

提高大扭矩旋挖钻机用螺旋钻头 安全性的分析及措施

黄玉文, 翁 炜, 冯美贵
(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要:通过对旋挖钻机用螺旋钻头的模拟分析和失效形式研究,探讨了螺旋钻头的结构、材料和加工工艺,采用安全钢丝绳结构,提高了大扭矩旋挖钻机用螺旋钻头的强度和安全系数。同时介绍了钻头制造和使用过程中的注意事项。

关键词:短螺旋钻头;强度;安全系数;模拟分析;安全钢丝绳;心管

中图分类号:P634.4⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)11-0042-02

Analysis on Improvement of Safety of Rock Auger for High Torque Rotary Drilling Rig and the Measure/HUANG Yu-wen, WONG Wei, FENG Mei-gui (Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: According to the simulation analysis and study on failure mode of rock auger, the structure, material and manufacture technology are discussed. The safety wire rope structure is used to improve the strength and the safety factor of rock auger used for the high torque rotary drilling rig. Furthermore, the attentions in manufacture and application of rock auger are mentioned.

Key words: rock auger; strength; safety factor; simulation analysis; safety wire rope; core shaft

0 引言

硬岩地层钻进是旋挖钻机施工的难点之一,短螺旋钻头由于其破岩能力强,目前得到了广泛应用。随着我国旋挖钻机向着大型或超大型的方向发展,钻机的功率和输出扭矩不断加大,钻进地层的硬度和强度日益增加,钻具的受力情况恶劣,在施工过程中因钻具受损甚至断裂而造成的孔内事故也随之增长,严重影响了工程进度和安全,为施工者带来了巨大的经济损失。在此种情况下,从结构、材料与加工工艺着手,提高短螺旋钻头的强度和安全系数迫在眉睫。

1 短螺旋钻头的失效形式

常规旋挖钻机用短螺旋钻头主要由连接方、连接方板、心管、主螺旋叶片和引导螺旋叶片、螺旋定心等组成,其结构如图1所示。

根据对短螺旋钻头的实际应用情况进行调研后发现,目前旋挖钻机用短螺旋钻头的主要失效形式如下:

(1) 钻头连接方与钻头主体脱离,或钻头法兰受扭转变形;

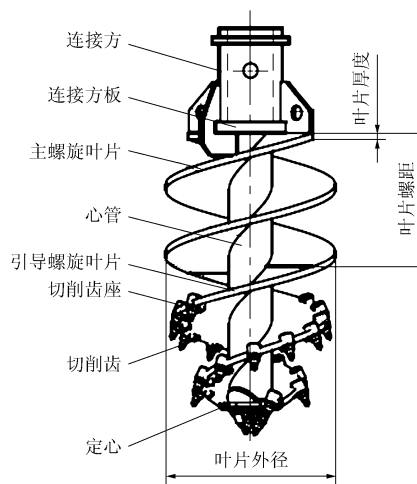


图1 旋挖钻机用双锥双螺短螺旋钻头结构示意图

- (2) 螺旋心管断裂或变形,造成钻头断裂;
- (3) 螺旋叶片变形。

通过上述分析可以看出,短螺旋钻头的失效可能造成螺旋钻头部分或整体掉入孔内,造成孔内事故,要防止此类事故造成的损失,可以采用必要的可靠性结构设计,通过选材、加工工艺等方面来提高螺旋钻头强度。

收稿日期:2011-05-10; 修回日期:2011-06-24

作者简介:黄玉文(1968-),男(汉族),江苏人,北京探矿工程研究所大口径岩土钻掘技术研发中心主任、高级工程师,探矿工程专业,从事大口径旋挖钻具的设计、研发工作,北京市海淀区学院路29号,huangyuwen1968@163.com。

2 短螺旋钻头的受力分析与强度校核

为提高大扭矩钻机用短螺旋钻头的安全系数,笔者在文献[5]的基础上,采用 SolidWorks 软件对短螺旋钻头进行整体建模,并通过 SolidWorks Simulation 有限元设计分析软件进行受力分析。

设定参数为在连接方内部施加回转扭矩 T 和轴向压力 F ,假设螺旋叶片固定,即按照发生螺旋叶片卡钻的情况对其进行受力分析,其结果如图 2 所示。螺旋钻头的应力集中区域除固定段(卡钻段)外,应力集中也主要产生在连接方连接处及心管与叶片的连接处,可见对短螺旋钻头的分析结果与实际失效变形方式一致。

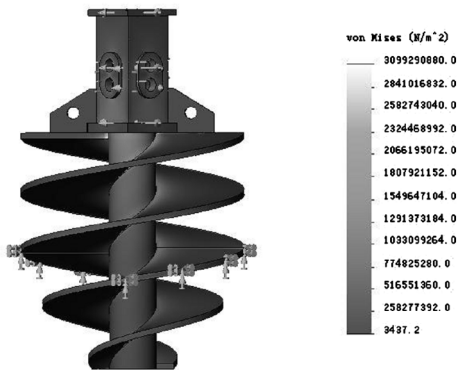


图 2 短螺旋钻头简化结构 SolidWorks 受力模拟应力分析图

通常情况下,螺旋心管的变形主要为因扭转产生的变形,故此根据第三强度理论对螺旋心管的强度进行校核计算,采用不同材质和不同尺寸的螺旋心管的安全系数如表 1 所示。

表 1 不同心管材质的无缝钢管系列受力分析信息

无缝钢管的心管材质	心管直径 × 厚度/mm	扭矩 T / (kN·m)	压力 F /kN	σ_s /MPa	最低安全系数	质量/kg
20 号钢	245 × 60	420	460	245	0.77	328.49
	273 × 40	420	460	245	0.87	275.81
	273 × 50	420	460	245	0.98	329.97
某种低合金结构钢	245 × 40	420	460	325	0.89	242.67
	245 × 50	420	460	325	0.98	288.54
	273 × 30	420	460	325	0.97	215.74
某种铬钼合金结构钢	273 × 40	420	460	325	1.16	275.81
	245 × 25	420	460	835	1.72	162.77
	245 × 30	420	460	835	1.93	190.88
钢	245 × 40	420	460	835	2.28	242.67
	273 × 25	420	460	835	2.20	183.48
	273 × 30	420	460	835	2.50	215.74

其中设定模拟钻机能力参数:扭矩 420 kN·m,加压力 460 kN,起拔力 460 kN。

按照第三强度理论对心管进行强度校核:

$$\sigma_3 = \sqrt{\sigma_m^2 + 4\tau_m^2}$$

式中: σ_m ——截面最大正应力, τ_m ——截面最大剪应力。

设计人员可根据理论、经验及制造生产成本选择合适的材料或者改变心管尺寸参数,以满足不同能力钻机在不同地层条件下的钻进要求。

3 短螺旋钻头的安全结构设计

在提高心管强度的同时,笔者在螺旋钻头心管内部附加了防断安全钢丝绳结构,钢丝绳上端与连接方板相连接,从心管内部通过后与定心相连接,组装后钢丝绳的长度略长于心管长度,在正常的钻进过程中钢丝绳不受力,当短螺旋钻头受外力破坏甚至发生断裂的情况下,螺旋钻头的下端下落,钢丝绳拉紧受力,防止下部断裂螺旋落入孔内,钻机上提钻杆带动钻头上行,通过钢丝绳将断裂的下部螺旋提出孔外,避免孔内事故的发生。

4 短螺旋钻头的加工工艺和使用注意事项

通过上述分析结果可以看出,短螺旋钻头在受到钻机施加作用在连接方上的回转扭矩和压力时,螺旋钻头应力集中的部分在各个连接焊缝处,故此除提高心管的强度之外,在加工过程中还要注重加工工艺的控制。螺旋钻头加工的主要手段是焊接,在焊接的过程中要预防和消除部件因焊接产生的应力集中和变形,特别要注重心管与螺旋叶片因材料不同产生的焊接缺陷,不同的心管材料要采用不同的加工焊接工艺。

短螺旋钻头的加工采用二氧化碳气体保护焊接工艺,心管材料采用高强度铬钼合金结构钢无缝钢管,螺旋钻头其他材料采用 Q345B 钢板,主要技术要点如下:

- (1) 采用分段焊接、对称焊接等工艺,减少螺旋钻头各部件受热变形;
- (2) 焊接前将焊接坡口及其周边 50 mm 的范围内清理干净,不能有铁锈、油污等异物;
- (3) 焊接前按照材料要求进行焊前升温,到温焊接,焊后保温,减少部件热应力,提高焊接强度;
- (4) 焊接过程中合理安排焊接工序,注意检查每道工序质量,加强过程控制。

5 结语

本文主要探讨了短螺旋钻头的受力情况和失效形式分析,针对大扭矩钻机的特点,采用大直径厚壁
(下转第 47 页)

沉淀清除。并且一台洗井装备可保障1~3台钻机构筑管井施工的需要。

(4)进行构筑管井给水站施工,可减少人员、车辆、管材、事故处理工具等大量装备器材,人员、装备使用率由原来的75%提高到95%以上。

(5)实现了洗井的自动化、专业化、程控化,可较大的提高效率、降低成本,特别是配合进口动力钻机使用,洗井阶段成本可降低90%。

(6)提高了给水部队平时的给水保障能力,也增强了修复和启封野战管井给水站的能力。



图7 野战洗井抽水装置洗井图片

6 应用效果

野战洗井抽水装置研制成功后,2008、2009年分别在银川市西夏区兴盛打井队、银川市市盈钻井工程有限公司、兰州军区联勤部钻井队钻井施工中使用,由于该设备可以准确的清洗含水层段过滤管,实现了洗井程序化、数字化控制,避免了人为因素的干扰并且自动执行洗井设定参数,洗井效率高、经济效益显著。2010年在宁夏回族自治区“百井支农富民工程”中投入使用,分别在石嘴山市惠农区红果子工业园供水井、兰州军区合同战术综合训练基地供水井的钻井施工中担负洗井任务,另外还为宁夏回族自治区民兵武器库供水管井、宁夏军区供水管网1号、3号井、雷达52团第六雷达站等单位洗井均圆满完成了任务。特别是为兰州军区雷达52团第六雷达站(鄂托克前旗)供水井洗井(见图7),使该站一眼近15年的旧井重新焕发活力,日出水量达到1200 t。

(上接第43页)

合金钢管作为心管材料,提高了安全系数;采用安全钢丝绳结构设计,在理论上提高了螺旋钻头的安全性能;依靠严格的加工工艺控制和施工工序保证,提高了施工的安全保障。在实际应用中,我所生产的螺旋钻头已经在420 kN·m以上的大扭矩钻机生产实践中成功应用,钻头的强度可满足钻进要求,施工者认为,安全钢丝绳结构进一步提升了他们的施工信心,保障了钻孔安全。同时需强调的是,无论在何种情况下,施工过程中要做到勤于观察、谨慎操作,这样才能最大程度地防止孔内事故的发生。

7 结语

该设备可独立于钻井机进行洗井,对水井施工工艺进行流程再造,可提高单井构筑管井效率近一倍,极大地拓展和提高了钻井设备的作业效率。实践证明其具有较高的军事、经济效益和广阔的推广应用前景。

参考文献:

- [1] 吴翔,张涛,鄢泰宁,等.水文水井抽水试验参数自动监测系统的研制与应用[J].探矿工程,2001,(4):43-44.
- [2] 吕光辉,李巍,张士勇,等.干式浅井钻机的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(5):43-44.
- [3] 王景昌.油井洗井方法及车载洗井装置[J].油气田地面工程,2009,(4).
- [4] 李明,林文彬.水井洗井技术的探讨[J].西部探矿工程,2008,(8).
- [5] 金瞰崑,李世峰.洗井的影响因素[J].水文地质工程地质,1995,(6).

参考文献:

- [1] 胡继良,史新慧,黄玉文,等.短螺旋钻头在旋挖钻施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(1).
- [2] 朱迪斯,黄玉文,史新慧,等.旋挖钻机岩石钻进试验[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(3).
- [3] 冶金工业部地质勘查总局,等.岩土钻掘钻头[M].北京:冶金工业出版社,1997.
- [4] DS SolidWorks公司. SolidWorks Simulation 基础教程[M].北京:机械工业出版社,2009.
- [5] 冯美贵,胡继良,黄玉文,等.基于SolidWorks三维设计的短螺旋钻头芯轴管受力分析[J].地质装备,2009,(1).