

DB 65

新疆维吾尔自治区地方标准

DB 65/T 4637—2022

预应力锚栓连接件安全监测方法

Method for safety monitoring of the prestressed anchor bolt connectors

2023 - 04 - 20 发布

2023 - 06 - 20 实施

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 发布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 2

5 监测设备及主要装置 2

 5.1 组成 2

 5.2 传感器 2

 5.3 变送器 4

 5.4 记录仪 4

 5.5 张拉设备 4

 5.6 垫片与张拉支撑座 5

6 监测方法 5

 6.1 监测设备安装 5

 6.2 监测点布局 5

 6.3 监测设备调试 6

7 监测数据处理 6

 7.1 数据处理原理 6

 7.2 初始应力 7

 7.3 实时应力 7

 7.4 应力衰减率 7

8 失效判定及报警处理措施 7

9 记录存档 8

附录 A（规范性） 预应力锚栓连接件初始应力记录 9

附录 B（规范性） 预应力监测报警记录表 10

附录 C（规范性） 预应力监测记录表 11

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。

请注意本文件某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不应承担识别这些专利的责任。

本文件由中船重工海为（新疆）新能源有限公司提出。

本文件由新疆维吾尔自治区工业和信息化厅归口并组织实施。

本文件起草单位：中船重工海为（新疆）新能源有限公司、中船重工海为郑州高科技有限公司。

本文件主要起草人：刘俊、包洪印、郑翔南、李进卫、张育超、李强、陈康、韩志惠、杨凯、丁亚鹏、张天保、王乾翔、康君、田军。

本文件实施应用中的疑问，请咨询中船重工海为（新疆）新能源有限公司。

对本文件的修改意见建议，请反馈至新疆维吾尔自治区工业和信息化厅（新疆乌鲁木齐市友好南路179号）、中船重工海为（新疆）新能源有限公司（乌鲁木齐河滩南路605号）、新疆维吾尔自治区市场监督管理局（乌鲁木齐市新华南路167号）。

新疆维吾尔自治区工业和信息化厅 联系电话：0991-2801354；传真：0991-2801354；邮编：830000

中船重工海为（新疆）新能源有限公司 联系电话：0991-5581802；传真：0991-5562812；邮编：830000

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 联系电话：0991-2818750；传真：0991-2311250；邮编：830004

引 言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及第5章中相应内容的相关专利使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利持有人姓名：中船重工海为郑州高科技有限公司。

地址：郑州高新区科学大道311号。

请注意除上述专利外，本文件某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

预应力锚栓连接件安全监测方法

1 范围

本文件规定了预应力锚栓连接件安全监测的术语和定义、总体要求、监测设备及主要装置、监测方法、监测数据处理、失效判定及报废处理措施、记录存档的要求。

本文件适用于风力发电机组基础用预应力锚栓连接件的安全监测和失效预警，其他土建工程、智能装备领域预应力锚栓连接件可参照使用。

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 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸公差

NB/T 10214 风力发电机组用锚杆组件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

预应力锚栓连接件安全监测 safety monitoring of prestressed anchor bolt connector

采用定制监测设备对锚栓连接件的预应力进行全寿命周期实时监测，记录分析预应力随时间的变化情况，根据判定原则评判锚栓连接件当前工作状态，指导预应力锚栓连接件的定期安全维护，并根据需要及时发出预警信号。

3.2

传感器 transducer/sensor

能接收被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成。

3.3

敏感元件 sensing element

传感器中能直接感受或响应被测量信号的元件。

3.4

转换元件 transducing element

传感器中能将敏感元件感受或响应的被测量信号转换成可传输电信号的元件。

3.5

变送器 transmitter

将传感器测量输出信号转化为标准输出信号的装置。

3.6

线性度 linearity

校准曲线与某一规定直线的一致程度。

3.7

预应力 prestressing force

结构承受设计载荷前预先对其施加的压（锁）紧力。

3.8

预应力锚栓 prestressed anchor bolt

施加了预应力的锚栓连接件。

3.9

预应力监测设备 prestressed anchor bolt monitoring device

可以实时监测锚栓连接件预应力数值的设备。

3.10

静载张拉 static load tensioning

锚栓连接件一端固定，在另一端逐步施加轴向拉力至设定值。

3.11

抗环向偏载差 resistance to circumferential deflection

环形传感器沿圆周方向每45°角之间F. S的最大误差。

4 总体要求

应具备以下基本功能：

- a) 对预应力锚栓连接件的预应力实施全寿命周期实时在线监测；
- b) 监测数据可读取、可存储；
- c) 当预应力锚栓连接件的预应力超出安全范围，应向用户发出警示信号。

5 监测设备及主要装置

5.1 组成

预应力监测设备一般由传感器、变送器、记录仪、张拉设备、垫片和张拉支撑座等装置组成。

5.2 传感器

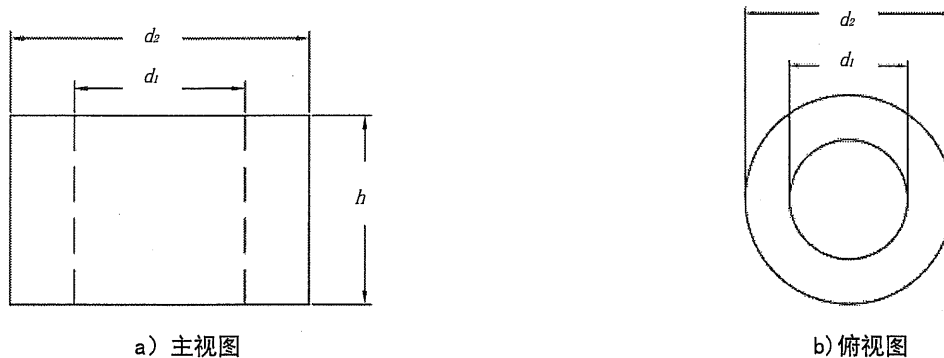
5.2.1 外观及标识

应满足以下条件：

- a) 不应有裂纹、毛刺和凹痕，型号标识应清晰；
- b) 焊接处应牢固，电连接器应接触可靠。

5.2.2 尺寸及规格

5.2.2.1 传感器采用应力传感器，形式见图1，为环形结构。传感器外形尺寸线性公差应符合GB/T 1804中公差等级m的规定。传感器内径 d_1 应比所测量的锚栓的外径尺寸大2 mm，外径 d_2 应大于所测量锚栓连接件的螺母对边距离。



标引序号说明:

d_1 —传感器内径;

d_2 —传感器外径;

h —传感器推荐高度 h 。

图1 传感器尺寸

5.2.2.2 根据 NB/T 10214 中常用锚栓连接件系列规格, 传感器内径 d_1 、外径 d_2 以及推荐高度 h 的型号规格见表 1。

表1 传感器型号规格

锚栓连接件规格	内径 d_1 mm	外径 d_2 mm	推荐高度 h mm
M30	32	56	35
M36	38	66	40
M39	41	72	42
M42	44	78	45
M45	47	85	50
M48	50	92	55
M52	54	100	60
M56	58	105	70
M60	62	110	75
M64	66	115	85

5.2.3 性能指标

应满足以下条件:

- a) 工作温度: $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 线性度: $\leq 2\% \text{F.S.}$;
- c) 抗环向偏载差: $\leq 3\% \text{F.S.}$;
- d) 年稳定度: $\leq 3\% \text{F.S.}$;
- e) 传感器防护等级: IP 54。

5.2.4 接口要求

应满足以下要求:

- a) 高度尺寸应满足锚栓连接件的安装要求;
- b) 外径尺寸应大于锚栓连接件中螺母的外径尺寸,且满足张拉设备安装要求;
- c) 内径尺寸应比锚栓连接件中锚栓螺纹公称直径至少 $>2\text{ mm}$ 。

5.3 变送器

5.3.1 外观及标识

应满足以下条件:

- a) 表面均匀平整,无龟裂脱落和毛刺;
- b) 型号标识牢固,清晰可辨;
- c) 焊接处牢固,电连接器应接触可靠。

5.3.2 尺寸

可根据实际使用要求定制。

5.3.3 性能指标

应满足以下条件:

- a) 工作温度: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+50\text{ }^{\circ}\text{C}$,严寒环境中应搭配小型加热装置;
- b) 输入电压: DC 24 V;
- c) 输出电流: $4\text{ mA}\sim 20\text{ mA}$ 。

5.4 记录仪

5.4.1 外观及标识

应满足以下条件:

- a) 表面均匀平整,无龟裂脱落和毛刺;
- b) 型号标识牢固,清晰可辨;
- c) 焊接处牢固,接触可靠。

5.4.2 性能指标

5.4.2.1 应有多路输入通道及输出端口,通道数量及供电电压可定制,一般为4、6、8、16。带有为变送器供电的输出端口。每个监测点对应一输入通道,多个监测点的信号可同时传输至记录仪内。

5.4.2.2 应满足以下条件:

- a) 工作温度: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+50\text{ }^{\circ}\text{C}$,严寒环境中应搭配小型加热装置;
- b) 最小数据间隔: $\leq 10\text{ min}$;
- c) 最小记录存储时间: 90 d;
- d) 可与其它设备进行数字信号传输和通讯;
- e) 具备故障报警功能。

5.5 张拉设备

应满足以下条件:

- a) 最大张拉力不小于锚栓设计预应力;
- b) 张拉力误差: $\leq 3\%$ 。

5.6 垫片与张拉支撑座

5.6.1 垫片

应满足以下条件：

- a) 尺寸与表 1 中传感器外形尺寸保持一致；
- b) 厚度：8 mm~10 mm；
- c) 硬度：维氏硬度 330 HV~450 HV。

5.6.2 张拉支撑座

配合张拉设备对锚栓连接件实施静载张拉的辅助装置，其安装和使用不应与周围装置产生干涉。

6 监测方法

6.1 监测设备安装

6.1.1 主要在于传感器与锚栓连接件的安装。传感器应安装在预应力基础上锚板的上方，位于上锚板与锚栓连接件螺母之间，两枚配套垫片分别安装在传感器的上、下方，推荐安装方式见图 2。传感器安装到位后，先旋紧螺母，然后采用配套张拉设备进行轴向静载张拉，直至拉到锚栓连接件的设计预应力值，保持拉力状态下再次旋紧锁死螺母，完成安装。

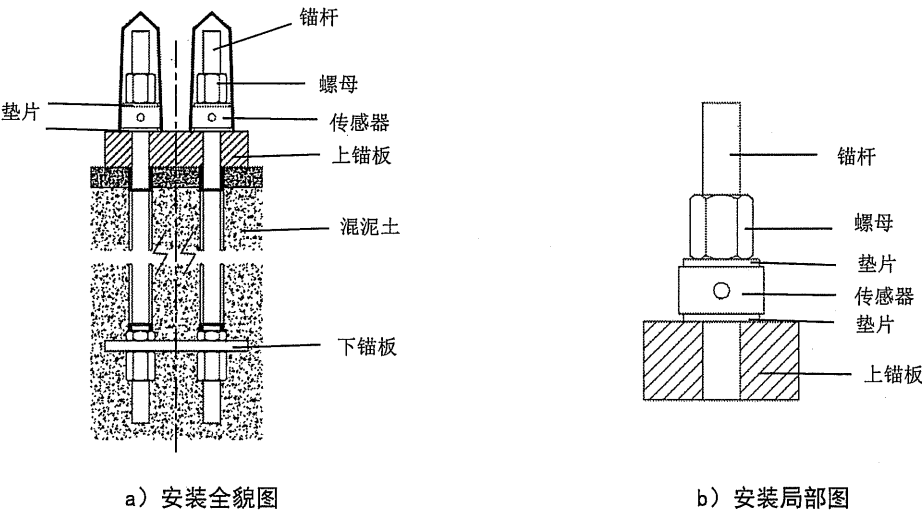


图2 传感器推荐安装方式

6.1.2 预应力监测设备调试校准初始状态后，开始连续监测锚栓连接件应力状态，并记录该锚栓连接件的实时应力值数据。

6.2 监测点布局

6.2.1 单圈布局

单圈布局适用于锚栓连接件是单圈分布的状态，一般应选择锚栓连接件总数的8%~10%进行预应力监测，整圈不应<4个监测点，传感器沿圆周按照对称分布的形式进行安装，见图3。

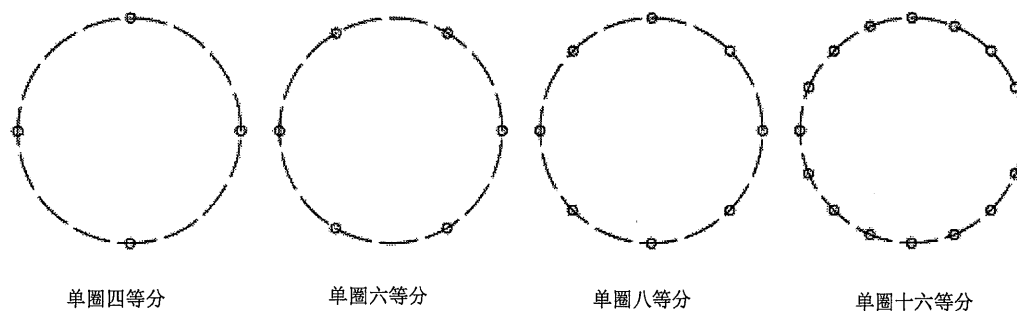


图3 监测点单圈布局方式

6.2.2 双圈布局

双圈布局适用于锚栓连接件是双圈分布的状态，一般应选择锚栓连接件总数的10%~12%进行预应力监测，每圈不应 ≤ 4 个监测点，每圈传感器均沿圆周按照对称分布的形式进行安装，两圈传感器安装的相对位置均匀交错，见图4。

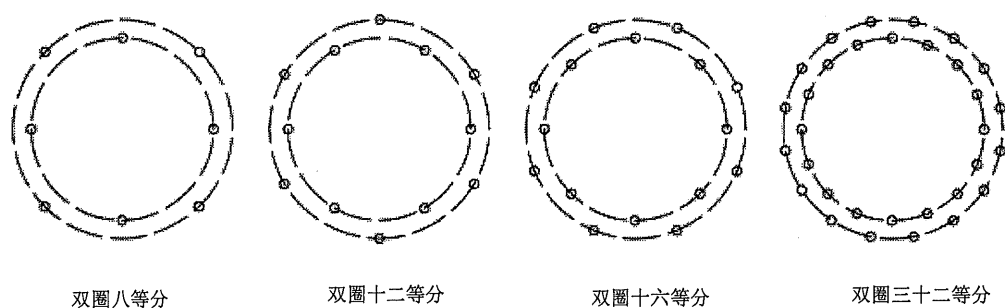


图4 监测点双圈布局方式

6.3 监测设备调试

预应力监测设备安装完毕后，应按照下列步骤进行调试校准：

- 张拉前先将设备进行通电预热，直至记录仪 10 min 内示值变化 $\leq \pm 0.2$ kN；
- 完成预热后，调整传感器零位，使记录仪当前示值停留在 ± 0.5 kN 范围内；
- 采用配套张拉设备完成对测试锚栓连接件的静载张拉，旋紧传感器上方的螺母；
- 以设计预应力为参照，依次逐个校准预应力监测设备所有监测通道，所有通道示值与设计预应力偏差应 ≤ 0.5 kN；
- 将调整后的当前通道示值作为锚栓连接件初始应力，记录于附录 A 中的表 A.1；
- 设置记录仪记录数据时间间隔，应 ≤ 10 min。

7 监测数据处理

7.1 数据处理原理

预应力监测设备所监测数据均是以千牛为单位的应力值，实际工作过程中，需要用初始应力 F_0 和所监测到的实时应力 F_t ，计算出该锚栓连接件在不同时刻相对于初始状态的应力衰减率 R_t ，作为该锚栓连接件安全状态分析评估的依据。

7.2 初始应力

静载张拉且校准完毕后，取预应力监测设备记录仪每个通道所显示实际数值的最大值，作为所对应锚栓连接件的初始应力 F_0 ，具体数值保留小数点后一位。

7.3 实时应力

对任意监测锚栓连接件，取对应预应力监测设备通道在某一时刻所显示的瞬时应力值，作为该锚栓连接件在该时刻的实时应力 F_t ，具体数值保留小数点后一位。

7.4 应力衰减率

对于任意监测锚栓连接件，其在某一时刻的应力衰减率 R_t ，应采用式（1）计算，结果数值保留小数点后一位。

$$R_t = \frac{F_0 - F_t}{F_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

F_0 ——锚栓连接件初始预应力，单位为千牛（kN）；

F_t ——锚栓连接件实时监测应力值，单位为千牛（kN）；

R_t ——锚栓连接件应力衰减率，单位为百分数（%）。

8 失效判定及报警处理措施

8.1 预应力锚栓连接件应力状态的判定指标见表 2。

表2 预应力锚栓连接件状态判定指标

应力衰减率 R_t %	状态
$R_t \geq 10$	当前锚栓或周围锚栓存在异常
$8 < R_t < 10$	当前锚栓或周围锚栓可能存在异常
$-8 \leq R_t \leq 8$	锚栓状态正常
$-10 < R_t < -8$	当前锚栓或周围锚栓可能存在异常
$R_t \leq -10$	当前锚栓或周围锚栓存在异常

8.2 出现异常报警后，应对锚栓连接件进行维护处理，并将详细过程记录在附录 B 中的表 B.1。常见故障处理方式见表 3。

表3 预应力锚栓连接件常见故障处理方式

应力衰减率 R_t %	最小持续时间 min	处理措施
$R_t \geq 10$	30	进行全面检查，根据检查情况进行补充张拉，或做出失效判定
$8 < R_t < 10$	60	加入异常记录并保持关注，必要时补充张拉
$8 < R_t < 10$	240	加入异常记录，完善张拉维护计划，提高定期张拉频率

表 3 预应力锚栓连接件常见故障处理方式（续）

应力衰减率 R_t %	最小持续时间 min	处理措施
$-10 < R_t < -8$	60	加入异常记录并持续关注，对监测仪实时数据进行检查
$-10 < R_t < -8$	240	加入异常记录，加强跟踪关注，对监测设备有效性进行技术检查
$R_t \leq -10$	30	对监测设备有效性进行全面技术检查，用配套张拉器复核锚栓连接件应力，根据检查结果更换监测设备，或做出失效判定

9 记录存档

监测记录锚栓连接件的实时应力，并将数据记录在附录A、附录B、附录C中的表格留存。

附录 A

(规范性)

预应力锚栓连接件初始应力记录

预应力锚栓连接件初始应力记录见表A.1。

表A.1 预应力锚栓连接件初始应力记录

监测设备型号：_____ 安装日期：_____ 环境温度：_____ 项目地：_____

监测对象型号：_____ 监测对象编号：_____ 张拉设备型号：_____ 校准日期：_____

通道编号	锚栓编号	初始应力
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		

施工单位：

施工人（签字）：

时间：

记录人（签字）：

时间：

审核人（签字）：

时间：

业主单位：

设备负责人（签字）：

时间：

附 录 B
(规范性)
预应力监测报警记录表

预应力监测报警记录见表B. 1。

表B. 1 预应力监测报警记录表

报警时间：_____ 报警风机编号：_____ 报警通道编号：_____ 当前通道应力：_____		
锚栓编号：_____ 天气：_____ 气温：_____ 风向：_____ 风速：_____		
现象描述：		
处理措施：		
报警解除时间：	记录人（签字）：	操作人（签字）：

附 录 C
(规范性)
预应力监测记录表

预应力监测记录见表C.1。

表C.1 预应力监测记录表

监测设备型号: _____ 安装日期: _____ 环境温度: _____ 项目地: _____
监测对象型号: _____ 监测对象编号: _____ 监测日期: _____

时间	通道 1 kN	通道 2 kN	通道 3 kN	通道 4 kN	通道 5 kN	通道 6 kN	通道 7 kN	通道 8 kN