

第一节 国内外公路桥梁养护概述

一、国外公路桥梁养护现状

公路桥梁承载能力降低、通行能力不足,不能满足迅速发展的交通事业的需求,是世界各国普遍面临的问题。公路桥梁原设计标准低、结构构件老化,各种材料强度降低也早已引起了了世界各国的普遍关注。美国、日本、丹麦等发达国家在公路桥梁的检测、评定、技术改造及管理系统等方面作了大量的研究工作。

1981年4月联合国经济合作与发展组织(OECD)主持召开了关于“道路桥梁维修与管理”的会议,会议提出了桥梁养护方面有待研究的六个问题:①如何正确评价现有桥梁的实际承载能力与安全度②如何及早检查发现桥梁产生的损坏及异常现象,正确地检定结构物的损坏程度,从而采用合理的维修加固方法③桥梁损坏与维修加固的实际应用④桥梁维修加固新技术⑤桥梁设计与维修管理的关系(如何把维修加固中发现的问题,放到今后桥梁设计中进行考虑)⑥桥梁维修加固的展望。

1991年第二届混凝土耐久性国际学术会议上,METHA教授在其报告中指出:“当今世界,混凝土破坏的原因,按重要性递降顺序排列是:钢筋腐蚀、寒冷气候下的冻害、侵蚀环境下的物理化学作用”,“40年代以来,混凝土建筑业的迅猛发展,通过硅酸盐水泥组成变化,导致坍落度大的混凝土拌合物易发生中和作用。用这种混凝土制作的构件强度能满足要求,但从钢筋保护和混凝土耐冻、耐腐蚀的角度看,则不满意,即当今更多的混凝土结构,比50年前更不耐久。”

在桥梁检测方面,美国是目前世界上最发达的国家,其发展基本上代表了目前世界上的最新水平:①无损检测(NDE-NONDESTRUCTIVE EVALUATION)是诸多检测方法中使用最普遍的,历史上的NDE技术主要有涡流仪,磁试验透入试验,X射线试验和超声试验五种,目前这些技术又有了新的发展:如声发射、磁分子和磁漏、BARKHAUSEN噪声、涡流、电、 γ 或X射线照相和层析摄影、全息摄影、冲击反射和回弹锤、远红外热像仪、微波吸收、中子射线照相和散射、核磁共振、光干涉、流体渗透、脉冲雷达、超声波、X射线衍射、共振超声光谱仪和振动模态分析等。②对混凝土进行探伤或半探伤检测的技术也已比较成熟:如拨拉(间接抗剪、抗拉强度)、拉伸(抗拉强度)、折断(抗折模量)、WINDSON

试验(抗贯入)、TESCON试验(应力—应变关系)、CORES试验(强度)、成熟度法(温度与时间关系)和渗透性试验(氯离子、电和气体渗透)等。③目前正致力于研究用超导材料技术进行混凝土结构钢筋锈蚀度的检测方法。

在桥梁评定方面,各国都根据具体情况制定了分级排序的国家标准,基本方法大同小异,都是采用模糊分级的方法。美国主要采用桥梁缺陷分级标准—美国联邦公路管理局(FHWA)对每座桥梁收集90个项目的数据,将桥梁缺陷分为10级(0~9)。英国主要采用桥梁检测优先级标准—依据桥龄分级 R_a 、桥型分级 R_f 、薄弱部位分级 R_d 、交通量分级 R_v 、 R_u 、路线重要性分级 R_i 等进行整体评分分级 T_A ($T_A=4R_a+2R_f+R_d+R_v+R_u+R_i$),并依据 T_A 将检测优先级分为5级(1~5),等级数越小的桥梁越应予以优先检测。日本、加拿大主要采用了荷载效应的修正法进行承载能力评定法(目前正向专家系统评估方向发展)。前苏联在桥梁评价和寿命评估方面也作了不少研究工作,并提出了相应的评定标准。

在桥梁技术改造方面，发达国家发展已趋成熟：美国及西欧的一些国家先后编制了桥梁加固与维修指南，成立了专业施工队伍，使桥梁技术改造向专业化、标准化方向发展。最常见的加固技术主要有：增大截面和配筋加固②粘贴钢板(筋)加固；改变结构受力体系加固；桥面补强层加固；增加辅助构件加固；体外预应力加固；粘贴复合材料（如碳纤维）加固等。

在桥梁养护管理系统方面，美国、日本、丹麦等发达国家先后建立了完善的桥梁养护管理计算机系统，并通过系统研究形成了一套完整的桥梁检测、评定与技术改造体系。

二、我国公路及桥梁现状

50年来，特别是改革开放以来，我国公路建设已取得巨大成就。但是，由于基础十分薄弱，我国公路建设总体上还不能适应国民经济和社会发展的需要，与发达国家的先进水平相比还有较大差距。从公路技术等级看(见表 1-1)，在全国公路总里程中还有近 20 万公里等外公路，等外公路仍占到公路总里程的 14% 以上；从行政区划分布看，由于经济发展和人口分布的不平衡，公路发展在东、西部地区之间存在着较大差距。

上世纪末我国各地区公路里程、公路密度及公路技术等级构成 表 1-1

区域	公路里程	公路密度	公路技术等级构成(%)				
	(公里)	(公里/百平方公里)	合计	高速	一级	二级	三级
全国总计	1351691	14.1	100	0.9	1.3	10.4	19.4
东部地区	479158	37.2	100	1.4	3.0	13.9	21.3
中部地区	454981	16.7	100	0.6	0.5	10.5	21.5
西部地区	417448	7.9	100	0.5	0.3	6.1	16.6

50年来，我国桥梁建设也取得了飞速发展，现有桥梁已超过了 24 万座。但据 1999 年全国桥梁普查资料，94%以上桥梁为中、小跨径桥梁，且大部分分布在技术标准低、通行能力差的县乡公路上，约有 1/3 处于 3、4 类的状况。除此而外，属荷载标准低、桥面宽度窄、不能满足通行要求的约占桥梁总长的 15%。我国公路桥梁的主要技术缺陷有七个方面（见表 1—2）

可喜的是：多年以来特别是改革开放以来，我国的桥梁工作者对公路桥梁的检测、评定、技术改造进行了大量的研究工作，并取得了一定的成绩。

在桥梁检测方面：我国在大量引进并相继开发了混凝土强度和缺陷超声波检测设备、智能化红外成像测试设备，智能钢筋及保护层测量仪和钢筋锈蚀电位测量设备等等先进设备。这些先进检测仪器的引进、研制与开发为我国公路桥梁检测，特别是钢筋混凝土桥梁材质状况的检测提供了更加先进、更加科学的保障。

在桥梁评定方面：交通部于 1988 年颁布了《公路桥梁承载能力评定方法(试行)》，该方法主要是基于荷载试验评定方法，其对桥梁承载能力的检算基本上是按现行的有关公路桥梁设计规范进行，并根据桥梁的调查、检算及荷载试验情况，采用桥梁检算系数 Z_1 和 Z_2 对检算结果进行适当的修正。近年来，国内外一些学者在桥梁承载能力评定方法方面曾做过大量的潜心研究，先后提出了“以计算为主的评定方法”、“基于桥梁质量检查的评定方法”、“动态法测定桥梁承载能力”及“荷载试验与计算分析相结合的方法”等多种方法。我国学者还通过努力，使我国所

特有的双曲拱桥、组合梁桥等有了专门的完整评定方法。目前交通部公路科学研究所已着手修订《公路桥梁承载能力鉴定方法（试行）》，并将在此基础上制定《公路桥梁承载能力检测评定规程》。

我国桥梁七大技术缺陷

缺陷一	设计荷载标准偏低，承载能力不足： 早期建造的桥梁，特别是60年代、70年代建造的桥梁，设计荷载大多为汽-13、拖-60或汽-15、拖-80，还有相当一部分桥梁的荷载标准仅为汽-10、履带-50，甚至低于汽车-10级。随着交通量的增加和荷载等级的提高，原有桥梁已经无法满足现今交通的需要，有的桥梁已出现严重病害，有的桥梁有出现病害的可能。
缺陷二	通行能力不足： 桥面宽度不足；桥梁平面线形、纵断面线形标准太低。桥上通车净空或桥下通车净空不足。
缺陷三	人为及自然因素引起结构的损坏： 超出设计的洪水、泥石流、浮冰、冰冻、地震、强风、船舶撞击，河道不恰当开挖，桥梁基础下的岩溶、矿山坑道等，引起桥梁结构的局部损害。
缺陷四	超期服役： 这一部分桥梁并不是太多，主要是建造时期较早，如50、60年代建造的桥梁，设计使用寿命一般只有30~50年，这些桥梁目前仍在使用中。
缺陷五	超负荷使用： 这一部分桥梁按路线等级或者预期设计荷载等级来说，设计荷载等级并不低，但由于一些特殊原因，桥梁使用荷载大大超出设计荷载，致使桥梁长期在超重荷载作用下运营。（在我省尤应引起重视）
缺陷六	设计、施工的先天不足： 有些桥梁设计上不是很合理，结构构造处理不合理，桥梁在早期运营时其缺陷并不明显，运营一定时间后，病害逐渐显现出来。有些桥梁由于受施工质量、施工技术、施工手段等影响，存在一定的技术缺陷，随着运营时间的增加，其病害也逐渐在发展。
缺陷七	养护维修或加固措施不当： 有些桥梁的技术缺陷则是由于养护维修不恰当引起的。如桥面维修增加过大的恒载，致使桥梁负担加重；桥面排水处理不当，桥面渗水；如支座维修不当，约束了承重结构的变形等。有些桥梁则是加固不当引起的。如加固施加的预应力大小或者位置不恰当，引起结构的二次病害；如结构体系改变不合理，致使结构的关键部位应力超限等。

表 1—2

在桥梁加固方面，产、学、研密切合作，结合工程实践展开了大量研究工作，并取得了丰硕的理论成果：1991年中国工程建设标准协会制订颁布了《混凝土结构加固技术规范》。2004年交通部颁布了《公路桥涵养护规范》(JTGH11-2004)。交通部已着手编制《公路桥梁检算办法》、《公路混凝土桥梁加固技术规程》，该规程在规范指导公路混凝土桥梁加固方面意义重大。近年来，新材料、新工艺的大量出现也为我国桥梁技术改造提供了更加广阔的研究空间。

我国在桥梁的检测、评定与加固方面取得了飞速的进步。但同西方发达国家相比在以下五个方面仍存在着较大差距：

- 1、桥梁检测手段和仪器设备的开发研制；
- 2、桥梁检测、评定、加固的系统化及标准化；
- 3、加固维修材料和工艺设备；
- 5、相关技术标准、应用规程及施工指南的制定。

综上，我们桥梁养护工作者仍需加倍努力，缩短差距，使我国桥梁养护早日走上可持续发展之路。

第二节 桥梁养护维修与加固改造的基本概念

为保证桥梁的正常运营，尽量保持和延长桥梁的使用年限，对桥梁结构进行日常养护维修是非常必要的。当桥梁结构物无法满足承载能力、通行能力（如荷载标准提高、原结构严重损伤从而使承载能力降低、桥面过窄妨碍车辆畅通）、防洪等要求时，则需对桥梁结构进行必要的加固、拓宽等技术改造。因此桥梁竣工验收并交付使用后将进行两方面的工作，其一是日常的养护维修，其二是针对桥梁在运营过程中实际存在的问题与新的使用要求，进行必要加固改造。具体来说，桥梁养护的工作内容主要有以下几方面：

- 1)技术状况检查；
- 2)建立和健全完善的桥梁技术档案；
- 3)桥梁构造物的安全防范；
- 4)桥梁构造物的经常保养、维修和加固。

一、桥梁的养护维修

桥梁的养护维修（maintenance），是指为保持桥涵及其附属物的正常使用而进行的经常性保养及维修作业，预防和修复桥涵灾害性损坏与提高桥涵质量、服务水平而进行的改造。桥涵的养护按其工程性质、规模大小、技术难易程度应划分为小修保养、中修、大修、抢修工程四类，各类养护工程分别包括下列内容：（表 1-1-5）

1、小修保养（routine maintenance）工程：对公路桥涵及其工程设施进行预防性保养和修补轻微损坏部分使其经常保持完好状态的工程项目。由基层管理机构在年度小修保养定额经费内，按月（旬）排计划，经常进行。

2、中修（intermediate maintenance）工程：对公路桥涵及其工程设施的一般性磨损和局部损坏进行定期的维修与加固，使其恢复原状的小型工程项目。由基层管理机构按年（季）安排计划并组织实施。

3、大修（heavy maintenance）工程：对桥涵及其工程设施的较大损坏进行周期性综合修理，以全面恢复到原设计标准，或在原技术等级范围内进行局部改善和个别增建，以逐步提高通行能力的工程项目。

4、抢修（emergency repair）工程：当桥涵因水毁等自然灾害及超载、意外事故造成交通中断或者严重影响通行的破坏而采取迅速恢复交通的工程措施。

小修保养、中修工程，主要是对危害桥梁正常运营的部分进行修缮。例如桥面照明系统、桥面铺装层、桥面伸缩缝装置、桥面防水设施、桥梁主体结构（如钢筋混凝土桥梁等的裂缝等）、

桥梁支座、桥梁墩台身及基础、桥梁防护构造等的缺陷，都会影响桥梁的正常运营及使用年限，严重的甚至会导致桥梁承载能力的降低。因此，在桥梁使用过程中对其进行日常的维修保养是一项非常重要的工作，而这项工作具有普遍性，涵盖了一~五类所有的桥梁，不仅是针对技术状况较好的一~二类桥梁，也针对技术状况较差的三~五类桥梁。大修工程主要针对病害严重、技术状况较差的桥梁，比如三、四类桥梁，所以部分大修工程可归类为加固改造工程。桥梁的加固改造工作重点，往往是针对桥梁的承重结构，但同时也必须对上述影响桥梁正常使用的部分进行维修整治。桥梁涵洞养护工程分类范围见表 1—3。

桥梁涵洞养护工程分类范围表

表 1—3

工程项目	小修保养	中修工程	大修工程	改建工程
桥梁	<p>保养:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 清除污泥、积雪、积水、杂物，保持桥面的清洁。 2. 疏通涵管，疏导桥下河槽。 3. 伸缩缝养护，泄水孔疏通 4. 桥涵的日常养护。 5. 保持隧道内及洞口清洁。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修理、更换木桥的较大损坏构件及防腐。 2. 修理更换中小桥支座、伸缩缝及个别构件。 3. 大中型钢桥的全面油漆除锈和各部件的检修。 4. 永久性桥墩、台侧墙及桥面的修理和小型桥面的加宽 5. 重建、增建、接长涵洞 6. 桥梁河床铺底或调治构造物的修复和加固。 7. 隧道工程局部防护加固 8. 通道的修理与加固。 9. 排水设施的更新。 10. 各类排水泵站的修理 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在原技术等级内加宽、加高大中型桥梁。 2. 改建、增建小型桥梁和技术性简单的中桥。 3. 增改建较大的河床铺底和永久性调治构造物。 4. 吊桥、斜拉桥的修理与个别索的调整更换。 5. 大桥桥面铺装的更换。 6. 大桥支座、伸缩缝的修理更换。 7. 通道改建。 8. 隧道的通风和照明排水设施的大修或更新。 9. 隧道的较大防护、加固工程 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提高公路技术等级，加宽、加高大中型桥梁。 2. 改建，增建小型立交桥。 3. 增建公路通道。 4. 新建渡口的公路接线、码头引线。 5. 新建短隧道工程。
涵洞	<p>小修:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 局部修理、更换桥栏杆和修理泄水孔、伸缩缝、支座和桥面的局部轻微损坏。 2. 修补墩、台及河床铺底和防护圬工的微小损坏。 3. 涵洞进出口的铺砌加固。 4. 通道的局部维修和疏通修理排水沟。 5. 清除隧道洞口碎落岩石和修理圬工接缝，处理渗漏水 			
隧道				

二、桥梁的加固

桥梁加固（strengthening）的含义为对有缺陷的桥梁主要承重构件进行补强，改善结构性能，恢复和提高桥梁结构的安全度，提高其承载能力通过能力，以延长桥梁的使用寿命，使整个桥梁结构可满足规定的承载力要求，并满足规定的使用功能需求。桥梁加固一般是针对三~五类桥梁，个别的是针对荷载等级的桥梁或者是临时需要通过超重车的桥梁。有些时候，加固补强和桥梁拓宽、桥梁抬高等技术改造工程同时进行的，满足并适应发展了的交通运输的要求。

桥梁结构的安全性包括结构的强度、刚度、稳定性及耐久性等指标，即桥梁结构必须满足承载能力要求及正常使用功能要求：桥梁结构应具有足够的强度，以承受作用于其上的荷载，使桥梁结构的构件或其连接不致破坏；结构各部分应具有足够的刚度，以使其在荷载作用下不产生影响正常使用的变形；构件的截面必须有适当大小的尺寸，以使其在受压时不发生屈曲而丧失稳定性。对桥梁结构不仅要保证结构具有整体强度、刚度及稳定性，而且必须保证结构各组成部分具有足够的强度、刚度及稳定性，同时结构物必须具备良好的使用性能与耐久性。但是，桥梁结构由于所受荷载的随机性、材料强度的离散性、制造与安装质量的不确定性以及理论计算的近似性等原因，其实际安全度往往是一个不确定值。有的桥梁由于设计与建造年代久远，设计荷载标准偏低，而重车增多后而不适应；有的桥梁由于采用了不恰当的结构形式或采用了不合理的设计计算方法，导致桥梁结构实际受力状态与力学图式不尽相符；有的桥梁在施工时由于质量控制不严、管理不当造成不应有的缺陷；有的则因不注意日常养护维修整而导致结构产生缺陷；有的是使用不当而不能维持正常的工作条件等。

三、桥梁的技术改造

桥梁的技术改造（improvement）是一个综合性的概念，包括桥梁的加固补强、桥梁拓宽、桥梁抬高、桥梁平面线形改善等多项工作，凡是利用原有桥梁结构，通过特定的技术措施，使原桥梁结构荷载等级提高、通行能力增强、使用性能得到改善的，统称为桥梁技术改造。不过，桥梁技术改造的重点是指除加固补强以外的技术改善工作，本书中的含义即为此，并简称“改造”。桥梁技术改造基本上与公路养护中的桥梁“新改建工程”中的改建工程含义基本一致。

第三节 桥梁加固改造特点

桥梁加固改造是一项十分重要而又极具将专业知识灵活运用的工作，即将专业基础理论与实际已有病害的桥梁结构结合在一起，需要考虑的因素及涉及到方方面面的问题，从某种意义上讲，无论是加固改造方案的拟定与设计计算，还是加固改造的具体实施，其难度往往比新建桥梁还大。

一、桥梁加固改造中的技术分类

桥梁主要承重结构的加固补强的根本目的是为了恢复和提高其承载能力，改善其使用性能，防止桥梁结构的安全隐患，提高其通行能力。加固与技术改造的方法大致分以下几种类型：

1、加固补强薄弱构件

对于有严重缺陷或因通行重型车辆而不能满足承载力要求的薄弱构件,可以采用以新的材料(钢筋、钢板、混凝土、复合材料等),增大构件的截面尺寸、增设外部预应力钢筋或用化学粘贴剂粘贴补强材料等补强措施进行加固补强,这种方法实际上是通过增加的刚度或增加受力材料数量来提高原构件的承载能力。

2、增设辅助构件

在原结构基础上增加新的受力构件,如在多梁式梁桥中为增强横行联系而增设的端横梁、中横梁;又如桩基承载力不足时增设扁担桩、增设扩大承台等。

3、改变结构体系

不同的结构体系其受力性能不同,通过结构体系的转换来改变原有结构的受力状况,人为地改善原结构受力整体性能,以达到改善和提高桥梁承受荷载的能力目的。例如将有推力体系的拱桥改变成无推力体系的拱桥以改善拱圈、拱脚及拱顶截面的受力状态;又如将原有的多孔简支梁桥通过一定的构造措施改变为连续梁桥,利用连续体系来改善原有简支梁跨中部分的受弯等。结构体系的转变一般都能起到较好的加固补强效果,但随着体系的改变所形成的新体系中某些构件或截面的受力需按新体系进行认真的检算,并采取相应的措施。

4、更换构件

桥梁局部构件有严重缺陷而不易修复时,也可采用新的构件替换原有结构。如斜拉桥的拉索锈蚀损坏时,可用新的拉索来替换;当桥梁支座失去功效而不能满足主梁变形受力要求时,可将主梁顶起更换支座;又如少筋微弯板梁桥的微弯板,破损后不易修复,也可考虑更换;再如双曲拱桥的拱波、刚架拱桥的桥面板等。

5、桥梁拓宽

当桥梁宽度不足影响到桥梁通行能力时,桥梁就需要加宽。加宽一般和提高荷载等级改善桥面线形等可能同时进行。

6、其他上部结构的特殊改造方法

有些加固改造方法在实际工程中应用不多,如桥梁平面线形的改善,桥梁的升高降低等。

7、墩台基础处治

在桥梁上部结构进行补强加固提高其承载能力的同时,对桥梁下部结构及基础是否需采取补强措施也应认真研究。如果原桥下部结构及基础具有足够的潜力,足以满足上部结构补加加固所增加的桥梁自重以及活荷载对它的要求时,则可不再采取补强措施。

如果墩台基础的承载能力不足,或者上部结构缺陷、承载能力的降低等是由于墩台与基础的位移或缺陷等年引起的,则应对原桥墩台基础进行必要的补强加固。常用的方法较多,如基础灌浆,加钢筋混凝土桩,扩大承台,基础及台后打粉喷桩,基础周围抛置片石、块石(常置于钢筋笼内,主要用于防冲刷)等。

8、桥台加固处治

当桥台本身因其强度刚度不足时，可能发生较大的位移，可采用的方法很多，如对桥台进行顶推，改变桥台结构形式，对桥台身进行局部补强等。

9、桥墩加固处治

桥墩的加固补强技术，一般通过对桥墩结构的补强、限制或减小墩顶的位移、增加墩身承载能力（如改变墩身结构形式、增加墩身截面面积）等途径进行。

二、加固改造的一般特点

桥梁加固改造方案的拟定，首先必须根据桥梁现有的技术状况和使用荷载的要求，对加固改造的必要性和可行性做出判断，然后对各种可能的加固改造方案的技术经济效果进行分析比较，从中选择合理的改造方案，大体上应注意以下问题：

1、一般来说，加固改造的桥梁结构均有一定的病害，结构已处于相对危险的状态，故加固改造方案必须考虑尽可能少地扰动原结构，特别是主要承重结构，以策安全。

2、桥梁的加固改造工程通常要求在不中断交通、尽量少中断交通或者有交通干扰的条件下进行施工，故要求施工工艺简单且容易操作便、施工速度快、工期短。

3、加固改造的施工面狭窄、拥挤，常受原有结构物的制约。

4、补强加固施工往往相邻结构构件也产生影响。

5、加固改造施工中对原结构的拆除、清理工作量大，工程较烦琐零碎，并常常隐含许多不安全因素，要求施工人员更加注意操作安全与施工质量，严格进行施工管理。

6、加固改造的方案拟定与设计计算要充分考虑新、旧结构的强度、刚度与使用寿命的均衡，以及新、旧结构共同工作，特别应注意新增混凝土部分在达到一定的龄期前仅仅只能作为恒载来考虑。

7、加固改造方案应尽可能周密考虑增加和减少对原结构的影响，旧结构的拆除与新结构的补加在有些桥梁结构形式中应考虑减载加载程序；对大多数桥梁结构，以增加最少的荷载为宜。

三、加固改造的技术要求

1、技术改造方案及实施应尽量减少对原有结构的损伤，并充分利用原有的结构构件的承载能力，且应保证原有结构保留部分的安全性与耐久性。对于确无利用价值的构件则予以报废、拆除，但其材料应尽可能考虑量回收。

2、加固改造应做到可靠、安全、耐久，满足使用要求，这实际上是对桥梁进行技术改造的基本要求与目的。

3、加固改造工程在施工过程中应尽量中断或少中断交通，改造工程的技术经济指标应包括由于交通受阻等所带来的经济损失。

4、加固改造工程的施工应是技术上简易可行，施工上方便，所要求的机具设备尽量简单易操作，且应重量轻，体积小。

5、加固改造应尽可能地采用轻质材料，也应尽可能的探索使用新材料。

6、对于某些由于因下部结构或基础的不均匀沉降等原因而导致的上部结构的损伤，或由于其它偶然因素（如地震、强风、船舶碰撞等）所引起的结构损伤，在进行补强加固时应同时考虑采取消除、减小或抵御为这些不利因素的措施，以免在加固后结构物继续受此因素的影响。

四、加固改造工程必须满足的基本条件

加固改造应满足以下基本条件：

1、桥梁经技术改造后，其结构性能、承载能力与耐久性等都能满足使用上的要求。

2、具有较明显的经济效益和社会效益。

对于桥梁结构物的改造可以采用两种不同的方式，一种是废弃原有结构物进行重建，这就相当建造一座符合新的使用要求的新桥，但还要包括拆除原桥的工程；另一种是充分利用原桥，进行加固补强，若需加宽则再行拓宽。桥梁加固改造的经济效益就应反映在它的耗资明显地低于新建，否则就无法体现其优越性与基本出发点，研究表明，加固改造旧桥的投资一般应低于新建桥梁投资的40%~50%，当然，还应考虑相关社会效益及其影响。

为了更好地对各种技术改造方案进行技术经济比较，对各种改造方案进行评价，从中选择合理的技术改造方案，可以用以下两个指标进行分析比较。

为了更好地对各种技术改造方案进行技术经济比较，对各种改造方案进行评价，从中选择经济合理的技术改造方案，可以用以下两个指标进行分析比较。

1) 结构改善系数 η

桥梁加固改造的主要目的之一就是提高桥梁的承载能力，结构改善系数 η 就是表示经加固改造后桥梁承载能力提高的百分率，即

$$k = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中： Q_1 ——桥梁加固改造前通过活荷载的能力；

Q_2 ——桥梁加固改造后通过活荷载的能力。

目前对桥梁的承载能力尚缺乏更准确的、可以完全量化的评定方法，即式(1-1)中的 Q_1 、 Q_2 尚难量化。一般而言，桥梁加固改造往往是通过增强原结构的抗弯刚度来提高其承载能力的，故上述结构改善系数 k 可以转换为加固改造前后在设计荷载作用下所产生的最大挠度值的变化来表达，即

$$k = \frac{f_1 - f_2}{f_1} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中： f_1 ——加固改造前原结构在设计荷载作用下的最大挠度；

f_2 ——加固改造后同一荷载作用下的最大挠度与由加固改造所增加的恒载产生的挠度之和。

式中 f_1 、 f_2 的取值，当有试验资料时，可用实测挠度值；无试验资料时可采用理论计算值。

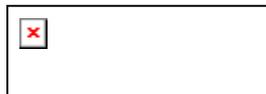
成本效益系数 F

成本效益系数是指加固改造工程单位成本所得的“结构改善系数”，成本效益系数愈大，说明该桥技术改造的经济效益愈好。成本效益系数 F 为

$$F = k/S \quad (1-3)$$

式中： S ——每平方米桥面所需的技术改造费用；

k ——结构改善系数。



不同的加固改造方案其技术经济效益往往会因桥而异，因为影响经济效益的因素很多，例如桥梁结构形式差异，桥梁跨径的大小，损伤程度，加固补强设施的养护费用，中断、阻塞交通的损，加固技术的耐久性，安全和环境干扰程度等。故只有对加固改造工程的技术经济效果进行全面的综合评价，方能对方案的选择做出合理的判断。

五、技术改造的设计计算原则

桥梁加固改造工程必需进行详细的设计计算，对关键的技术措施应尽量在事先进必要的试验，以掌握其技术要求及检验方法。一般进行加固改造设计计算应遵循以下基本原则：

1、应按现行《公路桥涵设计规范》进行设计，改造后的桥梁的使用荷载作用下，原有

结构及新增加结构各部分的强度、刚度及裂缝限值等均应符合规范要求。

2、应明确加固改造的具体目标，以确定加固改造设计计算方法。一般的桥梁加固改造是永久性的，有一些时临时性的，如超重车过桥。不同的目标有不同的计算方法。

3、当仅要求提高原桥的承载能力时，改造工程可在原有结构保持恒载应力状态下进行。此时，原有结构的全部恒载及补强加固所增加的恒载，可以考虑由原构件（截面）承受，活载则由原结构和新增构件（截面）共同承担。

4、若原有结构构件的应力已接近或超过容许限值，需要减少桥梁的恒载应力时，则应采取卸载措施，使桥梁在卸载部分恒载的状态下进行加固改造工作。此时，新增构件（截面）除与原有构件共同承受活荷载外，还承受原有结构的一部分恒载，因此，新旧结构按整体受力计算。

5、设计时应周密考虑并采取必要措施保证新旧结构、新旧混凝土的整体性并能共同工作。新旧结构的混凝土往往会由于收缩不同而导致结构内力重分布，从而引起新旧混凝土结合面因较大的拉应力而开裂，这会影响结构的整体性。因此，在设计时应注意尽量减小混凝土收缩的不利影响而采取相应的措施，如可采用微膨胀混凝土。

6、设计计算的力学图式应充分考虑已损坏结构的实际受力状态，这种力学图式不能使设计结果偏不安全。

7、设计计算时应恰当考虑利用原有结构的承载能力，不易过分对其进行挖潜。

六、技术改造工程设计的工作程序

1、根据桥梁管理系统的资料，初步确定需要进行加固改造的桥梁（主要是三、四类桥梁）。

2、实地初步调查（一般检查）上述桥梁的病害，并分析病害发生的原因；查找原桥技术资料。

3、调查并确定加固改造的目的、要求及技术标准。

4、原桥承载能力及技术状况的评定与理论分析，确定是否进行特殊检查，如动静载测试。

5、确定测试方案，并进行特殊测试，进一步确定是进行加固改造还是将桥梁废弃。

6、技术改造方案的拟定与设计计算。

7、施工图绘制及工程数量与预算编制。

8、加固完成后的验收和测试。