

ICS 点击此处添加 ICS 号
点击此处添加中国标准文献分类号
备案号:

DB45

广西壮族自治区地方标准

DB 45/ T XX—2016

广西桥梁检测评定技术规程

specification for inspection and evaluation of bridges in Guangxi Zhuang
Autonomous Region

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

(本稿完成日期: 2015. 10. 25)

2015 – XX – XX 发布

2016 – XX – XX 实施

广西壮族自治区住房和城乡建设厅

发布

广西壮族自治区地方标准

广西桥梁检测评定技术规程

Specification for inspection and evaluation of bridges in Guangxi Zhuang

Autonomous Region

DB45/T-XX-2015

主编单位：南宁市城乡建设委员会

广西壮族自治区交通规划勘察设计研究院

批准部门：广西壮族自治区住房和城乡建设厅

施行日期：2016 年 XX 月 XX 日

XXXX 出版社

目 次

前言 IV

引言 V

1 范围 1

2 术语和符号 1

 2.1 术语 1

 2.2 符号 2

3 总则 3

4 基本规定 3

 4.1 一般规定 3

 4.2 检测方案 5

 4.3 检测报告 6

 4.4 检测机构、人员和设备 7

 4.5 安全要求 7

5 定期检测 7

 5.1 一般规定 7

 5.2 定期检测的内容 8

 5.3 城市桥梁技术状况评定 11

6 材质状况与状态参数检测评定 12

7 桥梁结构检算及评定 13

8 静力荷载试验 13

 8.1 一般规定 13

 8.2 试验准备 14

 8.3 试验实施 17

 8.4 试验资料整理与结果评定 18

9 动力荷载试验 20

 9.1 一般规定 20

 9.2 试验准备 20

 9.3 试验实施 22

 9.4 试验资料整理与结果评定 22

10 施工监控 23

 10.1 一般规定 23

 10.2 施工监测 25

 10.3 控制计算 26

10.4	数据分析和反馈控制	28
11	运营监测	31
11.1	一般规定	31
11.2	运营监测的内容及要求	32
11.3	运营监测的实施	33
11.4	运营监测的数据分析和报告	34
附录 A	(规范性附录) 桥梁构件评分等级、扣分表	36

前 言

根据广西壮族自治区住房和城乡建设厅桂建标[2015]7号文的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制订了本规程。

本规程的主要内容是：总则、术语和符号、基本规定、定期检测、材质状况与状态参数检测评定、桥梁结构检算及评定、静力荷载试验、动力荷载试验、施工监控、运营监测以及有关的附录。

本规范由广西壮族自治区住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。为了不断提高《广西桥梁检测评定技术规程》的编制质量和水平，请在本规程的执行过程中注意总结经验和积累资料，如有意见或建议，请寄送南宁市城乡建设委员会（地址：南宁市青秀区金湖路59-1号，邮编：530028）。

本规程主编单位：南宁市城乡建设委员会

广西壮族自治区交通规划勘察设计研究院

本规程参编单位：

本规程主要起草人：罗吉智、杨涟、熊劲松、谭海晖、韦达洁、周里鸣、唐赓、罗彦、杨礼明、侯攀、毛建平、刘鑫、蒙方成、彭华、

本规程主要审查人：

引 言

近十余年来，由中华人民共和国建设部批准于2004年3月1日施行的中华人民共和国行业标准《城市桥梁养护技术规范》（CJJ 99-2003）为我国城市桥梁的养护工作提供了科学的依据和统一的标准，大大提高了城市桥梁的养护管理水平。在多年的应用实践中也遇到了一些新问题，而且随着经济、技术的发展以及科研技术成果的积累，我国桥梁养护技术也得到了进步和发展，2011年中华人民共和国交通运输部在原有行业标准《公路桥涵养护规范》（JTG H11-2004）的基础上相继发布了行业推荐性标准《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）和《公路桥梁承载能力检测评定规程》（JTG/T J21-2011），为我国公路桥梁的检测评定提供了更科学、更先进的标准，是我国公路桥梁检测技术成果的最新体现。为适应广西壮族自治区城市桥梁检测评定工作发展的需要，进一步提高城市桥梁的质量控制和养护管理水平，有必要制定相应的地方标准，以更科学的指导广西壮族自治区城市桥梁的检测评定工作。

本规程是以《城市桥梁养护技术规范》（CJJ 99-2003）为基础起草的，是对《城市桥梁养护技术规范》（CJJ 99-2003）的补充，引入了我国桥梁检测技术方面的成熟成果，更适用于广西壮族自治区城市桥梁检测评定工作的开展。

广西桥梁检测评定技术规程

1 范围

本规程规定了广西壮族自治区城市桥梁检测评定的内容、方法和有关要求。

本规程适用于广西壮族自治区城市桥梁的检测评定，临时性桥梁、涵洞、铁路桥和轨道交通桥梁的检测评定可参考使用。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 桥梁检测 Bridge inspection

对桥梁结构及其附属设施进行的现场检查、测试与记录描述。包含桥梁的定期检测、特殊检测、荷载试验、施工监控和运营监测。

2.1.2 桥梁检算 Bridge calculation

依据桥梁检测结果、荷载作用及环境的变化，结合设计、施工、维修、加固和改造等资料进行的结构性能计算。

2.1.3 桥梁评定 Bridge evaluation

依据桥梁检测、检算或荷载试验评价桥梁结构的性能。

2.1.4 桥梁定期检测 Bridge periodical checking

按规定周期对桥梁主体结构及其附属构造物的技术状况进行全面检测(以目测观察为主结合仪器观测进行)，以评定桥梁的技术状况。

2.1.5 桥梁特殊检测 Bridge special checking

确定桥梁技术状况并查清桥梁的病害成因、缺损状况、承载能力和抗灾能力等的工作，包括桥梁外观检测、材质状况及状态参数检测、桥梁检算和荷载试验等。

2.1.6 桥梁静力荷载试验 Bridge static load test

将静力荷载作用在桥梁上的指定位置，测定桥梁结构的变形、应力(应变)和裂缝等参数，评价桥梁结构的静力性能。

2.1.7 桥梁动力荷载试验 Bridge dynamic load test

利用某种激振方法使桥梁结构产生振动，测定桥梁结构固有频率、阻尼比、振型、动力冲击系数、行车响应等参数，评价桥梁结构的动力性能及行车性能。

2.1.8 荷载效率 Load ratio

试验荷载与相应的设计控制荷载理论效应的比值。

2.1.9 校验系数 Verification coefficient

试验荷载作用下实测应力（应变）或变形值与计算值之比

2.1.10 桥梁施工监控 Bridge construction monitoring and control

通过桥梁施工全过程的仿真计算和结构实际状态（应力、索力和变形等）的监测与控制，指导施工进行适当调整，以保证结构安全并实现桥梁结构成桥内力和线型设计目标。

2.1.11 桥梁运营监测 Bridge operation monitoring

在桥梁运营过程中，监测其结构受荷历程、性能变化、病害发展等情况，以便及时发现桥梁病害，实时评估桥梁的运行状况，确保运营安全。

2.2 符号

S ——控制荷载作用下，控制截面的内力或变形计算值；

ζ ——测点的变位（应变）校验系数；

μ ——按规范取用的冲击系数；

S_s ——试验荷载作用下，控制截面的内力或变形计算值；

S_e ——试验荷载作用下，测点弹性变位（应变）实测值；

S_a ——试验荷载作用下，测点弹性变位（应变）计理论算值；

S_p' ——测点的相对残余变位（应变）；

S_d ——动力试验荷载作用下，控制截面的最大内力或变形计算值；

S_b ——设计标准活载作用下，控制截面的最大内力或变形值（不计冲击力）；

η_d ——动力荷载试验效率；

η_s ——静力荷载试验效率；

Z_1 ——承载能力检算系数；

BCI ——桥梁结构技术状况指数；

$S_{\max}$ ——动荷载作用下，测点的最大应变（或挠度）值；

$S_{\min}$ ——动荷载作用下，测点的最小应变（或挠度）值；

S_{mean} ——动荷载作用下，测点的应变（或挠度）算术平均值；

S_t 、 S_e 、 S_p ——测点总变位（应变）、弹性变位（应变）和残余变位（应变）；

S_i 、 S_l 、 S_u ——加载前、加载达到稳定时和卸载后达到稳定时的变位（应变）测值。

3 总则

3.1.1 为规范城市桥梁检测与评定，统一城市桥梁检测的内容和方法，提高城市桥梁检测与评定工作的质量，确保桥梁工程质量和安全运营，做到安全适用、技术先进、数据翔实、评定准确、经济合理，制定本规程。

【条文说明】近十余年来，随着桥梁建造技术的飞跃发展，新结构、新材料、新工艺不断涌现，同时，桥梁结构的使用荷载日益增大，众多的既有桥梁逐步进入老化期，桥梁安全状况引起社会越来越多的关注。目前，桥梁测试技术和分析手段也有了较大的进步，但城市桥梁检测工作的主要技术依据仍是《城市桥梁养护技术规范》（CJJ 99-2003），已不能完全满足现代城市桥梁检测的需要。近年来，虽然公路行业出台了一些新的桥梁检测和评定标准，但与现行的《城市桥梁养护技术规范》（CJJ 99-2003）未能很好的匹配，而且涉及桥梁施工监控和运营监测的内容尚少。为确保我区城市桥梁建设的施工安全和工程质量，提高既有桥梁长期运营的安全性和可靠性，规范我区城市桥梁检测评定工作，统一检测内容和方法，统一荷载试验、施工监控和运营监测的相关内容，特制定本规程。

3.1.2 本规程适用于广西壮族自治区新建、改建、扩建以及既有城市桥梁的检测评定。

【条文说明】本条明确了本规程的适用范围。桥梁检测主要有既有城市桥梁的检测评定以及新建、改建、扩建城市桥梁的施工监控、验收检测、荷载试验和运营监测。临时性桥梁、涵洞、铁路桥和轨道交通桥梁的检测评定可参考使用。

3.1.3 广西壮族自治区城市桥梁的检测工作，除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 既有城市桥梁应按《城市桥梁养护技术规范》CJJ99 和本规程的有关规定进行检测。

【条文说明】使用中的城市桥梁应按规定进行检测，及时掌握桥梁的工作状况，对结构承载能力和安全性等进行评估，以便及时采取相应的措施进行养护，保障桥梁完好和安全运营。

4.1.2 既有城市桥梁的检测分为经常性检查、定期检测和特殊检测。

1 经常性检查：是指对城市桥梁及其附属设施的技术状况进行日常巡检，随时发现问题并提出相应的养护措施；

2 定期检测：是指对城市桥梁及其附属设施的技术状况进行全面检查，以评定桥梁的技术状况和使用功能；

3 特殊检测：是指确定桥梁技术状况并查清桥梁的病害成因、缺损状况、承载能力和抗灾能力等工作，包括桥梁外观检测、材质状况及状态参数检测、桥梁检算和荷载试验等。

【条文说明】城市桥梁的特大桥、大桥、中桥及小桥的分类按《城市桥梁设计规范》CJJ 11执行，本规程中城市桥梁的养护类别、养护等级和经常性检查内容及要求与《城市桥梁养护技术规范》（CJJ 99-2003）的有关规定一致，在桥梁定期检测和特殊检测方面的主要区别如下：

1 在《城市桥梁养护技术规范》（CJJ 99-2003）中，把定期检测划分为常规定期检测和结构定期检测，涵义上界定不够明确，且结构定期检测的部分内容与特殊检测重复，同时桥梁技术状况BCI评分时主要依据常规定期检测的结果，所以区分的意义不大。本规程参考《公路桥涵养护规范》JTG H11-2004，对定期检测不再划分，明确定期检测即《城市桥梁养护技术规范》（CJJ 99-2003）中的常规定期检测，并把并结构定期检测的内容列入特殊检测中。

2 结合实际情况对《城市桥梁养护技术规范》（CJJ 99-2003）中的《桥梁构件评定等级、扣分表》进行修改、补充完善。

3 《城市桥梁养护技术规范》（CJJ 99-2003）中规定特殊检测应包括以下内容：

- 1) 通过实体检测诊断结构材料缺损状况；
- 2) 根据材料缺损状况诊断结果通过计算分析评估结构承载能力；
- 3) 当计算分析评估不满足或难以确定时，用荷载试验方法评估结构整体性能及功能状况。

虽然规定了特殊检测的内容，但没有针对特殊检测的检测方法和评定标准作出具体规定，故本规程在材质状况检测、结构检算和荷载试验方面作出了相应的规定。

4.1.3 城市桥梁定期检测的周期应为1年，Ⅰ类养护的城市桥梁特殊检测的周期应不大于2年，Ⅱ～Ⅴ类养护的城市桥梁特殊检测的周期应为3～6年，宜根据城市桥梁实际运行状况、结构类型和周边环境等适当增加检测次数。

【条文说明】随着社会和经济的发展，城市交通运输量增长较快，过桥车辆多且载重变化大，加上城市桥梁是城市交通体系的咽喉，为了及时发现问题并采取有效的养护措施以保证桥梁的安全运营并延长桥梁的使用寿命，有必要加强检测。

4.1.4 新建、改建、扩建和维修加固的城市桥梁应按《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 和本规程的有关规定进行检测。

【条文说明】为掌握桥梁的施工质量、工作状况和承载能力，并为桥梁后续养护管理提供完整的原始状态数据，新建、改建、扩建和维修加固的城市桥梁完工后，除了按《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2进行工程质量检测评定外，还应按本规程规定进行一次全面的检测。

4.1.5 城市桥梁应在验收前按设计或本规程设置永久性控制监测点，未设置永久性控制监测点的既有桥梁，应按规定进行补设。

【条文说明】对永久性控制监测点进行定期连续观测是常用、重要且有效的长期监测方式，所有桥梁均应设置。

4.1.6 符合下列条件之一的城市桥梁，在施工过程中应进行施工监控：

- 1 斜拉桥；
- 2 悬索桥；
- 3 跨径大于50m的拱桥；
- 4 采用悬臂浇筑、悬臂拼装或顶推安装施工方法的预应力混凝土梁桥；
- 5 新型结构或采用新型、复杂施工工艺施工的桥梁；
- 6 建设单位或设计单位有施工监控要求的桥梁。

【条文说明】施工工艺复杂、施工难度较大和施工过程中结构体系发生变化的桥梁，必须在施工过程中实时监测桥梁的实际状态，并及时预测和调整施工误差，才能保证施工过程的安全，并使结构状态达到理想的目标。

4.1.7 除应进行永久性控制监测点的监测之外，符合下列条件之一的城市桥梁，还应进行运营监测：

- 1 特大桥和特殊结构桥梁；
- 2 定期检测结果属于D级、E级或不合格级且仍在限制使用的桥梁；
- 3 周边环境可能会对桥梁安全产生影响的桥梁；
- 4 处于台风区、地震区等特殊自然环境条件下的重要桥梁；
- 5 行政主管部门、设计单位或管养单位有运营监测要求的桥梁。

【条文说明】特大桥、特殊结构桥梁（斜拉桥、悬索桥和吊杆拱桥等）、危桥、特殊环境中的桥梁等要实施运营监测，以系统的掌握桥梁的工作状况，及时发现问题，保障运营安全。

4.1.8 符合下列条件之一的既有桥梁应进行承载能力检测评定：

- 1 技术状况等级为D级及以下或不合格级的桥梁；
- 2 拟提高荷载等级的桥梁；
- 3 需通过特殊重型车辆的桥梁；
- 4 遭受重大自然灾害或意外事件的桥梁；
- 5 周边环境变化可能会对桥梁安全产生影响的桥梁；
- 6 采用了新技术、新材料、新工艺或新型结构形式的桥梁；
- 7 结构安全受其他条件影响的桥梁。

4.1.9 既有桥梁承载能力检测评定应包含以下内容：

- 1 桥梁缺损状况检测及评定；
- 2 桥梁材质状况与状态参数检测及评定；
- 3 桥梁承载能力检算及评定；
- 4 符合本规程规定的条件时进行荷载试验评定。

4.1.10 符合下列条件之一的桥梁应通过荷载试验进行承载能力评定：

- 1 新建、改建、扩建和维修加固后的中桥、大桥、特大桥及特殊结构桥梁；
- 2 投入使用后最近五年内未进行荷载试验的桥梁；
- 3 经定期检测评定等级为E级或不合格级的桥梁；
- 4 经定期检测评定等级为D级，且采用其它方法仍难以判断其实际承载能力的桥梁；
- 5 采用了新技术、新材料、新工艺或新型结构形式，需要对结构设计理论进行验证的桥梁；
- 6 需提高承载能力或承载能力不确定的桥梁；
- 7 遭受地震、滑坡、洪水、风灾、漂流物或车船撞击、超重车辆通过等造成受损较严重的桥梁。
- 8 结构检算表明承载能力不能满足要求的桥梁；
- 9 其它有需要通过荷载试验以评定其实际承载能力的桥梁。

【条文说明】荷载试验是评定桥梁整体结构性能和承载能力直接、有效的方法，符合本条规定条件的桥梁应通过荷载试验进行评定，以更好的保证评定结果的质量和结构安全。

4.2 检测方案

4.2.1 制定桥梁检测方案前应进行资料收集和现场情况调查，宜包括以下内容：

- 1 勘察设计资料，主要包括：桥位地质钻探资料及水文勘测资料、设计图纸及计算书、变更设计图纸及计算书等；
- 2 施工资料，主要包括：材料试验资料、施工纪录、监理资料、施工监控资料、地基与基础试验资料、竣工图纸及其说明、竣工验收检测报告及有关资料等；

3 养护资料，主要包括：桥梁检查与检测、荷载试验资料，桥梁历次维修、加固资料，历次特别事件记载资料等；

4 桥梁运营荷载资料，主要包括：交通量、交通组成、车重、轴重等；

5 桥梁现场调查，主要包括：社会环境、地形条件、交通环境、水流条件和气候条件等；

6 委托方在技术、进度等方面的要求。

【条文说明】本条强调应在充分收集、调查、分析有关资料和现场条件的基础上制定合理的检测方案，以指导检测工作安全、科学、有效的实施。

4.2.2 桥梁检测方案宜包括以下内容：

- 1 工程概况；
- 2 检测目的；
- 3 检测所依据的标准及有关的技术资料；
- 4 检测内容和方法；
- 5 检测人员和仪器设备；
- 6 检测工作进度计划；
- 7 所需要的配合工作；
- 8 交通组织、安全措施、应急预案和环保要求；
- 9 其他需要明确的事宜。

【条文说明】工程概况宜包括：工程地点、建造时间、结构形式、跨径布置及横向布置、材料类型及强度、荷载等级、设计车速、设计单位、施工单位、监理单位、维修加固历史和相关附图等。

4.2.3 桥梁施工监控方案除应包括第 4.2.2 条要求的内容外，还应包括监控目标、精度要求和控制方法等。

4.2.4 桥梁运营监测方案除应包括第 4.2.2 条要求的内容外，还应包括监测系统布置、控制阈值、预警措施和系统维护措施等。

4.3 检测报告

4.3.1 应根据相关规范、规程和标准对桥梁检测结果作出准确、合理的评价，出具检测报告，报告内容应翔实、全面、清晰，结论应客观、准确、规范，建议应科学、明确、适用。

4.3.2 实施施工监控的桥梁，应对每个施工阶段的监控结果进行分析评价，出具施工控制指令、阶段性监控报告和监控总结报告。

4.3.3 实施运营监测的桥梁，应提交阶段性报告、特殊情况报告和年度报告。

4.3.4 桥梁检测报告宜包括下列内容：

- 1 委托单位名称；
- 2 工程概况；
- 3 检测目的、依据、内容及检测方法；

- 4 检测的日期及时间、温度和气候等；
- 5 仪器设备及其精度指标；
- 6 检测结果、检测照片、计算资料、数据分析、数据图表和评定结果等；
- 7 检测结论和建议；
- 8 报告的日期、主要检测人员和检测单位的签章。

4.4 检测机构、人员和设备

4.4.1 从事城市桥梁检测工作的检测机构应通过计量认证并取得省级以上建设行政主管部门或交通运输部认可的资质。

4.4.2 从事城市桥梁特殊检测、施工监控和运营监测工作的检测机构应取得交通运输部颁发的公路工程综合甲级或公路工程桥梁隧道工程专项资质等级证书。

4.4.3 检测人员应经过培训和考核，取得上岗资格证书。对钢结构探伤等特殊检测项目，检测人员应按有关规定持有相应的检测资格证书。

4.4.4 城市桥梁特殊检测、施工监控和运营监测项目负责人应具有桥梁专业高级工程师及以上技术职称，主要检测人员应具有桥梁专业工程师及以上技术职称。

4.4.5 桥梁检测用仪器设备应满足精度、分辨力、量程、灵敏度和稳定性等性能要求，长期监测用传感器和采集设备等还应满足耐久性、耐候性、抗振动、抗干扰和防雷击等要求。

4.4.6 检测用仪器设备应在检定或校准有效期内，使用前后均应对其进行功能检查及调试，确保其处于正常状态。

4.4.7 监测用仪器设备在布设安装前应进行检定或校准并确认其功能处于正常状态。

4.5 安全要求

4.5.1 应根据工程检测安全要求，结合具体检测项目的工作特点和环境条件，落实安全保证措施。

4.5.2 在进行检测时，检测区域应设置明显的标识和采取必要的隔离措施，与检测无关的人员未经许可，不得进入检测区域内。

4.5.3 需占用行车道进行检测时，应先征得公安机关交通管理部门的许可，同时必须设置安全的交通管理标志。需占用行船航道进行检测时，应先征得有关航道管理部门的许可，必须设置安全的封航标志。

4.5.4 应遵守施工工地的安全规定，并注意检测环境对人员和仪器设备的影响。

4.5.5 夜间作业，须配备足够的照明和警示设备。

4.5.6 检测所用的电器、电缆必须有良好的绝缘效果，电动工具应有漏电保护开关，严格按照安全用电规定作业。

4.5.7 高空或水上作业时，应符合有关高空和水上作业的安全规定。

4.5.8 除符合上述规定外，尚应遵守国家 and 地方有关现场施工的安全管理规定。

5 定期检测

5.1 一般规定

5.1.1 城市桥梁定期检测应由具有相应资质和能力的专业检测机构承担，检测负责人应具有桥梁专业工程师及以上技术职称。

5.1.2 城市桥梁定期检测以目测观察结合仪器观测进行，必须接近所有构件仔细检查其缺损情况，应配备照相机、裂缝观测仪、现场辅助器材等必要的设备。

5.1.3 城市桥梁定期检测应按下列顺序进行：

- 1 核对桥梁档案资料和相关数据；
- 2 对桥梁各构件进行详细的外观检查，记录发现缺损的部位、类型、范围、数量和程度等；
- 3 评定桥梁技术状况；
- 4 分析损坏原因；
- 5 提出养护维修、交通管制或进一步检测建议。

5.1.4 检测中发现的各种缺损应在现场将其范围及检测日期标记清楚。

5.1.5 桥梁结构或构件在持久状况下的裂缝宽度应小于下表的限值：

表1 裂缝限值表

结 构 类 别			裂 缝 部 位		限值(mm)	其 他 要 求	
钢筋混凝土梁			主筋附近竖向裂缝		0.25		
			腹板斜向裂缝		0.30		
			组合梁结合面		0.50	不允许贯通结合面	
			横隔板与梁体端部		0.30		
			支座垫石		0.50		
全预应力混凝土梁			梁体竖向裂缝		不容许		
			梁体横向裂缝		不容许		
			梁体纵向裂缝		0.20		
A 类预应力混凝土梁			梁体竖向裂缝		不容许		
			梁体横向裂缝		不容许		
			梁体纵向裂缝		0.20		
B 类预应力混凝土梁			梁体竖向裂缝		0.15		
			梁体横向裂缝		0.15		
			梁体纵向裂缝		0.20		
砖、石、混凝土拱			拱圈横向		0.30	裂缝高小于截面高一半	
			拱圈纵向		0.50	裂缝长小于跨径 1/8	
			拱波与拱肋结合处		0.20		
墩台			墩台帽		0.30	不允许贯通墩台身截面的一半	
			墩台身	经常受浸蚀性水的影响	有筋		0.20
					无筋		0.30
				常年有水，但无侵蚀性影响	有筋		0.25
					无筋		0.35
			干沟或季节性有水河流		0.40		
			有冻结作用部份		0.20		

注：表中所列除特指外适用于结构所处环境类别为Ⅰ类和Ⅱ类的情况。当结构所处环境类别大于Ⅱ类时，表中裂缝宽度限值的取值不得大于现行《城市桥梁设计规范》CJJ 11规定的限值。

5.2 定期检测的内容

5.2.1 桥面系的检测应包括以下内容：

- 1 桥面铺装层纵、横坡是否顺适，有无脱皮露骨、骨料松散、泛油、严重的裂缝（网裂、纵横裂缝）、破碎、坑槽、洞穴、波浪、防水层漏水；
- 2 伸缩缝是否平整、顺直、伸缩自如，是否有异常变形和响动、松动、破损、脱落、漏水，是否嵌入杂物，槽口铺装层是否啃边，是否造成明显的跳车；
- 3 栏杆、防撞墙、防撞墩是否完整、牢固，有无撞坏、断裂、错位、松动、缺件、锈蚀、剥落等；
- 4 人行道是否完整，有无严重的裂缝（网裂、纵横裂缝）、碎烂、残缺、塌陷；
- 5 桥头是否平顺，台背是否下沉、开裂、倾斜；
- 6 桥面、桥头引道排水是否顺畅，泄水口、泄水管是否完好，是否破坏、损伤、脱落、堵塞；
- 7 桥梁绿化设施结构是否完好、牢固，支架是否锈蚀、变形、脱落，花盆是否锈蚀、开裂、失稳、坠落，外饰面板是否松动、脱落，绿化排水系统是否完整、排水顺畅、有无漏水现象；
- 8 防撞架设施是否完好，构件是否变形、松动、脱焊、螺栓松脱，防腐涂层是否完好，限高标志是否完好；
- 9 防护网、隔音屏、隔离带等防护设施是否完整，是否锈蚀、破损、断裂、松动、缺失、剥落。
- 10 桥上交通信号、标志、标线、照明设施是否损坏、老化、失效，是否需要更换；
- 11 桥上避雷装置是否完善，避雷系统性能是否良好；
- 12 桥上航空灯、航道灯是否完好，能否保证正常照明。结构物内供养护检修的照明系统是否完好；

5.2.2 钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥上部结构的检测应包括以下内容：

- 1 梁端头、底面是否损坏，箱形梁内是否有积水、白蚁，通风是否良好；
- 2 混凝土有无裂缝、渗水、蜂窝、空洞、剥落、露筋锈蚀，有无碱集料反应引起的整体龟裂现象，混凝土表面有无严重碳化；
- 3 预应力锚固端的封端混凝土是否出现裂缝、剥落、渗漏、穿孔；
- 4 预应力钢束锚固区段混凝土有无开裂，沿预应力筋的混凝土表面有无纵向裂缝；
- 5 梁式结构的跨中、支点及变截面处、悬臂端牛腿或中间铰部位、刚构的固结处和桁架节点及其他重点部位的混凝土是否开裂、缺损和出现钢筋锈蚀；
- 6 组合梁的桥面板与梁的结合部位及预制桥面板之间的接头处混凝土有无开裂、渗水；
- 7 横向联结构件是否开裂，连接钢板的焊缝有无锈蚀、断裂，边梁有无横移或向外倾斜；
- 8 梁体是否出现明显的位移、变形，梁间是否存在错台、错位。

5.2.3 拱桥上部结构的检测应包括以下内容：

- 1 主拱圈的拱板或拱肋是否开裂，钢筋混凝土拱有无露筋、钢筋锈蚀，圯工拱桥砌块有无风化、压碎、局部掉块，砌缝有无脱离或脱落、渗水，表面有无苔藓、草木滋生，拱铰工作是否正常，空腹拱的小拱有无较大的变形、开裂、错位，立墙或立柱有无倾斜、开裂；
- 2 拱上立柱（或立墙）上下端、盖梁和横系梁的混凝土有无开裂、剥落、露筋和锈蚀；中、下承式拱桥的吊杆上下锚固区的混凝土有无开裂、渗水，吊杆锚头附近有无锈蚀现象，外罩是否有裂纹，锚头夹片、楔块是否发生滑移，吊杆钢索有无断丝，拱与梁（横梁或纵梁）预留孔之间的吊杆线型是否存在折线、吊杆弯折和磨损现象，套管口是否存在啃咬吊杆的现象；采用型钢或钢管混凝土芯的劲性骨架拱桥，混凝土是否沿骨架出现纵向或横向裂缝；
- 3 拱的侧墙与主拱圈间有无脱落，侧墙有无鼓突变形、开裂，实腹拱拱上填料有无沉陷，肋拱桥的肋间横向联结是否开裂、表面剥落、钢筋外露、锈蚀等；
- 4 双曲拱桥拱肋间横向联结拉杆是否松动或断裂，拱波与拱肋结合处是否开裂、脱开，拱波之间砂浆有无松散脱落，拱波顶是否开裂、渗水等；
- 5 薄壳拱桥壳体纵、横向及斜向是否出现裂缝及系杆是否开裂；

6 系杆拱的系杆是否开裂，无混凝土包裹的系杆是否有锈蚀；

7 钢管混凝土拱桥裸露部分的钢管及构件检查参见钢桥检测内容，同时还应检测拱肋钢管内混凝土的脱空状况。

5.2.4 钢桥上部结构的检测应包括以下内容：

- 1 构件（特别是受压构件）有无裂纹、穿孔、扭曲变形、局部损伤、材料夹层；
- 2 铆钉和螺栓有无松动、脱落或断裂，节点是否滑动、错裂；
- 3 焊缝边缘（热影响区）有无裂纹或脱开；
- 4 防腐涂层有无裂纹、起皮、脱落，构件有无锈蚀；
- 5 钢箱封闭环境中的湿度是否符合要求，除湿设施是否工作正常。

5.2.5 钢-混凝土组合梁桥上部结构的检测应包括以下内容：

- 1 钢-混凝土组合梁桥的检测除按本条进行外，还应按第5.2.2条和第5.2.4条的要求进行；
- 2 桥面板是否出现纵、横向裂缝，跨中区域是否碎裂、磨损；
- 3 在连续组合梁支座及附近的桥面板是否开裂、渗水；
- 4 组合梁结合面是否出现相对滑移、开裂；
- 5 压型钢板组合桥面板支撑处及板肋是否变形，板肋与连接件附近的混凝土是否出现裂缝。

5.2.6 悬索桥和斜拉桥上部结构的检测应包括以下内容：

- 1 检查索塔高程、塔柱倾斜度、桥面高程及梁体纵向位移，注意是否有异常变位；
- 2 检测索体振动频率、索力有无异常变化，索体振动频率观测应在多种典型气候下进行；
- 3 主梁或加劲梁的检查，按预应力混凝土及钢结构的相应要求进行；
- 4 悬索桥的锚碇及锚杆有无异常的拔动，锚头、散索鞍有无锈蚀破损，锚室（锚洞）有无开裂、变形、积水，温湿度是否符合要求；
- 5 主缆、吊杆及斜拉索的表面封闭、防护是否完好，有无破损、老化；
- 6 悬索桥的索鞍是否有异常的错位、卡死、辊轴歪斜，构件是否有锈蚀、破损，主缆索跨过索鞍部分是否有挤扁现象；
- 7 悬索桥吊杆上端与主缆索的索夹是否有松动、移位和破损，下端与梁连接的螺栓有无松动；
- 8 逐束检测索体是否开裂、鼓胀及变形，必要时可剥开护套检查索内干湿情况和钢索的锈蚀情况，检查后应做好保护套剥开处的防护处理；
- 9 逐个检查锚具及周围混凝土的情况，锚具是否渗水、锈蚀，是否有锈水流出的痕迹，周围混凝土是否开裂。必要时可打开锚具后盖抽查锚杯内是否积水、潮湿，防锈油是否结块、乳化失效，锚杯是否锈蚀；
- 10 逐个检查索端出索处钢护筒、钢管与索套管连接处的外观情况，检查钢护筒是否松动脱落、锈蚀、渗水，抽查连接处钢护筒内防水垫圈是否老化失效，筒内是否潮湿积水；
- 11 索塔的爬梯、检查门、工作电梯是否可靠安全，塔内的照明系统是否完好。

5.2.7 支座的检测应包括以下内容：

- 1 支座组件是否完好、清洁，有无断裂、错位、脱空；
- 2 活动支座是否灵活，实际位移量是否正常，固定支座的锚销是否完好；
- 3 支承垫是否开裂、缺损、碎烂；
- 4 垫层支座的油毡是否老化、破裂或失效；

5 橡胶支座是否老化、开裂，有无过大的剪切变形或压缩变形，各夹层钢板之间的橡胶层外凹是否均匀、脱空；

6 四氟滑板支座是否脏污、老化，四氟乙烯板是否完好，橡胶块是否滑出钢板；

7 盆式橡胶支座的固定螺栓是否剪断，螺母是否松动，钢盆外露部分是否锈蚀，防尘罩是否完好；

8 组合式钢支座是否干涩、锈蚀，固定支座的锚栓是否紧固，销板或销钉是否完好；

9 摆柱支座各组件相对位置是否准确，受力是否均匀；

10 辊轴支座的辊轴是否出现不允许的爬动、歪斜；

11 摇轴支座是否倾斜；

12 钢筋混凝土摆柱支座的柱体有无混凝土脱皮、开裂、露筋，钢筋及钢板有无锈蚀。

5.2.8 墩台与基础的检测应包括以下内容：

1 墩台及基础有无滑动、倾斜、下沉；

2 台背填土有无沉降或挤压隆起；

3 混凝土墩台及帽梁有无风化、开裂、剥落、露筋等；

4 石砌墩台有无砌块断裂、通缝脱开、变形，砌体泄水孔是否堵塞，防水层是否损坏；

5 墩台顶面是否清洁，伸缩缝处是否漏水；

6 基础下是否发生不允许的冲刷或淘空现象，扩大基础的地基有无侵蚀，桩基顶端在水位涨落、干湿交替变化处有无冲刷磨损、颈缩、露筋，是否受到污水、咸水或生物的腐蚀。必要时对大桥、特大桥的深水基础进行水下检查。

5.2.9 锥坡、护坡、引道挡墙是否完好，有无砌块断裂、混凝土剥离脱落、通缝脱开、变形，泄水孔是否堵塞。

5.2.10 调治构造物应检查是否完好，功能是否适用，桥位段河床是否有明显的冲淤或漂浮物堵塞现象。

5.3 城市桥梁技术状况评定

5.3.1 对于Ⅱ～Ⅴ类养护的城市桥梁，应根据定期检测结果计算桥梁状况指数 BCI ，再据此将桥梁技术状况划分为以下五个等级：

A级：完好状态， BCI 达到90～100；需进行正常保养。

B级：良好状态， BCI 达到80～89；需进行小修。

C级：合格状态， BCI 达到66～79；需进行中修，酌情进行交通管制。

D级：不合格状态， BCI 达到50～65；需进行大修或改造，及时进行交通管制，如限载、限速通过，当缺损较严重时关闭交通。

E级：危险状态， BCI 小于50；需进行改建或重建，及时关闭交通。

5.3.2 对于Ⅰ类养护的桥梁，应根据定期检测发现的结构构件损伤情况直接将桥梁的技术状况划分为以下两个等级：

合格级：桥梁结构完好或结构构件有损伤，但不影响桥梁安全。

不合格级：桥梁结构构件损伤，影响结构安全。

5.3.3 为更准确、直观、全面的表述Ⅰ类养护桥梁的实际技术状况，可根据定期检测结果计算桥梁状况指数 BCI ，再据此将桥梁技术状况划分为A～E五个等级（具体划分同Ⅱ～Ⅴ类养护桥梁）。

【条文说明】I类养护桥梁状况指数 BCI 的计算方法与II~V类养护桥梁一致，特殊结构桥梁的部件划分、权重取值和构件评分标准可参考《城市桥梁养护技术规范》(CJJ 99-2003)和《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011)执行，且应在检测报告中载明。

5.3.4 桥梁状况指数 BCI 的计算按《城市桥梁养护技术规范》CJJ 99执行，结构构件的扣分值按本规程附录A执行，在评定过程中出现了要素或构件权重调整的情况，应在检测报告中说明。

【条文说明】《城市桥梁养护技术规范》CJJ 99和《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011)在桥梁技术状况评定上都是采用分层综合评定与5类(即D级)桥梁单项控制指标相结合的方法，本规程也采用同样的评定方法，并结合实际情况对《桥梁构件评定等级、扣分表》进行修改、补充完善。

5.3.5 对有多条线路的桥梁，宜将各线路桥梁作为独立单元分别进行 BCI 评定，确定该线路桥梁的技术状况，并以各线路中评定结果最差的单元作为全桥的评定结果。

5.3.6 当单个桥梁存在不同结构形式时，应根据结构形式的分布情况划分评定单元，分别对各单元进行技术状况评定，然后以评定结果最差的单元作为全桥的评定结果。

【条文说明】分幅的桥梁应分别以每幅为单元进行评定，主、引桥结构形式不同的也应分别评定，给出每个评定单元的评定结果，再以评定结果最差的单元作为全桥评定结果。

5.3.7 各种类型桥梁有下列情况之一时，即可直接评定为不合格级桥或D级桥：

- 1 III、IV类环境下的预应力结构产生受力裂缝且宽度超过现行《城市桥梁设计规范》CJJ 11限值；
- 2 拱桥的拱脚处产生水平位移或无铰拱拱脚产生较大的转动；
- 3 钢结构节点板及连接铆钉、螺栓损坏在20%以上、钢箱梁开焊、钢结构主要构件有严重扭曲、变形、开焊，锈蚀削弱截面积10%以上；
- 4 墩、台、桩基出现结构性断裂且裂缝有开合现象，或出现倾斜、位移、沉降变形危及桥梁安全；
- 5 关键部位混凝土出现压碎或压杆失稳、变形现象；
- 6 结构永久变形大于设计规范值；
- 7 结构刚度达不到设计标准要求；
- 8 支座错位、变形、破损严重，已失去正常支承功能；
- 9 基底冲刷面达20%以上；
- 10 承载能力下降达25%以上(需通过桥梁结构检算得到)；
- 11 人行道栏杆残缺达20%以上；
- 12 上部结构有落梁、脱空趋势或梁、板断裂；
- 13 特大桥、特殊结构桥除上述情况外，钢-混凝土组合梁桥的桥面板发生纵向开裂，支座和梁端区域发生滑移或开裂，斜拉桥拉索、锚具损伤，吊桥钢缆、锚具损伤，悬索桥或拱桥吊杆和锚具损伤；
- 14 其他各种对桥梁结构安全、行人及行车安全有较大影响的部件损坏。

6 材质状况与状态参数检测评定

桥梁材质状况与状态参数检测评定包含以下内容：

- 1 桥梁几何形态参数检测评定；
- 2 桥梁恒载变异状况调查评估；
- 3 桥梁材质强度检测评定；
- 4 混凝土桥梁钢筋锈蚀电位检测评定；
- 5 混凝土桥梁氯离子含量检测评定；
- 6 混凝土桥梁电阻率检测评定；
- 7 混凝土桥梁碳化状况检测评定；
- 8 混凝土桥梁钢筋保护层厚度检测评定；
- 9 桥梁结构自振频率检测评定；
- 10 拉吊索索力检测评定；
- 11 桥梁基础与地基检测评定；

上述内容在《公路桥梁承载能力检测评定技术规程》JTG/T J21-2011第5章中均有明确的规定，同样适用于城市桥梁的检测评定，本规程直接引用。

7 桥梁结构检算及评定

桥梁结构检算及评定按《公路桥梁承载能力检测评定技术规程》JTG/T J21-2011中第6、7章执行。在《公路桥梁承载能力检测评定技术规程》JTG/T J21-2011中，承载能力检算系数 Z_1 是依据桥梁结构的缺损状况、材质强度和自振频率来确定的，其中的缺损状况评定标度（1~5）与桥梁结构的技术状况等级（1~5类）对应。在《公路桥梁技术状况评定标准》JTG/T H21-2011中，桥梁技术状况等级分为1~5类，依次为1类（完好）、2类（轻微缺损）、3类（中等缺损）、4类（大的缺损）和5类（严重缺损）。在《城市桥梁养护技术规范》（CJJ 99-2003）中，桥梁结构的完好状态也分为5级，依次为A级（完好）、B级（良好）、C级（合格）、D级（不合格）和E级（危险）。两本规范的桥梁技术状况分类方法和原则基本是一致的，故在进行承载能力检算系数 Z_1 计算时，缺损状况评定标度（1~5）可直接根据桥梁结构的完好状态等级（A~E级）取值。

8 静力荷载试验

8.1 一般规定

8.1.1 按检验性质，静力荷载试验分为：

验收性荷载试验：检验结构承载能力是否符合设计要求。

鉴定性荷载试验：确定结构承载能力的界限。

【条文说明】当采用鉴定性荷载试验确定桥梁结构承载能力大小时，应根据桥梁实际状况估算其所能承受的控制荷载量，以确定作用效应目标值。

8.1.2 静力荷载试验应根据桥梁的设计图或竣工图进行结构受力分析，当出现以下情况之一时，应按照结构的实际检测结果进行受力分析：

- 1 设计图和竣工图缺失;
- 2 实测结构尺寸与设计值偏差偏大,影响结构受力分析结果;
- 3 材料实测力学性能达不到设计要求。

8.1.3 进行桥梁静力荷载试验前,应先对其进行外观检查。

【条文说明】荷载试验前对桥梁进行外观检查是为了查清桥梁是否存在影响受力的损伤,结构支承等条件是否与设计一致。

8.1.4 对定期检测评定为 D 级及以下或不合格级的旧桥进行静力荷载试验前,应先进行检测和检算,再制定合适的试验方案。

【条文说明】为避免对桥梁结构造成损伤并保证试验过程的安全,对技术状况较差的桥梁进行荷载试验前,应根据检测和检算结果制定合适的试验方案。

8.1.5 应以结构联为单位进行桥梁荷载试验,多跨桥梁应考虑受力不利、施工质量较差、病害较多、缺损较严重和便于布设测点等因素选择若干具有代表性的桥跨进行荷载试验。

【条文说明】荷载以联为单元,新建桥梁按以下规定进行:

- 1.联单孔最大跨径大于100m (含100m) 的桥梁,应逐联进行荷载试验。
- 2.联单孔最大跨径大于50m(含50m)且小于100m的桥梁,荷载试验桥孔不应少于桥孔总数的30%。
- 3.联单孔最大跨径小于50m的桥梁,荷载试验桥孔不应少于桥孔总数的20%。

既有桥梁荷载试验桥孔数量可根据桥梁技术状况进行增减;改建、扩建和维修加固后桥梁荷载试验桥孔数量可根据设计要求并参考新建桥梁的规定根据实际情况进行确定。

8.2 试验准备

8.2.1 制定桥梁静力荷载试验方案前应按本规程第 4.2.1 条进行资料收集和现场情况调查。桥梁静力荷载试验方案除应包括本规程第 4.2.2 条规定的内容外,还应包括:

- 1 加载方案:加载设备、加载重量和加载程序;
- 2 测试方案:测试内容、测点布置和量测方法;
- 3 仪器设备:仪器数量、现场布置和精度要求;
- 4 计算结果:各工况各级试验荷载作用下结构位移、应变计算值;
- 5 试验程序:工况安排、车辆调度路线、测试程序和试验终止条件;
- 6 人员组织:人员组织框架,人员职责分工,具体沟通协调方式;
- 7 试验资料的整理要求。

【条文说明】试验准备是荷载试验中非常重要且带有全局性的一项工作，试验方案是对试验工作进行全面的设计和规划，是指导整个试验实施的技术性文件。

试验方案的制订应基于对试验对象的充分了解和结构分析计算的基础上，仔细考虑试验的全过程，预计可能出现的问题并制定相应的处理方法。

8.2.2 试验控制荷载的选用应符合以下规定：

- 1 采用标准设计活载；
- 2 由试验目的或委托方确定的特殊荷载；
- 3 对存在较严重缺陷的桥梁，经检算后认定承载力能不足时，可考虑降低控制荷载等级。

8.2.3 试验荷载大小和加载位置可采用静力荷载试验效率进行控制，静力荷载试验效率可按下式计算：

$$\eta_s = \frac{S_s}{S \cdot (1 + \mu)} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

η_s ——静力荷载试验效率，介于0.85~1.05之间，一般情况不宜小于0.95；

S_s ——静力试验荷载作用下，控制截面的内力或变形计算值；

S ——控制荷载作用下，控制截面的内力或变形计算值；

μ ——按规范取用的冲击系数。

【条文说明】试验荷载宜采用与控制荷载相同的荷载，但由于客观条件的限制，实际采用的试验荷载与控制荷载会有所不同，为保证试验效果，在选择试验荷载大小和加载位置时可采用静力荷载试验效率进行控制。应注意当某控制截面计算效应值达到荷载试验效率要求时，结构其他截面的计算效应值不得超过控制荷载作用下的最不利效应值。对大桥、特大桥和结构复杂桥梁，宜采用两种计算方法或分析软件分别进行计算、校对，以保证计算结果准确、可靠。

8.2.4 桥梁静力荷载试验控制截面应选择在结构内力和变形最大等部位，常见桥型的控制截面及工况宜参考下表进行选定。对于桥梁结构的其它薄弱截面和损坏部位等，检查及检算情况认为需要作为试验控制截面时，可设计专门的加载工况进行试验评定。

表2 常见桥型的控制截面及工况

序号	桥型	主要控制截面及工况	附加控制截面及工况
1	简支梁桥	跨中截面最大正弯矩	L/4 截面最大正弯矩 支点截面最大剪力 墩台最大竖向反力

2	连续梁桥、连续刚构桥	边跨跨中附近截面最大正弯矩 中跨跨中截面最大正弯矩 支点截面最大负弯矩	支点截面最大剪力 墩台最大竖向反力
3	悬臂梁桥	支点截面最大负弯矩 悬臂端最大挠度 锚固孔跨中截面最大正弯矩 挂梁跨中截面最大正弯矩	支点截面最大剪力 墩台最大竖向反力 牛腿最大竖向反力
4	拱桥	拱顶截面最大正弯矩 拱脚截面最大负弯矩 吊杆最大拉力	$L/4$ 截面最大正弯矩和最大负弯矩 拱脚最大水平推力
5	刚架桥	跨中截面最大正弯矩 结点截面最大负弯矩	柱脚截面最大负弯矩和最大水平推力
6	钢桁桥	跨中、支点截面的主桁杆件最大内力 跨中截面最大挠度	$L/4$ 截面主桁杆件最大内力和挠度 桥面系结构构件控制截面最大内力和变位 墩台最大竖向反力
7	斜拉桥	主梁最大挠度 主梁控制截面最大弯矩和轴力 索塔塔顶最大纵向位移 索塔控制截面最大弯矩和轴力 斜拉索最大拉力	主梁最大纵向漂移
8	悬索桥	主梁最大挠度 主梁控制截面最大弯矩 主塔塔顶最大纵向位移 主塔控制截面最大弯矩和轴力 主缆最大拉力 吊杆最大拉力	主梁最大纵向漂移

【条文说明】对于复杂结构，应根据结构受力分析情况结合测试的可行性等因素确定控制截面，以能反映桥梁最不利受力状态。一般原则如下：

- 1) 应力控制截面优先考虑活载内力较大的截面，同时也应选择恒载与活载组合内力较大的截面；
- 2) 变位控制截面根据经验或理论计算结果选择活载变形较大的部位；
- 3) 裂缝控制部位主要选在已有裂缝宽度较大或计算拉应力较大的部位。

桥梁静力荷载试验的主要测试内容有：结构最大变形、最大应力、支点变位及裂缝的出现和扩展情况等。对吊杆拱桥、斜拉桥和悬索桥，还需测试主缆、斜拉索和吊杆的拉力。根据桥梁结构特点、目前技术状况和评定需要等因素，可适当增加以下测试内容：

- 1) 挠度沿桥长或沿控制截面桥宽方向的分布；
- 2) 应变沿控制截面桥宽方向的分布；

- 3) 控制截面的横向应力增大系数和横向分布系数；
- 4) 应变沿截面高度的分布；
- 5) 组合构件结合面上、下缘的应变；
- 6) 墩台的沉降、水平位移与转角，连拱桥多个墩台的水平位移；
- 7) 剪切应变；
- 8) 结构薄弱部位的应变；
- 9) 裂缝的监测；
- 10) 行车道板控制截面的应变和挠度；
- 11) 横隔板（横系梁）控制截面的应变。

8.2.5 测点的布设应能反应结构或构件受力的最不利特征，且应保证分析和推断的结构工作状况具有代表性。测点的布设应符合以下规定：

- 1 挠度测点应对称于桥轴线布置；对于宽桥，应在测试截面横桥向布置不少于3个测点；对于多梁式桥，可在每片梁布置1~2个测点；
- 2 截面应变测点应布置在截面应力分布较大的部位，横桥向测点布置不宜少于3点；
- 3 需测试钢筋应变时，宜凿开混凝土保护层直接在钢筋上设置应力测点，试验完成后须修复混凝土保护层。

【条文说明】测点布置应遵循必要、适量、方便观测的原则，并使观测数据尽可能准确、可靠。

- 1) 测点布置应具有代表性，服从结构分析和判断的需要，同时要便于计算。
- 2) 测点布置要有针对性，要以满足试验要求为目的，避免盲目布置及片面追求测点数量，以便使试验工作重点突出，提高效率，保证质量。
- 3) 测点布置要有利于仪器安装和观测读数，并对试验操作是安全的。对于观测数据比较危险的部位，应采取妥善的安全措施。

4) 为保证测试数据的可靠性,测点数量应是足够的,且需布置一定数量的校核测点。在现场试验过程中,由于偶然因素和外界干扰,会有部分测点不能处于正常工作状态或失效,因此在关键控制部位要布置多个测点。

8.2.6 测试传感器和仪表的精度不应大于预计量测值的5%,同一测试参数应采用型号规格一致的传感器和采集设备。

8.2.7 静载试验宜采用装载重物的车辆进行加载,也可采用重物或水箱等直接加载。

【条文说明】应根据实际条件结合等效布载计算确定加载车辆的数量、规格、轴距、轴重等要求,加载车应采用可靠设备或到正规的地磅站称重,应准确称量出前、后轴的轴重和车辆总重,检测单位应派人员在地磅站现场进行见证并应确认地磅的检定资料。

采用水箱或者重物加载时,可采用体积法或者堆放重物的体积与容重换算加载物的重力。无论采用那种方法确定加载重量,均应该做到准确可靠,其称重误差不得超过5%,宜采用两种称重方法互相校核。

重物的堆放应安全、合理,能按要求分布加载重量,且应避免加载设备与桥梁共同承载而形成“卸载”现象。

8.2.8 测试平台的搭设应安全可靠、满足试验要求。

【条文说明】测试平台主要用于测试器件布设、结构检查、位移传感器安装等。测试平台的搭设要以安全可靠、满足试验要求为基本目的。供检测人员使用的支架平台和安装测试传感器的支架平台应分开独立设置,不得互相产生影响,以保证测试数据的可靠性。

8.2.9 试验前应对试验加载位置进行放样、标识并对卸载位置进行详细的计划安排,避免影响试验桥跨结构的受力,还需注意卸载车辆的停放不得引起相应桥跨超载。

8.2.10 试验加载中的安全措施、人员沟通协调方式、现场供电照明、通讯联络、交通管制等工作应根据试验方案在试验前逐一落实。

【条文说明】为控制温度变化对测试结果可能产生的影响,荷载试验通常应安排在夜间或温度相对稳定的时段进行,因此需落实供电、照明等事宜。试验期间,必须对桥梁进行交通管制,对过往车辆及人员进行控制。交通管制通常需要得到当地交通、航道管理等部门的支持配合,必要时,应提前进行公告。

8.3 试验实施

8.3.1 现场荷载试验期间,应考虑日照和昼夜温度变化对结构物及量测数据的影响,根据所用测量方法和仪器使用条件,宜采取以下措施:

- 1 选择昼夜温差小的阴天或夜间温度稳定时段进行试验;
- 2 布置适量的温度测点,空载时量测结构温度场的变化及其对测点应变及变位的影响;
- 3 对不具有温度补偿能力的传感器,宜在同一温度场中设置无应力补偿测点,以便进行修正。

8.3.2 静力荷载试验应分3~5级加载,逐级加到最大试验荷载,然后分1~3级卸载至零。

【条文说明】车辆荷载的分级加载可采用逐渐增加加载车数量或改变加载车位置的方法。当桥梁的调查和检算工作不充分或桥况较差时,应增多加载分级。如限于条件,加载分级较少时,应注意每级加载时,车辆荷载应逐辆驶入预定加载位置,必要时可在加载车辆未到达预定加载位置前分次对控制测点进行读数监控。

8.3.3 正式加载试验前,应对试验结构进行预加载,预加载的荷载宜取1~2级分级荷载。

【条文说明】通过预加载,一方面可以使结构进入正常工作状态,另一方面对可检查试验装置的可靠性以及检查全部观测仪表工作是否正常。

8.3.4 试验加载的时间应满足以下要求:

- 1 加载持续时间应由结构最大变位达到相对稳定所需的时间来确定。结构在最后5分钟内的变位增量小于前一个5分钟内变位增量的15%,或小于量测仪器的最小分辨值,则认为结构变位达到相对稳定;
- 2 所有测点应在同一时间读数,在加载前均需进行零读数。每次加卸载后立即读数一次,每隔5分钟读数一次,以观测结构变位是否相对稳定。
- 3 必须在前一级荷载阶段内结构变位相对稳定后,才能进入下一级荷载加载。

8.3.5 试验加载应按照设计的加载程序进行,加载过程中应及时将实测数据与理论值进行比较分析,以及时了解和判断结构的工作状态。

8.3.6 试验过程中发生以下情况时,应立刻停止加载并查找原因,在确认结构及人员安全的条件下方可继续试验:

- 1 控制测点实测应力、变位(或挠度)已达到或超过计算的控制值时;

2 加载过程中超过规范允许缝宽的结构裂缝大量增多，结构裂缝的长度或缝宽急剧增加，或新裂缝大量出现，对结构使用寿命造成较大的影响时；

3 沿跨径方向的实测挠度曲线形态与计算曲线相差过大时；

4 发生其他损坏，影响桥梁承载能力或正常使用时。

5 桥体发出异常响声或其他异常情况；

6 斜拉索或吊索（杆）索力增量实测值超过计算。

8.3.7 出现以下情况时应重新进行试验：

1 加载程序错误；

2 量测系统出现故障，对采集数据的质量有怀疑时；

3 试验受外界环境干扰或其他因素影响导致试验失败。

8.4 试验资料整理与结果评定

8.4.1 试验测试数据的处理应符合以下规定：

1 根据各类仪表的检定结果进行测试数据修正；

2 各测点的实测应力可按虎克定律由实测应变求得；

3 当采用光学仪器进行变形测量时，应根据测量误差理论、平差处理方法及试验所采用的测量路线进行测量误差的调整，计算出各测点在各级试验荷载作用下的挠度；

4 根据支点沉降测量结果，对结构挠度进行修正；

5 对横向由多片主梁组成的桥梁结构，可根据桥梁同一控制截面各主梁挠度（或应变）的测定结果，计算各主梁的实际荷载横向分布系数；

6 分析试验数据时，宜绘制以下试验曲线：荷载-变形曲线、位置-变形曲线（挠度沿桥梁纵轴线及横向的分布曲线）、应变沿截面高度的分布曲线，实测值-理论值关系曲线、荷载-裂缝发展曲线等。

8.4.2 试验各测点总变位（应变）、弹性变位（应变）和残余变位（应变）应分别按以下公式计算：

$$S_t = S_l - S_i \dots\dots\dots (2)$$

$$S_e = S_l - S_u \dots\dots\dots (3)$$

$$S_p = S_t - S_e = S_u - S_i \dots\dots\dots (4)$$

式中：

S_t 、 S_e 、 S_p ——测点总变位（应变）、弹性变位（应变）和残余变位（应变）；

S_l 、 S_i 、 S_u ——加载前、加载达到稳定时和卸载后达到稳定时的变位（应变）测值。

8.4.3 桥梁结构的变位（应变）校验系数按下式计算：

$$\zeta = \frac{S_e}{S_a} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

ζ ——测点的变位（应变）校验系数；

S_e ——试验荷载作用下，测点弹性变位（应变）实测值；

S_a ——试验荷载作用下，测点弹性变位（应变）计理论算值；

【条文说明】常见桥梁的校验系数常值范围见下表：

表3 常见桥梁校验系数常值范围

桥梁类型	应变校验系数	挠度校验系数
钢筋混凝土板桥	0.30~0.70	0.30~0.70
钢筋混凝土梁桥	0.40~0.80	0.50~0.90
预应力混凝土桥	0.50~0.90	0.60~1.00
圬工拱桥	0.60~1.00	0.60~1.00
钢桥	0.75~0.95	0.75~0.95

主要测点的校验系数越小，说明结构的安全储备越大，一般要求校验系数不大于1.0，当大于1.0时，应查明原因，如确系结构因素所致，宜评定结构的承载能力不满足要求。。

8.4.4 桥梁结构的相对残余变位（应变）按下式计算：

$$S_p' = \frac{S_p}{S_t} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中：
S_p'——测点的相对残余变位（应变）。

【条文说明】主要测点的相对残余变位（应变）越小，说明结构越接近弹性工作状态，一般要求相对残余变位（应变）不大于20%，当大于20%时，应查明原因，如确系结构因素所致，宜评定结构的承载能力不满足要求。

8.4.5 地基与基础的评定应符合下列规定：

- 1 当试验荷载作用下墩台沉降，水平位移及倾角较小，符合上部结构检算要求，卸载后变位基本恢复，可评定地基与基础在试验荷载作用下能正常工作；
- 2 当试验荷载作用下墩台沉降，水平位移及倾角较大，卸载后不能恢复时，应进一步对地基及基础进行探查、检算，通过综合分析，提出加固处理意见

8.4.6 试验报告要体现试验各主要环节，应包含以下内容：

- 1 工程概况；
- 2 试验目的以及试验依据；
- 3 试验内容和试验方法；
- 4 试验对象的选择原则，试验桥跨、控制截面及测点布置等；
- 5 控制荷载的计算原则、荷载效率、荷载布置等；
- 6 检测设备、设备性能及主要技术参数；

7 检测结果,包括结构外观状态、病害现状的描述,控制截面变位、应变、裂缝宽度实测值,并与理论计算值进行列表比较,校验系数以及相对残余,绘制主要工况的试验曲线并与理论值进行比较;

8 试验结果分析、结论和技术建议;

9 试验记录、图表、照片等。

8.4.7 人行天桥的栏杆扶手应进行水平荷载推力试验。

9 动力荷载试验

9.1 一般规定

9.1.1 桥梁动力荷载试验主要包括结构自振特性试验和行车动力响应试验。

9.1.2 开展桥梁静力荷载试验的,宜同时进行动力荷载试验。

【条文说明】 桥梁动力荷载试验结果可用于修正结构计算模型、评定桥梁运营状况和结构整体受力性能,宜与静力荷载试验一同进行。

9.1.3 动力荷载试验应测试桥梁结构的自振频率和冲击系数。符合下列条件之一时,还应测试桥梁结构的振型和阻尼比:

- 1 斜拉桥、悬索桥、单跨跨径超过60m的拱桥、单跨跨径超过80m的梁桥;
- 2 存在异常振动的桥梁;
- 3 需要系统评价结构动力性能的桥梁;
- 4 委托方有要求或有其他特定要求。

【条文说明】 根据不同试验目的和桥型,测定结构固有频率和振型的阶数可不同,悬索桥和斜拉桥不宜少于5阶,连续梁桥、连续刚构桥和拱桥不宜少于3阶。

9.2 试验准备

9.2.1 试验准备工作除应按照本规程第 8.2.1 条的规定执行外,尚应包括以下内容:

- 1 现场调查桥梁及桥梁连接道路的线路状况、允许车速、车辆实际过桥速度;
- 2 确定测试项目、加荷或激振方式,确定测点、仪器安放和导线布设位置。

9.2.2 动力荷载试验应测定桥梁面内弯曲自振特性,对有需要研究横向稳定性的桥梁,可测定桥梁横向自振特性,可根据结构特点及现场实际情况选用下列激振方法的一种或多种:

- 1 环境激振法(脉动法);
- 2 跑车余振法;
- 3 跳车激振法;
- 4 起振机激振法;
- 5 其它人工激振方法。

【条文说明】桥梁自振特性试验包括面内、横向弯曲自振特性以及扭转自振特性的测试分析，测试参数包括自振频率、阻尼比、振型等参数。为减少工作量，可根据试验目的和需要确定测试内容和测试参数。

一般情况下，可根据现场的实际情况、测试的精度要求和方便性，选用可行的激振方法之一进行动力特性试验，可优先考虑环境激振法（脉动法）、跑车余振法和跳车激振法。条件允许时，可采用多种激振方法对测试结果进行验证。根据具体桥型和测试要求，也可选用起振机激振法，或采用重物冲击等其它人工激励方法。

环境激振法，又称脉动法，是指在桥面无任何交通荷载以及桥址附近无规则振源的情况下，通过测定桥梁由风荷载、地脉动等随机激励引起的微幅振动来识别结构自振特性的方法。该方法需对采集的长样本信号进行能量平均以便消除随机因素影响。对于悬索桥、斜拉桥等自振频率较低的桥型，为保证频率分辨率和提高信噪比，采集时间不宜小于20分钟，一般采集时间宜取20-45分钟。对于小跨径桥梁，采集时间可酌情减少。脉动法尤其适合大跨柔性桥梁，也是其它桥型经常采用的激振方法。

跑车余振法，是通过利用车辆驶离桥面后引起的桥梁结构余振信号识别结构动力特性参数。对于小阻尼桥梁有较好效果。为提高信噪比，获取尽可能大的余振信号，应采用尽可能高的车速，或在桥跨特征截面设置弓形障碍物进行激振（有障碍行车激振）。

跳车激振法，是通过让单辆载重汽车的后轮在指定位置从高约10~15cm的三角形垫木突然下落对桥梁产生冲击作用，激起桥梁的振动。对其它方法不易激励的刚度较大的桥梁可采用跳车法。对小跨径桥梁，应进行车辆自重附加质量影响的修正。

起振机激振法，是指利用起振机采用可控的定点正弦激励或正弦扫描激励使结构产生稳态振动。该方法的优点是测试精度高，其缺点是需要较为庞大的起振机设备，运输不方便，同时安装起振机对桥面将产生一定的损伤。在需要高精度识别桥梁结构动力特性时，可采用此方法。

必要时，也可采用枕木冲击等其它人工激励方法。

9.2.3 行车动力响应试验测试内容可包括动挠度、动应变、振动加速度（速度）和冲击系数等，试验工况可包括：

- 1 桥面无障碍行车试验：行车速度根据实际情况可取5km/h~60km/h, 车辆驶入桥跨后应尽量保持车速恒定，每个车速工况宜进行2~3次重复试验。
- 2 桥面有障碍行车试验：可在桥面布置高约5~10cm的弓形障碍物模拟桥面坑洼进行行车试验，车速可取10~20km/h，障碍物宜布置在跨中等结构冲击效应显著部位。
- 3 刹车制动试验：车速宜取30~50km/h，刹车部位应为跨中等动态效应较大的位置。对于漂浮体系桥梁，应测试主梁纵向变形等项目。
- 4 无障碍行车试验为必做项目，有障碍行车和刹车制动试验可根据实际情况选择。

【条文说明】桥面无障碍行车试验的车速应根据设计车速、路幅宽度、桥面线形、路况等因素综合考虑，在保证安全的情况下，应尽量取较宽的车速范围。鉴于冲击系数是与桥面平整度、车-桥耦合振动等相关的随机变量，单次试验的随机性较大，影响评价的客观性，因此每个车速工况宜进行2~3次重复试验。

有障碍行车是采用人工模拟的方法考察桥面不平整时的结构冲击效应，而这种模拟带有较大的不确定性，此类试验属于辅助性项目，因此可有选择的采用。

9.2.4 动载试验的测试截面和测点布置应满足结构性能评价及数据统计处理的要求。

【条文说明】根据桥型、技术状况及评价需要确定测试截面数量，一般每跨可布置1~3个，位于跨中等活载效应显著部位。振型测定时，为保证一定的拟合精度，每跨测试截面不宜小于5个。对于常见的简支梁桥及连续梁桥，可根据具体情况选择测试截面。

大型桥梁振型测试可将结构分成几个单元，整个试验布置一固定参考点（避开振型节点），将几个单元的测试数据通过参考点关联，拟合得到全结构振型图。

用于冲击系数分析的动挠度测点每个截面不宜少于2个，采用动应变评价冲击效应时，每个截面在结构最大活载效应部位的测点数不宜少于3个，以便平均处理，尽量消除随机影响。

9.2.5 无障碍行车试验宜采用与桥梁实际运行状态相接近的载重车辆或设计标准车辆，车辆应性能良好，无异常振动等机械故障。

【条文说明】如果是在做静载试验的同时做动载试验，宜采用静载试验加载车辆进行动载试验。

9.2.6 无障碍行车试验的动力荷载效率按下式计算：

$$\eta_d = \frac{S_d}{S_b} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

η_d ——动力荷载试验效率，宜尽量取高值，但不大于1；

S_d ——动力试验荷载作用下，控制截面的最大内力或变形计算值；

S_b ——设计标准活载作用下，控制截面的最大内力或变形值（不计冲击力）；

9.2.7 无障碍行车试验可采用多台车辆横向并列一排行驶，在保证安全的条件下，可在每个车道布置一辆试验车，在行驶过程中应尽量保持车辆的横向间距不变。

【条文说明】对于大型桥梁，单台车辆的荷载效率可能偏低，此时可采用多台车辆横向并列一排行驶进行行车试验。在纵桥向一般不宜安排车队，在实际操作中，为保证试验安全，荷载效率可酌情降低。

9.3 试验实施

9.3.1 试验前应对测试系统进行稳定性检查。空载状态下，动应变、动挠度信号在预定采集时间内的零点漂移不宜超过预计最大值的5%。

9.3.2 试验过程中，应根据观测和测试结果，实时判断结构受力后状态是否正常，测试数据是否异常。各工况试验完成后，应对测试数据进行检查和确认。如发现幅值异常或突变、零点严重偏离、异常电磁干扰、噪声过大等，应在排除故障后重新进行试验。

9.3.3 动力荷载试验测试系统的性能应满足试验对量程、精度、分辨率、稳定性、频响特性的要求。传感器安装须与主体结构保持良好接触，确保无相对振动。

9.3.4 加速度、速度和变形宜直接测试，不宜测试间接物理量再通过数学运算得到所需的物理量。

【条文说明】桥梁动态响应是一个随机过程，且以5Hz以下的频率成分占主导。对于超低频随机信号，微积分（特别是二次微积分）运算尚无法保证有足够的精度，且结果随机性大，因此应谨慎使用。

9.4 试验资料整理与结果评定

9.4.1 试验数据分析宜采用通过软件测评合格的专用分析软件。

9.4.2 应对测试信号进行检查和评判，并做剔除异常数据、加窗和趋势项、数字滤波等必要的预处理，确保用于分析计算的样本数据真实可靠，数据质量满足结构性能评价的要求。

【条文说明】通过检查和数据质量评判，舍弃噪声大、时程曲线畸变的样本或数据段。利用软件做信号预处理时，应保证经处理后信号的客观真实，不得使有用信号受到抑制或产生畸变。

9.4.3 可采用频谱分析法、波形分析法或模态分析法得到桥梁结构自振频率。自振频率宜取用多次试验、不同分析方法所得结果的均值。

【条文说明】波形分析法适用单一频率自振信号。取若干周期自振波形，应通过时间坐标计算自振频率均值。当测试信号包含多阶自振信号叠加时，可利用带通滤波进行信号分离，得到单一频率的自振信号，再进行频率计算。频谱分析法可用于确定自振信号各阶频率。用于分析的数据块中不得包含强迫振动成分。

9.4.4 桥梁结构阻尼参数可采用波形分析法、半功率带宽法或模态分析法得到。结构阻尼参数宜取用多次试验、不同分析方法所得结果的均值。

9.4.5 振型须采用专用软件进行分析，可同时得到振型、固有频率及阻尼比等参数。

9.4.6 冲击系数计算时应优先采用动挠度信号计算，受条件限制无法测定动挠度时，可采用动应变时程曲线计算，计算公式如下：

$$1 + \mu = S_{\max} / S_{\text{mean}} \dots\dots\dots (8)$$

$$S_{\text{mean}} = (S_{\max} + S_{\min}) / 2 \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$S_{\max}$ ——动荷载作用下，测点的最大应变（或挠度）值；

$S_{\min}$ ——动荷载作用下，测点的最小应变（或挠度）值；

S_{mean} ——动荷载作用下，测点的应变（或挠度）算术平均值；

【条文说明】对于大跨桥梁，目前尚缺乏实用性、可靠性和分辨率均能很好满足要求的动挠度测试设备。

因此在条件受限无法测定动挠度时，可采用动应变来计算冲击系数。尽管动应变是项局部指标，但相关统计资料表明，在绝大多数情况下，应变增大系数与冲击系数存在较好的一致性。试验时宜采用多点平均，以保证结果的可靠性。

9.4.7 冲击系数宜取同截面（或部位）多个测点的均值；进行多次试验时可取该车速工况下的最大值。

9.4.8 结构动力性能评价宜含以下内容：

- 1 将桥梁结构的实测自振频率与计算频率进行比较。如实测频率大于计算频率，可认为结构实际刚度大于理论刚度，反之则实际刚度偏小；
- 2 将实测自振频率和历史数据对比，可根据其变化情况初步判断桥梁的技术状况是否出现劣化；
- 3 当实测冲击系数大于计算冲击系数时，可按实测冲击系数对桥梁结构进行检算和安全性评估；

9.4.9 动力荷载试验报告除应体现本规程第 8.4.6 条的相关内容外，还应包含以下内容：

- 1 典型工况下主要测点的实测时程曲线；
- 2 典型的自振频谱图；
- 3 实测自振频率与计算频率比较；
- 4 实测振型图和计算振型图比较；
- 5 实测冲击系数和计算冲击系数比较；
- 6 结构动力性能评价。

10 施工监控

10.1 一般规定

10.1.1 符合本规程第 4.1.6 条规定的桥梁应进行施工监控。桥梁施工监控应实现对桥梁结构几何线形和内力状态的双控。

【条文说明】在桥梁施工过程中，结构体系和荷载状况的不断变化引起结构内力和变形一直处在改变之中。由于各种不确定因素的影响，在桥梁施工各阶段，结构的实际状态与理想状态之间不可避免地存在偏差。因此，必须对桥梁结构每个施工阶段进行严格的监测与控制，及时消除或减少桥梁施工过程中出现的偏差，使桥梁线形和内力状态最大限度地接近设计状态，并保证桥梁结构在施工过程中的安全。

10.1.2 桥梁施工监控应由桥梁建设单位委托给施工监控承担单位。

【条文说明】桥梁施工监控是通过对桥梁施工过程的监测和控制，以保证被监控构件的安全和质量。其中的监测工作带有第三方检测的性质，控制工作具有咨询的性质。桥梁施工监控有别于桥梁施工单位在桥梁施工过程中所实施的施工观测与质量控制，它集仿真分析、现场监测、参数识别、参数预测与施工调整等多个环节于一体，是一项自成体系的工作。因此，施工监控应委托有资质和能力的桥梁检测单位实施。此外，为保证桥梁施工监控工作开展的相对独立性，该项工作应由建设单位直接委托。

10.1.3 应根据不同的桥型结构特点、施工方法和施工阶段，明确监控目标、控制的重点和相应的调控手段，并根据监测目的、监测对象、监测频率、监测时间长短以及施工条件等选择可靠的监测方法。

10.1.4 选用的仪器设备应满足测试精度和量程的要求，测试精度应不大于预计测量值的 5%，同时应在测试前进行检查，并按仪器设备本身的要求进行标定和必要的误差修正。同类监测项目宜选用同一规格型号的仪器设备。

10.1.5 桥梁施工监控过程中应建立施工监控组织机构，明确工程参建各方的工作职责和工作衔接。

【条文说明】监控单位应熟悉设计图纸和施工组织方案，充分理解设计意图和把握施工的工艺流程，并进行初步的施工过程仿真分析。在此基础上，根据桥梁的具体结构特点和施工特点，制定详细的施工监控方案，报设计单位、监理单位和施工单位审核，并由建设单位审批。根据审批意见，监控单位对施工监控方案进一步细化后，形成施工监控实施细则。

施工监控过程中，业主、设计、施工和监理等单位应给予必要的配合与支持。桥梁施工监控宜采取如下组织办法实施：

- 1 各阶段施工前，监控单位根据结构当前状态和监测结果，提出该阶段的施工控制数据建议值；
- 2 设计、施工和监控单位的现场负责人签字确认有关施工控制数据，形成施工控制通知单。监理单位将施工控制通知单分发给业主、监控、施工和设计单位；
- 3 施工单位按照施工控制通知单的控制数据进行当前阶段的施工，监理单位监督执行；
- 4 在完成当前阶段施工后，施工单位将有关施工数据和信息提交监控单位，供下一阶段施工控制之用。

10.1.6 桥梁施工监控应依据经过批准的设计文件和施工方案进行。

10.1.7 桥梁施工监控内容应包括控制计算、施工监测、数据分析和反馈控制。

【条文说明】控制计算包括设计符合性计算、事前仿真计算和实时仿真计算，施工监测包括应力（内力）监测、线形监测、温度监测和环境影响因素监测等。

10.1.8 桥梁施工监控方案中应制定监控目标，明确每个施工阶段和成桥后相关参数实测值与目标值之间的允许偏差，且应得到设计单位的认可。

【条文说明】桥梁施工监控的精度要求主要包括几何（变形）和应力（内力）两方面，它们与桥梁的跨径大小、结构形式和施工方法等有关。监控单位应提出施工监控允许偏差的建议值，经与设计（也包括业主、施工和监理等单位）协商后确定施工监控的精度要求。

10.1.9 桥梁成桥线形控制标准应符合设计要求，设计无具体要求时，各类桥梁的线形控制标准按《城市桥梁施工与质量验收规范》CJJ 2 执行。

10.1.10 设计无具体要求时,桥梁结构应力实测值与计算值的偏差控制标准:混凝土结构为 $\pm 20\%$,钢结构为 $\pm 10\%$ 。

10.1.11 设计无具体要求时,斜拉索、拱桥吊杆及系杆、悬索桥主缆及吊索的成桥索力实测值与计算值的偏差控制标准为: $\pm 10\%$ 。

10.1.12 桥梁施工监控成果应包含施工监控大纲、设计符合性计算报告、施工监控阶段报告以及施工监控总结报告。

【条文说明】施工监控大纲(或实施方案)主要是指在施工过程中对桥梁施工监控的工作思路和监控方法进行总体陈述。

设计符合性计算报告主要是为了了解设计意图而必须进行的一个计算过程,依据设计图纸和设计规范进行计算,并对桥梁结构的安全等进行分析。

施工监控阶段报告主要是指在规定的时间内将其监测数据和控制结果进行分析,并对当前结构的安全和结构状态进行阶段分析和总结,并为后续施工提出建议及解决办法等。

施工监控总结报告是在成桥后对桥梁在整个施工过程中的线形和结构应力等进行分析 and 总结。

10.2 施工监测

10.2.1 桥梁施工监测的参数主要有:主梁标高、拱肋标高、墩塔轴线、主梁应力、墩塔应力、索力和温度等。

10.2.2 对温度变化比较敏感的监测参数的监测,宜选择温度比较稳定的时间段进行。

【条文说明】悬臂施工的主梁标高(尤其是悬臂长度较大时)和斜拉索索力对温度比较敏感,主梁标高监测通常安排在早晨日出前进行,斜拉索索力监测通常安排在夜间进行,以避免日照温差的影响。

10.2.3 梁式桥应监测的参数如下:

- 1 墩柱应力;
- 2 主梁轴线偏位、标高、应力和温度;
- 3 主梁合龙前大气温度与合龙端标高变化的对应关系。

【条文说明】梁式桥的监测重点是主梁标高、结构应力及温度,高墩宜增加墩柱偏位监测。

10.2.4 拱桥应监测的参数如下:

- 1 主拱标高;
- 2 拱座标高、水平位移;

- 3 连拱中间墩柱的应力、水平变位；
- 4 分段、分层施工的主拱，已施工部分关键部位的应力；
- 5 中承式和下承式拱桥的吊杆索力；
- 6 采用斜拉扣挂施工和缆索吊装施工的拱桥，应对索塔变形、索塔应力、扣索索力、锚索索力以及环境温度进行监测。

【条文说明】拱桥的监测重点主要是拱肋的线形、索力和应力以及吊装系统在施工过程中的索塔偏位和应力、缆索、扣索索力和温度等。

10.2.5 斜拉桥应监测的参数如下：

- 1 索塔轴线、应力；
- 2 主梁标高、应力和温度；
- 3 斜拉索索力；
- 4 主梁合龙前大气温度与合龙端标高变化的对应关系。

【条文说明】斜拉桥的监测重点是主梁标高和斜拉索索力。

10.2.6 悬索桥应监测的参数如下：

- 1 索塔轴线、应力；
- 2 主缆线形、索股索力、索鞍偏位、主缆温度；
- 3 主梁标高、应力；
- 4 吊杆索力、索夹位置。

【条文说明】悬索桥的监测重点是主缆线形（尤其是基准索股的线形）和主梁标高。

10.2.7 结构轴线和标高的监测截面及测点布置应根据结构形式、施工方法等确定，以满足控制结构位置和标高为目标。

10.2.8 应选择关键截面进行结构应力监测，测点布置以能满足控制结构总体应力为目标，应选用可靠和耐久的传感器并做好保护措施。混凝土应力分析时应考虑收缩、徐变和温度的影响。

10.2.9 温度测点应根据结构形式和环境条件确定，应能满足监测结构内外温差、日照温差和季节性温差的要求。

10.2.10 结构轴线和标高监测频率应符合以下规定：

- 1 墩塔轴线监测应在墩塔各节段施工前后各进行1次；
- 2 主梁和主拱标高监测应在各节段施工前后各进行1次；
- 3 设置纵桥向预应力的主梁，在纵桥向预应力张拉后宜进行1次主梁标高监测；
- 4 斜拉索张拉前后各进行1次主梁标高测量；
- 5 其它结构轴线和标高变化较大的施工阶段前后宜进行监测。

10.2.11 结构应力监测频率应符合以下规定：

- 1 梁式桥主梁节段施工前后、纵桥向预应力张拉后应各进行1次应力监测；
- 2 拱桥主拱节段施工前后、分层浇筑前后、拱上建筑施工前后应各进行1次应力监测；
- 3 斜拉桥主梁节段施工前后、斜拉索张拉前后、纵桥向预应力张拉前后应各进行1次应力监测；
- 4 悬索桥主梁节段施工前后应各进行1次应力监测；
- 5 桥面铺装施工完成后应进行1次应力监测；
- 6 其它结构应力变化较大的施工阶段前后宜进行监测。

10.3 控制计算

10.3.1 桥梁施工控制计算应考虑施工设施对桥梁结构受力的影响。

【条文说明】控制计算虽须考虑施工设施对桥梁结构的影响，但施工设施的验算不列入施工控制计算范围，其工作由施工单位完成，或者由其委托相关单位完成。施工过程中桥梁结构的局部验算和不利阶段的抗风验算等亦不列入施工控制计算范围，可另行委托复核。

10.3.2 施工控制计算应包括设计符合性计算、事前仿真计算、实时仿真计算。

10.3.3 设计符合性计算应按设计图纸和设计规范进行桥梁施工过程及成桥后计算，计算结果宜与设计方进行校核。

【条文说明】设计符合性计算目的是校核设计并进一步把握和理解设计意图，为后续修正计算提供有限元基础模型。

10.3.4 事前仿真计算应按批准的施工组织设计确定的施工工序，根据设计图纸、规范和相关试验结果，选取合理的结构参数，进行考虑施工过程的总体计算，以确定合理施工状态，并得到各施工阶段及成桥状态的结构受力和变形等控制计算目标数据。

【条文说明】事前仿真计算一般是在施工控制初期，根据所能确定的参数最新取值进行的考虑施工过程的总体计算。

10.3.5 实时仿真计算应根据实测数据、数据分析和反馈控制等得到的更新的参数值和施工流程，进行考虑施工过程的总体计算，以确定后续的合理施工状态，并得到后续各施工阶段及成桥状态的结构受力和变形等控制计算目标数据。

【条文说明】实时仿真计算又称跟踪仿真计算，它是在施工监控过程中不断根据更新的参数进行考虑施工过程的总体计算。

10.3.6 控制计算一般不考虑材料的非线性，但应计入混凝土收缩徐变的影响；应考虑施工过程边界条件、构件数量、作用荷载等的变化；应根据桥型和跨度大小确定是否计入几何非线性影响。

10.3.7 几何状态的控制计算结果应包括:

1 梁式桥

- 1) 混凝土收缩徐变影响结束时的桥面标高;
- 2) 成桥时的桥面标高;
- 3) 施工过程各阶段的主梁标高;

2 拱式桥

- 1) 混凝土主拱圈收缩徐变影响结束时的拱轴标高;
- 2) 成桥时主拱圈拱轴标高;
- 3) 施工过程各阶段的主拱圈标高;
- 4) 预制拱圈节段的制造构形、吊杆与系杆的无应力长度。

3 斜拉桥

- 1) 混凝土斜拉桥主梁收缩徐变影响结束时的桥面标高、桥塔塔顶位置;
- 2) 斜拉桥成桥时主梁桥面标高、桥塔塔顶位置;
- 3) 斜拉桥主梁悬臂施工过程中各阶段标高、桥塔塔顶位置;
- 4) 预制主梁节段的制造构形、斜拉索无应力尺寸、预制桥塔节段的制造构形。

4 悬索桥

- 1) 成桥时的主缆标高、索塔塔顶位置、索鞍位置、索夹位置、桥面标高;
- 2) 主缆基准索架设时的标高及索鞍位置;
- 3) 加劲梁架设过程中各阶段加劲梁标高、加劲梁节段端面空间状态、索鞍位置、索夹位置;
- 4) 预制加劲梁的制造构形、预制桥塔的制造构形、吊索与主缆索股的无应力长度。

10.3.8 受力状态的控制计算结果应包括:

1 梁式桥

- 1) 混凝土收缩徐变影响结束时主梁、桥墩控制截面应力;
- 2) 成桥时主梁、桥墩控制截面应力;
- 3) 主梁悬臂施工过程中主梁、桥墩控制截面应力。

2 拱式桥

- 1) 混凝土收缩徐变影响结束时主拱圈控制截面应力、系杆和吊杆索力;
- 2) 成桥时主拱圈控制截面应力、系杆和吊杆索力;
- 3) 拱圈及拱上结构施工过程中主拱圈控制截面应力、系杆和吊杆索力。

3 斜拉桥

- 1) 斜拉桥混凝土收缩徐变影响结束时主梁、桥塔控制截面应力与斜拉索索力;
- 2) 斜拉桥成桥时主梁、桥塔控制截面应力与斜拉索索力;
- 3) 斜拉桥施工过程中主梁、桥塔控制截面应力与斜拉索索力;
- 4) 斜拉桥施工过程中支座反力;

4 悬索桥

- 1) 成桥时主缆和吊索索力;
- 2) 成桥时索塔和加劲梁控制截面应力;
- 3) 自锚式悬索桥体系转换过程中支座反力;

10.4 数据分析和反馈控制

10.4.1 桥梁施工监测数据分析与反馈控制应具备下列基本数据:

- 1 结构材料的物理力学参数（容重、弹性模量、强度、徐变系数等）；
- 2 荷载（机具、临时荷载等）；
- 3 受力（应力、索力、预应力等）；
- 4 几何（标高、位移、变形等）；
- 5 环境（温度、湿度、风力等）。

【条文说明】本条所列为通常所需的数据，特殊情况下需要的其他数据在桥梁施工监控实施方案中予以明确。

10.4.2 监测数据在用于数据分析和反馈控制前应对其真伪性进行分析与识别。

【条文说明】桥梁施工监测数据的准确性受测试环境、精度等多种因素的影响，其真伪需要结合理论分析与现场实际情况进行分析、修正与识别，以便为桥梁状态识别与反馈控制提供准确、可靠的数据。例如，在某一大气温度下测得的相关数据需要将其换算到标准温度下的数据等。

10.4.3 桥梁各施工阶段的数据分析和反馈控制包括以下工作：

- 1 当前桥梁施工受力、几何状态识别；
- 2 桥梁施工状态是否处于预控状态的判别；
- 3 超出预控状态的桥梁施工误差对后续施工过程结构受力安全与几何状态的影响预测分析；
- 4 是否需要对施工发出预警的判定；
- 5 对施工过程预控数据或施工工艺实施调整或变更的决策。

【条文说明】桥梁施工受力、几何等状态识别的主要目的是判断当前工况下结构实际状态（如标高、线形、结构内力等）是否与仿真模拟分析预测的理论状态相符，分析结构实际状态与理论状态间的误差。

桥梁施工是否处于预控状态（允许误差范围）的判断主要通过将现场监测数据与依据施工过程仿真模拟分析事先制定的预控目标状态数据的比较分析得出。

当桥梁施工过程偏离预控目标状态时，需要对其误差的影响程度进行分析，重点是对下一阶段施工目标状态的影响预测及桥梁施工监控最终目标的影响分析，从而为是否对桥梁施工过程预控数据或施工工艺进行调控提供决策依据。

对施工过程预控数据或施工方案是否实施调整或变更须根据桥梁施工误差影响预测分析结果进行判断。对于施工工艺关系不大的误差影响，可以通过调整施工过程预控数据实现调控，例如，对当前结

构状态进行调整(包括悬索桥主缆基准索线型调整、斜拉桥斜拉索索力调整、系杆拱桥系杆力调整等),
 或对下一阶段施工参数进行调整(包括预应力混凝土连续梁桥、连续刚构桥节段浇筑立模标高调整等);
 对关系到施工工艺甚至方案的误差,则需要变更既有施工工艺或方案。这也是桥梁施工监测与反馈控制
 的核心所在。

10.4.4 对监测数据的分析需考虑以下影响因素:

- 1 机具、临时荷载等位置、量值变化的影响;
- 2 混凝土结构尺寸变化的影响;
- 3 混凝土水化热对应变监测值的影响;
- 4 混凝土弹性模量变化的影响;
- 5 结构体系温差的影响;
- 6 混凝土收缩与徐变的影响;
- 7 结构不同部件间温差的影响;
- 8 斜拉索和系杆垂度的影响;
- 9 斜拉索、系杆和吊杆约束条件的影响;
- 10 施工期间混凝土收缩徐变对预应力值的影响;
- 11 风荷载的影响;
- 12 日照方向的影响。

10.4.5 桥梁施工过程中的受力状态、几何状态可直接根据仿真计算得到的预控数据与现场监测数据之间的差值进行误差量值及方向的识别。

【条文说明】结构状态数据主要指结构应力、索力、标高、位移(变形)等。

10.4.6 桥梁施工过程中,监测数据与仿真计算数据之间的误差可采用下列方法进行误差影响及状态预测分析:

- 1 最小二乘法;
- 2 卡尔曼滤波法;
- 3 灰色系统理论法;
- 4 人工神经网络法。

【条文说明】桥梁反馈控制误差分析、状态预测方法各俱特点,并适用于不同桥梁施工过程控制,在选用时需注意其适应性。以灰色系统理论法为例,在用于桥梁施工控制中,具有以下特点:

1 将大跨桥梁施工过程这一非平稳的随机过程当作灰色过程,并利用灰色系统理论进行分析。建立多个灰色GM(1, 1)预测模型对决定系统行为特征的主要状态变量的发展变化进行了预测。实例分

析表明,采用GM(1, 1)模型能对大跨桥梁施工过程中诸如挂篮变形、浇筑梁段混凝土时的结构位移等极具随机性的变量给出较好的预测,为大跨桥梁施工这一复杂控制系统的建模找到了一条切实可行的途径。

2 所提出的控制系统是基于桥梁施工过程发展变化的预测控制,是基于桥梁施工未来态势的超前控制,能做到防患于未然,且具有较高准确度。所提出的控制系统采用瞬态建模,用模型参数的不断更新以及实际输出对模型的反馈校正,来适应大跨桥梁施工过程中系统行为的不断变化、环境噪声的不断干扰,因此本控制系统具有较强的适应性和鲁棒性。

3 所提出的控制系统是有限时域内的优化控制。通过对大跨桥梁的控制实施滚动优化,能对由于模型失配、时变、随机干扰等不确定性因素进行及时补偿,使桥梁的施工控制过程总是处于一种良性循环并具良好的鲁棒性。

4 所提出的控制系统是对系统行为实施的控制,无需过多追究引起系统行为变化的原因,不必将系统的控制行为与噪声行为加以分离,不必处置桥梁施工这一复杂的随机过程,因此控制较为简便。

5 将预应力筋拉力、斜拉索的初张力或立模标高作为悬臂浇筑施工的桥梁的两个控制输入,并能超前一步进行预测,因此可有效地对大跨桥梁实施内力和标高的双控策略。

6 所提出的控制系统可以适用于悬臂浇筑、悬臂拼装的大跨斜拉桥和梁式桥。

10.4.7 现场监控应定期通报桥梁施工监控相关信息,当施工过程中出现监测数据超出允许范围时,应立即将信息向施工现场反馈,并同步进行原因与影响预测分析。

10.4.8 当结构应力超过安全控制容许值时,应及时预警,并根据风险程度发出整改或暂停施工指令,同时采取应急监测与防范措施。

【条文说明】当结构状态误差对结构受力安全存在威胁时发出预警是施工监控中安全控制的基本要求,监控方需要准确把握,及时发出针对所有参建单位的暂停施工及采取安全保障措施的指令。

10.4.9 桥梁反馈控制应以指令形式实施,并应符合以下要求:

1 反馈控制指令应包含桥梁施工过程的信息;

2 当桥梁施工超出预控状态但可调控时，反馈控制指令应包括已成结构状态调整指令和下阶段施工指令两部分；

3 当需要变更施工工艺或方案时，应及时提出变更指令，并由施工单位制定并按程序审批后实施；

4 反馈控制指令由监理复核并监督现场执行。

10.4.10 桥梁施工过程及成桥状态几何监测值与理论值间的偏差可采取以下措施进行反馈控制：

1 对于施工过程及成桥几何状态可调整的桥梁，以下偏差应在当前施工状态或成桥状态直接调整：

1) 拱桥悬臂安装过程主拱圈的标高；

2) 中、下承式拱桥非连续桥道梁施工过程标高、成桥桥面线形；

3) 斜拉桥主梁施工过程标高、成桥桥面线形；

4) 悬索桥主缆基准索线形、索鞍及索夹位置、加劲梁施工过程标高、成桥桥面线形；

2 对于施工过程及成桥几何状态不可调整的桥梁，以下偏差应以当前施工状态为基础，根据偏差影响预测分析结果，对后续的施工状态数据进行反馈控制：

1) 混凝土梁桥悬臂施工过程立模或安装标高；

2) 混凝土拱圈悬臂施工过程立模或安装标高；

3) 桥梁钢结构悬臂安装标高；

10.4.11 桥梁施工过程结构受力状态监测值与理论值间的偏差应在保证结构安全的前提下，采取以下针对性的反馈控制措施：

1 对于混凝土梁桥悬臂施工过程的结构应力，可通过调整临时荷载位置改善受力；

2 当因施工工序、工艺不当导致结构受力不利时，应通过调整施工工序、工艺，以调整施工过程结构受力状态；

3 当因桥梁结构设计与施工方案匹配性不够导致结构受力不利时，应采取局部加固或增设临时辅助设施等改善后续施工中结构受力状态。

【条文说明】桥梁施工过程结构受力监测值超过限值原因很多，例如：1) 量测失真；2) 临时荷载超限或位置不正确；3) 桥梁结构施工过程分析不全面，导致局部高应力未纳入控制；4) 施工工序（工艺）不合理；5) 桥梁结构设计本身与所采取的施工方法不完全匹配，缺少相应的辅助措施；6) 施工控制技术与管理差，导致结构控制性受力部位失控，或未及时监测到结构受力，或监测到结构不利的受力状态但未得到及时处置等。为确保桥梁施工过程结构安全控制目标的实现，需要对其给予高度重视，采取切实有效的辅助措施实施控制，以及保证施工过程监控管理有效、高效十分重要。

10.4.12 进行施工工序、工艺调整时，可采用以下措施：

1 在保证主梁上下缘的应力满足要求的前提下，调整预应力张拉批次与时机；

2 在保证桥墩应力与主梁应力的前提下，调整主梁合龙阶段预顶力；

3 连续刚构桥选择适当的温度环境进行合龙；

4 调整斜拉扣挂施工拱桥的扣索力和锚索力，以满足扣塔平衡与拱肋就位；

- 5 通过调整拱桥吊杆张拉力的大小和次数来调整拱肋和主梁的内力；
- 6 对拱上建筑采用均衡、对称、分层、分环等施工措施，调整主拱的内力；
- 7 在保证斜拉索索力满足要求的前提下，通过调整斜拉索索力来调整主塔和主梁的内力；
- 8 通过调整鞍座顶推次数和位移量，来调整悬索桥索塔的内力；
- 9 通过调整悬索桥成桥阶段的索股索力，使索股受力均匀性满足要求。

10.4.13 当预测到的极端气温、雪载、风载等会导致结构受力超过设计和规范限值时，应及时发布暂停施工及采取应对措施指令。

11 运营监测

11.1 一般规定

11.1.1 运营监测按照数据采集方式可采用自动监测、人工监测和半自动监测。对于斜拉桥、悬索桥以及单孔跨度超过 150m 的重要桥梁应适当增加监测项目，且宜采用自动监测手段。

【条文说明】为保障桥梁安全及正常运行，在桥梁运营的一个较长时间段内，按照预定计划对与桥梁所承受的荷载及结构特性相关的物理量进行连续或若干次测量、比较、分析，从而指导桥梁的运营管理、养护和维修工作。桥梁运营监测的原则是及时掌握桥梁技术现状，指导桥梁的养护维修工作。运营监测可以实现下列目的：

- 1 评估分析桥梁在所处环境条件下结构现存缺陷可能的发展事态及其对结构安全运营造成的潜在威胁，确保结构安全运营；
- 2 设定结构安全预警值。对桥梁结构的健康状态、结构安全可靠性进行评估，进而给桥梁管理部门提供等级预警信息；
- 3 给出特殊事件交通管制措施控制值。对于台风、地震等特殊环境条件给予预警，以提示管理部门进行车辆通行限制；
- 4 论证设计、施工两阶段的参数、假设、工艺、工法的有效性，对设计和施工进行后期验证。

自动监测是指通过传感器、网络、光纤通讯、无线传输等手段对监测数据进行自动采集和远距离传输的监测方法。人工监测是指通过人工读数和记录对相关物理量进行监测的技术手段。半自动监测是综合采用上述两种方法。

11.1.2 城市桥梁运营监测宜结合日常巡查和定期检测的情况进行。

11.1.3 运营监测所采用的仪器设备应符合以下要求：

- 1 应不影响结构的正常工作，宜选择自重轻、尺寸小的仪器设备；
- 2 应满足测试精度和量程的要求，测试精度不大于预计测量值的5%；
- 3 采用长期稳定性好、抗干扰性强、灵敏度高、结构牢固、封闭性好、重复性好、安装及维护方便的仪器设备；
- 4 采用多功能、多用途的仪器设备，适应多方面的需求；
- 5 选用的仪器设备均应在测试前进行检查，并按使用要求进行标定和必要的误差修正；
- 6 对于长期监测，仪器设备需定期进行检查和维修维护，保证其处于正常工作状态。

11.2 运营监测的内容及要求

11.2.1 城市桥梁应按下表规定的监测项目设置永久性控制监测点。

表4 城市桥梁永久性控制监测项目表

编号	监测项目	监 测 点
1	墩、台身、索塔锚锭的高程	墩、台身底部（距地面或常水位 0.5m~2.0m）、桥台侧墙尾部顶面和锚锭的左右两侧各 1~2 点。
2	墩、台身、索塔 倾斜度	墩、台身底部（距地面或常水位 0.5m~2.0m）左右两侧各 1~2 点。
3	桥面（主梁）高程	沿行车道两边（近缘石处），按每孔跨中、L/4、支点等不少于 5 个位置（10 个点）。测点应固定于桥面板或主梁上。
4	拱桥平台、悬索桥锚锭水平位移	拱座、锚锭的左右两侧各 1 点。
5	拱桥轴线线型，悬索桥缆索线型	拱轴线宜按桥跨的 12 等分点分别在拱背或拱腹布设测点；主缆线形宜按索夹位置在主缆顶面布设测点。
注1：L为每跨跨径； 注2：上下行分离式桥梁按两座桥分别设点； 注3：倾斜度测点应采用相距0.5m~1m的两点标记检测； 注4：左右两侧指上、下游两侧或垂直于桥梁纵轴线的两侧。		

11.2.2 城市桥梁永久性控制监测点的设置应符合以下规定：

- 1 新建城市桥梁交付使用前，桥梁管理部门应要求竣工测量时设置永久性控制监测点；
- 2 测点的编号、位置（标明距离、标高和地物特征）和竣工测量数据，均应在竣工图上标明，并作为城市桥梁验收文件中必要的竣工资料予以归档；
- 3 没有设置永久性控制监测点的既有城市桥梁，应在最近一次定期检测时按规定补设；
- 4 测点的布设和首次测试的时间及数据等，应按竣工资料的要求予以归档；
- 5 城市桥梁主体结构维修、加固或改建工程竣工后，必须保持或按要求重新设置相应的永久性控制监测点，且重测一次；
- 6 城市桥梁的永久性控制监测点应便于校验复测，且牢固可靠；

11.2.3 基准点的设置应符合国家现行标准《工程测量规范》GB 50026 的要求，当基准点与国家大地测量网联络有困难时，可建立相对独立的基准测量系统。

11.2.4 根据城市桥梁的实际运营状况，运营监测应针对性地开展结构几何线形、车辆载重、应力、变形、位移、预应力、索力、振动、温度及环境监测。

【条文说明】桥梁几何监测、应变监测、温度监测及车辆载重监测的具体目的和意义如下：

1 几何监测是为了及时发现桥梁几何线形的变化，监测桥梁在运营期间，在活载、恒载及偶然荷载作用下，桥梁各个主要断面位移变化的情况，掌握桥梁结构刚度变化情况和混凝土徐变作用情况，预测并预警桥梁病害及可能存在的危险；

2 应力（应变）监测的目的是预警桥梁结构是否有缺损状态的可能或存在，保证桥梁强度及安全使用的要求；

3 温度监测是为对不同温度状态下桥梁工作状态进行比较和分析提供数据；

4 车辆载重监测的目的是为分析桥梁结构挠度变形、应力及动力性能的监测数据提供依据。

11.2.5 监测单位应根据桥梁的重要性的桥型结构的复杂性，制定详细的监测方案，并报设计单位、桥梁管养单位审核，由业主单位审批。根据审批意见，形成实施细则，桥梁运营监测实施细则应包括以下内容：

- 1 监测点分布位置、数量、量测方法、监测频次、自动采样频率及采样时间；
- 2 监测仪器设备和传感器、数据传输方式、数据分析处理方法；
- 3 桥梁结构出现危机情况时的预警方法；
- 4 现场仪器设备、传感器和传输线路的保护措施。

【条文说明】监测方案制定前，监测单位应熟悉设计图纸和桥梁运营状况，充分理解桥梁结构形式和使用要求，并进行合理的理论分析。

11.2.6 运营监测方案宜考虑与桥梁永久性控制监测点和测量网络相协调，若桥梁实施过施工监控，可考虑与施工监控的监测点和测量网络相协调，实现资源共享。

11.3 运营监测的实施

11.3.1 运营监测应根据监测目的，确定监测频次、采样频率及采样时间，对于监测频次和采样频率要求高的监测项目宜采用长期自动监测系统。

【条文说明】监测频次是指单位时段内的采样次数，反映了运营监测数据采集在时间上的密集程度；采样频率指某次数据采集时间段内的读数频率，采样时间是指进行数据采集的某个具体时间段。

11.3.2 运营监测系统的布设安装与防护应符合以下要求：

- 1 布设的基准点和传感器应安装牢固；

- 2 传感器及其电缆和接插件应有可靠的防碰撞、防拽扯、防盗措施；
- 3 考虑不同结构形式，传感器输出受温度、收缩、徐变、松弛以及长电缆的影响，结合传感器的特性，采取有效的措施对传感器输出进行补偿或修正；
- 4 监测系统暴露在大气环境中时，应采取防潮（水）、防雷措施；
- 5 对于采用外部供电的自动监测系统，现场安装的传感系统、传输系统、分析系统应配备应急电源。

【条文说明】 传感器及其电缆和接插部位的有效防护，是决定监测系统长期可靠运行的重要因素之一。

温度、收缩、徐变、松弛均会引起结构的变形，也会引起传感器的输出（如应变类传感器），对于静定结构，只产生构件变形，而不出现次应力；对于超静定结构，还会引起结构的次应力。通常在结构内力监测时，需要在传感器自身（如传感器自带的温度补偿）或同环境、同材质不受约束的构件上安置补偿传感器进行补偿，也就是目前多采用与测点局部条件接近的各种无应力补偿试件。

要求整个监测系统配备应急电源是为了保证其在地震、台风等突发灾害时仍能正常工作，使监测数据完整并具连续性。

11.3.3 运营监测的数据采集应符合以下要求：

- 1 人工采集时，人员和采集时段宜固定；
- 2 自动采集系统应包括监测数据的采集、传输和分析评估系统；
- 3 对监测数据实时分析有要求时，监测数据传输系统的传输速率和流量应满足监测数据实时上传和分析的需要；
- 4 自动采集系统系统的铺设和搭建应安全、可靠、稳定。

【条文说明】 为满足监测数据实时的传输和分析，在缆线传输、光纤传输和无线传输三类系统中，一般应重点关注无线传输系统的传输速率和流量。

11.3.4 当基准点、监测点、仪器设备、传感器、传输线路等发生破坏或故障时，应及时维修或更换，重新复核监测数据。

【条文说明】 本条是为保证长期监测数据的准确性和连续性而提出的要求。

11.3.5 运营监测应对桥梁结构在下列时期的相关信息进行分析：

- 1 温度最高和最低时期；
- 2 昼夜温差最大和最小时期；
- 3 风载、洪水和地震预报时期；
- 4 行车密度最大时期；

5 其它对结构不利时期。

11.4 运营监测的数据分析和报告

11.4.1 监测单位应根据监测数据,提取与桥梁结构技术状态相关的信息,合理评价桥梁结构工作状况,指导桥梁管养和维护。数据分析应包括以下内容:

- 1 基于长期监测数据的统计分析,了解和掌握相应物理量的变化规律,当监测值出现异常时,应进一步调查和分析;
- 2 根据理论分析和相关标准规定的限值,在监测值接近或超过限值时,提出相应的建议措施。

11.4.2 运营监测的结果均应通过阶段性报告、特殊情况报告、最终报告等方式进行整理和汇报,报告应包括下列基本内容:

- 1 测点各项量测值随时间变化过程图;
- 2 各测点在同一时间的量测值随周期的变化图;
- 3 根据同一时间量测的变形(变位)或应力(应变),结合各种影响因素的记录,计算分析各种因素的分量值;
- 4 同一测量参数在不同时期的变化;
- 5 比较结构动力特性的变化趋势,检查结构的完好状况。

11.4.3 对于特大桥梁、特殊结构桥梁,宜根据监测数据的统计规律和结果报告,结合相关技术规范及管养单位要求,提出运营监测指标的预警值,建立合理的预警预报系统。

11.4.4 运营监测的数据和报告需提交给桥梁的管养单位,并以技术档案形式保存。管养单位应根据运营监测结果,进行必要的管理和维修。

附 录 A
(规范性附录)
桥梁构件评分等级、扣分表

表A.1 桥面系各构件评分等级、扣分表

	损坏类型	定义	损坏评价				说 明
桥面铺装	网裂或龟裂	桥面产生交错裂缝,把桥面分割成网状的碎块	程度	<3%	3%~10%	>10%	网裂总面积占整个桥面面积的百分比
			扣分值	5	15	40	
	脱皮露骨	桥面铺装表面磨损或脱落,粗骨料普遍外露	程度	<3%	3%~10%	>10%	出现脱皮露骨的总面积占整个桥面面积的百分比
			扣分值	5	10	30	
	泛油	沥青桥面呈现沥青膜,发亮,镜面,有轮印	程度	<3%	3%~10%	>10%	出现泛油的总面积占整个桥面面积的百分比
			扣分值	5	10	20	
	边角剥落	沿接缝方向的板边破碎和脱落,裂缝面与板面成一定角度	程度	<3%	3%~10%	>10%	出现边角剥落的总面积占整个桥面面积的百分比
			扣分值	10	25	50	
	波浪及车辙	桥面有规则的纵向起伏或局部拥起及沿轮迹处的路表凹陷	程度	<3%	3%~10%	>10%	出现波浪及车辙的总面积占整个桥面面积的百分比
			扣分值	5	15	40	
	坑槽	桥面材料散失后形成凹坑,但没有贯穿桥面	程度	<3%	3%~5%	>5%	坑槽总面积占整个桥面面积的百分比
			扣分值	25	45	65	
	碎裂或破碎	桥面出现成片裂缝,缝间路面已裂成碎块	程度	<3%	3%~5%	>5%	碎裂或破碎的总面积占整个桥面面积的面比
			扣分值	40	65	80	
洞穴	桥面开裂或破损形成贯穿桥面的洞穴	程度	1个	2个	3个	洞穴数量	
		扣分值	50	65	80		
桥面贯通横缝	与桥面道路中线大致垂直并且在横向可能贯通整个桥面的裂缝,有时伴有少量支缝	程度	无	半贯通	贯通	裂缝在垂直于桥面道路中线方向的贯通程度	
		扣分值	0	5	15		
桥面贯通纵缝	与桥面道路中线大致平行并且在纵向可能贯通整个桥面的裂缝,有时伴有少量支缝	程度	无	半贯通	贯通	裂缝在平行于桥面道路中线方向的贯通程度	
		扣分值	0	5	15		
桥头平顺	桥头沉降	桥梁与道路连接处形成高差	程度	无	轻微	明显	“无”指桥梁与道路连接平顺,目测不出高差;“轻微”指桥梁与道路连接有高差,高度差未超过限值;“明显”指桥梁与道路连接有高差,高度差超过限值
			扣分值	0	15	40	
	台背下沉	道路路面在桥梁台背回填处出现沉降	程度	<2cm	2~5cm	>5cm	道路路面在桥梁台背回填处出现沉降的深度
			扣分值	15	40	80	
伸缩缝	螺帽松动	带螺栓的伸缩缝装置中原本紧固的螺帽产生松动	程度	无	1~5个	>5个	螺帽松动的数量
			扣分值	0	15	40	
	缝内沉积物阻塞	垃圾泥土等杂物进入伸缩缝造成伸缩缝阻塞	程度	无	少量	严重	“无”指几乎没有杂物进入伸缩缝内;“少量”指伸缩缝内有少量的杂物;“严重”指伸缩缝内有大量的杂物并造成伸缩缝严重阻塞
			扣分值	0	5	15	

	损坏类型	定义	损坏评价				说 明
			程度	无	轻微	严重	
伸 缩 缝	接缝处铺装碎边	桥梁接缝处桥面边缘出现破碎损坏	扣分值	0	40	65	“无”指桥梁接缝处桥面边缘没有破损；“轻微”指桥梁接缝处桥面边缘有10个以内小于0.1m ² ，深度小于2cm的破损；“严重”指桥梁接缝处桥面边缘有10个以上破损或有面积大于0.1m ² ，深度大于2cm的破损
			程度	无	轻微	明显	
	锚固区混凝土开裂	锚固区混凝土出现裂缝、损坏、剥落	扣分值	0	10	20	“无”指没有裂缝；“轻微”指单车道裂缝数量不超过2条且宽度未超限；“明显”指单车道裂缝数量超过2条或宽度超限；
			程度	无	轻微	明显	
	锚固区混凝土损坏	锚固区混凝土出现破损、剥落	扣分值	10	20	30	出现损坏的总面积占整个锚固区面积的百分比
			程度	<3%	3%~5%	>5%	
	接缝处高差	伸缩装置高差；伸缩装置保护带与桥面的高差	扣分值	0	5	15	“无”指桥梁伸缩装置与桥面（路面）连接平顺，目测不出高差；“轻微”指桥梁伸缩装置与桥面（路面）连接处有高差，高度差未超出限值；“明显”指桥梁伸缩装置与桥面（路面）高度差超过限值
			程度	无	轻微	明显	
	钢材料翘曲变形	伸缩缝内的钢材料构件产生不均匀应变而形成非正常的弯曲或扭曲变形	扣分值	0	15	40	“无”指钢材料没有翘曲变形；“轻微”指钢材料有≤1cm的翘曲变形，这种变形基本上下不影响该构件原有的功能；“严重”指钢材料有>1cm的翘曲变形，这种变形严重影响甚至破坏了该构件原有的功能
			程度	无	轻微	严重	
	结构缝宽	伸缩缝在设计时预留的正常缝宽	扣分值	0	15	65	“正常”指伸缩缝宽为设计时预留的正常缝宽；“略有变化”与设计时预留的正常缝宽相比有>2cm的变化；“卡死”指伸缩缝宽几乎为零，伸缩缝两侧的桥梁构件紧密地接触在一起
			程度	正常	略有变	卡死	
	伸缩缝处异常声响	伸缩缝结构在车辆经过时发出非正常声响	扣分值	0	10	30	“无”指伸缩缝在车辆经过时没有异常声响；“轻微”指伸缩缝在车辆经过时发出不太明显的异常声响；“严重”指伸缩缝在车辆经过时发出很明显的异常声响
			程度	无	轻微	严重	
排 水 系 统	橡胶条损坏或缺失	橡胶条老化、断裂、缺失	扣分值	0	15	40	损坏或缺失的长度占总长度的百分比
			程度	无	<10%	>10%	
	泄水管阻塞	垃圾泥土等杂物进入泄水管造成泄水管阻塞	扣分值	10	40	80	被阻塞的泄水管数占所有泄水管总数的百分比
			程度	<5%	5%~20%	20%	
	残缺脱落	排水设施残缺不全或脱落	扣分值	10	20	40	残缺脱落的排水设施数占所有排水设施总数的百分比
			程度	<5%	5%~20%	>20%	
	桥面积水	桥面雨水不能及时排走而形成积水	扣分值	0	45	65	“无”指桥面没有积水现象；“个别处”指桥面只有一处积水现象；“多处”指桥面有两处以上积水现象
			程度	无	个别处	多处	

损坏类型	定义	损坏评价				说 明
		程度	完好	渗水	漏水	
排水系统	防水层	设置于桥面铺装内的水泥或沥青混凝土的防水结构层	程度	完好	渗水	漏水
			扣分值	0	30	65
栏杆或护栏	露筋锈蚀	钢筋混凝土材料的栏杆或护栏表面水泥混凝土剥落露出内嵌的钢筋且钢筋产生锈蚀	程度	<5%	5%~10%	>10%
			扣分值	10	20	40
	松动错位	原本固定在桥面的栏杆或护栏产生松动或位置错位	程度	轻微	中等	严重
			扣分值	10	30	*
	丢失残缺	栏杆或护栏的构件损坏后丢失使得栏杆或护栏残缺不全	程度	轻微	中等	严重
			扣分值	10	30	*
	破损	栏杆护栏出现剥落、裂缝	程度	无	轻微	明显
			扣分值	0	10	25
	网裂	人行道面产生交错裂缝,把人行道块件分割成网状的碎块	程度	<10%	10%~20%	>20%
			扣分值	15	30	50
	塌陷	人行道块件脱空下陷	程度	<5%	5%~10%	>10%
			扣分值	15	25	40
人行道块件	残缺	人行道块件破碎并材料散失	程度	<5%	5%~10%	>10%
			扣分值	15	30	50
			程度	<10%	10%~20%	>20%
			扣分值	15	30	50

*: II~V 类养护的城市桥梁不打分,达到该项损坏程度时,直接将该桥定为 D 级, I 类养护的城市桥梁定为不合格桥。

表A.2 上部结构各构件评分等级、扣分表

损坏类型	定义	损坏评价				说 明
		程度	完好	渗水	漏水	
钢结构物	变色起皮	钢结构物表面油漆变色或漆皮隆起	程度	无	<30%	>30%
			扣分值	0	15	30
	剥落	钢结构物表面油漆剥落	程度	无	<10%	>10%
			扣分值	0	20	40
	一般锈蚀	钢结构物表面出现锈斑	程度	无	<10%	>10%
			扣分值	0	25	45

	损坏类型	定义	损坏评价				说 明
钢 结 构 物	锈蚀成洞	钢结构物生锈并被洞穿	程度	无	1 个	>1 个	“无”指钢结构物没有出现锈蚀成洞
			扣分值	0	15	*	
	焊缝裂纹	钢结构物上的焊缝出现裂纹	程度	无	少量	严重	“无”指焊缝没有裂纹；“少量”指焊缝≤10%裂纹；“严重”指焊缝有>10%的裂纹
			扣分值	0	15	*	
	焊缝开裂	钢结构物上的焊缝开裂	程度	无	少量	严重	“无”指焊缝没有出现开裂；“少量”指焊缝≤10%开裂；“严重”指>10%焊缝出现开裂
			扣分值	0	65	*	
	铆钉损失	钢结构物上的铆钉损坏或丢失	程度	无	<20%	>20%	损失的铆钉数占所有铆钉总数的比例
			扣分值	0	40	*	
	螺栓松动	钢结构物上的螺栓出现松动	程度	无	少量	大量	“无”指没有螺栓出现松动；“少量”指≤20%螺栓出现松动；“大量”指>20%螺栓出现松动
			扣分值	0	20	*	
P C 或 R C 梁 式 构 件	表面网状裂缝	梁表面出现网状裂缝	程度	<3%	3%~10%	>10%	网状裂缝的总面积占整个梁底表面积的百分比
			扣分值	10	25	40	
	混凝土剥离	梁表面混凝土破裂脱落	程度	<1%	1%~2%	>2%	混凝土剥离的总面积占整个梁底表面积的百分比
			扣分值	15	30	45	
	露筋锈蚀	梁表面混凝土脱落后露出内嵌的钢筋并且钢筋产生锈蚀	程度	<1%	1%~2%	>2%	出现露筋锈蚀的总面积占整个梁底表面积的百分比
			扣分值	20	40	*	
	梁体下挠	梁体向下弯曲	程度	无	轻微	明显	“无”指梁体没有出现下挠；“轻微”指梁体出现轻微下挠但不超过允许值；“明显”指梁体明显下挠超过允许值
			扣分值	0	40	*	
	结构裂缝	梁体由于受力而产生的裂缝	程度	无	明显	严重	“无”指没有出现结构裂缝；“明显”指结构裂缝宽度未超过允许限值；“严重”指结构裂缝超过允许限值
			扣分值	0	35	*	
	裂缝处渗水	梁体裂缝处有渗水痕迹	程度	无	轻微	严重	“无”指裂缝处没有渗水痕迹；“轻微”指裂缝处轻微渗水，渗水痕迹面积不大且并不明显；“严重”指裂缝处严重渗水，渗水痕迹面积较大且非常明显
			扣分值	0	15	40	
	桥面贯通横缝	与桥面道路中线大致垂直并且在横向可能贯通整个桥面的裂缝,有时伴有少量支缝	程度	无	非贯通	贯通	裂缝在垂直于桥面道路中线方向的贯通程度
			扣分值	0	25	30	
	蜂窝	混凝土结构粗骨料间填充砂浆缺失	程度	<1%	1%~2%	>2%	出现蜂窝的总面积占梁体表面积的百分比
			扣分值	10	20	30	
	空洞	混凝土结构出现局部严重的混凝土缺失	程度	无	一般	严重	“一般”: 对于 RC 梁, 空洞直径<20cm; 对于 PC 梁, 空洞直径<10cm。 “严重”: 对于 RC 梁, 空洞直径≥20cm; 对于 PC 梁, 空洞直径≥10cm。
			扣分值	0	20	45	
横 向 联 系	桥面贯通纵缝	与桥面道路中线大致平行并且在纵向可能贯通整个桥面的裂缝,有时伴有少量支缝	程度	无	非贯通	贯通	裂缝在平行于桥面道路中线方向的贯通程度
			扣分值	0	25	45	
	连接件脱焊松动	连接件从焊接处脱落而产生松动	程度	<5%	5%~10%	>10%	产生脱焊松动的连接件数占所有连接件总数的百分比
			扣分值	10	15	30	
	连接件断裂	连接件出现断裂	程度	<5%	5%~10%	>10%	产生断裂的连接件数占所有连接件总数的百分比
			扣分值	15	30	55	

	损坏类型	定义	损坏评价				说 明	
横 向 联 系	横隔板网 裂面积	横隔板表面网状裂缝的 面积	程度	<5%	5%~10%	>10%	横隔板网裂总面积占整个横隔板 表面积的百分比	
			扣分值	15	25	35		
	横隔板剥 落露筋	横隔板表面混凝土剥落 露出内嵌的钢筋	程度	<5%	5%~10%	>10%	横隔板剥落露筋总面积占整个横 隔板表面积的百分比	
			扣分值	10	20	30		
	梁体异常 振动	梁体出现非正常的振动	程度	无	轻微	严重	“无”指梁体没有异常振动；“轻 微”指梁体有轻微的异常振动，这 种振动不易被感知；“严重”指梁 体出现明显的异常振动	
			扣分值	0	30	*		
	铰缝破损	板式桥铰缝开裂、脱落	程度	无	一般	明显	“一般”指仅个别铰缝出现破损； “明显”指多数铰缝出现破损，桥 面有反射裂缝。	
			扣分值	0	20	40		
防 落 梁 装 置	有无落架 趋势	由于防落梁装置的作用 而使桥梁结构有或无落 架的趋势	程度	无	有	严重	“无”指桥梁结构没有落架的趋 势；“有”指桥梁结构有落架的趋 势，但暂时还没有危及桥梁结构的 安全；“严重”指桥梁结构有落 架的趋势，且严重危及桥梁结构的 安全	
			扣分值	0	35	*		
	牛腿表面 损伤	防落梁装置的牛腿表面 被损坏	程度	无	剥离	锈蚀	“无”指牛腿表面没有损伤；“剥 离”指牛腿表面混凝土破损脱落， 但没有露出内嵌的钢筋，“锈蚀” 指牛腿表面混凝土破损脱落，露出 内嵌的钢筋并且钢筋产生锈蚀	
			扣分值	0	25	60		
	伸缩缝处 渗水	防落梁伸缩缝处有渗水 的痕迹	程度	无	轻微	严重	“无”指伸缩缝处没有渗水痕迹； “轻微”指伸缩缝处轻微渗水，渗 水痕迹面积不大且并不明显；“严 重”指伸缩缝处严重渗水，渗水痕 迹面积较大且非常明显	
			扣分值	0	15	25		
	防 落 梁 装 置	钢锚板	防落梁装置上起锚固作 用的钢板	程度	完好	锈蚀	锈蚀 且削 弱截 面	“完好”指钢锚板没有出现任何损 坏；“锈蚀”指钢锚板锈蚀不严重， 只是表面出现锈斑；“锈蚀且削弱 截面”指钢锚板锈蚀严重，锈蚀位 置因生锈腐蚀而变薄
				扣分值	0	20	40	
*: II~V 类养护的城市桥梁不打分，达到该项损坏程度时，直接将该桥定为 D 级，I 类养护的城市桥梁定为不合格桥。								

表A.3 下部结构各构件评分等级、扣分表

	损坏类型	定义	损坏评价				说 明
台 帽 盖 梁	网状裂缝	台帽盖梁表面产生网 状裂缝	程度	<3%	3%~10%	>10%	网状裂缝的总面积占整个台帽盖梁表 面积的百分比
			扣分值	8	15	25	
	混凝土剥 离	台帽盖梁表面混凝土 破裂脱落	程度	<1%	1%~2%	>2%	混凝土剥离的总面积占整个台帽盖梁 表面积的百分比
			扣分值	12	20	30	
	露筋锈蚀	台帽盖梁表面混凝土 脱落后露出内嵌的钢 筋并且钢筋产生锈蚀	程度	<1%	1%~2%	>2%	露筋锈蚀的总面积占整个台帽盖梁表 面积的百分比
			扣分值	10	15	25	
	结构裂缝	台帽盖梁由于受力而 产生的裂缝	程度	无	明显	严重	“无”指没有出现结构裂缝；“明显” 指结构裂缝宽度未超过允许限值；“严 重”指结构裂缝宽度大于允许限值
			扣分值	0	20	30	
	裂缝处渗 水	台帽盖梁裂缝处有渗 水痕迹	程度	无	轻微	严重	“无”指裂缝处没有渗水痕迹；“轻微” 指裂缝轻微渗水，渗水痕迹面积不大 且并不明显；“严重”指裂缝严重渗水， 渗水痕迹面积较大且非常明显
			扣分值	0	15	40	
	墩台成块 脱落	台帽盖梁处墩台表面 混凝土成块破损脱落	程度	<1%	1%~2%	>2%	墩台成块脱落的总面积占整个台帽盖 梁表面积的百分比
			扣分值	5	15	25	

	损坏类型	定义	损坏评价				说 明
			程度	无	非贯通	贯通	
墩 台 身	墩身水平 裂缝	桥墩表面出现与水平 面大致平行的裂缝	程度	无	非贯通	贯通	“无”指墩身没有水平裂缝;“非贯通” 指墩身的水平裂缝没有相互连接形成 环绕整个墩身的水平贯通裂缝;“贯 通”指一定数量的墩身水平裂缝相互 连接形成环绕整个墩身的水平贯通裂 缝
			扣分值	0	20	40	
	墩身纵向 裂缝	桥墩表面出现与水平 面大致垂直的裂缝	程度	无	非贯通	贯通	“无”指墩身没有纵向裂缝;“非贯通” 指墩身的纵向裂缝没有相互连接形成 自上而下贯通整个墩身的裂缝;“贯 通”指一定数量的墩身纵向裂缝相互 连接形成自上而下贯通整个墩身的裂 缝
			扣分值	0	10	25	
	框架式节 点	墩台身上框架式的节 点	程度	完好	微裂	贯通	“完好”指框架式节点没有出现任何 损坏;“微裂”指框架式节点上出现轻 微的裂缝;“贯通”指框架式节点上出 现贯通的裂缝
			扣分值	0	15	35	
	桥墩位置	桥墩的位置形态	程度	正确	倾斜	严重 倾斜	“正确”指桥墩位置形态一切正常; “倾斜”指桥墩出现一定的倾斜,无 倾覆的危险;“严重倾斜”指桥墩倾斜 严重,有倾覆的危险
			扣分值	0	30	*	
	桥面贯通 横缝	与桥面道路中线大致 垂直并且在横向可能 贯通整个桥面的裂缝, 有时伴有少量支缝	程度	无	非贯通	贯通	裂缝在垂直于桥面道路中线方向的贯 通程度
			扣分值	0	25	50	
	露筋锈蚀	混凝土脱落后露出钢 筋、锈蚀	程度	<1%	1%~2%	>2%	露筋锈蚀总面积占墩台身表面积的百 分比
			扣分值	10	15	25	
支 座	支座固定 螺栓	用于固定支座的螺栓	程度	完好	松动	锈蚀	“完好”指支座固定螺栓没有出现任 何损坏;“松动”指支座固定螺栓出现 松动;“锈蚀”指支座固定螺栓产生锈 蚀
			扣分值	0	20	30	
	橡胶支座	橡胶材料类支座	程度	完好	变形	开裂	“完好”指橡胶支座没有出现任何损 坏;“变形”指橡胶支座变形超过设计 允许值;“开裂”指橡胶支座出现老化、 鼓肚、裂缝
			扣分值	0	15	40	
	钢支座	钢材料类支座	程度	完好	松动	锈蚀	“完好”指钢支座完好,没有出现任 何损坏;“松动”指钢支座出现松动; “锈蚀”指钢支座产生锈蚀
			扣分值	0	40	65	
	支座底板 混凝土	支座底部的水泥混凝 土板	程度	完好	锈蚀	碎裂	“完好”指支座底板混凝土没有出现 任何损坏;“锈蚀”指支座底板混凝土 破损脱落,露出内嵌的钢筋且钢筋产 生锈蚀;“碎裂”指支座底板混凝土破 损严重,开裂成碎块
			扣分值	0	20	60	
	支承稳定 性	支座的支承稳定性	程度	稳定	不稳	落梁 危险	“稳定”指支座对梁的支承很稳定; “不稳”指支座对梁的支承不是很稳 定,有一定的松动;“落梁危险”指支 座对梁的支承很不稳定,有落梁的危 险
			扣分值	0	40	*	
	支座脱空	支座与结构构件间出 现缝隙	程度	无	<20%	>20%	脱空面积占支座总面积的百分比
			扣分值	0	20	45	
基 础	基础冲刷	桥梁基础被水冲刷的 程度	程度	无	轻微	严重	“无”指基础没有出现冲刷损坏;“轻 微”指基础有冲刷损坏且≤20%;“严 重”指基础被冲刷损坏且面积>20%
			扣分值	0	15	30	

	损坏类型	定义	损坏评价				说 明
			程度	无	轻微	严重	
基础	基础掏空	桥梁基础下部被水冲刷形成空洞	扣分值	0	35	*	“无”指基础没有出现掏空损坏；“轻微”指基础个别位置出现 $\leq 20\%$ 的掏空破损；“严重”指基础出现面积 $>20\%$ 的掏空破损，严重影响基础结构的完整性
			程度	完好	直径减小	锈蚀	
	混凝土桩	桥梁基础下混凝土桩的情况	扣分值	0	30	40	“完好”指混凝土桩完好无损；“直径减小”指混凝土桩被损坏而使其直径减小，但未露钢筋；“锈蚀”指混凝土桩被损坏露出内嵌的钢筋且钢筋产生锈蚀
			程度	无	倾斜	坍塌变形	
	基础移动	桥梁基础的位置形态	扣分值	0	30	*	“无”指基础没有出现任何移动；“倾斜”指基础出现轻微倾斜，但还没有出现坍塌变形；“坍塌变形”指基础倾斜严重，出现坍塌变形
			程度	无	倾斜	坍塌变形	
耳背翼墙	剥离脱落	耳背翼墙表面的混凝土破损脱落	扣分值	0	10	20	“无”指耳背翼墙表面的混凝土没有剥离脱落；“轻微”指耳背翼墙表面的混凝土剥离脱落 $\leq 20\%$ ；“严重”指耳背翼墙表面的混凝土出现 $>20\%$ 面积的剥离脱落
			程度	完好	开裂	脱开	
	翼墙前结合处	翼墙与桥台结合处情况	扣分值	0	15	25	“完好”指翼墙与桥台结合处完好；“开裂”指翼墙与桥台结合处出现开裂，但没有完全脱开；“脱开”指翼墙与桥台结合处完全脱开
			程度	完好	失去部分	完全散失	
	挡土功能	耳背翼墙挡土功能的情况	扣分值	0	25	35	“完好”指耳背翼墙挡土功能完好；“失去部分”指耳背翼墙失去部分挡土功能；“完全散失”指耳背翼墙完全失去挡土功能
			程度	完好	失去部分	完全散失	
	翼墙大贯通缝	贯通整个翼墙的裂缝	扣分值	0	15	35	“无”指翼墙没有出现大贯通缝；“少量”指翼墙出现 1~5 个贯通缝；“大量”指翼墙出现超过 5 个贯通缝
			程度	无	少量	大量	
锥坡	破损	锥坡表面开裂、破损脱落、凹陷、砌缝脱落、砌石松动、缺失	扣分值	5	10	20	锥坡剥离脱落的面积或长度所占的百分比
			程度	$<5\%$	5%~20%	$>20\%$	

*: II~V 类养护的城市桥梁不打分，达到该项损坏程度时，直接将该桥定为 D 级，I 类养护的城市桥梁定为不合格桥。

