

490539

5513
51424

轻型桥台圮工拱桥

《轻型桥台圮工拱桥》编写组

基本馆藏



人 民 交 通 出 版 社

轻型桥台圬工拱桥

人 民 交 通 出 版 社

1978·北京

内 容 提 要

轻型桥台圬工拱桥具有便于就地取材、节省圬工体积、降低造价等优点,采用这种桥梁有利于加快公路桥梁建设,特别是危桥的改建。

本书介绍轻台拱桥的基本理论、设计计算方法和施工要点(以介绍桥台为主),书中并附有设计例题。

本书可供公路桥梁工人、技术人员阅读参考。

· 轻型桥台圬工拱桥

《轻型桥台圬工拱桥》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: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 8.375 字数: 186 千

1978年2月 第1版

1978年2月 第1版 第1次印刷

印数: 0001-10,500册 定价(科三): 0.70元

前 言

轻型桥台圬工拱桥是广大建桥工人，在伟大领袖毛主席的无产阶级革命路线指引下，在我国社会主义公路建设飞速发展的形势下，通过多年生产实践创建出来的。十多年来陆续修建的成千座轻型桥台拱桥，使用情况良好。同重力式桥台拱桥相比，单孔中小跨径拱桥可以减少全桥圬工体积的20~30%，个别小跨径拱桥可减少68%。实践证明，它是合理而经济的桥型之一。

轻型桥台圬工拱桥（简称轻台拱桥）的研究，始终遵照毛主席关于“我们应该走到群众中间去，向群众学习，把他们的经验综合起来，成为更好的有条理的道理和办法，然后再告诉群众（宣传）”以及“古为今用，洋为中用”的教导，在深入实际，总结群众经验的基础上，吸收了我国古代劳动人民修建石拱桥的宝贵经验，和国外有关圬工结构的研究成果，以正确认识和处理拱圈、桥台和台后填土三者之间的辩证统一关系为依据，并通过大量公路危桥改建的生产实践，反复加深认识，不断改进方法，提出了轻台拱桥的设计理论；以删繁就简，简明易懂，基层技术人员能够掌握运用，又基本符合结构的实际情况为前提，运用初等数学，拟定了计算方法。一九六六年三月曾编制《轻台拱桥设计图（试用）》，在全国范围内推广试用。

本书主要向具有相当于中等公路专业学校文化水平，并有实践经验的公路工人和技术人员，介绍轻台拱桥的基本理论、设计和施工要点以及计算方法。在编写之前对全国范围

内已建轻台拱桥的使用情况和修建轻台拱桥的设计、施工经验作了大量调查，对计算方法又作了局部修改。

本书内容以桥台为主，在所介绍的计算方法中，桥台的变位，除竖向沉陷外，基础的水平移动忽略不计，仅考虑有绕基底某处转动的情况。关于仅有水平移动而无转动的拱桥桥台的设计计算方法，人民交通出版社出版的有关书籍中已有介绍，本书不再重复。竖向沉陷、水平移动和转动三种变位都有的拱桥桥台，其简单易行而又符合实际情况的设计计算方法尚待探索。对于轻台拱桥的上部结构，除应考虑桥台变位对拱圈的影响以外，拱圈本身的构造和计算方法与采用重型桥台时相同。一般结构力学和桥梁设计手册中常见的按弹性理论的拱圈设计计算方法，除有关桥台变位影响的讨论以外，本书不多作论述。本书所介绍的无铰拱的等代三铰拱简易近似计算方法，是在实践基础上的半经验方法，仅适用于砖、石、混凝土实体板拱，不能直接用于其他型式或其他材料的拱圈（例如双曲拱）的计算。轻型桥台已广泛用于双曲拱、钢筋混凝土二铰平板拱、微弯板坦肋拱，以及其它可以利用台后土抗力的推力结构。关于这些类型的上部结构的设计和计算，双曲拱桥和二铰平板拱桥已有专书介绍，其他则尚在研究阶段，故本书从略。

本书在论述和例题中所称“规范”，除注明者外都是指1975年中华人民共和国交通部部颁标准《公路桥涵设计规范（试行）》。

本书的附录，除有关轻台拱桥的设计常用资料以外，并有跨径从4米到16米、矢跨比从 $1/3$ 到 $1/8$ 、不同桥高的双车道轻台拱桥，按汽车-15级荷载设计、挂车-80荷载验算的拱圈和桥台尺寸参考表。本书所介绍的拱圈简易计算方法不需要查表。按照弹性理论设计拱圈需要的计算用表，请从人民

交通出版社出版的《公路设计手册(拱桥)》或其他书籍中查用。

本书的编写小组由西安公路学院、湖南省交通局所属设计、施工、科研单位和西安公路研究所派员组成，由西安公路学院主持。本书错误和缺点在所难免，请革命读者批评指正。

目 录

第一章 概 述.....	1
第一节 什么是轻型桥台圬工拱桥.....	1
第二节 轻型桥台圬工拱桥的发生和发展.....	2
第三节 轻型桥台拱桥使用情况.....	5
第四节 轻型桥台圬工拱桥的经济性.....	10
第二章 轻型桥台拱桥设计原理.....	14
第一节 拱桥桥台受力情况的分析.....	14
第二节 桥台变位与台后土压力的关系.....	16
第三节 桥台变位对拱圈的影响.....	30
第四节 拱桥轻型桥台设计原理.....	38
第三章 轻型桥台圬工拱桥的构造和 设计、施工要点.....	41
第一节 圬工拱桥最常用桥台的型式和构造.....	41
第二节 其他型式桥台的构造.....	43
第三节 轻型桥台圬工拱桥设计要点.....	46
第四节 轻台拱桥施工应注意事项.....	59
第四章 圬工无铰拱圈的计算.....	63
第一节 概 述.....	63
第二节 按弹性理论计算拱圈内力.....	64
第三节 砖、石、混凝土无铰板拱内力的 简易近似计算方法.....	69
第五章 圬工拱桥轻型桥台的计算.....	84
第一节 计算的基本公式.....	84

第二节	独立工作的一字形桥台.....	90
第三节	整体工作的U字形桥台.....	98
第四节	其他型式的桥台.....	108
第六章	设计例题.....	115
第一节	独立工作的变厚度一字形桥台.....	115
第二节	独立工作的等厚度竖墙式 一字形桥台.....	137
第三节	独立工作的等厚度前倾式 一字形桥台.....	148
第四节	整体工作的U字形桥台.....	164
附录一	等截面圆弧拱用表.....	205
附录二	悬链线拱用表.....	210
附录三	平面和立体图形的几何和力学要素.....	214
附录四	土的力学参数.....	219
附录五	桥面净空和车辆荷载标准.....	222
附录六	各种圬工结构的各项容许应力.....	226
附录七	各种地基的基本承载力.....	230
附录八	轻型桥台圬工拱桥参考尺寸.....	234

第一章 概 述

第一节 什么是轻型桥台圬工拱桥

桥台是支承桥梁上部结构和桥、路之间的连接构造物。在拱桥桥台，从上、下部结构的关系来看，由拱圈传到桥台的力，除了由上部结构本身的重量以及桥上的行人和车、货的重量所产生的竖向力以外，还有由这些重量所产生的拱的横推力；从路、桥之间的关系来看，桥台是路堤中断处的挡土墙，在靠路堤的一面，要承受路堤土对它的侧压力。桥台采用圬工结构时，利用桥台的体型和重量使上述各力和地基反力取得平衡，所以都建造得很重，称为重力式桥台。拱桥轻型桥台是对比于原有重力式桥台的名称，严格说起来，它仍属于重力式结构。

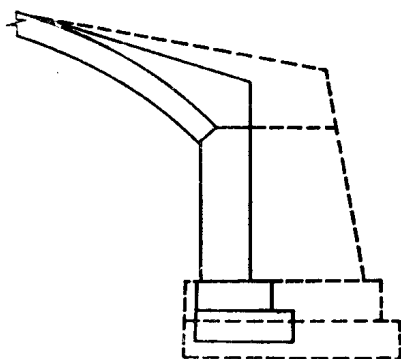


图1-1 拱桥的重力式桥台和轻型桥台

图 1-1 中用虚线画出的代表重力式桥台，用实线画出的代表轻型桥台。第二章将要详细介绍轻型桥台为什么能够轻的原因，这里先概括地介绍它和重力式桥台的基本区别：

1. 在设计重力式桥台时，除特殊情况外，认为桥台是不动的；而在轻型桥台，则认为它是动的，并在适当的变位限制内取得平衡。

2. 在设计重力式桥台时，按照现在通用的方法，不论是梁式桥还是拱桥，不论活载在桥上还是在台后，桥台所受的土压力都按主动土压力计算；而在轻型桥台拱桥，则是以桥台不动时的台后静止土压力为基础，按桥台变位的实际情况来调整计算台后的土压力。

3. 在结构计算方面，重力式桥台是以总的稳定性为主，对于截面强度仅需验算台底和基础底二处；而在轻型桥台，除总的稳定性以外，因为构件尺寸减小了，还需要校核各构件本身和它们之间连接处的强度。

第二节 轻型桥台圬工拱桥的发生和发展

圬工拱桥是符合就地取材原则的桥型之一。我国有修建砖、石拱桥的悠久历史，积累了不少宝贵的经验。1958年以来在总路线、大跃进、人民公社三面红旗的照耀下，我国砖、石拱桥的修建又有很大发展。然而圬工拱桥的圬工体积大、修建圬工拱桥需要较多的劳动力和较长的工期是它的主要缺点。而在中、小跨径的圬工拱桥的体积中，桥台所占的比重最大。例如跨径 6 米至 15 米的单孔石拱桥中，两座桥台的体积要占全桥圬工总体积的 70~87%，还不包括桥头锥形溜坡的体积在内。所以圬工拱桥轻型化的研究工作就成为广大建桥工人的迫切要求，减少桥台体积是这项研究工作的重

要课题之一。1957年秋在群众中有人提出了吸取我国古代修建石拱桥的宝贵经验，圬工拱桥可以利用台后土的被动抗力采用轻型桥台的设想。1959年冬在西安公路学院汽车驾驶练

习跑道上修建了一座净跨径6米，矢跨比 $\frac{1}{5}$ ，桥高（指路面到桥台基础顶的高度）5.38米的轻型桥台砖拱桥。不但收到了很大经济效益，试验结果也表明它有超过设计指标三倍的承载能力。于是对轻型桥台圬工拱桥进一步的研究工作列入了国家科学研究计划之内，1965年交通部又将它列入技术革命和技术革新重点项目，在全国范围内推广。除了圬工拱桥采用轻型桥台以外，半永久性梁式桥在改建为永久性桥梁时，按照轻台拱桥同一原理，也可以利用原有墩台改建为圬工拱桥。

十多年来轻台拱桥的发展很快。无产阶级文化大革命以前的情况可用湖南省在三年期间内公路危桥改建工作的桥型统计为例来说明。

湖南省1964年~1966年三年期间公路危桥改建桥型统计
(1)干线公路上全部改建的桥梁(表1-1)

表1-1

桥 型	1964 年		1965 年		1966 年	
	座	总长(米)	座	总长(米)	座	总长(米)
轻 型 桥 台 拱 桥	2	34	18	198	52	908
	3.7%	3.6%	21.7%	12.1%	78.8%	62.2%
重 力 式 桥 台 拱 桥	31	535	50	1160	3	285
	57.4%	56.6%	60.2%	70.4%	4.5%	19.5%
钢 筋 混 凝 土 梁 式 桥	21	376	15	288	11	269
	38.9%	39.8%	18.1%	17.5%	16.7%	18.3%

(2) 利用半永久性梁式桥原有墩台改建的桥梁(表1-2)

表1-2

桥 型	线 别	1964 年		1965 年		1966 年	
		座	总长(米)	座	总长(米)	座	总长(米)
石拱桥	干 线	31	524	146	1,835	386	4,422
	地方路	101	1,156	283	3,201	316	3,353
	共 计	132	1,680	429	5,036	702	7,775
		46.3%	48%	78%	75.5%	90%	89.8%
钢 筋 混 凝 土 梁 式 桥	干 线	52	770	44	696	53	597
	地方路	101	1,052	77	936	25	290
	共 计	153	1,822	121	1,633	78	887
		53.7%	52%	22%	24.5%	10%	10.2%

从以上两个表中可以看出,无论是全部改建的桥,还是利用半永久性梁式桥原有墩台改建的桥,轻型桥台拱桥都逐渐发展到占绝对优势的地位。交通运输事业的发展,需要对大量的危险桥梁进行改建。这项工作的要求促进了轻台拱桥的发展;而轻型桥台拱桥能就地取材和具有便于发动群众建桥的优点,又反过来促进了危桥改建工作。

遵照毛主席关于“人的正确思想,只能从社会实践中来”的教导,并随着社会主义教育运动的开展,轻型桥台拱桥的研究工作人员下楼出院到群众中去,到实践中去,实行设计革命化和科研革命化。群众性的设计科研工作推动轻台拱桥向前发展。桥台型式除传统的U字形桥台和八字形斜翼墙桥台以外,又出现了Π字形桥台、山字形桥台和前倾式桥台;还有探索减少拱上结构圬工体积的变宽度拱。施工方面也由满堂拱架或土牛拱胎发展到装配式拱圈、纵横向悬砌

法和大型砌块的悬吊卡砌法砌筑拱圈。桥台施工程序也打破了要先在桥孔设支撑并两岸对称填土的清规戒律。

轻型桥台拱桥的设计计算方法和施工工艺等方面，在建桥实践和有关高等院校及科研机关的科学实验成果的基础上，经过1963年夏在江苏省镇江和1965年底在湖南省永兴的两次经验交流会上的充分讨论而不断改进。《轻台拱桥设计图（试用）》所用设计方法是综合永兴会议上提出的三种不同方法拟定的，也是本书所要介绍的设计方法的蓝本。

自从伟大的无产阶级文化大革命以来，拱桥采用轻型桥台的发展更快，规模也更大。拱圈型式由无铰板拱发展到双曲拱、钢筋混凝土二铰平板拱、微弯板肋拱和扁壳拱。跨径由4、5米的小桥发展到超过50米的大桥。矢跨比的平坦度：石拱桥已做到 $1/16$ ，二铰平板拱和微弯板肋拱已做到 $1/25$ 和 $1/20$ 。多孔拱桥的孔数已不受限制。使用范围由公路桥发展到窄轨铁路桥。地区分布由严寒的东北和西北到炎热的海南岛。过去认为是修建无铰拱禁地的地基软弱地区，在采取相当措施后也修建了不少轻台拱桥。例如江苏省建湖县是水网地带、地基软弱；截至1973年止已修建了40余座带闸门的砖砌轻台拱桥。桥台的设计原则也由仅容许桥台绕基底某点转动发展到容许桥台有水平移动。这些事实不但反映轻型桥台拱桥的广泛适应性，也充分反映了我国建桥工人和技术人员在无产阶级文化大革命中敢想敢干的精神。

第三节 轻型桥台拱桥使用情况

为了证实拱桥采用轻型桥台的可靠性，遵照毛主席关于调查研究的教导，我们对17个省（区）已建的轻型桥台拱桥作了调查，并与重力式桥台拱桥作了对比。到桥址进行直接观

察的轻台拱桥有 235 座，重力式桥台拱桥有 38 座。这些桥使用年龄多数在 7 年以上，最长的达 14 年，都维持正常通车。调查所得结果按各种拱型分述于后。

一、砖、石、混凝土板拱

这种型式的拱桥多数在 1966 年以前修建，使用情况也较好。有一些桥的上部结构有不同情况的裂缝，但台身都完好无损（某些砖砌桥台受盐碱侵蚀者除外）。裂缝出现的原因都是由于构造或施工不恰当造成的。例如：侧墙未设变形缝，栏杆未采取适应变形的构造，空腹拱上邻近墩台的小拱没有采用三铰拱，砌筑圬工时砂浆未经认真捣实，台后填土夯实不够等等。裂缝出现的规律是（1）裂缝位置：出现于拱顶的机会多于拱脚（见表 1-3）；（2）与矢跨比的关系：出现裂缝的拱，其矢跨比陡于 $1/6$ 者很少，而坦于 $1/8$ 者则较多。在东北严寒地带出现裂缝的拱桥，除裂缝在冬季开展较宽而在夏季缝宽有所回缩外，无其他特殊情况。上述裂缝的出现，对是否采用轻型桥台无必然的联系。有桥位邻近，施工单位相同且其他条件近似的轻型桥台拱桥和重力式桥台拱桥，因思想上对前者较为重视，施工工艺掌握较严，建成后

两种型式桥台的石拱桥情况比较

表 1-3

桥 型 台 式	情 况		无 裂 缝	仅 有 裂 缝	拱顶、 拱脚都 有裂缝	拱顶、 拱脚、 侧墙都 有裂缝
	项 目	数				
轻 型 桥 台	座 数	36	14	17	2	3
	百 分 比	100	38.9	47.2	5.6	8.3
重 力 式 桥 台	座 数	36	12	13	9	2
	百 分 比	100	33.3	36.1	25.0	5.6

前者使用情况良好而后者出现裂缝的例子。表 1-3 是 1973 年冬对吉林省某地区石拱桥所作两种桥台对比调查的结果。

下面介绍几座桥的使用情况：

陕西省双乳桥 单孔石拱桥，净跨径 15 米，矢跨比 $1/6$ ，等截面圆弧拱圈，车道净宽 7 米，设计荷载汽-13、拖-60，一字形桥台，路面至基础顶高 4.9 米。结构尺寸基本与本书附录八净跨径 16 米的桥相同。1966 年建成。以后有两年时间行车密度达到每日 1,500 辆以上，并经常通过超过设计荷载的大型车辆和施工机械。现仅发现侧墙与拱圈之间有弧形裂缝，使用情况良好。

广东省大桥 双孔预制混凝土块拱桥，净跨径 12 米，矢跨比 $1/6$ ，车道宽及荷载等级和双乳桥相同。等截面圆弧拱圈厚 65 厘米，用纵横向悬砌法施工。桥台为山字形。1973 年调查时仅发现基肋与悬砌块间有裂缝，其余完好。

湖南省沙湾桥 建于某窄轨铁路上，是调查中所见轻台石拱桥中的跨径最大者。单孔净跨径 20 米，矢跨比 $1/5$ 。空腹式，拱圈用 100 号小石子混凝土砌片石的大型砌块悬吊卡砌，厚 85 厘米。全桥在 7.9% 纵坡上，二拱座在同一高程，拱圈恒载是不对称的。一字形桥台，台身高 2.10 米，台上支承小拱的横墙高 4.65 米，与台身砌成整体并共同承受土抗力。1966 年建成。1973 年调查时，拱圈两环之间有断续裂缝，其余完好。

湖南省骏马小桥 该桥也建于某窄轨铁路上。与流向成 60° 交角，并在 10% 纵坡与 200 米半径的平面曲线上。顺桥方向跨径 17 米，矢高 4.25 米，拱宽 3 米，小石子混凝土砌片石等截面圆弧拱圈。II 形桥台，高 3.97 米，前墙总长 11.54 米，有一部分作为翼墙（参见图 3-11）。1966 年建成，1973 年调查时完好无损。

吉林省青沟子桥 净跨径10米，矢跨比 $1/6$ 的石拱桥。U字形桥台，台身为等厚度竖墙，设计时按传力梁考虑（参见第五章第二节）。本桥1966年初建时为5孔。因河床压缩过多，孔径不够，于1972年延长改建成13孔。改建时把桥台的翼墙拆除作为桥墩。是调查中所建轻台石拱桥中的跨数最多者。

二、其他型式拱桥

双曲拱桥 1966年以后修的轻型桥台拱桥以双曲拱桥为最多，与双曲拱桥配合还出现了很多轻型桥台的新型式（见第三章第二节）。双曲拱桥采用轻型桥台的使用情况与采用重力式桥台者基本相同。

钢筋混凝土二铰平板拱桥 这种型式的拱桥外观很象变截面板桥，多见于山东、河北二省和内蒙古自治区。因为刚度大，矢高小，对桥台变位较敏感，所以多配用U形桥台，且台后路堤用石灰土。

钢筋混凝土微弯板坦肋拱桥 这种型式的拱桥近似于双曲拱桥，但用微弯板代替拱波，所以建筑高度较双曲拱为小，多见于甘肃省。与二铰平板拱一样，矢度小，适用于平原地区宽浅河床上修建拱桥。因它的刚度较小，受桥台位移和温度变化的影响也较小，所以使用情况较二铰平板拱为好。表1-4是几座微弯板坦肋拱桥的概略情况。这些桥在1969年建成后都按履带-50荷载作过静载试验。至今使用情况良好。1974年建成的单孔净跨径32米，矢跨比为 $1/12$ 的微弯板坦肋拱桥所配用的桥台是：台高5.0米，总长5.1米，前倾度4:1的带有齿槛的空心桥台（参见图3-3及3-5）。台后夯填砾石土，未掺用石灰。通过汽车-15静载试验后情况良好。

轻型桥台钢筋混凝土微弯板坦肋拱桥举例

表1-4

孔 径	1—6.0	1—8.0	1—13.5	1—15.0*	4—10.0	3—13.5	2—17.5*
矢 跨 比	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{17.5}$
台 高	2.5	2.4	3.2	3.3	3.75	4.06	3.5
台 口 宽	1.0	1.2	2.2	2.2	1.6	2.5	2.6
台 底 宽	1.0	1.2	2.2	2.2	3.5	3.0	2.6
台 后 石 灰土长度	2.0	3.0	3.0	3.5	3.0	3.5	4.0

注：1. 尺寸单位都是米。

2. 台高为起拱线到基础顶高度。

3. 台口宽为起拱线处台身宽度。

4. 桥台的临水面除带*号的桥是竖直的以外，都带有5:1前倾度。台型都是带有与台身间不设沉降缝的阶梯形浅埋翼墙的U字形桥台(参见图3-12)，但1-8.0米的那座桥是山字形桥台。

5. 桥台材料除带*号的那两座桥用片石混凝土以外，都用小石子混凝土砌片石。

三、利用梁式桥墩台改建的拱桥

利用半永久性梁式桥原有墩台改建为拱桥的，其总数较全部新建的轻型桥台石拱桥为多。其中湖南省新桥，跨径达16.4米，矢跨比1/8，原有桥台为U字形，台口到基础底高6.25米，台口处前墙宽2.00米。四川省二甲桥，4孔12米，矢跨比1/4，最高桥墩的基础顶到桥面的高差达22.0米。湖南省弥勒桥，单孔7.52米，矢跨比1/6，桥台全高达11.0米。芭蕉桥6孔8.0米及3孔8.4米，矢跨比都是1/6，是改建桥中的孔数较多者。以上都是石拱桥。

湖南省浏阳桥，原桥为10孔跨径7.5~12.5米的半永久性单车道梁式桥。1966年拆除奇数号桥墩，利用原有桥台和其余桥墩改建成4孔净跨25米及1孔净跨20米，矢跨比