

潜孔锤跟管钻进套管断裂分析及结构改进

张晓光¹, 陈一也²

(1. 吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130026; 2. 中冶沈勘工程技术有限公司, 辽宁 沈阳 110016)

摘要:潜孔锤跟管钻进技术是解决复杂地层钻进的一种有效手段,但在实际应用中存在套管断裂失效等问题。对套管受力进行有限元分析表明,由于套管退刀槽自身尺寸和位置的关系,导致疲劳破坏。针对这一问题,提出加长管靴长度,以减弱冲击载荷对套管的影响。对比改进前后的有限元计算结果,套管退刀槽处应力、应变明显下降,受力状况得到改善。现场试验结果表明,改进方案切实有效。

关键词:潜孔锤;跟管钻进;有限元;结构改进

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)10-0043-03

Failure Analysis and Structure Improvement of DTH Drilling with Casing/ZHANG Xiao-guang¹, CHEN Yi-ye²

(1. College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun Jilin 130026, China; 2. Shen Kan Engineering & Technology Corporation, China Metallurgical Group Corporation, Shenyang Liaoning 110016, China)

Abstract: DTH drilling with casing is an effective means to deal with drilling in complex strata. However, the case is usually broken in practical application. Based on the finite element analysis, it is the relation between size and position of case tool escape that causes the case fatigue damage. To solve this problem, pipe shoe was lengthened in order to weaken the impact on case. Compared to the original design, stress and strain of the improved case were dramatically declined with force status greatly improved. The results of field test indicate that the improving scheme is practical and effective.

Key words: DTH; drilling with casing; finite element; structure improvement

0 引言

潜孔锤跟管钻进技术是一种专门针对复杂地层钻探的工艺方法,该项技术在钻进的同时实现跟进套管,既能保证较高的钻进效率,又能有效防止塌孔、卡钻、埋钻等孔内事故^[1,2]。目前潜孔锤跟管技术已成功应用于卵石、砾石、堆积等地层的工程钻探,取得了很好的社会效益和经济效益,解决了复杂地层钻探这一施工难题^[3-5]。

河南栾川钼矿是我国重要的钼矿生产基地。该矿区地质构造复杂,地层裂隙发育,加之爆破开采、空区回填等因素,采用常规钻进手段进行勘探施工很难成孔,孔内事故频繁。为解决该地区复杂地层钻探问题,将潜孔锤跟管钻进技术引入。现场试验结果表明,跟管技术有效解决了该地区进尺困难钻进效率低、地层破碎不易成孔、冲洗介质漏失等问题,取得了很好的应用效果。但同时也存在一些问题,其中在跟管钻进过程中套管断裂失效问题最为突出。针对这一问题对套管受力状态进行有限元分析,并提出优化方案,借以改善套管工作条件,提高使用寿命。

1 套管断裂问题

现场试验发现,在跟管钻进过程中,套管随钻下入孔内一定深度后,套管与管靴螺纹连接处发生断裂,造成管靴脱落,无法继续跟管施工。个别地层跟管3~5m即发生管靴脱离现象。从套管断口可以看出,断裂的位置位于套管螺纹根部管壁最薄处(见图1)。

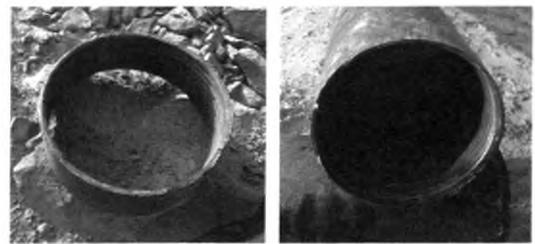


图1 套管断裂实物照片

潜孔锤跟管钻进中,钻头偏心块打开时的成孔直径大于套管直径,从理论上说套管依靠自重即可完成跟管,但由于孔壁的坍塌和振动密实,使套管与孔壁的侧摩阻力大于套管自重,必须依靠冲击器的振动夯管才能实现跟管钻进。试验结果表明,钻达一定深度后,会出现钻进和跟管不同步的现象。这

收稿日期:2011-02-21; 修回日期:2011-04-25

作者简介:张晓光(1961-),男(汉族),吉林人,吉林大学建设工程学院,地质工程专业,从事多工艺冲击回转钻进技术研究及地质勘探工作,吉林省长春市西民主大街6号,zhangxgd@163.com。

说明,随着钻进深度的增加,套管外壁摩擦力逐渐增大,最终钻进速度高于跟管速度,套管完全依靠冲击作用跟进,这种高频冲击造成了套管工作条件的恶劣。同时,由于退刀槽处厚度较小又距离管靴凸肩较近,是破坏最易发生的位置。

2 有限元数值模拟

位于孔内的套管和管靴受到周围地层摩擦力和冲击载荷作用,套管发生轴向变形。可将整个系统视为在轴向拉力作用下发生拉伸变形(见图2),从套管结构可以看出位于螺纹根部退刀槽处管壁最为薄弱,该位置所受应力最大。

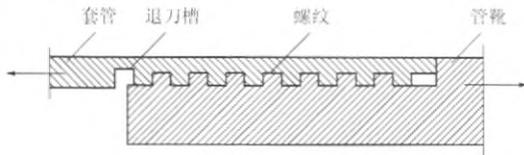


图2 套管、管靴受力示意图

为了更直观地了解套管内的受力状态,采用有限元法模拟套管在钻进中的受力情况,为结构改进提供依据。

2.1 建立管靴、套管三维模型

跟管钻进中,套管与管靴作为一个整体随钻下入孔内,套管与管靴螺纹连接,考虑到破坏发生在螺纹根部,所以建模时将套管与管靴生成为一个零件,取消两者间的螺纹,但保留螺纹根部的退刀槽。为了便于观察计算结果,将套管和管靴沿轴向切开,只生成半个模型。根据现场使用套管、管靴实际尺寸,建立几何模型(见图3)。

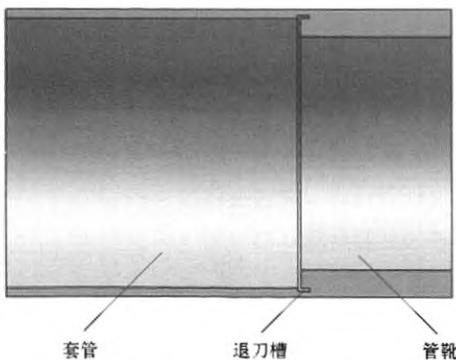


图3 管靴与套管几何模型

2.2 设定材料和划分网格

将模型材料设置为合金钢,其弹性模量 $E = 2.1 \times 10^5$ MPa,泊松比 $\mu = 0.28$,屈服强度 $\sigma_s = 620$ MPa。根据模型尺寸选择适当的网格精度,生成网格。

2.3 施加约束和边界条件

位于孔内的套管和管靴在冲击作用下,主要发生轴向变形。因此对套管内壁施加固定约束,套管外表施加圆柱面上约束,在整个模型的轴向截面上施加对称约束。在管靴凸肩面上施加轴向载荷,模拟冲击力,大小为 90 kN。

2.4 计算结果

有限元计算结果表明(见图4、5):当管靴凸肩受到轴向载荷时,管靴受到较大的压应力载荷;由于套管退刀槽处壁厚较小,沿套管壁出现一个拉应力圈,这与实际套管断裂位置相同;整个模型所受最大应力为 70.7 MPa,最大应变为 2.484×10^{-4} 。分析认为,孔内的套管在孔壁摩擦力的作用下有保持静止的趋势,而管靴在冲击器的冲击下有向下运动的趋势,两者间的作用力通过螺纹传递,而在退刀槽处的套管管壁最薄,受力能力最差,最易破坏。套管所受的最大应力小于套管材料的屈服强度,说明单次冲击并不能造成套管断裂,其破坏是由多次冲击累加的疲劳破碎造成的,计算结果与试验结果吻合。

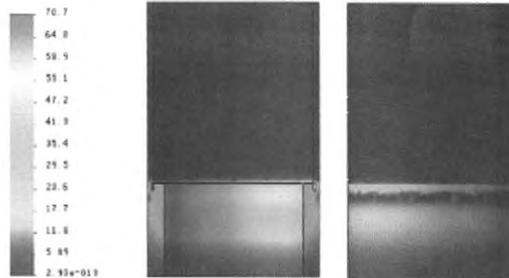


图4 改进前模型应力分布图

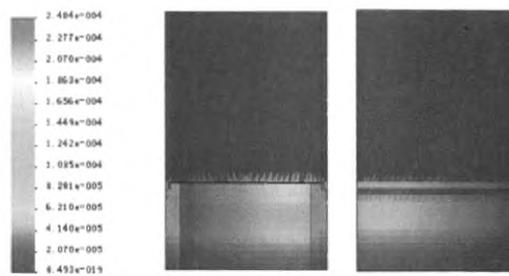


图5 改进前模型应变分布图

3 管靴结构改进

为防止套管在钻进中的断裂破坏就必须改善套管螺纹退刀槽处的受力状态。通常的方法可以增加套管壁厚,然而由于钻具间的尺寸配合关系,套管壁厚尺寸的增加幅度有限,改善应力状态的作用有限,同时单独加工厚壁套管成本也较大。另外一种方法是将套管易破坏位置移离受力区,即通过加长管靴将管靴凸肩下移(见图6),通过加长凸肩至退刀槽

的距离,减弱冲击载荷的影响,该方法较易实现,加工成本也较低。



图6 改进后套管、管靴几何模型

为了验证加长管靴的可行性,对改进后的管靴和套管再次进行有限元分析。

由图7、8的计算结果可知,改进后套管受力状态明显改善,应力、应变值显著降低,而应力区主要集中的管靴前部,应力、应变最大区域位于管靴凸肩上,分别为102.7 MPa和 2.672×10^{-4} 。改进后最大应力区发生变化,整个模型的应力、应变值与改进前有所增加,这是结构发生变化的结果。虽然管靴凸肩处应力增大,但主要为压应力,并且仍远小于管靴的屈服强度,同时管靴壁厚较大抗破坏能力强,改

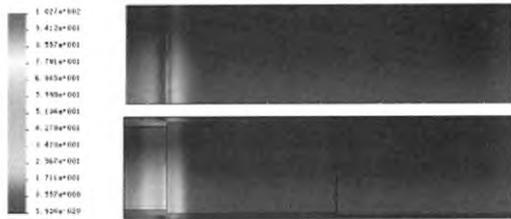


图7 改进后模型应力分布图

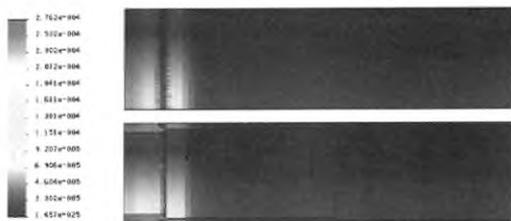


图8 改进后模型应变分布图

进后的工作性能优于改进前。在管靴凸肩和套管退刀槽上任取一点,对比改进前后的应力、应变值(见表1)。由表1可知,改进后套管退刀槽处 Mises 应力由 31.5 MPa 降低至 0.007 MPa,对等应变由 1.468×10^{-4} 降低为 4.458×10^{-8} 。

表1 改进前后的应力、应变值

名称	Mises 应力/MPa		对等应变	
	改进前	改进后	改进前	改进后
管靴凸肩上一点	39.4	94.55	1.645×10^{-4}	2.626×10^{-4}
套管退刀槽上一点	31.5	0.007	1.468×10^{-4}	4.458×10^{-8}

4 结语

通过对套管有限元分析可知,由于套管退刀槽处自身尺寸和位置的关系,导致其在多次冲击载荷作用下发生疲劳破坏,为保证套管工作的可靠性必须改善套管受力状况。通过加长管靴长度,减弱了冲击载荷对套管的影响,对比改进前后套管的有限元结果,套管退刀槽处应力状况得到明显改善,应力主要集中在管靴的凸肩处,有效提高套管的使用寿命,保证了钻进持续性。现场试验结果表明,使用改进后的管靴,跟管深度明显提高,平均深度 > 20 m,改进方案可行、有效。

参考文献:

- [1] 赵建勤,李子章,石绍云,等. 空气潜孔锤跟管钻进技术与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(7):55-59.
- [2] 张泽业,唐雪云. 影响空气潜孔锤跟管钻进速度和跟管深度因素的分析[J]. 西部探矿工程,1997,(9):58-59.
- [3] 张新德,白永胜,杨宇明. 空气潜孔锤跟管钻进在卵石地层中的应用效果[J]. 西部探矿工程,2001,(4):96.
- [4] 刘士虎,卢文阁. 偏心潜孔锤跟管钻进技术在砂砾石层中的应用[J]. 地质装备,2006,(4):37-39.
- [5] 计胜利,张勇,张育柏. 潜孔锤跟管技术在挡土墙加固工程中的应用[J]. 世界地质,2001,(6):206-208.

(上接第49页)

(2)对于钢筋笼制作、安放方面,由于钢立柱锚入钢筋笼底部,制作、安装难度较大,要注意吊装过程中的受力平衡,合理计算各吊点的位置。

(3)采用支腿式地下连续墙技术可以有效节省施工工期,为后序工作赢得时间,使项目建设总工期得到合理压缩,项目尽早进入使用阶段,为建设项目提前受益,同时提高了经济效益,节约了投资成本。

参考文献:

- [1] 叶书麟. 地基处理工程实例应用手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.

- [2] 丛馥森. 地下连续墙的设计施工与应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001.
- [3] 龚晓南,等. 基坑围护设计若干问题[J]. 建筑技术,1998,29(S4).
- [4] 高大钊,陈忠汉,等. 深基坑工程[M]. 北京:机械工业出版社,1999.
- [5] 吴伟军. 超宽、超深地下连续墙施工技术[J]. 建筑施工,2006,(5).
- [6] 唐俊杰,等. 地铁车站地下连续墙“二墙合一”深基坑施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(2).
- [7] 刘永杰,等. 地下连续墙技术在深基坑围护中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(7).
- [8] 姜天鹤,等. 支腿式地下连续墙施工工法[P]. 中国专利:200710306591.