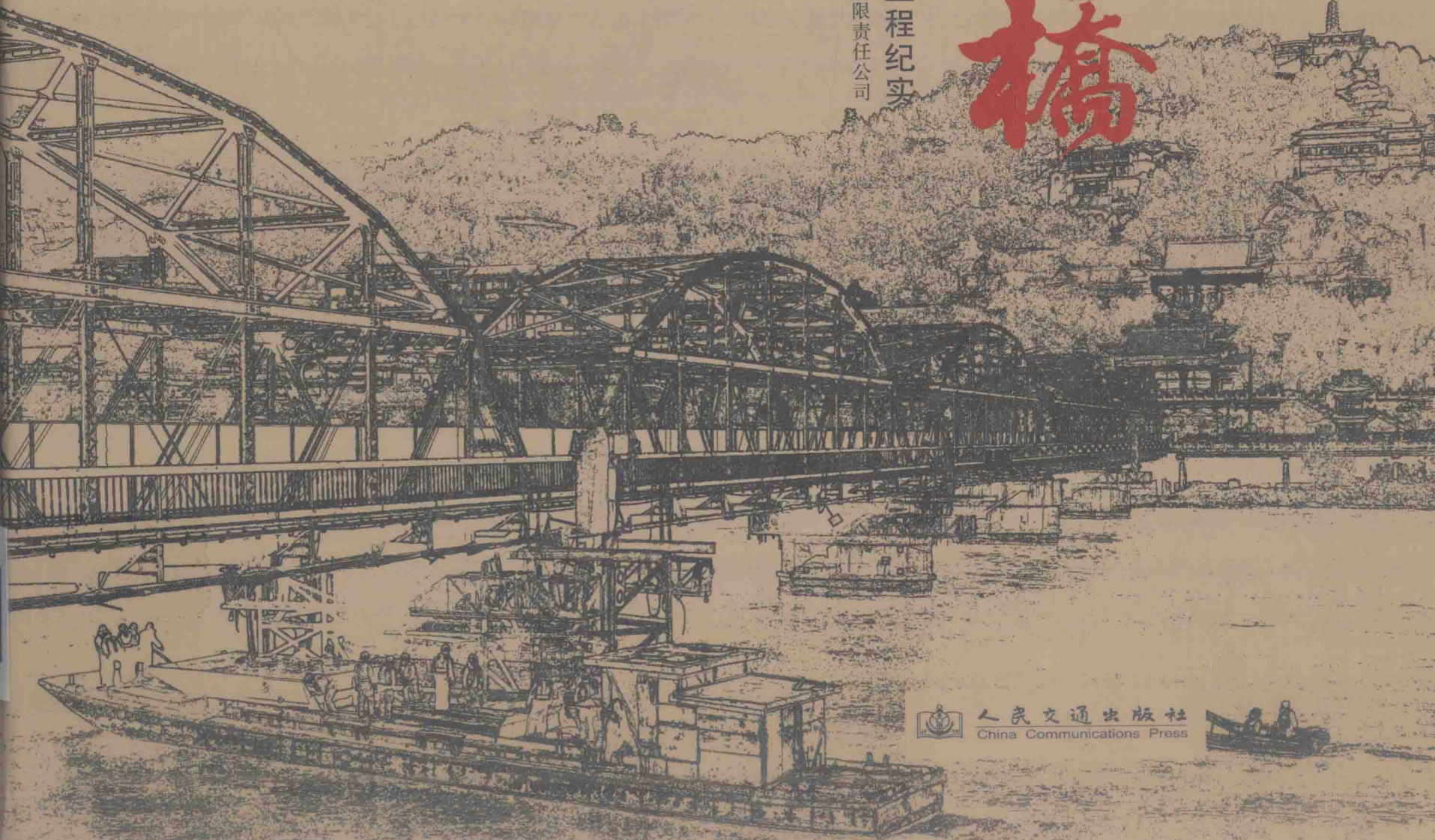


# 百年铁桥

——兰州中山桥维修加固工程纪实  
主编单位◎武汉二航路桥特种工程有限责任公司  
摄影◎吴平关



人民交通出版社  
China Communications Press

# 百年铁桥

——兰州中山桥维修加固工程纪实

主编单位：武汉二航路桥特种工程有限责任公司

摄影：吴平关



人民交通出版社  
China Communications Press

## 内 容 提 要

兰州中山桥位于甘肃省兰州市城关区,建于清光绪三十三年(1907年),有“天下黄河第一桥”之称。百年老桥历经岁月洗礼,对其进行维修、加固和抬升,增强结构抗震和防洪能力,使中山桥的历史信息能更好地保存,发挥其标志性建筑的作用,具有十分重要的意义。

本书从百年掠影、百年故事、百年新生三个方面,从历史、地理、人文多个角度,图文并茂地介绍了兰州中山桥的修建与发展历程,并以2010~2011年维修加固工程为背景,着重介绍了中山桥维修加固的工程内容、技术方案、工程特点和难点。

本书可供桥梁维修加固技术人员借鉴参考,亦可供想了解兰州中山桥历史及兰州人文历史的读者阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

百年铁桥:兰州中山桥维修加固工程纪实/武汉二航路桥特种工程有限责任公司组织编写. —北京:人民交通出版社, 2012.12

ISBN 978-7-114-10077-2

I. ①百… II. ①武… III. ①公路桥—维修—概况—兰州市②公路桥—加固—概况—兰州市 IV. ①U448.145.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第214797号

书 名:百年铁桥——兰州中山桥维修加固工程纪实

著 者:武汉二航路桥特种工程有限责任公司

责任编辑:岑 瑜

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盛通印刷股份有限公司

开 本:889×1194 1/12

印 张:20

字 数:460千

版 次:2012年12月 第1版

印 次:2012年12月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10077-2

定 价:200.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 《百年铁桥——兰州中山桥维修加固工程纪实》

## 编写委员会

**顾问** 宋智虎 魏军林

**主任** 王蔚

**副主任** 孟宪鹏 李少芳 武向东 朱慈祥

**委员** 董擎 吴兰生 王黎明 朱浩

陈新林 祁万翠

**策划** 吴平关 赵文

**统筹** 冯剑春 王洲 杨林



<b>沧桑中山桥 百年风云史</b> .....	1
<b>百年掠影</b> .....	8
建桥历程 .....	9
探秘中山桥——建桥工艺复原 .....	11
百年中山桥的影像解读 .....	13
<b>百年故事</b> .....	48
百年十人 .....	49
百年十事 .....	52
细节品味历史 .....	82
<b>百年新生</b> .....	86
中山桥维修加固工程开工仪式 .....	87
中山桥维修加固工程施工综述 .....	89
桥梁下部工程施工 .....	91
桥梁上部工程施工 .....	158
建设者风采 .....	211
维修加固工程竣工仪式 .....	224
文物工程背后的科技博弈 .....	226
<b>中山桥百年大事记</b> .....	228
<b>后记</b> .....	232

# 沧桑中山桥 百年风云史

一条穿城而过的河，把城分为两半，于是这个城就以河为邻，这里的人便以河为生。那些难以计数的以滩命名的地方，告诉了我们与河难以割舍的恩泽与哀怨；而那些以坪命名的地方，又告诉了我们与河难以言表的疏离和渴盼。千百年来，我们的祖辈生活在岸上，但其生活的方方面面都与河脱不开干系：喝着河水，吃着水车灌溉收获的粮食和蔬菜，用着羊皮筏子运来的物品，住着河里木排漂来的材料盖的房子，甚至把玩着河里捡来的奇石……祖辈传承给我们的文化，其实就是关于河的文化；祖辈传承给我们的文明，其实就是关于河的文明。这条河带给我们荣耀和温饱，也带给我们苦痛与彷徨。我们赖以生存的这条河，就是我们的母亲河——黄河；我们生活的这个城，就是岸边的城市——兰州。

百年前，在国运式微、民不聊生、元气衰竭的封建王朝末叶，一座黄河上现代永久桥梁的崛起，改变了我们的城市，也改变了我们祖辈的生活。那是一群在仕途上走下坡路的官员，在清廷换代之际的难堪中依然从容不迫；那是一群多国别的技术专家，远离故土依然兢兢业业；那是一群八方招募的工人，在国难当头仍充满睿智埋头苦干。而中外合作建桥更是一次风云际会，一种捐弃前嫌的良好契机，国人的守信和不卑不亢纠正着外国人视华人为“病夫”的先入之见；外国人的一丝不苟，也使国人不再视他们为缺德的强盗。曾任北洋政府交通总长的叶恭绰先生在回忆录中有寥寥数语，称赞建黄河铁桥是清朝覆亡前最振奋国民的壮举，是最节俭的工程。今天的我们当为先辈在国势衰颓的凄风苦雨中仍有那样的大智大勇而感动。钢筋铁骨的黄河“第一桥”中山桥就像一座强国路标，早已被祖辈温厚地矗立起来。

在中山桥诞生之初，这座桥是解决沿河民众过河难的便民桥、致富桥，是大西北交通运输的先驱桥，是兰州文化的一大景观桥，是一座科学技术的示范桥。有了这座桥，兰州“襟带万里”的丝路重镇地位才尤其显著；有了这座桥，兰州“坐中四联”的区位优势才更加显现。

在中山桥诞生之后的百年记忆中，这座桥经历风雨，沐浴战火，忍辱负重，坎坎坷坷，这座桥的命运与我们整个民族的命运

相维系，这座桥的荣辱与我们整个民族的荣辱相统一。抗日的硝烟、解放的战火、洪水的肆虐、岁月的磨砺，都奈何不了这座桥的钢筋铁骨；多少名人雅士的赞美，多少名流志士的放歌，都表达不完这座桥的侠骨柔情。

在中山桥诞生之后的百年记忆里，这座桥见证了兰州的长高，兰州的变大，一座座新的桥梁实现了黄河两岸的新跨越，陆路、水路、空路的畅通，让这座桥的存在已经显得微不足道，但是这座桥仍然不失为是这个城市的灵魂，这个城市发展的坐标，百里黄河风情线的原点，并且将是这个城市实现跨越发展的新起点。

百年前的一纸修桥合同让一座铁桥巍然屹立，单是白话文写就的合同，就足够我们费思量：1918年发表的《狂人日记》让白话文写作有了合法地位，在新文化运动前我们先贤的思想竟然如此解放？百年前的中华民族备受外强凌辱，单是这些先贤敢走中外合作之路，这也足够我们费思量：铁桥竣工时在牌厦上直呼“第一桥”，他们竟然如此敢领天下先？

今天时逢盛世、国运昌达，我们保护这个国家级文物，慎重而小心翼翼地为兰州中山桥维修加固，目的在于从历史发展的角度，认知中山桥在当前城市建设中的功能转型；目的在于从未来发展的角度，探究中山桥在兰州历史文化遗产、黄河风情线以及兰州旅游建设中的重要意义；目的在于从工业遗产的角度，发掘中山桥的历史价值、文化价值、科学价值、艺术价值、使用价值。对中山桥维修加固，犹如在修复过程中翻阅和品读一部百年历史的典籍，我们一定能够从中山桥的艰难诞生中获得启迪和启发，我们也一定能够从中山桥的百年历程中获得能量和力量，这将有助于我们实现兰州加快发展、率先发展、科学发展的宏伟目标，这将有助于我们建设两岸更加美好的家园。

中山桥沟通黄河两岸，我们沟通历史和未来。我们是河的子孙，“河汇百流，九曲不回，创新创业，和谐共进”，这是我们的兰州精神。兰州在百年铁桥的背景下，还要继续以河为邻，图谋发展；兰州人在百年铁桥的注视下，还要继续以河为生，走向更加美好的未来。

# 百年铁桥



金城览胜图（清）·马五绘·赵广田供图

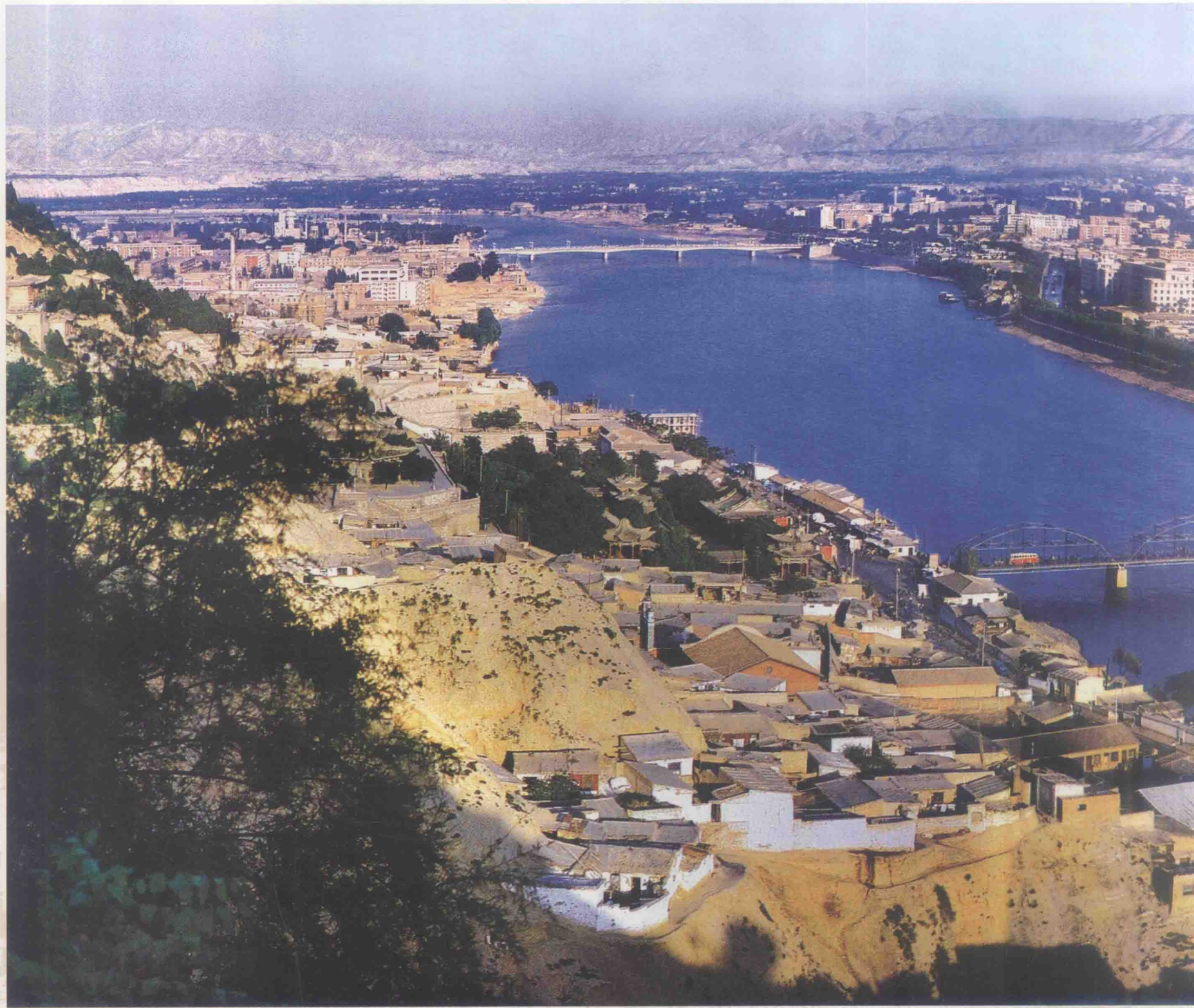
金城揽胜图

二十年前  
感麓游  
夜渡有  
梦到南州  
五泉顶  
上重題句  
借問山  
許我不  
乘正世漢  
農部出因  
索題漫成  
一詩不廢  
新日回憶  
看海不勝今  
若之處也  
宛備內年  
真四月  
紫駝成并識



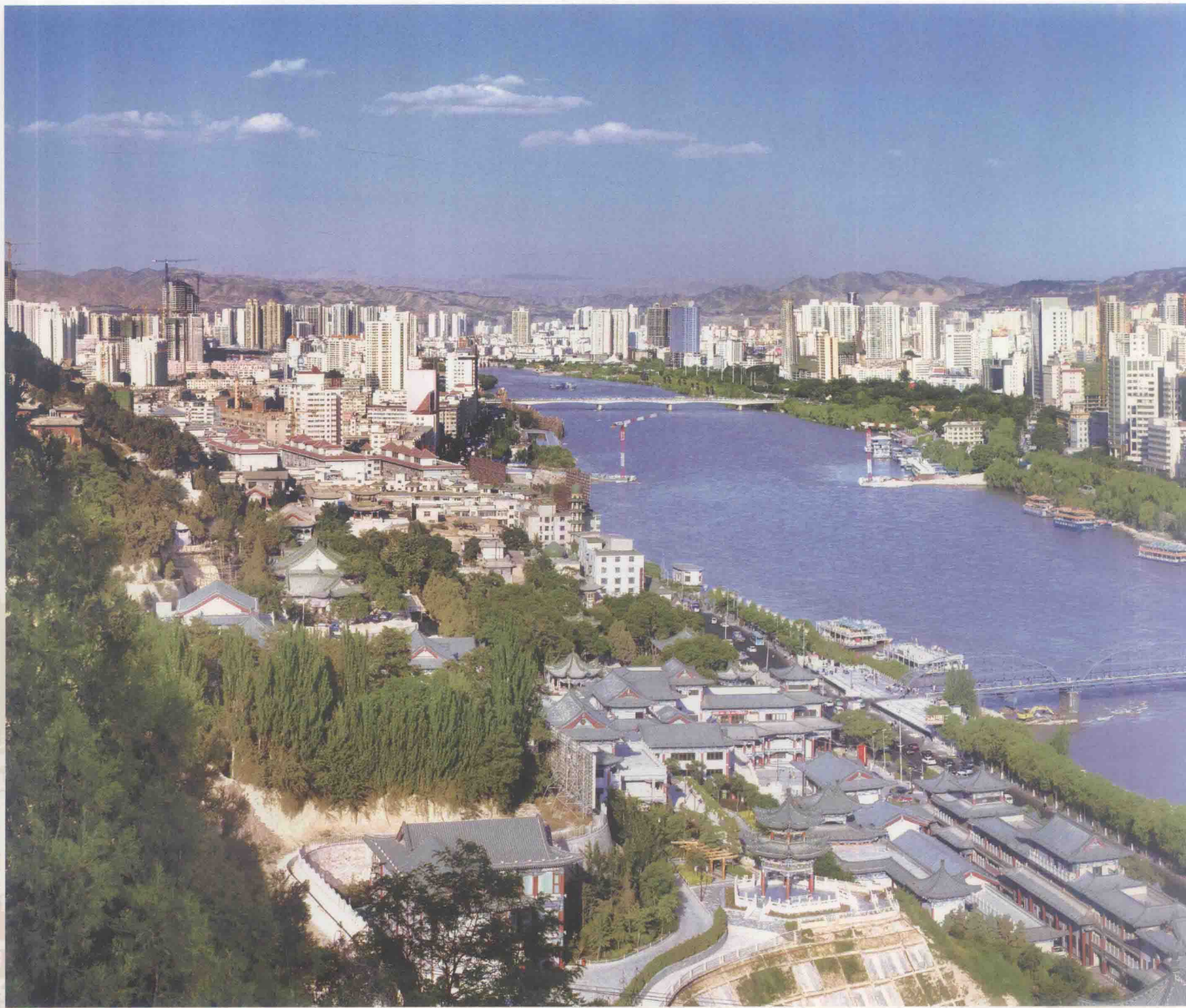


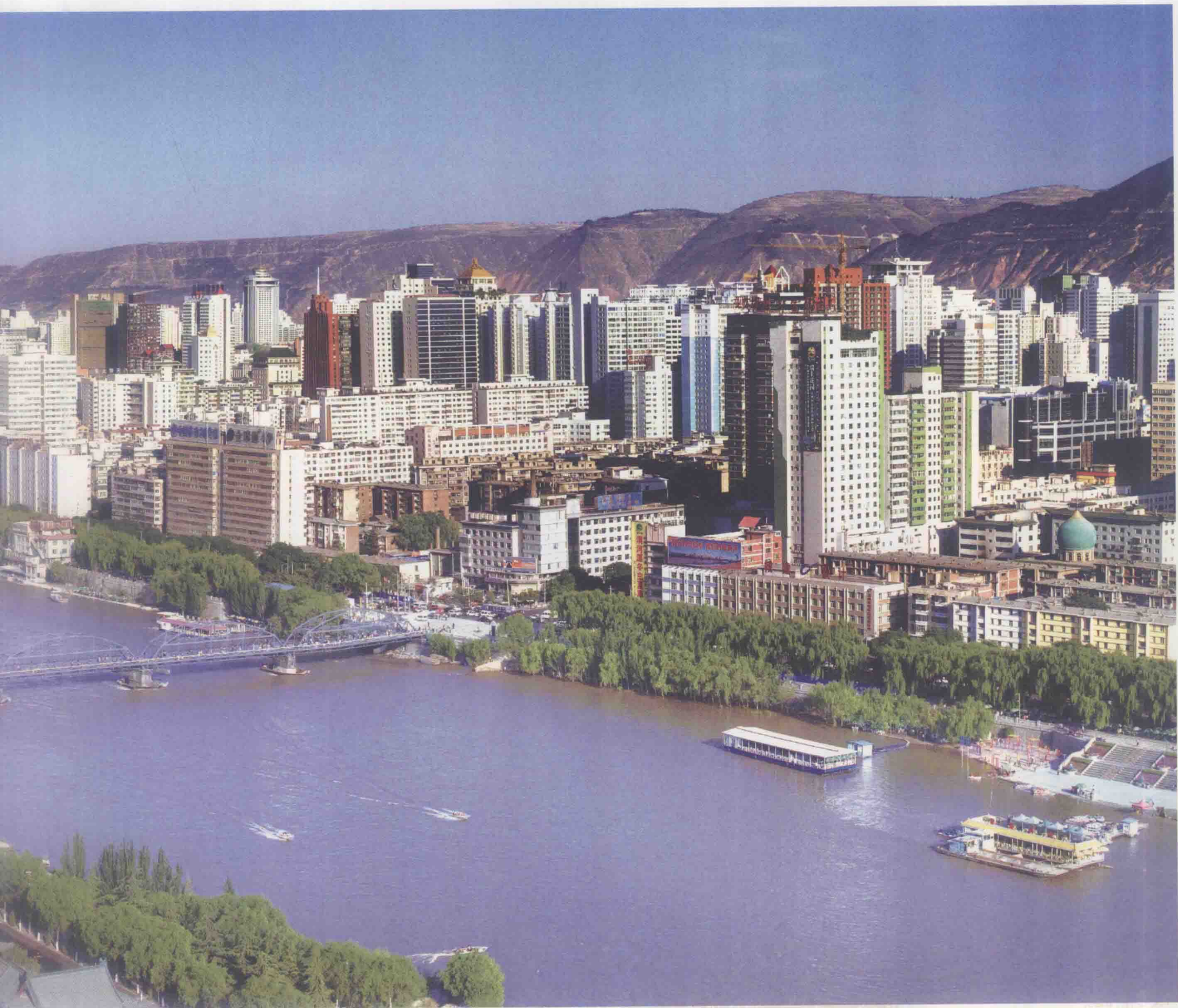
# 百年铁桥





# 百年铁桥

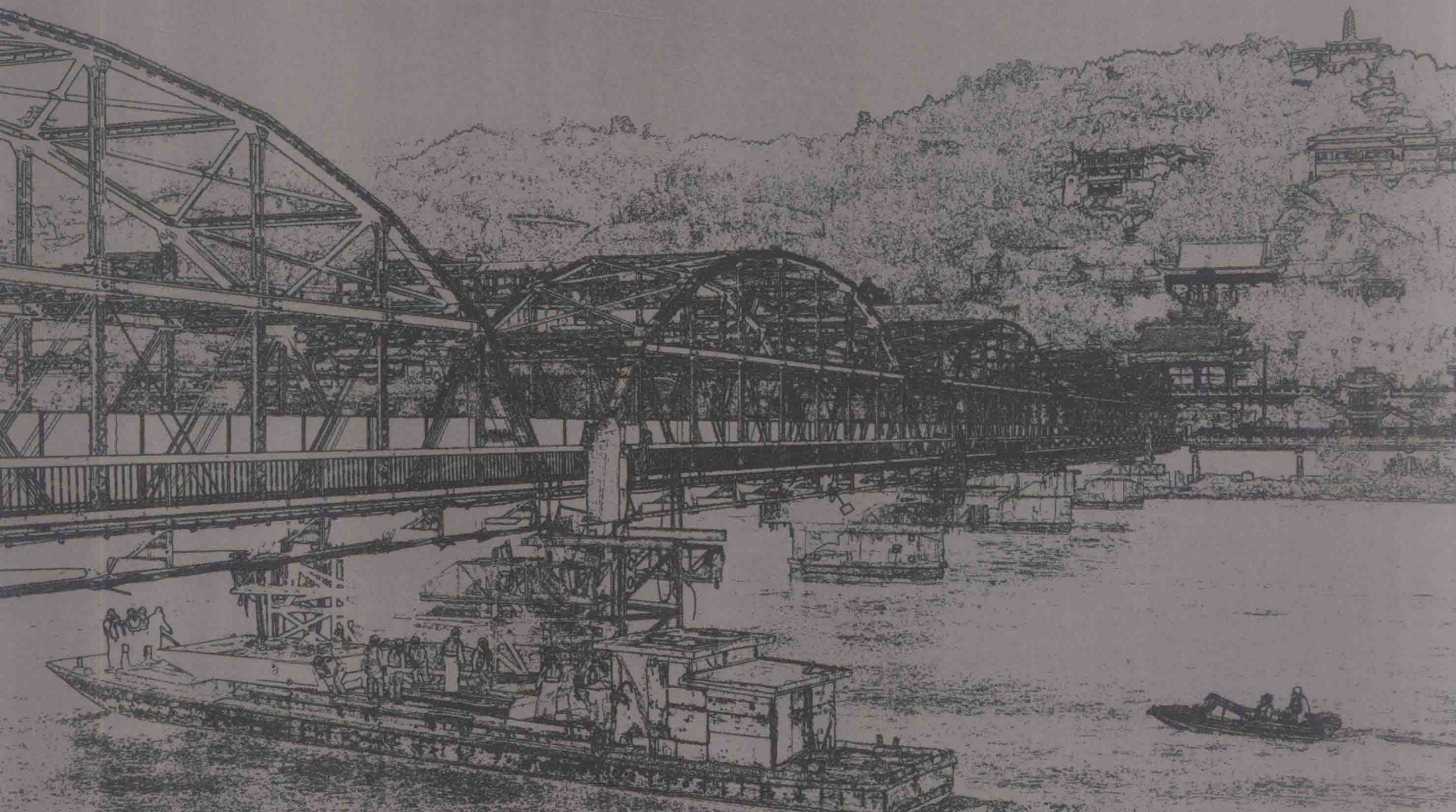




兰州中山桥维修加固工程竣工后的兰州·2011年6月2日·吴平关摄

# 百年掠影

在中山桥的历史记忆中，这座桥经历风雨，沐浴战火，忍辱负重，坎坎坷坷，这座桥的命运与我们整个民族的命运相维系，这座桥的荣辱与我们整个民族的荣辱相统一。抗日的硝烟、解放的战火、洪水的肆虐、岁月的磨砺都奈何不了这座桥的钢筋铁骨；多少名人雅士的赞美，多少名流志士的放歌都表达不完这座桥的侠骨柔情……



# 建桥历程

赵文

在兰州，中山桥是一个老生常谈的话题，也是一个百听不厌的话题。自中山桥开始，兰州就有了一种桥的情结，尽管今天中山桥的“桥子桥孙”已经不可胜数了，但人们津津乐道的依旧是中山桥。走在这座见证了中国百年近代史的铁桥上，我们并没有感到其苍老，相反有一种温暖的感觉。今天人们眼中的桥是一种沟通的工具，而中山桥的修建则代表着一种观念，是进步与落后、开放与保守之间较量的结果。

## 一座浮桥的兴衰

从兰州的地理位置看，从内地去新疆、宁夏、青海等地必须跨越黄河。据传，早在汉朝时，黄河兰州段就有了钟家河、新城、小寺沟等渡口，用皮筏运载过往的客商。应当说，汉唐时期，黄河上游的交通运输十分繁盛。自唐之后，中央政府加强对西域和丝绸之路的控制，交通处于时断时续的状况。

到了明朝，西北地区人口、经济逐步增长，对于交通的需求日益增大。兰州是个山区城市，也是黄河唯一穿越的城市，皋兰山绵延于城南，华林山雄居于城西，黄河绕城而过，向来为关隘要津、交通重镇。

明初，出于向河西走廊运送各种物资的需要，兰州黄河段的教场河、岸门口、空心墩等渡口陆续开通。然而要供应数万大军的粮草，仅仅依靠渡口是不行的，必须建桥，才能满足军事运输的需要。

明朝洪武五年（公元1372年），徐达、冯胜等率军追击元朝残余势力。在定西消灭了王保保的主力后，为过河追击元军残余，在兰州城西七里的地方修建了一座浮桥。洪武九年，卫国公邓愈将浮桥移到城西十里的地方。到了洪武十八年，兰州卫指挥检事杨廉将黄河浮桥移到了兰州城北的白塔山下，也就是今天看到的中山桥这个位置。这时，人们正式命名浮桥为“镇远桥”，号称“天下第一桥”。

今天我们在中山桥头仍能看到硕果仅存的一个“将军柱”，在许多人眼中，“将军柱”仅仅是一个用来系铁链的大柱子，可是很少有人知道，“将军柱”还有用来测定水位的功能，为下游防汛预报预警，这就是古人所说的“羊报”。

据传说，每年夏天人们都非常关注黄河边上“将军柱”上的刻度，如果“将军柱”显示黄河水上涨了一寸，那么下游的水就要上涨一丈。每逢此刻，人们都要雇一位勇士，给他绑上用来捆扎筏子的羊皮胎，然后，带上兰州地方政府发出的水签、预警黄河洪峰的警报标志、食品等。一切准备妥当之后，这位勇士就跃入黄河，随着水流，漂向下游，这也许就是原始的黄河漂流了。

修建了浮桥，人们方便多了，但是冬拆春建，“事繁费巨”，也存在着诸多不足。

## 一次梦想的追逐

鸦片战争以后，西方现代科学技术大规模进入，有志之士大量吸收西方军事桥梁等方方面面的知识，这也是中国近代运动、变革、革命的起源。

1872年，也就是同治十一年，太平天国农民运动燃起的硝烟刚刚散去，左宗棠被清政府派到西北，担任陕甘总督，准备收复为阿古柏所侵占的新疆。作为湘军首领的左宗棠进驻兰州后，出于西征的需要，奏请同治皇帝同意，设立了兰州制造局，这是洋务运动在甘肃的开始。同时，为了疏通交通，出于军事和民用的双重目的，左宗棠设想在黄河上架一座铁桥，以取代黄河上的镇远浮桥。

当时，德国商人福克索要白银63万两，这是一个远远超出人们所能承受的价格，左宗棠只好放弃了在黄河上修建铁桥的计划。

这一沉寂就是将近四十年。1905年，德国商人喀佑斯，自天津来兰州旅游，此时，正是清政府预备立宪的前后。这是近代中国历史上的第二次洋务运动。

一个叫彭英甲的人走到了历史舞台上，他的远见卓识，他的不辞劳苦，注定要使他成为晚清甘肃洋务运动的风云人物。

彭英甲，字炳东，号铁函，河北承德人。1906年开始，他出任兰州劝业道，同时负责甘肃农工商矿总局（也叫甘肃洋务总局）。任职期间，他提出一整套的发展甘肃实业计划，先后创办了劝工厂、窑街官金铜厂、皋兰官铁厂、羊蜡胰子厂；同时开办了甘肃第一个理工科学堂——农矿学堂，主办了石印书局、官报书局和其他交通邮电项目。一个近代实业工业体系展现在甘肃人面前。尽管彭英甲开办的有些工厂因种种原因而关门，但是具有的开创意义并不会因此而销声匿迹，至今，许多甘肃人仍记着他，因为他是甘肃近代工业的一个先行者。

毫无疑问，彭英甲最大的贡献是修建兰州黄河铁桥。1905年，德国商人喀佑斯来兰州旅游，身份是德国泰来洋行经理。这个时候，彭英甲担任兰州劝业道、甘肃农工商矿总的职务，人们再一次提出修建铁桥的事宜，时任陕甘总督的升允，立即表示支持，经过彭英甲同喀佑斯协商，修桥费用初步定为16.5万两白银，这是一个比较适中的价格，当时的财力也能承担。

但是甘肃省内的保守派强烈反对，其中最具有代表性的人物就是白遇道，白当时任甘肃按察使，由于他的反对，修桥面临着泡汤的危险。最后甘肃布政使丰坤泰，以修桥属于“新政”为由，复报陕甘总督升允，并由总督直接上书朝廷，争议才算作罢。

## 一场艰难的考验

光绪三十二年（1906年）九月，代表甘肃地方政府的彭英甲同德国商人喀佑斯签订了修桥合同。

今天我们看这份合同，依然能感觉到它的严谨。这背后既有中国人的小心谨慎，也有德国人的一丝不苟。对于材料、施工、质量、付款方式、验收程序，合同都作了详细规定。铁桥自完工之日起计算，保固期80年，到达1988年。在保固期内无论冬夏，倘因河水暴涨漫溢进城，将桥冲毁时，与泰

# 百年铁桥

来洋行无关，除此而外，如有损坏，泰来洋行一定赔修。

1907年夏，修桥所需要的一切材料都已海运到天津，按照合同规定，国内的运输由洋务局派员自天津运到兰州。在这期间如有损坏，泰来洋行负责修理，自首批材料机具运抵兰州之日起，十八个月内完成全部工程的施工验收。

国内所有的转运任务均由洋务局派人负责，在西安、新乡、天津派驻转运委员，同时在兰州设立收料委员会负责接收材料。就当时国内的交通运输条件而言，从天津到河南新乡一段均有铁路可通，运输并不是特别困难，最难的一段是新乡至兰州这一段。

当时，通行的官道，大部分崎岖不平，而且有些地方道路比较窄。这一段的运输任务交给兰州大车户王新年，他们负责在天津定做了四轮、六轮大车10辆，连同兰州征集的旧式大车，共计40辆大车。整个运输分为两个阶段，新乡至西安由河南、陕西等地的大车拉运，西安至兰州一段则由王新年负责。有着大规模运输军粮入新疆经验的大车户们，制订了周密的计划，整个材料、机具设备分为36批。从1907年8月开始起运至次年5月运完，期间历经艰辛，400万斤的修桥建材终于运到了兰州黄河边。

这是甘肃运输业有史以来第二次大规模运送货物。第一次是为左宗棠进军新疆提供军粮运输，当时的运送规模达1980万斤，路途之遥难以想象，共组织了5000多辆大车、34500头牲畜，才完成这一壮举。而黄河铁桥材料运输的难度则又远远超过军粮运送，单件质量大，建材超重超长。

合同签订后，德商便将兰州黄河铁桥的设计委托给了美国桥梁公司，而具体的施工则由德国泰来洋行负责。这为后人留下了一个疑问，那就是黄河铁桥的修建者是谁？这个扑朔迷离的话题，使人们争论不休。有人说，铁桥是美国人修的，也有人说铁桥是德国人修的，争论最为激烈的则是比利时人，他们认为铁桥是他们修的。

其实兰州黄河铁桥是国际合作的产物。毫无疑问，总承包人是德国的泰来洋行，而他们将铁桥的设计转包给了美国桥梁设计公司。为什么会有比利时人的介入？这要从彭英甲说起，彭英甲在兰州创办了一系列实业，技术上主要依赖比利时、英国、德国等国，尤其比利时驻华参赞林阿德，这位长期生活在甘肃的比利时人，同彭英甲签订了大量的商务合同，为甘肃的近代实业提供技术设备的支持。或许德商喀佑斯来兰州“旅游”就与他有直接关系。因而一些人认为铁桥由比利时人所建也在情理之中。

为数不多的历史图片记录了当时的场景，散落在各个地方的历史资料描述了施工的艰难。当时，负责施工技术的是美国工程师满宝本，负责现场的是德国工程师德罗，其余的员工都是工地具体操作人（相当于工程队长）天津人刘永起从天津、上海等地招募的。

有一张照片见证了那段历史。它是芬兰人马达汉1908年1月29日拍摄的。马达汉后来担任过芬兰总统，那时芬兰处于俄国的统治之下，马达汉是以俄国军官的身份来甘肃“考察”的。

这张照片忠实地记录了20世纪初的甘肃，苍凉的土地上，近处是组装完成的两个沉箱，沉箱的高度将近3m，一些带着黑毡帽的人显然是来自天津、上海等地的技工，而头上扣着瓜皮小帽的则是甘肃当地人。远处牵着毛驴的人们正从镇远浮桥上走过，黄河北则是低矮的土屋。

4月10日，铁桥正式开工修建了，工人们先是在水深2.6m的黄河中围

堰，然后开挖，在距水面6m的地方，人们挖到了基岩，情况证明黄河北边是红砂岩，南边是青砂岩。然后下入沉船（也就是沉箱），在围堰和沉船之间灌注混凝土，最后在沉船中间灌入混凝土，上设桥墩。宣统元年（1909年）8月30日，黄河铁桥终于竣工了。验收通车，工期比预定时间提前了2个月。

尽管有严格的合同，铁桥仍有美中不足的地方。按照合同规定以及双方同意的原设计方案，铁桥的原设计为木纵梁上横铺铁板，但在竣工的时候，却改为了碎石沙子。这时，升允已经不再担任陕甘总督一职，总督一职由毛庆蕃担任。几经交涉，德商才不得不将桥面的沙子铲除，改铺木板。

铁桥成了名副其实的“黄河第一桥”，从1905年彭英甲同喀佑斯谈判，到1909年9月铁桥交工，前后历时4年，共耗费国库白银30.6691万两。

铁桥通车后，甘肃洋务总局制定了完善的维护管理规定，具体操作由兰州府会同皋兰县共同负责，将修桥时的工程队队长刘永起留下帮管铁桥，月薪白银12两。此外还设立12名巡护兵卒负责铁桥的安全。铁桥竣工后，卸任的升允在1909年撰文立碑，记述铁桥的修建始末。

## 一个城市的象征

兰州既是甘、宁、青三省区的交通要冲，又是西北商业中心。清朝末年每年从湖北运到兰州的茶叶就达1400万斤，然后分销到青海、西藏、新疆、内蒙古等地。历史上甘肃的衣料绝大部分依赖陕西、湖北等地的土布，布匹先由商贾运到陕西三原，然后再经过天水、平凉等地运到兰州。而甘肃出产的皮毛、水烟等地方土特产，则通过羊皮、牛皮筏子顺着黄河而下直达包头等地，然后再从包头运到天津等地。铁桥的建成极大地推动了兰州作为西北中心城市的地位，使兰州更具备地理上的优势。

风雨沧桑，“兰州黄河铁桥”再不是一个简单的桥梁了，它成为一种文化的象征，成为兰州的名片，不游览黄河铁桥等于没来兰州。

兰州黄河铁桥见证了近代甘肃历史。从铁桥的改名、拱形钢圈的安装都给我们展现了广阔的历史层面。

今天人们都知道兰州黄河铁桥叫中山桥，为什么会变成中山桥呢？它到底是哪一年有了这个名称的呢？

这些我们能从铁桥石碑上看出大概，在这块碑上明确写着铁桥是因为纪念孙中山先生而改名中山桥的，时间是1942年。然而研究发现，铁桥改名是在1928年，最初的发现者是甘肃省档案馆的几位专家，他们是从一幅照片上发现的。一副匾上题有“中山桥”，他们用放大镜仔细观察后发现，这副字的落款是刘郁芬，时间为民国十七年。照此推理，应该就是1928年，这将中山桥命名的时间提前了14年。

1949年8月26日兰州解放，作战过程中，中山桥受到了战火的摧残。据说是马步芳的一辆弹药车在桥上爆炸，铁桥受到了损坏，后经修桥工人昼夜奋战，才将铁桥修好。新中国成立初期，中山桥成为通往新疆、青海、宁夏的交通要道，随着大规模经济建设的开展，承载量为5t的中山桥已经不堪重负，1954年，对中山桥进一步加固，在梯形的桥栏上游架接拱形的钢圈，这次改造使中山桥有了现在我们看到的模样。

随着一座座黄河大桥的崛起，中山桥的实际作用已经越来越小，象征意味越来越大，它已成为兰州人心目中的圣地。

# 探秘中山桥——建桥工艺复原

李少芳

中山桥俗称“黄河铁桥”、“中山铁桥”，位于滨河路中段北侧，白塔山下。该桥不仅是兰州历史悠久的古桥，也是5464km黄河上第一座真正意义上的桥梁，因而被称为“天下黄河第一桥”。

清光绪三十三年（1907年），清政府在兰州劝业道彭英甲的建议和甘肃总督升允的赞助下，动用国库白银30.669万两，由德商泰来洋行喀佑斯承建，美国人满宝本、德国人德罗作技术指导，建起了长达233.33m、宽7.5m的黄河第一座铁桥，初名“兰州黄河铁桥”，1908年3月动工，1909年8月竣工，历时16个月。1928为纪念孙中山先生而改名为“中山桥”。1954年，兰州市人民政府整修加固了铁桥，又增加了五座弧形钢架拱梁，使铁桥显得更加坚固耐用，气势雄浑。如今中山铁桥为跨世纪百年之铁骨钢桥，傲立兰州，拥百年历史风云，雄姿更显。

然而，中山铁桥在白塔山下，金城关前。百年之前，是如何于滔滔黄河水中修建桥墩基础？如何横跨黄河？众人皆想知道答案，如今因图表及施工详细设计早已遗失，百年前桥墩修建工艺已难以准确查考。

中山桥桥区属黄河兰州段河道最窄处，水流湍急。河床覆盖层均为卵石，据最新的地质资料显示，卵石层厚达9.88m。现代船只在开挖时都难以控制船体，那么在100年前在当时的技术条件下如何能在水中开挖卵石，修建桥墩呢？即便是在科技水平发达的今天，在黄河水中挖除卵石修建桥墩至基岩也非易事。

据兰州市志记载：“唯闻修建桥墩时系用沉箱法，载重量是八公吨。”又据《兰州古今注》书上说：“桥下设四墩，下用水泥铁柱，上用石块，河南第一墩最深，墩底至水面有一丈七、八尺有奇”。又据原始承包合同上说：“加桥铁柱脚，由南岸至北岸，均用铁心参合洋灰石子灌浆。”黄河桥碑文上说：“经始光绪三十三年二月，至宣统元年六月而工成，桥长七十丈，宽二丈二尺零，架桥四墩，中竖铁柱，外以塞门德土参合石子成之”。

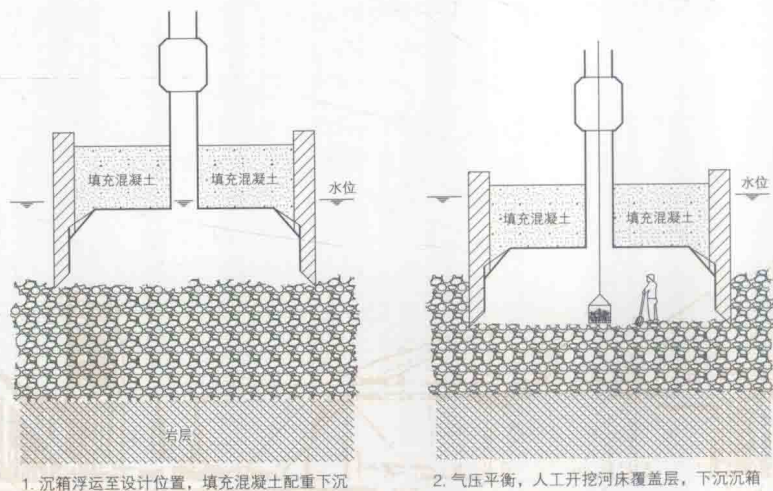
据以上资料均难以查证桥墩的构造形式，以及桥墩具体开挖深度。为了揭开百年前桥墩修建的谜底，我们对四个桥墩均进行了钻探取芯，钻探结果显示：桥墩覆盖层主要为卵石，四个墩均坐落在岩层上，各桥墩的总高为从南向北：1号墩9.6m，2号墩16m，3号墩16.7m，4号墩15.8m。各墩覆盖层最厚为1号墩1.58m，2号墩8.28m，3号墩

9.88m，4号墩8.18m。河中间两墩最深，底部达到了水面以下11m。另外，从钻出的芯样分析，四个桥墩墩身内部从底面到顶面为混凝土浇筑。由此可见，兰州市志及《兰州古今注》内记载的均不甚准确。

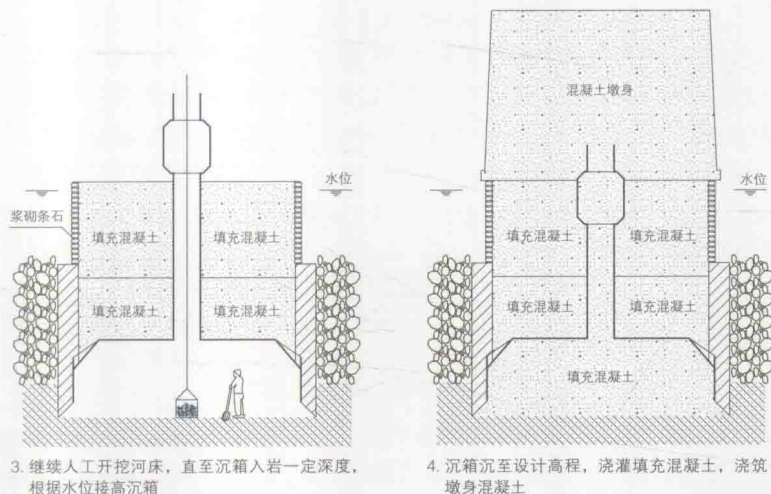
为了真实地了解还原中山桥桥墩的修建工艺，我们查阅了大量的资料，并从不同渠道收集了很多历史照片。从照片中可很明显地看出，中山桥桥墩施工不是采用筑围堰的方式进行基础施工，结合钻探结果及兰州市志记载分析，中山桥桥墩施工的工艺终真相大白，即：中山桥桥墩采用的是气压沉箱的施工工艺。

当时，沉箱施工技术在美国已是成熟的桥墩修建技术，1869年美国用沉箱法建造了密西西比河桥墩。此后在欧美的长大桥梁基础工程中，沉箱工法已成为占统治地位的施工技术。中山桥在1906~1907年由美国桥梁公司设计，桥墩建造理所当然地采用沉箱施工技术。中山桥桥位区覆盖层为卵石层，卵石最大粒径达40cm，在水中开挖卵石直至岩层，且开挖深度达到8~9.88m，在当时也只有气压沉箱的施工工法能够实现。

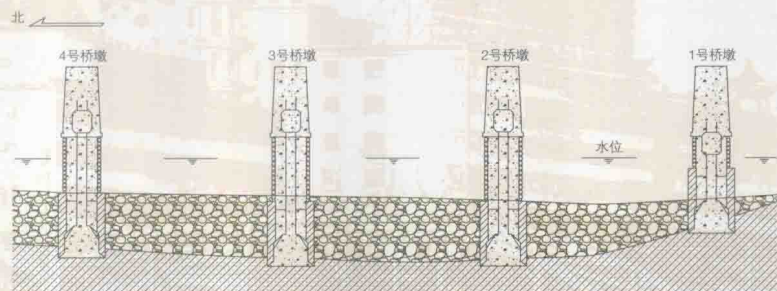
中山桥原桥墩修建，首先利用从德国运抵现场的钢壳制作形成沉箱，浮运沉箱至设计位置；并筒外填充配重混凝土下沉沉箱，气压平衡法人工开挖箱底覆盖层下沉沉箱，至沉箱底下沉进入岩层一定深度；浇筑井筒内填充混凝土，浇筑墩身混凝土，形成桥墩。







如今从外观看，靠南岸的1号桥墩与其他3个桥墩不太相同，是何原因呢？从结构形式上说，1号桥墩与其他3个桥墩是一致的。之所以1号桥墩外露出1个圆弧形台阶，是因为1号桥墩岩石层很浅，沉箱挖下去2m左右就进入了基岩，外露的圆弧形台阶即为沉箱体壁，而其他3个桥墩位卵石层厚，基岩较深，沉箱进入岩石层后，其壁体完全被卵石层覆盖。

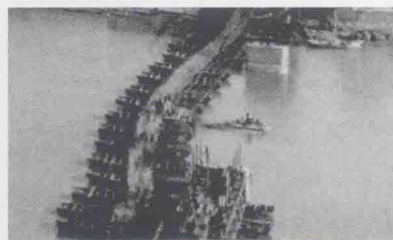


完成后的桥墩构造示意图

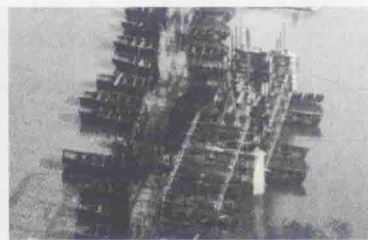
上部钢桁架施工可选择的施工方法较多，合理施工工艺为：“化整为零”和“集零为整”工艺。中山桥桁架构件中最长的是约6m的铆钉连接结构，安装时采用4艘驳船拼装成浮式平台，在平台上人工将散件拼装钢构件形成钢桁架，除两端斜腿、弦杆约5.1m长的范围，最后通过吊装后连接斜杆、下弦杆（或借助水位/船体浮降连接斜杆、下弦杆）将钢桁架落至支座的设计高程。



镇远浮桥上游的三角形工程架



正在施工中的桥墩



上部钢桁架安装施工

100年之前，国难当头之时，在中国的西部能完成工艺复杂的黄河铁桥的修建，是令国人振奋和鼓舞的伟大壮举。中山桥的修建，凝结了德国及美国桥梁建设者的智慧，更充分体现了中华儿女在国难当头的极端困难时间修建桥梁造福人民的决心和气魄，是辛勤劳动人民智慧和汗水的结晶。