

结构设计基础

杨义 主编

 武汉理工大学出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

结构设计基础 / 杨义主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2019.8
ISBN 978-7-5643-7111-1

I. ①结… II. ①杨… III. ①桥梁结构 - 结构设计 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①U443

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 187430 号

Jiegou Sheji Jichu
结构设计基础

杨 义 / 主 编

责任编辑 / 姜锡伟
助理编辑 / 王同晓
封面设计 / 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)
发行部电话: 028-87600564 028-87600533
网址: <http://www.xnjdcbs.com>
印刷: 成都蓉军广告印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm
印张 12.75 字数 319 千
版次 2019 年 8 月第 1 版 印次 2019 年 8 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-7111-1
定价 36.00 元

课件咨询电话: 028-87600533
图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

结构设计基础是桥梁工程技术专业的一门专业基础课，也是学习桥梁工程技术类课程的前导课程。

本教材适用于高等职业技术学院的桥梁工程专业的学生使用。教材遵循高职教育的特点，在内容上进行了优化设置。共设置了 13 个学习情境，主要介绍桥梁结构的基本单元、钢筋及混凝土材料性能、受弯构件正截面、斜截面承载力、构件应力、裂缝和变形、受压构件承载力、预应力混凝土结构受弯构件承载力、钢结构连接、钢管混凝土结构以及圬工结构。为了进一步拓宽学生的学习领域，在学习情景三设置了容许应力法进行受弯构件承载力计算，并从学习情景四开始介绍极限状态法的设计原则及计算方法，在内容上贯穿了公路及铁路设计理念。结合现行行业标准和国家标准，在编写过程中对于复杂的理论进行了简化说明，注重知识的应用和能力体系的构建，重点突出职业教育的针对性、职业性与通用性，以系统培养学生职业能力、团队合作能力和可持续发展能力。

本教材由武汉铁路桥梁职业学院杨义担任主编，武汉铁路桥梁职业学院李端阳担任主审。学习情景一、四、五、六、十由杨义编写，学习情景八、九、十一由武汉铁路桥梁职业学院王伟编写，学习情景三由武汉铁路桥梁职业学院梁秦红编写，学习情景二、七、十三由武汉铁路桥梁职业学院刘奇凡编写，学习情景十二由武汉铁路桥梁职业学院李端阳教授编写。教材编者参考或应用了大量的有关结构设计基础的专著、教材和文献。在此谨向这些专著、教材和文献的作者们表示敬意和谢意。

由于时间仓促，编者水平有限，教材中难免存在不足之处，恳请读者进行批评指正，以便及时修订。

编 者
2018 年 9 月

目 录

学习情景一 桥梁结构基本单元	1
学习情景二 钢筋混凝土结构材料	14
学习任务一 钢筋混凝土结构的发展及应用	14
学习任务二 钢筋材料及力学性能	16
学习任务三 混凝土材料及力学性能	20
学习任务四 钢筋与混凝土黏结	28
学习情景三 容许应力法受弯构件	31
学习任务一 受弯构件的截面形式与构造要求	31
学习任务二 受弯构件正截面受力全过程与破坏特征	36
学习任务三 单筋矩形截面受弯构件	39
学习任务四 双筋矩形截面受弯构件	47
学习任务五 T形截面受弯构件	51
学习情景四 结构按极限状态法设计计算的原则	57
学习任务一 极限状态法设计的基本概念	57
学习任务二 极限状态法设计原则	60
学习任务三 作用与作用效应	63
学习情景五 极限状态法受弯构件正截面承载力计算	68
学习任务一 受弯构件正截面承载力设计计算	68
学习任务二 应用示例	79
学习情景六 受弯构件斜截面承载力计算	86
学习任务一 受弯构件斜截面的破坏形态	86
学习任务二 防止斜截面破坏的构造措施	90
学习情景七 钢筋混凝土结构的应力、裂缝和变形	94
学习任务一 应 力	94
学习任务二 受弯构件裂缝宽度	98

学习任务三 受弯构件变形·····	101
学习情景八 钢筋混凝土受压构件承载力·····	105
学习任务一 受压构件的构造要求·····	105
学习任务二 轴心受压构件承载力·····	110
学习任务三 偏心受压构件承载力·····	113
学习情景九 预应力混凝土结构·····	117
学习任务一 关于预应力混凝土结构·····	117
学习任务二 预应力混凝土结构·····	124
学习任务三 预应力施加方法及机具设备·····	127
学习情景十 预应力混凝土受弯构件承载力计算·····	135
学习任务一 受力阶段与设计计算原则·····	135
学习任务二 预应力损失的估算·····	139
学习任务三 预应力混凝土受弯构件承载力计算·····	147
学习任务四 预应力混凝土受弯构件的应力计算·····	154
学习情景十一 钢结构的连接·····	163
学习任务一 了解钢结构·····	163
学习任务二 焊接连接·····	167
学习情景十二 钢管混凝土构件·····	178
学习任务一 钢管混凝土构件的基本知识·····	178
学习任务二 圆形及多边形钢管混凝土构件承载力·····	181
学习任务三 钢管混凝土柱节点连接和浇筑·····	184
学习情景十三 圪工结构·····	193
参考文献·····	198

学习情景一 桥梁结构基本单元



学习目标

通过学习，了解我国大跨度桥梁的发展历程，能描述桥梁结构的基本受力体系，能描述梁式桥、拱桥、刚架桥、悬索桥、组合体系桥梁的传力途径及受力特点，能描述桥梁的分类。



知识集聚

一、桥梁按受力体系分类

按照受力体系分类，桥梁有梁式桥、拱式桥、刚架桥、悬索桥四种基本体系。其中，梁式桥主要受力构件以受弯为主，拱式桥主要受力构件以受压为主，悬索桥主缆、吊索以受拉为主。另外，由上述四种基本体系的相互组合，派生出在受力上也具有组合特征的组合体系桥梁，如斜拉桥、梁拱组合体系桥等。下面分别阐述各种桥梁体系的主要特点。

1. 梁式桥

梁式桥的主要承重结构在竖向荷载作用下无水平反力的结构，如图 1-1 所示。梁式桥可分为简支梁桥、悬臂梁桥、连续梁桥、连续刚构桥等结构，对于中小跨径桥梁，一般采用等截面形式，对于很大跨径的大桥和特大桥，可采用变截面形式。

拱式桥的主要承重结构是拱圈或拱肋。拱式结构在竖向荷载作用下，桥墩和桥台将受水平推力。同时，根据作用力和反作用力原理，墩台向拱圈（或拱肋）提供一对水平反力，引起拱内力中出现轴力，将大大抵消在拱圈（或拱肋）内由荷载所引起的弯矩。因此与同跨径的梁相比，拱的弯矩、剪力和变形要小得多。

拱式桥根据有无水平推力分为无推力拱（图 1-2）和有推力拱（图 1-3）。目前建设了较多的系杆拱，系杆拱内部属于超静定结构，外部简支于桥梁墩台之上。

拱式桥根据拱圈和拱肋是否设置铰又分为无铰拱、两铰拱、三铰拱。

拱式桥根据桥面位置又可分为上承式、中承式和下承式。

2. 刚架桥

刚架桥的主要承重结构是梁（或板）与立柱（或竖墙）整体结合在一起的刚架结构，梁和柱的连接处具有很大的刚性，以承担负弯矩的作用。刚架桥常见的有门式刚架桥、斜腿刚架桥、V形刚架桥，如图 1-3 所示。

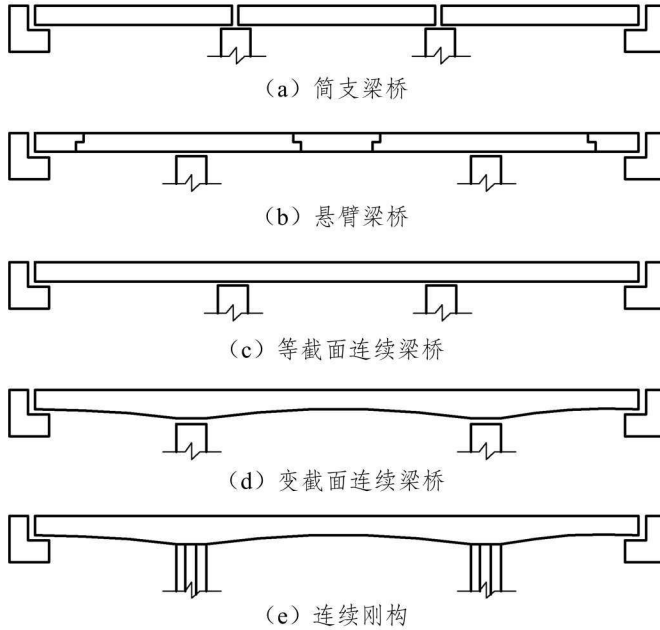
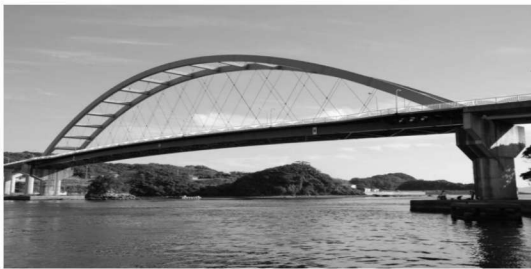
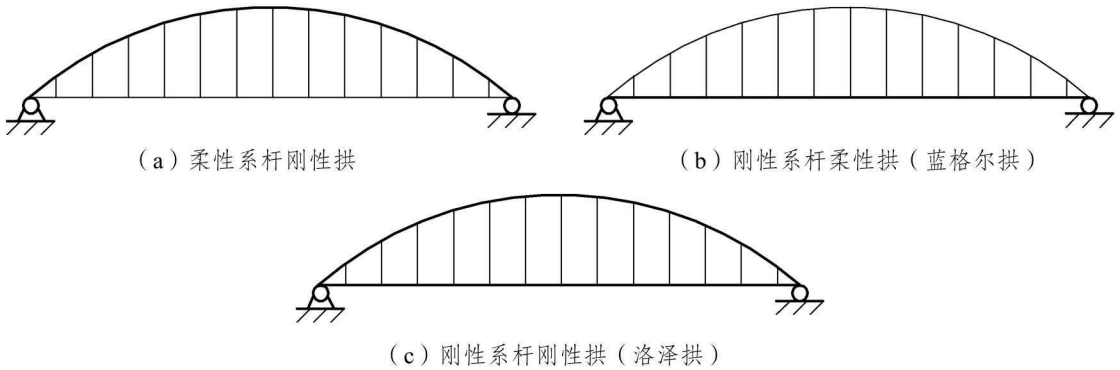


图 1-1 梁式桥



(d) 尼尔森拱

图 1-2 无推力拱

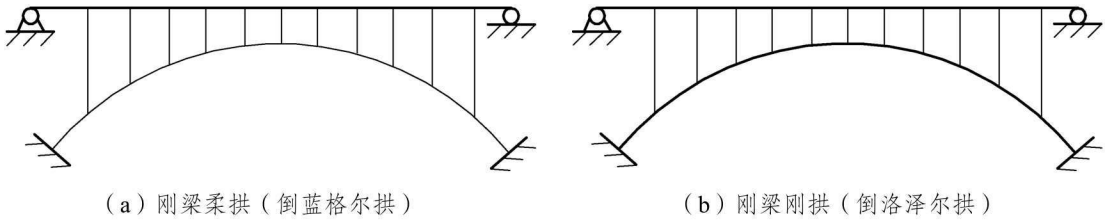


图 1-3 有推力拱



图 1-4 悬索桥



图 1-5 梁、拱组合体系桥



图 1-6 斜拉桥

3. 悬索桥

悬索桥是用悬挂在两边塔架上的强大缆索作为主要承重结构，如图 1-4 所示。

4. 组合体系桥梁

由拉、压、弯等几个基本受力体系的结构组合而成的桥梁称为组合体系桥梁。常见的有梁、拱组合体系（梁、拱均为主要承重构件）（图 1-5），斜拉桥（图 1-6）等结构。

梁、拱组合体系中有系杆拱、桁架拱等。它们利用梁的受弯与拱的承压、吊杆或拉杆受拉的特点组成联合结构。在预应力混凝土结构中，因梁体内可以储备巨大的压力来承受拱的水平推力，适这类结构既有拱的特点，又没有水平推力，故对地基的要求不高，但这种结构施工复杂。

斜拉桥是由承压的塔、受拉的索与承弯压的梁体组合起来的一种结构体系。其主要承重部件为主梁，由于斜拉索将主梁吊住，使主梁变成类似于多点弹性支撑的连续梁，由此减少了主梁截面弯矩和梁高，增加了桥梁跨径。



二、桥梁的其他分类方法

除了上述按受力特点将桥梁分成不同的结构体系外，人们还习惯地按桥梁的用途、规模大小和建桥材料等其他方面对桥梁进行分类。

(1) 按用途来划分，有公路桥、铁路桥、公铁两用桥、农桥（或机耕道桥）、人行桥、水运桥（渡槽）、管线桥等。

(2) 按桥梁总长和跨径的不同划分，有特大桥、大桥、中桥、小桥和涵洞。

(3) 按主要承重结构所用的材料划分，有圬工桥（包括石料、混凝土桥）、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、钢桥、钢混组合桥和木桥等。

(4) 按跨越障碍的性质划分，有跨河桥、立交桥、高架桥和栈桥。高架桥一般指跨越深沟峡谷以替代高路堤的桥梁，以及在城市桥梁中跨越道路的桥梁。

三、常见桥梁结构

桥梁按传递荷载功能可划分为上部结构、下部结构、支座和附属设施四个基本部分。其中：

(1) 上部结构是跨越障碍的主要承重结构，是桥梁支座以上（无铰拱起拱线或刚架主梁底线以上）跨越桥孔的统称。

(2) 下部结构（桥墩、桥台和基础的统称）是支承桥跨结构并将其永久荷载作用和车辆荷载作用传至地基的建筑物。桥台设置在桥梁两端，桥墩在两桥台之间。桥墩的作用是支承桥跨结构，桥台的作用除了支承桥跨结构外，还要与路堤衔接，并防止路堤滑塌。

桥墩和桥台底部的部分称为基础，基础承担了从桥墩和桥台传来的全部荷载，并将荷载传递至地基。这些荷载包括竖向荷载及地震、船舶撞击墩身等引起的水平荷载。由于基础往往埋置于地下或水下地基中，所以渗水基础在桥梁施工中是难度较大的一个部分，也是确保桥梁安全的关键之一。

(3) 支座是设在墩（台）顶，用于支承上部结构的传力装置，以确保结构的受力明确。故支座不仅要传递很大的荷载，并且要保证上部结构按设计要求能产生一定的变位。

(4) 桥梁的基本附属设施，包括桥面系、伸缩缝等。

建筑物中承受作用和传递作用的各个部件的总和称之为结构，结构由若干基本构件组成，如前述的梁、板、柱、拱圈等。在结构自重、车辆荷载、人群荷载等作用下，组成桥梁结构的各个构件承受着作用力并相互传递。根据力学知识可知，在外力作用下结构中所产生的内力有轴向力、弯矩、剪力、扭矩等基本内力，根据杆件的受力特点，可将组成桥梁结构的构件归纳为受压构件、受拉构件、受弯构件、受扭构件等基本受力构件。对于实际工程结构中，有些构件的受力和变形比较简单，有些构件的受力和变形则比较复杂，常有可能是集中受力状态的组合。

四、构件受力特点

由力学知识可知，普通受力杆件一般有受弯构件、受压构件、受拉构件、受扭构件等基

本受力构件。下面分别对不同桥型中的构件受力状况作简要说明。

1. 梁式桥

梁式桥的上部结构在结构自重和使用荷载等作用下主要产生较大的弯矩和一定的剪力，因此其上部结构是承受弯矩为主，兼有剪力的受弯构件。梁式桥的下部结构承受着通过支座传递下来的上部结构自重及使用荷载等作用，其墩台主要产生的是压力和较小的弯矩，因此其下部结构是受压为主的受压构件。

2. 拱式桥

拱桥的拱圈或拱肋在自重及使用荷载等作用下主要产生较大的轴向压力和较小的弯矩、剪力。因此，拱圈或拱肋是承受压力为主兼有弯矩和剪力的受压构件。

对于空腹式拱桥的拱上立柱，在自重及使用荷载等作用下主要产生较大的轴向压力和较小的弯矩，因此拱上立柱是受压构件。对于空腹式拱桥的腹孔，根据其采用的结构形式分析其受力构件类型。常见的系杆拱桥，其拱肋受力基本同常规拱桥拱圈或拱肋，是承受压力为主兼有弯矩和剪力的受压构件。系杆拱桥吊杆（竖杆）在自重及使用荷载等作用下主要产生较大的轴向拉力，因此其为受拉为主的受拉构件。系杆有柔性系杆与刚性系杆，柔性系杆主要平衡拱肋产生的水平推力，因此其为受拉为主的受拉构件；刚性系杆不但要平衡拱肋产生的水平推力，还承担桥面自重及使用荷载等作用产生的弯矩，因此其为拉弯组合构件。

3. 悬索桥

悬索桥的主缆在自重及使用荷载等作用下主要产生较大拉力，因此其为受拉构件。吊索是连接主缆与加劲梁的传力构件，其为典型的受拉构件。塔柱的主要作用是支承结构自重及使用荷载等，其主要承担的是轴向压力和一定的弯矩，因此其为受压为主兼有弯矩和剪力的受压构件。加劲梁在自重及使用荷载等作用下产生一定的弯矩和剪力等，从结构角度分析其为受弯为主兼有剪力等内力的受弯构件。

4. 斜拉桥

斜拉桥的斜拉索在自重及使用荷载作用下主要产生较大拉力，因此其为受拉构件。斜拉桥的塔柱主要作用是支承结构自重及使用荷载等，其主要承担的是轴向压力和一定的弯矩，因此其为受压为主兼有弯矩和剪力的受压构件。加劲梁在自重和使用荷载等作用下将产生一定的弯矩、轴向力和剪力等，从结构角度分析其为受弯为主兼有轴力和剪力等内力的受弯构件。

5. 桁架结构

在梁式桥上部结构、拱式桥主拱圈或拱肋、悬索桥和斜拉桥的加劲梁中，也常采用桁架结构，作为整体具有梁式结构、拱式结构的受力特征，但因其桁架均由钢杆件通过节点铆接、焊接或栓接而成，桁架结构中的各杆件主要承受拉力或压力，因此其杆件可简化为受拉构件或受压构件。



6. 其他结构

在桥梁建造过程中还要用到很多临时结构,如栈桥、临时墩、导梁、支架等,组成这些结构的构件可根据其受力特点对构件进行分类。在其他建筑当中,同样根据受力特征可将构件分为受弯构件、受压构件、受拉构件、受扭构件等,其基本设计原理与桥梁构件设计原理类似。临时结构物的选择还要考虑将高度、宽度、跨度、坡度、曲线半径、斜交角度、基础埋入深度等,进行相关数据对比,寻找尺寸关联规律,寻找结构尺寸模数,例如墩高、梁高、墙高、柱高、墩身宽度、盖梁宽度等相关联数据等差值。



知识拓展

认识我国大跨度桥梁

改革开放以来,我国的桥梁建设取得了举世瞩目的成就。改革开放之初大跨径桥梁几乎是空白,目前,我国保持三大类型桥梁跨径的世界纪录,桥梁建设工地遍布祖国大江南北,江河湖海,桥梁结构形式也百花齐放,不少桥梁建筑都成为城市交通地标性建筑物。

1. 大跨度公路桥梁

(1) 斜拉桥。

苏通长江大桥(图 1-7)位于江苏省东南部长江口南通河段,连接苏州、南通两市,于 2003 年 6 月 27 日开工,2008 年建成通车。苏通长江大桥是主跨 1 088 m 的双塔双索面斜拉桥,主要结构为:扁平流线型钢箱梁,全宽 41.0 m,平行钢丝斜拉索,全桥 272 根,最长者 577 m;倒 Y 型索塔,总高 300.40 m,索塔锚固采用钢锚箱;31 根钻孔灌注桩,最大桩长 117 m。苏通长江大桥全桥科研工作主要包含有:主桥结构体系研究,纵向体系——液压缓冲限位约束、阻尼限位约束、黏弹性约束和弹性约束,横向体系——过渡墩和辅助墩与主梁之间无约束、阻尼约束、锁定约束。索塔锚固区构造研究;抗风性能研究;主梁架设方案研究;防撞方案研究;超大超深群桩基础研究。



图 1-7 苏通长江大桥



图 1-8 鄂东长江大桥

鄂东长江大桥(图 1-8)位于长江中游黄石市与鄂州市交界区,于 2006 年 10 月开工建设,

2010年10月建成通车。鄂东长江大桥的结构形式为双塔双索面混合梁斜拉桥,中跨为钢箱梁,边跨为PC箱梁,桥宽38m;主跨为926m,居世界上同类桥梁中跨度第二。钢箱梁与PC箱梁的结合段,采用带PBL键(开孔板连接件)和焊钉连接件的钢格室与混凝土横梁浇筑为一体的连接形式,钢格室通过钢箱梁过渡段与钢箱梁连接。

上海长江大桥(图1-9)作为万里长江第一门户桥,是世界上最大的公轨合建斜拉桥。大桥全长16.5km,包括约10km的跨江桥梁和6.5km的接线道路,高速公路双向六车道,并在同一结构层面上预留轨道交通空间,时速为100km/h。主桥为双塔双索面分离钢箱梁斜拉桥,主塔采用形如“人”字的无横梁弧形塔柱结构,主通航孔跨径达730m。主桥索塔基础钻孔桩深度达108m,最大直径3m,比东海大桥、杭州湾跨海大桥的桩径都要大,为满足通航要求,在深水区设置了一座主跨730m的全漂浮体系的斜拉桥,深水区其他地方则为主跨105m钢-混凝土组合结构连续梁和主跨70m混凝土连续梁,整孔制造安装。

荆岳长江大桥(图1-10)位于湖北、湖南交界处的长江城螺河段上,是湖北省“六纵五横一环”骨架公路网中随州至岳阳高速公路跨越长江的特大型桥梁工程,跨南汉深泓主桥为主跨816m混合梁斜拉桥,跨度布置为(100+298+816+80+2×75)m,桥塔为H形,南塔高224.5m,北塔高267m。北汉滩桥为(100+5×154+100)m七孔PC连续梁桥。设计中采用钢-混凝土混合主梁及其结合段,超宽度分离式边箱混凝土主梁,最大索力8900kN、最大长度443m的斜拉索。

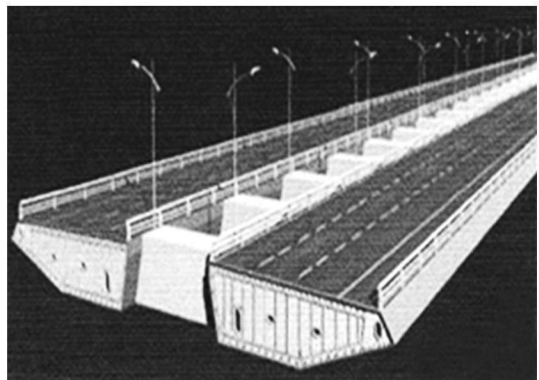


图 1-9 上海长江大桥

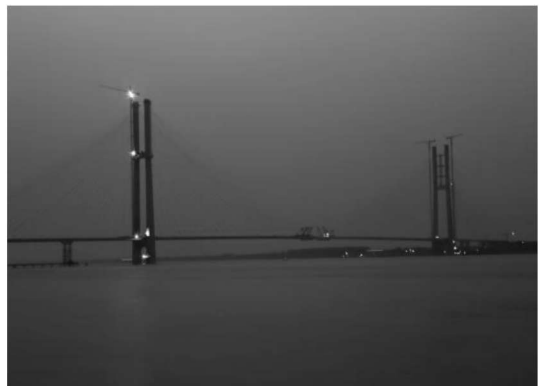


图 1-10 荆岳长江大桥

表 1-1 所示为国内大跨度斜拉桥一览表。

表 1-1 国内大跨度斜拉桥一览表

序号	桥名	主梁形式	主跨/m	建设时间
1	苏通长江大桥	钢箱梁	1 088	2003.6~2008.10
2	昂船洲大桥	混合梁	1 018	2003.1~2009.12.20
3	鄂东长江大桥	混合梁	926	2006.8~2010.10
4	九江长江公路大桥	混合梁	818	2009.9~2013
5	荆岳长江大桥	混合梁	816	2006~2010.12
6	厦漳大桥	钢箱梁	780	2008.11~2013
7	上海长江大桥	钢箱梁	730	2004~2009.10
8	嘉悦嘉陵江大桥	矮塔	708	2006~2010
9	象山港大桥	钢箱梁	688	2008.12~2012.12
10	金塘大桥	钢箱梁	620	2006.4~2009.12
11	武汉二七长江大桥	叠合梁与混合梁	618	2009~2011.12

(2) 悬索桥。

西堠门大桥(图 1-11)为两跨连续钢箱梁悬索桥,连接册子岛和金塘岛,舟山大陆连岛工程中技术难度最大的特大跨海桥。大桥长 2.588 km,主跨 1 650 m,为世界上最大跨径的钢箱梁悬索桥,跨径在世界纪录上排名第二,由于对抗风稳定性要求很高,主梁断面采用了分离式钢箱梁。

泰州长江大桥(图 1-12)主桥位于江苏泰州与镇江、常州之间,东距江阴长江大桥 57 km,西距润扬长江大桥 66 km,于 2007 年 12 月 26 日开工,2012 年 10 月已建成通车。采用(2×1 080) m 的三塔双跨钢箱梁悬索桥,系世界首创,双向六车道高速公路标准,桥面宽 33 m。设计上在国内外达到了三“最”:世界上首座三塔双千米主跨连续悬索桥;国内最大的水中沉井基础,其平面尺寸为长 58 m×宽 44 m;首次采用“人”字形钢塔(中塔)。



图 1-11 西堠门大桥



图 1-12 泰州长江大桥

马鞍山长江大桥(图 1-13)全长 35.9 km,其中跨江工程 10.996 km。左汊为(2×1 080) m 三塔两跨悬索桥,右汊为(2×260) m 三塔半椭圆形的拱塔斜拉桥,设计新颖、桥塔造型独特、美观和谐、寓意深刻,展现了桥梁与周围环境、人文社会的关系,丰富了桥梁设计内涵。



图 1-13 马鞍山长江大桥

贵州坝陵河大桥（图 1-14）为贵州镇宁至胜境关高速公路跨越坝陵河大峡谷的一座特大桥。桥长 1 564 m，主跨 1 088 m，直到 2018 年都是“国内第一，世界第六”的大跨径钢桁加劲梁悬索桥。该桥创下了规模上的“四个第一”和建造技术上的“四个首次”。“四个第一”：在高山峡谷区修建如此大跨度桥梁，在世界建桥史上尚属首次；西岸隧道式锚碇长 74.34 m，为世界上第一大隧道锚；东岸重力式锚碇混凝土浇筑方量达 81 662 m³，位居全国第一；全长 2 257 m，为山岭重丘国内第一长桥。“四个首次”：世界上首次采用三节间架设桥梁；桥面吊机为国内首次采用；为提升桥梁颤振稳定性，其抗风措施系国内首次采用；机制砂 200 m 以上的高塔混凝土为国内首次。



图 1-14 贵州坝陵河大桥

表 1-2 所示为国内大跨度斜拉桥一览表。

表 1-2 国内大跨度斜拉桥一览表

序号	桥名	桥型或主梁形式	主跨/m	建设时间
1	舟山西堠门大桥	分离式钢箱梁	1 650	2005.5.20~2009.12
2	南京长江四桥	三跨、钢箱梁	1 418	2008~2012.12
3	武汉阳逻长江大桥	钢箱梁	1 280	2004~2008
4	湖南矮寨大桥	钢桁梁	1 176	2007.12~2011.12
5	广州珠江黄埔大桥（南汜）	钢箱梁	1 108	2004.12~2008.12
6	贵州坝陵河大桥	钢桁梁	1 088	2005.4~2009.12
7	泰州长江大桥	三塔两跨、钢箱梁	2×1 080	2007~2012.10
8	马鞍山长江大桥	三塔两跨、钢箱梁	2×1 080	2008.12~2013
9	湖北四渡河大桥	钢桁梁	900	2005~2009
10	武汉鹦鹉洲长江大桥	三塔两跨、钢箱梁	2×850	2010~2014

(3) 拱桥。

上海卢浦大桥(图 1-15)北起浦西鲁班路,穿越黄浦江,东至浦东济阳路,全长 8.7 km。大桥主桥为全钢结构,全长 3 900 m,其中主桥长 750 m,宽 28.75 m,采用一跨过江,主跨跨径达 550 m,曾被誉为“世界第一钢拱桥”,是世界上首座完全采用焊接工艺连接的大型拱桥,于 2000 年 10 月 25 日开工,2003 年 6 月 28 日建成通车。卢浦大桥像澳大利亚悉尼的海湾大桥一样具有旅游观光的功能。游客乘坐高速观光电梯直达 50 m 高的大桥桥面,沿大桥拱肋人行道拾级而上,在“巨弓”背上大约攀登 280 m,登上 100 m 高的拱肋顶端,站在篮球场大小的观光平台中眺望,浦江美景尽收眼底。作为世界上首座采用箱型拱结构的特大型拱桥,主拱截面高 9 m,宽 5 m,为世界最大。在拱桥建造过程中,单件构件吊装重量世界最大,达到 860 t,河中跨拱肋吊装最大总量为 480 t,主桥建造中融合了斜拉桥、拱桥、悬索桥三种不同类型桥梁施工工艺,是目前世界上在单座桥梁建造中采用施工工艺最多,也最复杂的。整座主桥结构用钢量达 3.5 万多吨,相当于建造 3 艘 7.4 万吨轮船的用钢量。

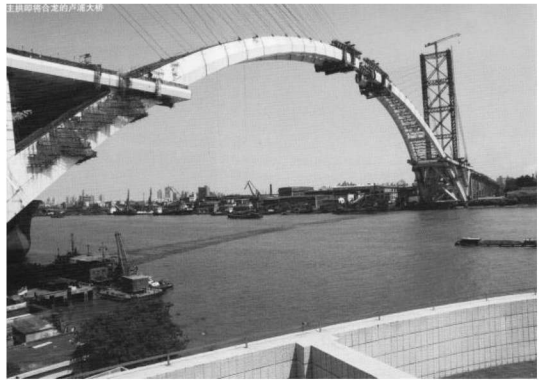
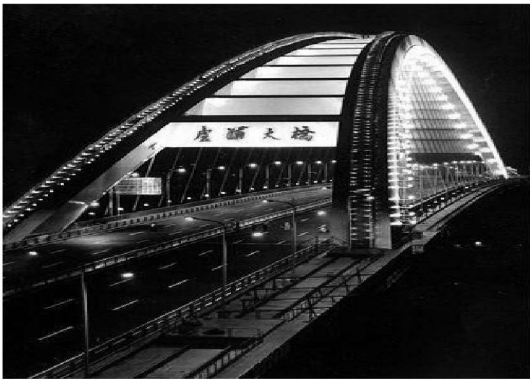


图 1-15 上海卢浦大桥

宁波明州大桥(图 1-16)是宁波市跨甬江的重要过江桥梁工程,是省重点工程“五路四桥”项目中的重要桥梁,位于北高教园区和宁波高新区之间,是一座中承式双肢钢箱拱桥。大桥桥梁总长 1 250 m,主桥桥面总宽 45.80 m,按双向八车道加非机动车道和人行道混行标准设计,设计车速 80 km/h。主桥分为三跨,两边跨约为 100 m,主跨径 450 m。采用的缆索吊,两座缆索塔均高 150 m。两座缆索塔的吊装吨级为 400 t。



图 1-16 宁波明州大桥

表 1-3 所示为国内大跨度拱桥一览表。

表 1-3 国内大跨度拱桥一览表

序号	桥名	桥型	主跨/m	建设时间
1	重庆朝天门长江大桥	三跨连续中承式钢桁系杆拱	552	2004.12~2009.4
2	上海卢浦大桥	钢箱拱	550	2000.10~2003.6
3	合江长江一桥	钢管混凝土拱	530	2008~2012
4	宁波五路四桥明州大桥	中承式双肢钢箱拱	450	2008~2010.8
5	支井河大桥	上承式钢管混凝土拱桥	430	2005~2009
6	重庆菜园坝长江大桥	预应力刚构与提篮式钢箱系杆拱	420	2003.12~2007.10
7	巫山大宁河大桥	上承式钢桁拱	400	2006.6~2009.11
8	广西南宁大桥	曲线梁非对称外倾拱桥	300	2006~2009.9

2. 大跨度铁路桥梁

南京大胜关长江大桥（图 1-17）位于南京长江大桥上游 20 km 处，是京沪高速铁路和沪汉蓉铁路的越江通道，同时搭载双线地铁，为六线铁路桥。2007 年 4 月 29 日开工，于 2011 年建成通车。大桥全长 14.789 km，跨水面正桥长 1 615 m，采用双孔通航的六跨连续钢桁拱桥，跨度分布（109+192+2×336+192+109）m，采用三桁承重结构。

安庆长江铁路大桥（图 1-18）是南京至安庆城际铁路和阜阳至景德镇铁路的重要组成部分，距已建成的安庆长江公路大桥 22 km，按四车道设计，设计行车时速为 200 km。2009 年 3 月开工，2013 年建成通车。大桥全长 2 996.8 m，主桥长 1363 m，主跨达 580 m 的连续钢桁箱梁斜拉桥，跨度分布为（101.5+188.5+580+217.5+159.5+116）m，具有大跨、高速、重载的特点。

蒙西华中铁路洞庭湖大桥（图 1-19）位于湖南省岳阳市，距上游洞庭湖公路桥约 4.2 km。大桥全长 10 444.66 m，主桥为（98+140+406+406+140+98）m 三塔双索面钢箱钢桁结合梁斜拉桥。首次在斜拉桥上采用钢箱钢桁叠合主梁形式，斜拉桥上采用先架设、合龙钢箱梁，后架设、合龙钢桁梁的架设方案，也是国内首次在铁路桥上采用中塔长加劲索。



图 1-17 南京大胜关长江大桥



图 1-18 安庆长江铁路大桥

黄冈长江公铁两用大桥（图 1-20）上游距阳逻长江大桥约 37 km，下游距鄂黄长江大桥约 17 km，是武汉至黄冈的城际铁路、武汉至鄂州的高速公路的重要纽带。主桥采用双塔钢桁梁

斜拉桥，主跨 567 m，主桥全长 1 296 m。公路为双向四车道，时速 100 km；铁路微双线铁路，时速 200 km 的动车组。



图 1-19 蒙西华中铁路洞庭湖大桥



图 1-20 黄冈长江公铁两用大桥

表 1-4 所示为国内大跨度铁路（公铁两用）桥一览表。

表 1-4 国内大跨度铁路（公铁两用）桥一览表

序号	桥名	桥式	跨度/m
1	沪通长江大桥	斜拉桥（公铁）	1 092
2	铜陵长江大桥	斜拉桥（公铁）	630
3	安庆长江大桥	斜拉桥（公铁）	580
4	黄冈长江大桥	斜拉桥（公铁）	567
5	荆岳铁路公安长江大桥	斜拉桥（公铁）	518
6	武汉天兴洲长江大桥	斜拉桥（公铁）	504
7	南广铁路西江大桥	钢箱拱	450
8	重庆新白沙沱长江大桥	斜拉桥（六线双层）	432
9	荆岳铁路洞庭湖大桥	斜拉桥	2×406
10	南京大胜关长江大桥	钢桁拱	2×336
11	石武客专郑黄大桥	斜拉桥	6×168



任务书

1. 描述梁桥、拱桥、斜拉桥和悬索桥的主要受力特点。
2. 观看下图，回答下列问题
 - (1) 图 1-21 和图 1-22 属于什么类型桥梁？
 - (2) 图 1-21 和图 1-22 桥梁结构体系各有什么特点？
 - (3) 从力学角度分析，图 1-21 采用变截面梁高设置有何好处？查阅资料，讨论线型如何