

ICS 75.180.10
CCS E92

团 体 标 准

T/CNPC10014—2023

指向式旋转导向工具

Point-to-the-bit rotary steering drilling tools

2023-09-01发布

2023-10-01实施

中国石油和化工自动化应用协会

发 布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 组成与功能.....	2
4.1 组成.....	2
4.2 功能.....	2
5 分类与命名.....	3
5.1 分类.....	3
5.2 命名.....	3
6 技术要求.....	4
6.1 地面系统性能要求.....	4
6.2 井下仪器要求及技术指标.....	4
7 试验方法.....	6
7.1 试验条件.....	6
7.2 试验设备.....	6
7.3 地面系统试验.....	7
7.4 井下仪器试验.....	8
8 检验规则.....	10
8.1 型式检验.....	9
8.2 出厂检验.....	11
9 标志、包装、运输、贮存.....	12
9.1 产品标志.....	12
9.2 包装箱标志.....	12
9.3 产品包装.....	12
9.4 运输.....	12
9.5 贮存.....	12

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》给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本文件由中国石油和化工自动化应用协会标准化工作委员会提出并归口。

本文件起草单位：中国石油集团工程技术研究院有限公司、北京石油机械有限公司、中国石油集团渤海钻探工程有限公司、中国石油集团川庆钻探工程有限公司。

本文件主要起草人：彭烈新、禹德洲、丁华华、郭贤伟、滕鑫淼、曹冲、彭浩、孙成芹、史宏江、潘兴明、路一平、毛为民、魏志刚、王鹏、吕海川、陈文艺、刘珂、徐笑鸥、张继川、冯鑫、奚筱宛、熊昕。

指向式旋转导向工具

1 范围

本文件规定了指向式旋转导向工具的组成与功能、技术要求、试验方法、检验规则和标志、包装、贮存以及运输。

本文件适用于指向式旋转导向工具的设计、制造、检验以及质量评价。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 13384-2008 机电产品包装通用技术条件

SY/T 5102-2016 石油勘探开发仪器基本环境试验方法

SY/T 6907 伽马随钻测井仪

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

指向式导向 point-the-bit rotary steering

是指在钻具连续转动的同时，将钻头指向所需方位而进行定向钻进的导向方式。工具不是通过扶正器或其他外在调节工具，而是通过一个内部伺服电机对钻头驱动轴的工具面进行连续控制从而实现指向式导向。

3.2

地面采集控制箱 ground acquisition control box

由井下脉冲信号采集电路、下传分流器控制电路、通讯电路组成，实现对井下脉冲信号的调理、数字化，并将采集数据传输给计算机；接收计算机的下传指令，变为功率信号控制下传分流器的通断。

3.3

下传分流器 downstream splitter

由旋塞阀、气动三联件、分流主体、旁路控制器组成，通过旁通泥浆泵出口流量，改变进入钻柱内的流量，产生下传信号。

3.4

通讯短节 communication section

由主控电路、下传泥浆信息处理电路、通讯电路、脉冲发生器组成，将井下要传输的数据转换为泥浆压力波信号，实现数据上传；接收下传的泥浆脉冲信号，解码为指令信息。

3.5

供电单元 power supply unit

由发电机、涡轮、磁耦等组件组成，用于将流体动能转换为电能，为工具的测控单元和电动机提供电力。

3.6

定向测量单元 directional measurement unit

由重力加速度计、磁力计、采集电路组成，用于实时测量井斜角、方位角和工具面角参数。

3.7

导向执行短节 steering section

由大功率电机、减速器、注油腔体、芯轴、钻头轴组成。通过对钻头驱动轴的操控，指导钻头沿预定的方向钻进，其核心部件是一个直流伺服电机和由此驱动的一根偏心轴，驱动钻头传动轴经过偏心轴承发生角度偏移，使其轴线与外部钻铤中心线始终保持一个固定的夹角；在保持夹角不变的情况下，电子系统通过伺服电机使偏心轴指向不同方向，从而使钻头在该方向进行定向钻进。

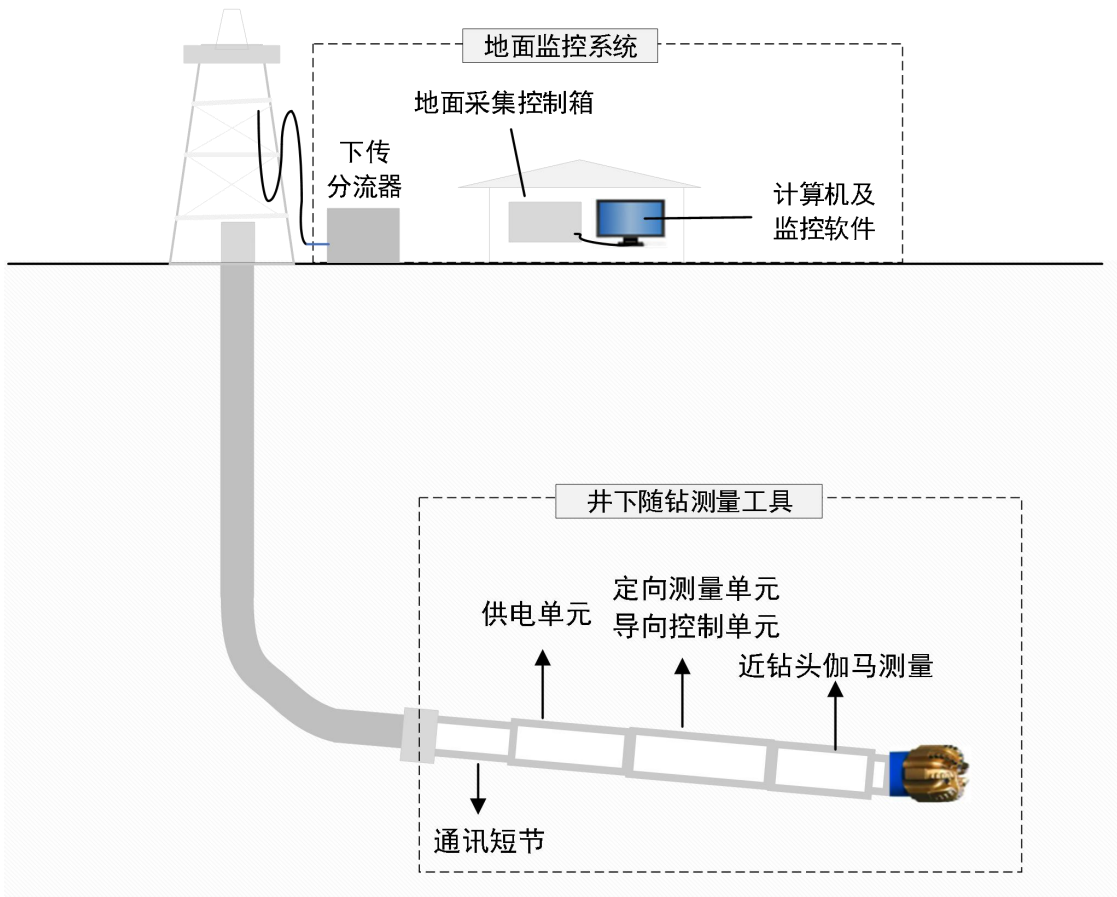
4 组成与功能

4.1 组成

指向式旋转导向工具由地面系统和井下工具两大部分组成（如下图所示）：

——地面系统：由地面采集控制箱、下传分流器、计算机及外围设备、打印机和相关软件组成；

——井下仪器：由通讯短节、供电单元、定向测量单元、导向控制单元、近钻头伽马测量单元、导向执行短节组成。



4.2 功能

4.2.1 地面系统

接收、显示、存储井下上传的定向参数、地质参数，下传井下工作模式和参数，指导井下工具按预定轨迹钻进。

4.2.2 井下仪器

实时测量钻井过程中的地质和工程参数，并将测量数据通过通讯短节实时上传；接收地面系统下传的指令，按指令实时调整工具面，实现导向工具控制轨迹的目标，使导向工具按预定的轨迹钻进。

5 分类及命名

5.1 分类

指向式旋转导向工具属于井下控制工程领域的导向工具中的旋转导向工具，旋转导向工具又分为推靠式和指向式，本工具属于钻头指向式旋转导向工具。

5.2 命名

命名规则按“工具类别-适应井眼-厂商自定义”进行编号。例如，标号为“BPRSS-675-XXX”表示6.75英寸的指向式旋转导向工具。

6 技术要求

6.1 地面系统性能要求

6.1.1 环境条件

环境条件要求：

- a) 贮存温度：-30℃~+85℃；
- b) 相对湿度：小于85%；
- c) 工作温度：地面采集控制箱、下传分流器和连接导线为-20℃~+70℃，计算机及外围设备和打印机为0℃~+35℃。

6.1.2 电源

电源要求：

- a) 交流电压：220 V±20 V，50 Hz±2 Hz；
- b) 总功耗：小于500 W。

6.1.3 计算机

6.1.3.1 硬件配置

硬件最低配置要求：

- a) 处理器：主频3 GHz以上；
- b) 内存容量：8 GB以上；
- c) 硬盘：可用空间500 GB以上；
- d) 网络接口：1个以上；
- e) USB端口：3个以上。

6.1.3.2 软件配置

软件配置要求：

- a) 操作系统：适用于Windows 7及以上操作系统，中文/英文界面；
- b) 应用程序：数据处理与测试程序，应满足数据处理、存储、输出和显示以及井下仪器各单元测试功能，显示数据信息应包括井斜角、方位角、重力工具面角、磁工具面角、近钻头伽马和工具面图。

6.1.4 地面采集控制箱

应能实现泥浆通道信号的调理、采集，并实时传输给计算机，接收计算机的下传指令并转换为控制信号。

6.1.5 下传分流器

信号下传的执行机构，通过改变部分泥浆流向，井底泥浆流量产生变化从而实现下传信息传输。下传分流器应根据控制箱发出的信号，打开或关闭分流器的阀门，改变入口泥浆排量，泥浆排量的改变量应在15%~35%之间可调节，适应的最大立管压力应不小于40MPa。

6.2 井下仪器要求及技术指标

6.2.1 环境条件

6.2.1.1 贮存条件

井下仪器贮存条件：

- a) 温度：-30℃~+85℃；
- b) 相对湿度：小于85%。

6.2.1.2 工作温度与耐压

井下仪器工作温度和耐压：

- a) 最低工作温度：-25℃；
- b) 最高工作温度与耐压见表1。

表 1 井下仪器最高工作温度与耐压

分档	工作温度 ℃	耐压 MPa
I	125	100
II	150	120
III	175	140

6.2.1.3 振动

振动参数要求：

- a) 频率循环范围：10 Hz~200 Hz ~10 Hz；
- b) 扫描速率：1 oct/min；
- c) 加速度：200 m/s²；
- d) 循环次数：3次；
- e) 共振保持时间：60 min。

6.2.1.4 冲击

冲击参数要求：

- a) 加速度：500 m/s²；
- b) 脉冲持续时间：11 ms±1 ms；
- c) 次数：轴向、径向各3次（共6次）。

6.2.2 供电单元

井下供电单元性能要求：

- a) 在钻井液额定排量时，电压输出变化范围应在额定电压的±15%以内；
- b) 发电机功率不小于2100 W；
- c) 工作寿命大于2000 h。

6.2.3 通讯短节

应能实现井下信息通过泥浆信道传输到地面及接收下传泥浆信道信息的功能，通讯短节性能技术要求：

- a) 上传传输速率不小于1bit/s；
- b) 下传速率不小于0.1bit/s；
- c) 传输深度不小于5000m。

6.2.4 近钻头伽马测量单元

近钻头伽马测量单元技术要求：

- a) 测量范围：0 API~720 API；
- b) 允许误差：当测量环境小于等于70 API时为 ± 4 API，当测量环境大于70 API时为 $\pm 5\%$ ；
- c) 稳定性：当测量环境小于等于70 API时，计数率误差为 ± 3 API；当测量环境大于70 API时，计数率误差为 $\pm 3\%$ ；
- d) 距离钻头不大于2.4m。

6.2.5 定向测量单元

定向测量单元应符合工程传感器技术指标，见表2。

表 2 工程传感器技术指标

技术指标	井斜角	方位角	工具面角
测量范围	0°~180°	0°~360°	0°~360°
允许误差	$\pm 0.1^\circ$	$\pm 2.5^\circ$ ，当井斜角 $<5^\circ$ 时 $\pm 2.0^\circ$ ，当井斜角 $\geq 5^\circ$ 时	$\pm 2.5^\circ$ ，当井斜角 $<5^\circ$ 时 $\pm 2.0^\circ$ ，当井斜角 $\geq 5^\circ$ 时

6.2.6 导向执行短节

导向执行短节技术要求：

- a) 承受最大钻压不小于245kN；
- b) 承受最大扭矩不小于17kN·m。

6.2.7 连续工作时间

井下仪器连续工作时间不少于200 h。

6.2.8 工具面控制精度

井下仪器工具面动态控制精度为 $\pm 8^\circ$ 。

7 试验方法

7.1 试验条件

测控单元试验时，以测斜专用校验架为中心，半径5 m范围内不应有磁性物体。

7.2 试验设备

试验设备（测试仪器范围）包括：

- 测斜专用测试台架（要求准确度：方位角 $\pm 0.1^\circ$ ，井斜角 $\pm 0.01^\circ$ ）；
- 高低温（交变）试验箱（温度范围： $-40\text{ }^\circ\text{C}\sim +200\text{ }^\circ\text{C}$ ）；
- 高低温（交变）试验槽（温度范围： $-40\text{ }^\circ\text{C}\sim +200\text{ }^\circ\text{C}$ ）；
- 恒定湿热试验箱；
- 恒定湿热试验槽；
- 振动试验台；
- 冲击试验台；
- 无磁高温高压试验装置；
- 流体循环压力测试装置；
- 数字万用表（四位半型）；
- 数字示波器；
- 直流稳压电源（输出电压： $0\text{V}\sim 32\text{V}$ ，输出电流： $0\text{A}\sim 3\text{A}$ ）；
- 大功率高压直流稳压电源（输出电压： $0\text{V}\sim 400\text{V}$ ，输出电流： $0\text{A}\sim 8\text{A}$ ）
- 可编程交流可调电源（满足输出相电压： $220\text{V}\pm 20\text{V}$ ，输出频率： $50\text{ Hz}\pm 2\text{Hz}$ ）；
- 负载电阻（ $50\text{ }\Omega/3000\text{W}$ ）；
- 伽马刻度器；
- 高压试验仓；
- 循环综合试验台架；
- 通讯装置。

7.3 地面系统试验

7.3.1 环境条件试验

7.3.1.1 贮存温度试验

按以下程序进行：

- a) 将井下仪器各单元分别放入高低温（交变）试验箱；
- b) 按6.1.1 a) 规定的最低和最高温度，SY/T 5102-2016第4章低温试验和第5章高温试验规定的方法分别进行试验；
- c) 试验持续时间4 h；
- d) 试验结束后，按7.3.3运行，各部件应符合相关技术要求。

7.3.1.2 贮存湿度试验

按以下程序进行：

- a) 将地面系统分别放入恒定湿热试验箱；
- b) 按6.1.1b) 规定相对湿度，SY/T 5102-2016第8章恒定湿热试验规定的方法进行试验；
- c) 试验持续时间12 h；
- d) 试验结束后，按7.3.3运行，各部件应符合相关技术要求。

7.3.1.3 工作温度试验

按以下程序进行：

- a) 将地面系统分别放入高低温（交变）试验箱，并用测试电缆和其他部件相连接；
- b) 按6.1.1 c) 规定的最低、最高工作温度，SY/T 5102-2016第4章低温试验和第5章高温试验规定的方法分别进行试验；
- c) 按7.3.3运行，在温度每变化10℃，进行性能测试，低温试验时，温度降到最低值，或高温试验时，温度升至最大值时，各持续2 h；
- d) 试验过程中，地面系统各项指标符合相关技术要求，下传分流器仅测试电磁阀开合，不做流量测试。

7.3.2 电源

试验方法如下：

- a) 地面系统由可编程交流可调电源供电；
- b) 调整供电电压范围在200 V~240 V之间变化，频率范围在48 Hz~52 Hz之间变化；
- c) 按7.3.3运行，地面系统各项指标符合相关技术要求。

7.3.3 地面系统性能试验

试验方法：

- a) 连接地面采集控制箱、下传分流器、计算机及外围设备和打印机；
- b) 分别运行计算机、打印机自诊断程序，应能够工作正常；
- c) 分别运行数据处理与解码和下传指令程序，测试地面采集控制箱与计算机之间数据发送与接收应正常，下传分流器应能正常开关，计算机应正确显示模拟设置的井斜角、方位角、重力工具面角、磁工具面角、方位伽马、平均伽马数据以及工具面图。

7.4 井下仪器试验

7.4.1 环境条件试验

7.4.1.1 贮存温度试验

按以下程序进行：

- a) 将井下仪器各单元放入高低温（交变）试验槽；
- b) 按6.2.1 a) 规定的最低和最高温度，SY/T 5102-2016第4章低温试验和第5章高温试验规定的方法分别进行试验；
- c) 试验持续时间4 h；
- d) 试验结束后，运行相关单元试验程序，各部件应符合相关技术要求。

7.4.1.2 贮存湿度试验

按以下程序进行：

- a) 将井下仪器各单元分别放入恒定湿热试验箱；
- b) 按6.2.1 b) 规定相对湿度，SY/T 5102-2016第8章恒定湿热试验规定的方法进行试验； 试

验持续时间12 h;

c) 试验结束后, 运行相关单元试验程序, 各部件应符合相关技术要求。

7.4.1.3 工作温度试验

按以下程序进行:

- a) 将井下仪器设置为稳斜工作模式, 放入高低温(交变)试验槽, 外部驱动电机输出轴连接井下仪器发电机转动轴;
- b) 按6.1.1 c) 规定的最低、最高工作温度, SY/T 5102-2016第4章低温试验和第5章高温试验规定的方法分别进行试验;
- c) 在温度每变化10℃, 进行性能测试, 低温试验时, 温度降到最低值, 或高温试验时, 温度升至最大值时, 各持续2 h;
- d) 试验结束后, 读出试验数据, 应符合相关技术要求。

7.4.1.4 振动试验

振动试验步骤要求如下:

- a) 将井下仪器各单元分别安装在振动试验台上;
- b) 按6.2.1.3规定的振动条件, SY/T 5102-2016第13章振动(正弦)试验规定的方法进行试验;
- c) 试验结束后, 检查被测单元外观并测试其性能, 被测单元应能正常工作。

7.4.1.5 冲击试验

冲击试验步骤要求如下:

- a) 将井下仪器各单元分别安装在振动试验台上;
- b) 按6.2.1.4规定的振动条件, SY/T 5102-2016第14章冲击试验规定的方法进行试验;
- c) 试验结束后, 检查被测单元外观并测试其性能, 被测单元应能正常工作。

7.4.1.6 高温高压试验

高温高压试验步骤要求如下:

- a) 根据6.2.1.2 b) 规定的相应分档的最高工作温度和耐压, SY/T 5102-2016第7章高温高压试验规定的方法进行试验;
- b) 将合格的井下仪器各单元密封后放入无磁高温高压试验装置内;
- c) 试验结束后, 运行相关单元试验程序, 各单元应符合相关技术要求。

7.4.2 供电单元试验

试验步骤如下:

- a) 将供电单元安装在循环综合试验台架上, 外接2100瓦电阻负载(当额定电压为350V时、负载电阻为58欧姆);
- b) 开启水泵, 排量保持在10升/秒, 检查并确保整套管线连接无渗漏;
- c) 将排量分别稳定在24升/秒、28升/秒、32升/秒, 排量波动应不大于2升/秒。不同排量下, 供电短节应能正常工作, 输出功率应符合6.2.2要求。

7.4.3 通讯短节试验

试验步骤如下：

- a) 将通讯短节地面系统、下传分流装置安装在循环综合试验台架上；
- b) 开启水泵，排量保持在10升/秒，检查并确保整套管线连接无渗漏；
- c) 将排量分别稳定在24升/秒、28升/秒、32升/秒，排量波动应不大于2升/秒。不同排量下，通讯短节应能正常工作，脉冲器可以正常开关动作，上位机应能收到并解调出正确的上传信号。传输速率应符合6.2.3要求。
- d) 将排量分别稳定在24升/秒、28升/秒、32升/秒，排量波动应不大于2升/秒，开启下传通信。不同排量下，通讯短节应能正常解码。传输速率应符合6.2.3要求。

7.4.4 近钻头伽马测量单元试验

试验方法步骤如下：

- a) 按照SY/T 6907的5.5条试验方法进行试验；
- b) 试验前，连接近钻头伽马测量单元和所需的测试设备，运行数据处理与测试程序；
- c) 试验结果应符合6.2.4要求。

7.4.5 定向测量单元试验

试验方法步骤如下：

- a) 将定向传感器单元置于满足7.1要求的测斜专用校验架上；
- b) 用测试电缆连接定向测量单元与地面系统，运行数据处理与测试程序；
- c) 调整测斜专用校验架在方位90°、倾角4°的条件下，旋转定向传感器单元沿工具面角一周，每隔45°测量一次，每组共测得9组数据；
- d) 再分别调整测斜专用校验架在方位90°、倾角8°和12°的条件下，重复上述测量，测量结果均应符合6.2.5的要求。

7.4.6 导向执行短节试验

试验方法步骤如下：

- a) 将导向执行短节安装在循环综合试验台架上，固定好导向执行短节外钻铤，用安装平面滑动轴承的液压缸顶住钻头轴；
- b) 用测试电缆连接导向执行短节及测试电路，施加6.2.6要求的最大钻压，钻头轴应能正常转动；
- c) 收回液压缸，在钻头轴端面连接万向节，万向节另一端固定在循环综合试验台架旋转轴上，施加6.2.6要求的最大扭矩，钻头轴应能正常转动。

7.4.7 连续工作时间试验

按仪器的操作规程进行现场试验或模拟现场环境试验，累计连续工作时间应符合6.2.7的要求。

7.4.8 工具面控制精度试验

试验方法步骤如下：

- a) 将井下仪器固定在循环综合试验台架上，导向滑环套在钻铤上。

- b) 用测试电缆通过导电滑环连接井下仪器及高压稳压电源和计算机。
- c) 启动装置转动开关，使钻铤分别以60、90、120rpm速度转动，通过计算机设定工具面为0°、90°、180°和270°，钻头轴工具面的指向应符合6.2.8的要求。

8 检验规则

8.1 型式检验

8.1.1 检验规则

- 凡有下列情况之一时，应进行型式检验：
- 新产品试制鉴定；
 - 累计生产30套；
 - 功能改进较大；
 - 国家技术监督部门、上级部门和用户提出型式检验要求。

8.1.2 检验项目

型式检验项目见表3

表 3 检验项目

检验项目	技术要求	试验方法	检验方法	
			型式检验	出厂检验
地面系统环境条件试验	6.1.1	7.3.1	●	○
电源试验	6.1.2	7.3.2	●	○
地面系统性能试验	6.1.4, 6.1.5	7.3.3	●	●
井下仪器环境条件试验	6.2.1	7.4.1	●	○
供电短节试验	6.2.2	8.4.2	●	●
通讯短节试验	6.2.3	7.4.3	●	●
近钻头伽马测量单元试验	6.2.4	7.4.4	●	●
定向测量单元试验	6.2.5	7.4.5	●	●
导向执行短节试验	6.2.6	7.4.6	●	●
连续工作时间试验	6.2.7	7.4.8	●	○
工具面控制精度试验	6.2.8	7.4.8	●	●
^a “●” 为应检验项目； ^b “○” 为可选检验项目。				

8.1.3 检验抽样方案

型式检验应在合格品中随机抽取，抽样方案见表4，当型式检验中出现故障时，应停止检验，查明原因。若为偶然发生故障，经整改后可重新进行型式检验。若为设计、制造质量问题，则判为产品型式检验不合格。

表 4 型式检验抽样方案

累计生产数量	抽样样品数
1~3套	全部

4~16套	4
>16套	5

8.1.4 判定规则

指向式全旋转导向工具型式检验项目有一项不合格时，应按原抽样数的2倍重新抽验，若该项目仍不合格，则判定该批产品型式检验不合格。

8.2 出厂检验

8.2.1 检验规则

指向式全旋转导向工具出厂应进行出厂检验，出厂检验项目见表3。

8.2.2 判定规则

指向式全旋转导向测量系统出厂检验项目若有不合格指标时，需经过返修后重新进行出厂检验，经检验合格后，方可出厂。

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 产品标志

指向式旋转导向工具的标志应包括：

- 产品型号及规格；
- 产品名称；
- 制造单位名称；
- 商标；
- 制造日期及出厂编号。

9.2 包装箱标志

包装箱标志应符合GB/T 191的规定。

9.3 产品包装

指向式旋转导向工具包装应符合GB/T 13384-2008的规定。出厂随带技术文件包括产品说明书、合格证、装箱清单及附件清单等。产品包装前所有外露螺纹应涂抹防锈油脂，并带上护丝，工具两端放置在V型木上，并固定牢固，有防潮措施。

9.4 运输

指向式旋转导向工具运输前应将包装箱平放至运输车辆上，工具两端做好填充防止工具窜动，包装箱运输中应用缆绳固定防止运输过程中窜动或移动。运输途中应做好防雨防潮措施和避免磕碰。

9.5 贮存

指向式旋转导向工具应存放在通风、清洁、干燥、无腐蚀性物质的环境中，贮存温度符合7.1.1a) 要求。长期贮存定期进行通电检查，间隔一般不大于6个月。