

公路桥涵设计手册

Yuyingli Jishu ji Cailiao Shebei

# 预应力技术及材料设备

刘效尧 朱新实 主编

王建璐 主审

人民交通出版社

## 前 言

《预应力技术及材料设备》是《公路桥涵设计手册》的一个分册,在本册中介绍了国内外常见的一些预应力张拉锚固体系及其设计参数;汇集了《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ 023-85)中有关预应力部分的内容及其使用方法;还介绍了近十年来预应力技术的新进展;在附录部分罗列了国内外的一些预应力技术标准,供预应力设计人员参考。

本分册由安徽省公路管理局刘效尧、朱新实主编,由王建瑶主审。在编写过程中除参考了书末所列的资料外,还引用了一些预应力锚夹具及预应力筋生产厂家的技术资料 and 出版物中的论述,在此一并表示谢意。

由于编者水平所限和可能收集到的资料有限,书中难免有遗漏和错误,请使用者给予批评指正,以便再版时补充和修订。

**编 者**

**1997年2月**

## 内 容 提 要

公路桥涵设计手册之一——《预应力技术及材料设备》，主要介绍了国内外常见的一些预应力张拉锚固体系及其设计参数，同时也介绍了近十年来预应力技术的新进展，附录部分罗列了国内外的一些预应力技术标准，供预应力设计人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

公路桥涵设计手册：预应力技术及材料设备/刘效尧，朱新实主编。—北京：人民交通出版社，1997

ISBN 7-114-02813-X

I. 公… II. ①刘… ②朱… III. ①公路桥-设计-技术手册②公路桥-后张自锚法-技术手册 IV. U448.142-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 22656 号

公路桥涵设计手册

预应力技术及材料设备

刘效尧 朱新实 主编

王建瑶 主审

责任印制：张 凯 版式设计：刘晓方 责任校对：杨 杰

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京京东印刷厂印刷

开本：850×1168  $\frac{1}{32}$  印张：12.625 字数：339 千

1998 年 4 月 第 1 版

1998 年 4 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数：0001—9000 册 定价：28.00 元

ISBN 7-114-02813-X

U·02005

# “公路桥涵设计手册” 编委会名单

主任委员：王建瑶

副主任委员：陈祥宝 胡明义

委员：（按姓氏笔画为序）

丁香云	王崇礼	王建瑶	毛家安
毛瑞祥	石少甫	冯郁芬	孙国柱
江祖铭	刘效尧	刘德进	朱维峰
李选龙	何福照	吴德心	苏清洪
陈祥宝	陈文沧	胡明义	张叔辉
张继尧	杨高中	周义武	金吉寅
赵立成	赵嘉行	项海帆	洪德昌
姚玲森	钱天锡	徐光辉	顾安邦
顾克明	顾懋清	高冬光	黄文机
郭永琛	程翔云	鲍钟岳	樊仕成

## 序 言

《公路桥涵设计手册》(以下简称《手册》)是在70年代出版的《公路设计手册》的基础上,根据交通部1985年颁发的桥涵设计规范和近代桥涵新结构、新理论、新材料、新工艺发展的需要,由人民交通出版社组织编写的。1987年11月正式成立《手册》编写委员会,并确定编写《基本资料》、《涵洞》、《梁桥》(上册)、《梁桥》(下册)、《拱桥》(上册)、《拱桥》(下册)、《刚架桥》、《斜拉桥与吊桥》、《墩台与基础》、《桥梁附属构造与支座》、《桥位设计》、《预应力技术及材料设备》等12个分册。

《手册》编委会历次召开的编写工作会议,得到了交通部工程管理司(原公路局)、西安公路交通大学、广东省公路勘测设计院、安徽省公路局、安徽省公路勘测设计院、福建省公路局、福建省交通规划设计院、厦门市交通局、新疆维吾尔自治区公路勘察设计院等主办会议单位在人力和财力上的支持与帮助,同时得到了编委所在单位和领导的关心与支持,谨在此表示衷心感谢。

《手册》编写工作会议,主要讨论了各册的编写大纲,制定了《手册》编写和审稿要求,示范性交流了有代表性的分册及编写经验,以求各分册在资料取舍、材料编排和体例格局方面能取得大体的统一。历次会议反复强调了《手册》是工具书,不同于教科书,也不同于专著,有它完整性、成熟性、系统性、示范性、图表化、简捷化和时代化等独特的要求。

本《手册》内容多、覆盖面宽,为便于广大读者查阅和保持各分册的完整性、系统性的格局,内容上尚存在一定的重复,虽经分编、

主编、主审和编委会的终审等层层把关,但限于我们的水平,缺点和错误在所难免,希广大读者提出批评和意见,并将意见径寄北京市和平里人民交通出版社。

《公路桥涵设计手册》编委会主任

王 建 瑶

1991.12

# 目 录

## 第一章 预应力技术的发展概况

第一节 预应力技术的起源与发展	1
一、早期的预应力技术	1
二、现代预应力技术的发展	5
第二节 我国预应力技术的发展概况	7
第三节 预应力技术的未来	8
一、应用范围越来越广,应用数量日益增多	8
二、预应力筋向高强度、低松弛、大直径和耐腐蚀的方向 发展	9
三、高效率的预应力张拉锚固体系	9
四、成熟的预应力施工工艺	9
五、预应力的设计、计算理论不断完善	9

## 第二章 国外主要预应力张拉锚固体系简介

第一节 法国弗莱西奈(FREYSSINET)体系	10
一、概况	10
二、锚具	11
三、预应力的施加方法	11
四、主要特点	14
第二节 瑞士VSL体系	15
一、概况	15
二、锚具、连接器	15
三、预应力的施加方法	26

四、主要特点 .....	29
第三节 英国 CCL 体系 .....	30
一、概况 .....	30
二、锚具 .....	30
三、预应力的施加方法 .....	33
四、主要特点 .....	33
第四节 德国地伟达(DYWIDAG)体系 .....	36
一、概况 .....	36
二、锚具、连接器 .....	37
三、预应力的施加方法 .....	45
四、主要特点 .....	45
第五节 瑞士的 BBRV 体系 .....	46
一、概况 .....	46
二、锚具、连接器 .....	47
三、预应力的施加方法 .....	52
四、主要特点 .....	52

**第三章 国内主要预应力张拉锚固体系介绍**

第一节 预应力粗钢筋张拉锚固体系 .....	55
一、概述 .....	55
二、锚具、连接器 .....	56
三、张拉千斤顶 .....	58
四、预应力的施加方法 .....	58
五、主要特点 .....	58
六、注意事项 .....	58
第二节 预应力高强精轧螺纹钢张拉锚固体系 .....	59
一、概述 .....	59
二、锚具、连接器 .....	59
三、张拉千斤顶 .....	59
四、预应力的施加方法 .....	59



五、主要特点 .....	59
六、注意事项 .....	60
第三节 DM 型预应力张拉锚固体系 .....	60
一、概述 .....	60
二、锚具、连接器 .....	60
三、张拉千斤顶 .....	64
四、预应力的施加方法 .....	64
五、主要特点 .....	67
六、注意事项 .....	67
第四节 LM 型预应力张拉锚固体系 .....	67
一、概述 .....	67
二、锚具 .....	67
三、张拉千斤顶 .....	67
四、预应力的施加方法 .....	70
五、主要特点 .....	70
六、注意事项 .....	71
第五节 钢质锥形锚具 .....	71
一、概述 .....	71
二、锚具 .....	71
三、张拉千斤顶 .....	73
四、预应力的施加方法 .....	74
五、主要特点 .....	74
六、注意事项 .....	74
第六节 XM 型预应力张拉锚固体系 .....	75
一、概述 .....	75
二、锚具、连接器 .....	75
三、张拉千斤顶 .....	81
四、预应力的施加方法 .....	83
五、主要特点 .....	84
六、注意事项 .....	84

第七节 QM 型预应力张拉锚固体系 .....	85
一、概述 .....	85
二、锚具 .....	86
三、张拉千斤顶 .....	87
四、预应力的施加方法 .....	89
五、主要特点 .....	91
六、注意事项 .....	91
第八节 OVM 型预应力张拉锚固体系 .....	91
一、概述 .....	91
二、锚具、连接器 .....	92
三、张拉千斤顶 .....	101
四、预应力的施加方法 .....	104
五、主要特点 .....	104
六、注意事项 .....	104
第九节 YM 型预应力张拉锚固体系 .....	106
一、概述 .....	106
二、锚具、连接器 .....	107
三、张拉千斤顶 .....	107
四、预应力的施加方法 .....	108
五、主要特点 .....	108
六、注意事项 .....	108
第十节 XYM 型预应力张拉锚固体系 .....	111
一、概述 .....	111
二、锚具、连接器 .....	111
三、张拉千斤顶 .....	115
四、预应力的施加方法 .....	115
五、主要特点 .....	115
六、注意事项 .....	115
第十一节 B&S 型预应力张拉锚固体系 .....	115
一、概述 .....	115

二、锚具、连接器 .....	116
三、张拉千斤顶 .....	121
四、预应力的施加方法 .....	121
五、主要特点 .....	122
六、注意事项 .....	122
第十二节 TM 型预应力张拉锚固体系 .....	122
一、概述 .....	122
二、锚具、连接器 .....	123
三、张拉千斤顶 .....	128
四、预应力的施加方法 .....	128
五、主要特点 .....	128
六、注意事项 .....	129
第十三节 STM 型预应力张拉锚固体系 .....	129
一、概述 .....	129
二、锚具、连接器 .....	129
三、张拉千斤顶 .....	132
四、预应力的施加方法 .....	132
五、主要特点 .....	132
六、注意事项 .....	132
第十四节 BUPC 无粘结预应力筋张拉锚固体系 .....	133
一、概述 .....	133
二、无粘结预应力筋的制作 .....	133
三、锚具、连接器 .....	135
四、张拉千斤顶 .....	136
五、无粘结预应力施工技术要点 .....	137
六、主要特点 .....	140
七、注意事项 .....	141
第十五节 JM 型预应力张拉锚固体系 .....	142
一、概述 .....	142
二、锚具 .....	143

三、张拉千斤顶 .....	144
四、预应力的施加方法 .....	144
五、主要特点 .....	144
六、注意事项 .....	144

#### 第四章 主要预应力筋产品介绍

第一节 钢筋 .....	145
一、冷拉热轧钢筋 .....	145
二、热处理钢筋 .....	146
第二节 高强钢丝 .....	147
第三节 钢绞线 .....	156

#### 第五章 预应力体系的设计与施工

第一节 概述 .....	157
第二节 设计 .....	157
一、预应力筋的形式 .....	157
二、预应力筋数量的估算 .....	158
三、预应力筋的布置 .....	160
四、预应力筋的张拉控制力 .....	162
五、钢筋的预应力损失 .....	164
第三节 特殊设计和计算 .....	178
一、锚固区 .....	178
二、曲线预应力筋的弯曲应力 .....	184
三、无粘结预应力混凝土结构 .....	187
四、体外预应力混凝土结构 .....	188
第四节 施工 .....	192
一、预应力钢筋的张拉程序 .....	192
二、预应力钢筋张拉时伸长值的计算与量测 .....	193
三、预应力钢筋的一端张拉 .....	195
四、钢筋回缩产生预应力损失的补偿 .....	196

五、孔道压浆与锚头防护 .....	197
第五节 计算实例 .....	197
一、预应力钢筋的张拉控制应力(力)、预应力 损失的计算 .....	197
二、预应力钢筋的理论伸长值计算 .....	203
三、局部承压计算 .....	204

## 第六章 质量检验与验收标准

第一节 预应力体系的验收 .....	207
第二节 预应力体系的技术要求 .....	207
第三节 预应力体系的验收试验 .....	209

## 第七章 工程实例

第一节 简支梁 .....	210
一、交通部标准图《装配式预应力混凝土斜空心板》 .....	210
二、上海市内环线高架路工程 .....	211
三、开封黄河公路大桥 .....	211
四、卢阿普拉河大桥 .....	214
五、浙江瑞安飞云江桥 .....	215
六、灵武铁路黄河特大桥 .....	216
七、通西、京丰槽形梁桥 .....	218
第二节 悬臂梁桥 .....	220
第三节 T形刚构桥 .....	222
一、广西柳州大桥 .....	222
二、四川泸州长江大桥 .....	223
三、福州洪山大桥 .....	224
四、洪塘大桥 .....	227
第四节 连续梁桥 .....	229
一、广珠公路容奇大桥 .....	229
二、厦门大桥 .....	233

三、常德沅水大桥 .....	234
四、上海市黄浦江奉浦大桥 .....	237
五、云南六库怒江大桥 .....	237
六、宝中铁路黄河特大桥 .....	241
七、山西平顺县曲线连续箱梁桥 .....	244
八、上海市罗山路桥 .....	247
第五节 刚构桥 .....	249
一、山东东明黄河公路大桥 .....	249
二、黄石长江公路大桥 .....	250
三、江西洪门大桥 .....	256
第六节 斜拉桥 .....	257
一、蚌埠淮河公路桥 .....	257
二、上海市黄浦江杨浦大桥主桥 .....	259
第七节 悬索桥 .....	261

## 附 录

一、国际预应力混凝土协会(FIP)后张预应力体系的 验收建议 .....	264
二、美国标准(ASTM A421-91)预应力混凝土用无 镀层消除应力钢丝 .....	286
三、美国标准(ASTM A416-90A)预应力混凝土用 无镀层消除应力七丝钢绞线 .....	292
四、英国标准(BS 5896-1980)预应力混凝土用高强 钢丝和钢绞线 .....	299
五、中华人民共和国国家标准(GB 5223-85)预应力 混凝土用钢丝 .....	318
六、中华人民共和国国家标准(GB 5224-85)预应力 混凝土用钢绞线 .....	324
七、中华人民共和国国家标准(GB/T 14370-93)预	

应力筋用锚具、夹具和连接器 .....	330
八、中华人民共和国交通行业标准(JT/T 329.1—97)	
公路桥梁预应力钢绞线用 YM 锚具、连接器规格	
系列 .....	343
九、中华人民共和国交通行业标准(JT 329.2—97)	
公路桥梁预应力钢绞线用锚具、连接器试验方法及	
检验规则 .....	353
十、预应力高强精轧螺纹粗钢筋设计施工暂行规定	
(交通部公路规划设计院) .....	370

# 第一章 预应力技术的发展概况

## 第一节 预应力技术的起源与发展

法国的欧仁·弗莱西奈(Enugene Freyssinet)于1928年首次将高强钢丝应用于预应力混凝土结构中,但这一技术一直到第二次世界大战后才得到大量的应用。

在第二次世界大战期间,欧洲的许多桥梁遭战争破坏,战后重建任务繁重,钢筋紧缺。而预应力混凝土结构由于采用了高强材料,可以节省大量的钢材与混凝土,再加上刚度大、耐久性好等优点,在欧洲得到了推广与发展。目前,这一先进技术已广泛地被世界各国所采用。现在世界上最著名的预应力专业公司大都集中于欧洲,如英国的缆索包装公司(CCL)、预应力混凝土设备公司(PSC Equipment Ltd)和西蒙贝尔公司,瑞士的VSL国际公司(Vorspon System Losinger International),德国的鲍尔公司(PAUL)与地伟达预应力混凝土公司(Dywidag Stressed Concrete Ltd),意大利的Tensacciaj公司等。

在美国与加拿大,预应力以工业实用为目的起始于50年代。美国的主要预应力公司是CEC公司及大陆混凝土结构公司。

### 一、早期的预应力技术

预应力技术是指预应力的锚固方式与张拉体系,或简称为锚固张拉体系。一种体系只适用于一种或两种预应力钢筋,并有专用的张拉设备和孔道成型方式。

早期的预应力技术是比较简单的,早期的预应力筋主要采用



冷拉 II、III、IV 级和热处理钢筋及冷拉 5 号钢筋；预应力钢丝主要采用碳素钢丝、刻痕碳素钢丝、冷拔低碳钢丝及钢绞线。这些预应力钢筋、钢丝、钢绞线的机械性能与现在相比是比较差的，无论是抗拉强度或韧性都较低，应力松弛也较大。

早期的预应力锚夹具与现在相比，锚固性能较差，预应力损失大，效率系数低。这些锚夹具有的已被淘汰，有的仍在继续使用。锚具、夹具是锚固预应力筋的一种装置。在后张法结构或构件中，为保持预应力筋的拉力并将其传递到混凝土上所用的永久性锚固装置称**锚具**。而在先张法结构或构件施工时，能保持预应力筋的拉力并将其固定在张拉台座(或设备)上的临时性锚固装置；以及在后张法结构或构件施工时，能将千斤顶(或其它张拉设备)的张拉力传递到预应力筋的临时性锚固装置称**夹具**。对大多数预应力体系来说，锚具与夹具是通用的，没有本质区别，仅在使用的要求上不同。早期常用的锚夹具具有以下几种：

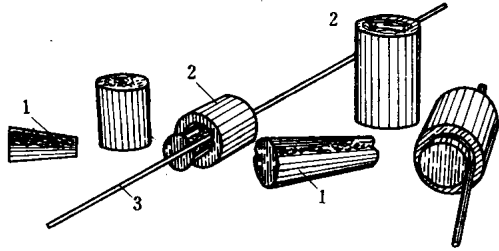


图 1-1-1 钢丝用圆锥形夹具

1-销子；2-套筒；3-钢丝

(一) 夹具

1. 圆锥形夹具

圆锥形夹具有钢丝用的及钢筋用的两种(图 1-1-1 与图 1-1-2)，仅能夹住一根钢丝或粗钢筋。

2. 楔形夹具

楔形夹具夹板上留有楔形孔，有单孔及双孔两种。楔块打入楔形孔中，钢丝就夹在楔块的侧面，每个楔块侧面可夹 1~2 根预

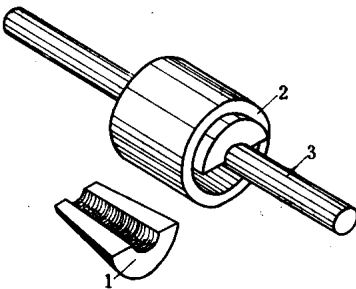


图 1-1-2 钢筋用圆锥形夹具

1-夹片；2-套筒；3-钢筋