ICS 19.020
CCS R 52

DB45

广 西 壮 族 自 治 区 地 方 标 准

DB 45/T 2229—2020

水运工程验证性检测规范

Code for verification inspection in port and waterway engineering

2020－12－28 发布　　2021－01－31 实施

广西壮族自治区市场监督管理局　　发 布

目 次

前 言 III
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 2
4 总则 2
5 基本规定 2
5.1 混凝土结构检测 2
5.2 预制构件检测 19
5.3 钢结构检测 24
5.4 基桩检测 35
5.5 地基检测 37
5.6 抛回填和砌筑材料质量检测 38
5.7 岸坡或基坑支护质量检测 39
5.8 帷幕灌浆、岩石固结灌浆及高喷墙防渗性能检测 40
6 高桩码头工程 41
6.1 混凝土结构检测 41
6.2 预制构件检测 42
6.3 钢结构检测 42
6.4 基桩检测 42
6.5 地基检测 42
6.6 抛回填和砌筑材料质量检测 42
6.7 岸坡或基坑支护检测 42
7 重力式码头与岸壁工程 43
7.1 混凝土结构检测 43
7.2 预制构件检测 44
7.3 钢结构检测 44
7.4 基桩检测 44
7.5 地基检测 44
7.6 抛回填和砌筑材料质量检测 44
7.7 回填砂检测 44
7.8 岸坡或基坑支护检测 44
7.9 帷幕灌浆防渗性能检测 45
8 道路堆场工程 45
8.1 基层 45

8.2 面层 46
9 船闸工程 50
9.1 混凝土结构检测 50
9.2 预制构件检测 51
9.3 钢结构检测 51
9.4 基桩检测 51
9.5 地基检测 51
9.6 抛回填和砌筑材料质量检测 52
9.7 岸坡或基坑支护检测 52
9.8 帷幕灌浆、岩石固结灌浆及高喷墙防渗性能检测 52
10 防波堤与护岸工程 52
10.1 混凝土结构检测 52
10.2 预制构件检测 53
10.3 基桩检测 53
10.4 地基检测 53
10.5 抛回填和砌筑材料质量检测 53
10.6 岸坡或基坑支护检测 53
10.7 帷幕灌浆防渗性能检测 53
11 航道整治工程 53
11.1 混凝土结构检测 53
11.2 抛回填和砌筑材料质量检测 54
11.3 护面质量检测 54
11.4 预制构件检测 55
11.5 基桩检测 55
11.6 地基检测 55
11.7 岸坡或基坑支护检测 55
12 航标工程 56
12.1 混凝土结构检测 56
12.2 钢结构检测 56
12.3 基桩检测 56
12.4 地基检测 56
附录A（规范性） 回弹值修正值 57
附录B（规范性） 芯样混凝土强度异常数据判别和处理 60
附录C（规范性） 灌浆工程钻孔注水试验 61
附录D（规范性） 围井注水试验 63

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。

本文件由广西壮族自治区交通运输厅提出并宣贯。

本文件由广西交通运输标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：广西交科集团有限公司、广西壮族自治区交通运输工程质量监测鉴定中心。

本文件主要起草人：廖德华、刘姝麟、张建球、宁子秋、李祖照、韦建农、谭诠、李金、梁光先、梁芳、吴晗、杨琳、邱海、唐巾评、潘新恩。

水运工程验证性检测规范

1 范围

本文件规定了水运工程验证性检测的术语和定义、总则、基本规定、高桩码头工程、重力式码头与岸壁工程、道路堆场工程、船闸工程、防波堤与护岸工程、航道整治工程以及航标工程。

本文件适用于广西地区水运工程验证性检测。对于特殊工程结构形式，可在本文件推荐的典型水运工程结构形式基础上，经过充分论证，对其检测项目和检测频率做出适当调整。

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。

GB/T 9286 色漆和清漆 漆膜的划格试验

GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定

GB 28635 混凝土路面砖

GB/T 29712 焊缝无损检测 超声检测 验收等级

GB/T 31586.1 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 涂层附着力/内聚力（破坏强度）的评定和验收准则 第1部分：拉开法试验

GB/T 31586.2 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 涂层附着力/内聚力（破坏强度）的评定和验收准则 第2部分：划格试验和划叉试验

GB 50550 建筑结构加固工程施工质量验收规范

GB/T 50621 钢结构现场检测技术标准

JGJ/T 182 锚杆锚固质量无损检测技术规程

JGJ/T 294 高强混凝土强度检测技术规程

JGJ/T 401 锚杆检测与监测技术规程

JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG E30 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程

JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

JTS/T 232 水运工程材料试验规程

JTS/T 236 水运工程混凝土试验检测技术规范

JTS 237 水运工程地基基础试验检测技术规程

JTS 239 水运工程混凝土结构实体检测技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

验证性检测 verification inspection

由质量监督机构或建设单位提出，由取得相应等级的《公路水运工程试验检测机构等级证书》和《检验检测机构资质认定证书》的检测单位对涉及结构安全或主要功能项目进行的复核性抽样检测。

3.2

随机抽样 random sampling

使检测批中每个个体具有相同被抽检概率的抽样方法。

3.3

约定抽样 agreed sampling

由于条件限制或出于特定的检测目的，由委托方确定或与检测方协商确定被检测构件抽取样本的方法。

3.4

检测批 inspection lot

检测项目相同、质量要求和生产工艺等基本相同，由一定数量构件或区域等构成的检测对象。

3.5

样本 sample

按一定程序从检测批中抽取的一个或多个个体。

3.6

干膜厚度 dry-film thickness

涂料硬化后存留在表面上的涂层的厚度。

4 总则

4.1 水运工程验证性检测应在自检合格的基础上进行。

4.2 承担水运工程验证性检测的单位或机构应取得《公路水运工程试验检测机构等级证书》，并在其等级证书注明的项目范围内开展验证性检测，承担验证性检测项目的负责人应具有水运工程试验检测师资格。

4.3 对于验证性检测不合格的工程，相关单位应按照有关规定采取相应措施。

4.4 在对广西水运工程进行验证性检测时，除应遵守本文件外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

5 基本规定

5.1 混凝土结构检测

5.1.1 混凝土强度检测

5.1.1.1 一般规定

5.1.1.1.1 混凝土强度检测，宜采用超声回弹综合法或回弹法，必要时可采用钻芯法。

5.1.1.1.2　测区位置应布置在混凝土结构无缺陷、无损伤且具有代表性的部位；当混凝土结构存在缺陷、损伤或者劣化时，应在报告中说明。

5.1.1.1.3　在使用超声回弹综合法或回弹法检测混凝土强度时，应优先采用该工程的专用或区域的测强曲线，专用测强曲线的制定方法符合 JTS 239 的有关规定；当无专用测强曲线时，应按照 5.1.1.2.10 或 5.1.1.3.8 计算混凝土强度代表值；当所用混凝土原材料或配合比设计具特殊性时，可与现场钻芯的抗压强度结果验证后使用。

5.1.1.1.4　符合下列条件的构件可作为同批构件，按检测批检测：

a)　混凝土设计强度等级相同；

b)　混凝土原材料、配合比、成型工艺、养护条件和龄期基本相同；

c)　构件种类相同；

d)　施工阶段所处状态基本相同。

5.1.1.2　回弹法检测

5.1.1.2.1　本方法适用于抗压强度为 10 MPa～50 MPa，且龄期为 28 d～1 000 d 的混凝土。不得用于表层与内部质量有明显差异或内部存在缺陷的混凝土结构或构件。抗压强度>50MPa 的混凝土强度检测参考 JGJ/T 294 的有关规定。

5.1.1.2.2　采用标称能量为 2.207 J 的回弹仪。在洛氏硬度 HRC 为 60±2 的钢砧上，回弹仪的率定值应为 80±2。

5.1.1.2.3　回弹仪使用时的环境温度应为-4 ℃～40 ℃。

5.1.1.2.4　回弹仪在检测前后，均应进行率定试验。率定方法应符合 JTS 239 的有关规定，率定结果应满足 5.1.1.2.2 的要求。

5.1.1.2.5　测区的布置应符合下列规定：

a)　按检测批检测时，构件的选取应满足随机抽样原则，抽样数量不宜少于同批构件总数的 30%且不宜少于 10 件。当检测批受检构件数量大于 30 件时，抽样数量可适当调整，并不得少于表 1 规定的最少抽样数量；

b)　按单个构件检测时，对于一般构件，测区数不宜少于 10 个。当受检构件数量大于 30 件且不需要提供单个构件推定强度，或受检构件某一方向尺寸不大于 4.5 m 且另一方向尺寸不大于 0.3 m 时，每个构件的测区数量可适当减少，但不应少于 5 个。对于大体积混凝土结构，可按混凝土体积、龄期、浇筑段等均匀布置测区，且每段测区数不宜少于 10 个；

c)　相邻两个测区的间距不宜大于 2 m，测区距离构件端部或施工缝边缘的距离不宜大于 0.5 m，且不宜小于 0.2 m；

d)　测区宜优先布置在使回弹仪处于水平方向的混凝土浇筑侧面。当不能满足这一要求时，可使回弹仪处于非水平方向的混凝土浇筑侧面、表面或底面；

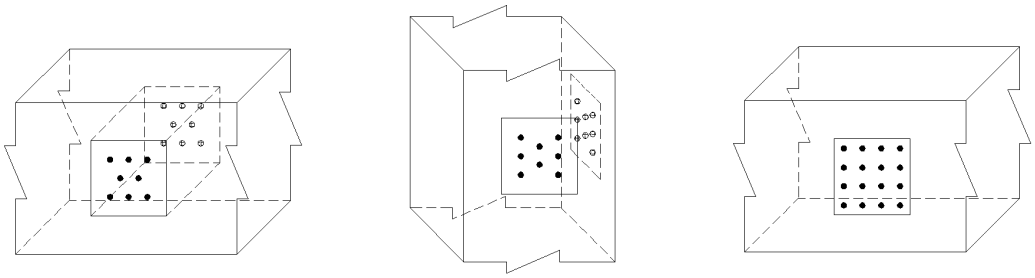
e)　测区宜布置在样本的两个对称或相邻可测试表面，当不能布置在对称或相邻的可测面上时也可布置在同一可测试面，并均匀分布。在构件的重要部位及薄弱部位应布置测区，并应避开预埋件；

f)　测区的面积不宜大于 0.04 m^2。采用对测法或角测法时，布置在两个对称或相邻可测试表面的测区应能分别容纳 8 个测点；采用平测法时，每个测区应能容纳 16 个测点。对测法、角测法与平测法的测区测点布置见图 1；

g)　检测泵送混凝土强度时，测区应选在混凝土浇筑侧面。

表1　抽样检测的最小样本容量

检测批的容量	样本最小容量	检测批的容量	样本最小容量	检测批的容量	样本最小容量
≤15	3	151～280	13	10 001～35 000	125
16～25	3	281～500	20	35 001～150 000	200
26～50	5	501～1200	32	150 001～500 000	315
51～90	5	1 201～3 200	50	＞500 000	500
91～150	8	3 201～10 000	80	—	—



a）对测法　　b）角测法　　c）平测法

图1　回弹法测区测点示意图

5.1.1.2.6　测区表面应为混凝土原浆面，并应清洁、平整、干燥，不应有疏松层、粉刷层、浮浆、蜂窝和麻面等表观缺陷。

5.1.1.2.7　回弹值的测定应符合下列规定：

a)　测点应在测区范围内均匀分布，相邻两测点间的净距离不宜小于 20 mm；测点与外露钢筋或预埋件的距离不宜小于 30 mm；

b)　测点不应在气孔或外露石子上，且同一测点只应弹击一次；

c)　回弹仪的轴线应始终垂直于结构或构件的混凝土检测面，弹击时应缓慢均匀施压，不宜用力过猛或冲击，准确读数并快速复位。

5.1.1.2.8　混凝土表面碳化深度的测定应符合下列规定：

a)　回弹值测量完毕后，应在有代表性的测区上测量碳化深度值，测点数不应少于测区数量的 30%且不少于 3 个，并且应分布在不同测区；

b)　碳化深度值测量，可采用电动冲击锤或钻芯机等工具在测区表面形成直径约 15mm 的孔洞，孔洞深度应大于混凝土的碳化深度，孔洞中的粉末和碎屑应清理干净，并且不得用水清洗；

c)　采用浓度为 1%～2%的酚酞酒精溶液滴在孔洞内壁的边缘处，当已碳化与未碳化界线清晰时，再用碳化深度测量仪测量已碳化与未碳化混凝土交界面处到混凝土表面的垂直距离。测量 3 次，每次读数精确至 0.25 mm，取其平均值为单个测点的碳化深度值，并精确至 0.5 mm。所有测点碳化深度值的平均值为该样本每测区的碳化深度值，并精确至 0.5mm。当单个测点的碳化深度值极差＞2.0 mm 时，应在每一测区测量碳化深度值。

5.1.1.2.9　回弹值的计算应符合下列规定：

a)　测区回弹值应以回弹仪水平方向检测混凝土浇筑侧面的测试值为基准；

b)　计算测区回弹代表值时，应从该测区的 16 个回弹测点值中剔除 3 个最大值和 3 个最小值，取其余的 10 个回弹值按式（1）计算测区回弹代表值；

$$R_{\mathrm{m}}=\frac{1}{10}\sum_{i=1}^{10}R_i \cdots\cdots (1)$$

式中：

R_{m}——测区回弹代表值，精确至0.1；

R_i——第 i 个测点的回弹值。

c) 当回弹仪在非水平方向检测混凝土浇筑侧面时，应按式（2）换算成水平方向检测混凝土浇筑侧面回弹代表值；

$$R_{\mathrm{m}}=R_{\mathrm{m}\alpha}+R_{\mathrm{a}\alpha} \cdots\cdots (2)$$

式中：

R_{m}——测区回弹代表值，按式（1）计算，精确至0.1；

$R_{\mathrm{m}\alpha}$——非水平方向检测时测区回弹代表值，精确至0.1；

$R_{\mathrm{a}\alpha}$——非水平方向检测时回弹值修正值，按附录A的规定采用。

d) 当回弹仪在水平方向检测混凝土浇筑表面和底面时，应分别按式（3）和式（4）换算成水平方向检测混凝土浇筑侧面回弹代表值；

$$R_{\mathrm{m}}=R_{\mathrm{m}}^{\mathrm{t}}+R_{\mathrm{a}}^{\mathrm{t}} \cdots\cdots (3)$$

$$R_{\mathrm{m}}=R_{\mathrm{m}}^{\mathrm{b}}+R_{\mathrm{a}}^{\mathrm{b}} \cdots\cdots (4)$$

式中：

R_{m}——测区回弹代表值，按式（1）计算，精确至0.1；

$R_{\mathrm{m}}^{\mathrm{t}}$——水平方向检测混凝土浇筑表面时，测区回弹代表值，精确至0.1；

$R_{\mathrm{a}}^{\mathrm{t}}$——混凝土浇筑表面回弹值的修正值，按附录A的规定采用；

$R_{\mathrm{m}}^{\mathrm{b}}$——水平方向检测混凝土浇筑底面时，测区回弹代表值，精确至0.1；

$R_{\mathrm{a}}^{\mathrm{b}}$——混凝土浇筑底面回弹值的修正值，按附录A的规定采用。

e) 当测试时回弹仪为非水平方向且测试面为非混凝土的浇筑侧面时，应先按式（2）对回弹值进行角度修正，然后用角度修正后的回弹值按式（3）或式（4）再进行修正。

5.1.1.2.10 混凝土强度代表值的确定应符合下列规定：

a) 混凝土强度代表值宜按式（5）或式（6）计算，也可按 JTS 239 的有关公式计算：

1) 非泵送混凝土：

$$f_{\mathrm{cu},i0}^{\mathrm{c}}=1.9346R_{\mathrm{m},i}-35.1560 \cdots\cdots (5)$$

2) 泵送混凝土：

$$f_{\mathrm{cu},i0}^{\mathrm{c}}=1.9332R_{\mathrm{m},i}-33.5562 \cdots\cdots (6)$$

式中：

$f_{\mathrm{cu},i0}^{\mathrm{c}}$——第 i 测区混凝土强度代表值（MPa），精确至0.1 MPa；

$R_{\mathrm{m},i}$——第 i 测区回弹代表值，精确至0.1。

b) 当混凝土表面碳化深度值不小于 1.0 mm 时，应按式（7）进行混凝土强度代表值的碳化因素修正：

$$f_{\mathrm{cu},i}^{\mathrm{c}} = \eta f_{\mathrm{cu},i0}^{\mathrm{c}} \cdots\cdots (7)$$

式中：

$f_{\mathrm{cu},i}^{\mathrm{c}}$——经碳化深度修正后的混凝土强度代表值（MPa），精确至0.1 MPa；

η——碳化深度因素修正回弹法检测混凝土强度代表值的系数，按表2的规定采用。

表2　η值

强度（MPa）	碳化深度值					
	1.0 mm	2.0 mm	3.0 mm	4.0 mm	5.0 mm	≥6.0 mm
10.0～19.9	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70
20.0～29.9	0.94	0.88	0.82	0.75	0.73	0.65
30.0～39.9	0.93	0.86	0.80	0.73	0.68	0.60
40.0～50.0	0.92	0.84	0.78	0.71	0.65	0.58
注：当碳化深度值修约至0.5 mm的奇数倍时，应采用内插法查表。						

5.1.1.2.11　混凝土强度推定值的确定应符合下列规定：

a)　当检测批或单个样本的测区总数少于 10 个时，混凝土强度推定值宜按式（8）计算：

$$f_{\mathrm{cu,e}} = f_{\mathrm{cu,min}}^{\mathrm{c}} \cdots\cdots (8)$$

式中：

$f_{\mathrm{cu,e}}$——检测批或单个样本混凝土强度推定值（MPa），精确至0.1 MPa；

$f_{\mathrm{cu,min}}^{\mathrm{c}}$——混凝土强度代表值的最小值（MPa），精确至0.1 MPa。

b)　当检测批或单个样本的测区总数不少于 10 个时，混凝土强度推定值应按式（9）～式（11）计算：

$$f_{\mathrm{cu,m}}^{\mathrm{c}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} f_{\mathrm{cu},i}^{\mathrm{c}} \cdots\cdots (9)$$

$$s_{f_{\mathrm{cu}}^{\mathrm{c}}} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(f_{\mathrm{cu},i}^{\mathrm{c}} - f_{\mathrm{cu,m}}^{\mathrm{c}}\right)^2} \cdots\cdots (10)$$

$$f_{\mathrm{cu,e}} = f_{\mathrm{cu,m}}^{\mathrm{c}} - 1.645 s_{f_{\mathrm{cu}}^{\mathrm{c}}} \cdots\cdots (11)$$

式中：

$f_{\mathrm{cu,m}}^{\mathrm{c}}$——混凝土强度代表值的平均值（MPa），精确至0.1 MPa；

n——测区数量（个）；

$f_{\mathrm{cu},i}^{\mathrm{c}}$——第$i$测区混凝土强度代表值（MPa），精确至0.1 MPa；

$s_{f_{\mathrm{cu}}^{\mathrm{c}}}$——混凝土强度代表值的标准差（MPa），精确至0.01 MPa，取值不小于$\sigma_0 - 2.0$（MPa）；

σ_0——混凝土强度标准差的平均水平的值（MPa），按表 3 选取；

$f_{\mathrm{cu,e}}$——检测批或单个样本混凝土强度推定值（MPa），精确至0.1 MPa。

c)　当测区混凝土强度代表值中出现小于 10.0 MPa 时，混凝土强度推定值应小于 10.0 MPa。

表3　混凝土强度标准差的平均水平的值

强度等级	＜C20	C20～C40	＞C40
σ_0（MPa）	3.5	4.5	5.5

5.1.1.3　超声回弹综合法检测

5.1.1.3.1　本方法适用于抗压强度为 10 MPa～50 MPa，且龄期≥28 d 的混凝土。不得用于因冻害、化学腐蚀等造成表面损伤和均质性不合格的混凝土强度检测。抗压强度＞50 MPa 的混凝土强度检测应符合 JGJ/T 294 的有关规定。

5.1.1.3.2　混凝土测试表面状况应符合 5.1.1.2.6 的规定。

5.1.1.3.3　测区的布置应符合下列规定：

a)　按检测批检测时，构件的选取应满足随机抽样原则，抽样数量不宜少于同批构件总数的 30%且不宜少于 10 件。当检测批受检构件数量大于 30 件时，抽样数量可适当调整，并不得少于表 1 规定的最少抽样数量；

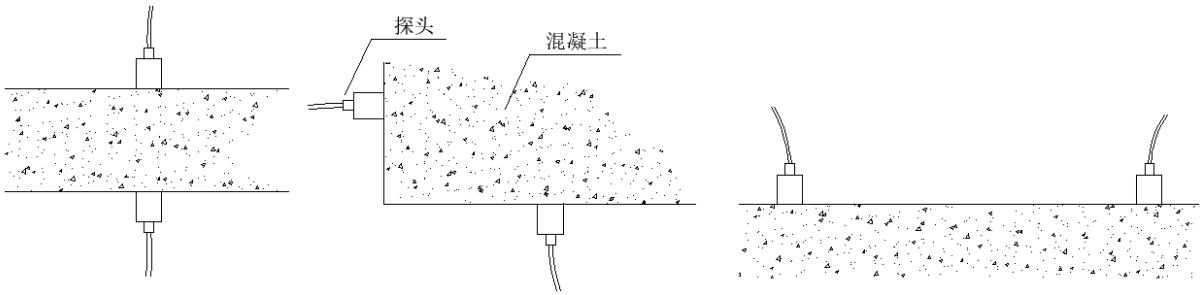
b)　按单个构件检测时，对于一般构件，测区数宜不少于 10 个。当受检构件数量大于 30 件且不需要提供单个构件推定强度，或受检构件某一方向尺寸不大于 4.5m 且另一方向尺寸不大于 0.3m 时，每个构件的测区数量可适当减少，但不应少于 5 个。对于大体积混凝土结构，可按混凝土体积、龄期、浇筑段等均匀布置测区，且每段测区数不宜少于 10 个；

c)　测区宜优先布置在使回弹仪处于水平方向的混凝土浇筑侧面。当不能满足这一要求时，可使回弹仪处于非水平方向的混凝土浇筑侧面、表面或底面；

d)　测区宜布置在样本的两个对称或相邻可测试表面，当不能布置在对称或相邻的可测面上时也可布置在同一可测试面，并均匀分布，超声测试面示意见图 2。在构件的重要部位及薄弱部位应布置测区，并应避开预埋件；

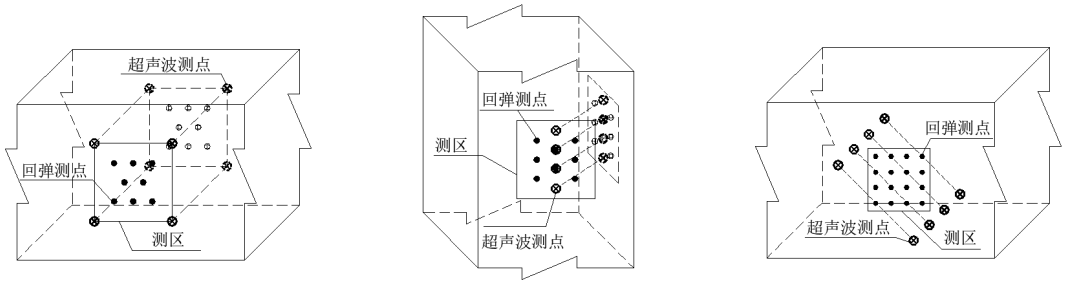
e)　相邻测区间距不宜大于 2m，测区的面积不宜大于 0.04m^2。采用对测法或角测法时，布置在两个对称或相邻可测试表面的测区各包括 8 个回弹值测点和 4 个超声波测点；采用平测法时，每个测区包括 16 个回弹值测点和 4 对超声波测点，对测法、角测法与平测法的测区测点布置见图 3；

f)　对每一测区，应先进行回弹测试，后进行超声测试。



a）对测法　　b）角测法　　c）平测法

图2　超声测试面示意图



a）对测法　　b）角测法　　c）平测法

图3　超声回弹综合法测区测点示意图

5.1.1.3.4　采用标称能量为 2.207 J 的混凝土回弹仪，回弹值的测定应符合 5.1.1.2.7 的规定。

5.1.1.3.5　声速值的测定应符合下列规定：

a)　超声波测点应布置在回弹测试的同一测区内，当采用平测法时，应进行平测法测试修正；

b)　超声波检测仪宜在温度为 0 ℃～40 ℃、电源电压在（220±22）V 的环境下使用；

c)　超声波测试前，超声波检测仪宜先进行调零并记录声时值初读数；

d)　超声波测试时，换能器辐射面应通过耦合剂与混凝土测试面耦合良好；

e)　声时值测量应精确至 0.1 μs，超声测距测量应精确至 1 mm，且测量误差不应超过±1%。声速计算应精确至 0.01 km/s；

f)　布置超声平测点时，宜使超声波换能器间的连线与附近钢筋轴线成 40°～50°，超声测距（换能器内边缘距离）宜为 350 mm～450 mm。

5.1.1.3.6　声速值的计算应符合下列规定：

a)　当在混凝土浇筑方向的侧面进行测试时，声速代表值应根据该测区中 4 个测点的声速值按式（12）进行计算；

$$v_{\mathrm{m}}=\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}\frac{l_i}{t_i-t_0} \qquad (12)$$

式中：

v_{m}——测区混凝土中声速代表值（km/s），精确至0.01 km/s；

l_i——第i个测点的超声测距（mm），精确至1 mm；

t_i——第i个测点的声时读数（μs），精确至0.1μs；

t_0——声时初读数（μs），精确至0.1μs。

b)　当在混凝土浇筑的顶面和底面进行测试时，应对超声测试面进行修正，测试面的测区声速代表值应按式（13）进行修正；

$$v_{\mathrm{m}}=\frac{\beta}{4}\sum_{i=1}^{4}\frac{l_i}{t_i-t_0} \qquad (13)$$

式中：

β——超声测试面的声速修正系数，在混凝土浇筑的顶面和底面间对测时，β=1.034；在混凝土浇筑的顶面平测时，β=1.05；在混凝土浇筑的底面平测时，β=0.95。

c)　当进行超声平测时，宜采用同一构件的对测声速与平测声速之比求出修正系数λ，对平测声速应按式（14）进行修正。当被测结构或构件不具备对测与平测的对比条件时，宜选取有代表性的部位，以测距l＝200 mm、250 mm、300 mm、350 mm、400 mm、450 mm、500 mm，逐点测读相应

的声时值t，用回归分析方法求出直线方程$l=a+bt$。利用回归系数b与各测点平测声速的平均值之比求出修正系数λ，对平测声速进行修正。

$$v_{\mathrm{m}}=\frac{\lambda\beta}{4}\sum_{i=1}^{4}\frac{l_i}{t_i-t_0} \quad \cdots\cdots (14)$$

式中：

λ——平测声速修正系数，精确至0.01。

5.1.1.3.7 同一测区声速代表值和回弹代表值的数据处理应符合下列规定：

a) 按5.1.1.2.9的要求计算回弹代表值；

b) 按5.1.1.3.6的要求计算声速代表值；

c) 计算样本混凝土强度时，非同一测区内的回弹值和声速值不得混用。

5.1.1.3.8 混凝土强度代表值宜按式（15）或式（16）计算，也可按JTS 239的相关规定计算：

a) 非泵送混凝土：

$$f_{\mathrm{cu},i}^{\mathrm{c}}=0.0246v_{\mathrm{m},i}^{0.6534}R_{\mathrm{m},i}^{1.7506} \quad \cdots\cdots (15)$$

b) 泵送混凝土：

$$f_{\mathrm{cu},i}^{\mathrm{c}}=0.0339v_{\mathrm{m},i}^{0.2154}R_{\mathrm{m},i}^{1.8538} \quad \cdots\cdots (16)$$

式中：

$f_{\mathrm{cu},i}^{\mathrm{c}}$——第$i$测区混凝土强度代表值（MPa），精确至0.1 MPa；

$v_{\mathrm{m},i}$——第i测区超声波声速代表值（km/s），精确至0.01 km/s；

$R_{\mathrm{m},i}$——第i测区回弹代表值，精确至0.1。

5.1.1.3.9 混凝土强度推定值的确定应符合5.1.1.2.11的规定。

5.1.1.4 钻芯法检测

5.1.1.4.1 钻芯法适用于混凝土强度在10 MPa～80 MPa范围内混凝土结构或构件。

5.1.1.4.2 芯样钻取的位置应满足下列要求：

a) 结构或构件受力较小的部位；

b) 混凝土强度具有代表性的部位；

c) 便于钻芯机安放与操作的部位；

d) 避开主筋、预埋件和管线的部位。

5.1.1.4.3 混凝土芯样的钻取和加工应符合JTS 239的有关规定。钻芯后留下的孔洞应及时进行修补。

5.1.1.4.4 按检测批进行检测时，在抽取的每个样本至少应钻取1组芯样，每组芯样试件的直径和数量应符合表4的规定。

5.1.1.4.5 芯样抗压强度试验应符合JTS/T 236的有关规定。

5.1.1.4.6 当破型后的试件出现下列情况时，应剔除该芯样试件的试验结果：

a) 含有大于芯样直径0.5倍粒径的粗骨料；

b) 含有蜂窝、孔洞等缺陷；

c) 试件侧面出现斜向裂缝。

表4　单组芯样试件数量

芯样直径（mm）	100	75～65	60～50
数量（个）	1	3	5

5.1.1.4.7　芯样抗压强度测试值应按式（17）计算。

$$f_{cor}=\frac{4\alpha F_c}{\pi d^2} \cdots\cdots (17)$$

式中：

f_{cor}——芯样试件的抗压强度测试值（MPa），精确至0.1 MPa；

α——芯样尺寸效应系数，当芯样直径=100 mm时，α=1；当芯样直径＜100 mm时，α=1.12；

F_c——芯样试件抗压试验的破坏荷载（N），精确至1 N；

d——芯样直径（mm），精确至0.5 mm。

5.1.1.4.8　单组芯样混凝土强度代表值的确定应符合下列规定：

a)　芯样直径 100 mm 的 1 个芯样，其测试值为芯样混凝土强度代表值；

b)　芯样直径（75～65） mm 的 3 个芯样，其芯样混凝土强度代表值应按下列方法确定：

1)　以 3 个试件抗压强度测试值的算术平均值为芯样混凝土强度代表值；

2)　当 3 个试件抗压强度测试值中出现最大值或最小值与中间值相差超过 15％时，取中间值为芯样混凝土强度代表值；

3)　当 3 个试件抗压强度中出现的最大值和最小值与中间值相差均超过 15％时，该组数据无效。

c)　芯样直径（60～50）mm 的 5 个芯样，其芯样混凝土强度代表值应按下列方法确定：

1)　按附录 B 对 5 个试件抗压强度测试值进行异常数据的判别和处理；

2)　当无异常值时，以 5 个试件抗压强度测试值的算术平均值为芯样混凝土强度代表值；

3)　当异常值不多于 2 个时，以剩余试件抗压强度测试值的算术平均值作为芯样混凝土强度代表值；

4)　当异常值多于 2 个时，该组数据无效。

5.1.1.4.9　当对单个样本检测时，在单个样本上钻取的芯样试件数量应至少是表 4 规定数量的 3 倍，并取得单组芯样混凝土强度代表值。

5.1.1.5　合格判定标准

5.1.1.5.1　回弹法或超声回弹综合法检测混凝土强度的判定应符合下列规定：

a)　以混凝土强度推定值进行合格评定，当推定值大于或等于混凝土设计强度等级标准值时，可判为合格，反之，初步判为不合格；

b)　按检测批检测时，当该批样本 $f^{c}_{cu,m}$ 小于 25 MPa、$s_{f^{c}_{cu}}$ 大于 4.5 MPa 时；或 $f^{c}_{cu,m}$ 不小于 25 MPa、$s_{f^{c}_{cu}}$ 大于 5.5 MPa 时，则该批样本应全部按单个样本检测和判定；

c)　当检测批被初步判定为不合格时，应通过钻芯法进行修正。芯样试件的数量和钻芯位置应满足下列要求：

1)　芯样采用回弹法或超声回弹综合法检测的样本测区中随机抽取，钻芯位置与回弹法或超声回弹综合法检测的样本测区重合；

2)　芯样试件数量不少于表 4 规定数量的 6 倍；

3)　按 5.1.1.4 的有关规定测得单组芯样试件的强度代表值；

4) 按附录 B 对单组芯样试件强度代表值进行异常数据的判别和处理；

5) 单组芯样试件强度代表值的算术平均值作为钻芯法检测样本修正强度的平均值。

d) 总体修正量和修正的混凝土强度代表值可分别按式（18）和式（19）计算；

$$\Delta_{f,\mathrm{tot}} = f_{\mathrm{cor,m}} - f^{\mathrm{c}}_{\mathrm{cu,m0}} \quad (18)$$

$$f^{\mathrm{c}}_{\mathrm{cu},i1} = f^{\mathrm{c}}_{\mathrm{cu},i0} + \Delta_{f,\mathrm{tot}} \quad (19)$$

式中：

$\Delta_{f,\mathrm{tot}}$——总体修正量（MPa），精确至0.1 MPa；

$f_{\mathrm{cor,m}}$——钻芯法测得样本修正强度的平均值（MPa），精确至0.1 MPa；

$f^{\mathrm{c}}_{\mathrm{cu,m0}}$——被修正方法检测得到的样本修正强度代表值的平均值（MPa），精确至0.1 MPa；

$f^{\mathrm{c}}_{\mathrm{cu},i1}$——修正后测区混凝土强度代表值（MPa），精确至0.1 MPa；

$f^{\mathrm{c}}_{\mathrm{cu},i0}$——修正前测区混凝土强度代表值（MPa），精确至0.1 MPa。

e) 应采用修正后的强度代表值，按 5.1.1.2.11 计算混凝土强度推定值，再按 5.1.1.5.1 a）和 b）进行混凝土强度判定的复验；

f) 当复验结果仍判该检测批为不合格时，应按下列规定进行再检验：

1) 由未被抽检样本组成新的检测批，随机抽取 30%的样本进行检测，并按 5.1.1.5.1 a）和 b）进行混凝土强度判定；

2) 当新的检测批又被判为不合格时，则检测剩余的全部样本，并按单个样本逐个进行强度判定。

g) 当单个样本被初步判定为不合格时，应按 5.1.1.4 的相关规定进行钻芯法复验检测。

5.1.1.5.2 钻芯法检测混凝土强度的判定应符合下列规定：

a) 混凝土强度代表值个数不少于 9 个时，混凝土强度值的平均值和标准差分别按式(20)和式(21)进行计算，能同时满足式（22）和式（23）要求时，可判为合格，反之，则判为不合格；

$$f'_{\mathrm{cu,m}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} f'_{\mathrm{cu},i} \quad (20)$$

$$s_{f'_{\mathrm{cu}}} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(f'_{\mathrm{cu},i} - f'_{\mathrm{cu,m}}\right)^2} \quad (21)$$

$$f'_{\mathrm{cu,m}} - s_{f'_{\mathrm{cu}}} \geqslant f_{\mathrm{cu,k}} \quad (22)$$

$$f'_{\mathrm{cu,min}} \geqslant f_{\mathrm{cu,k}} - c\sigma_0 \quad (23)$$

式中：

$f'_{\mathrm{cu,m}}$——混凝土强度代表值的平均值（MPa），精确至0.1 MPa；

$f'_{\mathrm{cu},i}$——第 i 个混凝土强度代表值（MPa），精确至 0.1 MPa；

$s_{f'_{\mathrm{cu}}}$——混凝土强度代表值的标准差（MPa），精确至 0.01 MPa，取值不小于 $\sigma_0 - 2.0$（MPa），σ_0 取值见表 3；

n——混凝土强度代表值的数量（个）；

$f_{\mathrm{cu,k}}$——混凝土立方体抗压强度标准值（MPa）；

$f'_{cu,min}$——混凝土强度代表值中的最小值（MPa），精确至 0.1 MPa；
σ_0——混凝土强度标准差的平均水平的值（MPa），按表 3 选取；
c——强度代表值数量影响系数，按表 5 选取。

表5　系数 c

强度代表值数量（个）	9	10～19	≥20
c	0.7	0.9	1.0

b)　当混凝土强度代表值为 3～8 个时，能同时满足式（24）和式（25）要求时，可判为合格，反之，则判为不合格。

$$f'_{cu,m} \geqslant f_{cu,k} + \sigma_0 \cdots\cdots (24)$$

$$f'_{cu,min} \geqslant f_{cu,k} - 0.5\sigma_0 \cdots\cdots (25)$$

式中：
$f'_{cu,m}$——混凝土强度代表值的平均值（MPa），精确至0.1 MPa；
$f_{cu,k}$——混凝土立方体抗压强度标准值（MPa），精确至 0.1 MPa；
σ_0——混凝土强度标准差的平均水平的值（MPa），按表 3 选取；
$f'_{cu,min}$——混凝土强度代表值中的最小值（MPa），精确至 0.1 MPa。

5.1.2　混凝土耐久性检测

5.1.2.1　一般规定

5.1.2.1.1　水运工程混凝土结构耐久性检测包括混凝土抗氯离子渗透性能、混凝土抗水渗透性能、混凝土表面涂层质量与混凝土表面硅烷浸渍质量检测。
5.1.2.1.2　混凝土耐久性检测项目应在现场实体结构或构件上钻取芯样或直接检测，钻取芯样位置应布置在混凝土结构无缺陷、无损伤且具有代表性的部位。

5.1.2.2　混凝土抗氯离子渗透性能检测

5.1.2.2.1　混凝土抗氯离子渗透性能检测应在混凝土结构上钻取芯样，宜采用电通量法检测芯样试件的抗氯离子渗透性能，也可参考 JTS/T 236 的电迁移试验法。
5.1.2.2.2　电通量法检测抗氯离子渗透性能的芯样试件应符合下列要求：

a)　本方法不适用于掺亚硝酸盐和含有钢筋、钢纤维等良导电材料的混凝土；
b)　按检测批检测时，每个样本应至少钻取 1 组芯样，3 个芯样为 1 组；按单个样本检测时，应至少钻取 3 组芯样试件。预制构件按同类构件且混凝土数量不大于 20 000 m^3 为 1 个样本，现浇构件的同类构件至少应作为 1 个样本；
c)　每孔钻取芯样直径宜为 100 mm，长度不宜小于 70 mm，并宜加工成 1 个芯样试件；
d)　芯样试件骨料最大直径不宜大于 25 mm；
e)　钻取芯样加工处理成直径（100±1）mm、高度（50±2）mm，且端面光滑平整的圆柱体试件；
f)　电通量法测定混凝土抗氯离子渗透性能的操作应符合 JTS/T 236 中抗氯离子渗透性能试验的规定。

5.1.2.2.3 电通量法测定抗氯离子渗透性能，电通量平均值应按式（26）进行计算，同时满足式（27）和式（28）时，可判为合格，反之，则判为不合格。

$$Q_{\mathrm{m}}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}Q_i \quad\cdots\cdots(26)$$

$$Q_{\mathrm{m}}\leqslant Q_{\mathrm{s}} \quad\cdots\cdots(27)$$

$$Q_{\max}\leqslant 1.15Q_{\mathrm{s}} \quad\cdots\cdots(28)$$

式中：

Q_{m}——电通量平均值（C），精确至1 C；

Q_i——第 i 组电通量代表值（C），精确至 1 C；

Q_{s}——电通量设计值（C）；

n——试件组数（组）；

$Q_{\max}$——电通量代表值的最大值（C），精确至 1 C。

5.1.2.3 混凝土抗水渗透性能检测

5.1.2.3.1 混凝土抗水渗透性能检测应在混凝土结构或构件上钻取芯样，通过逐级加压法测定混凝土的抗渗性。

5.1.2.3.2 抗渗等级相同且同一配合比的混凝土结构应划分为一个检测批。跨年度施工时，至少应划分为两个检测批。

5.1.2.3.3 逐级加压法检测抗渗性能的芯样试件应符合下列规定：

a) 钻取芯样的方向应与混凝土结构承受水压的方向一致；
b) 每批应至少钻取 1 组芯样，每 6 个芯样为 1 组；
c) 钻取芯样的直径宜为 150 mm，长度不宜小于 200 mm；
d) 芯样宜加工处理成直径和高度均为（150±2） mm 的圆柱体试件；
e) 圆柱体试件放入抗渗试模中，保持与试模同心，采用环氧树脂砂浆将试件与抗渗试模之间的缝隙灌满捣实，并避免试件端面沾染环氧树脂砂浆。应在环氧树脂砂浆硬化后脱模，脱模后环氧树脂砂浆与圆柱体试件共同形成抗渗试件；
f) 试件应浸没于温度（20±2）℃不流动的饱和石灰水中或置于温度（20±2）℃、相对湿度 95%以上的混凝土标准养护室养护至试验龄期。

5.1.2.3.4 抗渗试验应符合 JTS/T 236 的有关规定。

5.1.2.3.5 抗渗等级的判定应符合下列规定：

a) 同一检测批的每组试件试验结果均应参与评定，不得随意舍弃一组数据；
b) 各组试件抗渗等级均应达到设计抗渗等级。

5.1.2.4 混凝土表面涂层质量检测

5.1.2.4.1 混凝土表面涂层质量检测应直接在有涂层的混凝土结构表面上进行，检测内容包括涂层干膜厚度和涂层附着力。

5.1.2.4.2 宜采用量程（0～2 000） μm，精度±5%的超声波涂层测厚仪或涂层显微镜式测厚仪测定涂层干膜厚度；宜采用量程（0～20）MPa，精度 ± 1 %的拉拔式附着力测定仪测定涂层附着力。

5.1.2.4.3　附着力检测采用钢标准块，可根据实际情况选用方形或圆形。方形钢标准块的尺寸宜为40㎜×40㎜；圆形钢标准块的直径宜为50㎜；钢标准块的厚度不应小于20㎜，且应采用45号钢制作。

5.1.2.4.4　混凝土表面涂层质量检测应符合下列规定：

a)　应在涂装至少7 d后进行附着力的检测，且钢标准块粘结剂的硬化时间不应低于24 h；

b)　不同结构、不同构件每2 000 m^2涂层表面宜为一个样本，每个样本应随机抽取3个测区，每个测区面积应为50 m^2，每个测区应包括10个干膜厚度测点和3个附着力测点；

c)　涂层干膜厚度检测时，读取每个测点的涂层厚度，计算每测区10个测点干膜厚度算术平均值；

d)　涂层附着力检测应符合GB 50550的有关规定，计算9个测点的算数平均值代表该样本涂层的附着力。

5.1.2.4.5　涂层质量的要求应符合下列规定：

a)　满足干膜厚度设计值的测点数量不应少于 80%，且最小干膜厚度不应小于干膜厚度设计值的80%；

b)　干膜厚度平均值不应小于干膜厚度设计值；

c)　附着力代表值应满足设计要求，最小附着力不应小于设计值的 80%；当无设计要求时，附着力代表值不应小于1.5 MPa，最小附着力不小于1.2 MPa。

5.1.2.4.6　单个样本涂层质量的判定应符合下列规定：

a)　当涂层质量同时满足5.1.2.4.5 a）、b）、c）的要求时，应判定涂层质量合格；

b)　当涂层质量满足5.1.2.4.5 a）和c）的要求时，而涂层质量不满足5.1.2.4.5 b）的要求时，应初步判定涂层质量不合格；

c)　当初步判定涂层质量不合格时，应在同一样本上进行第二次等量取样检测，再按下列要求判定涂层质量：

1)　第二次检测的涂层质量不满足5.1.2.4.5 a）或c）的要求时，判定涂层质量不合格；

2)　第二次检测的涂层质量满足5.1.2.4.5 a）和c）的要求时，计算两次检测的测点涂层厚度平均值，当平均值满足5.1.2.4.5 b）的要求时，判定涂层质量合格，否则判定不合格。

d)　当涂层质量不满足5.1.2.4.5 a）或b）的要求时，应判定涂层质量不合格。

5.1.2.5　混凝土表面硅烷浸渍质量检测

5.1.2.5.1　混凝土表面硅烷浸渍质量检测应在自检合格的基础上进行。

5.1.2.5.2　混凝土表面硅烷浸渍质量检测应包含混凝土浸渍表面的芯样试件的吸水率、硅烷浸渍深度及氯化物吸收量降低效果。

5.1.2.5.3　芯样试件宜直接在混凝土结构上钻取，钻芯时应保护好芯样的混凝土表面。圆柱体试件应在芯样上包含硅烷浸渍表面一侧切取，并保留原浸渍表面。

5.1.2.5.4　混凝土表面硅烷浸渍质量检测应符合下列规定：

a)　试件应按照吸水率、硅烷浸渍深度及氯化物吸收量降低效果的试验目的分为3组，每组应包含3个芯样；

b)　吸水率试验钻取的芯样加工成直径为（50±5） ㎜、高度不低于100㎜的芯样试件；硅烷浸渍深度染料指示法钻取的芯样加工成直径为（50±5）㎜、高度不低于 45㎜ 的芯样试件，硅烷浸渍深度热分解气相色谱法钻取的芯样加工成直径为（100±5）㎜、高度不低于45㎜的芯样试件；氯化物吸收量降低效果钻取的芯样加工成直径为（100±5）㎜、高度不低于45㎜的芯样试件；

c)　氯化物吸收量降低效果应另取3个空白芯样作对比试件。空白芯样应在喷涂硅烷前钻取，硅烷浸渍芯样应在最后一次硅烷喷涂完毕至少7 d后钻取；

d) 不同结构、不同构件每 4 000 m^2 浸渍面积宜为一个样本，在每个样本上随机抽取 9 个测点，每个测点钻取一个芯样；

e) 芯样试件的吸水率、硅烷浸渍深度及氯化物吸收量降低效果试验应符合 JTS 239 的有关规定。

5.1.2.5.5 硅烷浸渍质量的要求应符合下列规定：

a) 吸水率不大于 0.01 $mm/min^{1/2}$；

b) 普通混凝土浸渍深度不小于 3 mm，高性能混凝土浸渍深度不小于 2 mm；

c) 氯化物吸收量的降低效果不小于 90%。

5.1.2.5.6 单个样本硅烷浸渍质量的判定应符合下列规定：

a) 硅烷浸渍质量满足 5.1.2.5.5 的要求时，应判定硅烷浸渍质量为合格；

b) 吸水率、硅烷浸渍深度及氯化物吸收量降低效果中有任意一项不满足要求时，应判定硅烷浸渍质量不合格。

5.1.3 混凝土中钢筋检测

5.1.3.1 一般规定

5.1.3.1.1 检测项目包括混凝土结构或构件的钢筋位置、钢筋保护层厚度与钢筋锈蚀状况。

5.1.3.1.2 检测应在混凝土结构或构件上进行。

5.1.3.1.3 检测方法宜选用非破损方法，必要时采用局部破损方法。

5.1.3.1.4 非破损方法宜采用电磁感应原理或雷达探测原理的测定仪；局部破损方法为钻孔、剔凿再测量的方法。

5.1.3.2 钢筋位置检测

5.1.3.2.1 钢筋位置检测包括钢筋位置和钢筋间距的检测。

5.1.3.2.2 检测前，应结合设计资料和施工记录了解钢筋布置情况，如钢筋直径、钢筋间距、钢筋保护层厚度等。确定钢筋测定仪的适用性，设定钢筋直径、保护层厚度量程范围等参数。

5.1.3.2.3 检测面应为混凝土原表面，并应清洁、平整。钢筋分布简单，避开多层、网状钢筋，避开钢筋接头位置，避开金属预埋件。

5.1.3.2.4 钢筋位置的检测应符合下列规定：

a) 每个样本至少选取 1 个测区。当对单个样本进行检测时，每个样本至少选取 3 个测区。当被测钢筋长度小于 4 m 时，可选取 2 个测区；

b) 每测区至少包含设计间距相同的连续相邻的 7 根钢筋，少于 7 根钢筋时应全部检出；

c) 每测区选取 2～3 条测线，测线应在被测钢筋的垂直方向上均匀布置，测线间距不宜小于 0.5 m；当被测钢筋长度小于 0.5 m 时，可均匀布置 1～2 条测线；

d) 计算每条测线的钢筋间距平均值，即每测区可得到 1～3 个钢筋平均间距值；

e) 桩、梁类构件应检测所有主筋；

f) 相同浇筑面上测区间距不宜小于 2 m；

g) 在构件表面逐一标记出每根钢筋的位置，测量和记录每个检出钢筋的位置及钢筋间距；

h) 海港工程应根据构件所处的大气区、水位变动区与浪溅区分别布置测区。

5.1.3.2.5 当遇到下列情况之一时，应剔凿验证：

a) 相邻钢筋间距过密，钢筋间最小净距小于钢筋保护层厚度；

b) 钢筋实际数量或间距的检测结果与设计有较大偏差。

5.1.3.2.6 受力钢筋的平均间距的允许偏差为±15 mm，箍筋、分布筋的平均间距的允许偏差为±20 mm。

5.1.3.2.7 钢筋间距的合格判定应符合下列规定：

a) 当单个钢筋间距的偏差大于允许偏差的 1.5 倍时，钢筋间距判为不合格；
b) 当单个钢筋间距的偏差不大于允许偏差的 1.5 倍时，钢筋间距的判定应符合下列规定：
   1) 当平均钢筋间距合格率不小于 80％时，钢筋间距判为合格；
   2) 当平均钢筋间距合格率小于 80％但不小于 70％时，抽取相等量的样本进行第二次检测，当第二次检测中出现单个钢筋间距的偏差大于允许偏差的 1.5 倍时，钢筋间距判为不合格；
   3) 在第二次检测中，单个钢筋间距的偏差不大于允许偏差的 1.5 倍时，按两次抽检总和计算的平均钢筋间距合格率不小于 80％时，钢筋间距判为合格，否则判为不合格。

5.1.3.3 钢筋保护层厚度检测

5.1.3.3.1 钢筋保护层测定仪使用前必须进行率定，率定方法应符合 JTS 239 的有关规定，率定的允许误差应符合表 6 的规定。

表6 钢筋保护层测定仪率定的允许误差

保护层厚度 c_s（mm）	c_s＜50	50≤c_s<60	60≤c_s＜80
允许误差（mm）	±1	±2	±3

5.1.3.3.2 保护层厚度检测前的准备工作参考 5.1.3.2.2 和 5.1.3.2.3。

5.1.3.3.3 测区测点布置应符合下列规定：
a) 每个样本至少选取 1 个测区，总测区数不应少于 3 个，每个测区至少包含 6 根钢筋；
b) 当对单个样本进行检测时，每个样本至少选取 3 个测区；
c) 当所抽检构件的检测面面积较大时，每 30m^2 检测 3 个测区；
d) 宜对构件受力主筋进行检测，桩、梁类构件对所抽检构件的所有受力主筋进行检测；
e) 相同浇筑面上测区间距不宜小于 2 m；
f) 每根钢筋选取测点数不宜少于 3 个，测点间距不宜小于 0.5 m；
g) 海港工程应根据构件所处的大气区、水位变动区与浪溅区分别布置测区。

5.1.3.3.4 保护层厚度检测应符合下列规定：
a) 检测前应对钢筋测定仪进行预热和调零；
b) 对被测钢筋进行初步定位，判断出箍筋、横筋和纵筋位置，并在混凝土表面做好标记；
c) 根据保护层厚度设计值，在钢筋测定仪上预设保护层厚度测量范围；当钢筋直径已知时，在仪器上预设钢筋直径；当钢筋直径未知时，采用仪器默认的钢筋直径；
d) 沿被测钢筋轴线移动探头，选择相邻钢筋影响最小的位置，并避开钢筋接头和绑丝；
e) 每测点测试两遍，每次读取保护层探测仪显示的最小值，精确至 1 mm；
f) 同一测点两次检测值相差应满足以下要求：
   1) 当保护层厚度检测值＜50 mm 时，两次重复测量允许偏差为 1 mm；当保护层厚度检测值≥50 mm 时，两次重复测量允许偏差为 2 mm；
   2) 当满足 1）的要求时，取两次检测的平均值作为该位置的钢筋保护层厚度测定值，精确至 1 mm；
   3) 当不满足 1）的要求时，该组检测数据无效，应查明原因，在该处重新进行检测。仍不满足要求，应采用钻孔或剔凿的方法验证。

5.1.3.3.5 遇到下列情况之一时，宜对电磁感应原理的钢筋保护层测定仪的检测数据进行修正：
a) 设计保护层厚度值＞60 mm；

b) 钢筋直径未知；
c) 相邻钢筋过密，钢筋最小净间距小于保护层厚度；
d) 钢筋实测数量、位置与设计有较大偏差；
e) 采用具有铁磁性原材料配置混凝土；
f) 饰面层未清除；
g) 钢筋以及混凝土材质与校准试件有显著差异。

5.1.3.3.6 剔凿原位检测混凝土保护层厚度应符合下列规定：
a) 采用钢筋测定仪确定钢筋的位置；
b) 在钢筋位置上垂直于混凝土表面成孔；
c) 以钢筋表面至构件混凝土表面的垂直距离作为该测点的保护层厚度验证值；
d) 构件上能直接测量混凝土保护层厚度的点可记为验证点。

5.1.3.3.7 采用电磁感应原理的保护层测定仪时，测定结果的修正应符合下列规定：
a) 修正时，应选取所测量钢筋总数不少于 30%的钢筋且不少于 6 处修正保护层厚度，并以修正后的保护层厚度值进行合格判定；
b) 钻孔或剔凿时不得损坏钢筋，应采用游标卡尺进行实际保护层厚度的测量，并精确至 0.1 mm；
c) 总体修正量 $\Delta_{c,tot}$ 和修正的钢筋保护层厚度可分别按式（29）和式（30）计算。

$$\Delta_{c,tot} = c_{cor,m} - c_{m,0} \quad \cdots\cdots (29)$$

$$c_{m,i} = c_{m,i0} + \Delta_{c,tot} \quad \cdots\cdots (30)$$

式中：
$\Delta_{c,tot}$——总体修正量（mm），精确至0.1 mm；
$c_{cor,m}$——用游标卡尺测量的修正样本保护层厚度的平均值（mm），精确至0.1 mm；
$c_{m,0}$——检测得到的修正样本保护层厚度的平均值（mm），精确至0.1 mm；
$c_{m,i}$——修正后保护层厚度值（mm），精确至0.1 mm；
$c_{m,i0}$——修正前保护层厚度值（mm），精确至0.1 mm。

5.1.3.3.8 受力钢筋的保护层厚度允许偏差应符合表 7 的规定。

表7 钢筋的保护层厚度允许偏差

构件类型	允许偏差（mm）
桩、梁、板、柱、桩帽、沉箱、方块、扶壁、圆筒和靠船构件等	-5～+12
墩台、闸墩、闸墙、胸墙、坞墙和挡墙等	-5～+15

5.1.3.3.9 保护层厚度的合格判定应符合下列规定：
a) 当保护层厚度的负偏差大于表 7 规定的钢筋保护层厚度允许负偏差的 1.5 倍时，保护层厚度应判为初步不合格；
b) 当保护层厚度判为初步不合格时，宜对初步不合格点逐点剔凿检测。当有测点钢筋保护层厚度的负偏差仍大于表7规定的钢筋保护层厚度允许负偏差的1.5倍时，保护层厚度应判为不合格；
c) 当保护层厚度的负偏差不大于表 7 规定的钢筋保护层厚度允许负偏差的 1.5 倍时，保护层厚度的判定应符合下列规定：
   1) 当保护层厚度合格点率不小于 80%时，保护层厚度判为合格；

2) 当保护层厚度合格点率小于 80%但不小于 70%时，抽取相等量的样本进行第二次检测，当第二次检测中出现且经剔凿检测后存在有测点钢筋保护层厚度的负偏差仍大于表 7 规定的钢筋保护层厚度允许负偏差的 1.5 倍时，保护层厚度判为不合格；
3) 在第二次检测中，钢筋保护层厚度的负偏差不大于表 7 规定的钢筋保护层厚度允许负偏差的 1.5 倍时，按两次抽检总和计算的保护层厚度合格点率不小于 80%时，保护层厚度判为合格，否则判为不合格。

5.1.3.4 钢筋锈蚀性状检测

5.1.3.4.1 钢筋锈蚀性状检测一般在混凝土工程施工不连续，或对已施工的混凝土结构或构件钢筋的实际锈蚀性状有怀疑时，为进一步验证和判定混凝土结构或构件的钢筋锈蚀整体情况而进行。

5.1.3.4.2 钢筋锈蚀性状检测宜采用半电池电位测定法，必要时可采用局部破损的剔凿取样检测的方法。半电池电位法采用铜—硫酸铜参比电极。

5.1.3.4.3 采用约定抽样的原则，样本容量和测区宜根据混凝土结构所处部位及其外观检查的结果确定，每种状况的样本容量应不少于 3 个，每个样本的测区数应不少于 3 个。

5.1.3.4.4 半电池电位法的检测应符合下列规定：

a) 当测区混凝土有绝缘涂层介质隔离时，应清除涂层。测点处混凝土表面应平整、清洁，必要时应采用砂轮或钢丝刷打磨，并应将粉尘等杂物清除；
b) 在测区上应布置测试网格，网格节点为测点，测点纵、横向间距宜为 300 mm～500 mm；当相邻两点的测量值之差超过 150 mV 时，应适当缩小测点间距，但最小间距保持不小于 100 mV 的读数差。测区面积不宜大于 5 000 mm×5 000 mm，其中测点数不宜少于 30 个，测点与样本边缘的距离应大于 50 mm；
c) 应根据设计图纸和施工资料等准确判断被测钢筋的连续性；
d) 检测环境温度为（22±5）℃，并应避免各种电磁场的干扰；
e) 半电池电位法测试应符合 JTS/T 236 的有关规定；
f) 半电池电位法测试结果，应按一定的比例绘出测区平面图，标出相应测点位置的钢筋锈蚀电位，得到数据阵列；绘出电位等值线图，通过数值相等各点或内插各等值点绘出的等值线差值最大为 100 mV；
g) 区域发生钢筋锈蚀的概率可按表 8 判定。

表8 半电池电位值评价钢筋锈蚀性状的判定标准

电位水平（mV）	钢筋状态
＞-200	发生锈蚀的概率＜10%
-200～-350	锈蚀性状不确定
＜-350	发生锈蚀的概率＞90%

5.1.3.4.5 剔凿取样法检测应符合下列规定：

a) 每个测区应至少取 2 根钢筋，每根钢筋截取 1 根长度不宜小于 100 mm 的钢筋试件；
b) 截取钢筋试件的部位应及时补焊钢筋；
c) 钢筋试件的剩余直径和失重率的测定应符合 JTS/T 236 的有关规定；
d) 钢筋剩余直径测量的部位与方法应符合相应钢筋产品标准的规定；
e) 钢筋剩余直径和失重率的代表值应取每种状况钢筋试件的剩余直径和失重率的平均值。

5.2 预制构件检测

5.2.1 一般规定

5.2.1.1 混凝土预制构件的质量检测应符合 5.1 的有关规定。

5.2.1.2 钢结构预制构件的质量检测应符合 5.3 的有关规定。

5.2.2 预制构件尺寸检测

5.2.2.1 水运工程应对沉箱、方块、圆筒、卸荷板、扶壁、梁类构件、面板、靠船构件、管沟盖板、沉井、护面块体、栅栏板、路面砖、侧缘石等预制构件的尺寸进行检测。预制构件尺寸检测的仪器设备应满足表 9 的要求。

表9 预制构件尺寸检测的仪器设备要求

序号	仪器设备	技术指标
1	钢尺	分度值≤1 mm
2	全站仪	测距精度[$2mm+2s\times10^{-6}$（s 为测距，单位为 km）]

5.2.2.2 预制构件尺寸的检测项目、检测方法、检测频率和允许偏差应符合表 10 的规定。

表10 混凝土预制构件尺寸检测项目、检测方法、检测频率和允许偏差

序号	构件种类	检测项目		允许偏差（mm）	检测频率	单元测点	检测方法
1	矩形沉箱、空心方块	长度/宽度	L≤10 m	±25	抽检 20%且不少于 5 件	4	钢尺测量四边
			L>10 m	±2.5L/1 000			
		高度		±10		4	钢尺测量四角
		墙厚度		±10		8	钢尺测量每墙三分点处
		对角线差		50		1	钢尺测量
2	圆形沉箱、圆筒	直径	D≤10 m	±25	抽检 20%且不少于 5 件	4	钢尺按“米”字形测量
			D>10 m	±2.5D/1 000			
		高度		±10		8	钢尺按“米”字形测量
		壁厚		±10		8	
		椭圆度	D≤10 m	50		2	钢尺测量，取两组相互垂直直径之差
			D>10 m	5D/1 000			
3	方块、卸荷板	长度/宽度	边长≤5 m	±10	抽检 20%且不少于 5 件	4	钢尺测量四边
			边长>5 m	±15			
		高度		±10		4	钢尺测量四角
		顶面对角线差	短边长度≤3 m	20		1	钢尺测量
			短边长度>3 m	30		1	
		空心块体壁厚		±10		8	钢尺测量每边三分点处
4	扶壁	板厚		±10	抽检 20%且不少于 5 件	4	钢尺测量趾板和立板两端
		立板竖向倾斜	H≤7.5 m	15		3	吊线和钢尺或全站仪测量立板迎水面中部和两侧面
			H>7.5 m	2H/1 000			
		立板长度		±10		3	钢尺测量上、中、下三处
		立板高度		±10		2	钢尺测量立板两端

表 10　混凝土预制构件尺寸检测项目、检测方法、检测频率和允许偏差（续）

序号	构件种类	检测项目		允许偏差（mm）	检测频率	单元测点	检测方法
5	矩形梁、T 梁	长度	L≤10 m	±10	抽检 20%且不少于 5 件	2	钢尺测量梁顶和底部
			L＞10 m	±15			
		宽度	H≤1.5 m	±5		5	钢尺测量两端及中部，梁顶三点、梁底二点
			H＞1.5 m	±10			
		高度	H≤1.5 m	±8		2	钢尺测量两端
			H＞1.5 m	±10			
		侧面竖向倾斜		5H/1 000		1	吊线测量
6	箱形梁	长度		±15	抽检 20%且不少于 5 件	2	钢尺测量梁顶和底部
		断面尺寸	高度	±15		3	钢尺测量梁两端及中部
			宽度	±20		3	
			顶、底板和肋板高度	0～＋10		8	钢尺测量两端
7	工字形梁	长度	L≤16 m	±15	抽检 20%且不少于 5 件	2	钢尺测量梁顶和底部
			L＞16 m	±30			
		高度	H≤1.5 m	±10		5	钢尺测量两端及中部，梁顶三点、梁底二点
			H＞1.5 m	-10～＋15			
		翼缘宽度	有凿毛	±20		2	钢尺测量两端
			无凿毛	±10			
		厚度	翼缘	0～＋5		2	钢尺测量两端
			腹板			2	
			梁肋			2	
		侧面竖向倾斜		4H/1 000		1	吊线和钢尺或全站仪测量
8	面板	长度	端头凿毛	±15	抽检 20%且不少于 5 件	2	钢尺测量两边
			端头无凿毛	±10			
		宽度	侧面凿毛	-15～＋10		3	钢尺测量两端及中部
			侧面无凿毛	±10			
		厚度	光面	±5		4	钢尺测量四角
			粗面、凹凸面	±10			
9	靠船构件	板类靠船构件	立板长度	±15	抽检 20%且不少于 5 件	2	钢尺测量两边（端）上下沿
			立板宽度	±10		2	
			立板厚度	-5～＋10		2（4）	
			水平板宽度	±10		2	
			水平板厚度	±5		2	

表 10　混凝土预制构件尺寸检测项目、检测方法、检测频率和允许偏差（续）

序号	构件种类	检测项目			允许偏差（mm）	检测频率	单元测点	检测方法
9	靠船构件	梁类靠船构件	高度	全高	±10	抽检 20% 且不少于 5 件	2	钢尺测量两边
				牛腿处	±5		2	
			横截面尺寸		±5		4	钢尺测量两端
10	管沟盖板	长度			±5	抽检 10%	2	钢尺测量两边
		宽度			±5		2	钢尺测量两端
		厚度			±5		4	钢尺测量四角
11	沉井	沉井中心位置			20	抽检 20% 且不少于 5 件	2	全站仪或拉线用钢尺测量纵横两方向
		圆形	直径		±50		4	钢尺按“米”字形测量
			椭圆度		40		1	钢尺测量，取两组相互垂直直径之差
		矩形	边长	L≤10m	±25		4	钢尺测量
				L＞10m	±2.5L/1 000		4	
			顶面对角线差		40		1	钢尺测量
		外壁厚	壁厚≤0.5m		±10		8	钢尺测量顶面每边三分点处，圆形按“米”字测量
			壁厚＞0.5m		±20		8	
		外壁竖向倾斜			2H/1 000		4	吊线和钢尺或全站仪测量每壁中部，圆形按“十”字测量
12	护面块体	扭工字块	各部位尺寸		±10	抽检 1% 且不少于 3 件	7	钢尺测量肢杆长度和端头截面
		扭王字块、四角锥			±10		8	钢尺测量肢杆长度和端头截面
		四角空心块	各部位尺寸		±10		8	钢尺测量轮廓边长和四角高度
			板厚度		±10		4	钢尺测量各侧面，取大值
			孔心位置		20		2	用钢尺测量纵横两方向
13	栅栏板	长度/宽度			±10	抽检 10% 且不少于 3 件	4	钢尺测量各边
		厚度			±10		4	钢尺测量各边中部
14	路面砖、侧缘石	联锁块	边长		±2	同一类别、同一规格、同一强度等级每 50 000 块抽检 1 组，每组 20 块	1	钢尺测量两对边，取大值
			厚度		±2		1	钢尺测量相邻两边中部，取大值
		一般铺面块和侧缘石	边长		±2		1	钢尺测量，取大值
			厚度		±5		1	钢尺测量，取大值

注1：序号 1 中 L 为箱体外边长。

注2：序号 2 中 D 为外径。

注3：序号 4 中 H 为扶壁立板高度。

注4：序号 5、7 中 L 为梁长度，H 为梁高度。

注5：序号 11 中 L 为沉井边长，H 为沉井高度。

注6：未注明单位均为 mm。

5.2.2.3 预制构件尺寸的合格判定标准应符合下列规定：

a) 沉箱、圆筒、方块、梁等大型构件必须符合本文件合格质量标准的要求；

b) 一般构件的允许偏差的抽检合格率应不小于 80%，且不合格点的最大偏差值不应超过其允许偏差值的 1.5 倍。

5.2.3 预制构件安装质量检测

5.2.3.1 水运工程应对沉箱、方块、卸荷板、扶壁、圆筒、墩台块、盖板、梁类构件、板类构件、靠船构件、防浪板、沉井、护面块体等预制构件的安装质量进行检测。预制构件安装质量检测的仪器设备应满足表 11 的要求。

表11 预制构件安装质量检测的仪器设备要求

序号	仪器设备	技术指标
1	钢尺	分度值≤1 mm
2	全站仪	测距精度[$2\text{mm}+2s\times10^{-6}$（$s$ 为测距，单位为 km）]
3	水准仪	DS3

5.2.3.2 检测项目、检测方法、检测频率和允许偏差应符合表 12～表 16 的规定。

表12 沉箱、方块和卸荷板安装质量的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	构件种类	检测内容		允许偏差（mm）		检测频率	单元测点	检验方法
				岸壁式	墩式			
1	沉箱	轴线位置		—	150	抽检 20%且不少于 5 件	2	全站仪测量纵横两方向
		临水面与施工准线偏差		50	—		2	全站仪和钢尺测量前沿两角顶部
		临水面错台		50	100		1	钢尺测量
		接缝宽度		30	50		2	钢尺测量顶部前后两端
2	方块和卸荷板	临水面与施工准线偏差	方块	50	70	抽检 20%且不少于 5 件	2	全站仪测量顶部两角
			卸荷板	30	—		2	全站仪测量顶部两角
		相邻方块临水面错台		30	30		1	钢尺测量，取大值
		相邻方块顶面高差		30	30		1	钢尺测量，取大值
		砌缝宽度		15	15		1	钢尺测量，取大值
注：接缝的最大缝宽，当沉箱高度≤10 m时，为80 mm；沉箱高度＞10 m时，为8H/1 000。H为沉箱高度，单位为mm。								

表13 扶壁、一次出水空心方块、圆筒、墩台块、沉箱和空心方块封顶盖板安装质量的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	构件种类	检测内容		允许偏差（mm）	检测频率	单元测点	检验方法
1	扶壁、一次出水空心方块	临水面与施工准线偏差		50	抽检 20%且不少于 5 件	2	全站仪测量两端顶部
		相邻块临水面错台		30		1	钢尺测量，取大值
		接缝宽度	H≤10 m	20		2	钢尺测量上下两端
			H＞10 m	30		2	

表 13　扶壁、一次出水空心方块、圆筒、墩台块、沉箱和空心方块封顶盖板安装质量的检测项目、检测方法和允许偏差（续）

序号	构件种类	检测内容	允许偏差（mm）	检测频率	单元测点	检验方法
2	圆筒	圆筒中心到前沿线距离偏差	50	抽检 20%且不少于 5 件	1	全站仪测量
		相邻圆筒顶高差	30		1	钢尺测量
		接缝宽度	30		1	钢尺测量
3	墩台块	轴线或外沿线位置	30	抽检 20%且不少于 5 件	1	全站仪测量
		上下层错台	20		1	钢尺测量取大值
		接缝宽度	±20		1	钢尺测量
4	沉箱、空心方块封顶盖板	搁置长度	±20	抽检 20%且不少于 5 件	4	钢尺测量四角
		板缝宽度	±30		4	钢尺测量

注1：接缝宽度是指与设计平均缝宽的偏差值。

注2：序号 1 中 H 为构件高度，单位为 m。接缝的最大缝宽，当构件高度≤10 m 时，为 100 mm；构件高度＞10 m 时，为 150 mm。

注3：序号 2 中接缝的最大缝宽，当构件高度≤10 m 时，为 80 mm；构件高度＞10 m 时，为 100 mm。

表14　梁类构件安装质量的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	构件种类	检测内容		允许偏差（mm）			检测频率	单元测点	检验方法
				简支梁	连续梁	桁架			
1	梁类构件	轴线位置		10	10	20	抽检 20%且不少于 5 件	2	全站仪测量两端
		搁置长度	L≤200 mm	±15	±15	—		2	钢尺测量两端
			L＞200 mm	±L/10	—	—			
		竖向倾斜	H≤1 000 mm	5	5	10		1	吊线和钢尺测量
			H＞1 000 mm	H/100 且不大于 15					
		顶面标高		±15				2	水准仪测量支承面
		结构前沿线位置		10				1	全站仪测量

注：L为梁设计搁置长度，H为梁高度，单位为mm。

表15　板类构件安装质量的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	构件种类	检测内容		允许偏差（mm）			检测频率	单元测点	检验方法
				简支板	连续板	管沟盖板			
1	板类构件	搁置长度	L≤200 mm	±15	±15	±15	抽检20%且不少于5件	4	钢尺测量四角
			L＞200 mm	±L/10	—	—			
		顶面标高	一层安装	±15		±10		4	水准仪测量四角，盖板每5m检查一处
			二层安装	±20					
		外边沿平直		10	10	10		2	全站仪或拉线用钢尺测量两端
		相邻板顶面高差		—	—	5		1	钢尺测量，取大值
		相邻板缝宽		—	—	5		1	钢尺测量

注：L为板设计搁置长度，单位为mm。

表16　靠船构件、防浪板和护面块体安装质量的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	构件种类	检测内容	允许偏差（mm）	检测频率	单元测点	检验方法
1	靠船构件	迎水面和侧面竖向倾斜	*H*/100 且≤20	抽检20％且不少于5件	2	吊线或用测斜仪测量，取大值
		前沿线	10		2	全站仪测量
		顶面标高	±15		2	水准仪测量两端
2	防浪板	迎水面和侧面竖向倾斜	*H*/100 且≤30	抽检5％且不少于20件	2	吊线或用测斜仪测量，取大值
		前沿线	20		2	全站仪测量
		顶面标高	±15		2	水准仪测量两端
3	沉井	轴线位置	*H*/100	抽检20％且不少于5件	2	全站仪测量顶部和底部
4	护面块体	相邻块体高差	150	抽检1％且不少于20件	2	钢尺测量任意两边，各取大值
		相邻块体缝宽	±100		2	钢尺测量任意两边，各取大值
注：*H*为构件高度，单位为mm。						

5.2.3.3　预制构件安装质量的合格判定标准应符合下列规定：

a)　沉箱、圆筒、方块、梁等大型构件必须符合本文件合格质量标准的要求；

b)　一般构件的允许偏差的抽检合格率不应小于 80％，且不合格点的最大偏差值不应超过其允许偏差值的 1.5 倍。

5.3　钢结构检测

5.3.1　结构尺寸检测

5.3.1.1　检测前，应结合设计资料了解钢结构的各项尺寸参数。

5.3.1.2　同类构件抽检 10％且不少于 3 件。

5.3.1.3　钢材厚度的检测宜采用游标卡尺或钢尺，检测方法应符合 JTS/T 232 的有关规定。当不具备检测条件时采用超声波法，超声波法具体检测方法应符合 GB/T 50621 的有关规定。超声波法检测应在构件的 3 个不同部位进行测量，取 3 处测试值的平均值作为钢材厚度的代表值。钢材厚度应满足设计要求。

5.3.1.4　钢结构尺寸检测的仪器设备应满足表 17 的要求。

表17　钢构件尺寸检测的仪器设备要求

序号	仪器设备	技术指标
1	钢尺	分度值≤1 mm
2	游标卡尺	分度值≤0.02 mm
3	测距仪	精度≤2 mm
4	塞尺	分度值≤0.2 mm

5.3.1.5　箱型构件制作的检测项目、检测方法和允许偏差应符合表 18 的规定。

表18　箱型构件制作的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	项目			允许偏差（mm）	单元测点	检测方法
1	主控项目	腹板高度	H≤2 000	±2	2	钢尺测量两端
2			H＞2 000	±3		
3		翼缘板宽度		±3	3	钢尺测量两端和中部
4		跨度或长度		±L/2 500 且≤15	1	钢尺或测距仪测量
5	一般项目	横剖面对角线差		5	2	钢尺测量两端
注：H为腹板高度，L为长度，单位为mm。						

5.3.1.6　工字型构件制作的检测项目、检测方法和允许偏差应符合表 19 的规定。

表19　工字型构件制作的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	项目			允许偏差（mm）	单元测点	检测方法
1	主控项目	腹板高度	H≤2 000	±2	2	钢尺测量两端
2			H＞2 000	±3	2	
3		翼缘板宽度		±3	3	钢尺测量两端和中部
4		跨度或长度		±L/2 500 且≤10	1	钢尺或测距仪测量
注：H为腹板高度，L为长度，单位为mm。						

5.3.1.7　桁架构件制作的检测项目、检测方法和允许偏差应符合表 20 的规定。

表20　桁架构件制作的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	项目			允许偏差（mm）	单元测点	检测方法
1	主控项目	高度	端部	±3	2	钢尺测量
2			中部	±5	1	
3		跨度	L≤24 000	±5	1	钢尺或测距仪测量
4			L＞24 000	±10	1	
5	一般项目	节距		±3 L_i/1000	1	钢尺测量上、下节距最大偏差处
6		节点处杆件轴线交点位置		5	1	
7		拱度	要求起拱	0～＋10	1	全站仪或拉线用钢尺测量
8			不要求起拱	±L/2 500	1	
注：L为跨度，L_i为节距，单位为mm。						

5.3.1.8　钢管桩制作的检测项目、检测方法和允许偏差应符合表 21 的规定。

表21　钢管桩制作的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	项目		允许偏差（mm）	单元测点	检测方法
1	主控项目	外周长	±5*S*/1 000 且≤10	2	钢尺测量两端
2		桩长度	0～＋300	1	钢尺测量
3	一般项目	管端椭圆度	5*D*/1 000 且≤5	2	用钢尺测量两端，取垂直两直径差
4		管端平整度	2	1	1/4 周长弧形靠尺或用 V 形尺测量，取大值
5		桩顶倾斜	±5*D*/1 000 且≤5	2	大直角尺和楔形尺测量垂直两方向
6		桩轴线弯曲矢高	*L*/1 000 且≤30	1	拉线用钢尺测量
7		管节对接错台	*δ*/10 且≤3	1	焊口检测器测量，取大值
注：*S* 为钢管外周长，*D* 为钢管外径，*L* 为钢管长度，*δ* 为钢板厚度，单位为mm。					

5.3.1.9　钢引桥制作的检测项目、检测方法和允许偏差应符合表 22 的规定。

表22　钢引桥制作的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	项目			允许偏差（mm）	单元测点	检测方法
1	主控项目	桥长	跨度＜40 m	±10	2	钢尺测量两边
2			跨度≥40 m	±20	2	
3		桥宽		±5	3	钢尺测量两端和中部
4		桥高		±5	3	钢尺测量两端和中部
5	一般项目	立杆间距		±10	2	钢尺测量，抽检 10%
6		起拱度		*L*/2 000 且≤15，不允许下挠	1	拉线用钢尺测量
注：*L*为桥长度，单位为mm。						

5.3.1.10　钢平台制作的检测项目、检测方法和允许偏差应符合表 23 的规定。

表23　钢平台制作的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	项目		允许偏差（mm）	单元测点	检测方法
1	主控项目	长度	±4	2	钢尺测量两端
2		宽度	±4	2	钢尺测量两端
3		对角线差	6	1	钢尺测量
4	一般项目	表面平整度	5	1	1 m 钢尺和塞尺测量，每 10 m^2 不少于 3 个测点

5.3.1.11　钢梯制作的检测项目、检测方法和允许偏差应符合表 24 的规定。

表24　钢梯制作的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	项目		允许偏差（mm）	单元测点	检测方法
1	主控项目	长度	±5	2	钢尺测量两端
2		宽度	±3	2	钢尺测量上、下两端
3	一般项目	踏步间距	±5	4	钢尺测量，抽检 10%
4		踏步板平面度	1	1	钢直尺、塞尺测量，抽检 10%
5		安装孔间距	±3	4	钢尺测量两侧和上、下端，抽检 10%
6		踏步安装水平度	5	1	水平尺测量，抽检 10%

5.3.1.12　钢栏杆制作的检测项目、检测方法和允许偏差应符合表 25 的规定。

表25　钢栏杆制作的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	项目		允许偏差（mm）	单元测点	检测方法
1	主控项目	长度	±5	1	钢尺测量上横杆处
2		横杆间距	±3	3	钢尺测量，抽检 10%
3		立柱长度	±5	2	钢尺测量，抽检 10%
4		竖杆间距	±L/1000	3	钢尺连续测量 3 档，抽检 10%
5	一般项目	横杆直线度	L/1000	1	拉线用钢尺测量
6		横杆对接错位	1	3	用钢尺或焊接量规测量每档横杆最大错位处，抽检 20%
注：L为单片栏杆长度，单位为mm。					

5.3.1.13　钢闸门制作的检测项目、检测方法和允许偏差应符合表 26～表 28 的规定。

表26　人字闸门门叶制作的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	项目			允许偏差（mm）	单元测点	检测方法
1	主控项目	门叶厚度	h≤500	±3.0	3	钢尺测量
2			500＜h≤1 000	±4.0	3	
3			h＞1 000	±5.0	3	
4		门叶高度	H≤5 000	±5.0	3	钢尺测量
5			5 000＜H≤10 000	±8.0	3	
6			10 000＜H≤15 000	±10.0	3	
7			H＞15 000	±12.0	3	
8		门叶半宽	B≤5 000	±2.5	3	钢尺测量
9			5 000＜B≤10 000	±4.0	3	
10			B＞10 000	±5.0	3	

表 26　人字闸门门叶制作的检测项目、检测方法和允许偏差（续）

序号	项目			允许偏差（mm）	单元测点	检测方法
11	一般项目	对角线相对差	H或B≤5 000	3.0	2	钢尺测量
12			10 000＜H或B≤15 000	5.0	2	
13			H或B＞15 000	6.0	2	
14		顶、底主梁长度相对差	B≤5 000	2.5	2	钢尺测量
15			5 000＜B≤10 000	4.0	2	
16			B＞10 000	5.0	2	
17		面板局部凹凸	8≤ δ≤10	4.0	1	1 m 靠尺和塞尺测量，10 m 为 1 个单元
18			10＜ δ≤16	3.0	1	
19			δ＞16	2.0	1	
注：B为门叶宽度，H为门叶高度，h为门叶厚度，δ为门面板厚度，单位为mm。						

表27　横拉闸门和平板门门叶制作的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	项目			允许偏差（mm）	单元测点	检测方法
1	主控项目	门叶厚度	H≤500	±3	3	钢尺测量
2			500＜H≤1 000	±4	3	
3			H＞1 000	±5	3	
4		门叶高度	H≤5 000	±5	3	钢尺测量
5			5 000＜H≤10 000	±8	3	
6			10 000＜H≤15 000	±10	3	
7			H＞15 000	±12	3	
8		门叶宽度	B≤5 000	±5	3	钢尺测量
9			5 000＜B≤10 000	±8	3	
10			10 000＜B≤15 000	±10	3	
11			B＞15 000	±12	3	
12	一般项目	对角线相对差	H或B≤5 000	3	2	钢尺测量
13			5 000＜H或B≤10 000	4	2	
14			10 000＜H或B≤15 000	5	2	
15			H或B＞15 000	6	2	
16		顶、底主梁长度相对差	B≤5 000	3	2	钢尺测量
17			5 000＜B≤10 000	4	2	
18			B＞10 000	5	2	
19		面板局部凹凸	8≤ δ≤10	4	1	1 m 靠尺和塞尺测量，10 m 为 1 个单元
20			10＜ δ≤16	3	1	
21			δ＞16	2	1	
注：B为门叶宽度，H为门叶高度，δ为门面板厚度，单位为mm。						

表28　弧形门门叶制作的检测项目、检测方法和允许偏差

序号	项目			允许偏差（mm）	单元测点	检测方法
1	主控项目	门叶厚度	$H \leqslant 500$	±3	3	钢尺测量
2			$500 < H \leqslant 1\,000$	±4	3	
3			$H > 1\,000$	±5	3	
4		门叶高度	$H \leqslant 5\,000$	±5	3	钢尺测量
5			$5\,000 < H \leqslant 10\,000$	±8	3	
6			$H > 10\,000$	±10	3	
7		门叶宽度	$B \leqslant 5\,000$	±5	3	钢尺测量
8			$5\,000 < B \leqslant 10\,000$	±8	3	
9			$10\,000 < B \leqslant 15\,000$	±10	3	
10	一般项目	对角线相对差	H或$B \leqslant 5\,000$	3	4	钢尺测量
11			$5\,000 < H$或$B \leqslant 10\,000$	4	4	钢尺测量
12			$10\,000 < H$或$B < 15\,000$	5	4	
13		面板局部凹凸	$8 \leqslant \delta \leqslant 10$	4	1	1 m 靠尺和塞尺测量，10 m 为 1 个单元
14			$10 < \delta \leqslant 16$	3	1	
15			$\delta > 16$	2	1	
注：B为门叶宽度，H为门叶高度，δ为门面板厚度，单位为mm。						

5.3.1.14　应按单个样本进行合格判定，合格判定标准应符合下列规定：

a)　主控项目必须符合本文件合格质量标准的要求；

b)　一般项目允许偏差的抽检合格率不应小于 80%，且不合格点的最大偏差值不应超过其允许偏差值的 1.2 倍。

5.3.2　焊缝质量检测

5.3.2.1　总则

从事无损检测的人员应具备相应的检测资格。

5.3.2.2　一般规定

5.3.2.2.1　应按施工图纸和技术文件的焊缝质量等级要求，对焊缝质量进行检测。

5.3.2.2.2　焊缝质量检测包括焊缝外观缺陷、焊缝尺寸与内部缺欠无损检测。

5.3.2.2.3　不同等级焊缝需检测项目见表 29。

表29　不同等级焊缝的检测项目

焊缝等级	检测项目
一级	外观缺陷、焊缝尺寸、内部缺欠无损检测
二级	外观缺陷、焊缝尺寸、内部缺欠无损检测
三级	外观缺陷、焊缝尺寸

5.3.2.3 外观缺陷

5.3.2.3.1 每批同类构件抽检 10%且不少于 3 件，被检构件每类焊缝抽检 5%且不少于 1 条，每条焊缝检查 1 处，总抽检不少于 10 处。

5.3.2.3.2 焊缝表面不得有裂纹、焊瘤等缺陷。一级、二级焊缝不得有表面气孔、夹渣、弧坑裂纹、电弧擦伤等缺陷，且一级焊缝不得有咬边、未焊满、根部收缩等缺陷。

5.3.2.4 焊缝尺寸

5.3.2.4.1 每批同类构件抽检 10%且不少于 3 件，被检构件每类焊缝抽检 5%且不少于 1 条，每条焊缝检查 1 处，总抽检不少于 10 处。

5.3.2.4.2 焊缝尺寸采用焊缝量规测量，焊缝尺寸应满足设计要求，允许偏差应符合表 30 规定。

表30 焊缝尺寸允许偏差

序号	项目		允许偏差（mm）		
			一级	二级	三级
1	对接焊缝余高	$b<20$	0～2.0	0～3.0	0～4.0
		$b\geqslant20$	0～3.0	0～4.0	0～5.0
2	对接焊缝错边		＜0.1 δ，且≤2.0		＜0.15 δ，且≤3.0
3	贴角焊缝余高偏差	$k\leqslant6$	0～＋1.5		
		$k>6$	0～＋3		
4	贴角焊缝焊脚高度偏差	$k\leqslant6$	0～＋1.5		
		$k>6$	0～＋3		
5	T型接头和要求焊透的K型焊缝偏差	$K=\delta/2$	0～＋1.5		

注1：b 为焊缝宽度，k 为焊脚高度，δ 为母材厚度，单位为 mm。

注2：焊脚高度 $k>8.0$mm 的角焊缝，局部焊脚高度可低于设计要求值 1.0mm，累积长度不得超过焊缝长度的 10%。

注3：工字型梁腹板与翼缘板的焊缝两端在其两倍翼缘板宽度范围内，焊缝的焊脚尺寸不得低于设计值。

5.3.2.4.3 抽样检查的焊缝数如不合格率小于 2%时，该批验收应判为合格；不合格率大于 5%时，该批验收应判为不合格；不合格率为 2%～5%时，应加倍抽检，且必须在原不合格部位两侧的焊缝延长线各增加一处，如在所有抽检焊缝中不合格率不大于 3%时，该批验收应判为合格，大于 3%时，该批验收应判为不合格。

5.3.3 内部缺欠无损检测

5.3.3.1 本文件适用于厚度为 8 mm～100 mm 的铁素体全熔透焊缝质量无损检测，无损检测应在外观检测合格后进行。

5.3.3.2 设计要求全焊透的一级、二级焊缝应采用超声波探伤进行内部缺欠的检测。超声波探伤不能对缺欠做出判断时，应采用射线探伤。一级焊缝应进行 100%的检测，二级焊缝应进行抽检，抽检比例不应小于 20%，三级焊缝应根据设计要求进行相关的检测。

5.3.3.3 超声无损检测技术参考 GB/T 11345，验收等级参考 GB/T 29712。

5.3.3.4 应评定所有等于或超过评定等级的显示，技术 1～4 的评定等级见表 31～表 33。

表31　技术 1～4 的验收等级 2 和验收等级 3

技术（按 GB/T 11345）	评定等级		验收等级 2（AL2）		验收等级 3（AL3）	
	验收等级 2	验收等级 3	8 mm≤t<15 mm	15 mm≤t<100 mm	8 mm≤t<15 mm	15 mm≤t<100 mm
1 （横孔）	H_0-14 dB	H_0-10 dB	1≤t 时： H_0-4 dB 1＞t 时： H_0-10 dB	1≤0.5 t 时： H_0 0.5t<1≤t 时： H_0-6 dB 1＞t 时： H_0-10 dB	1≤t 时： H_0 1＞t 时： H_0-6 dB	1≤0.5 t 时： H_0+4 dB 0.5t<1≤t 时： H_0-2 dB 1＞t 时： H_0-6 dB
2 （平底孔）	H_0-8dB 按表 32 或 表 33	H_0-4 dB 按表 32 或 表 33	1≤t 时： H_0+2dB 1＞t 时： H_0-4 dB	1≤0.5 t 时： H_0+6 dB 0.5 t<1≤t 时： H_0 1＞t 时： H_0-4 dB	1≤t 时： H_0+6 dB 1＞t 时： H_0	1≤0.5 t 时： H_0+10 dB 0.5 t<1≤t 时： H_0+4 dB 1＞t 时： H_0
3 （矩形槽）	H_0-14 dB	H_0-10 dB	1≤t 时： H_0-4 dB 1＞t 时： H_0-10 dB	—	1≤t 时： H_0 1＞t 时： H_0-6dB	—
4 （串列技术）	H_0-22 dB	H_0-18 dB	—	1≤0.5 t 时： H_0-8 dB 0.5 t<1≤t 时： H_0-14 dB 1＞t 时： H_0-18 dB	—	1≤0.5 t 时： H_0-4 dB 0.5 t<1≤t 时： H_0-10 dB 1＞t 时： H_0-14 dB

注1：记录等级=相应的验收等级-4 dB。
注2：l—显示长度。
注3：H_0—参考等级。
注4：t—母材板厚。

表32　技术 2 的验收等级 2 和验收等级 3 的参考等级（斜射波束横波检测）

标称探头频率/MHz	母材板厚，t					
	8 mm≤t<15 mm		15 mm≤t<40 mm		40 mm≤t<100 mm	
	验收等级 2（AL2）	验收等级 3（AL3）	验收等级 2（AL2）	验收等级 3（AL3）	验收等级 2（AL2）	验收等级 3（AL3）
1.5～2.5	—	—	D_{DSR} = 2.5 mm	D_{DSR} = 2.5 mm	D_{DSR} = 3.0 mm	D_{DSR} = 3.0 mm
3.0～5.0	D_{DSR}= 1.5 mm	D_{DSR} = 1.5 mm	D_{DSR} = 2.0 mm	D_{DSR} = 2.0 mm	D_{DSR} = 3.0 mm	D_{DSR} = 3.0 mm

注：D_{DSR}为平底孔直径。

表33　技术 2 的验收等级 2 和验收等级 3 的参考等级（直射波束纵波检测）

标称探头频率/MHz	母材板厚，t					
	8 mm≤t<15 mm		15 mm≤t<40 mm		40 mm≤t<100 mm	
	验收等级 2（AL2）	验收等级 3（AL3）	验收等级 2（AL2）	验收等级 3（AL3）	验收等级 2（AL2）	验收等级 3（AL3）
1.5～2.5	—	—	D_{DSR} = 2.5 mm	D_{DSR} = 2.5 mm	D_{DSR} = 3.0 mm	D_{DSR} = 3.0 mm
3.0～5.0	D_{DSR} = 2.0 mm	D_{DSR} = 2.0 mm	D_{DSR} = 2.0 mm	D_{DSR} = 2.0 mm	D_{DSR} = 3.0 mm	D_{DSR} = 3.0 mm
注：D_{DSR}为平底孔直径。						

5.3.3.5　任何显示的回波幅度虽低于验收等级，但长度（高于评定等级）超过下列情况之一时，应做进一步检测，即要求使用其他角度的探头，以及串列检测（若有约定）。最终评定应基于显示的最高回波幅度和所测得的长度。

a)　t，板厚 t 不小于 8 mm 且不大于 15 mm 时；

b)　$t/2$ 或 15 mm，取两者较大值，板厚 t>15 mm 时。

5.3.3.6　超过记录等级的所有单独的可验收显示的累计长度，定义为在给定的焊缝长度范围内，单个显示与组合长度的显示在一条直线的长度总和。

5.3.3.7　对任意的焊缝长度 l_w（当 t<15 mm 时，l_w = 6 t；当 t 不小于 15 mm 时，l_w=100 mm），超过记录等级的所有单独的可验收显示的最大累计长度：

a)　对于验收等级 2 级，应不大于焊缝长度 l_w 的 20%；

b)　对于验收等级 3 级，应不大于焊缝长度 l_w 的 30%。

5.3.4　涂层质量检测

5.3.4.1　涂层质量检测应直接在有涂层的钢结构表面上进行，检测内容应包括涂层干膜厚度和涂层附着力检测。

5.3.4.2　涂层干膜厚度检测应符合下列规定：

a)　涂层的干膜厚度宜采用磁阻或涡流测厚仪进行检测，磁阻测厚仪的精度为±3 μm、涡流测厚仪的精度为±2 μm。测厚仪使用前应经标准样块调零校正；

b)　抽检构件数量的 10%，且同类构件不应少于 3 件；

c)　每个构件不得少于 3 个测点，大型钢结构每 10 m^2 不得少于 3 个测点，小型钢结构每 2 m^2 不得少于 1 个测点；

d)　每一测点应测取 3 次读数，每次测量的位置相距 25 mm～75 mm，取 3 次读数的算术平均值为此点的测定值。

5.3.4.3　涂层干膜厚度的合格判定应符合下列规定：

a)　满足干膜厚度设计值的测点数应不少于 85%，且最小干膜厚度应不小于干膜厚度设计值的 85%；

b)　当设计对干膜厚度无要求时，涂层干膜总厚度室外应为 150 μm，室内应为 125 μm，其允许偏差为-25 μm。

5.3.4.4　热喷涂涂层厚度的检测方法与检测频率应符合下列规定：

a)　应根据基体材料与涂层材料是否具有磁性与导电性选择测量方法。磁性法适用于磁性金属基体上非导电涂层的厚度测量，涡流法适用于非磁性金属基体上非导电涂层的厚度测量；

b)　选取合适的用于局部测量的参比面。参比面的位置应均匀分布在整个主要表面上，参比面个数的确定应使参比面的总面积不小于主要表面面积的 5%；

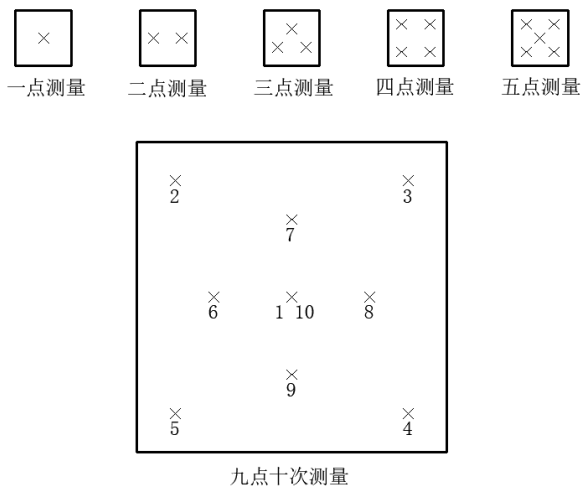
c) 参比面分为 3 种：

1) 主要表面＜1 cm^2 的试件，参比面应是试件的整个主要表面；

2) 主要表面＞1 cm^2 的试件，参比面面积应取 1 cm^2（尽可能取边长 1 cm 的正方形）；

3) 主要表面＞1 m^2 的试件，参比面面积允许增大到 1 dm^2。

d) 对主要表面＜1 cm^2 的试件，作 1～3 点测量；对主要表面≥1 cm^2 且≤1 m^2 的试件，在选择的参比面内作 3～5 点测量；对主要表面＞1 m^2 的试件，选择的参比面 1 dm^2 时，作 9 点 10 次测量。测量点分布如下图 4。



注：图中×为测量点，数字为测量次数和顺序。

图4 热喷涂涂层厚度参比面的测点布置图

5.3.4.5 涂层附着力检测应符合下列规定：

a) 钢管桩或钢板桩抽检 10%，每件 3 处；其他钢结构每 200 m^2 检测数量不得少于 1 处，且总检测数量不得少于 3 处；

b) 涂层厚度不大于 120 μm 时，附着力的检测可采用划格法，划格法的操作应符合 GB/T 9286 的有关规定；

c) 涂层厚度大于 120 μm 且小于等于 250 μm 时，附着力的检测可采用切割法（划叉法），切割法的操作应符合 GB/T 31586.2 的有关规定；

d) 厚度大于 250 μm 的附着力宜采用附着力拉拔仪进行检测。试柱由不锈钢或铝合金制作，直径为 20 mm，长度不低于其半径。施加的拉伸应力应垂直于被测平面，并应以不超过 1 MPa/s 的速度稳步增加，使破坏过程在 90 s 内完成。拉开法的操作应符合 GB/T 31586.1 的有关规定。

5.3.4.6 涂层附着力的合格判定应符合下列规定：

a) 采用划格法检测时，结果分为六个级别，试验结果不宜大于 2 级。测试结果分级见表 34；

b) 采用切割法检测时，结果分为六个级别，试验结果不宜大于 2 级。测试结果分级见表 35；

c) 采用拉开法检测时，附着力同时满足下列条件判定为合格：

1) 对于基材与底漆之间的附着破坏，附着力值不小于设计值；

2) 其他破坏形式的附着力测试值满足设计值的测点数量不少于 2/3，最小值不小于设计值的 60%。

注：当无设计值要求时，附着力不小于5 MPa；第 2）点中的最小值不小于3 MPa。

表34　划格法试验结果分级

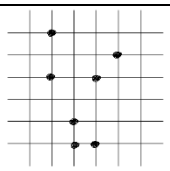
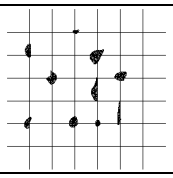
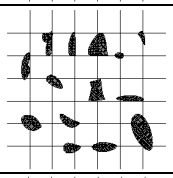
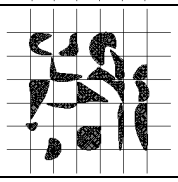
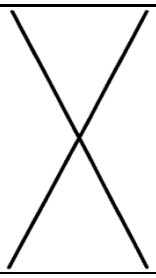
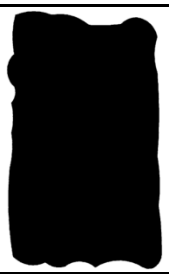
等级	说明	发生脱落的十字交叉切割区的表面外观
0 级	切割边缘完全平滑，无一格脱落	—
1 级	在切口交叉处有少许涂层脱落，但交叉切割面积受影响不能明显＞5%	
2 级	在切口交叉处和/或沿切口边缘有涂层脱落，受影响的交叉切割面积明显＞5%，但不能明显＞15%	
3 级	涂层沿切割边缘部分或全部以大碎片脱落，和/或在格子不同部位上部分或全部剥落，受影响的交叉切割面积明显＞15%，但不能明显＞35%	
4 级	涂层沿切割边缘大碎片剥落，和/或一些方格部分或全部出现脱落。受影响的交叉切割面积明显＞35%，但不能明显＞65%	
5 级	剥落的程度超过 4 级	—

表35　切割法试验结果分级

等级	0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
切割区的表面外观						
说明	没有涂层的剥落或分离	沿切割线或交叉点有少量涂层的剥落或分离	涂层沿着切割线的任一边有锯齿状脱落，最高达 1.5 mm 宽	涂层在大部分切割线处有锯齿状脱落，在任一边的脱落最高达 3.0 mm 宽	胶带下大部分的“×型切割”区域有涂层脱落	在“×型切割”区域外有涂层脱落

5.4 基桩检测

5.4.1 一般规定

5.4.1.1 基桩验证性检测应在自检合格的基础上进行。

5.4.1.2 基桩检测方法应根据检测目的、检测方法的适应性、基桩的设计条件和施工工艺等按表 36 合理选择，必要时应采用两种或多种检测方法。

表36 基桩检测方法和检测目的

序号	检测方法	检测目的
1	单桩轴向抗压静载试验	确定单桩轴向抗压极限承载力； 判定轴向抗压承载力是否满足设计要求； 通过桩身应变、位移测试，测定桩侧、桩端阻力； 验证高应变法的单桩轴向抗压承载力检测结果。
2	单桩轴向抗拔静载试验	确定单桩轴向抗拔极限承载力； 判定轴向抗拔承载力是否满足设计要求； 通过桩身应变、位移测试，测定桩的抗拔侧阻力。
3	单桩水平静载试验	确定单桩水平临界荷载和极限承载力，推定土抗力参数； 判定水平承载力或水平位移是否满足设计要求； 通过桩身应变、位移测试，测定桩身弯矩。
4	高应变法	判定单桩轴向抗压承载力是否满足设计要求； 检测桩身缺陷及其位置，判定桩身完整性类别； 分析桩侧和桩端土阻力； 打桩过程监控。
5	低应变法	检测桩身缺陷及其位置，判定桩身完整性类别。
6	声波透射法	检测灌注桩桩身缺陷及其位置，判定桩身完整性类别。
7	钻芯法	检测灌注桩桩长、桩身混凝土强度、桩底沉渣厚度，判定或鉴别桩端持力层岩土性状，判定桩身完整性类别。
8	钻孔灌注桩成孔质量检测	检测泥浆护壁钻、挖、冲孔混凝土灌注桩的垂直度、孔径及孔深。

5.4.1.3 灌注桩施工过程中应进行成孔质量检测。

5.4.1.4 施工完成后的工程桩应进行单桩承载力和桩身完整性检测。受检桩宜优先选取施工质量有疑问或局部地基条件出现异常的桩。

5.4.1.5 基桩工程除应在工程桩施工后进行基桩检测外，尚应根据工程需要，在施工过程中进行质量的检测与监测。

5.4.2 钻孔灌注桩成孔质量检测

5.4.2.1 钻孔灌注桩的成孔质量验证性检测数量不应少于总桩孔数的 10%，且不少于 10 个桩孔。挤扩灌注桩的成孔验证性检测数量不应少于总桩孔数的 30%。

5.4.2.2 成孔质量应符合表 37 的要求。

表37　钻孔灌注桩成孔质量检验标准

序号	检验项目		允许偏差
1	孔径	泥浆护壁钻孔桩	0～＋50 ㎜
		套管成孔灌注桩	≥0 ㎜
		干作业成孔灌注桩	≥0 ㎜
2	垂直度	泥浆护壁钻孔桩	≤1%
		套管成孔灌注桩	
		干作业成孔灌注桩	
3	孔深		0～＋300 ㎜
4	孔底沉渣	摩擦桩	≤100㎜
		端承桩	≤50㎜
注1：嵌岩桩应确保进入设计要求的嵌岩深度。 注2：人工挖孔桩的成孔质量检验标准见表 38。			

表38　人工挖孔桩的成孔质量检验标准

序号	人工挖孔桩类型	孔径允许偏差（㎜）	垂直度允许偏差（%）
1	现浇混凝土护壁	0～＋50	≤0.5
2	长钢套管护壁	0～＋20	≤1

5.4.3　完整性检测

5.4.3.1　对基桩完整性进行验证性检测时，检测方法和检测频率应符合表 39 的要求。当采用低应变、高应变法和声波透射法检测桩身完整性发现有 III、IV 类桩存在，宜采用原检测方法，在未检桩中继续抽取相等量的样本进行检测。当原检测方法为声波透射法时，可改用钻芯法。

表39　基桩完整性验证性检测的检测方法和检测频率

序号	检测方法	检测频率
1	声波透射法	对混凝土灌注桩，检测桩数不得低于总桩数的 20%，且不得少于 5 根。
2	钻芯法	检测桩数为总桩数的 1%，且不少于 3 根。
3	低应变法	对单节预制混凝土桩，检测桩数不得低于总桩数的 10%，且不得少于 10 根； 对多节预制混凝土桩，检测桩数不得低于总桩数的 20%，且不得少于 10 根； 对混凝土灌注桩，检测桩数不得低于总桩数的 20%，且不得少于 10 根。

5.4.3.2　混凝土灌注桩应选用声波透射法进行完整性检测，当声测管堵塞造成声波透射法无法检测整桩桩身完整性时，应采用钻芯法检测。嵌岩桩应采用声波透射法检测桩身完整性，并采用钻芯法检测桩底沉渣厚度及桩底持力层性状，桩底持力层钻进深度不少于 3 倍桩径。

5.4.3.3　采用声波透射法、钻芯法和低应变法检测基桩完整性应符合 JTS 237 的有关规定。

5.4.4 承载力检测

5.4.4.1 对基桩承载力进行验证性检测时，检测方法和检测频率应符合表 40 的要求。

表40 基桩承载力验证性检测的检测方法和检测频率

序号	检测方法	检测频率
1	单桩轴向抗压静载试验	总桩数在 500 根以下，检测数量为 2 根； 总桩数大于或等于 500 根，检测 3 根。
2	单桩轴向抗拔静载试验	总桩数在 500 根以下，检测数量为 2 根； 总桩数大于或等于 500 根，检测 3 根。
3	单桩水平静载试验	根据设计要求和工程地质条件确定，不宜少于 2 根。
4	高应变法	摩擦桩检测桩数为总桩数的 5%，且不少于 5 根； 端承桩检测桩数为总桩数的 2%，且不少于 3 根。

5.4.4.2 基桩承载力检测应符合 JTS 237 的有关规定。

5.5 地基检测

5.5.1 一般规定

地基验证性检测应在自检合格的基础上进行。

5.5.2 检测方法和检测频率

5.5.2.1 检测宜根据地基处理方法选择相应的方法，应符合表 41 的规定。

表41 各地基处理方法检测项目

序号	地基处理方法	现场十字板	载荷试验	标准贯入	动力触探	静力触探
1	换填砂垫层法	—	☆	☆	☆	☆
2	堆载预压法	★	☆	☆	☆	☆
3	真空预压法	★	☆	☆	—	☆
4	强夯法和强夯置换法	—	★	☆	☆	☆
5	深层水泥搅拌法	—	★	☆	☆	—
6	砂桩法和挤密砂桩法	—	★	★	☆	☆
7	旋喷注浆法	—	★	—	☆	—
8	振冲挤密法和振冲置换法	☆	★	★	☆	☆
9	碎石桩法	—	★	☆	★	☆
10	爆破法	—	☆	—	☆	—
注：“★”为必检项目，“☆”为选检项目，“—”为不规定项目。						

5.5.2.2 检测频率应符合下列规定：

a) 处理面积较大时，应按照每 20 000 m^2 作为一个检测区或按照施工分区布置检测项目；

b) 处理狭长地段时，应按照每 100 m 布置一个检测区；

c) 每个检测区或施工分区布置必检项目各不少于 1 组，每组 3 个点。选检项目和检测数量应符合设计要求。

5.5.2.3 地基承载力检测应符合 JTS 237 的有关规定。

5.5.3 复合地基试验检测

5.5.3.1 复合地基验证性检测应符合下列规定：

a) 稳定时间对黏性土地基不宜小于 28 d，对粉土地基不宜小于 14 d，其他地基不应小于 7 d；
b) 有粘结强度增强体的复合地基承载力检测宜在施工结束 28 d 后进行；
c) 当设计对龄期有明确要求时，应满足设计要求；
d) 当采用低应变法检测复合地基竖向增强体完整时，要求受检竖向增强体强度达到要求且大于 8 MPa、截面规则、有一定的粘结强度。单位工程的检测数量不应少于总桩数的 10%，且不得少于 10 根。

5.5.3.2 砂桩法和挤密砂桩法处理的复合地基，对桩体长度、桩身密实度、连续性和桩间土密实性宜采用标准贯入试验进行检测，对桩间土的检测位置宜布置在砂桩布桩型式中心，检测深度应不小于处理地基深度，应沿桩体深度方向每间隔 1 m 进行 1 次试验。桩体检测数量不应少于桩孔总数的 0.3%，桩间土的检测数量不应少于桩孔总数的 0.2%，且桩体检测数量和桩间土检测数量之和不应少于 10 点。对重力式岸壁结构，应进行复合地基承载力检测，检测数量不应少于 3 点。

5.5.3.3 对于水泥土搅拌桩、旋喷桩、碎石桩、振冲桩等方法处理后的地基应进行竖向增强体载荷试验和复合地基载荷试验。检测数量应符合下列规定：

a) 竖向增强体载荷试验的检测数量不应少于总桩数的 0.2%，复合地基载荷试验的检测数量不应少于总桩数的 0.3%，且每项单体工程不少于 3 点；
b) 水泥搅拌桩、旋喷桩的桩长和桩体无侧限抗压强度应采用钻芯法检测，检测数量不应少于总桩数的 0.5%，且不应少于 3 根。碎石桩的桩体密实度宜采用动力触探试验检测，桩间土宜采用标准贯入或静力触探、动力触探等方法检测，应沿桩体深度方向每间隔 1m 进行 1 次试验，桩体检测数量不应少于桩孔总数的 0.3%，桩间土的检测数量不应少于桩孔总数的 0.2%，且桩体检测数量和桩间土检测数量之和不应少于 10 点；
c) 振冲桩必要时进行 3～4 组单桩复合地基载荷试验或多桩复合地基载荷试验。

5.6 抛回填和砌筑材料质量检测

5.6.1 块石质量检测

应对抛回填、砌筑用块石或料石的表面风化、规格、岩石抗压强度、级配（设计有要求时）进行检测，规格和质量应满足设计要求。岩石强度以同一产源为一批；规格和级配以10 000 m^3为一批，不足10 000 m^3按一批计。岩石强度试验应符合JTS/T 232的有关规定。

5.6.2 回填材料质量检测

回填所用砂、碎石和砂桩用砂的规格和质量应满足设计要求，检测方法应符合JTS/T 232的有关规定。检测项目和组批原则应符合下列规定：

a) 砂应检测筛析、含泥量、渗透系数。以不大于 10 000 m^3 为一批；
b) 碎石应检测筛析、针片状颗粒含量、含泥量。以 6 000 t 为一批，不足 6 000 t 按一批计。

5.6.3 土工合成材料质量检测

5.6.3.1　土工织物的单位面积质量、厚度、拉伸强度、撕裂强度、等效孔径和透水性能应满足设计要求。以同一厂家、同一材料、同一规格，每 10 000 m^3 为一批，不足 10 000 m^3 按一批计。

5.6.3.2　塑料排水板的纵向通水量、滤膜渗透系数、整带复合体抗拉强度、滤膜抗拉强度应满足设计要求。以同一厂家、同一材料、同一生产工艺，每 200 000 m 为一批，不足 200 000 m 按一批计。

5.6.3.3　土工织物和塑料排水板的检测应符合 JTS/T 232 的有关规定。

5.6.4　填充袋质量检测

5.6.4.1　填充袋所用土工织物的品种、规格、质量、拼接缝形式和缝合强度应满足设计要求。以 10 000 m^3 为一批，不足 10 000 m^3 按一批计。

5.6.4.2　填充料的土质、级配及含泥量应满足设计要求。以 5 000 m^3 为一批，不足 5 000 m^3 按一批计。

5.6.4.3　土工织物和填充料的检测应符合 JTS/T 232 的有关规定。

5.6.5　石笼质量检测

石笼的材料规格和质量及石笼的制作应满足设计要求。按进场批次进行检测。

5.7　岸坡或基坑支护质量检测

5.7.1　一般规定

岸坡或基坑支护质量验证性检测应在自检合格的基础上进行。

5.7.2　锚杆（索）抗拔试验

5.7.2.1　当进行锚杆（索）抗拔试验时，锚固段注浆体强度不应低于设计强度的 90%，或锚固段注浆体的龄期应达到 28 d。

5.7.2.2　受检锚杆（索）选择应符合下列规定：

a)　应优先选取局部地质条件复杂部位的锚杆（索）；

b)　应优先选取设计方认为重要部位的锚杆（索）；

c)　除 a）和 b）规定的受检锚杆（索）外，其余受检锚杆宜随机选取；

d)　锚杆检测数量不应少于锚杆总数的 5%，且不应少于 5 根。

5.7.2.3　锚杆（索）抗拔试验应符合 JGJ/T 401 的有关规定。

5.7.2.4　验证性检测应提供每根受检锚杆（索）的抗拔承载力检测值、支护锚杆（索）弹性变形验算结果及其是否满足设计要求或 JGJ/T 401 的有关要求的结论。

5.7.2.5　当检测出现不合格锚杆时，应扩大抽检。扩大抽检的数量应为不合格锚杆数量的 2 倍。

5.7.3　锚杆锚固质量无损检测

5.7.3.1　锚杆锚固质量无损检测内容包括锚杆杆体长度检测和锚固密实度检测。

5.7.3.2　锚杆锚固质量无损检测宜分项目或单元进行抽样检测。

5.7.3.3　单项或单元工程的整体锚杆检测抽样率不应低于总锚杆数的 10%，且每批不宜少于 20 根。重要部位或重要功能的锚杆宜全部检测。

5.7.3.4　单项或单元工程抽检锚杆的不合格率＞10%时，应对未检测的锚杆进行加倍抽检。

5.7.3.5　现场检测结束后应对每根被检测锚杆的锚固质量进行评定。单项或单元工程应分别评定锚杆杆体长度和锚固密实度。

5.7.3.6　锚杆锚固质量检测和评定应符合 JGJ/T 182 的有关规定。

5.7.4　土钉抗拔试验

5.7.4.1 当进行土钉抗拔试验时，注浆体强度不应低于 10 MPa 或不低于设计强度的 70%。
5.7.4.2 土钉抗拔试验验证性检测的检测数量不应少于土钉总数的 1%，且不应少于 5 根。
5.7.4.3 土钉抗拔试验应符合 JGJ/T 401 的有关规定。
5.7.4.4 当检测出现不合格土钉时，应扩大抽检。扩大抽检的数量应为不合格土钉数量的 2 倍。

5.7.5 支护桩检测

5.7.5.1 边坡支护桩完整性检测宜采用低应变动测法、预埋管声波透射法或其他有效方法。
5.7.5.2 对低应变法检测结果有怀疑的灌注桩，应采用钻芯法进行补充检测。
5.7.5.3 对一级边坡桩，当长边尺寸不小于 2.0 m 或桩长超过 15.0 m 时，应采用声波透射法检测桩身完整性，当对桩身质量有怀疑时，可采用钻芯法进行复检。
5.7.5.4 设计有要求时需要对支护桩进行水平承载力检测。
5.7.5.5 支护桩的完整性检测或水平承载力检测应符合 5.4 的有关规定。

5.8 帷幕灌浆、岩石固结灌浆及高喷墙防渗性能检测

5.8.1 一般规定

5.8.1.1 帷幕灌浆、岩石固结灌浆及高喷墙防渗性能验证性检测应在自检合格的基础上进行。
5.8.1.2 帷幕灌浆和岩石固结灌浆质量宜以钻孔压水试验结果评价，高喷墙的防渗性能宜根据墙体结构形式和深度选用围井或钻孔注水法进行检测。

5.8.2 注水试验

5.8.2.1 围井注水试验适用于所有结构形式的高喷墙，厚度较大的和深度较小的高喷墙可选用钻孔注水试验。
5.8.2.2 围井注水试验应符合以下要求：
a） 可在井内开挖进行注水试验，也可在围井中心处钻孔做注水试验；
b） 每 3 个～5 个单元工程宜布置一个围井；少于 3 个单元的工程，至少应布置一个围井；
c） 围井各面墙体轴线围成的平面面积，在砂土、粉土层中不宜小于 3 m^2，砾石、卵（碎）石层中不宜小于 4.5 m^2；
d） 围井边墙与被检查墙体的技术条件应一致；
e） 悬挂式高喷墙围井底部应进行封闭；
f） 注水水位高于围井顶部时，围井顶部应予以封闭。
5.8.2.3 钻孔注水试验应符合以下要求：
a） 每个单元工程可布置一个检查孔；
b） 检查孔孔位宜布置在墙体中心线的相邻两孔高喷凝结体的搭接处，宜自上而下分段钻孔、取芯和进行注水试验。
5.8.2.4 围井注水试验宜在围井的高喷灌浆结束 7 d 后进行，如需要开挖或取样，宜在 14 d 后进行；钻孔注水试验宜在该部位高喷灌浆结束 28 d 后进行。
5.8.2.5 注水试验宜在以下重点部位进行：
a） 地层复杂的部位；
b） 漏浆严重的部位；
c） 可能存在质量缺陷的部位。
5.8.2.6 单元工程划分原则：相邻的 20～40 个高喷孔为一个单元工程。
5.8.2.7 钻孔注水试验应符合附录 C 的有关规定，围井注水试验应符合附录 D 的有关规定。

5.8.3 压水试验

5.8.3.1 帷幕灌浆压水试验的检测孔数量宜为灌浆孔总数的 10%，一个坝段或一个单元工程内至少应布置一个检查孔。搭接帷幕灌浆的压水试验检测孔数量宜为搭接帷幕灌浆孔总数的 3%。岩石固结灌浆压水试验的检测孔不宜少于灌浆孔总数的 5%。

5.8.3.2 帷幕灌浆压水试验应在该部位灌浆结束 14 d 后自上而下分段卡塞进行。搭接帷幕灌浆压水试验应在搭接帷幕施工完成 7 d 后，或搭接帷幕和主帷幕灌浆全部完成后一并进行。岩石固结灌浆压水试验应在灌浆完成 7 d 以后进行。

5.8.3.3 帷幕灌浆检测孔应钻芯取样，绘制钻孔柱状图。岩芯应全部拍照，重要岩芯应长期保留。

5.8.3.4 压水试验检测合格标准：

a) 帷幕灌浆工程压水试验检测合格标准：与基岩接触段的透水率的合格率为 100%，其余各段的合格率不小于 90%，不合格试验段的透水率不超过设计规定的 150%，且不合格试验段的分布不集中；

b) 岩石固结灌浆工程压水试验检测合格标准：单位工程内检测孔试验段的透水率的合格率大于 85%，不合格孔段的透水率值不超过设计规定值的 150%，且不合格试验段的分布不集中。

5.8.3.5 压水试验应符合 JTS 237 的有关规定。

6 高桩码头工程

6.1 混凝土结构检测

6.1.1 混凝土强度检测

6.1.1.1 混凝土强度的检测频率见表 42，检测方法和判定应符合 5.1.1 的规定。

表42 混凝土强度的检测方法和检测频率

序号	构件种类	检测频率	检测方法
1	混凝土灌注桩	抽检 1%～3%，且不少于 3 根	钻芯法
2	柱、梁、板、桩帽、靠船构件	各抽检 1%～2%，且不少于 5 件	超声回弹综合法
3	承台、墩台、挡墙	各抽检 5%～10%，且不少于 5 件/段	超声回弹综合法
4	护坡面层	抽检不少于 5 组	钻芯法
注：梁应按纵横梁、联系梁、轨道梁区分。			

6.1.1.2 混凝土灌注桩钻芯法检测混凝土强度应符合 JTS 237 的有关规定。

6.1.2 钢筋检测

钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀性状检测的检测频率应符合表43的规定，检测方法和判定应符合5.1.3的规定。

表43　钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀性状的检测频率

序号	检测项目	构件种类	检测频率	检测方法
1	钢筋位置	桩、柱、梁、板、桩帽、靠船构件	各抽检 1%～2%，且不少于 3 件	电磁感应法
		承台、墩台、挡墙	各抽检 5%，且不少于 3 件/段	电磁感应法
2	保护层厚度	桩、柱、梁、板、桩帽、靠船构件	各抽检 1%～2%，且不少于 3 件	电磁感应法
		承台、墩台、挡墙	各抽检 5%，且不少于 3 件/段	电磁感应法
3	钢筋锈蚀性状	桩、柱、梁、板、桩帽、靠船构件	各抽检 1%～2%，且不少于 3 件	半电池电位法
		承台、墩台、挡墙	各抽检 5%，且不少于 3 件/段	半电池电位法

6.1.3　混凝土抗氯离子渗透性能检测

海港工程应对处于大气区、浪溅区与水位变动区的混凝土结构或构件的抗氯离子渗透性能进行验证性检测，内河码头工程应对处于设计高水位以下部位的混凝土结构或构件的抗氯离子渗透性能进行验证性检测。检测方法、检测频率和判定应符合5.1.2.2的规定。

6.1.4　混凝土表面涂层质量检测

应对桩基、梁、板等有混凝土涂层的结构或构件进行涂层质量检测。混凝土涂层的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.1.2.4的规定。

6.1.5　混凝土表面硅烷浸渍检测

混凝土表面硅烷浸渍质量的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.1.2.5的规定。

6.2　预制构件检测

预制构件的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.2的规定。

6.3　钢结构检测

钢结构的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.3的规定。

6.4　基桩检测

基桩的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.4的规定。

6.5　地基检测

地基的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.5的规定。

6.6　抛回填和砌筑材料质量检测

抛回填和砌筑材料质量的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.6的规定。

6.7　岸坡或基坑支护检测

岸坡或基坑支护的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.7的规定。

7 重力式码头与岸壁工程

7.1 混凝土结构检测

7.1.1 混凝土强度检测

混凝土强度的检测频率应符合表44的规定，检测方法和判定应符合5.1.1的规定。

表44 混凝土强度的检测方法和检测频率

序号	构件种类	检测频率	检测方法
1	板、梁	各抽检 1%～2%，且不少于 5 件	超声回弹综合法
2	沉箱、圆筒、方块、扶壁、沉井	各抽检 5%～10%，且不少于 5 件	超声回弹综合法
3	胸墙、挡墙	各抽检 5%～10%，且不少于 5 段	超声回弹综合法
4	护面块体	抽检 1‰～2‰，且不少于 10 件	回弹法
5	面层	抽检不少于 5 组	钻芯法

7.1.2 钢筋检测

钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀性状的检测频率应符合表45的规定，检测方法和判定应符合5.1.3的规定。

表45 钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀性状的检测频率

序号	检测项目	构件种类	检测频率	检测方法
1	钢筋位置	板、梁	各抽检 1%～2%，且不少于 3 件	电磁感应法
		沉箱、圆筒、方块、扶壁、沉井	各抽检 10%，且不少于 3 件	电磁感应法
		胸墙、挡墙	各抽检 5%，且不少于 3 段	电磁感应法
2	保护层厚度	板、梁	各抽检 1%～2%，且不少于 3 件	电磁感应法
		沉箱、圆筒、方块、扶壁、沉井	各抽检 10%，且不少于 3 件	电磁感应法
		胸墙、挡墙	各抽检 5%，且不少于 3 段	电磁感应法
3	钢筋锈蚀性状	板、梁	各抽检 1%～2%，且不少于 3 件	半电池电位法
		沉箱、圆筒、方块、扶壁、沉井	各抽检 10%，且不少于 3 件	半电池电位法
		胸墙、挡墙	各抽检 5%，且不少于 3 段	半电池电位法

7.1.3 混凝土抗氯离子渗透性能检测

海港工程应对处于浪溅区与水位变动区的混凝土结构或构件的抗氯离子渗透性能进行验证性检测，内河码头工程应对处于设计高水位以下部位的混凝土结构或构件的抗氯离子渗透性能进行验证性检测。检测方法、检测频率和判定应符合5.1.2.2的规定。

7.1.4 混凝土表面涂层质量检测

应对有混凝土涂层的结构或构件进行涂层质量检测。混凝土表面涂层的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.1.2.4的规定。

7.1.5 混凝土表面硅烷浸渍检测

混凝土表面硅烷浸渍质量的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.1.2.5的规定。

7.2 预制构件检测

预制构件的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.2的规定。

7.3 钢结构检测

钢结构的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.3的规定。

7.4 基桩检测

基桩的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.4的规定。

7.5 地基检测

地基的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.5的规定。

7.6 抛回填和砌筑材料质量检测

抛回填和砌筑材料质量的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.6的规定。

7.7 回填砂检测

7.7.1 回填砂种类与质量应满足设计要求。检测项目、检测方法和检测频率应符合表 46 的规定。

7.7.2 圆筒、沉箱、空心方块内，以及卸荷板上部回填砂通过振冲密实的应进行验证性检测，宜采用标准贯入试验检测回填振冲砂密实度。每个单位工程抽检不少于 3 个构件，每个构件内不少于 3 孔，标准贯入试验间隔不宜大于 2 m。

7.7.3 标准贯入锤击数应达到设计标准贯入击数要求。对于设计未明确标准贯入击数要求的，回填振冲后回填砂密实度应达到中密状态。

表46 回填砂检测项目、检测方法和检测频率

序号	检测项目	检测频率	检测方法
1	内摩擦角	每 10 000 m^3 为一批	无黏性土休止角试验
2	含泥量		含泥量试验
3	颗粒级配及细度模数		筛析试验
4	密实度	振冲点数量的 0.5%，且不少于 10 孔	标准贯入度试验

7.8 岸坡或基坑支护检测

岸坡或基坑支护的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.7的规定。

7.9 帷幕灌浆防渗性能检测

帷幕灌浆的防渗性能检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.8的规定。

8 道路堆场工程

8.1 基层

8.1.1 总则

应对道路和堆场的基层进行验证性检测。基层的检测项目应包括厚度、压实度、平整度、标高等，对于水泥稳定碎石基层还应检测整体性、强度。

8.1.2 厚度检测

8.1.2.1 厚度检测宜采用挖坑法或钻芯法，检测应贯穿全厚度，利用坑洞深度或所取的芯样试件测定基层厚度。基层厚度检测方法应符合 JTG 3450 的有关规定。钢直尺最小分度值不大于 1 mm。

8.1.2.2 道路和堆场基层厚度每 5 000 m^2 检测 3 处，宜均匀分布。

8.1.2.3 基层厚度允许偏差为±15 mm，允许偏差的抽检合格率应不小于 80%。

8.1.3 压实度检测

8.1.3.1 基层压实度检测宜采用灌砂法，检测方法应符合 JTG 3450 的有关规定。

8.1.3.2 道路和堆场基层压实度每 5 000 m^2 检测 1 处。

8.1.3.3 基层压实度应满足设计要求。

8.1.4 整体性检测

8.1.4.1 基层整体性检测宜采用钻芯法，检测方法应符合 JTG/T F20 的有关规定。

8.1.4.2 道路和堆场基层整体性每 5 000 m^2 检测 3 处，宜均匀分布。

8.1.4.3 基层取出的芯样应完整。

8.1.5 强度检测

8.1.5.1 基层强度检测宜采用钻芯法，检测方法应符合 JTG/T F20 的有关规定。

8.1.5.2 道路和堆场基层强度每 10 000 m^2 检测 9 处，宜均匀分布。

8.1.5.3 基层强度应满足设计要求。

8.1.6 平整度检测

8.1.6.1 基层平整度检测宜采用 2 m 靠尺和塞尺。塞尺的分度值不大于 0.2 mm。

8.1.6.2 道路基层平整度每 50 m 检测 1 处，堆场基层平整度每 200 m^2 检测 1 处。

8.1.6.3 基层平整度允许偏差为 20 mm；允许偏差的抽检合格率应不小于 80%。

8.1.7 标高检测

8.1.7.1 基层标高检测采用水准仪。水准仪精度：DS3 级。

8.1.7.2 道路基层标高每 50 m 检测 1 处，堆场基层标高每 200 m^2 检测 1 处。标高以 m 计，准确至 0.001 m。

8.1.7.3　稳定碎石基层和级配碎石基层标高允许偏差为-15 mm～＋5 mm；块石基层标高允许偏差为±20 mm。标高允许偏差的抽检合格率应不小于 80%。

8.2　面层

8.2.1　水泥稳定类面层

水泥稳定类面层检测项目、检测方法、检测频率和判定参考8.1的有关规定。

8.2.2　水泥混凝土面层

8.2.2.1　厚度检测

8.2.2.1.1　水泥混凝土面层厚度检测宜采用钻芯法，检测方法应符合 JTS 239 的有关规定。

8.2.2.1.2　道路和堆场水泥混凝土面层厚度每 5 000 m^2检测 3 处，宜均匀分布。

8.2.2.1.3　面层厚度平均值和标准差应按式（31）和式（32）计算，面层厚度代表值应按式（33）计算。

$$x_{\mathrm{m}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \quad \cdots\cdots (31)$$

$$s_{\mathrm{x}} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - x_{\mathrm{m}})^2} \quad \cdots\cdots (32)$$

$$x_{\mathrm{L}} = x_{\mathrm{m}} - \frac{t_\alpha}{\sqrt{n}} s_{\mathrm{x}} \quad \cdots\cdots (33)$$

式中：

x_{m}——面层厚度平均值（mm），精确至0.5 mm；

x_i——第 i 测点面层厚度（mm），精确至 0.5 mm；

n——测点数（个）；

s_{x}——面层厚度标准差（mm），精确至 0.05 mm；

x_{L}——面层厚度代表值（mm），精确至 0.5 mm；

t_α——t 分布表的系数，$t_\alpha/\sqrt{n}$ 可按表 47 取值。

表47　$t_\alpha/\sqrt{n}$ 值

保证率 / n	95%	保证率 / n	95%	保证率 / n	95%
3	1.686	15	0.455	27	0.328
4	1.177	16	0.438	28	0.322
5	0.953	17	0.423	29	0.316
6	0.823	18	0.410	30	0.310
7	0.734	19	0.398	40	0.266
8	0.670	20	0.387	50	0.237

表 47　$t_\alpha/\sqrt{n}$ 值（续）

保证率 / n	95%	保证率 / n	95%	保证率 / n	95%
9	0.620	21	0.376	60	0.216
10	0.580	22	0.367	70	0.199
11	0.546	23	0.358	80	0.186
12	0.518	24	0.350	90	0.175
13	0.494	25	0.342	100	0.166
14	0.473	26	0.335	＞100	$1.6449/\sqrt{n}$

8.2.2.1.4　面层厚度代表值和最小面层厚度满足式（34）和式（35）的要求时，面层厚度可判为合格，反之，判为不合格。

$$x_L \geqslant x_s - 5 \quad \cdots\cdots (34)$$

$$x_{min} \geqslant x_s - 15 \quad \cdots\cdots (35)$$

式中：

x_L——面层厚度代表值（mm），精确至0.5 mm；

x_s——面层厚度设计值（mm）；

x_{min}——面层厚度最小值（mm），精确至 0.5 mm。

8.2.2.2　抗压强度检测

8.2.2.2.1　道路和堆场水泥混凝土面层抗压强度应在面层钻取芯样试件，通过芯样抗压试验确定。

8.2.2.2.2　道路和堆场水泥混凝土面层抗压强度每 5 000 m^2 检测 1 组，每组不少于 3 个，宜均匀分布。

8.2.2.2.3　钻芯法检测水泥混凝土面层强度应符合 5.1.1.4 的有关规定。

8.2.2.3　抗弯拉强度检测

8.2.2.3.1　水泥混凝土面层抗弯拉强度应在面层钻取芯样，芯样直径为 150 mm，通过芯样劈裂抗拉强度试验间接确定。

8.2.2.3.2　检测芯样抗弯拉强度时，钻芯劈裂试验宜在混凝土龄期 28 d～56 d 内进行。芯样试件劈裂抗拉强度测试方法应符合 JTG E30 的有关规定，劈裂强度与抗弯拉强度可根据粗集料岩石品种和类型，具体如下：

a)　石灰岩、花岗岩碎石混凝土，按式（36）计算；

b)　玄武岩碎石混凝土，按式（37）计算；

c)　砾石混凝土，按式（38）计算。

$$f_c = 1.868 f_{sp}^{0.871} \quad \cdots\cdots (36)$$

$$f_c = 3.035 f_{sp}^{0.423} \quad \cdots\cdots (37)$$

$$f_c = 1.607 + 1.035 f_{sp} \quad \cdots\cdots (38)$$

式中：

f_c——混凝土抗弯拉强度（MPa），精确至0.1 MPa；

f_{sp}——混凝土直径150 mm芯样试件的劈裂强度，精确至0.1 MPa。

8.2.2.3.3 道路和堆场道路水泥混凝土面层抗弯拉强度每 5 000 m^2检测 1 组，每组 3 个芯样，宜均匀分布。

8.2.2.3.4 水泥混凝土面层抗弯拉强度的合格判定标准应符合下列规定：

a) 当试件组数大于 10 组时，平均抗弯拉强度合格判定为见式（39）和式（40），允许有 1 组最小抗弯拉强度小于 0.85 f_r，但不得小于 0.80 f_r；

b) 当试件组数不大于 10 组时，试件平均抗弯拉强度不得小于 1.15 f_r，任一组强度均不得小于 0.85 f_r；

c) 实测抗弯拉强度统计变异系数 C_v 值应符合设计要求。

$$f_{cs} \geqslant f_r + K'\sigma \cdots\cdots (39)$$

$$\sigma = C_v \overline{f_c} \cdots\cdots (40)$$

式中：

f_{cs}——合格判定平均抗弯拉强度（MPa），精确至0.1 MPa；

f_r——设计抗弯拉强度标准值（MPa），精确至0.1 MPa；

K'——合格判定系数，取值应符合表48的规定；

σ——抗弯拉强度统计均方差，精确至0.01 MPa；

C_v——实测抗弯拉强度统计变异系数；

$\overline{f_c}$——设计抗弯拉强度标准值（MPa）。

表48 合格判定系数

试件组数 n	11～14	15～19	≥20
K'	0.75	0.70	0.65

8.2.3 路面砖面层

8.2.3.1 强度检测

8.2.3.1.1 混凝土路面砖抗压强度宜现场取样通过抗压强度试验确定。设计有抗折强度要求的，抗折强度应满足设计要求。

8.2.3.1.2 水泥混凝土路面砖抗压强度试验方法、抗折强度试验方法应符合 GB 28635 的有关规定。

8.2.3.1.3 同一类别、同一规格、同一强度等级的路面砖，每 50 000 块抽检 1 组，每组 10 块。

8.2.3.1.4 路面砖的强度应符合表 49 的要求。

表49 路面砖的强度要求

序号	项目	强度要求（MPa）		
		强度等级	平均值	单块最小值
1	抗压强度	C_c40	≥40.0	≥35.0
		C_c50	≥50.0	≥42.0
		C_c60	≥60.0	≥50.0

表 49　路面砖的强度要求（续）

序号	项目	强度要求（MPa）		
		强度等级	平均值	单块最小值
2	抗折强度	C_f4.0	≥4.00	≥3.20
		C_f5.0	≥5.00	≥4.20
		C_f6.0	≥6.00	≥5.00

8.2.3.2　吸水率检测

8.2.3.2.1　混凝土路面砖吸水率宜通过吸水率试验确定，试验方法应符合 GB 28635 的有关规定。
8.2.3.2.2　同一类别、同一规格、同一强度等级的路面砖，每 50 000 块抽检 1 组，每组 5 块。
8.2.3.2.3　路面砖的吸水率不应大于 6.5%。

8.2.3.3　防滑性能检测

8.2.3.3.1　混凝土路面砖防滑性能检测宜采用摆式摩擦系数测定仪，试验方法应符合 GB 28635 的有关规定。
8.2.3.3.2　同一类别、同一规格、同一强度等级的路面砖，每 50 000 块抽检 1 组，每组 5 块。
8.2.3.3.3　路面砖的防滑性不应小于 60 BPN。

8.2.4　沥青混凝土面层

8.2.4.1　厚度检测

8.2.4.1.1　沥青混凝土厚度检测宜采用钻芯法。钻取沥青混凝土面层的全厚度，利用所取的芯样试件测定其厚度，检测方法应符合 JTS 239 的有关规定。
8.2.4.1.2　道路和堆场沥青混凝土面层厚度每 5 000 m^2 检测 3 处，宜均匀分布。
8.2.4.1.3　沥青混凝土面层厚度判定参考 8.2.2.1.3 与 8.2.2.1.4 的规定。

8.2.4.2　压实度检测

8.2.4.2.1　沥青混凝土面层压实度宜通过测定取芯试件的密度，与按 JTG F40 规定的方法测定的标准密度之比值取得，以百分率表示。
8.2.4.2.2　钻取芯样应该在路面完全冷却后进行，对普通沥青路面通常在第 2 天取样，对改性沥青及 SMA 路面宜在第 3 天以后取样。
8.2.4.2.3　按 5.1.1.4 取样方法钻取路面芯样，芯样直径不宜小于 100 mm。
8.2.4.2.4　当钻孔取得的芯样包含有不同层位的沥青混合料时，应根据结构组合情况用切割机将芯样沿各层结合面锯开分层进行测定。
8.2.4.2.5　沥青混合料试件密度试验方法应符合 JTG E20 的有关规定。
8.2.4.2.6　沥青混凝土的压实度按式（41）计算：

$$K_a = \frac{\rho_s}{\rho_0} \times 100 \quad \cdots\cdots (41)$$

式中：

K_a——沥青混凝土面层某一测定部位的压实度（%）；

ρ_s——沥青混合料芯样试件的实际密度（g/cm^3）；

ρ_0——沥青混合料芯样试件的标准密度（g/cm^3）。

8.2.4.2.7 可根据需要选用实验室标准密度或最大理论密度作为芯样试件的标准密度。标准密度的确定可参考 JTG F40。

8.2.4.2.8 道路和堆场沥青混凝土面层压实度每 2 000 m^{2}检测 1 处。

8.2.4.2.9 沥青混凝土面层的压实度满足下列要求：

a) 选用试验室实测值作为标准密度的，普通沥青混凝土面层压实度应不小于试验室标准密度的 96%；SMA 面层压实度应不小于试验室标准密度的 98%；

b) 选用最大理论密度作为标准密度的，普通沥青混凝土面层压实度应不小于最大理论密度的 92%；SMA 面层压实度应不小于最大理论标准密度的 94%。

8.2.4.3 渗水系数检测

8.2.4.3.1 沥青混凝土渗水系数检测宜采用路面渗水仪，检测方法应符合 JTG 3450 的有关规定。

8.2.4.3.2 道路和堆场沥青混凝土面层渗水系数每 1 000 m^{2}检测 1 处。

8.2.4.3.3 沥青混凝土面层渗水系数应满足设计要求（SMA 面层渗水系数不应大于 120 mL/min，其他沥青混凝土路面渗水系数不应大于 200 mL/min）。

8.2.4.4 抗滑性能检测

8.2.4.4.1 沥青混凝土摩擦系数检测宜采用摆式摩擦系数测定仪，检测方法应符合 JTG 3450 的有关规定。

8.2.4.4.2 道路和堆场沥青混凝土面层摩擦系数每 1 000 m^{2}检测 1 处。

8.2.4.4.3 沥青混凝土面层摩擦系数应满足设计要求。

9 船闸工程

9.1 混凝土结构检测

9.1.1 混凝土强度检测

9.1.1.1 混凝土强度的检测频率应符合表 50 的规定，检测方法和判定应符合 5.1.1 的规定。

9.1.1.2 混凝土灌注桩钻芯法检测应符合 JTS 237 的有关规定。

表50 混凝土强度的检测方法和检测频率

序号	构件种类	检测频率	检测方法
1	混凝土灌注桩	抽检 1%～3%，且不少于 3 根	钻芯法
2	柱、板、梁	各抽检 1%～2%，且不少于 5 件	超声回弹综合法
3	闸墙、导航墙、挡墙、分水墙、廊道、边墩、靠船墩、导流墩等	按浇筑仓面或浇筑段抽检，各抽检 5%～10%，且不少于 5 个浇筑仓面或浇筑段	超声回弹综合法
4	面层	抽检不少于 5 组	钻芯法

9.1.2 钢筋检测

钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀状况的检测频率应符合表51的规定，检测方法和判定应符合5.1.3的规定。

表51 钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀性状的检测频率

序号	检测项目	构件种类	检测频率	检测方法
1	钢筋位置	柱、板、梁	各抽检 1%～2%，且不少于 3 件	电磁感应法
		闸墙、导航墙、挡墙、分水墙、廊道、边墩、靠船墩、导流墩等	按浇筑仓面或浇筑段抽检，各抽检 5%，且不少于 3 个浇筑仓面或浇筑段	电磁感应法
2	保护层厚度	柱、板、梁	各抽检 1%～2%，且不少于 3 件	电磁感应法
		闸墙、导航墙、挡墙、分水墙、廊道、边墩、靠船墩、导流墩等	按浇筑仓面或浇筑段抽检，各抽检 5%，且不少于 3 个浇筑仓面或浇筑段	电磁感应法
3	钢筋锈蚀性状	柱、板、梁	各抽检 1%～2%，且不少于 3 件	半电池电位法
		闸墙、导航墙、挡墙、分水墙、廊道、边墩、靠船墩、导流墩等	各抽检 5%，且不少于 3 段	半电池电位法

9.1.3 混凝土抗氯离子渗透性能检测

淡水环境的船闸工程应对处于设计高水位以下部位的混凝土结构或构件的抗氯离子渗透性能进行验证性检测，海水环境的船闸工程应对处于浪溅区与水位变动区的混凝土结构或构件的抗氯离子渗透性能进行验证性检测。检测频率、检测方法和判定应符合5.1.2.2的规定。

9.1.4 混凝土抗水渗透性能检测

应对有抗渗性能要求的混凝土结构或构件进行抗渗性能验证性检测。同类构件应至少钻取1组，每组6个芯样试件。检测方法和判定应符合5.1.2.3的规定。

9.1.5 混凝土表面涂层质量检测

混凝土表面涂层质量的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.1.2.4的规定。

9.2 预制构件检测

预制构件的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.2的规定。

9.3 钢结构检测

钢结构的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.3的规定。

9.4 基桩检测

基桩的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.4的规定。

9.5 地基检测

地基的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.5的规定。

9.6 抛回填和砌筑材料质量检测

抛回填和砌筑材料质量的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.6的规定。

9.7 岸坡或基坑支护检测

岸坡或基坑支护的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.7的规定。

9.8 帷幕灌浆、岩石固结灌浆及高喷墙防渗性能检测

帷幕灌浆、岩石固结灌浆和高喷墙防渗性能的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.8的规定。

10 防波堤与护岸工程

10.1 混凝土结构检测

10.1.1 混凝土强度检测

混凝土强度的检测频率应符合表52的规定，检测方法和判定应符合5.1.1的规定。

表52 混凝土强度的检测方法和检测频率

序号	构件种类	检测频率	检测方法
1	桩、梁、板	各抽检 1%～2%，且不少于 5 件	超声回弹综合法
2	沉箱、方块、圆筒	各抽检 5%～10%，且不少于 5 件	超声回弹综合法
3	胸墙、挡墙	各抽检 5%～10%，且不少于 5 段	超声回弹综合法
4	护面块体	抽检 1‰～2‰，且不少于 10 件	回弹法
5	面层	抽检不少于 5 组	钻芯法

10.1.2 钢筋检测

钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀状况的检测频率应符合表53的规定，检测方法和判定应符合5.1.3的规定。

表53 钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀性状的检测频率

序号	检测项目	构件种类	检测频率	检测方法
1	钢筋位置	桩、梁、板	各抽检 1%～2%，且不少于 3 件	电磁感应法
		沉箱、方块、圆筒	各抽检 10%，且不少于 3 件	电磁感应法
		胸墙、挡墙	各抽检 5%，且不少于 3 段	电磁感应法
2	保护层厚度	桩、梁、板	各抽检 1%～2%，且不少于 3 件	电磁感应法
		沉箱、方块、圆筒	各抽检 10%，且不少于 3 件	电磁感应法
		胸墙、挡墙	各抽检 5%，且不少于 3 段	电磁感应法

表 53　钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀性状的检测频率（续）

序号	检测项目	构件种类	检测频率	检测方法
3	钢筋锈蚀性状	桩、梁、板	各抽检 1%～2%，且不少于 3 件	半电池电位法
		沉箱、方块、圆筒	各抽检 10%，且不少于 3 件	半电池电位法
		胸墙、挡墙	各抽检 5%，且不少于 3 段	半电池电位法

10.1.3　混凝土抗氯离子渗透性能检测

应对处于大气区、浪溅区与水位变动区的混凝土结构或构件的抗氯离子渗透性能进行验证性检测。检测方法、检测频率和判定应符合5.1.2.2的规定。

10.1.4　混凝土表面涂层质量检测

混凝土表面涂层质量的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.1.2.4的规定。

10.1.5　混凝土表面硅烷浸渍检测

混凝土表面硅烷浸渍的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.1.2.5的规定。

10.2　预制构件检测

预制构件的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.2的规定。

10.3　基桩检测

基桩的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.4的规定。

10.4　地基检测

地基的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.5的规定。

10.5　抛回填和砌筑材料质量检测

抛回填和砌筑材料质量的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.6的规定。

10.6　岸坡或基坑支护检测

岸坡或基坑支护的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.7的规定。

10.7　帷幕灌浆防渗性能检测

帷幕灌浆防渗性能的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.8的规定。

11　航道整治工程

11.1　混凝土结构检测

11.1.1　混凝土强度检测

混凝土强度的检测频率应符合表54的规定，检测方法和判定应符合5.1.1的规定。

表54　混凝土强度的检测方法和检测频率

序号	构件种类	检测频率	检测方法
1	沉箱、空心方块、方块	各抽检 5%～10%，且不少于 5 件	超声回弹综合法
2	护面块体	抽检 1‰～2‰，且不少于 10 件	回弹法
3	面层	抽检不少于 5 组	钻芯法

11.1.2　钢筋检测

钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀状况的检测构件及频率应符合表55的规定，检测方法和判定应符合5.1.3的规定。

表55　钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀性状的检测频率

序号	检测项目	构件种类	检测频率	检测方法
1	钢筋位置	沉箱、空心方块、方块	抽检 10%，且不少于 3 件	电磁感应法
2	保护层厚度	沉箱、空心方块、方块	抽检 10%，且不少于 3 件	电磁感应法
3	钢筋锈蚀性状	沉箱、空心方块、方块	抽检 10%，且不少于 3 件	半电池电位法

11.1.3　混凝土抗氯离子渗透性能检测

应对处于浪溅区与水位变动区的混凝土结构或构件的抗氯离子渗透性能进行验证性检测。检测方法、检测频率和判定应符合5.1.2.2的规定。

11.1.4　混凝土表面涂层质量检测

混凝土表面涂层质量的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.1.2.4的规定。

11.1.5　混凝土表面硅烷浸渍检测

混凝土表面硅烷浸渍的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.1.2.5的规定。

11.2　抛回填和砌筑材料质量检测

抛回填和砌筑材料的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.6的规定。

11.3　护面质量检测

11.3.1　抛石护面

11.3.1.1　抛石的平均断面不得小于设计断面，坡面的坡度不应陡于设计坡度。

11.3.1.2　抛石护面厚度的允许偏差、检测频率和检测方法应符合表 56 的规定。

表56　抛石护面厚度的允许偏差、检测频率和检测方法

序号	项目		允许偏差（mm）	检测频率	单元测点	检测方法
1	厚度	水上	±0.2H	每 20 m 一个断面	3～7	钢尺测量
		水下	-0.3H～+0.5H			全站仪和测深仪等测量
注：H为抛石设计厚度，单位为mm。						

11.3.2 铺石护面

11.3.2.1 铺石的平均断面不得小于设计断面，坡面的坡度不应陡于设计坡度。

11.3.2.2 铺石护面厚度和平整度的允许偏差、检测频率和检测方法应符合表 57 的规定。

表57 铺石护面的允许偏差、检测频率和检测方法

序号	项目		允许偏差（mm）	检测频率	单元测点	检测方法
1	厚度		-0.1*H*～+0.2*H*	每 20 m 一个断面	1	钢尺测量
2	平整度	护坡及坝面	60		2	2 m 靠尺和钢尺测量
		护滩	100		2	
注：*H*为铺石设计厚度，单位为mm。						

11.3.3 预制混凝土铺砌块护面

11.3.3.1 预制混凝土铺砌块的质量应符合 5.2 的规定。

11.3.3.2 预制混凝土铺砌块的组砌方式、缝宽、灌缝和接茬处理应满足设计要求。

11.3.3.3 预制混凝土铺砌块铺砌质量的允许偏差、检测频率和检测方法应符合表 58 的规定。

表58 预制混凝土铺砌块护面的允许偏差、检测频率和检测方法

序号	项目		允许偏差（mm）	检测频率	单元测点	检测方法
1	高程		±20	每 200 m^2 一处	4	水准仪测量中线和边线
2	平整度		10		2	2 m 靠尺和塞尺测量垂直两方向
3	相邻块表面高差		5		1	钢尺测量
4	砌缝顺直		10		2	20 m 线和钢尺测量纵横缝，取大值
5	砌缝最大宽度	四角块	10		1	钢尺测量
		六角块	15			

11.4 预制构件检测

预制构件的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.2的规定。

11.5 基桩检测

基桩的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.4的规定。

11.6 地基检测

地基的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.5的规定。

11.7 岸坡或基坑支护检测

岸坡或基坑支护的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.7的规定。

12 航标工程

12.1 混凝土结构检测

12.1.1 混凝土强度检测

混凝土强度的检测频率应符合表59的规定，检测方法和判定应符合5.1.1规定。

表59 混凝土强度的检测频率

序号	构件种类	检测频率	检测方法
1	塔型岸标、水尺尺体	抽检 5%～10%，且不少于 5 座	超声回弹综合法

12.1.2 钢筋检测

钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀状况的检测频率应符合表60的规定，检测方法和判定应符合5.1.3的规定。

表60 钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀性状的检测频率

序号	检测项目	构件种类	检测频率	检测方法
1	钢筋位置	塔型岸标、水尺尺体	抽检 10%，且不少于 3 座	电磁感应法
2	保护层厚度	塔型岸标、水尺尺体	抽检 10%，且不少于 3 座	电磁感应法
3	钢筋锈蚀性状	塔型岸标、水尺尺体	抽检 10%，且不少于 3 座	半电池电位法

12.2 钢结构检测

钢结构的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.3的规定。

12.3 基桩检测

基桩的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.4的规定。

12.4 地基检测

地基的检测项目、检测方法、检测频率和判定应符合5.5的规定。

附　录　A
（规范性）
回弹值修正值

A.1　非水平方向

非水平方向检测时的回弹值修正值见表A.1。

表A.1　非水平方向检测时的回弹值修正值 $R_{a\alpha}$

$R_{m\alpha}$	检测角度							
	向上				向下			
	90°	60°	45°	30°	-30°	-45°	-60°	-90°
20	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	+2.5	+3.0	+3.5	+4.0
21	-5.9	-4.9	-4.0	-3.0	+2.5	+3.0	+3.5	+ 4.0
22	-5.8	-4.8	-3.9	-2.9	+2.4	+2.9	+3.4	+ 3.9
23	-5.7	-4.7	-3.9	-2.9	+2.4	+2.9	+3.4	+3.9
24	-5.6	-4.6	-3.8	-2.8	+2.3	+2.8	+3.3	+3.8
25	-5.5	-4.5	-3.8	-2.8	+2.3	+2.8	+3.3	+3.8
26	-5.4	-4.4	-3.7	-2.7	+2.2	+2.7	+3.2	+3.7
27	-5.3	-4.3	-3.7	-2.7	+2.2	+2.7	+3.2	+3.7
28	-5.2	-4.2	-3.6	-2.6	+2.1	+2.6	+3.1	+3.6
29	-5.1	-4.1	-3.6	-2.6	+2.1	+2.6	+3.1	+3.6
30	-5.0	-4.0	-3.5	-2.5	+2.0	+2.5	+3.0	+3.5
31	-4.9	-4.0	-3.5	-2.5	+2.0	+2.5	+3.0	+3.5
32	-4.8	-3.9	-3.4	-2.4	+1.9	+2.4	+2.9	+3.4
33	-4.7	-3.9	-3.4	-2.4	+1.9	+2.4	+2.9	+3.4
34	-4.6	-3.8	-3.3	-2.3	+1.8	+2.3	+2.8	+3.3
35	-4.5	-3.8	-3.3	-2.3	+1.8	+2.3	+2.8	+3.3
36	-4.4	-3.7	-3.2	-2.2	+1.7	+2.2	+2.7	+3.2
37	-4.3	-3.7	-3.2	-2.2	+1.7	+2.2	+2.7	+3.2
38	-4.2	-3.6	-3.1	-2.1	+1.6	+2.1	+2.6	+3.1
39	-4.1	-3.6	-3.1	-2.1	+1.6	+2.1	+2.6	+3.1
40	-4.0	-3.5	-3.0	-2.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0
41	-4.0	-3.5	-3.0	-2.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0
42	-3.9	-3.4	-2.9	-1.9	+1.4	+1.9	+2.4	+2.9
43	-3.9	-3.4	-2.9	-1.9	+1.4	+1.9	+2.4	+2.9
44	-3.8	-3.3	-2.8	-1.8	+1.3	+1.8	+2.3	+2.8
45	-3.8	-3.3	-2.8	-1.8	+1.3	+1.8	+2.3	+2.8
46	-3.7	-3.2	-2.7	-1.7	+1.2	+1.7	+2.2	+2.7
47	-3.7	-3.2	-2.7	-1.7	+1.2	+1.7	+2.2	+2.7
48	-3.6	-3.1	-2.6	-1.6	+1.1	+1.6	+2.1	+2.6

表 A.1　非水平方向检测时的回弹值修正值 $R_{a\alpha}$（续）

$R_{m\alpha}$	检测角度							
	向上				向下			
	90°	60°	45°	30°	-30°	-45°	-60°	-90°
49	-3.6	-3.1	-2.6	-1.6	+1.1	+1.6	+2.1	+2.6
50	-3.5	-3.0	-2.5	-1.5	+1.0	+1.5	+2.0	+2.5

注1：$R_{m\alpha}$ 表示非水平方向检测时的回弹代表值。

注2：$R_{m\alpha}$ <20 或>50 时，分别按照 20 或 50 查表。

注3：表中未列入相应于 $R_{m\alpha}$ 的修正值 $R_{a\alpha}$，可用内插法求得，精确至 0.1。

A.2　不同浇筑面

不同浇筑面的回弹值修正值见表A.2。

表A.2　不同浇筑面的回弹值修正值

R_m^t 或 R_m^b	R_a^t	R_a^b
20	+2.5	-3.0
21	+2.4	-2.9
22	+2.3	-2.8
23	+2.2	-2.7
24	+2.1	-2.6
25	+2.0	-2.5
26	+1.9	-2.4
27	+1.8	-2.3
28	+1.7	-2.2
29	+1.6	-2.1
30	+1.5	-2.0
31	+1.4	-1.9
32	+1.3	-1.8
33	+1.2	-1.7
34	+1.1	-1.6
35	+1.0	-1.5
36	+0.9	-1.4
37	+0.8	-1.3
38	+0.7	-1.2
39	+0.6	-1.1
40	+0.5	-1.0
41	+0.4	-0.9
42	+0.3	-0.8
43	+0.2	-0.7
44	+0.1	-0.6
45	0	-0.5
46	0	-0.4

表 A.2　不同浇筑面的回弹值修正值（续）

R_m^t 或 R_m^b	R_a^t	R_a^b
47	0	-0.3
48	0	-0.2
49	0	-0.1
50	0	0

注1：R_m^t 表示水平方向检测混凝土结构浇筑表面时的回弹代表值，用 R_m^b 表示水平方向检测混凝土结构浇筑底面时的回弹代表值。

注2：R_m^t 或 R_m^b <20 或>50 时，分别按照 20 或 50 查表。

注3：R_a^t 即为混凝土浇筑表面的修正系数，是指一般原浆抹面的修正值。

注4：R_a^b 即为有关混凝土浇筑底面的修正系数，是指构件底面与侧面采用同一类模板在正常浇筑情况下的修正值。

注5：表中未列入相应于 R_m^t 或 R_m^b 的 R_a^t 和 R_a^b，可用内插法求得，精确至 0.1。

GXDB 广西市场监督管理局

附　录　B
（规范性）
芯样混凝土强度异常数据判别和处理

B.1　一般规定

B.1.1　本方法适用于对单组芯样混凝土强度测试值组成的数据组中的异常数据进行判别和处理。

B.1.2　在采用钻芯法修正其他无损检测方法时，宜对单组混凝土强度代表值组成的数据组中的异常数据进行判别和处理。

B.1.3　数据组中异常数据个数的上限不宜超过2个，当超过2个时，该组数据无效。

B.2　异常值检验

B.2.1　统计量应按式（B.1）计算。

$$t=\left|\frac{m_{\mathrm{x}}-x_{\mathrm{k}}}{s_{\mathrm{x}}}\sqrt{\frac{n-1}{n}}\right| \cdots\cdots (\mathrm{B.1})$$

式中：

t——统计量；

m_{x}——余下的$n-1$个数据平均值；

x_{k}——数据组中最大值或最小值；

s_{x}——余下的$n-1$个数据标准差；

n——数据组中数据数量。

B.2.2　当计算统计量t大于临界值t_a时，可认为x_{k}为粗大误差构成的异常数据。

B.2.3　临界值t_a可按表B.1取值。

表B.1　临界值t_a

数据数量（个）	4	5	6	7	8	9
t_a	2.92	2.35	2.13	2.02	1.94	1.89

B.3　异常值处理

B.3.1　最大异常数据可直接剔除。

B.3.2　在有充分理由说明其异常原因时，可剔除最小异常数据。

B.3.3　在无充分理由说明其异常原因时，应在最小异常数据对应芯样邻近位置重新取样复测，根据复测结果，判断是否剔除。

附　录　C
（规范性）
灌浆工程钻孔注水试验

C.1　试验方法

C.1.1　灌浆工程先导孔和检查孔的渗透试验宜采用常水头钻孔注水试验的方法。

C.1.2　常水头钻孔注水试验应准备下列设备和仪表，所用设备和仪表应满足试验检测所需的测量范围和精度要求：

a)　供水设备：水箱、水泵；

b)　量测设备：水表、量桶、量杯、流量记录仪、水位计，秒表、米尺等；

c)　止水设备：套管、栓塞。

C.1.3　注水试验孔的钻进：钻孔前应先在混凝土盖板上埋设孔口管。孔口管可采用无缝钢管，管径应大于灌浆孔直径2级，长度不宜小于2 m，管口应高出地面10 cm～20 cm，埋设应正直、坚固。孔位偏差不应大于10 cm。

C.1.4　在注水试验前，应进行地下水位观测，水位观测间隔为5 min，当连续2次观测数据变幅小于10 cm时，水位观测即可结束，以最后的观测值作为地下水位计算值。

C.1.5　注水试验应自上而下分段进行，试验段长度可为2 m～10 m，地层复杂时分段宜短一些，一个试段不宜跨越渗透性悬殊的两类地层。

C.1.6　试验段的隔离止水可采用栓塞或套管脚填黏土的方法，也可采用对试验段上部孔段进行灌浆护壁的方法。当采用后者时，试验孔孔口应安设孔口管，在孔口管上可安装孔口封闭器或灌浆塞。

C.1.7　注水采用常水头方式，水位可与孔口齐平，或采用管路接至某一高程。

C.1.8　试验注入流量的稳定标准为：在保持水头不变的条件下，开始时每5 min测读一次注入流量，连续测读4次；以后每10 min测读一次并至少连续观测4次。当连续2次测得注入流量之差不大于最后一次注入流量的10%时，流量观测即可结束，取最后一次注入流量作为计算值。

C.1.9　当试段注水流量大于水泵排量时，可停止试验并记下最大流量值。

C.1.10　如采用灌浆护壁法进行注水试验孔的钻进和试段隔离，则上面试段注水试验完成后，应接着进行灌浆，待凝后扫孔至原孔深，以同样水头再测量一次注入流量，如注入量大，则需再次灌浆、待凝、扫孔，直至注入流量降至足够小，方可进行下一段钻孔和注水试验，如此自上而下逐段进行，直至全孔完成。

C.1.11　如采用套管护壁进行注水试验，上面试段注水试验完成后，应跟进套管、止水和继续钻进，进行下一孔段注水试验。

C.2　试验成果计算

C.2.1　计算地层的渗透系数：

a)　当试段位于地下水水位以下时，按式（C.1）计算地层渗透系数；

$$K=\frac{16.67Q}{AH} \qquad \text{(C.1)}$$

式中：

K——渗透系数（cm/s），取2位有效数字；

Q——注入流量（cm^3/s），如上部孔段系采用灌浆护壁，则流量中应减去该孔段的渗漏量；

H——试验水头（cm），等于试验水位与地下水位之差；

A——形状系数（cm），分下列四种情况取值：

1) 套管下至试验孔底，孔底进水，$A=5.5r$；

2) 套管下至试验孔底，孔底进水，试验土层顶板为不透水层，$A=4r$；

3) 地层水平和垂直向渗透系数相等，试验孔内下套管或不下套管，试段裸露或下套阀管，且$\frac{L}{r}>8$，$A=\frac{2\pi L}{\ln\left(L/r\right)}$；

4) 地层水平和垂直向渗透系数相等，试段顶部为不透水层，试验孔内下套管或不下套管，试段裸露或下套阀管，且$\frac{L}{r}>8$，$A=\frac{2\pi L}{\ln\left(2L/r\right)}$。

b) 当试段位于地下水位以上，且$50<\frac{H}{r}<200$，$H\leqslant L$时，按式（C.2）计算地层渗透系数：

$$K=\frac{7.05Q\lg\left(2L/r\right)}{LH} \quad \cdots\cdots (C.2)$$

式中：

L——试段长度（cm）；

r——钻孔半径（cm）；

H——试验水头（cm），等于试验水位至试段中点的高度。

c) 当试段高出地下水位较多，土层较干燥，介质均匀，且$50<\frac{H}{r}<200$，$H\leqslant L$时，也可按式（C.3）计算地层渗透系数：

$$K=\frac{0.432Q\lg\left(2H/r\right)}{H^2} \quad \cdots\cdots (C.3)$$

C.2.2 计算地层的透水率。按式（C.4）计算试段所在地层的透水率，计算成果取2位有效数字。

$$q=\frac{Q}{PL} \quad \cdots\cdots (C.4)$$

式中：

q——试段透水率（Lu）；

Q——注入流量（L/min），如上部孔段系采用灌浆护壁，则流量中应减去该孔段的渗漏量；

P——作用于试段中点的全压力（MPa），当地下水位在试段以上时，全压力为地下水位以上的水柱压力；当地下水位在试段以下时，全压力为试段中点以上的水柱压力；当地下水位在试段以内时，全压力为地下水位以上的试段中点以上的水柱压力；

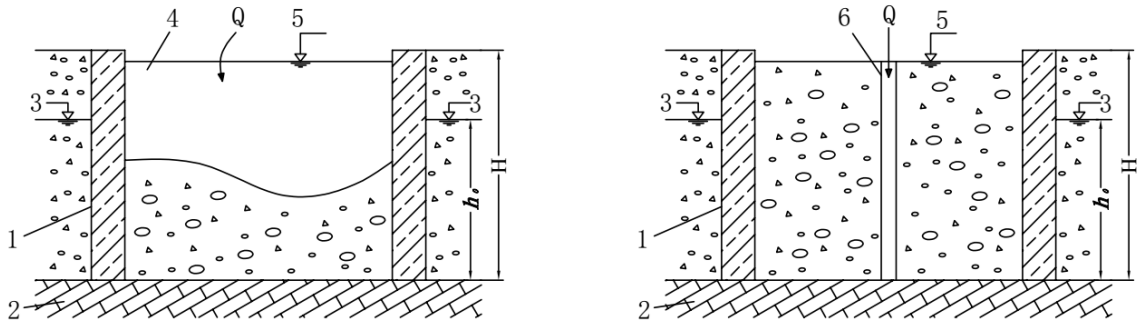
L——本试段长度（m）。

附　录　D
（规范性）
围井注水试验

D.1　试验方法

D.1.1　将围井开挖一定深度，然后在围井内进行注水试验，如图D.1 a)所示。

D.1.2　也可在井中心部位钻孔，下入过滤管，在管内进行注水试验，如图D.1 b)所示。



a）　　b）

注：1—围井；2—相对隔水层；3—地下水位；4—井内开挖；5—注水稳定水位；6—钻孔。

图 D.1　围井注水试验示意图

D.1.3　围井注水试验采用图D.1 a）方法时，试验应符合以下要求：

a)　井内开挖深度应不少于地下水位线 1.0 m；

b)　地下水位观测：应在围井两侧 1 m 范围内钻孔进行地下水位观测。地下水位观测时间间隔为 5 min，当连续 2 次观测数据变幅小于 10 cm 时，水位观测即可结束，以两孔最后观测值的平均值作为地下水位计算值；

c)　注水采用常水头方式，保持围井内水位高出地下水位一定高度（或至孔口）并保持固定不变；

d)　试验注入流量的稳定标准为：在保持水头不变的条件下，开始时每 5 min 测读一次注入流量，连续测读 4 次；以后每 10 min 测读一次并至少连续观测 4 次。当连续 2 次测得注入流量之差不大于最后一次注入流量的 10%时，流量观测即可结束，取最后一次注入流量作为计算值；

e)　当试段漏水量大于供水能力时，应记录最大供水量。

D.1.4　围井注水试验采用图D.1 b）方法时，地下水位观测应符合D.1.3 b）要求，注水试验应符合附录C.1要求。

D.2　试验成果计算

在透水地层中进行围井注水试验，高喷墙的渗透系数K可按式（D.1）进行计算。

$$K=\frac{2Qt}{L\left(H+h_0\right)\left(H-h_0\right)} \quad \cdots\cdots (D.1)$$

式中：

K——渗透系数（m/d）；

Q——稳定流量（m^3/d）；

t——高喷墙平均厚度（m）；

L——围井周边高喷墙轴线长度（m）；

H——围井内试验水位至井底的深度（m）；

h_0——地下水位至井底的深度（m）。

中华人民共和国广西地方标准

水运工程验证性检测规范

DB 45/T 2229－2020

广西壮族自治区市场监督管理局统一印刷

版权专有　侵权必究