

建筑工程标准规范研究与应用系列丛书

建筑结构荷载规范 史料纵览精选

金新阳 主编

中国建筑工业出版社

建筑工程标准规范研究与应用系列丛书

建筑结构荷载规范 史料纵览精选

金新阳 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构荷载规范史料纵览精选/金新阳主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018. 5
(建筑工程标准规范研究与应用系列丛书)
ISBN 978-7-112-21899-8

I. ①建… II. ①金… III. ①建筑结构-结构荷载-建筑规范-史料-中国 IV. ①TU312-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 041103 号

这是一本建筑结构荷载规范研究和应用的专著。在收集整理历届历次荷载规范研究和编制修编资料基础上, 介绍荷载规范修编的历史背景和主要过程, 论述确定各类荷载的理论背景和分析方法, 详细叙述楼屋面活荷载、吊车荷载、雪荷载、风荷载等主要荷载取值的来龙去脉及发展演变, 列出重要的原始数据和资料, 分析评价国内外研究和应用的现状与发展趋势。结合作者大量实际工程风雪荷载试验研究和咨询的经验, 针对重大建筑工程结构设计中风雪荷载应用的重点和难点, 给出若干典型超高层建筑和大跨空间结构风雪荷载研究和应用的案例。本书为广大结构设计人员的重要参考资料, 也可作为高校教师和研究生的辅导教材和文献资料。

责任编辑: 赵梦梅 刘婷婷

责任设计: 李志立

责任校对: 王雪竹

建筑工程标准规范研究与应用系列丛书

建筑结构荷载规范史料纵览精选

金新阳 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京七彩京通数码快印有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 37¼ 字数: 924 千字

2018 年 6 月第一版 2018 年 6 月第一次印刷

定价: 99.00 元

ISBN 978-7-112-21899-8

(31824)

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)

丛书组织委员会

主 任：王 俊

副主任委员：王清勤 黄 强

委 员：(按姓氏拼音排序)

程志军	高文生	宫剑飞	黄世敏	黄小坤
姜 波	金新阳	李 正	刘 璐	刘雅芹
沙 安	史志华	王 菁	王晨娟	王翠坤
王晓锋	徐 伟	赵基达	赵建平	朱爱萍
邹 瑜				

《建筑结构荷载规范史料纵览精选》

主 编：金新阳

编 写 人：陈 凯 唐 意 王国砚 范 重 冯 远
李 霆 范 峰 顾 明 贡金鑫 束伟农
王 建 杨尉彪 杨振斌 韩纪升 朱 丹
林 政

丛书序

中国建筑科学研究院是全国建筑行业最大的综合性研究和开发机构，成立于 1953 年，原隶属于建设部，2000 年由科研事业单位转制为科技型企业，现隶属于国务院国有资产监督管理委员会。

中国建筑科学研究院建院以来，开展了大量的建筑行业基础性、公益性技术研发工作，负责编制与管理我国主要的建筑工程标准规范，并创建了我国第一代建筑工程标准体系。60 多年来，中国建筑科学研究院标准化工作蓬勃发展、成绩斐然，累计完成工程建设领域国家标准、行业标准近 900 项，形成了大量的标准化成果与珍贵的历史资料。

为系统梳理标准规范历史资料，研究标准规范历史沿革，促进标准规范实施应用，中国建筑科学研究院于 2014 年起组织开展了标准规范历史资料收集整理及成果总结工作，并设立了系列研究项目。目前，这项工作已取得丰硕成果，《建筑工程标准规范研究与应用系列丛书》（以下简称《丛书》）即是成果之一。《丛书》旨在回顾总结有关标准规范的背景渊源和发展轨迹，传承历史、展望未来，为后续标准化工作提供参考与依据。

《丛书》按专业将建筑工程领域重点标准划分为若干系列，分别进行梳理、总结、提炼。《丛书》各分册根据相关标准规范的特点，采用不同的编排体例，或追溯标准演变过程与发展轨迹，或解读标准规定来源与技术内涵，或阐述标准实施应用，或总结工作心得体会。各分册都是标准规范成果的凝练与升华，既可作为标准规范研究史料，亦可作为标准规范实施应用依据。

《丛书》编撰过程中，借鉴和参考了国内外建筑工程领域、标准化领域众多专家学者的研究成果，并得到了部分专家学者的悉心指导与热心支持，在《丛书》付梓之时，向他们表示诚挚的感谢，并致以崇高的敬意。

中国建筑科学研究院

2017 年 2 月

前 言

结构作用和荷载是结构设计的重要依据,荷载取值是否合理,荷载计算是否恰当将直接影响结构设计的安全性和经济合理性。《建筑结构荷载规范》作为结构设计的一本基础性通用国家标准,自 20 世纪 50 年代诞生至今,在我国工程建设中发挥了重要作用。

在这本规范几十年的发展历程中,围绕建筑结构荷载问题和历次规范的修订,开展了大量的科学研究工作和工程实践活动,取得了大量科研成果。科研工作主要围绕荷载概率模型与统计方法、荷载效应组合、楼面活荷载实测调查、吊车荷载实测调查、基本风压和雪压调查统计、近地面风剖面与风特性、风载体型系数、结构风振等方面展开。参与研究的团队来自全国范围的科研机构、高等院校和设计院。研究成果在历次版本更新中得到很好的体现。从 1954 年颁布实施的《荷载暂行规定》结规-1-54 到 2012 年颁布实施的《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012,荷载规范历经了 5 次大的修订,总共形成了 7 个版本。在漫长的规范研究和发展过程中,积累了丰富的研究资料和原始数据。伴随本规范的编制与发展,有几代从事建筑结构荷载研究和标准编制的科技工作者为此付出了毕生的心血。收集整理这些历史资料,可以帮助我们追寻本规范的发展踪迹,发掘和延展相关的研究成果,更好地为建筑工程创新设计服务。与此同时,我们可以在这些资料中了解到老一辈专家们为了规范发展所进行的艰苦卓绝的工作,体会到老一辈科技人员认真严谨、一丝不苟的科学态度。借此机会,对生前为建筑结构荷载规范的发展作出了卓越贡献的朱振德、张相庭、陈基发等老前辈们表达深切缅怀之情,对那些为本荷载规范作出过贡献的老专家们致以崇高的敬意。

在中国建筑科学研究院“规范历史资料收集整理”专项资金资助下,建筑结构荷载规范管理组开展了《建筑结构荷载规范》历史资料的收集专项工作。历时 2 年多时间,共收集到相关资料 5000 多页,并全部完成了电子化以及整理汇总工作。资料分为四大类:(1)规范编制、修订阶段性成果,包括初稿、征求意见稿、送审稿、报批稿等;(2)规范编制工作文件,包括立项批件、工作会议纪要、征求意见处理报告、试设计报告、送审报告等;(3)规范研究资料及宣贯资料,包括专题研究报告、宣贯培训材料等;(4)规范相关的文献,包括针对规范研究公开发表或出版的部分论文和专著等。在此基础上,经过认真研读和归纳整理编撰成本书。本书包含两方面内容,第一部分内容是根据整理和研读历史资料文献,梳理出历次规范版本的形成背景、主要修订内容以及工程应用的重点和特点等,对历次版本作一纵览,可以帮助读者快速概要了解建筑结构荷载规范发展脉络,追踪规范重要数据、公式以及规定的来龙去脉,从而更加全面正确地掌握和应用规范;第二部分内容是在收集到的历史资料中精心挑选其中最重要的、最有保存价值的内容,作为规范历史资料典籍收录在本书中,可供存档和查阅。

参加本项工作的主要有金新阳、陈凯、唐意等,徐传衡、王国砚等提供了大量资料和文献,宋张凯做了大量文字整理工作。本书收录的现行规范的条文内容不作为技术依据,

应以单独出版的版本为准。由于历史资料跨越的年代久远，收集到的资料质量参差不齐，来自 20 世纪的资料有许多还是手工刻写和油印的，资料典籍的质量不尽人意，限于编者的水平，版本纵览部分的内容也不一定到位，希望广大读者批评指正。

编者

2017.9. 北京

（此处为大量模糊文字，疑似为书籍前言或目录部分，因图像质量过低无法准确识别，故在此处省略具体内容。）

目 录

1 建筑结构荷载规范历次版本总览	1
1.1 建筑结构荷载规范版本沿革	1
1.2 《荷载暂行规定》结规 1-54 与结规 1-58	2
1.3 《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ 9—74	4
1.4 《建筑结构荷载规范》GBJ 9—87	9
1.5 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001 与《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001 (2006 版)	13
1.6 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012	20
2 《荷载暂行规定》结规 1-58 条文	38
3 《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ 9—74	59
3.1 《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ 9—74 条文	59
3.2 《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ 9—74 编制说明	95
3.3 宣贯材料《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ 9—74 中的若干问题	133
3.4 《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ 9—74 研究资料	206
4 《建筑结构荷载规范》GBJ 9—87	242
4.1 《建筑结构荷载规范》GBJ 9—87 条文	242
4.2 《建筑结构荷载规范》GBJ 9—87 条文说明 (内容从略)	262
4.3 《建筑结构荷载规范》GBJ 9—87 宣贯材料	262
4.4 《建筑结构荷载规范》GBJ 9—87 研编资料	327
5 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001	396
5.1 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001 条文	396
5.2 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001 (2006 版) 局部修订条文	420
5.3 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001 (2006 版) 条文说明 (部分)	425
5.4 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001 (2006 版) 研编资料	434
6 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012	475
6.1 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012 条文 (新增章与附录)	475
6.2 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012 条文说明 (部分)	490
6.3 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012 研编与培训材料	496

1 建筑结构荷载规范历次版本总览

1.1 建筑结构荷载规范版本沿革

我国建筑结构设计规范的发展经历了一个由引进消化、自主完善、最后进入国际先进规范行列这样一个过程,发展历程大致可以分为4个阶段。第一阶段(1950~1973年)为引进消化阶段,主要以引进苏联规范为主,逐步积累我国工程经验,增加和补充我国特色的荷载和材料参数。该阶段的代表性设计标准有1954年颁布实施的《荷载暂行规定》结规-1-54及其修订版《荷载暂行规定》结规-1-58,以及1960年颁布的《关于房屋结构设计若干技术问题的规定》和1964年修订颁布的《关于建筑结构问题的规定》。第二阶段(1974~1986年)为建立我国独立规范体系和编制自主规范的阶段,随着1974系列结构设计规范的颁布实施,基本建立了我国建筑结构设计规范的体系框架,代表性规范包括《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ 9—74、《建筑地基基础设计规范》TJ 7—74、《钢筋混凝土结构设计规范》TJ 10—74以及钢结构、薄壁冷弯钢结构、木结构、砖石结构、建筑抗震等8本设计规范。这一代规范的结构安全度和设计方法主要架构还是沿用了苏联的体系,采用了多系数分析、单系数表达的安全指标方法,设计表达式则有极限状态设计和允许应力设计,带来的主要问题是结构可靠度指标和设计方法的不统一。第3阶段(1987~1999年)为我国建筑结构设计规范进入世界先进规范行列的阶段。这一阶段开展的重大规范研究活动是由中国建筑科学研究院组织牵头,由全国50多家高校、科研院所和设计院参加的“结构可靠度和荷载组合”课题研究,标志性成果就是于1984年颁布实施的国家标准《建筑结构设计统一标准》GBJ 68—84。通过发布这本统一标准,整个建筑结构设计范畴内首次统一了结构的可靠指标,统一了设计方法和设计表达式,即统一以可靠指标 β 衡量结构可靠度,统一采用基于概率理论的极限状态设计方法。第4阶段(2000~)为快速进步与发展阶段,建筑结构设计规范进入了快速发展的阶段,几本主要结构设计规范大约以10年为周期进行了正常的修订和更新,在21世纪初和2010年前后几年分别进行了两轮大的修订。同时又有大量新的设计规范立项并编制完成,在带来标准繁荣和技术进步的同时,也带来规范协调和管理上的困难和问题。政府主管部门和标准工作者正在强力推进建设工程标准的改革,相信我国的设计规范必将迎来更加稳健的发展。

国家标准《建筑结构荷载规范》的发展历史是与整个建筑结构设计规范的发展同步的。最初由建工部颁布的《荷载暂行规定》结规-1-54,是我国第一本正式的建筑结构设计规范。该版本的主要内容以引进苏联规范为主,内容适用于当初普遍采用的允许应力和破坏阶段设计结构设计方法;修订后的第2个版本《荷载暂行规定》结规 1-58,不仅增加充实了规范内容,而且规定了荷载系数,以适应多系数设计的需要。在20世纪60年代末和70年代初,我国开展了大范围的荷载调查,尤其是风、雪荷载的调查,在此基础上对规范进行了全面的修订,并更名为《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ 9—74,这是我国自

主编制的较为完整一本荷载规范,适用于当初结构设计规范多系数分析、单系数表达的极限状态及允许应力设计方法。20世纪70年代末和80年代初,配合全国性建筑结构可靠度和荷载组合课题的研究,又对楼面活荷载开展了大规模的调查,对基于概率理论的极限状态设计的荷载组合方法开展深入研究,主要成果集中反映于随后发布的《建筑结构设计统一标准》GBJ 68—84,以此为依据修订完成的《建筑结构荷载规范》GBJ 9—87,在可靠度设计方法、活荷载统计、荷载组合、结构抗风雪荷载设计等方面有跨时代性的进步,使该规范跻身于新一代的基于概率极限状态设计方法的国际先进标准的行列。1990年代中后期,在我国建筑工程界开展了一个关于结构可靠度的大讨论,讨论的焦点是是否要大幅度提高我国建筑结构设计的可靠度水准,许多著名学者和标准编制者广泛参与讨论,最后由政府主管部门组织论证,形成了要在新一轮规范修订中适当提高结构可靠度的一致结论。21世纪初修订并发布实施《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001,承担了整体上适当提高建筑结构可靠度的主要任务,做了3项大的修订:楼面最小活荷载标准值由 1.5kN/m^2 提高到 2.0kN/m^2 ,基本雪压和基本风压的重现期由30年提高到50年,增加了永久荷载为主的荷载效应组合,此时的永久荷载分项系数由1.2增加到1.35,从而使建筑结构可靠度水准有一个整体的提升,该版本于2006年作了局部修订。在10年的应用过程中,我国的建筑工程建设迅猛发展,工程建设面临的自然与社会环境发生了很大的变化,建筑结构的主要设计规范进入新一轮修订周期,于2009年开始对本规范进行全面修订,并由住房和城乡建设部于2012年5月28日批准发布《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012,2012年10月1日实施。

1.2 《荷载暂行规定》结规 1-54 与结规 1-58

1.2.1 编制背景

中华人民共和国成立伊始,百废待兴,一场全国范围的大规模基本建设即将铺开。工程设计和建设必须标准先行,1950年代初在国家建筑工程部组织领导下,陆续编制发布一批建筑工程设计规范,其中之一就是《荷载暂行规定》结规-1-54,这本规范在结构设计规范中编第1号,1954年9月颁布实施。经过几年的工程应用实践,在征集全国设计院意见的基础上修订完成了1958年版的《荷载暂行规定》结规-1-58,主要对荷载组合规则、荷载系数以及风、雪荷载等内容进行了修订。本此历史资料收集整理收集到结规-1-58的原始版本,并全文列于本书第2章。

《荷载暂行规定》结规-1-58和其他同时期编制发布的结构设计规范基本一样,主要内容是引进参考苏联的规范,荷载和各种材料强度的取值结合了我国的实际情况。该版规范共4章加2个附录,可以看出,《荷载暂行规定》基本奠定了建筑结构荷载规范的基本框架。此外,该版本规定的部分荷载取值也沿用了很长时间,如该版本规定住宅、办公楼、旅馆楼面均布活荷载为 $150(\text{kg/m}^2)$,不上人屋面均布活荷载为 $30(\text{kg/m}^2)$,在TJ 9—74及GBJ 9—87两个版本中仍被采纳,一直沿用到上世纪末。遗憾的是这次历史资料收集整理中,能收集到的有关这一版本的资料非常少,本书中仅列出《荷载暂行规定》结规-1-58规范条文。

1.2.2 内容简介

第1章 一般规定。共3条,分别是荷载分类、荷载组合和荷载系数。

规范把荷载分为主要荷载、附加荷载和特殊荷载3类。主要荷载包括自重、使用荷载、行载、雪载(北纬 42° 以北地区)、土压力、水压力和温度变化,是指经常作用在结构上的荷载,其中把车辆等运输荷载也包括进来了,范围比较宽泛。附加荷载包括风载、短期作用的雪载、不正常动力荷载及安装用吊车荷载、气温变化等,是指临时作用于结构上的荷载。尤其值得注意的是将短期雪荷载、安装吊车荷载以及气温变化从主要荷载中分离出来了。特殊荷载包括地震力、水灾引起的水压力、生产事故和停产引起的温度变化等,是指偶然作用于结构上的荷载。可见当初是把地震作用列为偶然荷载的,同时又把洪水水压力和事故温度变化等列为了偶然荷载。

荷载组合分为主要荷载组合、附加荷载组合以及特殊荷载组合3种情况。结构设计要考虑主要荷载组合、主要荷载与附加荷载组合中的不利组合情况,对特殊荷载组合,要视结构所处条件及耐久性要求个别考虑。

采用容许应力设计时,安全系数由各结构规范确定;极限状态设计时,荷载应乘以超载系数。

除自重外,计算荷载当附加荷载组合时应乘以0.9,特殊组合时应乘以0.8,计算倾覆、滑移和稳定时应乘以0.8。

第2章 使用荷载,共7条。分别是楼板均布荷载、栏杆荷载、荷载折减、动力系数以及有关吊车荷载3条。

在楼板均布荷载表中,规定不上人屋面和阁楼均布荷载分别为 $30(\text{kg}/\text{m}^2)$ 和 $75(\text{kg}/\text{m}^2)$,各类建筑物的楼面均布荷载从 $150(\text{kg}/\text{m}^2)$ 到 $400(\text{kg}/\text{m}^2)$ 不等。同时,还规定各类荷载从1.2到1.4之间的超载系数。规定栏杆扶手的水平推力视人员密集情况从50(kg)到100(kg)。在计算一般居住和公共建筑物的承重墙、柱及基础时,楼板的均布荷载根据楼层数从2层到7层,可以分别折减5%到45%。计算承受震动与冲击力的结构时,动力荷载的动力系数1.1到1.5,最大可取1.8。

吊车荷载分别规定了吊车垂直荷载、吊车垂直冲击力和吊车水平冲击力。

第3章 雪载,共3条。分别是雪载计算、全国平原雪载分区和屋面雪载分布。

规范首先奠定了雪荷载的计算模式,即屋面水平投影面上的雪荷载由与屋面形式有关系数的与单位面积上雪载的乘积确定。给出了全国最大雪深分区图,将雪深分为5个区域,平原地区雪荷载 $10\sim 40\text{kg}/\text{m}^2$,山区雪荷载 $25\sim 200\text{kg}/\text{m}^2$,限于当初气象资料缺乏,数据比较笼统粗糙。

第4章 风载,共5条,包括风载的计算、风压值的采用、塔形结构振动系数、空气动力系数等。

首先规定风荷载按空气动力系数与风压的乘积计算。

以一般空旷平坦地面上20m高度处、保证率为1.67%的10min平均风速 V 为标准,分别按沿海地区 $V^2/16$ 、一般内陆地区 $V^2/17$ 、青藏高原 $V^2/18$ 的换算关系,经统计计算绘制出全国最大风压分布图。

位于避风地点建筑物的风压值可折减0.5~0.8;临时性建筑风压值可折减0.8~0.9;

重要的纪念性建筑可增大 1.1~1.2 倍。

不同高度的风压乘以按指数率变化的风压高度换算系数,指数 α 值取 0.16~0.38,一般取 0.25。

塔型结构周期超过 0.5 秒时考虑 1.5~2.0 的振动系数。

由上可见,虽然风荷载的规定比较简单,但基本轮廓已经形成。

此外还包括两个附录,附录一计算塔形建筑物振动周期的近似公式,附录二材料及建筑构件重量表。

1.3 《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ 9—74

1.3.1 修订背景

我国 20 世纪 50 年代颁布的《荷载暂行规定》和《关于建筑结构问题的规定》主要引入苏联标准,随着国际关系的变化以及国内建设经验的积累,迫切需要编制我国自主的建筑结构荷载规范和其他结构设计规范,由国家建工部组织于 1960 年代初开始编制工作,并开展了相关的试验研究和调查统计工作。针对原荷载暂行规定存在的问题和缺项,开展了宿舍楼面荷载、办公室楼面荷载以及部分轻工业和化学工业厂房的楼面荷载的调查研究,开展了风荷载、雪荷载气象资料的收集和调查统计,同时还进行了大量的风洞模型试验,对吊车荷载也进行了实测和调查。但规范编制工作受到了“文化大革命”政治运动极大的干扰,牵头单位中国建筑科学研究院绝大部分科研人员下放“五七干校”。尽管如此,由朱振德带领的荷载规范组在总结调研成果的基础上,编写了《建筑结构设计荷载》一书,于 1970 年由中国工业出版社出版,供设计单位在新的荷载规范颁布前参考试用。该书基本奠定了我国自主编制的新版荷载规范的核心内容,并附有较详细的编制说明,为新版规范编制打下很好的基础。

1971 年 10 月,国家基本建设委员会召开国家规范全面制修订工作会议,启动包括荷载规范在内的结构设计规范的全面修订工作。根据国家建委(71)建革函字第 150 号通知,由国家建委建筑科学研究院牵头对《荷载暂行规定》结规 1-58 进行全面修订,有设计、科研、高校以及气象等单位参加,朱振德为编制组组长。本次修订的重点内容包括:1)改进荷载组合方法,调整荷载系数取值,以改变旧的荷载组合方法比较偏于保守,荷载系数的规定也与实际情况出入较多的问题。2)增加工业厂房楼面活荷载及屋面积灰荷载,以适应工业建设发展的需要。3)修订吊车荷载中不完全符合我国情况之处。4)补充和修正各地区的风、雪气象资料,改进统计方法和取值标准,更新基本风、雪荷载取值。5)增加山区风压、沿海风压相关规定,以适应日益增长的内地建设、海洋资源开发和沿海工业的需求。6)亟需大量补充增加新型结构和建筑的风载体型系数,以满足基本建设迅速发展的需求。7)增加高耸结构风振问题的有关规定,提出更为确切的计算方法和标准,以满足由电视、电讯、电力、石油化工等行业的迅速发展带来的大量高耸结构建设兴起的要求。

编制组在 1971 至 1972 年完成以下各项主要调研工作:1)调查了几十个省市、几百个工厂、设计科研单位、地方机关和学校等,搜集到大量关于工业楼面荷载、吊车荷载、

屋面积灰荷载、风雪气象资料、山区和沿海风速以及其他有关资料。2) 进行了大量的楼面荷载分布试验, 吊车荷载试验和风洞试验, 取得了不少数据。3) 召开了高耸结构风振会议, 总结、交流了这方面的设计经验及实测试验数据。4) 进行大量计算工作, 如: 各种工业厂房楼面荷载的等效荷载计算, 全国 500 多个地点的风压和 200 多个地点的雪压分析以及试验数据的分析计算工作等。5) 经综合分析, 补充内容, 修改条文后又绘制了基本风压、雪压图, 编写了正文, 附录及编制说明等有关文件。在此基础上于 1972 年 10 月完成征求意见稿, 1972 年 11 月函寄全国设计、施工、学校、科研、气象等单位, 广泛征求意见。此外, 编制组还分头到西南、西北、中南、华东以及天津等地区上门调查征求意见, 共收集到 232 个单位上百条意见, 并进行了逐条地讨论和处理, 对修订征求意见稿中存在的问题, 进一步完善提高和规范质量发挥了极为重要的作用。新的荷载规范修订稿完成后, 又与同时期正在修订编制的各结构设计规范进行了对口和协同工作, 并开展了基于新荷载规范和新结构设计规范的试设计和标准图设计, 经新旧比较分析, 能满足安全可靠和经济合理的基本要求, 效果较好。国家基本建设委员会于 1974 年 6 月 24 日 (74) 建发设字第 301 号批准发布, 规范更名为《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ 9—74, 为全国通用设计规范, 自 1974 年 12 月 1 日起试行。

1.3.2 主要修订内容

《荷载暂行规定》结规 1-58 共四章 18 条 2 个附录, 修订后增加为共五章 35 条 5 个附录。主要修订内容简要说明如下:

1. 修订荷载组合方法及荷载系数的取值

新规范明确了“遇风组合”的概念, 即规定仅当参与组合的可变荷载多于 1 个且其中包含风荷载时, 可变荷载组合系数取 0.9, 其他情况均取 1.0; 当有可靠设计经验时组合系数可以小于 0.9; 删除超载系数有关规定 (统一在结构设计规范的总安全系数或容许应力中考虑); 明确地震荷载及其组合应按现行《工业与民用建筑抗震设计规范》采用。

旧规范所规定的荷载组合方法不尽合理, 对性质不同的荷载没有区别对待, 没有突出主要荷载, 结果会造成针对柱子的组合偏于保守。根据概率理论和实践表明, 楼面活荷载、吊车荷载、风荷载三者出现最大值的机遇是不同的。一般说来, 楼面活载出现最大值的机遇较大, 吊车荷载其次, 风荷载最小。而这三种荷载同时出现最大的机遇则更小, 理应在荷载组合方法上予以区别对待。荷载组合问题牵涉面较广, 试设计结果表明, 除了荷载组合方法外, 对荷载规范其他条文的调整, 以及对结构设计规范进行的调整, 其范围和幅度必须相互协调, 否则会带来个别单层厂房钢筋混凝土柱用钢量降低过多等问题。由于对荷载组合方法这一问题研究得还很不够, 这次从根本上加以修改的时机尚不成熟。为此, 这次规范根据调查和试设计的果结, 照顾到以往的习惯, 对风荷载、吊车荷载和活荷载仍统一取用组合系数 0.9, 使其形式上同旧规范一致。由于新规范的风荷载和活荷载的取值均略有变动, 试设计表明, 一般下在与风荷载组合后的实际荷载总值, 对有重负荷吊车时变动较微, 对有轻负荷吊车和无吊车时, 则约降 10%, 对带有天窗的厂房, 由于相应的风荷载体型系数的修改, 则将降低更多些。此外, 考虑到工业与民用建筑范围比较广泛, 各种类型结构之间的性质出入也较大, 故对某些使用情况特殊的建筑, 或对某种建筑具有较丰富的设计经验时, 在保证所需相应安全度的情况下, 新规范还容许对风荷载和其

他活荷载分别采用小于 0.9 的组合系数。这样,对旧规范来说,前进了一步,也留有相当余地,并便于按照实际情况灵活使用。修订后的各结构设计规范已不采用多系数设计方法。为此,新规范的荷载组合方法已经与有关结构设计规范进行了“对口”,故对现行各结构设计规范采用的总安全系数或容许应力两种结构设计方法,均可同样直接使用。

由于现行结构设计规范已采用了总安全系数或容许应力两种设计方法,故在新荷载规范正文中没有必要再列出荷载系数(超载系数),改列在规范说明中,供今后规范再次修订时分析参考之用,对于某些特殊结构或新结构,当不宜直接利用现行结构规范的有关规定,而需自行确定其安全度时,亦可作为分析参考之用。此外,对于建筑的某些计算,如倾覆、滑动、强度、变形等;结构恒载的减轻可能对结构更为不利,此时,应乘以小于 1 的荷载系数。由于新规范已不列荷载系数,故对这方面的考虑,已由各本结构设计规范自行作出相应规定。以《钢筋混凝土结构设计规范》TJ 10—74 为例,荷载系数 $k_1 = 1.2$, 附加安全系数 k_2 主要就是考虑荷载因素。承受静水压力为主结构取 0.9~1.0;承受风荷载为主结构取 1.05~1.10;承重的屋架、梁等取 1.05~1.10;一般构件取 1.0。修订过程中,对旧荷载规范的荷载系数,曾会同各本结构设计规范一起讨论了安全度,多次进行了双边或多边“对口”,在分析后作了合理调整,例如屋面板自重的荷载系数略有提高,吊车的荷载系数略有降低等。因而消除了与各本结构设计规范制订结构安全度的综合荷载系数之间的矛盾。

2. 新增工业楼面活荷载

新规范增加了“工业建筑楼面活荷载”一节共 2 条;增加附录二“楼面等效均布活荷载的换算方法”和附录三“工业厂房楼面活荷载”。

新中国成立以来,我国工业建设已取得极其巨大的发展,而旧规范对工业楼面荷载未能反映。这次新规范汲取了新中国成立以来积累的丰富经验,根据国家近期工业发展规划,结合各自条件成熟情况,选择了金工、仪器仪表装配、半导体器件、小型电子管和民用灯泡、棉纺、粮食加工和轮胎厂准备车间等几种工业车间,在全国有代表性的 80 多个工厂实际调查总结的基础上,参考设计单位的设计经验和技术资料,按照车间类别,板、次梁(预制板肋)、主梁以及预制、现浇梁板的代表性跨度,分别拟定了这些工业厂房的楼面活荷载,以满足设计单位的迫切需要。对于一些具有非代表性的控制设备或工艺布置情况,或为上述几种工业类别以外的厂房,新规范还根据有关科学试验成果进行了理论分析,并参考国内外有关资料和设计经验,分别增补了确定楼面等效均布活荷载的原则规定和有关计算公式的附录,设计单位可以据此自行确定各自的楼面活荷载值。

3. 新增屋面积灰荷载

新规范增加了“屋面积灰荷载”一节共 3 条,给出常见厂房屋面积灰荷载的取值,规定特殊位置积灰荷载放大系数,并规定积灰荷载应与屋面活荷载和雪荷载的较大值同时考虑。

对于屋面积灰荷载,由于以往规范无此规定,有些设计单位对此经验不足,生产单位也未予重视,因积灰引起的事故时有发生,严重的甚至导致屋面倒塌。为此,新规范修订组有重点地选择了冶金、机械、水泥等量大面广且以往发生积灰事故较多的四种工业厂房,对全国有代表性的 35 个厂的 70 个车间进行了实际调查和测定工作。同时参考有关生产、设计单位的资料,在总结以往实践经验的基础上,对于具有一定除尘设施和保证清灰

制度的厂房,根据通常的 3~6 个月的清灰期,按积灰的湿容量(相当于饱和容量和干容量两者的平均值),按车间类别、屋面形式和距灰源的距离,分别拟定了屋面积灰荷载。这虽然较为符合当前生产实际情况,但应该强调指出,新规范所用的积灰荷载只能保证在一定清灰期限内是安全的,主要还要看清灰制度的执行情况。应按照设计和管理的要求,共同配合监督清灰制度的贯彻执行。

4. 增加第三章“吊车荷载”

吊车荷载原规范归在第二章“使用荷载”中,鉴于吊车荷载的重要性和特殊性,新规范单独设置为第三章共 5 条。将吊车荷载明确界定为竖向荷载和水平荷载,竖向荷载为最大轮压和最小轮压,水平荷载为纵向水平荷载和横向水平荷载,吊车荷载取值水准基本保持不变。进一步明确考虑多台吊车数量的规定,竖向荷载单层单跨和单层多跨最多考虑 2 台和 4 台,单层单跨或多跨水平荷载最多考虑 2 台,多层吊车按实际情况考虑。增加吊车荷载动力系数的规定,对吊车梁及其连接件分别按竖向和横向给出吊车荷载动力系数。

由于当初吊车荷载是工业厂房设计的主要荷载,配合本次规范修订曾在大连、太原、上海等地的工厂开展调查实测和分析工作,分别就吊车工作制、多台吊车同时工作折减、吊车水平荷载的分配、吊车动力系数等问题进行了调研和实测研究,取得丰富的一手资料。虽然有些内容暂时未能放到规范里,但为以后的研究和规范修订提供了很好的思路和借鉴。

5. 修改基本风压和雪压的取值标准和统计方法,首次给出完整的全国基本风压、基本雪压分布图

基本雪压取为一般空旷平坦地面上统计得到 30 年一遇最大积雪重量,基本风压取为空旷平坦地面、离地 10m 高、统计得到的 30 年一遇 10min 平均最大风速为标准经换算确定。

在旧规范中,风压和雪压值是根据新中国成立前和新中国成立初期少量资料确定的。由于站点少、资料年限短,规定的数值可靠性较差,而且对内地留有较大空白区。这次风荷载修订时,对全国除西藏、新疆以外的其他地区均进行了风载情况的大量调查。根据我国 400 多个气象台站从 1951 年到 1971 年二十年来的最大风速资料,进行了重新统计,并参考了部分地区的设计经验,做了全面的修订。对沿海地区的风压做了修正,对西北和西南地区的风压值做了补充。由于资料比以往较全、较准,因此风荷载取值较为符合实际,比旧规范前进了一大步。确定基本风压值的标准新规范同旧规范相比有两点变动,(1)将基本风速高度由 20m 改为 10m;(2)将 60 年一遇重现期、10min 平均最大风压改为 30 年一遇。改变基本高度的原因是因为全国气象台站风速仪的高度一般为 10m 左右,而一般房屋的高度又在 10m 或 10m 以下,将基本高度改为 10m 使用较为方便,同时也与国际观测标准相一致。

至于雪压,旧规范是根据各年最大雪深的平均值,乘以全国统一的平均积雪密度而确定,不甚合理。因为各年的积雪重量差别很大,而往往影响建筑结构安全的某一次极端最大积雪重量,并不是各年最大积雪重量的平均值;根据实测资料,我国各地区的积雪密度也不相同,采用全国统一积雪密度并不能反映实际情况。这次调查了全国 17 省、市的积雪情况。根据全国 400 多个站点从 1951 年到 1970 年十五年以上记录的资料,按照自然降雪年度(即自当年 7 月至次年 6 月)重新统计,并采用了 30 年一遇的最大积雪重量作为

基本雪压,与风荷载取值标准相一致。而在缺乏积雪密度资料地点,则按30年一遇的最大雪深,乘以用全国80余个点的积雪资料确定的分区平均积雪密度作为基本雪压值。同时,在取值中,适当考虑部分地区的设计经验。因而取值标准比旧规范较为恰当,基本雪压数据也较为准确。

6. 新增山区风压和沿海风压

山间盆地和山谷闭塞地形调整系数取0.75~0.85;与风向一致的谷口和山口调整系数取1.20~1.40;沿海海面 and 岛屿根据离岸距离调整系数取1.20~1.70。

我国系统地山区和海面上开展风速观测尚不多。这次修订规范,为了探讨海上陆上风速风压关系,选取了全国几处海岛气象台站与邻近陆上气象台站的风速资料,进行了对比相关分析,如渤海测点与塘沽测点相距20km,北隍城测点与蓬莱测点相距70km两处,提供了海陆风速的对比数据。山区风压的修正也是在总结以往有限的山区风速对比观测工作的基础上补充规定的。

7. 补充了风载体型系数

旧规范对风载体型系数仅规定有22种。随着社会主义经济建设的发展,已不能满足设计的需要。这次修订规范时,搜集了全国各地的意见和要求,根据各企业以及山区建设的需要,归纳了若干房屋和构筑物的体型,进行了大量单模型和组合模型的风洞试验,参考了国内外现有资料,并在系数取值上着重考虑了现行的钢筋混凝土设计规范试设计的效果,最后在新规范中共制定了39种。与旧规范相比,修改了双坡建筑和天窗等基本体型系数值,增补了双跨、三跨屋盖、带天窗挡风板、带下沉式天窗、带雨篷、靠山建筑、站台建筑、开敞式建筑和旋转壳顶以及烟囱、塔桅、皮带栈桥和架空管道等构筑物的体型系数。不但数量和类型大为增加,而且取值较为符合实际情况,并对过去传统使用的不合理和偏于保守的数值做了适当修改,基本上满足设计需要。此外新规范还修改了任意复杂建筑体型的系数示意图,供设计人员参考,遇到特殊建筑体型可自行分析酌定其系数。

8. 修改了风振系数

旧规范对于风振作用,仅根据阻尼不同,规定了笼统的单一风振系数,即当结构基本自振周期 $T \geq 0.5s$ 时,风振系数对钢筋混凝土构筑物取1.5,对钢构筑物取2.0,同时规定乘以风振系数 β 后的风压值不得小于 $80kg/m^2$,亦不得大于 $300kg/m^2$ 。由于没有根据不同重要程度、不同动力特性的高耸构筑物加以区别对待,故不甚合理。对此,这次修订规范时,总结了国内有关单位的实测数据和设计经验,参考了国内外资料,通过系统对比计算,按照构筑物的自振周期和结构类型,在新规范中分别确定了各自的风振系数,其值按自振周期从0.25s至5s,对钢筋混凝土和砖结构为1.25~1.60,对钢结构为1.25~1.75。至于改为从自振周期0.25s起开始考虑风振,是根据个别有特殊要求的构筑物而定的,对于一般高耸构筑物,仍宜按自振周期0.5s起开始考虑。

对于结构自振周期,考虑到其计算比较烦琐,因此除了保留旧规范附录中所列的一些常用理论计算公式外,新规范还增加了计算较为简便的经验公式,自振周期的公式从旧规范的7种增为新规范的10种,供设计参考使用。这些经验公式,是根据近年来国内科研设计单位对钢筋混凝土烟囱、砖烟囱、石油化工设备、塔架等高耸构筑物的自振周期所做的实测研究工作而总结出来的,其误差幅度一般在10%~15%以内,影响 β 值很小,可以满足设计要求。

1.4 《建筑结构荷载规范》GBJ 9—87

1.4.1 修订背景

20 世纪 70 年代末 80 年代初,我国进入改革开放的新时代,即将迎来工程建设的大发展。自 74 规范发布实施以来,国内对规范的研究工作一直没有中断,其中几项研究对荷载规范的发展和进步影响巨大。始于 1976 年由国家建委组织立项的“建筑结构安全度与荷载组合”,该课题吸收了国内 50 多家科研、高校和设计单位参加,历时数年,取得了大量成果。如由福建师范大学林忠民老师牵头的楼面活荷载研究,在全国范围内开展了对办公楼、商场以及住宅的楼面活荷载的实测调查,研究了活荷载的统计分析方法,提出楼面活荷载标准值建议;由中国建筑科学研究院李明顺牵头的荷载组合规则及荷载组合系数研究,学习引入国际先进的理论,结合我国规范和统计数据进行了大量的计算和分析,提出荷载组合公式和组合系数。基于该课题研究成果,国家建委于 1979 年发文(建发(79)设字第 67 号文)正式立项编制《建筑结构设计统一标准》,历经 5 年,1984 年《建筑结构设计统一标准》GBJ 68—84 正式颁布。在风、雪荷载方面,研究工作也十分广泛深入。如朱瑞兆、顾子聪等人对基本风压的取值标准和统计方法进行了研究;由朱振德、徐传衡、朱瑞兆牵头,汇集广西、广东、福建、浙江、上海、江苏、山东、天津、河北、辽宁等 10 个省市的 27 家单位的科研人员完成了“沿海风压研究”课题研究,历时 3 年多,对我国北起中朝边界的鸭绿江口,南至中越边界的北仑河口,海岸线长达一万四千多公里的沿海地区进行了风速风压的调查研究,取得了丰硕成果,基本摸清了沿海台风影响地区风速资料情况,建立了新的风速换算相关公式,提出了沿海地区(包括岛屿)较为合理的风压设计数据。1975 年开始,丁国安、薛桁、朱瑞兆开展了以武汉地区为观测基地的近地面风特性实测研究。田莆等人对高层建筑风荷载体型系数进行了风洞试验研究。张相庭等人对结构随机振动和风振计算理论开展了研究。侯伯年、魏才昂等结合可靠度课题研究对基本雪压的取值和统计方法进行了研究。1982 年底徐传衡、徐丹松、金新阳、屠向远等,历时近 1 个月对东北部分城市的风雪气象资料进行了实地调研,并对牡丹江等地工厂屋面积雪分布开展实测研究。在东北牡丹江、加格达奇和新疆阿勒泰等地开展积雪滑落坡度及屋面积雪分布的实地观测研究。基于此,新的荷载规范的修订编制条件已经成熟,同时大量工程建设的新需求也已经摆在荷载规范管理组的面前。

1981 年国家建委(81)建发设字第 5486 号文正式立项,由中国建筑科学研究院会同有关单位对《工业与民用建筑荷载规范》TJ 9—74 进行全面修订。编制组成立及第 1 次工作会议 1982 年在北京召开,由朱振德任编制组组长,顾子聪、陈基发任副组长。1983 年在上海召开第 2 次编制组工作会议,并于 1984 年 3 月完成征求意见(初稿);1984 年 4 月在苏州召开第 3 次工作会议,讨论形成《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ 9 修订本(征求意见稿),随后在全国范围公开征求意见。1985 年初在北京召开第 4 次编制组工作会议,讨论处理反馈意见和规范送审稿,于 1985 年 2 月完成《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ 9 修订本(送审稿)。1985 年 9 月,由国家建设部科技局组织在北京召开规范送审稿审查会,审查专家由各设计规范主编人员和几个大设计院的总工组成,会议审查通