

QIA
SHIGONG

JIGCHENG

桥梁工程施工技术

郑霜杰 编著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

桥梁工程施工技术

郑霜杰 编著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目 (CIP) 数据

桥梁工程施工技术 / 郑霜杰编著. —武汉: 华中科技大学出版社, 2018. 4
ISBN 978-7-5680-3643-6

I. ①桥… II. ①郑… III. ①桥梁施工-工程施工 IV. ①U445.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 330430 号

桥梁工程施工技术

郑霜杰 编著

QIAOLIANG GONGCHENG SHIGONG JISHU

出版发行: 华中科技大学出版社 (中国·武汉)
武汉市东湖新技术开发区华工科技园
出 版 人: 阮海洪

电话: (027) 81321913
邮编: 430223

责任编辑: 杨 森
责任校对: 吕梦瑶

责任监印: 秦 英
装帧设计: 王淑聪

印 刷: 廊坊市博林印务有限公司
开 本: 787 mm×1092 mm 1/16
印 张: 11
字 数: 204 千字
版 次: 2018 年 4 月第 1 版第 1 次印刷
定 价: 28.00 元



投稿热线: (010) 64155588-8034
本书若有印装质量问题, 请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线: 400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

本教材参考了国家级教育研究项目“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题中“土木工程专业应用型人才培养的创新与实践”子课题的最新教改精神,根据桥梁工程专业的教学需要编写。内容加强了课程理论体系的科学性与专业针对性,突出了以培养应用型人才为培养目标的教改指导思想。

本教材较为系统、全面地介绍了桥梁工程施工的基本知识和基本理论,结合桥梁工程施工的新技术、新工艺、新材料及新颁布的各种施工技术规范、质量验收标准中的重要条款,力求做到科学地反映出当前桥梁施工的高科技施工水平,培养学生对现行规范、标准的了解与运用,促进路桥施工的发展。

全书共分为十章,由郑霜杰独立编稿,由魏文彪、张跃等同志整理、统稿。主要包括桥梁的构造、施工用机械、常用模板、支架和拱架的设计与施工、桥梁基础施工技术、桥梁下部结构施工技术、桥梁上部结构施工技术、桥梁桥面系施工技术、圬工和钢筋混凝土拱桥施工、大跨径桥梁施工技术、桥梁工程质量通病及防治措施。各章节单独分页,其内容既前后呼应、相互联系,又自成体系、相对独立;既可供读者全面、系统地学习,又便于读者有针对性地查阅与选学。

在编写过程中承蒙有关高等院校、建设主管部门、建设单位、工程咨询单位、设计单位、施工单位等方面的领导和工程技术、管理人员,以及对本书提供宝贵意见和建议的学者、专家的大力支持,在此向他们表示由衷的感谢!书中参考了许多相关教材、规范、图集文献资料等,在此谨向这些文献的作者致以诚挚的敬意。

由于作者的时间仓促、水平有限,书中难免出现疏漏不妥之处,敬请读者批评指正并提出宝贵意见和建议。

编著者

2017 年 11 月 1 日

目 录

第一章 桥梁的构造	1
第一节 桥梁的组成与类型	1
第二节 桥梁基础分类和受力特点	3
第三节 桥梁下部结构分类和受力特点	9
第四节 桥梁上部结构分类和受力特点	13
第二章 施工用机械和设备	15
第一节 沉拔桩机械	15
第二节 起重机械	19
第三节 排水设备	21
第三章 常用模板、支架和拱架的设计与施工	23
第一节 常用模板、支架和拱架的设计	23
第二节 常用模板、支架和拱架的施工	25
第四章 桥梁基础施工技术	32
第一节 明挖扩大基础施工技术	32
第二节 钻孔灌注桩基础施工技术	40
第三节 沉井施工技术	45
第四节 承台和系梁的施工技术	49
第五章 桥梁下部结构施工技术	52
第一节 墩、台身施工技术	52
第二节 盖梁施工技术	61
第六章 桥梁上部结构施工技术	68
第一节 桥梁上部结构装配式施工技术	68
第二节 桥梁上部结构支架施工技术	79
第三节 桥梁上部结构逐孔施工技术	88
第四节 桥梁上部结构悬臂施工技术	89

第七章 桥梁桥面系施工技术	100
第一节 桥面铺装层施工技术	100
第二节 人行道、护栏、缘石施工技术	104
第三节 伸缩缝安装施工技术	106
第四节 桥面防排水	109
第八章 圬工和钢筋混凝土拱桥施工	110
第一节 砌体材料的一般要求	110
第二节 小石子混凝土的技术要求	111
第三节 拱圈的砌筑方法和工艺	112
第四节 拱桥的悬臂浇筑施工	123
第五节 缆索吊装施工技术综述	125
第九章 大跨径桥梁施工技术	138
第一节 刚构桥的施工技术	138
第二节 拱桥的施工特点	139
第三节 斜拉桥的施工特点	142
第四节 悬索桥的施工特点	147
第五节 桥梁施工监控	157
第十章 桥梁工程质量通病及防治措施	162
第一节 钻孔灌注桩断桩的防治	162
第二节 钢筋混凝土梁桥预拱度偏差的防治	163
第三节 箱梁两侧腹板混凝土厚度不均的防治	164
第四节 钢筋混凝土结构构造裂缝的防治	164
第五节 悬臂浇筑钢筋混凝土箱梁的施工(挠度)控制	165
第六节 桥面铺装病害的防治	166
第七节 桥梁伸缩缝病害的防治	167
第八节 桥头跳车的防治	168
参考文献	169

第一章 桥梁的构造

第一节 桥梁的组成与类型

1. 桥梁组成

桥梁由上部结构、下部结构、支座系统和附属设施四个基本部分组成。

上部结构通常又称为桥跨结构，是在线路中断时跨越障碍的主要承重结构；下部结构包括桥墩、桥台和基础；桥梁附属设施包括桥面系、伸缩缝、桥头搭板和锥形护坡等，桥面系包括桥面铺装（或称行车道铺装）、排水防水系统、栏杆（或防撞栏杆）、灯光照明等。

2. 相关尺寸术语

(1) 梁式桥净跨径是设计洪水位上相邻两个桥墩（或桥台）之间的净距，用 l_0 表示。对于拱式桥是每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离。

(2) 总跨径是多孔桥梁中各孔净跨径的总和，也称桥梁孔径（ $\sum l_0$ ），它反映了桥下水的能力。

(3) 计算跨径对于具有支座的桥梁，是指桥跨结构相邻两个支座中心之间的距离，用 l 表示。拱圈（或拱肋）各截面形心点的连线称为拱轴线，计算跨径为拱轴线两端点之间的水平距离。

(4) 桥梁全长简称桥长，是桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离，以 L 表示。对于无桥台的桥梁为桥面系行车道的全长。

(5) 桥梁高度简称桥高，是指桥面与低水位之间的高差，或为桥面与桥下线路路面之间的距离。桥高在某种程度上反映了桥梁施工的难易性。

(6) 桥下净空高度是设计洪水位或计算通航水位至桥跨结构最下缘之间的距离，以 H 表示，它应保证能安全排洪，并不得小于对该河流通航所规定的净空高度。

(7) 建筑高度是桥上行车路面（或轨顶）标高至桥跨结构最下缘之间的距离，它不仅与桥梁结构的体系和跨径的大小有关，而且还随行车部分在桥上布置的高度位置而异。公路（或铁路）定线中所确定的桥面（或轨顶）标高，对通航净空顶部标高之差，又称为容许建筑高度。桥梁的建筑高度不得大于其容许建筑高度，否则就不能保证桥下的通航要求。

(8) 净矢高是从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下线最低点之连线的垂直距

离,以 f_0 表示;计算矢高是从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心之连线的垂直距离,以 f 表示。

(9) 矢跨比是拱桥中拱圈(或拱肋)的计算矢高 f 与计算跨径 l 之比($\frac{f}{l}$),也称拱矢度,它是反映拱桥受力特性的一个重要指标。

(10) 涵洞是用来宣泄路堤下水流的构造物。通常在建造涵洞处路堤不中断。为了区别于桥梁,单孔跨径不到5 m的结构物,均称为涵洞。

3. 桥梁的分类

(1) 按桥梁的结构分类。

按结构体系划分,有梁式桥、拱桥、刚架桥、悬索桥四种基本体系。其他还有几种由基本体系组合而成的组合体系等。

1) 梁式体系。

梁式体系是古老的结构体系。梁作为承重结构是以它的抗弯能力来承受荷载的。梁分简支梁、悬臂梁、固端梁和连续梁等。悬臂梁、固端梁和连续梁都是利用支座上的卸载弯矩去减少跨中弯矩,使梁跨内的内力分配更合理,以同等抗弯能力的构件断面就可建成更大跨径的桥梁。

2) 拱式体系。

拱式体系的主要承重结构是拱肋(或拱箱),以承压为主,可采用抗压能力强的圬工材料(石、混凝土与钢筋混凝土)来修建。拱分单铰拱、双铰拱、三铰拱和无铰拱。拱是有推力的结构,对地基要求较高,一般常建于地基良好的地区。混凝土拱桥因铰的构造复杂、不易制作,故一般采用无铰拱体系。无铰拱结构的外部增加了超静定次数,将引起更大的附加内力,为了获得结构合理的受力状态,在拱桥设计中,必须寻求合理的拱轴线形式。

3) 刚架桥。

刚架桥是介于梁与拱之间的一种结构体系,它是由受弯的上部梁(或板)结构与承压的下部柱(或墩)整体结合在一起的结构。由于梁与柱的刚性连接,梁因柱的抗弯刚度而得到卸载作用,整个体系是压弯结构,也是有推力的结构。刚架分直腿刚架与斜腿刚架。刚架桥的桥下净空比拱桥大,在同样净空要求下可修建较小的跨径。刚架桥施工较复杂,一般用于跨径不大的城市桥或公路高架桥和立交桥。

4) 悬索桥。

悬索桥是指以悬索为主要承重结构的桥。其主要构造是缆、塔、锚、吊索及桥面,一般还有加劲梁。其受力特征是:荷载由吊索传至缆,再传至锚墩,传力途径简捷、明确。悬索桥的特点是:构造简单,受力明确;跨径越大,材料耗费越少、桥的造价越低。悬索桥是大跨桥梁的主要形式,因其主要杆件受拉力,材料利用效率最高,更由于近代悬索桥的主缆采用高强钢丝,悬索桥的自重较轻,

在刚度满足使用要求的情况下,能充分显示出其优越性,使其比其他形式的桥梁更能经济合理地修建大跨度桥。

5) 组合体系。

①连续刚构。

连续刚构都是由梁和刚架相结合的体系,它是预应力混凝土结构采用悬臂施工法而发展起来的一种新体系。

②梁、拱组合体系。

这类体系中有系杆拱、桁架拱、多跨拱梁结构等。它们利用梁的受弯与拱的承压特点组成联合结构。

③斜拉桥。

它是由承压的塔、受拉的索与承弯的梁体组合起来的一种结构体系。梁体用拉索多点拉住,好似多跨弹性支承连续梁,使梁体内弯矩减小,降低了建筑高度;又因栓焊连接与正交异性板的箱形断面构造的应用,使结构充分利用材料的受力特性,从而减小了结构自重,节省了材料。

(2) 桥梁的其他分类。

1) 按用途划分,有公路桥、铁路桥、公路铁路两用桥、农桥、人行桥、运水桥(渡槽)及其他专用桥梁(如通过管路、电缆等)。

2) 按桥梁全长和跨径的不同,分为特殊大桥、大桥、中桥和小桥。

3) 按主要承重结构所用的材料划分,有圬工桥(包括砖、石、混凝土桥)、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、钢桥和木桥等。

4) 按跨越障碍的性质,可分为跨河桥、跨线桥(立体交叉)、高架桥和栈桥。

5) 按上部结构的行车道位置,分为上承式桥、下承式桥和中承式桥。

第二节 桥梁基础分类和受力特点

桥梁基础按施工方法可分为扩大基础、桩基础、沉井、地下连续墙等,下面分别介绍各类基础的分类及受力特点。

1. 扩大基础

所谓扩大基础,是将墩(台)及上部结构传来的荷载由其直接传递至较浅的支承地基的一种基础形式,一般采用明挖基坑的方法进行施工,故又称为明挖扩大基础或浅基础。

扩大基础按其施工方法分为机械开挖基坑浇筑法、人工开挖基坑浇筑法、土石围堰开挖基坑浇筑法、板桩围堰开挖基坑浇筑法。

扩大基础按其材料性能特点可分为配筋与不配筋的条形基础和单独基础。无

筋扩大基础常用的有混凝土基础、片石混凝土基础等,不配筋基础的材料都具有较好的抗压性,但抗拉、抗剪强度不高,设计时必须保证发生在基础内的拉应力和剪应力不超过相应的材料强度设计值。钢筋混凝土扩大基础的抗弯和抗剪性能良好,可在竖向荷载较大、地基承载力不高以及承受水平力和力矩荷载下使用。

扩大基础是由地基反力承担全部上部荷载,将上部荷载通过基础分散至基础底面,使之满足地基承载力和变形的要求。扩大基础主要承受压应力,一般用抗压性能好,抗弯拉、抗剪性能较差的材料(如混凝土、毛石、三合土等)建造,适用于地基承载力较好的各类土层,根据土质情况分别采用铁镐、十字镐、挖掘机、爆破等设备与方法开挖。

扩大基础在埋置深度和构造尺寸确定以后,应先根据最不利而且有可能情况下的荷载组合,计算出基底的应力,然后进行基础的合力偏心距、稳定性以及地基的强度(包括持力层、弱下卧层的强度)的验算,必要时还应进行地基变形的验算。

2. 桩基础

桩基础是深入土层的柱形结构,其作用是将作用于桩顶以上的结构物传来的荷载传到较深的地基持力层中去。当荷载较大或桩数量较多时需在桩顶设承台将所有基桩连接成一个整体共同承担上部结构的荷载。

桩是垂直或微斜埋置于土中的受力杆件,它的横截面尺寸比长度小得多,其所承受的荷载由桩侧土的摩阻力及桩端地层的反力共同承担。

(1) 桩的分类。

1) 按桩的使用功能分类。

① 竖向抗压桩。

主要承受竖向下压荷载(简称竖向荷载),应进行竖向承载力计算,必要时还需计算桩基沉降,验算软弱下卧层的承载力以及负摩阻力产生的下拉荷载。

② 竖向抗拔桩。

主要承受竖向上拔荷载,应进行桩身强度和抗裂计算以及抗拔承载力验算。

③ 水平受荷桩。

主要承受水平荷载,应进行桩身强度和抗裂验算以及水平承载力和位移验算。

④ 复合受荷桩。

承受竖向、水平荷载均较大,应按竖向抗压(或抗拔)桩及水平受荷桩的要求进行验算。

2) 按桩承载性能分类。

① 摩擦桩。

当软土层很厚,桩端达不到坚硬土层或岩层上时,则桩顶的极限荷载主要靠桩身与周围土层之间的摩擦力来支承,桩尖处土层反力很小,可忽略不计。

② 端承桩。

桩穿过软弱土层,桩端支承在坚硬土层或岩层上时,则桩顶极限荷载主要靠

桩尖处坚硬岩土层提供的反力来支承, 桩侧摩擦力很小, 可以忽略不计。

③摩擦端承桩。

桩顶的极限荷载由桩侧阻力和桩端阻力共同承担, 但主要由桩端阻力承受。

④端承摩擦桩。

桩顶的极限荷载由桩侧阻力和桩端阻力共同承担, 但主要由桩侧阻力承受。

3) 按桩身材料分类。

可分为木桩, 混凝土桩, 钢桩, 组合桩等。

4) 按桩径大小分类。

①小桩: 桩径 $d \leq 250 \text{ mm}$ 。

②中等直径桩: $250 \text{ mm} < \text{桩径 } d < 800 \text{ mm}$ 。

③大直径桩: 桩径 $d \geq 800 \text{ mm}$ 。因为桩径大且桩端还可以扩大, 因此, 单桩承载力较高。此类桩除大直径钢管桩外, 多数为钻、冲、挖孔灌注桩, 近年来的发展较快, 应用范围逐渐增大, 并可实现柱下单桩的结构形式。

5) 按施工方法分类。

可分为沉桩、钻孔灌注桩、挖孔灌注桩, 其中沉桩又分为锤击沉桩、振动沉桩、射水沉桩、静力压桩。

①沉桩: 锤击沉桩一般适用于松散、中密砂土、黏性土, 桩锤有坠锤、单动汽锤、双动汽锤、柴油机锤、液压锤等, 可根据土质情况选用适用的桩锤; 振动沉桩一般适用于砂土, 硬塑及软塑的黏性土和中密及较松的碎石土; 射水沉桩适用于密实砂土, 碎石土的土层中, 用锤击法或振动法沉桩有困难时, 可用射水法配合进行; 静力压桩用在标准贯入度 $N < 20$ 的软黏土中, 可用特制的液压机或机力千斤顶或卷扬机等设备沉入各种类型的桩。钻孔埋置桩为钻孔后, 将预制的钢筋混凝土圆形有底空心桩埋入, 并在桩周压注水泥砂浆固结而成, 适用于在黏性土、砂土、碎石土中埋置大量的大直径圆桩。

②钻孔灌注桩适用于黏性土、砂土、砾卵石、碎石、岩石等各类土层。

③挖孔灌注桩适用于无地下水或少量地下水, 且较密实的土层或风化岩层, 如空气污染物超标, 必须采取通风措施。

(2) 桩基础的受力计算。

基桩的计算, 可按下列规定进行:

1) 承台底面以上的竖直荷载假定全部由基桩承受;

2) 桥台土压力可按填土前的原地面起算。当基桩上部位于内摩擦角小于 20° 的软土中时, 应验算桩因该层土施加于基桩的水平力所产生的挠曲;

3) 在一般情况下, 桩基不需进行抗倾覆和抗滑动的验算; 但在特殊情况下, 应验算桩基向前移动或被剪断的可能性。

4) 在软土层较厚, 持力层较好的地基中, 桩基计算应考虑路基填土荷载或地下水位下降所引起的负摩阻力的影响。

钻（挖）孔灌注摩擦桩单桩轴向受压容许承载力 $[P]$ 可按下列方法计算：

$$[P] = 1/2 (Ul\tau_p + A\sigma_R)$$

式中 $[P]$ ——单桩轴向受压容许承载力 (kN)；

U ——桩的周长 (m)，按成孔直径计算；当无试验资料时，成孔直径可按下列规定采用：旋转钻按钻头直径增大 3~5 cm；冲击钻按钻头直径增大 5~10 cm；冲抓钻按钻头直径增大 10~20 cm；

l ——桩在局部冲刷线以下的有效长度 (m)；

A ——桩底横截面面积 (m^2)，用设计直径（钻头直径）计算；但当采用换浆法施工（即成孔后，钻头在孔底继续旋转换浆）时，则按成孔直径计算；

τ_p ——桩壁土的平均极限摩阻力 (kPa)，可按下式计算：

$$\tau_p = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \tau_i l_i$$

式中 n ——土层的层数；

l_i ——承台底面或局部冲刷线以下各土层的厚度 (m)；

τ_i ——与 l_i 对应的各土层与桩壁的极限摩阻力 (kPa)，按表 1-1 采用：

表 1-1 各土层与桩壁的极限摩阻力

土类	极限摩阻力 (kPa)	土类	极限摩阻力 (kPa)
回填的中密炉渣、粉煤灰	40~60	硬塑亚黏土、亚砂土	55~85
流塑黏土、亚黏土、亚砂土	20~30	粉砂、细砂	35~55
软塑黏土	30~50	中砂	40~60
硬塑黏土	50~80	粗砂、砾砂	60~140
硬黏土	80~120	砾石（圆砾、角砾）	120~180
软塑亚黏土、亚砂土	35~55	碎石、卵石	160~400

σ_R ——桩尖处土的极限承载力 (kPa)，可按下列公式计算：

$$\sigma_R = 2m_0\lambda [\sigma_0] + k_2\gamma_2 (h-3)$$

式中 $[\sigma_0]$ ——桩尖处土的容许承载力 (kPa)；

h ——桩尖的埋置深度 (m)；对于有冲刷的基础，埋深由一般冲刷线起算；对无冲刷的基桩，埋深由天然地面线或实际开挖后的地面线起算， h 的计算值不大于 40 m，当大于 40 m 时，按 40 m 计算，或按试验确定其承载力；

k_2 ——地面土容许承载力随深度的修正系数；

γ_2 ——桩尖以上土的重度 (kN/m^3)；

λ ——修正系数，见表 1-2。

m_0 ——清底系数，按表 1-3 采用

表 1-2 λ 值

桩底土情况	t/d	4~20	20~25	>25
透水性土		0.70	0.70~0.85	0.85
不透水性土		0.65	0.65~0.72	0.72

表 1-3 清底系数

t/d	0.6~0.3	0.3~0.1
m_0	0.25~0.70	0.70~1.0

注： t 、 d 为桩底沉淀土厚度和桩的直径。

支承在基岩上或嵌入基岩内的钻（挖）孔桩、沉桩和管柱的单桩轴向受压容许承载力 $[P]$ ，可按下式计算：

$$[P] = (c_1A + c_2Uh) R_a$$

式中 $[P]$ ——单桩轴向受压容许承载力 (kN)；

R_a ——天然湿度的岩石单轴极限抗压强度 (kPa)；试件直径为 7~10cm，试件高度与试件直径相等；

h ——桩嵌入基岩深度 (m)，不包括风化层；

U ——桩嵌入基岩部分的横截面周长 (m)，对于钻孔桩和管柱按设计直径采用；

A ——桩底横截面积 (m^2)，对于钻孔桩和管柱按设计直径采用；

c_1 、 c_2 ——根据清孔情况、岩石破碎程度等因素而定的系数，按表 1-4 采用。

表 1-4 系数 c_1 、 c_2 值

条件	c_1	c_2
良好的	0.6	0.05
一般的	0.5	0.04
较差的	0.4	0.03

注：1. 当 $h \leq 0.5$ m 时， c_1 采用表列数值的 0.75 倍， $c_2 = 0$ ；

2. 对于钻孔桩， c_1 、 c_2 值可降低 20% 采用。

3. 管柱基础

管柱基础是由管柱群和钢筋混凝土承台组成的基础结构,也有由单根大型管柱构成基础的。它是一种深基础,埋入土层一定深度,柱底尽可能落在坚实土层或锚固于岩层中,作用在承台的全部荷载,通过管柱传递到深层的密实土或岩层上。

管柱基础因其施工方法和工艺较为复杂,所需机械设备较多,所以较少采用。但当桥址处的地质水文条件十分复杂,如大型的深水或海中基础,特别是深水岩面不平、流速大或有潮汐影响等自然条件下,不宜修建其他类型基础时,可采用管柱基础。管柱基础主要适用于岩层、紧密黏土等各类紧密土质的基底,并能穿过溶洞、孤石支承在紧密的土层或新鲜岩层上,不适用于有严重地质缺陷的地区,如断层挤压破碎带或严重的松散区域。完管柱按材料分类有由钢筋混凝土管柱、预应力混凝土管柱及钢管柱三种。

管柱基础按地基土的支承情况可分为以下两种:

(1) 如管柱穿过土层落于基岩上或嵌于基岩中,则柱的支承力主要来自柱端岩层的阻力,称为支承式管柱基础;

(2) 如管柱下端未达基岩,则柱的支承力将同时来自柱侧土的摩擦力和柱端土的阻力,称为摩擦式或支承及摩擦式管柱基础。

由于管柱基础的结构形式和受力状态类似桩基础,故其设计计算与桩基础类同。

4. 沉井基础

沉井基础是一种断面和刚度均比桩要大得多的井筒状结构,是依靠在井内挖土,借助井体自重及其他辅助措施而逐步下沉至预定设计标高,最终形成的一种结构深基础形式。沉井基础施工时占地面积小,坑壁不需设临时支撑和防水围堰或板桩围护,与大开挖相比较,挖土量少,对邻近建筑物的影响比较小,操作简便,无需特殊的专业设备。

当桥梁结构上部荷载较大,而表层地基土的容许承载力不足,但在一定深度下有好的持力层,扩大基础开挖工作量大,施工围堰支撑有困难,或采用桩基础受水文地质条件限制时,此时采用沉井基础与其他深基础相比,经济上较为合理。

沉井是桥梁墩台常用的一种深基础形式,有较大的承载面积,可以穿过不同深度覆盖层,将基底放置在承载力较大的土层或岩面上,能承受较大的上部荷载。

沉井基础刚度大,有较大的横向抗力,抗振性能可靠,尤其适用于竖向和横向承载力大的深基础。

沉井基础按其制造情况可分为就地浇筑下沉沉井、浮式沉井;按其横截面形状分为圆形沉井、矩形沉井、椭圆形沉井、圆端形沉井、多边形沉井及多孔井字

形沉井等；按其竖向剖面形状可分为柱形沉井、锥形沉井、阶梯形沉井等；按材料可分为混凝土沉井、钢筋混凝土沉井、钢沉井、砖沉井、石沉井、木沉井等。

5. 地下连续墙

地下连续墙是采用膨润土泥浆护壁，用专用设备开挖出一条具有一定宽度与深度的沟槽，在槽内设置钢筋笼，采用导管法在泥浆中浇筑混凝土，筑成一单元墙段，依次顺序施工，以某种接头方法连接成的一道连续的地下钢筋混凝土墙。

地下连续墙具有多功能性，可适用于各种用途，通常可作为基坑开挖时防渗、挡土，或挡水围堰，或邻近建筑物基础的支护，或直接作为承受上部荷载的基础结构。地下连续墙可用于除岩溶和地下承压水很高处的其他各类土层中施工。

地下挡土墙墙体刚度大，主要承受竖向和侧向荷载，通常既要作为永久性结构的一部分，又要作为地下工程施工过程中的防护结构，因此，设计时应计算在施工期间及使用各个阶段，各种支承条件下的墙体内力。作用在墙体上的荷载，除自重外，主要有水压力、土压力、地震力以及上部荷载，施工荷载等。

地下连续墙分类如下：

按成墙方式可分为桩排式、壁板式、组合式；

按墙的用途可分为临时挡土墙、用作主体结构一部分兼作临时挡土墙的地下连续墙、用作多边形基础兼作墙体的地下连续墙；

按挖槽方式大致可分为抓斗式、冲击式、回转式。

第三节 桥梁下部结构分类和受力特点

1. 桥梁下部结构分类

公路桥梁下部结构可分为重力式桥墩、重力式桥台、轻型桥墩、轻型桥台。

(1) 重力式桥墩、桥台。

重力式桥墩与重力式桥台的主要特点是靠自身质量来平衡外力而保持其稳定，因此，墩、台身比较厚实，可以不用钢筋，而用天然石材或片石混凝土砌筑。它适用于地基良好的大、中型桥梁，或流冰、漂浮物较多的河流中。在砂石料方便的地区，小桥也往往采用。主要缺点是圬工体积较大，所以其自重和阻水面积也较大。

拱桥重力式桥墩分为普通墩与制动墩，制动墩要能承受单向较大的水平推力，防止出现一侧的拱桥坍塌，所以尺寸较大；与梁桥重力式桥墩相比较，具有拱座等构造设施。

梁桥和拱桥上常用的重力式桥台为 U 形桥台, 它适用于填土高度在 8~10m 以下或跨度稍大的桥梁。缺点是桥台体积和自重较大, 增加了对地基的要求。此外, 桥台的两个侧墙之间填土容易积水, 结冰后冻胀, 使侧墙产生裂缝。所以, 宜用渗水性较好的土夯填, 并做好台后排水措施。

1. (2) 轻型桥墩、桥台。

1) 梁桥轻型桥墩。

①钢筋混凝土薄壁桥墩。

施工简便, 外形美观, 过水性良好, 适用于低级土软弱的地区。缺点是需耗费用于立模的木料和一定数量的钢筋。

②柱式桥墩。

外形美观, 圬工体积少, 而且质量较轻。

③钻孔桩柱式桥墩。

适合于多种场合和各种地质条件。通过增大桩径、桩长或用多排桩加建承台等措施, 也能适用于更复杂的软弱地质条件以及较大的跨径和较高的桥墩。

④柔性排架桩墩。

优点是用料省、修建简便、施工速度快。主要缺点是用钢量大, 使用高度和承载能力受到一定限制。因此它只适合于在低浅宽滩河流、通航要求低和流速不大的水网地区河流上修建小跨径桥梁时采用。

2) 梁桥轻型桥台。

①设有支撑梁的轻型桥台。

适用于单跨桥梁, 桥孔跨径 6~10 m, 台高不超过 6 m。

②埋置式桥台。

桥台所受的土压力小, 桥台的体积相应的减少。但是由于台前护坡是用片石做表面防护的一种永久性设施, 存在有被洪水冲毁而使台身裸露的可能, 故设计时必须慎重地进行强度和稳定的验算。分为后倾式、肋形埋置式、双柱式、框架式等类型。其中桩柱式桥台对于各种土壤地基都适宜。其适用范围是: 桥孔跨径 8~20 m, 填土高度 3~5 m。当填土高度大于 5 m 时, 宜采用框架式埋置式桥台。

③钢筋混凝土薄壁桥台。

适用于软弱地基的条件。但其构造和施工比较复杂, 并且钢筋用量也较多。

④加筋土桥台。

在台后路基填土不被冲刷的中、小跨径桥梁, 台高 3~5 m 时, 可采用加筋土桥台。

3) 拱桥轻型桥墩。

①带三角杆件的单向推力墩: 只在桥不太高的旱地上采用。

②悬臂式单向推力墩: 适用于两铰双曲拱桥。

4) 拱桥轻型桥台。

拱桥轻型桥台适用于 13 m 以内的小跨径拱桥和桥台水平位移量很小的情况。其工作原理是,当桥台受到拱的推力后,便发生绕基底形心轴而向路堤方向的转动,此时台后的土便产生抗力来平衡拱的推力,从而使桥台的尺寸较小。

①八字形桥台:适合于桥下需要通车或过水的情况;

②U 形桥台:适合于较小跨径的桥梁;

③背撑式桥台:适用于较大跨径的高桥和宽桥;

④靠背式框架桥台:适合于在非岩石地基上修建拱桥桥台。

5) 拱桥的其他形式桥台

①组合式桥台:适用于各种地质条件;

②空腹式桥台:一般在软土地基、河床无冲刷或冲刷轻微、水位变化小的河道上采用;

③齿槛式桥台:适用于软土地基和路堤较低的中小跨径拱桥。

2. 桥梁下部结构的构造特点与受力特点

(1) 桥梁下部结构的构造特点。

1) 重力式桥墩。

梁桥重力式桥墩由墩帽、墩身、基础等组成,墩帽要满足支座布置和局部承压的需要;与梁桥重力式桥墩相比较,拱桥重力式桥墩具有拱座等构造设施,且制动墩要比普通墩尺寸更大,能承受单向较大的水平推力,防止倾塌。

2) 重力式桥台(U形桥台)。

由台帽、背墙、台身(前墙、侧墙)、基础、锥坡等几部分组成。背墙、前墙与侧墙结合成一体,兼有挡土墙和支撑墙的作用。

3) 梁桥轻型桥墩。

①钢筋混凝土薄壁桥墩。

圬工体积小、结构轻巧,比重力式桥墩可减少圬工量 70% 左右。

②柱式桥墩。

由分离的 2 根或多根立柱(或桩柱)组成,是公路桥梁中采用较多的桥墩形式之一。

③柔性排架桩墩。

由单排或双排的钢筋混凝土桩与钢筋混凝土盖梁连接而成。其主要特点是,可以通过一些构造措施,将上部结构传来的水平力(制动力、温度影响力等)传递到全桥的各个柔性墩台,或相邻的刚性墩台上,以减少单个柔性墩所受到的水平力,从而达到减小桩墩截面的目的。

4) 梁桥轻型桥台。

①设有支撑梁的轻型桥台。

台身为直立的薄壁墙,台身两侧有翼墙,在两桥台下部设置支撑梁,上部结