

探索科学丛书

# 长大桥梁科学

解密桥梁建造技术，  
追溯由梦想到现实的历史进程

[日] 盐井幸武 著  
杜玲莉 译



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

探索科学丛书

# 长大桥梁科学

解密桥梁建造技术，追溯由梦想到现实的历史进程



[日] 盐井幸武 著

杜玲莉 译

电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
北京·BEIJING

探索科学丛书

## 内 容 简 介

本书主要介绍了世界桥梁的发展过程以及各种桥梁的结构,从技术层面对人类历史中桥梁的发展进行了最全面的归纳。本书配有大量彩图,内容浅显易懂,趣味性强。在书里您能学到有关桥梁的专业知识,还能了解到许多跟桥梁相关的趣闻轶事和历史故事。

本书作者既是有实战经验的桥梁专家,也是桥梁的忠实爱好者。相信阅读了本书,您一定会带上更专业、更有兴趣的眼光来欣赏我们身边随处可见的桥梁。在岛国日本,大大小小的桥梁数不胜数,日本的桥梁技术在世界上也位居前茅,因此通过阅读本书,您一定能学到更专业的桥梁知识和技术。

CHOTAIKYO NO KAGAKU

Copyright © 2014 YUKITAKE SHIOI

Originally published in Japan by SB Creative Corp.

Chinese (in simplified character only) translation rights arranged with

SB Creative Corp., Japan through CREEK & RIVER Co., Ltd.

All rights reserved.

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

版权贸易合同登记号 图字:01-2016-1968

## 图书在版编目(CIP)数据

长大桥梁科学/(日)盐井幸武著;杜玲莉译. —北京:电子工业出版社,2016.10  
(探索科学丛书)

ISBN 978-7-121-30002-8

I. ①长… II. ①盐… ②杜… III. ①桥—普及读物 IV. ①U448-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第233620号

策划编辑:王敬栋

责任编辑:刘真平

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:北京天宇星印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

开 本:720×1000 1/16 印张:13.75 字数:198千字

版 次:2016年10月第1版

印 次:2016年10月第1次印刷

印 数:3000册 定价:49.80元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254451。

---

## 前 言

---

桥梁在我们的社会生活和经济活动中起着很重要的作用，但却因为它过于平凡，很多人对它都没有兴趣。笔者是长时间从事桥梁建设并叹服于桥梁传奇的人之一。虽然知道自己能力有限，但我还是想让更多的人感受到桥梁的魅力，因此决定写这本书。

动笔之后我发现，现在的桥梁技术大部分都是在欧洲产生的，只有日本的木桥和石拱桥技术是从中国传入的。

日本桥梁的历史始于《日本书纪》中记载的御木小桥（福冈县三池郡，2世纪）和猪甘津桥（大阪，326年），之后留学僧人道昭、行基、空海等修建的木桥在全国发展起来。石拱桥也是靠中国传来的技术，在冲绳的天女桥（1502年）和长崎的眼镜桥（1634年）建成之后，在西日本发展起来的。

明治时代，通过西方技术建成黑金桥（长崎，1868年）、吉田桥（横浜，1869年）之后，大量的钢结构桥梁技术被引入日本。钢筋混凝土桥梁首次修建是在1903年琵琶湖的疏水渠上，预应力混凝土桥梁于1951年在石川县七尾市首次修建，其后得到了极大发展。20世纪60年代开始，随着高速公路和新干线的发展，地方道路不断完善，建起了许多桥梁。

由此，桥梁技术在日本得到了极大的发展，受到了全世界好评。于是我决定对桥梁的结构和发展过程，包括日本和国外的技术关系在内，进行全面的归纳。

本书将对上部结构（我们所见到的桥梁部分）和下部结构（桥墩、桥台及其基础）一并介绍。上部结构在拱桥、梁桥、桁架桥、刚架桥、悬索桥、斜拉桥中分章进行介绍，下部结构将桥台、桥墩、直接基础、沉箱基础、桩基础全部归纳在最后一章中。

在日本，设计钢结构桥梁、混凝土桥梁和下部结构的工程师是分开的，施工公司也不同。在国外，钢结构桥梁、混凝土桥梁和下部结构都可以由一个工程师设计完成。虽然在日本上部结构和下部结构的整体设计也越来越多，但普通的桥梁工程师也希望能跨越各个壁垒，一个人设计出桥梁整体。

在西方，从罗马时代开始，桥梁的建设就很受社会尊重。中世纪以修道僧人为中心的“架桥兄弟团”修建了许多石拱桥，现在罗马教皇的正式名称也是意味着“桥梁建设集团最高指导者”的“Pontifex Maximus”。而与此相反，在日本，也许是因为桥梁被认为是普通的建设工程的缘故吧，即便在世界最长的明石海峡大桥（1998年）的竣工庆典上，贺词也没有对发展起来的技术进行称赞。在国外，贺词首先就要对工程相关人员及其技术进行赞扬。这也是我想让更多的人了解桥梁技术而撰写本书的动机之一。

桥梁为促进人们的交通便利，在建设过程中要克服各种各样的艰苦

条件，需要大量的工程费用、劳动力和漫长的工期。这样备受期待的桥梁，作为社会永久的必需品而受到重视。有些2000年前的石拱桥现在还在使用，而有些工业革命以后的钢筋混凝土桥梁只有200余年的历史。在日本要求桥梁具备150年的寿命，但有些桥梁50年左右就要重建，耐久性方面将引起充分关注。本州四国联络桥的目标寿命是200年。

本书并不能覆盖桥梁相关的所有知识，主要介绍世界桥梁的发展过程、日本桥梁的现状和一些与桥梁相关的专题。本书尽量做到浅显易懂、趣味性强。如果读者通过阅读本书开始亲近桥梁，我的努力也就算得到了回报。

最后，向为本书出版竭尽全力的中右文德先生和石井显一先生深表感谢。

盐井幸武

2014年6月

## CONTENTS

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| <b>第1章 桥的起源</b>                | 9  |
| 1 桥随着人类文明而“进化”                 | 10 |
| 2 桥的结构与特征                      | 14 |
| 3 桥应具有的功能                      | 16 |
| 4 桥的材料与结构形式                    | 18 |
| 5 桥的承载力和安全性                    | 20 |
| <b>专栏</b> 关于桥的故事               | 22 |
| <b>第2章 拱桥</b>                  | 23 |
| 1 拱桥的原理在于拱作用                   | 24 |
| 2 拱形由半圆形往各种弧形发展                | 26 |
| 3 支撑拱的基本结构的多样化                 | 28 |
| 4 石拱桥的诞生及其推广                   | 32 |
| 5 石拱桥向钢拱桥的发展                   | 36 |
| 6 取代石拱桥的钢筋混凝土拱桥的发展             | 40 |
| 7 日本的钢筋混凝土拱桥(20世纪40年代以前)       | 42 |
| 8 日本的钢筋混凝土拱桥(20世纪50年代以后)       | 44 |
| 9 拱桥的各种架设法                     | 46 |
| <b>信息盒</b> 欧洲石拱桥的历史            | 48 |
| <b>信息盒</b> 日本的石拱桥是用中国和西方的技术建造的 | 52 |
| <b>专栏</b> 拱桥与太鼓桥               | 56 |
| <b>第3章 梁桥</b>                  | 57 |
| 1 何谓梁桥(简支梁桥)?                  | 58 |
| 2 长梁桥技术                        | 62 |
| 3 连续梁桥与悬臂梁桥的结构                 | 66 |
| 4 东京湾AQUA-LINE的连续梁桥            | 70 |
| 5 矮塔斜拉桥                        | 74 |
| 6 梁桥的施工方法                      | 76 |
| 7 板桥                           | 80 |
| <b>信息盒</b> 支撑人们生活的美丽的人行天桥      | 82 |
| <b>信息盒</b> 海上道路                | 86 |
| <b>信息盒</b> 浮桥                  | 90 |
| <b>专栏</b> 吊桥                   | 94 |
| <b>第4章 桁架桥与刚架桥</b>             | 95 |
| 1 桁架的结构                        | 96 |



|            |                     |     |
|------------|---------------------|-----|
| <b>信息盒</b> | 被称为铁恐龙的桁架桥·····     | 98  |
| 2          | 桁架的种类·····          | 100 |
| 3          | 桁架桥的进化史·····        | 102 |
| 4          | 跨越更长跨度的桁架桥·····     | 104 |
| 5          | 桁架桥的施工方法·····       | 106 |
| 6          | 什么叫刚架桥?·····        | 110 |
| 7          | 各种各样的刚架桥·····       | 112 |
| 8          | 身边的钢筋混凝土结构的刚架桥····· | 116 |
| <b>信息盒</b> | 跨越河谷的桥梁·····        | 118 |
| <b>信息盒</b> | 隅田川上的桥梁·····        | 122 |
| <b>信息盒</b> | 大阪的八百零八桥·····       | 126 |
| <b>专栏</b>  | 日本最早的桁架桥·····       | 130 |

|            |                                            |     |
|------------|--------------------------------------------|-----|
| <b>第5章</b> | <b>悬索桥</b> ·····                           | 131 |
| 1          | 最长的桥梁悬索桥的特征·····                           | 132 |
| 2          | 悬索桥的发展·····                                | 134 |
| 3          | 美国长悬索桥的历史·····                             | 136 |
| 4          | 本州四国联络桥的技术开发①<br>从悬索桥的摇篮期到一条线路三座大桥的时代····· | 140 |
| 5          | 本州四国联络桥的技术开发②<br>岛波海道:尾道—今治线·····          | 142 |
| 6          | 本州四国联络桥的技术开发③<br>濑户大桥的悬索桥:儿岛—坂出线·····      | 144 |
| 7          | 本州四国联络桥的技术开发④<br>大鸣门桥和明石海峡大桥:明石—鸣门线·····   | 146 |
| 8          | 其他的日本悬索桥的技术发展趋势·····                       | 150 |
| 9          | 长悬索桥的技术开发①<br>欧洲篇·····                     | 154 |

# CONTENTS

|            |                  |     |
|------------|------------------|-----|
| 10         | 长悬索桥的技术开发②       |     |
|            | 中国、韩国篇           | 158 |
| 11         | 主塔的架设            | 160 |
| 12         | 缆索的架设            | 162 |
| <b>专栏</b>  | 主缆索的变迁           | 166 |
| <b>第6章</b> | <b>斜拉桥</b>       | 167 |
| 1          | 需要高超技术的斜拉桥       | 168 |
| 2          | 欧洲斜拉桥的历史         | 172 |
| 3          | 日本斜拉桥的历史         | 176 |
| 4          | 斜拉桥的普及           | 180 |
| 5          | 斜拉桥的施工法          | 182 |
| <b>专栏</b>  | 新型长桥梁结构形式复合斜拉悬索桥 | 184 |
| <b>第7章</b> | <b>下部结构</b>      | 185 |
| 1          | 桥是由下部结构支撑的基本结构   | 186 |
| 2          | 排除各种难题的桥梁设计      | 188 |
| 3          | 作用于下部结构上的各种各样的荷载 | 190 |
| 4          | 桥台和桥墩种类多样        | 192 |
| 5          | 坚硬地基上面使用“直接基础”   | 194 |
| 6          | 沉井(打井的方法)        |     |
|            | 沉箱基础①            | 197 |
| 7          | 气压沉箱             |     |
|            | 沉箱基础②            | 199 |
| 8          | 桩基础与木桩           |     |
|            | 桩基础①             | 201 |
| 9          | 混凝土桩             |     |
|            | 桩基础②             | 203 |
| 10         | 钢管桩、H形钢桩         | 205 |
|            | 桩基础③             | 205 |
| 11         | 现浇混凝土桩           | 207 |
| 12         | 新形式基础、特殊基础       | 210 |
| 13         | 防桥断裂技术           |     |
|            | 桥梁的地震对策          | 212 |
| <b>信息盒</b> | 打桩锤的发展           | 216 |

探索科学丛书

# 长大桥梁科学

解密桥梁建造技术，追溯由梦想到现实的历史进程

[日]盐井幸武 著

杜玲莉 译

电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
北京·BEIJING

探索科学丛书

## 内 容 简 介

本书主要介绍了世界桥梁的发展过程以及各种桥梁的结构,从技术层面对人类历史中桥梁的发展进行了最全面的归纳。本书配有大量彩图,内容浅显易懂,趣味性强。在书里您能学到有关桥梁的专业知识,还能了解到许多跟桥梁相关的趣闻轶事和历史故事。

本书作者既是有实战经验的桥梁专家,也是桥梁的忠实爱好者。相信阅读了本书,您一定会带上更专业、更有兴趣的眼光来欣赏我们身边随处可见的桥梁。在岛国日本,大大小小的桥梁数不胜数,日本的桥梁技术在上居前茅,因此通过阅读本书,您一定能学到更专业的桥梁知识和技术。

CHOTAIKYO NO KAGAKU

Copyright © 2014 YUKITAKE SHIOI

Originally published in Japan by SB Creative Corp.

Chinese (in simplified character only) translation rights arranged with

SB Creative Corp., Japan through CREEK & RIVER Co., Ltd.

All rights reserved.

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

版权贸易合同登记号 图字:01-2016-1968

## 图书在版编目(CIP)数据

长大桥梁科学/(日)盐井幸武著;杜玲莉译.—北京:电子工业出版社,2016.10  
(探索科学丛书)

ISBN 978-7-121-30002-8

I. ①长… II. ①盐… ②杜… III. ①桥—普及读物 IV. ①U448-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第233620号

策划编辑:王敬栋

责任编辑:刘真平

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:北京天宇星印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

开 本:720×1000 1/16 印张:13.75 字数:198千字

版 次:2016年10月第1版

印 次:2016年10月第1次印刷

印 数:3000册 定价:49.80元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254451。

---

## 前言

---

桥梁在我们的社会生活和经济活动中起着很重要的作用，但却因为它过于平凡，很多人对它都没有兴趣。笔者是长时间从事桥梁建设并叹服于桥梁传奇的人之一。虽然知道自己能力有限，但我还是想让更多的人感受到桥梁的魅力，因此决定写这本书。

动笔之后我发现，现在的桥梁技术大部分都是在欧洲产生的，只有日本的木桥和石拱桥技术是从中国传入的。

日本桥梁的历史始于《日本书纪》中记载的御木小桥（福冈县三池郡，2世纪）和猪甘津桥（大阪，326年），之后留学僧人道昭、行基、空海等修建的木桥在全国发展起来。石拱桥也是靠中国传来的技术，在冲绳的天女桥（1502年）和长崎的眼镜桥（1634年）建成之后，在西日本发展起来的。

明治时代，通过西方技术建成黑金桥（长崎，1868年）、吉田桥（横浜，1869年）之后，大量的钢结构桥梁技术被引入日本。钢筋混凝土桥梁首次修建是在1903年琵琶湖的疏水渠上，预应力混凝土桥梁于1951年在石川县七尾市首次修建，其后得到了极大发展。20世纪60年代开始，随着高速公路和新干线的发展，地方道路不断完善，建起了许多桥梁。

由此，桥梁技术在日本得到了极大的发展，受到了全世界好评。于是我决定对桥梁的结构和发展过程，包括日本和国外的技术关系在内，进行全面的归纳。

本书将对上部结构（我们所见到的桥梁部分）和下部结构（桥墩、桥台及其基础）一并介绍。上部结构在拱桥、梁桥、桁架桥、刚架桥、悬索桥、斜拉桥中分章进行介绍，下部结构将桥台、桥墩、直接基础、沉箱基础、桩基础全部归纳在最后一章中。

在日本，设计钢结构桥梁、混凝土桥梁和下部结构的工程师是分开的，施工公司也不同。在国外，钢结构桥梁、混凝土桥梁和下部结构都可以由一个工程师设计完成。虽然在日本上部结构和下部结构的整体设计也越来越多，但普通的桥梁工程师也希望能跨越各个壁垒，一个人设计出桥梁整体。

在西方，从罗马时代开始，桥梁的建设就很受社会尊重。中世纪以修道僧人为中心的“架桥兄弟团”修建了许多石拱桥，现在罗马教皇的正式名称也是意味着“桥梁建设集团最高指导者”的“Pontifex Maximus”。而与此相反，在日本，也许是因为桥梁被认为是普通的建设工程的缘故吧，即便在世界最长的明石海峡大桥（1998年）的竣工庆典上，贺词也没有对发展起来的技术进行称赞。在国外，贺词首先就要对工程相关人员及其技术进行赞扬。这也是我想让更多的人了解桥梁技术而撰写本书的动机之一。

桥梁为促进人们的交通便利，在建设过程中要克服各种各样的艰苦

条件，需要大量的工程费用、劳动力和漫长的工期。这样备受期待的桥梁，作为社会永久的必需品而受到重视。有些2000年前的石拱桥现在还在使用，而有些工业革命以后的钢筋混凝土桥梁只有200余年的历史。在日本要求桥梁具备150年的寿命，但有些桥梁50年左右就要重建，耐久性方面将引起充分关注。本州四国联络桥的目标寿命是200年。

本书并不能覆盖桥梁相关的所有知识，主要介绍世界桥梁的发展过程、日本桥梁的现状和一些与桥梁相关的专题。本书尽量做到浅显易懂、趣味性强。如果读者通过阅读本书开始亲近桥梁，我的努力也就算得到了回报。

最后，向为本书出版竭尽全力的中右文德先生和石井显一先生深表感谢。

盐井幸武

2014年6月

## CONTENTS

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| <b>第1章 桥的起源</b> .....                | 9  |
| 1 桥随着人类文明而“进化” .....                 | 10 |
| 2 桥的结构与特征 .....                      | 14 |
| 3 桥应具有的功能 .....                      | 16 |
| 4 桥的材料与结构形式 .....                    | 18 |
| 5 桥的承载力和安全性 .....                    | 20 |
| <b>专栏</b> 关于桥的故事 .....               | 22 |
| <b>第2章 拱桥</b> .....                  | 23 |
| 1 拱桥的原理在于拱作用 .....                   | 24 |
| 2 拱形由半圆形往各种弧形发展 .....                | 26 |
| 3 支撑拱的基本结构的多样化 .....                 | 28 |
| 4 石拱桥的诞生及其推广 .....                   | 32 |
| 5 石拱桥向钢拱桥的发展 .....                   | 36 |
| 6 取代石拱桥的钢筋混凝土拱桥的发展 .....             | 40 |
| 7 日本的钢筋混凝土拱桥(20世纪40年代以前) .....       | 42 |
| 8 日本的钢筋混凝土拱桥(20世纪50年代以后) .....       | 44 |
| 9 拱桥的各种架设施工法 .....                   | 46 |
| <b>信息盒</b> 欧洲石拱桥的历史 .....            | 48 |
| <b>信息盒</b> 日本的石拱桥是用中国和西方的技术建造的 ..... | 52 |
| <b>专栏</b> 拱桥与太鼓桥 .....               | 56 |
| <b>第3章 梁桥</b> .....                  | 57 |
| 1 何谓梁桥(简支梁桥)? .....                  | 58 |
| 2 长梁桥技术 .....                        | 62 |
| 3 连续梁桥与悬臂梁桥的结构 .....                 | 66 |
| 4 东京湾AQUA-LINE的连续梁桥 .....            | 70 |
| 5 矮塔斜拉桥 .....                        | 74 |
| 6 梁桥的施工方法 .....                      | 76 |
| 7 板桥 .....                           | 80 |
| <b>信息盒</b> 支撑人们生活的美丽的人行天桥 .....      | 82 |
| <b>信息盒</b> 海上道路 .....                | 86 |
| <b>信息盒</b> 浮桥 .....                  | 90 |
| <b>专栏</b> 吊桥 .....                   | 94 |
| <b>第4章 桁架桥与刚架桥</b> .....             | 95 |
| 1 桁架的结构 .....                        | 96 |



|            |                     |     |
|------------|---------------------|-----|
| <b>信息盒</b> | 被称为铁恐龙的桁架桥·····     | 98  |
| 2          | 桁架的种类·····          | 100 |
| 3          | 桁架桥的进化史·····        | 102 |
| 4          | 跨越更长跨度的桁架桥·····     | 104 |
| 5          | 桁架桥的施工方法·····       | 106 |
| 6          | 什么叫刚架桥?·····        | 110 |
| 7          | 各种各样的刚架桥·····       | 112 |
| 8          | 身边的钢筋混凝土结构的刚架桥····· | 116 |
| <b>信息盒</b> | 跨越河谷的桥梁·····        | 118 |
| <b>信息盒</b> | 隅田川上的桥梁·····        | 122 |
| <b>信息盒</b> | 大阪的八百零八桥·····       | 126 |
| <b>专栏</b>  | 日本最早的桁架桥·····       | 130 |

|            |                                            |     |
|------------|--------------------------------------------|-----|
| <b>第5章</b> | <b>悬索桥</b> ·····                           | 131 |
| 1          | 最长的桥梁悬索桥的特征·····                           | 132 |
| 2          | 悬索桥的发展·····                                | 134 |
| 3          | 美国长悬索桥的历史·····                             | 136 |
| 4          | 本州四国联络桥的技术开发①<br>从悬索桥的摇篮期到一条线路三座大桥的时代····· | 140 |
| 5          | 本州四国联络桥的技术开发②<br>岛波海道:尾道—今治线·····          | 142 |
| 6          | 本州四国联络桥的技术开发③<br>濑户大桥的悬索桥:儿岛—坂出线·····      | 144 |
| 7          | 本州四国联络桥的技术开发④<br>大鸣门桥和明石海峡大桥:明石—鸣门线·····   | 146 |
| 8          | 其他的日本悬索桥的技术发展趋势·····                       | 150 |
| 9          | 长悬索桥的技术开发①<br>欧洲篇·····                     | 154 |

# CONTENTS

|            |                  |     |
|------------|------------------|-----|
| 10         | 长悬索桥的技术开发②       |     |
|            | 中国、韩国篇           | 158 |
| 11         | 主塔的架设            | 160 |
| 12         | 缆索的架设            | 162 |
| <b>专栏</b>  | 主缆索的变迁           | 166 |
| <b>第6章</b> | <b>斜拉桥</b>       | 167 |
| 1          | 需要高超技术的斜拉桥       | 168 |
| 2          | 欧洲斜拉桥的历史         | 172 |
| 3          | 日本斜拉桥的历史         | 176 |
| 4          | 斜拉桥的普及           | 180 |
| 5          | 斜拉桥的施工法          | 182 |
| <b>专栏</b>  | 新型长桥梁结构形式复合斜拉悬索桥 | 184 |
| <b>第7章</b> | <b>下部结构</b>      | 185 |
| 1          | 桥是由下部结构支撑的基本结构   | 186 |
| 2          | 排除各种难题的桥梁设计      | 188 |
| 3          | 作用于下部结构上的各种各样的荷载 | 190 |
| 4          | 桥台和桥墩种类多样        | 192 |
| 5          | 坚硬地基上面使用“直接基础”   | 194 |
| 6          | 沉井(打井的方法)        |     |
|            | 沉箱基础①            | 197 |
| 7          | 气压沉箱             |     |
|            | 沉箱基础②            | 199 |
| 8          | 桩基础与木桩           |     |
|            | 桩基础①             | 201 |
| 9          | 混凝土桩             |     |
|            | 桩基础②             | 203 |
| 10         | 钢管桩、H形钢桩         | 205 |
|            | 桩基础③             | 205 |
| 11         | 现浇混凝土桩           | 207 |
| 12         | 新形式基础、特殊基础       | 210 |
| 13         | 防桥断裂技术           |     |
|            | 桥梁的地震对策          | 212 |
| <b>信息盒</b> | 打桩锤的发展           | 216 |