

团 体 标 准

T/CSRME 002—2019

海上风电工程基桩检测技术规程

Technical specification for testing foundation pile of
offshore wind power engineering

2019-11-18 发布

2020-01-01 实施

中国岩石力学与工程学会 发布

团体标准

海上风电工程基桩检测技术规程

Technical specification for testing foundation pile of
offshore wind power engineering

T/CSRME 002—2019

主编部门：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

批准部门：中国岩石力学与工程学会

中国标准出版社

北 京

中国岩石力学与工程学会 公告

岩学字[2019]45号

关于批准发布《岩石动力特性试验规程》《海上风电工程 基桩检测技术规程》等两项团体标准的公告

各有关单位：

根据《中国岩石力学与工程学会团体标准管理办法》的相关规定，
现批准发布两项团体标准。标准编号和名称如下：

1. T/CSRME 001-2019 《岩石动力特性试验规程》
2. T/CSRME 002-2019 《海上风电工程基桩检测技术规程》

上述两项标准自 2019 年 11 月 18 日发布，自 2020 年 1 月 1 日
起实施。

现予公告！



前 言

根据“中国岩石力学与工程学会团体标准制订立项申请获批准名单(第一批)”的要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。本规程的某些内容可能涉及专利,本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程的主要技术内容是:1 总则;2 术语和定义;3 基本规定;4 检测方法与程序;5 海上静载试验平台;6 单桩轴向抗压静载试验;7 单桩轴向抗拔静载试验;8 单桩水平静载试验;9 自平衡法静载试验;10 高应变法;11 声波透射法;12 钻芯法;13 基桩振动试验;附录。

本规程由中国岩石力学与工程学会负责管理,由中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司负责具体技术条款的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司(地址:浙江省杭州市高教路 201 号,邮编:311122)。

本规程主编单位:中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

本规程参编单位:浙江华东工程安全技术有限公司

中国科学院武汉岩土力学研究所

上海港湾工程质量检测有限公司

浙江欧感机械制造有限公司

广东天信电力工程检测有限公司

中国海洋大学

本规程主要起草人:陈文华 黄世强 姜贞强 曹金宝

刘福顺 张永永 杨永波 练国平

朱佩宁 郭 伟 熊 根 杨 鑫

周向国	王双双	潘 辉	李 炜
屈 雷	李新宇	张继霞	
本规程主要审查人:龚晓南	黄理兴	郭熙灵	王明洋
张子新	王奎华	杨学林	施 斌
姚晗珺	何良军	汪明元	易神州
李 熹			

目 次

1	总则	(1)
2	术语和定义	(2)
3	基本规定	(3)
4	检测方法与程序	(4)
4.1	检测方法选择	(4)
4.2	检测工作程序	(6)
5	海上静载试验平台	(8)
5.1	一般规定	(8)
5.2	试桩、锚桩和基准桩布设	(8)
5.3	工作平台布设	(9)
6	单桩轴向抗压静载试验	(10)
6.1	一般规定	(10)
6.2	仪器装置及安装	(10)
6.3	现场检测	(13)
6.4	检测数据分析与判定	(15)
7	单桩轴向抗拔静载试验	(18)
7.1	一般规定	(18)
7.2	仪器装置及安装	(18)
7.3	现场检测	(20)
7.4	检测数据分析与判定	(20)
8	单桩水平静载试验	(22)
8.1	一般规定	(22)
8.2	仪器装置及安装	(22)
8.3	现场检测	(25)
8.4	检测数据分析与判定	(26)

9	自平衡法静载试验	(29)
9.1	一般规定	(29)
9.2	试验装置及安装	(29)
9.3	现场检测	(32)
9.4	检测数据分析与判定	(33)
10	高应变法	(35)
10.1	一般规定	(35)
10.2	仪器装置及安装	(35)
10.3	现场检测	(38)
10.4	检测数据分析与判定	(39)
11	声波透射法	(47)
11.1	一般规定	(47)
11.2	仪器装置及安装	(47)
11.3	现场检测	(48)
11.4	检测数据分析与判定	(51)
12	钻芯法	(55)
12.1	一般规定	(55)
12.2	仪器装置及安装	(55)
12.3	现场检测	(56)
12.4	检测数据分析与判定	(57)
13	基桩振动试验	(61)
13.1	一般规定	(61)
13.2	仪器装置及安装	(61)
13.3	现场检测	(62)
13.4	检测数据分析与判定	(63)
附录 A	基桩检测记录表格	(66)
附录 B	单桩轴向静载试验基桩及土体相关参数计算	(75)
附录 C	单桩水平静载试验基桩及土体相关参数计算	(79)
附录 D	水平静载荷试验 m 值的计算方法	(81)
附录 E	基桩声速异常判断概率值统计方法	(81)

附录 F 基桩模态提取方法	(87)
本规程用词说明	(89)
引用标准名录	(90)
条文说明	(91)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and Definitions	(2)
3	Basic Requirements	(3)
4	Test Methods and Procedures	(4)
4.1	Selection of Test Methods	(4)
4.2	Testing Procedures	(6)
5	Offshore Static Load Testing Platform	(8)
5.1	General Requirements	(8)
5.2	Test Pile, Anchor Pile and Reference Pile Layout	(8)
5.3	Work Platform Layout	(9)
6	Axial Compressive Static Load Test on Single Pile	(10)
6.1	General Requirements	(10)
6.2	Equipments and Installation	(10)
6.3	Field Test	(13)
6.4	Test Data Interpretation	(15)
7	Axial Uplift Static Load Test on Single Pile	(18)
7.1	General Requirements	(18)
7.2	Equipments and Installation	(18)
7.3	Field Test	(20)
7.4	Test Data Interpretation	(20)
8	Lateral Static Load Test on Single Pile	(22)
8.1	General Requirements	(22)
8.2	Equipments and Installation	(22)
8.3	Field Test	(25)
8.4	Test Data Interpretation	(26)
9	Self-balanced Static Load Test	(29)

9.1	General Requirements	(29)
9.2	Equipments and Installation	(29)
9.3	Field Test	(32)
9.4	Test Data Interpretation	(33)
10	High-strain Dynamic Test	(35)
10.1	General Requirements	(35)
10.2	Equipments and Installation	(35)
10.3	Field Test	(38)
10.4	Test Data Interpretation	(39)
11	Cross-hole Sonic Logging	(47)
11.1	General Requirements	(47)
11.2	Equipments and Installation	(47)
11.3	Field Test	(48)
11.4	Test Data Interpretation	(51)
12	Core Drilling Method	(55)
12.1	General Requirements	(55)
12.2	Equipments and Installation	(55)
12.3	Field Test	(56)
12.4	Test Data Interpretation	(57)
13	Vibration Test on Foundation Pile	(61)
13.1	General Requirements	(61)
13.2	Equipments and Installation	(61)
13.3	Field Test	(62)
13.4	Test Data Interpretation	(63)
Appendix A	Record Tables of Test on Foundation Pile	(66)
Appendix B	Foundation Pile and Soil Parameters Calculation of Axial Static Load Test on Single Pile	(75)
Appendix C	Foundation Pile and Soil Parameters Calculation of Lateral Static Load Test on Single Pile	(79)
Appendix D	Calculation Method of m Value of Lateral Static	

Load Test	(81)
Appendix E Statistical Method for Judging the Probability Value of Sonic Velocity Anomaly of Piles	(84)
Appendix F Foundation Pile Mode Extraction Method	(87)
Explanation of Wording in This Specification	(89)
List of Quoted Standards	(90)
Explanation of Provisions	(91)

1 总 则

1.0.1 为了规范海上风电工程基桩检测工作,做到安全适用、技术先进、数据准确、评价正确,为设计、施工及验收提供可靠依据,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、改建或扩建的海上风电工程基桩的检测与评价。

1.0.3 海上风电工程基桩检测除应符合本规程外,尚应符合国家现行有关法律、法规和标准的规定。

2 术语和定义

2.0.1 海上风电工程基桩 foundation pile of offshore wind power engineering

海上风电工程桩基础中的单桩。

2.0.2 海上静载试验平台 offshore static load testing platform

实施海上风电工程基桩的抗压、抗拔、水平静载等试验所需要的反力装置、加载装置、观测装置及作业平台的总称。

2.0.3 静载试验 static load test of single pile

在桩顶部逐级施加轴向压力、上拔力或水平推力,观测桩顶部随时间产生的沉降、上拔位移或水平位移,以确认相应的单桩轴向抗压承载力、单桩轴向抗拔承载力或单桩水平承载力的试验方法。

2.0.4 水平单向多循环弱化试验 lateral unidirectional multi-cycle weakening test

在桩顶部按每分级施加水平推力,观测桩顶部水平位移,然后全部卸载并观测桩顶残余水平位移,完成一个循环,如此往复多次完成该级荷载的测试。依次逐级增加水平荷载,直至完成所有各级荷载的试验方法。

2.0.5 自平衡法静载试验 self-balanced static load test

在桩身中预埋荷载箱,利用桩身自重、桩侧阻力及桩端阻力互相提供反力的试验方法。

2.0.6 高应变法 high-strain dynamic test

用打桩锤或重锤冲击桩顶,实测桩顶附近的振动速度和力时程曲线,通过波动理论分析,对打桩施工进行实时监控或确定单桩轴向抗压承载力、桩身完整性的检测方法。

2.0.7 基桩振动试验 vibration test on foundation pile

为获得基桩的水平振动固有频率、阻尼比和模态振型等相关参数进行的测试。

3 基本规定

3.0.1 基桩检测应包括施工前为设计提供依据的试验桩检测和施工后为验收提供依据的工程桩检测。

3.0.2 试验桩宜采用静载试验确定单桩承载力,并核验土层地质参数和设计参数;工程桩宜采用高应变法检测单桩轴向抗压承载力,必要时可采用静载试验方法进行验证。

3.0.3 采用静载试验或高应变法复打检测单桩承载力时,打入桩从打桩结束至检测的间隔时间,黏性土不应少于 14 d,砂土不应少于 3 d;灌注桩从成桩至检测的间隔时间不应少于 28 d。当采用后注浆施工工艺时,注浆后休止时间不宜少于 20 d。

3.0.4 同一根试桩进行多项静载试验时,应先进行单桩轴向抗压静载试验,后进行单桩轴向抗拔静载试验,最后进行单桩水平静载试验。各项静载试验的间隔时间不应少于 3 d。

3.0.5 基桩检测前,应对仪器设备进行检查调试,计量设备应经检定或校准并在有效期内使用。

3.0.6 基桩静载试验和振动试验期间,在距离试桩 50 m 范围内应避免各种振动影响。

3.0.7 当预报海况达到五级及以上或台风来临时,不得进行基桩检测。

3.0.8 现场检测除应执行本规程的有关规定外,尚应遵守国家有关安全生产的规定。

4 检测方法与程序

4.1 检测方法选择

4.1.1 基桩检测前,应根据检测目的及检测方法适应性、桩基的设计条件、成桩工艺、现场条件等合理选择检测方法。当根据检测目的选择检测方法时,应符合表 4.1.1 的要求。

表 4.1.1 检测目的及检测方法

检测目的	检测方法
进行打桩过程监控,指导打桩施工; 检测单桩轴向抗压极限承载力; 判定单桩轴向抗压承载力是否满足设计要求; 分析桩侧阻力和桩端阻力; 检测桩身缺陷及其位置,判定桩身完整性类别	高应变法
确定单桩轴向抗压极限承载力; 判定单桩轴向抗压承载力是否满足设计要求; 测试不同荷载作用下的桩身应变和变形,分析桩侧阻力和桩端阻力; 验证高应变法检测的单桩轴向抗压承载力	单桩轴向 抗压静载 试验
确定单桩轴向抗拔极限承载力; 判定单桩轴向抗拔承载力是否满足设计要求; 测试不同荷载作用下的桩身应变和变形,分析桩的抗拔侧阻力	单桩轴向 抗拔静载 试验
确定单桩水平临界荷载和极限承载力; 判定单桩水平承载力或水平位移是否满足设计要求; 测试不同荷载作用下的桩身应变和变形,分析桩身弯矩; 推定土抗力参数	单桩水平 静载试验

表 4.1.1 (续)

检测目的	检测方法
推定单桩轴向抗压或轴向抗拔极限承载力； 判定单桩轴向抗压承载力或抗拔承载力是否满足设计要求； 测试不同荷载作用下的桩身应变和变形，分析桩侧阻力和桩端阻力	自平衡法
检测灌注桩的桩身缺陷及其位置； 判定桩身完整性类别	声波透射法
检测灌注桩的桩长、桩底沉渣厚度、桩身混凝土强度； 判定桩长符合性和桩身完整性类别； 鉴别桩端持力层岩土性状； 检验嵌岩桩的桩端混凝土与基岩胶结情况	钻芯法
测定基桩水平振动固有频率、阻尼比及模态振型等参数	基桩振动试验

4.1.2 用于静载试验的试桩应先检测桩身完整性，后进行静载试验。

4.1.3 用于静载试验的试桩和锚桩若为打入桩，应全部进行高应变打桩监控和高应变检测；若为灌注桩，应全部进行桩身完整性检测。

4.1.4 打入桩的桩身完整性宜采用高应变法检测；灌注桩的桩身完整性宜采用声波透射法检测，必要时进行钻芯法验证。

4.1.5 打入桩符合下列条件之一时，应进行高应变打桩监控：

- 1 选择打桩设备和确定施工工艺参数。
- 2 控制打桩过程中的桩身应力。
- 3 确定复杂地质条件的桩端持力层。
- 4 监测打桩过程中的异常情况。

4.1.6 当一种检测方法不能满足检测目的时，宜选择两种或两种以上的检测方法。

4.2 检测工作程序

4.2.1 基桩检测工作程序应按图 4.2.1 执行。

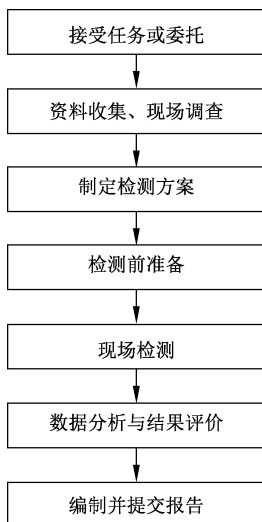


图 4.2.1 检测工作程序

4.2.2 资料收集和现场调查宜包括下列内容：

- 1 收集岩土工程勘察报告、桩基设计图纸及施工工艺、施工记录、监理记录等资料。
- 2 调查基桩检测现场的环境条件、海况条件、作业条件和可提供的检测配合条件等。

4.2.3 开展基桩检测工作前，应根据委托要求、检测目的及现场调查资料制定检测方案。检测方案应至少包含下列内容：

- 1 工程概况、地质条件、海况条件、现场环境，基础结构型式、施工工艺、施工设备等。
- 2 检测目的、检测内容、检测数量及检测要求。
- 3 试桩、锚桩、基准桩及试验平台布设。
- 4 检测依据及相关技术标准。
- 5 检测仪器装置及其安装。

- 6 检测方法。
- 7 拟提交的检测成果。
- 8 检测人员和检测进度计划。
- 9 现场检测配合及要求。
- 10 检测质量、安全、职业健康保证措施和环境保护措施等。

4.2.4 基桩检测应严格按照经批准的检测方案开展工作。

4.2.5 基桩检测完成后,应及时提交检测报告。检测报告应至少包含以下内容:

1 工程概况、地质条件、海况条件、现场环境、基础结构型式,其中基础结构型式包括受检桩的材质、桩型、尺寸、桩顶高程、入土深度、桩身斜率等。

2 检测目的、检测依据、检测数量、检测日期及委托单位等。

3 桩基施工工艺、施工设备、相关施工记录,以及检测期间潮位、潮流情况等。

4 试桩、锚桩、基准桩及试验平台布设。

5 检测方法、检测仪器设备、检测过程叙述等。

6 受检桩的检测数据,实测与计算分析曲线、表格和汇总结果。

7 检测成果及分析。

8 检测结论。

5 海上静载试验平台

5.1 一般规定

5.1.1 海上静载试验平台包括反力装置、加载装置、观测装置和工作平台等,海上静载试验平台布设应综合考虑工程总体布置、基础结构型式、地质条件、海况条件、试验目的、试验要求、现场条件及试验装备等因素。

5.1.2 海上静载试验平台布设应符合现行行业标准《海上风电场工程风电机组基础设计规范》NB/T 10105 及海上设施有关安全规定。

5.2 试桩、锚桩和基准桩布设

5.2.1 试桩的位置应具有代表性。在试桩周围 10 m 范围内应具有钻孔资料,钻孔孔底高程应低于试桩桩端高程,且不宜小于 5 m 或 2 倍桩径。

5.2.2 采用非工程桩作试桩和锚桩时,宜以试桩为中心呈正方形或矩形对称布置锚桩,并应根据试桩及最大试验荷载、试验装置、地质条件、现场环境等确定锚桩的数量、桩型、桩径、入土深度、桩顶高程等。

5.2.3 采用工程桩作试桩和锚桩时,宜结合工程桩布置试桩和锚桩,并应验算锚桩承载能力和变形,确定锚桩数量和位置。必要时,应增补锚桩或试桩。

5.2.4 试桩和锚桩布置应符合下列规定:

- 1 试桩与锚桩在泥面处的中心距离不应小于 3 倍试桩桩径。
- 2 当某根锚桩或多根锚桩作为水平静载试验的支撑桩时,对试桩提供的水平推力方向宜与潮流方向垂直。

5.2.5 基准桩的入土深度应满足稳定要求,基准桩宜设置防浪套

管。基准桩与试桩、锚桩的间距应符合下列规定：

1 基准桩与试桩在泥面处的中心距离不应小于 3 倍试桩桩径。

2 基准桩与锚桩在泥面处的中心距离不应小于 2 倍试桩桩径。

5.2.6 锚桩、试桩和基准桩之间应保持相互独立，静载试验期间不得相互连接。

5.3 工作平台布设

5.3.1 工作平台的尺寸应满足试验设备放置和检测作业要求，平台高程应根据试桩和锚桩顶高程、水平荷载作用点高程及潮位、风浪等因素综合确定。

5.3.2 工作平台的设计荷载应满足设备、人员、潮汐、风浪、台风等荷载要求，并应考虑临时搁置千斤顶、钢梁等荷载和静载试验过程的拉、压、推等附加荷载。

5.3.3 工作平台与试桩、基准桩之间应保持相互独立，静载试验期间不得相互连接。

5.3.4 工作平台应设置护栏、人行爬梯、安全标识、信号灯和救生设备等安全设施，并符合海上设施的相关要求。