

中等专业学校试用教材

桥涵设计

成都铁路技术学校 主编

人 民 铁 道 出 版 社

中等专业学校试用教材

桥 涵 设 计

成都铁路技术学校 主编

人 民 铁 道 出 版 社

· 1980年·北京

内 容 简 介

本书根据1978年铁道工程专业教学计划所确定的培养目标及对本课程的要求，以铁路小桥涵的有关内容为主，编写而成。

全书共分六章，主要介绍水力学、水文学、小桥涵设计的基本知识和基本计算原理。

参加本书编写单位及人员有：

齐齐哈尔铁路工程学校

成都铁路技术学校

包头铁路技术学校

南京铁路运输学校

吴光奎（第一章、第六章）

曾才燊（第二章、第五章九至十二节及附录）

张振业（第三章、第四章）

张剑云（第五章一至八节）

中等专业学校试用教材

桥 涵 设 计

成都铁路技术学校 主编

人民铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：15.75 字数：375 千

1980年1月第1版 1980年1月第1次印刷

印数：0001—10,000 册 定价：1.25 元

目 录

第一章 概论	1
第一节 桥涵结构的基本概念	1
一、桥涵的意义	1
二、一般要求	1
三、桥与涵的划分	1
第二节 桥梁的主要组成部分与分类	2
一、桥梁的组成部分	2
二、桥梁分类	2
第三节 桥梁的孔径与全桥总布置图	7
一、桥梁的孔径与净空	7
二、桥梁建筑限界	9
三、全桥总布置图	9
第四节 桥涵的设计荷载	13
一、主力	13
二、附加力	14
三、特殊荷载	14
第五节 桥涵勘测设计概述	14
一、勘测设计的原则	14
二、勘测设计的程序	14
三、初步设计阶段的主要任务	15
四、施工图设计阶段的主要任务	16
五、技术规范与铁路标准设计图	16
第六节 桥梁发展概况	17
一、我国古代桥梁	17
二、我国的铁路桥梁	17
三、国外桥梁介绍	17
四、我国桥梁发展方向	18
第二章 桥梁水文	20
第一节 液体运动的描述与稳定流的连续方程式	20
一、液体运动的描述	20
二、稳定流的类型	21
三、稳定流的连续方程式	21
第二节 液体运动的能量方程式	22
一、理想液体流束的伯诺里方程式	23
二、实际液体总流的伯诺里方程式	24
第三节 水头损失的基本公式	25

一、水头损失的原因及分类	25
二、沿程水头损失的公式	26
三、局部水头损失的公式	27
四、总水头损失的公式	28
第四节 水在明渠中的流动	28
一、明渠均匀流	28
二、天然河流的计算方法	32
三、明渠非均匀流动	33
第五节 宽顶堰的过水能力	38
第六节 水文勘测与桥位选择	41
一、桥位选择	41
二、桥涵勘测工作	42
三、水文勘测	43
第七节 小流域地面径流计算	46
一、地面径流的物理现象	46
二、小流域地面径流的计算方法	49
第八节 小桥涵孔径计算	54
一、小桥涵孔径计算特点	54
二、小桥孔径计算	55
三、涵洞孔径水力计算	60
第三章 桥梁在曲线上及坡道上的布置	67
第一节 桥梁在曲线上的布置	67
一、梁部布置	67
二、桥墩的布置	68
三、桥台的布置	68
第二节 曲线桥布置计算	70
一、交点距 L	71
二、偏距 E	71
三、偏角 α	71
四、曲线桥布置的计算步骤	72
第三节 桥梁在坡道上的布置	76
一、钢筋混凝土梁式桥的布置	76
二、支座的布置	78
第四章 钢筋混凝土梁	79
第一节 钢筋混凝土的基本知识	79
一、钢筋混凝土的基本概念	79
二、混凝土的力学性能	79
三、钢筋的种类和力学性能	83
四、钢筋与混凝土间的粘结力	84
五、钢筋的锚固	84
第二节 钢筋混凝土受弯构件的计算	85
一、截面形式与钢筋布置	85

二、抗弯强度计算的基本原理	86
三、单筋矩形截面计算	88
四、T形截面计算	101
五、钢筋混凝土梁的抗剪计算	105
六、裂缝宽度的检算	111
第三节 钢筋混凝土轴心受压构件的计算*	116
一、构造要求	117
二、强度计算	117
三、稳定性计算	118
四、计算步骤	118
第四节 钢筋混凝土梁和预应力混凝土梁的构造	119
一、道碴桥面钢筋混凝土梁	120
二、预应力混凝土的概念	129
三、预应力混凝土梁的构造	133
四、钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁桥的支座	138
五、预应力混凝土桥梁的新型式	142
第五章 墩台及基础	145
第一节 桥墩的类型及适用范围	145
一、实体桥墩	145
二、空心墩	146
三、轻型桥墩	146
第二节 桥墩的构造及主要尺寸的拟定	147
一、顶帽	147
二、托盘	149
三、墩身	150
四、基础	150
第三节 桥墩的荷载计算及荷载组合	153
一、主力	153
二、附加力	155
三、特殊荷载	157
四、最不利荷载组合	158
第四节 桥墩检算	158
一、墩身的检算	158
二、基底检算	162
第五节 圆端形桥墩检算算例	170
一、检算资料及检算要求	170
二、荷载计算	170
三、墩身截面的检算	173
四、基础顶面以下的荷载和水浮力的计算	175
五、基底截面的检算	176
第六节 桥台的类型及适用范围	178
一、矩形桥台	178
二、U形桥台	179

三、T形桥台	179
四、后仰埋式桥台	179
五、耳墙式桥台	180
六、桩柱式桥台	181
七、锚定板桥台	181
第七节 桥台的构造及主要尺寸的拟定	184
一、台顶、道碴槽	184
二、顶帽	184
三、桥台长度	185
四、台身	185
五、基础	186
第八节 桥台的荷载计算	186
一、主力	186
二、附加力	194
第九节 桥台的检算	195
一、检算的内容	195
二、最不利荷载的组合	195
第十节 地震区墩台	197
一、一般规定与要求	197
二、计算办法与公式	197
三、抗震措施	199
第十一节 桥梁附属设备	199
第十二节 墩台标准图的应用	200
一、桥台标准设计图的应用	201
二、桥墩标准设计图的应用	201
附录 单线铁路简支梁桥T形桥台算例	202
一、设计资料	202
二、主要尺寸	202
三、荷载计算	202
四、基顶截面检算	214
五、基底截面偏心及应力检算	215
六、总体稳定性检算	218
第六章 涵洞	222
第一节 涵洞的类型与构造	222
一、涵洞的类型	222
二、涵洞的构造	222
三、钢筋混凝土圆形涵洞	224
四、石及混凝土拱涵	226
五、钢筋混凝土盖板箱涵	227
第二节 涵洞的设计与计算	228
一、涵洞设计的一般原则	228
二、涵洞类型的选择	223
三、涵洞的布置	229

四、涵洞的长度计算与预留上拱度.....	230
五、涵洞的基础处理.....	232
六、涵洞出入口路堤与河床铺砌.....	233
七、钢筋混凝土圆形涵洞设计算例.....	234
第三节 斜交涵洞、陡坡涵洞及其他	239
一、斜交涵洞长度的计算.....	239
二、陡坡涵洞.....	240
三、倒虹吸管及渡槽.....	242

第一章 概 论

第一节 桥涵结构的基本概念

一、桥涵的意义

当铁道线路跨越江河、干沟、深谷、洼地、池沼、临河、傍山以及在不同高程上与铁路或道路相交时，应设置各种桥涵建筑物以代替路基，使水流、船只、火车、汽车等能顺利通过。

桥涵是铁路建设中的一个重要组成部分，它的工程量往往较大，成为控制工期的因素之一。它也是确保铁路运输畅通的重要环节，一旦遭到破坏修复较困难，在国防上尤其有重要意义。同时，它还与水陆交通、工农业生产、水利建设和人民生活有着密切关系，因此在桥涵的设计、施工两方面均应慎重对待。

二、一般要求

为满足铁路运输的需要，保证列车长期正常运行而不受限制，新建铁路桥涵，均应设计为永久性建筑；在个别情况下，才允许采用临时性建筑，但设计时应考虑将来能在不中断行车条件下，更换为永久性桥涵。永久性桥涵一般使用年限在50年以上，这就要求桥涵结构在制造、运送、安装和运营过程中，应具有规定的强度、稳定性、刚度和耐久性。结构力求简单，便于施工和养护；构件力求标准化，便于工厂制造和机械化施工。要求基础不沉陷，不滑移，不倾斜，不易破坏，有足够的深度和稳妥可靠。桥跨尺寸能满足排洪和航运的要求。

桥涵结构设计，应贯彻节约原则。在保证设计要求前提下，应使结构的建筑费和运营费最低，工期短，所用人力和材料最省，养护简单。使用的建筑材料，应尽量不用木材，少用钢材，注意节约水泥。在保证工程质量条件下，因地制宜，就地取材，降低工程造价。尽力采用先进技术，以加速桥梁建设。

桥涵孔径必须保证设计洪水、流冰、流木、泥石流和漂流物等的安全通过，并要保证通航河道航运畅通。

位于重要城镇的桥梁，在设计和施工上，都应当考虑造型美观。

三、桥与涵的划分

桥涵建筑物最普通的型式是桥梁和涵洞，但同时也包括和桥涵功用相近的明渠、倒虹吸管、渡槽、透水路堤等。桥梁由桥墩、桥台及桥跨结构所组成。涵洞是位于路堤填土内，供水流或交通用的建筑物。

桥梁与涵洞的区别，主要在于其顶上有否填土。凡顶面上填方厚度大于1.0米者，一般称为涵洞；如果顶面上无填土，或虽有填土但单孔孔径大于6.0米者，都称为桥梁。

明渠是一种由墩台及流水底板所组成的无梁建筑。墩台中心间距约0.75米，流水底板以上的墩高为0.3~1.2米，墩台顶面直接搁置枕木。它是利用枕木之间的空隙泄水（如图1—1），一般做成单孔或双孔。

倒虹吸管是一种放置在路基下面的涵洞，是排泄水位高于路基的过水构造物。

渡槽是桥梁的一种特殊形式，有钢筋混凝土槽形梁渡槽和石拱渡槽两种，是使水流从路堑的一侧跨越线路流到路堑另一侧的建筑物。

透水路堤是在路堤内填以石块，并利用石块间的空隙透水的排水建筑物。透水路堤只有在通过的水量不大，并且没有冲积土，从而不致引起石块间的空隙被堵塞的情况下方可使用。透水路堤如图 1—2 所示。

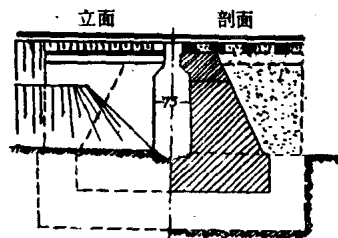


图 1—1 明渠

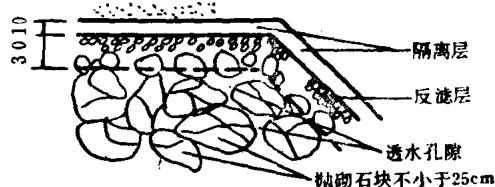
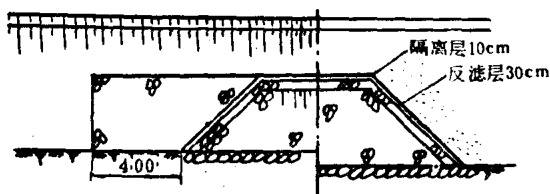


图 1—2 透水路堤

第二节 桥梁的主要组成部分与分类

一、桥梁的组成部分

桥梁按其构造的组成部分，可分为上部结构和下部结构两部分：

1. 上部结构：也称桥跨结构，它包括梁、桥面、支座等，是跨越桥孔的结构物。主要承受列车活载和列车运行时所产生的各种力及风力等，并将这些荷载连同桥跨结构的自重传到下部结构上。
2. 下部结构：它包括桥墩、桥台连同下面的基础，它支承桥跨结构，把上部结构传来的荷载，连同它本身重量和所受的外力一起传到下面的地基上。

二、桥梁分类

按照不同的分类方法，铁路常用桥梁可分为很多种类，现择其主要者简述如下：

(一) 按照桥梁长度分

特大桥——桥长 500 米以上；大桥——桥长 100 米以上至 500 米；中桥——桥长 20 米以上至 100 米；小桥——桥长 20 米及以下。

(二) 按照桥跨结构所采用的主要建筑材料分

1. 木桥

木桥的主要形式是木栈桥。它是以单排架（如图 1—3，每隔 20 米设一个双排架）做墩台，上设简单的木束梁和桥面而成。它多用于便桥，跨度一般为 2~3 米，最多不超过 5 米，高度在 3~8 米之间（如图 1—4）。

2. 钢梁桥

钢梁作为桥跨结构，除旧桥尚有部分工字梁（一般跨度 < 15 米）外，其主要形式为板梁和桁梁两种。

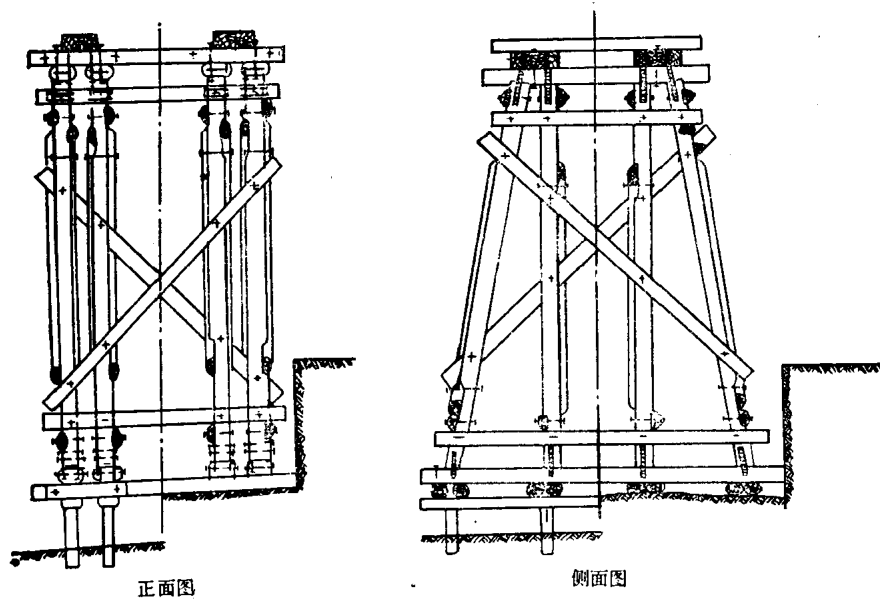


图 1—3 单层木排架桥墩示意图

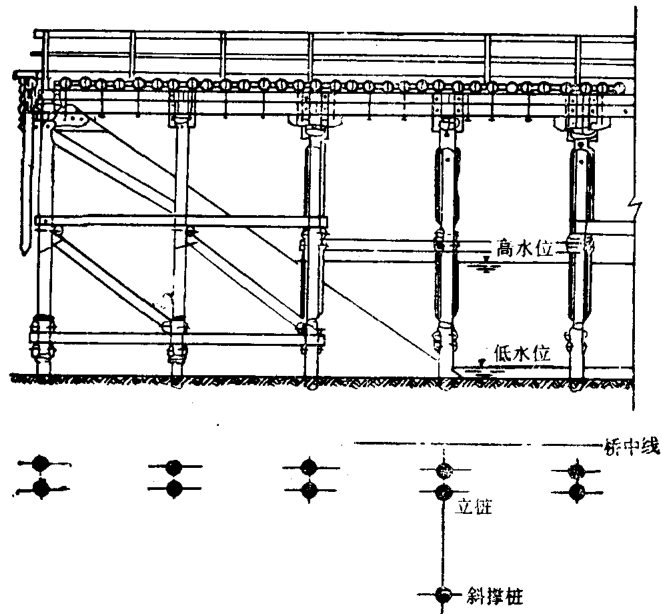


图 1—4 木栈桥示意图

(1) 钢板梁

钢板梁的跨度一般可达40米，其结构形式可分上承式和下承式两种。上承式板梁桥跨结构由桥面、主梁、联结系和支座四部分组成（如图 1—5）。下承式板梁是当桥梁建筑高度受到限制时采用，它是由桥面、纵梁、横梁、主梁和支座五部分组成（如图 1—6）。

(2) 钢桁梁

桥的跨度增大时，梁的高度也要增大，采用板梁就显得笨重，若用腹杆代替腹板组成桁梁则重量轻，适用于30米以上的跨度。钢桁梁也分上承式与下承式，一般在河流主流上采用下

承式（如图 1—7），在引桥部分因桥下无航运净空要求，以采用上承式比较经济。桁梁主要由桥面、桥面系、主桁架、联结系及支座等部分组成。

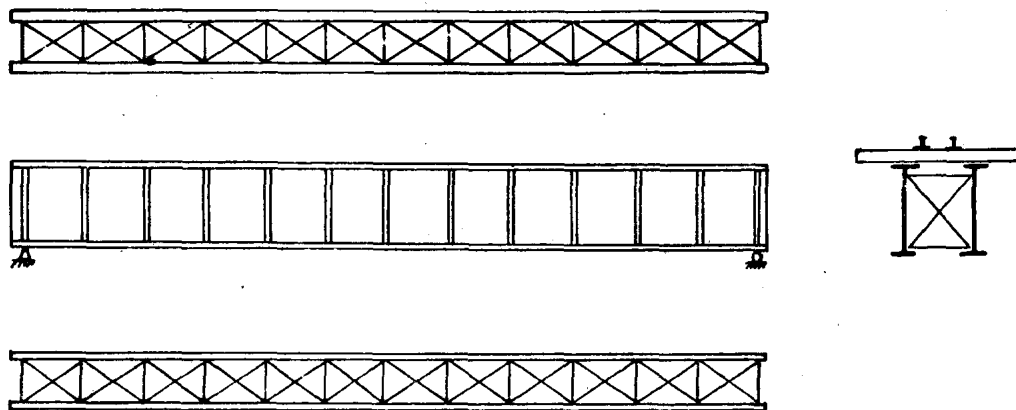


图 1—5 上承式板梁

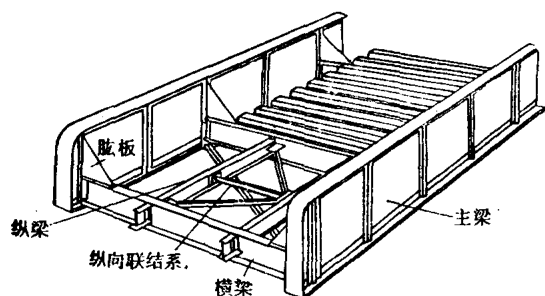


图 1—6 下承式板梁

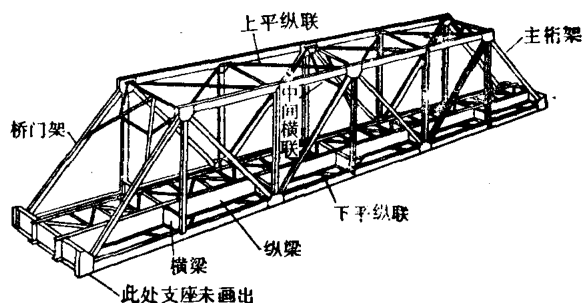


图 1—7 下承式钢桁梁

3. 钢筋混凝土桥

钢筋混凝土可做成各种不同型式，可以广泛采用机械化和工业化方法施工，并且它可以比石桥做成更大的跨度；与钢桥相比用钢料较少，且寿命较长。因钢筋混凝土这种建筑材料具有很多优点，所以钢筋混凝土桥得到了很大的发展。钢筋混凝土桥基本型式可分为梁式桥、刚架桥、拱桥三种。按照钢筋与混凝土之间的关系，又可分为普通钢筋混凝土桥和预应力混凝土桥。

4. 石桥

石桥建筑在我国有悠久的历史，河北赵县安济桥为隋朝石匠李春修建，跨度 37.47 米，拱圈为抛物线形，上有由小拱组成的空腹拱上结构，为全世界敞肩拱桥的首创。

石拱桥有实腹式（如图 1—8）和空腹式（如图 1—9）两种。

5. 结合梁桥

结合梁桥是桥面部分由钢筋混凝土板构成，梁的部分用钢结构，钢结构部分一般为板梁，两者之间作了特殊处理使之联结牢固，成为钢筋混凝土板和钢板梁联合工作的结合梁。结合梁具有道碴桥面的优点，并能充分发挥混凝土受压和钢材受拉的性能。我国结合梁标准设计跨度有 32、40、44 米三种。

（三）按照桥跨结构承受荷载时力学性质的特征分

1. 梁式桥

梁式桥的桥跨结构是一种梁或梁式桁架。它的受力特征是在垂直荷载作用下，支座反力也是垂直的。梁式桥又可分为简支梁、连续梁和悬臂梁三种。

(1) 简支梁

简支梁是铁路桥梁中最常用的一种梁式桥，一般由一端固定支座和一端活动支座将梁支承在桥墩台上（如图 1—10），其梁身承受正弯矩。每一桥孔各有一个桥跨，在受力后单独发生弯曲，与相邻桥跨结构无关。简支梁的跨度和构造基本上是定型设计，有利于工厂成批制造。而且简支梁对墩台基础要求不高，地基稍有下沉对梁的受力情况影响不大。

铁路桥梁中常用的简支梁有钢梁、钢筋混凝土梁、预应力混凝土梁三种。

(2) 连续梁及悬臂梁

连续梁是由几跨梁连接成一体，即几跨连成一联，每联由一个固定支座和几个活动支座将梁跨支承在墩台上。其梁身在跨中部承受正弯矩，在中间支座处承受负弯矩（如图 1—11）：连续梁的优点是刚性大，比同样跨度的简支梁要经济；但必须有良好的地基，保证墩台没有下沉。例如南京长江大桥就是三跨 160 米为一联的连续钢桁梁双层公路铁路两用桥。

悬臂梁有一部分结构伸出桥墩之外，在结构伸出的端部，再承托一孔桥跨结构。例如洛口黄河铁路桥，桥的中段为三跨悬臂桁架桥，跨度为 128.1 米 + 164.7 米 + 128.1 米。

2. 拱桥

拱桥的桥跨结构是拱，即两端支承在墩台上的曲梁。它的受力特征是在垂直荷载作用下，拱脚和墩台间不仅有垂直反力，同时还有水平反力和力矩（如图 1—12）。

拱桥的拱圈主要是承受压力的，可用石料或混凝土砌筑，比梁式桥节省大量水泥和钢材。但拱桥必须有良好的地基，因为基础的沉降对拱的受力情况影响很大。

3. 刚架桥（如图 1—13）

刚架桥把桥跨结构与桥墩台（支柱）连成一个刚性的整体。它的受力特征是在垂直荷载作用下，墩台底部有水平反力与垂直反力，桥跨与墩台连接处还产生弯矩。刚架桥一般常用钢筋混凝土做成。

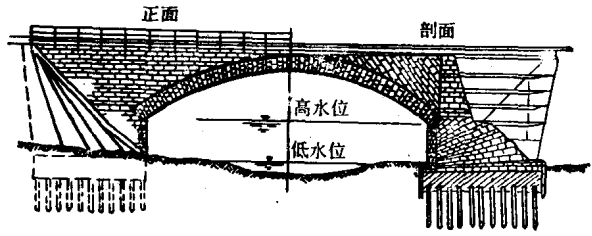


图 1—8 单孔实腹式石拱桥



图 1—9 具有横向孔洞的空腹式石拱桥

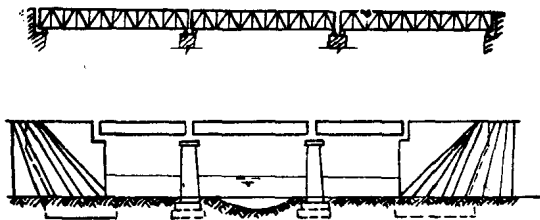


图 1—10 简支梁桥

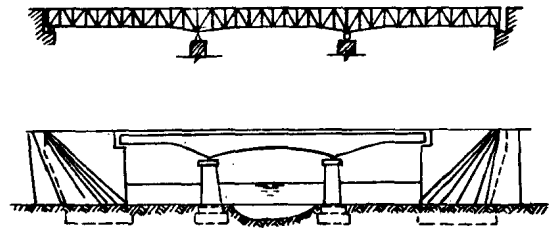


图 1—11 连续梁桥

刚架桥可以减少梁跨高度，增加桥下净空，因之常用于城市中的跨线桥，但需要有良好的地基，以免因基础沉降引起刚架开裂。

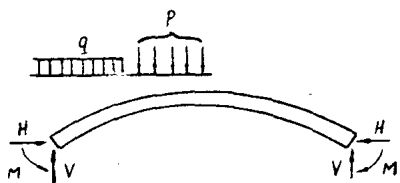
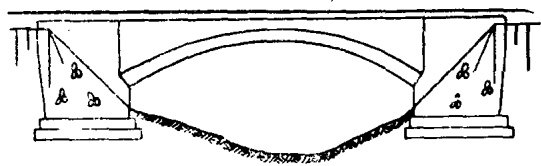


图 1—12 石拱桥

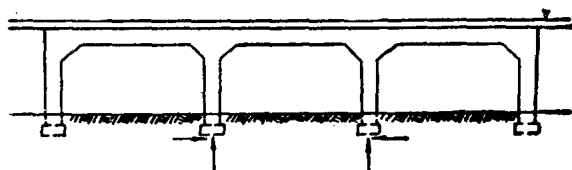


图 1—13 刚架桥

(四) 按照桥面所在位置分

1. 上承式桥

桥面位于承载结构（梁、拱、桁架）之上（如图 1—14 a）。

2. 下承式桥

桥面位于两主梁（桁架或板梁）或两拱肋之间。此式桥又可分为二种：

(1) 穿越式桥

桥面上方有横联结系（如图 1—14 c）。

(2) 半穿越式桥

桥面上方无横联结系（如图 1—14 b）。

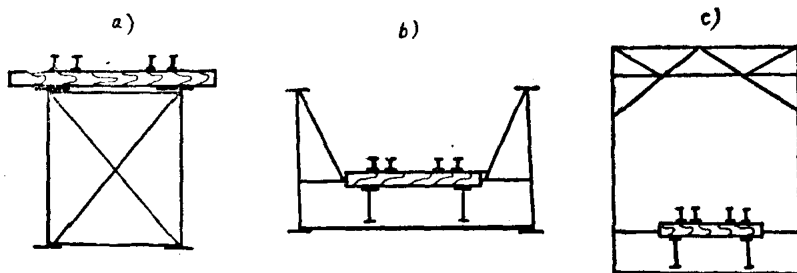


图 1—14 上承及下承式桥图式

(五) 按照桥梁轴线与河流相交方向分

1. 正交桥

桥跨结构的轴线与它所跨越的河流流向交角为直角。

2. 斜交桥

桥跨结构的轴线与它所跨越的河流流向斜交。

(六) 按照桥梁跨越障碍物的不同情况分

1. 河川桥

跨过河流的桥梁；

2. 跨线桥

跨过公路、铁路的桥梁（如图 1—15）；

3. 高架桥

横过深谷、低地以代替路堤的桥梁（如图 1—16）；

4. 栈桥

升高桥面，桥下空间可作它用的桥，例如大桥的引桥。

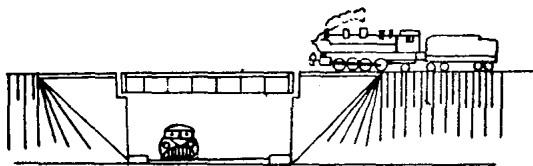


图 1—15 跨线桥

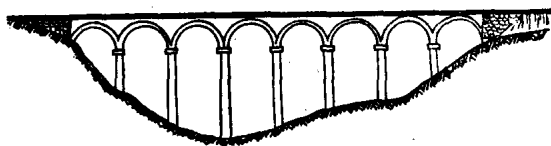


图 1—16 高架桥

上述的桥梁分类，对于桥梁的研究来说是有意义的，但实际上同一座桥梁的各组成部分可能有不同的分类。

第三节 桥梁的孔径与全桥总布置图

一、桥梁的孔径与净空

设计桥梁孔径时要考虑以下两点才能满足要求。

1. 要保证设计洪水和水流中夹带的冰、木、泥石及其他漂流物能安全通过桥孔。通航河流还应满足桥下通航净空的要求。
2. 应确保桥梁本身和桥梁附近路堤的安全与稳定，要避免因建桥后，产生壅水冲刷危害农田房舍，同时便于桥梁的养护和维修。

一般情况下，桥涵孔径主要依据规定的洪水频率时的设计流量和设计水位来确定。铁路工程技术规范第二篇桥涵（本书中以后简称“桥涵规范”）规定：铁路桥涵应按表 1—1 的洪水频率标准进行设计或检算。

桥 涵 洪 水 频 率 表

表 1—1

铁路等级	设计洪水频率		检 算 洪 水 频 率
	桥	涵	技术复杂、修复困难的特大桥及其他重要大桥
I、II	1/100	1/50	1/300
III	1/50	1/50	1/100

注：① 若观测洪水高于表列标准的设计洪水时，除小桥外应按观测洪水设计，但观测洪水频率超过下列上限时，应按其上限频率设计：

I、II 级铁路的特大桥及大中桥为 1/300；涵洞为 1/100；III 级铁路的桥涵为 1/100。

② 有压涵洞的孔径应按设计路堤高度的洪水频率设计。

根据设计洪水频率求得的洪水流量称为设计流量。相应于设计流量的水位称为设计水位。洪水频率是指每年可能出现某一设计洪水流量的机会。其倒数是这种洪水流量的平均重现期。例如洪水频率为 1/100，是指出现等于或大于某一洪水流量的机会是 1/100，它的倒数是 100，即平均 100 年出现一次这样大的洪水，这是指多年的平均值，对某 100 年来说，可能出现几次，也可能一次也不出现，仅用它来作为设计洪水流量大小的标准。

桥梁孔径是指桥下设计水位时的水面净宽度，表示桥下能够排出水流的净空部分。单孔桥孔径是指桥下设计水位时的水面净宽度。多孔桥孔径即为各孔桥的孔径之和，如图 1—17 所示，桥梁孔径 $l = l_1 + l_2 + l_3$ 。

桥梁全长是指两桥台尾之间的距离。

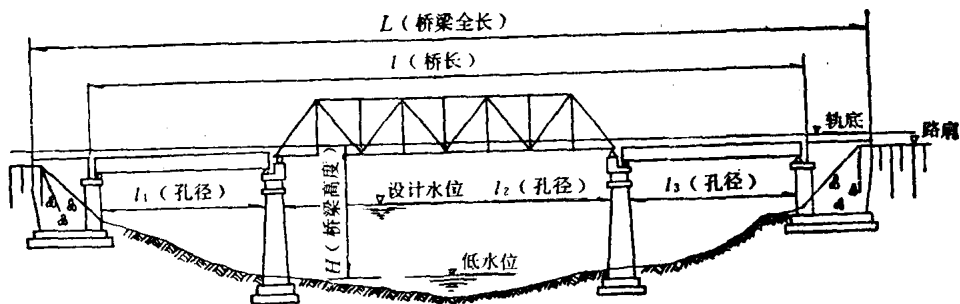


图 1—17 桥梁示意图

梁式桥的桥长是指桥台挡碴墙间的长度；拱桥的桥长是指拱上端墙与桥台间的伸缩缝间的长度。

梁的计算跨度（梁跨）是指桥跨支座中心点之间的距离。

梁长是指桥跨结构的全长，是从梁端到梁端之间的距离。

为了简化设计和施工，一般都应采用国标GB904—65铁路桥梁标准跨度的规定，见表1—2。

桥梁建筑高度是指桥面上轨底标高到桥跨结构底部的距离。

桥梁的高度有水时是指桥面轨底到低水位的距离；无水的旱桥是指桥面轨底到墩台基础的顶面或地面之间的距离。

铁路桥梁标准跨度表

表 1—2

跨度（支点距离、米）	4	5	6	8	10	12	16	20	24
梁 长（米）	4.5	5.5	6.5	8.5	10.5	12.5	16.5	20.6	24.6
跨度（支点距离、米）	32	40	48	56	64	80	96	128	160
梁 长（米）	32.6	40.6	49.1	57.1	65.1	81.1	97.1	129.1	161.1

注：表内跨度及梁长仅适用于简支式桥梁，其他式样桥梁的跨度及梁长，可在设计中另定，但应尽量能与简支梁互换。

桥下净空是指桥跨结构底部至高水位（通航河流则为计算航行水位）间以及相邻两墩台间的界限空间。在此空间不得有任何障碍物，不通航亦无筏运的桥孔，桥下净空高度应符合桥涵规范上有关规定，见表1—3。

桥下净空高度表

表 1—3

序 号	桥 的 部 位	高出设计水位的最小高度(米)	高出检算水位的最小高度(米)
1	梁 底	0.50	0.25
2	梁底（洪水期有大漂流物时）	1.50	1.00
3	梁底（有泥石流时）	1.00	—
4	支 承 垫 石 顶	0.25	—
5	拱肋和拱圈的拱脚	0.25	—

通航与筏运的桥下净空，应满足通航与筏运的要求。跨线桥的桥下净空应根据铁路或公路限界规定及交通情况而定。

二、桥梁建筑限界

在下承式桥梁两主梁之间，轨顶以上，必须留出适当的宽度及高度，以保证列车安全通过，此项限界空间叫桥梁建筑限界（如图 1—18）。在此范围内任何建筑物不得侵入限界。位于曲线上的桥梁要根据桥涵规范的规定予以加宽。

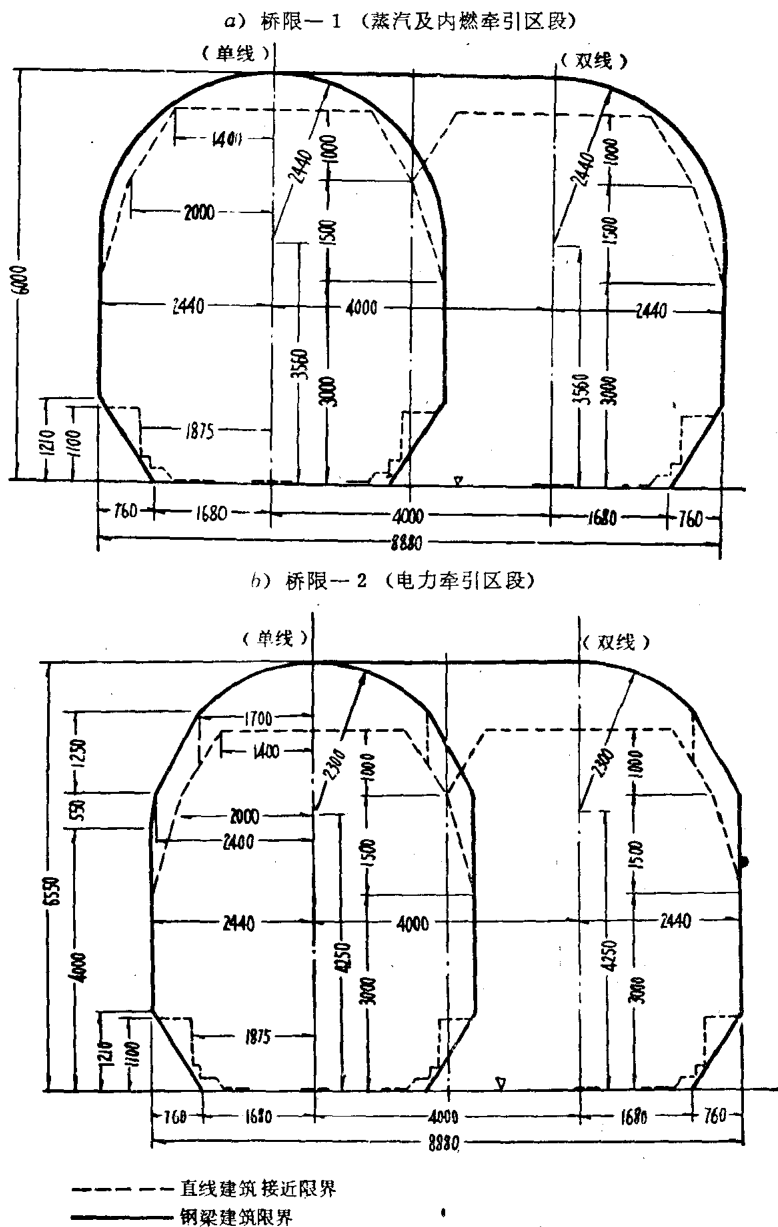


图 1—18 桥梁建筑限界

桥梁建筑限界较直线建筑接近限界稍大，在两者之间可以安装照明、通讯及信号等设备。

三、全桥总布置图

全桥总布置图是桥梁设计图的主要内容，它反映整个桥梁的全貌，它标志出：桥梁的位