



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 41055—2021

## 预应力钢筒混凝土管无损检测(远场 涡流电磁法)技术要求

Technical requirements for nondestructive testing (electromagnetic method based  
on remote field eddy current) on prestressed concrete cylinder pipe

2021-12-31 发布

2022-07-01 实施



国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 目 次

|   |   |
|---|---|
| 前言 .....                                  | I |
| 1 范围 .....                                | 1 |
| 2 规范性引用文件 .....                           | 1 |
| 3 术语和定义 .....                             | 1 |
| 4 工作原理 .....                              | 2 |
| 5 检测系统 .....                              | 2 |
| 6 标定试验 .....                              | 2 |
| 7 检测对象 .....                              | 2 |
| 8 检测准备 .....                              | 2 |
| 9 检测实施及质量控制 .....                         | 3 |
| 10 数据分析 .....                             | 3 |
| 11 结果报告 .....                             | 4 |
| 附录 A (规范性) PCCP 无损检测(远场涡流电磁法)断丝标定方法 ..... | 5 |
| 参考文献 .....                                | 7 |

## 前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国水泥制品标准化技术委员会(SAC/TC 197)归口。

本文件起草单位：苏州混凝土水泥制品研究院有限公司、中国电子科技集团公司第二十二研究所、赛莱默(中国)有限公司、河海大学、浙江省水利河口研究院、苏州混凝土水泥制品研究院检测中心有限公司、天津大学、北京市水科学技术研究院、中国水利水电科学研究院、天津市建筑工程质量检测中心有限公司、北京市市政工程设计研究总院有限公司、安徽省建筑工程质量监督检测站、华北水利水电大学、苏州市建设工程质量检测中心有限公司、中国电建集团山东电力管道工程有限公司、新疆国统管道股份有限公司、宁夏青龙管业集团股份有限公司、浙江巨龙管业科技有限公司、山东龙泉管道工程股份有限公司、苏交科集团股份有限公司、天津精仪精测科技有限公司、重庆华硕建设有限公司、重庆坤业建设工程有限公司、郑州水务建筑工程股份有限公司、成都原水投资有限公司、陕西省引汉济渭工程建设有限公司、中铁二十局集团市政工程有限公司、中建科技集团有限公司深圳分公司、中电建成都原水管业有限公司、郑州大学建设工程质量研究检测有限公司、深圳市市政工程总公司、北京碧波立业技术检测有限公司、深圳市天健坪山建设工程有限公司、北京国电瑞源科技发展有限公司。

本文件主要起草人：田华、彭正辉、王五平、王建慧、储洪强、俞锋、朱今祥、朱新民、代春生、刘虎、封皓、王良、那彬彬、吴国芳、徐进、吴燕民、于符静、刘远祥、侯高峰、赵顺波、管永良、高学春、李鸿杰、宋克军、朱志航、梁波、李洋、沙洲、王飞、夏鹏、雷新海、王凌艳、苏岩、郑梁、王玺、濮琦、彭建和、何飞、杜思义、李民生、刘铁军、王亚阁、陈俭、赵士海、蒋涛、杜泽。



# 预应力钢筒混凝土管无损检测(远场 涡流电磁法)技术要求

## 1 范围

本文件规定了预应力钢筒混凝土管采用远场涡流电磁法无损检测预应力钢丝完整性的工作原理、检测系统、标定试验、检测对象、检测准备、检测实施及质量控制等要求,描述了数据分析方法,给出了结果报告的基本内容。

本文件适用于水利、市政等工程用预应力钢筒混凝土管道检测。

## 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 19685 预应力钢筒混凝土管

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**预应力钢筒混凝土管** prestressed concrete cylinder pipe; PCCP

在带有钢筒的混凝土管芯外侧缠绕环向预应力钢丝并制作水泥砂浆保护层而制成的管子。

[来源:GB/T 19685—2017,3.1.1,有修改]

### 3.2

**远场涡流电磁法** electromagnetic method based on remote field eddy current

利用低频电磁场在 PCCP 薄钢筒内产生远场涡流,通过检测此远场涡流的变化对 PCCP 钢丝完整性进行判断的一种检测方法。

### 3.3

**基准管** reference pipe

与检测对象参数相同的完好的管节。

### 3.4

**基准曲线** baseline curve

表征基准管(3.3)的电磁信号与管道轴向位置的关系曲线。

### 3.5

**标定管** calibration pipe

可以被人为控制断丝数量和位置的基准管(3.3)。

### 3.6

**标定曲线** calibration curve

标定管(3.5)在不同断丝数量和位置时电磁信号的变化曲线。

### 3.7

#### 标定试验 calibration test

获得标定曲线(3.6)的活动过程。

## 4 工作原理

基于远场涡流电磁技术,由发射线圈在预应力钢筒混凝土管道内发射磁场,接收线圈接收预应力钢丝中涡流产生的磁场信号。通过每个管节的磁场信号检测曲线与基准曲线比较,识别因钢丝断裂引起的异常信号、出现断丝的管道,通过分析异常信号的振幅和相位等参数,结合标定曲线特征,推定断丝位置并估算断丝数量。

## 5 检测系统

5.1 检测系统主要由数据采集系统、数据分析处理软件和移动平台等部件组成。

5.2 数据采集系统包括发射线圈、接收线圈,并具有开始、停止、暂停、实时采集、显示、存储、回放等功能。根据检测现场需求能够调整发射信号的幅度、频率、相位和接收信号的放大倍数。

5.3 数据分析处理软件分析数据采集系统所采集的数据,并能建立标定曲线、分析断丝信息。

5.4 检测系统应具备里程计,并在检测过程中能获得校准。

## 6 标定试验

6.1 标定时,至少应设置三节管道串联,中间管节作为标定管或基准管,其他管节为辅助管,从而保证基准曲线、标定曲线的完整性。

6.2 标定试验宜在常温环境条件下进行。标定试验场地附近应避免有影响检测设备正常工作的电磁场、震动及其他干扰。

6.3 应按附录 A 规定的方法先获取基准管的基准曲线,然后获取标定管的标定曲线。获取基准曲线后的基准管可以作为标定管。若没有基准管或标定管,可采用同类型管道替代,或在作为检测对象的管道里获得基准曲线。

6.4 标定试验时每个数据应至少复测一次。

6.5 标定过程中应通过调整检测仪器的参数设置,获得清晰的信号曲线和分辨率,作为检测实施时工作参数设置的依据。

## 7 检测对象

检测对象为依据 GB/T 19685 生产的 PCCP 成品安装连接而成的管道。

## 8 检测准备

8.1 检测前应搜集与 PCCP 断丝检测工作有关的资料,并现场踏勘。

搜集的资料应包括:

- a) 已有 PCCP 管线图;
- b) 管道的竣工图或施工图等技术资料;
- c) PCCP 管道设计参数;



- d) 已有 PCCP 检测资料;
- e) 已有标定管的资料或适用于制作标定管的管道资料;
- f) 数据分析所需的相关资料。

现场踏勘应包括:

- a) 察看测区的地物、地貌、交通和管道分布情况;
- b) 开井目视检查管道的水位、淤泥和井内构造等情况;
- c) 核对所搜集资料中的人井位置、管位、管径、材质等。

## 8.2 检测前应编写检测方案,检测方案应包括下列内容:

- a) 检测任务的委托方、检测内容、工期要求;
- b) 管道工程概况;
- c) 检测数据质量控制措施;
- d) 工作量及工作进度计划;
- e) 人员组织、设施设备(含检测仪器及其配套设施、交通工具、通信工具、安全装备等);
- f) 可能存在的问题和解决措施;
- g) 拟提交的结果资料等。

8.3 采用外加电流法阴极保护方式的 PCCP 管道,检测前 2 周应断开外加电流阴极保护电路。

8.4 现场检测前,管道处于排空状态,并通风良好,作业环境不会对人员健康和安全构成影响。

8.5 用非水溶性且无毒的记号笔对 PCCP 管道中的每一节管标记编号,包括标准 PCCP 管、短管及钢管。优先使用委托方的编号,并现场核验。必要时自行标记,按排气阀进行分段编号。

8.6 应准确记录管道上的附属设施及位置,例如排气阀、蝶阀、排空阀、检修井等。有条件时,尽可能建立各 PCCP 管节编号与 PCCP 埋设里程(或平面坐标)对应关系。

## 9 检测实施及质量控制

9.1 检测前对检测系统状态完好性进行检查,并对移动平台上的里程计进行校准。发射线圈和接收线圈应尽量靠近管壁内侧,但不与管道发生接触。

9.2 依据标定试验所获得的工作参数对检测系统参数进行设置,根据管径大小,对发射信号的频率、幅度、相位及信号放大倍数进行调整,直至能够采集到清晰的信号为准。

9.3 检测系统中所保存的管道编号应与管道实物编号对应。

9.4 检测过程的行进方向宜与水流方向一致。

9.5 检测正式开始前应进行试测,通过对最初 5 节管进行 3 次重复性检测,确认检测设备参数设置合理、工作状态正常后,开始正式采集每个管节的信号数据。

9.6 检测过程中应通过重复性检测进行期间核查。期间核查的频率应保证两个排气阀之间的检测对象至少进行一次。如果发现或怀疑检测系统存在问题,应重新调试并确认正常。对不能确认是在正常工作状态下检测的管道应进行复测。

9.7 检测过程中有无法确定的异常信号时,应做好记录,必要时对信号异常段进行复测。

## 10 数据分析

10.1 分析检测对象每个管节的检测曲线,对比振幅、相位出现的偏移,识别是否断丝、估算断丝数量、推定断丝位置。对于出现断丝的管节,应记录管节编号、管节位置、断丝位置及断丝数量。

10.2 单处断丝可判断的最小断丝数量取决于管道结构及尺寸;有 2 处及以上断丝时,总断丝数量为各处断丝数量之和;如果管道某处出现夹杂断丝而无法明确分辨其边界,则该处均按断丝处理;如果某处

断丝数量 100 根以上,可将其判为大范围受损,不再给出具体的断丝数量。

10.3 检测出存在断丝的管节,断丝位置及数量可采用列表方式报告。有 2 处及以上断丝时,断丝数量用分号“;”隔离。相关示例见表 1。

表 1 断丝位置及数量汇总表

| 序号 | 管节编号 | 管节长度<br>m | 断丝位置<br>m | 断丝数量<br>根 | 总断丝数量<br>根 | 说明 |
|----|------|-----------|-----------|-----------|------------|----|
|    |      |           |           |           |            |    |
|    |      |           |           |           |            |    |
|    |      |           |           |           |            |    |
|    |      |           |           |           |            |    |

10.4 如有无法确定为断丝的异常信号应在报告中加以说明。

## 11 结果报告

结果报告应包括(但不限于)下列内容:

- 工程概况:管道工程的概况、检测对象周边所处环境、管道服役时间等;
- 技术措施:检测的依据、采用的仪器和技术方法;
- 原始记录:包括但不限于标定试验记录、现场检测日志、检测记录、期间核查记录、重复性检测记录、里程计校准记录、检测系统使用记录、断丝位置及数量报告汇总表;
- 质量保证措施:检测质量的控制情况;
- 检测结果;
- 附图:检测图表等;
- 其他应说明的问题。



## 附录 A

(规范性)

## PCCP 无损检测(远场涡流电磁法)断丝标定方法

## A.1 确定基准管与标定管

A.1.1 选取二节与被检管道参数相同的完好管道分别作为基准管和标定管。记录管子技术参数,包括(但不限于):管子规格型号、管芯壁厚、管芯混凝土强度等级、砂浆保护层厚度、薄钢筒(厚度、材质)、钢丝(直径、强度等级)、缠丝(螺距、层数)、是否带短接钢带、是否有外防腐层、生产日期等。

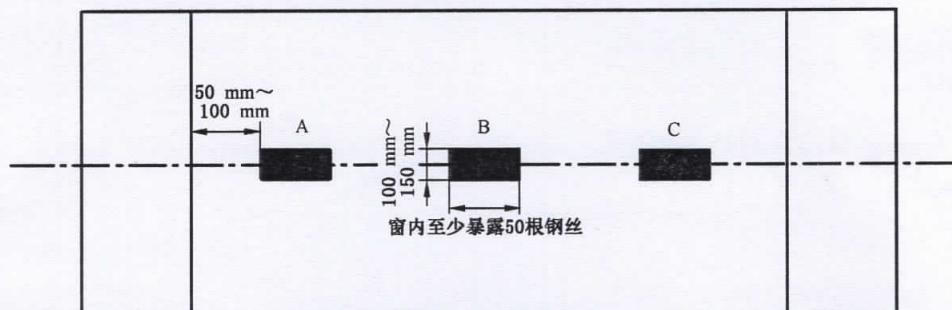
A.1.2 基准管或标定管的两端分别串联一节同管径的管道,以模拟真实的管道安装情况并获取基准管及标定管整节管完整的数据信号。

A.1.3 使用远场涡流电磁法检测设备从管道承口和插口两个方向对基准管进行背景信号扫描,获取没有断丝时的基准信号数据。

A.1.4 当只有一节管满足被检管道的要求时,先将该管作为基准管完成基准数据采集后,再加工为标定管。

## A.2 加工标定管

A.2.1 在拟作为标定管的砂浆保护层上选择 3 个~5 个代表性区域切割出窗口,至少包含管道中心位置及管道两端距端面 50 mm~100 mm 位置,各窗口沿管周长方向的长度宜为 100 mm~150 mm,沿管轴向长度以暴露钢丝数量不少于 50 根为宜。标定窗口位置示意图见图 A.1。



标引序号说明:

A、B、C——不同位置切割窗口。

图 A.1 标定窗口位置示意图

A.2.2 切割砂浆保护层时不应损伤预应力钢丝。

A.2.3 对每个窗口附近的砂浆保护层采用非金属材料作固定保护。

A.2.4 钢丝切割前,先按窗口位置划分区域并给出代号,再对各自区域内的每根钢丝独立编号,各钢丝代号以“区域代号+编号”组成。记录以下信息:各区域轮廓尺寸、断丝总数量、钢丝平均螺距;各区域内第 1 根、最后 1 根及中位钢丝的中心位置距承口端面的实测距离。

## A.3 建立标定曲线

A.3.1 每次钢丝切割完成后,从管道承口和插口两个方向对标定管整节管道进行检测,保存标定数据信号文件。记录不同断丝数量下标定管的状态、断丝试验过程中的异常情况 & 标定管异常时的位置及特征。



A.3.2 钢丝切割宜从所在区域的中位钢丝开始,第1次切断1根钢丝;第2次在紧邻第1根断丝的两侧各切断1根钢丝;第3次在紧邻3根断丝的两侧各切断1根钢丝;第4次在紧邻5根断丝的左侧切断2根、右侧切断3根钢丝;第5次在紧邻10根断丝的左侧切断3根、右侧切断2根钢丝;依次类推直到累计切断不少于50根钢丝。

A.3.3 一个区域钢丝切割及标定数据信号采集完成后,宜将该区域断丝用鳄鱼夹连接后,再按A.3.1、A.3.2进行下一个区域的钢丝切割及标定数据信号采集,直至各区域内的钢丝全部切断及标定数据采集完毕。

A.3.4 使用不同断丝位置、数量下的信号参数建立该类型管道的标定曲线。

A.3.5 如果是PCCP双层缠丝管,按照只断外层、内层、内外层同时出现断丝的方案,在完成外层钢丝断丝标定后,对内层钢丝重复A.2.2~A.3.4的工作,建立内层钢丝标定曲线及内外层同时断丝标定曲线。

参 考 文 献

- [1] GB/T 19685—2017 预应力钢筒混凝土管
-



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
预应力钢筒混凝土管无损检测(远场  
涡流电磁法)技术要求

GB/T 41055—2021

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

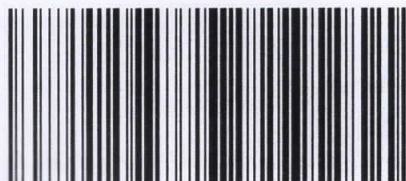
\*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 22 千字  
2021 年 12 月第一版 2021 年 12 月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-68930 定价 20.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 41055-2021



码上扫一扫 正版服务到

