

86.5
8-172

桥梁工程基础知识

钱冬生 编

中国铁道出版社

1981年·北京

035325

内 容 提 要

本书对于桥渡和桥梁结构的设计和施工，结合理论和经验作了扼要阐述。内容包括桥渡、钢筋混凝土和预应力混凝土桥、钢桥、拱桥、涵洞、墩台基础等，是学习铁路桥梁工程的一本入门书。

读者对象：铁路职工、铁路院校师生，对铁路工程感兴趣的读者。

目 录

第一章 引言	1
1. 桥的作用	1
2. 上部结构和下部结构	1
3. 铁路桥承受的列车荷载	2
4. 铁路桥所受的其他荷载	4
5. 公路荷载	4
6. 荷载的分类和组合	6
7. 净空	7
8. 用各种材料建造的桥	10
9. 桥的分类	12
10. 关于标准跨度	13
第二章 桥渡	14
1. 河床和河床的演变	14
2. 河段分类	17
3. 桥位选择	19
4. 水文观测和水文资料的收集	20
5. 年洪峰流量 Q 和它的频率 $P\%$ 的关系	22
6. 在有多年水文资料时, 推算设计流量的 方法	27
7. 在缺乏多年水文资料时, 推算设计流量的 方法	32
8. 对于上述推算设计流量方法的看法	35
9. 孔径	36
10. 冲刷和基础埋深	40

11. 桥面标高	43
12. 导流建筑物	45
第三章 桥梁结构的静力分析简介	47
1. 关于力的平衡	47
2. 关于结构的构造原理和验算方法	51
3. 抗倾覆和抗滑动的稳定性	54
4. 简支梁	56
5. 简支桁架	69
6. 连续梁	78
7. 悬索和拱	85
第四章 钢筋混凝土桥和预应力混凝土桥	90
1. 材料	90
2. 钢筋混凝土和预应力混凝土概说	95
3. 钢筋混凝土铁路简支梁标准设计介绍	99
4. 单线铁路钢筋混凝土 $l=16$ 米简支梁的钢筋布置介绍	107
5. 后张法预应力混凝土铁路简支梁标准设计介绍	113
6. 先张法预应力混凝土梁概述	121
7. 串联梁和无碴箱形预应力混凝土梁	123
8. 用架桥机架梁	125
9. 大跨度预应力混凝土桥	129
第五章 钢桥	134
1. 明桥面	134
2. 上承钢板梁桥	136
3. 结合梁桥	139
4. 下承钢板梁桥	141
5. 下承桁架桥的组成	142

6. 纵梁和横梁	144
7. 主桁架	148
8. 联结系	157
9. 桁架桥标准设计简介	158
10. 连续式及组合式钢桁架桥	159
11. 桁架桥的制造	161
12. 桁架桥的安装	163
第六章 梁桥的支座、墩台和基础	171
1. 支座	171
2. 桥墩	179
3. 桥台	182
4. 墩台基础概说	183
5. 浅平基	184
6. 钢板桩围堰深平基	184
7. 沉井和沉箱	186
8. 打入桩桩基	188
9. 钻挖桩桩基	192
10. 管柱基础	193
11. 墩台施工	194
第七章 拱桥	198
1. 铁路石拱桥	198
2. 铁路钢筋混凝土拱桥	204
3. 无支架施工的拱桥	207
4. 拱桥的墩台	208
第八章 涵洞	211
1. 排水系统和小桥涵在保证铁路安全方面的重要性	211
2. 小桥涵所需通过的暴雨流量	212

3. 涵洞的一般构造	212
4. 钢筋混凝土盖板箱涵	215
5. 钢筋混凝土管涵	216
6. 石拱涵	218
7. 涵洞施工	219
8. 关于涵洞设计	221

第一章 引 言

1. 桥 的 作 用

桥的作用，是使陆上交通线路（铁路、公路等）在遇到地形低洼处能够不降低路面高程而顺利通过。在自然界里，这些低洼处往往是江河和沟谷；在城市里，也可能是故意留出来、供其它交通线路使用的。

桥是线路一个重要组成部分。一般地讲，对桥的要求是，其上应能驱车，其下应能流水（或作行车等其它用途）。

2. 上部结构和下部结构

图 1—1 表示一座梁桥的立面图。由此可以看出一般桥梁的主要构造。

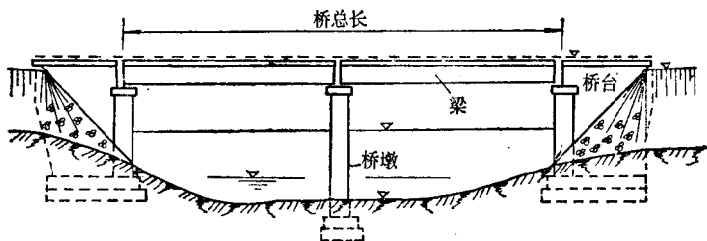


图 1—1 梁桥的组成部分

用于跨过低洼空间的结构，叫上部结构，又叫桥跨结构，在这儿就是梁。用来支承梁的两端的，是桥墩和桥台，又叫下部结构。桥墩和桥台的区别，在于前者是桥梁的中间

支承，而后者是在桥梁端部和路基填方相接的。

为使梁端受力明确，在梁和墩（或台）之间设置支座。梁位于其两端支座间的水平长度，叫跨度（也叫计算跨度）。

3. 铁路桥承受的列车荷载

铁路桥的上部及下部结构，均应能安全承受铁路的列车荷载。为了进行设计的需要，业经制订有标准的铁路荷载——中活载。中活载的重量分布情况，如图 1—2 所示。在图 1—2 a 内，前面 5×22 吨，代表机车主动轮的轴重；随后 30 米，每米为 9.2 吨的匀布荷载，代表机车其余部分（按双机连挂来考虑）的重量；随后的、长度不限的、每米 8.0 吨则表示列车各车辆的重量。

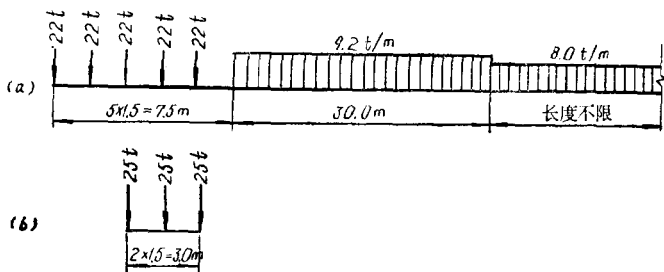


图 1—2 中一活载

图 1—2 b 表示中活载的另一情况——特种活载。其特点是轴重大、轴数少。它表示列车可能包含的某些重载车（例如，元宝车）的轴重。当桥的跨度很短，以致梁上只能放下三个车轴时，这另一情况所给予的梁的载重就更大。

又：图 1—2 所示只是列车的重量。如果列车速度很慢，例如，每小时 5 公里，它使桥所受的力便可以按这些重量来

算。但列车的车体内有弹簧，在列车快速行驶之中，其簧上部分将不可能不摆动。若轨面不平，列车将上下跳动；若钢轨有接头，车轮又将使接头受冲撞。若是用蒸汽机车，其主动轮的质量分布，往往是由于构造需要而有偏心，当车轮转动时，偏心质量所造成的离心力将周期性地冲击桥梁（这一作用时常被叫作“锤击”）。由于诸如此类的原因，桥梁上部结构从铁路活载实际所受的力将大于其重量。于是，将列车重量叫作静活载，将桥梁所受的大于静活载的部分，叫作列车活载的冲击作用。根据实验结果分析，知桥梁所受的冲击作用因桥的跨度和类型不同而异，并和列车的重量成正比，所以，规范为不同类型的桥制定了不同的冲击系数。用冲击系数乘列车重量，就可以将桥梁从铁路活载所受的力的全部（指包括冲击作用者）算出。

列车在行驶时，其主动轮应提供牵引力。当列车刹车时，其各车轮都要受到制动力。牵引力和制动力，它们都是作用于顺线路方向的力（下文称这一方向为纵向）。在路基上，这些力将通过钢轨和道床传给路基。在桥上，这些力的一部分将通过钢轨和桥面传给桥梁，然后经过支座传给墩台，再传给地基土。

在行驶中，列车还左右摇摆，因此，桥梁还要受到一种横向摇摆力（横向是指和纵向垂直的方向）。

对于桥台那一种承受土壤侧压力的结构，当列车重量正好压在和它毗邻的路堤土上时，土壤侧压力将因列车重量的作用而增大。这一增大的部分自当列在列车荷载之内（算作活载，并应与下节所讲的相区别）。

若桥在弯道上，列车在行驶中将不断改变其方向。因此，桥梁又要从列车受到一个离心力。

4. 铁路桥所受的其他荷载

1) 由桥梁本身和桥面(包括钢轨,扣件,轨枕,道碴等项)的重量所引起的恒载;

2) 和桥台等接触的土壤由于土壤自重而产生(对桥台等产生)的侧压力(这是属于恒载);

3) 横向风力(即垂直于线路方向而作用的风力);

4) 纵向风力(即顺线路方向而作用的风力;由于桥梁在这一方向的受风面积较小,这个风力不如前一个风力重要);

5) 水的静压力,浮力,以及流水压力;

6) 冰压力和冻胀力;

7) 由于温度变化所引起的变形受阻止,以及由于混凝土收缩或徐变的影响,而引起的力;

8) 其他活载(例如,人行道活载);

9) 特殊荷载,包括:船舶撞击力,地震力、施工时的荷载(结构在其时有可能还未竣工,那就应按未竣工的结构进行验算)。

5. 公路荷载

在铁路建设中,经常要得到公路交通的支援。此外,由铁路部门修建公路铁路两用桥或单纯公路桥的事,也并不少见。所以,铁路工作人员应该了解公路桥所受到的汽车等活荷载。图1—3表示汽车10级,15级和20级的一列车队的荷载(静重)。这儿所讲的级,是用车队中的一辆标准车的吨位来称呼的;在每列车队中,标准车的数目不限,同时,还包括一辆重车。图1—4表示汽车轮重在横向的分布。又:公路桥在按汽车荷载设计之外,还要按单独一辆履带车

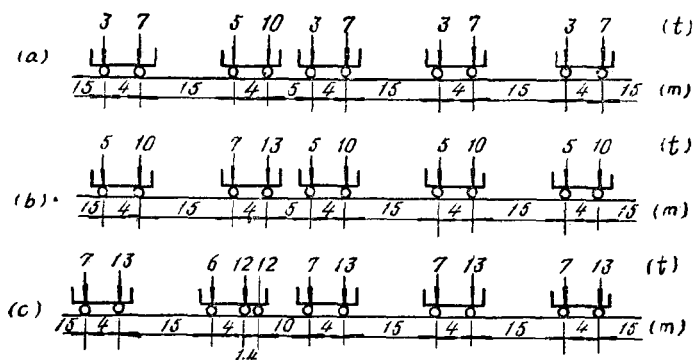


图 1—3 公路车队载重纵向分布
(a) 汽车10级；(b) 汽车15级；(c) 汽车20级。

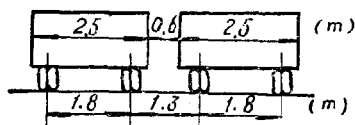


图 1—4 汽车载重横向布置

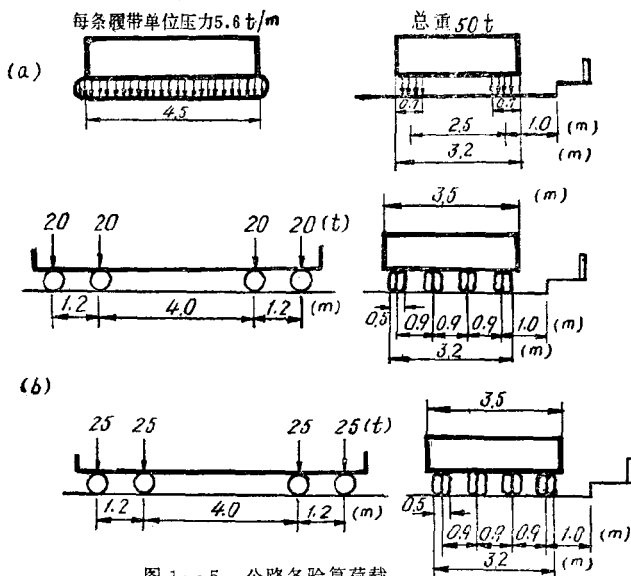


图 1—5 公路各验算荷载
(a) 履带——50；(b) 挂车——80 (100)。

或挂车验算。图 1—5 表示这些验算荷载。

6. 荷载的分类和组合

在进行桥梁设计时，应该考虑哪些荷载呢？稍加分析，就知荷载是随机性的，即：对每一种荷载讲，其经常出现的数值和罕见的乃至非常罕见的数值不一样，前者比较一般，而后者则比较大。列车荷载是这样，风力、地震力更加是这样。为了适应这一客观情况，我们先将荷载分为主力，附加力及特殊荷载三类，再就它们可能同时出现的机会规定几类荷载组合，使设计人员有所依据。

现在讲荷载分类：

(1) **主力** 它们对结构的作用是经常的，或是频繁的。它们又分为：

1) 恒载——例如，结构及其所支承物体的重量，土壤因自重而产生的侧压力等类；它们可以视作是经常作用的。

2) 列车重量及冲击作用——它们的作用是频繁的，规范为它们所制定的值虽不会次次达到，但接近于达到的次数也可认为并不算少；

3) 桥台由于列车重量压在毗邻的路堤土而受到的土壤侧压力（增加部分）；

4) 列车的离心力——对弯道桥讲，这也是频繁的（直线桥则没有）。

(2) **附加力** 其数值随机遇而发生的变化往往很大。在规范里为它们所制定的数值，其出现机会则是相当少的。它们包括：

5) 列车的牵引力和制动力；

6) 列车的横向摇摆力；

7) 横向风力或纵向风力（这两者很难同时出现大数

值，一般只算其中一个）；

8）流水压力，冰压力，冻胀力、温度变化影响等。

（3）**特殊荷载** 在规范里为它们所规定的数值是相当罕见的。它只包括船舶撞击力，地震力和施工荷载这样几项。

现在讲荷载组合。在桥梁设计时，设计负责人应该对下列三类荷载组合中的各种可能出现情况逐个地进行考虑，不使遗漏。所讲的三类组合是：

（1）**主力组合** 也就是只包括主力，不包括附加力，更不包括特殊荷载在内的一类组合。结构遇到这类组合的机会是频繁的。对于这样的组合，安全保证应该比较大。

（2）**主加附组合** 也就是包括主力和附加力，但不包括特殊荷载的组合。有若干种附加力很难同时达到规范为它们所制订的值（例如，列车横向摇摆力和横向风力），规范就规定在同一个荷载组合之中不要将它们同时考虑。由于主加附组合（按它们同时达到规范所制订的值计算）出现机会总是比主力组合为少，对于这一类组合所保证的安全度就可以较小。

（3）**特殊荷载组合** 也就是包括特殊荷载在内的荷载组合。由于规范为特殊荷载所制订的数值实际上是罕见的很大值，即使在这一类组合中不考虑某些主力和附加力，结构有时也很难保证不发生危险，所以，规范每允许将其所包括的主力 and 附加力酌情减少。而且，也并不要求结构在其时还能正常使用；例如，对于地震力讲，只要结构所受损害较轻，人的伤亡可以避免，并使修复不太费事，也就可以过得去了。

7. 净 空

为了保证列车安全，在铁路轨面之上必须有足够的净空

供列车使用。图 1—6 a、b 分别表示单线铁路的桥限—1 和桥限—2。“桥限”是桥梁建筑限界的简称，也就是这儿说的桥上净空。桥限—1 适用于蒸汽及内燃牵引区段，宽 4.88 米，高 6.0 米。桥限—2 适用于电力牵引区段，宽 4.88 米，高 6.55 米。

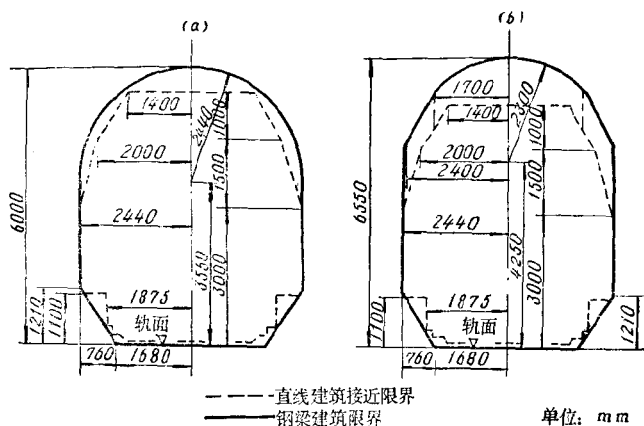


图 1—6 桥梁建筑限界
(a) 桥限—1；(b) 桥限—2。

在弯道上，由于每节车厢都是支承在两个转向架之上的直线图形（长方形），当两个转向架在弯道行驶时，车厢中央将向弯道的内侧侵入，其两端将向弯道外侧突出。还由于外轨超高，车厢的上角也要向内侧侵入。因此，在弯道上，桥限向内侧及外侧都应加宽。其加宽值可以分别用以下二式计算：

内侧

$$W_0 = W_1 + W_3 = \frac{40500}{R} + \frac{H}{1500} \cdot h$$

1—1

外侧

$$W_2 = \frac{44000}{R} \quad 1-2$$

式中 W_0 及 W_2 ——内侧及外侧加宽值，以毫米计；

W_1 ——由于车厢是直线图形而向曲线内侧侵入值；

W_3 ——由于车厢倾斜（外轨超高而引起的）而向曲线内侧侵入值；

R ——弯道半径，以米计；

H ——车厢高度（从轨顶起算），以毫米计；

h ——外轨超高值，以毫米计。

今用图 1—7 说明这些值的来源。取车厢长度为 26 米，转向架中心距为 18 米，使车厢两端各悬出于转向架中心之外 4 米。看图 1—7 a，

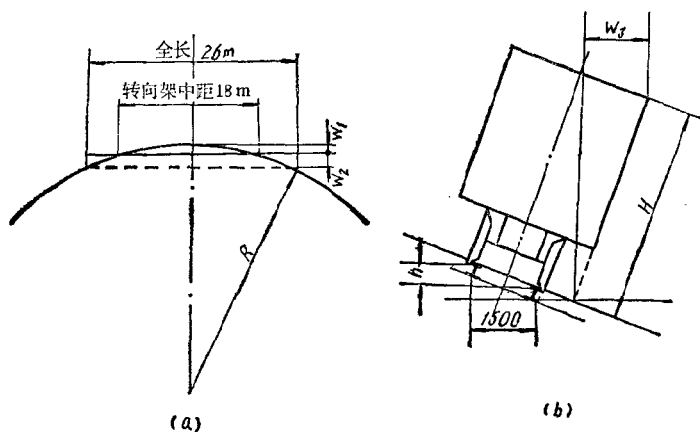


图 1—7 桥梁建筑限界的弯道加宽值计算

$$W_1 = \frac{18000 \times 18000}{8R \times 1000} = \frac{405000}{R},$$

$$\begin{aligned}
 W_2 &= \frac{26000 \times 26000}{8R \times 1000} - \frac{18000 \times 18000}{8R \times 1000} \\
 &= \frac{44000}{R};
 \end{aligned}$$

在以上两式中，因 R 用米表示，特乘以 1000，使和分子以毫米计者相同。

看图 1—7 b ，车厢因外轨超高而倾斜；两轨中心距按 1500 毫米计，其斜率是 $h/1500$ ；车厢离轨顶为 H 的点，其向弯道内侧侵入的值 W_3 当等于 $Hh/1500$ 。

为了桥下通航、流筏、排洪等的安全，桥下也必须有足够的净空。这将在第二章之 11 再讲。

8. 用各种材料建造的桥

木材、石材、钢材、钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土等是常用的造桥材料。

由于木材不能耐久，并容易失火，且我国森林资源也不够丰富，有许多建筑行业又确属更加需要木材，铁路桥就一般地不用木材去建造。不过，若遇抢修，当手头并没有合用的钢铁备品时，为了迅速完成任务，有时也还会使用木桥。

石材的长处，在于能就地取材，可以节约“三材”（木材，钢材，水泥），但抗拉强度较低，只适合于做桥墩、桥台，小涵洞和石拱桥。而在这些结构施工中，备料、运输、砌筑等都需要大量劳动力（其一部分还需要熟练工），其机械化程度难于和混凝土工作相比。因此，当工程规模较大时，从经济上考虑，往往宁愿不用石材而用混凝土。

钢材是从十九世纪七十年代开始大量地用于铁路桥的。它在抗拉、抗压、抗剪方面都强。而且，它在接头处的传力构造（不论是用铆钉，高强度螺栓或焊接）可以安排得比较

紧凑，并且可靠。所以，在本世纪四十年代以前，大多数铁路桥都是用钢材来制造的。跨度在40米内的，时常用钢板梁桥；跨度超过40多米的，一般用钢桁架桥。

混凝土的抗拉能力也是不强的，但若将钢筋灌注在混凝土之内，那它在实质上就变成了一种新材料。而这种新材料是用价廉的混凝土来抗压，并用价格比型钢便宜很多的钢筋来受拉，它一比只用钢材者省多了。自从本世纪三十至四十年代左右开始，铁路就逐步在小跨度范围内采用钢筋混凝土梁代替钢梁。而在发展了架桥机之后，钢筋混凝土梁又可以在预先制好之后，运到现场去安装，省去了现场灌注混凝土所需的脚手架和模板，降低了造价，也提高了质量。此外，混凝土梁桥还不像钢梁那样隔几年就要油漆，维修费也省。因此，从五十年代以来，跨度在20米以内的铁路梁桥，采用钢筋混凝土梁做上部结构已经较为普遍。

但普通钢筋混凝土梁自重较大。当跨度稍大时（例如，大于20米），缺点就更为严重。降低自重的主要措施，在于使用更高强度的混凝土和更高强度的钢筋。这时又遇到了另一问题，即：和混凝土粘在一起的钢筋，在其因所承受的拉应力较大而伸长时，其处混凝土因经受不了同样的伸长而开裂得相当厉害。裂缝进水，会使钢筋锈坏，降低梁的使用质量。解决这问题的办法，在于给钢筋以预拉应力，使和它粘在一起的混凝土因此而受到预压，那末，当梁因承受活载而使那里的混凝土随着钢筋的受拉而伸长时，那就表现为减少其预压，至多也只是稍有伸长，开裂现象也就改善很多了。在采用了这样的预应力措施后，跨度达40米的梁桥也就可以预制，并用架桥机或其他起重设备安装。

总的说来，对于不同的跨度范围，大体上各有其经济合理的结构式样。在目前，当跨度小于40米时，常使用钢筋混