

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

混凝土结构与砌体结构

(下册)

尹维新 主编 李靖颀 副主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

混凝土结构与砌体结构

(下册)

尹维新 主 编
李靖颀 副主编
刘良伟 主 审



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是根据高等职业技术学院和高等专科学校房屋建筑工程专业的教学基本要求,按照国家最新颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)和《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)等规范编写的。全书分上、下两册。本书为下册,内容包括预应力混凝土构件、单层厂房结构、框架结构与砌体结构的设计等,同时配有典型例题和一定数量的思考题、习题及设计示例。

本书除作为高职高专房屋建筑工程专业的教学用书外,还可作为成人教育土建类有关专业的教学用书以及土木工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构与砌体结构/尹维新主编. —北京:中国
电力出版社, 2004

高职高专“十五”规划教材

ISBN 7-5083-1681-9

I. 混… II. 尹… III. ①混凝土结构-高等学校:
技术学校-教材②砌块结构-高等学校:技术学校-教材
IV. ①TU37②TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 002177 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

三河汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 3 月第一版 2004 年 3 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.25 印张 349 千字
印数 0001—4000 册 (上、下册) 定价 43.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)



952222
952222
952222
952222
952222
952222
952222

随着新世纪的到来,我国进入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。新世纪新阶段的新任务,对我国高等职业教育提出了新要求。我国加入世界贸易组织和经济全球化迅速发展新形势,也要求高等职业教育必须开创新局面。

高职高专教材建设是高等职业教育的重要组成部分,是一项极具重要意义的基础性工作,对高等职业教育培养目标的实现起着举足轻重的作用。为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神,进一步推动高等职业教育的发展,加强高职高专教材建设,根据教育部关于通过多层次的教材建设,逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系的精神,中国电力教育协会会同中国高等职业技术教育研究会和中国电力出版社,组织有关专家对高职高专“十五”教材规划工作进行研究,在广泛征求各方面意见的基础上,制订了体现高等职业教育特色的高职高专“十五”教材规划。

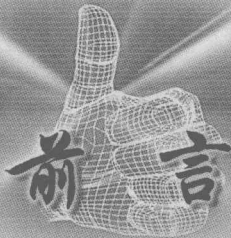
高职高专“十五”规划教材紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展编写工作。基础课程教材注重体现以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点;专业课程教材着重加强针对性和实用性。同时,“十五”规划教材不仅注重内容和体系的改革,还注重方法和手段的改革,以满足科技发展和生产实际的需求。此外,高职高专“十五”规划教材还着力推动高等职业教育人才培养模式改革,促进高等职业教育协调发展。相信通过我们的不断努力,一批内容新、体系新、方法新、手段新,在内容质量上和出版质量上有突破的高水平高职高专教材,很快就能陆续推出,力争尽快形成一纲多本、优化配套,适用于不同地区、不同学校、特色鲜明的高职高专教育教材体系。

在高职高专“十五”教材规划的组织实施过程中,得到了教育部、国家电力公司、中国电力企业联合会、中国高等职业技术教育研究会、中国电力出版社、有关院校和广大教师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务,不可能一蹴而就,需要不断完善。因此,在教材的使用过程中,请大家随时提出宝贵的意见和建议,以便今后修订或增补。(联系方式:100761 北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416222)

中国电力教育协会

二〇〇二年十二月



本书是根据高等职业技术学院和高等专科学校房屋建筑工程专业的教学基本要求，按照国家最新颁布的《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2002）和《砌体结构设计规范》（GB 50003—2001）等规范编写的，主要作为高职高专房屋建筑工程专业的教学用书，也可作为成人教育土建类有关专业的教学用书以及土木工程技术人员的参考书。

全书分上、下两册。上册内容包括绪论，钢筋和混凝土材料的力学性能，结构设计基本原则，受弯构件正截面和斜截面承载力计算，受扭、受压及受拉构件承载力计算，钢筋混凝土构件的裂缝及变形验算，混凝土梁板结构。下册内容包括预应力混凝土构件、单层厂房结构、框架结构与砌体结构的设计及有关构造要求。同时，书中主要章节均配有针对性较强的例题、思考题和习题，并附有预应力混凝土构件、梁板结构、单层厂房结构、框架结构等设计计算示例。

根据教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》精神和高职高专房屋建筑工程专业的培养目标，本书在编写过程中力求作到：基本概念清晰准确；基本理论简明扼要，以必需够用为度；设计计算方法及步骤齐全，举例详实满足工程要求；符合现行国家标准，反映新材料、新技术、新理论；突出实用性，满足应用型高等专门人才培养要求；文字简炼，体系完整，便于讲授，有利自学。

参加本书编写工作的有：山西大学工程学院尹维新（绪论、第一章、第二章、第十一章），刘红宇（第十三章），太原大学李靖颀（第四章、第九章），山西建筑职业技术学院段春花（第三章、第五章、第八章、第十二章），太原城市职业技术学院那瑞萍（第六章、第七章、第十章）。本书由尹维新主编，李靖颀副主编；由太原理工大学刘良伟教授主审。

本书在编写过程中，参考并引用了所列参考文献等有关资料，在此向作者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中不妥与错误之处，敬请批评指正。

编 者

2003年9月



000000
233762
685-0227
882-2114
354195
64821914

序

前言

上册

绪论	1
第一节 建筑结构的的一般概念	1
第二节 钢筋混凝土结构的特点	2
第三节 混凝土结构的发展及应用简况	3
第四节 课程内容及学习中应注意的问题	4
思考题	5
第一章 钢筋和混凝土材料的力学性能	6
第一节 钢筋	6
第二节 混凝土	9
第三节 钢筋与混凝土的粘结	17
思考题	22
第二章 结构设计基本原则	23
第一节 基本概念	23
第二节 结构功能和可靠度	26
第三节 极限状态设计法	29
第四节 混凝土结构耐久性规定	33
思考题	35
第三章 受弯构件正截面承载力计算	37
第一节 概述	37
第二节 受弯构件的基本构造要求	38
第三节 受弯构件正截面受力性能	40
第四节 受弯构件正截面承载力计算的基本理论	43

第五节	单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	46
第六节	双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	54
第七节	T形截面受弯构件正截面承载力计算	59
思考题		66
习题		67
第四章	受弯构件斜截面承载力计算	69
第一节	概述	69
第二节	无腹筋梁斜截面受剪性能	69
第三节	有腹筋梁斜截面受剪性能	73
第四节	斜截面受剪承载力计算	77
第五节	构造要求	83
思考题		89
习题		89
第五章	受扭构件承载力计算	91
第一节	概述	91
第二节	矩形截面纯扭构件承载力计算	91
第三节	弯剪扭构件承载力计算	95
思考题		99
习题		99
第六章	受压构件承载力计算	100
第一节	受压构件的计算分类及配筋构造	100
第二节	轴心受压构件承载力的计算	103
第三节	偏心受压构件正截面受力性能	106
第四节	矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算方法	113
第五节	T形和I形截面偏心受压构件正截面承载力计算方法	127
第六节	受压构件斜截面受剪承载力计算	132
思考题		132
习题		133
第七章	受拉构件承载力计算	136
第一节	概述	136
第二节	轴心受拉构件正截面承载力计算	136
第三节	偏心受拉构件承载力计算	137
思考题		140

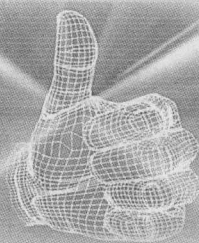
习题	141
第八章 钢筋混凝土构件的裂缝宽度和变形验算	142
第一节 概述	142
第二节 钢筋混凝土构件裂缝宽度验算	143
第三节 受弯构件的变形验算	147
思考题	152
习题	152
第九章 混凝土梁板结构	153
第一节 概述	153
第二节 整体式单向板肋形楼盖	155
第三节 整体式双向板肋形楼盖	182
第四节 现浇双重井式楼盖	188
第五节 楼梯	190
第六节 雨篷	199
思考题	199
习题	200
附表1 均布荷载和集中荷载作用下等跨连续梁的内力系数表	201
附表2 按弹性理论计算矩形双向板在均布荷载作用下的弯矩系数表	208

下 册

第十章 预应力混凝土构件计算	215
第一节 预应力混凝土的基本概念	215
第二节 预加应力的方法	217
第三节 预应力混凝土材料及锚夹具	218
第四节 张拉控制应力和预应力损失	221
第五节 预应力混凝土轴心受拉构件计算	226
第六节 预应力混凝土受弯构件计算	237
第七节 无粘结预应力混凝土受弯构件计算特点	250
第八节 预应力混凝土构件的构造	256
思考题	258
习题	258

第十一章 单层厂房结构	260
第一节 概述	260
第二节 排架结构的结构组成	261
第三节 排架结构的布置和构件选型	264
第四节 排架结构的内力分析与组合	276
第五节 排架柱的设计	289
第六节 柱下单独基础设计	296
第七节 单层厂房结构设计示例	303
思考题	330
习题	330
第十二章 多层框架结构房屋	332
第一节 概述	332
第二节 结构的布置	333
第三节 框架杆件的截面尺寸和框架计算简图	335
第四节 竖向荷载作用下内力近似计算	338
第五节 水平力作用下内力近似计算	342
第六节 框架结构侧移的近似计算及限值	354
第七节 框架结构的内力组合	355
第八节 现浇框架截面设计要点和构造要求	357
第九节 现浇框架结构设计步骤框图与设计示例	360
思考题	376
第十三章 砌体结构	378
第一节 概述	378
第二节 砌体材料及种类	379
第三节 砌体的力学性能	386
第四节 砌体构件承载力计算	395
第五节 砌体结构房屋墙体设计	416
第六节 过梁与挑梁的设计	438
思考题	445
习题	446
参考文献	449

第十章



预应力混凝土构件计算

第一节 预应力混凝土的基本概念

一、预应力混凝土的基本概念和基本原理

对于钢筋混凝土受弯构件、受拉构件以及大偏心受压构件等来说,在受到各种荷载作用时,部分或全部混凝土都要产生拉应力,而普通钢筋混凝土构件由于混凝土的抗拉强度很低,其极限拉应变很小,所以在荷载作用下,构件通常是带裂缝工作的。若使构件在使用时不出现裂缝,受拉钢筋的应力仅为 $20 \sim 30 \text{ N/mm}^2$;即使允许出现裂缝,当最大裂缝宽度的允许值 $[\omega_{\max}] = 0.2 \sim 0.3 \text{ mm}$ 时,钢筋的应力也只能达到 $150 \sim 250 \text{ N/mm}^2$ 。可见,有裂缝控制要求的构件,高强度钢筋将无法在普通钢筋混凝土构件中充分发挥作用。因此,要解决这个问题,只有采用预应力混凝土结构。

所谓预应力混凝土是指在构件承受荷载以前,用某种方法预先在构件的受拉区施加压应力,造成一种人为的应力状态。当构件承受外荷载而产生拉应力时,首先要抵消混凝土的预压应力,随后荷载的增加才会使受拉区混凝土产生拉应力,继而随着荷载的进一步增加构件才出现裂缝。因此,可以推迟裂缝的出现或减小裂缝宽度。

下面我们以图 10-1 的简支梁为例,进一步说明预应力混凝土的基本原理。

在构件承受外荷载(非自重)前,预先在梁的受拉区施加大小相等、方向相反的一对集中力(即预压力) N ,梁各截面的弯曲应力见图 10-1(a),这时,梁截面下边缘混凝土产

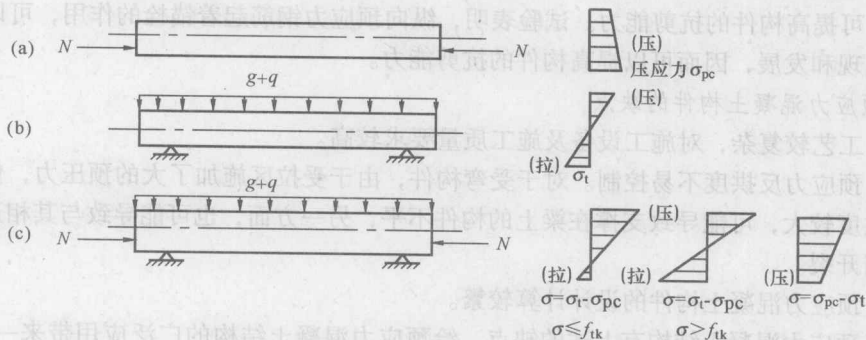


图 10-1 预应力混凝土的基本原理

生的预压应力为 σ_{pc} ；当外荷载 q 及自重 g 共同作用时，梁各截面的弯曲应力见图 10-1 (b)，这时，梁截面下边缘混凝土将产生拉应力 σ_t ；在 N 、 q 及 g 共同作用时，梁各截面的弯曲应力分布应为以上两种情况的叠加，见图 10-1 (c)，这时，梁截面下边缘混凝土的应力可能是数值很小的拉应力，也可能是压应力甚至应力为零。由此可见，由于预压应力 σ_{pc} 的作用，可部分或全部抵消外荷载引起的拉应力 σ_t ，因而推迟了裂缝的出现，甚至可避免出现裂缝。这就是预应力混凝土的基本原理。其实，预应力的原理在日常生活中早已有所运用，例如在建筑工地用砖钳移动砖块，被钳住的一叠水平砖块不会掉下来；搬动一摞书时，用两手将书挤紧，书就不会散落；用铁箍箍紧木桶，桶盛水后就不会漏，等等，这些都是运用预应力基本原理的事例。

由上述简支梁应力变化情况可以看出，预压力要根据外荷载作用下可能产生的应力情况来施加，因为要有效地抵消外荷载作用所产生的拉应力，预压应力的大小，不仅与预压力的大小有关，而且还与预压力施加的位置（即距重心轴的距离）有关。

二、预应力混凝土的分类

根据制作、设计和施工等特点，预应力混凝土可按下述方法分类。

(1) 根据张拉钢筋与浇捣混凝土的先后次序可分为先张法和后张法预应力混凝土。

(2) 根据预应力大小的程度可分为下面三种类型。

1) 全预应力混凝土：相当于裂缝控制等级为一级的构件。

2) 有限预应力混凝土：相当于裂缝控制等级为二级的构件。

3) 部分预应力混凝土：相当于裂缝控制等级为三级的构件。

(3) 根据钢筋与混凝土之间是否有粘结力，可分为有粘结预应力混凝土和无粘结预应力混凝土。

三、预应力混凝土的特点

1. 预应力混凝土构件的优点

(1) 提高了构件的抗裂度和刚度。预应力混凝土构件的抗裂度远高于普通钢筋混凝土构件，增加了混凝土结构的使用范围（可以用于贮水池、油罐、压力容器等）。

(2) 可应用高强度的材料，减小构件自重。为了提高预应力效果，需要采用高强度的材料，材料强度高时，截面尺寸减小，其材料耗用量减小，使构件自重降低。

(3) 可提高构件的抗剪能力。试验表明，纵向预应力钢筋起着锚栓的作用，可以阻止斜裂缝的出现和发展，因而可以提高构件的抗剪能力。

2. 预应力混凝土构件的缺点

(1) 工艺较复杂，对施工设备及施工质量要求较高。

(2) 预应力反拱度不易控制。对于受弯构件，由于受拉区施加了大的预压力，使构件形成的反拱度较大，可能导致支撑在梁上的构件不平，另一方面，也可能导致与其相连接的地面、隔墙开裂。

(3) 预应力混凝土构件的设计计算较繁。

由于预应力混凝土结构有上述的缺点，给预应力混凝土结构的广泛应用带来一定限制，其改进与完善有待进一步研究。

第二节 预加应力的方法

工程中通常是通过对纵向受力钢筋进行张拉并使其产生回弹而对构件施加预应力的。根据张拉钢筋与浇筑混凝土的先后次序,预加应力的方法主要有以下两种。

一、先张法

先张法,即先张拉钢筋后浇筑混凝土的方法。其主要施工工艺过程如下:①将预应力钢筋一端通过夹具临时锚固在台座的钢梁上(图 10-2),将另一端通过张拉夹具与张拉机械相连;②用张拉机械张拉预应力钢筋,当张拉到规定的应力(张拉控制应力)后,用夹具将预应力钢筋锚固在钢梁上,卸去张拉机械;③支模、绑扎非预应力钢筋、浇筑混凝土并进行养护;④当混凝土达到一定的强度或达到强度设计值时,可切断预应力钢筋(放张),由于钢筋与混凝土已经具有了粘结力,通过预应力钢筋的弹性回缩,挤压混凝土而使构件建立预压应力。

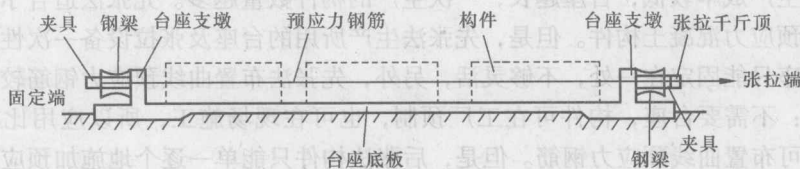


图 10-2 张拉台座设备图

二、后张法

后张法是指先浇筑混凝土构件,后在构件上张拉钢筋的一种施工方法。其主要施工工艺如下:①浇筑混凝土构件,并在构件中预留穿预应力钢筋的孔道(或设套管)和灌浆孔(图 10-3);②当混凝土达到一定的强度或达到强度设计值时,将预应力钢筋穿入孔道,并在一端锚固用锚具将预应力钢筋锚固在构件的端部,然后在构件的另一端用张拉机械张拉预应力钢筋,在张拉的同时锚固端锚具挤压混凝土,当预应力钢筋张拉到控制应力后,用锚具将预应力钢筋锚固在构件上,卸去张拉机械;③为了使预应力钢筋与混凝土牢固结合并共同工作,应通过灌浆孔用高压泵将水泥浆灌入构件孔道内,为了保证灌浆密实,在远离灌浆孔的适当部位应预留出气孔。

从后张法施工工艺可看出,后张法预应力混凝土构件需要有预留孔道、穿钢筋、灌浆等施工工序(这种做法的预应力混凝土称为有粘结预应力混凝土),而预留孔道(特别是曲线

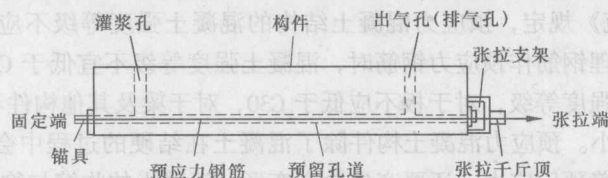


图 10-3 后张法张拉设备

形孔道)和灌浆都比较麻烦,灌浆不密实还易造成事故隐患。采用后张法无粘结预应力技术可以克服上述缺点。下面介绍后张法无粘结预应力混凝土的施工工艺:①在单根或多根高强度钢丝、钢绞线外表沿全长涂以专用防腐油脂或其他防腐材料(其作用是减少摩擦力,并能防锈),外套套管或缠绕防水塑料纸袋,使之与周围混凝土不建立粘结力(这种钢筋称为无粘结预应力钢筋);②将无粘结预应力钢筋象普通钢筋一样按设计位置敷设在钢筋骨架内,并与普通钢筋一起绑扎形成骨架,然后浇筑混凝土;③当混凝土强度达到预期强度后,利用构件本身作为台座对无粘结预应力钢筋进行张拉和锚固,张拉时无粘结预应力钢筋可沿纵向相对滑动,使混凝土建立预压应力。(C-01图)无粘结预应力混凝土施工工艺

三、先张法和后张法的特点

比较上述两种预加应力的方法,可以看出,施工工艺不同,建立预应力的方法也不同。先张法是靠钢筋与混凝土之间的粘结力来传递并保持预应力的,而后张法则是靠锚具挤压混凝土来传递和保持预应力的。先张法和后张法各有以下特点。

先张法:生产工序少,工艺简单,施工质量容易保证;在构件上只需设夹具,不需设永久性锚具,生产成本较低;台座越长,一次生产的构件数量越多。先张法适合于工厂成批生产中、小型预应力混凝土构件。但是,先张法生产所用的台座及张拉设备一次性投资费用较大,而且台座只能固定在一处,不够灵活,另外,先张法布置曲线预应力钢筋较难。

后张法:不需要台座,构件可在工厂预制,也可在现场施工,所以应用比较灵活;另外,后张法可布置曲线预应力钢筋。但是,后张法构件只能单一逐个地施加预应力,工序较多、施工也较麻烦;此外,后张法的锚具属于永久性锚具,锚具用钢量较多、又不能重复使用,因此成本较高。所以,后张法适用于运输不方便的大型预应力混凝土构件。

采用后张法无粘结预应力混凝土,可以省去传统后张法预应力混凝土预留孔道、穿筋、灌浆等施工工序,节省了施工设备、简化了施工工艺、缩短了工期,所以综合经济性较好。无粘结预应力钢筋摩擦力小,且易弯成多跨曲线状,特别适于建造需要连续配筋的大跨度楼盖和屋盖结构。

第三节 预应力混凝土材料及锚夹具

一、预应力混凝土材料

(一) 混凝土

预应力混凝土结构对混凝土的基本要求如下:

(1) 高强度。采用较高强度等级的混凝土,才能建立起较高的预应力,才可减小构件截面尺寸。因此,《规范》规定,预应力混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C30;当采用钢绞线、钢丝、热处理钢筋作预应力钢筋时,混凝土强度等级不宜低于 C40。无粘结预应力混凝土结构的混凝土强度等级,对于板不应低于 C30,对于梁及其他构件不宜低于 C40。

(2) 收缩、徐变小。预应力混凝土构件除了混凝土在结硬的过程中会产生收缩变形外,由于混凝土长期承受着预压应力,还要产生徐变变形。混凝土的收缩与徐变,使预应力混凝土构件缩短,因此将引起钢筋的预拉应力下降,此现象称为预应力损失。显然,钢筋的预应

力损失,也相应地使混凝土中的预压应力减小,因此,在预应力混凝土结构的设计、施工中,应尽量减少混凝土的收缩和徐变。

(3) 快硬、早强。为了提高台座、模板、夹具等设备的周转率,以便能及早施加预应力,加快施工速度,减低成本,预应力混凝土需要掺加高效减水剂以使混凝土快硬、早强。

(二) 预应力钢筋

预应力钢筋宜采用预应力钢绞线、消除应力钢丝、也可采用热处理钢筋。无粘结预应力钢筋则采用高强钢丝和钢绞线。

预应力混凝土构件对预应力钢筋的基本要求如下:

(1) 高强度。在预应力构件中,从构件制作到构件承受荷载达到破坏,钢筋始终处于高应力状态;另外,为了减少预应力损失,使构件内部建立较高的预压应力,因此必须采用强度较高的钢筋。

(2) 较好的塑性。高强度钢筋的塑性性能一般都较低,为了避免钢筋产生脆性破坏,应使构件在破坏前有较大的变形能力;另外,为了保证构件在低温或冲击荷载作用下能可靠工作,必须保证预应力钢筋具有足够的塑性性能。

(3) 良好的加工性能。为了保证钢筋加工质量,应具有良好的可焊性和墩头等加工性能。

(4) 应力松弛损失要低。参见第四节。

(5) 较好的粘结性能。先张法是靠钢筋与混凝土之间的粘结力来建立预应力的,为了提高混凝土所建立的预压应力,用作先张法的预应力钢筋,要求具有良好的粘结性能。

二、锚具和夹具

在制作预应力混凝土构件的过程中,锚固预应力钢筋的工具通常分为夹具和锚具两种类型,构件制作完工后能够取下重复使用的工具,称为夹具,也称工具锚,如在先张法中使用的即为夹具;另一种长期锚固在构件上,不能取下重复使用的工具,称为锚具,也称工作锚,如后张法中使用的即为锚具。

无论是夹具还是锚具,都是保证预应力混凝土施工安全、结构可靠的关键性设备。因此,对于锚具和夹具的一般要求为:受力性能可靠;具有足够的强度和刚度;预应力损失小;构造简单,制作方便,节约钢材;张拉锚固方便迅速等。

锚具的种类很多,《规范》根据锚固原理的不同,将锚具分为支承式、锥塞式和夹片式。支承式锚具有钢丝束墩头锚具、精轧螺纹钢筋锚具等;锥塞式锚具有钢质锥形锚具、锥销夹具等;夹片式锚具有JM型锚具、XM型锚具、QM型锚具及OVM锚具等。现将几种国内常用锚具简要介绍如下。

(一) 钢丝束墩头锚具

钢丝束墩头锚具用于锚固任意根数 $\phi 5$ 钢丝束,分DM5A型和DM5B型。DM5A型的用于张拉端,由锚杯和螺帽(锚圈)组成;DM5B型的用于固定端,仅有一块锚板(图10-4)。张拉时,张拉螺杆一端与锚杯内丝扣连接,另一端与张拉设备连接,当张拉到控制应力时,锚杯被拉出,拧紧锚杯外丝扣上的螺帽加以锚固。

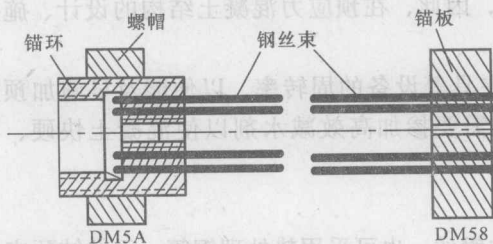


图 10-4 锚头锚具

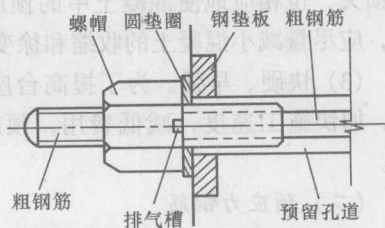


图 10-5 精轧螺纹钢筋锚具

(二) 精轧螺纹钢筋锚具

精轧螺纹钢筋锚具用于锚固高强粗钢筋束。锚具由螺帽与钢垫板组成(图 10-5)。通常作为后张法构件的锚具,借助粗钢筋两端的螺纹,在钢筋张拉后直接拧上螺帽进行锚固,钢筋的回缩力由螺帽经钢垫板承压传递给构件而获得预应力。

(三) 钢质锥形锚具(又称弗氏锚具)

钢质锥形锚具用于锚固 $\phi 5$ 钢丝束。锚具由锚环(锚圈)和锚塞组成(图 10-6)。它是通过张拉钢丝束时顶压锥形锚塞,把预应力钢丝楔紧在锚环与锚塞之间,当放松预应力钢丝后,钢丝向构件内回缩时带动锚塞向锚环内滑动,使钢丝进一步被楔紧。

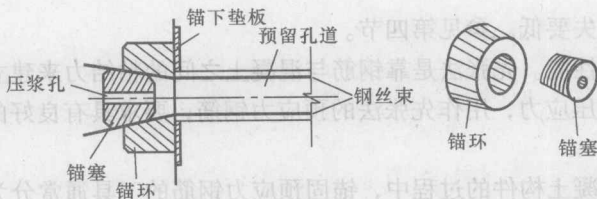


图 10-6 钢质锥形锚具

(四) 夹片式锚具

夹片式锚具主要用于锚固钢绞线束。夹片式锚具由带锥孔的锚板、夹片和锚垫板组成(图 10-7)。张拉时,每个锥孔置一根钢绞线,张拉后各自用夹片将钢绞线抱夹锚固。JM 型锚具是我国 60 年代研制的夹片锚具。随着钢绞线的大量使用和钢绞线强度的大幅度提高, JM 型锚具已难满足要求,随之研制出了 XM 型锚具、QM 型锚具系列,在 QM 型锚具的基础上又研制出了 OVM 锚具系列。JM 型、XM 型锚具等既可用作工作锚,又可用作工具锚。

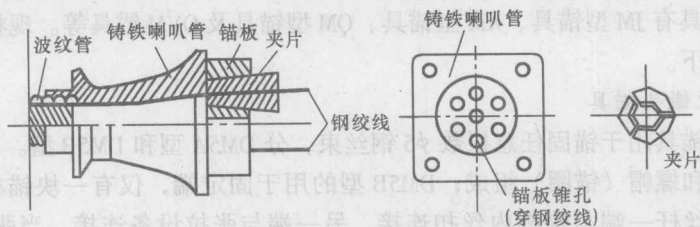


图 10-7 夹片式锚具

无粘结预应力钢筋锚具的选用,应根据无粘结预应力钢筋的品种、张拉吨位以及工程使用情况选定。对常用的直径为 15、12 单根钢绞线和 7 ϕ 5 钢丝束无粘结预应力钢筋的锚具可按表 10-1 选用。

表 10-1 锚具选用表

无粘结预应力钢筋品种	张拉端	固定端
$d = 15$ (7 ϕ 5) 或 $d = 12$ (7 ϕ 4) 7 ϕ 5 钢丝束	夹片锚具 墩头锚具、 夹片锚具	挤压锚具、压花锚具、 焊板夹片锚具 墩头锚具

第四节 张拉控制应力和预应力损失

一、张拉控制应力 σ_{con}

张拉控制应力是指张拉预应力钢筋时,张拉设备(如千斤顶上油压表)所显示的总张拉力除以预应力钢筋截面面积,求得的钢筋应力值,用 σ_{con} 表示,也即张拉预应力钢筋时所达到的规定应力。张拉控制应力的数值应根据设计和施工经验确定。

从提高预应力钢筋的利用率来说,张拉控制应力应在可能的情况下取得高一些,这样预应力的效果会好一些。《规范》规定, σ_{con} 不应小于 $0.4f_{ptk}$ 。但 σ_{con} 又不能取得太高,以免个别钢筋在张拉或施工的过程中被拉断;同时,如果构件的抗裂度过大,会使开裂荷载接近破坏荷载,即构件延性变差,构件破坏时的挠度过小,使得构件在发生破坏前没有明显的预兆;再者, σ_{con} 太高,钢筋的应力松弛损失将会增大。

综合上述情况,《规范》根据多年来国内外设计与施工经验,规定预应力钢筋的张拉控制应力不应超过表 10-2 的限值。

当符合下列情况之一时,表 10-2 的张拉控制应力限值可提高 $0.05f_{ptk}$;

表 10-2 张拉控制应力限值

钢筋种类	张拉方法	
	先张法	后张法
消除应力钢丝、钢绞线	$0.75f_{ptk}$	$0.75f_{ptk}$
热处理钢筋	$0.70f_{ptk}$	$0.65f_{ptk}$

1) 要求提高构件在施工阶段的抗裂性能而在使用阶段受压区内设置的预应力钢筋。

2) 要求部分抵消由于应力松弛、摩擦、钢筋分批张拉以及预应力钢筋与台座之间的温差等因素产生的预应力损失。

二、预应力损失及其组合

由于各种因素的影响,从张拉钢筋开始直至构件使用的整个过程中,预应力钢筋的张拉控制应力在逐渐降低,同时混凝土所建立的预压应力也将逐渐降低,这种预应力降低的现象称为预应力损失。引起预应力损失的因素很多,下面介绍各项预应力损失及减少预应力损失的措施、预应力损失组合。

(一) 预应力损失

1. 张拉端锚具变形和钢筋内缩引起的预应力损失 σ_{l1}

先张法在台座上张拉钢筋或后张法直接在构件上张拉钢筋,一般总是先将钢筋的一端锚固,然后在另一端张拉,待钢筋应力达到设计规定的张拉控制应力后,再将钢筋锚固。由于钢筋处于高应力状态,所以在张拉过程中,锚固端的锚具产生变形(包括锚具本身的弹性变

形, 锚具、垫板与构件之间的缝隙被压紧) 及预应力钢筋在锚具中的滑动引起的预应力损失, 张拉设备能够及时补偿。而张拉端的锚具变形及钢筋内缩引起的损失, 是在钢筋张拉结束并且传力后产生的, 不能再由张拉设备补偿, 所以在计算预应力损失时必须考虑这项损失。

《规范》规定, 预应力直线钢筋由于锚具变形和钢筋内缩引起的预应力损失值 σ_{l1} 的计算公式为

$$\sigma_{l1} = \frac{a}{l} E_s \quad (10-1)$$

式中 a ——张拉端锚具变形和钢筋内缩值 (mm), 可按表 10-3 采用;

l ——张拉端至锚固端之间的距离 (mm);

E_s ——预应力钢筋弹性模量。

表 10-3 锚具变形和钢筋内缩值

锚具类别		a
支承式锚具 (钢丝束墩头锚具等)	螺帽缝隙	1
	每块后加垫板的缝隙	1
锥塞式锚具 (钢丝束的钢质锥形锚具等)		5
夹片式锚具	有顶压时	5
	无顶压时	6~8

注 1 表中的锚具变形和钢筋内缩值也可根据实测数据确定。

2 其他类型的锚具变形和钢筋内缩值应根据实测数据确定。

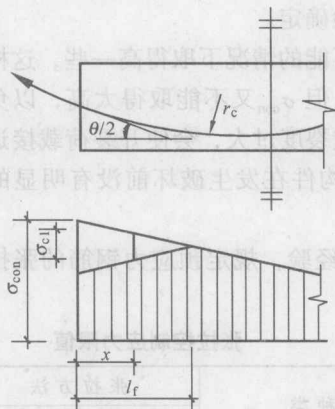


图 10-8 圆弧形曲线预应力钢筋的预应力损失 σ_{l1}

块体拼成的结构, 其预应力损失尚应考虑块体间填缝的预压变形。当采用混凝土或砂浆为填缝材料时, 每条填缝的预压变形值可取为 1mm。

后张法构件圆弧形曲线预应力钢筋 (图 10-8) 当其对应的圆心角 $\theta \leq 30^\circ$ 时, 由于锚具变形和预应力钢筋内缩引起的预应力损失 σ_{l1} , 应根据预应力曲线钢筋与孔道壁之间反向摩擦影响长度范围内的预应力钢筋变形值等于锚具变形和钢筋内缩值的条件确定, 其公式为

$$\sigma_{l1} = 2\sigma_{con} l_f \left(\frac{\mu}{r_c} + \kappa \right) \left(1 - \frac{x}{l_f} \right) \quad (10-2)$$

$$l_f = \sqrt{\frac{aE_p}{1000\sigma_{con} (\mu/r_c + \kappa)}} \quad (10-3)$$

式中 r_c ——圆弧形曲线预应力钢筋的曲率半径, m;

μ ——预应力钢筋与孔道壁之间的摩擦系数, 按表 10-4 取用;

κ ——考虑孔道每米长度局部偏差的摩擦系数, 按表 10-4 取用;

l_f ——反向摩擦影响长度, m;

x ——张拉端至计算截面的距离应不大于 l_f , m。