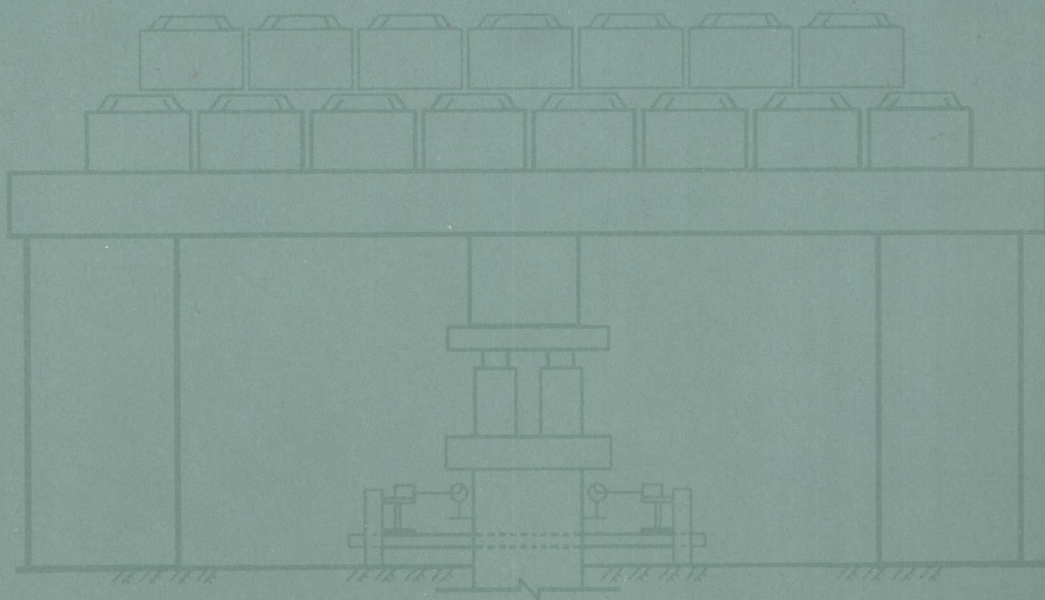


工程桩质量检测 技术培训教材

广东省建设工程质量安全监督检测总站 主编

GONG CHENG ZHUANG ZHI LIANG
JIAN CE JI SHU PEI XUN JIAO CAI



中国建筑工业出版社

工程桩质量检测技术培训教材

广东省建设工程质量安全监督检测总站 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程桩质量检测技术培训教材/广东省建设工程质量安全
监督检测总站主编. —北京:中国建筑工业出版社,2009

ISBN 978-7-112-10967-8

I. 工… II. 广… III. 桩基础—工程质量—检测—技术
培训—教材 IV. TU473.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 073291 号

本书是工程桩质量检测员岗位培训教材,主要包括:计量知识、岩土工程性质与勘察、桩基基本理论、基桩动测技术的理论基础、动态信号的采集和处理方法、桩基检测过程控制、桩基检测基本规定、低应变法、高应变法、声波透射法、钻芯法、静载试验法等,其中还包括了检测过程中涉及的相关工作要求和知识,并附有大量检测实例、习题和答案。

本书适合设计、施工、监理、质量监督和质量检测人员阅读,尤其适合于工程桩质量检测技术人员自学和作为检测人员培训教材,并可供高等院校有关专业师生参考。

工程桩质量检测技术培训教材

广东省建设工程质量安全监督检测总站 主编

*

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

广州恒伟电脑制作有限公司制版

广州佳达彩印有限公司印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:31¼ 字数:773 千字

2009 年 9 月第一版 2009 年 9 月第一次印刷

定价:58.00 元

ISBN 978-7-112-10967-8

(18210)

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)

编写委员会

主 任:袁庆华

副主任:徐天平 陈伟欢

委 员:柯李文 陈久照 乔军志 李广平 唐孟雄 钱春阳
徐共和 刘南渊 潘奇俊 李素华

审定委员会

主 任:刘宗孝

副主任:李志玲 郑永民

委 员:邓建荣 黄钦明 林奕禧 王耀禧 杨晓林 孟凡强
李龙华 朱远辉

主编单位:广东省建设工程质量安全监督检测总站

参编单位:广东省建筑科学研究院

广州市建筑科学研究院

深圳市建设工程质量检测中心

广州铁路(集团)公司科学技术研究所

广东省建筑设计研究院

珠海市建设工程质量监督检测站

肇庆市建设工程质量监督检测站

前 言

我国地域辽阔,从沿海到内地,由山区到平原,地质情况极其复杂,既有湿陷性黄土,也有多年冻土,既有膨胀土,也有岩溶土洞。以广东为例,中生代的燕山运动和新生代的喜马拉雅运动对地质构造起着重要的作用,形成了各种断裂和褶曲等形态,其中某些断裂带仍有不同程度的活动;省内各地埋藏着不同地质年代的岩浆岩、沉积岩和变质岩,基岩之上则分布着各种成因类型的第四纪沉积物;珠江三角洲淤泥层厚几米至20多米,肇庆云浮等地区岩溶比较发育,个别地区还发现有膨胀土。随着建设用地日趋紧张、高层建筑迅速发展,桩基础应用越来越广泛。桩基础将上部结构的荷载,通过基桩穿过较软弱地层或水传递到深部较坚硬的、压缩性小的土层或岩层,从而有效地减少基础沉降和建筑物的不均匀沉降,确保建筑物结构安全。

桩基础工程属于隐蔽工程,桩基础的设计、计算、施工、检测等方面往往比上部建筑结构更为复杂,出现问题处理更为困难。因此,工程桩的质量检测成为建设工程质量控制的一个关键环节。

工程桩质量检测主要包括承载力检测和桩身完整性检测。检测方法主要有静载法、钻芯法、高应变法、低应变法^{【注】}和声波透射法。虽然建筑基桩检测技术规范已颁布实施,但由于基桩检测工作技术性强,影响检测结果的因素甚多,诸如合理选择仪器、正确安装设备、准确获取真实的检测数据、科学地分析检测结果等,因此,要获得科学、准确的检测结果,提高检测人员的技术水平是十分重要的。

自1990年以来,受上级主管部门委托,广东省建设工程质量安全监督检测总站(广东省建筑工程质量检测中心站)开展了工程桩静载法、钻芯法、高应变法、低应变法和声波透射法等五种检测方法的培训和考核,累计培训检测人员5000多人次,通过培训经考核合格的检测人员绝大多数已成为广东省建设工程质量检测机构基桩检测的技术骨干,这对规范广东省桩基质量检测工作起着十分重要的作用。为进一步提高广东省工程桩检测技术水平,迫切需要一本较为完整的工程桩检测技术人员上岗培训教材。为此,广东省建设工程质量安全监督检测总站组织了广东省长期从事桩基检测专家编写了这本书。本书包含静载法、钻芯法、高应变法、低应变法和声波透射法等五种检测方法,并介绍了相关的基础理论和工程桩检测过程的具体操作要领,书中包含了较多的工程检测实例,每一章后面还附有若干练习题供读者练习。本书适合设计、施工、监理、质量监督和质量检测人员阅读,尤其适合于工程桩检测技术人员自学和作为检测人员培训教材。

由于作者学术水平和实践经验有限,时间仓促,且工程桩检测技术发展迅速,书中肯定有不少缺点、错误,敬请读者批评指正。

【注】:由于目前广东省低应变法主要采用反射波法,因此本书中的低应变法均指反射波法,为了方便和照顾习惯,书中部分内容直接用反射波法表述。

编者

绪 论

众所周知,桩的作用是将上部结构的荷载传递到深部稳定的岩土层上去,从而使基础沉降和建筑物不均匀沉降满足设计要求,以保证建筑物的使用功能正常发挥。

桩,一般说来,就是一根杆件,而且在大多数情况下,为等截面直杆。在材料力学、弹性力学乃至塑性力学中,对一维杆件的拉伸、压缩、扭转、弯曲等变形有深入而系统的研究,为什么作为一维杆件的桩的设计计算、检测验收变得如此复杂呢?这主要是因为桩的周围被岩土所包围,各个地区、不同深度的岩土性质差异性极大;另一方面,桩的施工工艺甚多,即使同一施工工艺,由于设备状况不同、施工人员素质不同,成桩质量会有较大差别。

桩虽然具有最简单的结构特性——“杆件”,但由于包围它的介质——岩土的复杂性构成了单桩承载力这个简单的“谜”,桩的研究者们为寻求谜底进行了不懈努力,至今还没有找到一种较为精确计算桩承载力的方法^[1]。桩的极限承载力取决于桩侧桩端岩土对桩的支承阻力和桩身结构承载能力,因此,从事工程桩质量检测的技术人员应当掌握基本的岩土工程知识,本书第二章介绍了岩土工程性质与勘察,第三章介绍了桩的承载机理和施工基本知识。

工程桩质量检测包括承载力检测和桩身完整性检测两方面。静载试验是最传统、最可靠的桩承载力检测方法,《工业与民用建筑地基基础设计规范》TJ 7—74 曾给出单桩的静载荷试验要点,现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2002,行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 和《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106—2003,广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15—31—2003 和《建筑地基基础检测规范》DBJ 15—60—2008 等都对桩的静载试验作了明确的规定。静载试验是一种技术非常成熟的检测方法,尤其是单桩竖向抗压静载试验是技术要求相对较低的一种检测方法。静载试验主要是确定桩的极限承载力或确定桩的承载力是否满足设计要求,该方法试验时间长、试验费用高,抽样率低、部分工程受场地、设备条件限制难以实施。影响静载试验结果的主要因素有两方面,一方面是试验设备未完全符合规范要求,基准梁太短,支墩与受检桩的距离太近,如果采用人工加载和读数,由于连续工作时间长,补压难以满足规范要求,每级荷载的持续时间太短,原始数据难以保证真实可靠,近几年来,静载试验自动化采集仪的性能不断完善,可满足建设工程质量检测的需要。另一方面是检测人员对规范理解不透彻、不全面,从而未能准确确定桩的极限承载力。

动测技术是以应力波理论为基础发展起来,并伴随电子测量技术和计算机的发展而不断改进,特别是随着动测仪器的测量和数据处理数字化,实时处理成为现实,动测技术成为桩基质量检测不可或缺的手段。

早在 20 世纪 30 年代,应力波理论就被用于分析打桩过程。1931 年, D. V. Issacs 就提出用一维波动方程描述打桩时桩的贯入性状的概念,1938 年, E. N. Fox 通过简化假设,得出了描述打桩过程的波动方程的解。1950 年, E. A. Smith 提出用一系列质块—弹簧和阻尼器组成的离散化模型描述锤—桩—土系统,求得波动方程的数值解;1960 年,他发表了“打桩分

析的波动方程法”这一著名论文,阐述用波动理论分析打桩时桩的贯入性状及预测桩的承载力的研究成果,文中定义了计算模型所涉及的全部参数,从而使波动方程分析方法进入实用阶段。此后,大批学者进行了大量的研究,编制了各种以质块-弹簧和阻尼器组成的离散化模型模拟锤-桩-土系统的计算机程序,对波动方程法的发展作出了重要贡献。1964年美国 Case Western Reserve University(CWRU)的 G. G. Goble 教授等人开始研究用连续弹性杆模型和行波理论求解波动方程的方法,并于 1975 年提出了确定基桩承载力的动力试桩方法—Case 法,1977 年美国 PDI 公司按 Case 法原理,开始生产 PDA 打桩分析仪。瑞典生产的 PID 打桩分析仪也是按 Case 法原理研制的。它是通过测量桩顶部应变和加速度的时间历程,再转换成力和速度的时间历程波形曲线,实时计算桩的极限承载力、桩身应力、桩身完整性、锤击传递给桩的能量(桩锤效率)等。此后,Goble 领导的研究小组(GRL)以连续杆件模型代替离散的质弹体模型,编制成 Capwap 拟合程序,在全世界获得了广泛的应用。荷兰建筑材料与建筑结构研究所(TNO)研制的 TNO 桩检测系统及 TNOWAVE 计算程序也属于此类。1983 年,国际土力学与基础工程学会将 Case 法和 Capwap 拟合法作为学会建议的方法列入学会野外及室内实验委员会编制的规范。

我国开展基桩动测法的研究已有 30 多年的历史。早在 1972 年,湖南大学周光龙教授首先在国内开展低应变动测技术研究。早期开发的几种低应变动测法,如反射波法、频率分析法、机械阻抗法、水电效应法,使我国基桩动测技术得到很大发展。1978 年,南京工学院的唐念慈教授领导的课题组在渤海 12 号储罐平台对两根大直径钢管桩进行试验:沿桩两侧黏贴电阻应变片,在桩顶部安装加速度传感器,测量现场打桩过程中的力和加速度及静荷载试桩时的应力分布,取得了各种动、静对比信号,并编制 BF81 计算程序,这是我国最早的打桩波动分析程序,也是我国最早的以波动理论为基础的高应变动力试桩实验。1980 年,甘肃省建筑科学研究所编制成输入实测力进行波动分析的程序,并于 1982 年与上海铁道学院合作共同研制出我国首台打桩分析系统,1986 年中科院武汉岩土所开发出第一台 RSM 桩基动测仪,1989 年交通部三航局研制 SDF-3 型打桩分析仪,1991 年,中国建筑科学研究院研制出 DJ-3 型试桩分析仪,1992 又推出 FEI-A 型桩打桩分析仪,并编制了波动分析拟合软件,武汉岩海公司也先后推出了 RS 系列基桩动测仪。

为了满足广东省建设事业发展需要,1987 年,广东省建筑科学研究所(广东省建筑工程质量检测中心站)在广东省率先引进美国 PDI 公司生产的 PDA 打桩分析仪,迈出了高应变动力试桩应用研究的第一步。1988 年由省建委下达《PDA 打桩分析仪开发应用研究》课题,1990 年 5 月,通过了省建委组织的成果鉴定,1991 年获省科技进步三等奖,并被列为《广东省“八五”建设科技成果推广计划项目(第一批)》进行推广。由于广东省建委对广东省建筑工程质量检测中心站研究成果的肯定和推广,使广东省桩基动测技术研究和应用进入一个全新阶段。20 世纪 90 年代,广东省引进 PDA 打桩分析仪的数量超过全国总数的 1/3,加上国产仪器,高应变动力试桩法已成为广东省桩身完整性检测和承载力检测的有力手段。1993 年,广东省建筑科学研究所(广东省建筑工程质量检测中心站)申报《桩完整性检测仪 PIT 开发应用研究》课题在省建委立项,在理论上和试验技术上对反射波法试桩进行了全面的探索,研究成果获 1995 年省科技进步三等奖,为桩基工程质量普查提供了简便和有效的检测手段。

鉴于我国高应变动力试桩的迅速发展,1989 年,在国家建筑工程质量监督检验检测中心

主持下编制了《高应变动力试桩法暂行规定》,1993年,建设部颁布《工程桩动测单位资质管理办法》、《工程桩动测单位资质考核暂行标准》、《工程桩动测单位资质考核若干规定》,这对改变当时我国桩基检测市场混乱局面起到十分积极的作用,使我国的桩基动测工作逐渐进入规范化的、有序的阶段。广东省建设厅参照建设部的有关规定,先后颁发了《广东省建设工程质量检测管理暂行规定》(粤建监字[1994]023号文)、《广东省建设工程桩质量检测单位资质审查暂行办法》(粤建监字[1995]033号)、《关于加强工程桩质量检测单位资质管理的通知》(粤建函[2000]350号)等有关规定,规范了全省桩基检测单位的资质考核与管理,并委托广东省建筑工程质量检测中心站对全省桩基检测人员进行上岗培训和考核,组织专家组对全省桩基检测单位资质进行考核;广东省建设厅于2000年又制定了广东省桩基质量检测技术规定(试行),这对规范广东省桩基质量检测工作起着十分重要的作用,使广东省桩基检测工作步入有序状态。

与此同时,随着大直径桩的广泛应用,桩的声波透射法和钻芯法检测技术也不断发展,逐步完善。1995年出台的《基桩低应变动力检测规程》JGJ/T 93—95对声波透射法作了规定,2003年出台的《建筑基桩质量检测技术规范》JGJ 106—2003作了进一步的完善,并对钻芯法检测技术作了规定。

目前工程桩质量检测方法有静载试验、钻芯法、高应变法、低应变法和声波透射法,这五种工程桩质量检测方法各有特点,既有其各自的优点,也有各自的局限性。桩基工程的安全与单桩本身的质量直接相关,而设计条件(地质条件、桩的承载性状、桩的使用功能、桩形、基础和上部结构的形式等)和施工因素(成桩工艺、施工过程的质量控制、施工质量的均匀性、施工方法的可靠性等)对单桩质量与整个桩基的正常使用均有影响。另外,检测得到的数据和信号也包含了诸如地质条件、桩身材料、不同桩形及其成桩可靠性、桩的休止时间等设计和施工因素的作用和影响,这些也直接决定了与检测方法相应的检测结果判定是否可靠,及所选择的受检桩是否具有代表性等。因此,应根据检测目的、检测方法的适用范围和特点,综合考虑各种因素的影响,合理选择检测方法,实现各种方法合理搭配、优势互补,使各种检测方法尽量能互为补充或验证。

工程桩质量检测结果的准确与否,不仅与检测仪器设备有关,更加与检测人员的素质密不可分。作为工程桩质量检测技术人员,应该了解岩土工程知识,掌握测试原理、熟悉仪器性能,正确地分析处理试验数据。尤其是从事基桩动测技术的人员,首先要建立“动”的思维,熟悉波的概念,掌握一维应力波的传播理论,了解动态测量技术是有别于静态测量技术、瞬态冲击测量技术与稳态测量技术的差别。检测工作既是一项技术工作,也是一项实践活动,需要知识不断更新和经验不断积累。相信本书的出版能促进工程桩检测技术进步,提高检测工作水平。

目 录

第一篇 桩基检测基本知识

第1章 计量知识	3
1.1 概述	3
1.2 国际单位制	4
1.3 法定计量单位	6
1.4 桩基检测常用计量单位	8
1.5 测量结果的数据处理	11
1.6 测量不确定度的概念	13
第2章 岩土工程性质与勘察	23
2.1 土的工程性质及分类	23
2.2 岩石的工程性质及分类	37
2.3 地基承载力特征值	44
2.4 在桩基检测技术工作中如何合理使用勘察报告	47
第3章 桩基基本理论	57
3.1 桩基基本概念	57
3.2 竖向受荷桩的承载机理	60
3.3 水平受荷桩的承载机理	74
3.4 桩基础设计计算基本知识	75
3.5 桩基施工基本知识	80
3.6 常用桩的常见质量问题	84
3.7 有关桩的若干问题	86
第4章 基桩动测理论基础	92
4.1 单自由度系统的振动	92
4.2 多自由度系统的振动	100
4.3 杆的纵向振动	105
4.4 直杆中波的传播	113
4.5 力学系统的响应特性	122
第5章 动态信号的采集和处理方法	128
5.1 信号的分类和描述	128
5.2 信号的测量	133
5.3 信号的预处理	136
5.4 信号分析处理	139
5.5 功率谱分析	143
5.6 谱窗和泄漏	145
第6章 基桩检测主要过程控制	151
6.1 检测工作程序	151

6.2	人员	152
6.3	仪器设备及校准	153
6.4	检测方法	155
6.5	样品管理	156
6.6	记录	157
6.7	报告	158
第二篇 桩基检测技术		
第7章	桩基检测基本规定	163
7.1	一般规定	163
7.2	检测前的准备工作	165
7.3	检测方法分类	168
7.4	检测数量	169
7.5	验证与扩大检测	171
7.6	检测结果综合评价和检测报告	172
第8章	低应变法	181
8.1	反射波法检测桩身质量的基本原理	181
8.2	理论计算和模型桩试验波形分析	191
8.3	仪器设备	209
8.4	现场检测	211
8.5	检测数据分析与结果判定	216
8.6	检测实例	220
8.7	反射波法检测桩身质量的若干问题分析	234
第9章	高应变法	242
	引言	242
9.1	Case 法基本理论	243
9.2	曲线拟合法基本理论	261
9.3	仪器设备	289
9.4	现场检测	294
9.5	检测数据的分析与判定	299
9.6	工程桩检测实例	304
9.7	关于高应变法的若干问题	314
第10章	声波透射法	328
10.1	引言	328
10.2	混凝土灌注桩声波透射法检测的基本理论	329
10.3	仪器设备	356
10.4	检测技术	374
10.5	检测数据分析与结果判定	393
第11章	钻芯法	425
11.1	仪器设备	425

11.2	现场操作	428
11.3	芯样采集加工与试验	431
11.4	检测数据分析与判定	432
11.5	检测报告	434
11.6	检测报告编写实例	435
第 12 章	静载试验法	443
12.1	单桩竖向抗压静载试验	443
12.2	单桩竖向抗拔静载试验	458
12.3	单桩水平静载试验	468
12.4	地基平板载荷试验	474
习题答案		486
参考文献		494

第一篇

桩基检测基本知识

第 1 章 计量知识

1.1 概 述

我国法定计量单位采用国际单位制,而国际单位制是在米制基础上发展起来的单位制,是目前世界上一种十分通用的先进计量单位制。在米制产生后,在使用和发展过程中,出现了多种单位制并用的复杂局面。这是因为随着科学技术的发展,学科和专门技术领域不断形成,有些学科和领域在使用米制时,为使用方便又制定了本学科、领域的单位制。如:在力学中制定厘米克秒(CGS)制和米千克秒(MKS)制;在工程技术中制定米吨秒(MTS)制和米千克力秒制(即工程制, $m \cdot \text{kgf} \cdot s$)。

这些以米制为基础建立起来的单位制,虽然同属米制,但相互之间存在着矛盾的现象,而且由于这些单位制的交叉使用,往往出现一个物理量有多个单位同时并用的混乱现象。如在米千克秒制中,质量的单位是千克,但在米千克力秒制中,质量的单位是导出单位,表示式是 $\text{kgf} \cdot s^2/m$,数值上等于 9.80665 千克,这明显与米制的十进原则相违背。又如:压力(压强)的单位就有千克力/厘米²(kgf/cm^2)、克力/厘米²(gf/cm^2)、标准大气压(atm)、毫米汞柱(mmHg)、毫米水柱(mmH_2O)、托(Torr)、巴(bar)、牛顿/米²(N/m^2)等十多种,使用起来很不方便、需要进行烦琐的换算。

为了克服这些缺点,国际计量大会决定采用国际单位制,目前全世界绝大多数国家都宣布采用国际单位制。

在我国,解放前的计量制度相当混乱,市制、英制、公制和许多旧杂制同时并用,单位制之间的换算困难。

解放后,我国十分重视统一计量单位的工作。1959 年 6 月 25 日,国务院发布命令,确定以公制(米制)为我国的基本计量制度,要求在全国范围内推广米制,改革市制,限制英制,废除杂制。1977 年 5 月 27 日,国务院颁布的《中华人民共和国计量管理条例》又明确规定:“我国的基本计量制度是米制(即公制),逐步采用国际单位制”。1981 年 7 月 14 日,经国务院批准,中国国际单位制推行委员会公布了《中华人民共和国计量单位名称与符号方案》,方案就是以国际单位制为基础,同时沿用某些非国际单位制单位制定的。为了贯彻这个方案,全国计量和单位标准化委员会于 1982 年制定了国家标准《国际单位制及其应用》GB 3100—82,由国家标准局批准发布,并规定从 1983 年 7 月 1 日起实施。

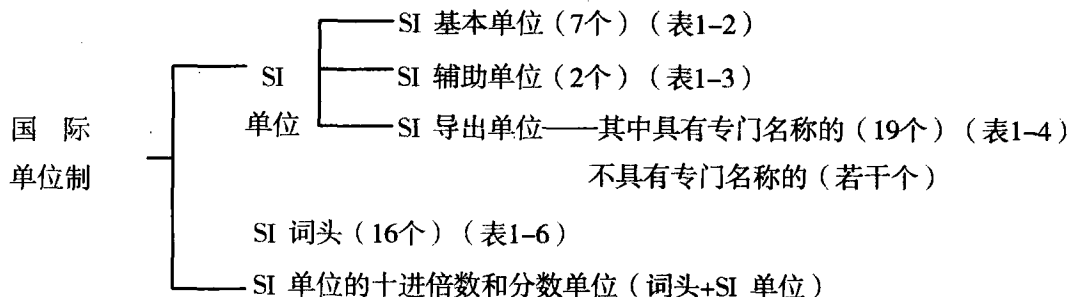
但是,上述命令和条例规定对有些计量制度只是进行改革和限制,仍允许使用。这样一来,在我国推行米制,向国际单位制过渡中形成了米制、市制、英制和国际单位制四种计量单位制并用的局面,不利于国民经济的发展,应该在采用先进的国际单位制的基础上,进一步统一我国的计量单位。因此,国务院于 1984 年 2 月 27 日发布《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,规定 1990 年底以前要完成向国家法定计量单位的过渡。

1.2 国际单位制

1.2.1 国际单位制的构成

国际单位制是国际计量大会在 1960 年通过的。规定以拉丁字母“SI”作为国际单位制的简称。

国际单位制的构成如下表所示：



- (1) SI 基本单位有 7 个,它们都有严格的定义;
- (2) SI 辅助单位有 2 个,它们是没有量纲的纯几何量单位;
- (3) SI 导出单位是由基本单位以相乘、相除的形式构成的单位,其中具有专门名称和符号的有 19 个。
- (4) SI 词头有 16 个,它们有着不同的名称和符号,分别代表 10 的不同次幂;
- (5) SI 单位的十进倍数和分数单位,是由 SI 词头加上 SI 单位构成的。

1.2.2 国际单位制的基本单位和辅助单位

7 个基本单位和 2 个辅助单位可以构成不同科学技术领域中所需的全部单位。例如：

用米(m)、千克(kg)、秒(s)可以构成力学、声学领域的全部单位；

用米(m)、千克(kg)、秒(s)、安培(A)可以构成电学、磁学领域的全部单位；

用米(m)、千克(kg)、秒(s)、开尔文(K)可以构成热力学领域的全部单位；

用米(m)、秒(s)、坎德拉(cd)可以构成光学领域的全部单位；

用米(m)、千克(kg)、秒(s)、开尔文(K)、摩尔(mol)可以构成化学、物理化学领域的全部单位。

1.2.3 国际单位制的导出单位

国际单位制的导出单位是通过系数为 1 的单位定义方程式,由国际单位制的基本单位(包括辅助单位)导出的单位。也就是说,国际单位的导出单位是借助于乘和除的数学符号,通过代数式用基本单位(包括辅助单位)表示的单位。SI 导出单位有很多,对任何一个导出量,都有一个 SI 导出单位。因此在有关国际单位制的文件中只能给出具有专门名称的导出单位和其他导出单位的示例。SI 导出单位可以分为如下的四类：

- (1) 用 SI 基本单位表示的 SI 导出单位,示例见表 1-1

SI 基本单位表示的 SI 导出单位示例表

表 1-1

量	SI 单 位	
	名 称	符 号
面 积	平方米	m^2
体 积	立方米	m^3
速 度	米每秒	m/s
密 度	千克每立方米	kg/m^3
比体积	立方米每千克	m^3/kg

(2) 具有专门名称的 SI 导出单位(表 1-2)

国际单位制中具有专门名称的导出单位表

表 1-2

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示式例
频 率	赫[兹]	Hz	s^{-1}
力;重力	牛[顿]	N	$\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$
压力;压强;应力	帕[斯卡]	Pa	N/m^2
能量;功;热	焦[耳]	J	$\text{N} \cdot \text{m}$
功率;辐射通量	瓦[特]	W	J/s
电 荷 量	库[仑]	C	$\text{A} \cdot \text{s}$
电位;电压;电动势	伏[特]	V	W/A
电 容	法[拉]	F	C/V
电 阻	欧[姆]	Ω	V/A
电 导	西[门子]	S	A/V
磁通量	韦[伯]	Wb	$\text{V} \cdot \text{s}$
磁通量密度;磁感应强度	特[斯拉]	T	Wb/m^2
电 感	亨[利]	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	
光通量	流[明]	lm	$\text{cd} \cdot \text{sr}$
光照度	勒[克斯]	lx	lm/m^2
放射性活度	贝可[勒尔]	Bq	s^{-1}
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	J/kg

SI 导出单位很多,但是到目前为止具有专门名称的导出单位只有 19 个。对这些导出单位给予专门名称有以下两方面原因:

1) 由于一些导出单位使用十分普遍,用 SI 基本单位来表示时,读与写又都十分麻烦。例如,用 SI 基本单位来表示力时,力的单位名称是米千克每二次方秒,符号为 $\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$,读与写都是一长串,很不方便。因此,对于这类经常普遍使用的导出单位,由国际计量大会通过,定出专门名称和符号,如力的单位叫做“牛顿”,符号为“N”。

2) 有些不同物理量具有相同的量纲,它们用 SI 基本单位构成的单位表示式是相同的,不指定专门名称就很难区分。

(3) 用组合名称表示的 SI 导出单位

这类 SI 导出单位,没有专门名称,也没有专门符号,而是用组合单位来表示的。这样的

表示法不仅可使单位含意清楚,而且大大简化了单位名称及符号。例如:力矩的单位为“牛·米”,符号为“N·m”。它由具有专门名称的导出单位牛顿和基本单位米组合而成。

(4) 用 SI 辅助单位表示的 SI 导出单位

如角速度,单位名称是弧度每秒,符号为 rad/s 等。

1.3 法定计量单位

1.3.1 定义

法定计量单位是政府以法令形式明确规定要在全中国采用的计量单位。

1.3.2 我国的法定计量单位

我国的法定计量单位包括以下六个内容:

(1) 国际单位制的基本单位(表 1-3);

国际单位制的基本单位表 表 1-3

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s
电流	安[培]	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
发光强度	坎[德拉]	cd

(2) 国际单位制的辅助单位(表 1-4);

国际单位制的辅助单位表 表 1-4

量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

(3) 国际单位制中具有专门名称的导出单位(表 1-2);

(4) 国家选定的非国际单位制单位(表 1-5);

国家选定的非国际单位制单位表 表 1-5

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时 间	分	min	1min = 60s
	[小]时	h	1h = 60min = 3600s
	天(日)	d	1d = 24h = 86400s
平面角	[角]秒	($''$)	1 $''$ = ($\pi/648000$) rad(π 为圆周率)
	[角]分	($'$)	1 $'$ = 60 $''$ = ($\pi/10800$) rad
	度	($^{\circ}$)	1 $^{\circ}$ = 60 $'$ = ($\pi/180$) rad
旋转速度	转每分	r/min	1r/min = (1/60) s $^{-1}$
长 度	海里	n mile	1n mile = 1852m(只用于航程)