中国桥梁建设新进展(1991—)

NEW ADVANCES OF BRIDGE CONSTRUCTION IN CHINA (1991–)

中英文双解

CHINESE-ENGLISH EXPLANATIONS

绪论 —— 桥文化33则，介绍有关桥梁事宜，包括一些国外桥梁和3位世界杰出的桥梁专家，是本书一个楔子，用以引导出本书而开拓读者视野。因编者病甚，只英译了标题。

我国桥梁建设和其他建设一样，突飞猛进，发展异常迅速。近些年来，编者也参与了若干座大桥撰写英文向国外报[illegible]，以宣传我国建设成就，有的被外国[illegible]文字发表。在这些[illegible]，[illegible]青年同[illegible]向国际交流第一线。

在编者编写本书时，得到学校领导和出版社的支持，并作为“国庆60周年献礼”著作，编者深感荣幸。

在书中引用了我国专家、院士在国际有关学报上发表的英文论文。由于全书文字的统一，不得不有所改动和删节，敬请鉴谅。对他们赠我工程照片为本书增光，编者谨表示衷心感谢。

对赠我照片和资料的高级工程师和专家（包括台湾朋友和旅美华人朋友）表示深深的谢意。很[illegible]朋友赠在不同角度、时间（包括施工）拍摄的系列照片，[illegible]们确实美不胜收，不[illegible]，尽[illegible]用，以供有关科技工作[illegible]参考。

本书多取材于《中国桥梁》（Bridges in China），并对编辑[illegible]，对该书的[illegible]并为发信，发函（电[illegible]援照片和查找资料，辛苦备尝，编者不胜感谢。

在选择介绍桥梁时，由于知识的局限，主要根据较熟悉的和资料易于获得者，也考虑桥的类型。挂一漏万，敬希读者和专家为指出并惠赠资料和彩色照片，再版时当补入，谢谢！

编者英文水平低下，虽作了最大努力，英译中定多错舛（包括中[illegible]文本一致），敬希指出而必更正。

编者2006年底即患[illegible]赠[illegible]，2007年初住院100天治疗，[illegible]整理图片关键时刻，又因药物引起肝功能指标过高而不得不住院20天，心急如焚，但仍完成了前言中文，因不敢片刻忘记献礼大事。

编者平时每天上下午强忍痛楚，各工作1.5~2小时。临撰前言时，深感惴惴，虑贻“自不量力”之讥。歉甚。

86老人、癌症患者丁大钧在重病中

于东南大学2009年4月10日

丁大钧 编著 东南大学出版社

Edited by *Ding Dajun* Southeast University Press

中国桥梁建设新进展（1991— ）（中英文双解）

编　　著：丁大钧
出版发行：东南大学出版社
社　　址：南京四牌楼2号 邮编：210096
出 版 人：江汉
网　　址：http://press.seu.edu.cn
电子邮箱：press@seu.edu.cn
责任编辑：丁丁
责任印制：张文礼
书籍设计：瀚清堂 · 赵清 + 周伟伟

经销：全国各地新华书店经销
印刷：恒美印务（广州）有限公司
开本：789mm × 1092mm　1/16
印张：21
字数：670千字
版次：2009年10月第1版
印次：2009年10月第1次印刷
书号：ISBN 978-7-5641-1817-4
定价：298.00元

本社图书若有印装质量问题，请直接与读者服务部联系。
电话（传真）：025-83792328

中国桥梁建设新进展(1991－)

NEW ADVANCES OF BRIDGE CONSTRUCTION IN CHINA (1991－)

中英文双解

CHINESE-ENGLISH EXPLANATIONS

丁大钧 编著 东南大学出版社

Edited by *Ding Dajun* Southeast University Press

前言

绪论 —— 桥文化33则，介绍有关桥梁事宜，包括一些国外桥梁和3位世界杰出的桥梁专家，是本书一个楔子，用以引导出本书而开拓读者视野。因编者病甚，只英译了标题。

我国桥梁建设和其他建设一样，突飞猛进，发展异常迅速。近些年来，编者也参与了若干座大桥撰写英文向国外报导，以宣传我国建设成就，有的被外国朋友译成其他文字发表。2009年4月，对南京长江四桥建设的英文报导，被译成其他文字发表。在这些文章中编者署名均在最后，这是希望将中青年同志推向国际交流第一线。

在编者编写本书时，得到学校领导和出版社的支持，并作为“国庆60周年献礼”著作，编者深感荣幸。

在书中引用了我国专家、院士在国际有关学报上发表的英文论文。由于全书文字的统一，不得不有所改动和删节，敬请鉴谅。对他们赠我工程照片为本书增光，编者谨表示衷心感谢。

对赠我照片和资料的高级工程师和专家（包括台湾朋友和旅美华人朋友）表示深深的谢意。很多朋友寄赠在不同角度、时间（包括施工）拍摄的系列照片，它们确实美不胜收，不忍舍弃，尽多引用，以供有关科技工作者参考。

本书多取材于《中国桥梁》（Bridges in China），并对编排亦多参照，对该书的作者们表示崇高的敬意和衷心的感谢。

最后还要提到的是，承东南大学结构试验中心邰扣霞工程师几乎为打印全稿，并为发信，发电（电话、邮件）请求支援照片和查找资料，辛苦备尝，编者不胜感谢。

在选择介绍桥梁时，由于知识的局限，主要根据较熟悉的和资料易于获得者，也考虑桥的类型。挂一漏万，敬希读者和专家为指出并惠赠资料和彩色照片，再版时当补入，谢谢！

编者英文水平低下，虽作了最大努力，英译中定多错舛（包括中、英文不一致），敬希指出而必更正。

编者2006年底即患前列腺癌，2007年初住院100天治疗，2009年3月，正值整理图片关键时刻，又因药物引起肝功能指标过高而不得不住院20天，心急如焚，但仍完成了前言中文，因不敢片刻忘记献礼大事。

编者平时每天上下午强忍痛楚，各工作1.5~2小时。临撰前言时，深感惴惴，虑贻“自不量力”之讥。歉甚。

86老人、癌症患者丁大钧在重病中
于东南大学2009年4月10日

丁大钧

（签名系病前多年所留书）

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

FORWARD

Introduction — Bridge Culture includes 33 sections for introducing the things relative to bridges, involving some bridges in foreign countries and 3 outstanding bridge experts in the world, is a prologue to lead out this book and to widen the vision field of readers. Owing to serious illness, only the topics of section are translated into English.

The bridge construction is the same as the other construction, advances by leaps and bounds and develops extremely rapidly. In recent years, the Editor takes part in composing English articles to report in foreign countries for publicizing the construction achievements in this country, some have been translated into the other languages to be published, such as, in 2009, the English article on the 4th Nanjing Bridges over Yangtze River has been translated into the other language to be published. In these articles, the signature of the Editor is always placed at the end, he hopes to push our young and middle-aged persons to the 1st line of international exchange.

As the Editor composes this book, he has obtained the supports from the relative leaders at Southeast University and from SE Press, and this book has been selected as one Greeting Writing for "60 Anniversary of the Founding of the People's Republic of China", the Editor treasures deeply this honour.

In this book, the Editor has cited the English articles of experts and academicians published in relative international journals, because the characters used the entire book should be united, the Editor have to change, do hope to excuse him. For the engineering photos given by friends to the Editor to add luster to this book, he expresses his heartfelt gratitude to them.

To the senior Engrs. and experts (including the friend in Taiwan and the Chinese person residing in USA) who gave the Editor photos and materials he expresses deep thanks. Many friends post a series of photos taken at different angle and time (including construction), certainly, they are so beautiful that one simply can not take them all in. The Editor cites in this book as possible in order to be referred by the relative technical workers.

In this book, many materials are drawn from "Bridges in China", the composing and printing are also referred to that book, to the Editors of "Bridge book", the Editor offers his highest consideration.

Finally, the Editor thanks Ms. Tai Kouxia, the Engr. of Structural Test Center, she typewrites almost the entire draft of this book, and sends letters, tel. and e-mails to ask support for photos and find materials for this book, she sustains much toil, the Editor should say many thanks to her.

As selecting bridges to be introduced, because of the limitation of knowledge, the Editor considers those familiar, the materials easy to be obtained, also considers the bridge types, the list is far from being complete, do hope the readers to point out and to grant the Editor material and coloured photos, the new bridge must be added. Thanks.

The English level of the Editor is very low, though he makes greatest efforts, the mistakes(including that Chinese & English are not consistent) must be many yet, please point out, those must be corrected.

The Editor has suffered prostate cancer since the end of 2006. At the beginning of 2007, he was in hospital for 100 days to cure. In the March of 2009, the index liver function is too high due to medicines, the Editor has to be in hospitalized for 20 days, during the key time for arranging photos, the Editor is burned with impatience, he dare not forget the important thing of offering gift for a moment, so finishes the Chinese Forward in hospital.

At before noon and afternoon, the Editor makes an effort to tolerate pain to compose this book for 1.5~2 hours. During composing the forward, the Editor fells deeply being anxious and fearful, fears to have the ridicule for overestimate his ability (to compose this book), please excuse him.

86-year aged old man, cancer sufferer Ding Dajun in serious sickness, at Southeast University, April 10, 2009

Ding Dajun

(written before many years)

目录

INTRODUCTION — BRIDGE CULTURE

1. Ancient and Antique Bridges in China
2. Culture of Antique Bridge in Shaoxing
3. Exhabitation of Bridges Completed on Yangtze River and Its Branches
4. Some Places in the Front of Worldwide Records in 9 Kinds of Bridges
5. 10 Spandrel Stone Arch Bridges Completed before 1991
6. Arch Bridges Constructed of Concrete-Filled Steel Tube
7. Distribution of Internal Forces in Wushan Bridge
8. Single-Pylon Cable-Stayed Bridges without Backstays
9. Obliquely Depending Trustless Arch Bridge
10. 3-Pronged and 4-Pronged Bridges
11. Design of Bridge with Local Conditions
12. Bridge Supported on Single Columns
13. Cable-Stayed Bridge with Low Pylon or Extradosed Cable-Stayed Bridge
14. Stressed Ribbon Bridge and Inverted Segmental Truss Bridge
15. The Highest Concrete Pier in the World
16. The Longest Bridge in the World
17. Jizhao Bridge
18. Special Bridges and Special Pylons
19. Bi-Prestressed Bridge
20. External Prestressing
21. Preflex Beam
22. Bridge with Inclined Leg
23. Rigid-Framed Arch Bridge
24. Inclined-Tensioned Trussed T-Rigid Frame Bridge
25. Jointless Concrete Ring Slab Bridge
26. On KRK Arch Bridge
27. Yearly Prize from IABSE
28. The 4th Nanjing Yangtze River Bridge
29. Italian Messina Strait Bridge to be Constructed
30. Foundation of Bridges
31. Events of Bridge
32. Wind-Rain Induced Vibrations of Inclined Cables in Cable-Stayed Bridge
33. Health Monitoring of Bridges with Large-Span

NEW ADVANCES OF BRIDGE CONSTRUCTION IN CHINA (1991–)

Continuous Girder Bridge

The 2nd Qiantangjiang Bridge

Stone Arch Bridges

Wuchaohe Stone Arch Bridge

New Danhe Stone Arch Bridge

Reinforced Concrete Arch Bridges

Wanxian Decked Arch Bridge over Yangtze River

Taiwan Bitan Trust-Less Arch Bridge

Guangxi Yongning Through-Deck Arch Bridge

结论 —— 桥文化 010
1. 中国古桥 015
2. 绍兴古桥文化 017
3. 长江及其支流上建成桥梁展览 019
4. 九类桥世界纪录前若干位 020
5. 1991年前建成的10座敞肩式石拱桥 031
6. 钢管混凝土拱桥 031
7. 巫山桥内力分布 033
8. 独塔无背索斜拉桥 033
9. 无推力斜靠式拱桥 035
10. 三叉桥和四叉桥 035
11. 因地制宜设计桥梁 037
12. 单柱桥 039
13. 矮塔斜拉桥 041
14. 应力板带桥和分段倒桁架桥 041
15. 世界最高混凝土桥墩 043
16. 世界最长的桥 045
17. 吉兆桥 047
18. 异形桥及异形桥塔 049
19. 双预应力桥 051
20. 体外预应力 051
21. 预弯梁 053
22. 斜腿桥 053
23. 刚架拱桥 053
24. 斜拉式桁架 055
25. 无铰混凝土环形板桥 055
26. 关于KRK拱桥 055
27. 国际桥梁及结构工程协会年度大会奖 057
28. 南京长江四桥 057
29. 待建的意大利墨西拿海峡桥 059
30. 大桥基础 059
31. 大桥事故 059
32. 斜拉桥斜拉索风雨振动 063
33. 大跨度桥梁结构健康监测 063

中国桥梁建设新进展（1991－） 069
连续梁桥 072
钱塘江二桥 074
石拱桥 078
乌巢河石拱桥 080
新丹河石拱桥 082
钢筋混凝土拱桥 084
万县长江上承式拱桥 086
台湾碧潭无推力拱桥 092
广西邕宁中承式钢筋混凝土拱桥 094

CONTENTS

The 4th Qianjiang Bridge

Guizhou Jiangjiehe Trussed Combination Arch Bridge

Concrete-Filled Steel Tube Arch Bridges

Guangxi San-an Yongjiang Through Deck Arch Bridge

Guangzhou Yajisha Concrete-Filled Steel Tube Arch Bridge

Chongqing Wushan Concrete-Filled Steel Tube Arch Bridge

The 3rd Wuhan Hanjiang Bridge

Steel Arch Bridges

Shanghai Lupu Arch Bridge

Chongqing Chaotianmen Steel Truss Arch Bridge

Chongqing Caiyuanba Double-Deck Arch Bridge with Dual Purpose for Highway & Light Rail

Nanjing Dashengguan Yangtze River Railway Steel Truss Arch Bridge

Rigid Frame Bridges

Auxiliary Navigable Pass Bridge in Guangdong Humen Bridge

Huangshi Continuous Rigid Frame Bridge over Yangtze River

Chongqing Shibanpo Continuous Rigid Frame Bridge

Fengcheng Ganjiang Continuous Rigid Frame Bridge with Y-Shape Piers

Cable-Stayed Bridges

Sanxianzhou Single-Pylon Cable-Stayed Bridge

Taiwan Kao-Pin Single-Pylon Cable-Stayed Bridge

The 3rd Nanjing Yangtze River Bridge

Anqing Yangtze River Cable-Stayed Bridge

Hongkong Stonecutters Cable-Stayed Bridge

Hongkong Ting Kau Bridge

Hongkong Kap Shui Mun Bridge

Sutong Yangtze River Bridge

Wuhan Tianxingzhou Highway-Railway Bi-Purposed Cable-Stayed Bridge

Macau Double-Deck Prestressed Concrete Cable-Stayed Bridge

Shanghai Nanpu Cable-Stayed Bridge

Shanghai Yangpu Cable-Stayed Bridge

Shanghai Xupu Cable-Stayed Bridge

Hubei E-Huang Cable-Stayed Bridge over Yangtze River

Jingzhou Yangtze River Bridge

Wuhu Double-Deck Cable-Stayed Bridge

Yiling Multi-Span Cable-Stayed Bridge over Yangtze River

Suspension Bridges

Wuhan Yangluo Suspension Bridge

Qileharen Ferrocement Suspension Bridge

Hongkong Tsing Ma Bridge

Jiangyin Yangtze River Bridge

Runyang Yangtze River Highway Bridge

Guangdong Shantou Bay Suspension Bridge

Xihoumen Suspension Bridge

Bridges over the Sea

Donghai Bridge over the Sea

Hangzhou Bay Bridge over the Sea

钱江四桥 096
贵州江界河桁架式组合拱桥 102
钢管混凝土拱桥 104
广西三岸邕江中承式拱桥 106
广州丫髻沙钢管混凝土拱桥 108
重庆巫山钢管混凝土拱桥 116
武汉汉江三桥 120
钢拱桥 122
上海卢浦拱桥 124
重庆朝天门钢桁架拱桥 132
重庆菜园坝双层公轨两用拱桥 150
南京大胜关长江铁路钢桁架拱桥 154
刚构桥 158
广东虎门大桥中辅航道桥 160
黄石长江连续刚构桥 162
重庆石板坡连续刚构大桥 164
丰城赣江Y形墩连续刚构桥 168
斜拉桥 170
三县洲独塔斜拉桥 172
台湾高屏独塔斜拉桥 176
南京长江三桥 180
安庆长江斜拉桥 184
香港昂船洲斜拉桥 186
香港汀九桥 188
香港汲水门桥 190
苏通长江大桥 192
武汉天兴洲公铁两用斜拉桥 206
澳门双层斜拉桥 210
上海南浦斜拉桥 216
上海杨浦斜拉桥 220
上海徐浦斜拉桥 224
湖北鄂黄长江斜拉桥 232
荆州长江大桥 234
芜湖双层斜拉桥 240
夷陵多跨长江斜拉桥 244
悬索桥 250
武汉阳逻悬索桥 252
齐勒哈仁钢丝网水泥悬索桥 258
香港青马大桥 262
江阴长江大桥 270
润扬长江公路大桥 274
广东汕头海湾悬索桥 280
西堠门悬索桥 292
跨海大桥 302
东海跨海大桥 304
杭州湾跨海大桥 314

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

见于记载的为晋太康三年（282年）建造的洛阳七里涧旅人桥（石拱桥）。现保存完好的我国最早石砌拱桥为河北赵县安济桥，又名赵州桥②（图1-1）大约在隋开皇十一年至开皇十九年（591—599年）由李春建造，净跨37.02m，矢高7.23m，宽约10m。拱上开敞复锐其前，以分水势，遂开今日“分水金刚墙”（桥墩迎水面带尖端）之先例。后来国内外不少桥墩采用这种先进构造。现存福建泉州石桥安平桥（图1-2）始建于南宋绍兴八年（1138年），原有361个桥墩，总长2 500m，为中国古长桥记录。后由泥砂淤积，淹
9—1368年）、明（1368—1644年）41座和清（1644—1911年）550座。现存最早的石拱桥光相桥则始建于东晋年间（317—419年），传王羲之于桥头题扇而又称题扇桥，桥头立存石碑，编者曾为该桥及石碑拍照；又唐昭宗乾宁年间（894-897）的霸王桥，
在桥上而不是在桥洞内，未构成立交条件。编者已撰文“绍兴八字桥与立交桥”，刊于《中国勘察设计》（月刊），2004（3），pp.26-27，予以澄清。在八字桥南的广陵桥（图2-2），为七折石拱桥，桥南北各设16级和20级石台阶，分别长25.30m和26.30m
0m、147.00m和154.00m，在此短短437.00m内就有4座宋桥，可见此处局部古桥分布密度之大[2]。经罗关洲同志考证、量测和分析对比，表明新昌县明迎仙桥（图2-3）（l=14.70m, f=7.10m，明成化年间（1465-1486年）编纂的绍兴县志中已纪录了此桥）
itation of Bridges Completed on Yangtze River and Its Branches 至今，在长江及其支流上已建成了40多座大桥，其丰富的结构和造型，构成了一幅波澜壮阔的桥梁展览图，这其中有很多座都是世界纪录. 例如：荆州大桥中简支的预应力混凝土梁桥，南京长江二桥
云见2， 海上游龙逐浪寻3。电讯频传求画片， 友朋惠赠撰长文4。写成惊感难全述， 伟业宏图世未闻。4.九类桥世界纪录前若干位Some Places in the Front of Worldwide Records in 9 Kinds of Bridges 在表4-1~表4-9中列出9类桥世界纪录前若干位，供参
为国外一直认为1961年国际石拱桥纪录为德国于1903—1904年建成的Syratal Plauen石拱桥（图5-2）“tal”在德文中为山谷、峡谷、河谷，“Plauen”为萨克森的小镇。该桥基本为实腹式的，桥冠截面厚1.5m，拱座厚3.4m，系德国朋友Dr. -Ing Klaus Stigl
者（等）照相和彩色工程照片，1999、2000年承为印4文。仍由原出版社承印。6. 钢管混凝土拱桥Arch Bridges Constructed of Concrete-Filled Steel Tube 钢管混凝土拱桥是用钢管混凝土构成的。当跨度不大时可为单管，如我国江苏无锡新安北桥、泰州引
ube(CFST),在俄文中称 с т а л е т р у б о б е т о н，在德文中称stahlrohrbeton, 在法文中称tube replies en beton，在日文中称钢管**コンクリート**，钢管混凝土拱桥在国际采用亦较普遍，但跨度都不太大，印度不采用钢管混凝土建桥和建造高层建筑，但印度
受力则要小得多。8. 独塔无背索斜拉桥Single-Pylon Cable-Stayed Bridges without Backstays 世界第一座独塔无背索的斜拉桥Marian（图8-1）[22]，坐落于捷克首都布拉格之北大约100km处乌斯季（ú st í），跨越易北河(Elbe River)上游拉贝河①。Marian市
瓦（Santiago Calatrava）设计，位于西班牙塞维利亚（Sevilla）的阿拉米罗桥（图8-2）为无背索独塔斜拉桥[23]，两市分别位于西班牙之东北和西南。我国2000年在哈尔滨太阳岛设计建造了一座斜独塔无背索斜拉桥（图8-3），跨度为140m + 60m[24], 2008
。但我国沿海地区许多城市为软土地基，采用这种有推力的斜靠式拱桥，从经济上和技术上都不是合适的。我国首座大跨度斜靠式拱桥为上海昆山市玉峰大桥，总体布置图如图9-1所示。主桥跨径110m，主拱圈矢跨比为1/5.5，斜拱在拱圈平面内的矢跨比为1/5.4，
拱的推力，而在房屋建设中，还可以将大厅拱屋盖推力传至两侧屋的横向（钢或钢筋混凝土）刚架或横墙。今因玉峰桥需建造曲线形（平面内）人行观景台，即必需建造斜靠拱桥，则承受主桥拱推力的拉杆只需按斜桥建造前的荷载设计，在斜靠桥建造后的主桥推力
后，陆续建造了多座双曲石拱三叉和四叉桥，在表11-1中示出5座四叉桥，最大跨度达20m，该表系公司前董事长苏松源教授赐文，附此致谢。从1969—1985年在无锡县共建造了三叉双曲拱桥7座，四叉（又称十字）双曲拱桥多座，一桥跨四岸。在表10-1中列出
y分段预制斜拉桥（图11-1）方案，曲线跨度长约400m，中心角45°[5]。为避免设置若干个须承受很大水平地震作用的桥墩（桥墩高约106m），如果设计成直线桥，则两端40° 陡壁边坡将须开凿接引隧道，斜拉的弧形桥使接引隧道开凿量减至最少，而利用陡壁斜
授(编者曾邀他来东南大学访问过)联系访问，但未约好时间，届时他因遇到宗教节日而未能实现，故编者只在布市住了两夜即飞经芬兰回国。林老赐赠的Bulletin[26]中，示出1958年他协同华盛顿参议员、美国参议院商务委员会主席Warren Maynuson公开提出建
通过连接阿拉斯加和西伯利亚海岸来联系世界各大洲，将成为沟通东西方政治文化的纽带[27]。这一设计虽未实现，但这种富于改革的精神值得介绍学习。林老在1991年在IABSE学报SEI创刊号发表对直布罗陀海峡桥方案之一，他采取的航道最短，但水深很大，建
报（Journal, Concrete Materials以及CI）发表State-of-the-Arts of Application and Research, Concrete (No.12, 1991, pp56-60) 林老看到很高兴，当即航空寄来一本，编者于12月22日即收到，样本则于次年4月才收到（余后来在CI发表多篇文章，关系
图5-138示出编者在东京拍摄的一梁桥，支柱则偏于一侧，整个梁则支于从柱挑出的悬臂上，柱及其基础的设计将很不经济，但在交通拥挤之东京已是何等不易。现在国内外在市区道路和公路线上，往往采取单柱支承的桥，以争取桥下的交通空间。图12-1示1991年
获回复，获益匪浅，颇为感念。2000年2月1日惊接莱氏讣闻，急复信致唁并作七律诗致哀悼，见拙诗集《惜分阴》pp. 11-13，谨录于此，以志纪念，并作短序于前。惊闻世界著名预应力混凝土和桥梁权威学者、德国Fritz Leonhardt 教授噩耗（公生于1909年，于
余撰《混凝土结构发展》一书（中国建筑工业出版社约稿）需还及据我国报刊和专著上所载1978年建成跨度为270m的阿根廷—巴拉圭界河上预应力混凝土刚构桥，如果属实，应为当时该类桥的世界纪录。但交通部设计院老友史尔毅教授级高工见告，在《大英百科全
弟子，指出上两句意为“后继有人”。公复函大为赞赏。接计闻急致唁函，并告以将作诗悼念。觉绝句不足以记述交往经历，决定作律诗，疾构思第二日成初稿，几经更易，定稿如下，诗曰：忘年交过廿年期，互赠书文总及时。彩照传神真颦铄，嘉言惠贶足深思。
桥，芜湖长江大桥系公铁两用桥，即属于矮塔斜拉桥，这是因为桥头现有列车编车场，因此桥位已定，而附近有一机场，故采用矮塔斜拉桥。我国曾将这种斜拉桥又称为部分斜拉桥(partially cable-stayed bridge)，其含义为：在结构性能上，斜拉索仅仅分担部分荷
当中支点梁高相同时，部分斜拉桥的跨度可较连续梁大1倍以上；②对大跨度梁而言，相同跨度的部分斜拉梁较连续梁经济。与斜拉桥相比有如下优点：①塔高较矮，塔身结构简单，施工方便；②斜拉索应力变化幅度小，可采用较高的应力，一般情况下斜拉桥拉索的
栏杆，桥面铺有纵横两层木板。铁链由扁环扣联而成，扁环内径3cm，外径9cm，长17~20cm，每根铁链平均890个扁环。铁链在两端固定的方法是在石砌的桥台内，开有宽2m、长5m、深6m的落井4个，近井底部埋有生铁铸的直径20cm铁地龙桩（水平向），西
建成的这种桥（1992年编者访问瑞士洛桑工业大学时，Klinger博士为编者放映了30多张该桥的幻灯片，但无工程照片），跨径达216.4m，悬垂达14.75m（承受皮带传送机）。从上可见应力板带桥亦与中国竹索桥和铁链桥构造相似，虽亦属柔性（索）桥，但由于
别为1.41 m3、61.1kg和141.2kg，可见淘金桥设计较为经济。但是这种桥的锚固似没有美国桥锚固在邻跨中的自然可靠（岩石可能风化）。15. 世界最高混凝土桥墩The Highest Concrete Pier in the World 世界最高混凝土也是最高桥墩，当属法国Millau大桥（
0m的紧急车道。4.45m宽中间保留带为锚固并排的、中心间距为12.5m的斜拉索，而在桥面两侧设有保护的半透风的屏蔽。桥在平面内微曲，曲率半径为20 000m。Millau桥采用推进法（launch）施工，第一次钢桥面推进是在2003年2月进行的，总共需进行18次推
虹，总的，在推进最后阶段，从南坡有5280t推力，而从北坡则有2 400t推力。该桥两边推进在2004年5月合龙，由于这一背景，在下一月由钢应用技术办公室（Office Technique pour L’Utilisation）支持在Millau镇举行了一次为期3天的钢桥国际会议，参加者有
，其形式为建筑师和工程师紧密合作所作出的很好的设计。4块板具有固定的尺寸，另4块每段则略有变化，包括其方向。Millau 桥为单索面斜拉桥，主梁为钢箱梁，截面高度4.20m，桥面宽27.75m，每向有两条各宽3.5m的车道，其一为快车道，一为慢车道。同
m，超过提早4个月于2005年8月建成的希腊桥（2 252m），成为世界当时最长的斜拉桥。在编写Millau桥时，承英国朋友、Bd&e主编Ms. Helena Russell及时用电子邮件寄来参考文献，在此表示衷心的感谢。16. 世界最长的桥The Longest Bridge in the World
成型，通过箱内的纵向体外索、干缝、就位、后张拼装。高架桥全长都建筑在原有行车速度为80km/h的第34号高速公路上空，桥下净空高14m，上部高架桥施工，不得影响下部道路的正常行驶。规定工期很紧，仅为3.5年，于2000年1月建成。该桥采用离心混凝土
预加应力分两次完成，每次施加50%。梁跨最大为44.4m，一般为42m。D2、D3（图16-4）均为单室箱形截面，分别用于2车道和3车道匝道桥面，以及交叉平台和收费平台桥面。在一些区段，即在收费平台处和匝道交汇处（merging area）主线路需加宽，这必
筋混凝土地面。建场投资，不包括地价、设备、运输车辆大约为2 300万美元。预制厂设施包括木工、机械、焊接、后张管道、钢筋加工、预应力筋加工等车间和搅拌站，以及试验室、办公、生活等设施。从平整场地到开始构件生产大约用了9个月时间。预制厂规模
，然后对箱梁块体顶板施加50%的横向预加力，以便拆除模板，移动到匹配浇筑的位置。这种箱形梁的截面比较轻巧单薄，要做到尺寸准确，可以进行纵向匹配拼装，对混凝土的配比、养护、运输和预加应力等各个阶段，都需要高技术与严格控制。本工程是设计、
比应在0.2左右，照上可以达到这一要求。梁高自边墩的2m到主塔墩的5m，再由主塔墩的5m曲线变化到海河中部的2m。桥塔采用斜塔形式，立面上有两高两矮四座桥塔，两座高塔（主塔）为桥的主要承重结构，两座矮塔（辅塔）的设置起到减小桥梁的支承跨度、
路桥**かつしかハープ**（Katsushika Harp Bridge），为一座S形曲线独柱双塔不对称的斜拉桥（图18-1），支承间距为40.5m+134m+220m+60.5m。塔高不同，高塔墩P37为钢筋混凝土的，高49.0m，直径24.0m，低塔墩为41.0m，钢管的，高31.0m共89根（
的Barqueta拱桥（图18-4），它常被称为弦弓型桥（string-bow-typed bridge）[31]。中承式拱桥拱肋也有外倾的，其造型独特，折射出桥梁建筑风格的时代性，如法国某市的这种桥具有一定的代表性。这种桥一般不设风撑，因这将破坏其造型美，且风撑长，
7° 。该桥北塔墩采用3个特大吨位的盆式球型钢支座，其中间一个承重量达13 000t。荷兰鹿特丹Erasmus独塔斜拉桥为带有倾向短跨的折线形[15]。（2）四斜柱桥塔希腊Rion-Antirion（两城市）桥（图18-7）位于帕特雷市，横跨隔断希腊大陆与其最大的伯罗奔
（Eine Br ü cke mit Druckspannbewehr ü ng-Konstruktion）[36]这种桥是编者的德国朋友Prof. Dr. Hans Reiffenstuhl于20世纪80年代为奥地利ALM桥设计建造的，该桥系单箱截面,跨中截面高度为2.5m=1/30.4，箱形竖壁宽度为6.0m；支承处截面高度为2
变了截面的应力分布，最后的应力图形将如图19-3(b)所示。这将提高梁的抗裂荷载和减小跨中挠度，因而截面高度可减小。双预应力桥与同跨径桥相比，混凝土用量虽可略有节省，但用钢量明显增多，总造价约提高47%左右，其最大优越性是可使建筑高度减小，
必要时可调整预应力或撤换预应力筋。我国在桥梁中第一次采用体外预应力的是汕头海湾预应力混凝土悬索桥，而在房建中是在石家庄东方购物中心12层裙楼8层大厅18m大梁中第一次采用体外预应力筋。1984年秋编者参加在匈牙利首都布达佩斯（Budapest）（
桥，跨度为17m和15m。预弯梁制作分为3个阶值：首先使用将工字钢制成（无应力状态）向上弯的梁；然后加载（1/4点集载）后使平直，在工字钢下翼缘浇混凝土，待其达到设计强度后卸载，钢梁的回弹使混凝土获得预压应力，梁向上拱，但拱度较工字钢原拱度
4.0m，下端为1.5m × 1.5m，均为栓焊带肋的箱形结构。该桥于1982年建成[39]。邯长线池漳河桥，是我国第一座预应力混凝土斜腿刚构铁路桥（图22-3），主跨82m。梁体和腿部均为单室箱形截面。该桥于1981年9月建成[39]。23. 刚架拱桥Rigid-Framed Ar
放大而成），在此斜拉索用桁架上弦代替，下承式斜拉桥桁梁T-构桥。福州西郊洪塘桥即是这种构造的桥，跨度分布为：16m+27m+4 × 30m+60m+ 120m+60m+31 × 40m+8 × 25m，主跨为：60m+120m+60m，由4片预应力混凝土斜拉式桁架T-构组成，其特
，每一排架顶部只有一个支承代替两个，跨度连续性提供材料的较有效利用。丁汉山教授设计了我国第一座福建省福州市岩头口不互通整体闭合环形结构（图25-1），于1987年建成，该桥于1991年6月获福建省科技进步奖。混凝土环形桥的内直径为40m，外直径6
浇度。为了调整拱跨不向下位移，在II号拱拱冠截面断开处，设置混凝土块，在两三年后移去，代之以液压千斤顶，用以调整拱的中心线，以消除在一段时间后的变形。假定对中心线并不产生显著变化，则不至影响交通安全。另一方面，因为结合在拱内的设备（管线
行桥，故没有这种必要，是不为也，非不能也。编者作为当时南京土建学会理事长，曾代表学会邀请已故中国科学院学部委员、同济大学校长李国豪前辈来南京在东南大学土木学院讲课，他非常欣赏瑞士Gunter桥（图27-1），并放映幻灯片。李老在国际上曾获得1
知Gunter桥距洛桑约300km，较远，故不便劳动主人送去参观，但该校桥梁博士Klinger曾为编者放映建成后板带的幻灯片，其上未经描绘的多道裂缝已清晰可见。1988年，经过修葺后，桥板带面整洁光鲜，在日光下熠熠生辉，更为大桥增加了魅力（图27-2）。
因，建成一边跨为斜拉的，如我国香港青马大桥和西堠门大桥，后者主跨为1 650m，位居世界第二，但非双塔三跨。在建的二者，一为南京长江四桥，另一为韩国Gwangyang桥，跨度357.5m+1545m+357.5m，计划2012年建成。编者于2008年元月7日作诗：大
0年的混凝土。30. 大桥基础Foundation of Bridges 大直径管柱基础是介于桩基和沉井基础之间的结构形式，它既有沉井刚度大的特点，又有可预制管节在工地直接拼装成桩的方便，用振动打桩机并在管柱内射水吸泥下沉，使能加快速度和便于在管柱内吸出土
re）工艺提高桩承载力的方法已有40多年历史。端压桩自1961年在修建委内瑞拉Maracaibo斜拉桥（1962年建成，5个主跨都为235cm，两端跨为160m，一般认为该桥是第一座现代化混凝土斜拉桥）时，对该桥首次采用压力灌浆桩。我国自1983年北京市建筑研
桥梁事故原因有多种，但多由质量原因引起，这可能是：①因偷工减料而造成“豆腐渣工程”；②因赶工引起；③使用过程中管理监控不严等原因引起；④设计问题；⑤其他。桥梁事故不仅造成很大的损失，也导致人员伤亡。①典型的“豆腐渣”工程——我国重庆
建成后拱脚常年浸泡水中，因裂缝原因，可能还因混凝土保护层不密实而导致钢筋锈蚀，于2004年某月早晨突然倒塌。④美国华盛顿州塔科马峡谷桥。该桥建于1940年，主跨长853m，加劲钢板梁的高跨比小至1：79。通车后不久表明增大柔度是“走得太远了”，
后的振荡中，风速为56~67km/h，并不是最大的，而远低于桥设计抵抗的最大风速，但是当进行风作用下的结构分析时，仅考虑静压力时该桥完全是安全的。没有进行有关在板梁尖角处形成的脉冲风涡流的动力研究，因而所选择具有极大柔度的设计，后来证明它发
刨于2008年竣工，但于2007年9月26日上午，一座距离地面约30m的脚手架突然倒塌，砸向刚浇注的混凝土桥段上，导致三段桥面连锁倒塌，至少149人伤亡，其中至少有52人死亡。b．舟山大陆上宁波一镇海连岛工程中有5座大桥，其中第四座为主桥——西堠门
duced Vibrations of Inclinced Cables in Cable-Stayed Bridge 1986年Y. Hikami于Meikonishi桥上首次发现了风雨激振现象（在干燥气候下稳定的拉索，在风和雨共同作用下将产生大振荡）以来，国内外对此进行了大量研究，并进行了试验室模拟试验后建
-1a），这种阻尼器由智能材料（磁流变体）制造，能够调节阻尼器输入电压来获得可变阻尼，实现半主动控制，可使全桥每个拉索都取得理想的减振效果。试验表明，该阻尼器使拉索体系模态阻尼比增大3~6倍（磁流变体由液体变为固体）。根据实地风雨振的实测
这些问题可能归咎于建设速度过快、设计规范不完善以及经济高速度增长下交通量的增加等原因。在发达国家交通基础设施建设高峰30~50年后出现的养护维修高峰在我国可能提早到来，因此对新建大跨度桥梁设置健康监测系统具有重要意义。桥梁结构健康监测-
“混凝土结构长期观测国际学术讨论会”（International Symposium on Long-Term Observation）会上编者斯洛伐克朋友T. Javor博士（已于2003年逝世）报告了他撰写的“Long-Term Observation of PC Bridges”，在其中报告了对12座预应力混凝土桥在
居对分析计算影响较大，要求测试精度最高；以一节段梁的架设为一个施工周期，钢梁栓接、混接头浇筑、桥面板混凝土强度达到设计强度要求后前移桥面吊机、张拉斜拉索作为一个标准控制阶段，进行各种数据测试。① 索力控制与调整拉索索力的大小准确与否，
程对比表”，分析后可看出主线形是否在控制范围内，梁段间是否平顺。如超过范围，则配合索力分析，通过适当调整索力来调整主梁线形，要求误差不超过1cm。结构环境和条件不同，施工监控的实施方案也各异，需根据具体情况，研究制订切实可行的方案。1.
寓言，且时间较晚[1]。渭河上、中、下三桥，其中中桥建于秦始皇在统一后（公元前221年—公元前210年），为68跨梁桥，用750根木桩造67个桥墩，每墩11或12根柱，桥宽达13.8m；另二渭桥建于西汉，唐徐坚《初学记》中有“汉作灞桥，以石为梁”[1]。拱
国土木工程学会代表在桥前举行碑的揭幕仪式，以作纪念。后发现河南小商河桥于隋开皇四年（584年）建造，在漯河市小商河上，桥长约21m，跨度约11m，宽约6.5m，基本完好待修，这样该桥将早于赵州桥7～15年[2]-[4]。唐武后时，李昭德重修利涉桥，叠石
跟巨的。2. 绍兴古桥文化Culture of Antique Bridge in Shaoxing 我国古桥分布区域很广，但浙江省绍兴市（辖绍兴县、新昌县、嵊洲市、诸暨市和上虞市）最为集中，尤以市区为最。现全绍兴市共存古桥604座，其中宋代（960—1279年）及以前13座。元（127
工字形的，乃至3个八字形的。在八字桥基石上镌有“宝祐丙辰年第二个冬日吉日刻”字样，按宝祐为南宋理宗年号之一，丙辰年应为1256年，即八字桥应建于1256年之前[6]。有谓该桥为立交桥之始，但据编者实地考察，虽沿其东端南北落坡石台阶上有纤道，但在
乔之南还有两座宋桥，自北向南是东双桥（半圆形石拱桥）和纺车桥（石梁桥）。编者在绍兴的实地考察和学习过程中得到获国家津贴的古桥专家罗关洲经济师的热情帮助与指导，附此，谨表示衷心的感谢，他还应编者要求，为量出四桥间距离顺次为137.00m、14
绍兴古桥文化”。绍兴古石桥申报中国非物质文化遗产已获批准，名称为《绍兴石桥营造技艺非物质文化遗产》，载于国务院2008（19）号文件，2009年争取申报《世界非物质文化遗产》。编者为此亦与有荣矣。3.长江及其支流上建成桥梁展览Exhabitation of Br
乔*，重庆石板坡连续刚架桥*①[18]，江苏洞扬悬索桥[15]，苏通斜拉桥*[19]等。有“*”号的为或曾为世界纪录。编者曾撰长文“我国拱桥与索桥建设新进展”载于参考文献[15]，后又作诗（新韵）一首:多少长虹新纪录， 刷新往往仍华人。空中拉索排云见2， 海上
00m(1978)；⑨山西晋城丹河桥，l=105m(1982)；⑩湖南凤凰县乌巢河桥，l=120m(1991)。芬兰朋友J. Virola工程师（他研究世界桥梁史，编有7种世界最长桥的表，随时调整，均见赠），见之对编者来电说，此10座桥，任何一座都是世界纪录[1]，因为国外一直认
至20世纪30年代后期改为Beton und Stahlbetonbau。Beton und Stahlbetonbau由德、奥轮流主编（因奥地利母语亦系德语）。从1999年开始，由维也纳土壤培育学院土木系Dr. - tech-phil. Prof. Konrad Bergmeister主编，增加篇幅达1/3，加印作者（等）
建成通车的湖北三峡下牢溪上承式肋拱桥，采用Φ1000 × 10-12mm钢管，其中距约为1.5m。跨度在100m以上的拱桥，往往采用3肢或4肢，用缀杆（桁片）焊联组成桁式截面则成混合式结构，见图6-1。钢管混凝土在英文中称concrete-filled steel tube(CFST),
尊也基本如此，说明混凝土受力是主要的[21]；表7-1 巫山桥主拱圈一根钢管混凝土内力计算成果表(kN)组合I：恒+汽+人；组合II：恒+汽+人+温度影响。可见将巫山桥和丫髻沙桥列入钢拱桥，的确是不妥当的，因为拱肋中混凝土受力是主要的，而钢管受力则要小得
为一个稳定部分。该桥由于地理位置要求而设计成斜塔无背索桥。文献称世界上最大的斜塔无背索桥为西班牙巴塞罗那（Barcelona）阿拉米罗(Alamillo)独塔斜拉桥，其长跨为200m,编者未查到此桥（有谓未曾建造），但知由西班牙著名建筑师卡拉特拉瓦（Santia
ely Depending Trustless Arch Bridge 世界第一座斜靠式拱桥是于1987年由西班牙建筑师Santiago Calatrava 成功设计的。该桥直立式主拱为双铰，其水平推力直接传至主梁，形成拱梁组合结构。其斜拱则为无铰拱，水平推力直接传至地基，是有推力的。但我国
管内不灌注混凝土。主拱系梁采用钢箱截面，斜拱系杆采用预应力钢绞线，桥面系采用钢-混凝土叠合梁[25]。一般结构以最直接的传力途径为最好。故拱结构传力途径有直接将荷载传向地基，过去的石拱桥都是这样，即成重力式基础，或用拉（钢）杆承受拱的推力，
国建造第三座这种桥。以上系编者朋友、《英国桥梁设计与工程》（季刊）（Bridge, Design and Engineering, Bd&e）主编Ms. Helene Russell见告，附此致谢。但有时需建造四叉桥。无锡桥梁工程公司于1965年将前苏联双曲砖拱屋盖构造移植于桥梁后，陆续
晋祠系北宋仁宗天圣年间（1023—1032年）建造，和张择端《清明上河图》中虹桥一样，如无工程实例，是难想象出的。11. 因地制宜设计桥梁Design of Bridge with Local Conditions 典型的例子是T. Y. Lin International设计的Ruck-A-Chucky分段预制斜拉桥
鲁塞尔西北部约50km处的根特（与布市有铁道联系）学习,在根特大学Mannel预应力实验室获硕士学位①。1992年10月编者曾访问（讲学）欧洲五国（希腊、奥地利、意大利、瑞士、比利时）(在意四校、瑞士两校、余一校)讲课。编者曾与该校一教授(编者曾邀他来

既可节约材料，又可减轻洪水期的水压力，保证桥的功能。赵州桥无论在材料使用、结构受力、艺术造型和经济上都达到极高的成就，是世界上最早的敞肩式拱桥（open spandrel arch bridge），它早于欧洲同类桥约1 000年。1991年该桥被美国土木工程师学会

墩，墩数降至331个，桥长减至2 070m，在这2 070m范围内，桥身下已变成农田。又福建漳州江东桥（图1-3）[1][5]，于南宋嘉熙元年（1237年）由木梁改为石梁，计有15跨，每跨3片石梁，石梁现存5跨，其中最大石梁长23.7m，宽1.7m，高1.9m，重达

折石拱桥。后又陆续发现古石桥，总计绍兴地区共有古石桥约近千座。桥型是多样的，有梁桥、拱桥、折线拱桥，拱桥有半圆拱、浅拱、高拱和椭圆形拱，折线拱有三折、五折和七折，无偶数折，否则拱顶推力很难处理[6]。绍兴最著名的石桥八字桥（图2-1）

跨径6.25m。该桥在南宋宁宗嘉泰年间（1201-1204年）之前建造，明清时重修过，于此可见，我国在800年前已知用折线形代替圆形以简化拱桥施工，又一次证明我国古代建设石拱桥技术的先进。在广宁桥桥孔下各设纤道，即将桥基石挑出约70cm，供纤夫

峨州玉成桥（l=12.00m, f=4.80m，清道光二十四年——1844年建）独线均为倒悬链线，即我国是世界上采用倒悬链线拱桥最早的国家，后罗同志又发现了几座倒悬链线拱桥。表2-1示（由罗关洲同志）量测的迎仙桥轴线[8]。为了申报世界文化遗产，编者专

应力混凝土连续梁桥[3][9]，简支的武汉钢桁架桥和南京钢桁架桥，连续的九江钢桁架桥，上承式四川万县钢筋混凝土拱桥*[3][10]-[12]，中承式重庆巫山钢管混凝土拱桥*[13]，下承式钢管混凝土武汉三桥*[14]，上海卢浦中承式钢箱拱桥*[15]，重庆朝天门中承式

5. 1991年前建成的10座敞肩式石拱桥10 Spandrel Stone Arch Bridges Completed Before 1991 ①云南长虹桥（图5-1），主跨l=112.5m(1961)；②广西红渡桥，l=100m(1965)；③四川西阳龚滩桥，l=100m(1965)；④四川富顺沱江桥，l=111m(1968)；⑤湖

也担任24年（1975-1998）德文Beton und Stahlbetonbau 学报（国际权威学报）主编，从Bauzeitung（建设报）July 17, 1904] 为复印寄赠，因年久模糊，个别处经编者略为加工[1]。1901年德国工程师Friedrich （英文作Fredrick）von Empeiger出版一本

和浙江义乌篁圆桥，它们的跨度分别为60m、70m和80m,均采用800mm单管，厚度分别为16mm、16mm和18mm。国外有采用大直径单管的，如日本松岛跨度为126m的上承式拱桥，采用直径为1.8m的钢管。跨度较大的拱桥可用双管（竖立）并用钢板焊

凝土学报(The Indian Concrete, Journal)为了向印度读者介绍这种建筑材料，友好地发表了我们3篇有关论文①。我国CFST拱桥的建设规模和技术水平在国际上是居前列的。7. 巫山桥内力分布Distribution of Internal Forces in Wushan Bridge 巫山桥上、下5

0万人口，沿河两岸分布，仅有一座公路桥连接河两岸。桥的设计基本概念是减轻左岸玛利安峭壁（Marian Cliff）和主斜拉跨重量，而将所有结构重量移至右岸。这要求首先设置斜拉塔；其次要求避免采用背索以便尽量使右岸桥头空敞，而不妨碍此处原有的道路

用又在苏州石湖建造了另一座跨度为100m+50m[15]，两者都为钢结构。另西安白庙路桥亦系斜塔无背索桥，但尺度较小①。以上几座桥中，唯Marian无背索斜拉桥的设计是充分考虑地理位置并作为标志性结构，在工程师与建筑师的紧密合作下再考虑建筑美学

圈轴线均采用二次抛物线。因为弧形观景平台的存在，桥面宽度从主墩处的48.0m，变化到跨中处的60.9m，其中机动车道宽21m，主拱与斜拱间共设13道一字形横撑，吊杆间距均为3m。主拱肋采用钢管混凝土，截面形式为等边三角形，由3根φ20cm小钢管

斜靠桥承受，使成空间受力体系。对这种桥未见有经济指标分析，在此介绍，聊备一格。10. 三叉桥和四叉桥3-Pronged And 4-Pronged Bridges 在由编者主编的《土木工程概论》（中国建筑工业出版社，2003）图4-94中，示出2001年在英国用玻璃纤维加

桥。图10-1、图10-2分别示三叉北圩桥和四叉五星桥。此材料均由老友，江苏省无锡路桥工程总公司前董事长苏松源教授级高工惠赠，附此表示感谢。编者2003年9月在太原参加第13届全国现代结构研讨会，与会代表偕游晋祠，作长诗十韵中有“鱼沼飞梁

跨，分散的斜拉钢索构成曲面，刚度很大，使桥在风荷载和地震作用下保持稳定，同时，可以抵消曲桥在自重和垂直荷载作用下全部或部分的双向弯曲应力。以上材料是Prof. T. Y. Lin（林同炎教授，年长编者11岁）前辈赐赠的Engineering Bulletin，T.Y. Lin

过白令海峡的大桥，以促进美国和苏联人民间的贸易和了解。10年后，林老组织了国际和平大桥公司（International Peace Bridge, Inc.），该公司作为一项慷慨合作曾经美国财政部批准。按照林老规划，提出建设220座斜拉桥，其中一孔为了通航，跨度取为1

2座5 000m悬索-斜拉组合桥，而丹麦COWI公司的方案水深较浅，航道较长，故采用2 000~3 000m的多座悬索桥方案。当论文印出单印本后，林老立即赐赠给编者，COWI方案刊登于该公司资料。T.Y. Lin International在20世纪60年代中设计美国加利福尼亚

样本收到即较快），足见林老对后辈的关怀。2002年5月林老接受东南大学名誉教授的邀请来南京，编者曾与数位同事去金陵饭店探望，奉赠于2000年中国建筑工业出版社出版的拙编《现代混凝土结构学》（1 047pp, 计160万字），已签好上下款，见面后即

效前辈德国预应力混凝土专家Fritz Leonhardt 教授（1909~1999.12.30）（以下称“莱氏”）赠编者的照片。他立于他设计的PC单柱桥前。后询来东南大学讲课的德国朋友莱氏弟子Prof. H. W. Reinhardt 承告知此桥跨度约为220m。莱氏在照片背面题字复印

99年12月30日逝世），曷胜哀悼。谨成七律，仅叙私交，不及其他，因莱氏在土木工程界的建树为世人所熟知，无须述及。但个人交往不为人知，乃作短序， 2000年2月3日。自1979年与公结识，逾20年矣，其间互赠著作（书和论文）多次。1990年莱氏赠我

）中亦未见记载此桥。在拙编中提与不提，颇为难。估计该桥是当时提出的一个方案，因函询莱氏，迅速获复，亦认为可能系方案，建议向阿根廷桥梁专家Prof. Dr. Pablo M. Micheli询问，并为具函介绍。承米氏寄来1985年建成的该界河桥详细资料，因航运要

更改疑终程，诗著滞邮很奇迟。古喻阐明承谬许，忍悲疾撰忆公辞。13. 矮塔斜拉桥Cable-Stayed Bridge with Low Pylon or Extradosed Cable-Stayed Bridge 这种桥是法国Jacques Mathivat 教授于1988年提出的新结构体系[28]，采用两个参数界定[29]，

还有相当部分荷载由梁的受弯受压来承受，“部分斜拉”即源于斜拉索的斜拉程度。部分斜拉桥的适用跨度在100~300m之间，如主梁采用钢和混凝土组合结构，跨度有望突破400m[30]。部分斜拉桥具有一些特点：①主边跨的比例α接近于连续梁（漳州奋战

为标准强度的0.4~0.45，而部分斜拉桥可用至0.5~0.6，从而减少钢材用量；③主梁抗压刚度大，可采用梁式桥施工方法，而毋须像斜拉桥那样采用大型牵索挂篮，极大地方便了施工；④整体刚度大，变形小，尤其适用于荷载大，标准高的铁路桥梁。部分斜拉

8根，东桥台7根；另有同样直径、长4m的铁锚桩一根，地龙桩埋置在桥台的深度估计有7m多，埋入部分四周用灰浆块石胶固，锚桩横于7或8根地龙桩之下。铁链一端在西岸固定，另一端铁链围绕在东岸2个直径约5.6m圆木棍上，棍上挖有很多交叉洞眼，用木

应力混凝土索板，在柔性程度上，与中国古索桥是大大不同的[31]。图14-1为美国Sacramento河上人行应力板带桥，其净跨度为127.4m（总长137.42m）。（2）分段倒桁架桥 由T. Y. Lin International设计在美国Rio Colorado于1972年建成跨度为148m

-1）[12]，桥长2 460m，宽度达32m的大桥将米洛（Millau）山谷和西南部的塔恩（Tarn）河谷连接起来。桥塔总高达343m。塔恩河谷上方桥面高达270m。整桥的最高桥墩高度达到破纪录的245m。该桥有一个36 000t重的钢制桥面，相当于5个艾菲尔铁塔的

。7个混凝土桥墩和7个临时钢支墩的每个用Enerpac高液压推进设施装备以移动36 000t的钢桥面，这项重量相当5于个艾菲尔铁塔。液压体系设计从两端推动27.3m宽桥面至7个混凝土桥墩上。混凝土桥墩用高强混凝土C60建造，而结构其余混凝土构件则采用C

自世界各地的工程师、建筑师和桥梁专家数百名。引导报告者之一为Foster & Partners 的Alistair Lenczer，Millau桥的建筑师说，他需要提出一个工程师与建筑师在设计这一结构时很好合作实例。回顾历史，他说，铁、随后是钢的发展为桥梁设计开阔了广阔

侧各有一条宽3m的紧急车道，中间突出4.45m以布置并列的斜拉索。箱梁除按传统装配外，另加风筛（wind screen）以限制作用在高架桥上的风速至地上引桥风速值，防止车辆上桥时因风导致桥梁摇摆；安装风嘴（fairing）是希望空气动力气流和美学质量

最长的桥原为美国彭洛特伦湖桥（Pontchatrain Lake）1、2号桥，俱长38.4km，现在已为2000年1月，在泰国曼谷建成的长55km的Bang Na高速公路（B N E）高架桥代替而成为新的世界最长桥纪录（图16-1），获得进入《吉尼斯纪录大全》（Guinnes

，桩的直径为800mm，壁厚120mm，长一般为30m，由两节焊成，桥墩为预制混凝土H形双柱框架，高16m（图16-2）。箱梁块体主要有D2、D3和D6 三种截面，比较轻巧纤细，都已经具有实际应用经验。D6（图16-3）用于主要线路，其截面尺寸为宽27

上部结构设置在门架梁(portal beam) 上，因为34号高速公路的截面必须保持（图16-5），因此需加设总数为180道门架。门架梁刚性固结在主线路门架柱上，而在两端则与外侧柱铰接。最大跨度为27m。梁用匹配浇筑形成具有竖向腹板、体外后张的箱形结构

预制构件产量都是全世界最大的。 预制厂一共要生产40 000件箱梁块体和30 000件其他钢筋混凝土构件，如桥墩、离心桩、路障与匝道工字梁等，预制混凝土总量为1 100 000m3。每月大约生产箱梁块体1 800件，构件堆放场地考虑储存7个星期的产品，占地

工总承包的交钥匙工程，由泰国公司与德国、美国公司组成的合资公司总承包。17. 吉兆桥Jizhao Bridge 吉兆桥是天津市跨越海河的一座斜拉桥，其夜景灯光效果图示于图17-1，日景效果图示于图17-2。它融合了建筑艺术与结构为一体的新的概念设计。采用

主梁内力的作用。四座塔横桥向均位于行车道中间，通过桥塔散开的空间索，分别吊在桥面的中间和两侧支承着桥梁的荷载。因为吉兆桥在海河上的位置尚未最后确定，故该桥尚未建造。18. 异形桥及异形桥塔Special Bridges and Special Pylons 1. 异形桥

-2）。由于在曲线上，斜拉索亦成曲面。⑶ 法国著名结构工程师Eugene Freyssinet获得靠近俄罗斯莫斯科Sereleryany Bar 桥造型的合同，并提供和安装为统一不寻常的结构的72根斜拉索，该桥为具有跨度410m的钢拱，其矢高为102m，它是从Sereleay

定性也不利。常州某桥要求跨越70m运河和40m道路，方案采用两跨拱塔斜拉桥（图18-5）[34]。设计以常规钢管拱和斜拉桥的结构手段，创造出独特的新颖结构。全桥设置两根向外倾斜的钢管拱圈作索塔，在两拱圈间以及拱圈与主梁之间，使用了5片扭曲的

敏半岛的科林西亚湾，是希腊西部新干线和欧洲运输网的一部分。该桥为5跨连续斜拉桥，采用漂浮体系，在主桥两端采用纵向可摆动的钢排架。主桥跨径为286m+3×560m+286m=2 252m，两岸引桥分别为392m（Rion一侧）和239m（Antirion一侧），原计

，竖壁宽度为2.6m，即在梁端，箱形成为封闭的，总宽6.0m，但留有0.8m×1.2m的洞口，即这时梁腹宽为（6-0.8）/2=2.6m。梁内受拉预应力筋共用80束，每束12根的钢绞线，而在梁的顶部，采用96根φ36高强粗钢筋，钢筋用量分别为56.486t及59.82t。

适用于城市多层立交工程和高架桥工程中。这种桥在国外是专利的。尽管如此，采用大量受压预应力筋（用量且超过受拉预应力筋）来提高截面刚度是否合理，还值得进一步探讨。1992年9月编者访问维也纳工业大学时，曾访问过Hans Reiffenstuhl教授，承

实为二市：布达和佩斯由多瑙河分开）参加ACI-RILEM长期观测国际会议时由捷克（当时捷克和斯洛伐克尚合并在一起）老友T. Javor博士、Bratislava（分治后为斯洛伐克首都）工业大学副教授（2004年逝世，英年早逝，惜哉，悲夫！）率领部分与会者至捷

多；最后浇上翼缘和腹板混凝土，即构成预弯预应力混凝土梁。这种预应力梁不需张拉设备和锚具设备，也省去后张法中的管道，如在现场施工，浇混凝土时不需设立模架，具有一定的经济效益。90年代中，重庆交通学院提出采用混凝土梁代替工字钢，采用横

Bridge 这种拱桥主要受力构件为主拱肋、上纵梁及其间的斜撑，适用于中小跨径拱桥。图23-1示江西省永平铜矿中于1984年建成的刚架拱桥，主跨67m，其中设一斜撑，撑梁整结成一体，使拱成为刚度很大刚架拱桥。在江苏于1985-1988年陆续建成国内最大

以刚性的预应力混凝土拉杆（桁架上弦杆）代替斜拉桥的柔性钢索，克服了斜拉桥主索需防护和养护的缺点。T构之间以剪力铰相连，两端以拉压支座支承在桥墩上。桁架总高度18m。每跨由两榀桁架及横梁、T形纵梁和桁架顶横系梁组成。上弦杆截面为矩形，

，上部结构用橡胶盆式支座支承在15个双柱排架上，沿环向柱间较长和较短距离分别为15.25m和7.05m。闭合环板沿环向的厚度为常数，沿横截面方向，每个排架柱间为0.6m；环板从排架柱边各挑出3.0m，厚度横向变化到悬臂边缘的0.2m；柱直径为1.0m[4

要求调整。拱的变形对管线的应力状态将有直接的影响。在较后的一些时间，在施工完成后决定在两拱冠截面内设置千斤顶，使可能对中心线“连续”调整，这对所考虑的结构更为合适。图26-4示II号拱内液压千斤顶的布置（30只在上面，32只在下面）。在I

8年国际桥梁协会（IABSE）①颁发的协会年度大奖（每年一人），中国迄今仅他一人获此殊荣。2005年获得者则为编者好友、印度的R.C.Alimchandani博士。瑞士Gunter桥（图27-2）的优美造型，该桥为预应力混凝土刚性板拱桥，即斜拉索包在预应力混

. 南京长江四桥The 4th Nanjing Yangtze River Bridge 南京长江四桥（图28-1）已于2008年1月6日奠基。它建于距南京长江二桥上游约10km处，为双塔三跨悬索桥，跨度分布为409m+1 418 m+364m，主跨1 418 m。大桥两岸锚碇基础是一个立方体，非

公铁营时建，先后二三桥建成。高速京申铁路线，过江选址建康城。巨龙大胜关前渡，三幅双虹水上生。今日四桥新建设，桥型各异世堪惊。29. 待建的意大利墨西拿海峡桥Italian Messina Strait Bridge to be Constructed 意大利墨西拿海峡（Messina Strait

打进和直接支承在较好的持力层上。但管柱本身系薄壳结构，轻脆尺寸较大，自重又限制其强度不耐重锤击。当遇到厚黏土层或覆盖层很深时，强迫下沉将较困难。空气幕管柱基础箱基本原理和空气幕沉井一样，从预先埋设在管壁内四周的气管中压入高压空

研究开发了预留注浆空腔方式的桩端压力注浆桩后，1987年又开发在桩底设活动式隔离钢板的预留注浆空腔方式的桩端压力注浆桩，1988年徐州市第二建筑设计院在国内首先研制开发出泥浆护壁灌注桩的预留注浆通道方式的桩端压力注浆技术。进入20世纪90

大桥（又称彩虹桥），净跨120m，是一座用钢管混凝土建造的中承式拱桥，于1999年1月4日晚6时50分突然塌落，造成40人死亡，多人受伤的严重后果。调查表明，该工程有多项质量问题，图31-1示断裂的钢管混凝土。在綦江桥上游约40m处重建新桥，长

桥在风中显出振荡的迹象；在建成后的前4个月内，振荡是竖向的，不包含截面的旋转，而且在达到幅值为1.5m往往即衰减下去。继续使用几个月后，随着某些防止加劲梁和跨中主索间相互位移的稳定索断裂，振荡形式突然改变为扭转运动，这时在跨中的两段

由空气动力作用引起的失稳。在塔科马桥灾害后，空气动力学的研究成为所有悬索桥设计过程的一个重要部分。已建成的悬索桥也被进行研究是否会出现动力作用下的失稳。第二次世界大战后重建塔科马峡谷桥，结构体系做了明显的改变，很大程度地提高了抗

索桥，是世界第二长悬索桥，主跨1 650m，第五座为金塘桥，其东通航孔为122m+216m+122m预应力混凝土连续钢拱桥；主通航孔为（77+218）m+620m+（218+77）m钢箱梁、双塔、双索面斜拉桥，两通航孔为87m+156m+77m预应力混凝土连

索的单自由度风雨激励模型。洞庭湖大桥是一座三塔斜拉桥，主桥跨度为130m+310m+310m+ 130m，位于洞庭湖与长江接口处，此处风雨共振时间长，满足发生风雨振的诸多条件。该桥自2000年12月建成通车至2001年5月约半年时间内，发生多次严重风雨

料表明加速度响应降低20~30倍，为大桥全桥（共安装312只）采用磁流变阻尼器提供了科学依据[15]。斜拉桥斜拉索振动机理较为复杂，振动形式较多，除风雨振外，有时还需考虑Karman涡致振动（karman vortes induced vibration），尾流驰振（wake g

具有以下功能：利用先进的传感技术，自动实施监测①：①环境条件和对桥梁的物理及几何状态；②结构状态并对结构的异常反应做出紧急警报；③评估结构的静力和动力安全性、耐久性和使用性，并对结构异常进行识别，为结构的维护管理决策提供依据。对

通下从1960~1984年进行了10~24年（有达27年的）的静力性能观测。我国已进行利用公路现有的SDH通信网络为传输媒介，实现桥梁集群监测系统的远程通信，从而实现同时对不同位置的多座桥梁的运行状态进行远程在线监测的研究[46]。这一系统的传输带

影响到桥的线形而且关系到安装过程中整个结构的安全，必需严格控制。对每一个施工周期的控制阶段（挂拉完一对索），要求测量悬臂端前5对索的索力，与计算值比较，如有差歧，立即对其分析，根据分析结构对索力进行调整，保证当前张拉索索力偏差控制

古桥Ancient and Antique① Bridges in China 我国新石器时代仰韶文化（约在公元前5 000—公元前3 000年）的原始人聚居的重要遗址——西安半坡遗址中，在四周挖掘成宽3~4m、深5~6m的梯形大围沟，以防野兽入侵，人则通过单根树干作成的独木桥

最早见于记载的为晋太康三年（282年）建造的洛阳七里涧旅人桥（石拱桥）。现保存完好的我国最早石砌拱桥为河北赵县安济桥，又名赵州桥②（图1-1）大约在隋开皇十一年至开皇十九年（591—599年）由李春建造，净跨37.02m，矢高7.23m, 宽约10m。

，复锐其前，以分水势，遂开今日“分水金刚墙”（桥墩迎水面带尖端）之先例。后来国内外不少桥墩采用这种先进构造。现存福建泉州石桥安平桥（图1-2）始建于南宋绍兴八年（1138年），原有361个桥墩，总长2 500m，为中国古长桥记录。后由泥砂游

-1368年）、明（1368—1644年）41座和清（1644—1911年）550座。现存最早的石拱桥光相桥则始建于东晋年间（317—419年），传王羲之于桥头题扇而又称题扇桥，桥头立存石碑，编者曾为该桥及石碑拍照；又唐昭宗乾宁年间（894~897）的霸王桥，

工而不是在桥洞内，未构成立交条件。编者已撰文“绍兴八字桥与立交桥”，刊于《中国勘察设计》（月刊），2004（3），pp.26-27，予以澄清。在八字桥南的广陵桥（图2-2），为七折石拱桥，桥南北各设16级和20级石台阶，分别长25.30m和26.30m，

0m和154.00m，在此短短437.00m内就有4座宋桥，可见此处局部古桥分布密度之大[2]。经罗关洲同志考证、量测和分析对比，表明新昌县明迎仙桥（图2-3）（l=14.70m, f=7.10m，明成化年间（1465~1486年）编纂的绍兴县志中已纪录了此桥）和清嵊

es Completed on Yangtze River and Its Branches 至今，在长江及其支流上已建成了40多座大桥，其丰富的结构和造型，构成了一幅波澜壮阔的桥梁展览图，这其中有很多座都是世界纪录. 例如：荆州大桥中简支的预应力混凝土梁桥，南京长江二桥预应力混凝

龙逐浪寻3。电讯频传求画片， 友朋惠赠摸长文4。写成惊感难全述， 伟业宏图世未闻。4.九类桥世界纪录前若干位Some Places in the Front of Worldwide Records in 9 Kinds of Bridges 在表4-1~表4-9中列出9类桥世界纪录前若干位，供参考。5. 19

1961年国际石拱桥纪录为德国于1903—1904年建成的Syratal Plauen石拱桥（图5-2）“tal”在德文中为山谷、峡谷、河谷，“Plauen”为萨克森的小镇。该桥基本为实腹式的，桥冠截面厚1.5m，拱座厚3.4m，系德国朋友Dr. -Ing Klaus Stiglat [他担任

和彩色工程照片，1999、2000年承为印4文。仍由原出版社承印。6. 钢管混凝土拱桥Arch Bridges Constructed of Concrete-Filled Steel Tube 钢管混凝土拱桥是用钢管混凝土构成的。当跨度不大时可为单管，如我国江苏无锡新安北桥、泰州引江桥和浙

我文中称ｃｔａｌｅｔｒｕｂｏｂｅｔｏｎ，在德文中称stahlrohrbeton，在法文中称tube replies en beton，在日文中称钢管**コンクリート**，钢管混凝土拱桥在国际采用亦较普遍，但跨度都不太大，印度不采用钢管混凝土建桥和建造高层建筑，但印度混凝土学

。8. 独塔无背索斜拉桥Single-Pylon Cable-Stayed Bridges without Backstays 世界第一座独塔无背索的斜拉桥Marian（图8-1）[22]，坐落于捷克首都布拉格之北大约100km处乌斯季(ústí)，跨越易北河(Elbe River)上游拉贝河①。Marian市约10万人

Calatrava）设计，位于西班牙塞维利亚（Sevilla）的阿拉米罗桥（图8-2）为无背索独塔斜拉桥[23]，两市分别位于西班牙之东北和西南。我国2000年在哈尔滨太阳岛设计建造了一座斜独塔无背索斜拉桥（图8-3），跨度为140m+60m[24], 2008年2月3

海地区许多城市为软土地基，采用这种有推力的斜靠式拱桥，从经济上和技术上都不是合适的。我国首座大跨度斜靠式拱桥为上海昆山市玉峰大桥，总体布置图如图9-1所示。主桥跨径110m，主拱圈矢跨比为1/5.5，斜拱在拱圈平面内的矢跨比为1/5.4，两拱肋

在房屋建设中，还可以将大厅拱屋盖推力传至两侧屋的横向（钢或钢筋混凝土）刚架或横墙。今因玉峰桥需建造曲线形（平面内）人行观景台，即必需建造斜靠拱桥，则承受主桥拱推力的拉杆只需按斜桥建造前的荷载设计，在斜靠桥建造后的主桥推力将由斜

造了多座双曲石拱三叉和四叉桥，在表11-1中示出5座四叉桥，最大跨度达20m，该表系公司前董事长苏松源教授赐文，附此致谢。从1969—1985年在无锡县共建造了三叉双曲拱桥7座，四叉（又称十字）双曲拱桥多座，一桥跨四岸。在表10-1中列出5座桥。

图11-1）方案，曲线跨度长约400m，中心角45°[5]。为避免设置若干个须承受很大水平地震作用的桥墩（桥墩高约106m），如果设计成直线桥，则两端40°陡壁边坡将须开凿接引隧道，斜拉的弧形桥使接引隧道开凿量减至最少，而利用陡壁斜拉全跨，分散

15. 世界最高混凝土桥墩The Highest Concrete Pier in the World

16. 世界最长的桥The Longest Bridge in the World

23. 刚架拱桥Rigid-Framed Arch Bridge

28. 南京长江四桥The 4th Nanjing Yangtze River Bridge

1. 中国古桥Ancient and Antique Bridges in China

3.长江及其支流上建成桥梁展览Exhabitation of Bridges Completed on Yangtze River and Its Branches

6. 钢

8. 独塔无背索斜拉桥Single-Pylon Cable-Stayed Bridges without

11. 因地制宜设计桥梁Design of Bridge with Local Conditions

单柱桥Bridge Supported on Single Columns

mental Truss Bridge

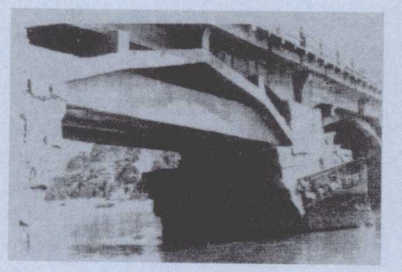

图1-3 江东桥
Fig.1-3 Jiangdong Bridge

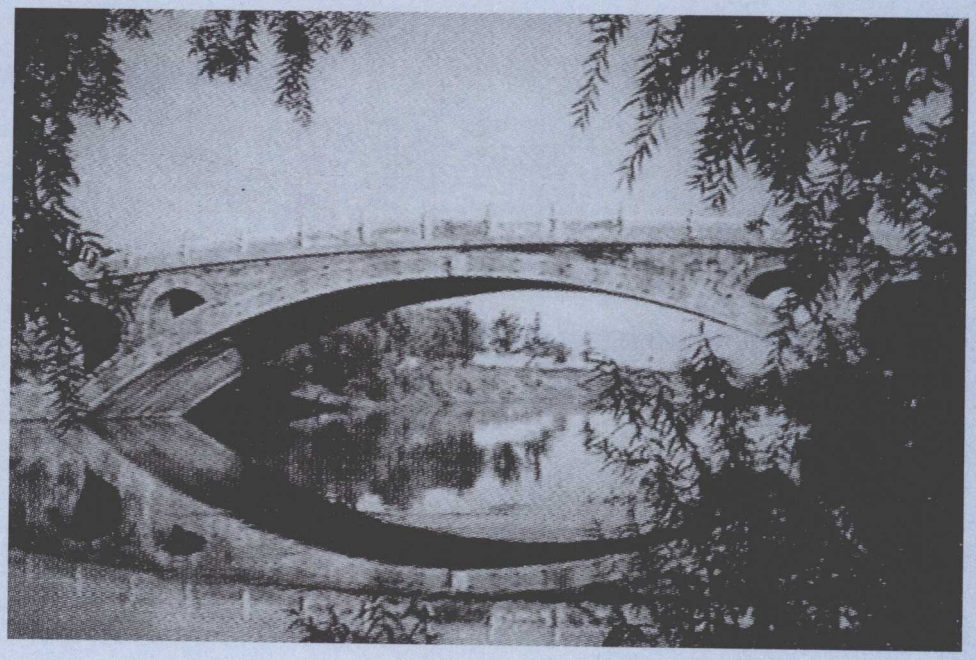

图1-1 赵州桥
Fig.1-1 Zhaozhou Bridge

图1-2(b)

图1-2 安平桥（承王安生教授惠赠）(a)
Fig.1-2 Anping Bridge (courtesy of Prof. Wang Ansheng) (a)

1. 中国古桥

1. Ancient and Antique① Bridges in China

我国新石器时代仰韶文化（约在公元前5 000—公元前3 000年）的原始人聚居的重要遗址——西安半坡遗址中，在四周挖掘成宽3～4m、深5～6m的梯形大围沟，以防野兽入侵，人则通过单根树干做成的独木桥通行，这可能是最原始的桥梁。

至迟在战国时期（公元前475年—公元前210年），我国已正式开始建桥。战国前期智伯家臣豫让以漆涂身，吞炭使哑，暗伏桥下谋刺赵襄子为智伯复仇（赵、韩、魏灭智伯于公元前453年，赵襄子卒于公元前425年，刺赵事当在这段时间的后期），而《庄子》（庄子生活在约公元前369年—公元前286年）“盗跖”篇中，尾生抱桥柱事乃属寓言，且时间较晚[1]。

渭河上、中、下三桥，其中中桥建于秦始皇统一后（公元前221年—公元前210年），为68跨梁桥，用750根木柱建造67个桥墩，每墩11或12根柱，桥宽达13.8m；另二渭桥建于西汉，唐徐坚《初学记》中有“汉作灞桥，以石为梁”[1]。

拱桥最早见于记载的为晋太康三年（282年）建造的洛阳七里涧旅人桥（石拱桥）。现保存完好的我国最早石砌拱桥为河北赵县安济桥，又名赵州桥②（图1-1），大约在隋开皇十一年至开皇十九年（591—599年）由李春建造，净跨37.02m，矢高7.23m，宽约10m。拱上开洞，既可节约材料，又可减轻洪水期的水压力，保证桥的功能。赵州桥无论在材料使用、结构受力、艺术造型和经济上都达到极高的成就，是世界上最早的敞肩式拱桥（open spandrel arch bridge），它早于欧洲同类桥约1 000年。1991年该桥被美国土木工程师学会(ASCE)选为世界第12个土木工程里程碑，这对弘扬我国民族文化有深远意义。ASCE代表与中国土木工程学会代表在桥前举行碑的揭幕仪式，以作纪念。后发现河南小商河桥于隋开皇四年（584年）建造，在漯河市小商河上，桥长约21m，跨度约11m，宽约6.5m，基本完好待修，这样该桥将早于赵州桥7～15年[2]-[4]。

唐武后时，李昭德重修利涉桥，叠石代柱，复锐其前，以分水势，遂开今日“分水金刚墙”（桥墩迎水面带尖端）之先例。后来国内外不少桥墩采用这种先进构造。现存福建泉州石桥安平桥（图1-2）始建于南宋绍兴八年（1138年），原有361个桥墩，总长2 500m，为中国古长桥记录。后由泥沙淤积，淹没桥墩，墩数降至331个，桥长减至2 070m，在这2 070m范围内，桥身下已变成农田。又福建漳州江东桥（图1-3）[1][5]，于南宋嘉熙元年（1237年）由木梁改为石梁，计有15跨，每跨3片石梁，石梁现存5跨，其中最大石梁长23.7m，宽1.7m，高1.9m，重达2 000kN。这样巨大的石梁，在当时没有重型起重设备的条件下，其采运、安装等工作都应是十分艰巨的。

① “Ancient”和“Antique”都表示古代的，但前者的含义为实物已不存在，而后者则仍存在。

② 丁大钧. 墙体改革与可持续发展（附工程彩照30幅）. 北京：机械工业出版社，2005：248

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com