



预应力工程

郭杏林 主编

便携手册



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



预应力工程便携手册

郭杏林 主编



机械工业出版社

本手册系根据国家最新颁布实施的预应力工程相关的设计规范、施工质量验收规范、规程及行业标准编写而成，主要包括材料、施工设备、施工计算、常用预应力混凝土构件、施工操作技术、工程质量控制。内容丰富，实用性强，方便查阅。特别适合于基层施工人员使用，也可供相关专业大中专院校的师生学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

预应力工程便洗手册/郭杏林主编. —北京: 机械工业出版社, 2008. 1

ISBN 978-7-111-22666-6

I. 预… II. 郭… III. 预应力结构 - 技术手册
IV. TU378 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 166916 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 何文军 责任校对: 李秋荣

封面设计: 姚毅 责任印制: 杨曦

北京机工印刷厂印刷 (胜利装订厂装订)

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

119mm × 165mm · 5.9375 印张 · 2 插页 · 199 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-22666-6

定价: 23.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 68327259

封面无防伪标均为盗版

《预应力工程便携手册》

编写人员

主 编：郭杏林

副主编：蔡贤辉

参 编：（按姓氏笔画排序）

牛 飞	王 聪	孙元贵
孙 国	孙 维	孙 喆
曲延安	任明法	许士斌
许 宁	李华伟	陈金涛
陈洪刚	何 枫	杨永清
谷文来	周翼勋	宫兆昆
郭洪亮	赵 伟	胡 风
倪长也	索 强	徐旭伟
崔立坤	瞿义勇	

前 言

预应力混凝土是最近几十年发展起来的一项新技术，现在世界各国都在普遍地应用，其推广使用的范围和数量，已成为衡量一个国家建筑技术水平的重要标志之一。它是在构件承受外荷载前，预先在构件的受拉区对混凝土施加预压力，这种压力通常称为预应力。预应力技术已扩大到型钢、砖、石、木等各种结构材料，并用以处理结构设计、施工中，用常规技术难以解决的各种疑难问题，提高了构件的抗裂度和刚度。但是在混凝土施工过程中施工工艺总是存在很多问题，使得施工质量有所影响。因此，我们根据国家最新颁布实施的预应力混凝土工程各相关设计规范、施工质量验收规范、规程及行业标准，并结合有关方面的著述，编写了这本《预应力工程便携手册》。

本书主要包括材料、施工设备、施工计

算、常用预应力混凝土构件、施工操作技术、工程质量控制。内容丰富，通俗易懂，实用性强，方便查阅，特别适合于基层施工人员使用，也可供相关专业大中专院校的师生学习参考。

本书在编写过程中参阅和借鉴了许多优秀书籍、专著和有关文献资料，并得到了有关领导和专家的帮助，在此一并致谢。由于编者的学识和经验所限，书中难免存在疏漏或未尽之处，敬请有关专家和读者予以批评指正。

编 者

目 录

前言

1 材料	1
1.1 预应力筋有关特性	1
1.1.1 应力-应变曲线	1
1.1.2 应力松弛	2
1.1.3 应力腐蚀	4
1.2 预应力钢材	4
1.2.1 预应力混凝土用钢丝	4
1.2.2 预应力混凝土和钢绞线	11
1.2.3 中强度预应力钢丝	23
1.2.4 冷轧带肋钢筋	26
1.2.5 预应力混凝土用钢棒	30
1.2.6 冷拉钢筋	40
1.2.7 冷拔钢丝	41
1.2.8 无粘结预应力钢绞线	42
1.2.9 普通钢筋	46
1.2.10 预应力钢材进场检查验收程序	48
1.2.11 预应力钢材的保管存放	49

1.3 预应力筋锚固体系	50
1.3.1 预应力筋锚固体系性能要求	50
1.3.2 锚固单元受力分析	53
1.3.3 扁型夹片锚固体系	55
1.3.4 单孔夹片锚固体系	56
1.3.5 多孔夹片锚固体系	59
1.3.6 固定端锚固体系	64
1.3.7 镦头锚固体系	68
1.3.8 精轧螺纹钢钢筋锚固体系	75
1.3.9 冷轧螺纹锚固体系	78
1.3.10 钢绞线连接器	79
1.3.11 环锚	81
1.3.12 单根钢丝夹具	83
1.3.13 钢质锥形锚具	86
1.3.14 钢绞线压接锚具	88
1.3.15 钢绞线拉索锚具	89
1.3.16 钢棒拉杆锚具	92
1.3.17 冷铸镦头锚具	92
2 施工设备	95
2.1 钢管切断设备	95
2.1.1 钢筋切断机	95
2.1.2 电动圆盘砂轮切割机	96
2.2 粗钢筋对焊、镦粗设备	99

2.3 钢筋冷拉设备	100
2.4 机械式张拉设备	103
2.5 孔道灌浆设备	106
2.5.1 手动灰浆泵	106
2.5.2 电动柱塞式灰浆泵	108
2.5.3 电动挤压式灰浆泵	110
2.6 钢丝液压锚头器	110
2.6.1 锚头器的构造及工作原理	111
2.6.2 锚头锚的质量控制	112
2.7 钢丝压折器	113
2.8 挤压机	114
2.8.1 挤压机的检验	116
2.8.2 挤压机的操作	117
2.9 台座	120
2.9.1 墩式台座	120
2.9.2 简易墩式台座	127
2.9.3 槽式台座	130
2.10 液压千斤顶	133
2.10.1 千斤顶分类及标记	133
2.10.2 液压千斤顶技术要求	134
2.10.3 液压千斤顶的构造	138
2.11 电动液压泵	152
2.11.1 电动液压泵的类型	152
2.11.2 2ZB4/50 型、2ZB3/63 型电动液压泵	152

2.11.3	小型电动液压泵	154
2.11.4	电动液压泵的使用要求	155
3	施工计算	158
3.1	预应力损失	158
3.1.1	预应力损失的分类	158
3.1.2	孔道摩擦损失	158
3.1.3	锚固损失	162
3.1.4	弹性压缩损失	167
3.1.5	预应力筋应力松弛损失	168
3.1.6	混凝土收缩徐变损失	169
3.2	张拉力计算	170
3.3	张拉值计算	172
3.4	张拉伸长值计算	172
3.5	预应力下料长度计算	175
3.5.1	预应力钢丝束下料长度计算	175
3.5.2	预应力钢绞线下料长度计算	177
3.5.3	冷拉Ⅱ、Ⅲ级钢筋下料长度计算	178
4	常用预应力混凝土构件	182
4.1	预应力混凝土屋架	182
4.1.1	预应力混凝土屋架类型	182
4.1.2	屋架现场预制平面布置	184
4.1.3	屋架块体制作	185

X

4.1.4	预应力筋张拉	189
4.2	预应力混凝土托架	191
4.2.1	托架的形式	191
4.2.2	托架块体制作	194
4.2.3	预应力筋张拉	194
4.3	预应力混凝土吊车梁	196
4.3.1	预应力混凝土吊车梁的类型	196
4.3.2	吊车梁块体制作	197
4.3.3	吊车梁预应力筋张拉	200
4.4	预应力混凝土薄板	202
4.4.1	预应力混凝土薄板的构造	202
4.4.2	预应力混凝土薄板的制作	203
4.5	预应力混凝土 T 形板	207
4.5.1	胎模制作	207
4.5.2	双 T 板预应力筋放张	210
4.5.3	构件起模	212
4.6	预应力混凝土屋面板	212
4.6.1	预应力混凝土屋面板的型号	212
4.6.2	预应力混凝土屋面板的生产	213
4.7	预应力混凝土空心板	218
4.7.1	预应力混凝土空心板的板型	218
4.7.2	预应力混凝土空心板的制作	218
5	施工操作技术	229
5.1	预应力筋制备	229

5.1.1	热轧钢筋的制备	229
5.1.2	钢绞线束的制备	240
5.1.3	预应力钢丝束的制备	240
5.1.4	无粘结预应力束的制备	244
5.2	预应力制作与安装工艺	244
5.2.1	工艺流程	244
5.2.2	无粘结预应力筋的制作要求	245
5.2.3	后张法有粘结预应力筋孔道的留设	247
5.2.4	预埋件的安装	257
5.2.5	块体拼装	257
5.2.6	后张法有粘结预应力筋的安装	258
5.2.7	无粘结预应力筋的铺放	261
5.2.8	先张法预应力筋的铺设	263
5.2.9	无粘结预应力筋锚具的选用	264
5.2.10	无粘结预应力筋的张拉端、固定端做法	265
5.2.11	无粘结预应力筋锚具及张拉设备安装	269
5.3	后张有粘结预应力混凝土结构	271
5.3.1	有粘结预应力混凝土框架梁	271
5.3.2	整体预应力装配式板柱结构	285
5.3.3	有粘结预应力混凝土平板	297
5.3.4	预应力薄板叠合楼板	303
5.4	无粘结预应力混凝土结构	307
5.4.1	无粘结预应力混凝土平板	307
5.4.2	无粘结预应力混凝土井子梁板	318
5.4.3	无粘结预应力混凝土密肋楼盖	319

5.5 钢结构预应力施工	326
5.5.1 施加预应力方式	326
5.5.2 预应力索布置与张拉力	327
5.5.3 预应力钢索与锚固体系	328
5.5.4 预应力张拉设备	329
6 工程质量控制	331
6.1 预应力工程质量验收一般要求	331
6.2 原材料质量验收	332
6.3 制作与安装质量验收	335
6.4 张拉和张放质量验收	338
6.5 灌浆及封锚质量验收	340
6.6 成品保护	342
6.7 质量记录内容与要求	343
6.8 质量通病及防治措施	350
参考文献	365

1 材 料

1.1 预应力筋有关特性

1.1.1 应力-应变曲线

精轧螺纹钢筋属软钢性质，高强预应力筋如钢丝、钢绞线等属于硬钢性质。下面主要介绍钢丝和钢绞线的应力-应变特性。

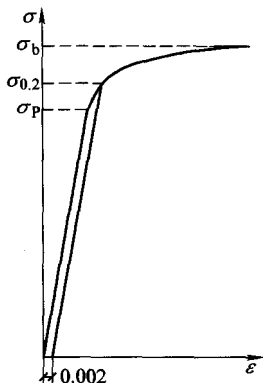


图 1-1 预应力钢丝的应力-应变曲线

预应力钢丝或钢绞线的应力-应变曲线，见图 1-1。当钢丝拉伸超过比例极限 σ_p 后， σ - ε 关系呈非线性变化。由于钢丝或钢绞线没有明显的屈服点，一般以残余应变为 0.2% 时的强度定为屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 。当钢丝拉伸超过 $\sigma_{0.2}$ 后，应变 ε 增加速度较快，当钢丝拉伸至最大应力 σ_b 时，应变 ε 继续发展，在 σ - ε 曲线上呈现为一水平段，然后断裂。

比例极限 σ_p ，一般采用残余应变为 0.01% 时的应力。

1.1.2 应力松弛

预应力筋的应力松弛是指钢材受到张拉力之后，在长度保持不变的情况下，钢材的应力随时间的增加而降低的现象。称此降低值为应力松弛损失。产生应力松弛的主要原因是由于金属内部位错运动导致一部分弹性变形转化为塑性变形引起的。

预应力筋的松弛试验，应按《预应力钢材等温松弛试验实施规程》进行。试件的初应力取 $0.6\sigma_b$ 、 $0.7\sigma_b$ 和 $0.8\sigma_b$ ，环境温度为 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 时，在松弛试验机上分别读出不同时间的松弛损失率，试验应持续 1000h 或持续一个较短的期间推算出 1000h 的松弛率。松弛率与时间、钢种、初应力和温度的关系见下表。

松弛率与时间的关系	应力松弛初期发展较快，第一小时相当于 1000h 的 15% ~ 35%，以后速度逐渐减慢。对试验数据进行回归分析得出：钢丝应力松弛损失率 $R_t = A \lg t + B$ 与时间 t 有比较好的对数线性关系。一年松弛损失率大约为 1000h 的 1.25 倍，而 50 年松弛损失率为 1000h 的 1.725 倍
松弛率与钢种的关系	钢丝或钢绞线的应力松弛率比精轧螺纹钢筋和热处理钢筋大
松弛率与初应力的关系	初应力大，松弛损失率也大。当 $\sigma_i > 0.7\sigma_b$ 时，松弛损失率显著增大，呈非线性变化。当 $\sigma_i \leq 0.5\sigma_b$ 时，松弛损失率可忽略不计
松弛率与温度的关系	随着温度的逐渐升高，松弛损失率会急剧增加。根据国外试验资料，40℃ 时 1000h 的松弛损失率约为 20℃ 时的 1.5 倍

减少松弛损失率的措施：

- 1) 可采取超张拉程序， $0 \rightarrow 1.05\sigma_i \xrightarrow{\text{持续 2min}} \sigma_i$ ，比一次张拉程序 $0 \rightarrow \sigma_i$ ，可减少 10% 的松弛损失率；也可采用 $0 \rightarrow 1.03\sigma_i$ 超张拉程序，松弛损失率虽然增大了，但剩余预应力仍比程序 $0 \rightarrow \sigma_i$ 大。
- 2) 采用低松弛钢丝或钢绞线，其松弛损失率可减少 70% ~ 80%。

1.1.3 应力腐蚀

预应力筋的应力腐蚀是指钢材在拉应力和腐蚀介质同时作用的情况下，发生腐蚀的现象。应力腐蚀破裂的发生过程，大致可分为两个阶段。第一阶段由于钢材表面的麻坑、损伤及环境中存在活性离子，在拉应力作用下引起钢材表面的钝化膜局部破裂，新鲜表面与腐蚀介质接触使局部发生电化学腐蚀，形成蚀孔使应力集中，产生微裂缝。第二阶段在裂缝内形成独特的“闭塞电池腐蚀”，拉应力阻止裂缝尖端生成保护膜或使保护膜不断破裂，电化学反应产生的氢，渗入裂缝的前缘使钢材发生脆化，加速裂缝沿晶界向纵深方向发展。应力腐蚀破裂的特征是钢材在远远低于破坏应力的情况下发生断裂，属突发性，事先毫无预兆，断口与拉应力垂直。钢材的冶金成分和晶体结构直接影响抗腐蚀性能。高强预应力钢材的强度高、直径小、变形低，对应力腐蚀较为敏感。

1.2 预应力钢材

1.2.1 预应力混凝土用钢丝

1. 预应力混凝土用钢丝的性能特点