

预应力混凝土管桩 设计施工及应用实例

徐至钧 李智宇 张亦农◎编著

YUYINGLI HUNNINGTU GUANZHUANG

SHEJI SHIGONG JI YINGYONG SHILI



中国建筑工业出版社

预应力混凝土管桩设计 施工及应用实例

徐至钧 李智宇 张亦农 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

预应力混凝土管桩设计施工及应用实例/徐至钧, 李智宇, 张亦农编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009
ISBN 978-7-112-10659-2

I. 预… II. ①徐…②李…③张… III. ①预应力混凝土管—混凝土桩—建筑设计②预应力混凝土管—混凝土桩—工程施工 IV. TU473.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 006952 号

本书作者总结长期以来进行预应力混凝土管桩工程的丰富经验, 对管桩的制作、选型、标准、岩土勘察、基础设计、施工、质量检验及适用条件等多方面内容进行了系统的归纳, 同时给出了相关工程案例进行说明, 内容丰富、实用。

本书适合从事基础设计与施工的技术人员参考使用。

* * *

责任编辑: 王 梅 王 跃

责任设计: 董建平

责任校对: 刘 钰 陈晶晶

预应力混凝土管桩设计施工及应用实例

徐至钧 李智宇 张亦农 编著

*

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

北京永峥排版公司制版

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15¼ 字数: 380 千字

2009 年 3 月第一版 2009 年 3 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 36.00 元

ISBN 978-7-112-10659-2

(17592)

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)

前 言

改革开放以来,我国经济建设带动了土木建筑工程的迅速发展,大量的高层建筑、民用住宅、公用工程、大跨度桥梁、高速公路、港口、码头等工程均需要优质的桩基础。预应力混凝土管桩是重要的桩基材料,它是体现了当代混凝土技术进步与混凝土制品高新技术水平的一种预制混凝土桩,与其他桩基础相比较,它具有制作工艺简单,质量容易保证,植桩方便,耐打性能好,造价便宜,检测方便,施工速度快和桩基抗震性好等优点。因此,近十多年来,预应力混凝土管桩在我国的生产与应用以惊人的速度迅猛发展,生产管桩的企业在 10 年内增加了近 10 倍。从地区分布看,已由该产品生产与应用最多的广东省逐步推向长江三角洲与我国沿海、沿江、沿湖地区,到东北三省。现在,年生产各类管桩达 12000 多万千米,年产值达 100 多亿元人民币,一些企业的产品还出口东南亚国家和地区,应用领域不断扩大,形成了一个很大的新兴行业,为我国的经济建设和国民经济的发展作出了重大贡献。

桩基工程是当今工程领域的一大热点技术学科,其理论和技术在工程实践的推动下不断完善。由于桩基础具有比较大的整体性和刚度,能承受较大的竖向荷载和水平荷载,因此主要应用于高层建筑、工业建筑、大桥、大型储罐等工程中,是目前应用较为广泛的一种基础类型。我国的桩基施工技术,总体上说具有较高的发展水平,但各地之间发展极不均衡,桩基发展历史上出现的所有桩型,在我国几乎都可以见到,这主要和我国基本国情有关。我国幅员辽阔,各地工程地质条件差异较大,不同地区经济发展水平很不均衡,施工机械的配备和施工技术水平也参差不齐,因此都试图寻求一种适合本地条件,技术、经济效益都比较理想的桩型和施工方法,而预应力管桩的应用与发展证明了这种桩型有较大的发展空间。

桩基础在整个工程的造价中占很大比例,在地质条件比较复杂的地区可高达 1/4 以上,节约资金的潜力很大,如果工程技术人员能合理选用合适的桩型与施工方法,就可以大幅度地降低工程造价,这对解决我国目前资金紧缺问题意义重大。

预应力管桩按混凝土强度等级分为预应力混凝土管桩(代号 PC 桩)和预应力高强混凝土管桩(代号 PHC 桩)。预应力混凝土管桩的离心混凝土强度等级不得低于 C50 级;预应力高强混凝土管桩的离心混凝土强度等级不得低于 C80 级。因此,区分 PC 桩与 PHC 桩仅仅是桩的离心混凝土强度。对于几何尺寸、抗弯等级相同时,PC 和 PHC 仅反映承载能力的大小。

1999 年发布了由浙江省宁波市城乡建设委员会组织设计、施工并与管桩编制的标准图(DBJ02—10—99)《先张法预应力混凝土管桩》设计图集。对应地将宁波地区推广已久的代号为 PTC(先张法薄壁预应力混凝土管桩)给出的技术指标重新加以明确,使管桩设计、生产、施工有章可循。由此看来,PTC 管桩是 PC 管桩的一种,只是技术指标低一点,唯管桩壁厚、主筋保护层厚度和管桩抗弯指标不同,但将它用于某些特定条件,在经

济上会比用 PC 管桩便宜,因此仍得到推广。

国家标准预应力混凝土管桩 (03SG409) 已由中国建筑标准设计研究所 2003 年 10 月正式发行,相信不久的将来我国管桩行业将会更加健康发展,达到先进国家水平。

本书主要依据新颁布的“建筑桩基技术规范”(JGJ 94—2008)及各省出版的预应力混凝土管桩技术规程,介绍预应力混凝土管桩标准、深圳宝安预应力混凝土管桩试验研究成果、基础的岩土勘察、管桩基础设计、桩的承载力及桩基变刚度调平设计、沉桩方法及设备、管桩基础施工,工程质量检验,常见质量弊病分析与防治、管桩的应用领域和工程应用实例等内容。

本书可供设计施工工程技术人员在推广、应用预应力管桩技术中参考,也可供高等院校教师和研究生在工作中参考。

本书由徐至钧(教授级高级工程师)和李智宇(深圳宝安工程质量监督检验站高级工程师)编著,深圳市通力建设工程有限公司总经理张亦农参加了部分编写工作。另外,杨瑞清、李景、付细泉、张勇、陈月妮、宋宏伟、赵尧钟、徐斐、陈静、林婷以及上海石化设计院何国富总工程师等也参加了部分编写工作,在此一并表示谢意。

在编写过程中,本书引用了许多科研、教学和工程单位的一些科研成果和技术总结,还引用了一些工程实例,一般都尽量注明在参考文献中,但难免有遗漏之处,在此谨向所有原作者表示深切的谢意。

衷心希望本书所介绍的内容能够推进预应力管桩的技术进步,并对改善工程质量起到一定的作用。如其若此,便是我们最大的荣幸了。书中不妥之处,尚祈各界读者朋友不吝指正。

目 录

第一章	总论	1
第二章	预应力混凝土管桩设计与选型	7
	第一节 概述	7
	第二节 标准的主要内容	7
	第三节 预应力混凝土管桩的分类	13
	第四节 预应力管桩的制作	19
	第五节 管桩的吊运	21
	第六节 管桩的堆放	23
	第七节 预应力混凝土大直径管桩	26
	第八节 管桩桩身竖向承载力设计值	27
	第九节 抗裂弯矩验算与极限弯矩验算	28
	第十节 螺旋钢筋设计	30
	第十一节 抗剪强度计算和轴力作用下抗裂弯矩计算	31
第三章	预应力混凝土管桩的试验	33
	第一节 简介	33
	第二节 锤击预应力管桩极限承载力试验	35
	第三节 静压预应力管桩极限承载力试验	51
第四章	预应力管桩基础勘察与设计	73
	第一节 预应力混凝土管桩基础的岩土勘察	73
	第二节 预应力管桩基础设计	74
	第三节 工程实例	80
第五章	预应力管桩的施工	106
	第一节 概述	106
	第二节 预应力管桩基础施工	106
	第三节 管桩打（沉）桩方法	108
	第四节 预应力管桩的接桩	119
	第五节 预应力管桩的桩靴选择	125
	第六节 某工程打桩挤土效应分析	127
第六章	管桩基础工程质量控制与监测	133
	第一节 预应力混凝土管桩检测	133
	第二节 桩的质量监测	136
	第三节 管桩基础工程质量监测实例	143

第四节	常见质量弊病分析与防治	162
第七章	管桩的应用	184
第一节	石灰岩地层不宜应用	184
第二节	地下水位较高地区和管桩持力层在软岩地层上的要慎用	185
第三节	孤石和障碍物多的地层不宜应用	196
第四节	有坚硬隔层时不宜应用或慎用	196
第五节	从松软突变到特别坚硬的地层不宜应用	198
第六节	在地震设防区能否使用预应力管桩	199
第八章	工程应用实例	200
参考文献		236

第一章 总 论

一、我国管桩行业的发展及现状

20 世纪 60 年代,铁道部北京丰台桥梁厂曾少量生产过直径 $D=400\text{mm}$ 的钢筋混凝土离心管桩,并在 20 世纪 60 年代末,开始研制先张法预应力混凝土管桩(简称 PC 管桩)直径 $D=550\text{mm}$,用 $\phi 7\text{mm}$ 高强钢丝为主筋,获得成功并生产至今。20 世纪 60 年代末为建设南京长江大桥需要管桩基础,所以大桥工程局三处也开始生产预应力管桩至今。

20 世纪 80 年代以来,特别是在上海宝山钢铁公司建设中,由于引进日本技术,在工程建设中大量采用了钢管桩,这不但使工程造价提高,使用寿命降低,钢管的耐久性也差,形势迫切需要基础采用预应力管桩。

1984 年广东省构件公司、广东省基础公司和广东省建筑科学研究所合作,首先成功研制新型接桩形式的预应力混凝土管桩,将以往法兰接口桩接头连接改为现在使用的焊接连接,并于 1987 年通过广东省建委组织的技术鉴定。

为了适应港口建设发展的需要,1987 年交通部第三航务工程局从日本全套引进预应力高强混凝土管桩(简称 PHC 管桩)生产线,PHC 管桩的主要规格为 $D=600\sim 1000\text{mm}$ 。1987~1994 年,国家建材局苏州混凝土水泥制品研究院和广东番禺市桥丰水泥制品有限公司在有关科研院所的合作下,根据我国的实际情况,通过对引进管桩生产线的消化吸收,自主开发了国产化的预应力高强混凝土管桩生产线,1993 年该项成果被建设部列入全国重点推广项目。接着中山鸿运、宏基、鸿业等一批管桩厂建成,当时全国已有 70 余家管桩生产厂,年生产能力达 2000 余万米。

20 世纪 80 年代后期,宁波浙东水泥制品有限公司在有关科研院所的合作下,针对我国沿海地区淤泥软弱土层较多的特点,通过对 PC 管桩的改造,开发了先张法预应力混凝土薄壁管桩(简称 PTC 管桩),PTC 管桩的主要规格有 $D=300\sim 600\text{mm}$ 。

改革开放以来,我国经济建设带动了土木建筑工程的迅速发展,大量的高层建筑、民用住宅、公用工程及大跨度桥梁、高速公路、港口、码头等工程均需要优质的桩基础。预制混凝土管桩是一种重要的桩基种类,它体现了当代混凝土技术进步与混凝土制品高新技术水平,与其他桩基础相比较,它具有制作工艺简单、质量容易保证、植桩方便、耐打性好、造价便宜、检测方便、施工速度快、桩基抗震性好等优点。因此,近 10 多年来,预应力混凝土管桩在我国的生产与应用以惊人的速度迅猛发展,生产管桩企业在 10 年内增加了近 10 倍,据不完全统计,到 2007 年底,全国已有 220 多家管桩生产厂家,其中广东省约 55 家,深圳 3 家,江苏省约 24 家,浙江省约 56 家,上海市约 15 家,福建省约 6 家,湖北省约 5 家,云南省 3 家,天津市 4 家,其他地区如辽宁沈阳、大连、黑龙江、吉林等 40 余家。

1992 年中国制定《先张法预应力混凝土管桩》(GB 13476—1992)国家标准。随着我

国管桩生产技术的不断提高,为了适应管桩行业的发展需要,保证产品质量,促进管桩技术的进步,以国家建材局苏州混凝土水泥制品研究院为主,组织国内 15 家管桩生产、设计、施工等单位对 1992 年版的标准进行了修订,将修订后的《先张法预应力混凝土管桩》(GB 13476—1999),作为国家强制性执行标准已于 2002 年 12 月 1 日开始实施。

针对江、浙、沪地区近年来迅速发展应用先张法预应力混凝土薄壁管桩的情况,1999~2000 年由国家建材局苏州混凝土水泥制品研究院组织了国内 20 个设计、生产等单位,制定了建材行业标准《先张法预应力混凝土薄壁管桩》(JC 888—2001),此标准也作为强制性执行标准已于 2002 年 6 月 1 日开始实施。

由苏州中材建筑建材设计研究院会同宁波市建筑设计研究院、中山建华管桩有限公司等 6 家参编单位和 15 家协编单位,编制出版了国标《预应力混凝土管桩》(03SG409),已由中国建筑标准设计研究所建质[2003]143 号文公布,于 2003 年 9 月 1 日起正式执行。

上述几项标准的制定,使管桩的设计、生产、施工有章可循。对预应力混凝土管桩的生产与应用可起到十分重要的技术指导作用。

1993 年成立中国水泥制品工业协会,预制混凝土桩专业委员会共有会员单位 100 多个,办有会刊《预制混凝土桩》(正式出版刊物),并在 1993~1999 年间多次召开了年会。

1993 年由国家建材局苏州混凝土水泥制品研究院完成的“预应力高强混凝土管桩的生产及应用开发”项目,先后成为国家建材局“九五”建材工业重点推广的科技成果。该项成果于 1998 年度获“建材行业部级科技进步二等奖”、1999 年度“国家科技进步三等奖”。

1995 年广东省建委组织广东省建筑设计研究院、广东省建筑科学研究院等 16 个有关单位,制定了《预应力混凝土管桩基础技术规程》(DBJ/T 15—22—1998),从 1998 年 10 月开始实施。

迄今广东省已累计使用预应力混凝土管桩达 4000 万米,以一个工程用管桩 5000 多米计算,全省已成功应用于 8000 多个工程,未有一个工程是失误的。因此,先进的管桩设计和施工经验值得推广到全国,供全国各有关部门学习和借鉴。推广应用新技术关键在设计部门,但当前设计水平发展很不平衡,不少甲、乙级建筑设计院的结构总工程师,对这项新技术的推广应用还了解不多,有的还受传统思想的束缚,又不愿意去接受管桩这项新的技术,因而也阻碍了管桩的推广和应用。

当前,我国预应力混凝土管桩的制造技术和产品质量在国际上已达到先进水平,许多生产预应力管桩及设备配套的企业已得到 ISO9002 质量管理体系认证证书,不少产品已打入港、澳、台地区,许多工艺生产主机,如墩头机、滚焊机、离心机、模具、蒸压釜、大型强制式混凝土搅拌机的生产已经过关,而且部分设备已出口到第三世界国家,生产预应力混凝土管桩所必需的高强度预应力凹螺纹钢筋、高效减水剂等的生产企业已经配套发展,这也为今后预应力管桩的继续发展打下了良好的基础。

二、目前已批准使用的预应力管桩技术标准设计规程

随着预应力管桩的应用与发展,各部门从 1990 年至今已制订发布了一系列国内有关预应力管桩的设计、施工、制作的技术标准和规程(表 1-1)。从表 1-1 可见,1991 年颁

布的《先张法预应力离心混凝土管桩制作技术规程》和《预应力钢筋混凝土管桩施工技术规程》，及广东省、浙江省、天津市、福建省、辽宁省相继批准颁布的预应力混凝土管桩技术规程等，这些技术标准、设计规程的颁布执行，对预应力管桩技术的提高与发展提供了指导作用，为推广应用预应力管桩、提高产品的工程质量起到了根本保证。

国内预应力管桩产品相关技术标准与规程

表 1-1

序号	名 称	标准编号
1	《先张法预应力混凝土管桩》	(GB 13476—1999)
2	《先张法预应力混凝土薄壁管桩》	(JC 888—2001)
3	《港口工程预应力混凝土大直径管桩设计与施工规程》	(JTJ 261—1997)
4	《先张法预应力离心混凝土管桩制作技术规程》	(YBJ 237—1991)
5	《预应力钢筋混凝土管桩施工技术规程》	(YBJ 235—1991)
6	《先张法预应力混凝土管桩》	(DBJ 02—10—1999)
7	《先张法预应力混凝土管桩制作规程》	(DBJ 08—302—1996)
8	《先张法预应力混凝土管桩》	(DBJ T 08—92—2000)
9	《预应力混凝土管桩基础技术规程》	(DBJ/T 15—22—1998)
10	《先张法预应力混凝土管桩》	(2002 浙 G22)
11	《预应力混凝土薄壁管桩》	(连 G9501)
12	《先张法预应力混凝土管桩》	(苏 G03—2002)
13	《预应力混凝土薄壁管桩》	(苏 G9901)
14	《薄壁预应力混凝土管桩》	(NGT—1—1992)
15	《先张法预应力离心高强、混凝土管桩沉桩施工技术规程》	(JQ/SH—00—KJ—1—002—1996)
16	《预应力离心混凝土管桩技术条件》	(Q/FQ 0—5—1982)
17	《先张法预应力混凝土管桩》	(JGT 1—1999)
18	苏州混凝土水泥制品研究院编《先张法预应力混凝土管桩结构设计图集》	(1996 年 12 月)
19	《先张法预应力混凝土管桩工艺技术规程》	
20	国家建筑标准设计图集《先张法预应力混凝土管桩》	
21	《先张法预应力混凝土管桩基础技术规程》浙江省工程建设标准 2004 年 5 月 1 日	(DB 33/1016—2004)
22	《预应力混凝土管桩技术规程》天津市建设管理委员会 2005 年 1 月 1 日	(DB 29—110—2004)
23	《先张法预应力混凝土管桩基础技术规程》福建省建设厅 2007 年 8 月 1 日	(DBJ 13—86—2007)
24	《预应力混凝土管桩基础技术规程》辽宁省建设厅辽宁省质量技术 监督局 2008 年 1 月 24 日	(DB 21/T 1565—2007)

三、预应力混凝土管桩学术交流的社会团体，积极开展技术交流活动

1993 年成立中国水泥制品工业协会，预制混凝土桩专业委员会有会员单位 100 多个，

并办有会刊《预制混凝土桩》，通过学术团体的交流活动，组织全国范围内从事这一行业的工程技术人员与专家，积极开展学术交流活动，大大推动了我国先张法预应力混凝土工程技术的发展。在中国水泥制品工业协会和预制混凝土桩专业委员会的主持下，从1993年起至今，已召开全国性预应力高强混凝土管桩学术研讨会6次（表1-2），收集到有关学术论文600多篇，并出版了大会的论文集。这些活动对推动本学科的发展起到了积极作用。

预应力高强混凝土管桩学术研讨会

表 1-2

序号	日 期	地 点	说 明
1	1993 年 10 月	广东佛山	召开成立大会，到会 154 人
2	1994 年 11 月	广东番禺	召开第二次大会，到会 185 人
3	1996 年 10 月	上海浦东	召开 1995 ~ 1996 年会，到会 200 人
4	1999 年 6 月	广东中山	召开 1997 ~ 1999 年会，到会 177 人
5	2007 年 2 月	江西南昌	召开预应力管桩学术研讨会，到会 110 多人
6	2008 年 5 月	浙江杭州	召开预应力管桩学术研讨会，到会 80 多人

四、在新形势下预应力混凝土管桩的专业公司不断涌现

改革开放以来，我国经济建设带动了土木工程的迅速发展，各类建筑物大量兴建，各地纷纷成立了专业技术公司，并保质保量地完成了一批难度较大的管桩施工工程。据不完全统计，全国有 200 多家。建设部专门批准了一些技术实力较强，具有从事特种工程资质的专业技术工程公司，从事预应力高强混凝土管桩的预制和施工任务。目前从事这方面工程的主要专业公司见表 1-3。目前已从沿海各省，发展到东北三省。

管桩生产厂、专业公司一览表

表 1-3

序 号	单 位 名 称	序 号	单 位 名 称
1	辽宁盘锦红海管桩有限公司	6	天津市华正岩土工程有限公司
2	吉林亿利基础工程有限公司	7	浙江永和建材有限公司
3	福建大地管桩有限公司	8	江门裕大管桩有限公司
4	廊坊市城泰管桩厂	9	广东七建集团管桩基础有限公司
5	宿迁市国新金属制品有限公司		

五、《建筑桩基技术规范》（JGJ 94—2008）的发布与实施

《建筑桩基技术规范》（JGJ 94—2008）是根据建设部《关于印发〈二〇〇二~二〇〇三年度工程建设城建、建工行业标准制订、修订计划〉的通知》，由中国建筑科学研究院会同有关设计、勘察、施工、研究和教学单位，对《建筑桩基技术规范》（JGJ 94—94）修订而成。

在修订过程中,开展了专题研究,进行了广泛的调查分析,总结了近年来我国桩基础设计、施工经验,吸纳了该领域新的科研成果,以多种方式广泛征求了全国有关单位的意见,并进行了试设计,对主要问题进行了反复修改,最后经审查定稿。

这是一部结合我国国情的新规范,对预应力管桩的设计与施工有着重要意义,是桩基学科进步的重要标志,并有着深远的意义。

六、21 世纪的工作重点

人类的生存依赖于地球,而土地资源是一个不可再生的资源。人们不断地挖掘和开发现有资源,进行着不良地基的开发和利用工作。以满足生产和生活的各种需求,这将是 21 世纪的热门课题之一。

基于地基的开发和利用是设计理论的研究中一项具有重要意义的课题,它的研究与发展有待国内工程界和同行专家的共同努力。目前需要研究开发的项目有:

- (1) 建立合理的结构受力体系的理论设计框架;
- (2) 落实新规范在实施过程中的经验和存在的问题;
- (3) 建立合理的可以反映地基加固工程的各类性能指标;
- (4) 加强纠倾作业工作中的科学技术含量和指导要点;
- (5) 编制施工预应力管桩压桩工艺中的各种施工方法和建议;
- (6) 建立完善准确的量测系统;
- (7) 提高各类应用设备的精度和质量;
- (8) 建立各类重大工程的信息化数据和经验总结;
- (9) 提高预应力混凝土管桩的预制质量;
- (10) 积累地基加固的实测数据。

总之,发展前景十分广阔,任重而道远,要靠本学科的同行专家和工程技术人员踏实苦干、团结合作、取长补短、共同提高,在 21 世纪的重点工作攻关中作出新贡献。

七、今后的目标和展望

近 20 年来,我国建筑行业中的地基加固与地基处理和其他行业一样,突飞猛进,取得了辉煌的成就,形势喜人。在这个时期内,我国进行了无数的建(构)筑物地基加固和处理工程,规模越来越大,复杂性也越来越高,这是有目共睹的。经过较长时期的使用,也证明了使用管桩的项目质量是好的,成绩应该肯定。但我们不能满足于现状而停滞不前,为了今后的加固处理建设工程有更好的质量和更高的水平,我们还要不断努力、精益求精,创造出更合理和更经济的加固特色。技术的不断发展就是靠推陈出新,作为一名生产预应力管桩的工程技术人员,有责任承担起这个任务。要是安于现状,不求进取,甘于出手“常规”的人,水平是提不高的。

推新看来似乎比较容易,但问题往往是得不到足够的重视,作为管桩厂的一名工程师应该在适合的条件下积极推广应用。在推广应用过程中会遇到这样或那样的困难和阻力,不应遇难而退,而应努力克服困难和阻力,当推新工作的积极支持者。

创新是事物发展的必然趋势,不要把创新看得很神秘,也不要对它要求过高,创新工作必须有科学态度,不要主观认定,更不能盲目实施,有了新的设想和方案,首先是

要开展科学研究，从理论上认定它的先进性和可行性，并通过工程实践来证实它的正确性。

21 世纪已经过了 8 年，我们要将一张张图纸变成一栋栋使用预应力管桩的崭新楼房，一座座特种结构正常使用创造出系列全国之最，书写出中国建筑采用管桩从小到大从弱到强的灿烂篇章，从东海之滨到西部边疆，并将发展延伸到世界各地。

第二章 预应力混凝土管桩设计与选型

第一节 概 述

先张法预应力混凝土薄壁管桩是国内开发成功的一种新型建筑工程基础用桩,发展至今已有近 20 年时间,现全国有 250 多家生产企业,年产量达 1200 多万千米,在国家基本建设中发挥了重要的作用,具有经济合理、混凝土强度高、桩身竖向承载力较高、抗弯性能适中、接头性能好、沉桩质量可靠、监测方便、施工工期短等优点,得到了勘测、设计、施工单位及用户的充分肯定。近年来,随着生产技术的发展,薄壁管桩的规格和结构及产品性能都有了较大的发展和提高,为了避免设计、生产、施工和使用中的混乱,有必要实现产品系列、技术要求、检验规则的系列化、标准化,有利于设计、生产、施工等单位的贯彻实施,有利于预应力混凝土薄壁管桩的技术进步和推广应用。

根据国家建材局建材行管发[1999]57号文件《关于下达1999年建材行业标准制、修订项目计划的通知》,《先张法预应力混凝土薄壁管桩》被正式列入1999~2000年度建材行业标准制定项目计划,由苏州混凝土水泥制品研究院负责该项标准的制定工作。经宁波浙东水泥制品有限公司、杭州高翔管桩有限公司、连云港建设设计研究院、苏州永固管桩制造有限公司、宁波建筑安装集团公司构件公司、浙江省建筑构件公司、杭州东冠通信集团水泥制品有限公司、杭州江南管桩有限公司、宁波迈克水泥制品有限公司、苏州银龙管桩制造有限公司、上海二十冶金混凝土构件有限公司、杭州钱宏水泥制品有限公司、杭州天恒管桩有限公司、宁波经济技术开发区二十冶水泥制品有限公司、杭州坚塔管桩有限公司、浙江宝业住宅产业化有限公司、温州市华山管桩制造有限公司、杭州萧山宏图实业有限公司、苏州建筑建材设计院、台州市椒江万友实业公司、富阳金鑫管桩有限公司和上虞中富管桩有限公司等单位组成《先张法预应力混凝土薄壁管桩》标准制定工作小组,共同完成该项标准的修订工作。

第二节 标准的主要内容

该标准共分十章:①范围;②规范性引用文件;③定义及代号;④产品分类;⑤原材料及构造要求;⑥技术要求;⑦试验方法;⑧检验规则;⑨标志、产品合格证;⑩贮存、运输。

该标准是根据《标准化工作导则 第1部分:标准的结构和编写规则》(GB/T 1.1—2000),结合我国预应力混凝土薄壁管桩的生产和使用现状,在参照《先张法预应力混凝土管桩》(GB 13476—1999)和国外先进国家标准《先张法预应力离心高强混凝土管桩》(JISA 5337—1995)的基础上进行编制的。现将有关条文的内容简介如下:

1. 范围

规定了该标准产品的成形工艺和应用领域。凡适用条件改变,有特殊要求的管桩,应由供需双方协商,按特殊工艺设计制造,但该标准的质量要求、试验方法、检验规则等某些条款均可参照执行。

为了强调 PTC 管桩的使用特点,该标准增加了条文的注:

(1) 薄壁管桩主要适用于工业与民用建筑物的低承台桩基础。

(2) 薄壁管桩适用于抗震设防烈度不大于 7 度的地区,对大于 7 度的地区应进行专门验算。

(3) 薄壁管桩主要考虑承受竖向荷载。

由于薄壁管桩预应力钢筋的混凝土保护层较薄,在工程设计时,应考虑地质条件对混凝土无侵蚀性。

2. 规范性引用文件

根据《标准化工作导则 第 1 部分:标准的结构和编写规则》(GB/T 1.1—2000)的规定,列出正文中引用标准文件的一览表。

3. 定义及代号

为了区别于预应力高强混凝土管桩(代号 PHC)和预应力混凝土管桩(代号 PC),对预应力混凝土薄壁管桩加以明确定义:凡小于国家标准《先张法预应力混凝土管桩》(GB 13476—1999)规定的最小壁厚的先张法预应力混凝土管桩称为预应力混凝土薄壁管桩,代号 PTC。

4. 产品分类

(1) 产品规格 根据对国内 30 多家管桩生产企业现有产品规格的统计,常用生产规格(按外径)分别有:φ300mm、φ350mm、φ400mm、φ450mm、φ500mm 和 φ600mm 六种。针对浙江温州地区软弱地基的特点,采纳一些专家的建议,该条文增加外径为 φ700mm 和 φ800mm 这两个规格。

(2) 产品质量等级 根据有关规定,并结合我国管桩生产实际,该条文规定 PTC 管桩在满足混凝土强度等级和抗弯弯矩的情况下,产品按外观质量和尺寸偏差分为优等品、一等品和合格品。

(3) 结构尺寸 PTC 管桩的混凝土有效预压应力较小,且桩身混凝土壁较薄,因此其刚度较小,若长细比较大,在生产和运输中易产生开裂,在施工中易产生挠曲甚至折断。管桩生产时一般采用二端勾吊法,经过理论验算表明:φ300mm 桩,最大单节桩长为 9m;φ300mm 桩,最大单节桩长为 10m;φ400mm、φ450mm 桩,最大单节桩为 11m;φ500mm 桩,最大单节桩长为 12m;φ550mm、φ600mm 桩,最大单节桩长为 13m;φ700mm 桩,最大单节桩长为 14m;φ800mm 桩,最大单节桩长为 15m。根据供需双方协议,也可生产其他长度的薄壁管桩。

对于同一外径的管桩,壁厚不同,其桩身承载力也随之变化,以满足工程设计的要
求。在该标准中,无法把所有壁厚都列入产品系列中,因此,表 2-1 中只列出 PTC 管桩的最小壁厚,设计单位根据承载力的要求不同而设计不同的壁厚。PTC 管桩的最小壁厚与预应力筋的混凝土保护层厚度有关。该条文中规定的最小壁厚系是参考有关省市 PTC 管桩结构设计图集,在调研的基础上提出的。

薄壁管桩抗弯性能技术指标

表 2-1

规格 (mm)	φ300	φ350	φ400	φ450	φ500	φ550	φ600	φ700	φ800
壁厚 (mm)	50	50	55	60	60	70	70	80	80
$[M_{er}]$ (kN·m)	19	27	39	55	71	97	119	186	254
$[M_u]$ (kN·m)	26	38	55	77	99	136	167	260	356

离心成形的先张法预应力混凝土管桩的基本参数可按表 2-2 选用。

预应力混凝土管桩的配筋和力学性能

表 2-2

品 种	外径 d (mm)	壁厚 t (mm)	单节桩长 (m)	混凝土 强度等级	型号	预应力 钢筋	螺旋筋 规格	混凝土 有效预 压应力 (MPa)	抗裂弯 矩检验 值 M_{er} (kN·m)	极限弯 矩检验 值 M_u (kN·m)	桩身竖向 承载力设 计值 R_p (kN)	理论 质量 (kg/m)
预 应 力 高 强 混 凝 土 管 桩 (PHC)	300	70	≤ 11	C80	A	6φ7.1	φ ^b 4	3.8	23	34	1410	131
					AB	6φ9.0		5.3	28	45		
					B	8φ9.0		7.2	33	59		
					C	8φ10.7		9.3	38	76		
	400	95	≤ 12	C80	A	10φ7.1	φ ^b 4	3.6	52	77	2550	249
					AB	10φ9.0		4.9	63	704		
					B	12φ9.0		6.6	75	135		
					C	12φ10.7		8.5	87	174		
	500	100	≤ 15	C80	A	10φ9.0	φ ^b 5	3.9	99	148	3570	327
					AB	10φ10.7		5.3	121	200		
					B	13φ10.7		7.2	144	258		
					C	13φ12.6		9.5	166	332		
	500	125	≤ 15	C80	A	10φ9.0	φ ^b 5	3.5	99	148	4190	368
					AB	10φ10.7		4.7	121	200		
					B	13φ10.7		6.2	144	258		
					C	13φ12.6		8.2	166	332		
	550	100	≤ 15	C80	A	11φ9.0	φ ^b 5	3.9	125	188	4020	368
					AB	11φ10.7		5.3	154	254		
					B	15φ10.7		6.9	182	328		
					C	15φ12.6		9.2	211	422		
	550	125	≤ 15	C80	A	11φ9.0	φ ^b 5	3.4	125	188	4700	434
					AB	11φ10.7		4.7	154	254		
					B	15φ10.7		6.1	182	328		
					C	15φ12.6		7.9	211	422		
	600	110	≤ 15	C80	A	13φ9.0	φ ^b 5	3.9	164	246	4810	440
					AB	13φ10.7		5.5	201	332		
					B	17φ10.7		7	239	430		
					C	17φ12.6		9.1	276	552		

续表

品 种	外径 d (mm)	壁厚 t (mm)	单节桩长 (m)	混凝土 强度等级	型号	预应力 钢筋	螺旋筋 规格	混凝土 有效预 压应力 (MPa)	抗裂弯 矩检验 值 M_{cr} (kN·m)	极限弯 矩检验 值 M_u (kN·m)	桩身竖向 承载力设 计值 R_p (kN)	理论 质量 (kg/m)
预 应 力 高 强 混 凝 土 管 桩 (PHC)	600	130	≤ 15	C80	A	13 ϕ 9.0	$\phi^b 5$	3.5	164	246	5440	499
					AB	13 ϕ 10.7		4.8	201	332		
					B	17 ϕ 10.7		6.2	239	430		
					C	17 ϕ 12.6		8.2	276	552		
	800	110	≤ 15	C80	A	15 ϕ 10.7	$\phi^b 6$	4.4	367	550	6800	620
					AB	15 ϕ 12.6		6.1	451	743		
					B	22 ϕ 12.6		8.2	535	962		
					C	27 ϕ 12.6		11	619	1238		
	1000	130	≤ 15	C80	A	22 ϕ 10.7	$\phi^b 6$	4.4	689	1030	10080	924
					AB	22 ϕ 12.6		6	845	1394		
					B	30 ϕ 12.6		8.3	1003	1805		
					C	40 ϕ 12.6		10.9	1161	2322		
预 应 力 混 凝 土 管 桩 (PC)	300	70	≤ 11	C60	A	6 ϕ 7.1	$\phi^b 4$	3.8	23	34	1070	131
					AB	6 ϕ 9.0		5.2	28	45		
					B	8 ϕ 9.0		7.1	33	59		
					C	8 ϕ 10.7		9.3	38	76		
	400	95	≤ 12	C60	A	10 ϕ 7.1	$\phi^b 4$	3.7	52	77	1980	249
					AB	10 ϕ 9.0		5.0	63	104		
					B	13 ϕ 9.0		6.7	75	135		
					C	13 ϕ 10.7		9.0	87	174		
	500	100	≤ 15	C60	A	10 ϕ 9.0	$\phi^b 5$	3.9	99	148	2720	327
					AB	10 ϕ 10.7		5.4	121	200		
					B	14 ϕ 10.7		7.2	144	258		
					C	14 ϕ 12.6		9.8	166	332		
	550	100	≤ 15	C60	A	11 ϕ 9.0	$\phi^b 5$	3.9	125	188	3060	368
					AB	11 ϕ 10.7		5.4	154	254		
					B	15 ϕ 10.7		7.2	182	328		
					C	15 ϕ 12.6		9.7	211	422		
	600	110	≤ 15	C60	A	13 ϕ 9.0	$\phi^b 5$	3.9	164	246	3680	440
					AB	13 ϕ 10.7		5.4	201	332		
					B	18 ϕ 10.7		7.2	239	430		
					C	18 ϕ 12.6		9.8	276	552		

管桩桩身竖向承载力设计值是基础设计中的一项十分重要的技术指标，高强混凝土技术的应用使薄壁管桩的混凝土强度等级由原来的 C40 发展到 C50、C60、C70、C80 等，这