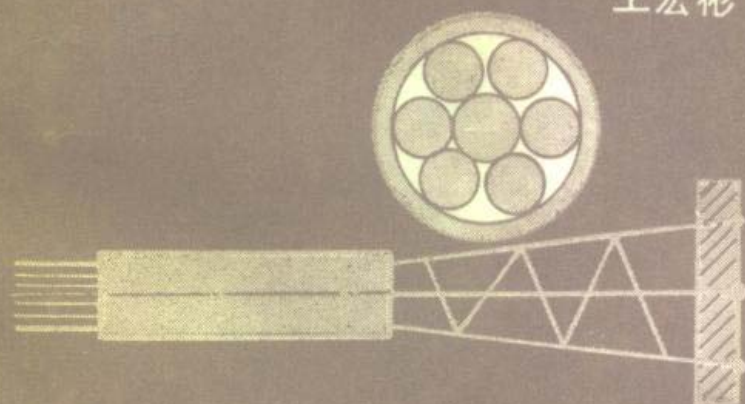


现代建筑技术实用丛书

高效预应力 混凝土工程技术

傅 温 主 编
张 玉 明 副 主 编
王 宏 彬



中国民航出版社

7.3/8
F86

现代建筑技术实用丛书

高效预应力混凝土工程技术

傅(书)强(书)编
张玉明
主(书)彬(书)副(书)编

TU378

F86

中国民航出版社

0226/69
(京)新登字 95-307 号

图书在版编目 (CIP) 数据

· 高效预应力混凝土工程技术/傅温主编. — 北京: 中国民航出版社, 1996. 4

ISBN 7-80110-038-7

I. 高… II. 傅… III. 高效预应力—建筑工程—技术 IV. TU·001
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 08546 号

现代建筑技术丛书

高效预应力混凝土工程技术

傅温 主编

张玉明, 王友彬 副主编

*

中国民航出版社出版

(北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号 邮政编码 100028)

新华书店科技发行所发行 新华书店经销

百善印刷厂 (北京昌平) 印装

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 24.75 字数: 500 千字

1996 年 4 月第 1 版 1996 年 4 月第 1 次印刷 印数: 1-6500

ISBN 7-80110-038-7/TU·001 定价: 37.50 元

努力推廣科技
成果不斷提高
隊伍素質

題現代建築技術實用叢書

癸丑年五月葉如棠

中華人民共和國建設部副部長葉如棠
為現代建築技術實用叢書題詞

现代建筑技术实用丛书顾问

许溶烈

《高效预应力混凝土工程技术》顾问

陆钦赞

《高效预应力混凝土工程技术》

编委会主任委员

林远征

委 员	张	王	明	裘	函	始	周	华
	李	晨	光	李	国	立	袁	祖
	杨	杰		仝	为	民	张	然
	刘	文	龙	冯	蕾		钱	英
	徐	焱		王	丰		祝	伯
	苑	丙	南	张	红		刘	英
	周	正		张	力		姚	旭
	张	传	成	汪	良	俊	王	宏
	傅	温						

前 言

开发推广高效预应力混凝土技术是国家科委和建设部“八五”和“九五”科技计划重点推广项目之一，是我国建筑发展的重要技术方向和建筑工业化的重要技术政策。我国对高效预应力混凝土成套技术的研究和开发是从50年代开始起步的，70年代末得到了重大突破，目前已经取得了长足发展，该项技术的应用范围不断扩大，技术水平也不断提高。为把该项技术推向一个新的水平，还需要全体工程技术人员的不懈努力，发展和开发高效预应力混凝土结构。

现将近年来在高效预应力混凝土工程新技术研究、开发应用中取得的成果汇编成册。这些文献集中反映了北京市建筑工程研究院等单位的工程技术人员在促进我国高效预应力混凝土工程技术发展上的成就及开发前景。

全书共分7部分，即综述、设计计算、试验研究、锚固系统、配套设备、工程施工实例和有关标准等。

该书可供土建结构专业设计、科研、施工工程技术人员及大专院校师生参考。本书如有缺点和不妥之处，请提出宝贵意见。

编者

〔内容提要〕

本书为现代建筑技术实用丛书之一。该书作者多为长期从事高效预应力混凝土的研制、设计和施工人员。他们从不同的侧面具体阐述了近年来所取得的科技成果，具有一定的权威性和可靠性。该书比较全面系统地介绍了预应力混凝土技术和工程应用，主要内容包括：无粘结预应力工程技术的发展与应用，设计与计算，工程测试，试验研究，锚固系统，配套设备，多种类型工程应用实例和有关标准、规程、工法及技术数据等。这些项目内容先进、技术实用、资料翔实，为我国预应力混凝土工程技术的进一步发展和广泛应用，步入国际先进行列，提供了极其宝贵的经验。

本书主要读者对象为建筑、建材、市政、铁路、公路桥梁、化工、机械、水工、军工、商业和冶金等行业的工程技术人员，大专院校的师生也可作为自学的参考书。

目 次

无粘结预应力技术的应用与发展	(1)
无粘结预应力混凝土结构 BUPC 体系	
应用与发展	(11)
无粘结预应力钢丝束的制作工艺	(23)
无粘结钢丝束的预应力摩阻损失	(34)
三跨无粘结预应力连续板设计	(38)
大跨度无粘结预应力平板试验	(48)
无粘结部分预应力扁梁梁柱节点性能试验	(64)
反摩擦对初始应力的影响	(83)
BUPC 体系结构耐久性检验	(94)
无伸缩缝地上水池防开裂技术测试	(105)
消化池无粘结预应力混凝土结构设计	
与工程测试	(135)
部分预应力混凝土连续梁中无粘结筋极限	
应力测试	(146)
大跨度现浇无粘结预应力薄腹梁内力及变形	
的分析研究	(174)
B&S 及 BUPC 预应力锚固体体系的研究与开发	(194)
无粘结预应力体系锚固区局部受压试验	(230)
悬挑屋盖系统斜拉索预应力测试与分析	(240)
光大国际贸易中心无粘结预应力结构工程测试	(248)
无粘结预应力现浇平板结构设计	(279)

无粘结预应力双向板计算实例	(295)
无粘结预应力扁梁结构设计	(303)
无粘结预应力现浇混凝土平板结构设计	(317)
金山大厦无粘结预应力结构平板设计	(334)
高层建筑无粘结预应力楼盖设计	(349)
大跨度无粘结预应力悬挑梁设计	(357)
13.2 m 跨无粘结预应力密肋楼板设计	(368)
红昌花园综合楼预应力板梁结构设计	(378)
预应力混凝土箱形基础工程的研究、设计 及应用	(387)
东方购物中心 6 m 无粘结预应力悬臂梁 设计	(412)
大跨无柱帽双向后张无粘结预应力板柱体 系施工	(418)
开口式双缸千斤顶	(425)
前卡式千斤顶	(436)
BUPC 预应力张拉配套机具的开发与应用	(443)
汽车库工程现浇预应力混凝土平板设计与 施工	(454)
北京饭店贵宾楼无粘结预应力无梁楼盖施工	(471)
广州国际大厦主楼楼板预应力施工	(475)
永安公寓大开间无粘结预应力板墙施工	(483)
新世纪饭店后张无粘结预应力平板施工	(487)
北方交通大学图书馆屋面预应力施工	(490)
北京中医研究院科研楼单向无粘结预应力 楼盖体系施工	(494)

海光大厦无粘结预应力楼盖施工	(496)
大面积双向密肋楼板无粘结预应力设计与 施工	(502)
南方大厦主楼部分预应力楼板设计与施工	(508)
27 m跨双向无粘结预应力井式梁施工	(516)
25.8 m无粘结预应力混凝土梁施工	(527)
真空过滤机厂无粘结预应力框架梁施工	(533)
无粘结预应力悬挑梁施工	(536)
天元大厦超长筏片式基础预应力施工	(540)
中化大楼无粘结预应力平板施工	(546)
幸福大厦后张无粘结预应力楼板施工	(549)
厂甸市场无粘结预应力双向平板结构施工	(557)
大型环向预应力混凝土基础施工技术	(559)
采用体外预应力技术加固原煤贮仓	(566)
中央电视塔塔体竖向预应力混凝土结构施工	(573)
大跨度单层厂房预应力结构施工	(592)
体外预应力体系及应用	(599)
体外预应力结构工程应用	(613)
预应力筋的非金属化研究	(627)
后张预应力平板板柱节点受力性能	(640)
北京地区无粘结预应力混凝土结构体系 (BUPC) 设计与施工规程	(655)
无粘结预应力混凝土梁板结构工法	(693)
YCN 系列单根预应力筋张拉设备使用方法	(707)

高层大开间预应力板墙体系设计与施工建议	(717)
我国预应力混凝土用钢丝标准	(721)
我国预应力混凝土用钢绞线标准	(725)
部分国家钢绞线标准	(727)
低松弛预应力钢绞线技术标准	(730)
无粘结预应力筋专用防腐润滑脂技术要求	(732)
无粘结预应力筋用塑料技术性能	(733)
预应力筋用锚具、夹具和连接器的技术要求、 检验方法及规则	(735)
预应力用油泵技术要求	(744)
预应力用液压千斤顶技术要求、检验方法 及规则	(751)
无粘结预应力钢筋混凝土构件的材料 与施工	(759)
无粘结预应力束防腐蚀暂行建议	(766)
预应力筋张拉伸长值计算与量测	(776)

无粘结预应力技术的应用与发展

近 20 多年来，我国在无粘结预应力技术的研究与应用方面取得很大进展。完成了其结构基本性能系统研究及配套的施工工艺、生产设备和机具，编制了相应的设计与施工规程。形成了具有我国自己特点的“无粘结预应力混凝土结构体系 (BUPC)”。目前，这项技术已广泛用来建造各种类型的多层、高层建筑（宾馆、写字楼等）、多层工业厂房、停车库、储仓和工程加固等工程。

后张无粘结预应力不同于通常后张预应力施工工艺，施工时不需预留孔道，其预应力筋（钢丝束或钢绞线束）采用挤压方法成型，然后在钢丝束表面涂抹一层润滑防锈油脂，再用聚乙烯材料包裹，制成专用的无粘结预应力筋，在浇筑混凝土前，同非预应力筋一样，按设计要求铺设在模板内，然后浇筑混凝土，待混凝土达到一定强度后进行张拉、锚固、封堵端部。它无需灌浆，简化了其它后张预应力混凝土的施工工艺。

早在本世纪初就有人提出采用无粘结预应力筋的设想，20 年代德国就有人申请了专利，但直到 50 年代中期方在楼面结构中得到应用。开始，美国采用无粘结预应力升板代替钢筋混凝土升板，克服了提升过程中由于不完全同步而引起过大裂缝的缺点。接着采用无粘结预应力混凝土双向平板代替普通钢筋混凝土双向平板，解决了大柱网双向平板的挠度问题。但当时由于对无粘结预应力混凝土性能的认识不足，

设计方法过于烦琐，难以大量推广。直到 1963 年林同炎教授提出荷载平衡设计方法之后，揭开了后张预应力混凝土神秘的面纱，大大简化了这种无粘结平板的分析与设计方法。无粘结预应力混凝土在美国的成功应用，又促进了无粘结技术在西欧、日本以及东南亚地区的发展。

我国于 60 年代后期在“三线”建设中首先采用了涂沥青的冷拉钢筋作无粘结筋，用于屋面桁架的下弦。70 年代初先后在上海、北京、云南等地对无粘结预应力的基本性能进行研究。中国建筑科学研究院与无锡市建筑设计院等单位合作建造了采用无粘结预应力井式梁板悬挂技术的多层（带夹层）纺织厂房，无粘结筋采用沥青涂包成型的钢筋束和钢绞线束。1980 年，北京市建筑工程研究院研制成功挤压涂层的无粘结筋生产线和相应的锚固系统，并与北京市建筑设计研究院等单位合作成功地完成了 750m^2 三层双向平板的试点工程和全国政协车库（ $8.5\text{m} \times 9\text{m}$ 柱网）工程，使无粘结预应力技术进入了实用阶段，为日后大规模地推广无粘结预应力技术创造了条件。

近十几年来，全国已建成的无粘结预应力楼（屋）盖结构的建筑，总面积达到 200 万 m^2 左右。具有代表性的建筑，如北京永安公寓、北京科技活动中心、新世纪饭店、北京饭店、广东国际大厦（63 层）、上海新民晚报大楼等。此外，这项技术除房屋建筑外还应用到其它工程领域，例如：江苏丹阳建成 70m 跨度无粘结预应力系杆拱桥；山东胜利炼油厂设备基础用无粘结筋进行了加固，将原有独立基础改造成整体筏式基础；云岗煤矿原煤筒仓，筒仓直径为 40 m，高 51 m，为亚洲最大的原煤贮仓；沧洲炼油厂 $48.2\text{m} \times 19.2\text{m}$

×6.0m 地上曝气池，首先采用水平向抛物线型无粘结预应力以消除伸缩缝，并同时平衡高位水压及温差效应。除此之外，无粘结预应力技术还在其它特种结构中得到应用。

1 无粘结现浇预应力平板结构的应用

多层和高层建筑中，大跨度、大柱网楼面（屋面）结构对建筑使用功能、设备安置、管道铺设及造价的经济情况有不同要求。因此，选择什么样的结构材料和结构形式去适应这些要求至关重要，使用无粘结预应力技术，在大跨度楼面结构设计中具有显著优势，应用也最为广泛。

1.1 无粘结后张预应力楼盖结构的特点

(1) 较大的跨度。预应力混凝土梁、板的经济跨度比钢筋混凝土的要大 50% ~ 100%，跨度增大，所需要的柱子及基础也就减少。

(2) 布置灵活。梁和板的跨度大了，房屋内部可以没有柱子或只有很少几根柱子，使室内布置更为灵活，可以随意分隔，隔墙的重新布置也比较容易，能适应使用功能的改变。

(3) 板厚较薄。现浇后张无粘结预应力平板的厚度可以做到普通钢筋混凝土板的 2/3 或更薄，因此，有利于降低高层建筑的层高与总高度。当建筑物总高度有限制时，无粘结平板结构比钢筋混凝土平板结构每 10 层大约可增建一层。

(4) 使用性能好。容易做到挠度和裂缝的控制，也容易做到不渗漏。可以作为汽车库的自防水屋面而不需要增加其它防水措施。

(5) 抗腐蚀性强。涂有防腐油脂外包塑料套管的无粘

结筋具有双重的防腐能力。

(6) 结构自重轻。楼面结构厚度薄，自重轻，有利于减轻下部支承结构（柱、墙、基础）的荷载和降低造价。

(7) 伸缩缝间距大。具有足够的预压应力以抵消混凝土收缩和温度引起的应力，因此，可以加大伸缩缝的距离或取消伸缩缝。采用现浇后张平板高层建筑不设伸缩缝的建筑长度最大达 140m。

(8) 管线设置方便。一定厚度的现浇无粘结平板可敷设一般管线，采用扁梁的后张楼板，扁梁之间的空间可以布置其它外露管线。

(9) 防火性能可靠。现浇后张平板结构的防火试验和火灾灾害表明，只要具有适当的保护层厚度与板的厚度，防火性能是很可靠的。一些国际标准与规范对板的最小厚度与最小保护层厚度都作有规定。

(10) 抗震性能好。现浇后张平板是一种比较理想的刚性水平横隔板，能将所承受的水平地震力按刚度传递给各抗侧力结构构件。但当板作为框架结构的水平构件时，节点应仔细分析，应配置一定数量非预应力筋，并注意局部构造。许多抗震试验的结果表明，后张预应力平板能达到令人满意的延性指标，改善了结构的抗震性能。美国旧金山与洛杉矶以及菲律宾马尼拉等地的大地震实录都表明，后张预应力混凝土结构具有良好的抗震能力。

(11) 施工速度快。由于平板结构所采用的模板简单，使用整间的飞模、桌模及大块快拆模板，与梁板式结构的传统木模、小钢模相比，移动、设置既方便又省工；预应力筋与普通钢筋可同时铺放，预应力筋的张拉，一般都不会超过

上层楼板安放模板的时间，于张拉完毕后即可拆除模板。所以与普通钢筋混凝土平板或梁板式结构相比，施工速度更快、施工周期更短。在国内工程实践中，采用无粘结预应力工艺施工的平板结构可达每月 5 ~ 6 层，国外经验一般为 5 d 一层，快的为 4 d 甚至 3 d 天一层。

1.2 常用的几种后张无粘结楼板体系

从综合经济出发，如有可能，后张无粘结现浇楼板宜取用较大的跨度。确定楼板厚度的控制因素往往是刚度而不是强度。楼板必需有足够的刚度以控制短期和长期荷载作用下楼板向下的挠度与向上的反拱。

采用荷载平衡法概念设计后张无粘结楼板是当前国际上普遍采用的计算方法。此法系美籍华人林同炎教授提出，概念清楚、计算简单，有利于控制结构挠度，而且有足够的精度。后张无粘结抛物线束对楼板的作用可理解为向上作用的力或荷载（即竖向等效荷载），用以平衡或抵消重力荷载（恒载或恒载与活载之和）的一个部分，使得楼板在这一特定荷载下既没有向下也没有向上的挠度。超过这一荷载对楼板引起的拉应力则由所配置的普通钢筋承担。

无粘结后张混凝土楼板体系可分为有梁体系与无梁体系两类，前者用梁或墙支承，常用单向板；后者直接支承于柱，用双向板。无粘结双向板的形式很多，主要的有：无梁平板、带托板平板、带扁梁平板与双向密肋板 4 种（图 1）。现将这 4 种板的形式、尺度和应用范围作一简要叙述。

（1）无梁平板（图 1a）

板直接支承于柱的等厚度双向平板，适用于办公楼、医院、旅馆、公寓等柱网接近于正方形的建筑。无梁平板的模

板简单, 管线设备位置可灵活布置, 施工比较方便。经济跨度一般为 $6 \sim 9\text{m}$, 平板取用的跨高比 (l/h), 多跨连续板约为 $40 \sim 45$ 。

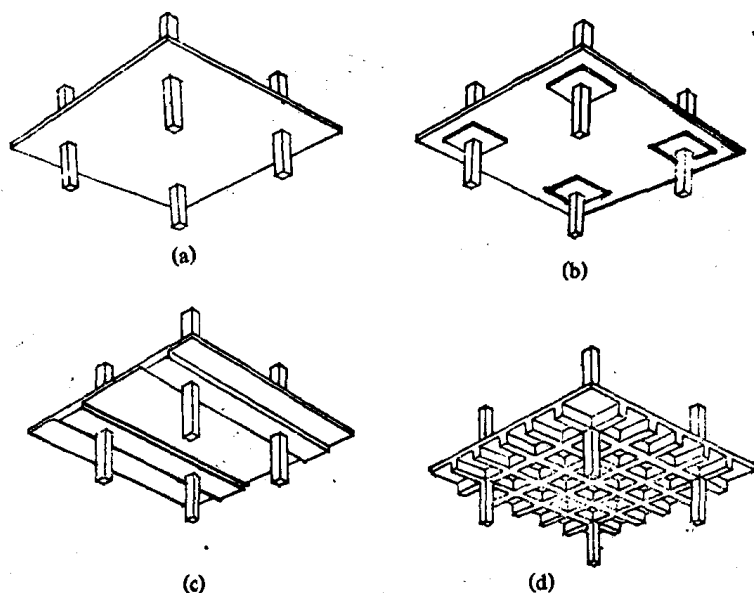


图1 常用的几种无粘结楼板体系

- (a) 无梁平板; (b) 带托板平板; (c) 带扁梁平板;
(d) 双向密肋板

(2) 带托板平板 (图 1b)

有利于增加楼板的刚度, 同时又保持无梁平板施工方便的优点。增加托板后, 和无梁平板相比, 经济跨度可扩大到 $12 \sim 15\text{m}$, 适用于荷载或跨度更大的建筑。托板伸出底面的高度一般不超过平板厚度 h , 托板的宽度在楼板的每一方向不