

公路桥涵工人丛书

石拱桥

江西省公路管理局

三结合编写小组

人民交通出版社



2134/35 26

内 容 提 要

本书简要地介绍了修筑石拱桥的一般知识，对拱桥构造、施工组织、材料选择、操作方法以及应行注意事项，都作了叙述。在施工或放样时的某些必要计算，也列具表格或简单公式并举例子以说明。

本书除供具有一定文化程度的桥梁工人阅读外，也可作为公路部门培训桥涵工人的技术读物。

公路桥涵工人丛书

石 拱 桥

江西省公路管理局

三结合编写小组

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

西安新华印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：3.5 插页：1 字数：78千

1974年10月 第1版

1979年12月 第1版 第3次印刷

印数：41,001—46,700册 定价：0.27元

出版说明

为了适应公路建设事业蓬勃发展的需要，我们计划出版一套公路桥涵工人丛书，使具有小学文化程度的公路桥涵工人阅读后，能够比较系统地提高业务水平，掌握技术知识。

这套丛书计划分为：《怎样看公路桥涵工程图》、《石拱桥》、《装配式钢筋混凝土梁桥》、《预应力混凝土梁桥》、《钻孔桩》、《双曲拱桥》、《梁桥基础》、《木桥》、《涵洞》、《桥梁工简易计算》等若干分册出版，可以作为培训公路桥涵工人的技术读物。

这本《石拱桥》以叙述正交石拱桥的修筑方法为主，比较系统地介绍了修筑石拱桥的一般知识。对于拱桥结构、施工组织、材料选择和操作方法等作了必要的说明。

由于各地读者的需要，我们重印了这本小册子。对于国家已经修改了的水泥标准，在这本丛书中未作相应的改正，在具体施工中，请按新的水泥标准采用。

由于我们工作经验不多，实际情况了解不够，这套丛书在选题以及编写等方面还会存在不少缺点，希望读者提出宝贵意见，逕寄北京安定门外和平里人民交通出版社，以便调整充实，逐步提高。

目 录

第一章 石拱桥的构造	1
第一节 概 述.....	1
第二节 构 造.....	1
第二章 施工前的准备工作	3
第一节 怎样选择图纸和看图.....	3
第二节 桥梁位置的测定.....	4
第三节 现场调查.....	5
第四节 施工计划和组织.....	5
第三章 材 料	6
第一节 石 料.....	6
第二节 水 泥.....	7
第三节 石 灰.....	8
第四节 砂.....	9
第五节 碎(砾)石和小石子.....	9
第六节 黄土.....	10
第七节 材料的贮存和保管.....	10
第四章 砂浆及砂浆的拌制	12
第一节 概 述.....	12
第二节 水泥砂浆的拌制.....	15
第三节 石灰砂浆的拌制.....	15
第四节 水泥石灰砂浆的拌制.....	16
第五节 水泥粘土砂浆的拌制.....	16

第六节	石灰粘土砂浆的拌制	17
第七节	小石子混凝土的拌制	17
第五章	基础工程	17
第一节	概 述	17
第二节	基础放样	19
第三节	基坑的开挖	19
第四节	基坑的支撑	21
第五节	土坝围堰	22
第六节	木板桩围堰	24
第七节	木箱围堰	31
第八节	基坑排水	32
第九节	基础的修筑	34
第六章	桥梁墩台的砌筑	41
第一节	墩台位置的测定	41
第二节	竖立砌筑样架	43
第三节	墩台圬工砌筑	43
第七章	拱架的制作、安装及拆除	46
第一节	概 述	46
第二节	木拱架	46
第三节	土(砂)牛拱胎	57
第八章	拱圈的砌筑	58
第一节	砌拱前的准备工作	58
第二节	几种砌筑拱圈的方法	59
第三节	干砌尖拱法	63
第四节	大型片石预制砌块法	64
第五节	手工浆砌拱圈的砌筑工艺	67
第六节	大跨径拱圈分段接头的砌筑工艺	73
第七节	几种常见拱圈开裂情况的分析	75

第九章 拱上构造	76
第一节 概 述.....	76
第二节 侧墙、小拱及护拱的砌筑.....	78
第三节 排水设备.....	80
第四节 拱腹填筑.....	85
第五节 伸缩缝.....	85
第六节 桥面、帽石及栏杆.....	86
第十章 引道及防护工程	87
第一节 桥头引道工程.....	87
第二节 锥形护坡.....	87
第三节 桥梁调治构造物.....	93
第十一章 施工安全措施	94
附录 I 测定砂浆稠度法.....	96
附录 II 圆弧拱的几何性质.....	96
附录 III 等截面圆弧无铰拱轴线坐标计算表.....	100
附录 IV 变截面悬链线无铰拱轴线坐标及各点矩形 截面高度计算表.....	102

第一章 石拱桥的构造

提要：本章主要叙述石拱桥各部构造的名称，内容及其相互关系。

第一节 概 述

石料有很高的抗压强度，而且各地都有出产，符合就地取材的原则，因此是一种修筑桥梁的良好材料。在桥梁建筑中石料一般是被用来修筑石拱桥或其它桥梁的墩、台、基础等。

石拱桥在我国有悠久的历史，全国各地现在还有不少古代建成的石拱桥，有的已保存了几百年甚至一千三百多年，还被用来为现代公路交通服务，由此可见石拱桥是一种非常坚固而耐久的桥梁结构，同时它还具有刚性好，造型美观，养护费用低，施工工艺比较简单易为群众掌握，而且不需要大量钢材等优点。因此在新中国成立后，石拱桥在公路建设中得到了很大的发展，在设计中成为优先考虑的桥型结构之一。

第二节 构 造

石拱桥可以修成单孔的或多孔的，图1所示为单孔石拱桥的一般构造图。单孔拱桥主要由拱圈，拱上构造和两个桥台组成。拱圈是拱桥主要承受重量的结构，通常做成圆弧形或悬链线形，上面支承着拱上构造。拱圈的两端叫拱脚，砌置在桥台上，拱圈承受的载重通过拱脚而传达到桥台上。跨

径不大的石拱桥拱圈从拱脚至拱顶都砌成同样的厚度，称为等截面，大跨径石拱桥的拱圈则常砌成拱脚比拱顶厚，称为变截面。

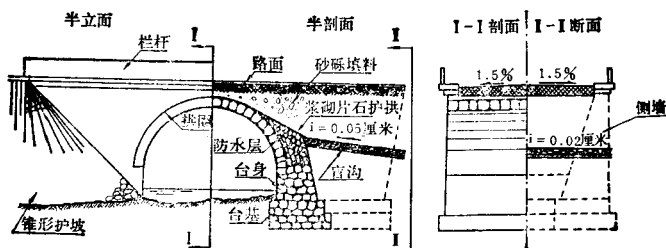


图1 单孔石拱桥

拱圈以上的构造部分叫做拱上构造，包括两边的侧墙和侧墙内的填充料，侧墙上端设置帽石，帽石上设置栏杆，桥上的路面一般做成和两端接线路段上的路面一样。

拱圈背面应做防水层，以防止从路面渗入的水透过拱圈砌缝，破坏拱圈。

桥台常用的有 U 形、一字形、八字形翼墙桥台，目前各地正推广使用各种轻型桥台，以节省圬工，降低造价。桥台由基础、台身和侧墙（或翼墙）等组成。U 形桥台两侧可根据地形和水流情况设置锥形护坡，保护桥台和桥头路基免受水流冲刷。多孔石拱桥除两端桥台外，还有数孔桥孔结构和修筑于河中支承桥孔的桥墩，见图 2。多孔拱桥的拱圈、拱上构造、桥台、锥形护坡和单孔拱桥的相同，桥墩由基础、墩身、墩帽构成。如桥梁甚长或位于城市附近行人稠密的地区，车道两侧，应设人行道，以利行人通行。

第二章 施工前的准备工作

提要：本章主要叙述桥梁施工图纸的选择和桥梁位置测定的简单方法，并着重说明了在编制施工计划时应注意的问题。

第一节 怎样选择图纸和看图

建筑桥梁以前应先制出施工图。小型桥梁一般由公路主管机关制成标准设计图纸，供各地选用。标准图上注明了桥梁设计载重（如汽车-10，履带-50；汽车-15，挂车-80等），净空（即行车道宽度如净-7或净-9等）和净跨等。标准图应根据规定的设计载重、净空和按实际所需要的孔径选用。

桥梁标准图是根据一般情况设计的，使用时应结合路线桩号，定出桥位中心，并根据河床情况和路面标高，定出基础底面和桥面的标高，也就是将标准图变成一张施工图，参看图2。实际所见的桥位往往不如想象的完整，常有桥位偏斜，河床倾侧等复杂情况，应用标准图时，要根据实际情况使桥梁排水顺畅，基础坚固。必要时须将河床整理或将标准图作适当的改变以适应地形。如缺乏适合的标准图时，则可另行设计。

桥梁在图纸上是按一定的比例尺将实物缩小而绘制的。在图纸上都注明了绘制的比例尺，如1:100、1:50等。采用1:100的比例尺绘制的图，系表示图上1厘米等于实物100厘米（即1米），其他以此类推。图纸上还注明了各种尺寸的单位，如厘米、毫米等，看图时要加以注意。

图上关于桥梁各部所用的材料和构造，一般都有简略的说明。详细的规格和使用的条件，应参看标准图的说明书，所

以使用标准图时应注意研究说明书的规定。

第二节 桥梁位置的测定

在开始施工之前，必须定出桥位，即将桥梁纵轴及墩台中线位置定好，并就地用木桩固定。定桩应坚固，使标志不致在施工及运料时损坏。

定线时先定出桥梁纵轴位置，用木桩加以固定，然后沿桥梁纵轴线按施工图量出桥墩和桥台的中心点，用木桩打入土中。为了更精确地定出墩台中心点，可于量度时在木桩上钉一小钉。定出所有墩台中心点后，应量度两端桥台间的距离，以复核定线有无错误。

墩台中线的测定。墩台中线与桥梁轴线通常都是直角相交的，因此可用直角三角形的木样板（如系斜交桥，则可用角度等于桥轴与墩台中线夹角的三角形木样板）定位，即以三角形木样板的一边贴在桥梁的纵轴线上，相互垂直的一边即为墩台的中心线，并用木桩加以固定（见图3）。

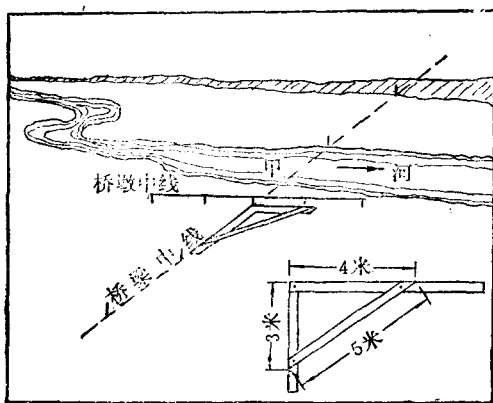


图3 墩台中线测定

然后根据工地附近路线所设水准点的标高设置水准点，或根据假定标高的水准点，定出桥梁各部分构造的标高，施工时可用木尺和水准器等简单设备校核桥梁各部的标高，见图4。

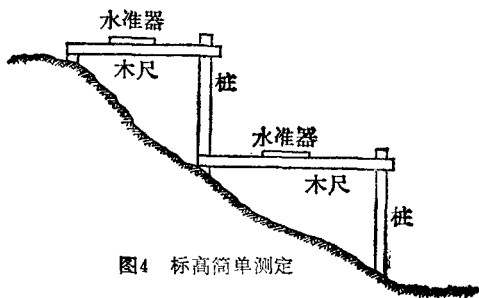


图4 标高简单测定

第三节 现场调查

在测定桥梁位置的同时，对施工现场必须进行一次详细的调查，根据施工图标出的各种材料用量、规格，了解材料的产地来源，运距，运输方法以及堆放的地点；附近村庄有无可以租用的民房；如系已经通车的路线，施工期间维持交通的办法，如搭建便桥或临时开辟渡口等。将这些调查结果作为编制施工计划的依据。

第四节 施工计划和组织

修筑桥梁以前，应先制订出施工计划，在计划中定出施工程序，开工日期，施工人员的组织和竣工的期限。按照已定的计划有节奏地进行施工，这样才能加速施工进度，降低工程造价。

在施工期限之内，应进一步确定桥梁各部分施工的日程；按定额算出各项工程所需要的各工种的工人数量，如普通工、砌石工、木工等；所需要的各种工程材料和施工工具的数量；以及上项工人、材料、工具的进场时间等。大中型

石拱桥，所需石料数量多，运量很大，备料时间长，因此在安排施工计划时，应特别注意备料进度的相互配合，以免出现窝工现象。

在制订施工计划时，应按季节气候来分配工作，例如洪水时期，河中的大部分工作必须停顿，因此应把水下工程及墩台施工尽量安排在枯水和旱季进行。小桥由于工程量不大，应在干旱季节一次建成。

施工计划订好以后，应召集施工有关人员特别是基层生产班组负责人和老工人，详细地研究施工图纸，了解施工步骤、操作方法、质量要求，并发动群众，提出改进意见。同时还应具体交代施工时应注意的安全事项，以确保施工安全。

第三章 材 料

提要：本章主要叙述修筑石拱桥的各种材料的一般质量要求，材料贮存和保管中应注意的事项。

第一节 石 料

砌筑石拱桥用的石料，通常可以用花岗石、砂岩石、石灰石等坚硬的岩石。从外观上检查，凡质地均匀、无裂纹、未经风化、用小锤敲击其回弹声音响亮，用小刀刻划没有刻痕或微有刻痕的石料，都属于质量较好的石料。

石料加工。过去民间修建石拱桥，一般都是加工较多的细料石，这种石料需要强度较高的岩石，费工较多，加工时间长，价格较高。这在过去只用石灰作粘结料，且工程不多，施工期不受限制的情况下，还是可以的。随着我国交通建设事业的飞跃发展，公路石拱桥修建的数量很多，施工时间要求很短，而且又有了良好的粘结材料，因此就不需要加

工很细的石料。

砌筑石拱桥常用的石料有下列几种：

一、片石：由打眼放炮采得形状不规则的石料，其最小边不小于 15 厘米，体积不小于 0.01 立方米，每块重不小于 25 公斤。

二、块石：由成层岩中打眼放炮采得或用楔子打入成层岩石的明缝或暗缝中劈出的石料，有两个较大的平行面，石料大致方正，无尖角，其厚度不小于 15 厘米，宽度为厚度的一倍半到两倍，长度为厚度的一倍半到三倍，砌缝宽度一般不大于 20 毫米，个别边角砌缝宽度可达 30 至 35 毫米。

三、粗料石：形状尺寸应符合设计文件的规定，其表面凹凸相差不大于 10 毫米，砌缝宽度不大于 20 毫米。

四、细料石：形状尺寸应符合设计文件的规定，其表面凹凸相差不大于 5 毫米，砌缝宽度小于 15 毫米。

拱桥各部砌体所用石料的极限抗压强度，要求各有所不同，除设计文件另有规定外，一般拱圈、墩、台部分不低于 350 公斤/平方厘米，侧墙、护拱部分不低于 250 公斤/平方厘米，饱和吸水率不超过 6%。

在上述各种石料中，目前用来修建石拱桥的主要是片石和块石，特别在修建中小型桥梁中使用更为广泛，因此本书主要以叙述修筑片石拱桥为主。拱桥用的拱圈石、面石、角石、起拱线处的五角石等，可在备料时挑选其大致有两个平行面者，稍事加工（去其尖角、薄片和凸出部分），另行堆放，以备砌拱时选用。

第二节 水 泥

常见的水泥，有硅酸盐水泥，火山灰质硅酸盐水泥，矿渣硅酸盐水泥和混合硅酸盐水泥等四种，硅酸盐水泥又称普

通水泥，能在较短的时间内凝结，28天内达到设计强度，是一种最常用的水泥。

火山灰质硅酸盐水泥，矿渣硅酸盐水泥和混合硅酸盐水泥都是加有掺合料的水泥，有它一定的特性：如有较强的耐水性和耐侵蚀性，适用于水下工程特别是海水中，但凝固较慢，早期强度较低，干缩率较大，要求较长时间的经常湿润养护，否则容易产生裂纹。

水泥标号有：200、250、300、400、500及600号等，配制水泥砂浆用的水泥标号，一般用200、250号或300号便可以了，如果一时不易买到，也可用较高标号的水泥。拌制混凝土用的水泥标号，一般为混凝土标号的2~2.5倍，配制高标号混凝土（300号以上）时，水泥标号可降为混凝土标号的1.5倍左右。

第三节 石 灰

凡在空气中硬化和在空气中长久地保持或继续提高自己的强度的胶结材料，叫做气硬性胶结材料，石灰就是属于这一类的胶结材料。

石灰是以石灰岩，白云岩化石及其他含有碳酸钙的天然材料经过焙烧后，所得块状白灰，其主要成分是无水氧化钙（ CaO ），其次是氧化镁（ MgO ），氧化镁的含量大于7%时，叫做镁石灰，小于7%时，叫做钙石灰。

石灰的等级，可近似地按表1根据石灰膏在标准锥体沉陷度为12厘米时的单位重决定之。

从外观上鉴定，凡新鲜烧透的石灰，都呈白色或黄灰色的块状，断面组织一律，以指甲刻划，如果各部断面硬度相同，就是质量良好的石灰。凡面呈玻璃状结晶，质硬难划，色彩暗淡，并呈灰黑色的是过火的块灰。凡断面中部颜色深

表 1

石灰膏在标准锥体沉陷 为12厘米时的单位重量 (公斤/立方米)	石 灰 等 级	
	钙 石 灰	镁 石 灰
1300	I	—
1350	II	I
1400	III	II
1450	废 品	III
1450以上	废 品	废 品

于边缘，以指甲刻划，中部硬于边缘的就是没有烧透的石灰，过火和没有烧透的石灰都是质量较差的石灰。

第四节 砂

建筑上用的砂，应为质地坚硬，不含有机物质，用手抓着感觉颗粒粗糙，有棱角刺手，有锐音且无尘埃沾在手上，就是良好的砂。调制砂浆或拌和混凝土用的砂，以粗粒砂和中粒砂较好，不宜采用细砂。按砂的平均粒径分类如下：粗砂——不小于0.50毫米；中砂——不小于0.35毫米；细砂——不小于0.20毫米。

砂中所含的粘土，淤泥及尘灰，以重量计不得超过下列规定：

50号以上砂浆	5%
50号以下10号以上砂浆	10%
10号及10号以下砂浆	15~20% (其中粘土含量应小于10%)

第五节 碎(砾)石和小石子

建筑石拱桥的基础时，为了尽量缩短基坑排水时间或由

于墩台采用桩基，常用混凝土或钢筋混凝土浇筑基础和承台。此外拱上侧墙帽石、悬臂人行道和栏杆等，也常采用混凝土和钢筋混凝土建筑。因此碎石（砾石）也是建筑石拱桥的材料之一。

拌制混凝土用的碎（砾）石，应选择质地坚硬耐久，并具有足够的强度，合理的级配和表面清洁易与水泥附着者。碎（砾）石极限强度应不小于混凝土强度的1.5倍，一般不得小于400公斤/平方厘米，并应具有抗冻性。经水浸泡后，其强度较干燥时降低20%以上者，不得用于水下基础部分。碎（砾）石最大粒径在素混凝土中应不超过结构最小尺寸的1/4，在钢筋混凝土中，其最大粒径不得超过钢筋与钢筋之间最小净距的3/4，此外在任何情况下，颗粒的最大粒径不得超过150毫米。

小石子是用于拌制小石子混凝土用以代替水泥砂浆砌筑圬工，达到节约水泥的目的。要求质地坚硬，清洁无杂质，粒径为5~15毫米，一般都是从砂砾石中筛取。

第六节 黄 土

拌制混合砂浆和三合土所用的黄土，须富有粘性，其塑性指数应为15左右，且不得含有沃土腐植物等杂质。

第七节 材料的贮存和保管

修筑石拱桥所用的材料应按使用的先后次序，有计划有步骤地贮存和保管，以备施工时取用。

石料是石拱桥的主要材料，特别是中型以上桥梁需要的数量很大，采集费时，运量又大，因此，如何使备料进度适应施工需要是必须十分重视的问题，否则易导致停工待料，不仅影响工程进度，而且造成浪费。

石料运到工地后，应堆置成方。堆置高度一般不宜超过1.5米，堆放的位置应注意施工时运送的路线，尽量避免来回倒运。对在料场已经选备好的拱圈石、面石、角石以及起拱线处的五角石等，应分别运输，分别堆放。

水泥是容易受潮硬化变质的材料，因此在保管时应采取一切有效措施防止受潮。堆放水泥的仓库应用木板垫好，木板面高出地面至少50厘米，堆放时不得贴靠四周墙壁，木板与地面之间应能通风。按照水泥运到的先后分别堆放，使用时把先运到的先用，后运到的后用，因为贮存过久的水泥，会吸收空气中的水分，而降低质量。

标号不同的水泥应分开堆放，取用时注意查看纸袋上注明的标号。堆放不宜太高，一般不超过2米。水泥仓库应建在施工期限内可能发生的最高洪水水位以上至少有1米高程的地方。仓库净面积可按每平方米面积贮存水泥1.5吨估算。

水泥如因贮存变质，其标号应按试验为准。已受潮硬化结块的水泥，禁止使用。

拌制砂浆所用的石灰，其贮存方法有两种：一种是石灰运到工地后立即进行熟化，将石灰倒入洗灰池中加水泡制，用铁钎不断搅动使其发透，然后用2毫米孔径的筛子将其中杂质渣滓过滤除去，在沉淀池中贮存的石灰膏至少经过七天，方能使用。稠度用300克圆锥体量测，沉入度为14~15厘米，其容重为每立方米1400公斤，泡制每立方米的石灰膏需生石灰650~750公斤。石灰膏制好后应用细砂将其表面覆盖一层，以免与空气接触而硬化。另一种贮存石灰的方法是将石灰运到工地后，堆放在工棚（或仓库）内，以防止受潮，影响熟化。

碎（砾）石、砂子、小石子、黄土等材料运到工地后，