



改造地球系列 74



跨江越河话桥梁

章志彪 张金方 主编



中国建材工业出版社

42
HB
42B 4

世界科技全录百卷书

·改造地球系列·

跨江越河 话桥梁

编写 韩波

中国建材工业出版社

目 录

飞悬的古桥

大渡桥	(1)
珠浦桥	(5)
霁虹桥	(9)

群桥竞妍

最早的楼殿桥	(12)
第一座跨海石桥	(13)
最古老的浮桥	(15)
开合式的桥梁	(16)
最早的城市桥梁	(18)
跨径最大的桥	(19)
奇特的双曲拱桥	(21)
长江第一桥	(22)
黄河第一桥	(23)
最大的交叉桥	(25)
最早的灞桥	(26)
最重的虎渡桥	(28)
最长的安平桥	(30)
孔数最多的石桥	(31)
十字形桥	(33)
最著名的廊桥	(35)

第一座斜拉桥	(36)
--------------	------

名桥掠影

卢沟晓月照古桥	(40)
---------------	------

卢沟晓月	(45)
------------	------

伸臂木梁桥	(46)
-------------	------

宝带桥的沧桑	(51)
--------------	------

姑苏石桥拾零	(59)
--------------	------

浮桥	(66)
----------	------

南京长江大桥	(74)
--------------	------

直布罗陀海峡大桥	(81)
----------------	------

中国石桥

石桥撷趣	(83)
------------	------

石拱桥技术	(87)
-------------	------

飞悬的古桥

大 渡 桥

伟大领袖和导师毛主席的光辉诗篇《长征》中有“大渡桥横铁索寒”一句，极其生动地烘托出泸定铁索桥自然环境的险恶和红军战士藐视困难、夺桥飞渡时激烈悲壮的战斗场面。

泸定铁索桥座落在四川省甘孜藏族自治州泸定县城西的大渡河上。桥东是高达 3000 多米的二郎山，泸定城一半就在山坡上，另一半紧贴大渡河，桥西是海子山。桥头石碑上所刻“泸定桥边万重山，高峰入云千里长”，确是真实写照。高崖夹峙一水，由西面进城，必须过桥。大渡河水流湍急。尤其是在五、六、七、八月的夏秋季节，呈褐红色的流水犹如瀑布从上游山峡间倾泻下来，冲击着河底参差耸立的恶石，溅起丈余高的白色浪花。流水声淹没了一切，甚至在河边附耳高声叫喊，都难以听见。据最近调查，河水流速高达 6 米/秒以上（冬天枯水季节亦达每秒 1 米以上），年洪水位与枯水位相差 6 米。在那时的大渡河里，徒涉毫无可能，船渡异常危险。

泸定桥净跨 100 米，净宽 2.8 米，桥面距枯水位 14.5

米。采用13根铁链作为承重索，其中底索9根，上面覆盖横纵木板，以通人畜。余下4根铁索，均分在左右两边，作扶手用。铁链悬挂空中，两头系于两岸桥台后，每根链条39.1丈多（127.45米）。东西桥台上均建有桥亭，在桥亭中还有统治阶级收取过桥税的小房。桥始建于清康熙四十四年（公元1705年），第2年4月“告竣”。当时分别在桥东和桥西铸造了铁牛1头及铁蜈蚣1条，表示了人们希望能镇住“水妖”、让桥悠久长存的意愿。

建桥以前，利用沈村、烹坝和子牛（有说咱威、通川和子牛）3个渡口沟通内地与藏、彝等少数民族地区的联系。由于河中水急礁多，采用“皮船”或通过藤索、竹索“援索悬渡”，渡口与渡口相距均约30华里。该地区为川康通衢，少数民族所需的茶、布、米及蔬菜等不断运往康定（古称打箭炉）一带，面毛皮及大黄等药材，经过此地送到成都。由于泸定一带地处要冲，交通频繁，“舟楫行人援索悬渡，险莫甚焉”。

也许有人会问，铁索那么粗，那么重，是怎样从这边拉到对岸的呢？的确，二三百以前缺乏设备，要把每根重达1.5~2.0吨、粗如碗口的铁索拉过漩涡、礁石密布的大渡河，是件了不起的事情。据《小方壶斋舆地丛钞·云南略考》记载并参照当地年过七旬的老桥工介绍前辈修桥的经验，当时铁索拉过河的大致情形如下：他们先以小船载铁链由东岸运向西岸，由于链重水急，船还没有到达对岸就翻了身，总是不能成功。后来，人们从溜索攀附渡河中受到启示，先用如钓鱼线粗细的绳子，下悬铁锤，把它

甩过河（据说，在西藏、新疆等地建造铁索桥时，是把细绳的一头扣紧在箭头上射过河去，这也是一种可能）；再把它换成粗的麻绳；通过粗麻绳把竹蔑箩绳（由青竹蔑编绞扭而成的粗绳）拉过河，并把它拉紧捆固在两头桥亭中的木横梁上。利用蔑箩绳有光滑、拉紧变细等特点，将带有长绳的绳圈或短竹筒套在它上而，再把铁索系在绳圈或短竹筒上，用七、八个人在河对岸拉动长绳，把铁索拉过河。

铁索是索桥的承重部分，如何把它拉紧和锚固牢靠是索桥成败的关键。泸定桥的铁索由扁环扣联而成，每根链子平均 890 个扁环，13 根链子共有 11571 个扁环。扁环长 17~20 厘米，外径 9 厘米，内径 3 厘米，几乎每个扁环上都刻有具体制作的工人的代号。铁索一端先在西岸固定，另一端围绕在东岸 2 个直径约为 5.6 米的大木辊上。木辊上而挖了很多交叉洞眼，用木棒插入，扳动木棒，使木辊滚动，铁索随之慢慢拉紧。拉紧一段，用插销插在重叠的扁环中，紧到不满一个扁环时，就用一些铁板条作为楔子插入隙缝中，到拉紧为止。这种工作需要七八十个劳动力。铁索拉紧后，把它锚固在桥台后而落并中的困龙上，困龙紧贴在地龙桩上（西桥台有八根地龙桩，东桥台有七根地龙桩）。困龙长 4 米，直径 20 厘米。地龙桩直径为 14~20 厘米不等，埋置在桥台中的深度估计有 7 米多，埋入部分的四周用灰浆块石胶固好。它们均由生铁制成。地龙桩埋置在离桥台顶而有 5 米多的地方，以便得到足够的压重。利用桥台自重作为压重，来承受铁索的巨大拉力，是我国古

代桥工对索桥的一大贡献。

桥头 2 根铁桩有铸文说明，重达 1800 市斤的铁桩是由陕西汉中府金火匠马之常铸造的，还有 17 根铁桩未发现类似的铸文。铁桩、铁索是就地制造还是由外地运来？尚未查出。不过，由于当地无生铁材料，又地处边远，冶炼技术极差，就是在 1934 年 12 月修复该桥时，铁索也是由远离泸定百公里以上的地方运去的，因此，可以推断，当时的铁索与铁桩是由千百里以外的地方送到群山环抱的泸定城的。那时，一无良好的运输车船，二无起码的设备，三是处处有高山峻岭、急流险滩挡道，运送途中的艰苦险危我们是难以想象的。每前进一步，先代桥工都要付出血汗；一不小心，还会失去生命。

桥台由整齐的条石砌成。由于索链拉力大、各索受力大小不等以及地龙桩受多种因素干扰未能放置在一个水平面上等等原因，困龙曾断裂为 3 段，地龙桩垂直向上移动，如东岸左面第 1 根桩移了 3~5 厘米，右面第 5 根移了 1 厘米。桥台直接砌筑在岩石上，最近发现在台底与岩石接触处，铺了一层栖木夹块石，这种处理方法在四川的古桥梁中是常可见的。大概是由于当时缺乏凿平岩石的设备和能力，为了把压力均匀地传到岩层上而采用的。桥址附近的河道主河床在东边，为了防止台下冲刷，在东桥台周围作了围堰。很可能在砌筑桥台时就作了围堰，桥台建成后，留下来防止冲刷。由于桥台修筑牢固，承受住了巨大的拉力（东桥台侧亦出现了一些近 45° 的斜向裂缝），加上铁索锚拉设备良好，因此，索桥使用了近 300 年，损坏较少，目

前还担负着千百人次的日夜交通任务。

铁索缺乏刚性，上铺木板，人行其上，摇晃很大。过桥者，不少人感到目眩头晕，不能自持。为了减少晃动，泸定桥在铁索间用上下2根铁夹板把9根底索锁住，每头各有3处，间距为2~2.8米。上铺横板，用铅丝绑扎在索上，中央放人行道板，两边铺边走板。外边底索用扶手吊钩螺丝与扶栏索联系在一起。

链索上凿有印记，铭刻着建桥工人的血泪史。据一位75岁的老铁匠说，哪一个链扣断了，就凭着印记寻找制造的工人，有理无理先要挨200大板。泸定铁索桥的建成既是先代桥工聪明才智的结晶，同时也包含着他们无穷的血泪辛酸。

国务院在1961年3月4日颁布泸定桥为全国重点革命文物保护单位。

珠 浦 桥

凡是到过世界闻名的四川灌县都江堰的人，往往会被横跨岷江内外两江的珠浦桥所吸引。它是竹索桥的杰出代表，在二王庙西，杨泗将军庙前。

珠浦桥一带历来是岷江两岸的交通要道，江上早有“笮桥”，把两岸人民联系起来。桥始建于何时已查不到出处，据说在宋以前名“珠浦桥”。宋淳化时重修，不久改名“平事桥”。明末毁于战争，改为船渡。清“嘉庆八年（1803年）……仿旧置建立，名安澜桥”。桥分为八孔，全长340

米，宽3米多，高近13米，最大一孔跨径达61米。全桥用细竹篾编成粗5寸的竹索24根，其中10根作底索，上面横铺木板当桥面，压板索2根，还有12根分列桥的两旁，作为扶栏。绞索设备安放在桥两头石室内的木笼中，用木绞车绞紧桥的底索，用大木柱绞紧扶栏索。由于竹索太长，从两头绞紧非常困难，所以在桥梁中间的石墩上增添一套绞索设备，也置于石室木笼中。在木笼上面，修建桥亭。亭分2层，上层用木梁密排，装砌大石，以作压重；下层中空，以便行人。布置巧妙，煞费匠心。该桥为八跨连跨，稳定性较好，行走其上，摇晃不大。

珠浦桥桥墩一般用圆木筑成木排斜架，每墩用大木桩5根打入河底，中用横木1根连接，并堆砌石块围绕桩架，以防冲刷。墩中间1座石墩正位于内外江口分水嘴沙滩上，系用花岗石砌成，周围打设木桩，并于上游建筑石堤数丈，巩固墩基。

宋朝范成大曾数次经过此桥，赋下了这样一首诗：

织簟匀铺面，排绳疆架空；
染人高晒帛，猎户远张罟。
薄薄难承雨，翻翻不受风；
何时将蜀害，东下看垂虹。

他还在《吴船录》中对珠浦桥作了详细记载：“绳桥，长120丈，分为5架桥，桥之广12绳，排连之，上布竹笆，攒立大木数十，于江中犇石固其根，每数十本作一架。挂桥于半空，大风过之，掀举幡幡然，略如渔人晒网，染家晾丝帛之状。”可见与清代所重修的桥梁型式不尽相同。

由于珠浦桥地处要冲，又与都江堰组成一体，使它名扬四方，关于它的桥碑、石刻众多。有一曲为它而写的《索桥歌》读来脍炙人口，这在古桥梁中甚为少见，特抄录如下：

江源之水始滥觞，济川似可一苇航，
细流不择渐湍急，惊涛汹涌何汪洋。
岷江在山数日□，出峡乃觉回澜狂，
我立江南望江北，浩荡无涯天堑长。
临流太息难飞渡，谁跨虹腰驾墨梁，
伟哉宋代梁评事，绳桥重建通永康。
千年竞斩西山竹，直与珠浦争辉光，
绳桥夭矫九九丈，宛若灵虬参翱翔。
怒涛奔进伏龙吼，晓雾明天犀牛望，
参差桥板鱼鳞缀，修短桥绳龙鬣张。
上下行人若凫鹭，波光倒影蛟龙藏。
不时白沙有人渡，岂仅十月成徒杠。
今人追仿古人迹，天工补以人工良。
地险从此矜利济，东流逝水犹汤汤。

珠浦桥，又称夫妻桥，这与当地广为流传的民间故事有关。据说明朝末年，当地官府为了防阻张献忠，拆毁了珠浦桥，以后长期得不到修复，凭舟渡江，“屡有覆溺之患”，幸运安渡者，又受到勒索。到了清嘉庆年间，有个私塾教师何先德，关心民众疾苦，决心修复竹索桥。他详细观察桥头两边地势，测量江岸间的距离，制成桥的模型，确定建桥方案，一面上报官府，一面筹捐建桥款项，亲自参

预修桥。官绅们以监造为名，暗中营私中饱，以朽木充当好料，以致在索桥即将完工时断毁于风雨之夜。官绅们怕何先德揭发他们在建桥中的弊端，以莫须有的罪名将他杀害灭口。何死后无子，其妻何娘子继夫遗志，出面负责施工。何娘子日夜苦思，按照丈夫的桥式，加设栏杆，并做了模型进行试验，终于将桥建成。从此“长亭安澜，无虞覆溺，利于薄哉”。人们为了纪念何先德夫妇，改桥名为大妻桥。这一传说在《安澜桥碑》（马光型书）有反映，在民国《何先德传碑记》中作了详细的阐述。它还被编成川剧，搬上舞台。

国外不少桥梁专家认为索桥首创于我国。前苏联 C·A·查普林在他的《吊桥简史》中称“中国称大约在三千年以前已开始建造吊桥”，此时都以竹、藤等为建桥材料。《汉书·西域传》已有“以绳索相引而度”、“悬绳而渡竿”的记载。宋代的巨著《太平寰宇记》中说，自汉书以下至州郡图籍中的所谓“竿”者，“即此土夷人于天水之上置藤为桥”。西汉初期，西南还有个竿国。可见藏、彝等西南少数民族对首创索桥是作出了重要贡献的。至今，在西南少数民族地区仍可见到各种型式的索桥，高悬在深山险谷之中。

象珠浦桥一类的索桥，由于桥梁刚度很差，随着河谷中阵阵大风来回摇晃，过桥者不免有胆战心惊之感。唐僧智猛《竿桥赞》中说：“冰崖皓然，百千余仞；飞絙为桥，乘虚而过；窥不见底，仰不见天；寒气惨酷，影战魂栗。”较逼真地描写出一个人借竿桥渡河谷的情景。宋代爱国诗人

陆游曾在当时成都府茂州一带活动，他用“度索临千仞，梯山蹑半空”的诗句构画出索桥的雄姿，又用1首《度竿》七绝“翩翩翻翻竿受风，行人疾走缘虚空；四观目眩浪花上，小跌身裹蛟龙中”，结合包括陆游自己在内的过桥人的亲身感受，生动地描绘出过桥时的惊险画面。

1965年在修建新都江堰时，按照清代桥梁式样对珠浦桥进行了改建，以直径为25毫米的钢丝绳代替竹索，栏杆索锚等部分改用钢筋混凝土柱，用绳夹固定，底锚情况不变。

霁虹桥

霁虹桥在云南省永平县与保山县之间，横跨澜沧江，始建于明成化年间（1465~1487年），是我国（也是世界）现存最古老的铁索桥，也是最宽、铁索最多的索桥之一。当时明朝副使吴鹏在桥西岸石壁上的题字“西南第一桥”，至今保存完好。该桥总长113.4米，桥面木板宽3.7米，由18根铁索组成，两头分别固定在博南山和罗岷山的峭岩上。桥头有飞阁桥屋，桥西石崖削壁上有众多的历代石刻、题字，诸如“悬崖奇渡”“人力所通”“霁虹桥”“西南第一桥”等等。

历史上有关描述霁虹桥的诗文、碑记甚多。明朝李元阳所作《霁虹桥》诗中有这样的描绘：

武皇蒞菡事苍茫，汉使轮蹄入永昌。

当日无桥惟缚筏，十人欲渡九彷徨。

当代车马四海一，蚤成危构接天潢。

人力所通无不服，华阳黑水称惟梁。

诸侯献玳亦贡象，普天牵土歌来王。

永昌（今保山）自西汉以来一直是我国内地通往西方和东南亚各国的商业重镇和交通枢纽，《史记》“永昌出异物”，就反映了它对外贸易活动的频繁。西汉初年，巴蜀商人曾经由现在的姚安、祥云、下关、大理至永平，再渡过澜沧江至保山从事贸易。这条路线是我国第2条丝绸之路，极可能早于西北的丝绸之路。因此汉武帝时就对永昌地区进行了开发，派遣了大批汉族移民开凿出1条经博南山（在今永平县境内）渡澜沧江通往永昌的道路，渡口名澜津，就在彩虹桥附近。著名的“蜀布”“邛竹杖”就是沿这条路运往印度、缅甸等国的。当时永昌地区就住着从事国际贸易的印度人（身毒之民）和缅甸人（僇）。东汉明帝时，接受当地哀牢王柳貌的请求，正式设立了永昌郡，派“汉使驻永昌”。那时，走这条路十分艰苦，特别是要渡过“远睥一沟悬，临流三峡泻”的澜沧江更为不易。《后汉书·西南夷列传》中记载过1首行者愁怨歌《兰津歌》：“汉德广，开不宾；渡博南，越澜津；渡澜沧，为他人。”自东汉一直传诵至今。现博南山下有1块古碑，碑文上记录了《兰津歌》全文。

这一地区土地沃腴，物产丰富，有金、银、铜、铁等重要矿产，有琥珀、翡翠等珍贵玉石，还有孔雀、犀、象等珍禽异兽，因此历代对澜津古渡都十分重视。三国时渡口已有了以篾绳为缆的吊桥，元元贞元年（1295年）改建

木桥，题桥名为弄虹。明初“复以舟渡”，还铸铁柱于石以维舟。成化年间改为铁索桥后，岸北设官庭，以驻使节，派兵 30 名驻守。崇祯年间，徐霞客曾经过弄虹桥去保山，在他的滇游日记中曾对此桥作了详尽的描绘。

群桥竞妍

最早的楼殿桥

楼殿桥是一种特殊形式的桥梁，主要特点是在桥上建筑楼阁式殿宇，使桥与殿融为一体，故称楼殿桥。我国在先秦时代就有了桥上造屋设殿的桥梁，但桥上建楼却以河北省石家庄地区的桥楼殿为最早。

桥楼殿是河北省井陘县天然游览胜地苍岩山福庆寺主体工程之一。福庆寺建于隋朝，桥楼殿估计始建于隋末唐初，距今约有 1300 多年。欧洲造桥楼要晚得多，法国到 1916 年才开始建造桥楼用以经商。

河北桥楼殿由桥和造在桥上的楼殿两部分组成，以桥作为殿的承重结构。千余年来，殿已修整过多次，而桥却从未修理过，这足以说明我国古代造桥技艺之精湛及科学的发达。这座桥的型式与著名的河北赵州桥极为相似，也是单孔敞肩圆弧石拱桥，拱圈用纵向并列砌成，桥长 15 米，跨径 10.7 米，宽 9 米，无横向拉杆。桥宽拱脚处比拱顶处宽 0.4 米，以增强拱的稳定性。拱肩上对称伏踞着 2 个小孔，拱石至今尚好。桥横跨于两头对峙的断崖之间，距山洞底部约 70 米。桥楼殿高 2 层，面宽 5 间，进深 3 间，周

圉回廊，为9脊，重檐楼阁式建筑。坐西朝东，瓦顶平缓，飞檐翘角，具有清代早期建筑的特点。殿顶覆盖黄绿相间的琉璃瓦，飞脊为琉璃花脊，上面安置狮子驮塔、仙人骑龙及飞鸟等琉璃饰件，造型生动逼真，上下檐的檐、檩、枋上均有彩绘。殿内有壁画和1佛2菩萨18罗汉的塑像，整个桥殿高耸险峻，构造精巧，金碧辉煌。从桥下仰望，桥楼拱跨，犹如彩虹高挂，似乎与蓝天白云齐飞，故有“千丈虹桥望入微，无光云彩共楼飞”的千古佳句。站在殿前凭栏俯视，沟底树木葱郁，临风远眺，重山叠嶂，更显出桥梁的雄伟和险峻。桥拱上还刻镌有怪兽、骏马和人物浮雕。

桥楼殿如此高耸，是怎样建成的已无法查证。据寺中1位80多岁的老道上说，是用木架顶木架，搭至70米相当于拱圈高度位置时，在木架上满铺树枝，抹上胶泥，然后再砌桥拱圈石的，其工程的巨大和建筑的艰难由此可知一斑。

第一座跨海石桥

我国古代第一座跨海石桥是福建的洛阳桥。

洛阳桥位于惠安县至泉州市交界处的洛阳江上，原名万安桥。洛阳江也叫乐洋江，因唐宣宗曾到此游幸，发出这里“类吾洛阳”的感慨，遂改称洛阳江。洛阳江汇入泉州湾。洛阳桥就建在江水和海湾的汇合处，所以是跨海大桥。