

欧美桥梁设计思想

第一版讲稿

Design Philosophy of European and American Bridges

Yingliang Wang PhD, CEng, Professor

王应良 工学博士 英国注册工程师 教授级高工

yingliangwangcd@yahoo.com.cn

2011年08月

部分国内外著名专家评语摘要

本书将使工程师确信设计笨拙、不优美和令人厌烦的结构,以及与之相反的一些奇怪和昂贵的桥梁,都是不能被接受的。特别是对那些未来要接替我们的年轻工程师,这本书也论证了,结构方案的多样性(这是我们现代世界需要的)不能采用偏离笛卡尔思想、逻辑和经济的手段而获得。这本书还展示出,优雅并不需要不必要的复杂,相反需要的是简单和纯粹的线条。这也正是我希望的。

国际预应力混凝土协会名誉主席、法国技术科学院院士 Michel Virlogeux

本书带领我们进入一个精彩的桥梁及其概念设计的世界。希望该书能得到积极和广泛的共鸣。

国际桥梁与结构工程协会副主席、美国科学与艺术院外籍院士 Jörg Schlaich

阅读本书您可以了解桥梁设计、建造原理,从近代起创造了这些桥梁结构的人们的智慧和想象力。书中的文字、例子对任何图书馆的桥梁艺术、科学和工程技术方面都是难得的好书,对学生也是很好的学习材料。

欧洲科学院院士、塞尔维亚科学与艺术院院长 Nikola Hajdin

本书的内容基本涵盖了重要的发明和创新技术,是十分难得的。我期待着这本书的出版,并希望中国年轻一代的总工程师们能人手一册,经常翻阅和思考,沿着欧美桥梁大师的足迹去创造更好的技术,建造出美丽和耐久的桥梁。只有了解历史才能更好地创造未来。我也希望有志于桥梁事业的年轻学子和未来的桥梁工程师能从本书中认识到中国和欧美发达国家的差距,懂得创新的艰辛。

中国工程院院士、国际桥梁与结构工程协会副主席 项海帆

本书填补了我国在欧美卓越桥梁家设计思路方面的研究空白。就其所涉及的时间之长、地域之广讲,国外国内还没有同类图书可与之比较。就学术水平讲,应列为国内领先水平。发表之后,可以惊动我国桥梁界,使大家逐步明白国外现代桥梁发展轨迹,其科技水平和美学造诣表现在哪些方面,他们的历次创新是怎样搞出来的,我国桥梁界应该在哪些方面迎头赶上。就出版价值讲,在推动我国桥梁发展方面,它的意义将很深远。

西南交通大学教授 钱冬生

本书内容丰富、真实,对工程技术界的有志之士在技术思想方面具有启迪作用。

中国工程设计大师 杨进

责任编辑:徐燕

封面设计:薛小卉



地址:北京市宣武区右安门西街8号
邮编:100054
网址:WWW.TDPRESS.COM

ISBN 978-7-113-08635-0



9 787113 086350 >

ISBN 978-7-113-08635-0/TU · 926

定价:75.00 元

欧美桥梁设计思想

欧美桥梁设计思想

Design Philosophy of European and American Bridges

王应良 高宗余 编著
钱冬生 主审



中国铁道出版社



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

本材料的主要讲座时间和地点汇总

2005. 10	南京	全国钢结构论坛大会报告
2005. 12	攀枝花	四川省桥梁年会大会报告
2007. 04	重庆	重庆交通大学邀请报告
2008. 12	福州	福州市政设计院邀请报告
2009. 03	武汉	武昌造船厂邀请报告
2009. 05	雅加达	国际缆索承重桥梁会议大会报告
2009. 06	珠海	珠港澳大桥建设指挥部邀请报告
2011. 05	南京	东南大学土木工程学院

.....

卷首语

一个懂得尊重思想的民族，才会诞生伟大的思想。一个拥有伟大思想的国家，才能拥有不断前行的力量。

实用、安全、美观，这是造桥人的美好理想。也许这是永远无法完全实现的愿望，但是造桥人可以在无尽的岁月中无限地接近它。正是在这一追寻理想的过程中，欧美桥梁工程师以他们卓尔不群的气质留下了各具特色的发展道路和经验教训，启迪着今天，也影响着未来.....

当我们努力建设先进桥梁的时候，桥梁创新自然成为最为关注的课题。这个材料基本上却是讲桥梁历史的。这里把欧美桥梁200多年来的发展做了一个简要回顾，力求阐明其发展特征及转折点，以便让大家知道在桥梁发展过程中有过哪些成就，走过哪些弯路，又有哪些谬误是我们现在应该避免的，以便今天把桥梁修建的更好。

正如马克思所说：“人们不能随心所欲地创造历史”，他们只能“在直接碰到的、既定的、从过去继承下来的条件下”进行创造。谁对历史了解得更为深刻和透彻，谁就更可能有成功的基础。相反，如果仅仅把思想和眼光局限于现在，不要说面向未来了，恐怕就连现在都把握不了。

桥梁作品是设计师思维方式的直接反映。探讨设计师创作的思想方法一直是桥梁设计师们最感兴趣的问题。我们试着从思维的角度去剖析桥梁创作和设计活动，是因为思维对世界把握的完整性和深刻性是别的东西所无法比拟的。包含着创造性的理解和看法。

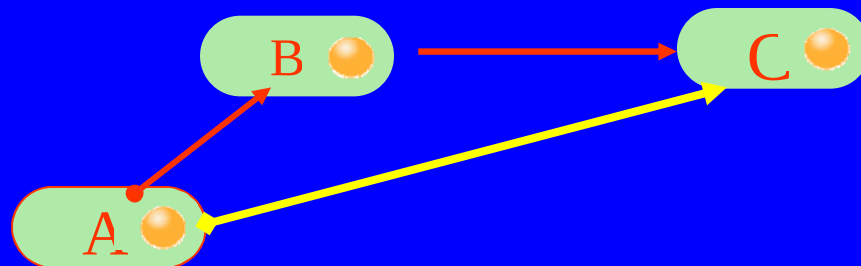
鉴于桥梁历史和创作思想的重要性及它们的关联性，试图从这两个角度去探索欧美桥梁的设计思想。这里遇到两个难题：

历史作品的时代感和现实感问题。

每个时代都需要编写自己的历史。不是因为早先的历史编写的不对，而是因为每个时代都会面对新的问题，产生新的疑问，探索新的答案。以便使读者不仅在阅读历史，而且也在了解现实，不仅在与历史沟通，也在与现实对话。

设计师思想的抽象性问题。

中国工程院院长徐匡迪所说“工程需要有哲学支撑，工程师需要有哲学思维”。也许同一设计师作品的差异很大，但思维方式是主体反应客体的相对稳定的形式。我们永远无法通过描述来体验设计师的思想，解释和分析充其量只能预备一些背景知识，然而这些背景知识却有助于探明事理，启迪智慧。



关注的重点并不在于某座名桥，而在于设计师设计这座桥时所闪现的思想火花。因为智慧不同于知识，智慧是方法论，是正确的思维方式。随着时间流逝，知识可能过时了，但智慧是永存的。探索大家智慧。（当代大学生和牛顿、阿基米德。朱熹）

学习和研究历史的目的：

探明事理， 启迪智慧！

追随大师足迹， 品读经典桥梁。
探索大家智慧， 感悟创新真谛！

第一章 欧美桥梁成就概述

第二章 近代欧美桥梁设计思想(上)

第三章 近代欧美桥梁设计思想(下)

第四章 现代欧美桥梁设计思想(上)

第五章 现代欧美桥梁设计思想(下)

1.1近代欧美桥梁主要成就(1750~1945年)

1.1.1石拱桥方面，认识到压力线的连续作用，出现矢跨比非常小的多跨连拱，墩宽/跨径最小达到1/16

1.1.2 铸铁、锻铁和钢拱方面，形成了某些设计理论和施工技术

1) 铸铁拱桥出现，并形成了较系统的铸铁、锻铁拱桥设计理论和施工技术

2)几乎与法国大量使用锻铁拱的同时，美国建成第一座钢拱桥。随后，又建成以悉尼港大桥为代表的多座拱桥

1.1.3 形成系统的锻铁箱管梁、钢桁梁桥设计理论、制造和施工技术

1.1.4 悬索桥方面

- 1) 采用锻铁眼杆或钢眼杆做主缆的悬索桥
- 2) 采用熟铁丝和钢丝做主缆的悬索桥
- 3) 自锚悬索桥
- 4) 美国大跨悬索桥的发展

1.1.5 混凝土桥梁方面

- 1) 出现了混凝土拱桥，发明了米兰法和拱桥计算的挠度理论，并建成了多座大跨混凝土拱桥
- 2) 实现了钢筋混凝土梁桥悬臂浇筑法
- 3) 开始出现了预应力混凝土思想，预应力混凝土结构并没有真正引起工程界的重视。

1.2现代欧美桥梁主要成就(1946~2007年)

现代欧美桥梁的主要技术成就。

1)在结构形式方面

大跨预应力混凝土连续梁和连续刚构桥

斜拉桥、正交异性板钢桥面

流线型扁平钢箱梁、组合结构桥梁。

2)在建筑材料方面

早期出现了预应力混凝土，后来出现高性能混凝土和轻质混凝土。高强钢和耐候钢。

1.2现代欧美桥梁主要成就(1946~2007年)

3) 在制造和施工技术方面

钢梁制造引进了焊接技术。高强度螺栓连接。出现全焊钢桁梁。

挂篮悬臂浇筑和悬臂拼装技术，顶推施工法，拱桥转体和悬臂浇筑技术。

跨海长桥设计和施工技术，桥梁施工大型机械得到较大的发展。

4)在基础方面

出现大型的钢或混凝土沉井、大直径钻孔桩、双壁钢围堰、地下连续墙基础等。

开发成功了岩孔锚技术。

进入20世纪80年代以后，桥梁作为文化和建筑景观日益得到大众的关注。两条主线尤其明显，其一是大跨度结构不断涌现，另一是将许多桥当作艺术品进行设计，同时也出现了一些非常怪异的桥梁。

总体来说这些艺术桥梁的结构型式表现为：

- (a) 无背索斜拉桥、拱塔斜拉桥、帆船塔斜拉桥、曲线型和折线型塔斜拉桥、桥塔布置在一侧的斜拉桥、拉索曲面布置的斜拉桥和斜拉拱桥等；
- (b) 单肋斜拱桥、靠背拱桥、格构式拱桥、鱼型拱、蝴蝶拱桥；异性拱桥、错位拱桥。
- (c) 曲线型塔悬索桥、悬带桥、悬带桥和拱的组合体系桥梁。
- (d) 各种仿生桥梁：鱼型桥、天鹅桥、恐龙桥、贝壳桥、蝴蝶桥和日月拱桥等。



蝴蝶拱桥



开启桥





美好美术馆桥



伦敦千禧桥



巴黎Simone de Beauvoir人行桥

2. 1	让-洛多罗夫佩罗内 (Jean-Rodolphe Perronet)	1708	1794	法国
2. 2	亚伯拉汗·达比三世 (Abraham Darby III)	1750	1791	英国
2. 3	托马斯·泰尔福特 (Thomas Telford)	1757	1834	英国
2. 4	马克·塞昆 (Marc Seguin)	1786	1875	法国
2. 5	约翰·奥古斯塔斯·罗布林 (John Augustus Roebling)	1806	1869	美国
2. 6	罗伯特·斯蒂芬松 (Robert Stephenson)	1803	1859	英国
2. 7	依桑巴顿·金顿·布鲁内尔 (Isambard Kingdom Brunel)	1806	1859	英国
2. 8	詹姆斯·艾芝 (James Eads)	1820	1887	美国
2. 9	古斯塔夫·亚历山大·艾菲尔 (Gustave Alexandre Eiffel)	1832	1923	法国
2. 10	本杰明·贝克 (Benjamin Baker)	1817	1898	英国
	约翰·福勒 (John Fowler)	1840	1907	英国
2. 11	约瑟夫·蒙耶 (Joseph Monier)	1823	1906	法国
2. 12	弗兰克斯·赫尼波柯 (Francois Hennebique)	1842	1921	法国

3.1	古斯塔夫·林登塔尔(Gustav Lindenthal)	1850	1935	美国
3.2	约翰·乔布·柯如·布拉德福(John Job Crew Bradfield)	1867	1943	英国
	拉尔夫·弗里曼(Ralph Freeman)	1880	1950	英国
3.3	利昂·所罗门·莫西夫(Leon Solomon Moisseiff)	1872	1943	美国
3.4	奥斯玛·赫尔曼·阿曼(Othmar Hermann Ammann)	1879	1965	美国
3.5	戴维·伯纳德·斯坦因曼(David Bernard Steinman)	1886	1961	美国
3.6	约瑟夫·巴尔曼·斯特劳斯(Joseph Baermann Strauss)	1870	1938	美国
3.7	查尔斯·亨利·珀塞尔(Charles Henry Purcell)	1883	1951	美国
3.8	罗伯特·马拉尔(Robert Maillart)	1872	1940	瑞士
3.9	约瑟夫·米兰(Joseph Melan)	1853	1941	奥地利
3.10	尤金·弗奈西奈(Eugene Freyssinet)	1879	1962	法国
3.11	爱德华·托罗佳(Eduardo Torroja)	1889	1961	西班牙
3.12	弗朗茨·基辛格 (Franz Dischinger)	1879	1953	德国

4.1	乌立希·芬斯特沃尔德 (Ulrich Finsterwalder)	1897	1978	德国
4.2	里卡多·莫兰迪 (Riccardo Morandi)	1902	1989	意大利
4.3	林同炎 (T. Y. Lin)	1903	2000	美国
4.4	弗瑞兹·莱昂哈特 (Fritz Leonhardt)	1907	1999	德国
4.5	海尔马特·霍姆伯格 (Hellmut Homberg)	1909	1990	德国
4.6	吉尔伯特·罗伯茨 (Gilbert Roberts)	1899	1978	英国
4.7	威廉·布朗 (William Brown)	1928	2005	英国
4.8	让·穆勒 (Jean Muller)	1925	2005	法国
4.9	艾黎佳·司徒佳定诺维克 (Ilija Stojadinovic)	1926	1982	塞尔维亚

5.1	尼古拉·哈丁 (Nikola Hajdin)	1923		塞尔维亚
5.2	克利斯汀·梅恩 (Christian Menn)	1927		瑞士
5.3	乔格·西拉斯 (Jörg Schlaich)	1934		德国
5.4	雅克·马迪瓦 (Jacques Mathivat)	1932		法国
5.5	雅克·孔布 (Jacques Combault)	1943		法国
5.6	米歇尔·普拉西迪 (Michel Placidi)	1946		法国
5.7	米希尔·维洛热 (Michel Virlogeux)	1945		法国
5.8	霍戈斯文生 (Holger S. Svensson)	1945		德国
5.9	圣地亚哥·卡拉特拉瓦 (Santiago Calatrava)	1951		西班牙



Thomas Telford (1757 – 1834)

最初他是个石匠，成为那个时代非常著名的工程师。他是英国土木学会的第一届主席。正位于工业革命以后，出现了铸铁，随后出现锻铁。他认为：

取代拱桥中石头的最好材料使铸铁；

用于新式悬索桥缆索的最好材料是锻铁。



本桥是第一座铸铁拱桥，从结构上可以看出几乎完全模仿以前的木结构拱，拱肋是典型的格构拱，不是桁架拱。

铸铁比钢耐腐蚀，此桥现在依然存在。本桥设计带有很大的盲目性，但具有很宝贵的探索精神。

单跨拱桥跨度为30.5 m，有5个拱肋，1779年建成。他参与了此桥的建造。



庞特理特引水桥 1805年完工，高38.7 m，19跨，每跨13.7 m。

这是18世纪设计中最难忘的金属纪念牌之一，今天依然在使用，原来的铸铁完好无损。



克拉雷齐桥 1814年建成，主跨46米。桁架无铰拱。



滑铁卢桥 1815年建成，主跨32米。桁架无铰拱。两个拱肩处雕有象征英国的花：玫瑰、葱、三叶花和荆，分别代表英格兰、威尔士、爱尔兰和苏格兰。



伊顿霍尔桥 1824年建成，主跨45.75米。无铰桁架拱。



英国康韦悬索桥
span=99.7 1826年

旁边的是非常著名的
箱梁桥



麦纳海峡桥 1826年建成，主跨177米 采用锻铁作为主缆 本桥于1940年更新

不朽的结构不但取决于其建造施工的质量，同时也取决于工程师对传统结构形式的突破创新和对新型材料性能的充分了解和利用。泰尔福特所设计的铸铁拱桥和锻铁悬索桥是英国工业革命的见证，他的创新理念今天仍然值得借鉴。



依桑巴顿·金顿·布鲁内尔

生于1806年，去世1859年。

一个人受人爱戴的天才。一个富于幻想工程师，他的美学观念和经过时间考验而流传作品对后来的工程师是一种永恒的启发和鼓舞。甚至对没有专业知识的民众也在潜移默化中被他内在的美和他的工作以及贡献所感染，1966年用他的名字命名了布鲁内尔大学。

他的名字受人尊敬，一直流传到今日。他被安放在威斯敏斯特教堂供人祭奠。它是历代国王加冕登基、举行婚礼庆典的地方，英国的王室陵墓所在地。也安葬着许多伟大的科学家，包括牛顿、达尔文等。



克利夫顿悬索桥

在22件投标方案中，22岁的布鲁内尔的方案。

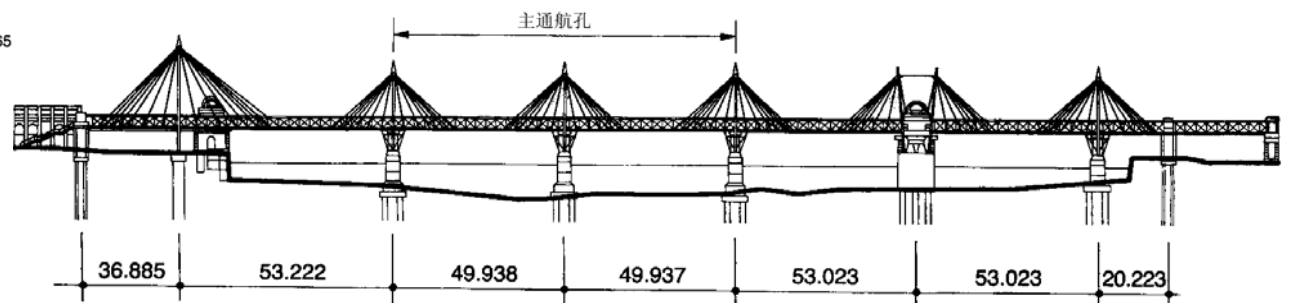
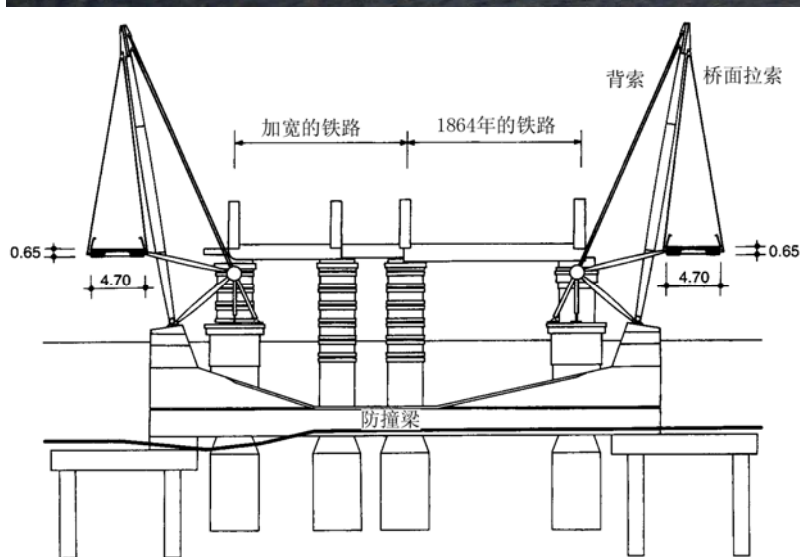
主跨214米，设计时是当时最大跨度悬索桥。

1830年投标，1864年建成。

从方案选型到建成共用33年。

去世后第5年才建成。

对他来说既有少年得志的辉煌，更有大器晚成的沧桑。



上帝为他关上一扇门的同时，为他打开了另外一扇窗。



梅登黑德的跨越泰晤士河的世界跨度最大的砖拱桥(两孔主跨39米, 1838年建成)。桥的造型优美, 桥跨低平, 呈椭圆形。拱顶如此很薄, 而且承载的火车重量是桥最初设计可以承载的火车重量的五倍。



1852年建成主跨91.5米的查普斯托尔桥，采用两楹独立的普拉特桁架。有两个显著的特点：1) 上弦采用非常坦的拱(拱的矢高小于0.5米)。2) 中间节间在上、下弦之间带有三个腹杆连接。本桥为他以后设计著名的艾伯特桥奠定了良好的基础。



ALBERT 桥

悬索拱，平衡特点

跨度138.6m

水下基础是用两个直径10.6m的锻铁圆管形气压沉箱。

即将建成前去世。



整体提升



相似而不相同的技术与艺术成就

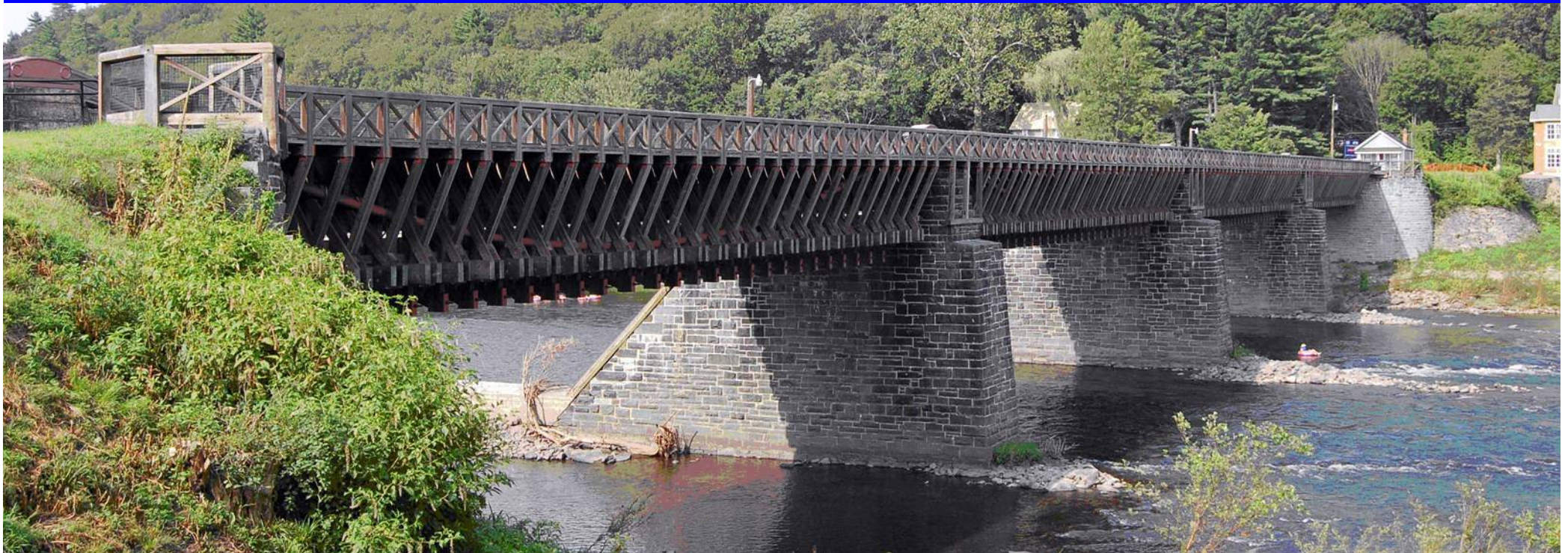
无论从远处还是近处都看不出这座桥已经经历了近150年的岁月。
一生奋斗不息的“工程师之魂”至今依然令人敬仰。



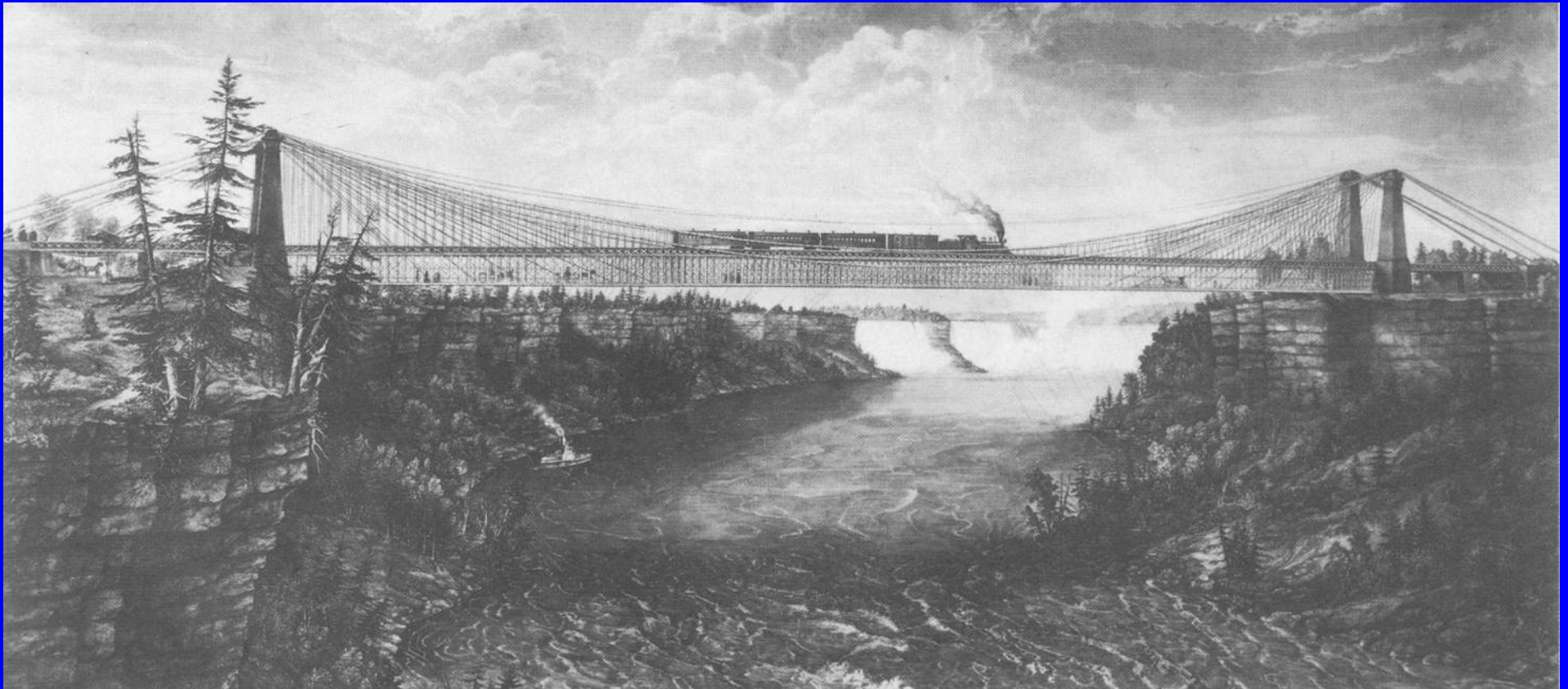
John Augustus Roebling

1806—1869年

他的成熟风格由圪工桥塔、垂直悬挂的扁平桥面及索塔外辐射状的拉索系统组成。



特拉华河输水桥 1848年建成，地锚多跨悬索桥，用于输水。熟铁丝主缆，木桁梁，孔跨布置为40.08+39.88+39.96+ 43.1 m



尼亚加拉桥 1855年建成，主跨250米，
上层单线铁路，下层公路，1897年拆除。
首次采用AS法架设主缆

妈妈钢琴家，父亲是有名的画家。世界上少了一位艺术家，却多了一位睿智而有毅力的桥梁设计师，他为世界建造了一座经典的桥。每一个成功的男人，女人，每一座经典的桥梁背后有许多故事。



经典的魅力是永恒的，其榜样的力量是无穷的。 金门大桥设计师—斯特劳斯



布鲁克林桥 1883年建成，主跨486米

1857年他本人所写的项目建议中“……巨大的桥塔耸立着，象一座国家纪念碑，先进桥梁工程的代表，这一构造物将永远展现其功能、事业及其显示出的社会财富。”



测量时被驳船压碎脚

1869年7月22日感染去世。 补充木沉箱

其长子担任本桥的总工程师，

1870年3月本桥动工，

并于1883年5月24日竣工。

1964年被美国宣布为国家历史纪念碑



1832—1923年 法国人

直到1878年他是公认的法国金属结构建造者中心的领袖，在世界同行业中也由领导者地位。

他考虑了高架桥和塔承受强风荷载的因素，他的变截面宽度的设计风格在其桥、塔的横向造型中都得到了体现，给人以强壮、稳健的形象。



rouzat viaduct 1860年建成

主跨60米 桥墩高度60米 单线铁路桥

首次采用拖拉法架设钢梁，

桁梁顶推的特点：



桥塔底部向外弯曲，增加刚度，埃菲尔设计风格的开始，20年后这一风格在埃菲尔铁塔上发展到了顶峰。

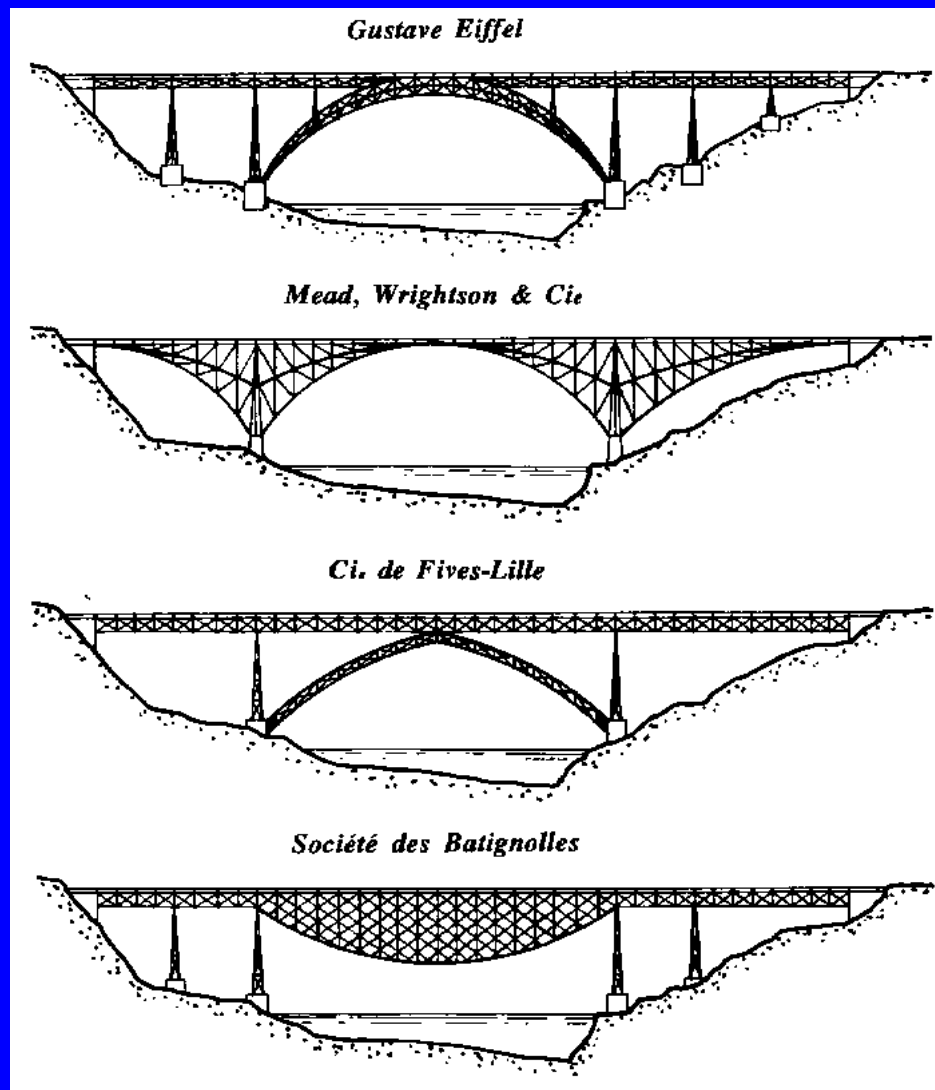




自由女神神像



Pia Maria bridge 铁路桥，主跨160米锻铁新月拱桥，1877年建成采用铰支座、由拱顶到拱角横向逐渐变宽。



Pia Maria bridge 国际竞赛的四个方案



位于玛利亚·皮亚桥下游约500 m，1886年，保持着铁拱桥跨径纪录。双层，
 $L=172\text{ m}$ ，
 $F=44.6\text{ m}$ ，拱肋
 $16.7\text{--}7.1\text{ m}$ ，其
竖平面与水平面
均为抛物线形。

路易一世大桥

Garabit bridge 是最伟大的结构工程之一，也是他桥梁生涯的杰出代表作



Garabit bridge 铁路桥 主跨165米锻铁新月拱桥 1884年建成，
当时跨度最大特点：采用铰支座、由拱顶到拱角横向逐渐变宽。



Othmar Herrmann Ammann

(1879-1965)生于瑞士，1904年到美国，设计
了美国多座悬索桥和拱桥

桥梁造型简洁、雄壮，桥塔一般只设置上横梁。
体现了他悬索桥的风格。

1931年建成，基础好，裸露的桥塔也可以创造出一种美，跨度首次超过1000米。



华盛顿大桥 $186+1067+186$ ，第一座主跨超过1000m

应该指出的是
他设计的悬索桥太
重，材料用量较多，
从某种程度上讲相
对于Steinman的设
计不太经济。



维拉扎诺桥1964年建成 370+1298+370米
阿曼认为重力就是刚度，迄今人类架设的最重的悬索桥





Bayonne bridge 1931年建成 主跨504米。
跨度只比悉尼桥大25in，荷载较小，架设也比较容易。



David Bernard Steinman (1886-1960)

设计的悬索桥以桥塔轻盈、纤细，主梁通透而著称。

相对于Ammann来说他设计的桥比较经济。

20世纪美国长大桥时代的领袖人物，自称为“造桥人”。

他说“桥是显示人类渴望不断进取的纪念碑”



弗洛里纳波利斯桥，1926年建成，主跨339.7m，塔下设摆轴。眼杆与中部桁梁上弦结合。



圣约翰桥

1931年建成

主跨367.9 m

高技派建筑的桥塔



新塔可马桥 1950年建成，主跨853m。主梁通风性能非常好。

欧美桥梁设计思想



Third Tacoma Bridge, Rc pylon , truss girder, 853, completed in 2007

欧美桥梁设计思想



Third Tacoma Bridge, Rc pylon , truss girder

麦金纳克桥 547+1158+547
美国最长的悬索桥，1957年建成

桥面透风隔栅
中央扣





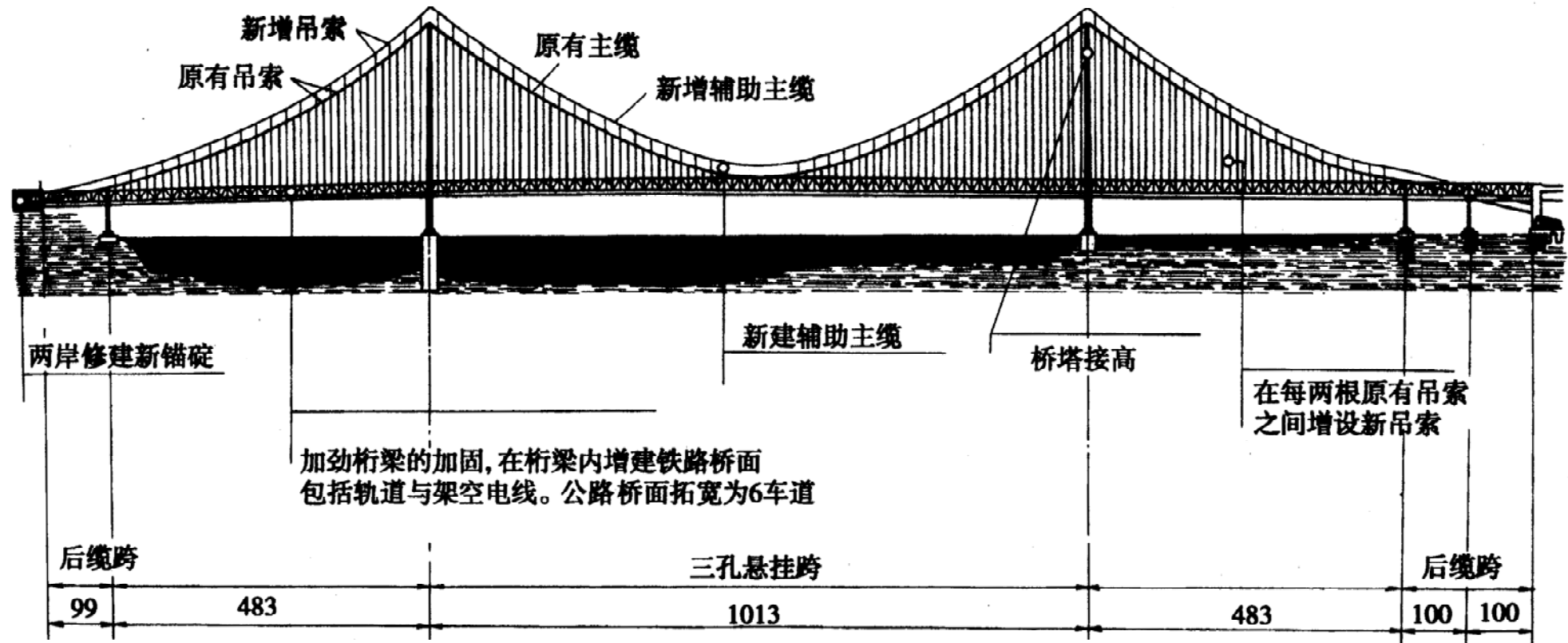
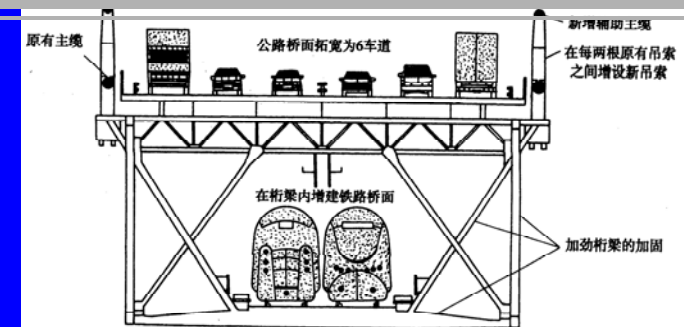
透风隔栅桥面

塔细、梁透

里斯本的金门大桥

Tagus桥 1966年建成， $483+1013+483$

透风隔栅桥面
塔细、梁透
里斯本的金门大桥





墨西哥纳海峽的悬索桥方案。1950年，主跨1524m，边跨732m，超过当时全部的悬索桥。

- 1) 变高度桁梁
- 2) 负拉索

美国—英国—法国—罗马(文艺复兴)—希腊—埃及





Robert Maillart

1872—1940 生于瑞士

他用砼创造了技术上适合其特性、视觉上耳目一新的新形式。共设计47座桥梁，除过3座外，很多桥梁已经连续使用超过80年，几乎完好无损。

结构形式主要位三铰拱和桥面加劲拱。



桥面加劲拱 1933年建成，主跨38米。

为什么用柔拱加劲？



桥面加劲拱桥 (刚性梁柔性拱)



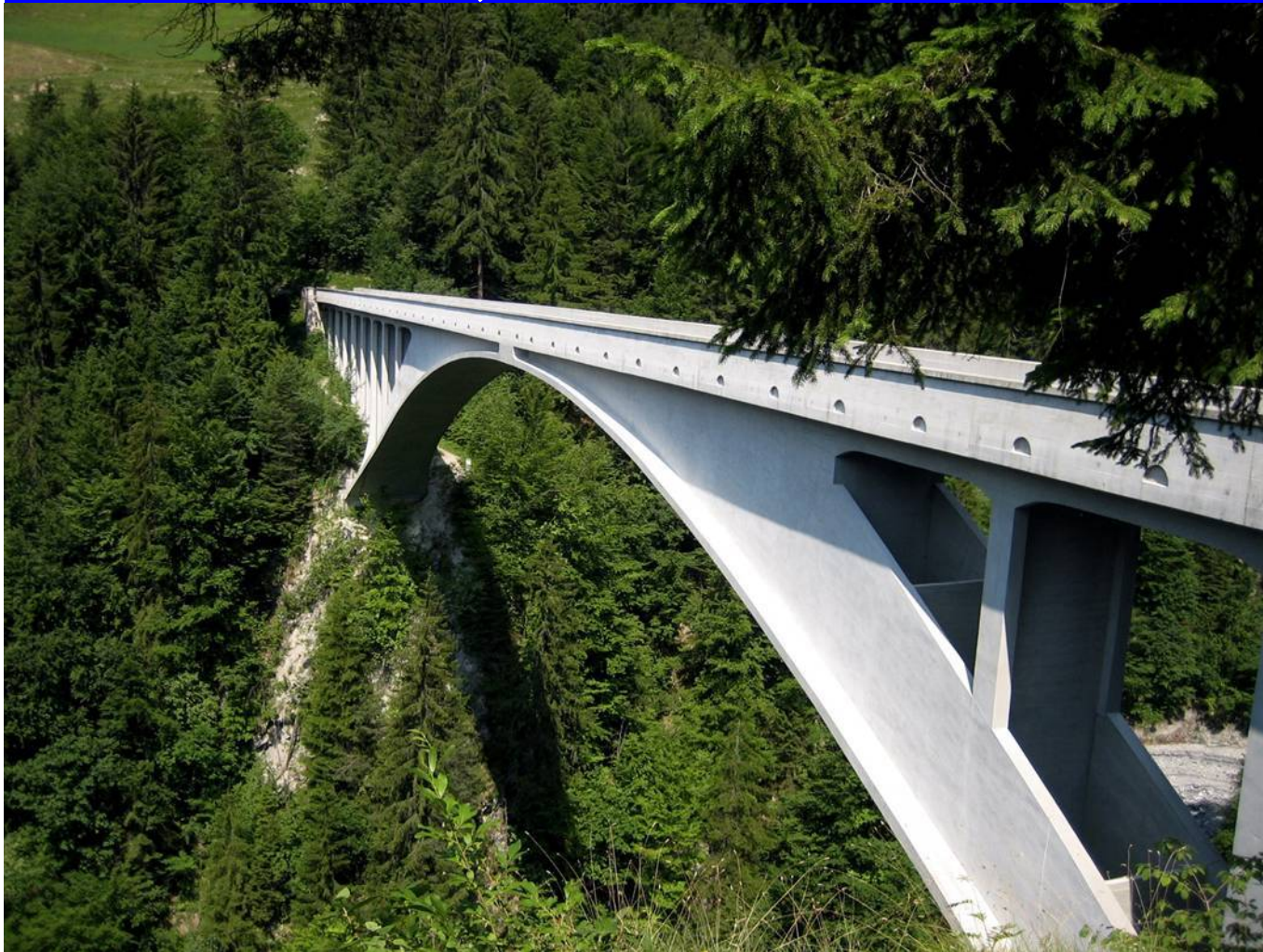


三铰拱桥 1911年



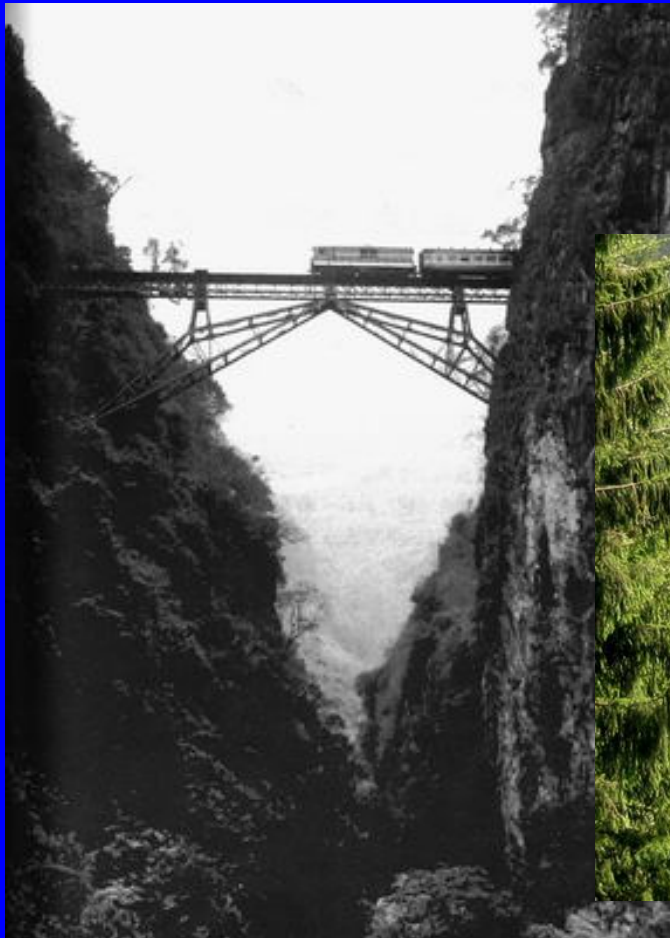
Salginatobel Bridge 主跨90米，1930年建成。三铰拱。支架法施工。
他设计的最大跨度的桥，桥的壮丽景色使它成为马拉尔最著名的设计。

这座桥是许多旅游者常去的地方，站在这座桥的前面，人们认识到的不仅是一座桥梁，更是一座精神的殿堂，20世纪最漂亮的桥梁。



马拉尔通过这座桥把天、地、人联系在了一起，也把天才、勤奋和探索紧紧的联系在了一起。

文章



中国昆河铁路的傛姑桥

傛姑桥跨度55米，下面是近200多米的峡谷，总重179.5吨，法国工程师鲍尔·波丁设计，1908年建成。顶部合拢后穿入钢枢联结。采用竖转的方法施工，在采用拖拉法架设钢梁。



傛姑桥比Salginatobel Bridge建成早，而且施工方法更先进，两桥有异曲同工之美。

Eugene Freyssinet 1879—1962

预应力结构创始人之一

20世界上半叶最伟大的混凝土结构工程师，
最早在拱顶预埋千斤顶施加预应力。





Boutiron 桥



Tonneins 桥，钢筋混凝土叠拱桥

主跨46米，1922年建成

现代科技和传统文化激情碰撞的火花



Plougastel桥，1930年建成，主跨180米，公铁两用混凝土拱桥，第一座箱形、变截面、抛物线拱肋桥。用千斤顶调整拱内应力，减小拱圈弹性压缩和收缩徐变，便于拆除拱架。



三塔混凝土悬索桥
1928年建成，
6.8+37+37+6.8米，
自锚悬索桥。



马恩河五座类似的桥
1948年建成，主跨74米，
预制分段拼装的刚架桥，
标志着预应力混凝土桥的
兴起！

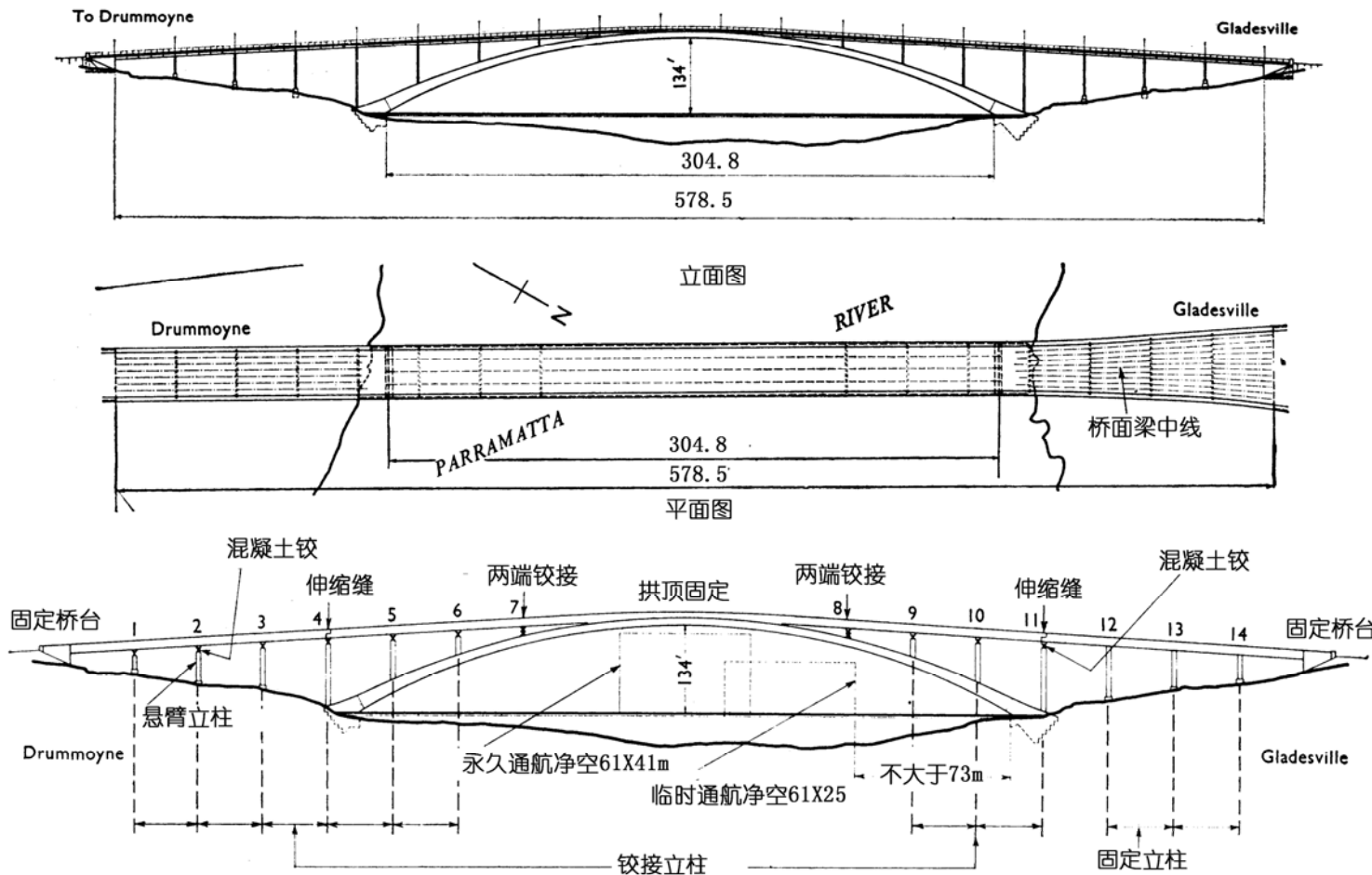


Orly 桥
主跨53.4米，
1958年建成，
PC连续梁桥



Gladesville Bridge 1964 主跨305 素混凝土拱桥

在1/3附近设置56个弗氏扁千斤顶，使压力线和拱轴线重合。矢跨比1/7.8 设计审核咨询



Gladesville Bridge 1964 主跨305 素混凝土拱桥

在1/3附近设置56个弗氏扁千斤顶，使压力线和拱轴线重合。矢跨比1/7.8 设计审核咨询

乌立希·芬斯特沃尔德

1897年生, 1978年去世。

他是他那一代的最多才多艺的混凝土结构设计师, 他从父亲(慕尼黑工业大学的数学教授)那里继承了德国的科学传统。他在第一次世界大战中作了法国人的俘虏, 年轻的芬斯特沃尔德开始研究数学, 获释之后, 1922年毕业于德国慕尼黑工业大学, 和Franz Dischinger一起在迪威达公司工作。

他对桥梁最重要的贡献是实现了预应力混凝土桥挂篮悬臂施工, 提出了预应力混凝土悬带桥, 并设计和修建第一座斜拉桥和刚构组合体系的桥梁。



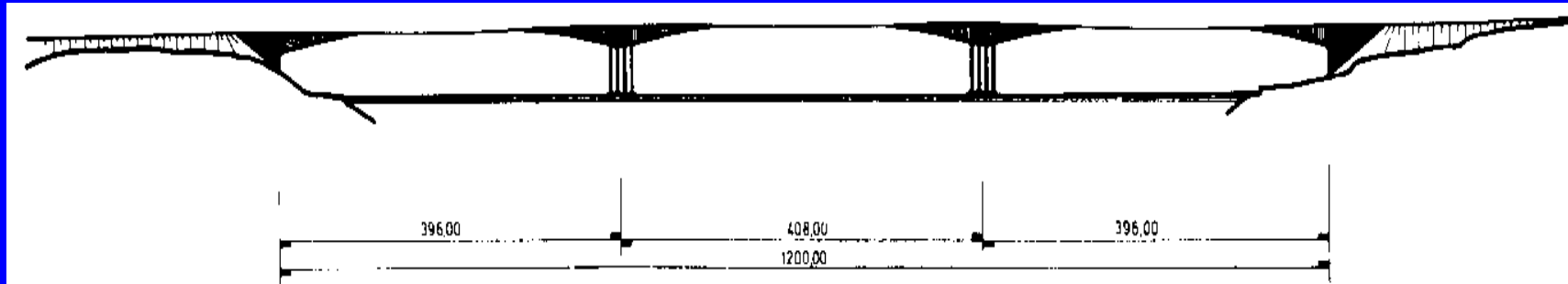


Nibelungenbrücke, 1953年建成, 主跨114.20m, 悬臂浇注法施工



- 1) 最早的一座斜拉与T构协作体系桥梁。
- 2) T构采用双幅三角形实心鱼鳍板梁桥。
- 3) 斜拉桥第一次采用迪威达公司研究的密索体系。

美茵河桥1972年建成，法兰克福，跨越美茵河，为铁路、公路和管道三用，主跨148.23m，宽30.95 m，当时最大跨径的混凝土铁路斜拉桥。



1958年提出博斯普鲁士海峡桥三跨PC悬带桥设计方案，孔跨布置为396+408+396m。

随后在此基础上修建了多座悬带桥。



Freiburg市的悬带桥，1970年，人行PC悬带桥。25.50+30.0+30.45m 桥面宽度4 m。





美国加州首府 “三块馒头” 应力带桥



Fritz Leonhardt 1909-1999

德国工程师 教育家

斯图加特大学教授 结构工程研究所所长

为世界斜拉桥的发展铺平了道路，奠定了良好的基础。

他还发明了顶推法。

德国的首座斜拉桥，第二座现代化的斜拉桥

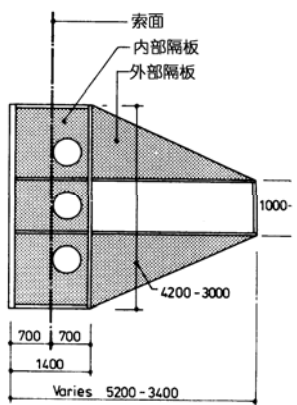
斜拉索为竖琴形稀索体系，其荷载的传递在很大长度上依靠主梁和桥塔的刚度



德国 Theodor-Heuss桥 (西奥特—霍义斯) 108+206+108 1957年建成

德国杜塞尔多夫 Knie桥 1969年建成 主跨328米

单塔不对称, 稀索体系, 桥塔无横梁
竖琴型, 边跨多个辅助墩增加刚度



曼海姆-罗德维希港桥

建成于1972年 287+60+65m

第一次使用平行钢丝作为斜拉索

第一座采用混合梁的斜拉桥



单塔不对称稀索体系

边跨采用多个辅助墩增加刚度

宽40米，钢箱梁和混凝土箱梁混合主梁。



德国杜塞尔多夫 Flehe桥 1979年建成 主跨367.24米 负责引桥设计