(12) 国产激光仪

三、国内外滑模在各类结构的应用

(一) 构筑物

同各国滑模的发展过程一样,我国滑模首先在构筑物中应用。在普及过程中,逐步完善工艺、设备,扩大应用范围。冶金系统建筑职工在构筑物的滑模施工中,进行了许多的工程实践和科研试验,对我国的滑模新技术推广、应用起了一定作用,积累了不少宝贵经验。现在,冶金系统每年仍有一百多项工程采用滑模施工。1974年鞍钢修建部在二号高炉75米高的烟囱滑模施工中,首次成功地采用无井架液压滑模“双滑”工艺,筒壁和内衬同时滑升,工期从原60天缩短为25天,为烟囱施工闯开一条新路。此后,唐山陡河电站高180米的烟囱,首都附近某地高120米的烟囱均采用“双滑”工艺。其他各种构筑物,基本上也都采用滑模施工。大型的构筑物以上海市浦东粮仓群,重庆市长江大桥桥墩和首钢的双曲线冷却水塔等可为代表。目前,构筑物的滑模施工,正向高、大的多筒烟囱、大面积双曲线冷却水塔,电视塔等特殊构筑物发展。

(1) 上海市浦东散装粮食贮仓群

由上海市建工局第三建筑工程公司,于1975年建成。构筑物由贮仓群及工作楼两部份组成见图(13):

贮仓群由18个直径11米,壁厚20厘米的粮仓及10个星仓组成,每个仓由8根 80×80 厘米的柱子支承。仓群占地尺寸为 42.2×81.78 米。工作楼系七层单跨框架,高45.45米(电梯间高49.65米),跨外包平面尺寸为 11.30×38.9 米。框架柱附有墙壁,厚20厘米,梁断面尺寸为 $40 \times 100 \sim 120$ 厘米,配筋采用劲性钢筋。

该工程的混凝土标号为250号,验算滑升过程的稳定,E值(弹性模量)按100号混凝土取值。

(2) 重庆市长江大桥大型桥墩

重庆市长江大桥全长1073米,由7墩、2台组成8孔。该桥系预应力混凝土悬臂梁的“T”型结构;墩身高51米至62米,壁厚系600毫米至800毫米的三孔浅形墩,混凝土标号为250号。由于该桥具有深基、高墩、大跨度和施工季节性强的特点,必须在洪水到来之前,完成7个桥墩18894米³钢筋混凝土的浇灌工作,全桥7个桥墩,除主航道一个墩待后滑升外,其他6个墩均于1978年4~5月间,分别以14~18°,天工期,0.5~8毫米的垂直偏差值,高速度、高质量地滑毕建成,为大桥上部结构施工争得宝贵时间。滑升工作由四川省第八建筑公司、十八冶金建设公司、重庆市建工局和城建局等单位共同完成。每个桥墩布置102~122台起重重量3吨的千斤顶,采用龙门架或随升井架运送材料,以及供操作人员上下之用。每个桥墩混凝土量2500~3300米³,钢筋160吨左右,采用两班作业,每班80人左

右。滑升速度按天折算，最高速度达5.11米，最低为2.4米。由于墩身配筋密，混凝土量大，在短时间内完成近一万五千立方米混凝土，钢筋绑扎一千吨，且高质量建成，在国内还是空前的。

图(14)为滑升过程中全桥面貌。图(15)为1号2号桥墩滑升全貌，图(16)5号墩在滑升中。图(17)为7号墩的操作平台全貌。

(3) 上海石油化工总厂金山卫热电厂150米烟囱

上海市建工局第一工程公司，于74年9月27日建成，施工期为4个月零7天。

烟囱下口径14.4米，上口径8米，共有混凝土3029米³、钢筋280吨。筒壁最厚55厘米，最薄18厘米。用42台3.5吨液压千斤顶带动重量约79吨的操作平台（包括自重和活荷载）。平台系由内径3米拉力环和42根辐射梁组成。高150米的烟囱，偏差值为4厘米（未超过允许偏差15厘米的要求）。节约11万元，工效提高5倍。图(18)为滑升到顶时情况。

(4) 湖北引舟渠排子河渡槽槽墩

系湖北省水利电力局水利工程局施工，于1974年竣工

排子河渡槽长4320米，共有槽墩138个，其中114个采用滑模，计有混凝土一万立方米，四个半月时间全部滑毕。筒壁厚30厘米，两面有40:1坡度，底部尺寸为3×3.9米+2×1/4墩高。混凝土标号为150号。每天滑升速度为6~10米。采用滑模后，节约木材3500立方米，缩短工期一年。图(19)为滑升过程的情况。

国外，构筑物采用滑模很普遍，如：

在1964年至1967年间，苏联莫斯科修建一座世界最高的电视塔，高达525米。在标高385米以下，是现浇予应力钢筋混凝土，采用滑模施工；标高385米以上系钢结构，随后安装。

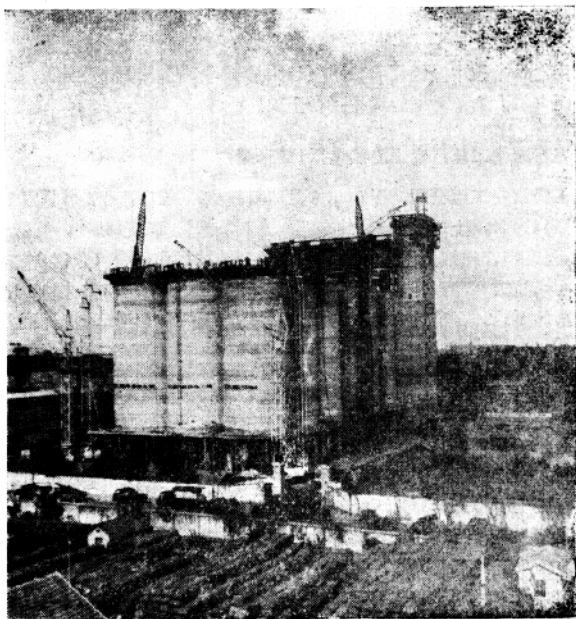
1970年，加拿大安大略城381米高的烟囱，采用滑模施工，仅十二个星期时间即建成。该烟囱底部直径35.5米，壁厚128厘米；烟顶直径15.8米，壁厚33厘米；共有钢筋1180吨，混凝土24,000米³。系采用西德滑模专利，共布置起重重4.5吨的千斤顶104台。滑升速度每天接近7米；平均速度每小时31厘米；最快时每小时61厘米。

1960年，西德建成奥地利的欧罗巴公路桥，高达146米的空心桥墩，采用滑模施工，每天的平均速度为4~6米。

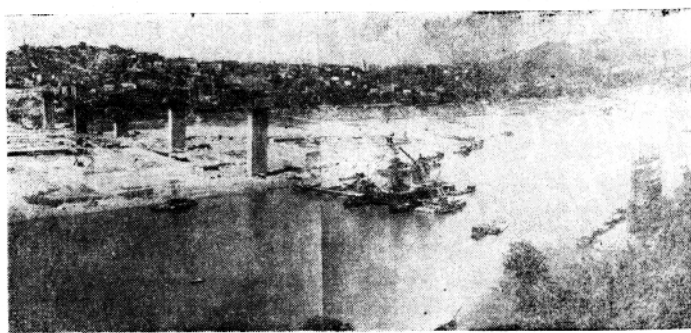
美国在奥维岗地区，于1971年间组成一个67人专业队，用216台液压千斤顶，滑升一座结构复杂的双曲线冷却水塔。平均每天升速为1.3米。

此外，东德也滑升成功一座冷却水塔。它的特点是采用激光仪校正模板位置。英国在英格兰的挪丁亨动力站，滑升一座高450呎的电站烟囱，采用电子计算机控制240台液压千斤顶爬升，其升差调整次数竟达十万次。

1967年，英国还在高60.96米，平面尺寸为15.24米×45.72米的莱士面粉厂贮仓，采用世界上已有的四种类型千斤顶（起重重3吨的126台，6吨的142台，22吨的94台及若干台升降式的12吨千斤顶），以每小时15~20厘米的滑升速度，进行滑模施工。滑升过程中，用脉冲计时器自动控制阀门给油，调整滑升速度，（系全部集中于液压控制台）进行综合控制，其限位器见图(2)，滑升过程见图(20)。



图(13) 上海市浦东散装粮食贮存群



图(14) 重庆长江大桥桥墩滑升过程全貌