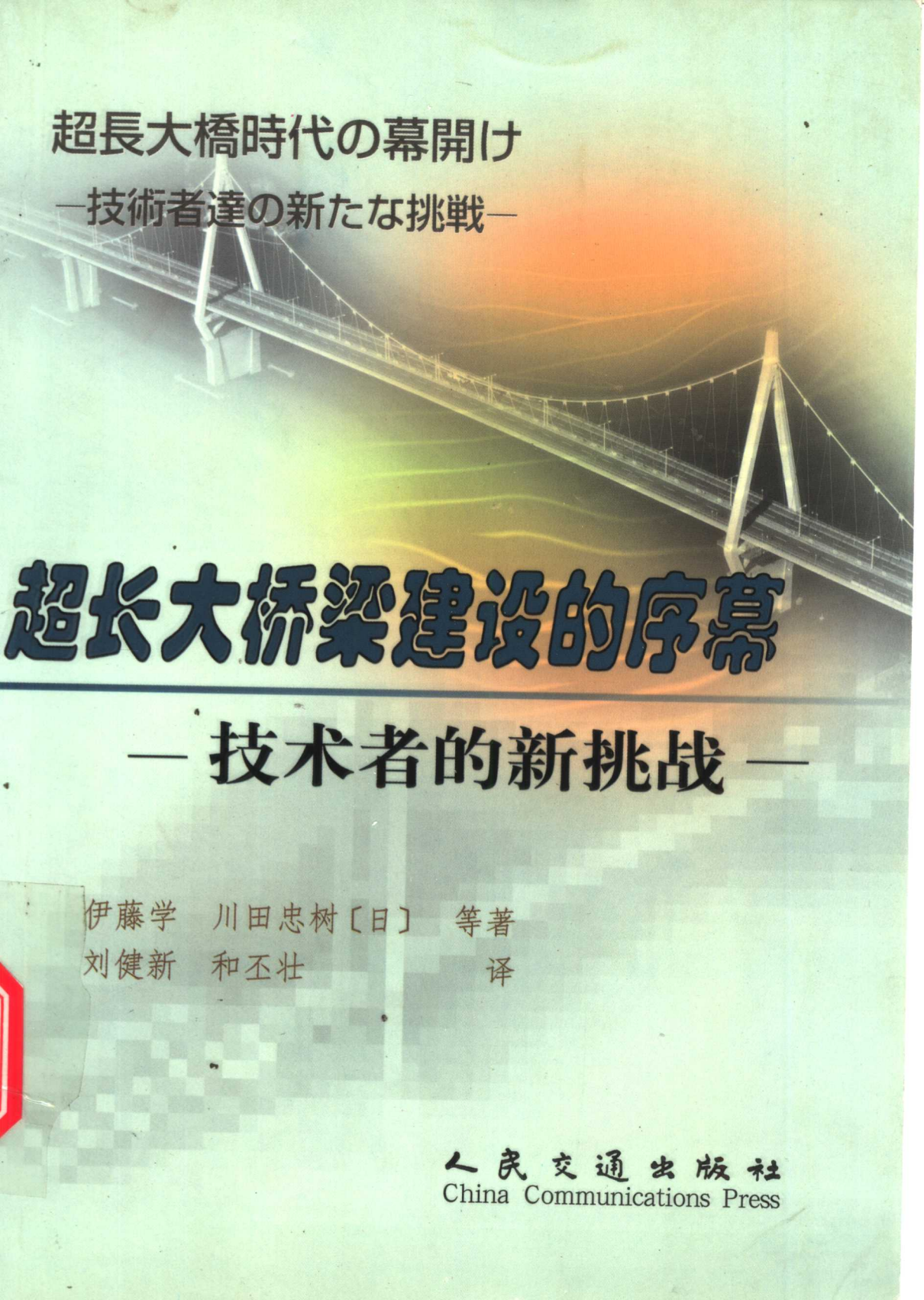




超長大橋時代の幕開け

—技術者達の新たな挑戦—

超长大桥梁建设的序幕

— 技术者的新挑战 —

伊藤学 川田忠树〔日〕 等著
刘健新 和丕壮 译

人民交通出版社
China Communications Press

超长大桥梁建设的序幕

—技术者的新挑战—

伊藤学 川田忠树[日] 等著
刘健新 和丕壮 译

人民交通出版社

内 容 提 要

本书内容主要包括:长大悬索桥发展的历史过程,现代建造技术的介绍和对悬索桥更加长大化的展望,详细介绍了悬索桥的设计理论和方法,施工技术和养护维修以及抗风和抗震的基本原理和对策;最后还介绍了世界各地的跨海大桥工程计划。

本书可供桥梁专业师生、技术人员、研究人员及对桥梁感兴趣的人士阅读参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

超长大桥梁建设的序幕:技术者的新挑战 / 伊藤学等著. —北京:人民交通出版社, 2002.2

ISBN 7-114-04196-9

I. 超... II. 伊... III. 悬索桥 IV. U448.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 010531 号

超長大橋時代の幕開け—技術者達の新たな挑戦—

©1999 建設図書

Chaochangda Qiaoliang Jianshe de Xumu

—Jishuzhe de Xin Tiaozhan—

超长大桥梁建设的序幕

—技术者的新挑战—

伊藤学 川田忠树[日] 等著

刘健新 和不壮 译

正文设计:彭小秋 责任校对:张莹 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×980 1/16 印张:15.75 字数:486千

2002年9月 第1版

2002年9月 第1版 第1次印刷

印数:0001—2000册 定价:35.00元

ISBN 7-114-04196-9

U·03072

序

日本东京大学名誉教授伊藤学先生的新著《超长大桥梁建设的序幕——技术者的新挑战》一书全面回顾了自19世纪第一座现代悬索桥——美国纽约布鲁克林桥建成一百多年以来,世界大跨度桥梁发展的各个阶段中所取得的重大成就,其中包括具有里程碑意义的首次突破千米跨度的乔治·华盛顿桥、旧金山金门大桥、因风毁事故而震惊世界桥梁界的塔科玛桥,以及代表20世纪最高成就的丹麦大带东桥和日本明石海峡大桥等。

伊藤学先生和他的合作者在书中详细介绍了悬索桥的设计理论和方法、施工技术和养护维修以及抗风和抗震的基本原理和对策,其中包括结构体系上的各种抗风措施以及桥梁深水基础技术的发展。这些成功经验的总结对于正在设计大跨度悬索桥的中国工程师是十分重要的借鉴和参考。

本书的最后一章还着重介绍了世界各地的跨海大桥工程计划,如意大利墨西拿海峡大桥、直布罗陀海峡欧非大桥、地中海沿岸各国的跨海和联岛工程以及未来中国和日本的跨海大桥工程计划。可以说,这是伊藤学教授作为国际桥梁与结构工程协会新任主席对21世纪的世界大桥工程的一次高瞻远瞩的展望。这对于同样步入跨海工程建设时期的中国桥梁工程师必将产生重要的启迪作用。

伊藤学先生是我的老朋友,在进入新世纪的时刻,我作为新任副主席将和他在国际桥梁与结构工程协会中为世界桥梁事业的不断进步合作共事。日本在超大跨度桥梁建设方面处于世界领先地位,有许多地方值得我们学习。长安大学的刘健新与和丕壮两位教授将此书翻译成中文出版,为中国年轻一代的桥梁工程

师提供了一本重要的参考书。

正如本书的书名所表示的,世界长大桥梁建设刚刚拉开序幕,我们将迎来许多技术上的挑战。可以预期,21世纪的大桥建设将会取得比20世纪更加辉煌的成就。努力吧!21世纪的中国桥梁工程师们。

同济大学 项海帆

2001年10月

译者的话

国际桥梁与结构工程协会(IABSE)主席、日本东京大学名誉教授伊藤学先生和日本桥梁技术人员新著的《超长大桥梁建设的序幕——技术者的新挑战》一书,以过去—现在—未来的观点,回顾了作为长大桥梁最主要桥型的是索桥 100 多年的发展历史,介绍了现代大跨度是索桥的建造技术,展望了今后超长大跨度是索桥的建设前景和应予解决的重大技术课题。

伊藤先生以其渊博的知识和丰富的经验,不仅一直致力于日本国内长大桥梁的建设,担任着许许多多著名的桥梁如多多罗大桥、鹤见桥、横浜港桥、名古屋港西大桥、名古屋港中央大桥、名古屋港东大桥、白鸟大桥、东京湾彩虹桥、本州四国连络桥等等桥梁建设技术委员会的委员长或委员,而且积极关注和参与着世界其他国家的长大桥建设。自 1976 年以来,先生曾十几次访问我国,对我国近年来桥梁建设取得的成就给予了高度评价,并对我国长大桥的建设提出了许多宝贵的建议和意见。在本书的中文版序中,先生又纵观世界桥梁建设的形势,指出了 21 世纪的中国将可能是惟一实际大量建设长大桥梁的国家,对我国的长大桥建设寄予了热切的期望。

国际桥梁与结构工程协会副主席、尊敬的项海帆院士不仅为本书的中文版写了序,而且还校正了书中的地名、桥名和人名,并对今后新形式的超长大跨度是索桥给出了准确的命名。根据我国桥梁建设情况的变化,本书中关于中国长大桥建设规划的有关内容,也由同济大学陈艾荣教授作了补充修改,译者表示深深的谢意。

继伊藤先生的《桥梁造型》一书中文版出版之后,本书是译者

翻译先生的第二本著作。翻译过程也是译者深入学习的过程,将先生的著作翻译出版介绍给我国读者是译者多年的心愿,本书的翻译出版又在译者还愿的路途上前进了一步,甚感欣慰。

本书出版面世之时,译者也深深感到由于自身学识水平和日语水平尚欠,惟恐译作不能准确表达原书的意图。书中难免的错误之处,敬请读者不吝指教。

本书的翻译出版,得到了四川公路桥梁建设集团有限公司总裁孙云先生、总工程师李文琪先生的大力支持,在此亦深表谢意。

在日本川田工业株式会社诸位朋友的大力协助和人民交通出版社韩敏先生的努力策划下,使本书得以迅速出版问世,也一并表示感谢。

刘健新 和圣壮

2001.12.15

于长安大学

中译本序

担任过日本很多长大桥设计和施工的川田工业株式会社的技术人员和我共著的1999年出版的本书,在刘健新教授夫妇的努力下翻译成中文出版了,众多的中国读者可以读到这本书,使本书编著者感到非常高兴。阅读本书的对象不仅是桥梁专家,而且还包括土木、建筑领域中的技术人员和对桥梁感兴趣的人。刘健新先生和我有着长年的友好交往,是长大桥技术方面的专家,特别是他熟悉日本的情况,是本书最恰当的翻译人选。

一个多世纪以来,桥梁跨度的长大化令人注目,特别是悬索桥建造技术的进步非常迅速。本书是以悬索桥为焦点撰写的,主要内容由长大悬索桥发展的历史过程、现代技术的介绍和对悬索桥更加长大化的展望三个部分组成的。可以说悬索桥的长大化还在发展之中,因此,本书的书名也包含了面向将来的超长大桥的含义。

虽然日本和欧洲还有一些计划中的长大桥项目,但进入21世纪的今天,可以说实际上大量进行长大桥建设的国家只有中国了,从这个意义上讲,能使中国的读者看到本书更具有深远和重大的意义。

伊藤学

2001年10月

于东京

前 言

桥梁建造技术的难度随着桥梁跨度变长而加大,更随着基础位置处的水深变深而更加增大。不管桥梁多么长,只要跨度不大,即使架设许多跨也没有多大的困难。因此,本书所说的长大桥是指大跨度的桥梁。当然,桥梁的跨度并不是衡量桥梁技术难度的第一指标,但长大桥的建设,却常常是桥梁技术人员值得挑战的目标。

桥梁的建设费用是由上部结构和下部结构的费用构成的。通常,跨度大小和桥墩位置水深的合理配合是令设计人员反复考虑的问题。不少的长大桥的基础建在水深很深的地方,因此本书的第5章专门介绍以深水基础为主体的下部结构。

正如本书第1章所述,桥梁的上部结构有各种各样的形式,架桥时主要是根据因地制宜的原则从经济的观点加以选择。不同桥型的适用跨度伴随着技术的进步在不断扩大,以前因技术的困难不能架桥的地点也有架桥的可能了。图0-1为20世纪各种桥型最大跨度纪录的变迁情况,1931年美国乔治·华盛顿大桥建成之后,悬索桥远远超过其他桥型占领了桥梁最大跨度的领先地位。第二次世界大战后的20世纪后半期,斜拉桥取得了飞跃的发展,其他形式的桥梁虽也有相应的技术的进步,但已看出了适用最大跨度已达到顶点的倾向,这是由于在长大跨度桥梁中,桁架、拱等结构已被斜拉桥所取代,以受拉的缆索为主要构件的悬吊形式的桥梁,在尚未涉足的超长跨度领域表现了独占鳌头的优势。

如图0-1所示,悬索桥、斜拉桥等悬吊形式的桥梁还在发展之中。第1章中的表1-4是现在不同桥型按跨度顺序的排名表。至20世纪60年代,美国是长大悬索桥的黄金时代,1940年旧塔科玛桥(Tacoma Narrows Br.)的垮塌也未使美国人灰心丧气。20世纪50年代,世界长大悬索桥的前十几名全都是美国的。60年代后半期,长大悬索桥的建设高潮开始转向西欧,特别是英国塞文桥(Severn Br.)崭新的设计引起了世界桥梁技术人员极大地关注。20世纪最后的25年,日本、北欧及中国悬索桥的建设令世人瞩目,

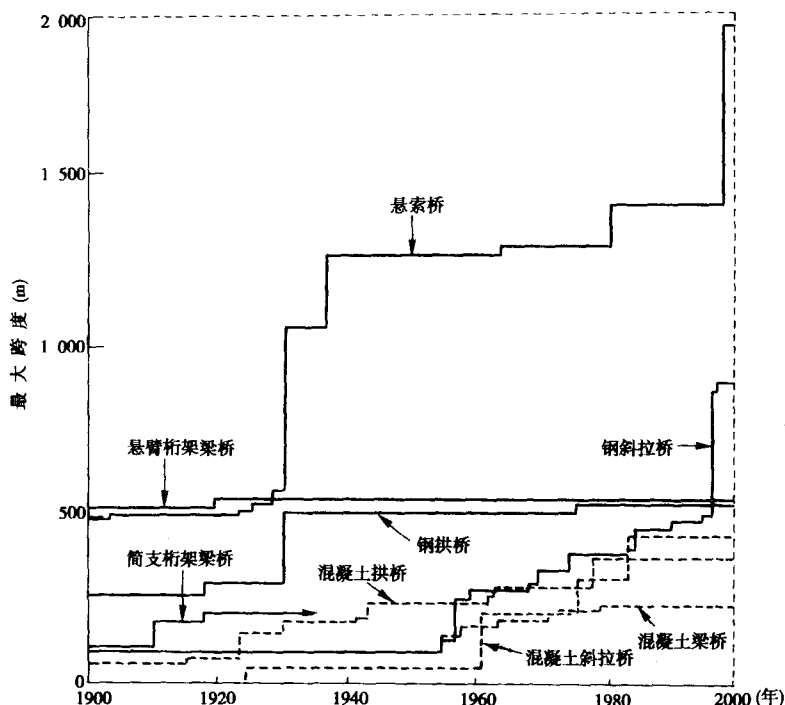


图 0-1 20 世纪各种桥型最大跨度的变迁

从表 1-4e 即可了解这一点。本书的第 2 章介绍了 19 世纪末以来的一些具有划时代意义的悬索桥,第 3 章介绍了最近的长大悬索桥的技术问题。

第 1 章表 1-4d 所列的长大斜拉桥都是 20 世纪 80 年代后半期之后建造的,特别令人感叹和佩服的是日本和中国的建设业绩。虽然跨度超过 1 000m 的斜拉桥的建造技术问题已正在研究,但由于篇幅限制,本书以悬索桥为对象,主要内容是悬索桥建设至今为止的成果和对跨度超过 2 000m 的超长大悬索桥的建设展望。

21 世纪长大桥建设的规划是怎样的呢?在丹麦的大带东桥(Great Belt East Br.)完工后的欧洲,第 6 章所介绍的经反复讨论确定跨度为 3 300m 的墨西哥海峡横断桥还未能开工,直布罗陀海峡横断规划方案也逐渐倾向于采用隧道,且离实现甚为遥远。也未听说美国有什么新的长大跨度桥梁的架桥计划。而在建桥活跃的亚洲地区,西端土耳其伊茨米特(Izmit)桥梁建设正在实施,中国则如本书 6.2.4 中国长大桥建设的规划介绍的那样,长大

桥的建设一个接一个地正在进行。

日本本州四国连络桥完成之后,虽然长大桥的建设可认为是暂告一个段落,但如本书 6.3 节所述的那样,包括超过明石海峡大桥的若干超长大跨度桥梁的海峡横断规划正在研究,从当前的社会经济形势来看,其具体实施并非易事,但现时解决与此相关的技术课题却极具意义。

本书是以超长大悬索桥为中心,由诸位专家分别执笔撰写各种各样的技术问题,因此,由于不同问题的特殊性和执笔人员的不同,使各章内容的难易程度会有若干差异。本书的主要内容虽然是对悬索桥技术的展望和提示向超长大跨度桥梁建设挑战的种种课题,但跳过难懂部分的阅读并不妨碍包括专家以外的众多读者对本书的理解。

伊藤学

1998 年 12 月

目 录

前 言

第 1 章 更长、更远

1.1 桥梁拓展了人类的生活空间	3
1.2 桥梁的强度	4
1.2.1 桥梁会垮塌吗?	4
1.2.2 材料、强度和结构	6
1.3 桥梁形式及其力学原理	7
1.3.1 弯曲受力	8
1.3.2 轴向受力	8
1.3.3 其他形式	9
1.4 不同桥型的适用跨度及代表的长大桥	10
1.5 桥梁跨度可能延伸到多大?	14
参考文献	15

第 2 章 长大悬索桥的变迁

2.1 “助跑期”的 19 世纪 —布鲁克林桥和福斯铁路桥—	19
2.2 从悬臂桁架梁桥到悬索桥 —魁北克桥和曼哈顿桥—	24
2.3 跨度超过 1 000m —乔治·华盛顿桥—	29
2.4 架设于旧金山海湾的桥 —金门桥和奥克兰海湾桥—	33
2.5 风的动力作用带来的悲剧 —塔科玛桥—	39
2.6 塔科玛桥垮塌后的美国 —麦金奈克海峡桥和维拉扎诺桥—	47
2.7 从北美走向欧洲的革新前兆 —福斯公路桥和塔古斯桥—	54
2.8 翼形断面革命 —塞文桥和恒伯尔桥—	60
2.9 20 世纪最大的悬索桥工程 —大带东桥和明石海峡大桥—	68

2.10 通向 21 世纪的桥梁工程	79
参考文献	82

第 3 章 挑战超长大悬索桥

3.1 设计	89
3.1.1 悬索桥解析方法的研究历史	89
(1) 悬索桥的构造	89
(2) 从弹性理论到挠度理论	92
(3) 扭转分析及动态抗风工程学的开始	95
(4) 有限变位理论的开发	96
(5) 超长大悬索桥时代的解析理论	99
3.1.2 设计方法	99
3.1.3 电子计算机的设计应用	100
(1) 电子计算机的应用	100
(2) CAD 的应用	101
3.2 制作	103
3.2.1 材料	103
3.2.2 主塔、加劲梁的制作	105
(1) 主塔的制作	105
(2) 加劲梁的制作	105
3.2.3 缆索的制作	108
3.3 架设	109
3.3.1 主塔的架设	110
(1) 节段组装	110
(2) 主塔独立时的制振	110
3.3.2 主缆的架设	111
(1) 先导索的架设	111
(2) 空中作业场——猫道	112
(3) 平行钢丝束的架设	114
3.3.3 加劲梁的架设	114
(1) 不使用海面的架设方法	114
(2) 使用海面的架设方法	115
(3) 架设施工控制	118

3.4 养护维修	119
3.4.1 检修设备	120
3.4.2 防腐技术	120
(1) 可以不要涂装吗?	122
(2) 减少涂装的研究	122
a. 构造措施	122
b. 梁内换气	122
c. 主缆内换气	124
参考文献	126

第 4 章 抗风与抗震

4.1 悬索桥的抗风能力弱吗? —抗风速度能否超过 80m/s? —	132
4.1.1 由风产生的振动	133
(1) 涡激振	133
(2) 驰振	134
(3) 扭转颤振	135
(4) 弯曲扭转颤振	135
(5) 阵风响应(不规则强制振动)	136
(6) 风洞试验	136
4.1.2 颤振理论	136
(1) 自激空气力和自激振动	136
(2) 颤振理论基础	138
(3) 作用于加劲梁的空气力	141
(4) 作用于主缆的空气力	142
(5) 颤振解析示例	142
4.2 采用拉索系统的新桥型	144
(1) 竖断面交叉索方式	144
(2) 斜断面交叉索方式	145
(3) 主缆上交叉索方式	146
(4) 单缆方式	147
(5) 双缆单鞍座方式	147
(6) 悬索—斜拉协作方式(迪辛格 Dischinger 方式)	148
(7) 三缆方式	148

(8) 其他的拉索体系	149
4.3 其他的新型桥梁	150
(1) 成对悬索桥	150
(2) 暴风时附加质量方式	150
(3) 重力刚梁方式	152
(4) 中央部开口的双箱梁方式	152
(5) 墨西拿海峡桥方式	153
(6) 主动控制	153
4.4 悬索桥的抗震能力强吗? —能否承受巨大的地震? —	154
4.4.1 兵库县南部地震和明石海峡大桥	157
(1) 兵库县南部地震的特征	157
(2) 地震对明石海峡大桥的影响	158
4.4.2 面向 21 世纪超长大桥的抗震设计	161
参考文献	162

第 5 章 下部结构的研究

5.1 水下基础技术的发展	167
5.2 巨大的结构物 —世界最大的近海平台—	169
(1) 混凝土平台的建造	170
(2) 加尔法斯克 C 油田的平台构造	171
(3) 实现建造的技术	173
5.3 全预制构件的桥梁 —加拿大诺森伯兰海峡大桥—	175
(1) 基础构造	176
(2) 现场施工	177
5.4 混凝土平台用做超长大悬索桥的桥墩基础	179
参考文献	180

第 6 章 超长大桥的构想与计划

6.1 架桥计划和通车后的状况	185
6.1.1 架桥计划	185
(1) 架桥计划流程	185
(2) 明石海峡大桥的架桥计划	186
(3) 线路选定和桥梁配置	187

6.1.2	桥梁设计的相关问题	191
(1)	主塔	191
(2)	主缆	191
(3)	加劲梁	192
6.1.3	通车后的状况	193
(1)	塔古斯桥	193
(2)	福斯公路桥	193
(3)	塞文桥	194
(4)	坦卡维尔桥和诺曼底桥	194
(5)	本州四国连络线	195
6.1.4	小结	195
6.2	世界其他国家的长大桥建设项目规划	196
6.2.1	跨越墨西拿海峡——从空想到现实——	196
(1)	规划过程	196
(2)	线路概况	197
(3)	规划方案	197
a.	斯坦因曼的方案	197
b.	1969 年构想方案征集集中的优选方案	198
c.	墨西拿桥梁小组(GPM)的方案	201
d.	赫尔佐哥(M. Herzog)的方案	202
e.	墨西拿海峡公团(SM: Stretto di Messina S. P. A)的方案	203
6.2.2	跨越直布罗陀海峡	206
(1)	规划过程	206
(2)	线路概况	207
(3)	规划方案	207
a.	大陆架线路	207
b.	海峡线路	210
(4)	今后的预想	213
6.2.3	地中海沿岸的其他规划	213
(1)	希腊的里昂·安蒂里昂(Rion-Antirion)海峡规划	213
(2)	伊茨米特(Izumit)湾的架桥规划	215
6.2.4	中国长大桥建设的规划	216
(1)	中国桥梁技术的发展	216

(2) 今后的长大桥建设规划	217
a. 长江上的桥	217
b. 珠江口及香港周边的桥	219
c. 跨越琼州海峡的规划	220
d. 杭州湾口的架桥规划	220
6.3 日本的海峡跨越规划	223
6.3.1 规划的动向	223
6.3.2 跨越东京湾口	224
6.3.3 跨越伊势湾口	224
6.3.4 跨越纪淡海峡	225
6.3.5 跨越丰予海峡	226
6.3.6 跨越津轻海峡	227
6.3.7 有关悬索桥上部结构的研究	228
(1) 抗风设计	228
(2) 四跨悬索桥	228
(3) 活荷载的加载方法	229
6.3.8 对实现超长大桥梁建设的展望	229
参考文献	231

结 束 语