

中华人民共和国行业标准

水运工程地下连续墙结构检测技术规程

JTS/T 343—2026

主编单位:中交天津港湾工程研究院有限公司

批准部门:中华人民共和国交通运输部

施行日期:2026年10月1日

人民交通出版社

2026·北京

交通运输部关于发布 《水运工程地下连续墙结构检测技术规程》的公告

2026 年第 57 号

现发布《水运工程地下连续墙结构检测技术规程》(以下简称《规程》),作为水运工程建设推荐性行业标准,标准代码为 JTS/T 343—2026,自 2026 年 10 月 1 日起实施。

《规程》由交通运输部水运局负责管理和解释,实施过程中具体使用问题的咨询,由主编单位中交天津港湾工程研究院有限公司答复。《规程》文本可在交通运输部政府网站水路运输建设综合管理信息系统“水运工程行业标准”专栏(mwtis.mot.gov.cn/syportal/sylbz)查询和下载。

特此公告。

中华人民共和国交通运输部
2026 年 7 月 17 日

制定说明

本规程是根据水运工程标准编制计划要求,由交通运输部水运局组织有关单位,经深入调查研究、广泛征求意见、反复修改完善编制完成。

地下连续墙在水运工程中应用日益广泛,其结构形式多样、施工工序较多、工艺复杂且属于隐蔽工程。为有效提高水运工程地下连续墙的工程质量,统一水运工程地下连续墙结构检测的技术要求,制定本规程。

本规程共分 10 章 4 个附录,并附条文说明,主要包括成槽质量检测,墙段质量检测,墙体外观质量检测,接头质量检测,墙段钢筋检测,墙段混凝土强度和耐久性验证性检测,墙段变位、应力和拉杆应力监测等技术内容。

本规程主编单位为中交天津港湾工程研究院有限公司,参编单位为中交第一航务工程局有限公司、河北省水运工程质量安全监督局、中交第一航务工程勘察设计院有限公司、中交一航局第五工程有限公司、天津深基工程有限公司、博纳德(天津)港口工程有限公司、天津港湾工程质量检测中心有限公司。本规程编写人员分工如下:

- 1 总则:李俊毅
- 2 术语:李俊毅 曹忠露 苏忠纯 李晓明 张 鹏 陈运涛
- 3 基本规定:李俊毅 马玉臣 刘佳东 曹忠露 苏忠纯 谭 斌
- 4 成槽质量检测:张 鹏 李俊毅 刘佳东 郑建民 李长吉
- 5 墙段质量检测:李晓明 李俊毅 苏忠纯 刘佳东 曹忠露
- 6 墙体外观质量检测:苏忠纯 李俊毅 刘佳东 马永栋 张 鹏
- 7 接头质量检测:曹忠露 马玉臣 李俊毅 刘进生 李长吉
- 8 墙段钢筋检测:曹忠露 李俊毅 郑建民 李晓明 马玉臣
- 9 墙段混凝土强度和耐久性验证性检测:苏忠纯 李俊毅 李晓明 刘佳东
曹忠露
- 10 墙段变位、应力和拉杆应力监测:陈运涛 刘进生 郑建民 刘佳东 张鹏
- 附录 A:李俊毅 苏忠纯 陈运涛 曹忠露
- 附录 B:李晓明 曹忠露 苏忠纯 谭 斌
- 附录 C:苏忠纯 李俊毅 张 鹏 陈运涛
- 附录 D:曹忠露

本规程于 2025 年 4 月 24 日通过部审,2026 年 7 月 17 日发布,自 2026 年 10 月 1 日起施行。

本规程由交通运输部水运局负责管理和解释。各单位在执行过程中发现的问题和意见,请及时函告交通运输部水运局(地址:北京市建国门内大街 11 号,交通运输部水运局技术管理处,邮政编码:100736)和本规程管理组(地址:天津市河西区大沽南路 1002 号,中交天津港湾工程研究院有限公司,邮政编码:300222,电话:022-28343603),以便修订时参考。

目 次

1	总则	(1)
2	术语	(2)
3	基本规定	(3)
3.1	一般规定	(3)
3.2	检测项目、方法、数量和抽样原则	(4)
3.3	检测工作程序	(6)
3.4	仪器设备	(8)
3.5	验证和扩大检测	(8)
3.6	检测报告	(8)
4	成槽质量检测	(11)
4.1	一般规定	(11)
4.2	仪器设备	(11)
4.3	槽宽、槽深和垂直度检测	(12)
4.4	沉渣厚度检测	(13)
4.5	检测结果评价	(14)
5	墙段质量检测	(15)
5.1	一般规定	(15)
5.2	仪器设备	(15)
5.3	声波透射法检测	(16)
5.4	钻芯法检测	(22)
5.5	孔内摄像法检测	(24)
5.6	检测结果评价	(24)
6	墙体外观质量检测	(28)
6.1	一般规定	(28)
6.2	仪器设备	(28)
6.3	外观质量检测	(28)
6.4	检测结果评价	(29)
7	接头质量检测	(30)
7.1	一般规定	(30)
7.2	仪器设备	(30)
7.3	接头壁垂直度检测	(30)

7.4	接头混凝土质量检测	(30)
7.5	检测结果评价	(30)
8	墙段钢筋检测	(32)
8.1	一般规定	(32)
8.2	仪器设备	(32)
8.3	钢筋保护层厚度检测	(32)
8.4	钢筋笼长度检测	(33)
8.5	检测结果评价	(34)
9	墙段混凝土强度和耐久性验证性检测	(35)
9.1	一般规定	(35)
9.2	仪器设备	(35)
9.3	混凝土强度验证性检测和结果评价	(35)
9.4	混凝土耐久性验证性检测和结果评价	(35)
10	墙段变位、应力和拉杆应力监测	(37)
10.1	一般规定	(37)
10.2	仪器设备	(37)
10.3	墙段变位监测	(38)
10.4	墙段应力监测	(38)
10.5	拉杆应力监测	(38)
10.6	监测结果评价	(38)
附录 A	泥浆性能指标测定方法	(39)
附录 B	声波检测仪系统延迟时间和声时初读数确定方法	(43)
附录 C	钻芯法检测记录表	(45)
附录 D	本规程用词说明	(47)
	引用标准名录	(48)
附加说明	本规程主编单位、参编单位、主要起草人、主要审查人、总校人员 和管理组人员名单	(49)
	条文说明	(51)

1 总 则

1.0.1 为统一水运工程地下连续墙结构检测的技术要求,做到技术先进、安全适用、节能环保,提高检测质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于水运工程地下连续墙结构的质量检测和评价。

1.0.3 水运工程地下连续墙结构的检测除应符合本规程的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 地下连续墙 Diaphragm Wall

采用专用成槽机械,在泥浆护壁条件下,分槽段成槽,内置钢筋笼,浇筑混凝土,形成单个墙段,相邻墙段间通过接头连接而成的具有挡土、承重和防渗等功能的连续地下墙体。

2.0.2 墙体混凝土质量 Diaphragm Wall Concrete Integrity Quality

地下连续墙的结构尺寸、混凝土强度、密实性和连续性的综合定性评价指标。

2.0.3 接头 Joint

连接两个相邻墙段的构造。

2.0.4 泥浆含砂率 Sand Content of Slurry

泥浆中粒径大于 $75\mu\text{m}$ 的砂粒体积占泥浆体积的百分比。

2.0.5 沉渣 Sediment

地下连续墙成槽后,沉积于槽底部的非原状沉淀物,又称沉淀。

2.0.6 视电阻率法 Apparent Resistivity Method

通过探头实测泥浆和沉渣界面上下的视电阻率变化以检测沉渣厚度的方法。

2.0.7 声波反射法 Sonic Reflection Method

成槽后,通过探头发射并接收反射超声波,垂直连续测量各深度的槽宽,绘制槽壁和接头壁形态图,对槽宽、槽深和垂直度进行检测的方法。

2.0.8 声波透射法 Cross-hole Sonic Logging

成墙后,在预埋声测管之间跨孔发射并接收超声波,通过实测声波在混凝土介质中传播的声时、幅值和频率等声学参数的相对变化,对地下连续墙墙体混凝土质量进行检测的方法。

2.0.9 钻芯法 Core Drilling Method

通过钻芯机钻取芯样,实测和观察地下连续墙深度、墙底沉渣厚度、墙体混凝土的强度以及墙体缺陷,对地下连续墙墙体混凝土质量进行检测的方法。

2.0.10 孔内摄像法 Testing Method with Video Monitor through the Hole

采用摄像和图像处理技术对钻孔壁进行拍摄观察,识别墙体缺陷的位置、形式和程度的方法。

2.0.11 磁测井法 Magnetic Logging Method

在地下连续墙中或其旁侧土体中成孔,通过测量磁场垂直分量沿孔深方向的变化,对墙体中钢筋笼长度进行检测的方法。

2.0.12 水下探摸检测作业 Underwater Exploration and Detection

通过潜水员、水下机器人或自动控制水下识别装置等,采用水下探测、目测、测量和摄影等方式,对开挖后暴露水下墙段表面平整度,是否存在鼓包、露筋、夹渣、空洞、裂缝等缺陷,以及相邻墙段错位、漏砂情况进行检测的水下作业。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 地下连续墙检测应根据结构形式和检测目的,结合地质条件、施工质量可靠性和使用要求等因素,合理选择检测方法,制定专项检测方案,并依据检测结果进行综合分析和评价。

3.1.2 地下连续墙水平截面形式可包括矩形和非矩形,不包括钻孔排桩形。

3.1.3 地下连续墙结构应进行成槽质量检测 and 墙体质量检测。

3.1.4 地下连续墙结构应进行墙段变位、应力和拉杆应力监测。

3.1.5 地下连续墙结构应按槽段、墙段、接头或装配拉杆总数进行抽样检测。

3.1.6 地下连续墙结构质量应按受检的单个槽段、墙段进行评价;采用声波透射法检测墙段或接头混凝土质量时,宜按墙段或接头中每个检测剖面进行评价。

3.1.7 地下连续墙结构检测时,应对墙段混凝土质量进行评价,宜对接头的混凝土质量和墙段钢筋笼长度进行评价。

3.1.8 墙体混凝土质量评价应依据声波透射法对各剖面的检测结果,对每墙段或接头所检剖面混凝土质量进行分类,或依据钻芯法检测结果对墙段混凝土质量进行分类,其分类应符合表 3.1.8 的规定。

表 3.1.8 混凝土质量分类表

类别	分类原则
I	基本无缺陷
II	有轻微缺陷,但不影响或基本不影响原设计的墙体功能性
III	有明显缺陷,影响原设计的墙体功能性
IV	有严重缺陷,严重影响原设计的墙体功能性

3.1.9 墙段或接头的所有声波透射法检测剖面混凝土质量的类别、钻芯法检测墙段混凝土质量的类别为 I 类或 II 类时,墙体混凝土质量应评价为“合格”;墙段或接头中含有声波透射法检测剖面混凝土质量的类别为 III 类或 IV 类时,墙段或接头的该声波透射法检测剖面混凝土质量应评价为“不合格”;钻芯法检测墙段混凝土质量的类别为 III 类或 IV 类时,墙段混凝土质量应评价为“不合格”。

3.1.10 对墙段中含有声波透射法检测结果为 III 类且经其他检测方法验证为 III 类的检测剖面部位和钻芯法评价为 III 类的墙段,应经设计进行功能性评估,并根据评估意见进行处

置。需工程处理的墙段,处理后应重新检测,评价是否满足设计要求。

3.1.11 对墙段中含有声波透射法检测结果为Ⅳ类且经其他检测方法验证为Ⅳ类的检测剖面部位和钻芯法评价为Ⅳ类墙段,应进行工程处理,处理后应重新检测,评价是否满足设计要求。

3.1.12 接头中含有声波透射法检测结果为Ⅲ类或Ⅳ类检测剖面的部位,应经设计进行功能性评估,根据评估意见进行处置。

3.1.13 地下连续墙结构的质量检验应满足设计要求,并应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)、《码头结构施工规范》(JTS 215)等的有关规定。

3.1.14 对地下连续墙结构进行剔凿或钻芯取样等破损性的检测时,应选择结构受力较小部位,并在现场检测结束后及时修补。

3.1.15 钻芯取样结束后,芯样在运输过程中应采取防止损坏的保护措施。

3.1.16 检测现场安全、环境、卫生与职业健康管理应符合国家现行标准《建筑与市政施工现场安全卫生与职业健康通用规范》(GB 55034)和《建设工程施工现场环境与卫生标准》(JGJ 146)的有关规定。

3.1.17 检测过程中应按有关规定设置防护栏杆和安全网盖等防护措施,并收集处理废渣、废浆。

3.1.18 现场检测临时用电应符合现行行业标准《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》(JGJ/T 46)的有关规定。

3.1.19 水下探摸检测作业应符合现行国家标准《空气潜水安全要求》(GB 26123)和《混合气潜水安全要求》(GB 28396)的有关规定,且应根据实际情况制定水下探摸检测作业专项方案。

3.1.20 地下连续墙检测应根据施工进度情况及时进行。

3.2 检测项目、方法、数量和抽样原则

3.2.1 检测项目、方法和数量应根据实际情况按表 3.2.1 选用。

表 3.2.1 检测项目、方法和数量

类别	检测项目		检测方法	检测数量	
				永久结构	临时结构
成槽质量检测	▲槽深		声波反射法或测绳法	100% 槽段	100% 槽段
	▲槽宽		声波反射法		20% 槽段, 且不少于 10 个槽段
	▲垂直度	槽段			
		接头壁			
	▲沉渣厚度		测锤法或视电阻率法		100% 槽段
▲泥浆性能指标		相对密度计法、黏度计法、含砂率计法和 pH 试纸比色法等	100% 槽段		

续表 3.2.1

类别		检测项目		检测方法	检测数量		
					永久结构	临时结构	
墙体 质量 检测	墙段 质量 检测	▲混凝土质量		声波透射法	有外露面时 100% 墙段; 无外露面时 可 20% 墙段,且 不少于 3 个墙段	20% 墙段, 且不少于 3 个 墙段	
				钻芯法	2% 墙段,且不少 于 3 个墙段	☆	
				△孔内摄像法			
		钢筋笼长度		磁测井法			
		墙段深度		钻芯法			
		墙底沉渣厚度					
		墙段混凝土 强度和耐久性 验证性检测	▲混凝土抗压 强度	钻芯法	2% 墙段,且不少 于 5 个墙段		
			▲保护层厚度	尺量法、钻孔或剔凿尺量法	2% 墙段,且不少 于 3 个墙段		
			抗氯离子渗透 性能	芯样电通量法或芯样快速 氯离子迁移系数法			
			抗水渗透性能	芯样逐级加压法	■2% 墙段,且 不少于 3 个墙段		
			抗冻融性能	芯样气泡间距系数观测法	□2% 墙段,且 不少于 5 个墙段		
				芯样快速冻融法	□1% 墙段,且 不少于 3 个墙段		
		外观质量	▲鼓包、露筋、 夹渣和空洞等 缺陷	目测、摄录法和尺量法	100% 墙段		
			▲渗漏水	目测、摄录法或调查检测法	100% 水上墙段		
			▲平整度	靠尺和钢直尺或楔形塞尺 测量法	20% 墙段		
			▲相邻墙段错位	钢直尺测量法	100% 墙段		
	接头 质量 检测	混凝土质量		声波透射法	1% 接头,且不少 于 3 个接头	☆	
		外观质量	▲漏砂和空洞 等缺陷	目测、摄录法和尺量法	100% 接头		
			▲渗漏水	目测、摄录法或调查检测法	100% 水上接头		

续表 3.2.1

类别	检测项目		检测方法	检测数量	
				永久结构	临时结构
墙段变位、应力和拉杆应力监测	▲墙段变位	墙顶水平位移	静力水准法、卫星导航定位法或全站仪自动检测法等	地下连续墙上部每个结构段；其他结构1%墙段,且不少于3个墙段	☆
		墙顶垂直位移			
		深层水平位移	测斜仪观测法、陀螺仪法、光纤法、应变式位移计法或测杆延伸法等	1%墙段,且不少于3个墙段	
	应力		应变式传感器观测法或振弦式传感器观测法等	1%墙段,且不少于3个墙段	
	拉杆应力			不少于5个装配拉杆	

注：①带“▲”检测项目和检测方法是必选的，其他为可选的；

②带“△”检测方法为在混凝土质量检测时在钻孔基础上选做；

③带“☆”所对应检测项目可根据工程具体情况选做，检测数量可取永久结构检测数量或根据实际情况确定；

④带“■”检测数量为以同一抗渗等级混凝土配合比且同一年度施工墙段个数为基数的抽检数量；

⑤带“□”检测数量为以同一抗冻等级混凝土配合比且同一年度施工墙段个数为基数的抽检数量。

3.2.2 地下连续墙的检测抽样原则应符合下列规定。

3.2.2.1 地下连续墙检测抽样应具有随机性、控制性和代表性。

3.2.2.2 出现下列情况之一时，应优先抽样，但其数量不计入正常抽样的比例：

- (1) 建设有关各方对施工质量有疑问的槽段、墙段、接头或拉杆；
- (2) 设计认为工程重要结构部位的槽段、墙段或接头；
- (3) 更换不同工艺、设备后施工的槽段、墙段或接头；
- (4) 非矩形的槽段和墙段；
- (5) 地层性质差异大或容易发生坍塌等区段内的槽段、墙段或接头；
- (6) 委托方指定的检测对象和范围。

3.3 检测工作程序

3.3.1 检测工作程序可按图 3.3.1 所示流程进行。

3.3.2 调查和资料收集应包括下列主要内容：

- (1) 地下连续墙结构的工程地质报告、测量基线、水准点和设计文件等资料；
- (2) 施工场区的地形、气象和水文等资料；
- (3) 地下连续墙结构所处环境条件；
- (4) 施工情况、施工工艺、设计变更、施工记录和监理旁站记录等资料；

- (5) 工程中出现的异常情况；
- (6) 与工程相关人员沟通、交流的记录；
- (7) 检测项目现场实施的可行性。

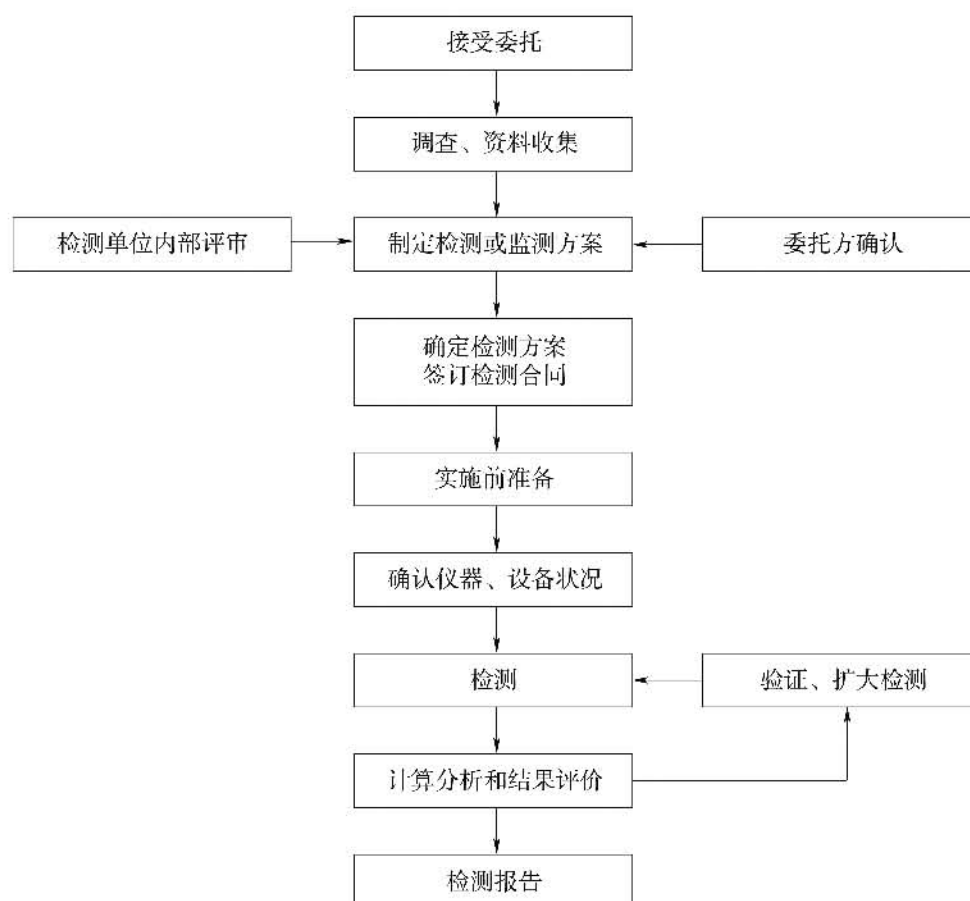


图 3.3.1 检测工作程序

3.3.3 检测方案应符合下列规定。

3.3.3.1 工程概况应包括工程名称、地点、规模、地下连续墙结构形式、建设单位、勘察单位、设计单位、监理单位、施工单位、施工时间和与工程相关的重大事件等。

3.3.3.2 检测方案应包括下列主要内容：

- (1) 地下连续墙结构设计要求和施工工艺；
- (2) 检测目的或委托方的检测要求；
- (3) 检测依据, 主要包括检测所依据的标准和有关技术文件等；
- (4) 检测项目、检测数量和检测方法；
- (5) 受检槽段、墙段、接头和拉杆的抽样情况；
- (6) 检测人员组成情况；
- (7) 仪器设备配备情况；
- (8) 检测工作计划进度和检测报告提交时间；
- (9) 需要配合的工作；

- (10) 检测过程中的安全措施;
- (11) 检测过程中的环保措施;
- (12) 检测过程中的质量保障措施。

3.3.4 检测工作应按检测或监测方案进行。

3.3.5 检测单位应及时出具检测或监测报告。

3.4 仪器设备

3.4.1 仪器设备应工作稳定,具备防尘、防振、防潮、防水和绝缘等性能。

3.4.2 仪器设备的探头或传感器工作温度宜为 $(0 \sim 50)^{\circ}\text{C}$,地面仪器设备工作温度宜为 $(-4 \sim 50)^{\circ}\text{C}$ 。

3.4.3 仪器设备的精度和量程应满足检测项目的要求。

3.4.4 仪器设备宜具有良好的实时显示和记录功能。

3.4.5 仪器设备应在检定或校准有效期内,检测前应检查调试仪器设备,使其处于正常状态。

3.5 验证和扩大检测

3.5.1 现场成槽质量检测完成后,应及时向委托方提供检测结果;检测结果不满足检验标准规定时,应立即通知委托方或有关部门,经处理后进行复测。

3.5.2 声波透射法检测难以评价检测剖面质量时,应进行钻芯法检测。

3.5.3 声波透射法评价墙体中含有检测结果为Ⅲ类或Ⅳ类的检测剖面时,应采用钻芯法进行验证;含有检测结果为Ⅲ类或Ⅳ类检测剖面为2个或2个以上时,应采用钻芯法扩大检测范围。

3.5.4 钻芯法检测后,宜采用孔内摄像法进行检测。

3.5.5 钻芯法检测墙段混凝土质量的类别为Ⅲ类和Ⅳ类时,应扩大检测范围。

3.5.6 评价钢筋笼长度与设计不符时,应扩大检测范围。

3.5.7 墙体浅部缺陷可采用开挖验证。

3.5.8 验证或扩大检测采用的方法和检测数量可根据实际情况,经有关各方确认后确定。

3.6 检测报告

3.6.1 检测报告应包括地下连续墙单槽成槽质量检测结果、成槽质量检测汇总报告、墙体质量检测报告和监测报告等。

3.6.2 单槽成槽质量检测完成后,检测单位应及时向委托方提交检测结果,检测结果应包括下列主要内容:

- (1) 工程名称和槽段号;
- (2) 槽段设计尺寸;
- (3) 检测依据和检测方法;

- (4)检测日期和时间;
- (5)检测仪器设备型号和编号、现场仪器标定结果;
- (6)附槽段和接头的平面位置图、测试位置图、槽壁和接头壁形态图;
- (7)检测数据分析;
- (8)成槽质量评价;
- (9)检测人员和校核人员签字。

3.6.3 按照施工段或一定数量的成槽质量检测完成后,检测单位应向委托方提交成槽质量检测汇总报告,报告应包括下列主要内容:

- (1)工程名称和槽段号;
- (2)槽段设计尺寸;
- (3)检测依据和检测方法;
- (4)检测日期和时间;
- (5)检测仪器设备型号和编号、现场仪器标定结果;
- (6)汇总按第3.6.2条规定已提交的单槽成槽质量检测结果;
- (7)检测数据综合分析;
- (8)成槽质量综合评价。

3.6.4 墙体质量检测报告应包括下列主要内容:

- (1)工程概况,包括名称、地点、规模、地下连续墙结构形式、设计要求、施工工艺、参建单位、施工时间等;
- (2)委托单位名称、检测单位名称及地址、检测报告编号;
- (3)检测目的、检测依据、检测方法和检测数量等;
- (4)主要岩土层及其物理力学指标等地质条件描述;
- (5)受检槽段、墙段或接头编号及设计和施工参数;
- (6)仪器设备型号、编号、检定或校准状态及现场标定结果;
- (7)检测时间、完成时间及出具报告时间;
- (8)检测过程叙述、检测数据、汇总表及全部或典型实测波形图等;
- (9)检测数据分析及检测结果评价;
- (10)附图附表,包括槽段、墙段或接头的平面位置图和测试位置图,每槽段壁和接头壁形态图,墙段或接头的实测波列图及测试结果表等;
- (11)钻芯法检测墙体质量报告,附每孔柱状图和芯样全貌彩色照片;
- (12)孔内摄像法检测报告,包括受检墙段的孔内摄像视频、各缺陷部位的定位拍摄图像,孔内摄像视频作为报告附件;
- (13)墙体外观质量检测报告,包括受检墙体的摄像视频、各缺陷部位的定位拍摄图像,摄像视频作为报告附件;
- (14)其他相关试验检测报告。

3.6.5 地下连续墙结构检测报告应包括所检测项目是否符合第3.1.13条等有关规定的
评价结论。

- 3.6.6** 检测过程出现不合格项时,应及时向委托方和相关部门报告。
- 3.6.7** 检测报告应用词规范、文字简练、数据可靠、结论明确,对于容易混淆的术语和概念等可予以书面解释。
- 3.6.8** 监测报告内容应符合国家现行标准《水运工程施工监控技术规程》(JTS/T 234)和《建筑基坑工程监测技术标准》(GB 50497)等的有关规定。
- 3.6.9** 检测人员、审核人员和批准人员应在检测或监测报告上签字。

4 成槽质量检测

4.1 一般规定

- 4.1.1 地下连续墙成槽质量检测项目应包括槽深、槽宽、垂直度、沉渣厚度和泥浆性能。
- 4.1.2 槽深、槽宽和垂直度检测可采用声波反射法;槽深检测也可采用测绳法;沉渣厚度检测可采用测锤法或视电阻率法。
- 4.1.3 检测断面宜均匀分布;槽段横截面为非矩形时,宜适当增加检测断面个数;槽段长度不大于6.0m时,槽段检测断面不应少于3个;槽段长度大于6.0m时,槽段检测断面不应少于4个。
- 4.1.4 试成槽和临时结构的非矩形槽段成槽,应全部进行成槽质量检测。
- 4.1.5 试成槽清槽后应检测1次,此后每间隔(1~2)h检测1次,应比较不少于12h的历次实测槽宽和槽深等参数的变化。
- 4.1.6 槽深检测的起算高程应为墙段设计顶高程。

4.2 仪器设备

- 4.2.1 声波反射法的仪器设备除应符合现行行业标准《超声式成孔质量检测仪》(JJG(交通)171)的有关规定外,尚应符合下列规定。
 - 4.2.1.1 槽宽测量允许偏差为 $\pm 0.2\%$ FS;深度编码器应自动记录深度,允许偏差为 $\pm 0.3\%$ FS。
 - 4.2.1.2 超声波系统发射功率不应小于5W。
 - 4.2.1.3 传感器的升降速率应可调节。
 - 4.2.1.4 传感器在1MPa水压下应能正常工作。
 - 4.2.1.5 传感器应能同时对十字正交的四个方向进行检测。
 - 4.2.1.6 仪器设备应具备自校功能。
 - 4.2.1.7 从绞车悬挂下来的传感器应具有自锁和应急返回功能。
- 4.2.2 测绳法的仪器设备应符合下列规定。
 - 4.2.2.1 测绳应采用钢丝绳,最小刻度不应大于10mm,长度不应小于1.2倍设计槽深。
 - 4.2.2.2 与测绳相连的锥状重物的质量不应小于2kg,锥角不应大于45°。
- 4.2.3 测锤法的仪器设备应符合下列规定。
 - 4.2.3.1 测锤悬挂绳应采用钢丝绳,最小刻度不应大于10mm,长度不应小于1.2倍设计槽深。

4.2.3.2 测锤应为不小于2kg的圆柱体金属锤,直径为(9~13)cm,高径比为1.5:1~2:1。

4.2.4 视电阻率法的仪器设备应符合下列规定。

4.2.4.1 探头质量不应小于5kg,直径不应大于10cm,绝缘电阻不应小于50MΩ。

4.2.4.2 悬挂探头的线缆应有长度标注,最小刻度不应大于10mm,长度不应小于1.2倍设计槽深;采用深度编码器自动记录深度时,允许偏差为±0.3%FS。

4.2.5 泥浆采样的仪器设备应符合下列规定。

4.2.5.1 泥浆采样器宜采用瓣阀式筒状取样器,应符合现行国家标准《石油液体手工取样法》(GB/T 4756)的有关规定。

4.2.5.2 泥浆取样器的操控绳应有长度标注,最小刻度不应大于10mm,长度不应小于1.2倍设计槽深。

4.2.5.3 取样器容量不应小于1000ml。

4.3 槽宽、槽深和垂直度检测

4.3.1 槽宽、槽深和垂直度检测应在施工单位确认清槽、接头部位刷壁完成,且槽内泥浆中气泡基本消散后、安放钢筋笼前进行。

4.3.2 槽宽、槽深和垂直度检测前应进行槽内泥浆性能指标检测,检测方法宜按附录A的有关规定执行,泥浆性能指标应满足表4.3.2的要求。

表 4.3.2 泥浆性能指标

项目	性能指标
相对密度	<1.25
黏度(s)	18~30
含砂率	<7%

4.3.3 声波反射法检测应符合下列规定。

4.3.3.1 检测前,应核实槽段的设计宽度和深度。

4.3.3.2 检测仪器应稳固架设在槽段上方,检测过程中不可移动仪器。

4.3.3.3 传感器应对准导墙轴线,其两个主工作面应与导墙平行,并测量导墙之间净距离。

4.3.3.4 使用仪器的自校功能进行自校,每个槽段采用导墙之间净距离作为基准距离,对超声波在泥浆中声速进行标定,传感器所处深度应在泥浆面以下400mm且不超过导墙深度,超声波在泥浆中声速应按式(4.3.3-1)计算,标定2次,允许偏差为±0.1%,取其算术平均值为超声波在泥浆中声速,此参数在该墙段检测过程中应保持不变。

$$v_s = \frac{2(d_0 - d')}{t_1 + t_2} \times 10^3 \quad (4.3.3-1)$$

式中 v_s ——超声波在泥浆中声速(m/s),精确至1m/s;

d_0 ——导墙之间净距离(mm),精确至1mm;

d' ——传感器两个主工作面之间厚度(mm),精确至1mm;

t_1, t_2 ——分别为传感器两面的实测声时(μs),精确至0.1 μs 。

4.3.3.5 检测时,槽段接头壁部位宜做3个方向的检测,其余位置做2个方向的检测。

4.3.3.6 检测时,传感器应匀速自上而下或自下而上,速率不大于4m/min。

4.3.3.7 仪器主机应实时采集槽段的深度和宽度,并显示和记录槽壁形态图。

4.3.3.8 槽宽应按式(4.3.3-2)计算。

$$d = d' + \frac{v_s(t_1 + t_2)}{2} \times 10^{-3} \quad (4.3.3-2)$$

式中 d ——实测槽宽(mm),精确至1mm;

d' ——传感器两个主工作面之间厚度(mm),精确至1mm;

v_s ——超声波在泥浆中声速(m/s),精确至1m/s;

t_1, t_2 ——分别为传感器两面的实测声时(μs),精确至0.1 μs 。

4.3.3.9 垂直度应按式(4.3.3-3)计算。

$$K = \frac{|l_1 - l_0|}{L} \quad (4.3.3-3)$$

式中 K ——垂直度,可用百分数或分数表示;

l_1, l_0 ——分别为设计墙段底高程或槽段底处、设计墙段顶高程或槽段口处传感器与对应的相同1个槽壁的水平距离(mm),精确至1mm;

L ——槽深(mm),精确至10mm。

4.3.3.10 传感器开始放入时与返回至槽段口处时位置的水平偏差不应大于5mm,否则应重新检测。

4.3.4 测绳法检测槽深应符合下列规定。

4.3.4.1 每槽段各检测断面应检测1个点位。

4.3.4.2 测绳应沿槽段长度方向轴线下放。

4.3.4.3 与测绳相连的锥状重物下放至槽底后,应反复提放锥状重物,提升高度宜为1m,让锥状重物穿过沉渣,直到下落后深度不再增加为止,读取测绳刻度,即为1个点位槽深测量值,精确至10mm。

4.3.4.4 受检槽段槽深代表值应为该槽段各点位槽深测量值的算术平均值,精确至10mm。

4.4 沉渣厚度检测

4.4.1 安放钢筋笼前和灌注混凝土前,均应进行沉渣厚度和泥浆性能指标的检测。

4.4.2 测锤法检测沉渣厚度应符合下列规定。

4.4.2.1 每槽段各检测断面应检测1个点位。

4.4.2.2 测锤的悬挂绳距槽壁距离不应小于200mm,测锤应缓慢沉入槽内,测锤触碰到槽底后应进行二次提升,提升至沉渣面层,其高度差即为沉渣厚度检测值,精确

至 10mm。

4.4.3 视电阻率法检测沉渣厚度应符合下列规定。

4.4.3.1 每槽段各检测断面应检测 1 个点位,应将探头对准槽段检测断面中心位置,下放探头至槽底,选取适当量程或放大倍数,观测电阻率值的变化。

4.4.3.2 提升探头(1~2)m,应让探头自由下落,穿透沉渣层达到原土层。

4.4.3.3 将探头匀速缓慢提升,应自动记录从槽底提升探头时不同深度的泥浆视电阻率值,并绘出泥浆视电阻率-深度曲线,将探头提升至距离槽底约 2m 高度可停止测试。

4.4.3.4 泥浆视电阻率-深度曲线上的拐点以下部分可判定为沉渣,其厚度检测值应由深度坐标量取,精确至 10mm。

4.4.4 受检槽段沉渣厚度应取该槽段各检测断面沉渣厚度检测值的算术平均值,精确至 10mm。

4.5 检测结果评价

4.5.1 泥浆的相对密度、黏度、含砂率和 pH 值等应按设计要求和现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)、《码头结构施工规范》(JTS 215)的有关规定进行评价。

4.5.2 槽宽、槽深和垂直度应按设计要求和现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)、《码头结构施工规范》(JTS 215)的有关规定进行评价。

4.5.3 沉渣厚度应按设计要求和现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)、《码头结构施工规范》(JTS 215)的有关规定进行评价。

5 墙段质量检测

5.1 一般规定

5.1.1 墙段混凝土质量检测应采用声波透射法或钻芯法进行检测。

5.1.2 采用声波透射法时,受检墙段应预埋声测管或成墙后钻孔作为检测通道。

5.1.3 采用钻芯法时,受检墙段的厚度不宜小于 800mm。

5.1.4 墙段质量检测的开始时间应符合下列规定。

5.1.4.1 采用声波透射法检测时,受检墙段混凝土抗压强度不应小于设计混凝土抗压强度的 70%。

5.1.4.2 采用钻芯法检测时,受检墙段的混凝土龄期应达到 28d 或同条件养护试件抗压强度应达到设计混凝土抗压强度要求。

5.2 仪器设备

5.2.1 声波透射法的仪器设备除应符合现行行业标准《水运工程 非金属声波检测仪》(JJG(交通)027)的有关规定外,尚应符合下列规定。

5.2.1.1 径向换能器应满足下列要求:

- (1) 圆柱状径向换能器沿径向振动无指向性;
- (2) 有效工作段长度不大于 150mm;
- (3) 谐振频率范围为(30~60)kHz;
- (4) 换能器的线缆有长度标注,最小刻度不大于 10mm,长度不小于 1.2 倍设计槽深;采用深度编码器自动记录深度时,允许偏差为 $\pm 0.3\%$ FS;
- (5) 在 1MPa 水压下能正常工作。

5.2.1.2 声波透射检测仪主机应满足下列要求:

- (1) 仪器主机能实时显示和记录接收信号时程曲线,并能进行频率测量或频谱分析;
- (2) 最小采样间隔时间不大于 $0.5\mu\text{s}$,频带宽度为(10~250)kHz,波幅值允许偏差为 $\pm 3\%$,系统动态范围不小于 100dB;
- (3) 采用高压脉冲激振发射声波,其波形为阶跃脉冲或矩形脉冲,脉冲电压为(200~1000)V;
- (4) 仪器主机能显示首波;
- (5) 仪器主机能自动记录声波发射和接收换能器的位置。

5.2.2 钻芯法的仪器设备应符合下列规定。

5.2.2.1 钻芯设备宜满足下列要求:

- (1) 钻机采用液压钻机,额定最高转速不低于 790r/min,转速调节范围不少于 4 档,额定压力不小于 1.5MPa;
- (2) 水泵的排水量为 (50 ~ 160) L/min,泵压为 (1 ~ 2) MPa;
- (3) 钻机配备孔口管、扩孔器、卡簧、扶正稳定器和可捞取松软渣样的钻具;
- (4) 钻具为单动双管钻具;
- (5) 钻头根据设计混凝土抗压强度等级选用合适粒度、浓度、胎体硬度的金刚石钻头;
- (6) 钻杆顺直。

5.2.2.2 芯样试件加工设备应满足下列要求:

(1) 锯切芯样为双刀自动式岩石切割机,具有冷却系统和牢固夹紧芯样的装置,人造金刚石圆锯片符合现行国家标准《超硬磨料制品 金刚石圆锯片 第一部分:焊接锯片》(GB/T 11270.1)的有关规定;

(2) 芯样试件端面的磨平机满足芯样制作要求。

5.2.3 孔内摄像法的仪器设备应符合下列规定。

5.2.3.1 仪器设备应具备全孔壁成像和深度、图像存储功能。

5.2.3.2 仪器设备应配备自标定程序。

5.2.3.3 检测仪器中的摄录组件在 1MPa 水压下应能正常工作。

5.2.3.4 连接摄录组件的线缆应有长度标注,最小刻度不应低于 10mm,长度不应小于 1.2 倍设计槽深;采用深度编码器自动记录深度时,允许偏差应为 $\pm 0.3\%$ FS。

5.2.3.5 摄像头的孔壁成像分辨率不应低于 100pix/cm。

5.2.3.6 检测仪器所配照明装置的照度不应小于 300lx。

5.3 声波透射法检测

5.3.1 声测管设置应符合下列规定。

5.3.1.1 埋设声测管的声测线距离应根据地下连续墙结构实际情况确定,且不宜大于 1.8m。

5.3.1.2 地下连续墙截面为矩形时,每受检墙段的预埋声测管不应少于 4 个,声测管宜按图 5.3.1 编号;墙段为非矩形时,应适当增加预埋声测管个数。

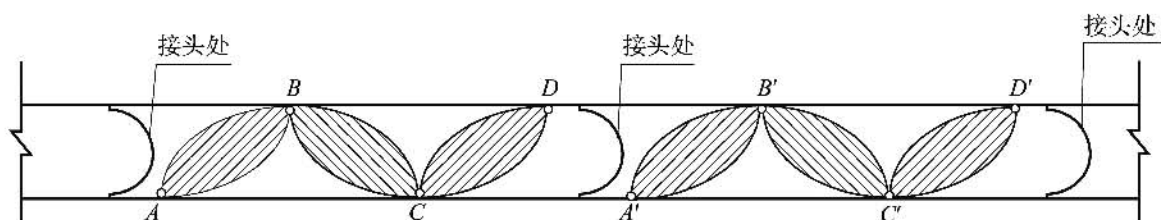


图 5.3.1 声测管设置示意图

5.3.1.3 每墙段墙宽方向两个相邻相对声测管为 1 个检测剖面,应对所有检测剖面进行检测。

5.3.2 声测管埋设应符合下列规定。

5.3.2.1 声测管内径不宜大于 60mm,且比径向换能器外径大 15mm。

5.3.2.2 声测管应有足够的径向刚度,采用符合现行国家标准《混凝土灌注桩用钢薄壁声测管》(GB/T 31438)有关规定的声测管,或壁厚不小于 3mm 的热轧无缝钢管。

5.3.2.3 声测管连接处内部应保持通直并光滑过渡,声测管下端应封闭,不渗漏,上端加盖,管内无异物。

5.3.2.4 声测管应采用绑扎或焊接的方式固定在钢筋笼内侧,声测管之间应相互平行,定位准确。

5.3.2.5 声测管管口应高出墙顶或导墙顶 100mm 以上,且各管口高程一致。

5.3.3 声波透射法检测地下连续墙混凝土质量应按下列步骤进行。

5.3.3.1 准备工作应满足下列要求:

(1)检测仪器发射至接收系统的延迟时间和检测通道耦合水层的声时值初读数的确定应按附录 B 执行;

(2)在墙顶用钢卷尺测量各检测剖面对应声测管外壁间的最短距离,精确至 1mm;

(3)用卡尺测量声测管的管径和壁厚,精确至 0.1mm;

(4)打开声测管检查其内是否注满清水;

(5)用一个直径略大于换能器的吊锤,逐根检查声测管的畅通情况和实际深度,换能器能在声测管检测范围内正常升降;

(6)检查并避免强的电流、磁场或频率相当的振动干扰。

5.3.3.2 现场测试应满足下列要求:

(1)将发射和接收两个换能器通过深度标志分别放进选定检测剖面两根声测管中的底部或预定位置;

(2)测量过程中同步升降发射和接收两个换能器,声测线间距不大于 100mm,同步提升,其速度不大于 0.5m/s,保持发射和接收两个换能器的高差相对固定,其累计相对高差不大于 20mm,并随时用测深钢卷尺校正;

(3)同一墙段检测过程中,不同检测剖面的声发射电压和仪器设置参数保持不变,同一检测剖面的声测线间距保持不变;

(4)平测时[图 5.3.3-1(a)],发射和接收换能器始终保持相同的深度;斜测时[图 5.3.3-1(b)],发射和接收换能器始终保持固定高差,且 2 个换能器中点连线的水平夹角不大于 30°;

(5)在墙段质量可疑的声测线附近,采用增加声测线或采用扇形扫测(图 5.3.3-2)、交叉斜测等方式进行复测或加密测试,排除非墙段缺陷因素导致的异常声测线,确定墙段缺陷的位置和范围;采用扇形扫测时,两个换能器中点连线的水平夹角不大于 40°;

(6)仪器主机实时显示和记录每条声测线的信号时程曲线,并读取首波声时、波幅值;采用主频率作为异常声测线辅助分析时,尚需读取信号的主频率值;记录检测数据的同时,保存波列图信息。

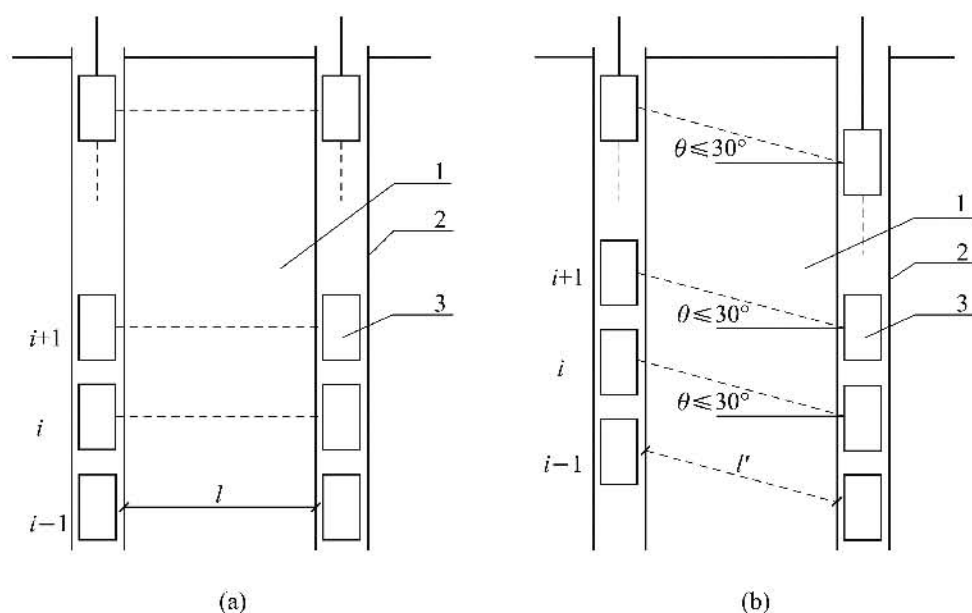


图 5.3.3-1 平测和斜测示意图

(a) 平测; (b) 斜测

l -平测时发射和接收换能器间距; l' -斜测时发射和接收换能器间距; θ -发射和接收换能器中点连线的水平夹角

1-墙体; 2-声测管; 3-换能器

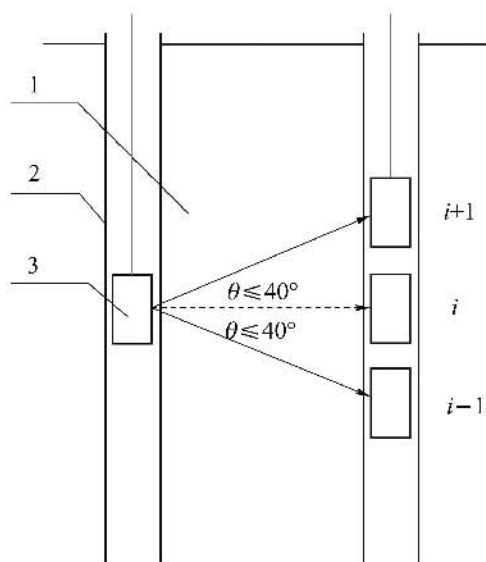


图 5.3.3-2 扇形扫测示意图

θ -发射和接收换能器中点连线的水平夹角

1-墙体; 2-声测管; 3-换能器

5.3.4 检测数据计算与处理应符合下列规定。

5.3.4.1 平测或斜测时,各声测线的声时、声速、波幅值和主频值应分别按式(5.3.4-1) ~ 式(5.3.4-4)计算。

$$t_{ci}(j) = t_i(j) - t_0 - t' \quad (5.3.4-1)$$

$$v_i(j) = \frac{l_i(j)}{t_{ci}(j)} \quad (5.3.4-2)$$

$$A_{pi}(j) = 20 \lg \frac{a_i(j)}{a_0} \quad (5.3.4-3)$$

$$f_i(j) = \frac{1}{T_i(j)} \times 10^3 \quad (5.3.4-4)$$

式中 $t_{ci}(j)$ ——第 j 检测剖面第 i 声测线声时值 (μs);
 $t_i(j)$ ——第 j 检测剖面第 i 声测线声时测量值 (μs);
 i ——声测线编号,对每个检测剖面自下而上或自上而下连续编号;
 j ——检测剖面编号;
 t_0 ——仪器系统延迟时间 (μs);
 t' ——检测通道耦合水层的声时值初读数 (μs),按第 B.0.4 条计算;
 $v_i(j)$ ——第 j 检测剖面第 i 声测线声速 (km/s);
 $l_i(j)$ ——第 j 检测剖面第 i 声测线的发射和接收换能器各自中心对应声测管外壁之间的最短距离 (mm),即声测线距离,精确至 $1mm$;平测时取墙顶第 j 检测剖面相应两声测管外壁之间最短距离,可用钢直尺或普通钢卷尺测量;斜测时可由墙顶第 j 检测剖面相应两声测管外壁之间最短距离和发射接收换能器高差计算得到;
 $A_{pi}(j)$ ——第 j 检测剖面第 i 声测线的首波幅值 (dB);
 $a_i(j)$ ——第 j 检测剖面第 i 声测线信号首波幅值 (V);
 a_0 ——零分贝信号波幅值 (V);
 $f_i(j)$ ——第 j 检测剖面第 i 声测线信号主频值 (kHz),可经信号频谱分析得到;
 $T_i(j)$ ——第 j 检测剖面第 i 声测线信号周期 (μs);

5.3.4.2 声时数据处理应满足下列要求:

(1) 因声测管倾斜导致声测数据有规律地偏高或偏低时,先对管距进行合理修正,然后对数据进行统计分析;实测数据明显偏离正常值而又无法进行合理修正时,检测数据不作为评价墙段检测剖面混凝土质量的依据;

(2) 将第 j 检测剖面各声测线的声速值按式(5.3.4-5)由大到小依次排序:

$$v_1(j) \geq v_2(j) \geq \cdots v'_k(j) \geq \cdots v_{i-1}(j) \geq v_i(j) \geq v_{i+1}(j) \geq \cdots v_{n-k}(j) \geq \cdots v_{n-1}(j) \geq v_n(j) \quad (5.3.4-5)$$

式中 i ——声测线编号,对每个检测剖面自下而上或自上而下连续编号;

j ——检测剖面编号;

$v_i(j)$ ——第 j 检测剖面第 i 声测线声速 (km/s), $i = 1, 2, \cdots, n$;

n ——第 j 检测剖面的声测线总数;

k ——拟去掉的低声速值的数据个数, $k = 0, 1, 2, \cdots$;

k' ——拟去掉的高声速值的数据个数, $k' = 0, 1, 2, \cdots$;

(3) 逐一去掉 $v_i(j)$ 中 k 个最小数值和 k' 个最大数值后的其余数据,按式(5.3.4-6) ~

式(5.3.4-10)统计计算:

$$v_{01}(j) = v_m(j) - \lambda \cdot s_x(j) \quad (5.3.4-6)$$

$$v_{02}(j) = v_m(j) + \lambda \cdot s_x(j) \quad (5.3.4-7)$$

$$v_m(j) = \frac{1}{n-k-k'} \sum_{i=k'+1}^{n-k} v_i(j) \quad (5.3.4-8)$$

$$s_x(j) = \sqrt{\frac{1}{n-k-k'-1} \sum_{i=k'+1}^{n-k} [v_i(j) - v_m(j)]^2} \quad (5.3.4-9)$$

$$C_v(j) = \frac{s_x(j)}{v_m(j)} \quad (5.3.4-10)$$

式中 $v_{01}(j)$ ——第 j 检测剖面的声速异常小值判断值(km/s);

$v_m(j)$ —— $(n-k-k')$ 个数据平均值(km/s);

λ ——双边剔除法修正系数,按表 5.3.4 选用;

$s_x(j)$ —— $(n-k-k')$ 个数据的标准差(km/s);

$v_{02}(j)$ ——第 j 检测剖面的声速异常大值判断值(km/s);

n ——第 j 检测剖面的声测线总数;

k ——拟去掉的低声速值的数据个数, $k=0,1,2,\dots$;

k' ——拟去掉的高声速值的数据个数, $k'=0,1,2,\dots$;

$v_i(j)$ ——第 j 检测剖面第 i 声测线声速(km/s), $i=1,2,\dots,n$;

$C_v(j)$ —— $(n-k-k')$ 个数据的变异系数;

表 5.3.4 统计数据个数 $(n-k-k')$ 与对应的 λ 值

$n-k-k'$	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
λ	1.64	1.69	1.73	1.77	1.80	1.83	1.86	1.89	1.91	1.94
$n-k-k'$	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
λ	1.96	1.98	2.00	2.02	2.04	2.05	2.07	2.09	2.10	2.11
$n-k-k'$	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78
λ	2.13	2.14	2.15	2.17	2.18	2.19	2.20	2.21	2.22	2.23
$n-k-k'$	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98
λ	2.24	2.25	2.26	2.27	2.28	2.29	2.29	2.30	2.31	2.32
$n-k-k'$	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
λ	2.33	2.34	2.36	2.38	2.39	2.41	2.42	2.43	2.45	2.46
$n-k-k'$	150	160	170	180	190	200	220	240	260	280
λ	2.47	2.50	2.52	2.54	2.56	2.58	2.61	2.64	2.67	2.69
$n-k-k'$	300	320	340	360	380	400	420	440	470	500
λ	2.72	2.74	2.76	2.77	2.79	2.81	2.82	2.84	2.86	2.88

续表 5.3.4

$n-k-k'$	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
λ	2.91	2.94	2.96	2.98	3.00	3.02	3.04	3.06	3.08	3.09
$n-k-k'$	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
λ	3.12	3.14	3.17	3.19	3.21	3.23	3.24	3.26	3.28	3.29

(4) 按 $k=0, k'=0, k=1, k'=1, k=2, k'=2, \dots$ 的顺序, 将参加统计的数列最小数据 $v_{n-k}(j)$ 与 $v_{01}(j)$ 进行比较, $v_{n-k}(j) \leq v_{01}(j)$ 时, 剔除最小数据; 将最大数据 $v_{k'+1}(j)$ 与 $v_{02}(j)$ 进行比较, $v_{k'+1}(j) \geq v_{02}(j)$ 时, 剔除最大数据; 每次剔除 1 个数据, 对剩余数据构成的数列, 重复按式(5.3.4-6) ~ 式(5.3.4-9) 进行计算, 直至计算结果同时满足式(5.3.4-11) 和式(5.3.4-12);

$$v_{n-k}(j) > v_{01}(j) \quad (5.3.4-11)$$

$$v_{k'+1}(j) < v_{02}(j) \quad (5.3.4-12)$$

式中 $v_{n-k}(j)$ ——参加统计的数列最小数据 (km/s);

$v_{01}(j)$ ——第 j 检测剖面的声速异常小值判断值 (km/s);

$v_{k'+1}(j)$ ——参加统计的数列最大数据 (km/s);

$v_{02}(j)$ ——第 j 检测剖面的声速异常大值判断值 (km/s);

(5) 第 j 检测剖面的声速异常判断概率统计值按式(5.3.4-13) 计算。

$$v_0(j) = \begin{cases} v_m(j)(1-0.015\lambda) & \text{当 } C_v(j) < 0.015 \text{ 时} \\ v_{01}(j) & \text{当 } 0.015 \leq C_v(j) \leq 0.045 \text{ 时} \\ v_m(j)(1-0.045\lambda) & \text{当 } C_v(j) > 0.045 \text{ 时} \end{cases} \quad (5.3.4-13)$$

式中 $v_0(j)$ ——第 j 检测剖面的声速异常判断概率统计值 (km/s);

$v_m(j)$ —— $(n-k-k')$ 个数据平均值 (km/s);

λ ——双边剔除法修正系数, 按表 5.3.4 选用;

$C_v(j)$ —— $(n-k-k')$ 个数据的变异系数;

$v_{01}(j)$ ——第 j 检测剖面的声速异常小值判断值 (km/s)。

5.3.5 受检墙段混凝土声波参数异常值判定应符合下列规定。

5.3.5.1 声速异常临界值判定应满足下列要求:

(1) 根据预留同条件试件或钻芯法获取芯样试件的抗压强度与声速对比试验, 结合本地区经验, 确定墙段混凝土声速的低限值 and 混凝土试件的声速平均值;

(2) $v_l < v_0(j) < v_p$ 时, $v_c(j)$ 按式(5.3.5-1) 确定:

$$v_c(j) = v_0(j) \quad (5.3.5-1)$$

式中 $v_c(j)$ ——第 j 检测剖面的声速异常判断临界值 (km/s);

$v_0(j)$ ——第 j 检测剖面的声速异常判断概率统计值 (km/s);

v_l ——墙段混凝土声速的低限值 (km/s);

v_p ——混凝土试件的声速平均值 (km/s);

(3) $v_0(j) \leq v_l$ 或 $v_0(j) \geq v_p$ 时, 分析原因, 进行综合确定, $v_c(j)$ 的取值为同一墙段的

其他检测剖面的声速异常判断临界值,或同一工程相同墙段的混凝土质量较稳定的其他受检墙段的声速异常判断临界值;

(4) 墙段各声测线的声速异常判断临界值取各个检测剖面声速异常判断临界值的算术平均值。

5.3.5.2 PSD 值应按式(5.3.5-2)计算。

$$PSD(j,i) = \frac{[t_{ci}(j) - t_{ci-1}(j)]^2}{H_i(j) - H_{i-1}(j)} \quad (5.3.5-2)$$

式中 $PSD(j,i)$ ——声时-深度曲线上相邻两点连线斜率与声时差的乘积($\mu s^2/m$);

$t_{ci}(j)$ ——第 j 检测剖面第 i 声测线声时(μs);

$t_{ci-1}(j)$ ——第 j 检测剖面第 $i-1$ 声测线声时(μs);

$H_i(j)$ ——第 j 检测剖面第 i 声测线深度(m);

$H_{i-1}(j)$ ——第 j 检测剖面第 $i-1$ 声测线深度(m)。

5.3.5.3 波幅异常临界值应按式(5.3.5-3)和式(5.3.5-4)计算。

$$A_m(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{pi}(j) \quad (5.3.5-3)$$

$$A_c(j) = A_m(j) - 6 \quad (5.3.5-4)$$

式中 $A_m(j)$ ——第 j 检测剖面各声测线首波幅平均值(dB);

n ——第 j 检测剖面的声测线总数;

$A_{pi}(j)$ ——第 j 检测剖面第 i 声测线的首波幅值(dB);

$A_c(j)$ ——第 j 检测剖面波幅异常判断的临界值(dB)。

5.3.6 根据实测数据,应绘制声速-深度曲线、波幅-深度曲线和 PSD-深度曲线,必要时应绘制辅助的主频-深度曲线。

5.4 钻芯法检测

5.4.1 每墙段钻芯孔设置应符合下列规定。

5.4.1.1 钻芯孔深度应根据实际检测项目需求确定;墙段长度不大于 6.0m 时,每墙段钻芯孔数不应少于 2 个;墙段长度大于 6.0m 时,每墙段钻芯孔数不应少于 3 个;墙段为非矩形时,应适当增加钻芯孔数。

5.4.1.2 钻芯孔宜布置在墙段的轴线附近,钻芯孔数为 2 个时,在距墙段接头(0.8 ~ 1.5)m 的范围内设置钻芯孔;钻芯孔数不少于 3 个时,两端钻芯孔宜在距墙段接头(0.8 ~ 1.5)m 的范围内设置钻芯孔,其他钻芯孔应均匀布置在两端钻芯孔之间。

5.4.1.3 钻芯孔位置应避免受力钢筋。

5.4.2 钻芯取样应符合下列规定。

5.4.2.1 钻取的芯样直径不宜小于骨料最大粒径的 3 倍。

5.4.2.2 钻机设备安装应稳固、底座水平,钻机在钻芯过程中不得发生倾斜和移位,钻芯孔垂直度偏差不应大于 0.5%。

5.4.2.3 每回次钻孔进尺应控制在 1.5m 以内。

5.4.2.4 钻取的芯样应按进尺深度由上而下的回次顺序放进芯样箱中,不应颠倒、丢失或更换,芯样侧面上应清晰标明回次数、序号和本回次总块数;钻机操作人员和检测人员宜按附录 C 中表 C.0.1 的格式填写钻芯法检测现场记录表;描述芯样特征,包括混凝土芯样连续性、完整程度、胶结情况、表面光滑程度、骨料大小和分布情况、芯样长短、断口吻合状态以及芯样气孔、空洞、蜂窝麻面、沟槽、松散、破碎、分层、夹泥、断墙等情况。

5.4.2.5 钻芯孔深度与墙段厚度之比不宜大于 40。

5.4.2.6 检测墙段的深度和沉渣厚度时应有 1 个钻芯孔钻穿墙底;其他检测项目钻芯孔可钻至距墙段底高程以上 0.5m 左右,不宜钻穿墙底。

5.4.2.7 钻至墙段底部时,应采取减压、慢速钻进、干钻等方式,钻取沉渣并测定沉渣厚度和墙段深度。

5.4.2.8 钻芯结束后,应对芯样和标有工程名称、墙段号、钻芯孔号、墙深、钻孔深、钻芯日期和检测单位名称等钻探标示牌的全貌进行拍照。

5.4.2.9 评价墙段的混凝土质量满足设计要求时,应从钻芯孔的孔底往上用水泥浆回灌封闭;不满足设计要求时应封存钻芯孔,留待处理。

5.4.3 混凝土抗压强度检测应符合下列规定。

5.4.3.1 芯样试件的截取位置应记录和拍照。

5.4.3.2 芯样试件加工应满足下列要求:

(1) 芯样试件内不含钢筋;

(2) 芯样试件的加工和尺寸偏差要求符合现行行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239)的有关规定。

5.4.3.3 根据芯样试件抗压强度确定受检墙段的芯样抗压强度代表值时,截取芯样应满足下列要求:

(1) 1 组芯样试件由 3 个芯样抗压试件组成;

(2) 芯样试件高径比应为 1:1,标准芯样试件直径为 100mm;

(3) 墙段通体采用同一混凝土配合比时,墙深不大于 30m,每钻芯孔芯样至少截取 3 组芯样试件;墙深大于 30m,每钻芯孔芯样至少截取 4 组芯样试件;上部截取芯样试件位置距墙顶设计高程以下不大于 1 倍墙宽或 1m,下部截取芯样试件位置距墙底以上不大于 1 倍墙宽或 1m,中间截取芯样试件等间距分布;

(4) 墙段通体采用不同混凝土配合比时,设计分界面以下混凝土按第(3)项执行,设计分界面以上混凝土增加 1 组芯样试件。

5.4.3.4 需要结合混凝土强度评价墙段混凝土质量时,截取芯样应满足下列要求:

(1) 钻芯孔的芯样存在缺陷且缺陷位置能截取芯样试件时,截取 1 组芯样试件,并在同一墙段其他钻芯孔的芯样相同深度处截取 1 组芯样试件,进行混凝土抗压强度试验;

(2) 墙段混凝土出现分层现象时,截取分层部位的芯样进行混凝土抗压强度试验。

5.4.3.5 芯样试件抗压强度试验应满足下列要求:

(1) 芯样试件放在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的饮用水中浸泡 $(40 \sim 48)\text{h}$,从水中取出及时进行抗压强度试验;

(2) 芯样试件抗压强度试验按现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)的有关规定执行;

(3) 芯样试件抗压强度按式(5.4.3)计算:

$$f_{cor} = \frac{4F}{\pi d^2} \cdot \alpha \quad (5.4.3)$$

式中 f_{cor} ——芯样试件抗压强度(MPa),精确至0.1MPa;

F ——芯样试件破坏荷载(N);

d ——芯样试件平均直径(mm),用卡尺正交测量芯样试件中部的2个直径,取其算术平均值为芯样试件平均直径,精确至0.1mm;

α ——芯样试件抗压强度折算系数,芯样试件为标准芯样试件时,取 $\alpha=1$;芯样试件为非标准芯样试件时,可取本地区的芯样试件抗压强度折算系数或通过试验统计确定的芯样试件抗压强度折算系数,无上述条件时,取 $\alpha=1$ 。

5.4.3.6 抗压强度试验后,当发现强度值异常且芯样试件平均直径小于2倍芯样试件内混凝土粗骨料最大粒径时,该芯样试件的抗压强度值不应参与统计计算。

5.4.3.7 芯样试件抗压强度代表值应满足下列要求:

(1) 取一组3块芯样试件抗压强度算术平均值为该组混凝土芯样试件抗压强度的检测值;

(2) 同一受检墙段同一深度范围有2组或2组以上混凝土芯样试件抗压强度检测值时,取其算术平均值为该深度处混凝土芯样试件抗压强度检测值;

(3) 受检墙段不同深度位置的混凝土芯样试件抗压强度检测值中的最小值为该墙段混凝土芯样试件抗压强度代表值。

5.4.3.8 检测人员宜按附录C中表C.0.2的格式编制钻芯法检测综合记录表。

5.4.4 在相邻钻芯孔之间还可采用声波透射法进行墙段混凝土质量的附加检测,当钻芯孔作为声波透射法的检测通道时,应进行孔内清理。

5.5 孔内摄像法检测

5.5.1 检测前应对仪器设备进行标定。

5.5.2 对钻孔内干扰成像的附着物应进行清理,清理深度应超过检测深度。

5.5.3 摄像头应在钻孔内升降顺畅。

5.5.4 检测可自上而下或自下而上连续进行。

5.5.5 摄像头的移动速度不应大于仪器规定的速度。

5.5.6 检测时应沿深度拍摄孔壁视频,实时显示并储存。

5.5.7 经钻芯检测有缺陷时,应对芯样缺陷对应部位、结构重点和可疑部位进行多次检测,拍摄视频。

5.5.8 钻孔内缺陷范围应结合视频和图像确定。

5.6 检测结果评价

5.6.1 声波透射法检测墙段质量的评价应符合下列规定。

5.6.1.1 墙段质量的评价应以每墙段内的每个检测剖面为基本单元进行评价。

5.6.1.2 出现下列情况时,声波透射法检测数据不应作为墙段质量评价依据:

- (1)声测管深度不足;
- (2)声测管因堵塞造成检测数据不全;
- (3)声测管的埋设数量不符合第 5.3.1 条的规定。

5.6.1.3 可疑缺陷区及缺陷空间分布范围应按下列要求确定:

- (1) $v_i(j) \leq v_c$ 时,第 j 检测剖面第 i 声测线异常,为可疑缺陷区;
- (2) $A_{pi}(j) < A_c(j)$ 时,第 j 检测剖面第 i 声测线异常,为可疑缺陷区;
- (3) PSD 值在某声测线附近变化明显时,为可疑缺陷区;
- (4)主频值作为辅助声测线异常判断时,主频值明显降低的声测线,为可疑缺陷区;
- (5)根据墙段同一深度上各检测剖面缺陷的分布和复测、加密测试的结果确定墙段缺陷的空间分布范围。

5.6.1.4 受检墙段质量应根据检测剖面的可疑缺陷区分布、可疑缺陷区域声测线的声学参量偏离正常值的程度和接收波形变化情况,结合墙型、地质情况和施工工艺等因素,按表 5.6.1 和表 3.1.8 的规定综合判定,质量类别应由 IV 类向 I 类依次评价。

表 5.6.1 检测剖面混凝土质量评价

类别	特征
I	声测线声学参量均无异常,接收波形正常
II	声测线声学参量轻微异常、波形轻微畸变
	混凝土声速不出现低限值异常
III	声测线声学参量明显异常、波形明显畸变
	局部混凝土声速出现低限值异常
IV	声测线声学参量严重异常、波形严重畸变
	混凝土声速普遍出现低限值异常

5.6.2 钻芯法检测墙段质量的评价应符合下列规定。

5.6.2.1 受检墙段质量应根据钻芯孔数、混凝土芯样特征、芯样试件抗压强度试验结果,按表 5.6.2 和表 3.1.8 的规定综合判定,质量类别应由 IV 类向 I 类依次评价。

表 5.6.2 墙段混凝土质量评价

类别	特征	
	两孔	三孔
I	混凝土芯样连续、完整、胶结好,芯样侧表面光滑、骨料分布均匀,芯样呈长柱状、断口吻合	
	局部芯样侧表面有少量气孔、蜂窝麻面、沟槽,但在另一孔同一深度部位的芯样中未出现,否则应为 II 类	局部芯样侧表面有少量气孔、蜂窝麻面、沟槽,但在三孔同一深度部位的芯样中未同时出现,否则应为 II 类

续表 5.6.2

类别	特征	
	两孔	三孔
II	混凝土芯样连续、完整、胶结较好,芯样侧表面较光滑、骨料分布基本均匀,芯样呈柱状、断口基本吻合	
	有以下情况之一: 1. 芯样侧表面有较多气孔、严重蜂窝麻面、连续沟槽或局部混凝土芯样骨料分布不均匀,但在两孔同一深度部位的芯样中未同时出现; 2. 芯样侧表面有较多气孔、严重蜂窝麻面、连续沟槽或局部混凝土芯样骨料分布不均匀,且在另一孔同一深度部位的芯样中同时出现,但该深度部位的混凝土芯样试件抗压强度检测值满足设计要求,否则应为Ⅲ类; 3. 任一孔局部混凝土芯样破碎段长度不大于10cm,且另一孔在同一深度部位的局部混凝土芯样的外观质量类别为Ⅰ类或Ⅱ类,否则应为Ⅲ类或Ⅳ类	有以下情况之一: 1. 芯样侧表面有较多气孔、严重蜂窝麻面、连续沟槽或局部混凝土芯样骨料分布不均匀,但在三孔同一深度部位的芯样中未同时出现; 2. 芯样侧表面有较多气孔、严重蜂窝麻面、连续沟槽或局部混凝土芯样骨料分布不均匀,且在任两孔或三孔同一深度部位的芯样中同时出现,但该深度部位的混凝土芯样试件抗压强度检测值满足设计要求,否则应为Ⅲ类; 3. 任一孔局部混凝土芯样破碎段长度不大于10cm,且另两孔同一深度部位的局部混凝土芯样的外观质量类别为Ⅰ类或Ⅱ类,否则应为Ⅲ类或Ⅳ类
III	大部分混凝土芯样胶结较好,无松散、夹泥现象	
	有下列情况之一: 1. 芯样不连续、多呈短柱状或块状; 2. 任一孔局部混凝土芯样破碎段长度大于10cm但不大于20cm,且在另一孔同一深度部位的局部混凝土芯样的外观质量类别为Ⅰ类或Ⅱ类,否则应为Ⅳ类	有下列情况之一: 1. 芯样不连续、多呈短柱状或块状; 2. 任一孔局部混凝土芯样破碎段长度大于10cm但不大于30cm,且在另两孔同一深度部位的局部混凝土芯样的外观质量类别为Ⅰ类或Ⅱ类,否则应为Ⅳ类; 3. 任一孔局部混凝土芯样松散段长度不大于10cm,且在另两孔同一深度部位的局部混凝土芯样的外观判定质量类别为Ⅰ类或Ⅱ类,否则应为Ⅳ类
IV	有以下情况之一: 1. 任一孔因混凝土胶结质量差而难以钻进; 2. 混凝土芯样任一段松散或夹泥; 3. 任一孔局部混凝土芯样破碎长度大于20cm; 4. 两孔同一深度部位的混凝土芯样破碎	有以下情况之一: 1. 任一孔因混凝土胶结质量差而难以钻进; 2. 混凝土芯样任一段松散或夹泥段长度大于10cm; 3. 任一孔局部混凝土芯样破碎长度大于30cm; 4. 其中两孔在同一深度部位的混凝土芯样破碎、松散或夹泥

注:①当上一缺陷的底部位位置高程与下一缺陷的顶部位置高程的高差小于30cm时,可认定两缺陷处于同一深度部位;

②多于3个钻芯孔的墙段质量应按表中3个钻芯孔特征对任意3个钻芯孔的组合进行评价,以评价的最差类别为评价结果。

5.6.2.2 钻芯孔偏出墙体或遇钢筋无法继续钻进时,可对钻取芯样部分墙体混凝土质量进行评价,但不应对整个墙段混凝土质量进行评价。

5.6.2.3 墙段混凝土芯样试件抗压强度代表值小于设计混凝土抗压强度标准值时,应评价墙段混凝土质量为不合格。

5.6.2.4 墙段混凝土出现分层现象,所截取分层部位芯样混凝土抗压强度满足设计要求时,应评价墙段混凝土质量为Ⅱ类,否则评价为Ⅳ类。

5.6.2.5 墙段底高程实测值高于设计底高程时,墙段质量应评价为Ⅳ类。

5.6.2.6 墙段底部沉渣厚度实测值满足设计要求时,沉渣厚度应评价为合格。

6 墙体外观质量检测

6.1 一般规定

- 6.1.1 墙体外观质量检测应包括墙段和接头在水下和水上外露面的外观质量检测。
- 6.1.2 墙体外观质量应包括墙段外露面的平整度、相邻墙段错位、接头漏砂和渗漏水等情况,以及墙体外露面是否存在鼓包、露筋、夹渣、空洞、裂缝和渗漏水等缺陷内容。
- 6.1.3 墙体外观质量水下探摸检测时应掌握作业现场的风速、风向、水温、水流和波浪等气象水文和现场环境条件。

6.2 仪器设备

- 6.2.1 测量用尺应符合下列规定。
 - 6.2.1.1 钢直尺分度值不应大于 1mm,并应符合现行行业标准《钢直尺检定规程》(JJG 1)的有关规定。
 - 6.2.1.2 靠尺长度应为 2m。
 - 6.2.1.3 楔形塞尺测量范围不应大于 60mm,并应符合现行行业标准《楔形塞尺校准规范》(JJF 1548)的有关规定。
- 6.2.2 摄录设备应符合下列规定。
 - 6.2.2.1 设备的成像分辨率不应低于 100pix/cm,且实时传输画面。
 - 6.2.2.2 设备应具备墙壁定位成像和图像存储功能。
 - 6.2.2.3 水上摄录必要时应配备登高扶梯或无人机等。
- 6.2.3 水下探摸检测作业的仪器设备应符合下列规定。
 - 6.2.3.1 清理水下混凝土结构表面附着物的设备可采用水下岸壁清洗机、高压水枪清洗设备、人工或机械清理设备等,并应有安全操作使用说明书。
 - 6.2.3.2 摄录设备除应符合第 6.2.2 条的规定外,尚应满足下列要求:
 - (1)摄录组件在 1MPa 水压下能正常工作;
 - (2)设备配备照明装置的照度不小于 300lx。
 - 6.2.3.3 必要时应配备具有清理、定位、摄录和照明等功能的水下多功能自控装置。

6.3 外观质量检测

- 6.3.1 墙段和接头应进行编号,设置检测起点和终点,并进行相对位置标识。
- 6.3.2 墙段平整度检测应采用靠尺和钢直尺或楔形塞尺进行检测,在墙段长度三分点处,从顶部至泥面,每 2m 段测量竖向及与其交叉 45°共 3 个方向靠尺中部 1.8m 内的墙段

平整度,其算术平均值为该 2m 范围平整度的检测值,以各 2m 范围平整度检测值的最大值作为该墙段平整度检测结果代表值,精确至 5mm。

6.3.3 相邻墙段错位检测应采用钢直尺进行测量,从接头顶部至泥面,每 2m 二分点处测得错位值为该 2m 范围错位的检测值,以各 2m 范围错位检测值的最大值作为该墙段错位检测结果代表值,精确至 5mm。

6.3.4 检测应进行测量和定位拍摄图像,发现缺陷时应记录和描述下列内容:

- (1)露筋缺陷的位置、尺寸和钢筋锈蚀情况等;
- (2)空洞缺陷位置、尺寸和深度等;
- (3)鼓包的位置、形状和尺寸等;
- (4)裂缝的位置、走向和尺寸等;
- (5)夹渣的位置、夹渣物和尺寸等;
- (6)接头部位漏砂的位置和尺寸等;
- (7)渗漏水的位置。

6.3.5 水上检测应符合下列规定。

6.3.5.1 检测前应对墙体外露面附着泥层进行清理。

6.3.5.2 采用目视观察和摄录方式,从起点至终点进行墙体的观察,不应有遗漏。

6.3.5.3 渗漏水检测方法应符合现行国家标准《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208)的有关规定。

6.3.6 水下检测应符合下列规定。

6.3.6.1 对开挖至设计水深的码头前沿墙体和岸壁,应采用水下探摸检测作业。

6.3.6.2 水下检测过程中,应同时开展水上监控,并应受水上指导。

6.3.6.3 水下外观检测前应对墙体外露面进行清理,采用水下岸壁清洗机、水下高压水冲洗、人工清理等手段,清除墙体上附着的土体和泥皮。

6.3.6.4 从起点至终点,宜采用水下测量和录像设备进行水下探摸检测作业,或采用水下多功能自控设备进行检测作业,并摄录,不应有遗漏。

6.4 检测结果评价

6.4.1 墙段平整度检测结果代表值或相邻墙段错位检测结果代表值符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定时,该墙段平整度或相邻墙段错位应评价为合格。

6.4.2 接头部位和墙段出现露筋或空洞缺陷时,该缺陷应评价为严重缺陷,并应进行工程处理;出现其他缺陷的程度分级应按现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定执行,评价结果可分为一般缺陷或严重缺陷。

6.4.3 墙体渗漏水检测结果评价应符合设计要求和现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定。

7 接头质量检测

7.1 一般规定

- 7.1.1 接头质量检测应包括成槽后的接头壁垂直度检测和成墙后的接头混凝土质量检测。
- 7.1.2 接头壁垂直度的检测可采用声波反射法。
- 7.1.3 接头混凝土质量的检测可采用声波透射法。

7.2 仪器设备

- 7.2.1 声波反射法的仪器设备应符合第4.2.1条的规定。
- 7.2.2 声波透射法的仪器设备应符合第5.2.1条的规定。

7.3 接头壁垂直度检测

- 7.3.1 接头壁垂直度检测应与成槽质量检测同时进行。
- 7.3.2 成槽时应采用声波反射法对接头壁进行检测,并符合第4.3节的有关规定。
- 7.3.3 声波反射法主机应实时显示和记录不同深度的接头壁形态图。
- 7.3.4 接头壁垂直度应按式(4.3.3-3)计算。

7.4 接头混凝土质量检测

- 7.4.1 采用声波透射法检测接头混凝土质量时,宜利用相邻墙段已经预埋的声测管或在接头处相邻两墙段预埋专用声测管。
- 7.4.2 接头处的检测剖面宜为 $E-E'$ 、 $D-A'$ 、 $D-E'$ 或 $E-A'$ (图7.4.2)。

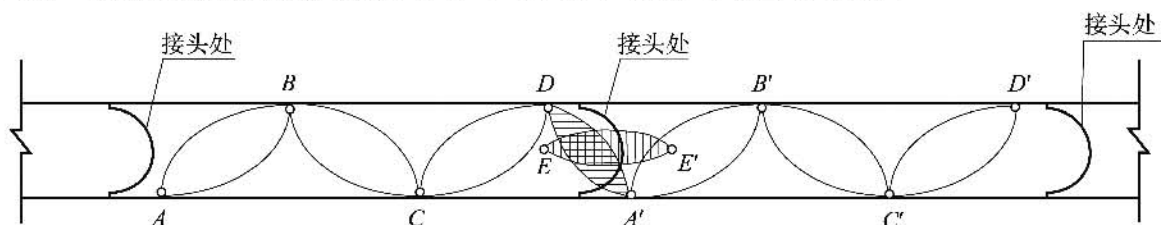


图 7.4.2 接头处的检测剖面示意图

- 7.4.3 声波透射法检测接头混凝土质量应符合第5.3节的有关规定。

7.5 检测结果评价

- 7.5.1 受检接头混凝土质量应根据检测剖面的可疑缺陷区分布、可疑缺陷区域声测线的

声学参量偏离正常值的程度和接收波形变化情况,结合接头形式、地质情况和施工工艺等因素,按表 5.6.1 和表 3.1.8 的规定进行综合判定。

7.5.2 采用声波透射法难以评价检测剖面混凝土质量时,可按第 6.3 节规定对接头部位进行检测,并按第 6.4.2 条评价;或在相邻墙段靠近接头部位钻孔后利用钻孔进行声波透射法进行检测,并按第 7.5.1 条进行接头检测剖面混凝土质量的检测和评价。

8 墙段钢筋检测

8.1 一般规定

- 8.1.1 墙段钢筋检测应包括墙段钢筋保护层厚度和墙段钢筋笼长度的检测。
- 8.1.2 墙段钢筋保护层厚度的检测宜采用尺量法、钻孔或剔凿尺量法；墙段表面平整时可采用电磁感应法或雷达法检测，检测方法应符合现行行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239)的有关规定。
- 8.1.3 墙段保护层厚度检测范围宜为墙段顶部以下外露部分。
- 8.1.4 墙段钢筋笼长度检测宜采用磁测井法。
- 8.1.5 资料收集除应符合第3.3.2条的规定外，尚应包括下列内容：
- (1) 混凝土原材料是否具有铁磁性；
 - (2) 墙体是否有预留管道、金属预埋件等；
 - (3) 墙体中钢筋品种、牌号、规格和分布状况；
 - (4) 设计保护层厚度、钢筋笼长度、安装顶高程和底高程。

8.2 仪器设备

- 8.2.1 保护层厚度检测所用仪器设备应包括钢筋探测仪、卡尺、凿子、手锤、手持空心钻机等。
- 8.2.2 磁测井法的仪器设备除应符合现行行业标准《钢筋笼长度磁法检测仪》(JJG(交通)175)的有关规定外，尚应符合下列规定。
- 8.2.2.1 仪器主机应实时显示和记录深度-磁场垂直分量曲线及深度-磁场垂直分量梯度曲线。
- 8.2.2.2 探头的线缆应有长度标注，最小刻度不应大于10mm，长度不应小于1.2倍受检墙段中钢筋笼设计深度且应大于受检墙段中钢筋笼设计深度3.0m；采用深度编码器自动记录深度时，允许偏差应为 $\pm 0.3\% \text{ FS}$ ；深度记录宜小于60m。
- 8.2.2.3 磁场强度测量范围应为 $(-99999 \sim 99999) \text{ nT}$ ，允许偏差应为 $\pm 150 \text{ nT}$ 。
- 8.2.2.4 磁感应探头和电缆在1.0MPa水压下应能正常工作。

8.3 钢筋保护层厚度检测

- 8.3.1 尺量法、钻孔或剔凿尺量法应符合下列规定。
- 8.3.1.1 每受检墙段上应随机选取至少1个测区，每个测区至少包括9根依次相邻排列的竖向主筋，宜采用钢筋探测仪对钢筋进行定位。

8.3.1.2 每根主筋应选取 2 点进行测量,在墙体顶部主筋伸出位置测量 1 点,在该根钢筋墙体顶部以下外露范围内选取最凹部位测量 1 点。

8.3.1.3 钻孔或剔凿时不应损坏钢筋。

8.3.1.4 钻孔或剔凿应去除钢筋外层混凝土直至被测钢筋直径方向完全暴露,且沿钢筋长度方向不小于 2 倍的钢筋直径。

8.3.1.5 应采用卡尺对同一位置的钢筋外轮廓至混凝土表面最小距离进行 2 次测量,并取最小值为该测点保护层厚度测定值,精确至 1mm。

8.3.2 保护层厚度的合格点率计算应符合下列规定。

8.3.2.1 保护层厚度测定值不小于设计值的测点应为保护层厚度合格点。

8.3.2.2 保护层厚度合格点率应按式(8.3.2)计算:

$$p = \frac{n_h}{n} \times 100\% \quad (8.3.2)$$

式中 p ——保护层厚度合格点率,精确至 1%;

n_h ——保护层厚度合格测点数;

n ——测点数。

8.4 钢筋笼长度检测

8.4.1 磁测井法的测试孔应符合下列规定。

8.4.1.1 在经钻芯法检测墙段上,探测内孔应利用并选取靠近墙段中心部位的已有钻芯孔,必要时应补钻,并钻穿墙底。

8.4.1.2 在未经钻芯法检测墙段上,应在距离墙段中部外侧边缘不大于 0.8m 的土中钻孔,作为探测旁孔,其垂直度偏差不应大于 1%;或在墙段钢筋笼内混凝土中心部位钻孔,作为探测内孔,垂直度偏差不应大于 0.5%。

8.4.1.3 探测旁孔周围存在软弱土层时,应在探测旁孔中设置封底聚氯乙烯(PVC)管。

8.4.1.4 探测孔和 PVC 管探测旁孔的内径应比探头直径大 10mm 以上,其内径宜为 (60~90)mm。

8.4.1.5 每受检墙段应布置 1 个探测内孔、探测旁孔或 PVC 管探测旁孔。

8.4.1.6 探测孔深度应大于受检墙段中钢筋笼设计深度 3.0m。

8.4.1.7 探测孔中不应有铁磁性物体存在。

8.4.1.8 磁探头应能在探测孔内全程范围升降顺畅。

8.4.2 现场检测步骤应符合下列规定。

8.4.2.1 将磁探头放入探测孔中进行磁场垂直分量 Z 的测量,磁探头应匀速提升和下降且速度不大于 0.25m/s,采样间距不大于 0.10m。

8.4.2.2 仪器主机应实时显示和记录深度-磁场垂直分量($H-Z$)曲线及深度-磁场垂直分量梯度 $\left(H - \frac{dZ}{dH}\right)$ 曲线。

8.4.2.3 各测试有效曲线应有良好的重复性,波形基本一致。

8.4.3 检测数据分析应符合下列规定。

8.4.3.1 Z 的背景值 Z_0 应根据 $H-Z$ 曲线下端平滑稳定的 Z 值来判定。

8.4.3.2 Z 值相对 Z_0 值明显变化时,可判定有钢筋笼存在。

8.4.3.3 深度第 i 测点 Z 梯度值应按式(8.4.3)计算:

$$\left(\frac{dZ}{dH}\right)_i = \frac{Z_{i+1} - Z_i}{\Delta H} \quad (8.4.3)$$

式中 $\left(\frac{dZ}{dH}\right)_i$ ——深度第 i 测点 Z 梯度值(nT/m);

Z_{i+1} 、 Z_i ——相邻测点的实测 Z 强度值(nT);

ΔH ——相邻测点间距(m)。

8.4.3.4 钢筋笼底高程应根据有效 $H-Z$ 曲线和 $H - \frac{dZ}{dH}$ 曲线综合评价,钢筋笼长度检测值应取 $H-Z$ 曲线底部斜率最大处位置对应的深度,或取 $H - \frac{dZ}{dH}$ 曲线底部最深的极值点位置对应的深度;钢筋笼长度应取 2 次测试所取钢筋笼长度检测值的算术平均值,精确至 0.1m。

8.4.3.5 检测结果应给出钢筋笼长度和底高程。

8.5 检测结果评价

8.5.1 保护层厚度合格点率达到 90% 时,受检部位的保护层厚度应评价为合格。

8.5.2 探测孔测定的墙段内钢筋笼长度与设计长度之差不大于 0.2m 且钢筋笼底高程与设计高程之差不大于 0.2m 时,应评价受检墙段钢筋笼长度与设计相符。

9 墙段混凝土强度和耐久性验证性检测

9.1 一般规定

- 9.1.1 墙段混凝土强度和耐久性验证性检测应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定。
- 9.1.2 检测前,应确认墙段混凝土强度和耐久性的设计要求。
- 9.1.3 墙段混凝土强度验证性检测应采用钻芯法。
- 9.1.4 钻芯时,受检墙段的混凝土龄期应达到 28d 或同条件养护试件抗压强度应达到设计混凝土抗压强度要求。
- 9.1.5 钻芯位置应避开钢筋、预埋件和管线位置。
- 9.1.6 墙段混凝土耐久性验证性检测应包括钢筋保护层厚度、抗氯离子渗透性能、抗水渗透性能和抗冻融性能检测。
- 9.1.7 钢筋保护层厚度检测应按第 8.2 节、第 8.3 节和第 8.5 节的有关规定执行。

9.2 仪器设备

- 9.2.1 钻芯机和芯样试件加工设备应符合现行行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239)的有关规定。
- 9.2.2 混凝土抗压强度、抗氯离子渗透性能、抗水渗透性能和抗冻融性能检测的仪器设备应符合现行行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239)的有关规定。

9.3 混凝土强度验证性检测和结果评价

- 9.3.1 受检墙段取芯孔个数不应少于 5 个,宜在开挖后墙段顶部向下进行取芯。
- 9.3.2 受检墙段同一配合比混凝土标准芯样试件个数不应少于 15 个。
- 9.3.3 受检墙段混凝土强度验证性检测和结果评价应按现行行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239)的有关规定执行。

9.4 混凝土耐久性验证性检测和结果评价

- 9.4.1 受检墙段混凝土抗氯离子渗透性能验证性检测和结果评价应符合下列规定。
 - 9.4.1.1 抗氯离子渗透性能检测应采用快速氯离子迁移系数法或电通量法。
 - 9.4.1.2 在与墙段外露工作面垂直方向上钻芯取样,每个芯样加工制作成 1 个芯样试件,受检墙段应制取 1 组芯样试件。

9.4.1.3 抗氯离子渗透性能验证性检测和结果评价应按现行行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239)的有关规定执行。

9.4.2 受检墙段混凝土抗水渗透性能验证性检测和结果评价应符合下列规定。

9.4.2.1 抗水渗透性能检测应采用逐级加压法。

9.4.2.2 在墙段顶部向下钻芯取样,每个芯样加工制作成1个抗水渗透性能检测用的芯样试件,受检墙段应制取1组芯样试件。

9.4.2.3 抗水渗透性能验证性检测和结果评价应按现行行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239)的有关规定执行。

9.4.3 受检墙段混凝土抗冻融性能验证性检测和结果评价应符合下列规定。

9.4.3.1 抗冻融性能验证性检测宜采用定性的芯样气泡间距系数观测法,也可采用定量的芯样快速冻融法。

9.4.3.2 墙段抗冻融性能检测应在有抗冻融性能要求的部位钻芯取样。

9.4.3.3 芯样气泡间距系数观测法应在垂直于墙段外露工作面钻芯取样,受检墙段应制取不少于3组观测切片。

9.4.3.4 芯样快速冻融法应在墙段顶部向下钻芯取样,每受检墙段钻取1组,不应少于3组。

9.4.3.5 抗冻融性能验证性检测和结果评价应按现行行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239)的有关规定执行。

10 墙段变位、应力和拉杆应力监测

10.1 一般规定

- 10.1.1 施工期应进行墙段变位、应力和拉杆应力监测。监测断面、测点数量、观测频率等应符合设计要求。
- 10.1.2 墙段变位监测应包括水平位移、垂直位移和深层水平位移等内容。
- 10.1.3 墙段变位、应力和拉杆应力的监测点宜布置在同一断面上。
- 10.1.4 施工期测点埋设应兼顾使用期原型观测和健康监测的需要。
- 10.1.5 监测单位应制定墙段的变位、应力和拉杆应力监测方案,经评审后实施。
- 10.1.6 监测系统应采取有效的保护措施,满足监测周期内系统的有效性和稳定性,有条件时宜实施自动化监测。
- 10.1.7 同一监测项目应采用相同型号和规格的仪器、传感器和线缆,并与监测系统整体匹配。
- 10.1.8 基坑地下连续墙结构的变位、应力和支撑内力等监测应符合国家现行标准《水运工程施工监控技术规程》(JTS/T 234)、《建筑基坑工程监测技术标准》(GB 50497)和《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120)等的有关规定。

10.2 仪器设备

- 10.2.1 墙段变位监测的仪器设备应符合现行行业标准《水运工程测量规范》(JTS 131)和《港口水工建筑物结构健康监测技术规范》(JTS/T 312)的有关规定。
- 10.2.2 深层水平位移的仪器设备应符合现行行业标准《水运工程地基基础试验检测技术规程》(JTS 237)的有关规定。
- 10.2.3 应变监测应选用电阻应变计、振弦式应变计或光纤类应变计等传感器,并应符合现行行业标准《港口水工建筑物结构健康监测技术规范》(JTS/T 312)和《水运工程自动化监测技术规范》(JTS/T 305)的有关规定。
- 10.2.4 传感器应标定,量程不应小于1.5倍预测采样范围。
- 10.2.5 数据采集器为电阻应变仪、振弦式应变测量系统时,电阻应变仪和振弦式应变测量系统应分别符合现行行业标准《电阻应变仪检定规程》(JJG 623)和《振弦式应变测量系统》(JJG(交通)156)的有关规定。
- 10.2.6 采用自动化监测系统时,仪器设备应符合现行行业标准《水运工程自动化监测技术规范》(JTS/T 305)的有关规定。

10.3 墙段变位监测

10.3.1 墙顶水平位移和垂直位移监测方法宜选用静力水准法、卫星导航定位法、全站仪自动检测法等,并应符合现行行业标准《水运工程测量规范》(JTS 131)、《水运工程施工监控技术规程》(JTS/T 234)、《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235)和《港口水工建筑物结构健康监测技术规范》(JTS/T 312)等的有关规定。

10.3.2 深层水平位移监测方法应符合现行行业标准《水运工程地基基础试验检测技术规程》(JTS 237)的有关规定。

10.3.3 墙顶水平位移、墙顶垂直位移和深层水平位移的监测数据应按监测方案要求的监测频率采集。

10.4 墙段应力监测

10.4.1 传感器安装应满足监测方案和传感器产品说明书的相关要求。

10.4.2 应变监测方法应符合现行行业标准《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235)和《港口水工建筑物结构健康监测技术规范》(JTS/T 312)等的有关规定。

10.4.3 采集的应变数据应及时分析,并进行混凝土和钢筋应力计算。

10.5 拉杆应力监测

10.5.1 传感器安装应满足监测方案和传感器产品说明书的相关要求。

10.5.2 传感器的接线端子应进行防水防潮的密封处理,安装传感器的拉杆部位应进行防腐处理。

10.5.3 拉杆应力监测方法应符合现行行业标准《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235)的有关规定。

10.5.4 采集的应变数据应及时分析,并进行拉杆应力计算。

10.6 监测结果评价

10.6.1 码头及岸壁地下连续墙的墙段变位、应力和拉杆应力监测的预警值应根据工程结构特点、地质条件、设计计算结果和当地工程经验等因素确定,无相关设计要求时,应符合下列规定。

10.6.1.1 墙段变位的水平位移和垂直位移速率预警值应为 3mm/d。

10.6.1.2 墙段应力和拉杆应力预警值应为施工期典型工况计算值的 60% ~ 70%。

10.6.2 基坑地下连续墙结构的变位、应力和支撑内力等监测结果评价应符合国家现行标准《水运工程施工监控技术规程》(JTS/T 234)、《建筑基坑工程监测技术标准》(GB 50497)和《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120)等的有关规定。

10.6.3 监测结果达到或超过预警值时,应预警并加密观测,通知有关各方及时分析原因并采取相应措施。

10.6.4 监测结果突变时,应立即报告建设单位和监测委托单位,通知有关各方及时采取应急措施。

附录 A 泥浆性能指标测定方法

A.0.1 泥浆温度应采用量程(0~50)℃、分度值不大于1℃的温度计测量,精确至1℃。

A.0.2 量杯容量不应小于1000ml。

A.0.3 受检泥浆应采用搅拌棒搅拌不少于60s后,立即进行泥浆性能指标测定。

A.0.4 相对密度测定方法应符合下列规定。

A.0.4.1 常压机械式泥浆密度计(图 A.0.4)应符合现行行业标准《泥浆密度计》(JJG 1045)的有关规定;(20±5)℃时,泥浆杯的容积应为(140±1)ml;相对密度的测量范围应为0.96~2.00,示值偏差应为0.01。

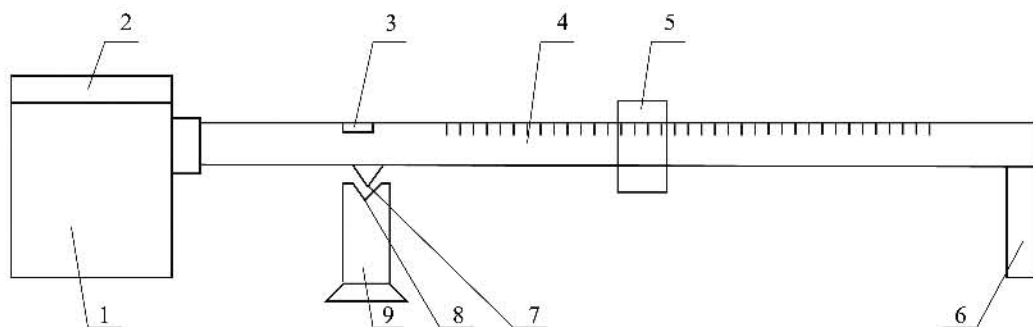


图 A.0.4 常压机械式泥浆密度计示意图

1-泥浆杯;2-杯盖;3-水平泡;4-杠杆;5-游砣;6-调整腔;7-刀口;8-刀承;9-支座

A.0.4.2 密度计的现场仪器校正应满足下列要求:

(1)将泥浆杯杯盖拧开、取下,用湿毛巾擦干净泥浆杯内壁,保持内壁的润湿状态,再用量杯将(20±5)℃清水倒满泥浆杯;

(2)将泥浆杯杯盖盖上、拧紧,使多余的水和空气从盖中间的小孔挤出;

(3)将泥浆密度计外表面的水擦拭干净;

(4)将杠杆放于支座上,刀口对准刀承;

(5)将游砣移到刀口附近,然后再缓缓向右移动游砣,使杠杆保持水平平衡,即水平泡位于中央;

(6)读取游砣左侧边线所对的刻线数值,即为所测清水相对密度的测试值,精确至0.01;

(7)清水相对密度的测试值为1.00时,表明泥浆密度计准确;测试值不为1.00时,将泥浆密度计的调整腔盖拧开,增减调整腔内的金属颗粒,使清水相对密度的测试值为1.00。

A.0.4.3 相对密度测定操作步骤应满足下列要求:

(1) 将泥浆杯杯盖拧开、取下,用湿毛巾擦拭泥浆杯内壁,保持内壁的润湿状态,再用量杯将受检泥浆倒满泥浆杯,泥浆杯中泥浆含有气泡时,轻敲泥浆杯侧壁,直至气泡溢出泥浆杯外;

(2) 将泥浆杯杯盖盖上、拧紧,使多余的泥浆和空气从盖中间的小孔挤出;

(3) 将泥浆密度计外表面的泥浆擦拭干净;

(4) 将杠杆放于支座上,刀口对准刀承;

(5) 将游砣移到刀口附近,然后再缓缓向右移动游砣,使杠杆保持水平平衡,即水平泡位于中央;

(6) 读取游砣左侧边线所对的刻线数值,即为所测泥浆相对密度的测试值,精确至 0.01。

A.0.4.4 泥浆相对密度应测试 2 次,2 次测试值之差不大于 0.03 时,取 2 次测试值的算术平均值为测定结果,精确至 0.01;2 次测试值之差大于 0.03 时,应重新测定。

A.0.5 黏度测定方法应符合下列规定。

A.0.5.1 仪器应满足下列要求:

(1) 泥浆黏度计(图 A.0.5),量杯在 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 时一端为 $(500 \pm 5)\text{ml}$,另一端为 $(200 \pm 5)\text{ml}$;金属丝编织网筛,网孔基本尺寸为 1mm,符合现行国家标准《试验筛 金属丝编织网、穿孔板和电成型薄板 筛孔的基本尺寸》(GB/T 6005)的有关规定;

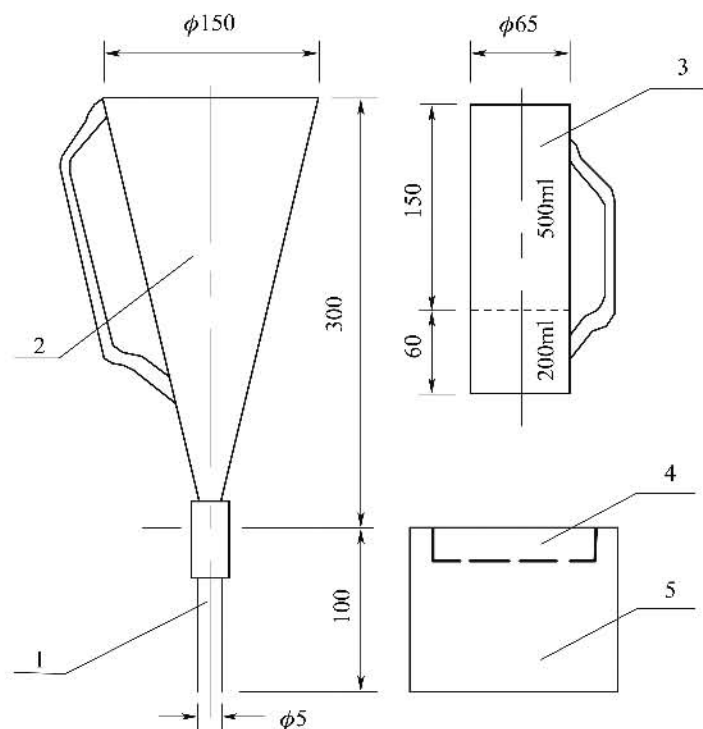


图 A.0.5 泥浆黏度计示意图(尺寸单位:mm)

1-流出管;2-锥形漏斗;3-量杯;4-网筛;5-泥浆容器

(2) 电子秒表,分辨力为 0.1s。

A.0.5.2 黏度测定操作步骤应满足下列要求:

(1) 测定黏度前,先将泥浆黏度计用水刷干净,再用湿毛巾擦量杯和锥形漏斗内壁,

保持内壁的润湿状态；

(2) 受检泥浆先经网筛过滤至泥浆容器内；

(3) 将泥浆容器内泥浆倒入量杯，量取 500ml 和 200ml 泥浆，均倒入锥形漏斗，流出管管口用手指堵住，不使泥浆流出；

(4) 将 500ml 量杯置于流出管管口下方，放开流出管管口，同时启动秒表，让泥浆自然流入 500ml 量杯，泥浆流满 500ml 量杯时停止计时，记下泥浆流出的时间，精确至 0.1s；

(5) 采用清水对泥浆黏度计进行校正。

A.0.5.3 当装入 700ml 现场常用 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 清水锥形漏斗流出 500ml 水的时间为 $(15.0 \pm 1.0)\text{s}$ 时，装入 700ml 泥浆锥形漏斗流出 500ml 泥浆的时间应为受检泥浆的黏度测试值，精确至 0.1s。

A.0.5.4 当装入 700ml 现场常用 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 清水锥形漏斗流出 500ml 水的时间不在 $(15.0 \pm 1.0)\text{s}$ 范围内时，受检泥浆的黏度测试值应按式 (A.0.5) 修正：

$$\nu = \lambda \cdot \frac{\nu_m}{\nu_w} \tag{A.0.5}$$

式中 ν ——泥浆黏度测试值(s)，精确至 0.1s；

λ ——常数(s)，取 15s；

ν_m ——泥浆黏度测试值(s)，精确至 0.1s；

ν_w ——清水黏度测试值(s)，精确至 0.1s。

A.0.5.5 泥浆黏度应测试 2 次，测定结果应为 2 次测试值的算术平均值，精确至 1s。

A.0.6 含砂率测定方法应符合下列规定。

A.0.6.1 仪器应满足下列要求：

(1) 泥浆含砂率计见图 A.0.6；

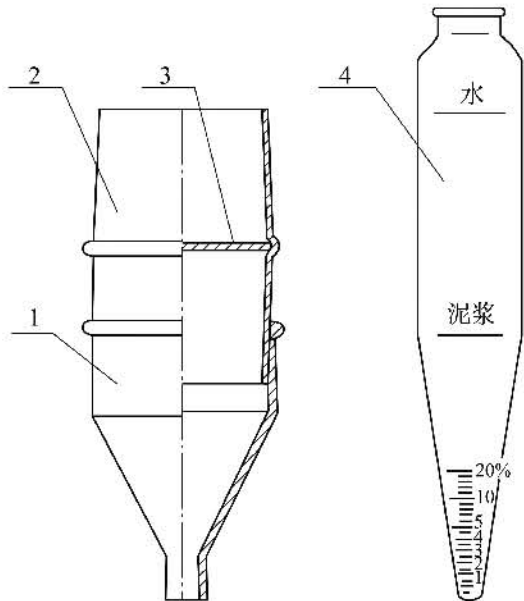


图 A.0.6 泥浆含砂率计示意图

1-过滤筒;2-塑料漏斗;3-金属丝滤网;4-玻璃测管

(2) 玻璃测管, 含砂率测量范围为 0% ~ 20%, 刻度对应的标称容量及其允许偏差符合表 A.0.6 的规定;

表 A.0.6 刻度对应的标称容量及容量允许偏差

刻度	标称容量 (ml)	容量允许偏差 (ml)
1%	0.3	±0.03
2%	0.6	±0.05
3%	0.9	±0.08
4%	1.2	±0.10
5%	1.5	±0.13
10%	3	±0.17
20%	6	±0.20
泥浆线或 30%	30	±0.30
水线或 100%	100	±1.00

(3) 金属丝滤网网孔基本尺寸为 75 μ m, 符合现行国家标准《试验筛 金属丝编织网、穿孔板和电成型薄板 筛孔的基本尺寸》(GB/T 6005) 的有关规定。

A.0.6.2 含砂率测定操作步骤应满足下列要求:

(1) 将泥浆充至测管上标有“泥浆”或 30% 的刻度处, 加清水至标有“水”或 100% 的刻度处, 堵死管口, 摇振时间不少于 1min;

(2) 倾倒该混合物于过滤筒中, 丢弃通过滤筛的液体, 再加清水于测管中, 摇振时间不少于 1min 后再倒入滤筒中, 重复此过程, 直至测管内清洁为止;

(3) 用清水冲洗滤网上所留的砂, 直至没有残留的泥浆;

(4) 将漏斗套进过滤筒, 然后慢慢翻转过来, 并将漏斗嘴插入测管内, 用清水将附在滤网上的砂全部冲入测管内;

(5) 待砂沉淀时间不少于 3min 后, 读出砂子的实测刻度, 即为受检泥浆含砂率的测试值, 精确至 1%。

A.0.6.3 泥浆含砂率应测试 2 次, 测定结果应为 2 次测试值的算术平均值, 精确至 1%。

A.0.7 pH 值测定方法应符合下列规定。

A.0.7.1 现场宜采用 pH 广泛试纸或精密试纸比色法测定泥浆 pH 值。

A.0.7.2 撕下一条 pH 试纸, 浸蘸泥浆浆液 0.5s 后取出, 应与标准色板相比较, 读出试纸条与标准色板相同的色度数值, 即为所测泥浆 pH 值。

A.0.7.3 测试时, 可采用广泛试纸测出 pH 值, 精确至整数。

A.0.7.4 pH 值需精确至 0.1 时, 可在广泛试纸测出 pH 值后, 再用 0.1 级精密试纸进行 pH 值测试, 结果精确至 0.1。

A.0.7.5 泥浆 pH 值应测试 2 次, 测定结果应为 2 次测试值的算术平均值, 采用广泛试纸时精确至整数, 采用精密试纸时精确至 0.1。

A.0.8 每次测试后应将泥浆性能指标测定仪器洗净。

附录 B 声波检测仪系统延迟时间和声时初读数确定方法

B.0.1 声波透射法仪器设备应符合第 5.2.1 条的规定。

B.0.2 水的温度应采用量程(0~50)℃、分度值不大于 1℃ 的温度计测量,精确至 1℃。

B.0.3 声波检测仪系统延迟时间的确定应符合下列规定。

B.0.3.1 将发射、接收径向换能器平行悬于水面以下 400mm 的清水中,其中心间距宜从 400mm 开始,此后以 100mm 逐次加大间距,同时测量相应间距的声时,依次记录不少于 5 个间距的声时。

B.0.3.2 将测得的声时和间距数据分别以纵轴、横轴进行最小二乘法线性回归,其相关关系应按式(B.0.3-1)表示:

$$t = t_0 + b \cdot l \quad (\text{B.0.3-1})$$

式中 t ——声时(μs);

t_0 ——系统延迟时间(μs),即时间轴上截距;

b ——直线斜率($\mu\text{s}/\text{mm}$);

l ——发射、接收径向换能器之间表面距离(mm)。

B.0.3.3 t_0 可按式(B.0.3-2)计算:

$$t_0 = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} - \frac{\sum_{i=1}^n l_i \cdot (n \sum_{i=1}^n l_i \cdot t_i - \sum_{i=1}^n l_i \sum_{i=1}^n t_i)}{n[\sum_{i=1}^n l_i^2 - (\sum_{i=1}^n l_i)^2]} \quad (\text{B.0.3-2})$$

式中 t_0 ——系统延迟时间(μs),精确至 0.1 μs ;

n ——不同间距的测量声时总数;

t_i ——第 i 间距的声时(μs),精确至 0.1 μs ;

l_i ——第 i 间距的距离(mm),精确至 1mm。

B.0.4 声波检测仪系统声时值初读数的确定应符合下列规定。

B.0.4.1 检测剖面对应检测通道均为预埋声测管时,声测管检测通道耦合水层的声时初读数应按式(B.0.4-1)计算:

$$t'_1 = \frac{d_1 - d_2}{v_h} + \frac{d_2 - d'}{v_w} \quad (\text{B.0.4-1})$$

式中 t'_1 ——声测管检测通道耦合水层的声时初读数(μs),精确至 0.1 μs ;

d_1 ——声测管外径(mm),精确至 0.1mm;

d_2 ——声测管内径(mm),精确至 0.1mm;

v_h ——声测管材料的声速(km/s),采用钢管时一般取(5.80~6.00)km/s;

d' ——换能器外径 (mm), 精确至 0.1 mm;
 v_w ——水中声速 (km/s), 按表 B.0.4 选用。

表 B.0.4 水温与水中声速关系

水温度 (°C)	5	10	15	20	25	30
水中声速 (km/s)	1.45	1.46	1.47	1.48	1.49	1.50

B.0.4.2 检测剖面对应检测通道均为钻孔时, 钻孔检测通道耦合水层的声时初读数应按式 (B.0.4-2) 计算:

$$t'_2 = \frac{d_3 - d'}{v_w} \quad (\text{B.0.4-2})$$

式中 t'_2 ——钻孔检测通道耦合水层的声时初读数 (μs), 精确至 0.1 μs ;
 d_3 ——钻孔内径 (mm), 精确至 0.1 mm;
 d' ——换能器外径 (mm), 精确至 0.1 mm;
 v_w ——水中声速 (km/s), 按表 B.0.4 选用。

B.0.4.3 检测剖面对应检测通道为声测管和钻孔组合时, 组合检测通道耦合水层的声时初读数应按式 (B.0.4-3) 计算:

$$t'_3 = \frac{t'_1 + t'_2}{2} \quad (\text{B.0.4-3})$$

式中 t'_3 ——组合检测通道耦合水层的声时初读数 (μs), 精确至 0.1 μs ;
 t'_1 ——声测管检测通道耦合水层的声时初读数 (μs), 精确至 0.1 μs ;
 t'_2 ——钻孔检测通道耦合水层的声时初读数 (μs), 精确至 0.1 μs 。

B.0.4.4 根据检测跨孔通道组合的实际情况, 计算声时初读数。

附录 C 钻芯法检测记录表

表 C.0.1 钻芯法检测现场记录表

工程名称						检测单位			
施工单位						墙段、接头号			
钻芯单位						钻芯孔号			
芯样直径(mm)						钻机型号		钻机编号	
项目	日期、时间	回次数	起止深度 (m)	芯样序号	芯样长度 (m)	长度大于 10cm 芯样段长度(m)	芯样初步描述	抗压试验取样编号、 取样深度(m)	
墙体混凝土									
墙底沉渣厚度(mm)									
异常情况描述									
钻芯负责人						检测人员			

表 C.0.2 钻芯法检测综合记录表

工程名称						检测单位			
施工单位						墙段、接头号			
钻芯单位						钻芯孔号			
施工墙深(m)		混凝土设计强度等级				墙顶高程(m)		开孔时间	
设计墙深(m)		设计墙长(m)		设计墙厚(m)		钻孔深度(m)		终孔时间	
层序号	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	混凝土柱状图		芯样描述		深度(m)	芯样强度(MPa)
备注									
检测人员				校核人				日期	

附录 D 本规程用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度的用词说明如下:

- (1)表示很严格,非这样做不可的,正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
- (2)表示严格,在正常情况下均应这样做的,正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
- (3)表示允许稍有选择,在条件允许时首先应这样做的,正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
- (4)表示允许选择,在一定条件下可以这样做的采用“可”。

引用标准名录

- 1.《石油液体手工取样法》(GB/T 4756)
- 2.《试验筛 金属丝编织网、穿孔板和电成型薄板 筛孔的基本尺寸》(GB/T 6005)
- 3.《超硬磨料制品 金刚石圆锯片 第一部分:焊接锯片》(GB/T 11270.1)
- 4.《空气潜水安全要求》(GB 26123)
- 5.《混合气潜水安全要求》(GB 28396)
- 6.《混凝土灌注桩用钢薄壁声测管》(GB/T 31438)
- 7.《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208)
- 8.《建筑基坑工程监测技术标准》(GB 50497)
- 9.《建筑与市政施工现场安全卫生与职业健康通用规范》(GB 55034)
- 10.《水运工程测量规范》(JTS 131)
- 11.《码头结构施工规范》(JTS 215)
- 12.《水运工程施工监控技术规程》(JTS/T 234)
- 13.《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235)
- 14.《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)
- 15.《水运工程地基基础试验检测技术规程》(JTS 237)
- 16.《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239)
- 17.《水运工程质量检验标准》(JTS 257)
- 18.《水运工程自动化监测技术规范》(JTS/T 305)
- 19.《港口水工建筑物结构健康监测技术规范》(JTS/T 312)
- 20.《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》(JGJ/T 46)
- 21.《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120)
- 22.《建设工程施工现场环境与卫生标准》(JGJ 146)
- 23.《钢直尺检定规程》(JJG 1)
- 24.《电阻应变仪检定规程》(JJG 623)
- 25.《泥浆密度计》(JJG 1045)
- 26.《水运工程 非金属声波检测仪》(JJG(交通)027)
- 27.《振弦式应变测量系统》(JJG(交通)156)
- 28.《超声式成孔质量检测仪》(JJG(交通)171)
- 29.《钢筋笼长度磁法检测仪》(JJG(交通)175)
- 30.《楔形塞尺校准规范》(JJF 1548)

附加说明

本规程主编单位、参编单位、主要起草人、 主要审查人、总校人员和管理组人员名单

主 编 单 位:中交天津港湾工程研究院有限公司

参 编 单 位:中交第一航务工程局有限公司

河北省水运工程质量安全监督局

中交第一航务工程勘察设计院有限公司

中交一航局第五工程有限公司

天津深基工程有限公司

博纳德(天津)港口工程有限公司

天津港湾工程质量检测中心有限公司

主要起草人:李俊毅(中交天津港湾工程研究院有限公司)

(以下按姓氏笔画为序)

马玉臣(河北省水运工程质量安全监督局)

马永栋(博纳德(天津)港口工程有限公司)

刘进生(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

刘佳东(河北省水运工程质量安全监督局)

苏忠纯(中交天津港湾工程研究院有限公司)

李长吉(中交一航局第五工程有限公司)

李晓明(中交第一航务工程局有限公司)

张 鹏(天津港湾工程质量检测中心有限公司)

陈运涛(中交天津港湾工程研究院有限公司)

郑建民(天津深基工程有限公司)

曹忠露(中交天津港湾工程研究院有限公司)

谭 斌(中交一航局第五工程有限公司)

主要审查人:徐 光

(以下按姓氏笔画为序)

王胜年、刘美山、李一勇、李森林、杨志君、杨国平、肖大平、

张宝华、黄 勇

总 校 人 员:李荣庆、檀会春、董 方、李一勇、杨志君、刘爱民、李俊毅、

曹忠露、刘佳东、李晓明、张 鹏、李长吉、周晓朋、江佳正
管理组人员:曹忠露(中交天津港湾工程研究院有限公司)
周晓朋(中交天津港湾工程研究院有限公司)
刘爱民(中交天津港湾工程研究院有限公司)
侯晋芳(中交天津港湾工程研究院有限公司)
梁爱华(中交天津港湾工程研究院有限公司)

中华人民共和国行业标准

水运工程地下连续墙结构检测技术规程

JTS/T 343—2026

条文说明

目 次

1 总则	(55)
3 基本规定	(56)
3.2 检测项目、方法、数量和抽样原则	(56)
4 成槽质量检测	(57)
4.2 仪器设备	(57)
4.3 槽宽、槽深和垂直度检测	(57)
5 墙段质量检测	(58)
5.6 检测结果评价	(58)
6 墙体外观质量检测	(59)
6.3 外观质量检测	(59)
6.4 检测结果评价	(59)
7 接头质量检测	(60)
8 墙段钢筋检测	(61)
8.3 钢筋保护层厚度检测	(61)
8.4 钢筋笼长度检测	(61)
9 墙段混凝土强度和耐久性验证性检测	(62)
10 墙段变位、应力和拉杆应力监测	(63)
附录 A 泥浆性能指标测定方法	(64)
附录 B 声波检测仪系统延迟时间和声时初读数确定方法	(65)

1 总 则

1.0.3 国家现行有关标准包括《码头结构施工规范》(JTS 215)、《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235)、《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239)、《水运工程质量检验标准》(JTS 257)和《建筑基坑工程监测技术标准》(GB 50497)等。

3 基本规定

3.2 检测项目、方法、数量和抽样原则

3.2.1 水运工程码头和岸壁的地下连续墙结构前墙外露面迎水,具有永久隐蔽性的特点,因此就需要对地下连续墙结构从施工阶段进行墙段质量的检测,掌握地下连续墙结构的质量状态,促进地下连续墙结构质量的提高。

国产声波反射法检测仪已经普遍用于地下连续墙成槽质量检测,不仅检测单位配备检测仪器,而且施工单位为自检也基本都配备了检测仪器,因此表 3.2.1 中规定声波反射法检测地下连续墙槽段成槽质量的检测数量是 100% 槽段。

4 成槽质量检测

4.2 仪器设备

4.2.5 控制泥浆性能指标是保证地下连续墙成槽质量及成槽质量得到有效检测的关键因素。泥浆的性能指标根据地质条件、施工阶段的制浆、挖槽、回流、清槽和混凝土浇筑、施工工艺和施工经验等确定,是动态管理的过程。一般对新鲜泥浆、成槽泥浆、清孔泥浆、待处理泥浆、废浆都有对应的相对密度、黏度等控制指标。泥浆性能指标检测准确的前提是取样的规范、准确。行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257—2008)第2.5.3.1款规定“槽底清理后的沉渣厚度不应大于200mm。清理槽底置换泥浆结束1小时后,槽底设计高程以上200mm处的泥浆重度不应大于 12kN/m^3 ”、《码头结构施工规范》(JTS 215—2018)第6.5.4.3款规定“槽段开挖后应及时清槽和进行泥浆置换,并应对相邻槽段混凝土端面进行清刷。清槽和泥浆置换应满足下列要求:(1)槽底沉积物的厚度不大于200mm;(2)泥浆置换1h后,槽底以上200mm处的泥浆重度不大于 12kN/m^3 ”。有些施工单位采用自制的泥浆分层取样器,其结构不规范,难以保证取样准确。结合实际检测经验,泥浆取样器宜采用瓣阀式筒状取样器,以满足泥浆取样的准确性。

4.3 槽宽、槽深和垂直度检测

4.3.2 泥浆是声波反射法超声波传播的介质,泥浆的相对密度、黏度和含砂量等指标直接影响超声波的传播性能。控制成槽质量检测时槽内泥浆性能指标,是为了保证声波反射法检测信号清晰有效。

5 墙段质量检测

本章参考国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》(GB 55003—2021)第7.4.9条中“基坑工程施工验收检验时,地下连续墙应对混凝土强度、墙体完整性和深度进行检验”和行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257—2008)第2.5.1.1款“作为结构主体的地下连续墙在验收前应进行完整性检测”,结合水运工程地下连续墙的特点,制定而成。

5.6 检测结果评价

5.6.1.4 声波接收波形的变化程度示意图见图5.1。

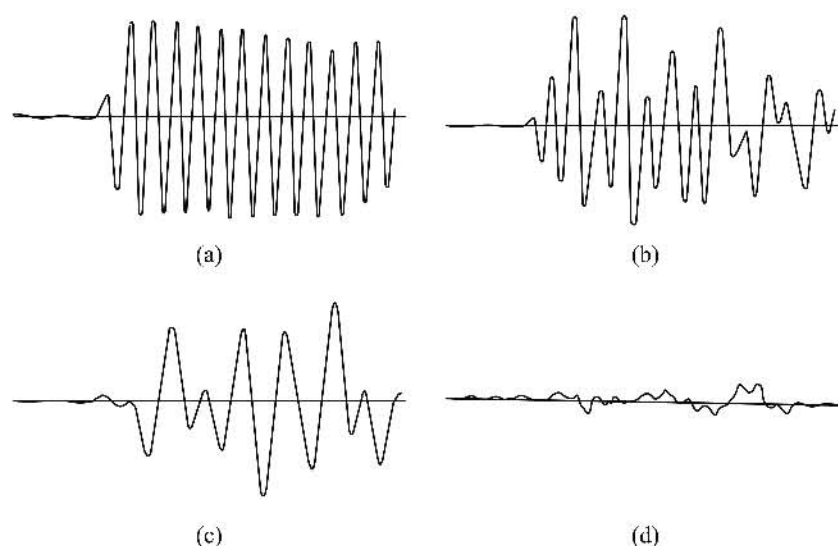


图5.1 声波接收波形的变化程度示意图
(a)正常;(b)轻微畸变;(c)明显畸变;(d)严重畸变

6 墙体外观质量检测

6.3 外观质量检测

6.3.4 本条参考行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257—2008)第2.1.6.1款对混凝土构件表面缺陷的程度分级,结合水运工程地下连续墙鼓包、露筋、接头部位漏砂等质量通病的特点,制定而成。

6.3.5 本条参考行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257—2008)第6.2.0.3款“翻车机房地下结构完工后应对结构的渗水情况进行检查”和国家标准《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208—2011)附录C“地下工程渗漏水调查与检测”等的有关内容,制定而成。

6.3.6.2 水下检测过程中,水上水下人员要联动,不仅强调潜水员注意安全,而且要对检测对象及获得信息的准确性进行分析和反馈,因此规定同时开展水上监控,并应受水上指导。

6.4 检测结果评价

6.4.2 当外露接头部位出现漏砂时,将造成后方塌陷的安全隐患;当水下墙段受力钢筋出现露筋的缺陷时,随着时间延长可能会发生钢筋锈蚀破坏,使地下连续墙结构耐久性降低。因此为保障地下连续墙结构的安全性、耐久性和适用性,将该类缺陷评价为“严重缺陷”,需进行工程处理。

7 接头质量检测

地下连续墙施工过程中,相邻两个地下连续墙墙段存在混凝土浇筑时间不同、地质条件变化等不确定因素,墙段接头处易成为结构的薄弱环节,易出现夹渣、夹泥等情况,因此需要对接头混凝土质量进行检测。

8 墙段钢筋检测

8.3 钢筋保护层厚度检测

本节参考行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239—2015)和《混凝土中钢筋检测技术标准》(JGJ/T 152—2019)等的有关内容,结合水运工程地下连续墙结构的特点和实际检测经验,制定而成。

8.4 钢筋笼长度检测

一般情况下,以下主要情况需要对地下连续墙中的钢筋笼长度进行检测:

- (1)需要复核和验证钢筋笼长度的地下连续墙;
- (2)施工记录缺失或不准确,可能影响地下连续墙的质量;
- (3)施工质量有疑问的地下连续墙。

根据国内外的研究,钢筋笼长度检测的方法有:磁测井法、充电法和瞬变电磁法,国内主流的检测方法是磁测井法。

9 墙段混凝土强度和耐久性验证性检测

本章参考下列标准的有关内容,结合水运工程地下连续墙结构的特点和实际检测经验,制定而成:

(1) 国家标准《混凝土结构通用规范》(GB 55008—2021)第 5.1.6 条中“应对涉及混凝土结构安全的代表性部位进行实体质量检验”;

(2) 国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2015)第 10.1.1 条“对涉及混凝土结构安全的有代表性的部位应进行结构实体检验。结构实体检验应包括混凝土强度、钢筋保护层厚度、结构位置与尺寸偏差以及合同约定的项目;必要时可检验其他项目”;

(3) 行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257—2008)第 1.3.0.3 款“涉及结构安全和使用功能的重要分部工程应按相应规定进行抽样检验或验证性检验”和附录 D“水运工程混凝土结构实体质量验证性检测要求”;

(4) 行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239—2015)第 3.1.2 条“水运工程混凝土结构的实体验证性检测应按《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定执行”。

10 墙段变位、应力和拉杆应力监测

本章参考下列标准的有关内容,结合水运工程地下连续墙结构的特点和实际检测经验,制定而成:

(1) 国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》(GB 55003—2021)第7.1.4条“基坑工程监测应严格按设计要求进行”和第7.1.5条“安全等级一级、二级的支护结构,在基坑开挖过程与支护结构使用期内,必须进行支护结构的水平位移监测等”;

(2) 行业标准《港口工程竣工验收规程》(JTS 125-1—2021)第5.3.14条“施工期沉降位移观测情况”、《水运工程测量规范》(JTS 131—2012)、《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235—2016)、《水运工程地基基础试验检测技术规范》(JTS 237—2017)、《水运工程施工监控技术规范》(JTS/T 234—2020)、《水运工程自动化监测技术规范》(JTS/T 305—2021)、《港口水工建筑物结构健康监测技术规范》(JTS/T 312—2023)、《建筑基坑工程监测技术规范》(GB 50497—2019)和《建筑基坑支护技术规范》(JGJ 120—2012)等的有关内容。

10.6.1.1 本款参考行业标准《水运工程施工监控技术规范》(JTS/T 234—2020)第7.8节“预警控制”第7.8.1.3款“码头和接岸结构的水平位移速率和竖向位移速率预警值应为3mm/d”及《水运工程自动化监测技术规范》(JTS/T 305—2021)第3.0.5条“实施自动化检测的项目,对应的测点位置、监测精度和监测预警值应符合现行行业标准《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235)和《水运工程施工监控技术规范》(JTS/T 234)等的有关规定”,制定而成。

10.6.1.2 本款参考行业标准《水运工程施工监控技术规范》(JTS/T 234—2020)第7.8节“预警控制”第7.8.1.2款“施工过程中码头结构构件的内力预警值应为其承载能力设计值的60%~70%”,制定而成。

附录 A 泥浆性能指标测定方法

A.0.6 本条参考国际标准化组织标准《Petroleum and natural gas industries—Field testing of drilling fluids—Part 1: Water-based fluids》(ISO 10414—1:2008)、国家标准《石油天然气工业 钻井液 现场测试 第 1 部分:水基钻井液》(GB/T 16783.1—2014/ISO 10414—1:2008)第 9 章“含砂量”及行业标准《钻井液含砂量测定仪校准方法》(SY/T 6816—2010)的有关内容,制定而成。

A.0.7 本条参考行业标准《码头结构施工规范》(JTS 215—2018)附录 M“钻孔桩泥浆性能指标测定方法”、《水运工程桩基施工规范》(JTS/T 206—2—2023)附录 N“泥浆性能指标测定方法”及《水电水利工程固壁泥浆试验规程》(DL/T 5815—2020)第 5 章“泥浆 pH 值试验”等的有关内容,制定而成。

附录 B 声波检测仪系统延迟时间 和声时初读数确定方法

本附录参考行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239—2015)附录 A“超声波检测仪的率定和维护”、《公路工程基桩检测技术规程》(JTG/T 3512—2020)第 10.3.2 条等的有关内容,结合水运工程地下连续墙结构的特点和实际检测经验,制定而成。