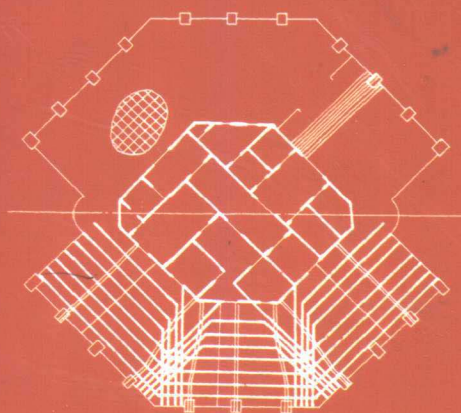
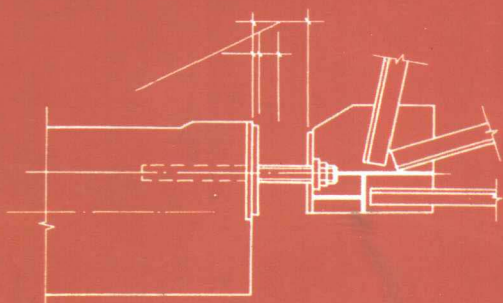
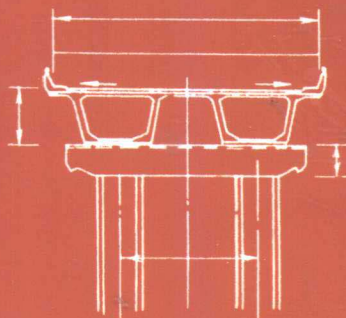
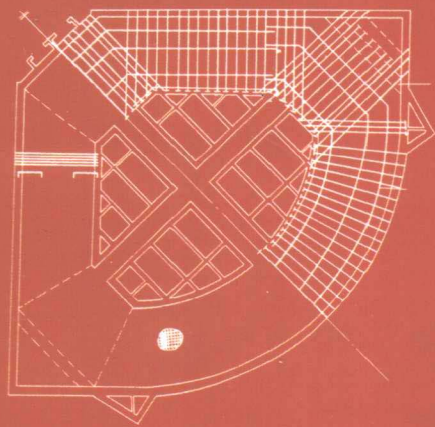


后张预应力 混凝土施工手册

中国建筑科学研究院 冯大斌 栾贵臣 主编



中国建筑工业出版社

后张预应力混凝土施工手册

中国建筑科学研究院 冯大斌 栾贵臣 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

后张预应力混凝土施工手册/冯大斌, 栾贵臣主编. —北京
中国建筑工业出版社, 1998
ISBN 7-112-03656-9

I. 后… II. ①冯… ②栾… III. 后张法预加应力-预应力混凝土-混凝土施工-手册 IV. TU757.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 26216 号

本书比较系统地总结了我国后张预应力技术材料, 设备及工艺技术方面的研究成果和实践经验, 全书分二篇, 第一篇材料、设备及工艺, 分别介绍预应力筋、后张预应力设备、预应力筋用锚具、连接器, 以及后张有粘结预应力施工技术、后张无粘结预应力施工技术、其它后张预应力工艺、后张预应力混凝土专项施工组织与管理。第二篇工程应用, 分别介绍了大跨度及高层楼盖结构施工实例 7 个, 特种工程及桥梁结构的预应力施工实例 10 个。

本书可供土建工程的设计、施工、监理、科研人员, 以及高等院校土建专业师生阅读和作为参考工具书。

* * *

责任编辑: 胡永旭

后张预应力混凝土施工手册

中国建筑科学研究院 冯大斌 栾贵臣 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18 1/4 字数: 467 千字

1999 年 1 月第一版 2000 年 12 月第三次印刷

印数: 4,501—6,000 册 定价: 30.00 元

ISBN 7-112-03656-9

TU·2812 (8947)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前言

近十年来,我国预应力混凝土技术得到了长足发展,预应力筋材料从 80 年代以前的冷拉Ⅰ、Ⅱ级钢,冷拔低碳钢丝,发展到目前大量使用的高强度低松弛预应力钢绞线、钢丝,预应力筋张拉锚固体系也相继开发了 XM、QM 和 OVM 等大吨位群锚体系,张拉设备配套逐步完善,张拉锚固吨位已达到 8000~10000kN 级;预应力新工艺层出不穷,特别是 80 年代以来开发的无粘结预应力成套技术,在我国房屋建筑中已经有很大用量;其它工艺如预应力加固工艺、重物提升工艺、桥梁顶推工艺等不断涌现。

我国的后张预应力技术已从 80 年代以前的单个构件、小吨位预应力技术,发展到目前的整体结构预应力技术和大吨位及超大吨位预应力技术。目前以高强钢丝、钢绞线为代表的高效预应力混凝土技术已在房屋结构的大跨、高层及特种部位使用,在桥梁结构方面,预应力技术广泛用于简支梁、连续梁、T 形刚构和连续刚构等各种类型桥梁中,此外在特种结构中,预应力技术也得到广泛应用,成为不可缺少的结构设计手法。

然而,目前我国的预应力混凝土施工专业队伍还很缺乏,有的低水平、无资质的施工队也承担预应力技术的施工,给我国工程建设带来隐患,影响了我国预应力技术的健康发展。尚需加强施工队伍资质管理和审核,杜绝无资质承包和越级承包现象。另一方面,我们编写本施工手册,力求总结我国后张预应力技术材料、设备及工艺技术方面的研究成果和实践经验,并深入浅出简明易懂,有利于施工操作。希望本手册能对预应力专业施工人员和土建总包施工人员及其它有关人员从事预应力工程的施工、管理等方面提供帮助。

本手册按《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92),《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ/T92—93 及相应材料、设备的规范、规程编写。

本手册第一篇材料、设备及工艺中的第一章、第二章、第五章、第六章、第八章和第七章中 7.2 节、7.3 节、7.5 节、7.6 节、7.7 节、7.8 节由冯大斌高级工程师编写,第三章、第四章和第七章中 7.1 节、7.4 节、7.9 节由栾贵臣高级工程师编写。第二篇介绍国内已建成若干有代表性预应力混凝土工程的施工技术。有关作者为:冯大斌、于树良、丁方儒、裴骥、南建林、王霓、李东彬、陈港、谢帜、于滨、厦祖明、杜元旺、栾贵臣、王广宇、孟履祥、戴伟明、孙梦兰。他们的工作单位将按工程项目出现先后次序在本手册有关章节中列出。谨此对各位专家、教授表示诚挚的谢意,感谢他们撰文介绍这许多宝贵的工程经验。张清杰同志参与了本书资料的收集工作,在此一并表示感谢。

本手册由冯大斌审定。

限于时间和水平,本手册中难免有缺点,甚至错误,衷心希望读者提出批评指正,以便今后进一步充实、提高。

目 录

第一篇 材料、设备及工艺

第一章 总论	3
1.1 预应力技术的原理及应用	3
1.2 预应力材料的发展	10
1.3 预应力设备的发展	11
1.4 预应力工艺技术的发展	11
第二章 预应力筋	13
2.1 预应力混凝土用钢丝	13
2.2 预应力混凝土用钢绞线	15
2.3 预应力混凝土用钢筋	17
2.3.1 热处理钢筋	17
2.3.2 精轧螺纹钢	18
2.4 非金属预应力筋	19
2.5 预应力筋的其它形式	20
2.5.1 无粘结预应力筋	20
2.5.2 斜拉索	22
2.5.3 涂层钢筋和涂层预应力钢绞线	23
2.6 预应力钢材的订购和存放	25
2.7 预应力钢材的检验	25
2.7.1 碳素钢丝检验	25
2.7.2 钢绞线检验	26
2.7.3 热处理钢筋检验	26
2.7.4 预应力筋的见证取样检验制度	27
第三章 后张预应力设备	28
3.1 张拉设备	28
3.1.1 液压千斤顶	28
3.1.2 高压油泵	46
3.1.3 顶压器	55
3.2 金属螺旋管及成型机	58
3.2.1 金属螺旋管分类及型式代号	58
3.2.2 对制管材料的要求及管内径尺寸系列	58
3.2.3 质量检验方法	59
3.2.4 金属螺旋管成型机	61
3.3 预应力筋切断设备	61

3.3.1 电动圆盘砂轮切割机	61
3.3.2 钢筋切断机	63
3.4 固定端锚具制作设备	64
3.4.1 钢丝、钢绞线固定端形式	64
3.4.2 挤压机	64
3.4.3 镦头器	68
3.4.4 压花机	69
3.5 穿束设备	71
3.5.1 穿束机	71
3.5.2 牵引机(卷扬机)	72
3.6 灌浆设备	74
3.6.1 灰浆泵分类、标记及技术要求	74
3.6.2 手动灰浆泵	75
3.6.3 电动柱塞式灰浆泵	75
3.6.4 电动挤压式灰浆泵	78
3.6.5 电动螺旋式灰浆泵	80
3.6.6 灰浆搅拌机	81
3.7 检测设备	82
3.7.1 预应力筋、锚具组装件性能检测设备	82
3.7.2 测力仪器	84
3.7.3 冲击回波仪	89
3.8 无粘结预应力设备	92
3.8.1 无粘结筋涂包设备	92
3.8.2 无粘结筋的质量控制	94
3.8.3 无粘结筋张拉设备	94
第四章 预应力筋用锚具、连接器	98
4.1 预应力锚固体系分类	98
4.1.1 钢绞线锚固体系	98
4.1.2 钢丝束锚固体系	100
4.1.3 粗钢筋锚固体系	105
4.1.4 钢筋束锚固体系	108
4.2 预应力锚、夹具、连接器技术要求、试验规定及验收方法	111
4.2.1 技术性能要求	112
4.2.2 锚固性能试验规定	114
4.2.3 进场验收方法	115
4.3 国内几种主要预应力筋锚固体系	116
4.3.1 QM 预应力体系	116
4.3.2 XM 型群锚体系	126
4.3.3 OVM 型预应力体系	127
4.3.4 B&S 预应力锚固体系	135
第五章 后张有粘结预应力施工	141
5.1 概述	141
5.2 后张有粘结预应力施工工艺	141

5.3 预应力筋下料及制作	142
5.3.1 预应力筋下料长度	142
5.3.2 预应力筋下料与编束	144
5.3.3 固定端制作	146
5.4 预留孔道	148
5.4.1 预应力筋孔道布置	148
5.4.2 孔道成形方法	150
5.5 钢筋工程及混凝土工程	154
5.6 预应力筋穿束	154
5.6.1 穿束时机	154
5.6.2 穿束方法	155
5.7 预应力筋张拉	155
5.7.1 张拉施工准备	155
5.7.2 预应力筋张拉	161
5.7.3 张拉伸长值校核	163
5.7.4 张拉安全注意事项	164
5.8 孔道灌浆	165
5.8.1 灌浆材料	165
5.8.2 灌浆设备	165
5.8.3 水泥浆的搅拌	166
5.8.4 灌浆	166
5.9 检查监理要点	166
第六章 后张无粘结预应力混凝土结构施工	168
6.1 一般要求	168
6.2 后张无粘结预应力施工工艺	169
6.3 无粘结筋下料及固定端制作	169
6.3.1 无粘结筋进场验收	169
6.3.2 无粘结筋下料及固定端制作	170
6.4 预应力筋布置	171
6.5 无粘结筋张拉	173
6.6 无粘结筋端头保护	173
第七章 其它后张预应力工艺	174
7.1 变角张拉工艺	174
7.1.1 单根预应力筋的变角张拉工艺	174
7.1.2 环形预应力筋的变角张拉工艺	175
7.2 预应力筋连接、搭接工艺	175
7.2.1 概述	175
7.2.2 预应力筋连接、搭接方式	176
7.2.3 工程应用	179
7.3 竖向预应力筋施工	179
7.3.1 竖向预应力筋布置	179
7.3.2 竖向孔道留设	180
7.3.3 预应力筋穿束	181

7.3.4 竖向预应力筋张拉	181
7.3.5 竖向孔道灌浆	182
7.4 斜拉索张拉锚固工艺	182
7.4.1 斜拉索与锚具分类	182
7.4.2 钢丝束拉索的制作及张拉	182
7.4.3 钢绞线缆索	184
7.5 体外预应力工艺	184
7.5.1 概述	184
7.5.2 体外预应力束布置构造	185
7.5.3 体外预应力束的防护	185
7.5.4 体外预应力束的应用	185
7.6 缓粘结预应力工艺	186
7.6.1 概述	186
7.6.2 缓粘结预应力筋的作用机理及试验	186
7.6.3 工程实践与今后的发展方向	187
7.7 预应力加固工艺	187
7.7.1 概述	187
7.7.2 预应力加固原理及构造方法	187
7.7.3 预应力加固法的设计计算和施工	188
7.8 无粘结预应力结构开洞、拆除工艺	189
7.8.1 概述	189
7.8.2 无粘结预应力结构开洞、拆除方法	189
7.8.3 工程应用	190
7.9 大吨位构件提升工艺	190
7.9.1 提升形式及特点	191
第八章 后张预应力混凝土工程专项施工组织与管理	193
8.1 概述	193
8.2 专项施工工作	193
8.2.1 招投标、报价及合同	194
8.2.2 工程量计算方法	194
8.2.3 施工组织及策划	194
8.2.4 施工准备	194
8.2.5 施工管理	195
8.3 专项施工组织设计	195
8.4 预应力筋张拉施工方案	197

第二篇 工 程 应 用

第九章 大跨度及高层楼盖结构施工	201
9.1 首都国际机场停车楼有粘结预应力框架结构施工	201
9.2 大柱网无粘结预应力现浇框架扁梁双向密肋楼盖结构快速施工技术 ——北京大钟寺农贸市场批发大厅工程	206
9.3 珠海机场候机楼无粘结预应力楼盖快速施工	210
9.4 上海申鑫大厦无粘结预应力楼盖施工	215

9.5	广州城建大厦预应力混凝土楼盖的设计施工与经济分析	220
9.6	青岛中银大厦无粘结预应力混凝土楼板施工	227
9.7	济南长途电信枢纽工程主楼大跨度、重荷载无粘结预应力变截面平板 楼盖设计与施工	231
第十章	特种工程及桥梁结构的预应力施工	240
10.1	首都国际机场新航站楼北指廊地下室底板及外墙预应力施工	240
10.2	越南笔山水泥厂预应力筒仓施工	244
10.3	南京电视塔预应力施工工艺介绍	249
10.4	潮州体育馆索桁屋盖预应力施工	255
10.5	北京西客站主站房预应力钢桁架施工	260
10.6	南京体育学院体育馆工程钢桁网组合结构 77m 预应力空间主桁架 施工技术	263
10.7	水塔水箱整体提升——QM 体系的先进工法	269
10.8	预应力变角张拉装置的研究与应用	272
10.9	QML 型预应力钢绞线连接器在厦门高集海峡桥中的应用	276
10.10	广东省九江斜拉桥冷铸锚具的研制与应用	279
	主要参考文献	284

第一篇 材料、设备及工艺

第一章 总 论

1.1 预应力技术的原理及应用

预应力技术的基本原理在几个世纪之前就已出现,当时人们用竹皮或绳索,缠绕木桶并通过沿桶壁鼓形轮廓收紧而使桶箍受拉,转而在桶板之间产生预压力,这样桶就能抵抗内部液体所产生的环向拉力。换言之,桶箍和桶板在受荷之前,就已作用有预应力。

上述原理的现代应用应归功于现代预应力技术的创始人——法国的 E. Freyssinet。是他成功地发明了可靠而又经济的张拉锚固工艺技术,从而推动了预应力材料、设备及工艺技术的发展。

预应力技术的发展是从预应力混凝土的发展中得到升华和完善的。最初人们把预应力原理用于混凝土结构中,形成预应力混凝土,其出发点只是想通过预张拉在混凝土中产生永久的压应力以改善混凝土的抗拉能力。后来才清楚,预张拉钢材可充分利用高强度钢材。随着预应力实践经验的积累,人们开发出多种高强度预应力筋,配套形成一整套制作、张拉、锚固、保护与防腐蚀工艺,在此基础上开发出了有粘结后张预应力混凝土技术、无粘结后张预应力混凝土技术、缓粘结后张预应力混凝土技术、体外预应力束技术,形成了多种预应力工法和专利技术。目前预应力技术已广泛用于桥梁、房屋、水工、核能、海洋结构等领域,其特有的工艺也用于结构加固、重物提升与平移、深基坑支护等工程中的特殊部位,以解决各种工程难题。

在房屋建筑中,层数最多的预应力工程是广东国际大厦主楼,总计 63 层,采用无粘结预应力楼盖技术;高度最高的是青岛中银大厦,总高度 241m,58 层,采用无粘结预应力平板结构体系;面积最大的单体工程是首都国际机场新航站楼,每层面积 8.8 万 m^2 ,总建筑面积约 27 万 m^2 ;柱网最大的工程是深圳车港工程,柱网尺寸为 16m $\times$ 25m,在房屋建筑中,所采用的预应力结构体系极为丰富。

在桥梁结构中,采用预制预应力混凝土简支梁的郑州黄河公路大桥,桥长 5550m,简支梁跨度 50m;采用预应力混凝土 T 型刚构的重庆长江大桥,桥长 1073m,主跨 174m;采用悬臂浇筑施工的预应力混凝土变截面连续梁桥,最大跨度为 154m;采用移动模架逐孔施工的厦门跨海大桥,主桥长 2070m,为跨度 45m 的预应力混凝土等截面连续梁。在连续刚构桥中,已建成的湖北黄石长江大桥,桥长 2580m,主桥为 (162.5+3 $\times$ 245+162.5) m 五跨一联预应力混凝土连续刚构桥;而在建的广东虎门桥辅航道桥是目前世界上跨径最大的预应力混凝土连续刚构桥,主跨达 270m。

预应力技术在我国房屋、桥梁及特种结构等工程中的应用概况见图 1-1-1~图 1-1-15。



图 1-1-1 广东国际大厦

广东国际大厦主楼建筑面积 8.8 万 m^2 ，63 层，筒中筒结构，采用无粘结预应力楼盖结构，跨度 $7 \sim 9.4 \text{ m}$ 。

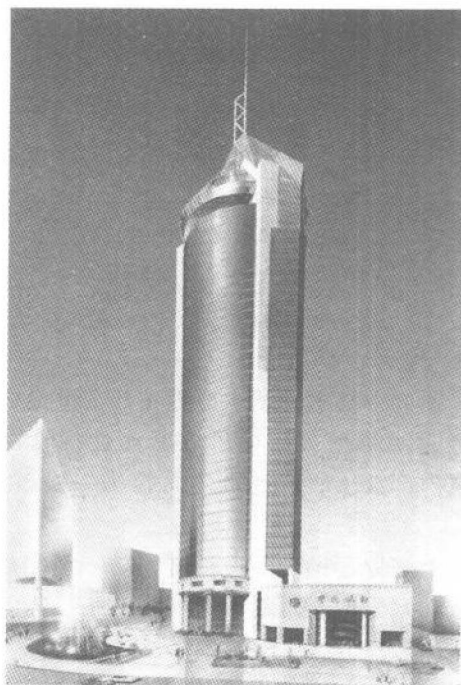


图 1-1-2 青岛中银大厦

青岛中银大厦总建筑面积 10 万 m^2 ，总高度 241 m ，共 58 层，大厦主楼为筒中筒结构，内外筒间跨度为 8.1 m 至 9.83 m ，采用无粘结预应力平板结构体系。



图 1-1-3 首都国际机场新航站楼

首都国际机场新航站楼建筑面积约 27 万 m^2 ，地下一层，地上三层，柱网 $(9 \times 9, 9 \times 12, 9 \times 18) \text{ m}$ 。航站楼地下室底板、外墙、首层顶板、二层顶板、三层顶板及屋顶钢结构采用无粘结预应力技术施工。

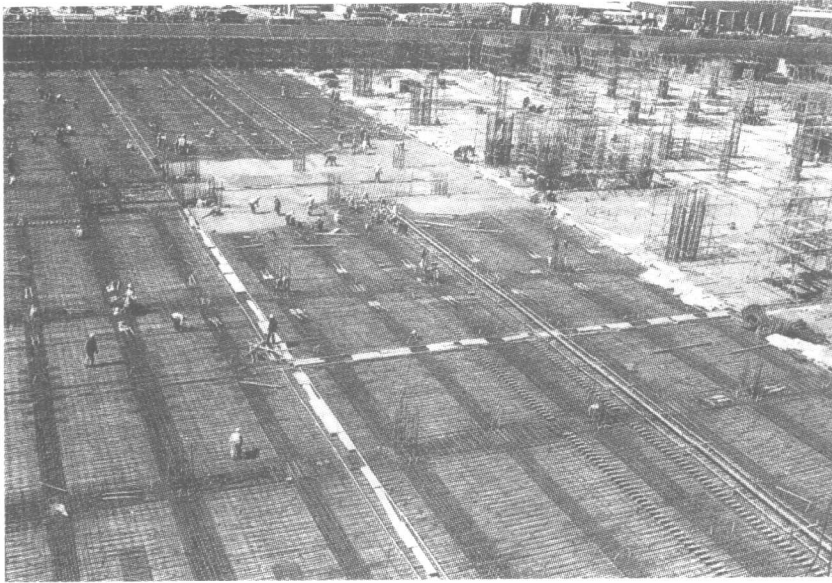


图 1-1-4 首都国际机场停车楼

首都国际机场停车楼地下四层，地上一层，南北方向长 266.8m，东西方向宽 133.8m，每层面积 35000m²，总面积 17 万 m²，停车楼地下室底板，外墙及楼板采用无粘结预应力技术，框架主梁采用有粘结预应力技术，柱网 9m×18m。

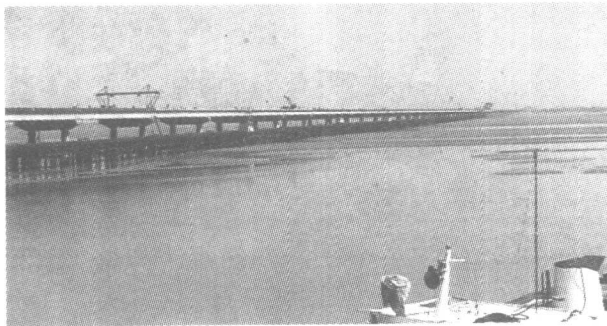


图 1-1-5 郑州黄河公路大桥

郑州黄河公路大桥上部结构为 50m 跨简支梁，全长 5550m。采用 XM 后张预应力体系。

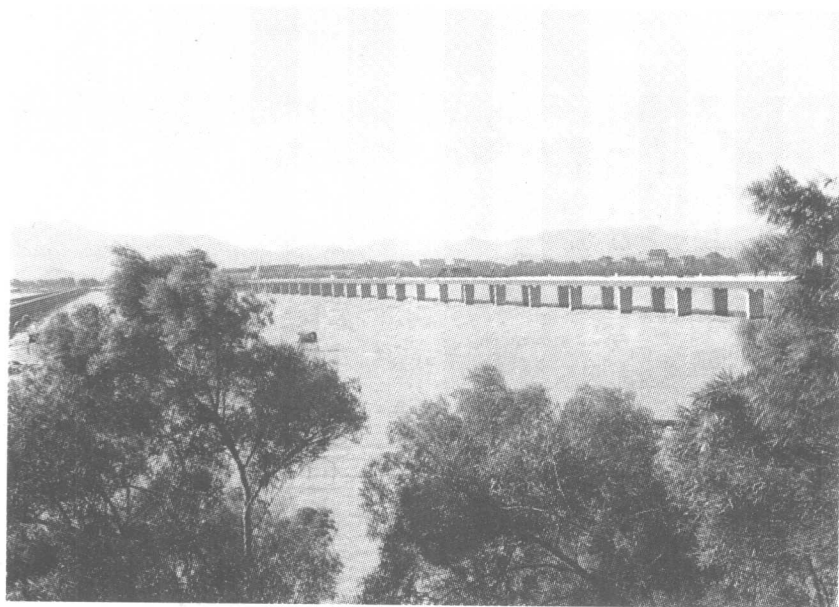


图 1-1-6 厦门高集海峡桥

厦门高集海峡大桥主桥上部结构采用滑动模架逐孔施工,跨度 45m,总长 2070m,采用 QML 型预应力钢绞线连接器。

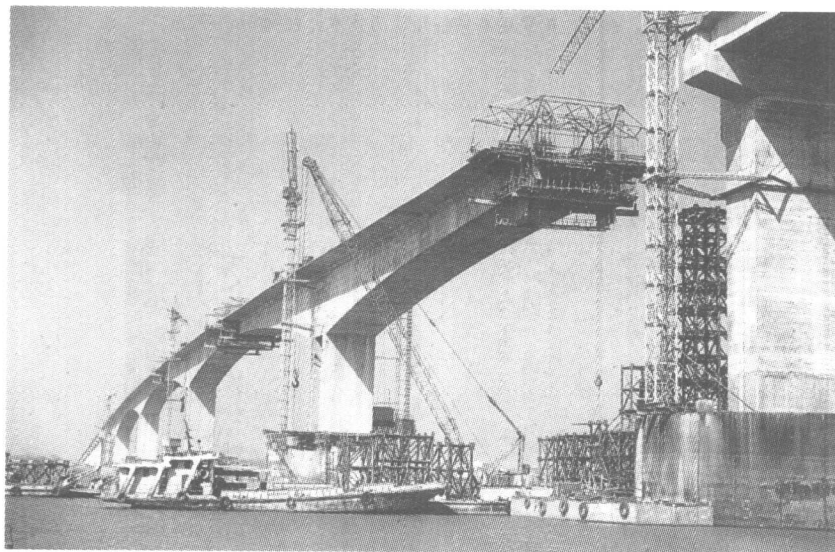


图 1-1-7 黄石长江公路桥

黄石长江公路大桥主桥上部结构为连续刚构,主跨 $3 \times 245\text{m}$,桥面连续长度 1060m。



图 1-1-8 上海南浦大桥
上海南浦大桥为主跨 423m 斜拉桥。

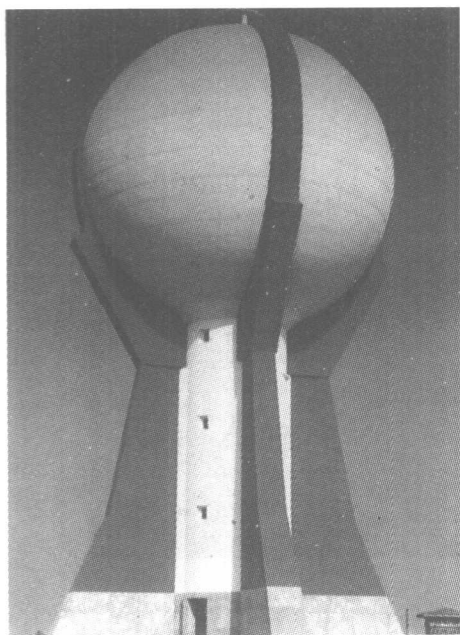


图 1-1-9 阿尔及利亚球塔
阿尔及利亚球塔，体积 2500m^3 ，采用环向预应力技术。

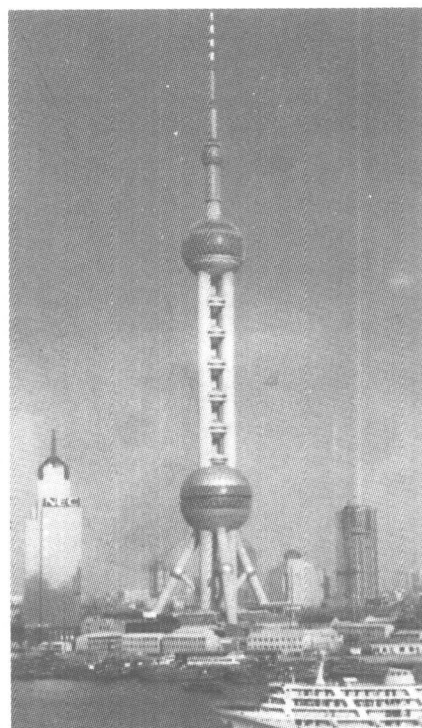


图 1-1-10 上海电视塔
上海电视塔总高度 450m，采用纵向超长预应力技术。

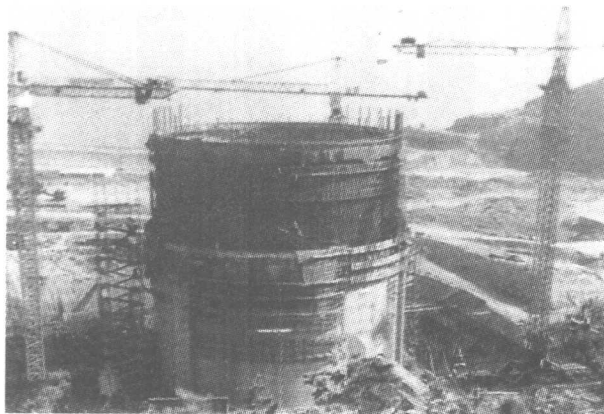


图 1-1-11 秦山核电站

秦山核电站采用大吨位环向、竖向预应力技术。

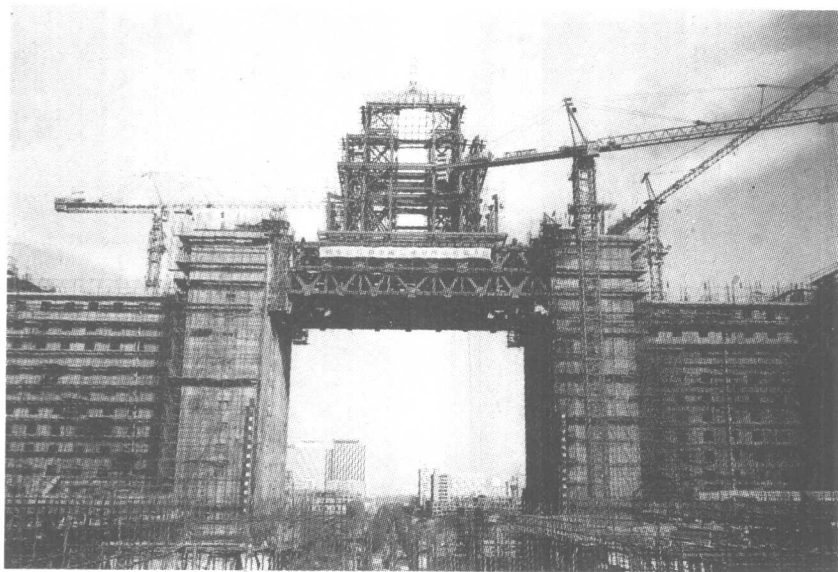


图 1-1-12 北京西客站

北京西客站中央塔楼为大跨度预应力钢桁架，全部结构在地面制作后，采用大吨位提升。