

# 世界斜拉桥、悬索桥及跨海大桥十大排行榜

《科技导报》编辑部

中图分类号 TU279.7·2      文献标识码 E      doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.09.001

山无径迹,泽无桥梁,不相往来。桥梁以一种“四两拨千斤”的智慧,在大地上、河海上,沟通不畅,衔接道路,创造景观,可谓凝结了人类的巧思,成为了人类建筑史上的一颗明珠。现代社会经济、交通和工程技术的发展,使桥梁建设越来越向大跨径、高难度和集群工程等方向发展。斜拉桥、悬索桥、跨海大桥等各类桥梁工程像花朵一样在世界版图绽放,绘成了桥梁工程的新图景。本文将盘点世界跨径排名前十的斜拉桥、悬索桥和跨海大桥,以展示世界桥梁的发展风貌。

## 1 斜拉桥

斜拉桥又名斜张桥,是一种用斜拉索直接将主梁悬吊在塔柱上的桥梁。世界第一座现代斜拉桥是 1955 年在瑞典建成的主跨 182.6m 的斯特罗姆海峡钢斜拉桥。

斜拉桥的构思 17 世纪开始出现,但由于条件限制,并没有得到很大发展。二战后欧洲重建,为了寻求既经济又建造便捷的桥型,人们认识到随着近代力学理论和各项技术的进步,斜拉桥在一定跨度范围内具有很大优越性,这种桥型重新被重视起来。

斜拉桥特点是组合体系桥,结构轻巧,适用性强,可以将梁、索、塔组合变化做成不同体系,适用于不同地质和地形情况。主梁增加了中间的斜拉索支撑,弯矩显著减小,与其他体系的大跨径桥梁相比较,其钢材和混凝土的用量均比较节省。借斜拉桥的预拉力可以调整主梁的内力,使之分布均匀合理,获得较好的经济效果,并能将主梁做成等截面梁,便于制造和安装。斜索的水平分力相当于对主梁施加的预压力,提高了梁的抗裂性能(特别是混凝土梁),并充分发挥了高强材料的性能。

斜拉桥的优点突出。桥的建筑高度小,受桥下净空和桥面高程的限制少,并能降低引道填土高度。与悬索桥相比较,斜拉桥竖向刚度及抗扭刚度均较强,抗风稳定性好得多,用钢量较少,钢索的锚固装置也较简单。由于是自锚体系,不需要昂贵的锚碇构造。不过斜拉桥由于是多次超静定结构,所以施工控制和设计计算复杂。

表 1 世界排名前 10 位的大跨径斜拉桥

排名	桥梁名称	主跨径/m	所属国家	建成时间
1	苏通大桥	1088	中国	2008
2	昂船洲大桥	1018	中国	2009
3	鄂东长江大桥	926	中国	2010
4	多多罗大桥	890	日本	1999
5	诺曼底大桥	856	法国	1995
6	荆岳大桥	816	中国	2010
7	Incheon Bridge	800	韩国	2009
8	上海长江大桥	730	中国	2009
9	闵浦大桥	708	中国	2009
10	南京长江三桥	648	中国	2005

### 1.1 苏通大桥

苏通大桥是中国首座突破千米的大跨径斜拉桥。

在宽阔的长江下游水域既要满足 10 万 t 海轮的通航要求,又要避免水中锚碇的困难,有必要采用超大跨度的斜拉桥。在设计施工过程中,两项新型结构及特殊设计方法、大型深水群桩基础施工控制技术、千米级斜拉桥塔梁索施工控制技术的应用,一举攻克了斜拉桥跨径突破千米的技术瓶颈。

苏通大桥采用施工把握较大的大型群桩基础,131 根长 120m、直径 2.5—2.8m 的大直径钻孔桩施工需要很大的承台,钢吊箱重量达到 6000t,克服了很多难题。同时,为防止今后的冲刷危及基础,还需要进行永久性的冲刷防护。

苏通大桥的抗风和抗震设计是方案设计阶段重点考虑的问题,采用具有刚性限位和液体黏滞阻尼的组合纵向约束装置,引进了美国泰勒公司先进的液体黏滞阻尼器,并为苏通大桥特别设计了带限位的特大阻尼器,使大桥在强风和强地震作用下,桥面不致发生过大的位移而导致桥塔的不利受力,并危及伸缩缝,成为大跨桥梁重要的保护系统,以保障桥塔的安全。

为了减小拉索的风荷载、减小桥面的侧向位移,同时防止拉索的风雨振动和其他风致振动,苏通大桥采用日本先进的

带凹点的表面处理技术以及索端的阻尼装置,并进行详细的大比例尺高雷诺数风洞试验和抗风研究,以避免不利的桥面涡激振动。

苏通大桥的桥塔施工、桥面钢箱梁施工、施工控制也都可圈可点。此外,苏通大桥的非通航孔引桥第一次采用国际先进的预制节段和体外预应力配索技术,赶上了世界先进水平。

苏通大桥荣誉累累,荣获中国国家科学技术进步奖一等奖、国际桥梁大会“George S. Richardson Medal”和美国土木工程师学会“Outstanding Civil Engineering Achievement Award”等多项大奖,这是中国桥梁工程在国际上获得的最高荣誉。



图 1 苏通大桥

### 1.2 昂船洲大桥

昂船洲大桥全长 1.6km,为双向三线高架斜拉桥,是香港八号公路干线的主要组成部分。大桥由香港葵涌货运码头入口,横跨蓝巴勒海峡,向西伸延至青衣岛。全球最高桥梁之一,可让超级货柜轮船经过。

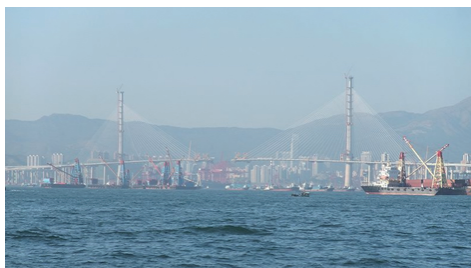


图 2 昂船洲大桥

### 1.3 鄂东长江大桥

鄂东长江大桥是一座双塔混合梁斜拉桥。大桥主桥主跨 926m,全长约 6.3km,为双向六车道设计。

### 1.4 多多罗大桥

多多罗大桥是日本本四连络桥项目总长 59.4km 中尾道—今治线上的一部分,连接着生口岛和大三岛。工程采用了主跨 890m 的流线型加劲钢箱梁斜拉桥方案。倒 Y 字型钢塔上部的狭缝是应景观性和力学性能要求特别设计的。加劲梁主要采用流线型钢箱梁结构,受过渡桥墩支承的端部梁则采用了预应力混凝土结构,以平衡主跨重量。主缆采用平行索股法编制而成,其中最粗的由 379 根直径 7mm 的钢丝组成,外部有 PE 热挤套防护。从气动力学性能的角度考虑,特将 PE 索套表面设计为带坑点的粗糙形状。



图 3 多多罗大桥

### 1.5 诺曼底大桥

诺曼底大桥建于 1994 年。它是一座与当地景观完美协调的斜拉桥,以其细长的结构和典雅的造型而著称。

该桥主跨 856m,但这不包括靠近桥两端的引桥。桥的总长是 2200m。主梁为混合梁,其中 624m 为钢梁,其它为混凝土梁;边跨全部为混凝土梁,用顶推法施工。诺曼底大桥由 33 个部分组成,中间一部分是最后嵌进桥中,由下往上提升而成。桥的重量由 2000km 长的钢绳支撑。两座混凝土桥塔高 215m,耸立在相当于 20 层高楼的基座上。全桥造价 32 亿法郎。主梁外形为扁平的梯形箱梁,采用悬臂法施工。下部为 140m 高的 A 形混凝土结构,其上部是用两个混凝土半圆壳体加以保护的矩形横断面钢塔,全部斜缆锚固在塔顶部的钢锚箱内。斜缆由平行钢丝索组成,最大直径 16.8cm,共 184 根。为避免索面内斜缆的振动,在每个索面内布置了 4 对直线连接索,在缆索下端安装了阻尼器。



图 4 诺曼底大桥

### 1.6 荆岳大桥

荆岳长江公路大桥位于湖北、湖南两省交界处的长江城螺(湖南岳阳城陵矶——湖北荆州监利白螺)河段,系超大跨度不对称混合梁斜拉桥。大桥主体工程为跨南汉深泓主桥和跨北汉滩桥:主桥为混合梁斜拉桥,桥塔为 H 型,南塔高 224.5m,北塔高 267m;北滩桥为七孔预应力砼连续梁桥。



图 5 荆岳大桥



### 1.7 Incheon Bridge

又名仁川大桥,是 5 跨钢箱梁斜拉桥,全长 12.6km,由斜拉桥、引桥和高架桥组成,倒 Y 字型钢筋混凝土主塔高 238m,墩基采用钻孔桩基。另外,作为船舶防撞措施,针对主桥墩、辅助桥墩以及过渡桥墩专门设计了适合该桥的围箱式吸能装置。



图 6 仁川大桥

### 1.8 上海长江大桥

上海长江大桥连接崇明岛和长兴岛,全桥长 16.5km,跨江段 10km,主塔采用人字造型。



图 7 上海长江大桥

### 1.9 闵浦大桥

闵浦大桥共有 176 根拉索,总重量达 4000t 左右,其中最大的一根拉索内有 439 根直径 7mm 的钢丝组成。主桥的合龙段重达 720t,是一个上层长超过 23m、下层长超过 26m、宽 43.6m、高 11.5m 的梯形状钢结构桁梁。合龙段采用专门设计的吊机从船上吊至合龙缺口。吊点的控制精度达到毫米级,而全焊接方式完成合龙在世界同类型桥梁建设史上尚属首次。闵浦大桥主桥在建设过程中,创造了双层斜拉桥主跨最长、桥梁承台混凝土一次浇注体积最大、拉索直径最粗、合龙段整体钢结构桁梁节段全焊连接方式等多项国际造桥业的纪录和自主创新成果。

### 1.10 南京长江三桥

南京长江三桥桥塔采用钢结构,为国内第一座钢塔斜拉桥,也是世界上第一座弧形钢塔斜拉桥。该桥是从香港昂船洲大桥国际竞赛的第二奖方案中得到的启示。

为了加快施工速度,桥面以上的塔柱采用钢结构,以便于在工厂精确制造,同时也带来了上下塔柱连接处钢混结构混合段的构造难题。经研究,选择了在钢塔柱上开孔,与穿过的钢筋和现浇混凝土形成 PBL 剪力键,作为传递荷载的主要



图 8 南京长江三桥

构件。矩形钢塔柱截面经过风洞试验选择了最佳的切角处理以抑制可能的驰振和涡振。可以说,南京三桥的钢塔桥是一项有创意的设计。

## 2 悬索桥

悬索桥也称为吊桥,行车和行人的桥道梁(通常称为加劲梁)通过吊索挂在主缆上。现在的主缆一般用许多根高强钢丝做成,主缆两端用锚碇固定。通常还用两个高塔给主缆提供中间支撑。悬索桥承重主要靠主缆。主缆的钢丝强度高且可以根据需要增加钢丝数,所以悬索桥的跨越能力特别大。

由于其跨度大,相对来讲,悬索桥的桥塔高耸挺拔而主缆又显得轻柔飘逸,刚柔相济,雄伟壮观,因此大跨度悬索桥的所在地几乎无不将其作为重要的旅游景点。

同其他体系的桥梁相比较,跨度越大,悬索桥的优势越明显。在材料用量和截面设计方面,由于大跨度悬索桥的加劲梁(加劲梁在悬索桥中要占相当大的比例)不是主承重构件,其截面并不需要随着跨度增大而增加,节省材料。

在构件设计方面,悬索桥的主缆、锚碇和桥塔 3 个主要承重构件在扩充其面积或承载能力方面所遇到的困难则较小。

另外,由于悬索桥跨越能力大,常可以因地制宜地选择一跨跨过江河或海峡主航道的布置方案,这样就可以避免深水桥墩的修建,满足通航要求。悬索桥也有一些不足:由于悬索是柔性结构,刚度较小,当活载作用时,悬索会改变几何形状,引起桥跨结构产生较大的挠曲变形;在风载荷、车辆冲击

表 2 世界排名前 10 位的大跨径悬索桥

排名	桥梁名称	主跨径/m	所属国家	建成时间
1	明石海峡大桥	1991	日本	1998
2	西堠门大桥	1650	中国	2009
3	Great Belt Bridge	1624	丹麦	1998
4	Gwangyang Bridge	1545	韩国	在建
5	润扬长江大桥	1490	中国	2005
6	南京长江四桥	1418	中国	在建
7	Humber Bridge	1410	英国	1981
8	江阴长江大桥	1385	中国	1999
9	香港青马大桥	1377	中国	1997
10	Hardanger Bridge	1310	挪威	在建

载荷等动载荷作用下容易产生振动。目前桥梁抗风稳定性研究已经有了一定的成果,但对于其动力响应方面的研究则应继续加强。

### 2.1 明石海峡大桥

日本明石海峡大桥位于日本神户市与淡路岛之间。大桥首次采用 180MP 级超高强钢丝,使主缆直径缩小并简化了连接构造,首创悬索桥主缆,这也是第一座用顶推法施工的跨谷悬索桥,由著名的法国埃菲尔集团公司承建。

明石海峡大桥按可承受里氏 8.5 级强烈地震和抗 150 年一遇的 80m/s 的暴风设计。1995 年 1 月 17 日,日本阪神发生里氏 7.2 级大地震(震中距桥址 4km),大桥附近的神户市内 10 万幢房屋夷为平地,但该桥只是南岸的岸墩和锚锭装置发生了轻微位移,使桥的长度增加了 0.8m。

### 2.2 西堠门大桥

西堠门大桥是连接舟山本岛与宁波的舟山连岛工程五座跨海大桥中技术要求最高的特大型跨海桥梁,是主跨 1650m 三跨连续分体式箱梁悬索桥。由于地处台风多发区,基本风速高达 44m/s,要求颤振检验风速达到 78m/s,超过了整体流线型箱梁可能达到的气动稳定性极限,因而必须采用开槽的分体箱梁断面,必要时还应加设中央稳定板,以提高抗风稳定性。西堠门大桥是国际上第一座正式开工兴建的、采用分体桥面的大跨度悬索桥,在国际桥梁史上具有里程碑意义。



图 9 西堠门大桥

### 2.3 Great Belt Bridge

又名大海带桥,也叫大伯尔特桥、斯托伯特桥,它将丹麦首都哥本哈根所在的西兰岛和欧登塞城市所在的菲英岛连接在一起,全长 17.5km。

大海带特桥分为东、西两段,中间以斯普奥人工岛作为



图 10 大海带桥

中间站。大桥工程由 3 部分组成:跨越东航道的一条铁路隧道,一座高速公路高架桥和一座公铁两用桥。加劲梁为扁平钢箱,分段运至桥下后吊装焊接就位。

### 2.4 Gwangyang Bridge

又称光阳大桥,是三跨悬索桥,总长 2260m。综合了永宗、Gwangan、小鹿和积金桥的经验之后,该桥的建成成为韩国悬索桥历史上的一个里程碑。

减轻自重和建设费用、保证空气动力稳定性和引入革新的施工方法,是建成该桥的最主要课题。因而采用双箱梁提高了整个结构的空气动力稳定性和减少了钢的用量。该桥的主缆在国际上第一次应用 1860MPa 的高强钢。这样的选择使可能减少主缆的自重,以及由减少主缆的面积而减小拉力。该桥选用了 1/9 的高垂跨比,并对钢束选用矩形布置因而减少了所需的钢束量。

### 2.5 润扬长江大桥

润扬长江大桥跨江连岛,北起扬州,南接镇江,全长 35.66km。

在江阴长江大桥经验的基础上建造润扬长江大桥,上部结构的难度不大,主要的挑战来自于基础工程。50m 深的北锚碇采用嵌岩的地下连续墙。虽然地下连续墙施工在建筑工地已是成熟的技术,但对于平面尺寸为 69m×50m 的巨大桥梁基础仍是一个挑战性的任务。运用信息化的施工方式,对连续墙体和周围土体的各种信息进行实时的监控和正反演分析,保证了基础施工的快速和安全。

此外,南锚碇所采用的冰冻法技术是传统的煤矿竖井施工技术,但在大尺寸的桥梁基础中使用也是一项大胆的创举。桥塔施工中引进了国外的模板技术,大大提高了混凝土的外观和内在质量。主缆的防腐首次引用了日本的干空气除湿新技术,保证大桥寿命。



图 11 润扬长江大桥

### 2.6 南京长江四桥

大桥位于南京长江第二大桥下游约 10km 处,全长 28.996km,主跨采用 1418m 三跨吊悬索桥方案。南京长江四桥的桥体净空高不小于 50m,主通航孔净宽 890m,5 万 t 级巴拿马海轮可通过。

### 2.7 Humber Bridge

Humber Bridge 为大跨度悬索桥,横跨英国亨伯河。桥全长 2220m,主跨 1410m,北岸边跨 280m,南岸边跨 530m。引桥





图 12 南京长江四桥

为钢筋混凝土高架桥。

桥塔采用由横梁联系的钢筋混凝土空心双塔柱,高 155.5m,滑升模板施工。主索由平行的 14948 根直径 5mm 的冷拔镀锌高强钢丝组成,用空中编缆法架设。从主索悬吊加劲梁的吊索为倾斜的钢绞线。主索的锚固体为两室的混凝土结构,主索先由室内的钢索鞍支承,然后分散成数股锚于室后的锚体内。



图 13 Humber Bridge

### 2.8 江阴长江大桥

江阴长江公路大桥位于靖江与江阴之间,这里江面宽度窄,适用于一个大跨跨越。大桥全长 3071m,索塔高 197m,两根主缆直径为 0.870m,桥下通航净高为 50m,可满足 5 万 t 级轮船通航。



图 14 江阴长江大桥

### 2.9 香港青马大桥

青马大桥是配合香港国际机场(赤蜡角机场)而建的十

大核心工程之一。该桥横跨青衣岛及马湾,桥身总长度 2200m,离海面高 62m,缆绳的直径 1.1m,长 16000km,创造了世界最长的行车铁路两用吊桥纪录。



图 15 香港青马大桥

### 2.10 Hardanger Bridge

Hardanger Bridge 是一座横跨位于挪威西部中心地区的霍达兰郡哈当厄尔峡湾的在建桥梁。全长 1380m,桥型为悬索桥,它的建成将成为挪威最大跨径的悬索桥。该桥于 2009 年 2 月开工,预计于 2013 年建成通车。

### 3 跨海大桥

国际上认为跨海桥梁工程始于 20 世纪 30 年代建设的海湾大桥,包括跨越湾口的大桥,其中最著名的当推 1937 年建成的美国旧金山湾口的金门大桥。

跨海大桥并不是与斜拉桥、悬索桥等并列的桥型,它在桥梁工程专业教科书中并没有作为专门的桥型进行介绍,但是业界往往也把跨海大桥作为一种单独的类别进行考量。跨海大桥是一个集群工程,往往由梁式桥、斜拉桥、悬索桥以及拱桥等共同组成,总长度特别长,常常达到 20km,甚至 30、40km。跨海大桥的难度主要体现在工程体量大,施工难度大,因此业界也非常关注跨海大桥的建设。

表 3 世界排名前 10 位的跨海大桥

排名	桥梁名称	所属国家	总长/km	建成时间
1	杭州湾大桥	中国	36	2008
2	港珠澳大桥	中国	35.6	在建
3	东海大桥	中国	32.5	2005
4	青岛海湾大桥	中国	27	2011
5	King Fahd Causeway	巴林	25	1986
6	舟山大陆连岛工程	中国	25	2009
7	Great Belt Bridge	丹麦	17.5	1997
8	Oresund Strait Bridge	丹麦	16	2000
9	Rio-Niter6i Bridge	巴西	13.3	1974
10	杭州湾嘉绍大桥	中国	10.1	在建

### 3.1 杭州湾大桥

杭州湾大桥位于杭州湾湾内,全长 36km。大桥设两个通航孔,北通航孔为主跨 448m 的双塔双索面钢斜拉桥,通航标准 3.5 万 t;南通航孔为单塔单索面钢斜拉桥,通航标准 3 万 t。除南北通航孔外,其余海上非通航孔桥梁均采用 70m 先简支后连续的预应力混凝土箱梁。杭州湾大桥的建设,总结了东海大桥建设中出现的一些问题,如对预制装配式桥墩湿接头的裂缝控制进行改进,取得了技术进步。

对于重 2200t 的非通航孔桥箱梁的施工采用由意大利公司设计和德国制造的先进运梁车,将预制梁逐孔移动就位安装,与一般采用移动模架现浇工艺相比,提高了质量。此外,为改善高桥面行车的风环境,首次采用大范围的风障设置,取得了很好的效果。



图 16 杭州湾大桥

### 3.2 港珠澳大桥

港珠澳大桥是连接粤港澳三地的国家级战略性交通建设项目,总长约 35.6km。主体工程采用隧桥组合方案,穿越伶仃西航道和铜鼓航道段约 6.7km 采用沉管隧道方案(不含岛上隧、桥过渡段),其余路段约 22.9km 采用桥梁方案,设通航孔桥三座,绝大部分非通航孔桥采用钢箱梁桥;为实现桥隧转换和设置通风井,主体工程隧道两端各设置海中人工岛。港珠澳大桥是一项桥、岛、隧一体化多专业的世界级超大型综合集群工程,体现了十分复杂的技术含量,加之主体结构物处于深厚软弱地层上,地层分布差异大,基岩埋藏在海



图 17 港珠澳大桥

床面下 50—110m,抗震设防标准高,全线阻水率要求严格,穿越中华白海豚保护区,并处在珠江航运最繁忙区段,其设计施工难度实属少见。

### 3.3 东海大桥

中国第一座在广阔外海海域建造的跨海大桥,具有里程碑式意义,为以后中国的跨海工程如杭州湾大桥等提供了宝贵经验。

东海大桥建设者面对海上的恶劣环境,上下部结构均采用大型预制构件的整体吊装施工,装备了 2500t 大形浮吊。为保证 100 年的使用寿命,研制了海上高性能混凝土和各种防腐措施,提高了海洋环境下混凝土的耐久性。

东海大桥的两座通航主桥,虽然跨度不大,但都采用具有创意的结合梁桥面斜拉桥。主航道桥采用单索面和结合箱梁桥面,配以倒 Y 型桥塔。东海大桥工程的重要组成部分——连接颗珠山岛与小洋山岛深水港区的颗珠山大桥则为平行索面的结合梁桥面,桥塔的上横梁采用轻型的钢管横撑。由于主桥采用结合梁,全桥统一的桥面铺装和新型伸缩缝为大型集装箱卡车通行提供了平稳、耐久的良好行车条件。



图 18 东海大桥

### 3.4 青岛海湾大桥

青岛海湾大桥,东起青岛主城区 308 国道杨家群入口处,跨越胶州湾海域,西至黄岛红石崖。青岛海湾大桥工程包括三座可以通航的航道桥和两座互通立交,以及路上引桥、黄岛侧接线工程和红岛连接线等,全长 41.58km,为世界最长跨海大桥。



图 19 青岛海湾大桥

### 3.5 King Fahd Causeway

位于波斯湾中的巴林湾,是连接巴林和沙特间的跨海公路大桥。全长 25km,由 5 座桥梁相连而成,中间的 3 号桥位于主航道上。





图 20 King Fahd Causeway

### 3.6 舟山大陆连岛工程

舟山大陆连岛工程跨 4 座岛屿, 翻 9 个涵洞, 穿 2 个隧道, 投资愈 100 亿元。工程共建岑港大桥、响礁门大桥、桃夭门大桥、西堠门大桥和金塘大桥 5 座大桥, 全长 48km, 路基宽度 22.5m, 桥涵同路基同宽。其中, 跨越西堠门水道、连接金塘岛和册子岛的是西堠门大桥。

### 3.7 Oresund Strait Bridge

该桥全长 16km, 由西侧的海底隧道、中间的人工岛和跨海大桥 3 部分组成。西侧的海底隧道长 4050m, 位于海底 10m 以下, 由 5 条管道组成。它们分别是两条火车道、两条双车道公路和一条疏散通道, 是目前世界上最宽敞的海底隧道。中间的人工岛长 4050m, 将两侧工程连在一起。东侧的跨海大桥上为 4 车道高速公路, 下为对开火车道, 共有 51 座桥墩, 中间是斜拉索桥, 是目前世界上承重量最大的斜拉桥。



图 21 Oresund Strait Bridge

### 3.8 Rio-Niterói Bridge

又称尼特罗伊大桥, 为南美最长的跨海大桥。像长虹一



图 22 尼特罗伊大桥

样, 横空出世桥对面是尼特罗伊市, 过桥时可浏览里约市风光。

### 3.9 杭州湾嘉绍大桥

嘉绍大桥是继杭州湾跨海大桥后, 又一座横跨杭州湾的大桥, 加上 2011 年 1 月开工的钱江隧道, 钱江喇叭口呈现出“一湾三桥”的格局, 终端均北指上海。将于 2012 年建成通车。

嘉绍大桥采用典型的斜拉桥设计, 主桥由连续的 5 跨斜拉桥组成, 每跨 428 米, 悬索的桥塔, 采用独柱设计, 四面悬索, 造型宏伟。

跨海大桥中的 Great Belt Bridge 在前文中已有介绍。

## 4 中国桥梁建设

在世界排名前十的斜拉桥、悬索桥和跨海大桥中, 中国的桥梁分别占有 7 座、5 座、6 座, 成就令世人瞩目。早在中国古代, 桥梁建设就书写了人类文明史上十分辉煌的一页, 公元前 5—15 世纪意大利文艺复兴约 2000 年间长期领先于西方。其间, 隋朝的赵州桥、西南地区的铁索桥以及北宋都成汴京的虹桥, 是中国古代桥梁的伟大创造。

到了近现代, 由于各种原因, 中国的桥梁工程一度停滞不前。尤其在发达国家所创造的现代预应力混凝土技术、施工新技术、现代斜拉桥和悬索桥中产生了巨大差距。所幸, 经过中国桥梁工程界的奋起直追, 中国桥梁终于在当代开始了复兴之路, 并焕发出了新的光彩。

虽然成就有目共睹, 但从国际范围来看, 中国桥梁建设还存在一些亟待解决的问题, 比如创新性不足、工程质量有待提高、桥梁美学价值和景观功能开发不足等问题, 这些都是中国桥梁工程界在新世纪面临的挑战和机遇。

**致谢** 中交公路规划设计院有限公司桥梁技术研究中心提供了大量资料, 由《科技导报》编辑部李娜整理, 在此一并致谢。

### 参考文献 (References)

- [1] 项海帆, 潘洪堂, 范立础. 中国桥梁史纲[M]. 上海: 同济大学出版社, 2009.
- [2] 吴鸣. 桥梁工程[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2009.

(责任编辑 刘志远)

### 《科技导报》“卷首语”栏目征稿

“卷首语”栏目每期邀请一位中国科学院院士和中国工程院院士就重大科技现象、事件, 以及学科发展趋势、科学研究热点和前沿问题等, 撰文发表个人的见解、意见和评论。本栏目欢迎院士投稿, 每篇文章约 2000 字, 同时请提供作者学术简历、工作照和签名电子文档。投稿邮箱: kjdbjb@cast.org.cn。