

21世纪的桥梁工程

邓文中

1. 引言

20世纪在桥梁工程领域是一个令人兴奋的世纪。在这100年中修建的桥梁比以前所有世纪加起来的都多。桥梁建设引入了预应力混凝土, 钢桥技术也越来越精密。斜拉桥和混凝土节段组合桥梁是最主要的两大发展成就。

刚刚过去的十年目睹了几座创记录跨径桥梁的修建: 日本跨径1991m的Akashi-Kaikyo悬索桥, 丹麦跨径1624m的Storebelt悬索桥, 日本跨径890m的Tatara斜拉桥和法国跨径856m的Normandie斜拉桥。他们每一个都标志着桥梁工程前进了一大步。除了桥梁跨径越来越长, 还有许多跨大江大河的长大桥梁得以修建, 比如美国的Chesapeake海湾桥-隧和Pontchartain桥, 丹麦的Oresund连线桥和Great Belt连线桥, 还有韩国的西海大桥。

过去20年, 中国经历了人类历史上最宏大的建筑繁荣发展时期。许多重大桥梁竣工, 还有许多在建。在这20年中, 中国修的桥梁比其他任何国家都多。

毫无疑问, 下个世纪将会同样的令人兴奋。21世纪伊始就有若干重大桥梁工程按进度动工。意大利连接Sicily利Calabria的Messina大桥将修建3,300m的主跨。中国香港的昂船舟大桥和江苏跨越长江的苏通大桥的主跨都将略大于1,000米。另外, 36km长的杭州湾大桥也将于近期按期动工。

还有几个大的项目已经提上了议程。这些项目包括连接摩洛哥和西班牙的直布罗陀海峡跨线工程, 将连接非洲和欧洲: 连接俄罗斯和美国的Bearing海峡连线工程, 将连接亚洲和北美: 连接马来西亚和印尼的Malucca海峡连线工程; 爪哇和苏门答腊岛之间的连线工程; 以及日本和韩国之间的连线工程。其中某些项目肯定会在新世纪实施。

我相信, 在不久的将来, 我们会讨论连接福建和台湾的连线工程。

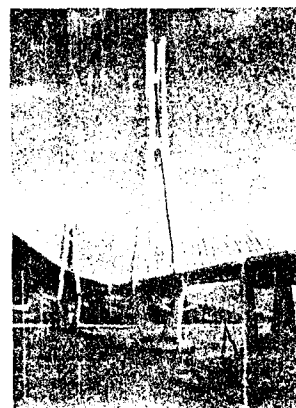
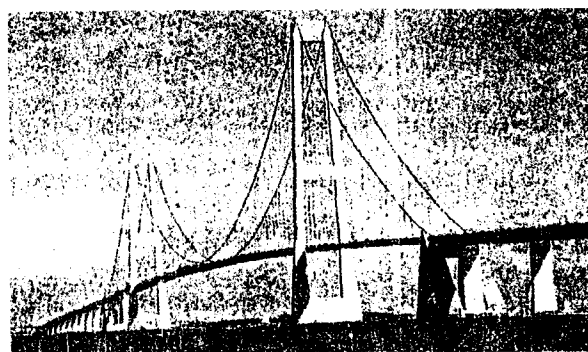


Fig.1 World Record Spans Akashi kaikyo, Tatara Great Belt, Normandie

2. 展望未来

历史经常会为预测未来提供有用的线索。我们可以以长跨径桥梁为例。通过图2的曲线用外推的方法可以预测将来的情况。组合桥梁的最大跨径逐渐趋近300米, 而斜拉桥和悬索桥的最大跨径还在不停的增加。根据历史数据, 可以预测; 在2050年将会出现跨径超过2,500米和5,000米的斜拉桥和悬索桥。意大利的Messina大

桥和中国的苏通大桥正好符合这些预测。

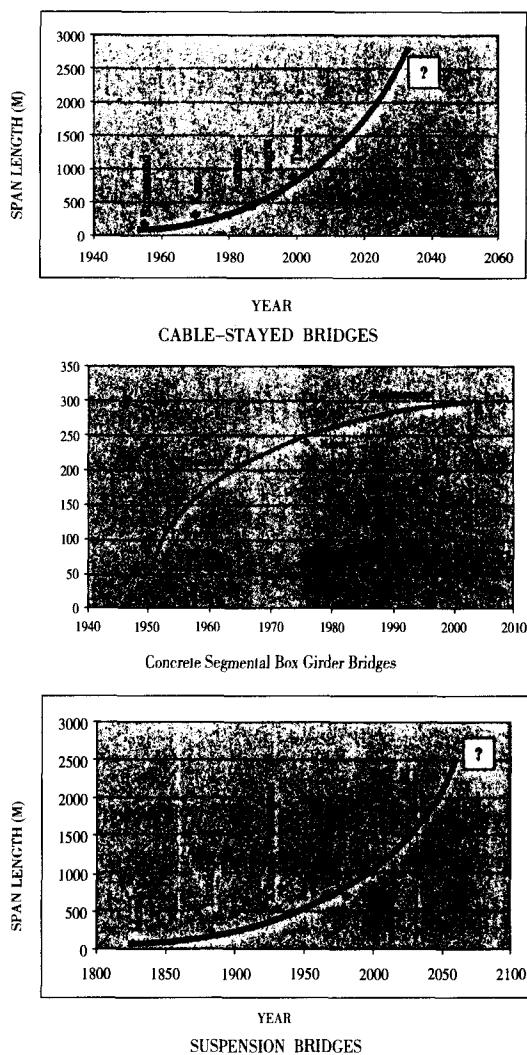


Fig.2 Historical Record Spans

3. 相同但有不同

比较在本世纪初和世纪末修建的桥梁，在总体上没有发现太多的区别。他们基本上都使用了钢筋和混凝土。即使我们考虑不久的将来，也不会出现什么新型材料。复合材料的应用是非常有前途的，但是到目前为止它还不适用于大规模的桥梁施工。看来，目前我们还必须对钢筋和混凝土表示满意。

然而，如果仔细观察这些大桥是如何建起来的，以及其建筑材料的特性，可以看出他们又是迥然各异的。今天我们例行公事做的某些事情在半个世纪以前是不可想象的。

高性能计算机，加上新的分析理论如有限元方法的应用，使得我们可以对异常复杂的结

构有更好的理解。目前我们可以模拟结构在所有荷载工况（包括风载和地震）下的性状。功能更强大，精确度更高的设备的引入使桥梁修建得更快更安全。重达5,000吨的桥体可以一次吊装成型。机器人可代替工人在危险的环境中作业，如高压深水沉箱。

总体上，我们可以认为桥梁的概念没有发生太大的变化。但是工程技术和环境却发生了很大的变化。21世纪的桥梁工程师必须学会应对这些变化。他们还必须处理好在过去经常可以被忽略的一些问题。

4. 变化的世界

由此可见世界在不断变化之中。这些变化中两个最明显的趋势就是建筑工程将更智能化，更通用化。

工程更智能化是因为具有越来越高人工智能的机器人和计算机将接手那些乏味的工作，从而使得未来的工程师们可以也必须更专注于智力进步，科技创新及革新。

工程也变的越来越统一，并且可在世界不同的地方互换。高科技的发展缩短了人们之间的距离，融化了不同国家和实体之间的界限。

未来的工程师必须充分知晓世界所有新的发展动态。高科技的发展也为我们提供了新工具，如互联网，使我们在任何地方敲打键盘都可以实实在在的通连到世界各地。通用变得很普遍，它将使得桥梁的设计不再有界限的地域的区别。

5. 变化带来的挑战

还有没有人用计算尺？我们今天只听到抱怨说一千兆赫的计算机太慢了。

变化有多快？世界足以一个加速的步伐在变化的。据估计，今天科技知识的半衰期只有2.5-7.5年，这就意味着有一半今天我们掌握的知识几年后将变得非常陈旧。在这样一个不断变化的世界中，工程师不能指望在他的整个职业生涯中象在过去一样重复相同的工作。未来的工程师必须学会适应持续的变化。

工程不是科学。科学是有关探索和证明永恒的真理，而不管其用途。而且真理被认为不

会随着时间的变化而变化。工程是有关制造出一些认为能为目的服务的東西，但工程师必须做假设，计算概率而不能等着所需真理的发现。在古代，工程师们修建了长城和金字塔，但他们并不知道力学理论和材料强度。他们把他们的工作建立在他们的直觉和经验概念基础之上，而这个基础会随着时间的推移由提高了的认知不断的被改造和修正。

因此，要跟上这样一个不断变化的世界，工程师的思维必须是灵活的。

6. 多元学科的性能

专业化是20世纪的一种趋势，我们把工程分成若干更窄、更专的领域。相反，21世纪的工程师必须通晓本专业以及其他领域的相关知识。

其实，这并不是一个新观念。如果我们回溯历史，所有“伟人”的工程师在他们那个年代都具有超越他们应用领域之外的知识。太专于一个狭窄领域的人可以是一个伟大的专家，但决不会是伟大的工程师。专家在工程界有他们重要的地位，但伟大工程师必须对许多相关学科有深刻的了解，如管理，历史，社会科学，经济，文学及类似的其他学科。

管理是一项把各种事情连串起来的任务，从而我们可以理解一个项目是如何实施的。管理的越好，就越有效，就越成功。

历史教导我们，人类是如何发展到现阶段的。了解历史可以防止我们重犯老的错误，并可以使我们在现有知识基础之上进行研发。

修建桥梁的目的是为了服务大众。除非它能实现这个目的，否则一个桥梁项目不能算成功。社会科学是很重要的，因为它告诉我们社会需要什么，什么时候需要，为什么需要。另外，工程师必须参与政治事务，以引导公众做山正确的工程决策。

资金总是短缺的。对经济学的透彻理解有助于在有限的资源条件下获得最佳结果。

文学教我们如何表达我们的想法。任何观念，不管他们有多伟大，只有被别人理解了，才会有用。文学还能激励我们的想象能力，而这些想象可以带来创新和变革。

因为未来人类的寿命会不断延长，所以扩充相关科目，延长获得大学学位的学制应该不会有問題。

7. 迎接挑战

很明显，教育是最始的一个起点。我们的教育系统必须实实在在的 leadership 变革，而不仅仅是紧随其后。我们必须调整我们的教育系统，以培养出具有前瞻性，能预见未来变革，并能在实际中促使变革发生的桥梁工程师。为了应对这些挑战，我们的学校必须为未来的工程师们提供正确的培训课程。除了我们目前为了培养“专家”所做的常规工作，我们还必须补充多元学科学习的课程。我们必须更强调观念的创造，灵活的思维，培养学生对相关学科的兴趣和能力，还有管理才能，以便使他们不是老停留在“箱子里面”。

能够想到“箱子外面”是非常重要的，这同样也是令人兴奋，并且是有所回报的。我现在参与的一个项目就确实是在箱子外面，向外，冲出去。一个有着25,000公里跨径，在地球和太空之间架起的一座桥梁—太空升降梯。它计划用于地球和宇宙空间站之间材料的运输。所以，各位桥梁工程师，同行们，我们想象力是可能性领域的唯一限制。

同时，我们还必须教我们未来的桥梁工程师更注重美观。一个优美的环境是生活质量的一个重要因素。桥梁通常是周围环境中最受人注目的结构。作为桥梁工程师，美化我们的社会，让我们的世界变的更宜人，更美丽是我们的责任。

我们只有这一个世界!

8. 结语

我们进入了一个新世纪，对桥梁工程师来说是一个令人兴奋的世纪。它将是一个以加速度发展变化的一个高科技世纪。为了适应这个变化，我们必须从教育着手。

另外我可以旨定中国将继续发展和修建更多的桥梁。中国的桥梁工程师面临着一个赶超其他国家的黄金机遇，可以把他们创新的想法变为现实。而这个挑战是要确保这些桥梁要更安全，更实用，更经济和更美丽。