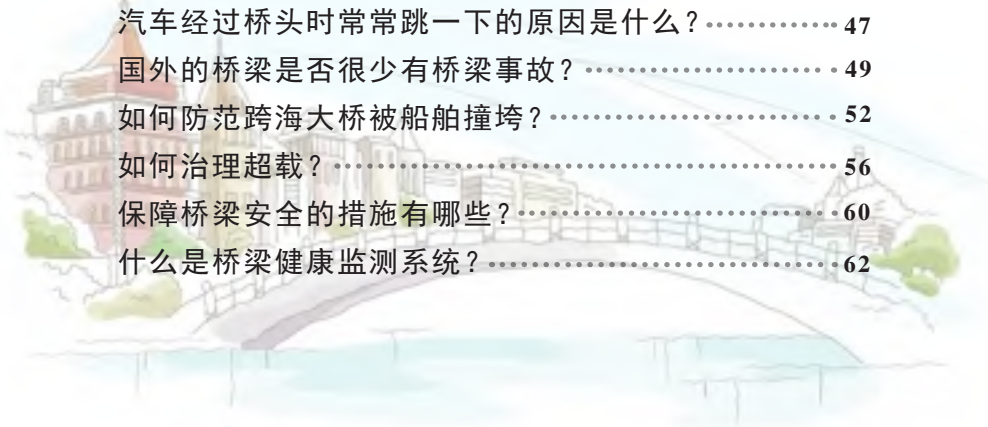


目录 CONTENTS

桥梁发展简介	2
国内外著名桥梁	6
桥梁的基本结构是怎样的?	10
桥梁的种类有哪些?	13
桥梁名人	17
什么是桥梁设计荷载标准?	21
国内外桥梁荷载有什么不同?	24
超载及其危害是什么?	26
为什么超载车没有损伤, 而桥却被压坏?	30
重达上百吨的超大件如何过桥?	33
桥梁垮塌的常见原因有哪些?	35
铁路桥为什么压不坏?	40
一些老桥为何至今没坏?	41
桥梁的桥面坑坑洼洼, 是不是结构损害?	43
大车经过时桥梁晃动明显, 桥梁质量是否有问题?	45
汽车经过桥头时常常跳一下的原因是什么?	47
国外的桥梁是否很少有桥梁事故?	49
如何防范跨海大桥被船舶撞垮?	52
如何治理超载?	56
保障桥梁安全的措施有哪些?	60
什么是桥梁健康监测系统?	62





桥梁发展简介

桥梁是指为了跨越障碍物（例如江河湖海、山谷等），使车辆行人能顺利通过的建筑物。

中国早在公元前 11 世纪～前 256 年（周代）已建有梁桥和浮桥，公元前 1134 年左右（西周时期）在渭水架有浮桥。公元前 50 年（汉宣帝甘露四年）就建成了跨度达百米的铁索桥，而欧美直到 17 世纪尚未出现铁索桥。

中国隋朝的工匠李春早在公元 610 年就修建了主跨 37.4 米的河北赵州安济桥，这是一座构型巧妙的空腹式“敞肩圆弧拱”拱桥，不但减轻自重，且利于排洪，为中国首创。该桥型直到 14 世纪才出现在欧洲（可能和 13 世纪《马可·波罗游记》中所传递的中国古代桥梁信息有关）。

中国古代木桥、石桥和铁索桥都长时间保持世界领先水平，在桥梁发展史上曾占据重要地位，为世人所公认。

国外同时期的著名桥梁有：古巴比伦王国在公元前 1800 年建造的多跨木桥（桥长 183 米）；古罗马在公元前 621 年建造的跨越台伯河的木桥，在公元前 481 年建造的跨越赫勒斯旁海峡的浮船桥；古代美索不达米亚地区在公元前 4 世纪时建造的挑出石拱桥（拱腹为台阶式）。

18 世纪工业革命造就了现代科学技术，19 世纪发明了现代炼钢法、混凝土技术（替代石料），使欧美相继进入现代桥梁工程的新时期。此后相继修建了英国赛文河铁桥（第一座铸铁拱桥，1779 年建成），美国布鲁克林大桥（现代悬索桥的鼻祖，1883 年建成），金门大桥（1966 年建成），明石海峡大桥（悬索桥跨径世界排名第 1，1998 年建成）等等著名桥梁。



英国赛文河铁桥



布鲁克林大桥



日本明石海峡大桥

中国于 19 世纪引入和学习了国外现代桥梁技术，相继建成了钱塘江大桥（首座中国人自己建造的现代化桥梁，1937 年建成），武汉长江大桥（万里长江第一桥，在苏联帮助下 1957 年建成），南京长江大桥（中国人自己建造，1968 年建成）等著名桥梁。

20 世纪 80 年代的改革开放后，我国经济开始大发展，我国桥梁建设也迎来了黄金时期。在学习发达国家创新技术的基础上，伴随着计算机技术的应用，我国桥梁建设实现跨越式大发展，先后建成了上海南浦大桥（1991 年建成）、



苏通大桥

虎门大桥（1997 年建成）、江阴长江大桥（悬索桥跨径世界排名第 7，1999 年建成）、润扬大桥（悬索桥跨径世界排名第 4，2005 年建成）、苏通大桥（斜拉桥跨径世界排名第 1，2008 年建成）、舟山西堠门大桥（钢箱梁悬索桥跨径世界排名第 1，2009 年建成）等等著名大桥，取得了令世人瞩目的进步和业绩，已逐步迈向桥梁强国行列。目前世界上跨径最大、桥长最长的桥梁排名中，我国都名列前茅，占据了主要位置。



西堠门大桥

小博士：

中国有多少现存古桥：仅古城绍兴一地，就大约有 10600 多座桥，是名副其实的“万桥市”，被称为中国桥梁博物馆。据桥梁专家罗英先生估计，中国“有名有姓”的古桥约四百万余座。而那些“无名无姓”的小石桥、小砖桥、小木桥、小竹桥等，更是数不胜数。

国内外著名桥梁

(1) 塔桥（英国伦敦）

伦敦塔桥横跨英国伦敦泰晤士河，该桥建成于1894，是一座可开启的桥，有“伦敦正门”之称，是伦敦的象征，以其端庄典雅的古典造型，成为伦敦最著名的风景之一。



(2) 布鲁克林大桥（美国纽约）

纽约的布鲁克林大桥横跨纽约东河，连接着布鲁克林区和曼哈顿岛，1883年5月24日正式交付使用。大桥全长1834米，桥身由上万根钢索吊离水面41米，是当年世界上最长的悬索桥，也是世界上首次以钢材建造的大桥，落成时被认为是继世界古代七大奇迹之后的第八大奇迹，被誉为工业革命时代全世界七个划时代的建筑工程奇迹之一。



(3) 金门大桥（美国旧金山）

1937年完工，当时是世界上最长的悬挂桥，总长约2719米。金门大桥是世界上最著名的桥之一，是当时建筑史上的一个巨大成就，其造型优美，错落有致，景色宏伟而壮丽，闻名于世。



(4) 悉尼海港大桥（澳大利亚悉尼）

在澳大利亚悉尼的杰克逊海港，有一座号称世界第一单孔拱桥的宏伟大桥，全长1149米，这就是著名的悉尼海港大桥。悉尼海港大桥是早期悉尼的代表建筑，它像一道横贯海湾的长虹，巍峨俊秀，气势磅礴，与举世闻名的悉尼歌剧院隔海相望，成为悉尼的象征。这座大桥从1857年设计到1932年竣工，是连接港口南北两岸的重要桥梁。



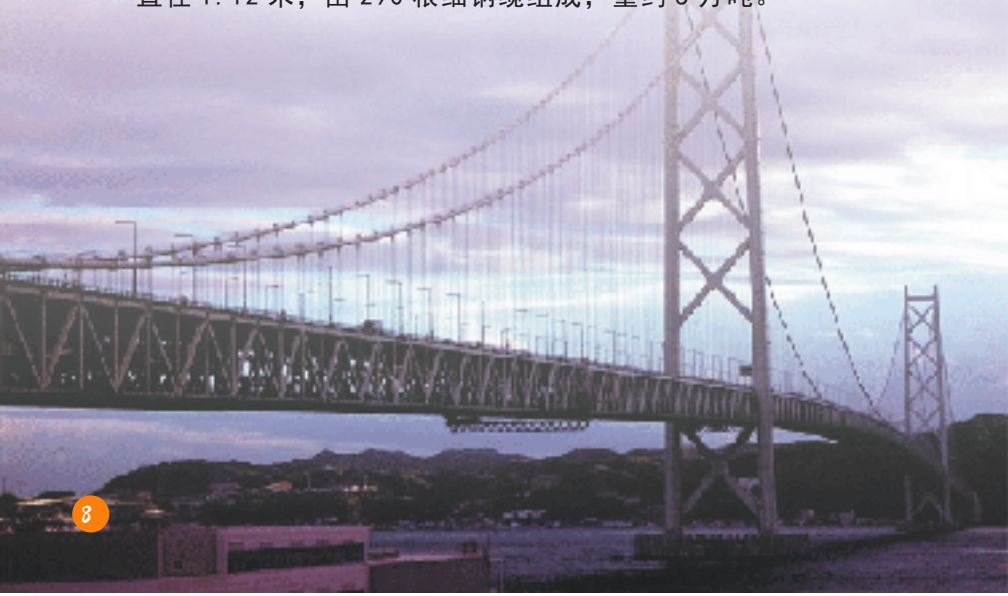
(5) 米约高架大桥（法国塔恩河谷）

米约高架桥位于法国西南部的米约市，横跨在法国塔恩河仙境般的河谷之上，是通往法国南部地中海地区的 75 号高速公路段上的枢纽工程。桥面与地面最底处垂直距离达 270 米。



(6) 明石海峡大桥

大桥坐落在日本神户市与淡路岛之间，全长 3911 米，主桥跨度 1991 米（世界第一）。两座主桥墩海拔 297 米，基础直径 80 米，水中部分高 60 米。两条主钢缆每条约 4000 米，直径 1.12 米，由 290 根细钢缆组成，重约 5 万吨。





(7) 杭州湾跨海大桥（中国浙江）

杭州湾跨海大桥于2003年11月14日开工，2007年6月26日贯通，2008年5月1日启用。杭州湾跨海大桥是一座横跨中国杭州湾海域的跨海大桥，北起浙江嘉兴海盐，南至宁波慈溪，桥梁全长达36公里，是继美国的庞恰特雷恩桥和青岛胶州湾大桥之后世界第三长的桥梁。

(8) 矮寨大桥（湖南湘西）

矮寨大桥位于湖南湘西矮寨镇境内，2012年建成通车。该桥跨越矮寨大峡谷，悬索桥的主跨为1176m，桥面与地面高差达330米左右，是世界上第高度排名第二的桥梁，犹如一道醒目的彩虹悬挂于天顶，景色蔚为壮观。



桥梁的基本 结构是怎样的？

简单的讲，桥梁的基本结构主要包括：桥面系、主梁、桥墩、桥台、基础、附属结构。

汽车行驶在桥面系上，他们的力传递给主梁，主梁把力传递给桥墩，桥墩把力传递给基础（一般埋在地面或水面下），最终由基础把这些力传递给大地。桥台设置在桥梁的两端，它把桥梁和路基衔接起来。附属结构是指伸缩缝、支座等等。

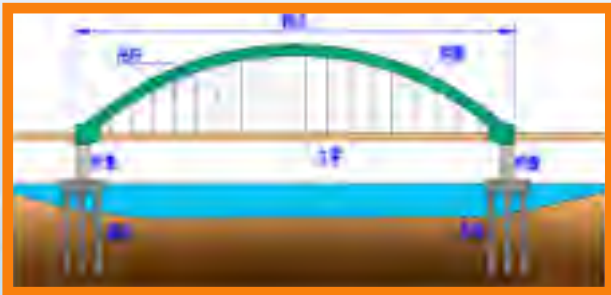


以构造最简单梁式桥为例，其基本结构如下：

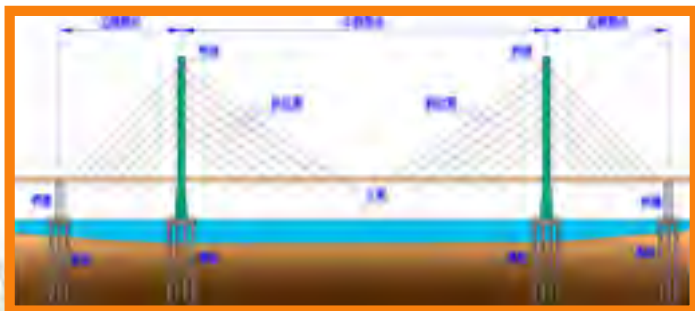


其他跨越能力更强（结构也更加复杂）的常见桥型的结构示意图如下：

拱桥：



斜拉桥：



悬索桥：



桥梁的种类有哪些？

根据材料来分，主要分为钢桥、钢混组合桥（即钢材和混凝土）、预应力混凝土桥、钢筋混凝土桥、圬工桥（石、砖等）、木桥。

根据桥型（结构形式）来分，主要分为悬索桥（又称吊桥）、斜拉桥、拱桥、梁式桥。

悬索桥（吊桥）：跨越能力最强，造价最高，常用跨径一般在 800 米以上。

悬索桥（吊桥）例子：舟山连岛工程西堠门大桥



悬索桥（吊桥）例子：润扬长江公路大桥



斜拉桥：跨越能力强，造价较高，常用跨径一般从 300 米到 800 米左右。

斜拉桥例子：舟山连岛工程金塘大桥



斜拉桥例子：嘉绍大桥



拱桥：跨越能力比斜拉桥低，比梁式桥要高，造价适中，常用跨径一般从 100 米左右到 400 多米。

拱桥例子：重庆朝天门大桥



拱桥例子：杭州九堡大桥



梁式桥：构造最简单、造价最低的是梁式桥，它的跨越能力也最小，常用跨径一般在十几米到 100 多米。

梁式桥例子：

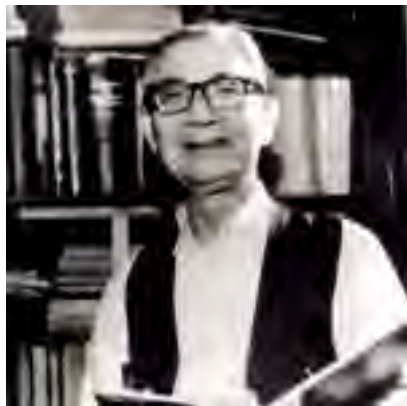




桥梁名人

我国近现代的桥梁界最著名人物当属茅以升先生，茅以升（1896年1月9日—1989年11月12日），字唐臣，江苏镇江人。土木工程学家、桥梁专家、工程教育家，中国科学院院士，美国工程院院士，中央研究院院士。

茅以升1916年毕业于西南交通大学（时称交通部唐山工业专门学校），1917年获美国康乃尔大学硕士学位，1919年获美国卡耐基理工学院博士学位。



茅以升主持修建了中国人自己设计并建造的第一座公路铁路两用的现代化大桥——钱塘江大桥，成为中国桥梁史上的里程碑。大桥全长 1453m，为钢桁架结构，总投资 540 万银元（合当时美金 163 万元），于 1934 年开工，建设后期正值抗日战争爆发，建设者们在敌机轰炸下昼夜赶工，终于在 1937 年建成通车，抢运撤退物资车辆无数，支援淞沪抗战、为抗日战争做出了杰出贡献。

1937年，淞沪抗战爆发，12月23日，日军先头部队已隐约可见的千钧一发之际，茅以升受命引爆了预埋在大桥上的炸药，炸毁了自己建造的大桥，以阻断日军。他在炸桥曾赋诗一首：“斗地风云突变色，炸桥挥泪断通途，五行缺火真来火，不复原桥不丈夫。”这是何等悲壮的义举。



抗战胜利后，茅以升实践誓言，于1946又主持修复了大桥。

1949年5月杭州解放前夕，国民党当局妄图炸毁钱塘江大桥，阻止解放军南下。在杭州地下党和铁路工人的努力下，偷偷将炸药量大幅削减，而且关键位置的炸药引信被切断。因此国民党工兵只炸坏了大桥一小段铁轨和局部桥面，大桥主体未受太大破坏，最终得以保护下来。1953年，大桥恢复使用。



钱塘江大桥建成于抗日烽火之中，再生于和平建设之世。他不仅在中华民族抗击外来侵略者的斗争中书写了可歌可泣的一页，而且在国家经济建设中发挥了重要作用。

建桥、炸桥、复桥，茅以升先生始终其事，克尽厥责。茅以升先生和钱塘江大桥的传奇经历也永载史册。





什么是桥梁设计 荷载标准？

通俗的讲，“桥梁设计荷载”就是桥梁将要承受的各种力，它包含的内容很多，例如桥梁的自重、汽车的力、行人的力、风力、地震力等等。

“桥梁设计荷载标准”就是桥梁承受的力的取值标准。

桥梁设计规范（相当于公路桥梁行业内的“法律”）中，对桥梁承受的力都有明确的规定，设计人员依据这些规定，对桥梁进行计算和设计。

随着我国经济和社会的不断发展，交通量的不断提高，汽车重量的不断加大，我国公路桥梁的设计荷载标准也在不断提高，历经了1951年版、1954年版、1967年版、1972年版、1981年版、2003年版。

在1951年版中，我国公路桥梁上采用的汽车荷载称为“汽-13级”，粗略含义就是一辆标准车的重量按13吨考虑。





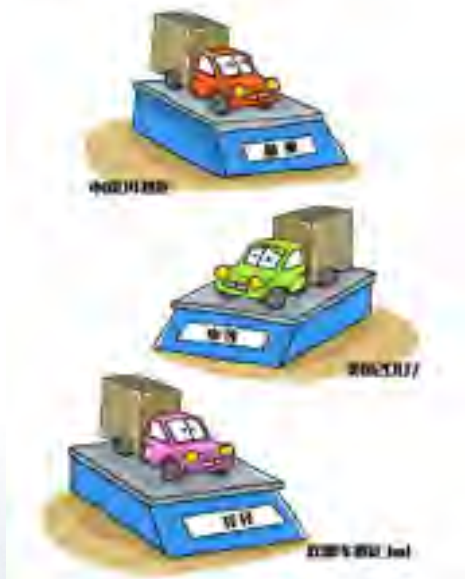
到了1972年版，汽车荷载已经提高到“汽-20级”，粗略含义就是一辆标准车的重量按20吨考虑。到了2003年版，汽车荷载的等级改称为“公路-I级”，其作用力和布置形式也发生了较大改变（与美国规范较为接近），但总体来说，相当于一辆标准车的重量按55吨考虑。2003版的规范一直沿用至今，尚未改变。

国内外桥梁荷载 有什么不同？

目前我们中国的桥梁在设计时所采用的荷载水平，是经过了科技工作者的大量研究和实测调查、汲取了国内外的先进理论和实践知识、吸收融合了西方发达国家的桥梁设计规范的经验后，综合确定的。



国内外桥梁荷载对比



从总体上讲，与世界其他发达国家的设计规范相比，我国现行规范中的汽车荷载的总重要比美国、欧洲、英国、日本（这几个都是世界上桥梁建设水平最强的国家和地区之一）的要略高。

超载及其危害是什么？

桥梁的超载指桥梁实际承受的汽车荷载与设计标准不一致。可概括为两种：一是行驶在桥梁上的车辆超过额定载重量；二是汽车荷载超过桥梁设计标准。

我国道路运输车辆超限超载现象极为普遍，在严重的地区，几乎所有的货车运输车辆都存在着程度不同的超限超载行为，汽车装得比火车皮还要多。

根据我省某高速公路治超站的超限超载处罚车辆统计表，2009年1年内查获的超限超载车辆总计692辆，其中超载车辆638辆，车辆总重超过100吨的有22辆，最重的达到129.05吨。

超载对桥梁会造成极大的危害：

(1) 超载车使很多公路桥梁处于超负荷运营状态，使桥梁出现不同程度的病害和损坏，危害桥梁的安全性和耐久性。

(2) 对于一些中小跨径桥梁（例如空心板桥），超载车会导致桥梁损坏、甚至垮塌。



限载：座桥。是为马设计的（采用马的重量作为设计荷载标准）



2009年漯河市南澧河大桥被260吨超载车压垮

(3) 超载使得桥梁过度疲劳、损伤加剧。超载造成的桥梁内部损伤是不可逆的（无法自行恢复），将使得桥梁在正常荷载下的工作状态发生变化，继而导致其他次生病害。

(4) 在超载车辆作用下，由于混凝土结构内部已经受到损伤，构件和连接的开裂荷载降低、刚度下降。损伤的累积，造成结构开裂，降低桥面及结构的疲劳寿命，严重时会导致桥梁构件或连接破坏、桥梁整体倾覆或垮塌。



2012年4辆超载车队偏载行驶造成哈尔滨阳明滩大桥引桥整体倾覆

(5) 超载车队在桥上统一靠边侧行驶，还可能造成桥梁整体倾覆。

(6) 超载造成的桥梁垮塌和桥梁损伤带来巨大的经济损失，桥梁重建、桥梁加固维修、公路维修都要耗费大量资金。据统计，全国多个省份因公路超载而导致的经济损失每省每年达10亿以上。

为什么**超载**车没有损伤， 而桥却压坏？

首先，这里有一个误区，其实超载车和轮胎也时常被压坏，要么在装货时就压坏或爆胎，要么行驶中压坏或爆胎，但人们都觉得这是“正常现象”，很少人去关注和注意，更不会引起媒体关注和集中报道。



超载车被压断



超载车车轴压坏

载重卡车的主体结构都是全钢结构，专为承受高速运动和冲击、以及大载重量而设计，安全系数较高，比如经常可以看到设计载重 30 吨的卡车装了 60 吨的货物，这也从客观上给超载车提供了条件。

卡车非法改装的成本和代价非常低（相对桥梁来说），比如一辆大卡车价格 50 万元，它的改装费用只需几万元，通过加大加厚钢板尺寸、增加特殊装备等手段，提高汽车的承载力，实现超载，但同时其安全性却大幅降低，属于“致命的大力士”。



各种超载装备



2007年太原东柳林桥被183.2吨超载车压垮

这种超载和非法改装对公路和桥梁造成了很大的威胁，做个比喻，超载车就象一个“铁扁担”，铁扁担异常坚固，能挑起非常重的货物，但挑扁担的人（桥梁）却承受不了这么大的重量，人被压垮了。

公路行业和汽车行业多年来一直协商这个问题，力图使两者达到协调和平衡。

那么有人会问：把桥梁也造的更结实点，使桥梁能够承受住超载大卡车，不就两全其美了？从技术角度来讲是可以做到的，只需提高桥梁的荷载标准，加大结构尺寸，增加材料用量，提高承载力就行，但这样会使桥梁的造价成倍增加，要知道一座桥梁的造价是千万元、亿元级别的，一座中小桥的造价至少几千万元，一座大桥的造价一般几亿甚至几十亿元，如果为了照顾非法的超载车而毫无原则的提高桥梁的承载力（相当于提高了桥梁的荷载标准），那一座桥梁的造价就要增加几千万乃至上亿，全国范围的桥梁总造价的增加就是天文数字了，因此，从总体考虑，得不偿失，可行性不高。



重达上百吨的超 大件如何过桥？

超大件运输要严格遵守我国相关法规规定，不是所有超大件货物都允许上路运输的，要满足一定的限制要求，其中包括重量限制。不是所有桥梁都能够通行超大件运输车的。

事先要向公路和交警等管理部门申报获得许可，对路线进行详细勘察，对经过的公路和桥梁进行详细验算，必要时进行加固处理，确保不会对桥梁造成损害后，方可上路运输，并且行驶过程中还要遵循一系列严格的安全要求。



重达上百吨的超大件如何过桥？

其次，超大件运输采用特种拖车，其长度很长，车轴和车轮非常多，车轴间距和车轮布置都经过专门设计，并配有液压调节系统，可以将货物的重量都均匀分摊给每个车轴和车轮，所以，尽管货物的总重很大，但这个重量被均匀的分摊到一个很大的范围内（拖车长度有时甚至超过一些中小桥梁的单跨跨径，这样可以减小对桥梁的局部作用力），那么每个小范围内的重量就较小（即每个车轴和车轮所承受的重量并不大），再配合专门的桥梁验算和必要的加固，从而避免对桥梁造成损伤。

桥梁**垮塌**的常见原因有哪些？

每起桥梁事故的原因都不尽相同，要具体情况具体分析。但总的来说，常见的原因有以下几个方面：

管理不善，超载车较多，导致桥梁内力和变形增大，超过承载极限。

长期的重载交通和超载使桥梁产生“内伤”，并长期带伤工作，最终在某个偶然因素导致的临界点（或者通俗的称“最后一根稻草”）发生严重破坏，甚至垮塌。

很多老桥建于几十年前，是按当时的老标准和老规范修建（设计荷载等级比现在低），这些老桥在日益增大的交通荷载作用下，相继产生各种病害，甚至垮塌。



泉州 795 年历史的顺济老桥垮塌



2013年韩国榜花大桥施工时发生事故而垮塌

桥梁设计不够细致，对一些细部或者特殊问题的研究不够深入，使桥梁未能达到足够的强度或者承载力。

桥梁施工质量低劣，偷工减料，导致桥梁不能达到设计承载能力，存在缺陷和隐患。有些桥梁甚至在施工过程中就发生垮塌等事故。

地震、洪水等自然灾害和船撞、车撞等其他偶发因素。

我国近些年来的桥梁垮塌事故大多为超载车所导致，其他事故原因主要有施工缺陷、船撞等等。

而国外的桥梁因为基本很少有超载现象，因此桥梁事故多为养护不足、构件老化、设计施工存在缺陷、或船撞而导致。以下列举一些典型的国外桥梁垮塌事故及其原因分析：

(1) Tacoma Narrows Bridge (美国塔科马海峡大桥)

事故原因：设计理论的认知有限，桥梁在风的作用下产生共振而垮塌。

塔科马海峡大桥位于美国华盛顿州的塔科马海峡。第一座塔科马海峡大桥于建于1938年11月到1940年7月，中跨853m。在建造最后阶段，人们就发现大桥在微风的吹拂下会出现晃动甚至

扭曲变形的情况，司机在桥上驾车时可以见到另一端的汽车随着桥面的扭动一会儿消失一会儿又出现的奇观。



1940年11月7日，大桥在远低于设计

美国塔科马海峡大桥

风速的19m/s(相当于八级大风)风速下发生强烈的风致振动，桥面经历了70min振幅不断增大的反对称扭转振动，最终导致桥面折断坠落到峡谷中。重建的大桥于1950年通车。

(2) I-35W Bridge (美国密西西比河大桥)

事故原因：桥梁养护不足，成为危桥后仍带伤运营。

I-35W 密西西比河大桥是由明尼苏达州运输部于 1967 年建成的。1990 年，美国联邦政府以 I-35W 密西西比河大桥支座有严重腐蚀，将该桥评为有“结构缺陷”，当时全美总共有超过七万座桥梁被评为此一等级。2001 年，明尼苏达大学土木系的一份报告指出 I-35W 大桥纵梁已扭曲变形，还发现该桥桁架疲劳的证据；该报告同时指出：一旦桁架承受不了庞大车流，I-35W 大桥恐将崩塌。但桥梁养护不足这一问题并未被政府所重视。

当地时间 2007 年 8 月 1 日下午 6:01，正值交通高峰时段，该桥突然坍塌，造成至少 8 人死亡，79 人受伤。据估计事故发生时桥上有 50-100 辆机动车辆，是美国自 1983 年以来最严重的非天灾或外力因素所造成的桥梁崩塌事件。





(3) I-40 桥（美国）

事故原因：被船撞。

该桥是美国俄克拉荷马州阿肯色河上的大桥。2002 年 5 月 26 日早上 7:45，一艘拖船所拖驳船与大桥桥墩相撞，随着一声轰隆巨响，大桥长达 180 米的一部分塌落。由于司机看不到前方桥面塌落，随后陆续有十辆汽车坠入水中，共造成十四人死亡。



铁路桥为什么压不坏？

最主要的原因是，铁路是由铁路系统内部运营和管理，相对严格，没有公路上常见的超载现象，一切都按铁路相关规范和规定严格执行。

其次，我国有专门的“铁路桥梁设计规范”，里面规定的火车荷载的重量要比公路的汽车荷载要大。火车也有最大重量限制，例如一节车皮载重不超过 70 吨、单轴重不超过 23 吨。虽然火车较重，但火车重量都按铁路规范严格控制，铁路桥梁的设计也按铁路规范里规定的荷载进行计算和设计，没有公路那样的非法超载，那么火车和铁路桥梁就能很好的相互匹配，因此铁路桥很少出问题。



6 辆机车头牵引的两万吨煤炭重载列车通过永定河特大桥

一些老桥为何至今没坏？

在很多人心中，一座老桥就如同位德高望重的老人，是一个地方历史文化的象征，老桥因此也给人一种坚固永久的形象。但实际上，古代修建的大部分桥梁都已经遭到不同程度上的



损毁了。很多老桥没有变坏指的是没有完全废弃，仅仅是人们对老桥整体上的印象而言的。“古代桥梁更结实”是人们对少部分受到保护的而保留下来的古桥的错觉。

那么为什么会有一部分的古桥至今没坏呢？

首先，从设计理念上，古代造桥的理念尚处初级阶段，计算理论粗浅，偏重经验性，为了确保安全，就把桥造的粗壮结实，耗费材料多，经济性差。而现代桥梁的建造理念更加精细化，计算理论复杂而精准，追求经济性，要求建造出具有最高性价比的桥梁。



其次，桥的使用寿命和桥梁承受的荷载的变化是有密切关系的。而桥梁的荷载离不开具体的社会发展与交通状况。古代数千年以来，交通工具简陋，桥梁受的力比较小，仅仅是马车、行人这些较轻的荷载。而现代桥梁却要承受各种车辆（包括大卡车、重载货车）的非常大的力。以著名的赵州桥为例，该桥已经使用了1400年，但是由于受到现代的汽车和重载交通的影响，已经受到相当损害，因此从80年代开始赵州桥就禁止汽车通行，以保护古桥。



再次，从桥的结构形式来说，保存完好的古桥主要是石拱桥，因为石料的抗压和承载力较高，耐久性好（不易变质和腐烂），这在一定程度上延长了古代桥梁的使用寿命，但缺点是桥的跨越能力有限，跨径最多也就几十米，无法做的很大。

小博士

石拱桥：用天然石料作为主要建筑材料的拱桥，具有悠久的历史，桥梁又多有附属小品建筑，如桥头常立牌坊。世界上最著名的割圆拱桥首推中国赵州桥，显示着我国古代汉族劳动人民勤劳勇敢和卓越才能。



桥梁的桥面坑坑洼洼， 是不是**结构**损害？

如果说老桥如一位德高望重的老人，那么现代桥宛若一名充满灵气的美人。但是这位美人却经常受到不经意的伤害，表面坑坑洼洼就是其中的一种表现。

那么，桥面坑坑洼洼是结构受到损害了吗？不是的，实际上，桥面出现坑坑洼洼的现象，一般只是桥面铺装层出现了损坏，而不属于桥梁结构性的破坏。因为桥面铺装层并不直接参与结构受力，所以根据桥面坑坑洼洼就判断结构损坏是不准确的。

那么桥面为什么会出现坑坑洼洼呢，这主要是由于受到外力作用影响造成的。对桥面铺装产生影响的外力主要有：

①在交通承重中受到车轮的冲击、剪切与磨损，特别是在车辆超载的情况下，桥面更是容易出现车辙、开裂等现象。同时，这种情况在柔性较大的桥面铺装层表现得更为明显。

②四季气温变化以及风霜雨雪等天气会对桥面产生侵蚀作用。

③环境污染、垃圾残留也会对桥面产生一定的腐蚀作用。

一般来说，桥面铺装的使用寿命会比桥梁的整体使用寿命短，而桥面铺装层的坑坑洼洼虽然不是结构的破坏，但是会导致行车舒适性的降低，进而影响车轮与桥梁的接触力，严重的话也会间接加速结构破坏，进而引发交通事故。因此，桥面铺装损坏虽然不能证明结构已经破坏，也应该及早发现，及早检修。另外，在进行桥面铺装建设时，选择合适的铺装材料、加强桥面建设的施工管理也非常重要。

小博士：

桥面铺装：桥面铺装是为了保护桥面板，分散车轮集中荷载，用沥青混凝土、水泥混凝土、高分子聚合物等材料铺装于桥面板上的保护层。

大车经过时桥梁晃动明显， 桥梁质量是否有问题？

也许你曾经多次有过大桥经过时桥梁晃动明显的感觉，你也曾经有过多“桥梁是否‘生病’”的怀疑，那么，现在就让我们揭开这个谜团的神秘面纱吧！

大车经过时桥梁晃动明显，这主要是由于共振产生的，而从严格意义上讲，任何物体受到激励后都会产生振动，只不过有些振动很小，人体感觉不到，而有些振动稍大，可被人体所感知到。大车经过时的这种振动情况其实也存在于高楼等其他建筑物中。所以当有大车经过时，有一定程度的晃动是正常现象，并不能说明桥梁质量出现了问题。

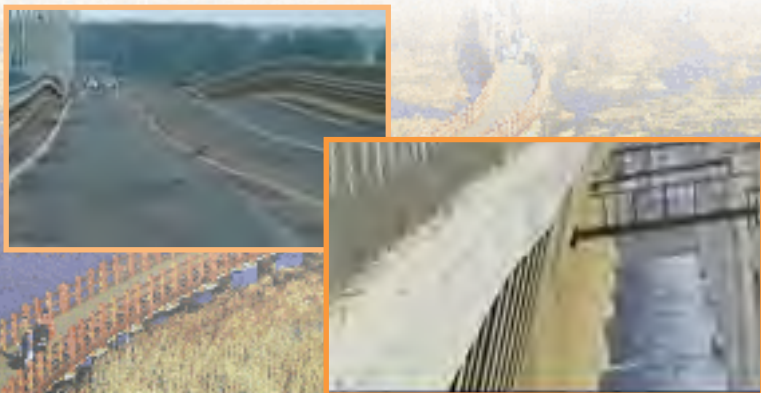
其次，由于桥梁跨径、结构形式、材料的不同，每座桥梁自身的刚度也是不同的，而桥梁刚度的不同又导致桥梁振幅的不一样，作为桥梁结构，其本身具有一个固有频率，当车辆经过桥梁时，对桥梁结构会有一种激励的作用，若其振动频率接近桥梁的固有频率，会产生共振。

我国桥梁设计规范中对桥梁的振动程度有相应的规定，只要不超过规范里的限定值，振动的频率和幅度在可以控制的范围内是可以的。


但另外一方面，我们也必须认识到，既然存在振动，那就要避免共振问题，共振会导致桥梁晃动过于严重、甚至坍塌。历史上发生过此类事故，例如前面讲到的：1940年美国塔科马海峡大桥在风吹作用下发生强烈共振，导致桥梁垮塌。

再例如2010年，俄罗斯伏尔加河大桥发生共振，大桥剧烈晃动，桥面呈波形翻滚，所幸最终未酿成桥垮的悲剧。

因此，为了避免类似事故再发生，桥梁设计中，可以采用一些特殊措施，例如设置阻尼器、或者把结构做的更柔软，使结构的振动趋于紊乱、振动控制在安全范围内，避免共振。



俄罗斯伏尔加河大桥因共振发生剧烈扭动



汽车经过桥头时常常跳一下的原因是什么？

汽车经过桥头时经常会跳一下，术语叫做“桥头跳车”，人们也会有或惊奇、或惊慌的不同体验，而这“跳一下”里面包含了很多学问。

首先，桥头（桥台）是钢筋混凝土做的，刚性大，也就是“比较硬”，而桥头之外的路基是柔性的，也就是“比较软”。这硬的桥台和软的路基衔接在一起，时间一久，经过汽车的反复碾压，软的东西（路基）压缩沉降较大，硬的东西（桥台）压缩沉降较小，那么他们连接处的路面上就会产生一道“棱”，或者叫“错台”，汽车经过这道棱的时候就会跳一下。



这种现象一般在软土地区较为普遍，比如南方的沿海地区，地面下有厚达十几米的淤泥层，在汽车长期的反复碾压下，路面的沉降总量可以达到几十厘米甚至1米以上。

而相比之下，桥台的基础经过专门设计，深入地层，稳固支撑，沉降很小。

其次，有的桥台背后填充的土料不太好，水渗进去之后（例如下雨）就发生压缩塌陷，时间一长，压缩塌陷的总量比较大，也会在路面上形成一道“棱”，汽车

经过这道“棱”时就跳一下。

桥头跳车虽说不太会引起重大交通事故，但严重影响行车舒适性。而解决的措施有加强桥头处的软土地基的处理（把地基做的“硬”一点）、改善桥台背后的填充土料的性质等等，从而减少路基和桥台的压缩差异，减少跳车。

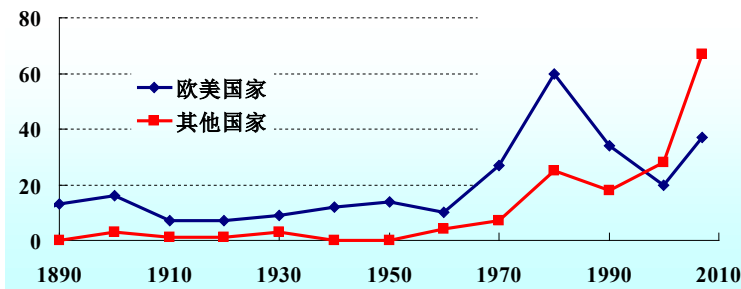


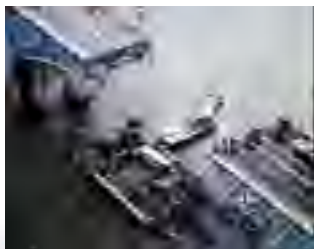
图1 世界桥梁垮塌事故趋势图

国外的桥梁是否 很少有桥梁事故？

国外的桥梁真的很少有桥梁事故吗？这些桥梁事故的原因又是什么呢？让我们一起探个究竟吧！

据相关调查显示，事实上，国外的桥梁事故并不少见，世界范围内的桥梁垮塌事故屡见不鲜，呈总体上升趋势，近年来势头更甚。上图（图1）即为世界桥梁垮塌事故趋势图。

以位于韩国首都首尔的汉江上韩国圣水大桥为例，该桥全长 1160 米，最初于 1979 年建成。1994 年 10 月 21 日早上，在车流量高峰时刻，圣水大桥位于第五与第六根桥柱间的 48 米长混凝土桥板整体塌落入水，六辆汽车包括一辆载满学生及上班族的巴士和一辆载满准备参加庆祝会的警员的面包车跌进汉江，导致 33 人死亡 17 人受伤。经过长达五个月的调查，最后发现大桥坍塌的直接原因是：承建大桥工程的建设公司没有按设计图纸施工，而且在施工中又偷工减料。图为韩国圣水大桥：



圣水大桥在发生意外后不久进行修葺，于 1997 年 8 月 15 日重新开放。





另外，2007年8月1日，美国明尼苏达州明尼阿波利斯桥梁坍塌，造成6人死亡，58人受伤。事故原因是结构老化，未及时维修。

由此可见，桥梁事故是国内外所有的桥梁工程师们的共同敌人，为了有效避免桥梁事故，我国每年都召开相关的国际学术大会、国内的学术大会，相互交流和介绍经验，和世界各国共同努力，研究如何进一步提高桥梁的安全性。另外，相关的调查表明，中国桥梁坍塌的事故中，由超载引起的事例占很大的比重，因此，加强交通管制，提高人们合理载重的意识极其重要。

如何防范跨海大桥被 船舶撞垮？

跨海大桥被撞？这可不是电影里才有的情节。汽车不走正确的车道而乱开，就可能撞到路边的房屋上，同理，船舶不走正确的航道而乱开，就可能会撞到大桥上。但从总体上来讲，跨海大桥被船舶撞垮的概率相对很小，但同时损失往往很大。

一般来说，根据航道的具体情况，跨海、跨江的大桥一般会专门留出几个“通航孔”供船舶通行，这些通航孔的桥墩对船撞的设防要求高，桥墩比较庞大和厚重，桥墩上会设置防撞装置，能够抵挡船舶撞击而桥不垮。但这些厚重的桥墩和防撞装置的造价非常高，往往高达数千万元甚至上亿元。

而除这些通航孔之外的其他桥孔是不允许大船通航的，叫做“非通航孔”，这些非通航孔的桥墩对船撞的设防等级低，一般造的相对纤细，造价也低。



湛江海湾大桥的防撞设施

正常来说，如果船舶遵守航道，走通航孔几乎是不会出现撞击事件的，但是如果船舶不按规定的航道走，而是乱走，进入了非通航孔，撞到设防等级低的桥墩，很可能把桥墩撞垮，尤其是当船舶载重和桥墩的设防等级反差较大时，这种可能性就更大。

那么，如何对跨海大桥被船舶撞垮事件进行防范呢？可能的方法一般来说有两种：

①把每个桥墩都造的厚重结实，使每个桥墩都不怕船撞。但是这种方法将面临严峻的造价问题，一句话：“太贵！”。例如一座跨海大桥的桥墩有几百个，每个非通航孔的桥墩都这么做，造价就要增加几亿元甚至十几亿元。而跨海大桥被船舶撞垮事件概率又极其的小，因此这种方法无论在可行性还是在性价比上都是不可取的。

②采用附加的防船撞措施，例如独立防撞墩、群桩加拦阻索、雷达监警告警系统、加强对船舶航行的管理等等，这些方法相对来说比较经济，但是在一定程度上会对大桥的景观造成一定影响。

近年来，我国对桥梁防撞问题已经越来越重视，我国的科技工作者也在防船撞的综合措施方面进行了更多的深入研究，且取得了一定的成果，对较大的桥梁一般要进行风险评估，根据评估结论采取措施来降低风险，也能在一定程度上减少桥梁的船撞事故。

最后，让我们来测一测海区桥梁助航的标志你认识多少呢，一起来学一学吧！

小博士：

《中国海区可航行水域桥梁助航标志》：2007年9月由中国交通部海事局颁布，规定了中国海区可航行水域桥梁助航标志的种类、功能、形状、尺寸、颜色、灯质、图例和设置要求。适用于在中国海区及其港口、通海河口可航行水域的桥梁（包括跨越可航行水域的铁路、道路、管路和渡槽等固定建筑物）上所设置的助航标志。



桥孔禁航标志



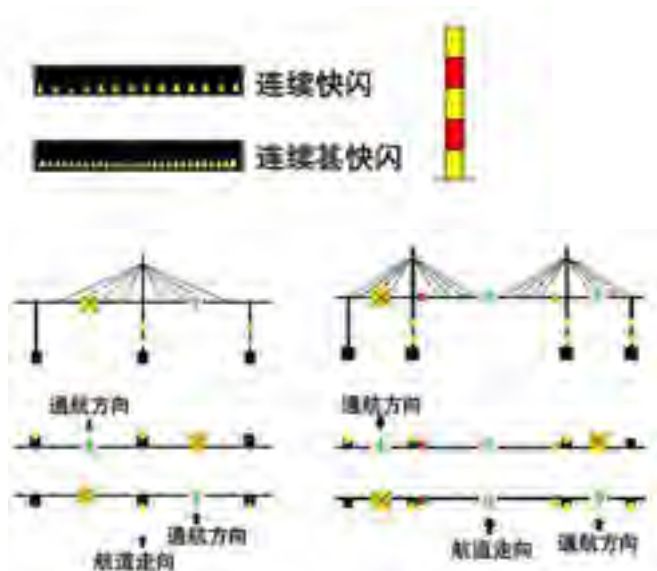
通航桥孔左侧、右侧标志



双向通航桥孔中央标志



单向通航桥孔标志



桥墩警示标志

如何治理**超载**？

公路超载并不少见，当然也不仅仅是开个罚单那么简单。实际上，公路超载会引发各种严重的后果，因此，加强超载治理对改进公路交通、改善桥梁使用状况非常重要。

具体来说，我国的治理公路超载的措施有以下几方面：

①完善相关的法律法规

在政策法规方面，我国先后颁布实施了《中华人民共和国公路法》、《中华人民共和国道路交通安全法》及其实施条例、《超限运输车辆行驶公路管理规定》、《道路交通安全违法行为处理程序规定》、以及《国务院办公厅关于加强车辆超限超载治理工作的通知》（国办发〔2005〕30号）等法律规范和规范性文件，作为治理超载的政策性依据。交通部还出台了《治超工作“五个不准”、“十条禁令”》对超载治理工作进行进一步细化和规范化。

②成立超载检测站

在措施手段方面，全国各地成立超限超载检测站，它分为Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类三个类别。其中Ⅰ类治超检测站用于把控全国性路网的重要关口；Ⅱ类治超检测站用于把控区域性路网的重要关口；Ⅲ类检测点主要用于防绕堵漏，从而形成全国性超限超载车辆监控网络。图为全国各地的治超站：



全国各地的治超站

③计重收费的方式

按照“标准车型、标准装载、标准收费；标准车型、超额装载、超额收费”的原则实施，充分体现了公平合理的原则。按照实际载重量，多载多缴费，少载少缴费，对超限运输加重收费，既保护了守法运输户的利益，又可有效地起到遏止车辆超载超限运输的作用。其次，公路管理部门可将超载超限车辆多缴的通行费用用于公路和桥梁的养护维修。

④加强治超执行能力

在执行方面，我国于2004年由交通部、公安部和国家发改委等七部委联合成立治理车辆超载超限工作组，在全国联合行动，按照统一的标准全面治理超限超载运输。各省也先后进行过多次治理超载专项行动，超载行为已经有所收敛。

⑤科技治超

从技术上，可以加强治超系统的开发，利用科技模式治理超载，进而从源头上对超载现象进行控制。

⑥借鉴国外有益的超载治理措施



美国：广泛采用车辆静态和动态称重设备对车辆超限情况进行检测，采用照相机和路边控制器技术，并与高速公路巡警车中的笔记本电脑相连接，对货车进行检查，可以及时观察数据和鉴别超载车辆的身份。

德国：联邦货物运输局设专门机构管理超限运输车辆，对违章车辆有权扣留并进行处理。对超限运输驾驶员的管理办法中规定，第一次驾驶员将被登记在案并口头警告；第二次被发现将面临三个月的监禁；一年内发现超限三次以上的驾驶员，将吊销驾驶执照，登上“黑名单”，终身不得从事驾驶行业工作，迫使没人敢开超限车。

澳大利亚：对超限超载的处理方式一般是修路，即按承运货物的起点到终点，负责修理该路段所有的损坏路面

最后我们也应该看到，超载现象时而有所反弹。治理超载具有复杂性、反复性、长期性的特点。因此我们仍要继续努力，研究探索治超的长效机制。

保障桥梁**安全** 的措施有哪些？

日常交通，安全为本。桥梁安全作为交通安全的一部分，与人们日常生活息息相关。保障桥梁安全是一项系统性工程，是交通运输永恒的主题，需要从各个方面分阶段地采取相应的措施。具体来说，保障桥梁安全的措施有以下几个方面：

①在规划和设计阶段，严格执行国家相关规范和行业标准，进行认真细致地完成设计并进行充分的计算，适当提高安全富裕度。

②在施工阶段，严格执行施工方面的规范和规定，认真施工，保证原材料质量，改进施工工艺，严格监理，确保工程质量。

③在运营阶段，严格管理公路运输，坚决治理超载现象，完善相关的治限治超法律与法规，对桥梁进行定期检查、及时养护和维修。



④充分考虑撞击等偶然因素，加强各方面的防范，进而加强桥梁的防船撞、防车撞的能力。

⑤对桥梁进行风险评估，加强科技研究，及早发现事故隐患并进行改进。

为加强桥梁安全，浙江省政府及相关部门也一直都在进行着各种努力，保障人们日常出行。比如说，受台风影响较大的丽水市，由于持续的降雨天气导致了河流水位急剧上涨，山区土体松动，为了保障公路桥梁的安全，丽水高速路政立即出台应对措施，集结人员、机械和装备，分段划片包干，组织养护公司和桥梁技术人员对高速公路大、中、小所有桥梁进行全面维护检测，确保高速公路桥梁安全度汛。

什么是桥梁 健康监测系统？

桥梁是交通系统的重要组成部分，在人类文明的发展和演化的过程中发挥着非常重要的作用。桥梁如同一位任劳任怨的服务员，在为我们服务的同时，他也需要大家的保护。

桥梁这位服务员在为大家服务的同时，也常常会受到车辆、地震、有害物质以及自然环境、人为因素的侵蚀与损害，如果这些损伤没有及时得到检测与维修的话，会影响桥梁的使用寿命和行车安全，甚至导致桥梁坍塌。



而桥梁健康监测是近十几年来发展起来的新兴学科，是在桥梁上设置内力、变形、温度等传感器，对桥梁状况进行监控与评估，发现异常状况时可及时发出预警信号，为桥梁的维护维修和管理决策提供依据与指导。这就如同给人的身上贴了传感器（例如可以测量体温、血压、心跳等等），可以24小时实时监测人的健康状况，发现有疾病或者不舒服，立刻就能通知医生，及时进行治疗和修复，从而避免更大的伤害。

什么是桥梁健康监测系统？



桥梁健康监测系统作用主要表现在以下两个方面；

①及时发现桥梁在运营中有可能出现的异常状况，进而抓住最佳时机进行及时有效的维修，避免发生事故时所带来的重大损失。

②健康监测系统所获得的数据对日后桥梁安全以及建设等相关方面的研究具有一定的参考价值，有利于改进桥梁结构设计的方法及相应的规范标准。因此，从这一层面上来讲，桥梁健康监测系统同时也是一个完善的桥梁建设数据库。近年来，通信网络、信号处理、人工智能等技术的不断发展加速了桥梁监测系统的实用化进程。业界纷纷着手研究和开发各种灵活、高效、廉价、并且不影响桥梁结构正常使用的长期监测方法或技术。桥梁健康监测系统的部署和应用不单单具有重要的现实意义，还具有重要的研究价值，在推动和发展智能化、数字化和信息化桥梁工程中起到了积极的作用。

小博士：

桥梁健康监测：桥梁健康监测的基本内涵即是通过通过对桥梁结构状况的监控与评估，为桥梁在特殊气候、交通条件下或桥梁运营状况异常严重时发出预警信号，为桥梁的维护维修和管理决策提供依据与指导。