

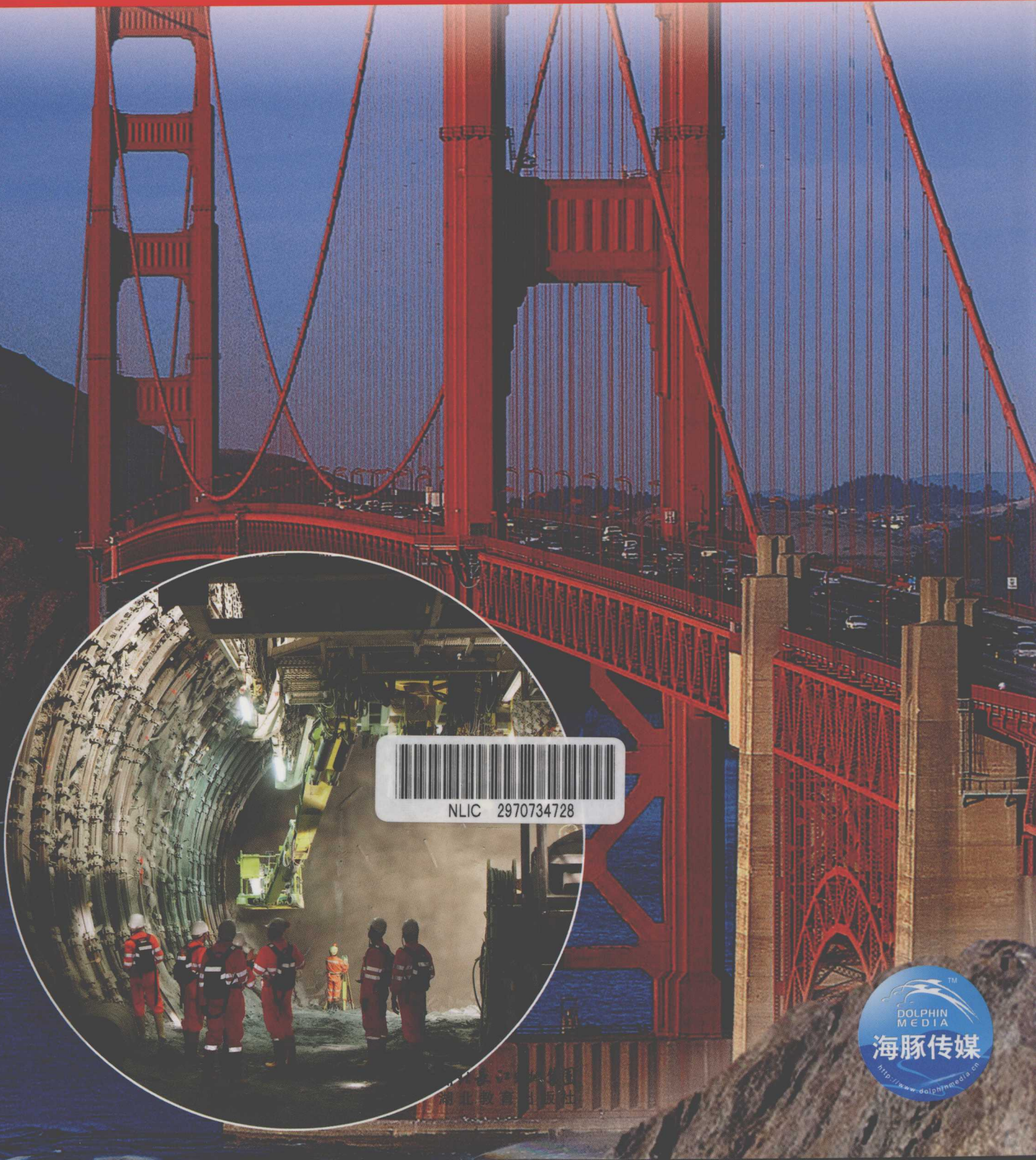
德国少年儿童百科全书

WAS
IS
WAS

桥梁和隧道

[德]雷纳·科特 / 文

[德]皮特·克劳克 等 / 图



NLIC 2970734728



图书在版编目(CIP)数据

桥梁和隧道/[德]雷纳·科特文; [德]皮特·克劳克、弗兰克·克里门特图; 高建中译. —武汉: 湖北教育出版社, 2010.5
(是什么是什么)

ISBN 978-7-5351-5518-4

I. ①桥… II. ①雷…②皮…③弗…④高… III. ①桥梁工程—青少年读物②隧道工程—青少年读物 IV. ①U44-49②U45-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第050295号

著作权合同登记号: 图字17-2008-120

桥梁和隧道

[德]雷纳·科特文

[德]皮特·克劳克 弗兰克·克里门特 / 图

高建中 / 译 责任编辑 / 赵 晖 郭 湛

装帧设计 / 王 中 美术编辑 / 王 超

出版发行 / 湖北教育出版社 经销 / 全国新华书店

印刷 / 上海中华商务联合印刷有限公司

开本 / 889×1194 1/16 3印张

版次 / 2010年8月第2版第1次印刷

书号 / ISBN 978-7-5351-5518-4

定价 / 15.00元

Brücken und Tunnel

By Dr. Rainer Köthe

Illustrated by Peter Klauke and Frank Kliemt

© 2006 Tessloff Verlag, Nuremberg, Germany, www.tessloff.com

® WAS IST WAS by Tessloff Verlag, Nuremberg, Germany.

© 2010 Dolphin Media Co., Ltd.

for this edition in the simplified Chinese language

本书中文简体字版权经德国Tessloff出版社授予海豚传媒股份有限公司，
由湖北教育出版社独家出版发行。

版权所有，侵权必究。

策划 / 海豚传媒股份有限公司 网址 / www.dolphinmedia.cn 邮箱 / dolphinmedia@vip.163.com

咨询热线 / 027-87398305 销售热线 / 027-87396822

海豚传媒常年法律顾问 / 湖北立丰律师事务所 王清博士 邮箱 / wangq007_65@sina.com

《是什么是什么》(WAS IST WAS) 中文版
高端专家顾问团 (按姓氏笔划为序)

朱英国 植物遗传育种专家，中国工程院院士，武汉大学教授，博士生导师。

江晓原 著名科学史学者，科普作家，上海交通大学科学史系主任、教授、博士生导师，中国科学技术史学会副理事长。

刘兴诗 著名科普作家，地质学教授，史前考古学研究专家，世界科幻小说协会会员。

刘 兵 著名科学史学者，清华大学人文社会科学学院教授，博士生导师，中国科学技术史学会常务理事。

吴 岩 著名科幻作家，科幻文学研究家，北京师范大学教育管理学院中小学管理研究所所长、教授。

张之路 著名科幻作家，电影编剧，儿童文学作家，中国作协儿童文学创作委员会副主任，中影集团策划部主任。

唐兆子 著名动物学家，有动物标本界“南唐”之称，湖北省野生动物保护协会副会长。

蔡美玲 Mailin Choy，德国青年汉学家，柏林自由大学汉学和新德国文学硕士，德国图书信息中心项目经理。

首席审译

张京生 著名翻译家，中国对外翻译出版公司翻译部主任。

审译团队

陈华实、王勋华、李立娅、李昕、刘钊、包琳琳、徐小清、张建伟、谭渊、焦豫、陈圣芳、于纯忠、翟欣

翻译支持

传神联合(北京)信息技术有限公司 **Transn 传神**



桥梁和隧道

[德]雷纳·科特/文
[德]皮特·克劳克 弗兰克·克里门特/图
高建中/译



湖北长江出版集团
湖北教育出版社

前言

桥梁和隧道，看起来完全不同，其实有很多共同之处。这两类建筑物都对建造者的能力提出了极高的要求，它们还完成着类似的任务：跨越山谷、海峡、河流，或者穿过山脉这样的地理障碍。

但是，桥梁在历史上肯定享有比隧道更高的声誉。在很多人眼里，桥梁绝对不仅仅只是一种交通建筑。自古以来，桥梁就展现出一种独特的魅力，它是所连接的两岸的一种标志。此外，很多桥梁具有高度的艺术价值。例如，一座建于2000年前的古罗马石桥，一座装饰有圣人雕像的巴洛克式桥梁，或一座以独特的曲线横跨上千米宽入海口的悬索桥，它们都有自己独特的审美价值。

隧道远没有桥梁这么引人注目，但它仍然震撼人心。隧道建设者们在地下深处的工作，他们钻穿山脉最硬的石头，还必须防止地下水涌入；他们

钻透河床底下柔软的泥浆；有时，他们还要让地铁隧道紧贴着大城市的房屋，从街道下面穿过。

现在，我们正目睹着很多令人叹为观止的隧道建筑出现。特别是位于瑞士的哥达基线隧道，它将于2015年开通，在那之后，它将会成为世界上最长的隧道。哥达基线隧道有两条平行隧道，长达57千米，整个隧道工程挖出的石方量，相当于5个胡夫金字塔的体积！

本册《什么是什么》中，讲述了许多不为人知的桥梁和隧道的建筑历史，并介绍了很多著名的世界性建筑。本书还展示了这些建筑拥有多么强大的性能，建造过程中要使用哪些设备，未来还会有哪些桥梁和隧道项目完工——这些工程将把人类更紧密地连接到一起，并促进当地乃至全世界的经济发展。



图片来源明细

照片：AKG（柏林）：3、6右下、7上、8上（背景）、10、27左上（竖旋桥）、29右上、32、33左、34上、35、45右上、47右上/中；Argus-foto.de：45下（紧急情况）；ArturPhoto（科隆）：27左上（折叠桥）、48；
www.Bundeswehr.de：28左上；Carofoto.com：37中、37中下；
Corbis（杜塞尔多夫）：5左上、7下、8下、9上、13中、13下、15上、15中、16下、18上、21下、27右上、27右下、28/29中、30上、33右、34下、39上、40、41、44中、44右中、45左上、47左下、左上；COWI（丹麦）：31上；
Eusebius Wirdeier DGPh（科隆）：43中；Gettyimages（慕尼黑）：29右下；彼得·高尔（施瓦本格蒙登）：29左上；
Adam Hörnig公司（阿沙芬堡）：24；Lothar Beeck公司（门兴格拉德巴赫）：28右上；
Alp Transit图片设计公司（卢塞恩）：38下；Herrenknecht AG（施瓦瑙）：36、37左上、37右上、42、43上、46上；
莱昂哈特·安德烈及合伙人：25；马库斯·基尔舍格斯纳（法兰克福）：5右上、17上；Mediacolors.com：44上；
玛丽埃文斯图片库（伦敦）：6上、21上；Mauritius（米腾瓦尔德）：26下、29右中；
约翰·尼科尔斯（俄勒冈大学，美国）：8右上；挪威水下悬浮隧道公司：46；
Picture alliance（法兰克福）：11左中、19中、20下、21中、27左中（平转桥）、39中、45（背景、监控室、工人）、47右下；
里法特·库尔特塔吉克（莫斯塔尔），多民族合作中心（维也纳）：13上；Schapowalow（汉堡）：20上；
施莱希、贝尔格曼及合伙人（斯图加特）：26（汀九桥，工人）；
迈克尔·施耐德（施瓦本格蒙登）：1、16上、27左下（指示牌）；格雷格尔·斯特拉斯基（纽伦堡）：11上；
S.p.A财团墨西哥海峡工程公司：30下；Ullstein Bild（柏林）：27左中（升降桥）
封面照片：Carofoto.com（哥达隧道）、Picture alliance（金门大桥）；皮特·克劳克（插图）。
插图：约翰·布勒丁格（纽伦堡）：38；皮特·克劳克（弗雷兴）：4/5、14/15、22/23、32/33、40；
弗兰克·克里门特（汉堡）：12、17下、18上、19下、24上、25上、25下。
版式设计：约翰·布勒丁格（纽伦堡）

未经TESSLOFF出版社允许，不得使用或传播本书内的照片和插图。

目 录

桥和人	5	隧道——穿过岩石的道路	32
人类从什么时候开始建造桥?	5	古希腊时期建成的隧道有什么作用?	32
彩虹和桥梁之间有什么共同之处?	5	隧道工程如何影响着日益繁荣的商业?	33
为什么桥梁对于商业和交通来说如此重要?	6	最早的铁路隧道对工程师提出了哪些挑战?	34
		什么是基线隧道?	35
木桥和石桥	8	一条隧道的出现	36
为什么古罗马人以造桥闻名?	8	为什么说新哥达隧道有些特别?	38
古罗马人如何在河流中建造桥墩?	8	世界上有哪些著名的公路隧道?	39
为什么桥梁建设在中世纪长期停滞?	10		
人们为什么建造大型木桥?	11	水下的隧道	40
		第一条水下隧道是如何挖掘的?	40
桥梁工程概览	12	隧道建造者从桥梁工程师那里借鉴了什么?	41
		河流底部完全是由沙子组成的吗?	42
铁桥和钢桥	15	TRUDE是什么?	42
铁作为建筑材料有哪些优点?	15	如何在人口稠密的城市建造隧道?	43
为什么钢比铁更好?	17	最长的水下隧道是哪一条?	44
谁建造了纽约布鲁克林桥?	18	隧道中的安全问题	45
悬索桥和斜拉桥之间的区别是什么?	20		
		计划中的隧道项目	46
设计错误和自然力量	21	哪些隧道项目正在计划之中?	46
混凝土桥	22	秘密隧道	47
为什么混凝土比钢更适合建造桥梁?	22		
预应力混凝土是什么?	23	世界纪录	48
现在人们如何建造混凝土桥?	24		
为什么人们需要“可移动”的桥梁?	27		
特殊桥梁	28		
世界著名的桥梁工程	30		
近些年出现了哪些大型桥梁?	30		
哪些桥梁项目现在处于计划之中或者正在建造?	31		

背景图为金门大桥。





位于英格兰的塔尔石阶，是一座由结实的花岗岩块建成的古老石桥。直到现在也没有人准确地知道，这座石桥是由什么人建造于什么年代。



几只牦牛正从这个横在小溪上的简单木桥上走过。在尼泊尔，这种简单的木桥随处可见。

桥和人

最高祭司

罗马教皇作为罗马主教，享有“最高祭司”（Pontifex maximus）的头衔，直译的话就是指最伟大的造桥者（作为天和地之间的连接者）。这个头衔本身源自古罗马时代，最初是最高祭司的称号，后来罗马皇帝也接受了这个称号。

人类从什么时候开始建造桥？

“在我看来，人类依照自己的生命本能建造的所有建筑物中，没有什么比桥更与人为善，如桥一般珍贵的东西了。我认为，桥梁比房屋更重要。同时，它服务了更多民众，因而比教堂更神圣。所有的桥梁都是合理地建在大多数人需要跨越的障碍之上；桥梁比其他建筑物更耐用，而且绝不会用于不可告人的、邪恶的目的。”诺贝尔文学奖得主，前南斯拉夫诗人伊沃·安德里奇（1892—1975）对桥梁进行了如此深刻的描述。

事实上，没有哪一种建筑物像桥梁一样，让人们产生如此迫切的需求。

早在数千年以前，我们的祖先就已经知道，从一根偶然落在小溪上的树木走过，要比直接涉水容易得多。通过这个发现，人们从利用落下的树木开始，发展到用锯下的树干或具有更大表面的石头建造窄桥。从此开始，桥逐步改进，最终出现了现代的桥梁。它能轻松地让高速公路穿过宽阔的山谷，而大跨度的斜拉索桥，更是以优美的姿态横跨河流或海峡。

在德语中，Brücke（桥梁）与表示木棍的“Prügel”一词，有着紧密的联系；它们都源于古

彩虹和桥梁之间有什么共同之处？

日耳曼人通过在泥泞的原野上铺上木头，使行动变得更容易的时代。直到古罗马时期，罗马人才把具有高度艺术性的木桥和石桥

早在数千年前，南美洲的印第安人就从利用藤蔓绳索编织的悬索桥上，穿过湍急的河流。下方的绳索用于行走，上面的绳索则用来抓扶。

引入到中欧。他们把这些桥梁称为“pons”。法语中的桥（pont）和意大利语中的桥（ponte）也源于此。

架在一条河上的桥，把河岸两边的人们紧密地联系在一起。桥这种实现沟通和交流的象征意义，深深地影响了德国人的思想和语言。例如，德语词汇“unüberbrückbar”的意思是“不能逾越，不可调和”。

在伊朗、中国和印度等国的宗教中，桥通常被喻为通向来世的道路（例如，中国神话传说中的奈何桥），有着重要的象征意义。死去的人必须通过一座又窄又长的桥才能到达来世。不过，只有好人才可以来到天堂，恶人只能下地狱。在



在基督教的传说中，彩虹被视为连接天和地的桥，耶稣则作为世界审判官端坐在桥上。



关于桥有一个传说：只有通过超自然力（通过与魔鬼达成协议），才能把这座桥建成。

基督教的传说中，彩虹被视为连接天和地的桥，耶稣则作为世界审判官端坐在桥上。

欧洲古老的民间传说中，魔鬼们都喜欢在桥的附近游荡，因此很多国家都有“魔鬼桥”。它可以追溯到广为流传的故事：面对建桥时的困难，造桥师在绝望之际请求魔鬼帮助。魔鬼出现了，在一夜之间把桥建好，条件是要吃第一个从桥上经过的生灵。不过魔鬼被骗了，他并没有得到所希望的灵魂：造桥师会让一只鸡、一条狗或一只公山羊第一个通过一座新桥。

大量与“Brücke”有关的地

为什么桥梁对于商业和交通来说如此重要？

名告诉人们，桥梁对于商业和交通来说有多么重要：例如Osnabrück（奥斯纳布吕

黑暗的力量

在古老的欧洲传说中，河流、湖泊、昏暗的森林和深深的峡谷中，居住着一些善良和邪恶的精灵。经常咆哮、深不可测的河流，被视为河神的家园。他们强大，经常发怒，有时还会吃人。所以人们有了这样的想象：人们建造一座桥梁会让河神生气，因此人们必须通过献上祭品让他们平静下来。这种行为在中世纪时期并不少见，人们会把动物甚至是人砌到桥里，或者把血添加到灰泥中。

圣内伯姆克



《在阿维尼翁桥上》

由于这首法国民歌而闻名于世的阿维尼翁桥，于1188年投入使用，最初长达900米，横跨在罗纳河上。阿维尼翁桥曾经有22个桥洞，每个桥洞的跨度达到惊人的33米。但现在的阿维尼翁桥只剩下4个桥洞，其他部分都成为了浮冰和洪水的牺牲品。

圣·内伯姆克

约翰尼斯·圣·内伯姆克（1340—1393）是布拉格总教区牧师，由于拒绝说出宗教秘密而激怒了文策尔国王，文策尔折磨他，并让他撞死在卡尔斯大桥上。他的尸体被埋葬在大教堂之中。1729年，他被神圣化，从那时起被尊为桥圣。

克）、Saarbrücken（萨尔布吕肯）、Zweibrücken（茨魏布吕肯）、Brügge（布鲁日）、Bruck an der Mur（穆尔河畔布鲁克）或Innsbruck（茵斯布鲁克）。与之类似的是，在英国和美国也有很多地名以“bridge”结尾，在法国也有很多村庄以“pont”开头。一个在法国最常见的姓“Dupont”（杜邦），它的含义也与桥有关。

以前，人们通常会定居在某一条河流的旁边。这条河流会作为水源供应点，并且用于排放生活废水，推动石磨工作以及作为交通线路使用。河流还能保护居民不受敌人侵犯。当一条重要的商业线路经过这个定居点时，通常在河边有一块平坦的地方，也就是一个浅滩，即Frut，像Frankfurt（法兰克福）、Erfurt（埃尔福特）、Ochsenfurt（奥克森富特）这样的城市名，都会让人想到河流和与之相关的桥梁。

中世纪时期，德国出现了的很多大城市，但它们常常由于战争或洪水而被摧毁。所以旅行者和商人们就必须乘船横渡河流。为此，他们需要有人能提供摆渡服务，而且还需要能提供临时住所和膳食的本地人的帮助——当然，这些都要付钱。由于有了这种收入来源，这些居民点才逐渐发展成为城市。

富裕的城市可以有充足的资金去冒险修建一座石桥。这样，旅客



这座桥被认为是通向来世的道路：“好”人由大天使加百列送往天堂，“坏”人则会坠入深渊。

们就可以没有任何危险地过河了。

同时，这座桥也可以满足更大的交通流量需求。之所以说是冒险，是因为虽然建成后的石桥可以使用几十年甚至上百年的时间，但按照当时的技术条件，洪水或大块浮冰都可能轻易地把正在建造的桥冲毁。

阿维尼翁桥上漂亮的桥拱没有使用混凝土，这是桥梁建筑史上的一个杰作。



木桥和石桥

罗马帝国是一个道路四通八达 承受住了坦克的碾压！

为什么古罗马人以造桥闻名？

的帝国。这是因为，只有依靠良好的交通，罗马帝国才能统治如此辽阔的疆域。

军队通过宽阔的道路可以快速到达任何一个地方，公职人员和商人可以舒服地去每一个省旅行。在古罗马总共30万千米长的公路网中，一个重要的部分就是桥梁，它们通常是结实的石拱桥。

古罗马人建造的桥梁非常坚固，甚至现在，也就是几乎2000年之后，这些桥依然还可以再使用300年之久！罗马城北部的米尔维欧桥，是2100年前建造的，但在第二次世界大战期间，这座桥甚至

古罗马人如何在河流中建造桥墩？

过去在桥梁工程中最重要的前提，是在开始建造前的准确计划：对要建造桥梁的区域进行测量，计算出桥拱所需拱砖的尺寸、形状和数量。采石场会根据需求对每一块石头进行标记，这些标记甚至可以显示出，某块石材在桥梁中所处的准确位置。除了精确的建造计划之外，良好的测量设备和统一的度量系统也是重要的前提。

工人经常要从很远的地方，把沉重的石头运送到建造桥的地点。在那里，人们通过木质吊车和滑轮



高架渠中的水从一个深槽中流过。

加尔桥是古罗马时期人们建造的一座水渠，它架设在法国南部的加尔河上。



的帮助，可以把石头举起50米，并安放到指定位置上。

然而，当时的人们还不能预先计算出桥的荷载能力，只能依靠经验和高安全的预估达到准确计算的目的。

古罗马建筑师的另一个特别的成就，是建成了横跨很宽河流的大型桥，其桥墩一般位于河中心。为此，人们通常要在指定位置上修建一个人工岛。在施工期间，建造桥墩的一个重要的辅助设备是“板桩墙”。它是由厚木板拼接在一起的尽可能防水的圆柱体，直达河底。

柔软的河底土层中，并在上面钉上结实的枕木。这些橡木通常有数米长，最粗的直径可达40厘米，它们可以形成坚实的地基。

对于岩石表面的河底，人们只需将其清理干净，然后把方石砌在防水的混凝土上。当时，这种“罗马混凝土”是一种混合物，由烧过的石灰和维苏威火山附近的浦泰俄利挖出的火山灰组成。这种古老的混凝土，甚至在水下也可以变硬。

当这些桥墩达到足够的高度时，木匠们就会按照预先计划的桥拱尺寸，安装一个结实的木制拱

运水的桥——高架渠

古罗马人建造的最大桥梁不仅用于交通运输，而且用于输送水。这些运送到城市中的水不仅供人们饮用，也用于沐浴和冲刷垃圾。这些架起水管的桥梁叫做高架渠（Aquädukte，在拉丁文中，aqua表示水，ductus表示管道、连接）。最令人印象深刻的，是在法国南部城市尼姆附近的加尔桥，它是古罗马时期的“泉水精灵”。这座高架渠是50千米长的水管的一部分，“泉水精灵”从公元前19年开始，每天可以为城市供应3万立方米的清澈山泉水。



图为罗马皇帝图拉真统治期间（公元100年前后）建造的阿尔卡特拉桥（西班牙），它是古罗马海外商业通道的重要组成部分。

通常，人们把两个这样的圆柱体交错放在一起，用防水的粘土填充这两个圆柱体之间的空间。现在，工人可以通过现代化设备把圆柱体内部的水泵出去。然后，人们会把削尖的、紧紧排在一起的橡木夯入

架。它由桥墩宽大石头的突出部分支撑。这个拱架会承受桥拱石材的荷载，直到桥拱完工后能独立使用为止。

为什么桥梁建设在中世纪长期停滞？

公元5世纪，罗马帝国灭亡，远程贸易、公路和桥梁建设在民族大迁移的浪潮中衰落。古罗马的建筑艺术和防

水混凝土的发明也成为了过去。

很多古罗马桥梁腐烂或者在战争中被毁。旅客只能依靠浅滩、渡船和一些浮桥，过河的时间无法得到保证。人民越来越贫穷，因此没有钱修建大型建筑，所以桥梁工程在长达800年的时间里几乎停滞。

在12世纪，一个新时代开始了。商业贸易不断增加，城市逐渐繁荣起来。首先是在农业中发生了明显的变化：农民采用更重的带轮犁耕地，他们还引入了三区轮种制，并学会了把马作为牲畜使用。

所有这些改进都提高了庄稼收成，因此农民可以供养不断增多的城市人口。城市财富的增加，在高成本的建筑物中得到了体现。很多大教堂拔地而起，教堂的塔楼远远高出城市里的所有其他建筑。

人们还为有蓬马车和远程商队建造了许多大型石桥：1146年在维尔茨堡横跨美因河，在雷根斯堡横跨多瑙河，1172年在布拉格横跨莫尔道河，1188年在阿维尼翁横跨罗纳河，1209年在伦敦横跨泰晤士河，1260年在得累斯顿横跨易北河。由于石材经久耐用，从古罗马时期开始，大多数建筑师都喜欢将它们作为建筑材料。但是在森林覆盖的地区，使用木材也有其优点：木桥的造价相对较低；在洪水把木桥冲走之后，人们很快就

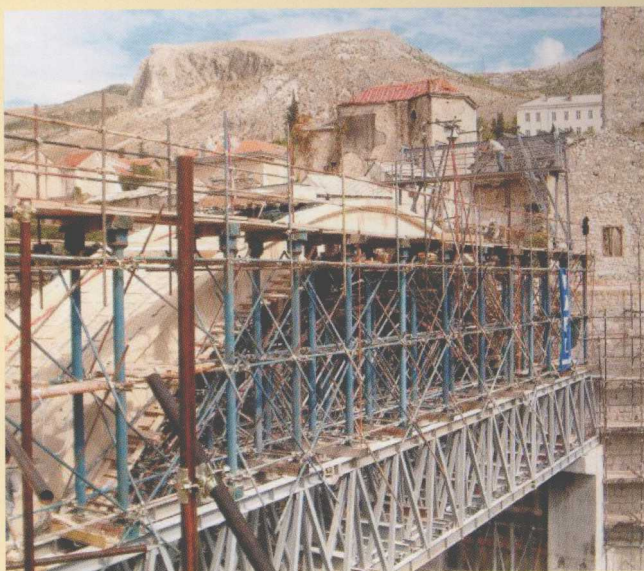
过桥费

现在，在很多国家里，汽车必须支付高速公路费用。与之类似的是，古代的人们也向每一个过桥的旅客收取过桥费。这些收入通常用于减轻城市财政的负担，因为建造桥梁会耗费大量的财物。此外，建造桥梁被视为最虔诚的行为。谁要是为此捐献钱财的话，就可以从主教甚至是罗马教皇那里获得“赦罪券”，它能保证拥有者的罪行获得赦免。

15个桥墩支撑起这座位于雷根斯堡的336米长的大石桥。现在，它依然在向我们展示，对于雷根斯堡来说，这条穿过多瑙河的安全商路有多么重要。



拱架是人们在砌桥拱以及穹顶（例如在教堂中）时使用的一种辅助结构。现在，它通常用于建造混凝土桥梁时建筑材料的塑形。直到20世纪初，拱架都是建造拱桥时必需的部分。人们直接在带有木环的木制拱架上砌桥拱。当桥拱达到所需要的坚固程度之后，再小心翼翼地把这个拱架拆除。



在重建1993年被毁的莫斯塔尔桥时，人们根据古老的传统使用了一个拱架，不过它不再是木制，而是钢制拱架。

可以重建一座新木桥。

当然，在修建石桥时获得的相关知识和经验，在修建木桥时也能得到应用。例如，石桥需要一个有足够支撑能力的木制拱架，来承担未建造完成的桥拱的荷载。这样一个支架完全可以在木桥上使用。

木制的铁路桥在过去是很流行的建筑。



在北美大开发时期，木桥对

人们为什么建造大型木桥？

于铁路而言发挥了极其重要的作用。由于机车不能爬高坡，因此铁路

线必须尽可能平缓才行。在崎岖的山地修建铁路，需要大量的土方工程。考虑到美国西部有大量的峡谷和河流，因此高额的成本和较长的建造周期，让修建石桥变得不现实。另一方面，木材的廉价，更能打动投资者。因此这段时期就出现了大量的桁架木桥。

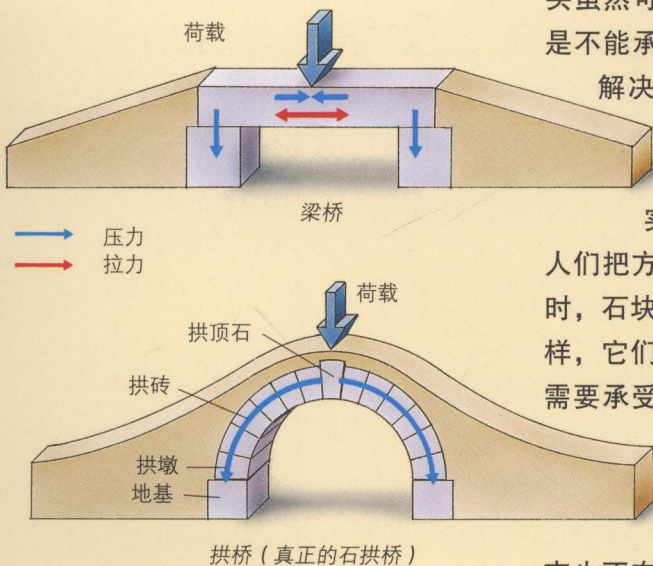
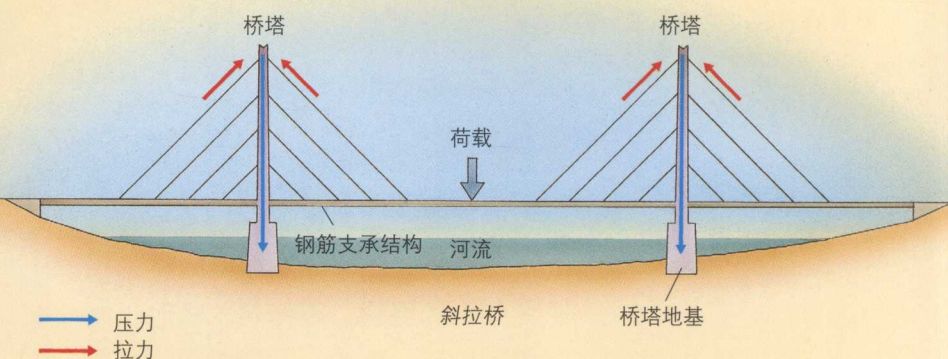
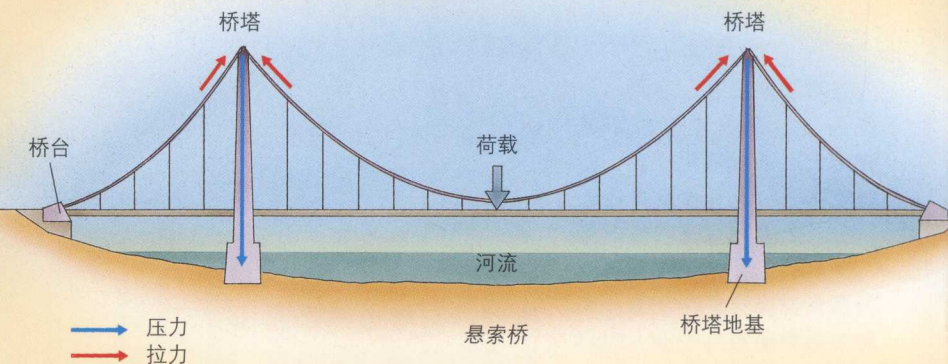
然而，这些木桥在坚固性方面无法让人满意：根据美国的统计数据，在1878和1895年之间，有502座桥梁毁坏，平均下来，每年会坏掉29座；此外，还有大量的桥梁由于火灾被烧毁。

桥梁工程概览

形式最简单的梁桥，就是一

梁桥

根横跨在小溪上的木材或一块石板。无论如何，这种桥梁都是由一个、两个或多个桥墩支撑的长结构组成。最初，人们使用简单的木梁作为建筑材料。为了实现更大的跨度，人们建造了一个非常坚固的框架结构，由相互巧妙结合在一起的木梁组成。在19世纪，人们建造了带有铸铁或钢框架结构的桥梁。现在，预应力混凝土这种高强度建筑材料的应用，使得体积小、跨度大、同时坚固耐用的桥梁成为可能，它可以让公路或铁路顺利跨过宽阔的山谷或河流。



与木头相比，石头是一种更

拱桥

坚固更经久耐用的材料。不过，在梁桥这种形式的结构中，不允许有很大的跨度，因为石

头虽然可以承受巨大的压力，但是不能承受太大的拉力。最好的解决方案就是拱桥。拱形是最古老，且长期以来唯一可以让石桥实现大跨度的形式。当人们把方石建造成半圆形的桥拱时，石块之间可以相互支撑。这样，它们只需要承受压力，而不需要承受拉力。一座坚固的石拱桥，甚至可以承受砌在上面的石材和行驶车辆的荷载，甚至坦克也不在话下。古代中国人是这方面的大师，中国的河流上横跨了无数的石拱桥。中国河北省境内的赵州桥，是当今世界上跨径最大、建造最早的单孔敞肩型石拱桥，距今已有约1400年的历史。

1991年，美国土木工程师学会将其选定为第12个“国际历史土木工程的里程碑”。

悬索桥

数千年来，人们使用的形式最简单的悬索桥，由三根固定在桩子上的绳子组成。其中两根绳子用于让人抓紧，第三根绳子作为窄桥。更先进一点的悬索桥由木板组成；但是这种摇摆不定的原始悬索桥总是以拱形向下垂。与此相比，在现代的悬索桥上，路面都是水平的。它们通过钢绳或钢索悬挂在由高高的桥塔支撑的悬索上。这些悬索固定在桥梁末端的地面上。最早的跨度达到数百米的大型悬索桥，出现在美国。最新的悬索桥，跨度达

到数千米；桥塔高达数百米，比艾菲尔铁塔还要高。如果考虑到性能和结构的美观性，把悬索桥视为“桥梁皇后”是无可非议的。

在一种悬索桥的特殊结构

斜拉桥

中，路面通过很多固定在桥塔上倾斜的绳索拉起。这些绳索呈扇型或竖琴状排列，并且绷得

很紧，路面之下的桥主梁可以很细。此外，在这种结构中，人们不需要用很高的成本把悬索锚定在岸上。在第二次世界大战之后，莱茵河上的很多桥梁被毁。在重建过程中，人们选择了斜拉桥作为低成本的解决方案。其中，最早连接莱茵河两岸的桥梁是杜塞尔多夫的西奥多-豪斯大桥。这座桥于1957年落成，跨度达260

米，拥有四个桥塔。目前欧洲最大的斜拉桥，在翁弗勒尔横跨塞那河入海口，跨度为856米。法国南部雄伟的米洛高架桥，由多座相互连接在一起的斜拉桥组成，共有七个桥塔，总跨度达2460米。



圆拱桥——2004年重新建造的莫斯塔尔桥

长期以来，建筑学知识都

多种多样的桥拱

以经验和试验为基础。从大约16世纪开始，桥梁工程才由于力学理论和微积分学的发展，而成为一门真正的科学。

中世纪的建筑师，通常以古罗马桥梁为榜样，使用半圆拱或弧形拱。如果需要更高的高度，他们会使用垂直的桥台——这样

的拱桥在建筑专业术语中叫做“高架桥”。

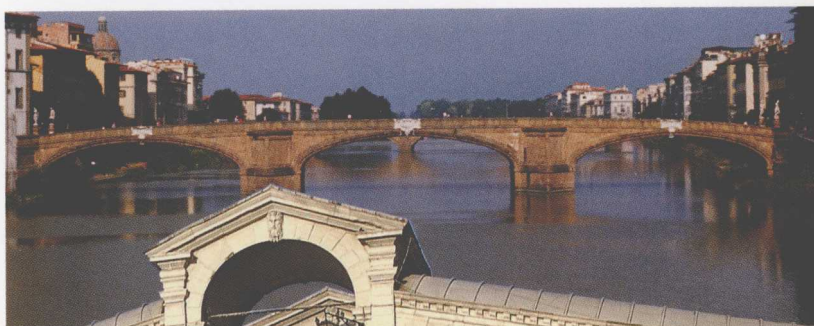
不过在中世纪末期，由于个别天才建筑师的奇思妙想，已经

出现了桥拱弧度非常小的桥梁。

这种所谓的弓形拱，不是一个半圆，而是一个圆的大约八分之一圆弧，这种造型还显得特别优美。

另外一种拱形的形式，是所谓的三心拱。这不是一个圆的一部分，而是由具有不同半径的多个圆弧组合在一起的结构。这样一个扁平的穹顶不再只是垂直给地面施加压力，它还具有巨大的侧向力。这种“水平推力”，必须由河岸上巨大的桥台和结实的桥墩来承受。

三心拱——佛罗伦萨的圣特里尼塔大桥



弓形拱——位于威尼斯的里亚托桥



