

项目 1 铁路桥涵结构施工准备

1. 知识目标

- (1) 知道铁路桥涵的作用与要求。
- (2) 掌握桥梁的基本组成及类型。
- (3) 掌握关于桥梁的术语。
- (4) 掌握铁路桥梁桥面的组成及护轮轨、钢轨伸缩调节器、人行道、防排水系统等的位置要求。
- (5) 掌握铁路钢筋混凝土简支梁及预应力混凝土简支梁的构造。
- (6) 掌握铁路简支钢梁桥的构造。
- (7) 了解拱桥、斜拉桥的类型及构造。
- (8) 掌握铁路桥梁支座的作用、类型及设置要求。
- (9) 掌握常见铁路支座的构造。
- (10) 掌握桥梁墩台的结构组成及类型。
- (11) 掌握桥墩、台顶帽的构造情况，以及基础的埋置要求。
- (12) 了解桥梁附属设施及设备的设置要求。
- (13) 掌握涵洞的类型及其构造。
- (14) 掌握铁路桥梁施工图的组成及识读的方法和内容。
- (15) 掌握铁路桥梁施工技术准备的主要内容。
- (16) 掌握铁路施工作业指导书、施工技术交底的编写内容。
- (17) 知道桥梁施工测量的主要内容。

2. 能力目标

- (1) 具备现场桥涵设备的认知能力；
- (2) 具备编制铁路桥涵施工作业指导书、施工技术交底的能力。

3. 学习重难点

- 学习重点 1：桥梁的基本组成及类型和关于桥梁的术语。
- 学习重点 2：铁路桥面的组成及各部分的设置要求；
- 学习重点 3：钢筋混凝土简支梁及预应力混凝土简支梁的构造；
- 学习重点 4：铁路简支钢梁桥的构造；

- 学习重点 5: 铁路桥梁支座的作用、类型及设置要求;
- 学习重点 6: 铁路桥梁施工图的组成及识读的方法和内容;
- 学习重点 7: 铁路施工作业指导书、施工技术交底的编写内容及方法;
- 学习难点 1: 针对铁路桥梁现场有差异性构造的认知;
- 学习难点 2: 桥梁施工图的识读;
- 学习难点 3: 施工技术资料编制。

任务 1.1 铁路桥涵结构认知

1.1.1 铁路桥涵的作用与要求

铁路桥涵是铁路桥梁及铁路涵洞的统称。铁路桥梁是指铁路跨越天然障碍物或人工设施的架空建筑物。铁路涵洞是指横穿铁路路基,用于排洪、灌溉或作为通道的建筑物。铁路桥涵主要起到排泄洪流、车流、人流,保持线路连续性及替代路堤的作用。

铁路桥涵在确定设计方案时应调查研究河流的历史、现状及其发展趋势,探明桥址地质情况,考虑桥涵与道路、水利、航运及工农业的相互关系,并应满足环境保护、水土保持、文物保护等的相关要求。在保证安全性和耐久性的前提下,桥涵设计要优先考虑满足功能需求,即要满足“适用”的要求,再根据具体情况考虑环保、经济和美观的要求。铁路桥涵结构在制造、运输、安装和运营过程中,应具有规定的强度、刚度、稳定性,并应满足轨道平顺性、列车运行安全性和旅客乘坐舒适性的要求。

1.1.2 桥梁的组成与分类

1. 桥梁的组成

桥梁由上部结构、支座、下部结构及附属设备组成。如图 1-1 所示。

上部结构是跨越结构,是横越空间的部分,主要作用是跨越障碍并承受其上的桥面荷载和交通荷载,通常包括桥跨结构和桥面构造两大部分。桥跨结构是梁桥支承以上或拱桥起拱线以上,跨越桥孔的结构。桥面构造在铁路桥中是指轨道、护轮轨、钢轨伸缩调节器、桥枕、道砟、挡砟墙、人行道、栏杆、避车台、防撞墙、声屏障、伸缩缝、排水防水系统等;在公路桥中则是指行车道铺装。

支座是设置在桥梁上部结构和下部结构之间的,支承桥跨结构并将其荷载传给墩(台)的构件。其作用是传递上部结构的支承反力,保证结构在活载、温度变化、混凝土收缩和徐变等因素下能自由变形,使桥跨结构的实际受力情况与结构的设计要求相符合。

下部结构指桥梁支座以下的支承结构,它包括桥墩、桥台及其基础,其作用是将上部结构及其承受的交通荷载传入地基。桥墩是桥梁中间的支承结构;桥台设在桥跨结构的两端,

它除了支承上部结构以外，还起到桥梁和路堤衔接并防止路堤下滑和坍塌的作用，其两侧做成填土或填石锥体并在表面加以铺砌，用于保证桥台和路堤的良好衔接，并保证桥头路堤的稳定。

除上述基本结构外，桥梁根据实地情况还修建一些附属结构物，其主要作用是保护桥梁结构不遭受水害、冻害的影响，并便于维修人员进行桥梁检查维护作业。常包括导流堤、丁坝、护岸等河道整治设施，防撞护墩、桥头护锥、桥下地面铺砌等桥梁防护设施，以及检查梯、台阶扶梯等检查维修设施。

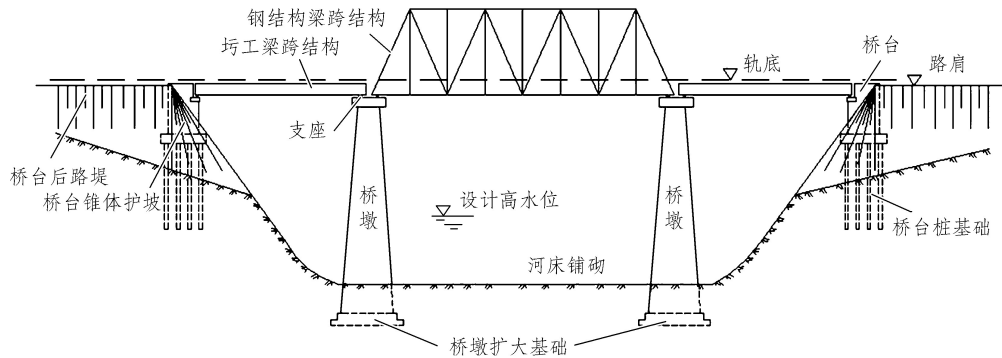


图 1-1 桥梁的基本组成

2. 桥梁相关术语名称

下面结合图 1-2 介绍一些桥梁工程中常用的专业术语。

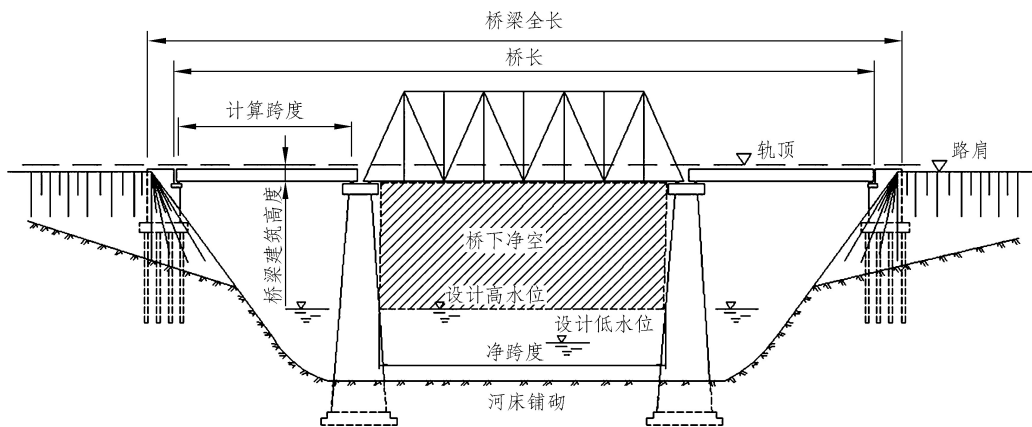


图 1-2 桥梁的专业术语示意

1) 设计洪水位

河流中的水位是变动的，枯水季节的最低水位称为低水位，洪峰季节的最高水位称为高水位。桥梁设计中按规定的设计洪水频率所得的高水位称为设计洪水位。

2) 桥 长

桥梁的桥长是用于界定桥梁跨越部分能力的指标，同时也是桥梁分类的依据之一。梁桥桥长系指桥台挡砟前墙之间的长度；拱桥桥长系指拱上侧墙与桥台侧墙间两伸缩缝外端之间的长度；刚架桥桥长系指刚架顺跨度方向外侧间的长度。

3) 桥梁全长

桥梁全长是在桥梁桥长的基础上加上桥台的长度。它反映的是桥梁总的规模。

4) 计算跨度

计算跨度指桥梁顺桥方向两支承中心之间的距离。对拱式桥是指拱轴线两端点之间的距离。铁路桥梁常以计算跨度作为标准跨度。铁路桥梁的标准跨度和梁长有统一的规定，见表 1-1。

表 1-1 铁路桥梁标准跨度

单位：m

跨度（支点距离）	4	5	6	8	10	12	16	20	24	32
梁长	4.5	5.5	6.5	8.5	10.5	12.5	16.5	20.6	24.6	32.6

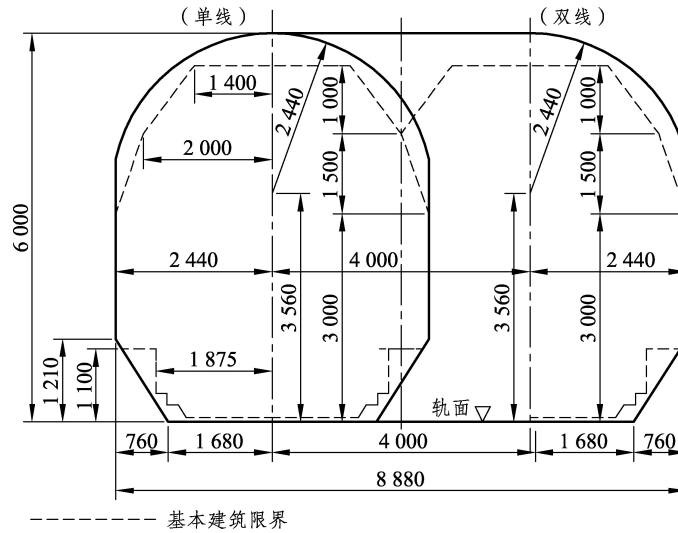
5) 净跨度

净跨度指设计洪水位线处相邻两个桥墩（台）之间的水平净距，而拱式桥是指每孔拱跨拱脚截面内边缘之间的距离。各孔净跨度之和，称为桥梁的孔径。

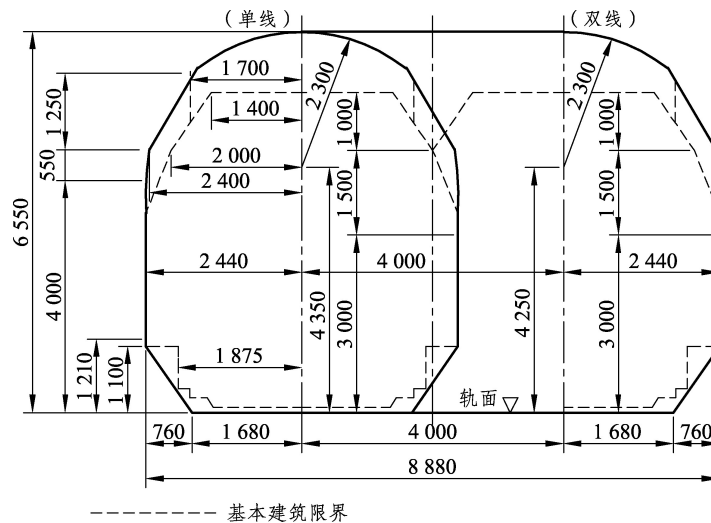
6) 净 空

桥梁净空包括桥上净空和桥下净空。

桥上净空是保证机车车辆的安全运行及桥梁建筑物安全所必需的净空界限。它是一个与线路中心线垂直的横断面，中国国家铁路集团有限公司制定的《铁路技术管理规程》中规定的桥梁建筑限界如图 1-3 所示，运营中的桥梁建筑限界如不能满足规定要求，则该桥梁各部分及其附属设备均不得侵入基本建筑限界（曲线上按规定加宽），在净空范围内不许桥跨结构的构件和其他建筑物伸入。



(a) 桥梁建筑限界示意 (蒸汽及内燃牵引区段)



(b) 桥梁建筑限界示意 (电力牵引区段)

图 1-3 桥梁建筑限界示意

桥下净空是指为满足通航，通过排筏，流木流冰等所必需的净跨和净空。桥下净空不足会直接阻碍水上交通；桥下净空过高，将会使引桥或桥头路堤工程数量大增。

7) 桥梁建筑高度

桥梁建筑高度指轨顶与桥跨结构下缘之间的高差。

8) 桥梁高度

桥梁高度指低水位至桥面的高差，对于跨线桥是指桥下道路路面至桥面的高差。桥高不

同，桥梁的施工方法和难度也会有很大差异。

3. 桥梁的分类

铁路桥梁分类的方法有很多种，依据不同的标准，有不同的分类。

1) 按桥长分类

按桥梁桥长可分为特大桥、大桥、中桥和小桥，具体见表 1-2 所示。

表 1-2 桥梁桥长分类界定

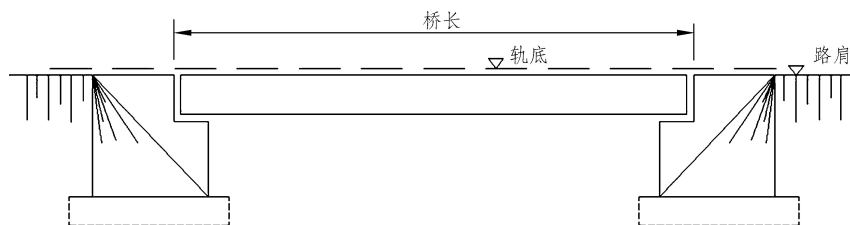
桥长类型	桥长 L/m
特大桥	$L > 500$
大桥	$100 < L \leq 500$
中桥	$20 < L \leq 100$
小桥	$L \leq 20$

2) 按结构体系分类

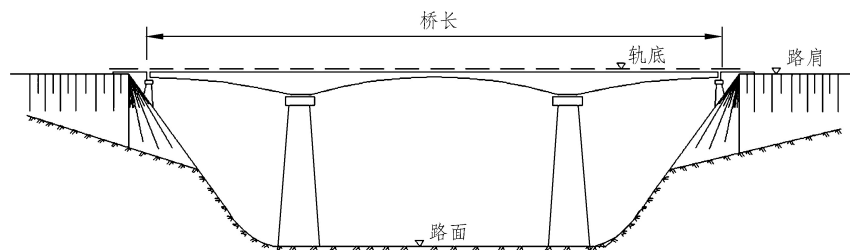
按桥梁结构的体系分类可分为梁桥、拱桥、刚架桥、悬索桥与组合体系桥。

(1) 梁桥。

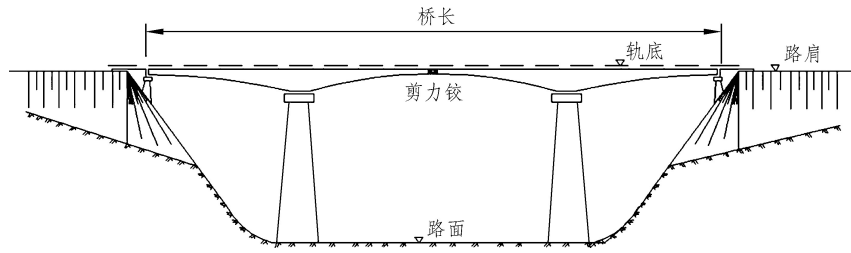
梁桥是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构，梁作为承重结构是以它的抗弯能力来承受荷载的，梁式桥的桥墩则主要承受其上部的竖向压力。梁式体系按其结构受力特点可分为简支梁、连续梁和悬臂梁等，见图 1-4；按其桥跨结构形式又可分为实腹梁和桁架梁。



(a) 简支梁示意



(b) 连续梁示意



(c) 悬臂梁示意

图 1-4 梁式桥示意

(2) 拱桥。

拱桥与梁桥的区别，不仅在于外形的不同，更重要的差别是两者的受力性能。拱桥在桥面的竖向荷载作用下，在其支座处产生水平推力，从而使拱结构内部的弯矩大大减小，作为承重构件的拱圈（或拱肋）主要承受压力，可采用抗压性能好而抗拉性能较差的圬工材料修建。拱桥的墩台除承受竖向压力和弯矩外，还承受水平推力，见图 1-5。

拱桥按静力体系可分为三铰拱、无铰拱和两铰拱；按拱上建筑形式可分为实腹式拱桥和空腹式拱桥。

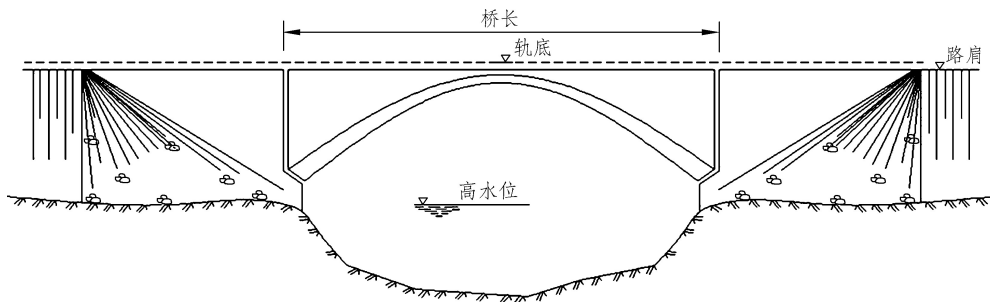
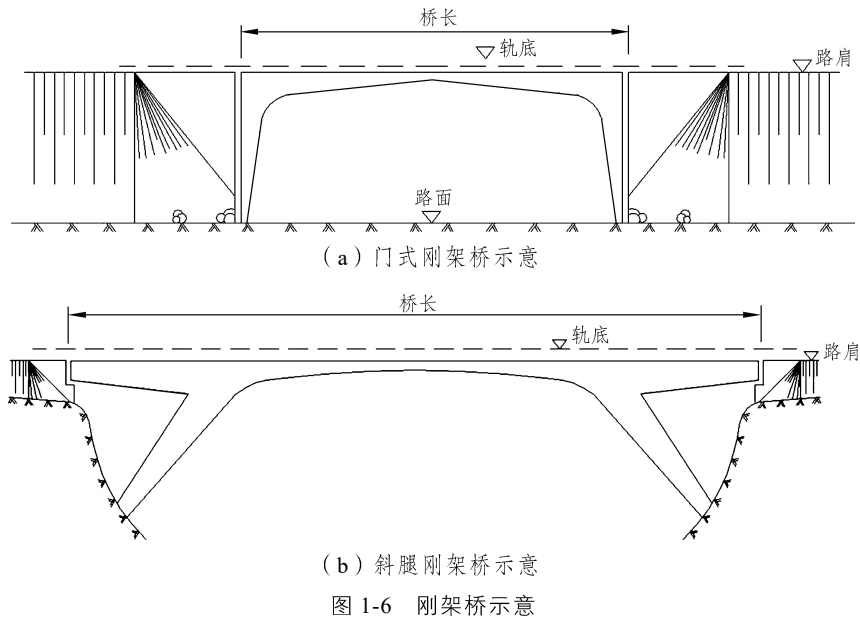


图 1-5 拱桥示意

(3) 刚架桥。

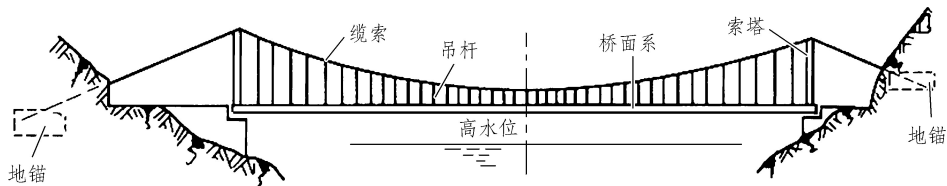
刚架桥是介于梁与拱之间的一种结构体系，它是将受弯的上部结构（梁或板）与承压的下部结构（桩柱或墩）结合在一起的整体结构。梁与柱刚性连接，梁因柱的抗弯而得到卸载作用，整个体系既是压弯结构，也是推力结构。刚架桥多半是立柱直立的（也有斜向布置）单跨或多跨的门形框架。

刚架桥的桥下净空比拱桥大，适用于中小跨度、建筑高度较低的城市或公路跨线桥，见图 1-6。



(4) 悬索桥。

传统的悬索桥均用悬挂在两边塔架上的强大缆索作为主要承重结构。由于在竖向荷载作用下，通过吊杆会使缆索承受很大的拉力，通常都需要在两岸桥台的后方修筑非常大的锚碇结构。悬索桥也是具有水平反力（拉力）的结构。悬索桥的跨越能力是各类桥型中最大的，但结构的刚度较差，故在铁路桥梁中的使用较少。见图 1-7。



(5) 组合体系桥。

① 梁、拱组合体系。

这类体系有系杆拱桥、木桁架拱桥、多跨拱梁结构等。它们是利用梁的受弯与拱的承压特点组成联合结构。其中梁和拱都是主要承重物，两者相互配合共同受力，见图 1-8 (a)(b)。

② 斜拉桥。

斜拉桥也是一种主梁与斜缆相结合的组合体系，悬挂在塔柱上的被张紧的斜缆将主梁吊住，使主梁像多点弹性支承的连续梁一样工作，既发挥了高强材料的作用，又显著减小了主梁截面，使结构重量减轻，提高桥梁跨越能力，见图 1-8 (c)。

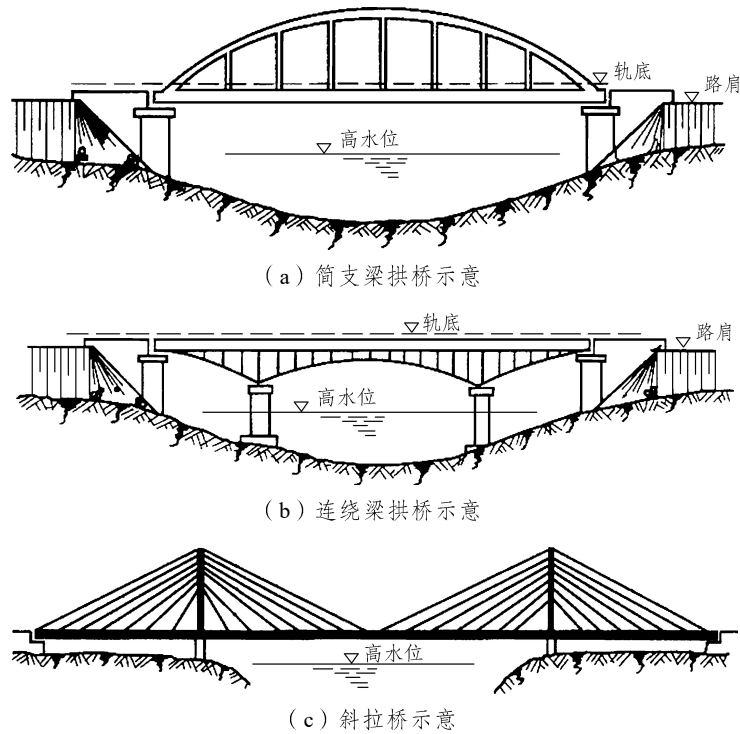


图 1-8 系杆拱桥示意

3) 按轨道结构处于跨越结构的相对位置分类

按轨道结构处于跨越结构的相对位置分类有上承式桥、下承式桥和中承式桥。桥面布置在主要承重结构之上的称为上承式桥，桥面布置在主要承重结构之下的称为下承式桥，桥面布置在主要结构中间的称为中承式桥，如图 1-9 所示。



图 1-9 上承式、中承式、下承式示意

4) 按用途分类

按用途可将桥梁分为铁路桥、公路桥、公铁两用桥、人行桥、运水桥（渡槽）及其他专用桥梁（如通过各种管线等）。

5) 按桥梁主体结构所用材料分类

按桥梁主体结构所用材料分类有木桥、圬工桥(包括砖、石、混凝土桥)、钢筋混凝土桥、钢桥、结合桥等。

6) 按跨越障碍物的性质分类

按跨越障碍物的性质分类分为跨河桥、跨线桥(立体交叉)、高架桥和栈桥。

任务 1.2 桥面构造

铁路桥面根据轨下是否铺设道砟,将其分为:有砟桥面和无砟桥面。钢梁桥的桥面为减轻结构自重一般不铺道砟,而将木制轨枕直接铺在纵梁上,称为明桥面。如图 1-10 所示。



(a) 有砟桥面示意(普速)



(b) 无砟桥面示意(高速)



(c) 明桥面示意

图 1-10 铁路桥面构造示意图

桥上有砟轨道和无砟轨道各有利弊。桥上有砟轨道有利于改善行车舒适度和降低噪声,有利于桥上线路高程的调整,有利于铺设渡线,有利于养路机械的连续作业,不足之处是桥梁的二期恒载大、维修工作量大等。桥上无砟轨道性能均匀、稳定,养护维修工作量很少,桥梁二期恒载较有砟轨道小很多,有利于桥梁的设计,不足之处是一次性投资较大。

铁路桥面构造主要包括:轨道、护轮轨、钢轨伸缩调节器、桥枕、道砟、挡砟墙、人行道、栏杆、避车台、防撞墙、声屏障、伸缩缝、防水排水系统等。

1. 轨道

桥上轨道由钢轨、轨枕、联结零件、道床等主要部件组成。其主要作用是引导机车车辆运行,直接承受由车轮传来的巨大压力,并把它传递给桥梁结构。其设置与区间轨道的设置相似。

2. 护轮轨

护轮轨是铺设在两根基本轨之内的一对钢轨,如图 1-11 所示。它的作用是当机车车辆在

桥头或桥上脱轨时，护轨可将脱轨车轮引导并限制于护轨与基本轨之间的轮缘槽内继续顺桥滚出，以免机车车辆向旁偏离撞击桥梁或自桥上坠下，造成更严重事故，也可保障列车脱轨后减轻二次事故造成的旅客和外部人员伤亡及经济损失、社会影响。此外，也有可能帮助已脱轨的机车车辆的车轮重新爬上基础轨。它是重要的安全设施。



(a) 护轮轨正常铺设

(b) 考虑大机作业时护轮轨铺设

图 1-11 护轮轨铺设

客货共线铁路、重载铁路桥梁未设置考虑脱轨荷载作用的防护墙时，应在桥上基本轨内侧铺设护轮轨。桥上护轮轨铺设应符合下列情况：

- ① 桥长大于 50 m 的有砟桥面及无砟无枕桥梁；桥长大于 20 m 的明桥面钢梁桥。
- ② 跨越铁路、重要公路、城市交通要道的立交桥。

③ 双线桥各线均应铺设护轮轨。三线及以上的桥，当各线的桥面分别设于分离式的桥跨结构上时，各线均应铺设护轮轨；当各线铺于同一桥跨结构（如整体刚架桥）上时，可仅对两外侧线铺设护轮轨。

为便于桥上线路养护维修作业，我国高速铁路桥面不采用护轮轨，而采用加高挡砟墙或设置防护墙的措施，以防止列车倾覆。高速铁路无砟桥面线路中心至挡砟墙间净距不小于 1.9 m，有砟桥面线路中心至挡砟墙间净距，考虑大型养路机械道床清筛的要求，为 2.2 m。

3. 钢轨伸缩调节器

钢轨伸缩调节器又称温度调节器，它利用尖轨和基本轨相对错动来适应轨道的胀缩，以保证在钢轨伸缩时轨缝变化不致过大，维持线路平顺。桥梁上的无缝线路，由于钢轨和梁体在线路纵向锁定状态的不同，铺设在桥面的钢轨的轨温变化情况及温度伸缩系数也不同，在环境温度变化时，钢轨的伸缩长度与梁体的伸缩长度就不同，导致在纵向产生相对位移的趋势。因为钢轨是通过扣件、轨下基础与梁体相连，所以这种相对于梁体之间产生相互作用力，约束愈强，相互作用力愈大。这种沿线路纵向相互作用的附加力，通过梁体会传到桥的墩台，增大墩台的荷载和变形；作用在钢轨内的纵向附加力，会增加发生轨道失稳危险概率。

钢轨伸缩调节器由基本轨、尖轨、大垫板、轨撑、导向卡（或导向轨撑）及联结零件构成。轨道伸缩调节器的种类主要按尖轨与基本轨平面型式不同来区分，有直线型、折线型、

曲线型三种，根据调节的方向可以分为单向和双向钢轨伸缩调节器。结构简图及现场铺设如图 1-12~图 1-15 所示。

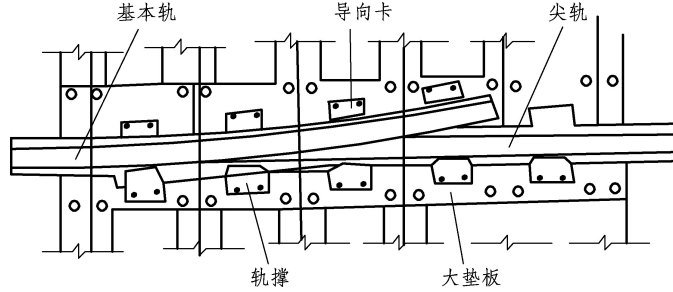


图 1-12 铁路桥梁钢轨伸缩调节器构造示意

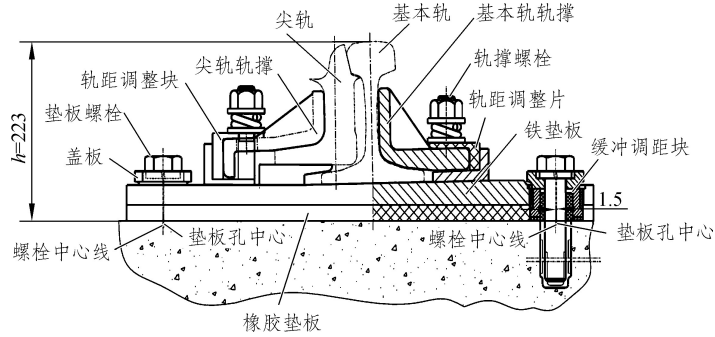


图 1-13 调节器断面结构组装示意

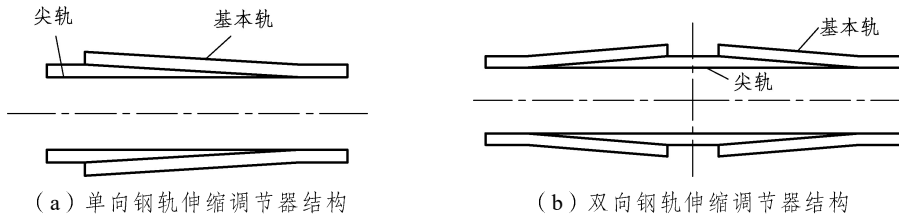


图 1-14 铁路桥梁钢轨伸缩调节器种类示意图



(a) 桥上钢轨伸缩调节器示意(单向)



(b) 桥上钢轨伸缩调节器示意(双向)

图 1-15 铁路桥梁钢轨伸缩调节器现场铺设示意

由于钢轨伸缩调节器每侧均由基本轨和尖轨组成，其垂直向刚度较大，如在竖曲线范围内设置，将出现尖轨或基本轨空吊现象，影响高速行车的舒适度。为减少养护维修工作量，高速铁路需加强系统设计，尽可能不设或少设钢轨调节器。桥上线路在以下情况时需铺设轨道伸缩调节器：

- ① 温度跨度超过 100 m 的桥梁。
- ② 跨度超过 60 m 或 100 m 的连续钢桁梁桥或简支梁无砟桥上铺设无缝线路。

以上两项均应铺设调节器，调节器应安设在活动支座附近。对于连续梁应安设在钢梁与桥台及两联钢梁接头处。

③ 在跨度为 30 ~ 40 m 的无砟桥上铺设无缝线路，如附加纵向力很大，为防止其超过容许值，常采取措施减小扣件纵向阻力使钢轨在一定范围内伸缩。在扣件阻力较小的情况下，为防止冬季钢轨折断时断缝过大，可在桥上设伸缩调节器。

④ 在钢筋混凝土桥上(有砟桥或无砟无枕桥)铺设无缝线路，如遇以下三种情况之一时，需铺设伸缩调节器：

- a. 桥上设有闭塞信号机；
- b. 与大跨度钢梁桥连接；
- c. 桥头有小半径曲线或道岔等结构物。

长轨节在桥上断开时，为减少列车通过接头的振动冲击，长轨节之间应尽可能采用伸缩调节器连接，长轨端与伸缩调节器应直接焊接，这样列车通过时垂直方向减震弹簧下加速度可比普通接头小 80%。

- ⑤ 伸缩调节器应避免半径小的曲线地段。

4. 桥 枕

桥枕直接承受由钢轨传来的竖向力和水平力，并把这些力均衡地分布到轨下结构上，同时起到固定钢轨相对位置的作用。桥枕主要有混凝土枕和木枕两种形式。

我国混凝土桥枕采用过Ⅱ型混凝土桥枕、广深线混凝土桥枕、Ⅲ型混凝土桥枕，为方便大型养路机械捣固作业，现在全部采用新Ⅲ型混凝土桥枕（Ⅲqa），其截面如图 1-16 所示。

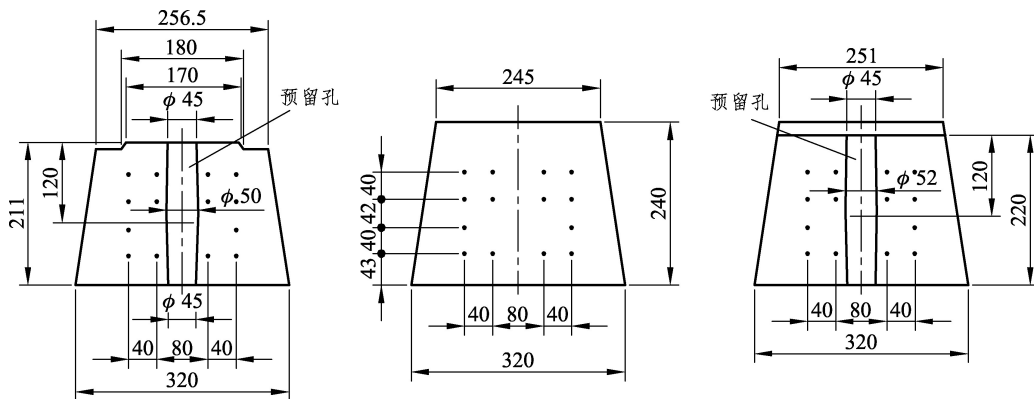


图 1-16 我国铁路新Ⅲ型混凝土桥枕（Ⅲqa）断面示意

我国各型混凝土桥枕尺寸及主要技术性能见表 1-3。

表 1-3 混凝土桥枕型式尺寸及主要技术性能表

序号	项目	Ⅱ型混凝土桥枕		广深线混凝土桥枕		Ⅲ型混凝土桥枕		Ⅲ _{qa} 型混凝土桥枕	
		轨下	枕中	轨下	枕中	轨下	枕中	轨下	枕中
1	轨枕长度/mm	2 500		2 500		2 600		2 600 (2 500)	
2	截面	轨下	枕中	轨下	枕中	轨下	枕中	轨下	枕中
	高度/mm	200	221	210	226	211	221	211	240
	顶面宽度/mm	165	154	168	157	170	212	170	245
	底面宽度/mm	280	280	300	274	300	280	320	320
	基本轨两承轨槽外侧底脚间距离/mm	—		1 822		1 818		1 818	
3	轨枕设计质量/kg	289		298		354		436 (422)	

我国木枕采用优质防腐木，其主要应用于明桥面上。木枕尺寸见表 1-4。

表 1-4 木桥枕尺寸表

主梁或纵梁中心距 L/m	木桥枕标准断面		长度/mm	附注
	宽度/mm	高度/mm		
$1.5 < L \leq 2.0$	220	240	3 000	双腹板或多腹板的主梁中心距以内侧腹板间距为准
$2.0 < L \leq \sim 2.2$	220	260	3 000	
$2.2 < L \leq \sim 2.3$	220	280	3 000	
$2.3 < L \leq \sim 2.5$	240	300	3 200 或 3 400	

为调整桥面钢轨上拱度，木桥枕容许挖深 30 mm 以内的槽口，或使用比标准断面稍厚的木桥枕，也可在木桥枕下加垫木、垫板，用螺钉（栓）或胶合连接牢固。

5. 道床结构

1) 混凝土桥道床结构

(1) 普速铁路桥上海道床结构。

普速铁路桥上海道床一般采用有砟道床结构。由道砟槽板（板面桥）、挡砟墙、内边墙和端边墙组成。见图 1-17 所示，设计速度不超过 120 km/h 的地段道床厚度为 250 mm，超过 120 km/h 的地段道床厚度为 300 mm。

