

21

世纪高等教育土木工程专业系列教材

混凝土结构设计原理

HUNNINGTU
JIEGOU
SHEJIYUANLI

张季超 李汝庚 主编



中国环境科学出版社

21 世纪高等教育土木工程专业系列教材

混凝土结构设计原理

张季超 李汝庚 主编

中国环境科学出版社

·北 京·

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构设计原理/张季超, 李汝庚编著. —北京:
中国环境科学出版社, 2003.9
(21 世纪高等教育土木工程专业系列教材)
ISBN 7-80163-725-9

I. 混... II. ①张... ②李... III. 混凝土结构-结
构设计-高等学校-教材 IV. TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 082339 号

内 容 提 要

本书是根据新实施的《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002) 编写的, 全书共分 10 章, 主要包括: 绪论; 混凝土结构材料的物理力学性能; 混凝土结构的基本设计原则; 受弯构件正截面承载力计算; 受弯构件斜截面承载力计算; 受压构件承载力计算; 受拉构件承载力计算; 受扭构件承载力计算; 正常使用阶段的验算; 预应力混凝土构件的计算等。

本书可作为大专院校土木工程专业的教学参考书, 也可作为广大土建工程设计人员和施工技术人员学习《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002) 的参考资料。

书 名	混凝土结构设计原理
出 版	中国环境科学出版社出版发行
地 址	北京海淀区普惠南里 14 号 100036
网 址	www. cesp. cn
经 销	各地新华书店经售
印 刷	北京联华印刷厂
开 本	787 × 1092 1/18
印 张	22.5
字 数	410 千字
版 次	2003 年 10 月第一版 2003 年 10 月第一次印刷
印 数	1—3000
定 价	36.00 元

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄本社发行部更换

《21 世纪高等教育土木工程系列教材》

编写说明

教育部于 1998 年颁布了新的大学本科专业目录，把土木工程专业扩充成为一个宽口径专业，其中包括了原建筑工程、交通土建工程、城镇建设、矿井建设、水利工程、港口工程、海岸与海洋工程等专业方向，由此带来了土木工程专业人材培养模式的新变化，以及教材建设方面的新要求。

土木工程专业主要培养土木工程方面的设计、施工、管理等高级工程技术人才。学生除学习工科基础理论课程之外，主要学习土木工程材料、测量学、房屋建筑学、理论力学、材料力学、结构力学、水力学、土力学、弹性力学、混凝土结构及钢结构理论等技术基础理论；学习混凝土结构及钢结构设计、高层建筑设计、地基基础、结构抗震、施工技术与组织、建筑经济与管理等专业知识；还学习道路工程、桥梁工程以及水工建筑等方面的知识。

为了方便学生学好上述课程，需要有合适的教材相配合。中国环境科学出版社组织了全国部分高等学校、科研院所富有教学经验的土木工程教育工作者，编写适用于一般院校土木工程教学用的《21 世纪高等教育土木工程系列教材》。参加本系列教材编写的学校、科研院所的教师和科技工作者有：中国建筑科学研究院黄强（研究员）；广东工业大学杜宏彪（教授）等；广州大学张季超（教授）、刘树堂（教授）、李汝庚（教授）、冀兆良（副教授）、庞永师（副教授）、陈德义（副教授）、刘坚（副教授）、邓雪松（副教授）、童华炜（副教授）、金向农（副教授）、吴庆华（副教授）等；郑州大学王新玲（教授）、郭院成（教授）等；郑州工程学院杜明芳（副教授）等；长春工程学院王爱民（教授）等；新疆大学王万江（副教授）等；苏州科技大学姚江峰（副教授）等；北京工业大学高向宇（教授）等；暨南大学欧阳东（副教授）等；河南省建筑设计研究院韩阳（教授级高级工程师）等。

2003 年 9 月

前 言

混凝土结构设计原理是高等学校土木工程专业的主干课程,又是建筑学,建筑经济,房地产,给排水工程等专业的专业基础课程,在土建院校中占有重要的地位。学习本课程的目的是使学生掌握结构设计基本原理,具备一般土木工程结构设计的能力,并为学习后续必修课、选修课和毕业设计奠定基础。

本教程的特色是:(1)根据新实施的《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002)编写;体现混凝土设计原理的较新成果;(2)面向一般院校和工程界,适用以本科教育为主(适当兼顾专科)的学校学生;(3)适用于土木工程专业,重点在建筑工程、公路桥梁工程,兼顾其它土建类专业如建筑学,建筑经济,房地产,给排水工程等。全书共分10章,其主要内容有:绪论;混凝土结构材料的物理力学性能;混凝土结构的基本设计原则;受弯构件正截面承载力计算;受弯构件斜截面承载力计算;受压构件承载力计算;受拉构件承载力计算;受扭构件承载力计算;正常使用阶段的验算;预应力混凝土构件的计算等。参加本教材编写的主要人员为广州大学土木工程学院的教师,其中第0、1、2、9章由张季超教授执笔;第3章由王晖副教授执笔;第4章由邓雪松副教授、张春梅讲师执笔;第5章由李汝庚教授、吴珊瑚副教授执笔;第6章由杨巧荣讲师执笔;第7章由马咏梅高级工程师执笔;第8章由田丽讲师执笔;全书由张季超教授、李汝庚教授主编,刘树堂教授、马咏梅高级工程师、邓雪松副教授审校。

本教材参考了国内近年来正式出版的有关混凝土结构方面的教材和规范、手册(详见主要参考书目),它的最后出版得到了广州大学各级部门领导和中国环境科学出版社的大力支持,在此一并表示感谢。

由于时间紧迫,水平有限,本教材虽经广州大学土木工程专业师生一年试用,但本教材中难免仍有缺点及错误,敬请读者批评指正,不胜感激。

编 者

2003年8月

目 录

绪论	1
0.1 混凝土结构的一般概念	1
0.2 混凝土结构的发展和应用简况	3
0.3 混凝土结构课程在内容上与其他课程关系的简介和学习要点	7
思考题	9
1 混凝土结构材料的物理力学性能	10
1.1 钢筋	10
1.2 混凝土	14
1.3 钢筋与混凝土之间的粘结与锚固	33
1.4 小结	39
思考题	40
2 混凝土结构的基本设计原则	42
2.1 极限状态设计原则	42
2.2 荷载和材料强度的取值	46
2.3 概率统计极限状态设计方法	48
2.4 小结	56
思考题	56
3 受弯构件正截面承载力计算	58
3.1 概述	58
3.2 受弯构件的形式及构造要求	58
3.3 受弯构件正截面受弯性能	62
3.4 受弯构件正截面承载力计算的一般规定	69
3.5 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	75
3.6 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	83
3.7 T形截面受弯构件正截面承载力计算	91
3.8 小结	101
思考题	102
习题	103
4 受弯构件斜截面承载力计算	107
4.1 概述	107

4.2	无腹筋梁的斜截面受剪性能	109
4.3	有腹筋梁的斜截面受剪性能	116
4.4	受弯构件斜截面受剪承载力的设计计算	123
4.5	构造要求	131
4.6	伸臂梁的设计例题	142
4.7	小结	146
	思考题	147
	习题	148
5	受压构件承载力计算	150
5.1	概述	150
5.2	受压构件一般构造要求	151
5.3	轴心受压构件的承载力计算	153
5.4	偏心受压构件正截面承载力计算	160
5.5	偏心受压构件斜截面承载力计算	196
5.6	小结	198
	思考题	199
	习题	200
6	受拉构件承载力计算	202
6.1	概述	202
6.2	轴心受拉构件正截面承载力计算	203
6.3	偏心受拉构件正截面承载力计算	207
6.4	偏心受拉构件斜截面承载力计算	214
6.5	小结	216
	思考题	216
	习题	217
7	受扭构件承载力计算	218
7.1	概述	218
7.2	纯扭构件的试验研究及破坏形态	219
7.3	一般受扭构件承载力计算	221
7.4	小结	238
	思考题	239
	习题	240
8	正常使用阶段的验算	241
8.1	概述	241
8.2	产生裂缝原因及其控制措施	241

8.3 荷载作用引起的裂缝宽度计算	245
8.4 受弯构件的变形验算	254
8.5 混凝土结构的耐久性	260
8.6 小结	265
思考题	265
习题	266
9 预应力混凝土构件的计算	268
9.1 预应力混凝土的基本概念和一般计算规定	268
9.2 预应力混凝土轴心受拉构件	285
9.3 预应力混凝土受弯构件	299
9.4 预应力混凝土构件的构造要求	314
9.5 部分预应力混凝土的概念	328
思考题	331
附录 1 术语及符号	334
附录 2 《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002) 规定的材料力学指标	340
附录 3 钢筋的计算截面面积及理论重量	344
附录 4 《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002) 的有关规定	346
主要参考书目	349

绪 论

0.1 混凝土结构的一般概念

混凝土是一种人工石材，它由石子、砂粒、水泥、外加剂和水按一定比例拌合而成，简称“砼”。混凝土材料像天然石材一样，承受压力的能力很强，但抵抗拉力的能力却很弱。而钢材则不然，其抗压和抗拉的能力都很强。于是，人们利用两种材料各自的特点，把它们有机地结合在一起共同工作，形成了用于工程实际的混凝土结构（Concrete Structure）。土木工程中常用的有：素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、钢管混凝土结构、钢管混凝土结构、纤维混凝土结构等，其中以钢筋混凝土结构（Reinforced Concrete Structure，也可简称 RC）应用最广。

下面以一简支梁为例，讲述混凝土结构受力原理。由材料力学可知，〔图 0-1 (a)〕梁受弯后，截面的中和轴以上部分受压，以下部分受拉。如该梁由素混凝土构成，则由于混凝土的抗拉强度很小，于是在较小的荷载作用下，梁的下部就会开裂，在荷载持续作用下，裂缝随即急速上升，导致梁骤然脆断〔图 0-1 (b)〕，此时梁上部混凝土的抗压强度还未充分利用。倘若在构件浇注时，在梁的下部受拉区配置适量的钢筋，当受拉区混凝土开裂后，梁中和轴以下受拉区的拉力主要由钢筋来承受，中和轴以上受压区的压应力仍由混凝土承受，与素混凝土梁不同，此时荷载仍可以继续增加，直到受拉钢筋应力达到屈服强度，随着荷载的进一步增加，上部受压区的混凝土也被压碎，梁才破坏〔图 0-1 (c)〕。这样，混凝土的抗压能力和钢筋的抗拉能力都得到充分的利用，于是就较大幅度地提高了梁的承载能力。

如图 0-2 所示，在受压的混凝土柱中配置了抗压强度较高的钢筋，以协助混凝土承受压力，从而可以缩小柱截面尺寸，或在同样截面尺寸情况下提高柱的承载力。

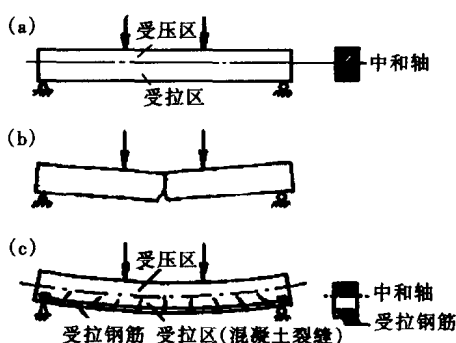


图 0-1 简支梁

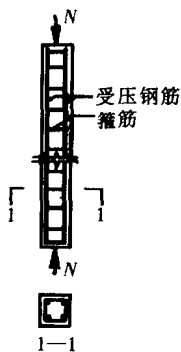


图 0-2 轴心
受压柱

钢筋和混凝土这两种性质不同的材料之所以能有效地结合在一起而共同工作，主要是由于混凝土硬化后钢筋与混凝土之间产生了良好粘结力，使两者可靠地结合在一起，从而保证在外荷载的作用下，钢筋与相邻混凝土能够共同变形；其次，钢筋与混凝土两种材料的温度线膨胀系数的数值颇为接近（钢筋为 1.2×10^{-5} ，混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ ），所以，当温度变化时，不致产生较大的温度应力而破坏两者之间的粘结，从而保持结构的整体性；另外，应用这两种材料时，总是混凝土包围在钢筋的外围，起着保护钢筋免遭锈蚀的作用，这对这两种材料的共同工作无疑也是一项保证。

混凝土结构除了能较合理地应用这两种材料的性能外，

还有下列一些优点：

1. 耐久性

混凝土的强度是随龄期增长的，钢筋被混凝土保护着锈蚀较小，所以只要保护层厚度适当，则混凝土结构的耐久性比较好。若处于侵蚀性的环境时，可以适当选用水泥品种及外加剂，增大保护层厚度，就能满足工程要求。

2. 耐火性

比起容易燃烧的木结构和导热快且抗高温性能较差的钢结构来讲，混凝土结构的耐火性是好的。因为混凝土是不良热导体，遭受火灾时，混凝土起隔热作用，使钢筋不致达到或不致很快达到降低其强度的温度，经验表明，虽然经受了较长时间的燃烧，混凝土常常只损伤表面。对承受高温作用的结构，还可应用耐热混凝土。

3. 就地取材

在混凝土结构的组成材料中，用量较大的石子和砂往往容易就地取材，有条件的地方还可以将工业废料制成人工骨料应用，这对材料的供应、运输和土木工程结构的造价都提供了有利的条件。

4. 保养费节省

混凝土结构的维修较少，不象钢结构和木结构需要经常的保养。

5. 节约钢材

混凝土结构合理地应用了材料的性能，在一般情况下可以代替钢结构，从而能节约钢材、降低造价。

6. 可塑性

因为新拌和未凝固的混凝土是可塑的，故可以按照不同模板的尺寸和式样浇筑成建筑师设计所需要的构件。

7. 刚度大、整体性好

混凝土结构刚度较大,对现浇混凝土结构而言其整体性尤其好,宜用于变形要求严格的建筑,也适用于抗震、抗爆结构。

但是,混凝土结构也有不少缺点和不足之处:普通钢筋混凝土结构本身自重比钢结构大。自重过大对于大跨度结构、高层建筑结构的抗震都是不利的;另外混凝土结构的抗裂性较差,在正常使用时往往带裂缝工作;而且建造较为费工,现浇结构模板需耗用较多的木材,施工受到季节气候条件的限制,补强修复较困难;隔热隔声性能较差等等。这些缺点,在一定条件下限制了混凝土结构的应用范围。不过随着人们对于混凝土结构这门学科研究认识的不断提高,上述一些缺点已经或正在逐步加以改善。例如,目前国内外均在大力研究轻质、高强混凝土以减轻混凝土的自重;采用预应力混凝土(Prestressed Concrete,也简称PC)技术以减轻结构自重和提高构件的抗裂性;采用预制装配构件以节约模板加快施工进度;采用工业化的现浇施工方法以简化施工,采用粘钢技术和碳纤维技术加固进行补强等等。

0.2 混凝土结构的发展和应用简况

0.2.1 国际简况

从现代人类的工程建设史上来看,相对于砌体结构、木结构和钢结构而言,混凝土结构是一种新兴结构,它的应用不过只有一百多年的历史。但也有考古学者认为,水泥的起源大约在公元前5万~10万年,在公元前3000年,用熟石膏和石灰混合在一起建造了著名的埃及金字塔,这是现存的最早的混凝土结构物。其后在古希腊和罗马时代,用这种水泥建造了很多建筑物和公路。

进入近代以来,经过了J.Smeaton, J.Parker等人的试作阶段,1824年英国的烧瓦工人Joseph Aspdin调配石灰岩和粘土,首先烧成了人工的硅酸盐水泥,并取得专利,成为水泥工业的开端。以后,对如何克服混凝土抗拉强度低这一问题进行了研究,1854年法国技师J.L.Lambot将铁丝网放入混凝土中制成了小船,并于第二年在巴黎博览会上展出,这可以说是最早的钢筋混凝土(RC)制品。从此以后,Francois Conigne, Wilkinson等人改进了Lambot的制品,到1867年法国技师Joseph Monier取得了用格子状配筋制作桥面板的专利,钢筋混凝土(RC)工艺迅速地向前发展。1867年,是全世界公认为最早的钢筋混凝土(RC)桥架设的一年。1877年美国的Thaddeus Hyatt调查了梁的力学性质,1887年德国的Konen提出了用混凝土承担压力和用钢筋承担拉力的设计方案,德国的J.Baushinger确认了混凝土中的钢筋不受锈蚀等问题,于是钢筋混凝土(RC)结构又有了新的发展。1892年法国的Hennebique阐述了箍筋对抗剪的有效作

用，并于 1898 年提出了 T 形梁的方案。关于柱子，前面提到的 Conigne 在钢筋混凝土（RC）桩方面得到了很多专利，Considere 根据实验于 1902 年取得了螺旋钢筋柱的专利。

总而言之，混凝土结构是在 19 世纪中期开始得到应用的，由于当时水泥和混凝土的质量都很差，同时设计计算理论尚未建立，所以发展比较缓慢。直到 19 世纪末以后，随着生产的发展，以及试验工作的开展、计算理论的研究、材料及施工技术的改进，这一技术才得到了较快的发展。目前已成为现代工程建设中应用最广泛的建筑材料之一。

在工程应用方面，混凝土结构最初仅在最简单的结构物如拱、板等中使用。随着水泥和钢材工业的发展。混凝土和钢材的质量不断改进、强度逐步提高。例如在美国 20 世纪 60 年代使用的混凝土抗压强度平均为 28N/mm^2 ，20 世纪 70 年代提高到 42N/mm^2 ，近年来一些特殊需要的结构混凝土抗压强度可达 $80 \sim 100\text{N/mm}^2$ ，而实验室做出的抗压强度最高已达 266N/mm^2 。前苏联 20 世纪 70 年代使用钢材平均屈服强度为 380N/mm^2 ，20 世纪 80 年代提高到 420N/mm^2 ；美国在 20 世纪 70 年代钢材平均屈服强度已达 420N/mm^2 。预应力钢筋所用强度则更高。这些均为进一步扩大钢筋混凝土的应用范围创造了条件，特别是自 20 世纪 70 年代以来，很多国家已把高强度钢筋和高强度混凝土用于大跨、重型、高层结构中，在减轻自重、节约钢材上取得了良好的效果。

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已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，只有采用预应力混凝土结构建造才能保证安全。对防腐蚀有特殊要求的海洋结构——如采油平台，也必须采用预应力混凝土或钢筋混凝土建造。

为改善钢筋混凝土自重大的缺点，世界各国已经大力研究发展了各种轻质混凝土（由胶结料、多孔粗骨料、多孔或密实的细骨料与水拌制而成），其干容重一般不大于 18kN/m^3 ，如陶粒混凝土、浮石混凝土、火山渣混凝土、膨胀矿渣混凝土等。轻质混凝土可在预制和现浇的建筑结构中采用，例如可制成预制大型壁板、屋面板、折板以及现浇的薄壳、大跨、高层结构。但在应用中应当考虑到它的一些特殊性能（弹性模量低、收缩、徐变大等）。目前国外轻质混凝土用于承重结构的强度等级为 C30 ~ C60，其容重一般为 $14 \sim 18\text{kN/m}^3$ 。国内常用的强度等级为 C20、C30，也可配制 C40 或更高的强度，其容重一般为 12

$\sim 18\text{kN/m}^3$ 。由轻混凝土制成的结构自重较普通混凝土可减少 20% ~ 30%，由于自重减轻，结构地震作用减小，因此在地震区采用轻质混凝土结构可有效地减小地震力，节约材料和造价。

二次世界大战后，国外建筑工业化的发展很快，已从采用一般的标准设计走向工业化建筑体系，趋向于做到一件多用或仅用较少几种类型的构件（如梁板合一构件、墙柱合一构件等）就能建造成各类房屋。实践充分显示出建筑工业化在加快建设速度、降低建筑造价、保证施工质量等方面的巨大优越性。在大力发展装配或钢筋混凝土结构体系的同时，有些国家还采用了工具式模板、机械化现浇与预制相结合，即装配整体式钢筋混凝土结构体系。

由于轻质、高强混凝土材料的发展以及结构设计理论水平的提高，使得混凝土结构应用跨度和高度都不断地增大。例如：目前世界上最高的混凝土建筑为香港中环广场达 78 层 374m，其次是平壤柳京饭店达 105 层 300m，芝加哥水塔广场大楼达 76 层 262m；最高的全部轻混凝土结构的高层建筑是休斯敦贝壳广场大厦 52 层 215m；预应力轻骨料混凝土建造的飞机库（前西德）房盖结构跨度达 90m；预应力混凝土箱形截面桥梁跨度已达 240m 以上（日本沃名大桥）；前苏联及加拿大分别建成了 533m 及 549m 高的预应力混凝土电视塔。

所有这些都显示了近代钢筋混凝土结构设计和施工水平日新月异的迅速发展。

此外，对于防射线混凝土、纤维混凝土等也正在积极研究中，并已在有特殊要求的结构上开始应用。纤维混凝土使混凝土的性质获得了飞跃的发展，把混凝土的拉、压强度比从 1/10 提高到 1/2，并且具有早强、体积稳定（收缩、徐变小）的特性；并有可能建造 600 ~ 900m 高的建筑，跨度达 500 ~ 600m 的桥梁，以及海上浮动城市、海底城市、地下城市等。

0.2.2 国内简况

在 19 世纪末 20 世纪初，我国开始有了钢筋混凝土建筑物，如上海市的外滩、广州市的沙面等，但工程规模很小，建筑数量也很少。新中国成立以后，我国在落后的国民经济基础上进行了大规模的社会主义建设。随着工程建设的发展及国家进一步的改革开放，混凝土结构在我国各项工程建设中得到迅速的发展和广泛的应用。

我国 20 世纪 70 年代起，在一般民用建设中已较广泛地采用定型化、标准化的装配式钢筋混凝土构件，并随着建筑工业化的发展以及墙体改革的推行，发展了装配式大板居住建筑，在多高层建筑中还广泛采用大模剪力墙承重结构外加挂板或外砌砖墙结构体系。还研究了框架轻板体系，最轻的每平方米仅为 3 ~ 5kN。

改革开放后，混凝土高层建筑在我国也有了较大的发展。继 20 世纪 70 年代北京饭店、广州白云宾馆和一批高层住宅（如北京前三门大街、上海漕溪路住宅建筑群）的兴建以后，80 年代，高层建筑的发展加快了步伐，结构体系更为多样化，层数增多，高度加大，已逐步在世界上占据领先地位；目前国内最高的混凝土结构建筑是广州的中天广场，80 层 322m 高，为框架—筒体结构；香港的中环广场达 78 层 374m，三角形平面筒中筒结构，是世界上最高的混凝土建筑；广州国际大厦 63 层 199m，是 80 年代世界上最高的部分预应力混凝土建筑。随着高层建筑的发展，高层建筑结构分析方法和试验研究工作，在我国得到了极为迅速的发展，许多方面已达到或接近于国际先进水平。

在大跨度的公共建筑和工业建筑中，常采用钢筋混凝土桁架、门式刚架、拱、薄壳等结构形式。在工业建设中已经广泛地采用了装配式钢筋混凝土及预应力混凝土。为了节约用地；在工业建筑中多层工业厂房所占比重有逐渐增多的趋势，在多层工业厂房中除现浇框架结构体系以外，装配整体式多层框架结构体系已被普遍采用。并发展了整体预应力装配式板柱体系，由于其构件类型少，装配化程度高、整体性好、平面布置灵活，是一种有发展前途的结构体系。同时升板结构、滑模结构也有所发展。此外，如电视塔、水塔、水池、冷却塔、烟囱、贮罐、筒仓等特殊构筑物也普遍采用了钢筋混凝土和预应力混凝土。如 9 度抗震设防、高 380m 的北京中央电视塔，高 405m 的天津电视塔，高 490m 的上海东方明珠电视塔等。

混凝土结构在水利工程、桥隧工程、地下结构工程中的应用也极为广泛。用钢筋混凝土建造的水闸、水电站、船坞和码头在我国已是星罗棋布。如黄河上的刘家峡、龙羊峡及小浪底水电站，长江上的葛州坝及三峡工程等。

钢筋混凝土和预应力混凝土桥梁也有很大的发展，如著名的武汉长江大桥引桥；福建乌龙江大桥，最大跨度达 144m，全长 548m。四川泸州大桥，采用了预应力混凝土 T 形结构，三个主跨为 170m，主桥全长 1255.6m，引道长达 7000m，是目前我国最长的公路大桥。为改善城市交通拥挤，城市道路立交桥正在迅速发展。

随着混凝土结构在工程建设中的大量使用，我国在混凝土结构方面的科学研究工作已取得较大的发展。在混凝土结构基本理论与设计方法，可靠度与荷载分析，单层与多层厂房结构，大板与升板结构，高层、大跨、特种结构，工业化建筑体系，结构抗震及现代化测试技术等方面的研究工作都取得了很多新的成果，基本理论和设计工作的水平有了很大提高，已达到或接近国际水平。

作为反映我国混凝土结构学科水平的混凝土结构设计规范也随着工程建设经验的积累、科研工作的成果和世界范围技术的进步而不断改进。1952 年东北地区首先颁布了《建筑物结构设计暂行标准》；1955 年制定的《钢筋混凝土结

构设计暂行规范》(结规 6—55), 采用了前苏联规范中的按破坏阶段设计法: 1966 年颁布了我国第一本《钢筋混凝土结构设计规范》(BJG21—66), 采用了当时较为先进的以多系数表达的极限状态设计法; 1974 年编制了采用单一安全系数表达的极限状态设计法的《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ10—74)。规范 (BJG21—66) 和 (TJ10—74) 的颁布标志着我国钢筋混凝土结构设计规范步入了从无到有、由低向高发展的阶段。为了解决各类材料的建筑结构可靠度设计方法的合理和统一问题, 1984 年颁布的《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—84) 规定我国各种建筑结构设计规范均统一采用以概率理论为基础的极限状态设计方法, 其特点是以结构功能的失效概率作为结构可靠度的量度, 由定值的极限状态概念转变到非定值的极限状态概念上, 从而把我国结构可靠度设计方法提高到当时的国际水平, 对提高结构设计的合理性具有深刻意义。为配合 (GBJ68—84) 的执行, 1989 年颁布的《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89) 使我国混凝土结构设计规范提高到了一个新的水平。

经过近十几年我国工程建设的快速发展以及进入 WTO 的需要, 自 1997 年起, 我国对工程建设标准进行了全面修订, 并于近几年先后颁布了《建筑结构设计统一标准》(GB50068—2001) 及《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002) 等。新标准的颁布, 正推动新材料、新工艺、新结构的应用, 使混凝土结构不断地发展, 不停地演进, 以达到更高的水平。

0.3 混凝土结构课程在内容上与其他课程关系的简介和学习要点

一般来讲, 土木工程专业的混凝土结构课程的内容可分为两个部分: 第一部分——混凝土结构设计原理, 也称混凝土结构基本构件。这部分内容讨论材料的性能、计算原理、构件 (如受弯、受剪、受压、受拉和受扭等构件以及预应力混凝土构件) 的计算方法和配筋构造。第一部分可说是混凝土结构的基本理论, 是学习土木工程结构的基础。第二部分——混凝土结构设计。这部分介绍混凝土单层工业房屋和多层房屋的结构布置, 各种结构部件 (楼面、梁柱、基础、屋盖、排架、框架) 的型式、计算、构造、各部件的联结和整体工作。由于我国是一个多地震的国家, 所以教材和《规范》(GB50010—2002) 也介绍一些关于混凝土结构的抗震设计要点。

混凝土结构课程和许多课程关系密切, 互相呼应配合, 有的需要先行掌握, 有的是后续课程, 例如:

(1) 建筑材料课程中有关混凝土和钢材的基本知识。要能正确理解混凝土结构的性能, 就必须先熟悉钢筋和混凝土材料的性能, 因此要在建筑材料课程的基础上, 进一步掌握钢筋和混凝土的物理力学性能。

(2) 材料力学课程。材料力学的研究对象主要是匀质、弹性材料的构件，而混凝土结构是非匀质、非弹性的材料，其构件是两种材料互相结合共同工作的构件，情况各是不同。但是，材料力学解决问题的观点和方法，可供解决混凝土结构问题借鉴，只不过考虑问题时要顾及混凝土材料具体性能的特点。

(3) 结构力学课程。该课程中对各种结构的内力分析和变形计算，都是混凝土结构计算中要用到的，必须掌握。另外，结构计算的基本原理，又是工程结构各门课程，如砌体结构、钢、木结构课程所共用的，一脉相通的。

(4) 房屋建筑学课程。有关建筑方案、房屋构造方面的知识等。

(5) 其他课程。如在地震区设计土木工程结构，必须考虑结构的抗震，本课程又与结构抗震课程有关；土木工程结构的基础，或是采用天然地基、或是采用人工地基，都要进行适当的选择，并确定地基的反力，以及考虑基础的沉降、基础与上部结构的相互作用，因此混凝土结构课程又与土力学、地基基础和工程地质课程有关；研究混凝土结构有时要做构件和结构的试验，这又跟结构试验课程、结构检验课程有关；土木工程结构设计还必须经济合理、施工方便，这必然与土木工程施工课程、工程管理、政策与法规等课程相关。

因此，学习混凝土课程时必须要注意：

(1) 由于混凝土结构材料的自身性能较复杂，同时还有其他很多因素要影响其性能，目前从学科的现状水平而言，有些方面的强度理论还不够完善，在某些情况下，构件承载力和变形的取值还得参照试验资料的统计分析，处于半经验半理论状态，故学习时要正确理解其本质现象并注意计算公式的适用条件。

(2) 混凝土结构课程针对的是结构和构件的设计，需要遵循国家的建设方针，考虑适用、经济（造价、材料用量）、安全、施工可行，牵涉到方案的比较、构件的选型、强度和变形的计算、配筋构造等等方面，是一个多因素的综合性问题。设计时需要加以多方面比较，方能从中作出抉择。所以，对本课程要注意全面掌握，学会考虑多因素综合分析的合理设计方法。

(3) 学以致用。学习本课程不单是要懂得一些理论，更重要的是实践和应用。本课程的内容是遵照我国有关的国家标准，特别是《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002)（以后简称《规范》）编写的。《规范》体现了国家的技术经济政策、技术措施和设计方法，反映了我国在混凝土结构学科领域所达到的科学技术水平，并且总结了混凝土结构工程实践的经验，故《规范》是进行钢筋混凝土结构设计的依据，必须加以遵守。另外只有正确理解《规范》条款的意义，不盲目乱套，才能正确地加以应用，这首先就需要努力学习，熟悉《规范》。当然，钢筋混凝土结构这门学科是在不断地演进发展着，所以每隔一定年限《规范》就得重行修订，以反映新达到的水平。

因种种原因，目前土木工程专业正在执行的混凝土结构设计规范就有建筑工程、水利工程、交通土建工程、铁路运输工程等方面各种不同类型的版本，实际工程使用时必须结合具体情况、采用不同的规范、且因地制宜、灵活应用。

思 考 题

1. 混凝土是由哪几种材料组成的，为什么在混凝土内要配置钢筋？
2. 钢筋和混凝土结合在一起共同工作的基础有哪些？
3. 按照施工建造方式的不同，混凝土结构可分为哪些类？
4. 混凝土结构有哪些优点和缺点，它的缺点可以用什么办法加以克服？
5. 混凝土结构在土木工程方面的应用，你能举例说明吗？
6. 本课程包括哪些内容，它与哪些课程密切相关？
7. 学习本课程应注意的要点是什么？
8. 简述建筑工程、水利工程、交通土建工程、铁路运输工程等方面的混凝土结构设计规范？