

中国桥梁史纲

项海帆 潘洪萱 张圣城 范立础

编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

中国桥梁史纲

项海帆 潘洪萱 张圣城 范立础

编著



NLIC2970469066



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

本书由上海文化发展基金会图书出版专项基金资助出版

图书在版编目 (CIP) 数据

中国桥梁史纲 / 项海帆等编著. —上海: 同济大学出版社, 2009.9

ISBN 978-7-5608-4125-0

I. 中… II. 项… III. 桥—史料—中国 IV. U44-092

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第125973号

中国桥梁史纲

项海帆 潘洪萱 张圣城 范立础 编著

策划编辑 郭超 责任编辑 江岱 责任校对 杨江淮 装帧设计 厉致谦

出版发行	同济大学出版社 (地址: 上海四平路1239号 邮编 200092 电话 021-65985622)
经 销	全国各地新华书店
印 刷	上海市印刷七厂
开 本	787mm×960mm 1/16
印 张	19.25
印 数	1—4100
字 数	385 000
版 次	2009年9月第1版 2009年9月第1次印刷
书 号	ISBN 978-7-5608-4125-0

定 价 50.00元

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前言

在人类文明的发展史中,桥梁建设占有重要的一页。中国是一个有五千年文明史的伟大国家,长江、黄河和珠江流域孕育了中华民族,创造了灿烂的华夏文化。中国古代桥梁的辉煌成就曾在世界桥梁发展史中占有重要的地位,为世人所公认。18世纪的英国工业革命造就了近代科学技术,19世纪发明的近代炼钢法和作为人造石料的混凝土,使欧美各国相继进入近代桥梁工程的新时期。19世纪中叶爆发的鸦片战争使中国沦为半殖民地半封建的国家,帝国主义列强为掠夺中国的资源在中国修筑铁路、开挖矿山、设立租界,也带来了近代桥梁技术。

1937年建成的钱塘江大桥是第一座由中国工程师主持设计和监造的近代钢桥。新中国成立后,在苏联专家的帮助下修建了武汉长江大桥,并引进了当时的先进桥梁技术。中国在20世纪80年代实行的改革开放迎来了桥梁建设的黄金时期。中国桥梁工程技术人员在学习发达国家现代桥梁创新技术的基础上,通过自主建设实现了中国现代桥梁的崛起和90年代的腾飞,取得了令世人瞩目的进步。可以说,中国桥梁工程技术已走上了复兴的道路,中国正在从桥梁大国向桥梁强国迈进,并有希望在21世纪的自主创新努力中重现辉煌。

2007年是同济大学100周年校庆,同济大学出版社于2006年约我写一本关于中国桥

梁发展历史的书,以教育年轻一代学子了解历史,看清差距,认识不足,从而提高通过创新实现超越的决心和勇气,为使中国在21世纪从桥梁大国走向桥梁强国贡献力量。这也是我们在史书中加入第四篇“中国桥梁的未来”的原因。为此,我约请了五五届同窗好友范立础院士,五七届学兄、原上海财经大学党委书记潘洪萱教授和五八届学弟、原河南省交通厅副厅长张圣城教授级高级工程师分工编写此书。我们一起讨论确定了编写大纲,由潘洪萱撰写第一篇中国古代桥梁,张圣城撰写第二篇中国近代桥梁,项海帆撰写第三篇中国现代桥梁,项海帆、范立础合作撰写第四篇中国桥梁的未来,最后由项海帆负责全书的统稿。

本书定名为《中国桥梁史纲》,旨在用较小的篇幅,集中介绍自公元前21世纪的夏朝直至21世纪四千多年间中国桥梁从古代、近代到现代的发展史,并列重要的人物和具有代表性的里程碑工程,以描绘出中国桥梁的历史纲要和主要骨架,希望对桥梁专业的学子和桥梁界的同仁有所启迪和鼓舞,为中国桥梁的未来贡献力量。书中的不当之处望不吝指正。

项海帆

2008年3月

目 录

0	前言
1	第一篇 中国古代桥梁（前2070—公元1840）
2	第1章 概论
2	1.1 追古溯源
5	1.2 古代桥梁的演进阶段、特点及其种类
10	1.3 中外古代桥梁的比较与交流
13	第2章 夏、商、西周（前2070—前771）
13	2.1 夏朝
14	2.2 商朝
16	2.3 西周
18	第3章 春秋、战国、秦（前770—前206）
19	3.1 春秋
22	3.2 战国
28	3.3 秦朝
31	第4章 西汉、东汉、三国（前206—公元280）
32	4.1 梁桥
35	4.2 索（吊）桥
39	4.3 浮桥
41	4.4 拱桥
44	第5章 晋、隋、唐（265—907）
44	5.1 晋朝
46	5.2 隋朝
51	5.3 唐朝
58	第6章 北宋与南宋（960—1279）
60	6.1 伸臂木梁桥与木梁石墩屋桥（廊桥）
62	6.2 石梁（板）石墩（柱）桥
66	6.3 浮桥
70	6.4 索桥
71	6.5 木拱桥
75	6.6 石拱桥
78	第7章 元、明、清（1279—1840）

目
录
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200

79	7.1	索桥
81	7.2	浮桥
83	7.3	托木石梁桥
83	7.4	风雨桥
85	7.5	拱桥
88	7.6	园林桥梁
93		参考文献

95 第二篇 中国近代桥梁 (1840—1949)

96	第8章	概论
101	第9章	铁路桥梁
101	9.1	清末
112	9.2	民国
125	第10章	公路桥梁
125	10.1	概述
128	10.2	石拱桥
128	10.3	木桥
133	10.4	钢筋混凝土桥
134	10.5	钢桥
139	第11章	城市桥梁
139	11.1	概述
140	11.2	上海市桥梁
145	11.3	天津市桥梁
153	11.4	其他城市桥梁
159		参考文献

161 第三篇 中国现代桥梁 (1949—2007)

162	第12章	概论
167	第13章	新中国建设初期 (1949—1960)
167	13.1	长江第一桥——武汉长江大桥的建设
170	13.2	预应力技术的引进
171	13.3	拱桥和索桥的建设

目
录
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200

175	13.4	城市立交桥建设的起步
176	第14章	经济困难时期（1960—1966）
176	14.1	圯工拱桥的发展
177	14.2	双曲拱桥的兴起
179	14.3	钻孔灌注桩的诞生
180	14.4	南京长江大桥的自主建设
181	14.5	现代桥梁技术的学习和引进
184	第15章	“文革”灾难时期（1966—1976）
184	15.1	梁式桥
184	15.2	桁架拱桥
187	15.3	刚架拱桥
187	15.4	现代斜拉桥的试建
189	15.5	重庆长江大桥——最大跨度的预应力混凝土梁式桥
190	第16章	改革开放初期（1976—1990）
190	16.1	斜拉桥的推广
193	16.2	连续梁桥的建设高潮
195	16.3	斜拉桥的第二次浪潮
199	16.4	国外20世纪六七十年代先进桥梁技术的引进
200	16.5	城市立交桥建设
204	16.6	中国大跨度桥梁自主建设的道路——上海南浦大桥建设
207	第17章	中国现代桥梁的崛起——经济起飞时期（1990—2000）
207	17.1	大跨度斜拉桥的发展
210	17.2	现代悬索桥的兴起
213	17.3	钢管混凝土拱桥的异军突起
215	17.4	连续刚构桥的推广
218	17.5	矮塔和多塔斜拉桥的尝试
223	第18章	21世纪初期的中国桥梁（2000—2007）
223	18.1	超大跨度斜拉桥和悬索桥的建设
228	18.2	超大跨度钢拱桥的建设
232	18.3	跨海工程建设的起步
241	18.4	境外公司的参与和合作
243		参考文献
245	第四篇	中国桥梁的未来
246	第19章	中国桥梁建设的成就和不足
246	19.1	中国桥梁建设成就的回顾

247	19.2	中国桥梁建设中存在的问题
249	19.3	中国桥梁发展的误区
251	19.4	几点建议
253	第20章	中国桥梁的风险控制
253	20.1	引言
254	20.2	桥梁工程设计的新理念
257	20.3	规范、规程、指南、标准
258	20.4	风险评估与保险
259	20.5	可持续桥梁工程 and 全寿命设计
264	第21章	中国桥梁的耐久性
264	21.1	引言
265	21.2	工地现浇混凝土的耐久性
266	21.3	正交异性钢桥面板的耐久性
267	21.4	中国桥梁的全寿命检测和养护对策
269	第22章	走自主创新的强国之路
269	22.1	引言
269	22.2	中国的出路在创新
271	22.3	创新必须站在巨人的肩膀上
272	22.4	中国要加强自主创新
272	22.5	桥梁工程的自主创新
273	22.6	如何评价桥梁的创新成果?
275	22.7	走向桥梁强国之路
279	第23章	改革工程教育, 培育创新人才
279	23.1	引言
280	23.2	中国工程教育的现状
282	23.3	现代桥梁工程教育的理念
285	23.4	桥梁工程教育改革的几点建议
286	第24章	21世纪中国桥梁科技的发展之路
286	24.1	知识经济时代的桥梁
287	24.2	现代桥梁工程的未来
288	24.3	中国桥梁发展的战略思考
294	24.4	结束语
295		参考文献
297		后记

第一篇 中国古代桥梁（前2070—公元1840）

概论 / 夏、商、西周 / 春秋、战国、秦 / 西汉、东汉、三国 /
晋、隋、唐 / 北宋与南宋 / 元、明、清

第1章 概论
1.1 远古溯源
中国最早的桥梁何时建造？位于何地？是什么样子？一直是人们探求的问题。早在新石器早期（距今10000~7000年），农耕聚落就已形成。据多处考古正式挖掘发现，聚落有居住区、窑场和墓地三类遗存。居住区位于中央位置，外环以深沟，防止野兽侵扰及其他部落入侵，深沟上该有桥梁式的跨空构件。因此，从众多的考古材料及丰硕的多方研究成果可以推断出，桥梁应该出现于新石器时代中晚期（距今7000~4000年）。人类经过集群，原始村落已经形成，母系氏族进入繁荣阶段，桥梁是人类到了氏族社会的一个必然需求。原始人类为了改善或争夺生存条件与空间，在黄河、长江流域的广大地域上，曾发生过无数次的暴力冲突。例如，陕西西安半坡村新石器时代遗址等仰韶文化村落遗址周围发现的防卫沟，就是这类武力冲突具有一定规模时的实物遗址。这一深、宽各有5~6米的大围沟，即可防范其他部落入侵，亦可防凶兽侵扰。陕西临潼姜寨遗址（前4800—前4300）展现了居住区设防状况。村寨居住区约1.6万平方米，呈椭圆形。村寨外围一侧

第1章 概论

桥梁是人类文明的产物，是人类社会进步与发展的一个重要标志。在人类最基本的生活需求——衣食住行中，桥梁是为人类的“行”服务的。从古到今，桥与人们的生活、生产紧密相依，息息相关，还与战争、宗教、戏剧、民俗等有着千丝万缕的关系。从它诞生的那一天起，就默默地为公众服务着。

桥梁是跨河越谷的人工构造物，是架空的路，让行人、车辆、渠道、管线等安全通过。增强桥梁的跨越能力，以克服江河湖海、深谷陡崖、断层软基、风雪雨及地震等险境始终是桥梁建设者不断追求的目标。

1.1 远古溯源

中国最早的桥梁何时建造？位于何地？是什么样子？一直是人们探求的问题。早在新石器早期（距今10000~7000年），农耕聚落就已形成。据多处考古正式挖掘发现，

聚落有居住区、窑场和墓地三类遗存。居住区位于中央位置，外环以深沟，防止野兽侵扰及其他部落入侵，深沟上该有桥梁式的跨空构件。因此，从众多的考古材料及丰硕的多方研究成果可以推断出，桥梁应该出现于新石器时代中晚期（距今7000~4000年）。人类经过集群，原始村落已经形成，母系氏族进入繁荣阶段，桥梁是人类到了氏族社会的一个必然需求。

原始人类为了改善或争夺生存条件与空间，在黄河、长江流域的广大地域上，曾发生过无数次的暴力冲突。例如，陕西西安半坡村新石器时代遗址等仰韶文化村落遗址周围发现的防卫沟，就是这类武力冲突具有一定规模时的实物遗址。这一深、宽各有5~6米的大围沟，即可防范其他部落入侵，亦可防凶兽侵扰。陕西临潼姜寨遗址（前4800—前4300）展现了居住区设防状况。村寨居住区约1.6万平方米，呈椭圆形。村寨外围一侧

中国
历史
地理
知识
问答
1000
例
中国
历史
地理
知识
问答
1000
例

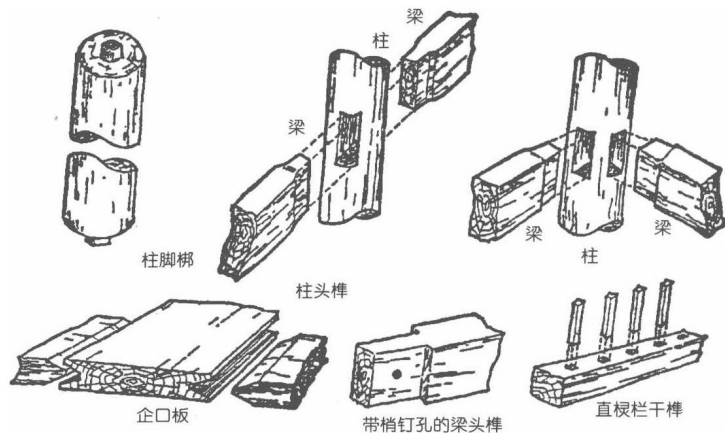


图1-1 河姆渡的榫卯

临河，东、南、北三面以宽、深各约2米的壕沟围绕。从壕沟中的炭化木柱判断，壕沟内侧当建有木桩和树条编成的栅栏或围墙。此外，壕沟内侧每隔一定距离还建有一座哨所。为便于村寨人员的出入，沟上或河上势必必有桥，极可能是拼木为梁的活动木桥。被称为华夏第一村的内蒙古自治区赤峰市敖汉旗兴隆洼遗址古村落距今8000年左右，经1983—1993年6次大规模考古发掘，发现半地穴式房址170余座，窖穴400余座，居室墓葬30余座，房址成排分布，次序井然。居住区外围环绕一道椭圆形的围壕，壕上应有桥。

距今7000年左右的长江下游是沼泽水网地区，为了种植水稻等禾谷植物，也曾进行过筑堤、挖井等水利工程活动。近年在太湖流域杭州湾附近的新石器时代早期遗址——萧山跨湖桥，考古最新发现：“早在7700年前，当时的人类已经知道利用烧荒筑坝的方式，营造适合种植水稻的土地环境。”水

太多了，在坝下挖孔泄水，坝下开洞就成为“梁”，“堤梁一说”也可能由此而来。

距今7000年左右人们已能用自己的双手来建造房子。巢居与穴居是原始建筑发生的两大渊源，故《孟子·滕文公》说：“上者为巢，下者为营窟。”1973年浙江余姚河姆渡母系氏族聚落遗址（距今有7300~5600年）及稍后的江苏常州圩墩新石器时代遗址、浙江桐乡罗家角遗址等地均出土了大量建造干阑式建筑的各种榫卯（图1-1）以及带榫眼的桩木、木插销、较粗的Y杈形木件等；还出土了加工木构件的石斧、石楔、石砬、骨凿等工具；从一座迄今所知最早的木构水井遗存中发现，方井框的构造等用了榫卯相接。

河姆渡遗址和罗家角遗址出土的木构件都发现有采用火烤的迹象，圩墩遗址出土的木器也多有烤、烘的痕迹。凡经过这种干燥处理的木构件，至今还是十分坚硬、尖利的。遗址

中国
历史
地理
知识
问答
1000
例
中国
历史
地理
知识
问答
1000
例

出土的针、锥、矛类小件是十分锋利的工具，不仅可以戳穿皮革，甚至可以作为雕刻工具。

综合考古材料可以发现，江南古村落大致有两种类型：一类是台地建筑，如江苏张家港的东山村遗址（有4万平方米），择高处而不遭涝，旁水洼而不受旱；另一类是沿河建筑，如江苏吴江的龙南遗址（有4万平方米），以河道为中轴，房址分布于两岸，岸边还筑有埠头及护房堤坝，还有护岸木桩。这些古村落中的居民，无论与外界或村落内相互联系，都必须在河流、水道上架设桥梁。

综上所述，有大量需求，有随处可得的树木，有可加工木材的石、木、骨工具，有已趋成熟的榫卯结构，有大量为建房、挖井、打桩、立柱的经验，建造木梁桥已不在话下，早期的木梁木柱桥均采用榫卯结构即是佐证。

据道路史研究结果，在新石器时代晚期，中国就有记载使役牛马为人类运输而形成的驮运道。相传，中华民族的人文始祖黄帝发明了车轮，并以“横木为轩，直木为辕”制造了车辆，继而产生了行道，故尊称黄帝为“轩辕氏”。《史鉴节要》记有：“黄帝轩辕，始制衣服，作为舟车，以通川陆。”《史记·五帝本纪》也有“披山通道，未尝宁居”的记载。一般而言，筑路中必定会建桥。

新石器时代晚期，进入三皇五帝为代表的“英雄时代”以后，开始出现原始设防城堡，而且随着时间的推移，其数目日益增

多，遍布长江、黄河两大流域及内蒙古地区，已发现的较早的土筑或石筑围墙多在长江中游和内蒙古长城地带。在今两湖地区，已发现江陵阴湘城、荆门马家垸、天门石家河、石首走马岭、澧县城头山等五处屈家岭文化的古城址。

迄今为止，我国已发现了60多个史前古城，面积一般为10万~20万平方米，面积超过百万平方米的有湖北天门、山西南部的陶古城。2007年11月发现的5000年前的良渚古城，面积达290多万平方米，呈圆角长方形。从山东和河南发现的新石器时代晚期的城址，大多数平面呈方形（长方形或正方形），后来也以方形为基本模式，或许与中国人古老的“天圆地方”观念有着某种联系。史前古城大部分有护城河与防御壕沟。如湖南澧县城头山古城城外有一条宽30~50米、深约4米的护城河；黄河下游邹平县丁公村龙山文化遗址，城外有一道宽20米、深3米以上的壕沟围绕宽达20米的城垣。

城邑的雏形出现，标志着人类聚居规模跨出了一大步，这是由蒙昧、野蛮向古文明的过渡，是人类发展史上的一次飞跃。这些古城的护城河、防御壕沟上必定要建桥梁。具有筑城技术的人们，能建造城门等建筑物，造桥是不会有太大困难的。

支撑史前聚落（从原始村落到古城邑）出现与发展的物质基础是原始农业，这是新石器时代区别于旧石器时代的主要标志。作为新石器时代晚期的代表作，黑陶质地坚硬，陶色纯正，有的薄如蛋壳，厚度仅有

0.3毫米，是当时的优质人工材料。在晚期，已有少数家族脱离农业而专业从事手工业劳作，手工业逐步演化成独立的生产部门。从黄河中下游诸文化遗址及长江流域的良渚文化区，都发现有人工开凿的水井，应是从事手工业者的杰作。凿井技术的发明，使农业聚落分布不再受缘河而居的限制，扩展了先民活动的空间，增加了聚落的稳定性。频繁的人来人往，频发的部落争斗，道路自然就会出现，桥梁就从保护氏族到服务交往中逐步诞生。

总之，在新石器时代的中晚期，人类聚居已遍及黄河、长江流域与北京、内蒙、山东、云南等地，群落规模日益扩大，原始城镇已经出现；农业日趋成熟，猪、马、牛、羊、鸡、犬六畜齐全，家畜数量已成为财富的标志；手工业已萌发，榫卯结构被普遍应用，土堤（城垣）、水井、独木舟等已在多处被发现，对木、石、土等天然材料的加工技能已初步具备。而当时人类无论从生活、农业生产、防御以及战争各方面都迫切需要跨河、越谷、过沟而建造桥梁。既有需要，又有可能，中国桥梁在新石器时代中晚期出现是理所当然的，虽然迄今尚未有考古挖掘的实证。

1.2 古代桥梁的演进阶段、特点及其种类

1.2.1 古桥演进的六个阶段

根据国家“夏商周断代工程”的研究成果，我们把夏至西周共1230年的时期作

为古桥的**始创阶段**。这一时期是中国奴隶制社会产生、发展并孕育着危机的时期，也是古代中国文明开化时代的开端。商代开始了发达的青铜时代。当时，由于建造都城、军事运输、农业水利等的需要，桥梁技术有了很大的提高，出现了多跨木梁木柱桥、浮桥、城门悬桥、水闸桥。原始社会中出现的堤梁式踏步桥与独木、骈木梁桥已属常见。那时，在甲骨文中就有或（砮）字以及（桥、虹）字出现。

第二阶段是**发展阶段**。时间在东周（春秋）、战国至秦朝，共564年。在这个时期中，奴隶制社会逐渐向封建社会过渡，中国社会也从王权国家走向中央集权制的封建帝国。科学技术发展出现了第一次高峰，工、商、士、农社会人士诞生了，良匠、良工受到尊重。铁器取代了铜器，标志生产力取得突飞猛进的发展。战争成了时代的主题。各诸侯国从过去争奴隶、分胜负进入抢地盘、夺资源、争人才的战争，成为推动社会发展的强大动力。这个时期，索桥这一新的结构诞生了；像中渭桥那样的多跨木梁木柱长桥建成了，城市桥群成都七星桥出现了；栈道这一多种类型的木梁木柱式的特殊桥梁被广为建造；随着大型水利工程的修建，大量的石梁石墩桥及水闸桥被建造；在黄河上造起了长年使用的蒲津浮桥，诞生了复道、园林桥梁，并出现了浮桥及木石梁桥的文字记载。在战国已有了石质拱墓，加上可锻铸铁（即韧性铸铁）的诞生，这就为创建铁索桥与石拱桥打下了基础。

第三阶段是**成熟阶段**。时间在两汉，共487年。当时中国是世界上经济、文化、科学技术发达的国家之一，铁器极盛时代已到，并传授世界。木梁木柱已遍布全国各地，京城大型的木梁木柱骆驼虹桥有3座，大型石梁石墩桥开始建造；随着“丝绸之路”的正式形成，索桥在西南、西北地区被广泛建造，并把建索桥技术传到中亚、西亚各国；随着造船业的发达，高大楼船在中原、安徽与广东出现，浮桥在全国各地修建，并首次在长江上造浮桥。自新莽通子午栈道后，东汉期间屡修栈阁，留下了珍贵的栈道石刻。特别是木拱、石拱桥的诞生，使梁、索、浮、拱四种基本桥型都已齐全，并出现了专门从事交通建设的队伍。

第四阶段是**鼎盛阶段**。时间在晋、隋、唐时期，共687年。这个时期是中国极为昌盛辉煌的时代，有名可考的中小城市就有315个，人口超过7万户的城市达30个；唐长安城人口有百万之众，其中外国人就有10万，是当时唯一的国际大都会，唐大明宫遗址面积是现今北京故宫的4倍。唐代东都洛阳就有桥梁30余座。晋朝创建了架在黄河上的伸臂木梁桥。隋朝创建了40余孔、全长400米的石拱联拱桥和敞肩拱的赵州桥，成了划时代的绝唱，产生了李春等大匠师。唐代对秦汉三渭桥均整理重建，对从关中到汉中的四条秦汉栈道进行了维护与全面改造，在木梁木柱桥上出现了最大倾角为 10° 的斜桩，还出现了薄墩、薄拱的驼峰式石拱桥与椭圆形石拱，对蒲津浮桥的改建更是达到了空前

绝后的地步，大明宫太液池中的园林廊桥与佛寺、书院前的理念性桥梁均属首创。隋朝建了2座，唐代建了11座国家级桥梁，它们由水部郎中主持修建与日后管理，其下还有津令、典正、录事等官员负责。总之，这一时期在石拱桥、木梁木柱桥、浮桥建造方面达到了顶峰，反映出鼎盛阶段的特征。

第五阶段是**全盛阶段**。时间主要在两宋时期，共372年。此时，科学技术上有了四大发明，在土木工程领域诞生了木工喻皓写成的《木经》三卷与李诫编写的《营造法式》。在桥梁建设上继承前朝，进入全国南北同时展开和大规模进行的时期，出现桥梁早期设计图样及建造试验模型。在石拱桥方面虽未达到隋朝的水平，但也产生了观音桥与卢沟桥那样的佳构。而在修建临海大型石梁石墩桥、创建贯木拱桥及多跨索桥上均独树一帜。创建了石梁石墩桥与浮桥相结合的启闭活动式的广济桥。在梁、索、浮、拱各类桥构上均有建树，进入全盛时期。

第六阶段是**迟滞阶段**。由于缺乏科学理论的指导，经验难以发展成为科学，又无新材料（19世纪初才开始使用熟铁建造桥梁）、新技术的支撑，难以进入近代桥梁时代，时间在元、明、清，共631年。这个阶段古代桥梁的构造类型已经齐备。虽然建造、修复、改造了数十万座桥梁，可是在桥的结构与施工技术方面基本上还是传承过去，少有建树。建不起桥的地方，采用摆渡、建造浮桥来维持交通，乃至早期公路还是尽量利用原来的驿道和古桥，特别是石拱

中国古桥

桥；铁路也是利用古石拱桥或运用建古石拱桥技术，多建石拱。在江南地区，多跨石拱桥中薄墩的建造、单边推力墩（制动墩）的出现、桥墩的干砌法、尖拱与压拱技术的运用、铁索桥铁索的锚固等均有所发展，有些创新。这一时期，在古桥梁文化上则有较大的发展，如园林桥梁、湘桂山间风雨花桥等，在石拱、石梁石柱上桥联也有所出现，等等。

古代桥梁主要是凭经验，以土、木、石等天然材料为主，运用石、木、骨、竹到铜制再到铁制的简单工具，通过实践建造起来，演进缓慢。从利用自然形成的桥梁到人为建造桥梁；从建造临时性桥到半永久性桥梁，再到永久性桥梁；从无到有，从小到大，从短到长；从能用实用为主兼顾经济，再到实用与经济并重兼顾美观，中国古代的桥梁建造就是这样一步一步走过来的。尤其像赵州桥的建造，在实用、经济、美观三方面更是达到了高度的统一，成为中国古代石拱桥的顶峰。

从四种桥梁结构的基本形式诞生的时间来说，依次是木、石梁桥，浮桥，索桥，最后是拱桥。

1.2.2 古桥的种类、形式和功能

中国古代曾因地制宜、就地取材建造了木桥、石桥、砖桥、藤桥和竹桥，还建有罕见的铁桥、土桥、苇桥、冰桥和盐桥（即青海察尔汗湖上的盐路基）。

古桥的形式多样、灵活多变、功能齐全。

下面以15种独特的且尚存的古桥为例。虽然有部分实例建于近代，但其形式、材料与建造技术依旧沿袭古代的桥梁，因此，在本书中仍将它们作为古代桥梁的代表。

1) 桥与水闸结合

如福建莆田木兰陂的回澜桥以及始建于唐的浙江绍兴三江闸桥。

2) 桥作为承重结构

在桥上建造建筑物，如：

（1）在桥上建殿或庙，建戏台。如福建永安市青水乡清雍正（1723—1735）时的古戏台，建在长22米的永宁（石拱）桥上。

（2）在桥上建屋开店，建亭观景、赋诗作文。

（3）梯桥，靠斜梯悬屋于湖水之上（东汉时桥墓石浮雕）。

（4）桥上长城。位于山海关东北20公里处的长城名叫“九门口”，城墙建在9座拱形桥上，跨越九江河。

（5）水城门。

3) 十字形、Y形桥梁

4) 栈道（栈阁）

一种桥式山区道路。

5) 纤道桥

世界上独有，如浙江绍兴纤道桥，俗称百孔官塘、铁链桥。

6) 阁道与复道

堪称现代天桥的鼻祖。如建于辽代（916—1125）的山西大同华严寺的天宫楼阁，阁左右两边建弧形飞桥，作为复道。

7) 渡桥或水桥

中国古桥

现称渡槽，如始建于金代（1115—1234）的山西洪洞县的惠远桥。

8) 立体交叉桥

河北满城县南关外的古通济桥，桥上下都可通“舆”。

9) 可启闭的活动桥梁

(1) 浮桥与梁桥相结合的广东潮州广济桥。

(2) 秦始皇时的“机发之桥”，企图用它谋杀燕国太子丹。

(3) 历代的城门前护城河上的吊桥。

10) 园林中的桥梁

11) 桥与水利设置结合

如江苏吴江的垂虹桥，元泰定（1324—1327）时，在桥中垂虹亭下大桥墩左右墙上设两块水测碑，长期记录太湖全流域洪水的变化情况。

12) 私家桥梁的暖桥

13) 起理念性作用的桥梁

(1) 北京天桥，专供皇帝到天坛祀天时用。

(2) 皇宫中的金水桥。

(3) 孔庙、孔府前及书院门前的泮桥，俗称状元桥。

(4) 庙、寺门前或殿前的桥梁。

(5) 棺槨前的桥梁。

(6) 苗、侗族寨前为保住寨中财富不随水外流以及田间地头的风雨桥，有些民族还有祀桥的风俗。

14) 海中栈桥

如始建于清光绪十六年（1890），长400

余米、宽8米的青岛栈桥，曾称作“前海栈桥”和“大码头”等，属于早期的海上码头。

15) 供当地民众节日娱乐、赶集用的桥梁

如西南少数民族集聚区的花桥。

1.2.3 古代桥梁的特点

古代桥梁从它出现的第一天起就具有民众公用、公有的社会性，即便人类进入有阶级存在的私有制社会后，这一属性也没有根本改变。几千年来，社会上都有爱桥护路的风尚，都公认“修桥铺路”是为民众造福的善举。因此，“桥梁道路，王政之一端”是王朝、官吏治国爱民的体现，是乡官士绅造福故里、留名于世的美差，是和尚、僧侣广结善缘、济世渡人的举动，是官吏、乡民个人积德添寿的义举。

古代桥梁的修建，分为皇朝直接掌管、地方负责和乡里自理的三级管理。地方桥梁修建有官方助资、地方助资、地方士绅督办、地方募捐集资（其中和尚僧侣作用突出）、全部民建等几种方式。

中国的社会生活起源于黄河及长江流域，逐步向周围扩展延伸，地区发展极不平衡，加上各地的自然条件和风土民俗、民众性格的不同，中国古桥的地区和民族特点鲜明。黄河两岸，自黄帝、尧、舜以来是王朝都城、诸侯首府众多的地方，这里物资运输频繁，人员交往多赖骡马大车、手推板车，以桥面弯曲如虹的木梁柱桥和平坦宏伟的石拱桥和石梁桥居多；东南水乡，河道纵横，

湖沼棋布，运输以舟船为主，所以遍布着如驼峰般隆起的石拱桥和高低相配的石梁桥；西北和西南，峰峦层叠，谷深崖陡，水流湍急，难以砌筑桥墩，故多用藤、竹、木等材料建造的索桥和伸臂木梁桥；闽中南、粤东等地，质地坚硬的花岗石满山遍野，因而历代所建石梁、石拱桥比比皆是，而索桥从未有过；云南傣族等地区，竹林繁茂，随处可见独具一格的竹笆桥、竹梁、竹吊桥。从风格上看，北方以及南方山区的多跨石拱桥，桥墩粗犷稳重，俗称厚墩；江南水乡的多孔石拱桥桥墩纤细轻盈，俗称薄墩。两种不同风格的桥墩，折射出北方民众厚朴朴实和江南民众机智、灵巧的性格。

各式古桥均是从大量实践中诞生的，又经过不断失败与成功，总结出经验，并一代一代通过口授身教传递下去。几千年来的建桥中，未经勘察，没有图纸，全凭匠师。直到今天，一些山区仍是如此。如浙江泰顺最后一位木拱廊桥师傅已是84岁高龄，大家正担心后继无人。

至迟到宋代，在较宽的江河上，建造半永久性或永久性桥梁之前，一般都会先建造浮桥，以摸清水情、岸情、船情，成了一条不成文的规矩。由于木排墩受不住洪水、冰凌的冲击，后多改为石墩。石墩还要锐其尖，尖墩上安置角铁式“斩龙剑”；再到墩前设置防撞结构物，近现代还在用。千余年中，出于增加桥梁跨度和保证安全的考虑，桥墩形式从上大下小，改进为垂直的，又改进为下大上小（一些地区用过马蹄形、马鞍

形）。条石桥墩不断加强块石之间的联系，采用腰铁，浇灌铁汁、糯米，榫槽相接、养殖牡蛎等方法，以加强桥墩的整体坚固性。

中国古桥有自己独特的艺术风格，但匠师并不一味追求风格的独特性，而首先注重艺术服从并服务于功能，包括防卫、商业、拉纤、收费等附属功能；其次是追求桥梁的形态与周围环境相协调，从不喧宾夺主。在中后期古桥建筑中，造桥者努力实现技术与艺术的浑然融合，构造与形式的统一，努力使桥梁的内在美和外形美得到统一。

1.2.4 古代桥梁的单跨最大跨径

历朝历代一直为提高桥梁的跨越能力而奋斗。跨越能力中单跨跨径大小是最主要的衡量标准。不同结构及不同材料的古代桥梁，单跨最大跨径是不同的。其中，石梁桥、石板桥、单向和双向伸臂木梁桥、竹与铁索桥、木与石拱桥的跨径均居世界同类古桥之首。

表1-1 中国古代桥梁单跨的最大跨径

梁桥	木梁：9~10米； 石梁：23.7米； (虎渡桥，实测22米) 三边形石梁：14米； 竹梁：6~8米； 铁梁：3~4米	木板：4米； 石板：12米； 单向伸臂木梁：33米； 双向伸臂木梁：60米； 斜撑式木桥：60米
	吊桥 竹索桥：140米	铁索桥：142米 (清代168米)
拱桥	木拱桥：39.7米 (实测42米)	石拱桥：37.02米 (赵州桥)

表1-1中，石板桥是四川雅安市荥经县安静乡的四孔石板桥，建于1872年。该桥全