

水下结构物检测与 维修技术概论

张剑波 编著



54

石油工业出版社

TE54

1

水下结构物检测 与维修技术概论

张剑波 编著

石油工业出版社

内容提要

经过多年的研究开发与工程应用,国内外水下结构物检测与维修技术有了长足的进步,取得一批以交流电磁场法(ACFM)、电场特征检测法等为代表的成果。本书主要介绍海洋石油结构水下结构物检测与维修的主要技术原理、研究进展和工程应用现状。全书共分4章,包括:海洋平台水下检测技术、海洋结构物水下维修技术、海底管道检测技术和海底管道维修技术。书中还介绍了数个工程应用实例。

作为国内首次系统介绍水下结构物检测与维修技术的论著,本书可供海洋石油开发、海洋工程和安全检测等相关领域的工程技术人员参考,也可作为高等院校石油工程、机械工程和海洋工程类专业相关课程的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水下结构物检测与维修技术概论/张剑波编著.

北京:石油工业出版社,2005.3

ISBN7-5021-5008-0

I. 水...

II. 张...

III. ①海上石油开采-水下建筑物-检测

②海上石油开采-水下建筑物-维修

IV. TE54

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第012169号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.cn

总 机:(010)64262233 发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:中国石油大学印刷厂

2005年3月第1版 2005年3月第1次印刷

787毫米×1092毫米 开本:1/16 印张:12.25

字数:300千字 印数:1-1300册

定价:28.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

序

随着世界海洋石油工业的发展,许多海洋石油设施(如各类海洋平台、海底管道、海底电缆和特种船舶等)需要进行水下检测和维修,水下工程结构物的检测和维修是一项十分复杂的系统工程,其特殊的工作环境、复杂的检测对象以及较高的检测维修要求使一些常见的检测和维修方法难于实施。各国海洋石油企业及相关管理机构都积极组织并资助开展相关的研究工作,探索海洋结构物安全检测与维修的新途径与新技术。经过多年的研究开发与工程应用,国内外水下结构物检测与维修技术有了长足的进步,水下检测技术取得了一批以交流电磁场法(ACFM)、电场特征检测法(FSM)等为代表的 application 成果。水下维修技术主要包括水下焊接技术、水下切割技术和非焊接维修技术等。随着计算机技术的发展和 application,相继出现了一些新的水下检测和维修技术及装置,如水下成像技术、水下 ROV 技术和海底管道智能检测器(PIG)等。

本书从海洋平台水下检测技术、海洋结构物水下维修技术、海底管道检测和维修技术等几个方面介绍了水下工程结构物检测与维修的主要技术原理、研究进展和工程应用现状等。作为国内首次系统介绍水下结构物检测与维修技术的论著,本书图文并茂,资料翔实,并结合了一些工程应用实例,可供海洋石油开发、海洋工程和安全检测等相关领域的工程技术人员参考,也可作为高等院校石油工程和海洋工程类专业相关课程的教学参考书。

顾心平

2005 年 1 月

目 录

第一章 海洋平台水下检测技术	(1)
第一节 海洋结构检测技术概述	(1)
第二节 常规水下检测技术	(11)
第三节 水下成像技术	(20)
第四节 交流电场测量法(ACFM)	(36)
第五节 电场特征检测法(FSM)	(54)
第六节 水下检测机器人技术	(58)
第二章 海洋结构物水下维修技术	(64)
第一节 海洋平台维修技术概况	(64)
第二节 水下焊接技术	(71)
第三节 水下切割技术	(79)
第三章 海底管道检测技术	(85)
第一节 概述	(85)
第二节 海底管道检测的分类	(88)
第三节 海底管道检测设备与技术	(91)
第四节 海底管道腐蚀检测和裂纹检测	(106)
第五节 海底管道泄漏检测	(113)
第六节 海底管道管外检测	(135)
第七节 海底管道监测技术	(142)
第四章 海底管道维修技术	(148)
第一节 海底管道维修概述	(148)
第二节 海底管道修复技术与设备	(153)
第三节 海底管道更换技术与设备	(158)
第四节 维修实例一:平湖油气田海底管道缺陷和损伤的检测与修复	(165)
第五节 维修实例二:涠洲油田双重保温管道漏点检测与水下修复	(172)
第六节 维修实例三:渤西油田海底管道修复	(176)
参考文献	(178)

第一章 海洋平台水下检测技术

第一节 海洋结构检测技术概述

伴随着海洋平台的发展,为了确保平台上人员、财产的安全,掌握平台的在役状况,人们逐渐提出了对平台进行检测的设想,并且越来越认识到对平台进行检测的重要性。特别是一些老的平台,由于服役时间已很长,安全可靠性能已达不到设计要求,应定期对其进行检测,掌握平台现场数据,并适当进行分析,一旦发现问题及时处理,必要时进行关井和人员撤离,最大限度地减少损失。平台的检测主要是在现场进行的,它是一个收集原始检测数据的系统化过程,必须合理地进行安排。其中包括选择合适的检测点、制定检测大纲等,并且只有按照正确的检测程序来进行,才能保证检测数据的可靠性。

一、检测体系的制定及运行

平台检测必须以设计、制造和安装(DFI)过程的资料为基础,对 DFI 过程中的一些结构高利用系数区域,以及承受安装和制造荷载较大的区域和前次检测发现缺陷的部位,应特别注意。除此之外,还必须依据详细的检测计划和选定的检测周期来进行,这就要求建立一套完整的检测系统。

建立一套完整的检测体系需要花费比较大的实践和费用,但却是一个行之有效的方法。通过这样一套体系,可以正确地选择检测部位,合理地选取检测时间,并利用相关的检测方法去进行检测,从而大大提高检测的系统化程度。一个平台完整的检测体系包括以下 11 个步骤。

(一) DFI 资料的准备

收集平台设计、制造和安装(DFI)过程中的有关资料,并从中找出关键构件和存在的缺陷,包括设计中高利用系数构件、未达设计要求的构件、存在制造安装误差的构件、安装过程中受力较大的部位以及制造、安装中操作不当导致的缺陷和损伤,如焊接中的漏焊和咬边、烧痕、焊缝开裂、杆件失直、偏心及凹陷等。这一步很关键,通过这一步可以减少一些现场检测过程中不必要的双重劳动。

收集 DFI 资料对制定检测计划和选择检测点十分重要,在这个阶段应仔细研究 DFI 资料,然后进行综合和汇总,抽取有用的信息。

为了使该项工作变得相对容易,建立平台的 DFI 资料数据库是十分有必要的。通过 DFI 资料数据库,可从计算机或通过网络中调用相关的资料。

(二) 检测手册(IM)的准备

制定检测手册是现场检测不可缺少的工作。手册应该包括整个检测的思想和体系,其中必须提出清晰、安全的检测方法。手册中的任何失误都会造成不可估价的后果。一个完整的检测手册应该包括以下一些具体内容:

(1) 检测所依据的规范,手册中常用术语的定义。

(2) 手册的使用范围、分发及其更新。

(3) 检测的组织机构及主要人员的职责。

(4) 检测的基本原则及分类。其中包括检测主管人及其责任,被检结构的分类,检测中可能出现的缺陷类型及其损伤程度的划分,检测的计划和周期,检测前的原始调查,检测方法的选择,检测结果的报告和计算,必要的缺陷评估以及检测数据的储存等。

(5) 检测指南。这部分内容最终要体现在现场检测程序中,它包括检测过程中的一些具体要求和注意事项,对于分类后的检测结构应明确不同检测时间的检测部位,以及各部位的检测要求,特别是所使用的检测方法。

(6) 检测的方法。应对选用的所有检测方法,如目测或其他无损检测(NDT)方法进行说明。

(7) 仪器的校验要求。

(8) 检测人员的资格及培训。

(三) 制定一个周期内的检测大纲

对每个平台都制定一个周期检测大纲,这在世界一些海洋石油公司已相当普遍,由于它每隔一个周期而不是一年就去查一次 DFI 资料和现场档案,因而可以节省大量的人力和财力。

对于检测周期的确定,不同的结构物平台有所不同,导管架平台一般取 4 年为一个检测周期。

周期检测大纲应该体现检测的趋势,既要保证每年选取的检测点在结构上有一定的代表性,又要保证在一个周期内整个平台都能够被 100%检测完。周期检测大纲应该将整个平台检测的工作量分配到每年中去,对每年中的检测部位应该明确给出,最好是以列表的形式。其内容一般包括:

(1) 检测结构的标识;

(2) 检测结构的分类;

(3) 工作范围;

(4) 本检测周期前所发现的结构缺陷汇总;

(5) 各检测部位所采用的检测方法说明;

(6) 各分类结构的检测部位;

(7) 所需检测人员的资格;

(8) 对一个检测周期的检测内容列表;

(9) 大纲中检测术语定义。

(四) 制定一年详细检测程序(方案)

一年检测程序为现场检测的实施程序,基于一年的检测程序,潜水公司进行潜水准备和作

业,检测公司组织检测作业。目前在北海大多数石油公司都采用每年检测程序。

制定一年检测程序要以周期检测大纲为依据,以检测手册为指导,同时还要考虑以往的检测记录,对有缺陷的部位,必要时还要再次安排检测,以掌握其发展情况。一年详细检测程序应该包括以下内容:

- (1) 施工组织机构;
- (2) 施工作业人员及其职责;
- (3) 仪器、设备及装具;
- (4) 检测结构的标识;
- (5) 详细的检测部位列表及检测工作量统计;
- (6) 施工作业流程;
- (7) 工期及作业进度表(横道图);
- (8) 报告及表格;
- (9) 安全及质量控制。

(五) 检测过程的准备

合理的检测过程是取得准确检测结果的保证,为了保证检测质量,避免不必要的劳动,使检测工作变得相对容易一些,施工前应尽可能让每一个作业人员了解整个检测过程,并为此作准备。这些可以通过让技术人员讲解和分发检测方案(程序)的方式来实现。

(六) 现场检测表格的准备

建立一套用来填写现场检测数据的表格很重要,由于检测工作十分复杂,经过几年的检测,往往数据量很大,如果你想查询一下以前的检测数据,那将是一件很费时的事情。为了提高效率,必须使用表格,通过表格可以使你一目了然。

检测表格根据其用途的不同分为原始报告表格和总结报告表格。原始报告表格主要是现场检测人员直接填写的表格;总结报告表格则是根据原始报告表格,抽取出关键数据,进行汇总用的表格。检测表格主要包括以下内容。

(1) 原始报告表格:

- ① 天气预报表;
- ② 日作业计划及每日工作报告;
- ③ 检测员 NDT 检测报告。

(2) 总结报告表格:

- ① 检测部位汇总表(Check list);
- ② 本次检测缺陷统计表(Findings);
- ③ 目测检测报告(VT);
- ④ 磁粉检测报告(MPI);
- ⑤ 腐蚀检测报告(Corrosion);
- ⑥ 阳极检测报告(Anode);
- ⑦ 结构电位检测报告(Potential reading);
- ⑧ 海生物检测报告(Marine fouling);
- ⑨ 射线检测报告(RT);

- ⑩ 渗透检测报告(PT);
- ⑪ 照片报告(Photo);
- ⑫ 说明报告(Comment)。

现场检测表格必须体现检测的详细信息,且一目了然。如果已建立计算机检测数据库系统,应和数据库系统相兼容。如原渤海石油检测公司为了工作方便,结合多年的检测经验,参考 DNV(挪威船级社)以往表格,编制了一套现场检测专用表格,生成的电子表格,可以进行统计、计算、查询和输出,十分方便。这些表格已用于 1994 年的 JZ20-2 平台检测中。

现场进行检测前先输出原始报告空白表格,复印拷贝后带到现场,用来记录原始数据。总结报告空白表格可以存放在便携机中,将原始数据提取后输入,检测完成后再利用打印机输出总结报告。

(七) 检测的执行、监督和校验

检测执行必须按检测计划进行,每一类检测都要按相应的检测程序来做。检测前必须先给检测员讲明检测部位,以保证正确定位。检测过程中要特别注意安全。

为了保证质量,应业主要求,检测执行过程中要接受监督并进行校验,这在挪威和世界其他一些国家,一般都请第三方的权威人士来进行监督工作。对检测得到的结果,应全部进行校验,一旦发现数据不可靠,应重新进行检测。

(八) 检测结果的现场分析

对检测得到的结果进行现场大致分析,一旦发现缺陷和异常,尽量找出其成因,必要时还可参考往年检测数据或增加检测的点位,最终写出分析报告。这也是检测中较重要的一环,一般组织有经验的工程师来进行。现场检测中一些可能出现的缺陷和异常及其成因见表 1-1。

表 1-1 现场检测中一些可能出现的缺陷和异常及其成因

缺陷和异常	可能的成因
壁厚严重减薄	(1) 受拉力过大,发生塑性变形结果; (2) 材质差,腐蚀严重;(3) 制造时产生; (4) 摩擦所致;(5) 化学物质侵蚀
裂纹	(1) 疲劳;(2) 应力过大或应力集中造成; (3) 腐蚀引起;(4) 湿氢脆裂纹
断裂	(1) 受力过大;(2) 碰撞; (3) 掉落物砸断;(4) 腐蚀
凹坑	(1) 点腐蚀;(2) 碰撞;(3) 失稳屈服
变形	(1) 失稳屈服;(2) 碰撞; (3) 受力过大,材质屈服
冲刷严重	(1) 海底流速过大;(2) 地基土质较松
腐蚀严重	(1) 飞溅区干湿交替; (2) 材质含碳量较高; (3) 阴极保护系统或涂层被破坏

续表

缺陷和异常	可能的成因
海生物生长严重	(1) 层水温较适合海生物生长; (2) 结构适合于海生物附着
阳极不消耗	(1) 与结构连接不好; (2) 表面海生物或氧化物覆盖太厚

(九) 每年检测完工总结报告的编写

检测完成后要尽快编制完工总结报告,并提交给业主。完工总结报告应包括:

- (1) 检测的完工情况;
- (2) 实际检测内容与计划检测内容的变动情况及原因;
- (3) 实际检测工作量统计;
- (4) 检测数据汇总表及所发现的缺陷,如果在现场已输入计算机总结报告表格中,这时输出即可;
- (5) 对现场结果的分析报告;
- (6) 陈述平台的状况并提出建议。

(十) 检测数据的存储

完工报告完成后,一些必要的报告要归档保存,以便以后进行查找,这些报告包括:

- (1) 天气预报表;
- (2) 日作业计划及每日工作报告;
- (3) 检测员第一手原始报告;
- (4) 检测完工总结报告;
- (5) 照片及录相带(贴好标签)。

对于已存入计算机电子表格中的数据应加以整理,存放在单独的软盘上,贴好标签,并妥善管理起来。

如果已建立了检测数据库系统,这时应按相应的要求,将这些数据输入计算机数据库系统。常用的检测数据库系统为国际海洋工程学会提供的 Wincairs 数据库系统;此外一些其他石油公司和检测公司也开发了自己的数据库系统,如原渤海石油检测公司与无锡 702 所联合开发的海洋平台 IMR 检测数据库系统。

(十一) 下一年检测程序的准备

根据预先建立的周期检测大纲和上一年的检测结果,制定下一年的检测程序。如果为周期检测的最后一年,根据需要可能要增加一些要求和内容,以满足评估的需要。

以上为一个完整的常规检测体系,除此之外,当平台每经历一次极端环境荷载时,为了安全起见,还要对其进行检测,称为附加检测或特检。整个检测系统流程图如图 1-1 所示。

二、被检结构的分类

为了便于检测结构的管理,并使其具有条理性,在检测工作开展之前,首先要确定主结构,然后将主结构根据需求和类型分解为子结构,子结构根据需要还可再分。

一般来说,如果要对某一油田进行检测,首先将油田分为以下几个主要组成部分:

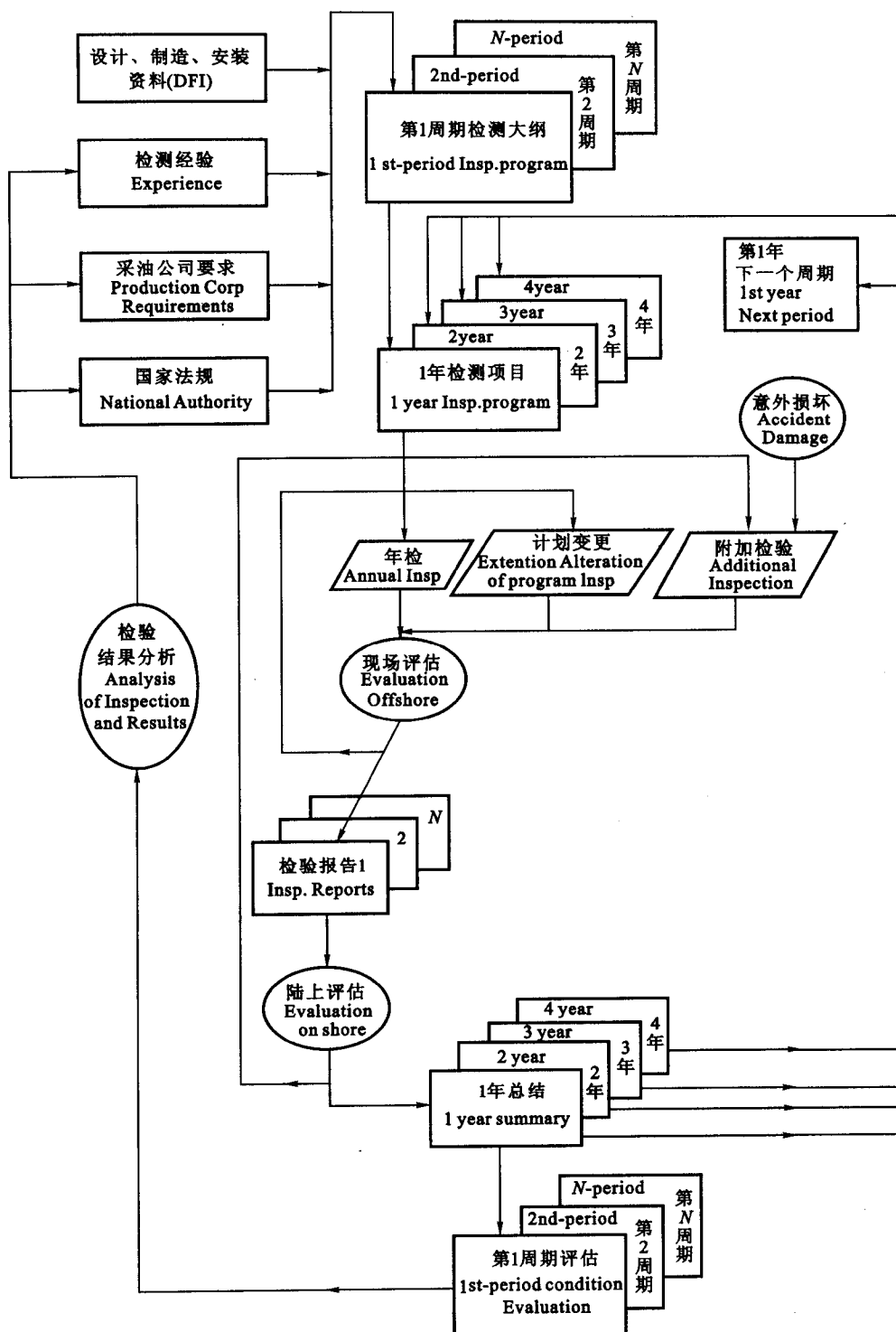


图 1-1 检测系统流程图

- (1) 平台(导管架);
- (2) 海底管线;
- (3) 单点系泊;
- (4) 储油轮。

其次对于导管架平台来说,还可以分为以下几个子结构。

(1) 水上部分:

- ① 甲板结构;
- ② 导管架帽;
- ③ 吊机;
- ④ 油罐;
- ⑤ 导管架(水上);
- ⑥ 上部结构;

(2) 水下部分:

- ① 导管架结构(水下);
- ② 立管及导向;
- ③ J形管;
- ④ 基础;
- ⑤ 阳极;
- ⑥ 井口。

以上各部分还可以进一步细分,详见图 1-2。

对于单点系泊系统可以将其分为以下几个部分:

- (1) 单点浮筒;
- (2) 系泊臂、平衡臂、输油臂;
- (3) 漂浮软管;
- (4) 水下软管;
- (5) 系泊缆;
- (6) 悬链;
- (7) 水下管汇。

三、检测缺陷的类型

根据所检的结构和组成部分,对其进行检测,检测后可能会发现一些缺陷。根据经验,水下部分的缺陷主要可以分为以下几类:

- (1) 海生物生长;
- (2) 损伤;
- (3) 腐蚀;
- (4) 涂层破坏;

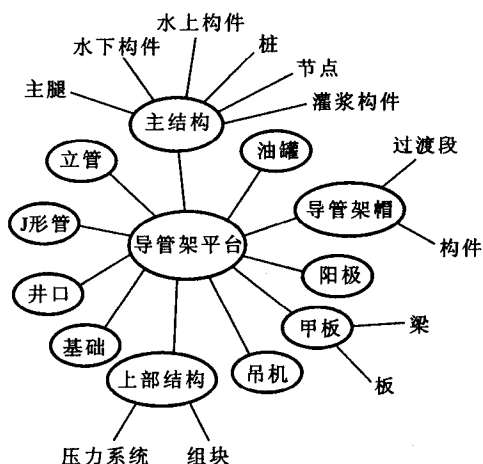
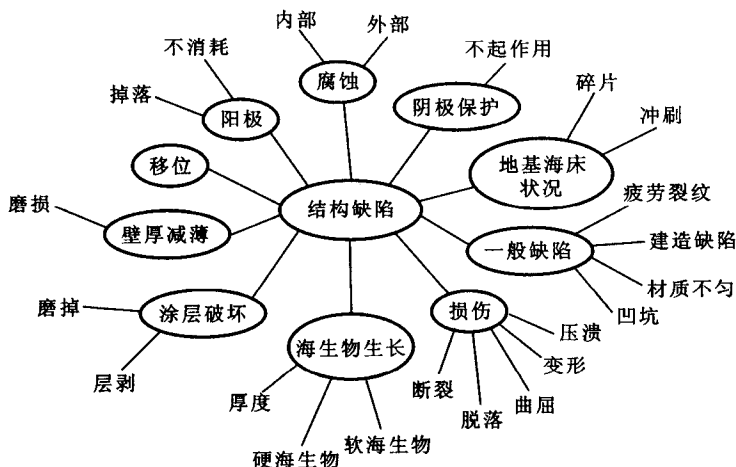


图 1-2 导管架平台结构分类

- (5) 地基海床情况;
- (6) 阳极;
- (7) 阴极保护系统;
- (8) 移位;
- (9) 壁厚减薄。

整个分类可进一步细分。参见图 1-3 所示。



四、检测的分级

根据 API RP 2A(关于固定式海洋平台的设计、建造推荐作法),检测的级别可以分为以下 4 级。

(一) 1 级检测

这是一个一般的水上目测检查,其目的在于发现主要缺陷,如涂层破坏,严重的腐蚀,杆件凹坑、丢失或损坏等。

该检测必须要发现明显的超载现象、设计不足和与平台原设计目的不一致的使用方法等。该检测还应包括水面以上飞溅区的检查,主要的一些关键区域如主腿、走道板格栅、桁架等。如果发现水面上的构件损伤,当目测不能确定损伤的程度时,必须采用无损检测。

(二) 2 级检测

如果经过 1 级检测,确定水下损伤已经发生时,则必须尽可能地进行 2 级检测。

2 级检测包括利用潜水员或无人遥控潜水装置(ROV)进行一般的水下调查,其目的在于发现以下缺陷:

- (1) 严重的腐蚀;
- (2) 事故或环境超载;
- (3) 冲刷、地基不稳等;
- (4) 疲劳损伤;
- (5) 设计或建造不足;

(6) 碎片的出现;

(7) 严重的海生物生长。

该检测还应包括利用潜水员或 ROV 对所选关键区域的阴极保护系统进行电位测量。

(三) 3 级检测

3 级检测的目的在于发现重大的结构损坏,主要包括对水下预选区域或在 2 级检测结果的基础上,对一些怀疑有缺陷的区域进行的目测检查,检查区域必须加以清理。这些预选区域是在工程计算的基础上,认为可能会存在损伤的部位或者是为了监测结构的完整性,一些反复检查的区域。

(四) 4 级检测

3 级检测发现重大缺陷后,为了检测缺陷的程度,则必须进行 4 级检测。

4 级检测包括水下预选区域或 3 级检测后发现重大缺陷的部位,一般采用无损检测 (NDT)。4 级检测同时也包括对缺陷部位的详细检测和测量。

五、检测的周期和时间

根据检测体系的要求,制定一个长期检测大纲,每隔一个周期进行一次大检,每年进行一次正常检测。在一个检测周期中,由 DFI 资料所选取的检测项目或区域原则上要 100% 检测。然而这些也并不是一成不变的,针对不同的检测结构,检测周期和时间可能会有所不同,且对某一类结构当选取了检测周期和时间后(常规检测),也可能会有所变化。当平台经历一次极端环境荷载时,或老平台处于危险阶段时,为安全起见,都要进行一次检测,称为附加检测或特检。

对于常规检测,不同结构的检测周期和时间一般按如下原则选取。

(一) 导管架平台

选取 4 年为一个检测周期,每年进行一次检测,在极端环境条件下,进行特检,第 4 年进行周期检测。

(二) 单点系泊

选取 5 年为一个检测周期,每年进行一次检测,每半年进行一次半年检,每月进行一次月检,每周进行一次周检。系泊前进行系泊前检测,在第 2.5 年进行一次中间检验,第 5 年进行周期检测。

(三) 钻井平台

每 5 年为一个检测周期,5 年之内进行一次全面检测,包括钻机 8 大件检测,主结构 NDT 探伤(水上、水下)。

(四) 海底管线及管汇

每年进行一次年检。

(五) 蒸汽锅炉等压力容器

选取 3 年为一个检测周期,每年每季度进行一次目测检测,第 3 年进行一次周期检。

六、检测的程序、方法、原理及仪器

检测常用的方法包括目测法(VT)和无损检测法(NDT),这些方法水上和水下会有所

不同。

(1) 目测法分为:

- ① I类(绿色)目测;
- ② II类(蓝色)目测;
- ③ 照相和摄像。

(2) 无损检测法分为:

- ① 磁粉(MPI);
- ② 超声(UT);
- ③ 射线(RT);
- ④ 渗透(DPI);
- ⑤ 电位(CP)。

近几年来,随着检测事业的发展,又出现了一些新的 NDT 方法。如涡流检测法(ECT)、交流电位降法(ACPD)、交流电磁场测量法(ACFM)、光测法(Photogrametry)、磁膜探伤(Magfoils)、进水构件测试法(MFD)等。

与检测方法相对应,一些常用的检测仪器主要为:

- (1) 各类尺;
- (2) 照相机、摄像机;
- (3) 超声波探伤仪;
- (4) 超声波测厚仪;
- (5) 磁粉探伤仪;
- (6) X射线探伤仪;
- (7) 电位仪。

最近开发的一些新仪器主要为:

- (1) ACFM 探伤仪;
- (2) 磁膜探伤仪;
- (3) 裂纹扩展跟踪仪;
- (4) 裂纹深度仪;
- (5) 振动谱分析仪。

不同的方法必须依据各自不同的程序选用适当的仪器来进行,并且在检测过程中也有不同的要求,如仪器校正、数据读取等。

七、检测的记录

检测是取得现场数据的一种手段,因此检测的记录变得尤为重要。检测期间需要记录哪些数据,现场技术人员应该十分清楚。根据现场检测的经验,记录以下信息量是十分重要的。

- (1) 检测的日期和时间;
- (2) 每天的天气和海况,包括风力、风向、波高、潮流等;
- (3) 靠船情况;
- (4) 使用的仪器类型和校核情况;

- (5) 检测员的姓名;
- (6) 检测的方法、程序及所依据的规范;
- (7) 测点的详细位置;
- (8) 测得的数据;
- (9) 发现的异常现象;
- (10) 现场的分析情况。

第二节 常规水下检测技术

一、目测(VT)

目测是常用的一种检测方法,具有效率高、节省费用和直观的特点,应用较广,缺点是对有些微观缺陷不易发现。

(一) I类目测(Green)

I类目测为全面的、一般性外观宏观检查,不需要使用仪器和预先清理;由具有资格的检测人员通过目视检查结构的形状变化、海生物生长附着情况(范围和厚度)、机械损伤、表面结构腐蚀、基础冲刷,以及由于外荷作用产生的凹坑、裂纹、阳极块及构件的脱落等,要求对检测结构记录一般情况。

(二) II类目测(Blue)

II类目测为详细的外观检查,一般根据I类检查的结果来确定检查的部位和内容,有时需要借助一些仪器,如直尺、丈量仪、录像、照相系统(水下、水上)等。对目测部位首先要进行清理,测量尺寸、确定大小范围,报告中对测点要求进行定位、定性和定量的描述,复杂的情况要作图或附照片说明,具体的缺陷尺寸位置要详细标出来。

目测作为一种检测方法,对不同的结构又有不同的要求,下面以海洋平台检测中常用的海生物测量和冲刷测量为例,加以说明。

海生物测量属于目测的一种,潜水员下水后需先对所选部位的海生物类型、最大覆盖率、平均覆盖率搞清楚,然后用刮刀将最大厚度处海生物刮掉,用直尺测量最大厚度,再将平均厚度处海生物刮干净,测量其平均厚度,最后一并将数据记录下来。

在目测过程中发现冲刷比较严重时才进行基础冲刷测量。测量时以底部泥面上水平杆件为基准,以冲刷最深处为中心开始向周围8个方向每隔0.5m测量一次冲刷深度,并将测量结果按一定次序记录下来,见图1-4所示。

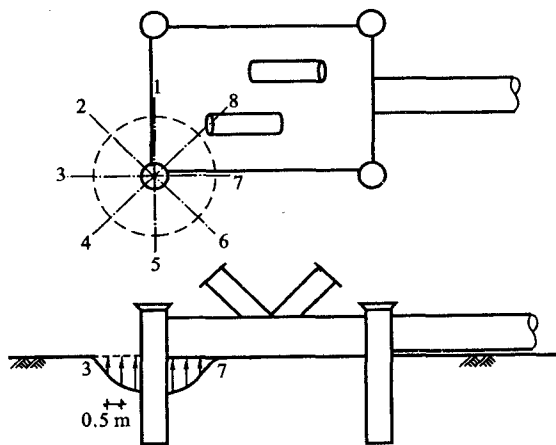


图1-4 冲刷测量

二、摄像

摄像能够反映结构的完整情况和检测作业的全过程,并为各类检测方法提供依据。它分为水上和水下两种,是将光和电结合起来的一项技术。水上摄像采用水上摄像机,这与一般的常用摄像机无异;水下摄像采用水下摄像机,水下摄像机将仪器与镜头分开,二者通过一条电缆相连,摄像时摄像镜头由潜水员或 ROV 带到水下录像地点。摄像镜头上一般都带有灯光设备,以提高录像的清晰度。水上通过荧光屏观察水下情况,同时可以控制整个录像过程。整个摄像程序如下:

- (1) 据现场环境条件将摄像设备调试到最佳录制状态;
- (2) 摄像前对需摄像的部位做好编号和标记;
- (3) 对水下结构,如果需要,应在打磨前对海生物进行摄像,以供评估用;
- (4) 根据要求对打磨后的部位进行摄像;
- (5) 在检测后对被检部位进行录像,要求录制后的图像清晰、稳、反差小,尽可能接近实体;
- (6) 据检测结果对被检部位进行评估;
- (7) 编辑录像带,并交有关部门存档保存。

在摄像中的一些注意事项如下:

- (1) 防止摄像镜头污染、磕碰和划痕;
- (2) 防止摄像机内凝雾湿气;
- (3) 为防止受影响,应使摄像系统远离磁体和电场;
- (4) 小心轻放,不使用时应关掉电源;
- (5) 勿使摄像机的磁带室朝下放置。

三、磁粉(MPI)

磁粉探伤一般用来探测金属表面的裂纹和不连续性,根据工艺不同可分为干磁粉和湿磁粉两种,据选用的磁粉探伤仪器的不同可分为线圈(Coil)、磁轭(York)和探针法(Probe)3种。

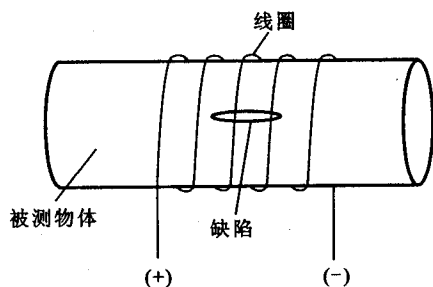


图 1-5 线圈法

磁粉探伤是利用物理学上的磁化原理,即磁化材料如钢铁等被磁化时,在不连续区域会产生磁漏现象;这时如果在该区域放置一些小的磁粒时,磁粒会沿着漏磁区附着,从而使该不连续区能够被看到。磁粉探伤仪就是按这一原理制成的,它首先利用电产生磁,然后将磁作用于被测物体表面,并在该表面一边磁化一边喷磁,当有裂纹时就会明显地

显现出来。线圈法原理见图 1-5 所示,常见的磁轭法原理见图 1-6 所示,探针法原理见图 1-7 所示。

磁粉用于水下探伤,为了便于观察,可采用黑光灯和荧光磁粉相结合。荧光磁粉附着后,用黑光灯照射,可以发出荧光,潜水员即可观察到。