

# 一例金属接骨螺钉断裂原因分析

A Case of Fracture Failure Discussion for Stainless Steel Bone Screws

孙芳荣,柴艳秋,孙刚,夏志伟,张旭(苏州华碧司法鉴定所,江苏  
苏州 215000)

Sun Fang-rong,Chai Yan-qiu,Sun Gang,Xia Zhi-wei,Zhang Xu(Soochow  
FALAB Judicial Authenticators,Jiangsu Suzhou 215000)

**摘要** :该文就一例不锈钢接骨螺钉断裂失效原因进行初步探讨,通过外观检查、硬度、金相显微组织、表面缺陷、材料化学成分检测等手段,对不锈钢接骨螺钉断裂的原因进行分析。结果表明,不锈钢接骨螺钉断裂的原因为其表面存在的(裂纹)不连续缺陷,在使用过程中,受到循环应力作用,不断扩展最终导致的疲劳断裂。

**关键词** :骨科植入物,金属接骨板,疲劳断裂,微裂纹,失效分析

中图分类号 :TG1 文献标识码 :B 文章编号 :1003-0107(2015)01-0024-10

**Abstract** : In this paper, the fracture failure of Stainless Steel Bone Screws was studied preliminarily. The analysis of appearance examination, hardness, microstructure, flaw of the surface and chemical composition have been done to Stainless Steel Bone Screws which were fractured in human body. The test results have shown that the fracture reason was microcracks existed in the Stainless Steel Bone Screws. The microcracks are the region source of the fracture and keep expanding by the cyclic stress in the processing of using until the Stainless Steel Bone Screws broke fatigue in two parts.

**Key words** : Bone Implants; Stainless Steel Bone Screws; Fatigue Fracture; Microcracks; Failure Analysis

CLC number: TG1 Document code: B Article ID :1003-0107(2015)01-0024-10

## 0 前言

骨科植入物在临床上的广泛应用,为骨科疾病提供了较好的治疗效果。在骨科,临床应用于人体内的装置可分为两类:一类是暂时性的内固定装置,主要用于骨折的固定,骨折愈合后即可取出。这类装置包括各型接骨板、髓内钉、螺钉和钢丝等;另一类是永久性的人工假体,即各种人工关节,例如肩关节、膝关节、肘关节等<sup>[1]</sup>。不锈钢接骨板和骨钉是医用外科手术中用于固定断骨的医用植入器械,植入人体待断骨基本愈合后再手术取出。采用不锈钢做植入人体的骨科内固定器械已有五十多年的历史,且使用含 Mo 不锈钢可减少金属植入物在人体内的缝隙腐蚀,同时提高含 Ni 量以避免铁素体形成。虽然国家标准中规定了外科植入物用不锈钢的铁素体、非金属夹杂物含量等要求,但不锈钢植入物断裂失效仍时有发生<sup>[2]</sup>。金属接骨螺钉把固定骨折病人断骨

的王玉集、山东省冶金科学研究所的公茂秀等人<sup>[3]</sup>对断裂的金属接骨螺钉进行了化学成分、硬度、显微组织分析及表面加工质量的检测。检测结果分析表明,螺钉所使用的材料符合国家标准要求,螺钉的螺纹根部加工刀痕处应力集中,产生多条裂纹,导致螺钉断裂。武钢研究所的龚桂仙等人<sup>[4]</sup>采用化学分析、断口和金相观察对某医院植入患者体内的不锈钢接骨板和骨钉的失效断裂原因进行了分析。结果表明,00Cr18Ni15Mo3N 接骨板孔洞边缘存在的疏松孔隙和微裂纹是导致其断裂的主要原因,00Cr18Ni15Mo3N 骨钉断裂与其棱边小侧面存在的毛刺相关,同时其组织中异常存在的铁素体也加速了骨钉的断裂。本文对一例植入患者体内一个月后发生断裂失效的金属接骨螺钉进行分析探讨,通过科学客观的检测手段,分析出金属接骨螺钉断裂的原因,为今后金属接骨螺钉的失效分析提供新的技术思路。

## 1 实验材料及设备

(1) 检验材料取自患者体内的金属接骨螺钉 10 颗,

作者简介:孙芳荣(1986-),女,工程师,硕士,从事化学分析检测、失效分析工作。

其中包括未断裂接骨螺钉 4 颗, 已断裂螺钉头端 6 颗, 已断裂螺钉尾端 1 颗(与其中一钉头端为一颗)。

(2) 实验中用的仪器: SK5210HP 超声波清洗器(上海科导超声仪器有限公司), GTQ™5000 精密切割机(莱州市蔚仪试验器械制造有限公司), YMP-2 金相试样研磨抛光机(上海金相机械设备有限公司), LEICA S8AP0 连续变倍体式显微镜(NIKON), SEM-4800 扫描电子显微镜(HITACHI), HBS-3000 型数显布氏硬度计(上海伦捷机电仪表有限公司)。

### (3) 溶液

双氧水(无锡市晶科化工有限公司), HF、HNO<sub>3</sub>、无水乙醇(AR, 国药集团化学试剂有限公司), 心普牌医用多酶低泡强效清洗剂(杭州心普生物科技有限公司), 氧化铝抛光液(Trojan Industry Materials CO., Ltd.), 压克力固化剂+树脂粉(Trojan Industry Materials CO., Ltd.), 实验室用水均为去离子水。

## 2 实验方法

### 2.1 金属接骨螺钉的清洗

先将已断裂金属接骨螺钉放进盛有去离子水的烧杯中(去离子水浸没金属接骨板), 再将盛有金属接骨螺钉的烧杯放入超声波清洗仪中进行超声清洗 30min。清洗 30min 后, 用细毛刷仔细清洗金属接骨螺钉及断口, 用去离子水冲洗干净后, 将其放入烧杯中, 烧杯中加入双氧水和无水乙醇混合液(双氧水:无水乙醇:去离子水=1:2:20)继续超声清洗 30min。然后, 再用细毛刷仔细清

洗金属接骨螺钉及断口, 用去离子水冲洗干净后, 再次放入盛有心普牌医用多酶低泡强效清洗剂的水溶液(心普牌医用多酶低泡强效清洗剂:去离子水=1:200)中超声清洗 10min, 用细毛刷仔细清洗金属接骨螺钉及断口, 用去离子水冲洗干净后吹干备用。

## 3 试验结果

### 3.1 宏观观察

螺钉为一字头浅螺纹型, 其中有 5 只断裂在金属接骨螺钉根部, 1 只断在杆部。断口平直, 无塑形变形, 如图 1 所示(检材编号如图 1 所示)。

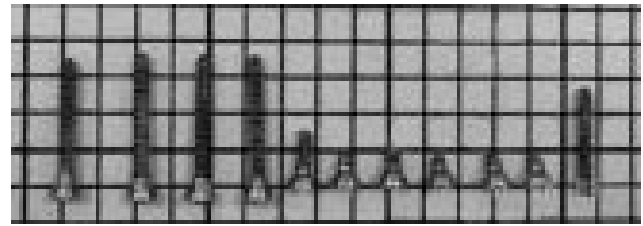


图 1 金属接骨螺钉

### 3.2 化学成分检测

检材的材质为 00Cr18Ni14Mo3 不锈钢材料。依据 GB/T 223《钢铁及合金化学分析方法》及相关标准对检材(取检材 1、检材 3)中的碳、硅、锰、磷、硫、氮、铬、钼、镍、铜、铁元素进行成分测定, 并依据 GB 4234-2003《外科植入物用不锈钢》和 GB/T 222-2006《钢的成品化学成分允许偏差》进行判定, 结果如表 1 所示。

表 1 检材化学成分检测结果

化学成分	检材 1 含量 (质量分数, %)	检材 3 含量 (质量分数, %)	标准要求 (质量分数, %)	允许上偏差 (质量分数, %)	判定结果
C	0.030	0.041	≤ 0.030	0.005	不符合
Si	0.59	0.40	≤ 1.00	0.05	符合
Mn	1.23	1.82	≤ 2.00	0.04	符合
P	0.007	0.011	≤ 0.025	0.005	符合
S	0.001	0.001	≤ 0.010	0.005	符合
N	0.07	0.08	≤ 0.10	0.01	符合
Cr	18.79	17.37	17.00~19.00	0.20	符合
Mo	2.75	2.88	2.25~3.50	0.10	符合
Ni	15.10	13.92	13.00~15.00	0.15	符合
Cu	0.09	0.06	≤ 0.50	0.03	符合
Fe	余量	余量	余量	/	符合

3.3 硬度检测

依据 GB/T 4340.1-2009《金属材料 维氏硬度试验 第 1 部分:试验方法》对检材(取检材 11)进行硬度检测,并依据 YY 0018-2008《骨接合植入物 金属接骨螺钉》进行判定,结果如表 2 所示。

表 2 检材硬度检测结果

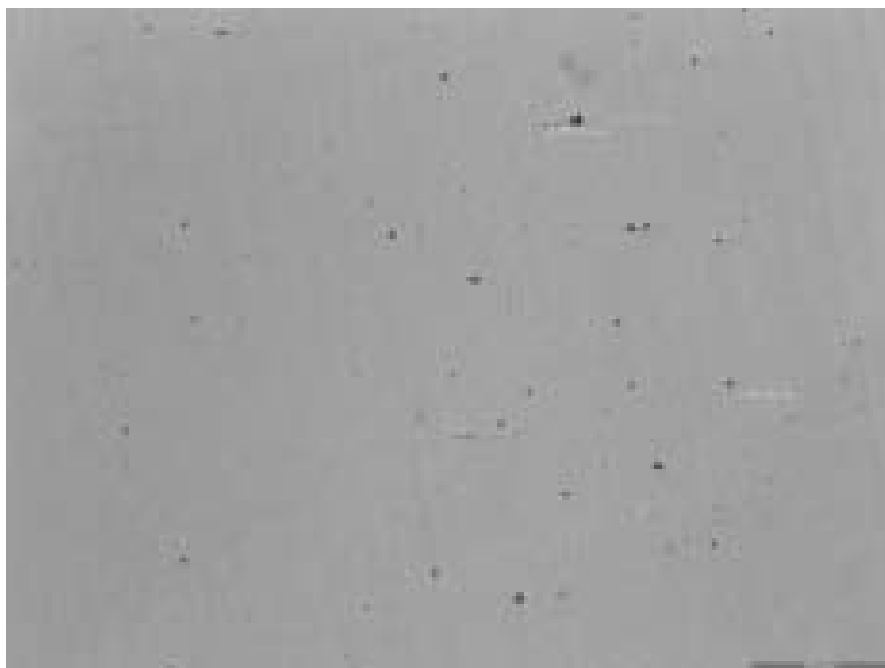
检测项目	标准要求 (HV10)	检测结果 (HV10 3 次测量平均值)	判定结果
硬度	≥ 210	330	合格

3.4 显微组织检测

依据 GB/T 13298-91《金属显微组织检验方法》、GB/T 6394-2002《金属平均晶粒度测定方法》和 GB/T 10561-2005《钢中非金属夹杂物含量的测定 - 标准评级图显微检验法》对检材(取检材 10)进行显微组织检测,发现检材组织为奥氏体组织,平均晶粒度为 4 级(不粗于 4 级),100 倍下未发现残余  $\delta$  铁素体(如图 2 所示),夹杂物级别为 B 类细系 1 级、D 类细系 1.5 级,符合 GB 4234-2003《外科植入物用不锈钢》的要求。



(a)奥氏体组织 未发现残余  $\delta$  铁素体 晶粒度 4 级



(b)夹杂物 B 1.0、D 1.5



(c)显微组织发现裂纹已扩展到检材内部  
(注:以上"\*\*\*X"表示图片的放大倍率为"\*\*\*倍")

图 2 检材金相组织

### 3.5 表面质量检测

#### 3.5.1 外观检测

依据 GB/T 19863-2005《体视显微镜试验方法》对检

材 1~11 进行外观检测 检材表面光滑 未发现锋棱、毛刺、附着物等缺陷(如图 3 所示) 符合 YY 0018-2008《骨接合植入物 金属接骨螺钉》4.4.3 的要求。



(a)



(b)

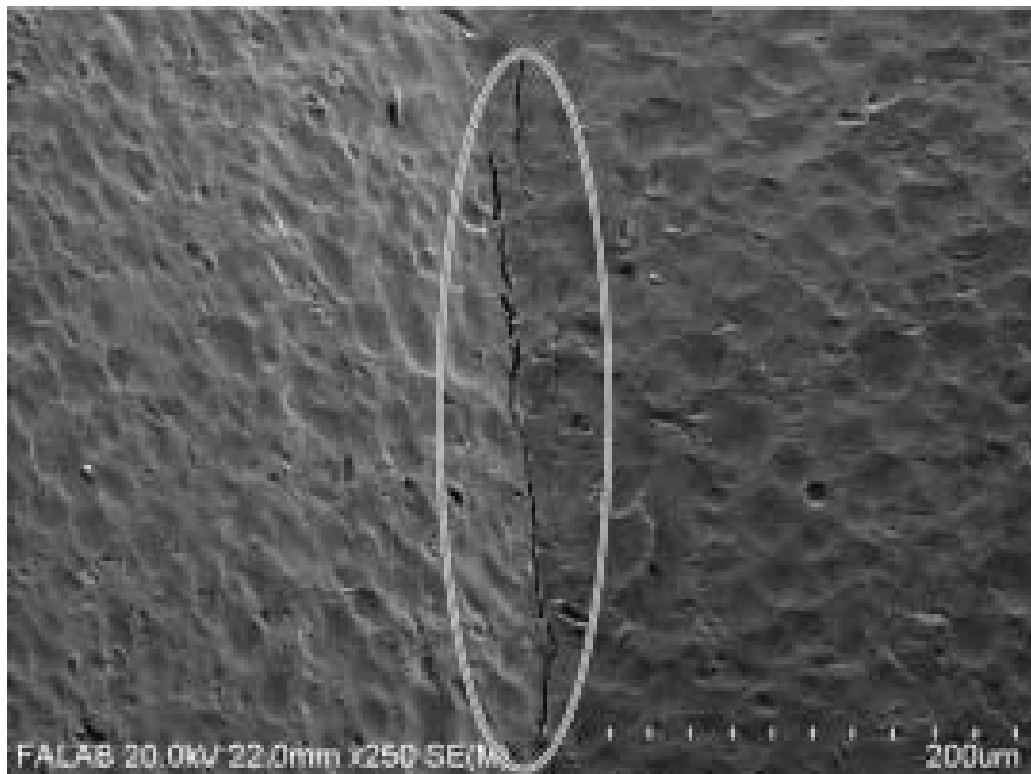
说明: 检材表面光滑, 未发现锋棱、毛刺、附着物等

图 3 检材外观检测

### 3.5.2 表面缺陷检查

依据 GB/T 19863-2005《体视显微镜试验方法》、GB/T 17359-2012《微束分析 能谱法定量分析》对检材 1~

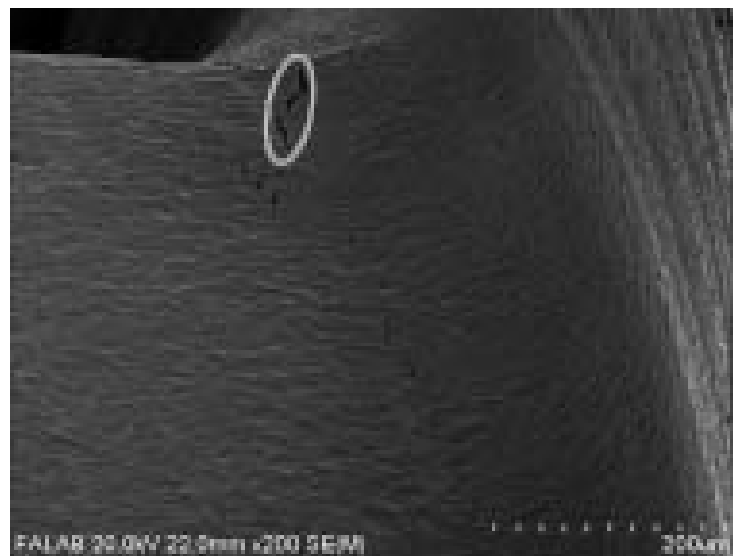
10 进行表面缺陷检查, 发现检材表面均存在(裂纹)不连续缺陷(如图 4 所示), 不符合 YY 0018-2008《骨接合植入物 金属接骨螺钉》4.4.1 的要求。



(a)



(b)



(c)



(d)

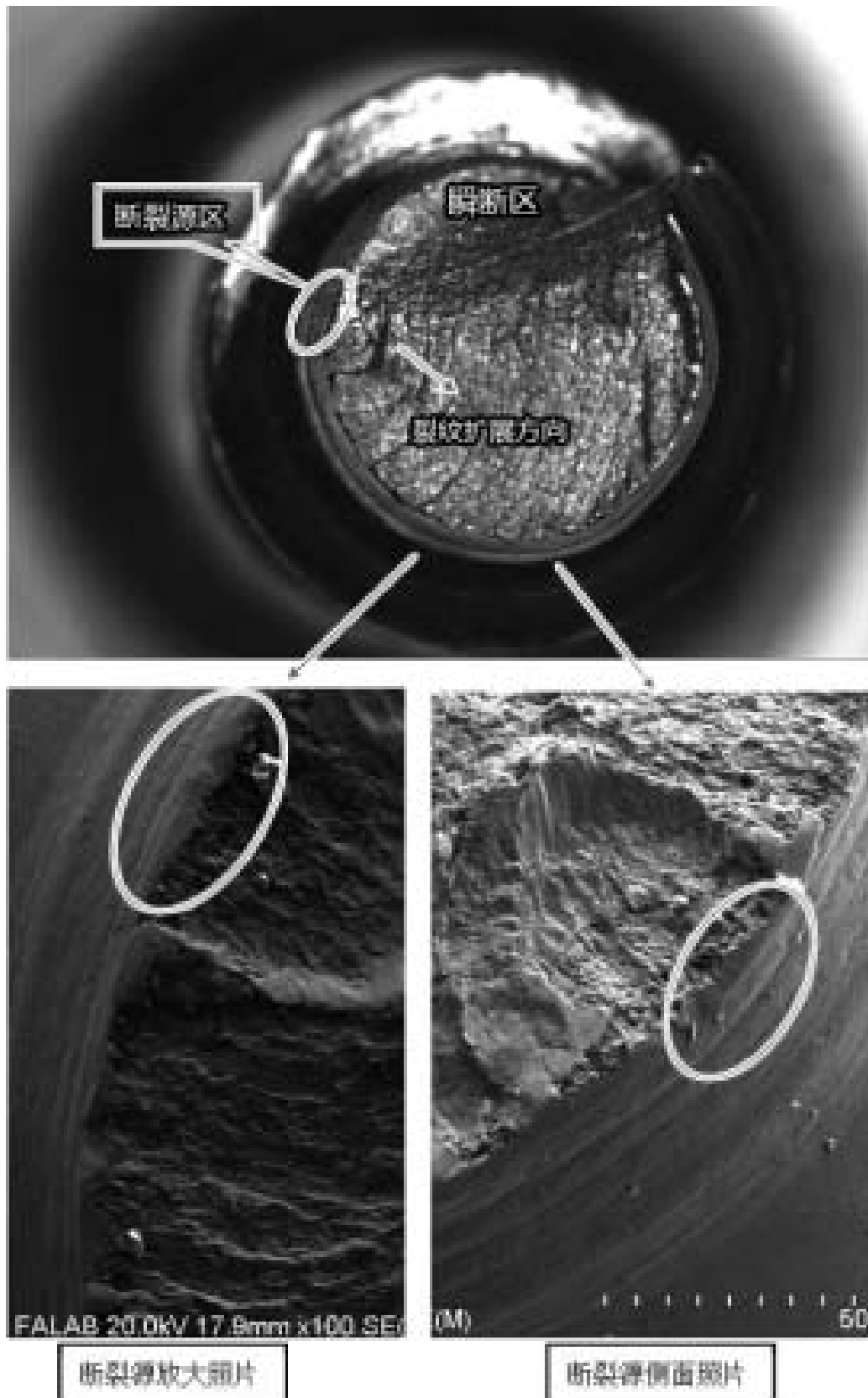
说明: 检材表面存在不连续缺陷(裂纹)代表性图片

图 4 检材表面缺陷检测

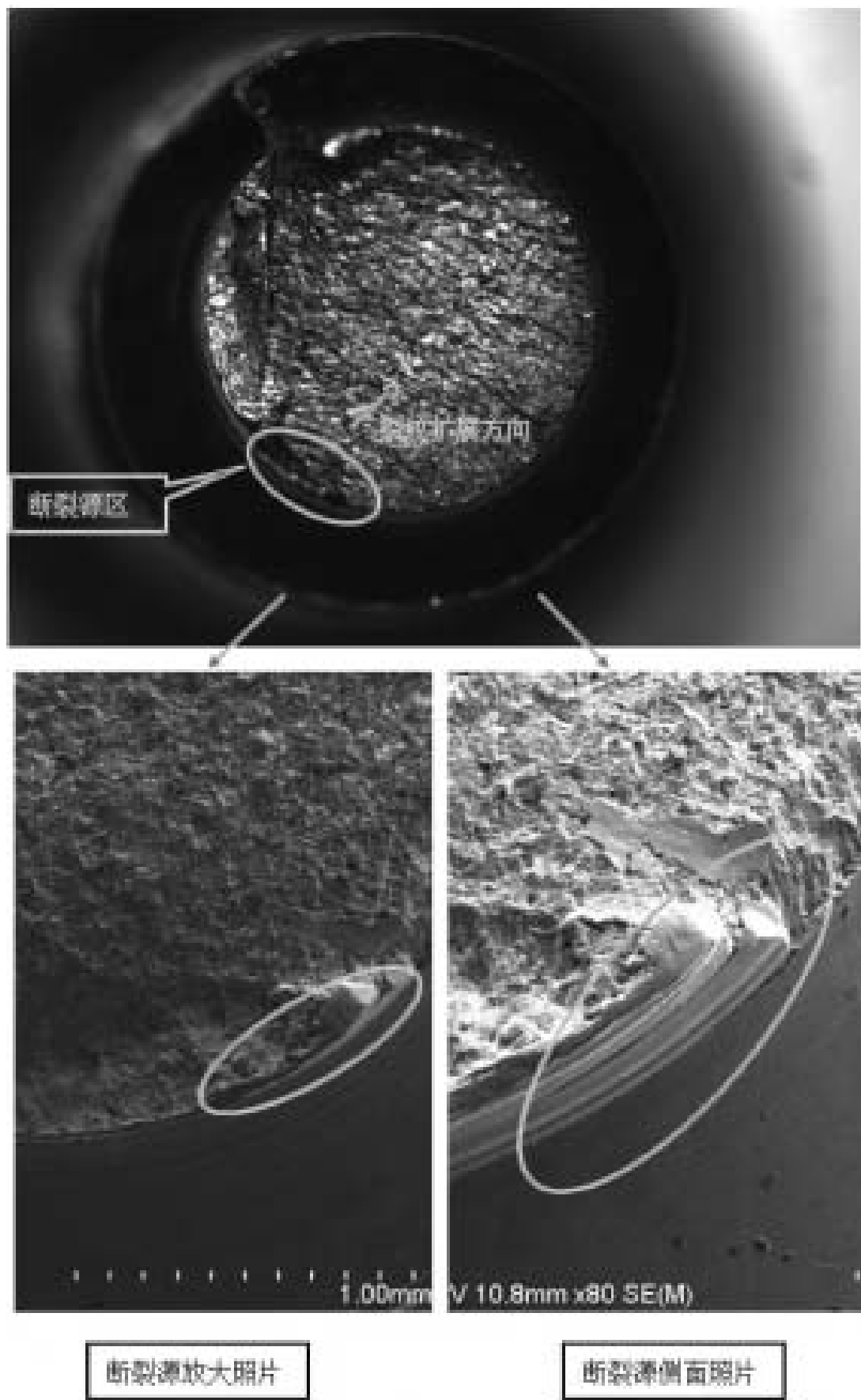
### 3.6 断口分析<sup>[5]</sup>

用体视显微镜和扫描电子显微镜对检材 5~11 的断口进行观察分析(如图 5 所示),发现断口宏观均呈疲

劳断口,以海滩或贝壳花样的疲劳弧线形貌为主,微观存在疲劳条带。断裂主要源于靠近螺钉头部第二、三阶螺纹部位,断裂从螺纹小径边缘部位开始。

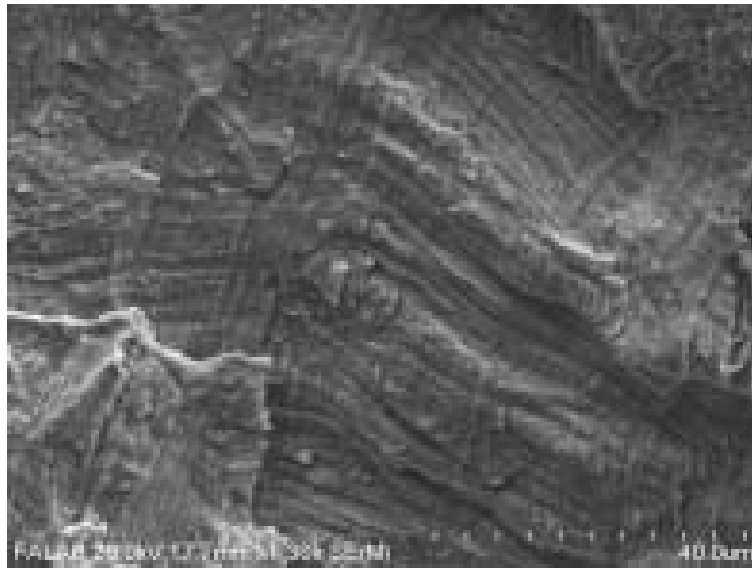


(a)断口宏观形貌(检材 5)



(b)断口宏观形貌(检材 9)

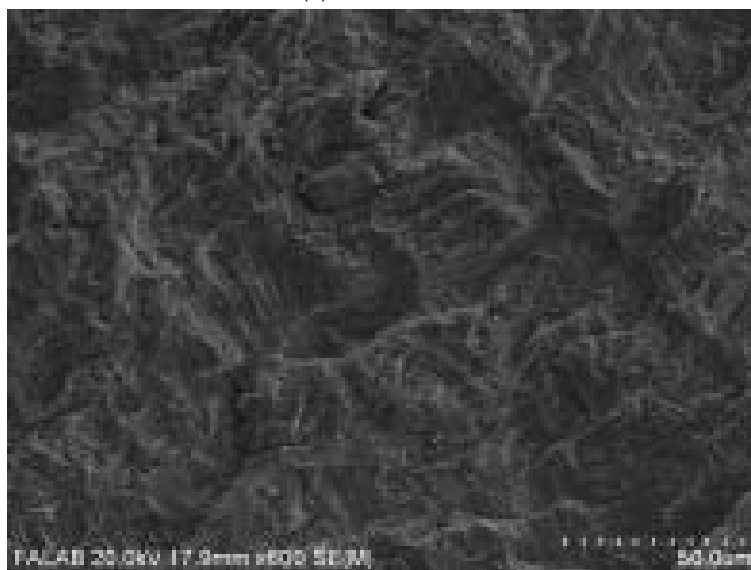




(c)断口微观形貌



(d)断口微观形貌



(e)断口微观形貌

图 5 断口分析照片

### 4 分析讨论

由第3.6小节“断口分析”可知,断口宏观均呈疲劳断口,以海滩或贝壳花样的疲劳弧线形貌为主,微观存在疲劳条带。断裂主要源于靠近螺钉头部第二、三阶螺纹部位,断裂从螺纹小径边缘部位开始。结合第3.5.2小节“表面缺陷检查”发现,检材1~10距离螺钉头部第一或二或三阶螺纹小径部位,存在平行于断口方向的裂纹,且检材11显微组织检查发现检材表面裂纹已扩展到检材内部。通过对以上物证特征综合分析可知,涉案金属接骨螺钉断裂的原因为:检材表面存在的(裂纹)不连续缺陷,在使用过程中,受到循环应力作用,不断扩展最终导致的疲劳断裂。


### 5 结论

本文中,金属接骨螺钉断裂的原因为:检材表面存在的(裂纹)不连续缺陷,在使用过程中,受到循环应力作用,不断扩展最终导致的疲劳断裂。金属接骨螺钉植入

人体内后,由于人体的体重、运动等因素使得金属接骨板的受力情况非常复杂,本文利用光学金相显微镜和电子探针等分析技术手段及断口分析技术,对患者体内断裂的金属接骨螺钉失效原因进行了分析探讨,为今后金属接骨螺钉断裂失效的分析奠定了坚实的基础。

### 参考文献:

- [1]徐培元.骨科人工植入物金属材料及其失效原因分析[J].上海生物医学工程通讯,1987,(03).
- [2]王玉集,刘晓伟,孙玉泉,等.不锈钢直型加压接骨板断裂分析[J].理化检验:物理分册,2000,36(8):362-364.
- [3]王玉集,刘晓伟,孙玉泉,等.金属接骨螺钉断裂失效原因[J].物理测试,2000,(5):39-40.
- [4]龚桂仙,吴立新,张友登.不锈钢接骨板和骨钉断裂失效分析[J].武汉工程职业技术学院学报,2010,22(3):33-35.
- [5]钟群鹏,赵子华.断口学[M].北京:高等教育出版社,2006.

上接 11 页 

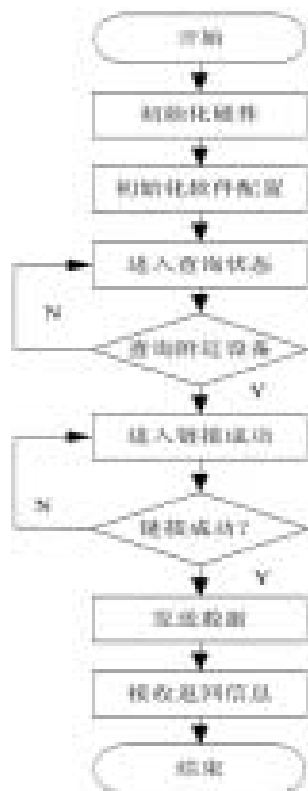


图 5 数据采集终端软件流程图

### 5 结论

根据目前煤层气录井系统的现状,本设计的主要优势是去除了有线系统和 FID 氢火焰离子检测法,减少了复杂的设备安装和维护。采用高精度红外甲烷检测仪检测煤层气甲烷浓度,并通过 ZigBee 技术进行组网高效同步的传输数据。该系统以其精度高、扩展性好、传输稳定及实时性强等优点足以满足煤层气录井系统对准确性、连续性的要求,这为及时准确探明煤层位置和判断煤层的含气性及气层厚度有着无可替代的作用。

### 参考文献:

- [1]郑奕挺.基于红外光谱吸收法的煤层气录井系统[J].中国煤层气,2010,(5):21-24.
- [2]孙继平.煤矿监控技术装备与标准[M].北京:煤炭工业出版社,2011:9-11.
- [3]公茂法,殷凡姣,李玉午,等.基于 ZigBee 和 GPRS 的远程无线抄表系统设计[J].电子质量,2014,(8):19-22.
- [4]李自珍,郭宝安.MSP430 系统应用结构设计及选型[J].单片机与嵌入式系统应用,2007,(7):11-13.
- [5]Chipon 公司.CC2430 Datasheet[Z].2008.