

现代预应力混凝土 楼盖结构 (第二版)

徐金声 薛立红◎著

中国建筑工业出版社

现代预应力混凝土 楼盖结构

(第二版)

徐金声 薛立红 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代预应力混凝土楼盖结构 / 徐金声, 薛立红著. —2 版.

北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 5

ISBN 978 - 7 - 112 - 15404 - 3

I. ①现… II. ①徐…②薛… III. ①预应力混凝土
结构—地板—上部结构 IV. ①TU378

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 087561 号

本书是按我国现行规范、规程、最新科研成果和国家专利技术, 结合工程实践经验, 介绍现代预应力混凝土楼盖结构 (包括现浇和预制) 的现状、材料与设备、结构性能、设计理论与计算方法、造型与构造措施、新型楼盖结构的设计技术、施工方法与预应力结构遭破坏后的修复方法, 以及检测和试验研究结果; 重点为承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算。书中列有预应力连续梁、平板、双向密肋板、空心板、夹层板、井式梁板、框架和框架扁梁楼盖结构的工程实例。

本书可供土建工程的结构设计、审图、施工、监理、筹建、科研人员和大专院校的师生参考。

* * *

责任编辑: 蒋协炳

责任设计: 张 虹

责任校对: 姜小莲 关 健

现代预应力混凝土楼盖结构 (第二版)

徐金声 薛立红 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

华鲁印联 (北京) 科贸有限公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 27 $\frac{3}{4}$ 字数: 693 千字

2013 年 11 月第二版 2013 年 11 月第三次印刷

定价: 76.00 元

ISBN 978 - 7 - 112 - 15404 - 3
(23495)

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)

第二版序言

现浇整体后张有粘结和无粘结预应力混凝土在多层、高层和大跨度房屋建筑中已大量应用。现代结构材料（尤其是高强度低松弛的钢绞线）和结构设计理论与电算技术的发展，使结构工程师可以建造出大开间、大柱网或大空间的多层、高层、超高层、超长度、超大面积和巨型建筑。实践表明在同等使用功能、施工速度与质量要求的条件下，混合配筋预应力混凝土结构在节约材料和降低工程造价方面占有优势，而且适用于地震区；因而它在工业发达的国家被大量采用。近二十年来，我国已大面积应用，并相应地进行了试验研究、理论分析和工程设计等工作，获得了一些新的认识和研究成果。我国现行的规范和规程也作了相应地调整。

然而，规范和规程要编入最新预应力混凝土研究成果和专利技术，适应设计和施工的需要，还要有一段时间；特别是经济效益高的专利技术的出现，在专利有效期内还不能编入。对《现代预应力混凝土楼盖结构》（第一版）进行修订，补充介绍这个领域的最新研究成果和经济效益高的专利技术，促进生产力的发展是十分必要的。故书中在参考文献中，注明了所介绍的最新研究成果的出处和依据，尤其是使用性能与经济效益高的专利技术的专利号、发明人和专利权人，以便设计和施工人员及建设方采用时，查看专利技术的保护范围和有效期，并遵守我国《专利法》和《合同法》的法规，以利于社会经济效益高的新技术和专利技术尽快在市场经济中和谐发展和大面积推广应用，促进生产力的提高。

1982~2005年，作者得到国家自然科学基金、国家建设部、国家科学技术部和有关生产企业、建设投资与设计单位的资助与支持，进行了混合配筋预应力混凝土结构性能的理论 and 试验研究，做了一些试点工程设计与施工、现场观测与荷载检验，以及大面积的设计推广应用等工作，取得了显著的社会经济效益。本书是作者在中国建筑科学研究院完成的十几个有关的专项研究和技术开发工作中利用业余时间所作的初步总结，并介绍了一些工程应用实例，力争填补若干现代混合配筋预应力混凝土楼盖结构设计理论中的空白，补充新的结构造型及其设计和施工方法，以适应我国大规模经济建设的需要。

本书主要写给当前从事建筑结构设计及审图的工程师和土建类大专院校的师生参考使用，也可供从事土建结构工程施工、监理、筹建和科研工作的技术人员参考。

由于作者水平有限，书中难免有缺点和错误，衷心希望读者批评指正。

最后，作者对中国建筑科学研究院所属建研科技股份有限公司的许多同事继续给予本书第二版的支持，表示衷心感谢。

徐金声 薛立红
于中国建筑科学研究院
2013年7月 北京

第二版说明

本书第一版到现在已有 15 年的时间了，材料、机具设备、设计和施工规范与规程都有了变更、修订、补充和改进；特别是预应力新技术、新器材、新结构、新工艺和施工方法在我国大规模建设中发展迅速，许多方面不仅赶上国际先进水平，甚至于有的已居国际领先水平并获得了国家的发明或实用新型专利权。在这种形势下迫使作者必须大量改写和补充新的内容，以适应读者与社会需求。凡是涉及专利权的新技术和新产品，书中在参考文献中均列出其专利号、专利发明名称、发明人和专利权人。这样便于读者查明该专利技术的保护范围，也便于读者在工程中使用该专利技术时，遵守我国现行的《专利法》与《合同法》使受益者与专利权人之间建立和谐的合作关系。

本书变更和新增加的主要内容是：

一、简介了常用楼盖建筑工程的简捷技术经济分析方法，并提供了现代常用跨度的梁板、楼盖结构和建筑物的综合单价与比较。

二、材料规格和品种的数据改用了现行国家标准、规范和规程的数值。

三、增加了新型预应力现浇夹层板和空心板楼盖结构专利技术的内容。

四、增加了新型预制预应力装配整体式双向受力的夹层板楼盖结构的内容。

五、对现行国家标准、规范和规程提到的一些应注意的问题而未给出具体解决办法的，作者们根据自己的试验研究和实践经验提供了解决的办法，例如：

(1) 梁、板预应力时，受其中的非预应力梁、板、墙、柱和筒体等约束的不利影响，宜采取的计算方法和措施；

(2) 建筑使用功能需要局部大空间、大跨度、大开间和大柱网的结构难题；

(3) 如何用预应力解决超长和超大面积工程的温度和收缩裂缝问题；

(4) 预应力构件轴向力效应及其产生的短期和长期水平变形的合理计算方法；

(5) 计算混合配筋预应力构件长期挠曲变形的简化经验公式。

六、预应力新结构的施工技术要点。

七、预应力结构遭受破坏后的修复方法。

徐金声 薛立红

E-mail: xujs1005@sina.cn

E-mail: lhxued@gmail.com

2013 年 7 月

第一版序言

现浇整体后张有粘结和无粘结预应力混凝土在多层、高层和大跨度房屋建筑中已大量应用。现代结构材料（尤其是高强度低松弛的钢绞线）和结构设计理论与电算技术的发展，使结构工程师可以建造出大开间、大柱网或大空间的多层、高层、超高层和巨型建筑。实践表明在同等使用功能、施工速度与质量要求的条件下，混合配筋预应力混凝土结构在节约材料和降低工程造价方面占有优势；因而它在工业发达的国家被大量采用。近十几年来，我国开始大面积应用，并相应地进行了试验研究、理论分析和工程设计等工作，获得了一些新的认识和研究成果。

我国现行的规范和规程要适应现代预应力混凝土设计的需要还要有一段时间。出版预应力混凝土结构专著介绍这个领域的最新研究成果，特别是混合配筋预应力混凝土结构理论和工程设计方法，是十分必要的。

1982~1996年，作者得到国家自然科学基金、建设部和有关单位的资助，进行了混合配筋预应力混凝土结构性能的理论和试验研究，做了试点工程设计与施工、现场观测与荷载检验，以及大面积的设计推广应用等工作，取得了显著的社会经济效益。本书是作者在中国建筑科学研究院完成的几个有关的专项研究工作所作的初步总结，并介绍了几个工程应用实例，力争填补现代混合配筋预应力混凝土楼盖结构设计理论中的部分空白。

本书主要写给当前从事建筑结构设计的工程师和土建类大专院校的师生参考使用，也可供从事土建结构施工、监理和科研工作的技术人员参考。

由于作者水平有限，书中难免有缺点和错误，衷心希望读者批评指正。

徐金声 薛立红
于中国建筑科学研究院结构所
1998年2月 北京

目 录

第 1 章 现代预应力混凝土楼盖结构工程概况及其社会效益	1
1.1 预应力混凝土楼盖结构工程实例	1
1.2 预应力和普通混凝土楼盖结构的技术经济分析比较	18
1.3 常用建筑工程楼盖的技术经济分析与比较	28
参考文献	36
第 2 章 预应力混凝土结构的材料和设备	38
2.1 预应力钢筋和普通钢筋	38
2.2 预应力锚具、夹具和连接器	41
2.3 预应力的张拉设备	50
2.4 预应力筋的应力松弛	52
2.5 混凝土	55
2.6 混凝土的徐变和收缩	59
2.7 中值系数和老化系数	75
2.8 例题	87
参考文献	96
第 3 章 构造	99
3.1 端部与节点构造	99
3.2 混合配筋的截面构造	110
3.3 抗震的截面构造要求	113
3.4 预应力施工缝和伸缩缝	114
参考文献	118
第 4 章 等效荷载与内力分析	120
4.1 预应力简支梁的等效荷载	120
4.2 预应力连续梁的等效荷载	131
4.3 预应力刚架的等效荷载	135
4.4 预应力楼盖的等效荷载	138
4.5 等效荷载例题	142
4.6 预应力引起的结构弹性内力	145
4.7 内力分析的工程实例	153
参考文献	156
第 5 章 承载能力极限状态	157
5.1 极限承载能力的试验	157
5.2 正截面极限承载力计算	171
5.3 斜截面极限承载力计算	178
5.4 扭曲截面极限承载力计算	179
5.5 受冲切承载力计算	180

5.6 局部受压承载力计算	184
5.7 计算例题	188
5.8 工程计算实例	192
参考文献	195
第6章 正常使用极限状态	198
6.1 预应力混凝土结构弹性应力及变形计算	198
6.2 预应力混凝土结构应力分析的徐变理论	204
6.3 抗裂验算	214
6.4 预应力混凝土结构长期挠曲变形的计算	220
6.5 预应力混凝土结构长期水平变形的计算	227
6.6 预应力损失的简化计算	229
附录 6.1 预应力混凝土结构长期应力分析的公式推导	234
附录 6.2 预应力混凝土结构长期挠曲系数公式的推导	236
附录 6.3 计算预应力受弯构件长期挠曲变形的经验公式	238
参考文献	247
第7章 新型现浇预应力混凝土楼盖的造型和设计技术	250
7.1 新型楼盖的社会经济效益	250
7.2 密肋板	253
7.3 空心板	270
7.4 夹层板	288
7.5 新型楼盖的综合评价和建议	303
附录 7.1 普通钢筋混凝土梁板计算书	304
附录 7.2 预应力梁板计算书	314
参考文献	326
第8章 新型二次预应力装配整体式楼盖结构	328
8.1 设计计算方法	328
8.2 二次预应力装配整体式夹层双向板楼盖的设计和构造	330
8.3 二次预应力装配整体式夹层双向板楼盖的试验研究	340
8.4 工程例题	346
8.5 二次预应力装配整体式夹层双向板的常用定型规格和配筋	347
8.6 小结	354
参考文献	355
第9章 预应力解决超大面积楼盖的温度与收缩裂缝	356
9.1 超大面积混凝土楼盖结构的综合设计温差	356
9.2 混凝土的长期变形模量	358
9.3 温度和收缩应力的计算结果及预应力设计	359
9.4 温度预应力配筋计算	360
9.5 技术措施	363
参考文献	364
第10章 预应力楼盖设计实例	365
10.1 北京航华科贸中心 O1 号工程	366
10.2 北京市大钟寺农贸批发市场工程	376
10.3 北京华尊大厦	379

10.4	北京藏学研究中心留学生楼·····	386
10.5	北京军区总医院门诊楼多功能厅·····	391
10.6	北京顺景园休闲配套工程装配整体式预应力夹层板·····	394
10.7	多层预应力汽车库·····	396
	参考文献·····	402
第 11 章	预应力混凝土新型楼盖的施工技术 ·····	404
11.1	现浇密肋板·····	404
11.2	现浇空心板·····	404
11.3	现浇夹层板·····	405
11.4	预制预应力夹层板的生产工艺·····	409
11.5	二次预应力装配整体式夹层双向板楼盖的现场施工技术·····	410
11.6	预留孔洞·····	411
	参考文献·····	412
第 12 章	预应力混凝土结构修复 ·····	414
12.1	破坏状态的勘察与检测·····	415
12.2	修复方案的设计与计算分析·····	417
12.3	施工过程·····	419
12.4	修复施工中检测结果与计算结果对比·····	421
	参考文献·····	422
附录	·····	423
附录 I	塑料建筑模壳的常用规格表 ·····	423
附录 II	结构用增强憎水膨胀珍珠岩芯板 Q/CY JYK 569—001—2008 ·····	425
附录 III	钢筋和钢绞线的计算截面面积及质量表 ·····	436

第 1 章 现代预应力混凝土楼盖结构工程概况及其社会效益

1.1 预应力混凝土楼盖结构工程实例

在工业与民用的多层和高层建筑中,由于生产工艺和使用功能的需要,经常要求扩大柱网尺寸、减小楼板结构层厚度和减轻结构自重。近三十几年来,为了适应这种需要,预应力混凝土楼盖结构技术得到迅速发展。

大开间、大柱网适用于现代多层与高层建筑的室内造型的需求,它能实现灵活隔墙,又便于今后住宅套型变更和建筑使用功能灵活变动的要求。砖混结构、普通钢筋混凝土和纯钢结构有其局限性而预应力技术、空心和轻质材料构件或网架结构能使楼板的跨度增大而自重减轻。为满足社会发展的需求,现代预应力的许多新型楼盖结构体系便涌现出来,使楼板结构体系增加了很多形式可供选择。

现代预应力楼板结构体系的结构形式很多,施工可全现浇或半预制半现浇。楼板的造型有预应力混凝土平板、梁板、密肋板、空心板和夹层板^{[11][15][16]}。楼板的成型可采用现浇后张预应力混凝土、先张预应力装配整体式叠合层混凝土和二次预应力装配整体式混凝土。而支承梁可采用现浇后张预应力混凝土梁、先张预制装配整体式叠合梁、预应力钢梁、型钢预应力混凝土梁、钢与混凝土组合梁和二次预应力装配整体式混凝土梁。需要限制层高的高层建筑、多层建筑(如商场、会议厅)和地下建筑(如地下车库)常采用预应力扁梁、暗扁梁、倒扁梁或开洞的型钢预应力混凝土梁等。柱子可用普通钢筋混凝土或后张预应力混凝土(通常只需用于顶层)、钢管混凝土或型钢混凝土柱子。其中抗侧力结构常选用框架、框架-剪力墙、平板-剪力墙、板柱-剪力墙、板柱-核心筒、框架-核心筒、筒中筒和多筒等配套的结构体系。目前用户在高层建筑中选用轻型楼板配框架扁梁-核心筒的方案较多。

预应力结构的平面布置和配筋必须考虑抗侧力的结构(剪力墙、承重隔断墙、核心筒、电梯和楼梯间、地下层的挡土墙和隔断墙、短柱、短肢剪力墙等)对楼板和梁施加预应力的阻碍作用,并且进行必要的水平方向弹性和长期变形计算,设预应力施工缝和采取合理的构造措施和工法。

1.1.1 预应力混凝土无梁平板结构

1983 年开始建造的全国政协 3 层汽车库是我国采用双向无梁平板的第一座现浇混凝土多层建筑^[6]。柱网尺寸为 8.4m×9.0m,板厚 22.5mm,图 1-1 是结构平面及配筋。无粘结筋用 7Φ5 钢丝和Φ15 钢绞线两种。该工程原设计为 6m×6m 柱网钢筋混凝土平板方案,改用预应力平板后,相同面积可多停放 7% 的汽车,并改善了行车条件。

1984 年兴建的北京永安公寓是国内首次采用无粘结预应力单向平板的工程^{[6][11]}。该工程开间 7.2m,板厚 160mm,层高 2.6m,其跨高比 $l/h=45$,是我国当时最薄的单向楼板。

1989年在石家庄建成的河北经济管理干部学院图书馆工程的夹层,也采用了双向无粘结预应力混凝土板柱结构^{[2]~[5]},该夹层的柱网尺寸为 $7\text{m}\times 9.5\text{m}$,板厚 220mm ,预应力平板中开设了 $1\text{m}\times 2.65\text{m}$ 的大洞,用于开架阅览上人。

1.1.2 预应力混凝土平板结构

这种结构是用梁或墙四边支承的预应力平板。1994年建成的总面积为 9万 m^2 的广东珠海机场候机楼,就采用了这种用梁四边支承的平板结构体系,其柱网尺寸为 $12\text{m}\times 12\text{m}$,梁截面 $b\times h=600\text{mm}\times 700\text{mm}$,沿柱网轴线布置,平板厚 220mm ,跨高比 $l/h=54.5$ 。板内双向预应力筋采用带状集中配束(图1-2),简化了施工^[12]。

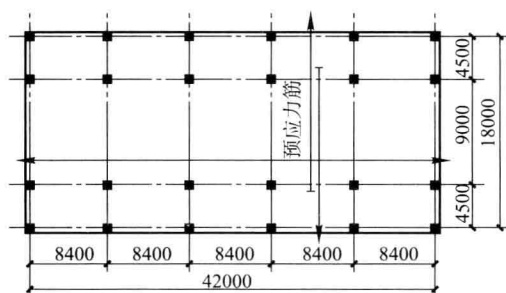


图 1-1 单向无粘结预应力混凝土平板

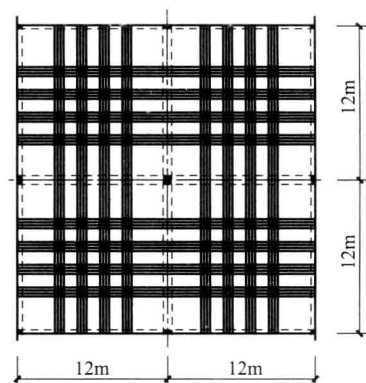


图 1-2 双向无粘结预应力混凝土平板集中布束

1.1.3 预应力混凝土框架平板高层结构

1989年建成的63层广东国际大厦是我国首次采用预应力混凝土平板结构的超高层建筑^[11],该结构四角用框架扁梁。板跨 $7.0\text{m}\sim 9.4\text{m}$,扁梁高 350mm ,板厚 220mm 。图1-3是其标准层结构平面及预应力筋的布置。

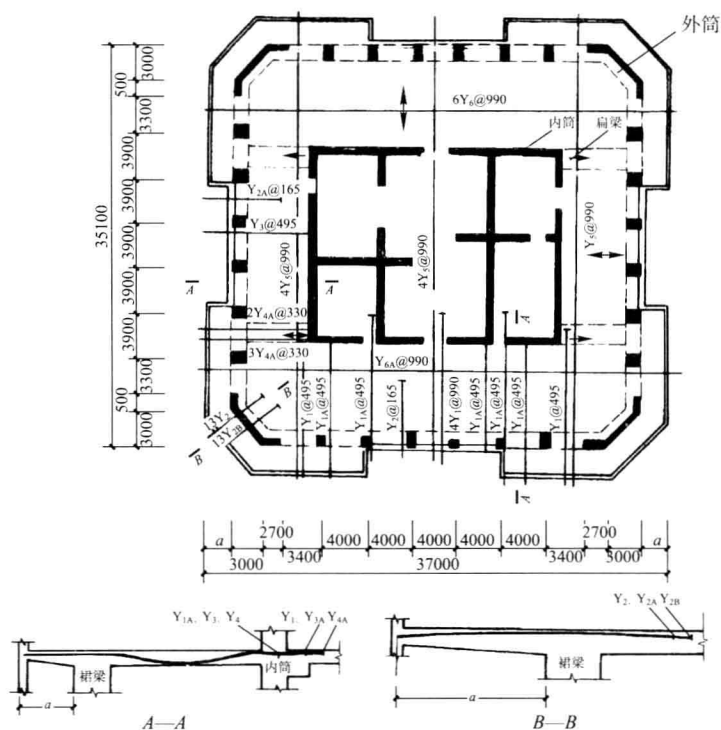
1.1.4 预应力混凝土框架扁梁楼盖结构

框架扁梁的外形特点是梁宽大于梁高,扁梁的宽度通常超过柱子横截面宽度。根据建筑平面尺寸及结构平面布置,有单向、双向正交或斜交楼盖结构,此外还有变截面宽度即横向加腋的预应力混凝土框架扁梁^{[1]~[7]}。框架扁梁楼盖非常适用于层高受限制的建筑。普通钢筋混凝土框架扁梁楼盖虽然也适用于层高受限制的建筑,但是由于结构所用的材料和自重太大,挠度和裂缝宽度不易满足要求,故设计很少使用;预应力混凝土扁梁却不同,因为所用的材料和自重并不大,而且预应力又能减小挠度和控制楼板不开裂,故国内外常用,并有良好的经济效益和节能省地的社会效益。

扁梁还可以有普通扁梁和扁平梁之区分。扁平梁的外形特征是扁梁底面同板中的密肋底面一样高或者同空心板和夹层板中的暗肋一样高,外观看起来像板柱体系。

1985年日本建成的六跨3层越谷卸商业仓库^[1],首次采用了单向有粘结预应力混凝土框架扁梁楼盖结构,该建筑平面尺寸 $47\text{m}\times 67.5\text{m}$,柱网尺寸为 $8\text{m}\times 7.5\text{m}$,梁截面 $b\times h=1900\text{mm}\times 550\text{mm}$,跨度 $l=8\text{m}$,跨高比 $l/h=14.5$ 。楼板是普通钢筋混凝土单向密肋板,支承在 8m 跨度的单向预应力混凝土主框架扁梁上,如图1-4所示。

图1-5是1995年6月建成的北京市公路局科研综合业务楼第11层 $17.5\text{m}\times 31.2\text{m}$ 的



图中 a 为悬挑板宽: 500~4000mm (7~12 层由 4000mm 缩至 500mm)

图 1-3 标准层结构平面及预应力布筋^[1]

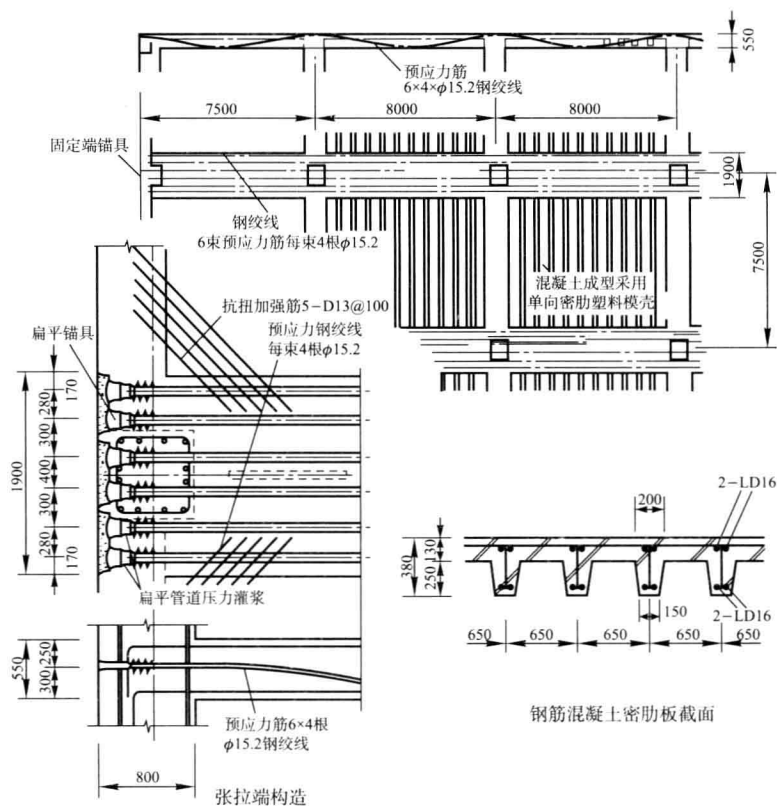


图 1-4 越谷卸商业仓库^[1]

会议大厅，室内不能设柱子妨碍视觉。该结构采用了单向无粘结预应力混凝土框架配横向加腋的扁梁楼盖结构形式，预应力混凝土框架扁梁中部截面 $b \times h = 600\text{mm} \times 700\text{mm}$ ，两端 $b \times h = 1200\text{mm} \times 700\text{mm}$ ，形成了横向加腋的局部扁平梁。跨高比 $l/h = 25$ ，满足了室内净空高度 3.5m 的使用要求。

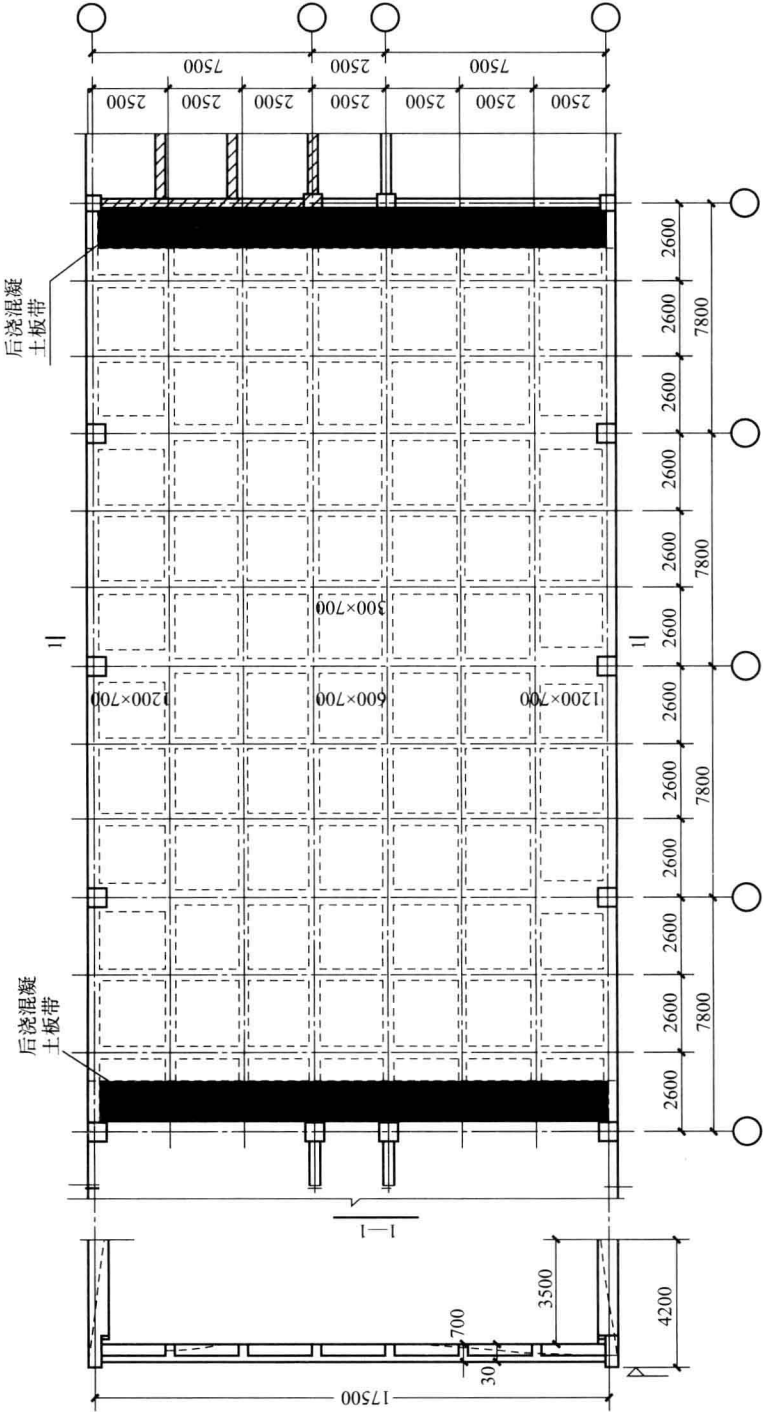


图1-5 北京市公路局科研综合楼第11层平面

1996年建成的北京航华科贸中心 O1 楼是一栋 34 层的高层建筑^[11], 采用了单向无粘结预应力混凝土框架扁梁楼盖结构形式, 图 1-6 是建筑透视图。图 1-7 是该建筑第 18 层扇形区域结构平面, 框架扁梁一端截面 $b \times h = 1000\text{mm} \times 500\text{mm}$, 另一端 $b \times h = (1000\text{mm} \sim 2000\text{mm}) \times 500\text{mm}$, 跨度 $l = 12\text{m}$, 跨高比 $l/h = 25$, 该结构受到柱子和建筑尺寸的限制, 不得不在其外端采用截面为变宽度的扁梁。此外航华科贸中心 O2、O3 楼也采用了单向无粘结预应力混凝土框架扁梁楼盖结构形式。



图 1-6 北京航华科贸中心 O1 楼

1998 年施工的深圳车港 1 号楼工程, 是当时国内柱网最大的预应力框架梁楼盖结构, 柱网为 $16\text{m} \times 25\text{m}$, 16m 跨度方向的框架梁截面 $b \times h = 1200\text{mm} \times 1200\text{mm}$, 预应力筋为 $6 \times 7 \Phi^{*}15$; 25m 跨度方向的框架梁截面 $b \times h = 1000\text{mm} \times 1000\text{mm}$, 预应力筋为 $5 \times 7 \Phi^{*}15$; 25m 跨度方向等间距设置了两根平行的预应力次梁, 用以分担 25m 跨度方向框架梁的荷载, 截面 $b \times h = 1000\text{mm} \times 1000\text{mm}$, 预应力筋为 $5 \times 7 \Phi^{*}15$ 。

1.1.5 无粘结预应力混凝土双向密肋板

1984 年以前, 曾用预制水泥模壳成型双向预应力混凝土密肋板, 例如北京燕山副食商场。1984 年以后, 用可重复周转使用 (20 次) 的塑料模壳成型, 大大方便了施工, 降低了工程造价并缩短了工期^[4]。1987 年在河北省涿州市建成的煤炭部地质局物探公司 IBM 机房及工作楼的门厅和会议室, 首次在我国采用了塑料模壳成型的无粘结预应力混凝土密肋板, 如图 1-8 所示。柱网尺寸 $12.0\text{m} \times 9.6\text{m}$ 用的是 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m} \times 0.3\text{m}$ 的塑料模壳, 板厚 60mm , 肋高 300mm 。与框架梁方案相比, 每层降低了 540mm , 因而使门厅和会议室显得宽敞明亮, 满足了建筑使用功能的要求。门厅部分仅 257m^2 就节约了投资 $15,420$ 元^{[2]~[8]} (当时相当于每平方米节省 60 元)。1994 年北京北方医院门挂号厅 2~4

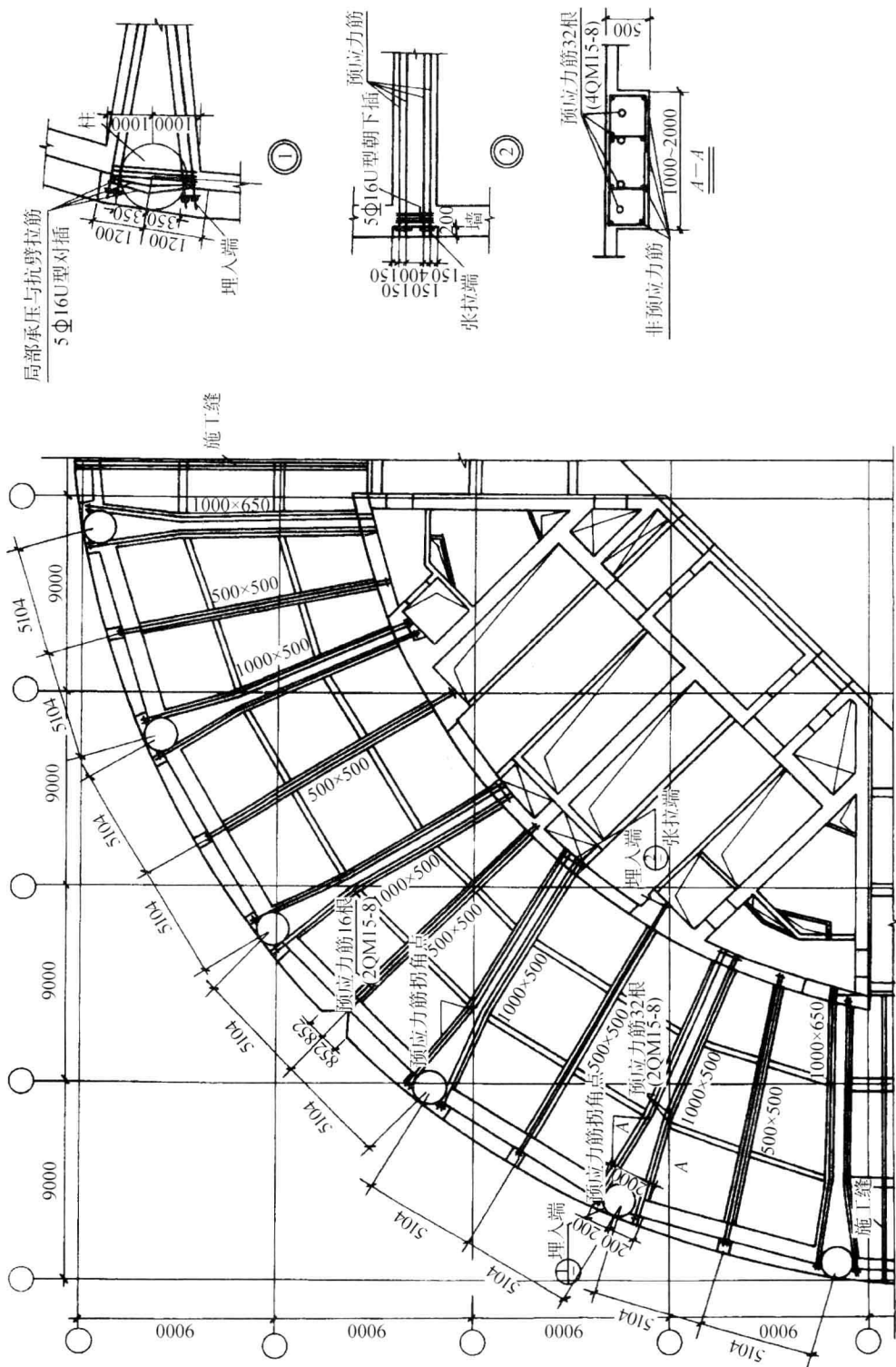


图1-7 北京航空商贸中心O1号楼扇形区域平面布置

层的手术室和会议室也采用了双向预应力混凝土密肋板楼盖结构，柱网尺寸 $12.8\text{m} \times 12\text{m}$ ，用的是 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m} \times 0.3\text{m}$ 的塑料模壳，板厚 70mm ，肋高 300mm 。

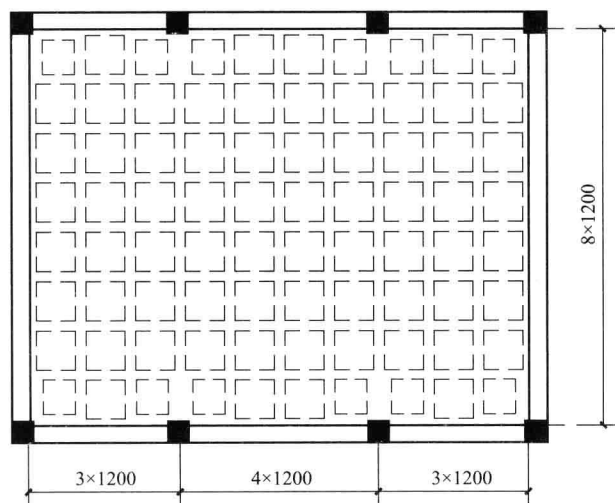


图1-8 双向预应力密肋板结构平面简图（塑料膜壳成型）

1.1.6 预应力混凝土框架扁梁加密肋板楼盖结构

这种结构形式适用于柱网较大的楼盖。图 1-9 是河北经济管理干部学院图书馆工程^{[2]~[8]}1989 年正在施工的情景。该工程采用了双向无粘结预应力混凝土框架扁梁加密肋板的结构形式。图 1-10 是其结构平面及配筋，柱网尺寸 $12.0\text{m} \times 9.5\text{m}$ ，预应力混凝土框架扁梁截面 $b \times h = 925\text{mm} \times 370\text{mm}$ ， $l = 12\text{m}$ ，跨高比 $l/h = 32.4$ ，是当时国内最大的跨高比。楼板是双向无粘结预应力混凝土密肋板，采用 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m} \times 0.3\text{m}$ 的塑料模壳成型，板厚 70mm 。同年，石家庄市果品批发市场也采用了这种结构形式^[2]，图 1-11 是其施工的情景，柱网尺寸 $8\text{m} \times 8\text{m}$ ，密肋板采用 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m} \times 0.3\text{m}$ 的塑料模壳成型，板厚 70mm ，预应力混凝土框架扁梁高 450mm 。

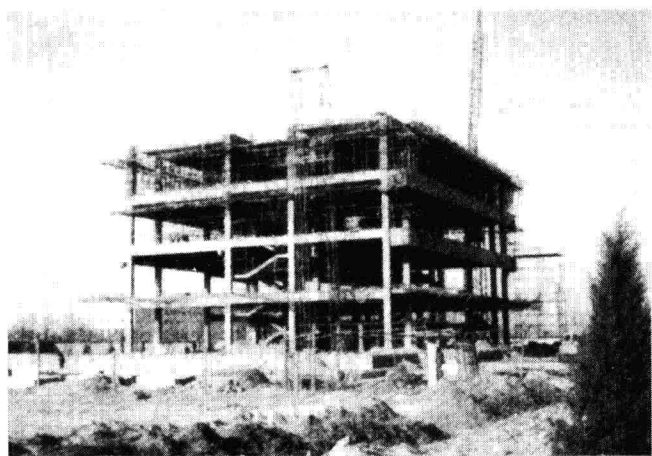


图 1-9 河北经济管理干部学院图书馆工程
(双向预应力框架扁梁配密肋板的楼盖，塑料膜壳成型)

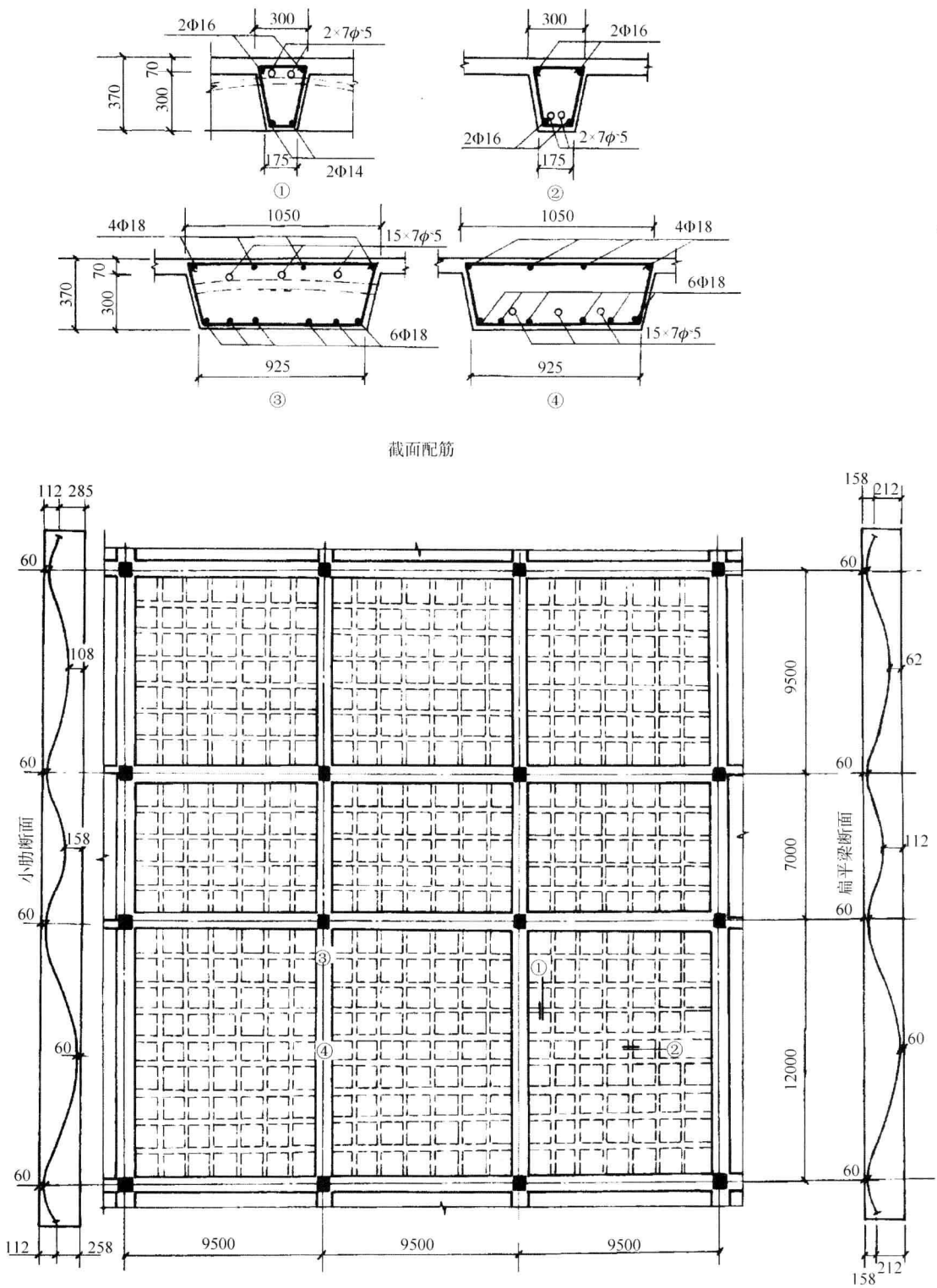


图 1-10 河北经济管理干部学院图书馆楼盖平面布置^{[2]~[8]}