

285804

中等专业学校教科书

桥梁构造与设计原理

铁道部教材編輯組选編



人民铁道出版社

中等专业学校教科书

桥梁构造与設計原理

铁道部教材編輯組选編

人 民 鐵 道 出 版 社

一九六一年·北京

本書系鐵道部教材編輯組選編，并推荐作为中等专业学校教科書，适用于
鐵路桥隧专业。

本書除緒論外，分列木桥、鋼桥、鋼筋混凝土桥、石桥及涵渠等五篇。在
介紹各种桥涵的构造与設計时，均結合 1959 年頒布实行的鐵路桥涵設計規範的
要求及目前常用的标准設計进行說明，并附有实例，便于对所述内容的理解与
巩固。

主編单位：天津铁路工程学校桥隧教研組。

主 編 人：呂学謨，汪菊澣。

中等专业学校教科書
桥梁構造与設計原理

鐵道部教材編輯組選編

人民鐵道出版社出版

(北京市出版府 133 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 010 号

新华书店科技发行所发行

各地新华书店經售

人民鐵道出版社印刷厂印

书号 1803 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $25 \frac{5}{8}$ 插頁 9 字数 704 千

1961 年 8 月第 1 版

1961 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数 0,001—1,500 冊 定价 (9) 2.85 元

前 言

本书内容基本上以1959年部頒鐵路中等专业学校桥梁学教学大綱草案为依据，并結合1960年教学改革的精神，在内容上有所增减和系統上略有改变，全书除緒論外，分列木桥、鋼桥、鋼筋混凝土桥、石桥及涵渠五篇。

在緒論中主要說明桥涵建筑物的基本概念及設計各种桥涵时共同有关的一些問題。

木桥着重說明小跨度鐵路木桥的构造和設計，以求能掌握木便桥的設計及解决施工輔助结构的設計与計算。

鋼桥重点說明了其构造及計算的基本原理，对鋼桥的設計作一般說明，以滿足鋼桥鉴定所需的基本知識。

鋼筋混凝土桥分桥跨结构及圬工墩台二部份。对梁式桥跨结构的构造与設計說明較為詳細，特別还加强了預应力鋼筋混凝土桥的构造及計算原理。圬工墩台部份的构造和設計說明也較為詳細，并列有定型图的套用，以符合实际需要。

石桥着重說明了其构造及拱圈的設計計算。有关拱圈設計計算部份在1959年大綱內虽有要求，而在中等专业学校內是否需要講授，可根据情况考虑。

涵渠部份重点介紹了石拱涵、鋼筋混凝土圓涵及箱涵的构造及其定型图的套用。

本书系在1959年遵照鐵道部文化教育局的指示着手編写，当时由天津鐵路工程学校呂学謨編写緒論、木桥、石桥及涵渠部份，汪菊澄編写鋼筋混凝土桥的桥跨部份，成都鐵路工程学校曾才炯編写鋼桥及鋼筋混凝土桥的墩台部份。在书稿完成时，由于教学改革的深入开展，对教材内容与体系上有所爭論而未能及时付印，以后經過我組教师整理与补充作为我校讲义使用。

1961年3月衡阳教育會議后，确定該书由我校負責定稿工作，我組教师对教材初稿及讲义再次进行全面整編与审查。其中緒論、木桥、鋼桥部份主要由呂学謨負責，鋼筋混凝土桥、石桥、涵洞主要由汪菊澄負責，并有李振中、梁瑞基、高城、赵录、王柔蓀等同志参加整編与审查工作，顧元剛及很多同学协助了繪图工作。

由于編者水平有限，在内容編写方面如有不够完善之处，希望各兄弟院校在教学中随时給予指正。

天津鐵路工程学校桥隧教研組

一九六一年五月

目 录

緒 論	1
§ 1. 桥涵結構的基本概念及其类型	1
§ 2. 对桥涵結構的基本要求	2
§ 3. 桥梁的主要組成部份及其分类	2
§ 4. 桥涵結構发展簡史	3
§ 5. 桥梁的計算荷載	5
§ 6. 桥梁的孔徑与淨空	10
§ 7. 桥梁淨空限界	11
§ 8. 桥涵設計的基本概念	12
§ 9. 地方铁路桥涵設計特点	12

第一篇 木 桥

第一章 概述	14
§1-1-1 木桥的优缺点及其适用范围	14
§1-1-2 木桥的材料	14
第二章 铁路木桥的构造	19
§1-2-1 概述	19
§1-2-2 木桥的桥面	19
§1-2-3 木桥的桥跨結構	21
§1-2-4 小跨度木桥墩台的构造	21
§1-2-5 大跨度桥的木質墩台	24
§1-2-6 破冰棱	27
第三章 铁路木桥計算原理	27
§1-3-1 基本杆件的計算	27
§1-3-2 杆件的結合	33
第四章 木桥設計計算	45
§1-4-1 木桥方案的編制	45
§1-4-2 木桥計算总說	46
§1-4-3 木桥設計荷載	46
§1-4-4 桥面設計	47
§1-4-5 纵梁設計	48
§1-4-6 托木設計	48
§1-4-7 构架式排架設計	48
§1-4-8 塔架設計	50
§1-4-9 桥台設計	50
§1-4-10 木棧桥設計算例	51
附录	60

第二篇 鋼橋

第一章 概述	65
§2-1-1 鋼橋的定義及其類型.....	65
§2-1-2 鋼橋的應用範圍及其特點.....	66
§2-1-3 鋼橋所用材料的主要性能.....	66
§2-1-4 鋼橋所用的鋼材.....	67
第二章 鋼橋杆件的結合	68
§2-2-1 鉚接的特點.....	68
§2-2-2 鉚接的構造.....	70
§2-2-3 鉚接的計算.....	72
§2-2-4 螺栓結合.....	80
§2-2-5 焊接的特點.....	81
§2-2-6 焊接的構造.....	82
§2-2-7 焊接的計算.....	84
第三章 基本杆件的計算	87
§2-3-1 軸心受拉杆件.....	87
§2-3-2 軸心受壓杆件.....	90
§2-3-3 受撓杆件(梁).....	95
§2-3-4 複合應力杆件.....	98
§2-3-5 反復應力杆件.....	99
第四章 鉚梁橋	100
§2-4-1 鉚梁橋概述.....	100
§2-4-2 上承鉚梁橋構造.....	103
§2-4-3 下承鉚梁橋構造.....	106
§2-4-4 鉚梁的拼接.....	107
§2-4-5 上承鉚梁橋的計算.....	109
§2-4-6 焊接鉚梁橋.....	118
§2-4-7 結合梁橋.....	119
第五章 桁架橋	120
§2-5-1 桁架橋概述.....	120
§2-5-2 桁架橋的組成部份.....	120
§2-5-3 橋面系的構造.....	121
§2-5-4 主桁架的構造.....	126
§2-5-5 聯結系的構造.....	131
§2-5-6 檢查設備的構造.....	133
§2-5-7 桁架橋計算簡述.....	133
第六章 支座	135
§2-6-1 支座的功用、種類及其安排.....	135
§2-6-2 支座的型式.....	136
§2-6-3 支座的構造.....	136
§2-6-4 支座的計算.....	138
第七章 連續梁橋、懸臂梁橋及拱橋	140
§2-7-1 連續梁橋.....	140
§2-7-2 懸臂梁橋.....	141

§2-7-3 拱桥	142
附录 中22級32米直綫上承式鉚接钣梁算列	143

第三篇 鋼筋混凝土桥

第一章 概述	155
§3-1-1 鋼筋混凝土的概念	155
§3-1-2 鋼筋混凝土桥的优缺点及其分类	156
第二章 鋼筋混凝土的力学性能	158
I、混凝土	158
§3-2-1 混凝土的强度	158
§3-2-2 混凝土的极限强度和容許应力值	159
§3-2-3 混凝土的变形及彈性模量	160
II、鋼筋	163
§3-2-4 鋼筋的性能	163
§3-2-5 鋼筋的分类	163
§3-2-6 鋼筋的弯鉤、接头和弯轉	164
III、鋼筋和混凝土的共同工作	165
§3-2-7 鋼筋与混凝土的粘着力	165
§3-2-8 鋼筋混凝土的收縮 (膨脹)	166
§3-2-9 鋼筋混凝土的徐变	166
第三章 鋼筋混凝土受弯杆件的計算 (容許应力方法)	166
§3-3-1 一般构造	166
§3-3-2 基本計算原理	168
§3-3-3 单筋矩形截面	170
§3-3-4 双筋矩形截面	179
§3-3-5 T形截面	183
§3-3-6 剪应力和主应力	186
§3-3-7 需要設置腹筋的区域	188
§3-3-8 腹筋的計算	189
§3-3-9 斜筋的計算与构造	189
§3-3-10 材料图形	191
§3-3-11 裂縫宽度的檢算	192
第四章 鋼筋混凝土簡支梁桥跨的构造与計算	196
§3-4-1 整体式鋼筋混凝土簡支梁桥跨的构造	196
§3-4-2 装配式鋼筋混凝土簡支梁桥跨的构造	199
§3-4-3 分片版式簡支梁桥跨的构造	200
§3-4-4 分片肋式簡支梁桥跨的构造	200
§3-4-5 整孔运送的簡支梁桥跨 (具有折轉式悬臂) 的构造	201
§3-4-6 多层焊接鋼筋骨架桥跨的构造	201
§3-4-7 采用5号螺旋鋼筋的分片肋式簡支梁桥跨的构造	202
§3-4-8 普通鋼筋混凝土梁式桥跨的計算	202
§3-4-9 分片肋式桥跨結構算例	208
第五章 装配式基桩排架桥和小型連墩桥	219
§3-5-1 装配式基桩排架桥	219
§3-5-2 装配式小型連墩桥	220
第六章 連續梁桥和悬臂梁桥	221
§3-6-1 連續梁桥的应用范围及一般构造	221
§3-6-2 連續梁桥跨的計算概要	222

§3-6-3 連續梁橋跨構造示例	224
§3-6-4 懸臂梁橋簡介	225
第七章 鋼筋混凝土梁橋支座簡介	225
§3-7-1 概述	225
§3-7-2 支座構造示例	225
第八章 軸心受壓及軸心受拉杆件的計算	227
§3-8-1 軸心受壓杆件的構造與計算	227
§3-8-2 軸心受拉杆件的計算	232
第九章 偏心受壓杆件的構造與計算	233
§3-9-1 偏心受壓杆件的構造	233
§3-9-2 偏心受壓杆件計算的基本概念	233
§3-9-3 縱向撓曲的估算	234
§3-9-4 第一種偏心受壓截面的計算 (對稱鋼筋, 截面全部受壓)	234
§3-9-5 第二種偏心受壓截面的計算 (對稱鋼筋, 截面部分受壓部分受拉)	237
§3-9-6 穩定性的復核	239
第十章 柱下基脚	240
§3-10-1 概述	240
§3-10-2 鋼筋混凝土基脚的構造	240
§3-10-3 柱下個別基脚的計算	241
第十一章 剛架橋	245
§3-11-1 剛架橋的特點及其一般構造	245
§3-11-2 剛架橋鋼筋布置示例	246
第十二章 拱橋	248
§3-12-1 拱橋的類型	248
§3-12-2 簡單拱橋	248
§3-12-3 聯合系拱橋	253
§3-12-4 片形拱橋	254
§3-12-5 裝配式鋼筋混凝土拱橋	254
第十三章 破損階段及極限狀態方法的計算	256
§3-13-1 按破損階段方法計算簡介	256
§3-13-2 極限狀態方法基本計算原理	259
§3-13-3 按第一種極限狀態的計算 (單筋矩形, 受撓杆件)	261
§3-13-4 按第二種和第三種極限狀態的計算	264
第十四章 預應力鋼筋混凝土橋跨	266
§3-14-1 預應力鋼筋混凝土概述	266
§3-14-2 預應力鋼筋混凝土橋中材料的性質及鋼筋的錨固	267
§3-14-3 預應力鋼筋混凝土杆件的應力狀態及預應力的損失	272
§3-14-4 預應力鋼筋混凝土鐵路簡支梁橋跨構造	273
§3-14-5 預應力鋼筋混凝土鐵路簡支梁橋跨計算簡介	275
第十五章 橋梁墩台	282
§3-15-1 概述	282
§3-15-2 墩台的主要組成部份	282
§3-15-3 橋台的類型及其應用範圍	283
§3-15-4 橋墩的類型及其應用範圍	286
§3-15-5 裝配式墩台	288
§3-15-6 墩台的設計與計算	289
§3-15-7 墩台設計算例	308

§3-15-8 墩台定型图的应用.....	333
-----------------------	-----

第四篇 石 桥

第一章 石桥簡介.....	334
§4-1-1 石桥的应用范围.....	334
§4-1-2 石桥的建筑材料.....	334
第二章 石桥的构造.....	335
§4-2-1 石桥的类型及其組成部份.....	335
§4-2-2 石桥构造細节.....	337
§4-2-3 高架桥簡介.....	343
第三章 石桥的設計与計算.....	344
§4-3-1 石桥的計算荷載.....	344
§4-3-2 石桥材料的容許应力.....	345
§4-3-3 石桥設計概述.....	345
§4-3-4 石桥主要尺寸的拟定.....	346
§4-3-5 拱軸形式的選擇.....	350
§4-3-6 斯特拉斯露尔拱的性质.....	350
§4-3-7 恒載作用下拱的計算.....	355
§4-3-8 活載作用下拱的計算.....	359
§4-3-9 在温度和收縮作用下拱的計算.....	366
§4-3-10 风应力的計算.....	367
§4-3-11 拱圈应力核算.....	368
§4-3-12 应力調整.....	371
§4-3-13 拱圈詳图的繪制.....	371
§4-3-14 石桥墩台的檢算.....	373
§4-3-15 石桥拱圈檢算算例.....	375

第五篇 涵 渠

第一章 涵洞概述.....	379
§5-1-1 涵洞的特点及其适用范围.....	379
§5-1-2 涵洞的类型.....	380
第二章 涵洞的构造.....	380
§5-2-1 涵洞的主要組成部份.....	380
§5-2-2 石砌涵洞.....	382
§5-2-3 盖板箱涵.....	384
§5-2-4 剛构式鋼筋混凝土矩形涵洞.....	387
§5-2-5 鋼筋混凝土圆涵.....	388
§5-2-6 金属涵洞和木質涵洞.....	390
§5-2-7 斜涵洞.....	391
§5-2-8 位于山坡上的涵洞.....	392
第三章 涵洞的設計与計算.....	393
§5-3-1 涵洞形式的選擇.....	393
§5-3-2 涵洞的計算荷載.....	394
§5-3-3 涵洞定型設計图的利用.....	396
第四章 明渠及其他.....	401
§5-4-1 明渠.....	401
§5-4-2 倒虹管.....	401
§5-4-3 过水天桥.....	401

緒 論

§1 桥涵結構的基本概念及其类型

当铁路路綫跨过江河、干沟、池沼、洼地及与其他位置較低的路綫交叉时，在路基中应留出孔道，設置大型建筑物，使河流或地形低洼之处的洪水及其他位置較低的路綫上的列車或行人得以順利通过，这些大型建筑物叫做桥涵結構。

桥涵結構最普通的型式是桥梁和涵洞，但同时也包括和桥涵結構功用相近的一些結構物，如明渠、倒虹吸管、过水天桥、透水路堤等。

桥梁由桥墩、桥台及桥跨結構所組成，桥跨結構跨越墩台之間敞着的空間（图1）。

涵洞系位于路堤內供水流或行人通过的結構物，它和桥梁的区别主要就在于它的上面一定有填土，保持了路綫的整体性而且跨度較小，通常均在6米以下（图2）。

明渠是沒有桥跨結構的，它利用枕木之間的空隙来泄水（图3）。

倒虹吸管是用来从路堑的一边經鋪筑在鉄路下面的鈎管排水到路堑的另一边。

过水天桥代表桥梁的一种特别的型式，它的結構物用以支承流水槽，使水流从路堑的一边，跨越路綫而排到路堑的另一边。

在个别的情形中，允許水流通过用石块填筑成的路堤，称为透水路堤（图4）。透水路堤只有在通过的水不大，并且沒有冲积土不致引起石块間的空隙被堵塞的情况下方可使用。



图1 桥梁

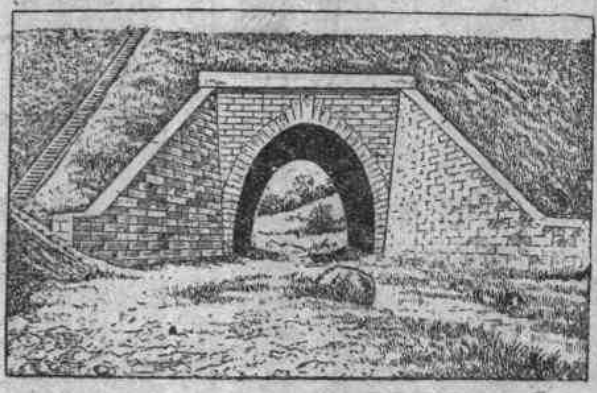


图2 涵洞

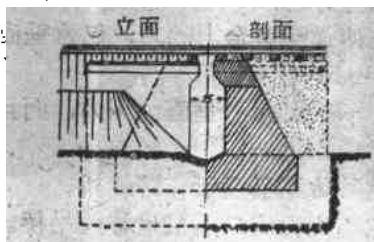


图3 明渠



图4 透水路堤

§2 对桥涵结构的基本要求

在我国社会主义建设中，铁路运输具有极其重大的意义。而在铁路建筑中，桥涵又是其重要组成部份之一。拿数量来讲，即使在地形不算特别复杂的地区，每公里线路需要的桥涵数量，一般也不少于三座。而桥涵建筑费用一般均超过铁路建筑费用的10%；同时桥涵建筑物的建造较为复杂，它往往为整个线路的控制工程。

桥涵结构的修建，必须符合使用上的目的，列车的荷载和行车速度不应当在桥涵处受到限制，而要与整个线路一致；并能使桥下的洪水、漂流物及流冰能顺利通过；对于跨越航道的桥及跨线桥，尚应保证桥下水陆交通通行无阻；此外，还必须注意降低工程造价。

§3 桥梁的主要组成部份及其分类

桥梁是由上部结构和下部结构两大部份组成。上部结构也称为桥跨结构，它是墩台以上各部份的总称，它一般包括主梁、桥面系、联结系及支座等。下部结构包括桥墩、桥台及其以下之基础等。

按照各种不同的分类方法，桥梁可以分为很多种类，现择其主要的简述于下：

1. 按照桥上交通及设备的性质，桥梁可分为：

(1) 铁路桥 用以通过铁路车辆的桥，系本课程的主要研究对象。

(2) 公路桥 主要用以通过汽车、拖拉机、畜力车及行人的桥。

(3) 两用桥 用以通过火车及其它车辆的桥。其中两种桥面，可以在同一平面内，也可以不在同一平面内。

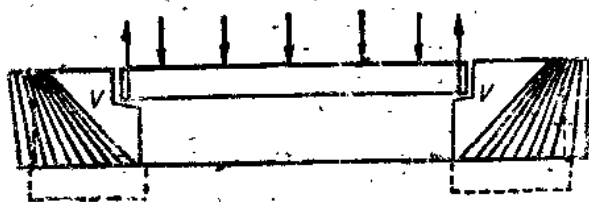


图5 梁桥图式

(4) 特种桥 为通过水管、水渠、电缆等特殊设备而建造的桥。

2. 按照桥跨结构所采用的主要建筑材料，桥梁可分为（本课程系按照这种分类方法进行讲授）：

(1) 木桥

(2) 钢桥

(3) 钢筋混凝土桥

(4) 石桥

3. 按照桥跨结构在荷载作用下的静力性质的特征，桥梁可分为：

(1) 梁式桥 桥跨结构在垂直荷载作用下承受弯曲，它传递到墩台上的力，仅为垂直的压力（图5）。

(2) 拱桥 拱桥的桥跨结构是拱。在垂直荷载作用下，不仅引起了垂直的压力，而且产生水平推力（图6）。

(3) 刚架桥 墩台与桥跨结构为刚性联结（图7）。这种体系最适于作跨线桥。

(4) 悬桥 桥跨结构的主要承载部份，由柔性的缆索或链条构成；通常也称为吊桥。在垂直荷载作用下，索或链承受拉力（图8）。

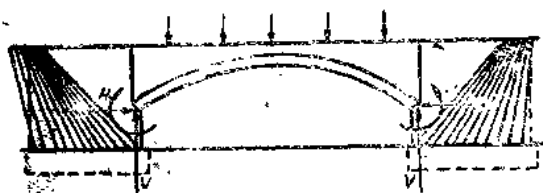


图6 拱桥图式

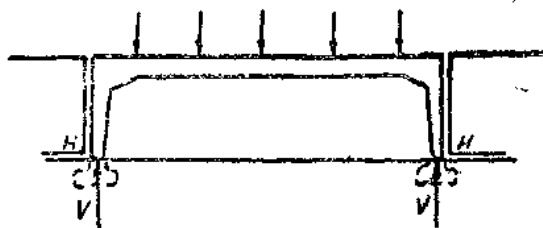


图7 刚架桥图式

(5) 联合系桥 其中同时有着数个体系的主要静力特征，互相联系，并彼此配合（图9）。

4. 按照桥梁的孔径，桥梁可分为：

(1) 小桥 孔径在20米以下者。

(2) 中桥 孔径在20~60米之间者。

(3) 大桥 孔径在60~300米之间者。

(4) 特大桥 孔径在300米以上者。

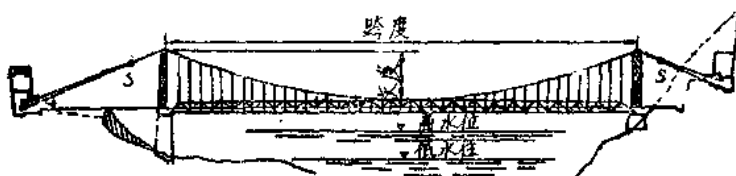


图8 悬桥图式

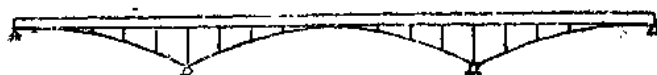


图9 联合系桥图式

5. 按照桥跨结构跨越障碍物的种类，桥梁可分为：

(1) 跨河桥 即普通的桥，是桥梁的主要类型。

(2) 跨线桥 一条线路由上方越过另一条线路而建造的桥。

(3) 高架桥 在线路跨过山谷深洼，用以代替高路堤的桥。

(4) 栈桥 由于某些特殊原因，必须用桥梁来代替路堤，留出桥下的空间以作其他的用途，如大桥的引桥等。

6. 按照桥面所在的位置，桥梁可分为：

(1) 上承式桥 桥面位于二主梁之上。

(2) 下承式桥 桥面位于二主梁之间。根据构造的不同，下承式桥又可分为穿式和半穿式两种。

(3) 中承式桥 桥跨全长中一部份为上承式，而其余部份则系下承式。

7. 按照桥梁使用条件及其本身特性，桥梁可分为：

(1) 固定式桥 即普通型式的桥。

(2) 活动式桥 又叫开启桥，桥跨可以开启，以供较高的船只通过。它又分为平转桥、立转桥、升降桥及滑动桥等。

上列桥梁的各种分类，是为了便于研究，实际上同一座桥梁的各个组成部份，可能有不同的种类，不同的体系，如一部份是钢桥，另一部份则是钢筋混凝土桥；或一部份是上承式，另一部份则是下承式。

§4 桥涵结构发展简史

一、我国古代桥梁

我国的桥梁建筑，有着悠久而又光辉的历史，周秦时，即有关于桥梁的记载。汉朝已有木石混合的梁桥，如西安的灞桥（长约447米，分为67孔），桥的墩台系石鼓壘成的石柱，上架木梁，铺板，筑灰土，再铺石版造桥面。隋唐时，石墩的使用已见于史册，保存至今的有宋朝蔡襄建造的泉州洛阳桥（全长1200米以上，共有47孔石梁）。

南北朝时，飞梁已盛行于西北一带，它的特点是在两岸造悬臂梁，用大木纵横相压、层叠起来，愈上的伸出愈长，中部用梁相接，成为一体。这样一来，用小尺寸的木料和极少量的铁器，就可以造成相当跨度的桥，避免在河流中间建造桥墩而受水流冲刷。四川木里自治区的飞桥，跨度达150步，迄今尚完好。图10为西藏自治区的全用木石建成的嘉玉桥。

浮桥在周朝时候即已发明，在河面宽阔，水流过急之处，用若干船只并列起来当做桥墩，用纜索系紧，上铺木板，以利行人。浮桥能随水涨落而上下，且能解开移动，沿河船只往来亦无阻碍。

石桥的历史也是很长的，有关石拱桥的记载见于晋朝。隋朝（公元600年左右）李春所建造的河北赵县安济桥（图11），长达37.47米，为了减少洪水对桥身的阻流面积及减轻自重，主拱上建有小拱，这种形式极合乎近代拱桥设计原理，在欧洲1912年始出现这种形式。所以赵州桥在中外桥梁史上都占有最高的地位。此外明清以来所建石拱桥保留迄今的亦不在少，北京芦沟桥即其一例。

悬桥也叫吊桥，我国使用最早，现存的有四川灌县竹索桥和公元1935年红军长征时候强渡的四川芦定大渡河铁索桥（图12）。大渡河桥长达103米，桥面有9根铁链，桥下水流湍急，施工不易。此桥于1696年建成，比美洲在1801年所首建的70英尺的铁索桥长数倍。

以上所述，还不能说尽我们祖先在桥梁建造上的一切成就，但是已足以证明我国劳动人民在创造性的劳动中所表现的智慧与勇敢。但因我国的封建制度延续了几千年，人民长期处在封建制度的束缚之下，自给自足的经济占主要地位，商品交换在整个经济中不起决定作用，因此交通闭塞，而桥梁建造也得不到发展。

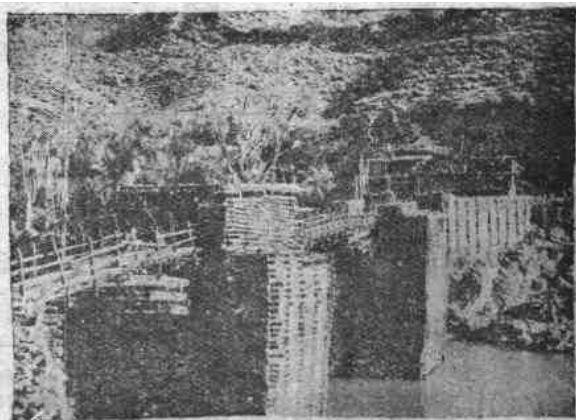


图10 西藏自治区的嘉玉桥

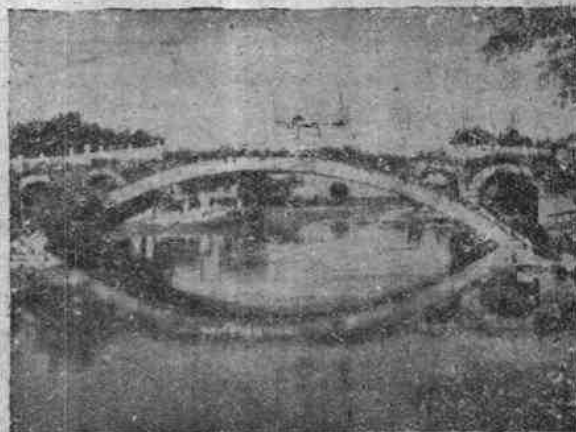


图11 河北赵县安济桥



图12 四川大渡河铁索桥

二、我国的铁路桥梁

十九世纪末叶，帝国主义侵入我国，为了便于他们进行掠夺，在我国修筑了若干铁路，

并建造了一些桥梁，如京广綫黄河旧桥、津浦綫黄河大桥等。

此外尚有一些桥梁，如浙赣綫钱塘江大桥等，虽由我国工程师設計，但系侵入我国的外国資本家所包工建造，因此，采用的是資本主义国家的标准，工程質量也是低劣的。这說明在反动統治下的旧中国，在技术上停滞落后的状态。

解放后，在党的领导下，在苏联及其它社会主义国家的无私援助下，由于全体铁路职工的努力，根本上扭轉了这种落后的局面，而且取得了輝煌的成就。如桥梁修复工作，仅在1949年一年中，就修复了桥梁3717座，总延長約9万米。在此同时，在学习苏联先进設計經驗的基础上，結合我国实际情况，制訂了設計规范，編制了各种不同桥跨及墩台的定型設計图，并广泛推广使用。

十数年来，新建的桥梁很多，从数量上說，远远超过了过去几十年所修建的桥梁；从質量上說更不是旧有的桥梁所可比拟的，例如湖南湘潭湘江大桥，兰新綫河口黄河大桥，以及举世聞名的武汉长江大桥系統。武汉长江大桥正桥于1950年开始勘测，1955年正式开工，1957年全部建成通車，大桥全长1670米，其中正桥9孔，共三联，每联均为三孔連續的米字形桁架，高达16米。該桥为铁路公路两用的双层桥（图1）。公路桥面寬18米，兩側人行道各寬2.25米；铁路桥系双綫桥。两岸設有桥头堡，内部装有电梯和阶梯以便上下。桥墩基础采用了首創的大型管柱鉆孔施工法，不但縮短了工期，減低了造价，并保證了工人的健康和安全。作为长江大桥之一部份的还有汉水铁路桥、汉水公路桥（即江汉桥）及許多跨綫桥。

第二个长江大桥在重庆白沙沱已建成通車，該桥为双綫铁路桥，主流系四孔連續桁架梁，两端为40米的鋼鉸梁。

新建成的京广綫黄河大桥，也是双綫铁路桥，全桥长2890米，为我国正桥长度最长的桥。

十一年来，各式桥梁的发展也是丰富多采，有相当的提高。

石拱桥是宝成和石太等綫桥梁的特色，这种桥在能够就地取得优质石材情况下，达到节约、坚固及美观的目的，并且富有民族风格。石拱桥的跨度已达到88米（如宝成綫的松树坡大桥）。它在山地还有較大的发展，并要进一步加大跨度和提高施工机械化程度，以減輕繁重的体力劳动。

钢筋混凝土拱桥在我国有很大的发展，而且还正在发展着。如包兰綫兰州东崗鎮黄河大拱桥、兰青綫大通河大拱桥等，正桥均为3孔53米的钢筋混凝土空腹式拱桥；詹东綫丹河大拱桥，主拱則达88米，形式均极为美观。尚有正在兴建的有跨度为150米的装配式钢筋混凝土大拱桥，这是我国目前最大跨度的钢筋混凝土拱桥。这种大跨度的钢筋混凝土拱桥，在地質地形条件适合的情况下，不仅大量节约鋼材，而且坚固美观。它的跨度正在逐步的加大；施工机械化的程度也在逐步的提高，建造速度不断加快。

預应力钢筋混凝土梁是目前世界桥梁方面正在发展的新技术。在我国，一般中等跨度的桥梁和大桥的引桥，亦正广泛采用預应力钢筋混凝土梁。它的梁桥跨徑已达到31.7米，并已应用在铁路路綫上；而拱桥的跨徑則更大，在铁路上已設計有56米的預应力钢筋混凝土系杆拱桥。在大跨度鋼梁方面，随着我国炼鋼工业的发展，并将采用优质合金鋼材以代替普通鋼材。

我国有着很多长大复杂的河流，而我們的铁路建設事业随着国民經济的需要正在不断地发展，可以預見桥梁事业的光明前途。我們应当很好学习，尽快掌握最先进的技术，創造性地加以运用来建造更多更好的桥梁，使我們桥梁工程各方面的技术走向世界的前列。

§5 桥梁的計算荷載

桥梁构件的强度、稳定性和刚度，决定于外加荷載的影响。为了桥梁的設計，訂有几种确定的荷載，用以进行桥梁各部份的計算。这些計算荷載在铁路桥涵設計规范（以下简称规

范) 中有詳細的規定, 茲簡單介紹如下。

桥梁的計算荷載按其作用的情況, 可分为主力 (主要荷載) 及附加力 (附加荷載) 二項, 有时还須加算特殊的荷載 (地震力)。

一、主 力

主力的作用是正常的, 經常存在的, 或时常重复出現的, 它又分为:

1. 恒載

恒載包括桥涵各部份的重量 (桥面道碴及綫路材料等在內), 土壤的豎向及水平压力, 以及在适当情形下水的靜压力。

計算豎向恒載时所用的材料的单位体积重量 (吨 / 立方米) 规范均有規定。

2. 豎向活載

铁路桥梁的豎向活載主要的是機車、車輛和一些特殊重型機車如架桥机等。但通常铁路桥上所用的機車与車輛的类型复杂, 軸重和位置各不相同, 因此不能按某一种機車車輛来定桥梁活載。为适应各种不同機車車輛通过, 并考虑到未来的发展情况, 铁道部制訂了中华人民共和国铁道标准活載, 即中-Z 活載, 作为桥梁設計和檢定工作的依据, 其組成如图13所示。



图 13

中-Z 活載的前端5个集中載重及其后30米长的均布載重代表着两个連同煤水車的蒸汽機車連挂; 后面的均布載重为列車的重量, 其长度不加限制。特种載重是考虑特殊機車通过的情况, 通常在設計梁上局部杆件或小跨度的梁以及小桥墩台时, 用此种特种活載来核算。图中Z代表軸重, 单位以吨計, 根据綫路等級及結構各部份的重要性及发展情况而定, Z就代表載重的等級, 如中-22級即Z等于22吨, 而30米长的均布荷載則是 $22 \times 0.42 = 9.24$ 吨 / 米, 后面一段則是 $22 \times 0.30 = 6.60$ 吨 / 米; 特种活載則是 $22 \times 1.1 = 23.2$ 吨。我国現行的各种桥涵結構所采用的豎向活載等級如表 1。

桥 涵 豎 向 活 載 等 級 表

表 1

順 序	結 構 名 稱		計算桥涵强度的豎向活載等級		
			鉄 路 等 級		
			I	II	III
1	鋼筋混凝土、混凝土、石砌或磚砌的結構 (下列第2項除外)	墩台	計算跨度 ≤ 40 米	中-22	中-22
			計算跨度 > 40 米	中-26	中-22
		鋼筋混凝土桁架及拱桥 (包括墩台)		中-26	中-22
2	鋼筋混凝土版和梁 (跨度 ≤ 40 米)		中-22	中-22	中-22
3	鋼的桥跨結構 (包括梁和拱及鋼墩台)		中-22	中-18	中-18
4	木的桥跨結構和木墩台				中-18
5	各式涵洞		中-22	中-22	中-22

- 附注: (1) 豎向活載的計算圖式見图 13;
 (2) 鋼梁与鋼筋混凝土道碴版共同受力的結合梁按鋼的桥跨結構活載等級設計;
 (3) 木桥的个别設計可按使用期間通行的最大活載設計;
 (4) 鋼筋混凝土版和梁除按中-22級活載設計外, 尚应按使用及通过架桥机的条件加以檢算。必要时应予以加固并在定型圖內將加固部分注明;
 (5) 跨度大于 128 米的桥跨結構及墩台, 其設計等級在設計时确定之。

各国的标准荷载如苏联的 HK 级载重制, 英美的古柏氏 L 级载重制等, 都包括若干个集中荷载, 计算比较繁复。中- Z 活载所包括的集中荷载虽然比其他载重制所包括的都要少些, 但用它来进行结构计算时仍然较为费时, 所以在计算时常用换算均布荷载来代替上述的集中荷载系统, 这就是预先将中- Z 活载在桥内某一部份所生的力素算出, 再找出产生同样力素的均布荷载的值, 后者就叫做中- Z 活载的换算均布荷载。标准荷载所生的力素是和该力素的影响线性质有关, 对于三角形影响线, 标准荷载的换算均布荷载的值, 系由影响线底边长度及其最大纵坐标的位置二因素来决定的。

现将中华人民共和国铁道标准活载制中-10级活载的换算均布荷载表列如下。

中-10 级活载的换算均布荷载 (吨 / 米, 每线) 表

表 2

加载长度 米	影响线最大纵坐标所在的位置					加载长度 米	影响线最大纵坐标所在的位置				
	端部 K_0	1/8 处 $K_{0.125}$	1/4 处 $K_{0.25}$	3/8 处 $K_{0.375}$	1/2 处 $K_{0.5}$		端部 K_0	1/8 处 $K_{0.125}$	1/4 处 $K_{0.25}$	3/8 处 $K_{0.375}$	1/2 处 $K_{0.5}$
1	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	30	5.36	5.03	4.85	4.67	4.52
2	13.75	12.57	11.00	11.00	11.00	35	5.21	4.87	4.71	4.52	4.44
3	11.00	10.48	9.78	8.80	8.25	40	5.08	4.78	4.59	4.44	4.38
4	10.31	9.43	8.25	7.70	8.25	45	4.96	4.68	4.48	4.39	4.33
5	9.24	8.67	7.92	7.57	7.92	50	4.84	4.58	4.39	4.31	4.27
6	8.33	7.86	7.38	7.11	7.33	60	4.63	4.39	4.23	4.16	4.11
7	8.16	7.29	6.94	6.88	6.94	70	4.46	4.23	4.08	4.02	3.98
8	7.83	7.14	6.88	6.75	6.88	80	4.31	4.09	3.96	3.89	3.82
9	7.52	6.89	6.71	6.59	6.67	90	4.19	3.98	3.86	3.78	3.70
10	7.26	6.65	6.53	6.38	6.42	100	4.09	3.88	3.77	3.69	3.60
12	6.84	6.25	6.13	6.09	5.96	110	4.01	3.80	3.69	3.60	3.51
14	6.52	5.95	5.83	5.81	5.69	120	3.94	3.72	3.62	3.53	3.43
16	6.26	5.71	5.63	5.54	5.43	140	3.82	3.61	3.51	3.42	3.32
18	6.06	5.59	5.47	5.34	5.19	160	3.73	3.53	3.43	3.32	3.24
20	5.89	5.47	5.34	5.20	5.02	180	3.65	3.46	3.36	3.25	3.19
25	5.58	5.22	5.05	4.97	4.67	200	3.59	3.41	3.30	3.21	3.15

由于级别不同的中- Z 级荷载的区别只限于载重方面的倍数关系, 在计算时就可以预先从表中查出中-10 级活载的换算均布荷载再乘以一定的比率。如中-22 级活载的换算均布荷载就是中-10 级活载的换算均布荷载的 $\frac{22}{10} = 2.2$ 倍。

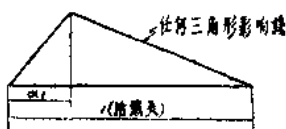
表 2 中所列的加载长度都系整数, 而且数值比较少, 实际的加载长度在表 2 中查不到时, 可用内插法求得其近似值。

另外表中所列影响线最大纵坐标所在的位置 K 的数值亦比较少, 而且也是比较整齐的, 所以实际情况的影响线最大纵坐标所在的位置在表 2 中查不到时, 可按长短跨的不同情况按加载长度 l 及影响线最大纵坐标的 α 值, 在图 14 及图 15 中查出相应的计算公式号码再按图 16 中相应公式计算之。

中-10 換算均布活載計算公式 (2-16)

$$\begin{aligned}
 (1) K &= \frac{2.2}{l} & (3) K &= \frac{80}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{100}{1-\alpha} & (9) K &= \frac{100}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{90}{1-\alpha} \\
 (2) K &= \frac{4.4}{l} - \frac{1.3}{l^2} & (4) K &= \frac{80}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{30+40\alpha}{1-\alpha} & (10) K &= 4.2(1-\alpha) + \frac{2.7}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{52.15}{1-\alpha} \\
 (5) K &= \frac{9.6}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{5.3}{1-\alpha} & (6) K &= \frac{80}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{90+60\alpha}{1-\alpha} & (11) K &= 4.2(1-\alpha) + \frac{42.6}{l} + \frac{1}{l^2} \frac{(2-30)/\alpha}{1-\alpha} \\
 (8) K &= \frac{9.6}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{9.9}{1-\alpha} & (7) K &= \frac{100}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{300}{1-\alpha} & (12) K &= 4.2(1-\alpha) + \frac{62.2}{l} + \frac{1}{l^2} \frac{85.45-90/\alpha}{1-\alpha} \\
 (17) K &= \frac{6.6}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{9.9}{1-\alpha} & (17) K &= \frac{100}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{300}{1-\alpha} & (13) K &= 4.2(1-\alpha) + \frac{16.8}{l} + \frac{1}{l^2} \frac{167.60-100/\alpha}{1-\alpha} \\
 (18) K &= \frac{6.6}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{3.2}{1-\alpha} & (18) K &= \frac{100}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{10+150\alpha}{1-\alpha} & (14) K &= 4.2(1-\alpha) + \frac{87.4}{l} + \frac{1}{l^2} \frac{109.45-300/\alpha}{1-\alpha} \\
 (19) K &= \frac{80}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{180}{1-\alpha} & (19) K &= \frac{100}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{180-100\alpha}{1-\alpha} & (15) K &= 3(1-\alpha) + \frac{18.7}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{179.83}{1-\alpha}
 \end{aligned}$$

說明

換算均布活載之求法
△ 三角形影響綫

$$\begin{aligned}
 (15) K &= 3(1-\alpha) + \frac{1.5}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{155.6+30/\alpha}{1-\alpha} \\
 (17) K &= 3(1-\alpha) + \frac{15.6}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{134.3-25+90/\alpha}{1-\alpha} \\
 (18) K &= 3(1-\alpha) + \frac{15.6}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{111.9+180/\alpha}{1-\alpha} \\
 (19) K &= 3(1-\alpha) + \frac{16.2}{l} - \frac{1}{l^2} \frac{88.1-8.5+300/\alpha}{1-\alpha} \\
 (20) K &= 4.2 + \frac{9.9}{4.2b+1} \\
 (21) K &= \frac{1}{4+\alpha} \left\{ 4.2(1-\alpha) + \frac{100.0}{l} - \frac{1}{l^2} (9000 - \frac{610}{\alpha}) \right\} \\
 (22) K &= 3 + \frac{98.0}{3\alpha+2}
 \end{aligned}$$

按圖 1 及 α 由圖中找出適用公式號碼然後以該公式計算 K 所得之換算均布活載
△ 非三角形之影響綫另有規定活載

圖16 中-10級換算活載計算公式

3 冲击力

豎向活載考慮包括冲击作用時，系將由靜活載所生的力乘以冲击系数 $(1+\mu)$ 。冲击作用是由于列車在橋上行駛時，車輪的錘擊，軌條接頭的不平，以及橋梁自身顫動而產生的。所以冲击系数的数值因橋梁材料及杆件长度不同而异，杆件长时彈性大，对冲击力有緩冲作用，因而計算冲击系数的公式也与橋梁的材料及杆件长度有关。关于各种桥冲击系数的計算方法，分別在各种桥有关章节中講授。

4 离心力

列車在曲綫橋梁上行駛時产生离心力。根据规范規定，离心力按作用在軌頂以上 2 米高度处的橫向均匀分布載重計算。离心力的大小用換算均布的靜活載的百分数表示，按下式計算：

I 級綫路的桥限制行車速度为 135 公里/小时， $C = \frac{12000}{R}$ ，但不得大于 15%；

限制行車速度为 160 公里/小时， $C = \frac{17500}{R}$ ，但不得大于 15%；

II 級綫路的桥， $C = \frac{9000}{R}$ ，但不得大于 10%。以上各式中 R 为曲綫半徑 (米)。

計算复綫桥跨結構及墩台時，用以計算离心力的豎向靜活載，应按各綫靜活載的总和乘以系数 0.9。

二、附加力

附加力是不会經常出現的力，它包括有：

1. 制动力或牽引力

列車在桥上改变速度而生的縱向力叫制动力或牽引力。根据规范規定，制动力或牽引力的大小按豎向靜活載的 10% 計算，其方向系水平的，作用点在軌頂以上 2 米处。双綫桥的制动力或牽引力采用一綫的制动力或牽引力；三綫或三綫以上的桥，采用兩綫的制动力或牽引力。