

J88

~~C343-43~~

A15f

TU312-43

Z48

荷载与结构设计方法

赵阳 方有珍 孙静怡 编著

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书根据高校土木工程专业系列教材的教学大纲和《工业与民用建筑结构荷载规范》及其他有关的规范编写。第1章介绍了工程结构的特点及发展;第2章详细介绍了各种荷载的分类及其计算方法。后两章讨论了结构的极限状态及其概率极限状态设计方法,讨论了结构可靠度分析的实用方法及概率可靠度设计法。书中还介绍了近年来我国结构设计方法的发展以及有发展前景的先进理论,并配以适当的计算实例及思考题。

本书可供土建交通桥梁专业大专院校师生及设计施工人员参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

荷载与结构设计方法/赵阳,方有珍,孙静怡编著. 重庆:重庆大学出版社,2001.9

土木工程专业本科系列教材

ISBN 7-5624-2398-9

I. 荷... II. ①赵...②方...③孙... III. ①工程结构—结构荷载—计算—高等学校—教材②工程结构—结构荷载—结构设计—高等学校—教材 IV. TU31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 043817 号

荷载与结构设计方法

赵阳 方有珍 孙静怡 编著

责任编辑 曾显跃

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆华林印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:10 字数:249 千

2001 年 9 月第 1 版 2001 年 9 月第 1 次印刷

印数:1-5000

ISBN 7-5624-2398-9/TU·97 定价:15.00 元

本书根据高等院校土木工程专业教材的教学大纲和《工业与民用建筑结构荷载规范》及其他有关规范编写,可作为土建、交通桥梁专业大专院校的教材和工程技术人员的参考资料。

土木工程结构有各种不同的结构型式,作用在其上的荷载亦有多种。因此,对不同的结构,不同的荷载,其计算方法是不同的。本书在编写过程中,综合考虑了各种不同的主要荷载以及各种荷载的计算方法。目的是通过本书的学习,让学生了解工程结构可能承受的各种荷载,掌握工程结构设计时需考虑的各种主要荷载和这些荷载产生的背景,以及各种荷载的计算方法,并掌握结构设计的主要概念、结构可靠度原理和满足可靠度要求的结构设计方法。

本书的第一章介绍了工程结构的特点及其应用以及工程结构的发展与展望,特别是近些年来随着我国经济建设的迅速发展,一些先进的结构形式在我国的应用越来越广。随着科学技术的发展,工程结构在材料、结构、施工技术和计算理论等各个方面都会得到进一步发展。

第二章阐述了荷载的分类和计算方法,涉及的面较广。根据工程结构设计规范,按荷载的性质和可能发生的几率把工程结构的荷载分为永久荷载、可变荷载和偶然荷载三大类,并对这三大类荷载中各种主要荷载进行了计算分析。内容包括:重力荷载的计算(结构自重、土的自重、汽车荷载、楼面 and 屋面荷载、雪荷载),土的侧向压力荷载计算(挡土墙土压力、板桩墙及支撑板上的土压力、涵洞上的土压力),水压力及波浪荷载计算(静水压力、流水压力、波浪荷载),风荷载的计算,地震作用的计算,以及其他作用的计算(冻胀力、收缩和徐变作用、温度应力、浮力作用、船只或漂浮物的撞击力)。第三章对荷载效应组合和结构的极限状态作了较详细的阐述。内容包括:在进行结构设计时,所采用的不同的荷载代表值;不同的极限状态下,最不利的荷载组合形式;材料强度的标准值、设计值;结构的极限状态及概率极限状态设计方法。第四章主要对结构的设计方法及工程结构设计的可靠度进行了讨论,对国内外具有发展前景的先进理论与技术也作了适当的介绍。内容包括:结构设计理论的发展,结构的组成和安全等级;影响结构构件抗力的因素及结构构件抗力的统计分析;结构可靠度的基本概念及结构可靠度分析的实用方法、结构体系的可靠度;目标可靠度的确定、概率极限状态设计法及结构概率可靠度设计的实用表达式。全书中各章均配有适当的计算例题和思考题。

本书第一、第四章由赵阳编写,第三章由方有珍编写,第二章由孙静怡、赵阳编写,全书由赵阳主编。

本书在编写过程中得到了闵倩、侯国金、邓铁同志的积极协助,在这里一并表示感谢。本书在编写过程中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2001年6月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 工程结构的特点及应用	(1)
1.1.1 砌体结构	(1)
1.1.2 钢筋混凝土结构	(1)
1.1.3 预应力混凝土结构	(2)
1.1.4 钢结构	(2)
1.1.5 组合结构	(3)
1.2 工程结构的发展展望	(3)
1.2.1 砌体结构	(3)
1.2.2 钢筋混凝土结构	(3)
1.2.3 预应力混凝土结构	(4)
1.2.4 钢结构	(4)
1.2.5 组合结构	(4)
第2章 荷载的分类与计算	(6)
2.1 荷载的类型	(6)
2.1.1 永久荷载	(6)
2.1.2 可变荷载	(6)
2.1.3 偶然荷载	(6)
2.2 各种荷载的计算	(7)
2.2.1 重力荷载	(7)
2.2.2 土的侧向压力荷载	(26)
2.2.3 水压力及波浪荷载	(37)
2.2.4 风荷载	(40)
2.2.5 地震作用	(51)
2.2.6 其他作用	(57)
第3章 荷载效应组合和结构极限状态	(69)
3.1 荷载代表值	(69)
3.1.1 荷载代表值	(69)
3.1.2 永久荷载代表值	(69)
3.1.3 可变荷载代表值	(69)
3.1.4 偶然荷载代表值	(70)
3.2 荷载效应组合	(70)
3.2.1 荷载效应的基本组合	(70)
3.2.2 荷载效应的偶然组合	(73)

3.3 材料强度的标准值和设计值	(74)
3.3.1 材料强度的标准值 f_k	(74)
3.3.2 材料强度设计值 f	(80)
3.4 结构的极限状态	(88)
3.4.1 概述	(88)
3.4.2 概率极限状态设计方法	(89)
第4章 结构设计方法	(98)
4.1 结构与结构设计	(98)
4.1.1 结构设计理论的发展	(98)
4.1.2 结构的组成和安全等级	(100)
4.1.3 结构设计的要求和目的	(101)
4.2 结构抗力的统计分析	(102)
4.2.1 影响结构构件抗力的因素	(102)
4.2.2 结构构件抗力的统计特征	(106)
4.3 结构可靠度分析及计算方法	(108)
4.3.1 结构可靠度的基本概念	(108)
4.3.2 结构可靠度分析的实用方法	(114)
4.3.3 结构体系的可靠度	(128)
4.4 结构概率可靠度设计法	(133)
4.4.1 目标可靠度的确定	(134)
4.4.2 概率极限状态设计法	(137)
4.4.3 结构概率可靠度设计的实用表达式	(138)
参考文献	(149)

第 1 章 绪 论

1.1 工程结构的特点及应用

工程结构包括砌体结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、钢结构和组合结构等各种结构形式。

1.1.1 砌体结构

砌体结构已广泛应用于工业与民用建筑各类建筑物和构筑物,随着建筑规模及砌体结构应用领域的不断扩大,空心砖、硅酸盐块材、混凝土砖块等各种新材料都有了较大的发展。目前,砌体结构已成为我国应用最普遍的工程结构之一。

砌体结构原材料来源广泛,易就地取材,具有良好的耐火性和耐久性,而且保温、隔热、隔声的性能颇佳。但由于砌体结构强度较低,自重大,抗震性能差,在高层建筑领域及地震区的建筑中逐渐被其他材料的结构所代替,使砌体结构的应用受到限制。

一般民用建筑中的基础、内外墙、柱、过梁、屋盖和地沟等构件都可采用砌体结构建造。砌体还广泛用于各类工业与民用建筑的围护墙和填充墙。此外,高度在 60m 以下的烟囱、料仓、地沟、管道支架以及对渗水性要求较高的水池(也有用石砌酒精池或建造预应力砖砌圆池的)等特殊结构也可用砌体建造。

在交通工程方面,砌体结构除可用于桥梁、隧道外,各式的地下渠道、涵洞、挡土墙也常用石材砌筑。

在水利工程方面,可以用石料砌筑坝、堰和渡槽等。

1.1.2 钢筋混凝土结构

钢筋混凝土结构在实际结构中有着广泛的应用。它的强度高,耐久性与耐火性好,整体性和可模性也较好,且易就地取材。

在房屋建筑中,如工厂、住宅、办公楼等单层、多层建筑广泛采用混凝土结构。在桥梁建筑方面,中小跨桥梁中很大一部分采用钢筋混凝土建造,结构形式有梁、拱桁架等,有些大跨度桥梁虽已采用钢悬索和钢制斜拉索,但其桥面结构也有用混凝土结构的。公路拱桥在我国应用也很广,钢筋混凝土钢架桥在铁路、公路中也广为应用。超过 500m 跨度的大桥往往采用悬索桥或斜拉桥,但目前也常与混凝土结构混合使用。混凝土结构在道路、港口工程中也有大量的应用。许多储水池、储仓构筑物、电线杆、下水管道等,均可见到钢筋混凝土结构的应用。由于滑模施工方法的发展,许多高耸建筑可采用混凝土结构。在水利工程中,因混凝土自重大,其中砂石比例大,且易于就地取材,故常用来修建大坝。混凝土结构在其他特殊的结构中也有广泛的应用,如地下铁道的支护和站台工程,核发电站的安全壳,机场的跑道,填海造地工程,海上采油平台等等。

但由于混凝土结构自重大,抗裂性能差,一旦局部破坏,补强修补工作比较困难,因此促进

了预应力混凝土的发展。

1.1.3 预应力混凝土结构

为了克服钢筋混凝土易于产生裂缝这一缺点,促成了预应力混凝土的出现。预应力混凝土的应用又对材料强度提出新的更高的要求,而高强度混凝土及钢材的发展反过来又促进了预应力混凝土结构应用范围的不断扩大。预应力混凝土除了用以改善一般的建筑结构外(例如,增大跨度、减小截面等),还应用于高层建筑、桥隧建筑、海洋结构、压力容器、飞机跑道及公路路面等方面。现在,预应力混凝土的应用不仅在某些范围内用来代替钢结构和改善普通钢筋混凝土结构,而且在一些方面,例如原子能发电站的高温、高压的大型压力容器,只能采用预应力混凝土和钢筋混凝土建造不可。预应力混凝土克服了普通钢筋混凝土的主要缺点,可延缓混凝土构件的开裂,提高构件的抗裂度和刚度,并取得节约钢材、减轻自重的效果,也为采用高强度混凝土创造了条件。但预应力混凝土结构的构造、施工和计算均较普通钢筋混凝土复杂,现在已有先张法、后张法和无粘结预应力等技术。预应力技术在将来还会有大的发展。

1.1.4 钢结构

随着我国经济建设的迅速发展,钢结构的应用也日益呈上升趋势。钢结构重量轻而承载能力高,而且在各方向的性能也大致相同,更接近于匀质等向体,所以钢结构的实际受力情况和力学计算结果最相符合。钢材具有良好的塑性和韧性,对动力荷载的适应性较强,且具有可焊性。钢结构制造简便,施工方便,易于采用工业化生产,施工安装周期短,具有良好的装配性。钢材还具有不渗漏的特性,便于做成密闭结构,是高压容器的良好材料。但钢材易于锈蚀,虽然耐热性好,但不耐高温,随着温度的升高,其强度和弹性模量将降低,而线膨胀系数则增大,且防火性能差。

目前,钢结构在我国主要应用在重型工业厂房及某些高温车间(例如炼钢、轧钢等),可采用钢吊车梁、钢屋架及钢柱等部分钢构件或全钢结构。近年来,我国各地修建的许多体育馆、剧场和公共建筑,就采用了钢网架结构或悬索结构。此外,工业建筑中的飞机装配车间、飞机库、停车库以及一些大跨度的工业产品散装仓库,也都采用了钢结构。

直接支撑起质量较大或跨度较大的桥式吊车的吊车梁应采用钢结构。此外,拥有较大锻锤或动力设备的厂房以及对抗裂性能要求高的结构,通常都采用钢结构。流动式展览馆和活动房屋等最宜采用钢结构,钢结构重量轻,便于搬迁。

高耸结构包括高压输电线路塔架、变电构架、广播电视发射塔架或桅杆等,也宜采用钢结构。

层数在三四十层以上的高层建筑,也常采用钢结构。

高压气罐、管道、煤气柜和锅炉等都用钢板制成,钢材强度高,且密闭性好。

运输通廊、栈桥、高炉和锅炉构架,以及各种管道支架等,通常都采用钢结构。

荷载特别小的小跨度结构以及高度不大的轻型支架,常采用轻型钢结构。

随着经济建设的飞速发展,我国的钢产量也迅速增长,钢结构在我国的应用已日渐广泛,并将在应用过程中进入新的更高的发展阶段。

1.1.5 组合结构

从广义上讲,所有高层建筑都是组合结构。因为一个功能性建筑不可能只用钢材或只用混凝土建造,例如,在全部构件都采用钢结构的建筑中,都是采用混凝土楼板。同样,严格地说,采用软钢钢筋就已经使混凝土结构转化为组合结构了。我们把组合结构定义为由钢结构及钢筋混凝土混合的结构。

最理想的结构体系是一种组合的结构体系,它既可克服两种材料的缺点,又可发扬二者的优点。“组合体系”这一术语已包括各种各样的钢和混凝土的组合。型钢与混凝土组合用于桥梁、房屋建筑已有一段历史。在约束混凝土概念的指导下,外包钢混凝土柱已在火力发电厂主厂房、石油化工企业的构筑物中得到应用。钢管混凝土在地下铁道、桥梁和高层建筑中已开始广泛应用,目前我国已经有了这方面的设计和施工规程。钢—混凝土组合结构、钢管混凝土(劲性钢筋混凝土)和钢管混凝土由于其具有强度高、截面小、延性好的优点,加之施工简化(钢管可代替支架,钢板、钢管可作模板使用等),工期短,在今后必将得到更加广泛的应用。

1.2 工程结构的发展展望

随着科学技术的发展,工程结构在材料、结构、施工技术和计算理论等各个方面都会得到进一步发展。

1.2.1 砌体结构

从国外近些年的发展情况看,各工业发达的国家对砌体结构进行了大量的研究与改进。块体向高强、多孔、薄壁、大块和配筋等方向发展,使砌体结构有了较高的抗压、抗弯和抗剪强度,增加了砌体的抗震能力。砌体结构的主要发展方向是要求块体具有轻质高强,砂浆具有高强度,特别是高粘结强度。在施工方面则要求用机械化和工业化方法,利用工业废料制作砌体块材也是发展的另一趋势。此外,国外预应力砌体结构也有所发展,用预应力砌体建造的水池直径已达到15m。英国在研究了砌体的徐变、收缩等有关问题后,于1981年提出了配筋砌体和预应力砌体设计规范(BS5628Part II),预应力损失较小,后张法施工简便。配筋砌体和预应力砌体除能提高砌体强度和抗裂性外,还能有效地提高砌体结构的整体性和抗震性能。我国大部分地区属于抗震设防区,加强配筋砌体和预应力砌体的研究,逐步推广配筋砌体结构是今后砌体房屋抗震设计的方向。

砌体是由块体及砂浆组成的非均匀体,目前对砌体的各项力学性能、破坏机理以及砌体与其他材料共同工作等方面的研究还存在不少薄弱环节。对砌体结构的动力反应和抗震性能的研究也有待于进一步深入。运用现代的试验装备与设计手段,开展砌体结构设计理论及应用的研究,对推动我国砌体结构的发展有着重大的意义。

1.2.2 钢筋混凝土结构

混凝土已成为现代最重要的工程结构材料之一,钢筋混凝土结构仍将是一种重要的工程材料,也是组成混凝土结构的主体材料。混凝土主要发展方向是高强、轻质、耐久、提高抗裂性

和易于成形。高强混凝土亦是发展方向,混凝土强度高可减小断面,减轻自重,提高空间利用率。目前,高强混凝土的塑性不如普通强度的混凝土,研制出塑性好的高强度混凝土仍然是当今要研究的问题。为了减轻混凝土结构的自重,国内外都在大力发展轻质混凝土。轻质混凝土主要采用轻质骨料。轻质混凝土因自重小,有利于抗震,吸收冲击能快,隔热和隔声性能好。高强度轻质混凝土已在实验室中配制成功,今后将会进一步得到应用。碾压混凝土是近期发展起来的一种新型混凝土,可用于大体积(如大坝、大型设备基础等)混凝土及公路路面等。

对于钢材,主要是向高强、防腐方向发展。为了增强结构的耐久性,钢筋的防锈、防腐问题日益得到重视,研制出低成本、高抗腐性能的钢筋是主要课题。如何生产粘结力好的高强钢丝也是值得研究的课题。

此外,对于防射线混凝土、聚合物混凝土、自应力混凝土以及纤维混凝土(玻璃纤维、碳纤维)等也正在积极研究中,并在有特殊要求的结构上开始应用。

钢筋混凝土在其基本理论和设计方法研究方面也在不断发展中。现在,一些国家及我国建筑结构中已经引用以概率论为基础的可靠性设计原则,但实际应用还是很初步的,因为许多因素的统计资料不全,甚至还未进行系统统计。对概率论应用和实际计算方法的改进均需要进行更深入、仔细的研究。

在可靠性理论中综合考虑事物的随机性、模糊性和灰色性是不久的将来各国学者的研究热点课题之一。此外,动力可靠度、疲劳可靠度等若干问题还只停留在少数学者的研究上,付之实际应用还有许多工作要做。

1.2.3 预应力混凝土结构

预应力混凝土是20世纪工程结构的重大发明之一。我国预应力混凝土结构的发展目前呈上升趋势。在锚具方面应发展高效而耐久的锚夹具。在施加预应力方面也会有新技术出现,如近期在国内外已研究将预应力用于组合结构,方法是将带有拱度的工字形钢梁,在加载状态下在下翼缘浇筑混凝土,当混凝土达到一定强度后卸载,这样下翼缘的混凝土即受到预压力。这种方法不需要锚夹具,具有应用前景。又如体外张拉预应力索的技术,开始只用于补强和加固,目前也已开始用于新结构,因体外张拉预应力筋可避免制孔、穿索、灌浆等工序,并且在发现问题时易于更换预应力索。对于预应力技术,不论在张拉方法、形式、锚夹具的改进等方面,预应力技术还会有进一步的发展。

1.2.4 钢结构

钢结构的发展在我国亦呈上升趋势。此外,预应力钢结构、薄壁钢结构、高强度螺栓等都得到了不同程度的发展。

高效能钢材从耗钢量来看,H型钢比格构式构件费料,但从缩短工期看,综合经济效益还是较高的,因而有发展前途。我国目前生产的高效能钢规格不多,还有待进一步发展。

近年来,随着我国经济的飞跃发展,城市正在走向现代化。目前国内的高层建筑正在向超高层发展。钢结构用在高层建筑上逐渐增多,在这方面的经验有待进一步的研究和发展。

1.2.5 组合结构

国内应用最多的组合结构有组合梁和钢管混凝土结构。

近些年来,钢管混凝土结构在我国的应用和发展相当迅速,且应用范围远比国外广阔。钢管混凝土结构已应用在高层建筑中,如上海环球金融大厦,内筒为钢筋混凝土墙体,外框柱采用型钢混凝土柱;上海浦东的金茂大厦,外柱系为高强度混凝土钢管圆柱;又如广州好世界大厦,亦采用 C60 高强度混凝土钢管柱。这种称为钢管混凝土结构柱是崭新的先进结构,因空心钢管内的高强度混凝土系三个方向受力挤实,大大提高了钢管混凝土柱的承载能力。采用钢管混凝土结构柱还具有结构自重减轻,延性好,耐疲劳,耐冲击,有良好的抗震性能,钢管又可兼作模板,安装和浇灌混凝土也十分简便,其发展前景广阔。

总之,无论是工程结构的材料,还是结构、施工技术和理论研究,随着各种新技术的发展,工程结构必将有更大的发展。

第2章 荷载的分类与计算

2.1 荷载的类型

工程结构在建造和使用过程中均受到各种荷载的作用,建筑物的使用功能也是在承受各种荷载的过程中实现的。工程结构的结构设计就是依据所需承受的荷载及荷载组合,通过设计科学合理的结构形式,使用一定性能、数量的材料,使结构在规定的时间内能够在具有足够可靠性的前提下,保证结构的安全性、适用性和耐久性。因此,结构设计的第一步是准确计算出结构所承受的荷载。

工程结构物的荷载类别划分,依据不同的标准和划分方法可有不同的分类。根据荷载的性质和可能发生的几率可分为永久荷载、可变荷载和偶然荷载三大类;根据荷载作用特点的不同,计算时区分为动荷载与静荷载;根据荷载产生的原因,可分为重力荷载、外力荷载和温度、变形等其他作用。在工程结构的设计规范中,按第一种划分荷载类别。

2.1.1 永久荷载

永久荷载也称之为恒载,在结构使用期间,其值不随时间变化,或其变化与平均值相比可以忽略不计,或其变化是单调的并能趋于限值的荷载。主要包括结构自重、土体自重等由重力引起的荷载,以及土侧压力、静水压力、水浮力、预加应力、混凝土收缩和徐变影响力、基础变位影响力等。混凝土的收缩和徐变一般在5~6年可基本上完成不再变化,可划为永久荷载。在桥梁等的基础透水时浮力总是存在的,它也属于长期作用荷载。

2.1.2 可变荷载

可变荷载指在结构使用期间,其值会随时间发生变化,且其变化值与平均值相比不可忽略的荷载,主要包括结构在使用过程中所承受的各种活荷载。它可以分为基本可变荷载(如楼面活荷载,屋面活荷载,车辆荷载及其冲击力、离心力、人群荷载)和其他可变荷载(如流水压力、波浪荷载、冻胀力、雪荷载、冰压力、风荷载、车辆制动力、温度影响力、变形作用、支座摩阻力等)。

2.1.3 偶然荷载

偶然荷载指那些在结构使用期间不一定出现,作用时间较短暂,但一旦出现其值很大且持续时间很短的荷载,主要包括地震作用、船只或漂流物的撞击力、爆炸力等。

目前的结构设计原理是以可靠指标为依据的概率极限状态设计法。结构的状态可用两个对立的方面来描述:作用效应和结构抗力。作用是指使结构产生内力、变形、应力、应变的所有原因,它又可分为直接作用和间接作用两种。直接作用是指施加在结构上的集中荷载和分布荷载形式,即永久荷载和可变荷载等。间接作用是指引起结构外加变形和约束变形的其他作用,如地震、基础沉降、混凝土收缩、温度变化等。作用效应是指直接或间接作用,作用于结构

构件上,在结构内产生的内力(如轴力、弯矩、剪力、扭矩等)和变形(挠度、转角等)。结构抗力是指结构构件承受内力和变形的能力,如构件的承载能力、刚度等,它是结构材料性能、几何参数等的函数。从而引入结构的可靠指标和失效概率,运用概率论和数理统计方法,对工程结构、构件或截面设计的可靠度作出较为近似的相对估算,是一种更科学的设计方法。因此,可以把所有的荷载称之为对结构的作用。

各种荷载对结构产生的作用和影响是各不相同的,各种荷载的取值范围也各有差异。因此,对不同荷载应采用不同的代表值。对永久荷载,应采用标准值作为代表值;对可变荷载,应根据设计要求采用标准值、组合值或准永久值作为代表值;对偶然荷载,应根据具体条件、试验资料,结合工程经验确定其代表值。同时,结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载,分别进行荷载效应组合,并取各自的最不利的组合进行设计。

2.2 各种荷载的计算

2.2.1 重力荷载

地球上一定高度范围内的物体均会受到地球引力的作用而产生重力。该重力导致的荷载称为重力荷载。主要包括结构自重、土的自重、雪荷载、设计车辆重力、设计楼面和屋面活荷载。

(1) 结构自重

根据结构的材料种类、材料体积以及材料容重可得结构自重。结构自重一般按照均匀分布的原则计算。在施工阶段,构件在吊装运输或悬臂施工时引起的结构内力,有可能大于正常设计荷载产生的内力,因此,在施工阶段验算构件的强度和稳定时,构件重力应乘以适当的动力系数。常用材料和构件的自重详见表 2.1。

表 2.1 常用材料和构件的自重表

名 称	自 重	备 注
	1. 木材 kN/m^3	
杉木	4	随含水率不同而不同
冷杉、云杉、红松、华山松、樟子松、铁杉、拟赤杨、红椿、杨木、枫杨	4~5	随含水率不同而不同
马尾松、云南松、油松、赤松、广东松、桉木、枫香、柳木、檫木、秦岭落叶松、新疆落叶松	5~6	随含水率不同而不同
东北落叶松、陆均松、榆木、桦木、水曲柳、苦楝、木荷、臭椿	6~7	随含水率不同而不同
锥木(栲木)、石栎、槐木、乌墨	7~8	随含水率不同而不同
青冈栎(褚木)、栎木(柞木)、桉树、木麻黄	8~9	随含水率不同而不同

续表

名 称	自 重	备 注
普通木板条、椽檩木料	5	随含水率不同而不同
锯末	2~2.5	加防腐剂时为 3kN/m^2
木丝板	4~5	
软木板	2.5	
刨花板	6	
	2. 胶合板材 kN/m^2	
胶合三夹板(杨木)	0.019	
胶合三夹板(椴木)	0.022	
胶合三夹板(水曲柳)	0.028	
胶合五夹板(杨木)	0.03	
胶合五夹板(椴木)	0.034	
胶合五夹板(水曲柳)	0.04	
甘蔗板(按 10mm 厚计)	0.03	常用厚度为 13, 15, 19, 25mm
隔音板(按 10mm 厚计)	0.03	常用厚度为 13, 20mm
木屑板(按 10mm 厚计)	0.12	常用厚度为 6, 10mm
	3. 金属矿产 kN/m^3	
铸铁	72.5	
锻铁	77.5	
铁矿渣	27.6	
赤铁矿	25~30	
钢	78.5	
紫铜、赤铜	89	
黄铜、青铜	85	
硫化铜矿	42	
铝	27	
铝合金	28	
锌	70.5	
亚锌矿	40.5	
铅	114	

续表

名 称	自 重	备 注
方铅矿	74.5	
金	193	
白金	213	
银	105	
锡	73.5	
镍	89	
水银	136	
钨	189	
镁	18.5	
锑	66.6	
水晶	29.5	
硼砂	17.5	
硫矿	20.5	
石棉矿	24.6	
石棉	10	压实
石棉	4	松散,含水量不大于 15%
石垭(高岭土)	22	
石膏矿	25.5	
石膏	13 ~ 14.5	粗块堆放 $\varphi = 30^\circ$
石膏粉	9	细块堆放 $\varphi = 40^\circ$
	4. 土、砂、砂砾、岩石 kN/m ³	
腐殖土	15 ~ 16	干, $\varphi = 40^\circ$; 湿, $\varphi = 35^\circ$; 很湿, $\varphi = 25^\circ$
粘土	13.5	干, 松, 空隙比为 1.0
粘土	16	干, $\varphi = 40^\circ$, 压实
粘土	18	湿, $\varphi = 35^\circ$, 压实
粘土	20	很湿, $\varphi = 25^\circ$, 压实
砂土	12.2	干, 松
砂土	16	干, $\varphi = 35^\circ$, 压实

续表

名 称	自 重	备 注
砂土	18	湿, $\varphi = 35^\circ$, 压实
砂土	20	很湿, $\varphi = 25^\circ$, 压实
砂土	14	干, 细砂
砂土	17	干, 细砂
卵石	16 ~ 18	干
粘土夹卵石	17 ~ 18	干, 松
砂夹卵石	15 ~ 17	干, 松
砂夹卵石	16 ~ 19.2	干, 压实
砂夹卵石	18.9 ~ 19.2	湿
浮石	6 ~ 8	干
浮石填充料	4 ~ 6	
砂岩	23.6	
页岩	28	
页岩	14.8	片石堆置
泥灰石	14	$\varphi = 40^\circ$
花岗岩、大理石	28	
花岗岩	15.4	片石堆置
石灰石	26.4	
石灰石	15.2	片石堆置
贝壳石灰岩	14	
白云石	16	片石堆置, $\varphi = 48^\circ$
滑石	27.1	
火石(燧石)	35.2	
云斑石	27.6	
玄武岩	29.5	
长石	25.5	
角闪石、绿石	30	
角闪石、绿石	17.1	片石堆置
碎石子	14 ~ 15	堆置

续表

名 称	自 重	备 注
岩粉	16	粘土质或石灰质的
多孔粘土	5~8	作填充料用, $\varphi = 35^\circ$
硅藻土填充料	4~6	
辉绿岩板	29.5	
	5. 砖及砌块 kN/m^3	
普通砖	18	$240 \times 115 \times 53$ (684 块/ m^3)
普通砖	19	机器制
缸砖	21~21.5	$230 \times 110 \times 65$ (609 块/ m^3)
红缸砖	20.4	
耐火砖	19~22	$230 \times 110 \times 65$ (609 块/ m^3)
耐酸瓷砖	23~25	$230 \times 113 \times 65$ (590 块/ m^3)
灰砂砖	18	砂:白灰 = 92:8
煤渣砖	17~18.5	
矿渣砖	18.5	硬矿渣:烟灰:石灰 = 75:15:10
焦渣砖	12~14	
烟灰砖	14~15	炉渣:电石渣:烟灰 = 30:40:30
粘土胚	12~15	
锯末砖	9	
焦渣空心砖	10	$290 \times 290 \times 140$ (85 块/ m^3)
水泥空心砖	9.8	$290 \times 290 \times 140$ (85 块/ m^3)
水泥空心砖	10.3	$300 \times 250 \times 110$ (121 块/ m^3)
水泥空心砖	9.6	$300 \times 250 \times 160$ (83 块/ m^3)
蒸压粉煤灰砖	14.0~16.0	干容重
陶粒空心砌块	5.0	长 600, 400; 宽 150, 250; 高 250, 200
	6.0	$390 \times 290 \times 190$
粉煤灰轻渣空心砌块	7.0~8.0	$390 \times 190 \times 190, 390 \times 240 \times 190$
蒸压粉煤灰加气混凝土砌块	5.5	
混凝土空心砌块	11.8	$390 \times 190 \times 190$
碎砖	12	堆置