

高等学校教学用书

桥 梁

长沙铁道学院桥梁教研组主编

人 民 铁 道 出 版 社

高等学校教学用书¹⁰⁰

桥 梁

長沙铁道学院桥梁教研組主編

人 民 鐵 道 出 版 社

一九六二年·北京

本书經铁道部教材編审委员会推荐作为高等学校教学用书，适用于铁道建筑专业及铁道桥梁与隧道专业（隧道专门化）。

本书内容主要取材于高等学校教科书“桥梁設計及运用”和“桥梁建造及修复”，包括緒論，木桥、石桥、鋼筋混凝土桥、涵洞及鋼桥的設计、建造、运用及修复。

本书主編单位：長沙铁道学院桥梁教研組

参加編写单位：長沙铁道学院桥梁教研組（第一、二、五、六篇）

唐山铁道学院桥梁教研組（緒論，第三、四篇）

参加定稿人員：王承胤、徐名樞、蘇思昊

謝幼潛、姜昭恒、袁伯永

高等学校教学用书

桥 梁

長沙铁道学院桥梁教研組主編

人民铁道出版社出版

（北京市霞公府 17 号）

北京市书刊出版业营业許可証出字第 010 号

新华书店北京发行所发行

京华印书局印

书号 1856 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $19 \frac{1}{4}$ 插頁 6 字数 527 千

1962 年 4 月第 1 版

1962 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

印数 0,001—1,620 册 定价(10) 2.75 元

目 录

緒論.....	1
§ 1 桥梁的基本型式.....	1
§ 2 我国桥梁建筑的发展簡史.....	3
§ 3 桥梁在我国交通运输事业中的意义.....	10
§ 4 桥梁設計概說.....	12
§ 5 淨空.....	13
§ 6 荷載.....	14
§ 7 桥梁結構的計算.....	17

第一篇 木 桥

第一章 铁路木桥的构造.....	19
§ 1-1 小跨度铁路木桥.....	19
§ 1-2 大跨度铁路木桥.....	26
§ 1-3 破冰体.....	30
第二章 铁路木桥的设计与計算.....	31
§ 2-1 木桥方案的編制.....	31
§ 2-2 木桥計算总說.....	32
§ 2-3 小跨度铁路木桥計算.....	33
第三章 公路木桥.....	36
§ 3-1 公路木桥构造概說.....	36
§ 3-2 公路木桥計算概說.....	39
第四章 木桥的建造.....	40
§ 4-1 备料和防腐.....	40
§ 4-2 构架式木桥的建造.....	42
§ 4-3 木籠式墩台的建造.....	43

第二篇 石 桥

第五章 石桥的构造.....	44
§ 5-1 石桥的适用范围.....	44
§ 5-2 石桥的构造.....	44
§ 5-3 石桥桥跨結構的其它型式.....	54
第六章 石桥的设计与計算.....	55
§ 6-1 石桥設計方案的編制与比較.....	55
§ 6-2 石桥的詳細計算.....	60
第七章 石拱桥的建造.....	68
§ 7-1 拱架型式的选择.....	68
§ 7-2 拱圈放样.....	68
§ 7-3 拱石备料.....	71
§ 7-4 石料运输.....	72

§ 7-5 拱圈的砌筑	72
§ 7-6 拱上结构的砌筑	75
§ 7-7 石拱桥的养护与拱架的拆除	75

第三篇 钢筋混凝土桥

第八章 普通钢筋混凝土简支梁的构造	76
§ 8-1 普通钢筋混凝土铁路简支梁桥概述	76
§ 8-2 装配式钢筋混凝土桥梁的特点	79
§ 8-3 装配式钢筋混凝土铁路简支梁的构造示例	81
§ 8-4 普通钢筋混凝土公路简支梁的构造	87
第九章 普通钢筋混凝土连续梁桥、悬臂梁桥和刚架桥	90
§ 9-1 连续梁桥	90
§ 9-2 悬臂梁桥	92
§ 9-3 刚架桥	93
第十章 钢筋混凝土梁桥的墩台和支座的构造	95
§ 10-1 钢筋混凝土梁桥的墩台	95
§ 10-2 钢筋混凝土梁桥的支座的构造	101
第十一章 普通钢筋混凝土梁桥的设计与计算	103
§ 11-1 普通钢筋混凝土铁路梁桥主要尺寸的拟定	103
§ 11-2 普通钢筋混凝土铁路梁式桥跨结构的计算	106
§ 11-3 支座及铰的计算	112
§ 11-4 梁桥墩台的计算	113
第十二章 预应力钢筋混凝土梁桥	115
§ 12-1 预应力钢筋混凝土梁桥的构造	115
§ 12-2 预应力钢筋混凝土梁桥跨结构的设计和计算	123
第十三章 钢筋混凝土拱桥	133
§ 13-1 简单拱桥	134
§ 13-2 下承式和中承式拱桥	140
§ 13-3 联合系拱桥	142
§ 13-4 拱桥的装配式构造	144
§ 13-5 钢筋混凝土拱桥的墩台	146
§ 13-6 钢筋混凝土拱桥主要尺寸的拟定	148
§ 13-7 钢筋混凝土拱桥的计算	150
第十四章 钢筋混凝土桥及桥梁墩台的建造	154
§ 14-1 桥梁墩台建造	154
§ 14-2 钢筋混凝土梁桥的脚手架	159
§ 14-3 钢筋混凝土拱桥的拱架	162
§ 14-4 脚手架与拱架的设计	168
§ 14-5 脚手架及拱架的制造与安装	171
§ 14-6 钢筋混凝土桥跨的灌注	172
§ 14-7 脚手架及拱架的拆除	175
§ 14-8 装配式钢筋混凝土桥的安装	176

第四篇 涵 洞

第十五章 涵洞	182
---------	-----

§ 15-1 涵洞的构造	182
§ 15-2 涵洞的设计与计算	197

第五篇 鋼 桥

第十六章 鋼桥概述	201
§ 16-1 鋼桥的特点、主要类型及其应用范围	201
§ 16-2 鋼桥所用的材料	202
§ 16-3 鋼桥桥面	203
§ 16-4 鋼桥跨结构制造工艺简介	204
第十七章 鉚梁桥	208
§ 17-1 铁路鉚梁桥概述	208
§ 17-2 上承鉚梁桥的組成及构造实例	208
§ 17-3 下承鉚梁桥及結合梁桥简介	211
§ 17-4 鉚梁桥跨主要尺寸的拟訂和鉚梁桥标准設計	213
第十八章 鉚接簡支鋼桁架桥的构造	214
§ 18-1 桁架桥概述	214
§ 18-2 桥面系	215
§ 18-3 主桁架	218
§ 18-4 联结系	223
§ 18-5 拼接和节点	225
§ 18-6 鋼桥支座	230
§ 18-7 檢查设备	234
第十九章 鉚接簡支桁架桥的计算	234
§ 19-1 鋼桥跨结构計算原理	234
§ 19-2 桥面系的計算	237
§ 19-3 主桁架的計算	238
§ 19-4 联结系的計算	246
§ 19-5 鉚釘連接的計算	248
§ 19-6 挠度、上弯度、横向刚度和横向稳定的計算	248
§ 19-7 支座的計算	250
第二十章 焊接铁路桥	251
§ 20-1 焊接铁路桥概述	251
§ 20-2 全焊鉚梁桥构造特点	252
§ 20-3 鉚焊桁架桥构造特点	253
§ 20-4 全焊桁架桥构造特点	253
§ 20-5 焊接桥計算特点	257
第二十一章 連續梁桥、悬臂梁桥及拱桥的基本概念	258
§ 21-1 連續梁桥构造特点及应用	258
§ 21-2 悬臂梁桥构造特点及应用	260
§ 21-3 鋼拱桥构造特点及应用	260
第二十二章 鋼桥安装	262
§ 22-1 鋼桥安装概述	262
§ 22-2 在滿布脚手架上拼装鋼梁	264
§ 22-3 用半悬臂法和悬臂法拼装鋼梁	265

§ 22-4 鋼梁拖拉架設法	267
§ 22-5 鋼梁浮运架設法	271

第六篇 桥梁涵洞的修复及桥梁涵洞的运用

第二十三章 桥梁涵洞修复	273
§ 23-1 概述	273
§ 23-2 桥梁涵洞的搶修	273
§ 23-3 桥梁涵洞临时修复	274
§ 23-4 用于临时修复的桥跨结构	276
§ 23-5 用于临时修复的墩台	280
§ 23-6 桥梁基本修复在設計和施工方面的特点	281
第二十四章 桥梁涵洞的运用	282
§ 24-1 桥涵运用概述	282
§ 24-2 我国現行的桥涵檢查制度	282
§ 24-3 洪水与流冰的宣泄及桥涵的防护	283
§ 24-4 铁路桥面的維修	285
§ 24-5 木桥的維修	285
§ 24-6 鋼桥的維修	287
§ 24-7 鋼梁檢定簡說	288
§ 24-8 鋼梁的加固	290
§ 24-9 墩台的維修和加固	291
§ 24-10 石桥及钢筋混凝土桥維修	292
§ 24-11 桥梁試驗的概念	293

附 录

I. 拱桥通航淨空尺度的暫行規定	295
II. 铁路桥梁各部位的高度	295
III. 铁路桥涵設計豎向活載的等級	296
IV. 铁路桥涵計算外力的可能組合情况	296
V. 铁路桥跨結構每立方米混凝土中鋼筋含量的平均值	297
VI. 預应力鋼筋混凝土肋式桥跨結構主要技术特征	297
VII. 普通鋼筋混凝土肋式桥跨結構主要技术特征	298
VIII. 1. 万能脚手架零件規格	298
2. 万能脚手架杆件的截面和荷載能力	299
IX. 双臂构架式架桥机主要尺寸及性能	300
X. 常用結構鋼的化学成分	302
XI. 常用結構鋼的机械性能最低值	302
XII. 关于鋼桥桥跨結構杆件最大长細比的規定	302
XIII. 鉸梁桥标准設計主要性质表	302
XIV. 桁架桥标准設計主要性质表	303
XV. 木束梁各項技术指标	304
XVI. 不同組合束軌梁适用跨度表	305

緒 論

§1 桥梁的基本型式

当线路与河流、干沟、深谷、已成道路等相交时，为使线路能够通过这些障碍，一般要修建跨河桥、高架桥、跨线桥和栈桥。而当水流量较小时(例如，流量小于 $10 \sim 100 \text{ m}^3/\text{sec}$)，也可以用涵洞。涵洞与小桥的区别，主要在于其顶上有填土，且跨度较小(小于 6m)。此外，还可以采用明渠、倒虹吸管和透水路堤。

跨河桥所跨越的可以是通航的或不通航的河流，这种桥的长度和桥面的标高每每是由放过洪水和通航净空的要求来决定的。跨谷桥又叫高架桥，所跨越的常是平时无水或水流量很小的水流，它的长度和桥面标高不常是由排泄洪水的要求，而是由技术经济条件来决定的。栈桥系供升高道路至周围地面以上之用，其所跨越的空间常须留供其他用途。例如，用于城市中高架道路的栈桥，在工厂区域内供工厂运输用的栈桥，用作大桥的桥头引道的栈桥等。它所用的墩台常是成排的柱或桩。跨线桥所跨越的可以是铁路、公路或人行道等。

从构造上来看，以上四种桥是相似的。他们均是由下列二部分组成：

1) 桥跨结构(或称上部结构)：用来跨越空间的建筑物，就叫桥跨结构。后文每简称之为桥跨。

2) 墩和台(或称下部结构)：用来支承桥跨结构的就是墩和台。桥墩是指桥的中間支承，桥台是指靠边的(和路堤相接的)支承。墩台一般是用圬工(石或混凝土)；但也可以用木材或金属杆件。在用圬工时，它常常做成整体的。用后者时，它便是用杆件组成的(因为木材和钢材常是杆状)。

从这些桥的主要受力构件的图式的力学性质来讲，它们又可以分为下列几种：

1) 梁式桥(见图1)：在梁式桥，当荷载为竖直时，两端的反力也是竖直的。

2) 拱桥(见图2)：推力式拱桥^①，

当荷载竖直时，两端不仅有竖直反力，还有水平反力。一般称水平反力为“拱端推力”。桥跨的主要承载部分是拱肋，拱圈或拱桁架。它具有谐调和顺的曲线外形，主要是承受压力，但也受挠曲。

3) 刚架桥(见图3)：刚架桥的桥跨结构与墩台结构连成一个整体，也就是说，桥跨结构和墩台结构是用刚性接头连接起来的。

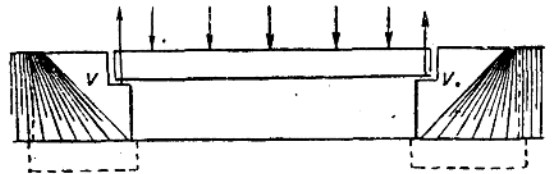


图1 梁式桥图式

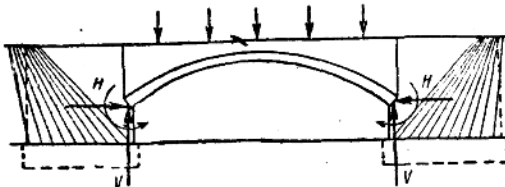


图2 拱桥图式

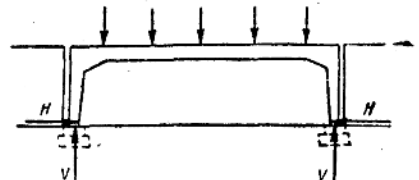


图3 刚架桥图式

4) 悬桥(见图4)：悬桥所受的荷载通过桥面系等而传给缆索，缆索支承于两端墩台的

① 带有系杆的拱桥例外，拱端推力由系杆承受，墩台上的反力也是竖直的。

塔上，纜索之兩端則必須有可靠的錨固。纜索、塔和錨固這三個構件可說是懸橋的最主要的構件。懸橋和拱橋一樣，豎直荷載不只引起豎直反力，而且还引起水平反力。因此，懸橋也屬於“推力式”結構。但水平反力的方向與拱橋恰好相反，拱橋的拱肋(或拱圈)主要是受壓，而懸橋的纜索則完全是受拉。為了減小懸橋在豎向荷載作用下的撓度，常設有加勁桁架或加勁梁；從靜力性質來看，這種體系的懸橋是聯合系橋。

懸橋的剛度較差，現今標準軌距的鐵路很難採用。

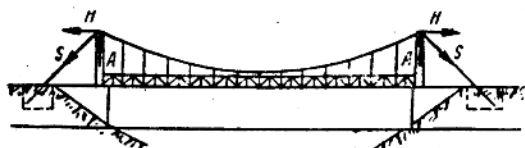


圖 4 懸橋圖式

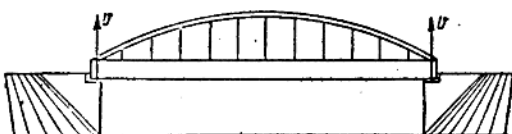


圖 5 聯合系橋圖式

5) 聯合系橋：聯合系橋同時用着數種體系特性的主要受力部分，它們互相聯系并彼此配合，共同作用。圖 5 表示一跨由梁和拱聯合起來的聯合系橋。在荷載作用下，梁和拱共同作用，它們各自承受一部分荷載。

從橋上線路的性質來分類，橋又可以分為鐵路橋、公路橋、鐵路公路兩用橋、城市橋、人行橋等。鐵路橋還可以按橋上線路的數目來分，有單線橋和雙線橋等。

從橋跨結構的建築材料來分類，橋可以分為木橋、石橋、鋼筋混凝土橋、鋼橋和結合梁橋(讓鋼筋混凝土橋面版和鋼梁共同作用的一種橋，詳後)。對於本課程的學習而言，採用這一種分類是便利的。

從橋跨結構的軸線和它所跨越的河流或線路的交角而言，橋可以分為正交橋(交角是九十度)和斜交橋(交角不是九十度)兩種類型。

從橋面位置來講，橋可以分成上承式橋(橋面在橋跨結構的頂上)和下承式橋(橋面位於桁梁和拱之間并靠近橋跨結構之下緣)。倘若同一橋跨之內，部分橋面是上承式的，部分橋面是下承式的，則也有時稱它為中承式橋。

從橋梁長度來講，孔徑小於 20 米的稱為小橋，在 20~60 米之間叫中橋，在 60~300 米之間的叫大橋，超過 300 米的叫特大橋(孔徑的算法見圖 15)。

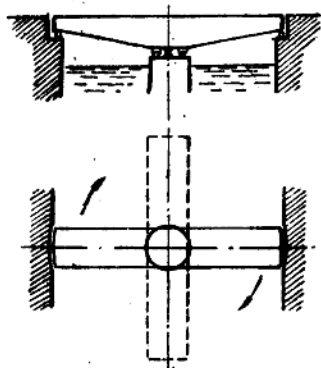


圖 6 平轉橋圖式

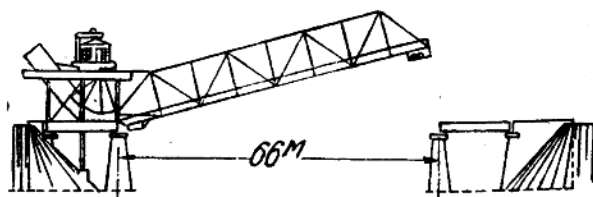


圖 7 立轉橋圖式

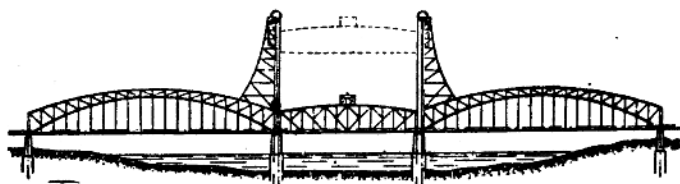


圖 8 升降橋圖式

以上所講的是固定式橋。此外，還有浮橋和活動橋。活動橋又可以分為三種：平轉橋(圖 6)，立轉橋(圖 7)，升降橋(圖 8)。活動橋常被叫做“開合橋”，多用在河流之下游，兩岸地勢不高，填筑高路堤則造價太高，交通又并不十分繁重之處。這時橋面和路堤標高均可取得較低，橋下所留的通航高度較小；當較高的船駛過橋下時，橋跨就應該及時開啟。

§2 我国桥梁建筑的发展简史

一、我国的古代桥梁

我国是一个有着悠久历史的文明古国。早在夏、商时代，我们的祖先就在和自然界的斗争中积累了丰富的劳动经验，可惜大多是师徒口传面授，古籍中极少记载以至失传甚多。桥梁是一国文化的特征之一。随着生产力的发展以及奴隶制社会的形成，人与人之间，氏族和社会之间的产品交换显得十分需要，加之战争连连，修路筑桥就成为极关重要的事了。自有史以来，我国建筑桥梁数逾万千，而历代桥工巨匠所累积的建桥经验更是丰富，但有关建桥工程技术记载的专门书籍却是寥寥无几，以致桥梁始于何时，颇难考定，加之，秦始皇焚书坑儒，秦以前的桥梁形式，已不可考。考工典拾遗记有：“舜命禹（公元前2286年）疏川奠岳，济巨海，鼉鼉以为梁。”竹书纪年：“周穆王三十七年（公元前965年）伐楚，大起九师，东至九江，架鼉鼉以为梁。”此即证明，由舜至周一千余年，我国已能用大小礮石聚集水中积水为梁。由此可见当时中国已有堤梁式石桥了。早在诗经里就有“维鹈在梁，不濡其翼”、“亲迎于渭，造舟为梁”等记载，段注说文释“梁”字：“用木跨水，则今之桥也”。初学记：“凡桥有木梁石梁舟梁谓浮桥，即诗所谓造舟为梁者也。周文王造舟于渭，秦公子鍼奔晋，造舟于河。”可见我国浮桥出现极早，而西周与春秋时期，人们已能修建最古式的梁桥——独木桥了。

众所周知，我国秦代的冶铁事业已有了一定程度的发展。象当时的邯郸、宛和棠溪都是以铁器著名的。因此，我国也是世界上最早用铁作为承重结构的国家。据水经注记载：“渭水东分二水……又东南合为一水，……逕两石人北。秦始皇造桥，铁链重不胜……”可见远在秦始皇时（公元前246至210年）即已用铁作成简单的桥墩。初学记云：“秦都咸阳（公元前221年），渭水贯都，造渭桥及横桥南渡长乐宫，汉作便桥，以趋茂陵，并跨渭水，以木为梁，汉又作霸桥，以石为梁。”这是有古籍可考的我国简支石梁桥的最早记录。三辅旧事：“横桥架长安北二里横门外，秦始皇造，汉承秦制，长三百八十步，六十八间，七百五十柱，二百二十梁，号曰石柱桥……。”这是我国石柱桥的最早记录。

到了汉代，铁结构已发展为较复杂的形式，出现了铁链桥（或称铁索桥）。据小方壶斋舆地丛钞云南略考记载：“景东厅治有兰津桥，为本省第一桥梁，两堤峭壁竦立，俯映滄江，而飞泉急峡，复磴危峰，森罗上下，以铁为锁，系南北为桥，为汉明帝建。”因此，我国至晚在汉明帝时（公元465~472年）就已会造铁链桥了。而西欧国家到了17世纪才将铁用于房屋结构，18世纪才用于桥梁结构。很明显，悬索桥在世界桥梁史上当首推我国发明最早。汉、唐时期，我国与当时的西方天竺（在今印度境内）等国宗教往来甚多，途中历经许多深谷、急流，不易立柱作墩，于是发明了悬索桥（包括竹、藤或铁的独索及多索的悬桥）。据洛阳伽蓝记卷五记载：“神龟元年十一月冬，太后遣崇立寺比丘惠生向西域取经，……从鉢卢勒国向烏場国，铁锁为桥，悬虚为渡，下不见底，旁无挽捉，候忽之间，投軀万仞，是以行者望风谢路耳。十二月初入烏場国，北接葱岭，南连天竺，……。”这说明我国在北魏孝明帝神龟2年时（公元519年），即已用铁链桥跨过险峻的道路通至其他国家了。

西晋时期，约公元282年时在洛阳就有了石砌拱桥。水经谷水注：“桥去洛阳宫六七里，悉用大石，下圆以通水，可受大舫过也，题其上云太康三年（公元282年）十一月初就功，日用七万五千人，至四月末止……。”但此桥是否为最早的石拱桥，恐尚有疑问，因几十年前曾发现一座战国时代（公元前250多年）的韩君墓，墓门有石拱，较洛阳石拱桥早五六百年修建。此外，大约公元270年时在孟津县黄河上即出现了浮桥。东晋时期，约公元410年时在甘肃导河县就有了悬臂桥。可见我们的祖先是十分勤劳、智慧而又勇于创造新事物的。

到了唐代，石墩的构造有了很大的改进。旧唐书：“初都城……有中桥及利涉桥，上元二年（公元675年）司农卿韦宏璠移中桥，南当长夏门，都人甚以为便，因废利涉桥，所省万计，然岁为洛水冲注，常劳治葺，李德昭创意积石为脚，锐其前以分水势，自是竟无漂损。”

是謂中桥移动后，常遭洛水冲刷，屢修屢毀，因此，李德昭改建桥墩结构，将桥墩作成尖形，以减少冲刷，此为石桥尖墩的最早记录。后唐时(公元923~936年)，出现了多跨铁链桥。据黔书记载：“唐明皇作桥于蒲坂夏阳津，鑄铁牛八，植柱纜二十四，連鎖十二，山架八，牧人八，于中流分立，享然如虹霓之状，称奇絕焉。”由此足証在唐明帝时(公元926~933年)，铁链的数目已经增多，而且桥跨较长，因此以“铁牛”作为锚定铁链的基础，而以“山架”立于水流中，形成多跨的悬索桥。

在宋代(公元960~1280年)出现了以铁为柱的铁木混合结构。据浮梁县志记载：“桥在浮梁东五十里灣，宋时里人臧洪，范铁柱十二，架木为桥，至宋末毁于兵燹。”公元1257年左右修建的泉州盘光桥，“长四百余丈，寬一丈六尺”(見泉州府志)，也很惊人。

綜上所述，可見我国文化悠久，河流众多，桥梁也特别多。单就苏州一个县而言，在清代初年，就有397座桥梁(見“江南府县志”)。据说仅石桥一項，几千年来，全国大約建造了

四百万座。然而，我国桥梁的特点，不仅在于数量而且还在于质量。这首先表现在规模的宏伟(例如，秦始皇时所造的西安中渭桥、宋时的泉州盘光桥)，其次表现在种类繁多，有各种材料造成的各式各样的桥(例如，梁式桥、拱桥、四川木里自治区的悬臂桥、四川都江堰的竹索

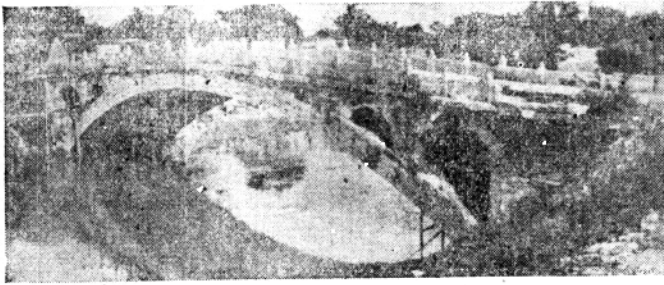


图9 河北赵州安济桥

悬桥 贵州盘江的铁索悬桥、孟津县的黄河浮桥、广东潮州的湘子桥——中間有一段可以开合的浮桥)。在我国古代桥梁中，近代桥梁的主要型式几乎都包括无遗了。这里值得指出我国素負盛名的三大名桥。

赵州安济桥(巨匠李春建桥于隋代，公元605~616年)为单孔弧形石拱，跨度达37.47m，拱圈之上，每边設了两个小拱，靠桥墩的两个小拱，淨跨较大，平均計4m，近桥中央的两个小拱，淨跨平均2.75m。桥寬約9.6m。全桥以28道独立拱圈并列砌置而成。这是我国现存古代石拱桥中最老并为当时跨度最大的一座石拱桥，其构造拱上加拱，实为世界敞肩拱桥的首創。拱圈上的四个小拱不仅可以过水，而且还減輕了桥身的自重。这是个最经济、适用而又美观的型式，用途最广，但迄至19世紀中叶，才盛行于欧洲，和赵州安济桥修建时期相比，竟晚了1200多年。

泉州万安桥(又名洛阳桥，见图10)跨洛阳江，跨江处，中有一小島，江流分为二。北岸筑有桥堤，桥由堤接出，計有41孔；石桥跨小島后，繼續南展，計7孔；共48孔全长540m，达于南岸。桥墩相当庞大，两端筑成尖形，以杀水势。桥墩是用条石垒砌的，石条排列简单，施工可以快速，蔡襄巧妙地利用了水生物牡蠣的硬壳使桥墩石与石間联結得更为牢固。所以宋史有这样的記載：“种蠣于础以为固，至今賴焉”。此桥始建于北宋皇祐五年(公元1053年)，嘉祐四年(公元1059年)竣工。可見九百余年前，我国就已采用了“筏型基础”。这是我国建桥工程中的又一重大发明，也是世界“筏型基础”的开端。

潮州广济桥(又称湘子桥)横跨韓江，东西两岸各建一段大石桥，中以浮桥相連，可开可合，以适应水陆交通之需要(见图11)。桥居閩浙百粵交通要冲，为我国唯一特殊构造的开关活动式大石桥。此桥創建于公元1169年(南宋)，修建历时数十年。全长517.95m，計20个桥墩，19孔，各孔跨度不一。东岸部分計12孔，东桥台1个，桥墩12个，除靠东岸第一孔为石拱桥外，其余11孔均为A字木架梁木面桥，共长283.4m，寬約5m。西岸部分計7孔8墩(原为十墩九孔，現淤沒两墩两孔)，共长137.3m，寬約5m。中流部分，长97.3

m, 以木制浮船 18 只, 用鋼纜联系, 船上鋪設木板作为桥面, 連接东西两部的石桥, 以維持两岸間之交通。所有桥墩均用韓山大青麻条石砌置。明吳兴祚重建广济桥記: “……中流急湍, 深莫能測, 于东西尽处立磯, 磯各納級二十有四以升降, 絙浮舟以通之, 桥之制未有也。”由此足以証明当时施工的困难, 工程的艰巨, 誠非一般桥梁工程所可比拟的。尤其可贵的是, 此桥独創一格, 为世界开关活动式桥梁的先导。

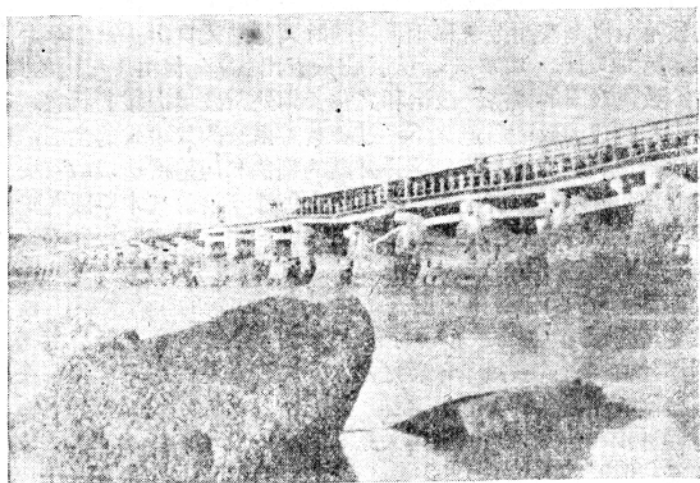


图 10 福建泉州洛阳桥

我国桥梁有着极为优良的傳統。許多古代桥梁均经历了岁月的考驗。到处可以看到几百年前修造的桥梁, 甚至有将近千年历史的泉州洛阳桥和一千三百多年历史的河北赵州桥, 直到今天还在繼續为人民服务, 未曾中断。这和我国許多桥工巨匠的苦心钻研是分不开的。众所周知, 我国石拱桥素負盛名, 不仅多系就地取材, 建筑宏伟美观, 就以現代力学分析的观点而言, 拱桥在石料的使用上也是最为合理, 最为經濟的結構型式。尤其当載重均匀, 靜載重超过了动載重时, 每块拱石都受到压力, 这就充分发挥了石料耐压的特性。这說明我国劳动祖先

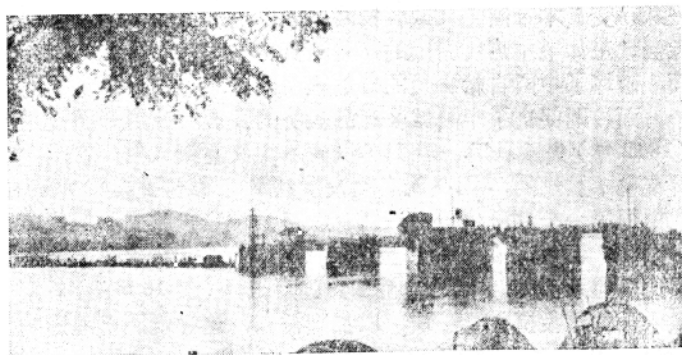


图 11 广东潮州湘子桥

在生产实践中用心良苦, 他們已完全熟曉石材的机械性能了。难怪美国某些桥梁专家也曾說过: “赵州桥輕巧的构造, 使聞名于世界的羅馬帝国时代的石桥, 看起来更觉臃肿了”。

举凡长江大河, 桥基难修之处, 多造浮桥。我国最大的两条河流——黄河与长江, 在当年的技术条件下, 是无法造桥的。黄河有流冰之患, 长江則是水势过深修柱修墩均极其困难, 且江面又寬, 古式索桥也不可能。但据历史記載, 在古代的黄河、长江上却修过好几座浮桥(例如, 黄河上的蒲津桥, 晋杜預所建的河阳浮桥——又名孟津桥, 长江上的安徽省当涂县的采石磯桥等)。而橫跨韓江的潮州湘子桥更因“中流惊湍尤深, 不可为墩”, 始創設开关活动式桥, 不仅便利水陆交通, 对于防止水患也有很大意义。

索桥在世界桥梁史上首推我国发明最早。綜觀我国古代索桥均架立于夹谷之上, 两岸山崖陡峭, 水深流急, 不易立柱作墩。我国的劳动祖先因地制宜所創設的桥式——索桥, 就以現代桥梁建筑的观点而論, 其智慧也是足令后人惊服的。

綜上所述, 可以看出我国古代的桥工巨匠当时虽不了解現代的桥梁理論, 但是他們都从总结实践經驗的过程中創造出各种各样的結構型式。特别是在修理桥梁时, 他們从损坏的状

况，理出结构中的强点和弱点之所在，因此整理出一套經驗法則，以逐步改进設計。这是我国桥梁建筑的优良傳統，它已成为傳留后世的寶貴遺產。从桥梁建筑中，可以看到“中华民族不但以刻苦耐勞著称于世，同时又是酷愛自由、富于革命傳統的民族”(見毛澤东选集第二卷第 617 頁，1952 年，人民出版社出版)。但由于中国的封建制度一直延續了三千年左右，致使我国的經濟、政治和文化长期处于发展迟緩的状态。我国历代的农民在封建的經濟剝削和封建的政治压迫之下，过着貧穷困苦的奴隶式的生活，他們沒有人身的自由，沒有任何政治权利。“地主階級这样殘酷的剝削和压迫所造成的农民的極端的穷苦和落后，就是中国社会几千年在經濟上和社会生活上停滯不前的基本原因”(見毛澤东选集第二卷第 619 頁，1952 年，人民出版社出版)。在封建社会中，只有农民和手工业工人是創造財富和創造文化的基本的階級。中国历史上的农民起义和农民战争的規模，是世界历史上所罕見的。正如毛主席所說：“由于当时还没有新的生产力和新的生产关系，没有新的階級力量，没有先进的政党，因而这种农民起义和农民战争得不到如同現在所有的无产階級和共产党的正确領導，这样就使当时的农民革命总是陷于失敗，总是在革命中和革命后被地主和貴族利用了去，当作他們改朝換代的工具。这样，就在每一次大規模的农民革命斗争停息以后，虽然社会多少有些进步，但是封建的經濟关系和封建的政治制度，基本上依然繼續下来”(見毛澤东选集第二卷，619~620 頁，1952 年，人民出版社出版)。这就使得我国桥梁建筑事业也相应地处于长期停滯的状态以致近一百多年来大大落后于当时西欧的資本主义国家，而我国劳动人民的智慧与才华却得不到最低限度的發揮。

二、鴉片战争至全国解放前的桥梁建筑

1840 年鴉片战争以后，我国一步步地变成了一个半殖民地半封建的社会。自从 1931 年九一八事变日本帝国主义武装侵略中国以后，我国又变成了一个殖民地、半殖民地和半封建的社会。正如毛主席所指出的，外国資本主义对于中国的社会經濟起了很大的分解作用，一方面，破坏了中國自給自足的自然經濟的基础，破坏了城市的手工业和农民的家庭手工业；另一方面，則促进了中国城乡商品經濟的发展。我国开始使用近代的金属结构，是在鴉片战争(1842 年)失敗以后，当时外国資本主义逐漸入侵；帝国主义对中国人民的掠夺，是連穷乡僻壤也不放过的，因此就必须发展铁路，修建桥梁，从而在中国开始出现了鋼桥。1886 年，中国第一个铁路公司——开平铁路公司宣告成立。但修路筑桥，多靠外債，大权旁落，标准杂乱。例如，由荣澤口至广武山的黄河桥(共 102 孔，全长 3010 m，系单軌桥)，就是由法比公司承造的。他們把桥基修建得很淺(仅 16 m 深)质量也很差，以致使用若干年后每逢洪水，均需投擲大量石块，以加固桥基，这样就严重地影响了桥梁的正常运营。国民党反动政府于 1930 年請教了美国桥梁专家华德尔，結論是“不能使用，須另建新桥”。1946 年又委托美国馬力生公司設計新桥，实质上是騙去了設計費而沒有得到任何結果。(1950 年，經苏联专家建議，对此桥进行了加固，大大提高了行車速度。这座桥至今仍在繼續服务。)

此外，由灤口至鵠山的黄河桥(計 12 孔，全长 1255.2 m)也是由德国孟阿恩公司承造的；于 1909 年开工，1912 年 11 月告成。全桥中有悬臂桁架三孔，两边錨定跨为 128.1 m，中間悬臂和悬跨共 164.7 m，为我国最长的桥跨。但悬臂梁构造复杂，制造架設費工。中孔长达 164.7 m，也完全没有必要，无謂的多为帝国主义国家推銷了许多鋼材。1928 年 5 月 1 日，此桥因战争被炸毀。1929 年准备修复，孟阿恩公司索价旧币 40 万元，后由中国工程师修复，完工后全部費用不过旧币 8 万多元。这件事充分証明了帝国主义向中国的敲詐勒索，也說明了我国工程师是有能力担任起艰巨的工程任务的。

再拿由我国工程师自己設計的錢塘江桥來說，虽当时曾有人想說服國內銀行財閥投資，自行設計和修建，但因受到中英銀行公司的干涉，以致鋼梁和机器均系外国进口，而且主要的桥墩和架桥工程都是由外商承包的。錢塘江桥建于 1934 年 11 月 11 日至 1937 年 9 月 25 日。桥长 1400 m，正桥 16 孔，用鉗鋼构成。上层为双車道的公路，下层为单軌铁路，为我国第一座双层桥。該桥設計也有缺点，主要是因为采用簡支桁架，跨度不能太长(66 m)，致

使桥墩加多，加之桥基很深，施工遇到不少困难。此外，杆件截面也嫌复杂。

自外国入侵以来，由于反动政府的腐败，我国工程界很难有机会真正修建一座大桥。但这决不表示我国桥梁界的无能。例如，抗日时期的柳江鋼軌桥（建于1939年10月至1940年12月），原設計用鋼桁架10孔，不久因广州淪陷，鋼桁架无法运来。我国工程师乃利用自邻路拆来的旧鋼梁及鋼軌制成30m的双柱桁架18孔，全桥长581.56m。另用12~85磅旧鋼軌制成塔架5座，排架12扇，作为桥墩。我国工程人员利用旧料，能設計并制造出如此创造性的美观结构，是值得特别提出的。可惜該桥在1944年冬日寇侵入湘桂时，已遭炸毁。

随着外国的入侵，我国沿海港埠和内地重鎮都先后成为通商口岸，各地古老的城市漸漸形成近代規模，鋼桥也随之出現在城市中。例如，天津的金鋼桥及解放桥；上海的外白渡桥、浙江路桥及新開桥；广州的珠江桥；宁波的老江桥；南昌的章江桥；兰州北門外的黄河桥等。

从上述桥梁建筑的情况看来，完全可以看出，帝国主义列强侵入中国的目的，决不是要把封建的中国变成資本主义的中国。它們的目的恰恰相反，而是要把中国变成它們的半殖民地和殖民地。它們向中国发动多次的侵略战争；强迫中国訂立了許多不平等条约；它們控制了中国一切重要的通商口岸；划定租界；操纵了中国的海关和对外贸易；控制了中国的交通事业，把中国变成它們的工业品的市場；帝国主义列强还在中国經營了許多輕、重工业，对中国的民族工业进行直接的經濟压迫，直接地阻碍中国生产力的发展。它們在中国開設銀行，壟斷了中国的金融和財政，在金融上、財政上扼住了中国的咽喉。帝国主义列强从中国的通商都市直至乡村小邑，造成了一个买办的和商业高利貸的剝削网，并使中国的买办阶级、封建地主阶级变为它們統治中国的支柱。帝国主义列强还千方百计地鎮压了中国人民，造成了中国軍閥的混战。与此同时，它們还推行文化侵略政策，企图造就服从它們的知識分子并愚弄广大的中国人民。1931年九一八事变，日本帝国主义更使中国的大块土地淪为它的殖民地了。

上述这一切，正是帝国主义把一个独立的中国变成一个半殖民地和殖民地的中国的血迹斑斑的图画。中国人民的貧困和不自由的程度，是举世少見的。我国的生产力受到了扼制，桥梁建筑事业也和其他事业一样，到处都留下了帝国主义掠夺的烙印。中国人民，百年以来，特别是近卅年来在党的英明领导下，不屈不挠、再接再厉地进行了英勇頑强的斗争，终于战败了国内外的一切反动派，获得了彻底的解放。这样才給我国的桥梁建筑事业开辟了真正独立发展的道路。

三、解放后我国桥梁建筑事业的飞跃发展

全国解放后，我国的一切事业均象初升的太阳一样，朝气蓬勃，蒸蒸日上。十余年来，国民經济的各个方面都取得了史无前例的偉大成績。人民铁路、公路事业也是突飞猛进，一日千里。解放以来，迄至1959年止，我国新修的铁路，接近旧中国73年所修铁路的总和。全国铁路軌道总延长达到57000多公里。一改国民党反动派政府时期铁路“少、偏、低”的情况。目前除西藏外，全国各省、各自治区都有了铁路。众所周知，1947年东北解放后人民铁道还不到7000公里，经过几年努力地修复和扩建，到1952年苏联政府无偿地把3246公里的中东铁路移交給中国之后，人民铁道在这年就有了24000多公里。帝国主义的报纸——“铁道时代”也不得不承认：“中国铁路的修建速度超过了世界各国。”可見我国铁路建筑的飞跃发展，已使帝国主义发抖了。如前所述，中国旧铁路是分別受到各外国的支配和把持的，因此路軌有重輕，軌距有寬窄，機車車輛多种多样，調度有分歧，車輛互不往来，只服务于各外国对中国的經濟掠夺以及进行侵略的目的。中国铁路自回到人民手中之后，统一由国家經營和管理，成为整个国民經济組成部分之一。

我国近代汽車运输业也是伴随着帝国主义入侵开始的，因而旧中国的公路事业也一直是反动統治阶级的工具。和国民党統治下的經濟蕭条相似，自1913~1949年三十七年間，全

国只修建了公路 13 万公里；后来一毁再毁，到全国解放时，能通行汽车的只有 75000 公里，全国有 52% 的县城不通公路，这和我国幅员辽阔、人口众多是极不相适应的。我国广大的西南、西北地区、山区以及高原地带特别需要公路，但却无路可通；公路质量也极其低劣，坡陡弯急、少路面、缺桥梁、因陋就简、粗制滥造。伟大的新中国诞生后，经过三年的恢复和整顿，全国增加了公路里程 50000 余公里，截至 1957 年底，共有公路 25 万余公里，已是 1949 年解放时的 340%。其中一部分增加在西南、西北兄弟民族地区，一改我国原有公路网发展不平衡的状态。跨越世界屋脊、举世闻名的康藏公路、青藏公路、新藏公路都是在第一个五年计划期间建成的。与此同时，还改善了土路约 20000 公里，路面加铺沙石磨耗层达 36000 公里，修建桥梁达 240,000 m。1955 年下半年，我国农村出现了社会主义高潮，仅在 1956~1957 两年之内，全国农民踊跃修路已达 10 万公里。这种全民办路的力量是十分惊人的，1958 年上半年农业生产大跃进，广大农村兴修水利，大搞农业生产，致而深感道路之缺乏，运输力量之不足，为解决这个矛盾，广大群众在各地党委和政府的领导下，开展了修路架桥的群众运动。下半年，随着大办钢铁的群众运动，公路铁路的运输更是波澜壮阔，汹涌澎湃。在 1958 年一年间，全国新建公路（包括简易公路）达 15 万公里，相当于第一个五年计划期间增加公路里程的一倍以上，超过解放前三十余年修建里程的总和；全国公路总延长已达 40 万公里以上；在铁路建设方面，解放后也修建了许多举世罕见的宏伟工程。宝成路的飞越秦岭，鹰厦路的移山填海，万里风沙的兰新路，都被中国人民征服而建成了。1958 年党的八大二次会议提出了全党全民办铁路的方针，这就给我国铁路开辟了一条高速度发展的道路。由此可见，解放以后，无论铁路或公路建筑事业均出现了完全崭新的面貌。

众所周知，我国旧有铁路是遇江必断的。例如，南北的第一干线京汉路和粤汉路在武汉隔江相望；津浦路和沪宁路在南京依靠轮渡；淮南路和宁芜路也是牛郎织女；粤汉路在湘潭和湘黔路隔着湘江；南浔路、浙赣路在南昌隔着赣江；同蒲路在风陵渡过不了黄河，连不上隰海路；广三路和粤汉路间隔着珠江。这充分显示出旧中国桥梁事业的惨状。在八年的抗日战争和四年的人民解放战争期间，疯狂的敌人又对桥梁进行肆意的破坏。在东北，佳木斯的松花江桥断了；吉林、陶赖昭的三座松花江桥断了；东辽河大桥断了……。在关内，漯河桥断了；津浦线的淮河大桥、明光大桥断了；隰海路的洛河桥、八号桥断了；浙赣路的樟树大桥断了；沪杭线的各桥，以及粤汉路、湘桂路的大小各桥也断了。解放后我们的桥梁事业正是从恢复这些断桥开始的。传统的革命干劲和工人阶级以及工程技术人员的无畏的精神，开辟了我国桥梁事业飞跃发展的光辉的道路。

解放后，铁路员工和铁道兵在党的领导下，结合广大劳动群众，卓越地完成了抢修任务，截至 1949 年底，修复桥梁共计 2717 座，总延长达 90247 m，其中以一个月建成 500 m 长的淮河便桥，九天内完成长达 3 公里的黄河大桥临时加固工程（使行车速度较国民党统治时期提高八倍以上，打破了陈腐的慢行记录）最为突出。

在修复断桥以后，接着就是修建新桥。十余年来，在沱江、涪江、嘉陵江、渭河、兰青线的大通河、黎湛线上的玉江（郁江）、湘桂线上的邕江与红水河、鹰厦线的閩江、川黔线的乌江以及丰沙线等各条新线上都修起了工程艰巨，结构美观的大桥。新中国成立以来，修建的铁路大桥，总延长达 200,000 m（不包括中小桥），从数量上说，超过了过去几十年所建的桥梁，从质量上说更非旧有桥梁所可比拟。大跃进以来，建桥速度更是空前。这些桥梁分布在全国各地，情况复杂，任务紧迫，但都如期或提前完成了，这是我国桥梁技术飞跃发展的铁证。可以说在短短的几年里，我国的建桥技术已达到了世界的先进水平。

古云：“固天所以限南北也。”三国时，曹丕东征孙吴，见长江波濤汹涌，廢然而返（见“三国志”）。南北朝时，孔范曾说：“长江天堑，古以为限”（见“陈书”）。长江就这样把我国“限”了几千年。我国人民早就想修建武汉长江大桥了。1913 年曾请过德籍教授乔治米罗进行过桥址的勘测，1930 年又请来了美国的华德尔桥梁专家钻了几个孔，实质上是骗去了一笔设计费，没有半点成果。1936 年，钱塘江桥丁处筹募募资兴工，没有成功。1946 年又旧

事重提，但一切願望都尽付东流。解放后，1950年，中央指示铁道部修建武汉长江大桥，即于1953年作出了初步設計，經苏联帮助作了技术鉴定，1954年中央批准了初步設計，并聘請了苏联专家指导，同年决定了用管柱作基础的修正方案。1955年作了管柱試驗工作，1956年正式开工，1957年10月大桥就正式竣工（見图12）。足見一到偉大的毛澤东时代，很快就“一桥飞架南北，天堑变通途！”武汉大桥的建成，打破了长江天堑的迷信。这是我国第一个五年計劃中完成的最大的桥梁工程，也是我們桥梁事业发展的一个里程碑。大桥的一切工程都是我国自办，鋼梁是我国制造的。大桥在技术上有許多創造达到了世界先进水平，特别是在苏联专家帮助下完成的管柱結構基础更为深水下的建筑工程开辟了一个新紀元。此外，在大型鋼梁的制造方面，也掌握了先进的工艺技术，为今后更大更复杂的鋼桥制造奠定了基础。現在长江上第二座的重庆大桥，又已建成。万里无桥的长江已成为往日的历史了。

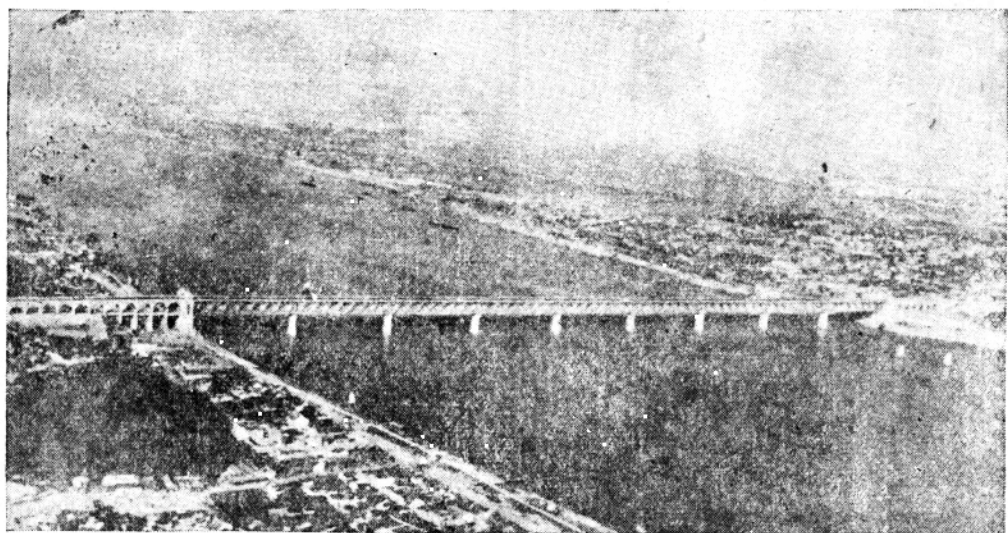


图 12 武汉长江大桥的雄姿

古老的黄河在过去只有两座铁路桥，一座公路桥。現在单就兰州一地就有八座公路、铁路大桥。兰州現已成为我国拥有桥梁最多的濱江河城市。目前在整个大河上下，已飞架起廿余座桥梁。今昔对比，实有天壤之别。

钢筋混凝土拱桥，十余年来也有了很大的发展，而且还正在发展着。首先，十里山黄河上的三孔 53 m 的大跨度钢筋混凝土拱桥，于 1956 年 5 月建成通車。接着，原西宁铁路局在兰青綫大通河以快速施工法，在 167 天内建成与十里山黄河桥同样跨度的钢筋混凝土拱桥。武汉铁路局又在詹东綫丹河上建造了 88 m 跨度的

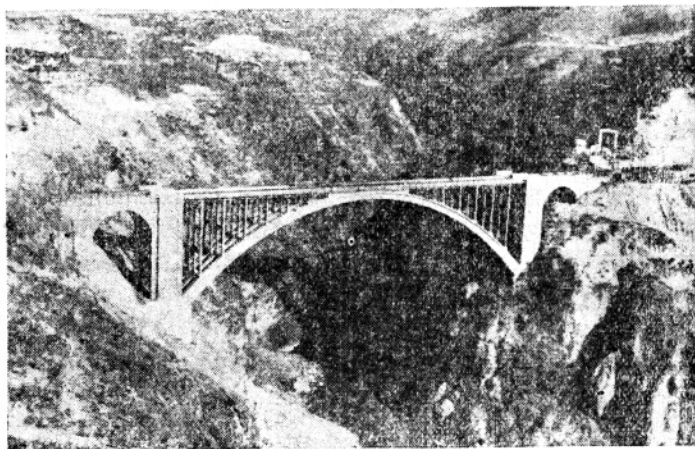


图 13 跨度达88m的丹河拱桥

钢筋混凝土拱桥，不仅节约了钢材，而且还坚固耐久，巍然大观(见图 13)。

我国石拱桥素负盛名，十余年来，它又获得了很大的发展。在第一个五年计划期间，修建不下 120 孔。石拱桥是宝成路和石太线桥梁的特色。宝成线上就有跨度 10 m 以上的石拱桥 70 多座，其中松树坡石拱桥跨度 38 m，最为出色(见图 14)。公路方面，石拱桥发展更大，特别是 1958 年以来，设计并修建了一些跨度 30~60 m 的石拱桥(例如，跨度达 60 m 的黄虎港等截面圆弧石拱桥)。

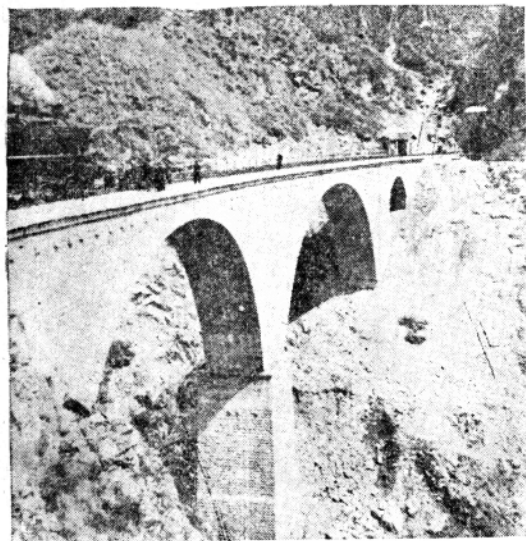


图 14 松树坡石拱桥

钢筋混凝土版与钢梁共同作用的结合梁，由于可以缩减钢梁受压翼缘的断面，近年来在铁路、公路桥和公路铁路两用桥中都有采用。此外，在我国西南各地还新建了不少公路钢悬索桥。主要的型式有牵索式悬索桥和带有加劲桁构的悬索桥两种(例如，全长 130 m 的带有加劲桁构的单孔大渡河悬索桥)。

解放后，我国铁路、公路桥梁常用的基础型式有天然基础，沉井基础，桩基础和管柱基础。在个别条件下，如玉江大桥，铁道兵也成功地使用了气压沉箱基础，这在我国自己的建桥史上，还是第一次。这恰好说明了我国的建桥技术正以飞跃的速度全面地发展着。公路、铁路桥梁在有石料地区，一般采用块石或料石砌筑的实体式墩台，在缺石料地区则采用混凝土墩台，其型式种类繁多，公路方面有双柱式、单柱式、桩排架式、装配式、薄壁式等桥墩，铁路则常采用重力式、T 型、U 型等桥台。

必须指出，解放后，在修复、加固和新建桥梁的同时，还展开了桥梁标准荷载定型设计的工作，消除了过去标准杂乱的局面，为施工机械化、构件制造工厂化奠定了良好的基础。

总观我国解放以来桥梁飞速发展的过程，真是百花齐放，万紫千红，规模之大，完成之速，确是史无前例的。这说明在党的领导下，在苏联兄弟般的援助下，人民一经当家作主就能显示出冲天的干劲和无穷的智慧，创造出惊人的奇绩来。社会主义制度的无比优越性是帝国主义国家所望尘莫及的。“行看往后十年，天堑成虚话，随处是通途”。将成为我国往后桥梁建筑迅速发展的写照。

§3 桥梁在我国交通运输事业中的意义

俗语“修桥补路做功德”，这说明我国人民十分重视交通运输，很早以来，修桥补路的广大群众中就誉为美德。解放战争时期，铁道兵和广大的劳动群众在党的领导下，以忘我的劳动精神，栉风沐雨，抗拒风砂，跋涉了高山大川，克服了严寒酷热和供应上的困难，卓越地