

威海市城市桥梁检测技术导则

2022 - 12 - 29 发布

2023 - 01 - 29 实施

威海市住房和城乡建设局 发布

目 次

前言.....	1
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	3
3.1 术 语.....	3
3.2 符 号.....	4
4 基本规定.....	6
4.1 一般规范.....	6
4.2 检测报告.....	7
4.3 安全防护.....	7
5 经常性检查.....	8
5.1 一般规定.....	8
5.2 检测内容与方法.....	8
6 常规定期检测.....	8
6.1 一般规定.....	8
6.2 检测内容与方法.....	9
6.3 分析与评定.....	13
7 结构定期检测.....	19
7.1 一般规定.....	19
7.2 检测内容与方法.....	19
7.3 分析与评定.....	20
8 桥梁结构检算.....	21
8.1 一般规定.....	21
8.2 结构上的作用.....	21
8.3 结构检算及承载能力评定.....	21
8.4 检算报告.....	23
9 特殊检测.....	23
9.1 一般规定.....	23
9.2 静力荷载试验.....	24
9.3 动力荷载试验.....	29
10 运营监测.....	31
10.1 一般规定.....	31
10.2 运营监测的准备工作.....	32

10.3 运营监测的实施.....	33
10.4 运营监测的数据分析和报告.....	33
11 检测成果评定及应对措施.....	34
条文说明.....	41

前言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由威海市住房和城乡建设局提出并归口。

如有意见和建议，请寄送青岛市市政工程设计研究院（地址：青岛市城阳区正阳中路海都国际大厦 A 座 606-607，邮政编码：266061）。

本文件主要起草单位：威海市住房和城乡建设局、威海市城市管理综合服务中心、青岛市市政工程设计研究院有限责任公司。

本文件主要起草人：李瑞玲、张晓光、王涛、杨雷、孙永刚、曲晓华、徐士强、徐海博、蒋斌、司义德、袁堂涛、徐磊、杨力、石全保、张兴波、卢涛、朱策良、刘明科、张鹏飞、孙菲霞、张钧锴、邱阳、隋乾、曾武亮、张娟、相洪旭、藺世平、李卫宁

威海市城市桥梁检测技术导则

1 范围

本标准规定了威海市城市桥梁检测工作中统一的检测内容和方法。具体包括基本规定、经常性检查、常规定期检测、结构定期检测、桥梁结构检算、特殊检测、运营监测、检测成果评定及应对措施。

本标准适用于威海市既有城市桥梁的检测，不适用于公路及轨道交通桥梁（如有远期规划）的检测。城市区域内住宅小区、单位、公园、旅游景点等区域的桥梁检测可参照本导则执行。

城市桥梁的检测工作，除应执行本导则外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- 1 CJJ99 城市桥梁养护技术规范
- 2 CJJ/T233 城市桥梁检测与评定技术规范
- 3 JTG/T J21-01 公路桥梁荷载试验规程
- 4 JTGT H21 公路桥梁技术状况评定标准
- 5 JTG 5120 公路桥涵养护规范
- 6 CJJ11 城市桥梁设计规范
- 7 GB/T 50621 钢结构现场检测技术标准
- 8 DB3502Z 5054 城市人行天桥检测与评定技术规程
- 9 CJJ69 城市人行天桥与人行地道技术规范

3 术语和定义

3.1 术语

3.1.1 城市桥梁 Urban bridge

本导则中指城市范围内连接或者跨越城市道路、河道等，供车辆、行人通行的地面桥梁及高架道路。

3.1.2 经常性检查 Frequent inspection

又叫日常检查或例行检查，主要指对桥面设施、上部结构、下部结构和附属构造物进行日常巡查，及时发现缺损并进行小修保养工作。

3.1.3 定期检测 Conventional 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（包括常规定期检测和结构定期检测），以评定桥梁的技术状况。

3.1.4 城市桥梁状况指数 Bridge condition index

表征城市桥梁结构的完好程度的指标。

3.1.5 常规定期检测 Convention periodical detection

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，以评定桥梁的技术状况。

3.1.6 结构定期检测 Periodical structure checking

在不影响结构受力性能或其它使用功能的前提下，直接在结构上测定某些物理量的工作，如构件材料强度、钢筋布置与锈蚀状况、混凝土碳化状况、混凝土构件裂缝等。

3.1.7 特殊检测 Special checking

查清桥梁的病害原因，进一步分析桥梁工作状态，确定桥梁实际承载能力的检测工作，包括桥梁静力荷载试验和动力荷载试验。

3.1.8 静力荷载试验 Static load test

通过在桥梁上施加与控制荷载等效的静态外加荷载，利用检测仪器设备测试桥梁结构控制部位与控制界面的力学效应的现场试验。

3.1.9 动力荷载试验 Bridge dynamic load test

测试桥梁结构或构件在动荷载激振和环境荷载作用下的受迫振动特性和自振特性的现场试验。

3.1.10 荷载效率 Load ratio

采用试验荷载与设计控制荷载，获得桥梁结构承载能力的量化指标并确认其是否满足标准或设计要求所进行的活动。

3.1.11 校验系数 Check coefficient

试验荷载作用下实测应力（应变）或变形值与计算值之比。

3.1.12 动力特性 Dynamic characteristics

动力特性包括结构自振特性和受迫振动特性，自振特性是结构固有的振动特性，常用固有频率、阻尼比和振型等表示；受迫振动特性是结构在动力荷载作用下的振动特性，常用振动频率、加速度、振幅和冲击系数等表示。

3.1.13 桥梁运营监测 operation monitoring of Bridge

对使用中桥梁的外部作用源和结构响应进行监测，适时评估桥梁的运行状况或病害危害程度的活动。

3.1.14 永久性控制监测点 Permanent monitoring point of deformation and displacement

桥梁施工或运营期内为观测桥梁变位而设置的永久性观测点。

3.2 符 号

BCI ——桥梁结构技术状况指数；

BCI_m ——桥面系技术状况指数；

BCI_s ——桥梁上部结构技术状况指数；

BCI_x ——桥梁下部结构技术状况指数；

S_{stat} ——试验荷载作用下，控制截面的变形或内力的计算值；

S ——标准设计活载或控制荷载作用下，控制截面的变形或内力的计算值；

S_e ——试验荷载作用下，控制截面的变形或内力的实测弹性值；

S_{dyn} ——动力试验荷载（按静力重量考虑）作用下检测部位的变形或内力的计算值；

S_{max} ——动力荷载引起同一检测部位的实测最大动力变形或内力值（即最大波峰值）；

S_{min} ——动力荷载引起同一检测部位的实测最小动力变形或内力值（即同一周期的波谷值）；

S_{mean} ——静力荷载引起同一检测部位的实测最大静力变形或内力值；

η ——静力荷载试验效率；

η_d ——动力荷载试验效率；

μ ——冲击系数，根据桥梁设计规范要求取值；

μ_l ——跑车试验时实测最大冲击系数；

μ_c ——设计采用的冲击系数；

ξ ——校验系数；

δ ——相对残余变形。

4 基本规定

4.1 一般规范

4.1.1 城市桥梁检测工作程序宜按图 4.1.1 所示的流程图进行。

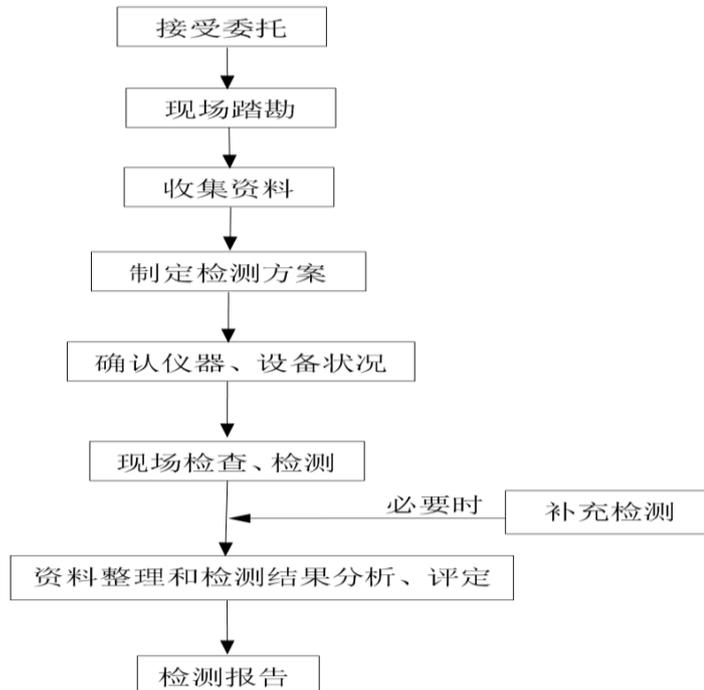


图 4.1.1 桥梁检测工作程序流程图

4.1.2 城市桥梁产权单位或授权管理单位可根据检测工作的性质、范围、工作量等需求合理确定桥梁检测承包单位的资质要求。 *

4.1.3 城市桥梁检测前，桥梁检测机构应收集下列桥梁资料： *

- 1 桥梁勘察设计资料、施工资料、监理资料、竣工验收资料； *
- 2 桥梁历次检测、加固、改善或改扩建资料；
- 3 桥梁运营荷载资料； *
- 4 桥梁养护资料。

4.1.4 城市桥梁检测方案宜包括下列内容： *

- 1 工程概况；
- 2 检测目的；
- 3 检测依据，主要包括检测所依据的规范及标准等；
- 4 检测项目、内容和检测方法；
- 5 检测人员和仪器设备；
- 6 检测工作进度计划；
- 7 安全措施、应急措施和环保措施。 *

- 4.1.5 城市桥梁检测资料应统一归档保管，并纳入桥梁管理数据库。 *
- 4.1.6 桥梁检测应根据不同的检测环境、内容和要求选用仪器设备，检测仪器应按规定进行定期检定/校准。
- 4.2 检测报告
- 4.2.1 城市桥梁检测机构应根据相关的设计要求、设计规范、检测技术标准对桥梁运行状况作出准确、合理的评价，出具检测报告。
- 4.2.2 城市桥梁检测机构应在检测工作结束后规定的时间内，将检测原始记录原件扫描件以及检测报告以电子文档和书面形式提供给委托单位或管理部门，并归还桥梁检测委托机构提供的桥梁资料。
- 4.2.3 检测报告的数据资料应真实、准确；检测报告应全面、客观，明确检测结论，且用词准确、规范，不得使用易引起歧义或混淆的术语。
- 4.2.4 桥梁检测报告应包括下列内容： *
- 1 桥梁的概况，包括工程名称、工程地点、建造年代、结构类型、跨径布置和横向布置、材料类型和强度、荷载等级、允许车速、历史检测记录、加固维修记录、设计安全等级、设计使用年限，环境类别等；
 - 2 检测目的、内容、依据和方法；
 - 3 使用的仪器设备及精度，测量观测系统；
 - 4 检测日期、时间及环境条件； *
 - 5 检测结果、检测数据分析与结论等；
 - 6 报告的日期、检测人员、复核人员、审定人、批准人和检测单位的签章（字）； *
 - 7 附录，包括提供计算资料、试验数据图表、试验现场和结构检查的照片及必要的影像资料等。
- 4.3 安全防护
- 4.3.1 桥梁检测工作应结合具体检测项目的工作特点和环境条件，制定检测安全计划，落实各项安全保障措施。特殊检测应制定专项安全方案和保障措施，避免特殊检测时发生安全事故。 *
- 1 检测项目安全计划应由技术负责人主持编制，专职安全员参与并提出合理化建议，并由企业技术负责人和项目监理（如有）审批后执行； *
 - 2 由项目监理（如有）或专职安全人员监督现场按照安全方案（尤其是危险性较大的专项方案）进行检测，监督落实方案中的安全措施。 *
- 4.3.2 需占用车道、河道进行检测时，应先征得市政工程行政主管部门、交通管理部门及河道管理部门等相关主管部门的许可，同时必须按照相关规范设置明显的交通导行标志。 *
- 4.3.3 在进行检测时，检测区域应设置明显的警示标识和采取必要的隔离措施。检测人员应着专用工作服或有警示标志的反光标志服并戴安全帽，与检测无关的人员未经许可，不得进入检测区域内。 *
- 4.3.4 夜间作业必须配备足够的照明和警示设备。高空作业、攀登作业、水上作业应符合相关安全规定。密闭空间作业前，必须先进行有害气体检测，并严格执行行业主管部门关于有限空间作业的具体要求。 *
- 4.3.5 检测设备在进行安装调试或检测时，必须有安全保护装置。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。 *

5 经常性检查

5.1 一般规定

5.1.1 经常性检查应对“结构发生变异或突变处”、桥梁及桥梁安全保护区施工作业情况的检查和桥面系、限载标志、限高标志、交通标志及其他附属设施等状况进行日常巡检。

5.1.2 经常性检查应由经过培训的专职桥梁管理人员或经验丰富的桥梁工程技术人员负责。 *

5.1.3 根据城市桥梁在道路系统中的重要性，城市桥梁养护类别宜分为下列五种：

I类养护桥梁——单孔跨径大于100米的桥梁及特殊结构的桥梁；

II类养护桥梁——城市快速路上的桥梁；

III类养护桥梁——城市主干路上的桥梁；

IV类养护桥梁——城市次干路上的桥梁；

V类养护桥梁——城市支路和街坊路上的桥梁。

城市桥梁的巡检周期：对于 I 类养护的城市桥梁，巡检周期为一天；II 类养护的城市桥梁，巡检周期不宜超过三天；III-V 类养护的城市桥梁，巡检周期不宜超过七天。

5.2 检测内容与方法

5.2.1 经常性检查以直接目测为主，配合简单测量工具，并在现场填写《城市桥梁日常巡检日报表》，登记桥梁缺损状况，提出相应的养护措施。

5.2.2 经常性检查应包含以下内容：

1 桥面系及附属结构物的外观情况；

(1) 桥面平整性、裂缝、局部坑槽、积水、积雪、沉陷、车辙、桥头跳车现象； *

(2) 桥面泄水管堵塞和破损；

(3) 人行道、引道、缘石、栏杆扶手等部位的撞坏、断裂、松动、错位、缺件、露筋、钢筋锈蚀等；

(4) 锥坡、翼墙的局部开裂、破损、塌陷；

(5) 伸缩装置的阻塞、破损、联结松动。

2 上下部结构异常变化、缺陷、变形、沉降、位移等情况；

3 索承重桥梁（如斜拉桥、系杆拱桥和悬索桥等）的索端锚固构造开裂、破损、锈蚀，索涂层或套管老化、破损、渗水、锈蚀等；

4 城市道路管理条例中规定的各类违章现象；

5 检查在桥区内的施工作业情况；

6 限载标志、限高标志、交通信号、标志、标线、照明设施、随桥敷设的管道、悬篮及其他附属设施的完好情况；

7 桥下淤泥淤积情况；

8 地下通道内的积水情况和配电系统完好情况；

9 其他较明显的破坏及不正常现象。

6 常规定期检测

6.1 一般规定

6.1.1 城市桥梁养护部门可组织专职桥梁管养技术人员或经验丰富的桥梁工程技术人员负责常规定期检测，也可委托具有一定资质和丰富经验的桥梁检测单位组织实施。

6.1.2 常规定期检测应每年一次，并应根据城市桥梁实际运营状况、结构类型和周边环境等因素适当增加检测次数。

6.2 检测内容与方法

6.2.1 常规定期检测宜以目测为主，并应配备如照相机、裂缝观测仪、探查工具及现场的辅助器材与设备等必要的量测仪器。

6.2.2 常规定期检测应先收集桥梁基本信息，建立桥梁基本信息卡（见附录 A），检测内容包括桥面系及桥面附属设施、上部结构、支座和下部结构四部分。

6.2.3 桥面系及桥面附属设施检测应包括下列内容： *

1 桥面铺装层纵、横坡是否顺适，有无积水；有无骨料松散、泛油、严重的裂缝（网裂、纵横裂缝）、破碎、坑洞、波浪、防水层漏水；冬季有无积雪和冰锥存在； *

2 伸缩缝是否平整、伸缩自如，是否有异常变形和响动、破损、漏水，是否嵌入杂物，是否存在跳车现象；

3 栏杆、防撞墙、防撞墩、防护网和隔音屏等是否完整、牢固，有无撞坏、螺栓松动、断裂、缺件、锈蚀、剥落；

4 人行道是否完整，有无开裂、断裂、缺损；

5 泄水管是否完好，有无损坏、脱落、异物堵塞；

6 桥头搭板是否完好，是否出现滑移、开裂、局部破碎，桥头是否平顺，是否存在跳车现象；

7 限载、限高等标志、标线、交通信号、照明设施是否损坏、老化、失效、标识有误，是否需要更换；

8 各类过桥管线是否满足相关规范要求、完好，固定支架是否完好、牢固。

6.2.4 钢筋混凝土和预应力混凝土桥梁上部结构的检测应包括下列内容：

1 混凝土表面有无裂缝、渗水、风化、剥落、局部破碎、露筋锈蚀，有无碱集料反应引起的整体龟裂现象；

2 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；

3 梁（板）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；

4 预制装配式桥梁，梁（板）接缝混凝土有无开裂、渗水；横向联结构件是否开裂、露筋，连接钢板的焊缝有无锈蚀、断裂；

5 斜弯桥主梁有无平面位移（爬移）；

6 钢筋混凝土拱桥的拱肋有无开裂、风化、露筋、钢筋锈蚀，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。

6.2.5 钢桥上部结构的检测应包括下列内容：

1 钢构件有无裂纹、穿孔、扭曲变形、局部损伤；

2 铆钉和螺栓有无松动、脱落或断裂，节点是否滑动、错裂；

3 焊缝及焊缝边缘（热影响区）有无裂纹或脱开；

4 表面涂层有无裂纹、起皮、脱落，构件是否腐蚀生锈。

6.2.6 钢-混凝土组合结构桥梁的上部结构除应按 6.2.4 节和 6.2.5 节的要求进行检测外,还应检测结合面是否出现相对滑移、开裂;

6.2.7 圬工拱桥上部结构的检测应包括下列内容:

- 1 主拱圈有无开裂、渗水、砂浆松动、脱落变形;砌块有无断裂、脱落;
- 2 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;
- 3 拱脚是否开裂,腹拱是否变形,拱铰工作是否正常;
- 4 实腹拱的侧墙与主拱圈之间有无脱落,侧墙有无变形,拱上填土有无沉陷;
- 5 空腹拱的腹拱有无变形、错位,立墙或立柱有无倾斜、开裂。

6.2.8 系杆拱桥上部结构的检测应包括下列内容:

- 1 主梁应按6.2.4节的要求进行检测;
- 2 钢拱肋应按6.2.5节的要求进行检测;钢管混凝土拱肋除应按6.2.5节的要求进行检测外,还应检测拱肋内部混凝土的密实性,主要采用人工敲击法进行探测;劲性骨架拱肋应检查是否沿骨架出现纵向或横向裂缝;
- 3 吊杆锚固区的混凝土有无开裂,钢丝是否疲劳断丝,吊杆锚头有无破裂、松动,锚头夹片是否发生滑移;
- 4 吊杆套管有无裂缝、破损、老化、渗水;
- 5 吊杆振动是否明显,减振措施是否失效;当桥上发生6级以上的大风后,应检查吊杆有无异常。在分析吊杆振动时,应对桥上的风力、风速、温度及湿度进行记录分析;
- 6 系杆锚头防护套外部涂层有无裂纹、起皮、脱落等现象,防护罩有无锈蚀,连接是否松动,防护油脂是否想歪渗漏,钢丝是否疲劳断丝。

6.2.9 悬索桥和斜拉桥上部结构的检测应包括下列内容:

- 1 主梁或加劲梁按6.2.4节和6.2.5节的相应要求进行检测;
- 2 索塔有无异常的沉降、倾斜,塔身、横系梁和锚固区是否有开裂、渗水和锈蚀;
- 3 悬索桥锚碇及锚杆是否有异常的拔动滑移,锚碇混凝土有无开裂、渗水,锚室内的锚杆、主缆锚固段和散索鞍等部件是否锈蚀、断裂;
- 4 吊杆、斜拉索的梁端锚固部位,包括索端及锚头、主梁锚固构造是否浸水、锈蚀、开裂,索夹紧固螺栓是否有松弛和锈死,索夹是否移位,索夹下端与加劲梁连接的螺栓有无松动;
- 5 主缆、吊杆及斜拉索的表面涂层、护套是否完好,有无破损、老化,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;
- 6 斜拉索颤振是否明显,减震装置是否已经失效;
- 7 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;
- 8 索端钢护筒是否松动脱落、锈蚀、渗水,抽检钢护筒内防水垫圈是否老化失效,筒内是否潮湿积水;
- 9 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。

6.2.10 地下通道的检测应包括下列内容:

*

- 1 人行地下通道内铺砌和装饰应完整、清洁;
- 2 人行地下通道主体结构应每季度检查一次,主体结构应完好、不得漏水。墙体、顶板表面不得腐蚀、剥落;

3 人行地下通道内装饰物应完好、牢固；涂装及装饰材料应采用环保、阻燃材料，对无装饰的墙身宜2年~3年涂装一次；

4 人行地下通道内电器、电路、控制设备应每月检查一次，所有电气设备必须安全、可靠、有效，严禁漏电和超负荷运行。照明灯具应完好、有效；

5 抽水站的电机、水泵等机械设备应按国家现行有关机械保修规定进行保养，设备运转应正常；

6 人行地下通道内排水管道应完好畅通。通道出入口应采取减少雨水进入通道的措施；

7 人行地下通道口及通道内应干燥、整洁和通风良好，不得有积水和积冰，通道口及梯道和坡道不得有积雪；

8 梯道、坡道、扶手和无障碍设施应完好、牢固，防滑条应完整有效。坡道应平顺粗糙，不得有坑洞和油污等黏性易滑物质。

6.2.11 人行天桥的检测应包括下列内容：

*

1 人行天桥桥面系及桥面附属设施除应按6.2.3中所列条目进行的检测外，还应增加对桥面附属设施的下列检测：

(1) 栏杆、顶棚与结构的连接；

(2) 当梯道与主桥采用牛腿搭接方式时，牛腿的裂缝与损失；

(3) 其他对结构、行人和交通安全产生影响的附属结构及设施。

2 人行天桥栏杆的高度、最大净空以及与结构连接的检测结果评定应符合现行行业标准《城市人行天桥与人行地道技术规范》CJJ69的规定；

3 当人行天桥设有动扶梯或自动升降梯时，应对自动扶梯或自动升降梯与天桥连接部位进行检测。自动扶梯或自动升降梯的检验应符合国家关于特种设备检验的规定；

4 人行天桥梁底板和侧板防腐涂层，有无鼓包、剥落、锈蚀及锈蚀程度。底板与侧板连接位置角焊缝表面有无点蚀，油漆层剥落。

5 人行天桥电器、电路、控制设备应每月检查一次，所有电气设备必须安全、可靠、有效，严禁漏电和超负荷运行。

6.2.12 不同桥型的拼宽桥梁检测内容：

*

1 针对不同桥型的拼宽桥应对不同桥型独立进行检测，按照上述单一桥型检测方法实施。

2 着重检测拼宽缝在轮迹带处的铺装是否存在错位、剪断等现象。

3 新旧桥梁基础沉降是否均匀。

6.2.13 支座检测应包括下列内容：

*

1 在桥梁支座现场病害检测前，应首先熟悉支座设计与安装图纸、支座检测情况和维修更换记录；

2 桥梁支座检测时宜对全桥范围内的支座进行全数检测，当不具备全数检测条件时，可根据以下原则选择：

(1) 以往检测资料中病害较为严重的支座。主要观察支座病害有无发展；

(2) 大位移活动支座。主要观测支座水平位移功能是否正常，有无位移超限引起支座卡死，不能正常复位等；

(3) 弯斜桥上的板式支座。主要观测支座有无支座脱空；

(4) 长下坡桥上板式支座。主要观测支座有无剪切变形超限和移位。

3 支座应检测其位移是否正常，功能是否完好，有无断裂、错位、脱空，固定端是否松动、剪断、开裂，支座垫石是否破碎。各种类型的支座检测应注意以下问题：

- (1) 简易支座的油毡是否老化、破裂或失效；
- (2) 板式橡胶支座是否老化、破裂，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；
- (3) 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；
- (4) 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；
- (5) 摆柱支座各组件相对位置是否准确，受力是否均匀；
- (6) 辊轴支座的辊轴是否出现不允许的爬动、歪斜；
- (7) 摇轴支座是否倾斜。

除对桥梁支座本身进行检测外，还应对桥梁支座垫石、梁板底楔形块及桥梁支座使用环境进行检测。对支座垫石应检查是否存在垫石不平整、垫石是否开裂、钢垫板面积是否小于支座承压板面积、钢垫板与支座承压面是否错位等现象。垫石不平整度 高差可采用水平尺测量。对支座使用环境应目测检查支座周边是否有废弃混凝土 或垃圾及堆积范围和高度、排水不畅、潮湿积水。 *

6.2.14 墩台与基础的检测应包括下列内容：

- 1 墩台及基础有无滑动、倾斜、下沉、冲撞损坏；
- 2 混凝土墩台及帽梁有无风化、开裂、剥落、露筋等；
- 3 石砌墩台有无砌块断裂、通缝脱开、变形；地基承载能力是否满足要求；拱脚是否存在淤积现象；泄水孔是否堵塞，防水层是否损坏；勾缝有无砂浆脱落、隆起、下陷；对于评定为D类桥梁且分值位于高值区间的，应启动监控措施，设置现场监测点，并增加监控频次； *
- 4 台背填土有无沉降、裂缝、挤压隆起；
- 5 基础下是否发生不允许的冲刷或淘空现象；
- 6 扩大基础的地基有无侵蚀；
- 7 桩基础顶端在水位涨落、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；
- 8 翼墙或耳墙是否有开裂、倾斜、滑移、沉陷等降低挡土功能的情况；
- 9 锥坡、护坡有无冲刷、塌陷，造成坡顶高度显著下降，铺砌面是否开裂，有无勾缝砂浆脱落、隆起、下陷；
- 10 调治构造物是否完好，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；
- 11 桥下空间占用情况，评估是否影响日常巡查及结构检测，是否影响桥梁安全使用。

6.2.15 桥梁伸缩缝的检测除满足6.2.3要求外，还应包括下列内容：

桥梁伸缩装置主要病害类型见表 6.2.15 所示

表 6.2.15 桥梁伸缩装置主要病害类型

伸缩装置类型	主要病害类型
--------	--------

单缝式型钢伸缩装置	防水密封胶条老化、脱落、破裂、漏水，积存泥沙，石屑；边梁与桥面铺装连接处的锚固区混凝土开裂、破碎；伸缩装置顶面不平整；钢组件锈蚀
模数式伸缩装置	锚固混凝土出现破裂、裂缝、坑槽；中梁构件开焊、断裂、出现晃动、噪声；中梁局部变形弯曲下挠；型钢表面凹凸不平；伸缩均匀性差，位移控制系统失灵；密封橡胶带迅速老化、脱落或破裂，严重漏水；密封橡胶带内垃圾堆积过度
梳齿板伸缩装置	转动座、螺栓和螺母松动、损坏；
	转动座损坏；
	梳齿间和表面有污渍、水泥浆、锈渍等；
	表面涂层损坏、污渍、油漆剥落、裂开
嵌填型（U型镀锌铁皮型等）	伸缩装置缝隙中填料挤出、上鼓；伸缩装置拉开断裂、漏水
嵌固对接型（橡胶条型）	热天鼓起、冬天脱落，锚固件破坏和两侧混凝土破碎
板式橡胶伸缩装置	橡胶板剥离；预埋钢板外漏、脱落、断裂；盲螺栓剪断脱空飞出；两侧混凝土开裂破碎，出现坑槽

现场检测：

- 1 熟悉伸缩装置以往检测资料和养护维修资料；
- 2 检查时应记录现场温度；
- 3 模数式伸缩装置目测检查伸缩装置密封橡胶条是否由压条上脱落出来或翻跳在装置之外，密封橡胶条是否破漏，伸缩装置处的桥面垃圾是否有积压现象；
- 4 目测检查伸缩装置两侧锚固区混凝土开裂情况，并用钢尺测量主要裂缝宽度和长度；
- 5 梳齿板伸缩装置目测检查锚固螺栓是否锈蚀严重、损坏、脱落，可用活动扳手检测锚固螺栓是否有松动。

6.3 分析与评定

6.3.1 根据常规定期检测的结果进行桥梁状况的评估，Ⅰ类养护的城市桥梁应按影响结构安全状况进行评估；Ⅱ~Ⅴ类养护的城市桥梁以桥梁技术状况指数 BCI 作为评估指标，采用分层加权法先对桥面系、上部结构、下部结构分别进行评估，再综合得出整座桥梁的技术状况的评估。

6.3.2 桥面系的技术状况采用桥面系状况指数 BCI_m 表示，根据桥面铺装、伸缩装置、排水系统、人行道、栏杆及桥头平顺等要素的损坏扣除分值，按式 6.3.2 计算 BCI_m 值：

$$\left. \begin{aligned} BCI_m &= \sum_{i=1}^{\sigma} (100 - MDP_i) \cdot \omega_i \\ MDP_i &= \sum_j DP_{ij} \cdot \omega_{ij} \\ \omega_{ij} &= 3.0\mu_{ij}^3 - 5.5\mu_{ij}^2 + 3.5\mu_{ij} \\ \mu_{ij} &= \frac{DP_{ij}}{\sum_j DP_{ij}} \end{aligned} \right\} \quad (6.3.2)$$

式中：

i ——桥面系的评估要素，即 i 表示桥面铺装、桥头平顺、伸缩装置、排水系统、人行道和栏杆；

MDP_i ——桥面系第 i 类要素中损坏的总扣分；

ω_i ——第 i 项要素的权重，见表6.3.2，对于表中列出但实际未出现的要素，其权重应按表中剩余要素权重的比例关系分配到其它要素权重中去。

表 6.3.2 桥面系各要素权重值

评估要素	权重	评估要素	权重
桥面铺装	0.30	排水系统	0.10
桥头平顺	0.15	人行道	0.10
伸缩装置	0.25	护栏	0.10

DP_{ij} ——桥面系第 i 类要素中第 j 项损坏的扣分；

ω_{ij} ——桥面系第 i 类要素中第 j 项损坏的权重；

μ_{ij} ——第 j 项损坏的扣分 DP_{ij} 占桥面系第 i 类要素中所有损坏扣分的比例；

6.3.3 上部结构的技术状况采用上部结构状况指数 BCI_s 表示； BCI_s 可根据桥梁各跨的技术状况指数 BCI_k 按式 6.3.3 计算而得：

$$\left. \begin{aligned} BCI_s &= \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m BCI_k \\ BCI_k &= \sum_{l=1}^{n_s} (100 - SDP_{kl}) \cdot \omega_{kl} \\ SDP_{kl} &= \sum_x DP_{klx} \cdot \omega_{klx} \\ \omega_{klx} &= 3.0\mu_{klx}^3 - 5.5\mu_{klx}^2 + 3.5\mu_{klx} \\ \mu_{klx} &= \frac{DP_{klx}}{\sum_x DP_{klx}} \end{aligned} \right\} \quad (6.3.3)$$

式中：

x ——桥梁第 k 跨上部结构中构件 l 的损坏类型；

DP_{klx} ——桥梁第 k 跨上部结构中构件 l 在损坏类型 x 时的扣分值；

ω_{klx} ——桥梁第 k 跨上部结构中构件 l 在损坏类型 x 时的权重；

SDP_{kl} ——构件 l 的综合扣分值；

ω_{kl} ——构件 l 的权重，见表6.3.3；

n_s ——第 k 跨上部结构的桥梁构件数；

BCI_k ——第 k 跨上部结构技术状况指数；

m ——桥梁跨数；

BCI_s ——桥梁的上部结构技术状况指数；

表 6.3.3 桥梁上部结构各构件的权重

桥型	构件类型	权重	桥型	构件类型	权重
梁桥	主梁	0.6	桁架桥	桁片	0.5
	横向联系	0.4		主节点	0.1
				纵梁	0.2
悬臂+挂梁	悬臂梁	0.6		横梁	0.1
	挂梁	0.2		联结件	0.1
	挂梁支座	0.1	拱桥	主拱圈（桁）	0.7
				横向联系	0.3
	防落梁装置	0.1	刚构桥	主梁	0.8
			横向联结	0.2	

注：（1）横向联系按跨划分，每跨的横向联系作为单个构件进行评价；

（2）防落梁装置的扣分宜取病害最严重的防落梁装置进行，作为当跨该项要素的扣分值。

6.3.4 下部结构技术状况的评估应逐墩（台）进行，然后再计算整个桥梁下部结构的状况指数 BCI_x ，并按下式计算：

$$\left. \begin{aligned}
 BCI_x &= \frac{1}{m+1} \sum_{\lambda=0}^m BCI_{\lambda} \\
 BCI_{\lambda} &= \sum_{l=1}^{n_{\lambda}} (100 - IDP_{\lambda l}) \cdot \omega_{\lambda l} \\
 IDP_{\lambda l} &= \sum_y DP_{\lambda ly} \cdot \omega_{\lambda ly} \\
 \omega_{\lambda ly} &= 3.0\mu_{\lambda ly}^3 - 5.5\mu_{\lambda ly}^2 + 3.5\mu_{\lambda ly} \\
 \mu_{\lambda ly} &= \frac{DP_{\lambda ly}}{\sum_{\gamma} DP_{\lambda ly}}
 \end{aligned} \right\} (6.3.4)$$

式中：

γ ——桥梁第 λ 墩（台）中构件 l 的损坏类型；

$DP_{\lambda ly}$ ——桥梁第 λ 墩（台）中构件 l 的损坏类型 y 时的扣分值；

$\omega_{\lambda ly}$ ——桥梁第 λ 墩（台）中构件 l 中损坏类型 y 的权重；

m ——独立桥墩盖梁和桥台的总数；

$\omega_{\lambda l}$ ——构件 l 的权重，见表6.3.4；

n_{λ} ——第 λ 墩（台）的构件数；

BCI_{λ} ——第 λ 墩（台）的技术状况指数；

BCI_x ——桥梁的下部结构技术状况指数；

表 6.3.4 桥梁下部结构各构件的权重

构件类型		权重	构件类型		权重
桥墩	盖梁	0.1	桥台	台帽	0.1
	墩身	0.3		台身	0.3
	基础	0.3		基础	0.3
	冲刷	0.2		耳墙（翼墙）	0.1
	支座	0.1		锥坡	0.1
			支座	0.1	

注：（1）对于单个盖梁对应多个墩柱的情况，宜对各墩柱分别进行评分后，可按照梁体的评分方法加权平均得到该墩柱的评分；

（2）支座宜根据盖梁进行划分，结构独立的盖梁上的支座作为一个整体进行评分，选取病害最严重的支座的扣分值作为该盖梁支座的扣分值。

6.3.5 整座桥梁的技术状况指数 BCI 应根据桥面系、上部结构和下部结构的技术状况指数，由下式计算：

$$BCI = BCI_m \cdot \omega_m + BCI_s \cdot \omega_s + BCI_x \cdot \omega_x \quad (6.3.5)$$

式中： $\omega_m, \omega_s, \omega_x$ ——桥面系、上部结构和下部结构的权重，见表6.3.5。

表 6.3.5 桥梁结构组成部分的权重

部位	桥面系	上部结构	下部结构
权重	0.15	0.40	0.45

6.3.6 对于Ⅰ类养护的城市桥梁，应根据检测发现的结构构件损伤情况将桥梁的技术状态评估为下列两个等级：

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。

6.3.7 对于Ⅰ类养护的城市桥梁，当评定为不合格级时，应委托有资质的专业单位进行复核确认。

6.3.8 对于Ⅱ～Ⅴ类养护的城市桥梁，应根据检测结果对桥梁状况指数 BCI 进行评定，并以此将桥梁技术状况评估为下列五个等级：

A级——完好状态， BCI 达到90~100；

B级——良好状态， BCI 达到80~89；

C级——合格状态， BCI 达到66~79；

D级——不合格状态， BCI 达到50~65；

E级——危险状态， BCI 小于50。

6.3.9 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 预应力梁产生受力裂缝且裂缝宽度超过规定的限值（非结构裂缝，允许最大裂缝宽度0.1mm，结构裂缝，允许最大裂缝宽度要求为，不允许产生裂缝或设计规范规定）；

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或裂缝有开合现象，或出现倾斜、位移、沉降变形危及桥梁安全时；

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规定值；

7 结构刚度达不到设计标准（规范）要求；

8 支座错位、变形、破损严重，已失去正常支承功能；

9 基底冲刷面积达20%以上；

10 当通过桥梁验算检测，承载能力下降达25%以上；

11 人行道栏杆累计残缺长度大于20%或单处大于2m；

12 上部结构有落梁、脱空趋势或梁、板断裂；

13 预应力钢筋锚头严重锈蚀失效；

14 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，系杆拱桥钢丝、吊杆和锚具损伤； *

15 其他各种对桥梁结构安全有较大影响的部件损坏。

6.3.10 对于分幅桥梁，宜将各幅作为独立桥梁分别进行 BCI 评定，确定该幅桥梁的技术状况，再按不利原则确定桥梁整体的技术状况。 *

6.3.11 对于高架桥梁，宜将每联作为独立桥梁分别进行 BCI 评定，确定该联桥梁的技术状况，并在最终评定结果中对危险构件进行单独评价。 *

7 结构定期检测

7.1 一般规定

7.1.1 城市桥梁产权单位或授权管理单位应委托具有相应资质的专业单位对桥梁进行结构定期检测。

7.1.2 结构定期检测应根据桥龄、交通量、车辆载重、桥梁使用历史、已有检测资料、自然环境以及桥梁临时封闭的社会影响制定实施方案。

7.1.3 结构定期检测应按规定的周期进行，Ⅰ类养护的城市桥梁宜为 3~5 年，关键部位可设仪器监测；Ⅱ~Ⅴ类养护的城市桥梁宜为 6~10 年。

7.1.4 斜拉桥、悬索桥和系杆拱桥等索承重的特殊结构桥梁，检测周期应按照国家现行标准《城市桥梁养护技术规范》CJJ99 中相关规定的低限执行。*

7.1.5 城市桥梁的结构定期检测除按上述规定的周期进行外，下列情况下应进行结构检测：

- 1 桥梁没有原始设计资料，需通过结构检测明确桥梁混凝土标号、钢筋间距等基础资料；
- 2 发生火灾等意外情况，影响结构判断的；
- 3 其他需要进行结构检测的。

7.2 检测内容与方法

7.2.1 城市桥梁应根据使用和养护要求，结合常规定期检测的结果，重点选择下列内容进行详细检测：

- 1 混凝土材料强度；
- 2 钢筋直径、间距、保护层厚度；
- 3 混凝土碳化状况；
- 4 混凝土构件裂缝；
- 5 钢筋锈蚀状况；
- 6 氯离子含量。

当以上检测内容不能满足要求时，宜适当增加其他无损检测内容。

7.2.2 混凝土桥梁的关键受力部位（如主梁、主桁、主拱圈、墩台身、墩台帽等）采用回弹法、超声回弹法进行混凝土强度检测，必要时，可在有代表性的次要部位进行钻芯法检测。检测操作应分别遵守现行有关技术规程的规定，同时应注意各种方法的适用条件：*

- 1 混凝土的龄期：回弹法、超声回弹综合法应在相应规程规定的混凝土龄期内使用。当采用回弹法、超声回弹综合法检测龄期较长的混凝土的抗压强度时，应配合使用钻芯法修正；
- 2 表层质量具有代表性：采用回弹法、超声回弹综合法时，若构件表层和内部混凝土质量差异较大时（如表层混凝土受到火灾、腐蚀性物质侵蚀等影响）会带来较大的测试误差；
- 3 混凝土强度：被测混凝土强度不得超过相应规程规定的范围，否则也会带来较大的误差。

7.2.3 钢筋混凝土构件的钢筋采用钢筋探测仪检测，检测内容包括钢筋公称直径、间距和保护层厚度、锈蚀状况。检测方法应按《混凝土中钢筋检测技术规程》JGJ/T152 的有关条文执行。*

检测混凝土构件中钢筋时，应符合下列规定：

- 1 进行钢筋混凝土保护层厚度检测时，检测部位应无饰面层，有饰面层时应清除；当检测钢筋间距时，检测部位宜选择无饰面层或饰面层影响较小的部位；

2 混凝土保护层检测位置宜选择保护层要求较高的部位；

3 检测所进行的钻孔、剔凿等不得损坏钢筋。混凝土保护层厚度的直接量测精度不应低于0.1mm。钢筋间距的直接测量精度不应低于1mm。

7.2.4 混凝土构件的裂缝可以采用塞尺、手持式读数显微镜或裂缝宽度观测仪等仪器进行检测，检测内容包括：裂缝发生的部位、走向、宽度、分布状况以及裂缝的变化发展状况。 *

检测混凝土构件裂缝时，应符合下列规定：

1 对于存在可见裂缝的混凝土构件，应进行裂缝检测；

2 应根据桥梁普查结果绘制裂缝分布图或以照片形式记录裂缝分布情况。裂缝分布图中应标明代表性裂缝的长度、宽度和位置，必要时标明代表性裂缝的发展变化数据和观测点的深度值；

3 代表性裂缝的选取应根据裂缝对构件承载力和耐久性的影响程度确定，一条裂缝上的观测点宜不少于3点；

4 裂缝宽度应在混凝土构件表面量测，量测方向应与裂缝长度方向垂直，裂缝宽度可采用裂缝放大镜量测，其精度应不大于0.05mm；

5 裂缝深度应采用超声波法检测与取芯法验证相结合，检测方法、仪器设备、结果评定应符合超声波法检测混凝土缺陷的相关要求；

6 裂缝长度、位置、间距和发展变化的量测应符合相关技术规范的要求。

7.2.5 钢结构桥梁焊缝检测应符合下列规定： *

1 钢结构桥梁焊缝检测宜采用超声波无损检测、焊缝磁粉检测、焊缝渗透检测；

2 钢结构焊缝应全部进行外观检查；可采取抽样检测焊缝质量，焊缝的外形尺寸和缺陷检测方法和评定标准应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 确定；

3 对人行天桥梁底板和侧板钢材进行内部缺陷检测。

7.2.6 钢结构涂层检测应符合下列规定：

1 用漆膜测厚仪检测漆膜厚度时，抽检构件的数量不得少于现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T50344的规定；

2 涂层的厚度和偏差应符合国家现行标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205的规定。

7.3 分析与评定

7.3.1 结构定期检测应有现场记录，应按《城市桥梁养护技术规范》CJJ99 的要求填写状态评定表、结构缺陷记录表、特殊构件信息表和照片记录表，见附录 B。

7.3.2 桥梁结构定期检测资料整理与结果评定，除应符合本导则 4.2 节的有关规定外，还应包括下列内容：

1 桥梁结构承重构件所测参数及技术状况评定结果；

2 与检测内容相应的检测结论和评定标度值；

3 检测数据、计算结果及汇总图表、关系曲线和检测照片；

4 裂缝分布图、裂缝性质分析、评定；

5 其他病害情况。

7.3.3 检测机构应根据结构定期检测的结果，分析结构材料性能劣化的原因，以及对结构性能和耐久性的影响，分析退化趋势，提出进一步检测、监测的建议。

8 桥梁结构检算

8.1 一般规定

8.1.1 桥梁结构检算荷载应按现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 的规定取值。

8.1.2 桥梁结构检算模型的建立，除采用原设计结构模型外，还应根据检测的结构缺损情况进行计算模型修正，结构的整体响应应与检测结果基本吻合。对于既有桥梁，当按检算荷载计算的结构承载能力不满足规范要求时，应检算结构所能够承受的荷载水平。

8.1.3 桥梁墩台基础变位的最终值，应根据墩台与基础变位情况的调查以及桥梁线形与变位的观测结果，综合确定。

8.1.4 资料缺失的桥梁应根据结构实体检测结果进行检算评定。

8.1.5 桥梁结构检算应包括结构的整体稳定性检算、控制截面和薄弱部位的局部检算。空间受力特征较为明显的桥梁，检算时应考虑空间效应；分阶段施工的桥梁结构检算时，应考虑施工过程的影响。

8.1.6 对于结构型式与跨度均相同的多孔桥梁，应选择结构缺陷或病害较严重的桥孔进行检算。对于多跨不同跨径的桥梁须分别检算不同跨径的桥跨。

8.1.7 当缺失设计竣工资料，且无法探明上部结构主筋布置及规格时，宜通过荷载试验评定承载能力。

8.2 结构上的作用

8.2.1 结构自重荷载可根据实际调查的结构重力变异情况，对原设计结构自重荷载进行调整与修正。

8.2.2 当桥梁需临时通过特殊或重型车辆时，且车辆产生的荷载效应大于该桥的设计荷载效应时，应取特殊或重型车辆的实际载重作为检算荷载。

8.2.3 活载按目前所需要的设计荷载、通行车辆调查情况或需通过的超重车辆荷载计算，还应包括汽车冲击力、人群荷载等计算效应的组合。

8.2.4 温度作用宜按照现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的规定采用，对大跨径桥梁或受力复杂的结构，可根据实测的结构温度场进行检算。

8.3 结构检算及承载能力评定

8.3.1 混凝土梁式桥检算应符合下列规定：

- 1 跨中截面的受弯承载力和连续支点截面的受弯承载力，支点截面的受剪承载力；
- 2 1/4截面和横截面尺寸变化处截面在弯剪组合作用下的承载力；
- 3 对外观缺损较严重的构件，根据缺损处截面的受力特性检算该截面；
- 4 结构或构件的变形；
- 5 独柱墩连续直线梁桥，弯桥、坡桥、斜桥及异形结构桥，应检算结构的整体稳定性、抗滑移和抗倾覆能力。

8.3.2 钢结构桥梁检算应符合下列规定：

- 1 钢板梁结构检算应包括下列内容：

(1) 跨中截面的受弯承载力和连续支点截面的受弯承载力, 以及腹板接头处、盖板叠接处、翼板接头处的连接承载力;

(2) 支点截面的受剪承载力, 包括上下翼板连接的螺栓、铆钉或焊缝的受剪承载力;

(3) 受压翼板、支点加筋立柱及腹板的稳定性;

(4) 桥面系梁上应进行纵梁与横梁、横梁与主梁的连接检算, 以及纵梁与主梁间横梁区段的受剪承载力检算;

(5) 结构或构件的变形。

2 钢桁梁结构检算应包括下列内容:

(1) 杆件的承载力与稳定性;

(2) 节点和拼接的连接承载力;

(3) 承受反复应力的杆件、构件连接部位的疲劳性能;

(4) 联结系的承载力与稳定性;

(5) 主桁或构件的变形。

3 钢构件的承载力、疲劳、稳定性检算应按照现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64的规定执行。

8.3.3 钢筋混凝土拱桥、圬工拱桥、钢管混凝土拱桥、系杆拱桥检算应符合下列规定:

1 应根据实际情况和设计计算资料, 对拱顶截面、拱脚截面、四分点截面及薄弱部位进行承载力及稳定性检算, 对拱顶截面、四分点截面进行变形检算;

2 对结构形式、尺寸及跨径相同的多孔拱桥桥跨, 应选择受力最不利与损伤较严重的桥跨进行计算; 当多孔拱桥的桥墩与主拱圈的抗推刚度比值小于等于37时, 应按连拱结构检算;

3 系杆拱桥和吊杆拱桥应对系杆、吊杆的承载力进行检算;

4 中、下承拱桥悬吊桥面系应对横梁两端吊杆失效后的不落梁能力进行检算。

8.3.4 钢-混凝土组合梁的受弯及受剪承载力、抗剪连接件承载力、整体稳定性、疲劳、局部稳定性、应力、挠度检算, 应按现行国家标准《钢-混凝土组合桥梁设计规范》GB 50917的规定执行。

8.3.5 桥面结构检算应符合下列规定:

1 混凝土梁式桥的桥面板应进行控制截面的承载力检算;

2 采用钢箱梁结构形式的斜拉桥、悬索桥桥面结构, 应检算在车轮荷载作用下的桥面结构局部承载力及变形。

8.3.6 桥梁墩台、墩台基础与地基检算, 应符合下列规定:

1 对外观缺损状况严重或超重车辆过桥有异常的桥梁墩台, 应对墩台及墩台基础的承载力进行检算;

2 桥梁墩台基础的差异沉降、倾斜和滑移的检算, 宜按现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63的规定执行; *

3 当桥梁墩台基础已发生不均匀沉降、倾斜或滑移时, 除应对地基承载力进行检算外, 尚应检算不均匀沉降对超静定桥梁上部结构内力的影响;

4 当检算墩台身截面应力、基底应力及偏心距、倾覆稳定时, 对已出现倾斜或墩台顶出现水平位移的墩台, 应按实际出现的倾斜度或偏心进行检算;

5 墩台身及基础产生环形裂缝时, 应对裂缝截面进行应力、倾覆和滑动稳定性进行检算, 当检算滑动稳定性时, 圬工间的摩擦系数可取0.6; 当裂缝截面中掺入泥沙时, 摩擦系数取值宜根据实际情况降低。

6 对经多年压实且未受扰动的墩台基础下的地基土，地基承载力可按现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63进行修正； *

7 当桥台填土经多年压实时，填土的内摩擦角可按现行行业标准《公路桥梁承载能力检测评定规程》JTG/T J21进行修正。 *

8.3.7 对相关国家现行标准未规定结构承载能力计算分析方法的既有桥梁，除应根据桥梁结构设计要点和本导则相关章节规定进行结构检测、检算外，还应利用桥梁运营检测、荷载试验以及施工监控的数据进行结构检算结果的复核。

8.3.8 桥梁结构承载能力的评定应按照《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的规定执行。

8.3.9 对已发生的钢筋锈蚀的钢筋混凝土构件承载能力评定时，应计入钢筋锈蚀导致的钢筋截面减少和粘结力退化的综合影响，并按照《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的规定对钢筋截面进行折减。

8.4 检算报告

8.4.1 桥梁结构的检算报告应包含下列内容：

1 委托单位的名称；

2 桥梁概况，包括：工程名称、地点和建造年代，桥梁结构形式、跨径布置、横向布置、荷载等级和设计车速等；

3 检算目的、依据和内容；

4 结构检测方法及其结果；

5 结构检算荷载、计算模型及相关参数取值；

6 结构承载能力检算结果评价；

7 计算资料、数据图表及结构缺陷或病害图片；

8 处理意见和建议。

8.4.2 检算报告中的意见和建议，宜包括下列内容： *

1 对承载能力不足的构件进行维修或加固的意见；

2 当结构检算的承载能力不满足要求时，根据结构所能够承受的荷载水平提出限制或停止使用的意见；

3 结构检算仍不能判定承载能力时，提出实施荷载试验的建议。 *

9 特殊检测

9.1 一般规定

9.1.1 城市桥梁的特殊检测情形：

应满足《城市桥梁养护技术规范》CJJ99中规定的下列情形：

1 城市桥梁遭受洪水冲刷、流冰、漂流物、船舶或车辆撞击、滑坡、地震、风灾、火灾、化学剂腐蚀、车辆荷载超过桥梁限载的车辆通过等特殊灾害造成结构损伤；

2 城市桥梁定期检测中难以判明安全的桥梁；

3 为提高或达到设计承载等级而需进行修复加固、改建、扩建的城市桥梁；

4 超过设计使用年限，需延长使用的城市桥梁；

5 常规定期检测中桥梁技术状况评定时，I类养护的城市桥梁被评定为不合格级的桥梁，II类~V类养护的城市桥梁被评定为D级或E级的桥梁；

6 常规定期检测发现加速退化的桥梁构件需补充检测的城市桥梁。

除满足《城市桥梁养护技术规范》CJJ99中规定的下列情形外，宜根据行政主管部门的具体工作要求对出现下列情形的桥梁进行特殊检测：

- 1 桥梁养护管理主体单位发生变更前；
- 2 桥梁没有原始设计资料，需通过特殊检测明确桥梁承载能力等基础资料；
- 3 桥梁通行车辆荷载发生较大变化；
- 4 经审批通过城市桥梁的超载车辆过桥前后；
- 5 桥梁梁体新增挂管、附属设施，恒载增加较大，或新增设施超过规范规定范围的，需进行桥梁安全评价的；
- 6 桥梁需要进行限载，限载标准不明确；
- 7 有地下工程穿越或影响较大的桥梁；
- 8 其他需要进行特殊检测的。

9.1.2 特殊检测应由相应资质的专业单位承担，主要检测人员均应具有 5 年以上桥梁检测工作经历并具有桥梁检测工程师及以上资格。

9.1.3 特殊检测应由专业人员对桥梁结构缺损状况、材料退化性能和整体力学能力进行的详细诊断和评估。

9.1.4 桥梁原设计条件已经发生变化的，所有评定都应针对检测时的实际状况，不得套用原设计的资料数据。

9.1.5 对需进行承载力检测的桥梁，应根据桥梁档案资料和桥梁养护管理系统的检查结果，选择最不利或有代表性的桥跨结构或构件作为承载能力检测评定对象。

9.2 静力荷载试验

9.2.1 桥梁静力荷载试验宜分为方案设计、试验准备、加载与测试、分析报告四个阶段。荷载试验方案应经审查后方可执行。

9.2.2 桥梁静力荷载试验应收集相关技术资料，制定试验方案。静力荷载试验方案应包括以下主要内容。

- 1 试验目的与任务；
- 2 试验内容；
- 3 加载方案与实施；
- 4 观测方案与实施；
- 5 加载试验的控制与安全措施；
- 6 分析方法。

9.2.3 桥梁静力荷载试验的主要内容宜包括：

- 1 结构的最大变形（包括挠度、水平位移和转角等）；
- 2 结构最大应力（应变）；
- 3 活动支座和结构连接部分的变位；
- 4 支点沉降和墩台位移；
- 5 裂缝的出现及扩展情况等。

9.2.4 桥梁静载试验应按桥梁结构的最不利受力原则和代表性原则确定试验工况及测试截面。常见桥梁

静载试验工况及测试截面宜按表 9.2.4 确定。其中，主要工况应为必做工况，附加工况可视具体情况由试验检测者确定是否进行。测试最大正弯矩产生的应变时，宜同时测试该截面的位移。

表 9.2.4 桥型内力或变形控制截面

桥型	试验工况		测试截面
简支梁	主要工况	跨中截面主梁正弯矩工况	跨中截面
	附加工况	①L/4 截面主梁最大正弯矩工况 ②支点附近主梁最大剪力工况	①L/4 截面； ②梁底距支点 h/2 截面内侧向上 45° 斜线与截面形心线相交位置
连续梁	主要工况	①主跨支点位置最大负弯矩工况；②主跨跨中截面最大正弯矩工况； ③边跨主梁最大正弯矩工况	①主跨（中）支点截面； ②主跨最大弯矩截面； ③边跨最大弯矩截面
	附加工况	主跨（中）支点附近主梁最大剪力工况	计算确定具体截面位置
悬臂梁	主要工况	①墩顶支点截面最大负弯矩工况；②锚固孔跨中最大正弯矩工况	①墩顶支点截面； ②锚固孔跨中最大正弯矩截面
	附加工况	①墩顶支点截面最大剪力工况； ②挂孔跨中最大正弯矩工况； ③挂孔支点截面最大剪力工况； ④悬臂端最大挠度工况	①计算确定具体截面位置；②挂挂孔跨中截面； ③挂孔梁底距支点 h/2 截面内侧向上 45° 斜线与截面形心线相交位置； ④悬臂端截面
三铰拱桥	主要工况	①拱顶最大剪力工况； ②拱脚最大水平推力工况	①拱顶两侧 1/2 梁高截面； ②拱脚截面
	附加工况	①L/4 截面最大正弯矩和最大负弯矩工况； ②L/4 截面正负挠度绝对值之和最大工况	①主拱 L/4 截面； ②主拱 L/4 及 3L/4 截面
两铰拱桥	主要工况	①拱顶最大正弯矩工况； ②拱脚最大水平推力工况	①拱顶截面； ②拱脚截面
	附加工况	①L/4 截面最大正弯矩和最大负弯矩工况； ②L/4 截面正负挠度绝对值之和最大工况	①主拱 L/4 截面； ②主拱 L/4 及 3L/4 截面
无铰拱桥	主要工况	①拱顶最大正弯矩及挠度工况； ②拱脚最大负弯矩工况； ③系杆拱桥跨中附近吊杆（索）最大拉力工况	①拱顶截面； ②拱脚截面； ③典型吊杆（索）

	附加工况	①拱脚最大水平推力工况； ②L/4 截面最大正弯矩及最大负弯矩工况； ③L/4 截面正负挠度绝对值之和最大工况	①拱脚截面； ②主拱 L/4 截面； ③主拱 L/4 及 3L/4 截面
门式刚架桥	主要工况	①跨中截面主梁最大正弯矩工况； ②锚固端最大或最小弯矩工况	①跨中截面； ②锚固端梁或立墙截面
	附加工况	锚固端截面最大剪力工况	锚固端梁截面
斜腿刚架桥	主要工况	①跨中截面主梁最大正弯矩工况； ②斜腿顶主梁截面最大负弯矩工况	①中跨最大正弯矩截面； ②斜腿顶中主梁截面或边主梁截面
	附加工况	①边跨主梁截面最大正弯矩工况；②斜腿顶最大剪力工况；③斜腿脚最大或最小弯矩工况	①边跨最大正弯矩截面； ②斜腿顶中或边主梁截面或斜腿顶截面； ③斜腿脚截面
T形刚构桥	主要工况	①墩顶截面主梁最大负弯矩工况；②挂孔跨中截面主梁最大正弯矩工况	①墩顶截面； ②挂孔跨中截面
	附加工况	①墩顶支点附近主梁最大剪力工况； ②挂孔支点截面最大剪力工况	①计算确定具体截面位置； ②挂孔梁底距支点 h/2 截面内侧向上 45° 斜线与截面形心线相交位置
连续刚构桥	主要工况	①主墩墩顶截面主梁最大负弯矩工况； ②主跨跨中截面主梁最大正弯矩及挠度工况； ③边跨主梁最大正弯矩及挠度工况	①主墩墩顶截面； ②主跨最大正弯矩截面； ③边跨最大正弯矩截面
	附加工况	①墩顶截面最大剪力工况； ②墩顶纵桥向最大水平位移工况	①计算确定具体截面位置； ②墩顶截面

9.2.5 静力试验荷载可按控制内力、应力或变位等效原则确定。静力荷载试验效率可按式(9.2.5)计算，对交(竣)工验收荷载试验，宜介于0.85~1.05之间；否则， η_q 宜介于0.95~1.05之间。

$$\eta_q = \frac{S_s}{S \cdot (1 + \mu)} \quad (9.2.5)$$

式中：

S_s ——静力试验荷载作用下，控制截面内力、应力或变位的最大计算效应值；

S ——检算荷载产生的同一加载控制截面内力、应力或变位的最不利效应计算值；

μ ——按规范取用的冲击系数值；

η_q ——静力试验荷载的效率。

9.2.6 试验控制荷载包括设计时采用的控制荷载和由试验目的所确定的荷载等。分别计算各种荷载对结构控制截面所产生的最不利内力(或变形)，取其中最不利荷载作为控制荷载。控制荷载的确定，应保证当作用于结构某一控制截面的内力达到荷载效率要求时，其它控制截面的内力不应超过设计的最不利内力值。

特大桥梁或者桥型特殊的桥梁的控制内力(或变形)值应与设计单位提供的设计值进行核对验证，以保证试验加载的可靠性。荷载试验应尽量采用与控制荷载相同的荷载，当客观条件所限，试验荷载与控制荷载存在差别，在选择试验荷载的大小和加载位置时，应采用静力荷载试验效率 η 进行等效控制。

9.2.7 试验荷载工况应能反映桥梁结构的最不利受力状态。对于简单的结构可选取1~2个工况进行，复杂结构应适当增加工况。

9.2.8 静力荷载试验测点布置遵循下列原则：

*

- 1 应变测点应根据测试截面及测试内容合理布置，并能反映桥梁结构的受力特征；
- 2 单向应变测点布置应体现左右对称、上下兼顾、重点突出的原则，并能充分反映截面高度方向的应变分布特征。单点应变花测点的布置不宜少于两组。测点布置完毕，应准确测量其位置；
- 3 常见截面的单项应变测点布置按《公路桥梁荷载试验规程》JTG/T J21确定。结构对称时，1/2横截面的应变测点可减少，但不宜少于2个；
- 4 应变测试应设置补偿片，补偿片位置应处于与结构相同材质、相同环境的非受力部位；
- 5 主应变（应力）应采用应变花进行测试，位置应经计算确定；
- 6 弯桥、斜桥及异形桥应根据控制荷载作用下结构的内力（应力）特征及结构特征确定应变测点；
- 7 钢筋混凝土结构的受拉区应变测点宜布置在受拉区主钢筋上。

9.2.9 静力荷载试验应分级加载，逐级加到最大试验荷载后逐级或一次性卸载至零。当采用车辆加载宜分为3~6级，用重物加载宜分为4~6级。车辆荷载的分级加载可采用逐渐增加车辆数量或改变车辆位置的方法。当桥梁结构存在安全隐患或有其他需要时，应增加加载分级。

9.2.10 现场荷载试验，宜在阴天或夜间（深夜至黎明前）近乎恒温的条件下进行试验，以减小温度的影响。

9.2.11 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，卸载后再开始正式加载。

9.2.12 试验加载的时间与速度应满足下列要求：

- 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5min内的变位增量小于前一个5min内变位增量的15%，或小于所用量测仪器的最小分辨率，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5min读数一次，以观测结构变位是否相对稳定。对于结构变位最大的测点，在结构变位稳定后，进入下一级荷载前再读数一次；
- 3 必须在前一荷载阶段内结构变位相对稳定后，才能进入下一阶段加载。

9.2.13 应根据各工况的加载分级，对各加卸载过程结构控制点的应变（或变形）、薄弱部位的破损情况等进行观测和分析，并与理论计算值对比。当试验过程中发生下列情况之一时，应停止加载，查清原因，采取措施后再确定是否进行试验：

- 1 控制测点应变值已达到或超过计算值；
- 2 控制测点变形（或挠度）超过计算值；
- 3 结构裂缝的长度、宽度或数量明显增加；
- 4 实测变形分布规律异常；
- 5 桥体发出异常响声或发生其他异常情况；
- 6 斜拉索或吊索（杆）索力增量实测值超过计算值。

9.2.14 试验结束后，宜分 1~2 级卸载，每级卸载时间间隔宜为 10min~15min。

9.2.15 结构静力计算资料宜包括下列内容：

- 1 结构理论计算模型；
- 2 结构内力影响线图；
- 3 设计荷载作用结构内力包络图；
- 4 试验荷载作用结构内力图，控制断面应力分布图；
- 5 试验荷载作用结构挠度曲线图等。

9.2.16 试验原始资料宜包括下列内容：

- 1 试验桥梁的调查结果和验算结果；
- 2 试验方案及理论计算说明；
- 3 各测试项目的读数记录及结构裂缝分布图；
- 4 荷载试验过程中出现的各种异常情况的记录和照片等。

9.2.17 试验测试数据的处理应符合下列规定：

- 1 根据各类仪表的检定结果进行测试数据的修正；
- 2 各测点的实测应力可按虎克定律由实测应变求得；
- 3 当采用精密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 对于梁式桥，应测量支点产生的沉降，并修正其对挠度的影响；
- 5 对于由多片主梁组成的桥梁结构，通过对桥梁同一控制截面各主梁挠度的测定，可绘制该截面的横向挠度曲线，计算各主梁的实际荷载横向分布系数；
- 6 试验数据处理的主要成果曲线有：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，必要时提供其它的结构试验特征曲线，如试验荷载-支点反力曲线，结构局部变形（相对滑移、挤压）曲线等。

9.2.18 当结构变位或应变校验系数大于 1 时，应查明原因；当结果无误时，桥梁结构的承载能力应评定为不满足要求。结构变位或应变校验系数应按下式计算：

$$\xi = \frac{S_{e,m}}{S_{e,c}} \quad (9.2.18)$$

式中： ξ ——结构变位或应变校验系数；

$S_{e,m}$ ——试验荷载作用下控制测点的弹性变位或应变实测值；

$S_{e,c}$ ——试验荷载作用下控制测点的弹性变位或应变计算值；

9.2.19 当测点的相对残余变位或相对残余应变大于 20%时，应查明原因；当结果无误时，桥梁结构的承载能力应评定为不满足要求。测点的相对残余变位或相对残余应变应按下式计算：

$$S'_p = \frac{S_p}{S_t} \times 100\% \quad (9.2.19)$$

式中： S'_p ——测点的相对残余变位或相对残余应变（%）；

S_p ——试验荷载作用下控制测点的残余变位或残余应变实测值；

S_t ——试验荷载作用下控制测点的总变位或总应变实测值；

9.2.20 人行天桥静力荷载试验

*

1 人行天桥静力荷载试验加载应按人群荷载设计值沿桥跨均匀布登；加载条件受限时，可按静力等效均布力或多点集中力布置，但应确保结构局部受力安全；

2 人行天桥试验荷载应按控制截面的最不利内力或变位分成 3 级~5 级施加，对控制测点，应逐级绘制测点变位或应变随荷载变化的关系曲线；

3 人行天桥静力荷载试验的结果评定，应符合本导则第 9.2 节的有关规定。

4 人行天桥栏杆扶手的水平推力试验应符合下列规定：

(1) 等效水平集中荷载应在栏杆扶手位置施加，加载时可利用对面一侧栏杆扶手或立柱提供反力；

(2) 试验等效集中荷载的取值应符合现行行业标准《城市人行天桥与人行地道技术规范》CJJ 69 的规定，并应等分不少于 5 级逐级施加；

(3) 试验过程中，应采取保障行人和交通安全的防护措施。

5 在试验水平推力作用下，与栏杆扶手同高度部位的水平位移的最大值，不得超过栏杆扶手高度的 1/120。

9.3 动力荷载试验

9.3.1 桥梁动载试验应测试桥跨结构的自振频率和冲击系数。存在下列情形之一时，动载试验应增加测试桥跨结构的振型和阻尼比；必要时，尚应测试桥梁结构的动挠度和动应变，并掌握车辆振源特性：

1 单跨跨径大于或等于 40m 的梁桥；

*

2 存在异常振动的桥梁；

3 仅依据静载试验不能系统评价结构性能时。

9.3.2 对多联（孔）桥梁，同时开展静、动载试验时，动载试验桥联（孔）应选择与静载试验相同的桥联（孔）；其他情况下应根据结构评价需要，选择具有代表性的桥联（孔）。

9.3.3 动载试验采用的加载车辆应性能良好，无异常振动。

9.3.4 桥梁动载试验工况应根据具体的测试参数和采用的激振方法确定。

9.3.5 桥梁动载测试截面及测点的布置按《公路桥梁荷载试验规程》JTG/T J21 相关规定执行。

9.3.6 动力响应试验工况应包括下列主要内容：

- 1 无障碍行车试验：宜在5~80km/h范围内取多个大致均匀分布的车速进行行车试验。车速在桥联（孔）上宜保持恒定，每个车速工况应进行2~3次重复试验；
- 2 有障碍行车试验：可设置长30cm，矢高5~7cm的弓形障碍物模拟桥面坑洼进行行车试验，车速宜取5~20km/h，障碍物宜布置在结构冲击效应显著部位；
- 3 制动试验：车速宜取30~50km/h，制动部位应为动态效应较大的位置。对漂浮体系桥梁，应测试主梁纵向位移等项目。

9.3.7 宜首选无障碍行车试验，有障碍行车试验和制动试验可根据实际情况选择。

9.3.8 桥梁自振特性试验应包括竖平面内弯曲、横向弯曲自振特性以及扭转自振特性的测试。应根据试验目的和需要确定测试纵桥向竖平面内弯曲自振特性。桥梁的测试阶次简支梁不少于1阶，非简支梁、拱桥不少于3阶，斜拉桥、悬索桥不少于9阶。

9.3.9 动力响应测试应包括动挠度、动应变、振动加速度、速度和冲击系数。

9.3.10 无障碍行车试验可采用与静载试验的加载车辆相同的载重车辆，车辆轴重产生的局部效应不应超过车辆荷载效应，避免对横系梁、桥面板等局部构件造成损伤。

9.3.11 无障碍行车试验荷载效率可按式（9.3.11）计算， η_d 宜取高值，但不应超过1。

$$\eta_d = \frac{S_d}{S_{I\max}} \times 100\% \quad (9.3.11)$$

式中： η_d ——动载试验荷载效率；

S_d ——试验荷载作用下控制截面的最大内力或变形；

$S_{I\max}$ ——控制荷载作用下控制截面的最大内力或变形（不计冲击）。

9.3.12 单辆车的动载试验响应偏低时，无障碍行车试验宜每个车道布置一辆试验车，横向并列一排同步行驶，在行驶过程中宜保持车辆的横向间距不变。

9.3.13 有障碍行车试验和制动试验可采用与无障碍行车试验相同的单辆或多辆载重车。

9.3.14 动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、幅频特性、相频特性的要求。传感器安装应与主体结构保持良好接触，无相对振动。

9.3.15 用于冲击系数计算分析的动挠度、动应变信号的幅值分辨率不应大于最大实测幅值的1%。

9.3.16 进行数据采集和频谱分析时，应合理设置采样、分析参数，频谱分辨率不宜大于实测自振频率的1%。

9.3.17 在行车激振或跳车激振等强迫振动下，宜直接测试桥梁结构振动的加速度、速度和变形。

9.3.18 结构自振频率可采用频谱分析法、波形分析法和模态分析法得到。自振频率宜取用多次试验、不同分析方法的结果相互验证。单次试验的实测值与均值的偏差不应超过±3%。

9.3.19 桥梁结构阻尼可采用波形分析法、半功率带法和模态分析法得到。结构阻尼参数取用多次试验所得结果的均值，单次试验的实测值与均值的偏差不应超过 $\pm 20\%$ 。

9.3.20 振型参数宜采用环境激振等方法进行模态参数识别。宜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。

9.3.21 计算冲击系数时应优先采用桥面无障碍行车下的动挠度时程曲线计算。对小跨径桥梁的高速行车试验，当判断直接求取法误差较大时，应根据实际情况采用数字低通滤波法求取最大静挠度或应变。对特大跨径桥梁，受现场条件限制无法测定动挠度时，可采用动应变时程曲线计算冲击系数。

9.3.22 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下最大值。

9.3.23 分析计算和资料整理应包括下列内容：

- 1 动载试验荷载效率；
- 2 各试验工况下动挠度、动应变、加速度等的时域统计特性，包括最大值、最小值、均值和方差；
- 3 典型工况下主要测点的实测时程曲线；
- 4 典型的自振频谱图；
- 5 实测自振频率与计算频率列表比较；
- 6 冲击系数—车速相关曲线图或列表；
- 7 其他必要的图表、曲线、照片等数据或资料。

9.3.24 桥梁结构性能分析应通过下列方法进行：

- 1 比较实测自振频率与计算频率，实测频率大于计算频率时，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 比较自振频率、振型及阻尼比的实测值与计算数据或历史数据，可根据其变化规律初步判断桥梁技术状况是否发生变化；
- 3 比较实测冲击系数与设计所用的冲击系数，实测值大于设计值时应分析原因。

9.3.25 人行天桥动力荷载试验：

*

人行天桥可采用跳梁法、跑梁法试验，并应符合下列规定：

- 1 人群跳动激振天桥试验时，跳动位置可按所测结构的振型确定；
- 2 人群跑步或步行激振天桥试验时，应以不同的步速匀速通过桥梁。

10 运营监测

10.1 一般规定

10.1.1 城市桥梁运营监测应根据实际需求选取合适的项目进行。运营监测按照数据采集方式可分为自动监测、人工监测和联合监测。监测单位可根据实际情况采用不同的采集方式。

*

10.1.2 运营监测所采用的仪器设备应符合下列要求：

- 1 应不影响结构的正常工作，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，且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、安装使用方便和重复性好的仪器设备；

- 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。

10.2 运营监测的准备工作

10.2.1 为利于分析判断桥梁可能发生的病害原因，应在结构正常状况时设置永久性控制检测点。控制检测项目见表 10.2.1。

10.2.1 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、台身的高程	墩、台身底部（距地面或常水位 0.5m~2m 内）、桥台侧墙尾部顶面和锚锭的左右两侧各 1~2 点。
2	墩、台身倾斜度	墩、台身底部（距地面或常水位 0.5m~2m 内）左右两侧各 1~2 点。
3	桥面高程	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上。
4	拱桥平台（拱脚）水平位移	在拱座（拱脚）的左右两侧各 1 点。

- 注：1 L为每跨跨径；
 2 上下行分离式桥按两座桥分别设点；
 3 倾斜度测点应采用相距0.5m~1m的两点标记检测；
 4 左右两侧指上、下游两侧或垂直于桥梁纵轴线的两侧。

10.2.2 城市桥梁永久性控制监测点的设置，应符合下列规定：

1 新建大、中桥和特大桥交付使用前，桥梁管理部门应事先要求在竣工测量时设置永久性控制监测点；

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，作为城市桥梁验收文件中必要的竣工资料予以归档；

2 没有设置永久性控制监测点的既有城市桥梁，应在首次定期检查时按规定补设。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；

3 城市桥梁主体结构维修、加固或改建工程竣工后，必须保持原有的永久性控制监测点，并重新测试一次；

4 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。

10.2.3 基准点的布置应符合国家有关测量规程的要求，基准点应与国家大地测量网联络，当有困难时，可建立本桥相对独立的基准测量系统。

10.2.4 除第 10.2.1 条规定的永久性控制监测项目外，还可根据需求，在下列项目中选取合适的项目进行监测：

- 1 几何变形监测；
- 2 应力（应变）变化监测；
- 3 桥梁在运营荷载、振动、冲击作用下的应力（应变）、加速度等动态响应监测；

- 4 预应力变化监测；
- 5 桥梁温度变化监测；
- 6 车辆载重监测；
- 7 桥梁周围的环境监测，如风速、水流等；
- 8 其它必要的监测项目。

10.2.5 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，并由管养单位组织审核。桥梁运营监测方案应包括下列内容：

- 1 监测目的和项目；
- 2 监测点数量、分布位置、量测方法、监测频次、自动采样频率及采样时间；
- 3 监测仪器设备和传感器、数据传输方式、数据分析处理方法及限值预警方案等；
- 4 现场仪器设备、传感器和传输线路的保护措施。

10.3 运营监测的实施

10.3.1 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取长期自动监测系统。

10.3.2 运营监测的数据采集可采用人工定期读数或自动采集系统，分别应符合下列要求：

- 1 人工定期读数时，人员和采集时段宜固定，避免对数据产生干扰；
- 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。传输系统分为缆线传输系统、光纤传输系统及无线传输系统等，这些系统应保证充分的传输速率和流量，同时系统的铺设和搭建应安全、可靠、稳定。

10.3.3 城市桥梁运营监测实施时应注意下列问题：

- 1 布设的基准点和传感器必须安装牢固，并有可靠防护；
- 2 结合传感器的特性，考虑各种因素（外荷载、温度、收缩、徐变和松弛、各种干扰等）的影响，在必要的情况下应进行补偿；
- 3 对于自动监测系统，现场安装的传感系统、传输系统、分析系统等应配备应急电源，保证其在地震、台风等紧急状态下仍能正常工作。

10.3.4 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，保证长期监测数据的准确性和连续性。

10.3.5 自动采集系统应掌握桥梁结构在下列情况下的相关信息：

- 1 温度最高和最低的时期；
- 2 昼夜温差最大和最小的时期；
- 3 大气湿度最大和最小的时期；
- 4 风载、洪水和地震预报时期；
- 5 行车密度最大的时间；
- 6 其它对结构性能影响关键的时期。

10.4 运营监测的数据分析和报告

10.4.1 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态，

指导桥梁管养和维护。数据分析应包括下列内容：

- 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，应进行进一步的调查和分析；
- 2 基于理论分析和有关规范规定的限值，在监测值接近或超过限值时，提出相应的建议措施。

10.4.2 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 各测点在重复的同一时间的量测值随重复周期次数的变化图；
- 3 根据同一时间量测的变形（变位）或应力（应变）和记录的各种影响因素的资料，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 长期观测的记录资料及其中间分析成果，应按技术档案形式保存。

10.4.3 运营监测的数据和报告需提交给桥梁的管养单位。管养单位应根据运营监测结果，进行必要的管理和维修。

11 检测成果评定及应对措施

11.1 经常性检查记录应定期整理归档，并在每月月底对巡查工作进行总结。巡检过程中如果发现桥梁重要构件存在明显缺陷，影响车辆和行人安全，应及时采取相应维护措施，并应立即向主管部门报告。

11.2 对于Ⅰ类养护的城市桥梁，根据常规定期检测结果判定为不合格级的桥梁必须立即限制交通，马上进行维修。

11.3 对于Ⅱ～Ⅴ类养护的城市桥梁，常规定期检测判定为A级、B级的桥梁技术状态较好，可不作处理，C级桥梁应加强巡查及养护，防止其向D级桥发展。

11.4 对于Ⅱ～Ⅴ类养护的城市桥梁，常规定期检测判定为D级的桥梁应据病害对结构性能影响程度进行分析。对整体结构安全影响不大的情况，可加强巡查并进行桥梁结构检测，且需列入近期计划进行维修；对影响到结构安全承载能力的情况，应立即封闭交通或降低荷载使用（限载），且立即进行桥梁结构检测，根据结构检测进行维修加固或拆除重建。

11.5 对于Ⅱ～Ⅴ类养护的城市桥梁，常规定期检测判定为E级的桥梁应立即封闭交通，根据交通需求确定是否拆除重建。

11.6 桥梁管养部门应与相关部门加强信息互动，根据检测情况，及时更新桥梁限载、限速等标志标牌。

附录 A 桥梁基本信息卡

桥梁名称		编 号		桥 梁 分 类	<input type="checkbox"/> 特大桥
所在道路		跨 越			<input type="checkbox"/> 大 桥
养护类别		养护等级			<input type="checkbox"/> 中 桥
建造年月	年 月	正斜交角			<input type="checkbox"/> 小 桥
桥梁结构类型	<input type="checkbox"/> 圬工拱桥 <input type="checkbox"/> 砼双曲拱桥 <input type="checkbox"/> 空心板梁桥 <input type="checkbox"/> 实体板梁桥 <input type="checkbox"/> T 型梁桥 <input type="checkbox"/> 钢结构桥 <input type="checkbox"/> 钢-砼组合梁桥 <input type="checkbox"/> 中承式吊桥 <input type="checkbox"/> 下承式吊桥				
主梁型式	<input type="radio"/> 预应力砼 <input type="radio"/> 普通钢筋砼 <input type="radio"/> 简支 <input type="radio"/> 连续 <input type="radio"/> 刚构 <input type="radio"/> _____ <input type="checkbox"/> 空心板 <input type="checkbox"/> 实体板 <input type="checkbox"/> T 梁 <input type="checkbox"/> 箱梁 <input type="checkbox"/> 钢箱梁 <input type="checkbox"/> 钢管砼 <input type="checkbox"/> _____				
跨径组合					
桥梁长度	m		桥梁跨数	孔	
桥梁宽度	m		桥面面积	m ²	
桥面结构型式	<input type="checkbox"/> 砼桥面 <input type="checkbox"/> 沥青砼桥面 <input type="checkbox"/> _____				
伸缩缝型式	<input type="checkbox"/> 橡胶板式 <input type="checkbox"/> 锌铁皮 <input type="checkbox"/> 钢板式 <input type="checkbox"/> 填充无缝式 <input type="checkbox"/> 异型钢单缝式 <input type="checkbox"/> 异型钢模数式 <input type="checkbox"/> 钢梳齿板式 <input type="checkbox"/> _____				
栏杆型式	<input type="checkbox"/> 砖 <input type="checkbox"/> 石 <input type="checkbox"/> 砼 <input type="checkbox"/> 钢筋砼 <input type="checkbox"/> 普通钢管 <input type="checkbox"/> 不锈钢管 <input type="checkbox"/> 塑钢 <input type="checkbox"/> _____				
桥 墩	<input type="radio"/> 单肢 <input type="radio"/> 双肢 <input type="radio"/> __肢 <input type="checkbox"/> 圆柱 <input type="checkbox"/> 方柱 <input type="checkbox"/> Y 型 <input type="checkbox"/> _____				
基 础	(<input type="checkbox"/> 砼 <input type="checkbox"/> 片石砼) 扩大基础 (<input type="checkbox"/> 块石 <input type="checkbox"/> 毛石) 圬工基础 <input type="checkbox"/> 桩基 <input type="checkbox"/> 群桩 <input type="checkbox"/> 沉井 <input type="checkbox"/> _____				
桥 台	<input type="radio"/> 圬工 <input type="radio"/> 砼 <input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 薄壁式 <input type="checkbox"/> 肋台式 <input type="checkbox"/> 桩柱式 <input type="checkbox"/> _____				
附挂管线	<input type="checkbox"/> 给水管 <input type="checkbox"/> 燃气管 <input type="checkbox"/> 电力线 <input type="checkbox"/> 通讯电缆 <input type="checkbox"/> _____				
说 明					

表 B-2 结构缺陷记录表

桥名:

路名:

管辖单位:

位置:

跨越:

结构识别号:

检测单位:

日期:

部件编号	部件名	位置	数量	缺陷描述 (包括原因和可能退化速度)

审定:

复核:

填表人:

表 B-3 特殊构件信息表

桥名:

路名:

管辖单位:

位置:

跨越:

结构识别号:

检测单位:

日期:

部件编号	信息或注释 (包括水文特性和材料的测试位置)

审定:

复核:

填表人:

条文说明

1 范围

根据《城市桥梁检测和养护维修管理办法》（建设部令第118号）、《城市桥梁养护技术规范》（CJJ99）等法令及行业标准的原则规定，结合《公路桥梁技术状况评定标准》（JTGT H21）、《公路桥梁承载能力评定规程》（JTG/TJ21）等相关标准要求。为提高既有城市桥梁运营的安全性和可靠性，规范桥梁检测程序，细化桥梁检测标准和要求，规定各项检测工作内容，体现桥梁检测的质量控制和质量保证措施，特制定本导则。

本条是规定本导则的适用范围。本导则规定的范围主要指既有桥梁的检测。竣工验收前的在建桥梁、临时性桥梁、涵洞的检测及城市桥梁的科研试验可参考本导则执行。

城市桥梁的检测应符合国家、行业和山东省现行有关标准的规定。在应用上，应结合现行行业标准《城市桥梁养护技术规范》CJJ99及《公路桥梁承载能力检测评定规程》（JTG/TJ21）的有关内容。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.2 为了有针对性地确定检测内容，需收集的资料包括：

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、设计计算书及有关图纸、变更设计计算书及有关图纸等；

2 竣工技术资料，主要包括：材料试验资料、施工纪录、建立资料、施工监控资料、地基与基础试验资料、竣工图纸及其说明、交工验收资料、交工验收荷载试验报告、竣工验收有关资料等；

3 养护、试验资料及其维修与加固资料，主要包括：桥梁检查与检测、荷载试验资料，历次桥梁维修、加固资料，历次特别事件记载资料等；

4 桥梁运营荷载资料，包括交通量、交通组成、车重、轴重等情况。

4.1.4 关于仪器设备的选用：桥梁检测应根据不同的检测环境、内容和要求选用仪器设备。仪器设备的性能应满足检测项目对精度、量程、灵敏度、稳定性、频响特性、使用温度范围和耐振等方面的要求。

4.1.6 检测仪器应经过计量标定，检测设备处于有效的合格状态。

4.2 检测报告

4.2.4 本条主要要求城市桥梁检测工作应具有合理、准确、公正的检测结果评价，并形成书面报告。

检测报告的编制可提出如下内容：

对 I 类养护的城市桥梁评定为合格的应进行保养、小修；因结构损坏被评定为不合格的，应立即限制交通，组织修复。

对 II ~ V 类养护的城市桥梁评定为 A 级的应进行日常保养；B 级的应进行日常保养和小修；C 级的应进行专项检测后保养和小修；D 级的应检测后进行中修或大修；E 级的应立即限制交通，组织修复。

4.3 安全防护

4.3.4 桥梁检测人员要熟知和严格遵守国家及各地的交通安全规定。

需要封闭道路中断交通的检测，除紧急情况外，应当提前向社会公告，并取得公安机关交通管理部门的同意和协助。

封闭交通进行检测前，应按照规定设置规范的安全警示标志和安全防护设施，并尽量远离检测区域；需要车辆绕行的，应当在绕行处设置标志。

对未中断交通的检测作业，应配合公安机关交通管理部门加强交通安全监督检查。发生交通阻塞时，及时做好分流、疏导，维护交通秩序。参与检测作业的车辆、机械应当安装示警灯，设置明显的标志图案，作业时应当开启示警灯和危险报警闪光灯。

道路封闭、绕行的两端须专人看守，看守的人要做好安全防护，必须穿反光衣和戴警示标识。

6 常规定期检测

6.1 一般规定

6.1.1 专职桥梁管养技术人员一般指具有 3 年以上桥梁管养工作或工程实践经验的中级以上相应专业技术职称的人员。

6.1.2 山东省为经济发达地区，威海市为热点滨海旅游城市，城市交通运输量增长较快，车辆多且载重变化大，有必要结合实际情况增加桥梁常规定期检测频次。

6.1.3 城市桥梁常规定期检测采用的配备内窥镜、照相机、裂缝观测仪、探测工具及现场的辅助器材等仪器设备。

6.2 检测内容与方法

6.2.1~6.2.15 规定了常规定期检测的范围、检测内容和检查方法。常规定期检测范围包括桥面系及桥面附属设施、支座、上部结构和下部结构。检测内容主要是上述范围内的部位检查。检查方式也以目测为主。常规定期检测旨在平常加强对桥梁的检测和管理。

桥面系及桥面附属设施主要指桥面铺装、桥头搭板、排水系统、照明系统、人行道、护栏、监控、安全标志、绿化设施、隔音屏、通航标志等；

上部结构主要指主梁、主桁梁、主拱圈、横梁、横向联系、主节点、挂梁、伸缩缝、联结件等；

下部结构主要指盖梁、墩身、台帽、台身、翼墙、承台基础等。同时支座、锥坡及河床冲刷等重要部位也应列入检测范围。

6.3 分析与评定

6.3.1 根据现行行业标准《城市桥梁养护技术规范》CJJ99 的有关规定，常规定期检测的结果可以对桥梁进行技术状况评估分级。对 I 类养护的城市桥梁，应根据桥梁特点及普查发现的结构构件损伤情况直接进行技术状况等级划分。

6.3.10 城市桥梁的分幅宜按原设计进行划分，如无法找到原设计文件，可按照桥梁的结构形式、全桥断面的尺寸及材料进行划分，使 BCI 评定方法更好地适用于该桥梁的技术状况评定。

7 结构定期检测

7.1 一般规定

7.1.3 一般情况下，结构定期检测：I 类养护的城市桥梁宜 3~5 年一次，关键部位宜设仪器监控测试；II~V 类养护的城市桥梁宜 6~10 年一次。结构定期检测频率宜在本导则基础上根据常规定期检测评定的桥梁技术状况等级合理确定。 *

7.1.4 由索（杆）作为传力构件的特殊结构桥梁近年来多次出现事故，因此本规程对特殊结构、特殊工作状态的桥梁提出结构定期检测周期要求，尤其作为主要传力构件的吊杆、拉索应引起足够重视，严格执行每年 1 次的检测工作。

7.2 检测内容与方法

7.2.1 在桥梁外观病害检查的基础上，对外观损坏较严重的桥梁做进一步的桥梁结构材料检测，其目的是深入了解桥梁结构材料的工作状态及潜在的不利影响，并预测发展趋势，为判断桥梁耐久性和可靠性提供技术依据。桥梁结构材料检测的重点是桥梁结构钢筋锈蚀情况和混凝土强度检测。

1 混凝土强度检测

主要采用回弹法或超声-回弹法进行。混凝土强度是进行桥梁结构评定的重要指标。

2 钢筋锈蚀检测

其检测内容包括钢筋锈蚀电位、混凝土氯离子含量、混凝土电阻率以及混凝土碳化深度。钢筋锈蚀检测宜参考公路检测规范中相应章节，以免进行不必要且影响较小的工作，即先进行电位，标度达到 3 类以上再进行其它检测。钢筋锈蚀检测是通过对钢筋所处环境情况（如混凝土中氯离子含量、混凝土电阻率和碳化深度等）和钢筋本身自然电位的检测结果，综合评定桥梁结构中钢筋锈蚀状况。其同样是评定桥梁结构的重要参数。

3 钢筋分布及混凝土保护层厚度检测

结构材料的检测，是用各种专用仪器设备，对桥梁结构的钢筋和混凝土材料，进行现场采样、记录检测数据，再依据桥梁结构材料检测评定标准及桥梁结构材料的工作状态进行评定，同时对其原因进行初步分析。

桥梁无损检测主要包括下列检测内容：（1）构件材料强度；（2）钢筋直径、间距与保护层厚度；（3）

混凝土碳化状况；（4）混凝土构件裂缝；（5）钢筋锈蚀状况；（6）混凝土中氯离子含量；（7）混凝土电阻率；（8）桥梁结构固有模态参数；（9）索结构索力。但影响桥梁结构安全性、可靠性及耐久性的技术指标与参数主要有材料强度、钢筋布置、钢筋锈蚀、混凝土碳化状况、裂缝检测等，因此，一般情况下选择 1~5 项检测内容，必要时增加其他检测内容。

7.2.2 桥梁几何形态参数检测可用于确定桥梁结构持久荷载状态的变化，也可推求判定结构基础变位情况。对于超静定结构，可依据实测的结构几何参数，采用模拟计算分析方法，对桥梁结构在持久荷载下的内力和变位状况作出评价。

7.2.3 桥梁混凝土结构可采用回弹法或超声回弹综合法检测其材质强度，必要时采用钻芯法检测。检测方法应符合《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081、《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》、JGJ/T23《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》CECS 02 和《钻芯法检测混凝土强度技术规程》CECS 03 有关规定。检测抽样样品应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T50344 的有关规定。

在用桥梁材质强度检测主要包括混凝土和钢材两类材料的材质强度检测，为减少对结构构件的损坏，应尽量采用无损检测方法进行。确有必要时方可考虑对混凝土采用半破损检测方法，对钢材采用截取试样方法。

取芯法检测混凝土强度时，应选择在主要构件的非主要受力部位（如 T 梁的横隔板）或主要受力部位的非应力控制区（如预应力连续箱梁的横隔板、翼板等）布置取芯测区，并应尽量避免受力钢筋且必须避开预应力钢筋（束）。为进行强度试验截取钢筋时，应选择在次要构件上，且应避开受力主筋（或主要受力部位）。

采用非破损（如回弹法）或局部破损的方法进行结构或构件混凝土抗压强度的检测，是为了避免或减少给结构带来不利影响。但非破损检测方法不适用于有特殊检测目的的检测，如检测受侵蚀层混凝土强度、火灾影响层混凝土强度等。

特殊情况下，可以采取钻芯法或钻芯修正法检测结构混凝土的抗压强度，但应注意骨料的粒径问题。钻芯法修正时可采取修正量的方法，也可采取修正系数的方法。修正量的方法是在非破损检测方法推定值的基础上加修正量，修正系数的方法是在非破损检测方法推定值的基础上乘以修正系数。两者的区别在于，修正量法对修正样本的标准差没有影响，修正系数法不仅对被修正样本的均值予以修正，也对样本的标准差予以修正。

总体修正量的方法是用被修正样本全部推定数值的均值与修正样本（芯样试件换算抗压强度）均值进行比较确定修正系数。对应样本修正量用两个对应样本均值之差值作为修正量，两个样本的容量相同，测试位置对应。对应样本修正系数是用两个样本均值的比值作为修正系数，对于样本的要求与对应样本修正

量的要求相同。

混凝土强度检测主要采用回弹法或超声回弹综合法进行。混凝土强度检测是通过用回弹仪检测混凝土表面回弹值，用超声仪检测混凝土内声速，再根据混凝土强度（R）与回弹值和超声波在混凝土中的传播速度（V）之间的相关关系，推算混凝土强度。采用回弹法时，要考虑碳化深度的影响。

根据现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T50344 的有关规定，抽样最小数量不宜小于表 7.2.3 限定值。

表 7.2.3 抽样检测的最小样本容量

检测批的容量	检测类别和样本最小容量		
	A	B	C
2-8	2	2	3
9-15	2	3	5
16-25	3	5	8
26-50	5	8	13

注：检测类别 A 适用于一般施工质量的检测，检测类别 B 适用于结构质量或性能的检测，检测类别 C 适用于结构质量或性能的严格检测或复检。

7.2.5

母材厚度不小于 8mm、曲率半径不小于 160mm 的碳素结构钢和低合金高强度结构钢对接全熔透焊缝，使用 A 型脉冲反射法手工超声波的质量检测。对于母材壁厚为 4 mm~8 mm、曲率半径为 60 mm~160 mm 的钢管对接焊缝与相贯节点焊缝应按照现行行业标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG / T 203 的有关规定执行。

7.2.6 根据防腐涂层厚度检测应满足《钢结构现场检测技术标准》对防腐涂层厚度检测的规定：

- （1）防腐涂层厚度的检测应在涂层干燥后进行，检测时构件的表面不应有结露；
- （2）防腐涂层厚度检测，应经外观检查合格后进行；
- （3）使用涂层测厚仪检测时，应避免电磁干扰；
- （4）同一构件应检测 5 处，每处应检测 3 个相距 50mm 的测点。测点部位的涂层应与钢材附着良好；
- （5）确定的检测位置应有代表性，在检测区域内分布宜均匀。检测前应清除测试点表面的防火涂层、灰尘、油污等；
- （6）检测前对仪器应进行校准。校准宜采用二点校准，经校准后方可测试；

(7) 应使用与被测构件基体金属具有相同性质的标准片对仪器进行校准，也可用待涂覆构件进行校准。检测期间关机再开机后，应对仪器重新校准；

(8) 涂层测厚仪的最大量程不应小于 1200 μm ，最小分辨率不应大于 2 μm ，示值相对误差不应大于 3%；

(9) 测试构件的曲率半径应符合仪器的使用要求。在弯曲试件的表面上测量时 应考虑其对测试准确度的影响；

(10) 测试时，测点距构件边缘或内转角处的距离不宜小于 20mm。探头与测点表面应垂直接触，接触时间宜保持 1s~2s，读取仪器显示的测量值，对测量值应进行打印或记录；

(11) 每处 3 个测点的涂层厚度平均值不应小于设计厚度的 85%，同一构件上 15 个测点的涂层厚度平均值不应小于设计厚度；

(12) 当设计对涂层厚度无要求时，涂层干漆膜总厚度：室外应为 150 μm ，室内应为 125 μm ，其允许偏差应为-25 μm 。

7.3 分析与评定

7.3.1 根据现行行业标准《城市桥梁养护技术规范》CJJ99 的要求作出本条规定。

7.3.3 通过综合检测，对可能影响结构正常工作的构件，评价其在下一次检查之前的退化情况，确定具有潜在退化可能的桥梁构件，提出相应的养护措施。

8 桥梁结构验算

8.1 一般规定

8.1.1 对于早期建造的桥梁，检算时应采用现行标准规定的荷载组合，以确保桥梁符合当前的使用条件。

8.1.4 对于资料缺失的桥梁，强调结构检算评定时所用计算模型的构件几何尺寸、变位、材料强度、缺损程度采用桥梁结构检测的实测值。对于不易检测到的桥梁部位，如深水水位以下的下部结构或隐蔽部位，构件几何尺寸、材料强度可参考同年代类似桥梁的设计资料或标准图取用，但缺损程度无法明确，检算评定时乘以截面折减系数以适当折减，截面折减系数不得大于已检结构的截面折减系数最小值。

8.2 结构上的作用

8.2.4 对于大跨径桥梁或复杂受力结构，温度作用将产生较大的结构附加内力。我国地域辽阔，温度作用的地区差异较大，对设有结构温度场长期观测点且观测数据足以建立温度作用模型的桥梁，可按实际情况进行检算。

8.3 结构检算及承载能力评定

8.3.1 本条规定的检算内容主要是梁的受弯承载力、受剪承载力和挠度变形，正截面和斜截面应力水平的检算还涉及钢筋混凝土特别是预应力混凝土梁的抗裂性问题。

8.3.2 本条 1 中第（1）项中的盖板叠接处是指叠接盖板第一行铆钉或螺栓截面处。

8.3.6 有倾斜或断裂等病害的墩台，是对承载力有影响的病害墩台。在检算中要考虑这些病害的影响，其它需要确定承载能力的墩台，如原来截面就比较小，后因线路抬高又进行加高的墩台；或原来架设钢梁后换架钢筋混凝土梁的墩台，都需要根据实际情况进行必要的检算。

8.3.9 钢筋截面折减系数主要考虑钢筋锈蚀对结构的危害，通常钢筋锈蚀在导致钢筋截面减少的同时，还伴有体积膨胀引起的混凝土沿钢筋爆裂，钢筋与混凝土之间的粘结力破坏，结构构件承载力降低，变形和裂缝增大等一系列不良后果，并随着时间的推移，锈蚀逐渐发展，最终可导致钢筋混凝土构件的破坏。有关钢筋混凝土梁的试验研究表明，钢筋锈蚀主要使梁的以下力学性能发生变化：

1 梁的承载力降低；

2 梁的延性性能退化；

3 钢筋与混凝土之间的粘结性能破坏；

4 梁的破坏形态发生变化。随着锈蚀量的增加，梁的垂直裂缝间距变大，接近支座处斜裂缝逐渐与受拉主筋方向的纵向裂缝连接，其破坏形态由适筋梁延性破坏转变为钢筋粘结撕裂的脆性破坏。

9 特殊检测

9.1 一般规定

9.1.1 本条提出了城市桥梁进行特殊检测的条件。除现行行业标准《城市桥梁养护技术规范》CJJ99 中规定的 6 种情形外，本规程另增加了 8 种情形。

9.1.2 特殊检测企业资质及人员要求有严格的规定。非专业单位和人员不得承担特殊检测工作。

9.1.5 根据桥梁的养管情况，初步评价桥梁的承载能力和使用状况。对承载能力有怀疑的桥梁进行进一步检测评定。对同一类或多跨的桥梁，可选择具有代表性或认为最不利的结构作为承载能力检测评定的对象，以减少工作量和工作强度。在选择承载能力检测评定对象时，在结构技术状况和结构受力上应体现最不利原则，在结构形式上应体现具有代表性原则。

9.2 静力荷载试验

9.2.1 在对桥梁进行了外观病害检查和结构材料检测之后，根据检测结果，对破损严重、结构材料状况差的桥梁应进行桥梁荷载试验。分析和了解桥梁的工作状态，从而判断桥梁结构的实际承载能力。

静力荷载试验主要是通过通过在桥梁结构上施加与设计荷载或使用荷载基本相当的外载，采用分级加载的方法，利用检测仪器测试桥梁结构的控制部位与控制截面在各级试验荷载作用下的挠度、应力、裂缝、横向分布系数等特性的变化，将测试结果与结构按相应荷载作用的计算值与有关规范定值作比较，检测桥梁最不利截面的变形和受力状态，从而推断桥梁结构在荷载作用下的实际工作状态和使用承载能力。通过校验系统来说明结构潜在的承载力，相对残余变形反映了结构的工作状态。但是静力荷载试验费时，费力，而且还必须中断交通，因此多在特别需要时才使用。

桥梁荷载试验的方法，是在桥梁结构主要控制截面安装各种传感器，在规定荷载作用下，通过仪器记录桥梁受力和变形数据。

桥梁荷载试验的实施分四个阶段：方案设计阶段、试验准备阶段、加载与测试阶段和分析报告阶段。其内容为：

- 1 方案设计阶段：通过资料分析和现场勘察，编写出详细的桥梁试验检测方案，明确试验目的和具体试验内容，以指导桥检。试验方案须经方案论证并经管理单位批准方可实施。
- 2 试验准备阶段：现场安装各种传感器和仪器设备。
- 3 加载与测试阶段：加载试验，采集数据。
- 4 分析报告阶段：数据统计、计算和分析，编写桥检报告。

9.2.2 准备工作对桥梁静力荷载试验是很重要的一部分，它将直接影响到试验的成败。

技术资料包括试验桥梁原有设计、施工和监理的基本资料，以及结构现状（包括存在的问题和缺陷）和必要的检算数据报告。

9.2.8 静力试验荷载应分级加载。对结构变位或应变较大的测点，应检测测点变位或应变与荷载的关系，分析结构工作状态，保证结构安全。

9.3 动力荷载试验

9.3.2 进行多联（孔）桥梁动载试验时，选择的联（孔）在结构形式上体现代表性原则，在结构技术状况和结构受力上体现最不利原则。

9.3.4 根据测试需要，加载车辆可以是单辆，也可以是两辆或多辆车。两辆或多辆车加载时，通常要注意车辆间的配合。

9.3.9 桥梁动挠度测试难度较大时，一般仅测试动应变以获得应变冲击系数。

9.3.12 对于大型桥梁，单辆车的荷载效率可能偏低，通常采用多辆车横向并列一排同步行驶进行行车试验。为保证试验的安全性，在纵桥向一般不安排车队。在实际操作中，为保证试验安全，荷载效率可酌情降低。对于装配式结构，在保证试验安全的情况下，动挠度测试通常按照车辆行驶的轨迹线进行，必要时在桥面绘制行车线路标志。

9.3.15 对行车试验的动挠度、动应变信号进行采集和处理时，若幅值分辨率太低，结构动态增量、冲击系数分析结果就会产生较大误差。当幅值分辨率为实测时程曲线最大幅值的1%时，并假定冲击系数为0.10，则幅值分辨率这一因素产生的冲击系数测试误差不超过5%。

10 运营监测

10.1 一般规定

10.1.1 为保障桥梁安全及正常运营，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 评估分析其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。联合监测是综合采用上述两种方法。

10.2 运营监测的准备工作

10.2.1~10.2.2 永久性控制监测可按照《公路养护技术规范》JTG H10进行永久性监测网建网及复测。

10.2.4 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尺寸和线型的变化，监测桥梁在运营期间，在活载、恒载及长期荷载作用下，桥梁各个主要断面位移变化的情况，预测桥梁病害及可能存在的危险，从而预警和掌握桥梁结构刚度变化情况及混凝土徐变作用情况；

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。

10.2.5 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，在此基础上，根据桥梁结构特点和具体监测目的来制定。运营监测方案应报设计单位、桥梁管养单位审核，并由业主单位审批。根据审批意见，形成实施细则。

10.3 运营监测的实施

10.3.1 监测频次是指每次采样时间间隔的长短，实施运营监测数据采集的密集程度；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。

10.3.3 当需要对传感器进行补偿时，目前多采用与测点局部条件接近的各种无应力补偿试件，包括均匀温度变化与均匀收缩的补偿试件和徐变的补偿试件。