

职工教学试用教材

简明桥涵工程

下册

范治身编

广西壮族自治区交通局教育办公室主编

内容提要与说明

本书系根据我区公路技术工人技术短训班的讲义，经过修改与补充编写而成，由广西壮族自治区交通局教育办公室主办编写。

全套教材为公路设计与施工基础上下册；简明桥涵工程上下册；公路测量；公路制图；公路施工管理与概（预）算等。适合于具有初中毕业文化水平的养路、建桥、筑路、测设的职工技术培训、技术补课用；也可作公路基层领导自学、业务培训教材与公路技术员的参考书。

《简明桥涵工程》共分上下册，上册主要介绍桥涵设计的一般常识，钢筋混凝土与砖石结构一般常识，桥涵构造，涵洞施工与养护，桥墩台构造。下册主要介绍桥梁施工（包括拱桥与梁式桥），墩台施工，桥梁养护、维修与加固，并附有施工常用表。

本书考虑到不同的工种的培训，讲授内容应有不同侧重，故把涵洞编写成独立篇章，以便适用于道班工人，地方公路技术培训之用。对于总论，钢筋混凝土与砖石结构只编写了一些基本常识，因为考虑到不讲授这些基本常识，对桥涵施工、养护、维修与加固，就无法开课。经验证明在工作中没有这部份知识也难保证施工、养护、维修、加固的质量。本套书总课时为150~170个课时，适合于技工学校。若作短训班，应有所侧重，课时可以根据实际情况压缩。编者水平所限，内容定有不少错误，恳请同志们赐教。下册由广西交通局公路工程公司李同美同志帮助校对，致谢。

1975年交通部《公路桥涵设计规范》（以下简称《规范》）

1972年交通部《公路工程技术标准》试用（以下简称《标准》）

编者 一九八三年元月十四日

目 录

第六篇 桥梁施工

第一章 施工前的准备工作

- 第一节 概 述..... (1)
- 第二节 桥位施工放样..... (2)

第二章 基础的施工

- 第一节 概 述..... (9)
- 第二节 刚性扩大基础的施工..... (9)

第三章 墩台施工

- 第一节 墩台放样..... (15)
- 第二节 石砌墩台..... (16)

第四章 钢筋混凝土桥施工

- 第一节 模 板..... (20)
- 第二节 钢 筋..... (27)
- 第三节 混凝土..... (37)
- 第四节 混凝土墩台施工..... (49)
- 第五节 钢筋混凝土梁式桥上部构造施工..... (65)
- 第六节 桥面系施工..... (90)

第五章 拱桥施工

- 第一节 石拱桥有支架施工..... (93)
- 第二节 双曲拱桥 施 工..... (115)
- 第三节 其它类型的拱桥施工特点..... (135)

第六章 施工安全技术

- 第一节 吊装的安全 技 术..... (158)
- 第二节 混凝土及钢筋混凝土施工安全 技 术..... (158)
- 第三节 拱桥施工安全 技 术..... (159)

第七章 桥面纵坡竖曲线计算..... (159)

第七篇 公路桥梁养护、维修和加固

第一章 概 述	(161)
---------	-------

第二章 钢筋混凝土桥的养护、维修和加固

第一节 钢筋混凝土桥的养护检查	(163)
第二节 钢筋混凝土桥的养护与维修	(163)
第三节 钢筋混凝土桥的维修养护和加固	(168)

第三章 砖、石、混凝土桥的养护、维修和加固

第一节 砖、石、混凝土桥的检查	(175)
第二节 砖、石、混凝土桥的养护	(177)
第三节 砖、石、混凝土桥的维修和加固	(178)

第四章 桥梁附属构造物的养护和维修

第一节 桥头引道的养护和维修	(181)
第二节 调治构造物的养护和维修	(181)
第三节 河床淤积和冲刷的处理	(182)
第四节 桥梁的防洪与防冰的措施	(182)

第五章 超重车辆通过桥梁的措施

第一节 超重车辆过桥的意义	(183)
第二节 超重车辆过桥采取的措施	(183)

附 录

附录—I 引道及防护工程

第一节 桥头引道工程	(186)
第二节 锥形护坡	(186)
第三节 桥梁调治构造物	(189)

附录—II 测定砂浆稠度法

附录—III 圆弧拱的几何性质

双曲拱桥拱圈组合截面的重心、静面矩、惯矩计算用表	(192)
--------------------------	-------

圆弧拱拱轴座标及几何量关系表	(194)
----------------	-------

等截面无铰拱轴线座标表	(195)
-------------	-------

拱轴截面纵座标表	(195)
----------	-------

附录—IV 等截面悬链线无铰拱拱轴线座标表

变截面悬链线无铰拱拱轴线座标表及 各点矩形截面高度计算表	(203)
---------------------------------	-------

附录—V 混凝土配合比表附表 V—1、V—2	(205)
公路构造物的每立方米混凝土水泥用量表 V—3	(206)
小石子混凝土每立方米配合材料表 V—4	(207)
不同凝固温度下不同龄期的混凝土强度表 V—5	(208)
混凝土拆模时间参考表 V—6	(208)
砌筑砂浆配合比表 V—7	(209)
防水砂浆配合比表 V—8	(210)
附录—VI 钢筋表	(210)
圆钢筋面积重量周长表 VI—1	(210)
钢筋弯折长度折减表 VI—2	(211)
绑扎钢筋搭接长度表 VI—3	(211)
圆钢筋的截面积和重量 VI—4	(212)
在钢筋间距一定时板每米宽度内的钢筋截面积表 VI—5	(213)
附录—VII 箱型拱, 双曲拱桥设计参考资料	(214)
箱型拱拱圈技术指标参考资料表 VII—1	(216)
箱型拱拱圈经济指标参考资料表 VII—2	(217)
无支架吊装的双曲拱桥拱圈技术指标参考资料表 VII—3	(218)
无支架吊装的双曲拱主拱圈经济指标参考资料表 VII—4	(219)
就地浇筑的双曲拱桥拱圈技术指标参考资料表 VII—5	(220)
箱型拱与双曲拱经济比较参考资料表 VII—6	(221)
附录—VIII 甲. 混凝土搅拌机(混合料在搅拌机延续的最短时间表 VIII—1)	(222)
(混凝土搅拌机性能表 VIII—2)	(223)
乙. 给水排水机械	(224)
丙. (单级单吸离心式水泵性能规格表 VIII—3)	(225)
岩石与土的渗透系数	(226)
岩石渗透水性能表附表 VIII—4	(226)
土的渗透系数表附表 VIII—5	(226)

第六编 桥梁施工

桥梁施工，一般分为施工前的准备工作；施工过程；竣工验收三个主要环节。施工员在施工前必须熟悉图纸，做到了如指掌，胸中才能有数。同时也要了解设计者的意图和勘测过程所掌握的第一手资料情况。并根据劳动力、机具、材料开采，运输以及气候、水文、交通、电源等编写施工组织设计，编制施工预算，以便有步骤地按次序组织施工。在施工过程中，严格遵守施工规范与操作规程，严格控制施工质量，节约人力、物力、财力，注意施工安全，防止事故发生。施工完毕，整理好施工原始资料，办好决算。清理河道与现场，保证河道、公路与人行路畅通，为竣工验收交付营运做好准备。

第一章 施工前的准备工作

第一节 概述

为了施工有计划，有步骤进行，开工前要做一系列的准备工作，才能保证按质、按量、按期完成任务。其主要工作如下：

1) 熟悉设计图纸、文件、资料，施工人员对设计文件、图纸、资料做到了如指掌。并进行现场核对工作，必要时要进行补充调查，包括水文、气候、地质、材料供应路线；自采加工材料场地；劳动力来源；水电的供应等，都要详细了解与掌握。对于设计上的差错，要及时向设计单位提出，商定修改方案。

2) 制定施工方案，尤其是与设计部门提出的施工方案，有很大出入时，要详细提出科学依据，报请上级批准。

3) 编制施工组织计划，对整个施工过程进行详细的、科学的安排。要反映出本工号的特点，施工程序，施工方法。并预计到有可能会遇到那些技术难题，准备采取那些相应技术措施；要推广采用新工艺、新技术、新结构、新材料和先进的设备以及人员的培训；要有保证工程质量与安全施工的技术措施等。同时，编制好施工预算、补充和放大施工图纸，编制机具、材料、劳动力的供应计划。

编制施工组织设计的原则：

编制施工组织设计遵守下列各项基本原则。

- ① 遵守规定的施工和交付营运的期限，遵守国家财务制度和各项方针政策。
- ② 大力采用先进的、科学的快速施工，各项工程应按紧凑的互相配合的图表进行施工。
- ③ 采用一条龙快速流水作业法施工，特别是对具有同一类型结构的工程建筑物。
- ④ 在可能的条件下，预制构件，以土洋结合的施工方法进行建筑安装。
- ⑤ 尽可能使笨重的手工操作机械化、半机械化，广泛采用小型机具，以便减轻劳动强度，节约劳动力。
- ⑥ 尽量减少临时性建筑工程量，充分利用旧有的房子、道路和其他建筑物。
- ⑦ 尽量采用全年施工，使各季节施工保持正常，基本做到不受季节影响。

⑧保持劳动力在整体施工过程中数量上的均匀性,直到工程接近尾声,有计划地使工人退场。

4) 做好场地布置。

场地是否科学合理,是关系到建桥的造价,施工质量,工期以及安全施工。其基本原则是:占用土地少,工地短途运输,有利于预制厂、材料加工、供应、自采材料堆放,形成一条龙的流水作业线,严防来回倒运。主要交通线与工地运输线互不干扰,超重轨道运输线,严防有二次运输现象,如大构件运输,应一次运到吊装处,严防因路线有急弯,要作第二次起吊、转向、运输。设立过河交通和充分利用水运节约运费,对于危险品如易燃、易爆、有毒等材料,存放地点要符合安全与消防的要求。生活区与工地应互不干扰,要布置各种公用生活房:如食堂、俱乐部、浴室和医务室等,要布置有职工的文化教育、体育娱乐的场地,同时要考虑绿化环境,绿化要长远与目前工地现状相结合。

关于临时房屋面积计算,可参考以下标准:

单身宿舍:每人平均4平方米;

家属宿舍:每人6平方米,(居住人数按职工人数乘1.2—1.5的家属系数来决定);

食堂:每人1.2平方米(包括厨房、储藏室等在内);

俱乐部:每人0.25平方米;职工教育场地每人0.3平方米;

浴室:每时供应100人洗澡的面积为100~150平方米;

办公室:(每位办公人员)每人4平方米。

工地照明,是至关重要,既有露天照明,又有室内照明。一般用电量可以参考下列数字估计,露天照明每平方米面积为2~4瓦特小时,室内(包括技工间、办公室、食堂等)照明每平方米9瓦特小时,宿舍照明每平方米6瓦特小时,仓库照明每平方米3瓦特小时。

上面主要是指独立大桥或中桥而言,对于一般中、小桥可以简化,但项目大致相同。

第二节 桥位施工放样

对于桥涵主要部分的位置的放样,应依据设计文件(施工图纸)测定,为了防止差错,必须由俩人相互检查核对,并作出测量和检查核对记录。

在施工放样前,对设计单位所交付的资料,如中线桩、三角网基点桩、水准基点桩等,进行检查、核对,如发现错误、不足、桩被移动或精度不够等,要进行补测、重测和加固。其影响较大要通知设计单位。

先对桥涵中心线桩进行补测、定桩、加固。尔后放出墩台位置桩和施工中需要的水准点桩。这些桩要妥善保护,一直到交付运营后。

对小桥涵的放样,可以用钢尺,直接丈量。中大桥的中心线位置桩若遇河水浅或干旱河床可采取直接丈量。

(一) 桥梁中心线的测定

1) 直接丈量法。

当河流无水、浅水或河岸高差不大时,或小桥涵,可直接用钢尺丈量。(小桥可以参考涵洞放样),一般大桥可以使用注明有标准长度时的拉力与温度的钢尺。丈量桥梁结构的钢尺,应与丈量距离的钢尺校核。必要时钢尺要送到计量局进行检验和校正。

用一条钢丝或钢尺丈量时,应往返至少各一次,如用两条钢尺时,则可顺同一方向丈量至少各一次。

(自 学 参 考)

用钢尺直接丈量桥梁中线位置桩之间及墩台中心间距离时,应对尺长、温度、拉力、垂度和倾斜度进行改正计算。(小桥涵可不计算拉力和温度校正)。

距离测量改正计算

1) 尺长改正(ΔL)

$$\text{改正数 } \Delta L = \frac{L' \cdot l}{L} \dots\dots\dots (6-1-1)$$

式中: L —钢尺总长(刻度数); $L' = L - L_0$;
 L_0 —检定时标准长度; l —实测尺段长度。

2) 温度改正(Δt)

$$\text{改正数 } \Delta t = l k (t_0 - t) \dots\dots\dots (6-1-2)$$

式中: l —实测长度; t_0 —钢尺标准长度时的温度;
 t —测量的实际平均温度;
 k —经检定的钢尺线膨胀系数,如不确知时,可用 $0.0000117/1^\circ\text{C}$ 。

3) 拉力改正(Δp)

所施拉力不同于标准拉力时;

改正数

$$\Delta P = \frac{l(\rho - P_0)}{AE} \dots\dots\dots (6-1-3)$$

式中: l —实测长度; ρ —测量时的实际拉力;
 P_0 —检定时标准拉力; A —钢尺的断面积;
 E —钢尺材料的弹性模量。

4) 垂度改正(Δf)

$$\text{改正数 } (\Delta f) = \frac{d}{24} \left(\frac{\omega d}{\rho} \right)^2 \dots\dots\dots (6-1-4)$$

式中: d —量距时钢尺两端支点间距离;
 ω —钢尺每单位长度的重量;
 ρ —测量时的实际拉力。

5) 倾斜度改正(Δh)

$$\text{改正数 } \Delta h = \left(\frac{h^2}{2L} + \frac{h^4}{8L^3} \right) = 2 \cdot L \cdot \sin^2 \frac{1}{2} \alpha \dots\dots\dots (6-1-5)$$

式中: α —倾斜角; L —倾斜距离;
 h —两端高差。

当以抄平求得高差时,可用前一式求改正值,不必计算倾斜角,当 $h < 1$ 米时,可只取前的第一项计算。

基线长度计算,每一尺段之实际长为:

$$d_n = l - \Delta l + \Delta t - \Delta P + \Delta f - \Delta h \dots\dots\dots (6-1-6)$$

$$\text{基线全长为: } d = \sum d_n = \sum (l - \Delta l + \Delta t - \Delta P + \Delta f - \Delta h) \dots\dots\dots (6-1-7)$$

为了防止差错,必须由二人相互检查核对,往返两次以上,并作好丈量记录。丈量桥梁

中线精度，桥长小于200米时，不低于1/5000；桥长在200~500米时，不低于1/10000；桥长在500米以上时，不低于1/20000。

上述丈量精度按下式计算：

$$E = \frac{M}{D} \dots\dots\dots (6-1-8)$$

式中：D—丈量全长的计算平均值；
M—算术平均值的中误差。

$$M = \sqrt{\frac{\sum V^2}{n(n-1)}}; \dots\dots\dots (6-1-9)$$

其中： $\sum V^2$ —各次丈量值与算术平均值差的平方和；
n—丈量次数。

桥位每侧至少应设两个控制桩，控制桩要求设在离基础边15米以外，即易于长期保存的地点。

例6—1 某中桥，河床水位很浅，河岸与河床高差不大，如图6—1—1。用直接法丈量，并计算最大允许误差。

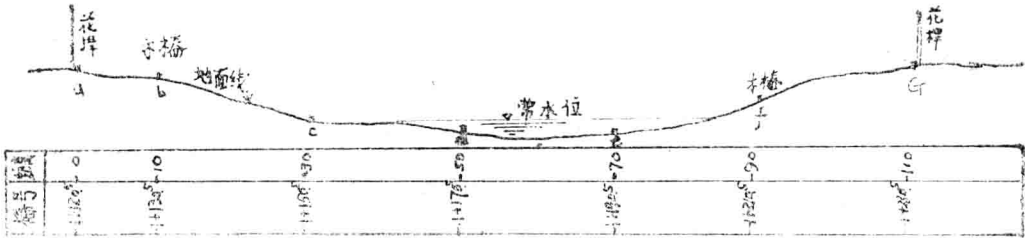


图 6—1—1

首先在 A 点安置经纬仪，瞄准对岸的桥位控制桩 B 点，控制中线，然后根据控制桩和墩台的中心里程计算出各点的距离， $ab = 10$ 米， $bc = 20$ 米， $cd = 20$ 米， $de = 20$ 米， $ef = 20$ 米， $fG = 20$ 米。用钢尺沿 aG 视线丈量各段的距离，并用木桩将各点标出。但丈量时，施钢尺人员，必须使尺保持水平，用力不能过猛，往回丈量各一次，如发现误差过大时，应重新丈一个测回，直到符合精度要求为止。误差大的往往是在丈量时施尺者施力不均匀造成的。a、G 二个控制桩之间距离为 110 米，则最大允许误差为：

$$\Delta = \frac{L}{5000}$$

式中：L 要化成厘米 则 $100 \times 110 = 11000$ 厘米。

$$\therefore \Delta = \frac{11000}{5000} = \pm 2.2 \text{ 厘米。}$$

在无经纬仪的情况，测定桥中线上的桥墩台位置，可用简单方法，当两岸的控制点经检查后，无误，用木桩加固。另用大木桩在控制点后面（沿中线方向），深埋入土内，在两根大木桩之间悬挂铁线，尽量拉直，再沿铁线每隔不同距离，订木桩（木桩距离 10 米左右）用垂球定木桩上点，点上订一小铁钉，再沿木桩用钢尺丈量出墩台的位置。其丈量方法与计算最大允许误差同前。

桥墩台的中线的测定，墩台中线与桥梁轴线通常成 90° 交角。因此可用木质大三角板定

位。即以大三角板一边贴在桥中心线上，互相垂直的一边为桥墩台的中心线，并用木桩固定（图6—1—2）。

（二）间接丈量法

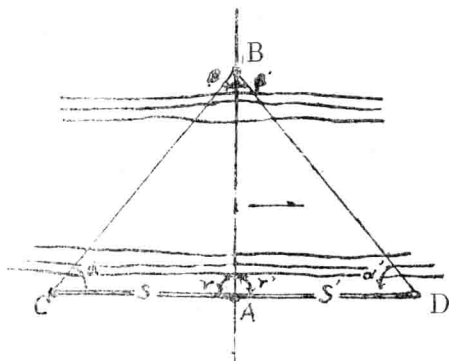
当河道宽阔、水深流急、桥长不能用钢尺丈量时，常采用小三角网法间接丈量，而水中桥墩的位置则多用交会法测定。

1. 小三角网测量

图6—1—3中AB是桥位中心线，为丈量河宽并测出墩台位置，可布设三角形ABC和ABD组成三角网，当河流的一岸地势较平坦便于量距时，三角网可取图6—1—3a的形式、用钢尺精确丈量基线AC和AD的长度，并用经纬仪精确测出两三角形的内角，根据正弦定理，即可算出AB间的距离。当在河流的一岸不能选出两条基线，便于丈量的基线时，可采用图6—1—3b的形式。

为了保证AB距离的精度，三角网的所有角度宜布设在 $30^\circ \sim 120^\circ$ 之间，基线要用检定过的钢尺丈量至少往返两次，丈量精度应不低于下列规定：

a)



b)

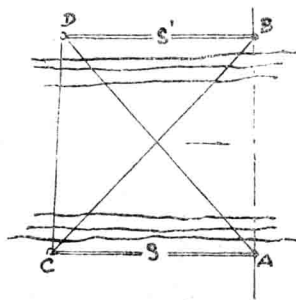


图 6—1—3 桥位小三角网布置示意图

基线边长在200米以内者为 $\frac{1}{10000}$ ；

基线边长在200~500米之间者为 $\frac{1}{25000}$ ；

基线边长在500米及以上者为 $\frac{1}{50000}$ 。

丈量结果应加倾斜改正、尺长改正和温度改正。

三角形内角可用普通光学经纬仪观测两个测面，角度闭合差 λ 应不超过下值。

$$\lambda = 1.5t\sqrt{n}$$

$$(6-1-10)$$

式中：t—经纬仪直接读数精度；

n—测角的数目，如三角形 $n=3$ 。

例6—2 试以图6—1—4所示之三角网为例，求桥位控制桩A、B之间的距离，基线边长设为已知：

$$AC = 143.217\text{m}$$

$$AD = 156.102\text{m}$$

解：1) 计算与调整角度闭合差。三角形各内角外业观测的两个侧回值差小于 $\pm 15''$ 时，应取其平均值作为观测成果，角度闭合差的计算与调整方法见表6—1。

表 6—1

内角	观 测 值	改正值	调 整 值	内角	观 测 值	改正值	调 整 值
α	50°33'08"	+2"	52°33'10"	α'	48°23'23"	-3"	48°23'20"
β	40°55'34"	+1"	40°55'35"	β'	42°15'07"	-2"	42°15'05"
γ	86°31'12"	+3"	86°31'15"	γ'	89°21'38"	-3"	89°21'35"
Σ	179°59'54"	+6"	180°00'00"	Σ	180°00'08"	-8"	180°00'00"
$f_{\beta\text{测}} = -0'06'' < 15.6''$ 合格				$f_{\beta\text{测}} = +0'08'' < 15.6''$ 合格			

容许角度闭合差 $\lambda = 1.5 \times 6 \times \sqrt{3} = 15.6''$

2) 计算AB距离。根据正弦定理得：

$$S_{AB} = \frac{S \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{143.217 \times \sin 52^\circ 33' 10''}{\sin 40^\circ 55' 35''} = 173.567 \text{m}$$

$$S'_{AB} = \frac{S' \cdot \sin \alpha'}{\sin \beta'} = \frac{156.102 \times \sin 48^\circ 23' 20''}{\sin 42^\circ 15' 05''} = 173.580 \text{m}$$

$$\text{差 值 } \Delta s = S_{AB} - S'_{AB} = -0.013 \text{m}$$

$$\text{平均值 } S_{AB} = \frac{1}{2}(S_{AB} + S'_{AB}) = 173.574 \text{m}$$

$$\text{精 度 } K = \frac{\Delta s}{S_{AB}} = \frac{0.013}{173.574} = \frac{1}{13300} < \frac{1}{10000}$$

2. 方向交会法测定桥墩位置

桥位控制桩 AB 间距算出后，按设计尺寸分别自 A、B 点量出桥台中心至 A、B 桩的距离，即可定出桥台①和④的位置，如图 6—1—4 所示。水中桥墩的位置可用交会法测定，其步骤为：将两架经纬仪分别安置在 C 点和 D 点，以 A 点为后视，分别按计算出的 α_2 、 α_2' 角量出角值，则两仪器视线的交点即为桥墩②的中心位置，为校核所得交点是否正确，还应在 A 点安置经纬仪，看交点是否在桥中心线 AB 上，若偏离尺寸在允许范围内，可将交会点投影到桥中心线上，以减少误差影响，桥墩上、下游端点位置，也可参照上述原理和方法测定。

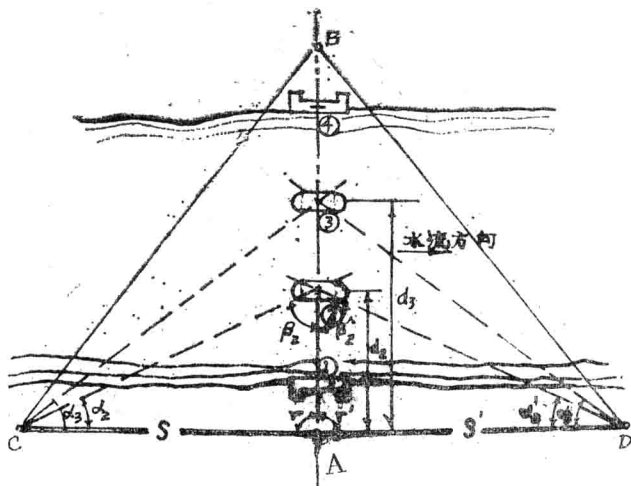


图 6—1—4 交会法测定桥墩位置

关于交会角 α_2 和 α_2' 的数值，可用三角公式计算而得：

$$\frac{\lg \frac{1}{2}(\alpha_2 - \beta_2)}{\lg \frac{1}{2}(\alpha_2 + \beta_2)} = \frac{d_2 - s}{d_2 + s}$$

$$\text{移项 } \operatorname{tg} \frac{1}{2}(\alpha_2 - \beta_2) = \frac{d_2 - s}{d_2 + s} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}$$

$$\frac{1}{2}(\alpha_2 - \beta_2) = \arctg \left(\frac{d_2 - s}{d_2 + s} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} \right)$$

$$\text{又 } \frac{1}{2}(\alpha_2 + \beta_2) = \frac{1}{2}(180^\circ - \gamma)$$

$$\text{两式相加得: } \alpha_2 = \left(\arctg \frac{\gamma}{2} \right) + \frac{1}{2}(180^\circ - \gamma)$$

$$\text{同理可得: } \alpha_2 = \arctg \left(\frac{d_2 - s'}{d_2 + s'} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} \right) + \frac{1}{2}(180^\circ - \gamma') \quad \left. \vphantom{\arctg} \right\} (6-1-11)$$

例7—2 上面算例中, 若已知 $d_2 = 61.021\text{m}$, 计算交会角 d_2 、 α_2 、 α'_2 和 α_3 、 α'_3 。

解: 将 $d_2 = 61.021\text{m}$ 代入式6—1—11得:

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \arctg \left(\frac{\alpha_2 - s}{\alpha_2 + s} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} \right) + \frac{1}{2}(180^\circ - \gamma) \\ &= \arctg \left(\frac{61.021 - 143.217}{61.021 + 143.217} \times \operatorname{ctg} \frac{86^\circ 31' 15''}{2} \right) \\ &\quad + \frac{1}{2}(180^\circ - 86^\circ 31' 15'') \\ &= \arctg \left(\frac{-82.196}{204.238} \times 1.062639 \right) + 46^\circ 44' 22'' = 23^\circ 35' 06'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha'_2 &= \arctg \left(\frac{d_2 - s'}{d_2 + s'} \operatorname{ctg} \frac{\gamma'}{2} \right) + \frac{1}{2}(180^\circ - \gamma') \\ &= \arctg \left(\frac{61.021 - 156.102}{61.021 + 156.102} \times \operatorname{ctg} \frac{89^\circ 21' 35''}{2} \right) + \frac{1}{2}(180^\circ - 89^\circ 21' 35'') \\ &= \arctg \left(\frac{-95.081}{217.123} \times 1.011233 \right) + 45^\circ 19' 12'' = 21^\circ 26' 05'' \end{aligned}$$

同法、将 $d_3 = 111.021\text{m}$ 代入表7—3即可得:

$$\alpha_3 = 39^\circ 04' 31''$$

$$\alpha'_3 = 35^\circ 38' 07''$$

自 学 参 考

同样可以用正弦定律求得:

$$\frac{d_2}{\sin \alpha_2} = \frac{S}{\sin \beta_2} \dots\dots\dots (6-1-12)$$

式中: $\sin \beta_2 = \sin [180 - (\alpha_2 + \gamma)] = \sin(\alpha_2 + \gamma)$

$$= \sin \alpha_2 \cos \gamma + \sin \gamma \cos \alpha_2 \dots\dots\dots (a)$$

$$\text{则 } \frac{d_2}{\sin \alpha_2} = \frac{S}{\sin \alpha_2 \cos \gamma + \sin \gamma \cos \alpha_2}$$

$$\frac{d_2 \cdot \sin \alpha_2 \cdot \cos \gamma + d_2 \cdot \sin \gamma \cdot \cos \alpha_2}{\sin \alpha_2 S} = S$$

$$\therefore d_2 \cdot \cos \gamma + d_2 \cdot \sin \gamma \cdot \operatorname{ctg} \alpha_2 = S$$

$$d_2 \cdot \sin \gamma \cdot \operatorname{ctg} \alpha_2 = S - d_2 \cos \gamma$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_2 = \frac{S - d_2 \cos \gamma}{d_2 \sin \gamma}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{d_2 \sin \gamma}{S - d_2 \cos \gamma} \dots\dots\dots (b)$$

$$\therefore \alpha_2 = \arctg \frac{d_2 \cdot \sin \gamma}{S - d_2 \cdot \cos \gamma} \dots\dots\dots (6-1-13)$$

同理可求得:

$$\alpha_3 = \arctg \frac{d_3 \cdot \sin \gamma}{S - d_3 \cdot \cos \gamma} \dots\dots\dots (6-1-14)$$

$$\alpha'_2 = \arctg \frac{d_2 \cdot \sin \gamma'}{S' - d_2 \cdot \cos \gamma'} \dots\dots\dots (6-1-15)$$

$$\alpha'_3 = \arctg \frac{d_3 \cdot \sin \gamma'}{S' - d_3 \cdot \cos \gamma'} \dots\dots\dots (6-1-16)$$

例6—4 已知 $S = 143.217$ 米, $\gamma = 86^\circ 31' 15''$, $d_2 = 61.021$ 米, $d_3 = 111.021$ 米, 求算交会角 α_2 , α'_2 与 α_3 , α'_3 的值:

解: 将已知值分别代入 (6—1—13) 式中, 则得:

$$\alpha_2 = \arctg \frac{61.021 \cdot \sin 86^\circ 31' 15''}{143.217 - 61.021 \cos 86^\circ 31' 15''}$$

$$= \arctg \frac{61.021 \times 0.99816}{143.217 - 61.021 \times 0.06069}$$

$$= \arctg \frac{60.90853}{139.5139}$$

$$= \arctg 0.4365167$$

$$\alpha_2 = 23^\circ 35' 5.8'' \quad \text{与例6—3结果相同。}$$

同法可得 α_3 , α'_2 , α'_3 之值。

用于丈量三角网基线的钢尺, 当基线精度超过 $1/100,000$ 的宜用钢钢尺丈量, 不超过 $1/100,000$ 的精度, 可用经过检定的普通钢尺丈量。

一般三角网基线应设置2条, 依据当地条件, 基线可设于河流的一岸或两岸。基础与桥位中线交角宜小于 90° , 基线长度宜为桥长的 $0.7 \sim 1.0$ 倍。并把基线端点设在桥位中线上, 整体基线必须通视, 基线各端点应设在均不被洪水淹没之处。

大中桥的水中墩、台和基础桩的中心位置, 当用三台精度在 $20'' \sim 1''$ 的经纬仪交会时, 出现了误差 (如图6—1—5), 其误差为三角形 $\triangle C_2 C_1 C_3$, 在桥轴中线上的误差距离为 $C_2 C_3$, 但对墩底放样 $C_2 C_3$ 不宜超过 2.5 厘米, 对墩顶不宜超过 1.5 厘米。再由 C_1 对轴线上作投影线 $C_1 C$, C 点即作为墩、台或基础桩中心, 交角 α 及 β 应事先计算并核对好。

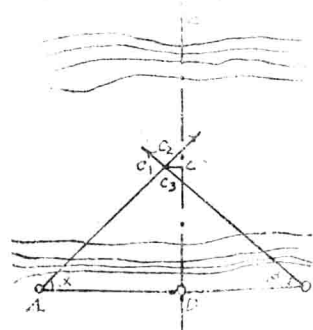


图 6—1—5 水中墩位交会

二、桥梁水准测量

桥梁施工从基础到上部构造的完成, 都要掌握标高, 使其与设计图纸相符, 因此水准测量是一项必要而细致的工作, 大中桥应设专人负责。

大中桥施工需在两岸设立临时水准点，高程从设计单位测定的水准点引出，其容许误差不得超过 $\pm 20\sqrt{k}$ 毫米，对大跨径T型刚构、连续梁及斜张桥等不得超过 $\pm 10\sqrt{k}$ 毫米。式中 k 为两水准点间的距离，以公里计。

三、桥位施工放样中应该注意的事项

1. 施工测量必须在保证精度的前提下，做到及时、准确，起到指导施工的作用。要求经常检验和校正仪器，校核测量所得数据并认真记录，防止差错。

2. 施工现场因机械、车辆、材料堆放和施工作业的影响，测量所设的标志易被碰动或损坏，为防止误用标志造成工程事故，各种测量标志应设在不受施工干扰，引测方便，易于保存的地方，要求稳定可靠并经常予以校核。

第二章 基础施工

基础一般分为：刚性基础、桩基础、管柱基础、沉井(沉箱)基础等。桩基础又包括沉入桩基础与就地灌注桩基础。本章只介绍刚性扩大基础，至于其他型基础请参考其他有关基础专门书籍。

第一节 概述

在天然地基修建的浅基础分为二种类型，一种为柔性基础，一般采用的是钢筋混凝土基础，因为它必须配置足够的钢筋来满足基础承受的弯曲应力与剪应力。第二种为刚性扩大基础，一般用砖、石、素混凝土材料建筑，因为它们的容许弯曲应力和剪应力都能满足基础所承受弯曲应力与剪应力。

目前常用的扩大基础形式有实体基础、单独和联合基础。

实体基础(如图6—2—1)，实体基础的优点是稳定性好，施工简便，能承受较大的荷载。其缺点是自重大，要求地基强度高，如遇有软弱的地基必须进行适当处理后才能采用，否则会因地基的强度不够或变形量过大而影响建设物的正常使用。

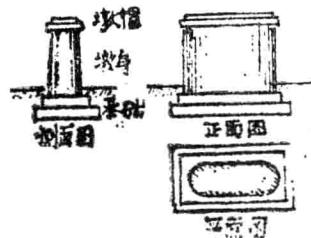


图 6—2—1

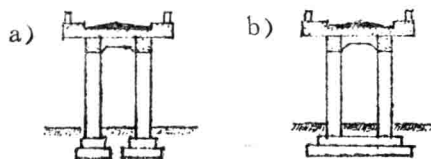


图 6—2—2

单独和联合基础(如图6—2—2)，单独基础是各个立柱下分开修建的单独基础，它的优点是节约材料，而缺点是要求地基强度较大。它一般应用于上部结构对相邻基础产生的沉降差的敏感性较小的建筑物。为了满足地基强度须要扩大基础，而使两相邻的单独基础相接或甚至重叠时，则可把它们联成一体(如图6—2—2b)成为联合基础。

关于刚性扩大基础埋置深度的选择和尺寸的拟定。本书不作介绍，请参考其他书籍。

第二节 刚性扩大基础的施工

刚性扩大基础施工，一般是采用明挖的方法，在河岸上或者在水中进行，它包括有：基础定位放样，基坑开挖，坑壁的支撑，围堰和排水，地基检查和处理，基础的砌筑、养护、基坑的回填等五项内容。基础的横向轴线应从已测定的桥的中心线及中心桩，用经纬仪和钢尺直

接量出和确定。水中墩台基础也应尽可能在围堰后直接丈量。基础各部尺寸，均应从已定的纵横中心线量出。工具是经纬仪、水准仪、水准折尺或板尺、花杆、钢尺、木质大三角板、十字方向架、垂球、小麻线、木工黑斗、红白油漆、木桩、小铁钉等。

基坑（底）轮廓放样时，可以根据基础外形状适当简化如（图 6—2—3）所示。基坑的大小应满足施工的需要，在渗水的土质，基础一般按基底平面尺寸各边各增加50~100厘米宽度（如图6—2—3）和集水坑，以便于设置排水沟和基础模板（见涵洞基础施工部分）。无渗水和土质密实的基础，如不设基础模板，可按基底的设计平面尺寸开挖基坑。基坑上端开口尺寸应根据坑底尺寸和土质、支撑、排水等条件以及基坑高度和地形来确定（见涵洞基础部分）。

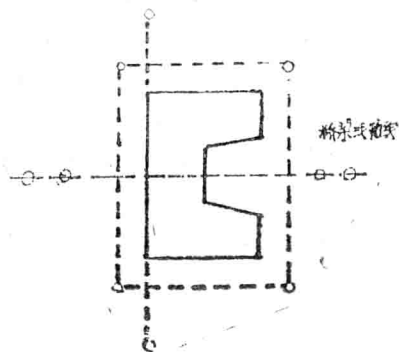


图 6—2—3

一、基坑开挖

明挖基坑一般采用人工配合机具的施工方法，常采用机具有推土机、吊车抓泥斗、扒干滑车等，配合人工开挖和排水抽水，机具等。一般注意以下几点：

- 1) 挖基尽量安排在枯水或雨水少的季节，开工后要集中劳力、机具快速施工。
- 2) 挖基时应避免基底原有结构遭受破坏或被水浸泡，因此挖至离基底标高10~20厘米时暂不挖，在基础施工前突击组织人力开挖、整理，随即砌筑基础，以保证地基土原有强度，不致被削弱。
- 3) 为了避免雨水冲坏坑壁，坑顶四周要挖排水沟，截住地面水，坑内如有地下水浸渗，应在坑内沿周界挖排水沟和集中坑，并使排水沟的水位始终保持低于基坑开挖底面。集水坑应离基础稍远，严防抽水时，把砂浆抽走，影响砂浆或混凝土质量。
- 4) 弃土要远离坑缘，一般情况弃土堆距基坑顶边缘至少应等于基坑深度，以免引起坑壁坍塌或妨碍施工，坑壁边缘也不要堆积重物。过去有过这样一个事例，因弃土堆在基坑边缘，越堆越高，坑壁逐渐坍塌，这样基坑开挖后，向未堆弃土的坑边缘方向移动了五米，由于是地方公路，缺少技术干部，一直把桥墩砌筑出了水面才发现，原每孔为60米的双曲孔桥，结果变成一孔为55米一孔和65米不等跨拱桥，使上构重新设计计算。

公路桥涵基坑明挖时，绝大多数不采用壁撑和任何防护和支撑。为采用土的自然溜坡坑壁，影响坑壁边坡大小的因素很多，土质、地下水、基坑深度、气候、地层情况等。所以坡度的大小是根据实际情况来确定的，一般在坑深5米以内，无地下水，土的湿度为最佳含水

基 坑 壁 坡 度 参 考 表

表 6—2—1

坑 壁 土 质	坑 壁 坡 度		
	基坑顶缘无载重	基坑顶缘有静载	基坑顶缘有动载
砂 类 土	1:1	1:1.25	1:1.5
碎 卵 石 类 土	1:0.75	1:1	1:1.25
轻 亚 粘 土	1:0.67	1:0.75	1:1
极 软 岩	1:0.25	1:0.33	1:0.67
软 质 岩	1:0	1:0.1	1:0.25
硬 质 岩	1:0	1:0	1:0

量, 坑的边坡可参考表 6—2—1。若坑深超过 5 米, 或有地下水等, 可以将边坡适当放缓。若占地太多, 土方工程大, 可以改用坑壁支撑等方法。坑顶有动荷载时, 坑顶与动荷载之间, 应设一米宽的护道, 土质不好时还应适当加宽。

二、坑壁支撑、基坑围堰和排水

(一) 坑壁支撑

当坑壁土质不稳, 或开挖土方数量过大等情况下, 可将坑壁做成竖立形式用支撑加固, 以保证施工安全, 这样, 占地面积少, 土方量少, 施工又安全, 但支撑用材较多。一般支撑有三种方法:

①挡板支撑如(图6—2—4): 适用于不大和不深的基坑。当坑壁土质不稳定, 可以采用边挖边立支撑挡板。挡板可以直立与横立(也可以将木板或铁板做成活动挡板, 边挖边拼装), 一般厚4~6厘米, 用横或直的木条当撑木支撑。

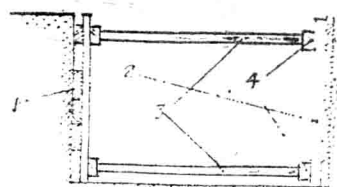


图 6—2—4 挡板支撑

②板桩支撑护壁: 当基坑平面尺寸较大时, 基坑较深和因其他上述因素不能放坡开挖, 可采用木桩或钢板桩, 详见木桩或钢板桩围堰。

③混凝土支撑护壁: 它适用于大直径圆形基坑, 地下水不严重的基坑, 其方法有喷射混凝土护壁或现浇混凝土护壁两种。喷射混凝土法是, 向每下挖深0.5~1.0米, 向坑壁喷射厚5~8厘米一层混凝土, 挖一节喷一节, 直到基坑底。混凝土宜掺速凝剂, 使其早期形成稳定的支撑层。现浇混凝土大致相同, 但必须立模, 挖的深度应视土质而定, 一般不超过2米, 逐节下挖, 立模, 浇灌混凝土固壁直至基底, 混凝土厚度一般为10厘米左右。

④基坑不深, 产石区可以采用片石砌体支撑或砖砌体支撑。

(二) 围堰

在有地表水地点开挖基础, 必须防止地表水流入基坑, 因此沿基坑顶进行围堰, 并把围堰的水排出, 以达到无水状态下进行开挖。

围堰可以采用土堰、土草堰、草袋堰、木笼堰、木板或钢板堰等型式, 应充分就地取材和利用现有设备, 即可缩短工期又能节约开支。为了保证安全, 要求堰顶面至少高出施工期间最高水位0.5~1.0米以上; 围堰应尽量减少压缩河道流水断面, 尽量减少渗漏, 堰内有足够的工作面; 围堰断面必须满足强度和稳定的要求。下面分别介绍各类围堰的特点。

1. 土堰, 适用于水深在2米以内, 流速小于0.5米/秒。宜用松散的粘性土填筑, 堰顶宽一般为1~2米, 临水面边坡为1:2~1:3, 堰内边坡不宜陡于1:1, 堰内脚距基坑距离根据基坑土

质和深度而定, 但不得小于1米。筑堰前应先清理堰底树根、草皮、石块等杂物, 填土出水面后应分层夯实如(图6—2—5)。

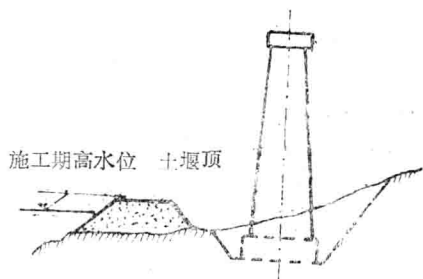


图 6—2—5 土堰

当流速稍大时, 临水面边坡可以用片石, 草袋盛土, 柴捆, 竹笼盛石等加以防护。当流速超过1米/秒, 可以用草土堰, 一层土一层稻草, 事实证明草土堰是成功的。在西江桥基础围堰中因流速较大, 采用草土堰获得成功。

2. 草(麻)袋围堰

水深在3~4米, 流速为1~2米/秒, 可采用草(麻)

袋围堰，袋内装松散的粘性土，只装袋的容量的1/2~1/3，袋口缝合，土袋堆叠上下层与内外层应相互错缝，堰顶宽为1~2米，外侧边坡为1:0.5~1:1，堰内边坡为1:0.5~1:0.2，必要时草袋间可增加粘土心墙。这时堰顶为2~2.5米如（图6—2—6）它适用于水稍深或流速稍大。

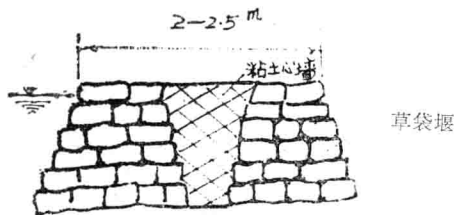


图 6—2—6

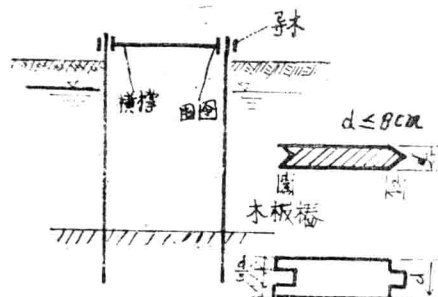


图 6—2—7 木板桩围堰

3. 木板桩围堰

适用于水深2米以内，河床为砂性土、粘性土。一般可用单层木板桩，水深达3~4米时，采用中间填土的双层板桩。

木板桩的木质要求良好，能抗锤击，其厚度约为5~25厘米（依计算而定），木板桩的榫口要求接缝密合，减少漏水，板厚大于8厘米时，可采用凸凹形榫口，小于8厘米可采用人字形榫口如（图6—2—7）。

木板桩围堰一般用锤击法打桩，桩头可以安桩箍，榫舌朝前进方向，以使前后桩榫舌挤紧密合，桩尖削成楔形，若打入砂砾、碎卵石土层时可安装铁桩靴。木板桩入土深度应根据计算而定。

4. 钢板桩围堰

它适用于水深在5~6米以上，砂类土、半干硬粘土、碎卵石类土及风化岩等地层的深水基础。用特种钢材如（图6—2—8），强度较大，能打入坚硬土层，能承受强大的土压力与水压力，它依靠两端的锁口联结成封闭围堰，联结紧密，不易漏水，并可以在施工结束后拔出多次使用。



图 6—2—8 钢板桩截面

5. 木（竹）笼围堰

它适用于盛产木（竹）地区，流速较大又不能打桩的河床，和水深在1.5~7.0米。此种围堰体积较大，需要木（竹）材料较多。其结构，可采用纵横圆木叠成本笼（转角处用直立木及螺栓连接），或以竹片编成竹笼，在外围用竹杆和铁丝捆扎连接就位固定。

根据水深、流速、基坑大小及防渗要求，可采用单层或双层木（竹）笼围堰，其宽度一般为水深的1.0~1.5倍。

木（竹）笼可用浮运吊装或滑移就位填石下沉。在堰底外围堆以土袋，以防堰底渗漏。

另外有钢筋混凝土板桩围堰、套箱围堰等，都是行之有效的围堰，对于中小桥基坑一般都采用土围堰或土草围堰或竹笼围堰，它的共同的特点，设备简单，易就地取材，适合于地方道路与养路段维修桥梁。

（三）排水

基坑排水的常用方法有：