

464194

551
61541

悬 砌 拱 桥

《悬砌拱桥》三结合编写组

人 民 交 通 出 版 社

悬 砌 拱 桥

《悬砌拱桥》三结合编写组

悬 砌 拱 桥

《悬砌拱桥》三结合编写组

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

人民交通出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 8.375 字数: 180 千

1976 年 7 月 第 1 版

1976 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—20,000 册 定价(科三): 0.67 元

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

前 言

“悬砌拱桥”是以在拱圈建筑工艺上采用一种新的悬砌施工方法而命名，它不是一种桥型。这种施工工艺是我国广大建桥职工，在毛主席革命路线指引下，在各级党组织的领导下，实行“工人、领导干部、技术人员”和“设计、施工、科研”两个三结合，遵照毛主席关于“破除迷信，解放思想”的教导，经过反复实践，逐渐形成和发展起来的。

众所周知，按照石拱桥的传统建筑方法，拱圈材料是选用天然石料，按其在拱环位置上所规定的形状和尺寸，琢磨成型后，再砌筑成拱，为便于手工操作，拱石单元尺寸一般均比较小，在缺乏石料地区，可代以混凝土预制块，但预制拱块尺寸还是比较小的。砌筑拱圈则依赖在桥孔下方布设拱支架作为施工的临时支承结构，需耗用大量人力、物力，同时，施工期间遇到洪汛时，安全就要受到威胁，若是在通航河道上，还会影响水运交通。

本书介绍的悬砌新工艺，在施工中可少用（横向悬砌法）或不用（纵向悬砌法）拱架，节约钢材、木材，拱圈可进行预制装配合拢（混凝土砌块可较大），大大提高了施工速度。

这一新工艺的研究成功，是对刘少奇、林彪一类骗子推行的反革命修正主义路线的有力批判，为加速我国公路圬工拱桥建设闯出了一条新路。它充分体现了广大建桥职工的智慧和创造力，这是毛主席无产阶级革命路线在科技领域中的胜利，是毛主席自力更生方针的胜利。

编写本书的目的在于将悬砌法的实践和发展作一比较全

面的介绍，并将无产阶级文化大革命以来有些地区在无支架施工方面的先进经验加以汇集，供圬工拱桥建筑工人和有关技术人员参考。由于我们编写水平所限，错误之处热切期望广大工农兵及革命读者批评指正，以便重印时修改。

内 容 提 要

本书介绍圬工拱桥悬砌施工工艺及其发展。其内容包括：纵、横向悬砌法的原理，砌块的预制及安装方法，施工设备，施工安全等。书中还附有有关图表及砌块分块计算实例。

本书可供广大建桥工人、技术人员，科研设计、教学人员学习参考。

编写单位

主持单位：

广东省公路运输管理局科学研究所

参加单位：

广东省公路运输管理局工程分局

广东省韶关公路运输局

广东省韶关公路运输局工程队

交通部科学研究院

目 录

第一章 概述	1
第一节 圬工拱桥的预制装配施工	1
一、圬工拱桥建筑的发展概况	1
二、悬砌法实验研究的发展过程.....	8
第二节 圬工拱桥采用悬砌施工方法的现实意义以及 在生产上的运用情况	11
一、悬砌法的现实意义	11
二、悬砌法在生产上的运用情况.....	13
第二章 原理与计算	15
第一节 横向悬砌(少支架)法的基本原理	15
一、拱的设计	15
二、砌块形状和组合方式	17
三、构件拼装的平衡稳定原理	21
四、基肋的稳定条件与应力验算.....	24
五、砌块划分原则与计算方法	24
第二节 纵向悬砌(无支架)法的基本原理	31
一、拱的设计	31
二、构件形式和组合方式	32
三、构件的划分计算	36
四、构件拼装的平衡稳定原理与计算方法	42
五、拱肋合拢后的稳定条件与计算方法	53
第三章 构件的预制及安装	62
第一节 构件的预制	62

一、预制场地的选择与布置	62
二、构件的预制	63
三、预制构件的质量控制	81
四、吊(扣)点的设置和构件接头型式	82
五、构件的转运	87
第二节 悬砌吊装	92
一、吊装方案的选择	92
二、横向悬砌法的施工	92
三、纵向悬砌法的施工	109
四、拱上建筑的施工	129
第三节 施工观测	129
第四章 施工设备	134
第一节 设备种类介绍	134
第二节 缆索起重机的计算和安装	137
一、缆索起重机的组成部分	137
二、缆索起重机的计算方法	142
三、缆索起重设备的安装	169
第五章 施工安全	177
一、技术交底	178
二、岗位责任制	179
三、安全检查制度	180
附 录	183

第一章 概 述

第一节 圬工拱桥的预制装配式施工

一、圬工拱桥建筑的发展概况

拱桥是我国一种传统的桥梁结构型式，有着悠久历史，它具有高度的艺术性和科学性，并具备了外形上的宏伟壮观、结构上的奇特和经久耐用的特点，充分显示了祖国广大劳动人民的无穷智慧。民间工匠不仅能够掌握这种建筑技巧，而且工艺上也是非常精湛的。

远在隋代大业年间（公元605—616年）建成闻名于世的河北省赵州桥，标志着我国劳动人民在建筑技术方面高超的技巧。该桥是世界上第一座敞肩式石拱桥，跨长37.47米，矢跨比为 $\frac{1}{5}$ ，结构奇特，造型优美，石料雕琢精致，在我国建桥史上写下了光辉灿烂的第一页。迄至今日，这座古老石桥仍巍然屹立。1956年间重新修缮之后，又被利用为现代交通运输服务。通过这一事实表明，继承和发扬祖国这一民族遗产是有深远意义的。

解放后，特别是大跃进以来，在党的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线的光辉照耀和鼓舞下，公路建设随着国民经济的全面跃进有了很大的发展，伴着而来的建桥任务也相应地突出起来了。由于地理条件、桥跨的要求以及材料等等因素，往往使得桥梁的选型与设计复

杂化。全国各地建桥职工，贯彻自力更生方针，就地取材、因地制宜地选用了拱式体系的桥型。短短数年间（1958至1961年），石拱桥的兴建犹如雨后春笋，遍及全国各地，先后陆续建成不少大跨径石拱桥，尤为可贵者是1961年间建成净跨112.54米的长虹桥，不仅大大突破了国内外石拱桥的建桥记录，同时也取得了建造大跨径石拱桥的经验。

经过无产阶级文化大革命，我们伟大的社会主义祖国更加朝气蓬勃，在工农业发展的大好形势下，又促进了交通建设事业的迅速发展。公路修建里程大幅度增长，建桥任务愈加繁重，全国各地在“独立自主、自力更生”的方针指导下，又修建了不少大跨径石拱桥。比如，河南省建成一座交通水利综合利用、主孔净跨102米的大跨径石拱桥（愚公桥），该桥系由当地人民公社社员自行设计、土法施工，只用了七个月的时间就建成了；又如最近四川省建成的九溪桥，它是一座

净跨116米、拱矢度为 $\frac{1}{8}$ 的大跨径石拱桥，是我国当前最大跨径的石拱桥，每延米造价仅合2,935元，这些都一再说明我国的传统建拱技巧继续得到广泛的继承与发扬。通过多年来的实践，不论是在艺术造型上或是建筑结构上都有了显著的改进和变化，并有了不少新的创造。

介绍到这里，有一个问题很值得深思，即是自赵州桥建成迄今已一千三百多年，在这一长时间内，为什么这种具有高度科学价值的技术，长期被湮没得不到发展，而在短短的几年间却能获得这样辉煌成就呢？这就说明了劳动人民的无穷智慧与创造才能，只有在中国共产党领导下，在优越的社会主义制度下，才有可能得到充分的发挥，创造出前人不能做出的成绩。

以下先将传统的圬工拱桥施工方法作一简要的叙述，以

便和本书介绍的悬砌施工新工艺作一对比。

按照传统的做法，拱圈的砌筑主要是利用拱支架作为拱圈自重与施工荷载的支承结构。采用的形式则因地形条件，材料供应以及通航要求等等因素而定。大致分为：

1. “落地式”拱架：比如最常用的立柱式（亦称满堂式）拱架（见图1-1），撑架式拱架（见图1-2a、1-2b），以及扇形拱架等（见图1-3）。

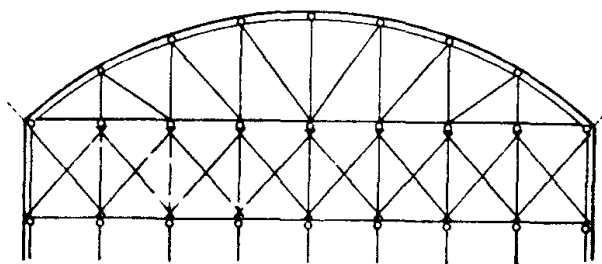


图1-1 立柱式拱架

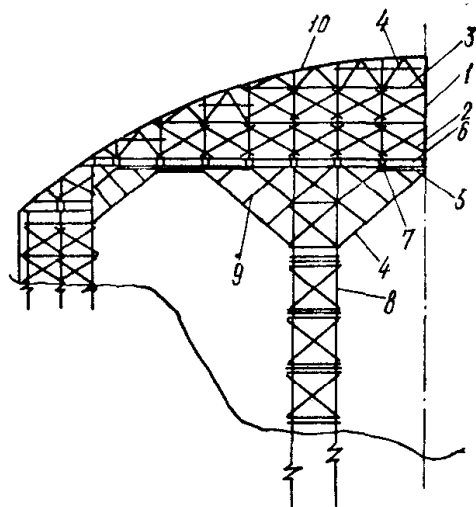


图1-2a 撑架式拱架

1-立柱；2-剪刀撑；3-横夹木；4-斜撑；5-纵梁；6-下弦枋；7-砂筒；8-支柱；9-斜夹木；10-弓形木

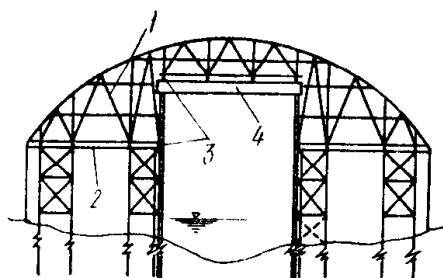


图1-2b

1 斜撑；2 纵梁；3 砂筒；4 桁架梁

也有结合地形作特别设计的，如某桥采用的满堂式小扇形支撑拱架（见图 1-4）。

2. 拱式体系结构的拱架：
比如钢桁拱架（见图1-5），三铰木桁拱架（见图1-6），夹板拱架（见图1-7）等。

3. 其他：钢木混合结构拱架（见图 1-8），也有受到条

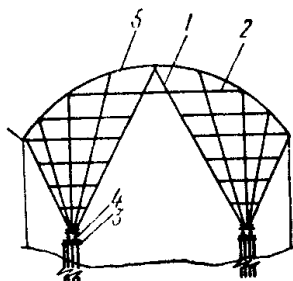


图1-3 有两个支架之扇形拱架

1-斜撑；2-横夹木；3-盖梁；
4-砂筒；5-弓形木

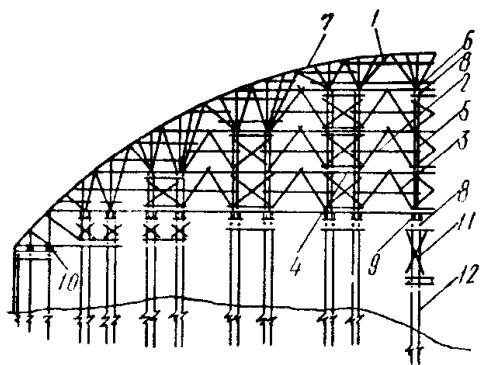


图1-4 满堂式小扇形支撑拱架

1-扇形斜撑；2-夹木；3-人字撑；4-弦杆；5-立柱；6-扇形座；7-弓形木；8-盖梁；9-砂筒；10-木马；11-支柱；12-木桩



图1-5 钢桁拱架

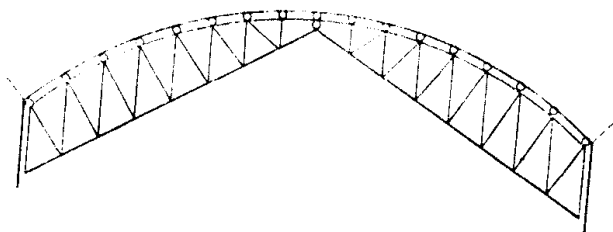


图1-6 三铰木桁拱架

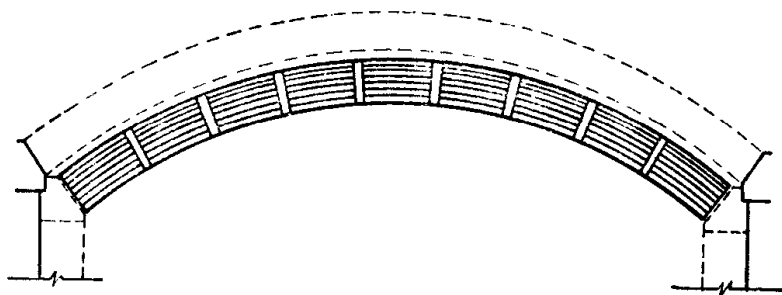


图1-7 夹板拱架

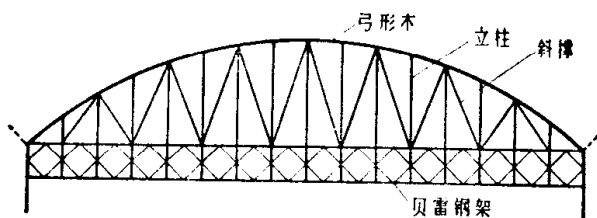


图1-8 钢木混合结构拱架

件的限制采用传统最古老的方法——土牛拱胎或石牛拱胎。

不论采用哪一种形式，其所耗用的人力、物力、财力是相当大的，特别是大跨径的拱架更显得突出，从以下所举的实例中可见一般。

某桥3孔65米肋拱，由于当地缺乏木材，采用了土牛拱胎的施工方案，每孔土方数量达18,000余立方米，耗用劳动力17,000多工日；某桥主拱净跨为57.88米，采用撑架式拱架施工，拱架耗用木材2,300立方米，铁件32.5吨，技工4,815工日，普工14,290工日；又如云南省的长虹桥，主拱净跨为112.54米，采用了满堂式小扇形支撑拱架施工，拱架耗用木材3,800立方米，铁件103吨，劳动力47,152工日，按投资计算，拱架工程占全部工程的29.4%。

大跨径拱架除增大桥梁的造价外，在技术上也相当复杂。当拱架布设在通航河道上或是狭谷深涧之间，诸如通航孔径问题、拱架的稳定问题，都为设计与施工带来很多麻烦。虽然拱架是作为一种临时结构来考虑，但它关系到整个施工的成败，特别是拱架的稳定问题，更不容忽视，因而拱架设计和施工技术上的复杂性，并不比主体工程简单，其艰巨程度在某种意义上来说，是有过之无不及的。

当采用“落地式”拱架施工时，施工期间担受很大的风险，首先是洪汛与漂流物的威胁。实践证明，拱架在施工期间为洪水冲毁的情况是常发生的，所以在一些较大工程上，往往为了安全施工，不得不考虑施工季节的条件，将工期拖延，使工程受到很大影响。

纵使有条件使用钢拱架施工，在路基或路面未修通前（大多属于这种情况），为着建拱的需要而要将为量动辄百吨的钢材及为架设钢拱架所需的吊装设备等等运进工地（比如以现行设计的跨径为40~50米的万能钢拱架而言，一孔钢

材则重达 60~70 吨),这不仅是一项繁重而又艰巨的运输任务,而且使桥梁造价大幅度的增长,甚至还因此而拖延工程进度。

利用拱架进行拱圈的砌筑,不论哪一种体系的结构,也不论使用哪一种材料,当负荷后,拱架免不了要变形(目前拱圈砌缝的胶结料多用水泥砂浆,由于它的凝结速度快,不如采用石灰砂浆好,因石灰砂浆塑性较大、凝结速度慢,对砌筑过程中拱架的变形能有较大的适应性)。因而往往在砌筑过程中拱架负荷后变形即引起拱圈的开裂。尽管也采取预留沉落度和设置工作缝等等措施,拱架的非弹性压缩虽然也有经验数值可引用,但和实际能否一致,拱架变形引起拱圈的开裂是否都能够预期集中在工作缝处,事实上是很难控制的。主要是拱架的制作精确度,特别是木质拱架,在很大程度上要受到加工的影响,估计不当,就可能引起拱圈的开裂,影响质量。

表现在拱架上的矛盾,固然迫切需要解决,对长期停留在以手工操作为主的施工工艺更需要迅速加以改革。比如以拱石规格来说,一般习惯使用料石作拱石,尺寸要求做到符合拱的几何形状。而拱石则在很大程度上不能使用机械化加工。一座50米净跨的变截面悬链线拱,由于拱圈弧度的各点不同,就使得拱石的几何形状复杂化。规格多达 110 种,即使是等截面悬链线拱也不下数十种之多。拱石的加工清凿只能靠手工操作,耗用大量的石工。其它如拱石的堆存场地、编号排队等等都给施工带来极其烦琐而又复杂的管理工作。拱石数量之多,确实惊人,以长虹桥为例,拱石有 37,000 余块,如果平摆起来就长达 18.67 公里,这样多的拱块,如何砌筑成拱,唯一途径亦只有依靠拱架作为支承手段来解决。这些矛盾是相互影响和相互制约的,都需要逐步设法解决。

二、悬砌法实验研究的发展过程

毛主席教导说：“任何过程如果有多数矛盾存在的话，其中必定有一种是主要的，起着领导的、决定的作用，其他则处于次要和服从的地位。因此，研究任何过程，如果是存在着两个以上矛盾的复杂过程的话，就要用全力找出它的主要矛盾。捉住了这个主要矛盾，一切问题就迎刃而解了。”

从桥梁结构的发展趋势看，预制装配式施工是一个方向，既便于机械化施工，也可以节省劳动力、减轻劳动强度、加快施工速度和确保质量。这对钢筋混凝土结构来说是有整套成熟经验的，但具体到圬工拱式结构能否走预制装配式施工的道路呢？关键在什么地方，实有必要从它在前进道路上暴露出的矛盾，比如长期停留在手工操作阶段，存在着耗用劳动力多、劳动强度大、施工拱架耗用木铁材料多、工期长等方面，去加以分析研究，寻出其主要矛盾，去着手逐步解决。

我国传统的建拱方法多依赖在桥孔下方竖立临时支承结构来实现拱圈的安砌，这就阻碍圬工拱桥走向预制装配化施工的道路。不仅使工艺复杂，而且桥梁造价增大，工期拖长，这样，这一古老的施工方法就不能适应社会主义建设飞速发展的需要，客观形势要求对传统工艺进行改革。因而施工工艺的改革就成为迫切的任务了。而工艺的改革也是解决传统工艺耗用劳力多、施工速度慢这一主要矛盾的较好途径。

1961年间，科研与生产单位结合，针对存在的矛盾，试图通过施工工艺的改革，并着重从甩掉施工拱架入手，开始探索解决上述矛盾的途径。由学习城建部门利用房屋建筑的山墙，采用阶梯形砌块不用拱架砌筑拱式房顶的经验，受到了启发。分析了城建部门不推荐使用大于10米拱跨的原