

交通系统中等专业学校试用教材

桥梁工程

(下 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

(下 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。

本书第五篇由呼和浩特交通学校章余恩编写，第六篇由云南省交通学校赵学敏编写，第七篇第一、二、三章由甘肃省交通学校杨国良编写，第七篇第四、五、七章由浙江省交通学校倪挺荪编写，第七篇第六章由广西交通学校沈绍杜编写，第八篇由浙江省交通学校李永珠编写。李永珠为全书主编。

本书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。

ZQ75/12

交通系统中等专业学校试用教材

桥 梁 工 程

(下 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毫米 印张：14.75 字数：360千

1979年12月 第1版

1984年11月 第1版 第5次印刷

印数：15,701—49,700册 定价：1.20元

目 录

第五篇 桥梁墩台

第一章 桥梁墩台的型式和构造.....	1
第一节 梁桥墩台的型式和构造.....	1
第二节 拱桥墩台的型式和构造.....	9
第二章 桥墩的计算.....	15
第一节 实体桥墩的计算.....	15
第二节 桩式桥墩的计算要点.....	28
第三章 桥台的计算.....	35
第一节 U形桥台的计算.....	35
第二节 轻型桥台的计算要点.....	45

第六篇 涵 洞

第一章 涵洞的型式及构造.....	52
第一节 涵洞的组成、分类及使用条件.....	52
第二节 洞身和洞口建筑.....	53
第二章 涵洞长度和洞口建筑工程数量计算.....	62
第一节 涵洞长度计算.....	62
第二节 洞口建筑工程数量计算.....	64

第七篇 桥梁施工

第一章 施工前的准备工作.....	69
第一节 概述.....	69
第二节 场地布置.....	70
第三节 桥位施工放样.....	70
第二章 吊装设备基本知识.....	75
第一节 绳和栓吊工具.....	75
第二节 常用简单起重机具和设备.....	79
第三节 缆索吊装设备.....	90
第三章 墩台施工.....	97
第一节 石砌圬工概述.....	97
第二节 基础及墩台的砌筑.....	99

第三节 锥坡施工放样	100
第四章 钢筋混凝土桥施工	103
第一节 模板	103
第二节 钢筋	110
第三节 混凝土	119
第四节 装配式构件的制作、运输和安装	129
第五章 预应力混凝土桥施工	148
第一节 预加应力的方法及其特点	148
第二节 夹具与锚具	148
第三节 张拉机具简介	151
第四节 先张法生产工艺	155
第五节 后张法生产工艺	161
第六节 大跨径预应力混凝土桥架设方法简介	165
第六章 拱桥施工	174
第一节 石拱桥施工	174
第二节 双曲拱桥施工	195
第三节 其它类型的拱桥施工特点	209
第七章 施工安全技术	212
第一节 吊装的安全技术	213
第二节 混凝土及钢筋混凝土施工安全技术	213
第三节 拱桥施工安全技术	214

第八篇 桥梁养护和抗震

第一章 桥梁养护	215
第一节 桥梁裂缝和维修	215
第二节 桥梁防护	220
第二章 桥梁抗震	222
第一节 抗震设防标准	222
第二节 地震波对桥梁的作用和震害	224
第三节 桥梁抗震加固	225
附 录	231

第五篇 桥梁墩台

第一章 桥梁墩台的型式和构造

墩台是桥梁的重要组成部分，它关系着桥跨结构在平面上和高程上的位置，并将荷载传递给地基。桥台使桥梁与路堤相连接，并承受桥头填土的水平土压力，起着挡土墙的作用。桥墩则将相邻两孔的桥跨结构连接起来。

墩台的强度和稳定性在很大程度上决定了桥梁的耐久性。墩台的造价通常在桥梁总造价中占有很大的比例。同时墩台的修建，在很多情况下较之于建造桥跨结构更为复杂和艰巨。

我国目前所采用的墩台绝大部分是就地建造的，装配式墩台的采用还不多，因此这里只是着重介绍就地建造的墩台。但是，必须指出，装配式墩台对于实现桥梁建筑的工业化，是有着极其重要的意义的，是发展方向。

第一节 梁桥墩台的型式和构造

一、桥墩的型式和构造

(一)重力式桥墩

重力式桥墩适用于荷载较大或河中流冰和漂浮物较多的桥梁。它由墩帽、墩身和基础三部分组成。

1. 墩帽

墩帽一般用混凝土标号不低于200号的钢筋混凝土筑成，设置在桥墩的顶部。墩帽的厚度，大跨径桥不小于40厘米；中、小跨径不小于30厘米。其顶面常做成10%的排水坡。墩帽四周应挑出墩身约5~10厘米作为滴水（檐口），如图5-1所示。墩帽的平面尺寸取决于支座布置情况，在相邻两孔上部结构梁顶端应留有一定的空隙，对中、小跨径桥梁一般为2~5厘米；大跨径桥梁则应按温度变化、弹性变形以及施工放样、构件预制和安装的容许误差等因素确定。

在墩帽内，大、中跨径桥梁应设置构造钢筋，小跨径除严寒地区外，可不设构造钢筋。构造钢筋的直径一般为8~16毫米，采用间距为15~25厘米的网格。

对于中、小跨径的桥，支座可直接安置在墩帽上，为了使支座传来的压力均匀分布到墩顶上，可在支座垫板下面设置1~2层钢筋网，钢筋网的尺寸为支座垫板的两倍，钢筋直径一般为8~12毫米，网格间距为7~10厘米。

对于大跨径桥梁，需在墩顶上设置用钢筋混凝土制成的支承垫石（图5-2），支座放在支承垫石上。支承垫石的平面尺寸要根据支座尺寸、支座传来的荷载大小和支承垫石下墩顶砌体强度计算确定。一般规定支座金属垫板边缘距支承垫石边缘的距离不小于15~20厘米，支承垫石厚度一般为其长度的 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 。

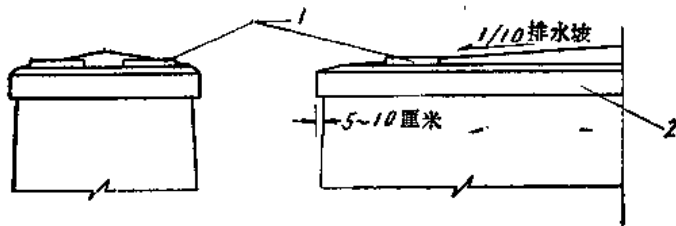


图5-1 墩帽构造
1-支座垫板, 2-墩帽

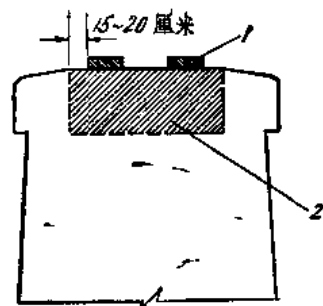


图5-2 墩帽支承垫石
1-支座垫板, 2-钢筋混凝土支承垫石

支座边缘至墩(台)身边缘的最小距离应按表5-1 (图5-3) 采用

支座边缘至墩(台)身边缘的最小距离(厘米)

表 5-1

跨 径	桥 向	顺 桥 向	横 桥 向	
			圆弧形端头(自支座边角度量起)	矩 形 端 头
大 桥		25	25	40
中 桥		20	20	30
小 桥		15	15	20

注: ①采用钢筋混凝土悬臂式墩台帽时, 上述最小距离为支座至墩台帽边缘的距离;
②跨径100米以上的桥梁, 应按实际情况另定。

2. 墩身

墩身(图5-4)顶宽, 小跨径桥不宜小于80厘米, 中跨径桥不宜小于100厘米, 大跨径桥的墩身顶宽视上部构造类型而定。墩身侧坡一般采用20:1~30:1, 小跨径桥的桥墩也可采用直坡。墩身的宽度与高度应保持一定的比例, 以保证其稳定和截面强度的要求, 一般墩身

宽度 $b_1 = \left(\frac{1}{5} \sim \frac{1}{6} \right) H_1$ (H_1 为墩身某截面至墩顶的高度)。

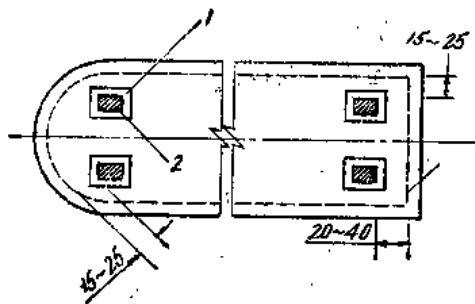


图5-3 支座边缘至墩(台)身边缘的最小距离
1-垫板, 2-支座

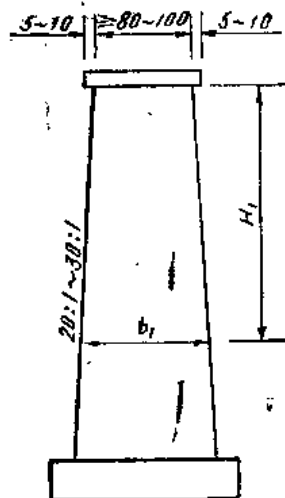


图5-4 重力式桥墩
尺寸单位一厘米

为了便于水流和漂浮物通过，墩身平面形状可以做成圆端形或尖端形，无水的岸墩或高架桥墩也可做成矩形，以利施工。在水流与桥梁斜交或流向不稳定时，可做成圆形。

重力式桥墩的优点是承载能力大，能就地取材，节约钢材。其缺点是圬工数量多，自重太大。因此，有时可采用钢筋混凝土悬臂墩帽，以减少墩身圬工数量。

3. 基础

设置在天然地基上的桥墩基础一般采用150号或150号以上的片石混凝土或浆砌块石筑成。基础在平面上的尺寸较墩身底面尺寸略大，四周放大的尺寸每边约0.25~0.75米。基础可做成单层的或2~3层台阶式的，每层高度一般采用0.5~1.0米。

桥墩基础采用桩基或沉井时，应根据具体条件进行尺寸的拟定。

(二) 钢筋混凝土薄壁桥墩

由于实体桥墩圬工数量多，自重大，当地基土质条件较差时，为了减轻地基的负担，可考虑采用钢筋混凝土薄壁桥墩（图5-5）。其墩身厚度约为墩高的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{15}$ （一般为30~50厘米）。圬工数量比重力式桥墩可节省70%左右，但钢筋用量比较多。

(三) 柱式和桩式桥墩

柱式桥墩是公路桥梁中采用较多的桥墩型式之一，它能减轻墩身重量，节约圬工材料，外形又较美观。一般常在灌注桩顶浇一承台，然后在承台上设立柱（图5-6a），或在浅基础上设立柱（图5-6b），再在立柱上浇一墩顶盖梁（墩帽）。立柱的数量可根据桥宽和构造要求确定，一般采用2~4根，其直径为60~150厘米。当柱身较高时可设置横系梁以加强柱身间的联系。而且在常水位以上部分的柱径可以缩小，形成变截面柱（图5-7b）。对于大直径的柱身不但钢筋按构造设置，而且可以做成空心，以减少立柱的圬工数量。

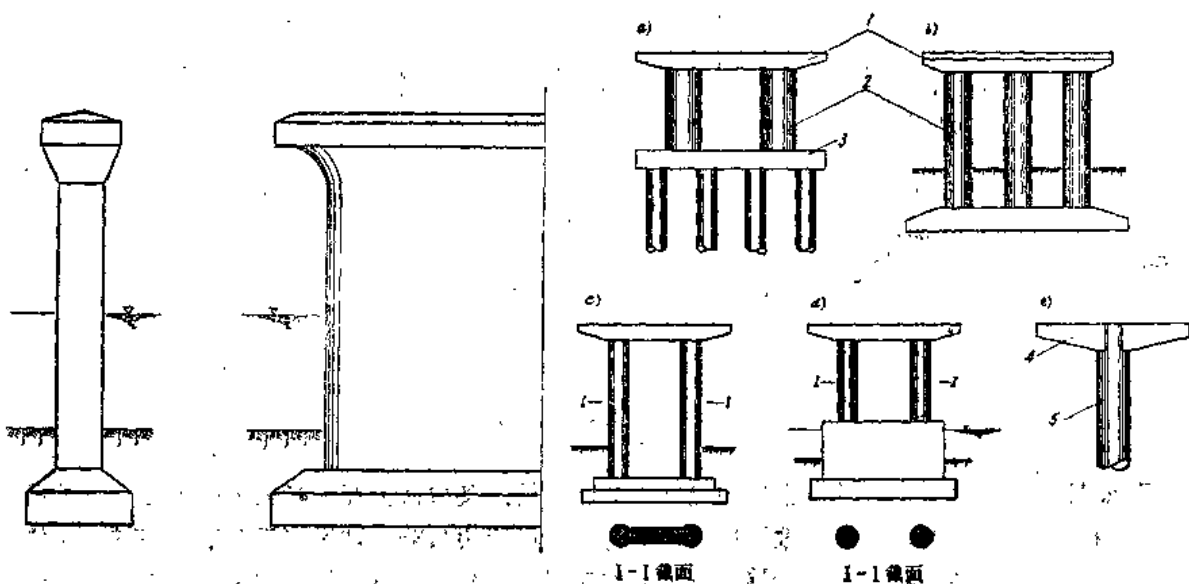


图5-5 钢筋混凝土薄壁桥墩

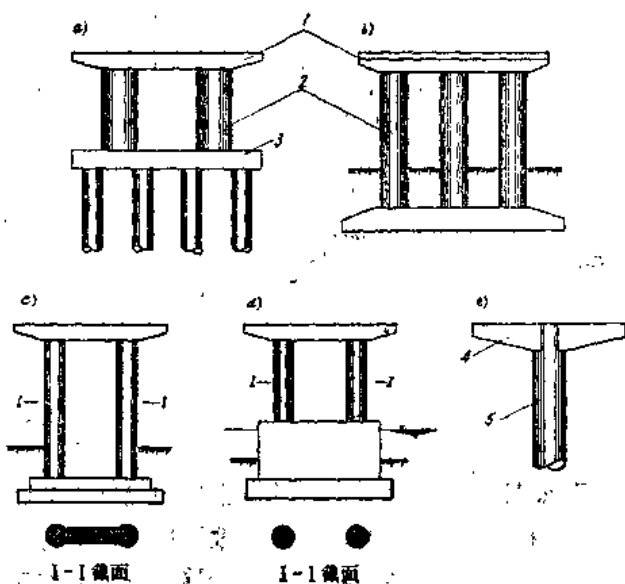


图5-6 柱式桥墩

1-盖梁；2-立柱；3-承台；4-悬臂盖梁；5-单立柱

对双柱式桥墩有时在两柱中间加做隔墙，在平面上形成哑铃式（图5-6c），以增强墩柱间抗撞击的刚度及防止漂浮物卡在中间引起桥墩损坏。当墩身较高时，可把高水位以下部分数成实体式，以上部分仍为柱式，成为混合式柱墩（图5-6d）。

水流方向不稳定或与墩身斜交，且桥宽不大时，可采用单立柱形式。这时，盖梁沿横桥方向悬臂挑出（图5-6e）。

有时还直接利用桩基础的桩做成桩式桥墩，桩作为墩身的一部分，在其顶部浇筑盖梁（图5-7a）。当采用直径较大的灌注桩时，在水面以上部分的桩径可以缩小，形成变截面桩式桥墩（图5-7b），同时应在桩径变化处设置横系梁。

桩式桥墩施工比较方便，特别是当采用钻孔灌注桩时，钻孔直径较大，墩身的刚度也比较大，桩内钢筋用量不多。所以目前在公路桥梁上使用较多。

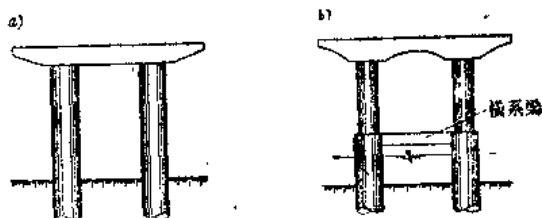


图5-7 桩式桥墩

（四）柔性排架桩墩

柔性排架桩墩，是由成排的钢筋混凝土桩，顶端连以钢筋混凝土盖梁组成。一般在墩高5.0~7.0米，跨径不超过13米的中、小型梁桥上应用。对于山区河流，漂流物严重和砂砾河床及流速过大的河流，桩墩容易磨损不宜采用。

柔性排架桩墩分单排架墩和双排架墩（图5-8）。单排架桩墩高度不应超过4~5米。当桩墩高度大于5米时，为了避免行车可能发生的纵向晃动，宜设置双排架墩；当支座布置受到限制不能采用单排架墩时也可采用双排架墩。

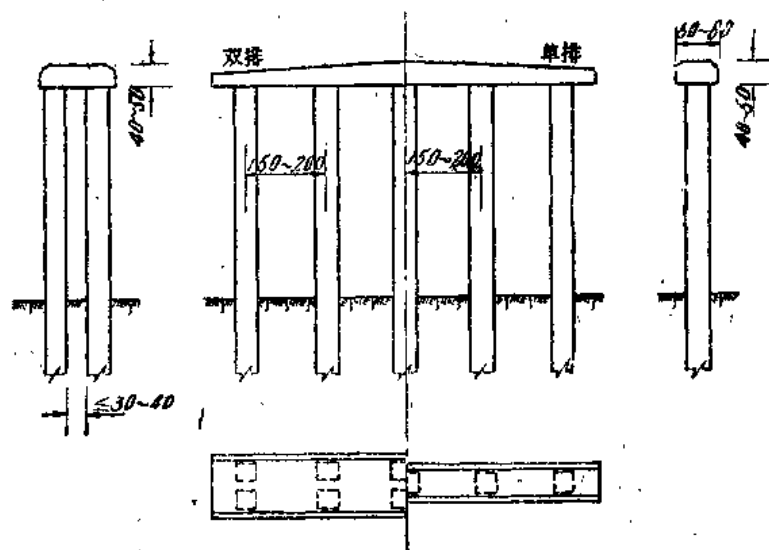


图5-8 柔性排架桩墩
尺寸单位—厘米

柔性架排架桩墩一般采用预制的钢筋混凝土方桩，其截面为25~40厘米的矩形，桩长不超过14米，太长施工不方便，刚度也大。桩与桩的间距为1.5~2.0米（图5-8），双排架的两排间净距不大于30~40厘米。桩顶盖梁通常采用矩形截面。单排架桩盖梁的宽度为60~80厘米。盖梁截面高度对于各种跨径的单、双排架桩均采用40~50厘米。这种墩的优点是用料省，修建简单，符合快速工业化施工。

（五）带破冰棱的桥墩

当桥梁建在强流冰河流上时，宜在迎水面设置破冰棱（图5-9）。破冰棱应高于最高流冰水位1米，并低于最低流冰水位0.5米。破冰棱的倾斜度一般为3:1~10:1。它的材

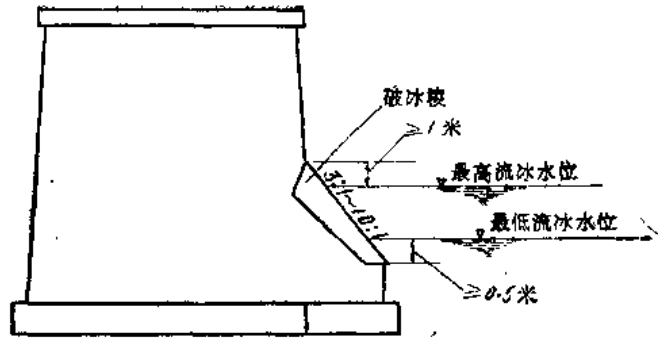


图5-9 带破冰坡的桥墩

料应采用强度较高的石料，也可用高标号混凝土并以钢筋加固。

二、桥台的型式和构造

(一)重力式U形桥台

重力式U形桥台由台帽、台身（前墙和侧墙）和基础三部分组成（图5-10）。前墙除承受上部构造传来的荷载外，同时还承受填土水平压力。前墙顶部设置台帽，以放置支座和安设上部构造，其构造要求与墩帽基本相同。台顶部分用防护墙（雉墙）将台帽与填土隔开。桥台前墙的任一水平截面的宽度，不宜小于该截面至墙顶高度的0.4倍。侧墙是用以连接路堤并抵挡路堤填土向两侧的压力，其任一水平截面的宽度，对于片石砌体不小于该截面至墙顶高度的0.4倍，块石、料石砌体或混凝土则不小于0.35倍；如桥台内填料为透水性良好的砂质土或砂砾，则上述两项可分别相应减为0.35倍和0.3倍，见图5-11。

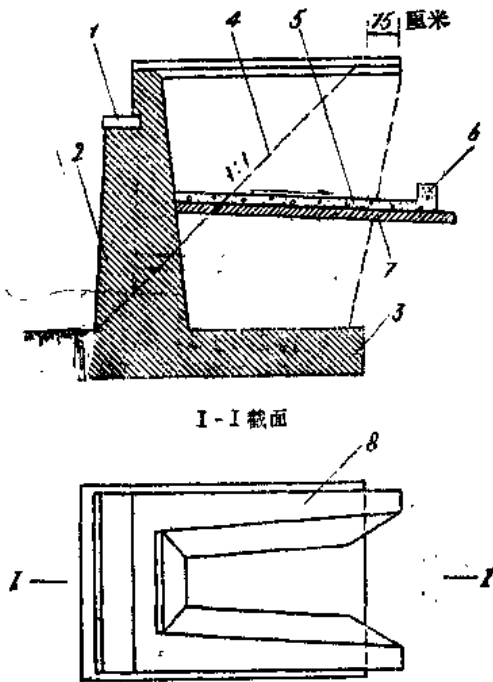


图5-10 重力式U形桥台

1-台帽；2-前墙；3-基础；4-锥形护坡；5-碎石；
6-盲沟；7-夯实粘土；8-侧墙

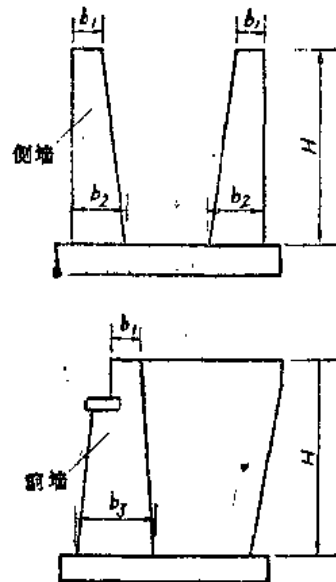


图5-11 U形桥台尺寸

$b_1 \geq 10 \sim 50$ 厘米； $b_2 \geq (0.3 \sim 0.4)H$ ； $b_2 \geq 0.4H$

桥台前墙及侧墙的顶宽，对于片石砌体不宜小于50厘米，块石、料石砌体和混凝土不宜小于40厘米，见图5-11。

桥台侧墙后端应伸入路堤锥坡内75厘米，以防填土松坍，前端则与前墙整体相连，平面上形成U字形，改善了作为挡土墙的桥台的受力条件。桥台前墙的下缘一般与路堤锥坡下缘相齐。两个侧墙间应填以渗透性较好的土壤。为了排除桥台前墙后面的积水，应于侧墙间略高于高水位的平面上铺一层向路堤方向设有斜坡的夯实粘土作为防水层，并在粘土层上再铺一层碎石，将积水引向设于台后横穿路堤的盲沟内，见图5-10。

桥台两侧设有锥形护坡，锥坡的坡度一般由纵向（路堤方向）为1:1逐渐变至横向为1:1.5，以便和路堤边坡一致。锥坡的平面形状为 $\frac{1}{4}$ 的椭圆，锥坡用土夯筑而成，其表面用片石砌筑。

重力式U形桥台，主要依靠自重和台内填土重量来保持稳定，其构造虽然简单，但圬工数量大，费工费时，并由于自重而对地基增加了压力，因此，一般宜在填土高度和跨径不大时采用。

（二）钢筋混凝土薄壁桥台

钢筋混凝土薄壁桥台是由扶壁式挡土墙和两侧的薄壁侧墙所构成（图5-12）。挡土墙由厚度不小于15厘米（一般为15~30厘米）的前墙和每隔2.5~3.5米布置的扶壁所组成。台顶由竖直小墙和支于扶壁上的水平板构成承梁部分，以支承桥跨。侧墙是由两个边扶壁构成。在边扶壁上建有钢筋混凝土悬臂耳墙，这样就能显著地缩短侧墙的长度。

采用这种桥台不仅可减少圬工体积40~50%，同时还因自重轻而减小了对地基的压力。所以对于软弱地基采用此种桥台是比较适宜的，但其构造和施工比较复杂，并且钢筋用量也多。

（三）埋置式桥台

当路堤填土较高（6~8米以上）时，可采用埋置式桥台（图5-13）。它是将台身埋在

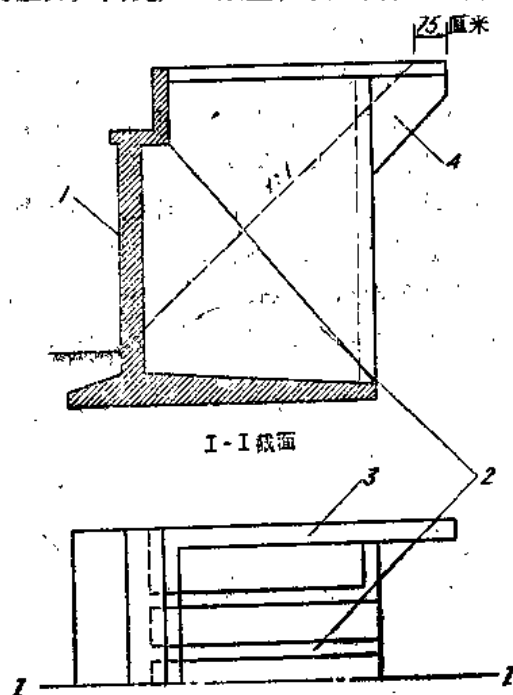


图5-12 钢筋混凝土薄壁桥台
1-前墙；2-扶壁；3-侧墙；4-耳墙

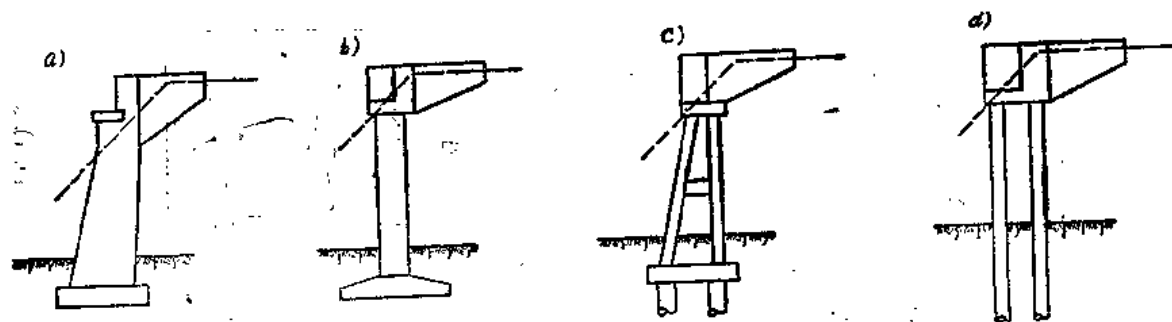


图5-13 埋置式桥台

锥形护坡中，只露出台帽，以安设支座及上部构造。由于台身埋入土中，利用台前锥坡产生的土压力来抵消台后部分主动土压力，所以增加了桥台的稳定性，并使台后土压力大为减小，桥台尺寸也可相应减小。但是埋置式桥台的锥坡挡水面积大，对桥孔下过水面积有所压缩，往往会增加上部结构的工程数量。

埋置式桥台台顶部分的内角到路堤锥坡表面的距离不应小于50厘米，否则应在台顶缺口的两侧设置横隔板，使台顶部分与路堤锥坡的填土隔开，并防止土、雪等拥到支承平台上去。桥台通过耳墙与路堤衔接，耳墙伸进路堤的长度一般不小于50厘米。

重力式埋置桥台（图5-13a）的台身是用混凝土、片石混凝土或块石筑成。耳墙用钢筋混凝土做成，并把耳墙内的钢筋伸入台身内，台身常做成向后倾斜，这样对减小台后土压力和基底合力的偏心距是有利的，但在施工中要注意桥台前后均匀填土，以防倾侧。

除了重力式埋置桥台外，还有立柱式埋置桥台（图5-13b）、框架式埋置桥台（图5-13c）

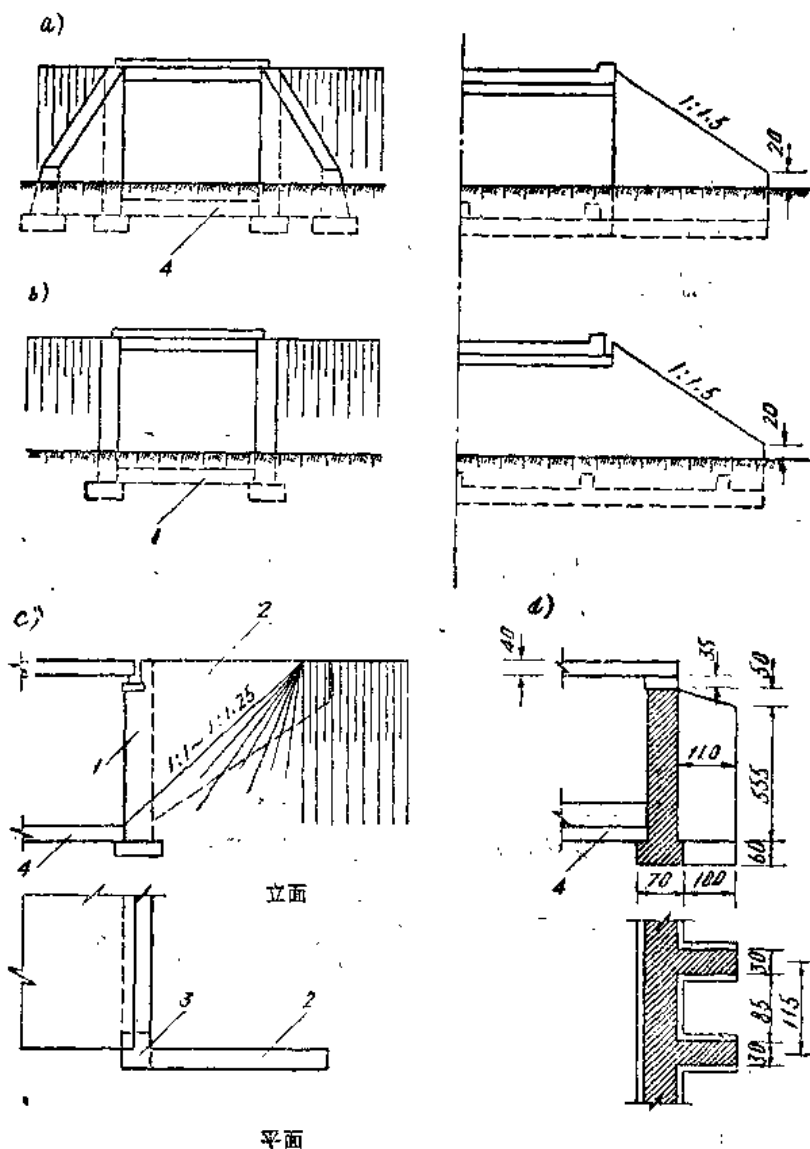


图5-14 轻型桥台

a) A字形桥台；b) 一字形桥台；c) 带耳墙的桥台；d) T形截面桥台
1-台墙；2-耳墙；3-边柱；4-支撑梁

(四) 小桥轻型桥台

桥台上端与上部构造应通过栓钉连接，栓钉孔、上部构造与台背之间须用与上部构造同标号的小石子混凝土（或125号砂浆）填实，见图5-15a。栓钉直径不小于上部构造主筋的直径，锚固长度为台帽厚度加上三角垫层和板厚。

桥台下端与相邻桥台(墩)之间设置支撑梁。为节省钢筋,支撑梁可用尺寸不小于 40×40 厘米的混凝土或块石砌筑。支撑梁应设于铺砌层或冲刷线以下,中距一般为 $2 \sim 3$ 米。如果基础能嵌入风化岩层 $15 \sim 25$ 厘米时,可不设支撑梁。对多孔桥梁的一字形桥台,在墩与台之间的支撑梁需设支撑梁顶座,见图5-16。

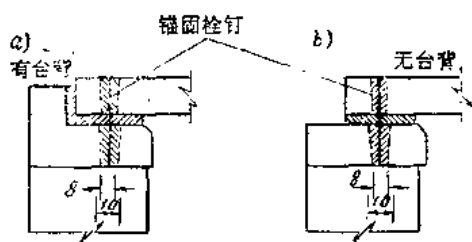


图5-15 上部构造与台帽栓钉连接

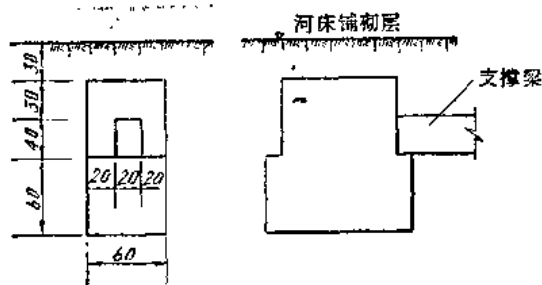


图5-16 支撑梁顶座

(五) 其它型式桥台

1. 八字翼墙式桥台

八字翼墙式桥台是由贯通的缝隔开的三座挡土墙所构成的。它不设路堤锥坡，中间的墙（台身）承受土压力及支座传来的荷载。两边的翼墙只承受土压力。翼墙顶面与路堤边坡平齐，其高度和底宽是变动的，平面上与路堤中线斜交（一般为 60° ），见图5-17。由于这种桥台的三部分没有连成整体，所以其圬工体积往往较U形桥台要大，因此只有当土壤天然坡角较大或桥梁在平面上的位置难于设置路堤锥坡时才采用这种桥台。

2. 枕梁式桥台

枕梁式桥台是以枕梁代替台帽，并直接搁于地基上。它是梁桥中最简单的一种桥台，适用于桥梁建筑高度小、桥头土质比较密实，河床比较稳定，无冲刷的小型桥梁，见图5-18。枕梁为钢筋混凝土，其截面为实体或空心矩形，横截面尺寸按荷载大小、支承面构造和地基承载力大小计算决定。枕梁下铺设50~70厘米厚的碎石垫层，以保证枕梁沉降均匀。枕梁边缘到河床坡顶的水平距离应为1.0~1.5米，以保证台前土壤稳定，不致滑移。

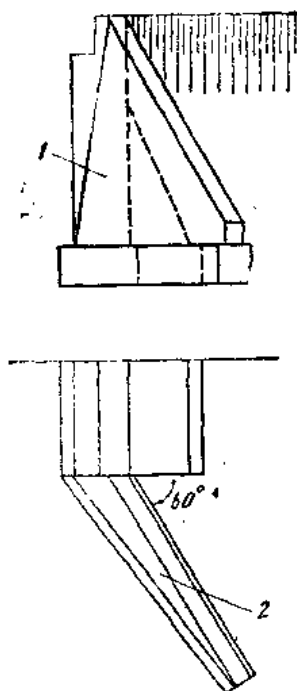


图5-17 八字翼端式桥台
1-台身；2-翼墙

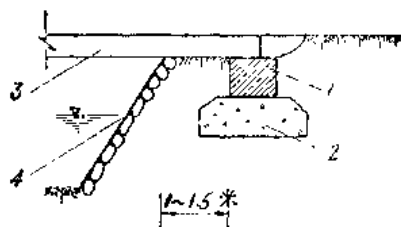


图5-18 枕梁式桥台
1-枕梁；2-碎石垫层；3-梁跨；4-护坡

第二节 拱桥墩台的型式和构造

一、桥墩的型式和构造

(一)重力式桥墩

拱桥桥墩一般采用重力式的，其平面形状基本上与梁桥重力式桥墩一样。实腹式石拱桥桥墩在墩帽以上部分通常做成与侧墙平齐的形式（图5-19）；而空腹式石拱桥桥墩，在墩帽以上部分可做成实壁形式，也可用小拱圈跨盖。

双曲拱桥的重力式桥墩与石拱桥桥墩基本相同。其墩帽一般用混凝土浇筑，标号在200号以上，为使拱肋与墩帽更好地连接，常在墩帽中设置一定数量的钢筋伸出墩帽，与拱板部分的钢筋连接，同时将墩帽做成槽口，把拱肋插入槽口内，以增加主拱圈与墩帽的嵌固。重力式桥墩除了用块石、片石或混凝土预制块砌筑外，也有用片石混凝土浇筑的。有时为了节省圬工砌体，可将墩身做成空心，中间填以砂石。

等跨拱桥实体桥墩的顶宽（恒载单向推力墩除外），对混凝土墩可按拱跨的 $\frac{1}{15} \sim \frac{1}{25}$ ，

对石砌墩可按拱跨的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}$ 估算（其比值随跨径的增大而减小），并不宜小于80厘米。

墩身两侧边坡为20:1~30:1。

为了减少墩身体积，可采用缩圆头带悬臂墩帽的桥墩（图5-20）。这种桥墩横桥方向尺寸缩短，因此使墩身体积减小，基坑的开挖量也随之减小，收到较好的经济效果。悬臂墩帽一般为纯混凝土，或仅设置构造钢筋，为了节省水泥，也有只在墩帽四周用混凝土，中间部

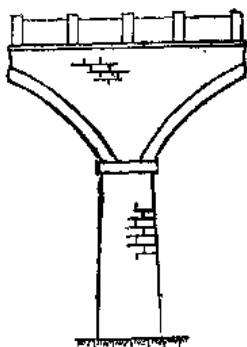


图5-19 实腹式石拱桥墩顶形式

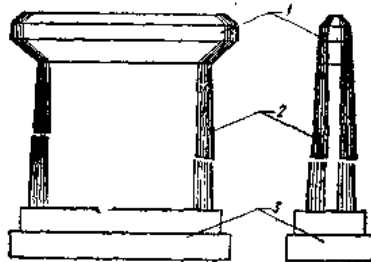


图5-20 带悬臂墩帽的桥墩
1-悬臂墩帽；2-墩身；3-基础

分则改为片石。

(二) 桩柱式桥墩

桩柱式桥墩一般是配合钻孔灌注桩基础的。当桥的跨径在10米左右时，常采用两根直径为1.0米的钻孔灌注桩，跨径在20米左右时可采用两根直径为1.2米或三根直径为1.0米的钻孔灌注桩，跨径在30米左右时可采用三根直径为1.2~1.3米的钻孔灌注桩。桩墩较高时，桩间需设置横系梁，以增强桩柱的刚性，见图5-21a。桩柱式桥墩一般采用单排桩，较大跨径（40~50米以上）的高墩，可采用双排桩。在桩顶设置承台，与墩柱联成整体（图5-21b）。如柱直接与桩连接，则在接合处应设置横系梁。当柱高大于6~8米时，在柱的中部还应设置横系梁。此外也有建在沉井基础上的柱式桥墩。

(三) 单向推力墩

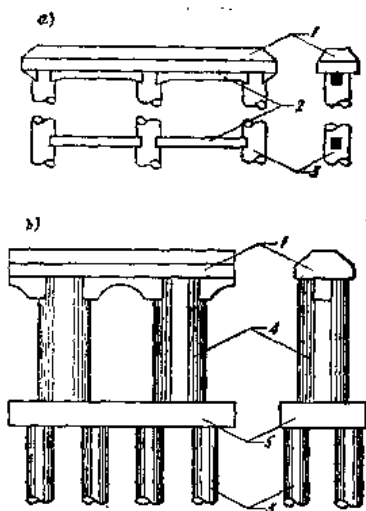


图5-21 桩柱式桥墩
1-墩帽；2-横系梁；3-灌注桩；4-墩柱；5-承台

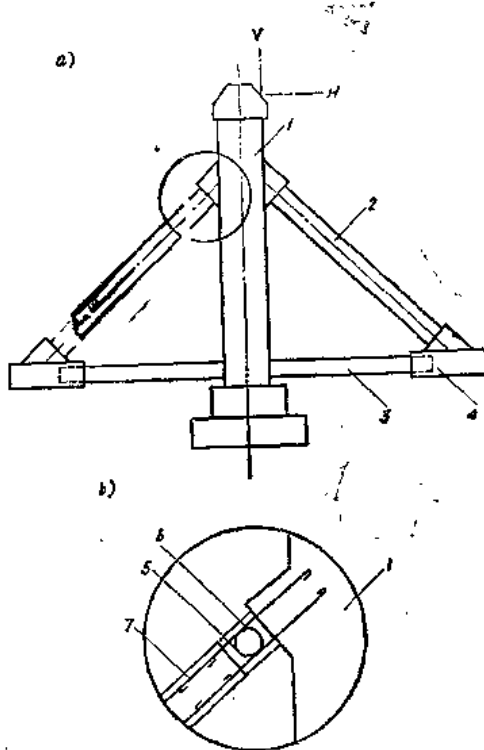


图5-22 普通往墩加设斜撑及拉杆的单向推力墩
1-立柱；2-斜撑；3-水平拉杆；4-基础板；5-钢箍扣环；6-现浇混凝土；7-斜撑主筋接头

多跨拱桥应根据施工和使用的要求, 每隔 3~5 孔设置单向推力墩。推力墩的型式可根据恒载单向推力大小和基础埋置深浅等因素, 因地制宜地选用。当桥墩较矮及单向推力不大时, 实体墩只需加大墩身尺寸即可作单向推力墩, 但往往增加挡水面积。因此目前常用的单向推力墩有以下几种型式。

1. 普通柱墩加设斜撑及拉杆的单向推力墩

这种墩的特点是在普通墩柱上, 每根对称增设一对钢筋混凝土斜撑 (图5-22a), 以提高其抵抗单向水平推力的能力。在接头处理上斜撑只承受压力而不承受拉力 (图5-22b)。为了保证水平拉杆在水下正常工作, 它必须具有一定的抗裂性, 常采用预应力混凝土结构。此外, 在基础埋置深度不大和地基条件较好时, 可把桥墩基础加宽成倒 T 形的单向推力墩。

2. 悬臂式单向推力墩

悬臂式单向推力墩的基本结构图式系从高桩承台上双向挑出悬臂桁架, 在悬臂端上搁置二铰双曲拱 (图5-23a)。当邻孔遭到破坏后, 由于存在悬臂端, 使拱支座竖向反力通过悬臂端而成为稳定力矩, 保证了单向推力墩不致遭到破坏 (图5-23b)。

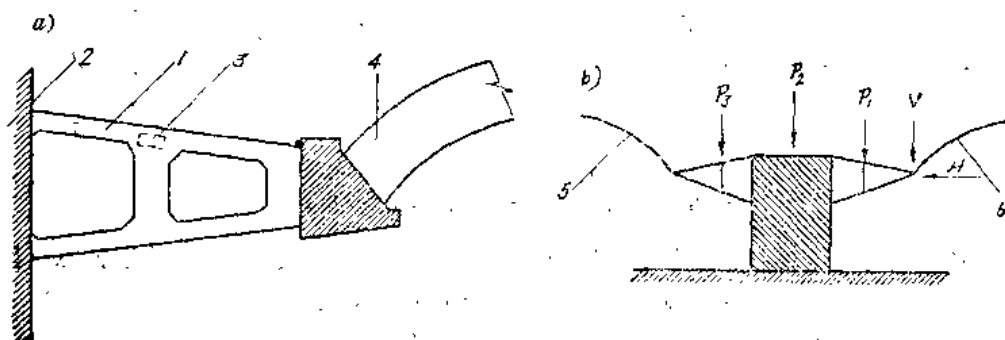


图5-23 悬臂式单向推力墩

1-悬臂; 2-承台; 3-横系梁; 4-双曲拱; 5-破坏孔; 6-完好孔

3. 拉杆式单向推力墩

这种单向推力墩, 是在主拱圈 3、4 点设置两个平铰, 铰处的拱上建筑设伸缩缝, 在桥墩两侧平铰间 (1、2、3 点) 设拉杆 (图5-24)。恒载由拱的体系承担, 施工时仍先将主拱圈合拢, 结合拱上建筑的施工设置拉杆。活载则由拱和组合体系承担。由于设置了平铰, 各孔自成独立体系。墩身上的拉杆在墩上构成一个平衡悬臂体系, 当一个吊拱破坏后, 在未破坏的邻孔吊拱水平推力和竖向反力作用下 (此时吊拱的水平推力由于两拱趾稍有向外水平位移, 已减少很多) 桩顶产生两个反向弯矩, 这两个反向弯矩的迭加, 减小了桩身弯矩。试验证明平铰的位置 $x \approx 0.35L_0$ 时较为合适。

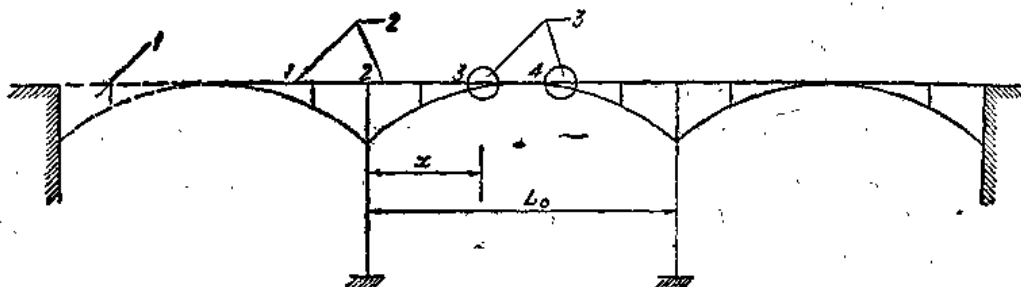


图5-24 拉杆式单向推力墩

1-破坏孔; 2-拉杆; 3-平铰

二、桥台的型式和构造

(一)重力式U形桥台

重力式U形桥台在拱桥中用得较多，其构造与梁桥U形桥台相仿，也是由前墙、侧墙和基础三部分组成（图5-25a）。材料一般采用浆砌片石。适用于土质较好的地基上。

桥台前墙上设有台帽，其构造与墩帽相同。空腹式拱桥的前墙顶设有分界墙（图5-25b）。

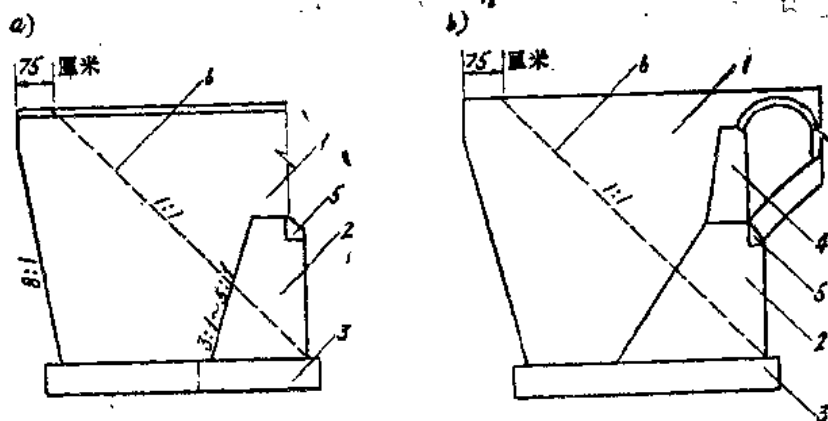


图5-25 拱桥U形桥台

1-侧墙；2-前墙；3-基础；4-分界墙；5-台帽；6-锥坡

前墙背坡为 $3:1 \sim 5:1$ ，它承受拱圈推力和路堤填土压力。侧墙和前墙砌成整体并伸入路堤内（一般为75厘米）从侧面挡住填土。侧墙的内坡采用 $4:1$ 或 $8:1$ ，其顶宽一般为75厘米，如果人行道较宽，为避免人行道一边支承于侧墙上，另一边支承于拱腔填料上而产生不均匀的垂直变形，使人行道损坏，侧墙的顶宽应根据人行道的宽度来决定，此时顶部可做成垂直的。侧墙长度可根据锥形护坡坡度及伸入路堤的长度来决定。侧墙尾端上部做成竖直的，以下按 $8:1$ 的坡度缩短。

桥台的宽度通常与拱圈相同，有时为了增加桥台抗滑稳定性，可将台身加宽。

(二)组合式桥台

组合式桥台由台身和后座两部分组成（图5-26）。台身基础承受竖向力，一般采用桩基础或沉井基础，拱的水平推力则主要由后座基底的摩擦力及台后的土压力来平衡。组合式桥台的承台与后座间必须密切贴合并设置沉降变形缝，以适应两者的不均匀沉降。后座基底标高应低于拱脚下缘标高，力求台后土压力和基底摩擦阻力的合力同拱座中心标高一致。组合式桥台常用在冲刷较大的河道上。

(三)其它型式桥台

1. 一字形、Π字形和前倾式桥台

一字形桥台构造简单（图5-27）。桥台台身可作成等厚或变厚度的，台口尺寸应满足抗剪强度要求，变厚度的台身背坡为 $2:1 \sim 4:1$ 。两边八字翼墙与台身分离，其顶宽为40厘米，前坡为 $10:1$ ，后坡为 $5:1$ 。这种桥台基坑开挖量小，圬工数量也小，但稳定性较差，适宜于跨径不大的矮桥。

在一字形桥台背后加两条背撑，即成为Π字形桥台（图5-28）。背撑顶宽为30~60厘米、厚度30~60厘米、背坡 $3:1 \sim 5:1$ 的梯形。Π字形桥台在构造上比一字形桥台合理，