

交通系统中等专业学校试用教材

桥梁工程

(上册)

(公路与桥梁专业用)

浙江省交通学校等七校 合编

人民交通出版社

交通系统中等专业学校试用教材

桥梁工程

(上册)

(公路与桥梁专业用)

浙江省交通学校等七校 合编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书分上下两册。上册包括：总论、钢筋混凝土、混凝土及砖石结构、钢筋混凝土梁式桥和拱桥。下册包括：桥梁墩台、涵洞、桥梁施工、桥梁养护和抗震。

3075/11

交通系统中等专业学校试用教材

桥 梁 工 程

(上 册)

(公路与桥梁专业用)

浙江省交通学校等七校 合编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

北京怀柔县东茶坞印刷厂印刷

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：16.75 字数：413千

1979年8月 第1版

1984年11月 第1版 第5次印刷

印数：30,101--53,400册 定价：1.35元

前 言

本书是根据交通系统中等专业学校汽车、公路专业教材座谈会所拟定的“公路与桥梁专业教育计划(草案)”编写的。可作为中等专业学校公路与桥梁专业试用教材,亦可供公路工程技术人员参考。

全书内容力求贯彻少而精的原则,注重基础理论。为了加深学生对理论的理解,不少章节附有计算实例。

根据教育部的指示,全书计量单位采用了国际单位制。同时根据实际需要保留了现存的单位制。

本书第七篇第四、五、七章和第八篇由浙江省交通学校李永珠、倪挺荪编写,第二、六篇由云南省交通学校杨凡、赵学敏编写,第一、三篇由辽宁省交通学校张自鉴编写,第四篇由江西省交通学校洪诗群编写,第五篇由呼和浩特交通学校章余恩编写,第七篇第一、二、三章由甘肃省交通学校杨国良编写,第七篇第六章由广西交通学校沈绍社编写。李永珠为全书主编。

在编写过程中,湖北公路工程学校唐三秋、山东省交通学校张寿昌、湖南省交通学校皮宗熹和浙江省交通学校蔡维元等提供了宝贵的意见,在此表示感谢。

由于编者的水平有限,实践经验不多,加以时间比较仓促,因此,书中的错误和缺点一定不少,热忱希望使用单位和读者提出宝贵意见,以便再版时修改。

目 录

第一篇 总 论

第一章 绪论.....	1
第一节 桥梁的组成和分类.....	1
第二节 桥梁净空.....	3
第三节 桥梁设计的基本要求及有关资料.....	5
第四节 我国桥梁建筑的成就和发展趋势.....	6
第二章 公路桥梁计算荷载.....	8
第一节 恒载.....	8
第二节 车辆荷载及其影响力.....	9
第三节 其他荷载和外力.....	13
第四节 荷载组合.....	15

第二篇 钢筋混凝土、混凝土及砖石结构

第一章 钢筋混凝土结构.....	16
第一节 概述.....	16
第二节 钢筋混凝土构件的计算原理.....	22
第三节 钢筋混凝土受弯构件的强度计算（按容许应力法）.....	27
第四节 受弯构件剪力钢筋的计算及抗裂性的保证（按容许应力法）.....	43
第五节 轴向受压构件的计算（按容许应力法）.....	58
第二章 预应力混凝土结构.....	74
第一节 概述.....	74
第二节 预应力混凝土的基本计算原理.....	76
第三节 预应力混凝土受弯构件计算简述（按极限状态计算法）.....	85
第三章 砖石及混凝土结构.....	88
第一节 概述.....	88
第二节 圬工砌体的种类及主要力学性质.....	89
第三节 砖石及混凝土构件的计算（按容许应力法）.....	95

第三篇 钢筋混凝土梁式桥

第一章 钢筋混凝土梁式桥的构造.....	102
第一节 梁式桥的分类.....	102

第二节	钢筋混凝土板桥的构造	104
第三节	钢筋混凝土简支梁桥的构造	110
第四节	大跨径钢筋混凝土桥的构造特点	117
第五节	钢筋混凝土梁式桥的桥面构造	122
第六节	钢筋混凝土梁式桥的支座	126
第二章	钢筋混凝土板桥设计与计算	129
第一节	主要尺寸的拟定	129
第二节	整体式板桥的计算	129
第三节	装配式简支板桥的计算	137
第三章	钢筋混凝土简支梁桥设计与计算	158
第一节	桥面板的计算	158
第二节	主梁的计算	161

第四篇 拱 桥

第一章	拱桥的型式和构造	184
第一节	概述	184
第二节	砖、石拱桥的构造	186
第三节	双曲拱桥的构造	191
第四节	其它拱桥的构造特点	197
第二章	拱桥的设计与计算	202
第一节	概述	202
第二节	拱圈计算	205
第三节	圬工拱桥上部构造体积计算	241
附 录		262

第一篇 总 论

第一章 绪 论

修建公路桥梁，发展运输事业，对于促进工农业生产、发展国民经济、加强国防建设，都具有十分重要的作用。为了在本世纪内把我国建设成为农业、工业、国防和科学技术现代化的社会主义强国，交通运输事业必须加速发展，逐步实现高速化、现代化，这对桥梁工程建设也提出了新的要求。

桥梁的造价一般要占公路总造价的10~20%，为此，正确地、合理地进行桥梁的设计与施工，对于节约材料、加速施工进度、降低工程费用、保证工程质量，都有着极其重要的意义，也是摆在我们面前的一项光荣而艰巨的任务。

第一节 桥梁的组成和分类

一、桥梁的组成

公路上用来跨越水流、山谷、线路等障碍的建筑物叫做桥梁。它是由上部构造（包括主要承重结构和桥面系）、下部构造（包括桥台、桥墩）和附属构造（包括桥头路堤锥形护坡、护岸、导流工程等）组成的。

图1-1为梁式桥的基本组成部分。

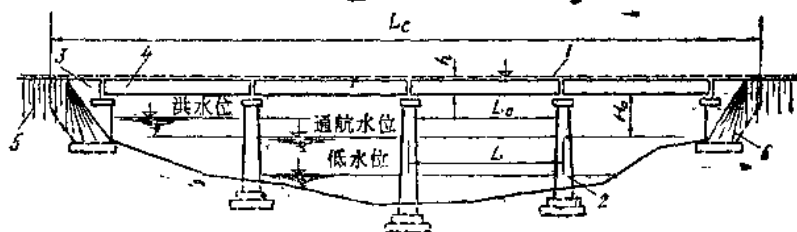


图1-1 梁式桥的基本组成部分
1-桥面；2-桥墩；3-桥台；4-主梁；5-路堤；6-锥形护坡

桥梁主要尺寸有：

计算跨径 L ——上部构造两支承点间的距离。

净跨径 L_0 ——设计洪水位线上相邻两桥墩（台）间的净距离。通常把两墩（或墩台）边缘之间的净距离也称为净跨径。

标准跨径 l_0 ——梁式桥以相邻两桥墩中线间或桥墩中线与台背前缘间距离为准；拱桥以净跨径为准。根据1972年交通部《公路工程技术标准》（试行）（以下简称为《技术标准》）的规定，桥涵标准跨径为：

0.75、1.0、1.25、1.5、2.0、2.5、3.0、4.0、5.0、6.0、8.0、10、13、16、20、25、

30、35、40、45、50、60、70、80、90、100米。

桥梁全长 L_c ——有桥台的桥梁为两岸桥台侧墙尾端间的距离；无桥台的桥梁为桥面系行车道长度。

桥梁建筑高度 h ——行车道顶面到上部构造最低边缘的高度。

桥下净空高度 H_0 ——上部构造最低边缘（拱桥为拱顶处底面）至设计洪水位或计算通航水位之间的距离。对于跨越其它线路的桥梁，是指上部构造最低边缘至所跨越线路路面之间的距离。

桥梁高度 H ——行车道顶面至河床最低点（有时指低水位）之间的距离。

二、桥梁的分类

（一）按桥梁主要承重构件的受力情况可分为：

1. 梁式桥 主要承重构件是梁（板）。梁在竖向荷载作用下承受弯矩，此时墩台只承受竖向压力（图1-2）。

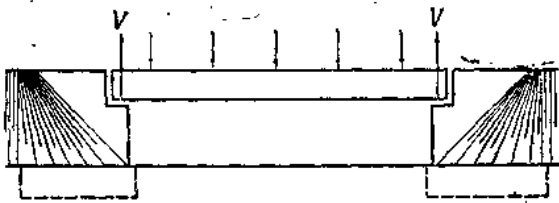


图1-2 梁式桥简图

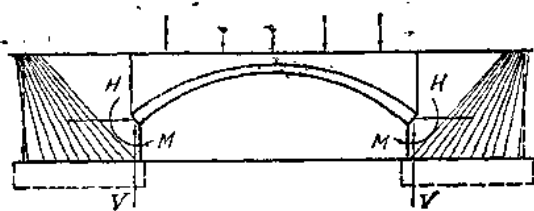


图1-3 拱桥简图

2. 拱桥 主要承重构件是拱圈或拱肋。在竖向荷载作用下，主要承受压力，但也承受弯矩。墩台除承受竖向压力和弯矩外，还承受水平推力（图1-3）。

3. 刚架桥 上部构造和墩台（支柱）彼此连成一个整体，在竖向荷载作用下，柱脚产生竖向反力、水平反力和弯矩。这种桥的受力情况介于梁和拱之间（图1-4）。

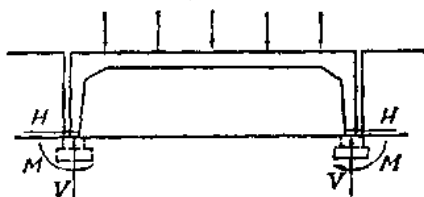


图1-4 刚架桥简图

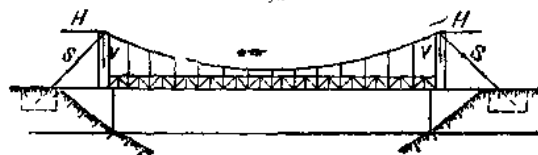


图1-5 吊桥简图

4. 吊桥 以缆索作为承重构件，在竖向荷载作用下，缆索只承受拉力。墩台除承受竖向压力外，还承受水平推力（图1-5）。

5. 组合体系桥 它是由几个不同体系的结构所组成，互相联系，共同作用。图1-6为梁拱组合的系杆拱桥；图1-7为拉索和梁组合的斜拉桥（或称斜张桥）。



图1-6 系杆拱桥简图

（二）按上部构造所用的材料可分为木桥、钢筋混凝土桥、圬工桥（砖、石、混凝土）和钢桥等。

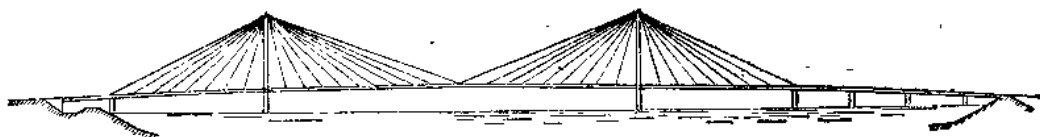


图1-7 斜拉桥简图

(三)按桥梁的长度和跨径大小可分为大桥、中桥、小桥和涵洞。

大、中、小桥和涵洞的划分标准如表 1-1。

表1-1

桥 涵 分 类	多孔跨径总长 L (米)	单孔跨径 l_b (米)
大 桥	$L \geq 100$	$l_b \geq 40$
中 桥	$30 < L < 100$	$20 \leq l_b < 40$
小 桥	$8 \leq L \leq 30$	$5 \leq l_b < 20$
涵 洞	$L < 8$	$l_b < 5$

注：① 多孔跨径总长：梁式桥、板式桥涵为多孔标准跨径的总长；拱式桥涵为两岸桥台起拱线间的距离；其它型式桥梁为桥面系行车道长度；

② 圆管涵、箱涵不论管径或跨径大小、孔数多少，均称为涵洞。

(四)按行车道的位置可分为上承式桥（图1-3）、中承式桥（图1-8）和下承式桥（图1-6）。

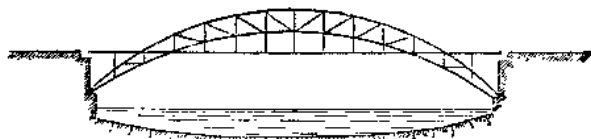


图1-8 中承式桥

此外，还可以按使用年限分为永久性桥、半永久性桥和临时性桥；按使用条件分为高水位桥、低水位桥（漫水桥）、开启桥、浮桥等。

第二节 桥梁净空

桥梁净空包括桥面净空和桥下净空。

一、桥面净空

为保证车辆和行人的安全通过，应在桥面以上垂直于行车方向保留一定限界的空间，此限界空间称为桥面净空。桥面净空中不得有任何桥梁构件或其它障碍物。

桥面净空主要指净宽和净高。净宽是人行道（或安全带）内缘间的宽度，它决定于桥梁所在的公路等级。《技术标准》规定：一级路桥面净宽为 15 米，或中间设分车带 两侧各为 7.5 米；二级路桥面净宽为 9 米或 7 米；三级路桥面净宽为 7 米；四级路桥面净宽除计划提高等级的为 7 米外，一般为 4.5 米。各级公路上的涵洞和跨径小于 8 米的单孔小桥，应与路基同宽。弯道上的桥梁应按路线要求予以加宽。位于大、中城市郊区的公路桥的桥面净宽，应适当考虑城市规划的要求。净高指下承式桥梁的路拱顶点至限界上缘间的垂直距离，除有特殊车辆行驶者外，一般为 5 米。

桥面净空图式及尺寸见图1-9、图1-10和表1-2。

人行道的设置，视需要而定。不设人行道的桥梁可根据具体情况设置栏杆和安全带。与

人行道的宽度可根据行人的密度采用0.75米或1.0米。大于1.0米的按0.5米的倍数递增。安全带的宽度通常为每侧0.25米。

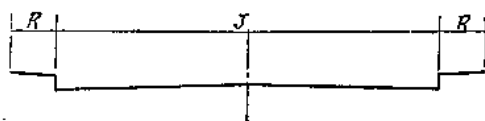
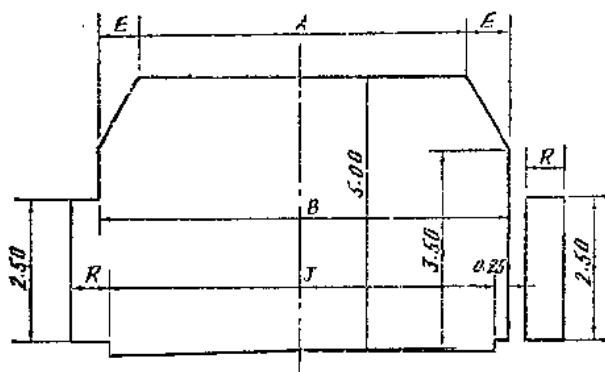
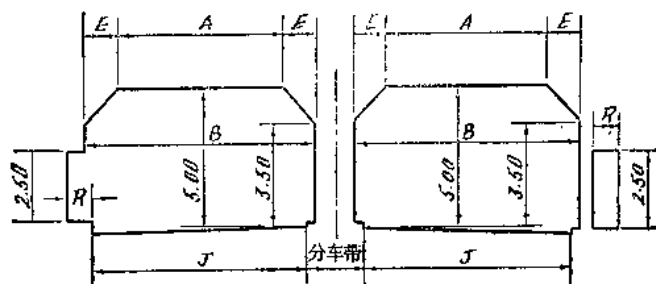


图1-9 上承式桥桥面净空



人行道和行车道相连时 人行道和行车道分开时

无分车带的下承式桥桥面净空



人行道和行车道相连时 人行道和行车道分开时
有分车带的下承式桥桥面净空

图1-10 下承式桥桥面净空
尺寸单位一米

表 1-2

净空各部分名称	净 空 尺 寸 (米)			
	净-15	净-9	2净-7.5 + 分车带	净-7
人行道或安全带边缘间的宽度 <i>J</i>	15.0	9.0	7.5	7.0
下承式桥桁架间净空 <i>B</i>	15.5	9.5	8.0	7.5
跨桥顶点起至高度为5米处的净空顶间距 <i>A</i>	12.5	6.5	6.5	6.0
净空顶角宽度 <i>E</i>	1.5	1.5	0.75	0.75
人行道宽度 <i>R</i>	见人行道和安全带的规定			

二、桥下净空

桥孔中垂直于水流方向所保留的一定限界的空间称为桥下净空。桥下净空中不得伸进任何桥梁构件或其他装置,以便船筏无阻通行。对于不通航河流桥下净空应根据设计洪水位(包括壅水和浪高)或最高流冰水位确定;对于通航河流则还应满足通航要求。不通航河流桥下净空高度规定见表1-3。

跨线桥的桥下净空应符合所跨越道路净空限界的規定。

表1-3

桥梁的部位	高出设计洪水位以上(米) (包括壅水和浪高)	高出最高流冰面以上(米)
梁底	0.50	0.75
支承垫石顶面	0.25	0.50
拱脚	0.25	0.25
木桥梁底	0.25	0.50

注:表列最小净高,应根据河流具体情况,分别考虑河床淤积以及漂浮物和流水阻塞的影响,适当加高。

第三节 桥梁设计的基本要求及有关资料

要兴建桥梁,应先进行实地勘测收集有关资料,然后确定桥位,拟定桥型方案,进行结构计算,绘制设计施工图纸,编制概算预算,才可进行施工。

桥梁设计要符合适用、经济、安全和适当照顾美观的原则。要有足够的桥面净空和桥下净空,以保证车辆、船筏畅通及洪水、漂浮物顺利通过。

要贯彻因地制宜、就地取材的原则,使桥梁的造价最低、材料用量最少,便于施工和养护。

桥梁结构在制造、运输、安装和使用过程中应具有规定的强度、稳定性、刚度和耐久性。其形式要简单,便于制造与施工。

桥梁的总体布置应同周围的景物或建筑物相协调,造型优美。

在桥位处进行勘测时应收集如下资料:

- 1)地形及河流纵横断面等资料 测绘桥位平面及河床断面图。
- 2)水文资料 调查历年最高洪水位、流量和流速,洪水的季节,常水位及枯水位经历的时间,河床的冲刷和淤积以及河道的变迁等。
- 3)地质资料 调查桥位附近地层的层次、名称、物理力学性质,地下水位以及有无断层、溶洞等不良地质现象。
- 4)施工有关资料 调查施工单位的机械设备,建桥附近的交通状况,材料、电力供应及劳动力的来源等。
- 5)气象资料 调查雨量、气温、风向、风速、冰冻季节及冰冻深度等。
- 6)其他资料 调查建桥区域有无地震,河流是否通航,以及当地的规划、生活供应等。

第四节 我国桥梁建筑的成就和发展趋势

一、我国桥梁建筑的成就

我国桥梁建筑的历史非常悠久，我们的祖先在几千年以前就知道用石架木作成简单的木梁桥。

隋朝修建的河北赵州桥距今已有1360多年，为单孔弧形石拱，跨径达37.47米，拱圈上建有四个小拱，它是世界上最早的空腹式石拱桥。

在汉代已开始用铁链作悬索桥，比欧洲大约早一千年。四川泸定大渡河桥建于清乾隆年间，桥长103米。

我国劳动人民虽在桥梁建筑史上写下了光辉的篇章，但在解放前由于国家处于帝国主义压迫和反动政府统治，桥梁建筑水平处于落后状态。

解放后，随着社会主义建设的发展，桥梁建筑事业也得到了新生。1957年我国建成了第一座横跨长江的武汉长江大桥，以后又建成了南京长江大桥。这在规模上和技术上都达到了当时的世界先进水平。

广大建桥职工，继承和发扬了我国石拱桥建筑的优良传统，在盛产石料地区修建了大量的石拱桥。1961年竣工的云南长虹大桥，跨径为112米。1972年建成的四川九溪沟桥，跨径达116米，是我国当前最大的石拱桥。

1964年江苏无锡县建桥职工，在继承石拱桥传统的基础上，吸取现代钢筋混凝土桥的特点，创建了双曲拱桥。它不仅具有民族特色，造型美观，用料省，造价低，施工工艺易被群众掌握，而且能使桥梁轻型化、装配化，因此得到迅速推广，目前最大跨径已达150米。

为了在软弱地基上修建拱桥，上海、江苏、浙江等地修建了不少轻巧的钢筋混凝土桁架拱桥，跨径已达75米。

为加大构件刚度，近年来，在西南地区修建了一些钢筋混凝土Ⅱ形截面和箱形截面的拱桥。

为适应在宽浅河流上修建拱桥，我国华北、东北和西北地区修建了一定数量的二铰平板拱桥、轻合微弯板坦肋拱桥及扁壳拱桥。

在发展拱式结构的同时，还修建了大量的钢筋混凝土梁式桥。中小跨径普遍采用装配式结构（如空心板和微弯板与工字梁组合梁桥），加速了施工进度，并制定了标准图纸，便于大量推广。近年来，进一步发展了预应力混凝土桥。福建乌龙江大桥（图1-11）是预应力T型刚架，主孔跨径为144米。

近年来还修建了几座公路钢桥。如山东北镇黄河大桥，主桥为4孔112米连续钢桁架。四川建成了跨径180米钢桁拱桥和跨径186米双链组合箱梁吊桥。

在上部构造取得重大进展的同时，桥梁下部构造也创造了许多富有成效的施工方法，特别是钻孔灌注桩的推广使用，改变了公路桥梁基础的面貌。

二、公路桥梁的发展趋势

在本世纪内全面实现四个现代化，需要修建大量的公路，其中包括高速公路。由于高速公路线型要求高，不但需要修建的桥梁数量多，而且对桥梁的设计理论、结构型式、使用材料、施工方法都提出了新的课题。高速公路的兴建，必将促进我国公路桥梁建设的大发展。

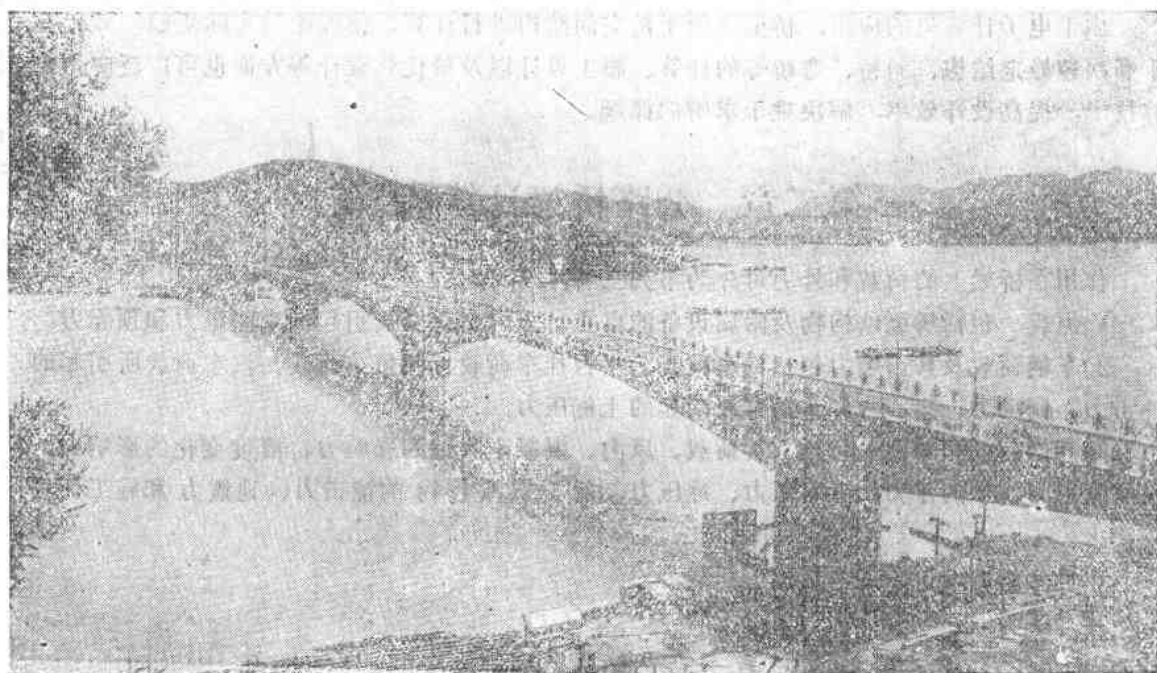


图1-11 乌龙江大桥

传统的圬工拱桥在今后相当一段时期内，仍将是我国的主要桥型，双曲拱、箱形拱、桁架拱及其他新型式拱桥将继续优先得到采用，并向轻型、大跨、装配方向发展。

推广预应力混凝土结构，是当前国内外桥梁发展的共同趋势。它能充分利用材料的高强度，防止混凝土的裂缝，减轻结构自重，增大桥梁跨径。随着新的施工技术（如悬臂拼装法、悬臂浇筑法、顶推法等）的不断出现，预应力混凝土结构将在公路桥梁上得到更广泛的应用。

在跨越大江、大河以及其他特殊地形、地质条件的地方，从设计施工全面考虑，有减少桥墩，采用大跨径的趋势。斜拉桥（图1-12）将在大跨径桥梁中有一个很大的发展。

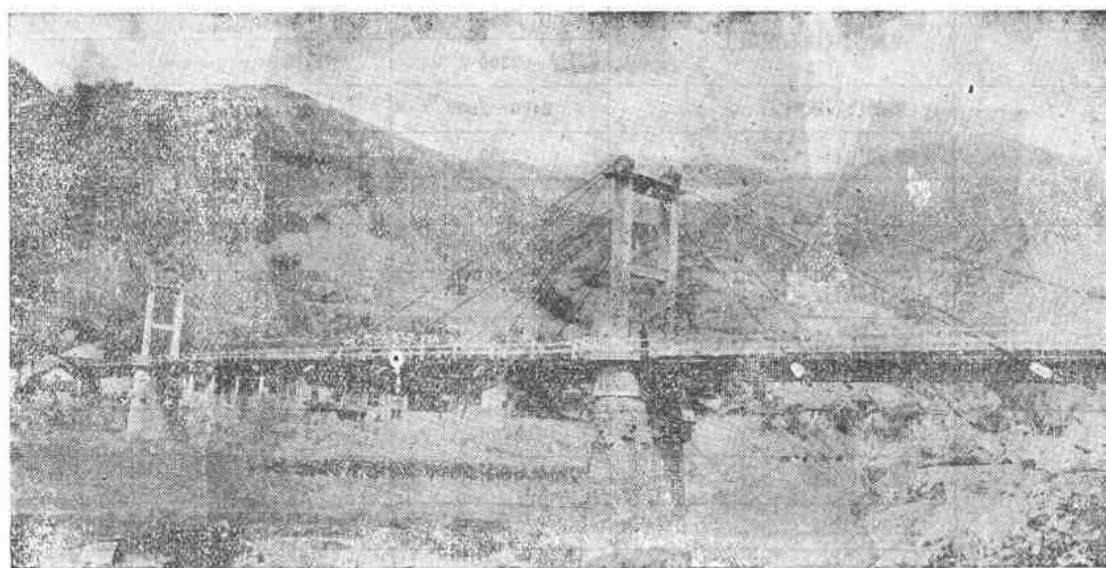


图1-12 四川云阳桥

由于电子计算机的应用, 桥梁就便于按空间结构进行计算, 使理论与实际更趋一致。至于高次超静定结构、斜桥、弯桥等的计算、施工设计以及最优化设计等方面也可广泛应用电算技术, 提高设计效率, 解决难题求解的课题。

第二章 公路桥梁计算荷载

作用在桥梁上的荷载和外力可分为下列三种:

- 1) 恒载 包括桥梁结构物及附属设备的自重、土的自重及其引起的土侧压力和预施力。
- 2) 车辆荷载及其影响力包括汽车荷载、平板挂车荷载、履带车荷载、汽车荷载所引起的冲击力、制动力、离心力和车辆荷载引起的土侧压力。
- 3) 其他荷载和外力 包括人群荷载、风力、混凝土收缩的影响力、温度变化的影响力、支座摩阻力、水的浮力、流水压力、冰压力、船只或漂浮物的撞击力、地震力和施工荷载等。

车辆荷载和人群荷载通常称为活载。

第一节 恒 载

桥梁结构物的自重系指桥梁自身各部构件的重量, 附属设备的自重系指附设在桥梁上的电缆、管道等设备本身的重量。这些重量等于它们本身的体积乘以材料的容重。常用材料容重见表1-4。

预施力指预先施加在结构上的力。

常用材料容重表

表1-4

材 料 种 类	容 重 (公斤/米 ³)	附 注
混 凝 土	钢筋混凝土	2500
	混凝土或片石混凝土	2400
		2300
石 砌 体	浆砌块石或料石	2400~2500
	浆砌片石	2300
	干砌块石或片石	2100
桥 面	沥青混凝土	2300
	沥青碎石	2200
	泥结碎(砾)石	2100
砖 砌 体		1800
填 土	填 土	1700
	填 石	1900
压 实	石灰三合土	1750
	石 灰 土	1750

土的自重指作用在桥梁结构上土体本身的重量。土侧压力指土体重量引起的侧向压力。

第二节 车辆荷载及其影响力

桥梁上通行的车辆类型很多，且其轮轴数量、各部尺寸、载重量也各不相同。因此，为便于应用，必须拟定一套既能概括目前国内车辆状况，又适当照顾到将来发展的全国统一车辆荷载标准，作为设计公路桥梁的依据。

《技术标准》将车辆荷载分为计算荷载和验算荷载两种。计算荷载以汽车车队表示；验算荷载以平板挂车和履带车表示。

一、计算荷载

计算荷载的汽车车队分为汽车-10级、汽车-15级和汽车-20级三个等级。各级车队的纵向排列、平面尺寸和横向布置如图1-13和图1-14所示。其主要技术指标见表1-5。

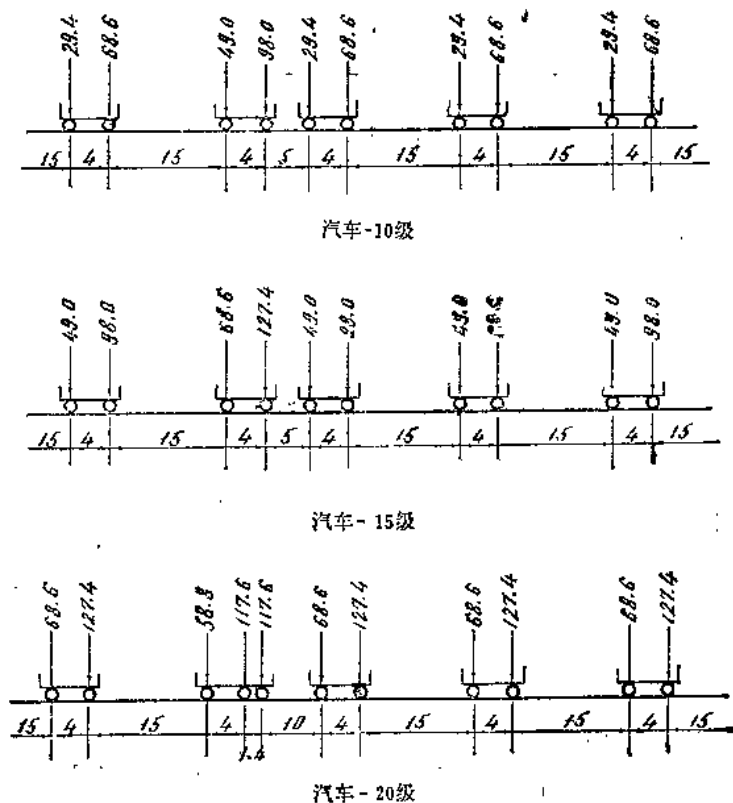
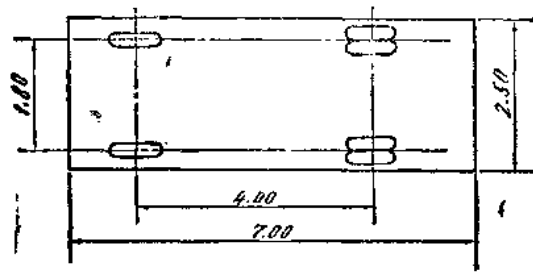


图1-13 各级汽车车队的纵向排列
重量单位一千牛；尺寸单位一米

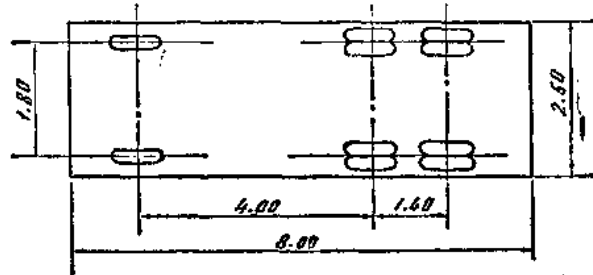
荷载级别表示车队中主车的总重。每级车队中均规定有一辆重车和若干辆（不限制数目）主车。

汽车车队在桥梁上的纵横位置均按最不利情况布置，以使计算部位产生最大的内力。

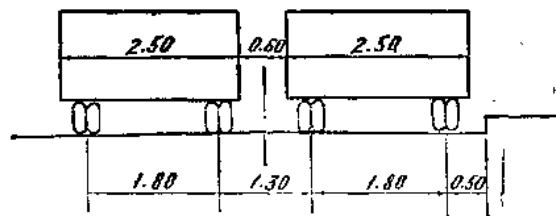
多车道桥梁的汽车荷载在计算时按各行车队同向行驶考虑。几行车队同时并行在桥上的可能性较少，在设计计算时，对车辆荷载可予折减。用两行车队计算时，汽车-20级车队的



汽车-10级、汽车-15级、汽车-20级 主车的平面尺寸



汽车-20级重车的平面尺寸



汽车横向布置

图1-14 各级汽车的平面尺寸和横向布置
尺寸单位—米

各级汽车荷载的主要技术指标

表1-5

主要指标	单位	荷载等级					
		汽车-10级		汽车-15级		汽车-20级	
		重车	主车	重车	主车	重车	主车
一辆汽车总重量	千牛	147.0	98.0	196.0	147.0	294.0	196.0
	吨	15	10	20	15	30	20
一行汽车车队中车辆数目	辆	1	不限制	1	不限制	1	不限制
后轴压力	千牛	98.0	68.6	127.4	98.0	2×117.6	127.4
	吨	10	7	13	10	2×12	13
前轴压力	千牛	49.0	29.4	68.6	49.0	58.8	68.6
	吨	5	3	7	5	6	7
轴距	米	4	4	4	4	4+1.4	4
轮距	米	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
后(中)轮着地宽度及长度	米	0.5×0.2	0.5×0.2	0.6×0.2	0.5×0.2	0.6×0.2	0.6×0.2
前轮着地宽度及长度	米	0.25×0.2	0.25×0.2	0.3×0.2	0.25×0.2	0.3×0.2	0.3×0.2
车辆外形尺寸(长×宽)	米	7×2.5	7×2.5	7×2.5	7×2.5	8×2.5	7×2.5

注：“千牛”为国际单位，“吨”为公制单位。

荷载可以折减10%，但折减后的计算内力不得小于一行车队的计算结果；用三行车队计算时，各级汽车荷载均可折减20%；用四行车队计算时，各级汽车荷载均可以折减30%，但折减后均不得小于用两行车队计算的结果。

二、验算荷载

验算荷载分为履带-50、挂车-80和挂车-100三种。其荷载图式和横向布置如图1-15所示，主要技术指标见表1-6。

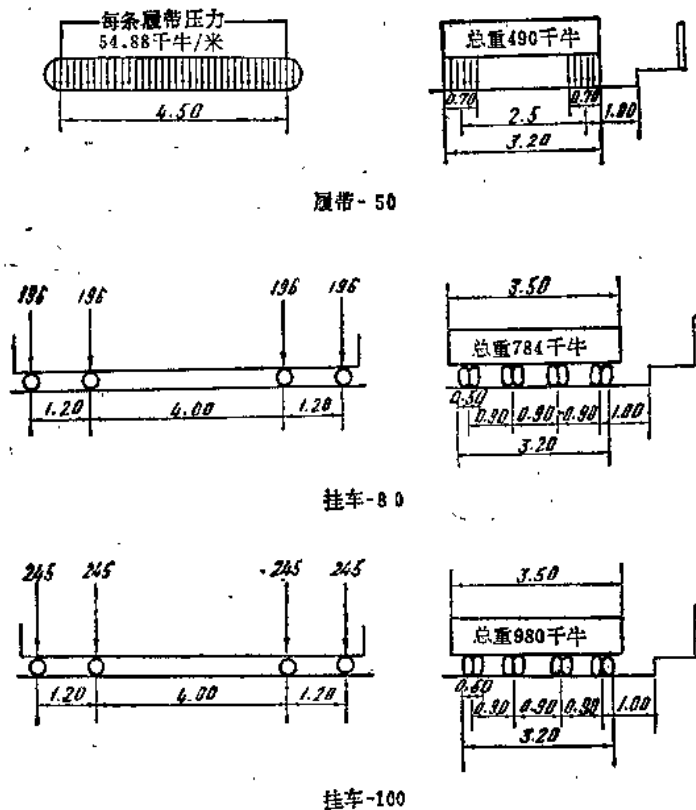


图1-15 各级验算车的纵向排列和横向布置
重量单位—千牛；尺寸单位—米

各级验算车的主要指标

表1-6

主要指标	单位	履带-50	挂车-80	挂车-100
车辆重量	千牛	490.0	784.0	980.0
	吨	50	80	100
履带数或车轴数	个	2	4	4
每条履带或每个车轴压力	千牛	54.88千牛/米	196.0	245.0
	吨	5.6吨/米	20	25
履带着地长度或纵向轴距	米	4.5	1.2+4.0+1.2	1.2+4.0+1.2
每个车轴的车轮组	个	—	4	4
履带横向中距或车轮横向中距	米	2.5	3×0.9	3×0.9
履带宽度或每对车轮着地宽度和长度	米	0.7	0.5×0.2	0.5×0.2