

绳索取心钻杆螺纹锥度与强度关系及应力研究

煤炭科学研究总院西安分院 冯清文

提 要 通过一系列室内拉伸、扭转及光弹应力试验,研究了绳索取心钻杆螺纹锥度与强度的关系及其应力分布规律。
关键词 绳索取心 钻杆 螺纹 应力分布

1 前言

钻杆是孔底钻具的重要组成部分,同时也是回转钻进设备及钻具中耗费最大的部件之一。在钻进和提下钻过程中,钻杆会承受拉伸、压缩、扭转等交变复合应力的作用。尤其是绳索取心钻杆,不仅是冲洗液的通道,同时也是绳索取心器投放与取出的必经之路,因而其工作条件更为恶劣。现场钻进结果表明,绳索取心钻杆常因内螺纹外圆磨损和外螺纹根部折断而失去其使用功能,后者出现概率更高,且往往超前于前者,因此外螺纹强度成了影响绳索取心钻杆使用寿命的主要因素。通过分析已有成果,我们认为螺纹锥度与螺纹强度有着密切联系,因此通过室内试验研究二者间的关系并配合光弹应力试验研究螺纹应力分布规律,对于合理设计绳索取心钻杆螺纹、延长绳索取心钻杆使用寿命,有着重要的意义。

2 螺纹锥度与螺纹强度关系的试验研究

2.1 内外螺纹不同配合锥度条件下的试验研究

2.1.1 试验条件及方法

选用 30CrMnSiA 调质管材,按表 1 中设计的不同配合锥度及间隙,加工 8 组试件,与日本利根公司 NQT 绳索取心钻杆螺纹副一同进行拉伸和扭转试验。

2.1.2 试验结果及分析

拉伸与扭转试验结果见表 1。由表 1 可以看出:第 3 组试件为负的手拧紧密距,虽然抗扭强度较高,但在实际钻进中,螺纹拧到根部后,螺纹副间仍有间隙,无预紧张力矩,内外螺纹配合不紧,容易造成螺纹早期磨损和脱扣现象。同理第 2 组手拧紧密距为零也是不合理的。相反第 6 组和第 7 组试件因大头过盈量大致使手拧紧密距过大,从而增加了拧卸扣的困难,强制上扣后内螺纹大端变形量加大,还会造成内螺纹大端部纵向开裂而过早损坏;同时外螺纹危险断面向小端移动,降低了螺纹的抗拉强度。

第 1、3、5、7 组试件与 NQT 试件外螺纹锥度一样,亦即危险断面积一样,其拉伸、扭转强度相差不多,说明承载能力的大小与内螺纹锥度及尺寸变化关系不

表 1 不同锥度配合的螺纹强度试验

组号	配合锥度		小头 间隙 /mm	大头 过盈 /mm	手拧紧 密距 /mm	拉伸 /kN	扭转 /Nm
	内	外					
1	1/30	1/	0	0.106	2.97	466.7	5867
3		27.991	0.019	-0.029	-3.5	441.3	6250
2	1/	1/30	0.315	0	0	417.3	6825
4	32.991		0.029	0.106	3.18	444.5	5850
5	1/35	1/	0.211	0.106	2.97	454.0	5483
7		27.991	0.125	0.192	5.37	396.3	6133
6	1/	1/25	0.135	0.296	7.40	400.3	7100
8	32.999		0.325	0.106	2.97	466.7	8000
NQT	1/	1/	0.135	0.106	2.97	466.7	7867
	32.999	27.991					

大。
第 2 组和第 4 组试件外螺纹锥度小,相应危险断面积亦小,与外螺纹锥度较大的第 6 组和第 8 组试件比,承载能力较低。因此加大外螺纹锥度是提高承载能力的有效途径。

日本利根公司 NQT 钻杆外螺纹锥度 1 : 27.991,内螺纹锥度 1 : 32.999,小端间隙与大端过盈量分别为 0.135、0.106mm,配合合适,不会产生松旷现象。现场钻进表明拧卸扣省力、承载力高。

2.2 内外螺纹相同配合锥度条件下的试验研究

2.2.1 试验条件及方法

同样选用 30CrMnSiA 调质管材,按表 2 设计加工了 3 种相同锥度的 3 组试件,进行拉伸和扭转试验。

2.2.2 试验结果及分析

试验结果列于表 2 中。由表 2 看出,随着螺纹配合锥度的增大,螺纹危险断面积及承受拉伸和扭转载荷的能力有加大的趋势,当配合锥度为 1 : 25 时,螺纹承载能力最高。因此设计相同配合锥度的螺纹副时,应在内外螺纹壁厚允许的范围内,尽量选取危险断面积大的设计方案及较大的配合锥度(1 : 25)和适当的大端过盈量(0.106mm)。

2.3 内外螺纹不同配合锥度与相同配合锥度之区别

表 2 相同锥度相配合的螺纹强度试验

试件 组号	配合锥度		过盈 /mm	手拧紧 密 距 /mm	拉伸 /kN	扭转 /Nm	危险断面 积 /mm ²
	内	外					
9	1/30	1/30	0.05	1.5	405.7	6150	385.99
10	1/25	1/25	0.106	1.5	576.0	7233	406.71
11	1/35	1/35	0.043	1.5	473.0	6367	395.99

前面进行了内外螺纹不同配合锥度与相同配合锥度条件下的螺纹强度研究,我们之所以提出两种锥度配合形式是因为它们之间有着一定区别,对钻杆寿命有着不同的影响效果。

钻杆柱在钻进过程中储存着一定的变形位能,地面钻机停止转动后,钻杆柱在自身所储存的变形能作用下会产生一个位于钻杆柱拉压平衡点上的反向力矩,该力矩起着卸扣的作用。如果钻杆的螺纹连接强度不足,其值小于卸扣力矩时,钻杆就会脱扣。若螺纹配合间隙过大,连接强度和刚性不好,外螺纹则会在内螺纹内产生摆动现象,导致螺纹疲劳折断、早期损坏。相同配合锥度的螺纹连接方式,由于内外螺纹的加工误差和表面粗糙度超差,有可能导致螺纹预紧力矩过小、螺纹副锁紧力低,从而影响钻杆的连接强度和可靠性。而不同配合锥度的螺纹连接方式则可使螺纹旋紧时具有足够的预紧力矩,从而提高了螺纹的连接刚性,这对于延长钻杆使用寿命有着积极作用。

3 螺纹光弹应力试验研究

3.1 试验目的

研究接头螺纹在拉扭复合工况下的应力状态和危险断面沿圆周 6 点的应力分布状态以及沿轴线方向每扣螺纹的应力分布状态。

3.2 试验条件和方法

试验钻杆接头使用模型,模型与原型比例为 1:1。模型材料为环氧树脂(61101 号):失水苹果酸:二丁酯=100:30:50。初期固化温度为 50℃,时间为 92h;二期固化温度为 110℃,时间为 36h。初应力条纹≤0.2 级/cm(厚度)。

模型的加载“冻结”系在专用加力架上通过杠杆系统、砝码、轮盘将轴向力和扭矩施加于模型上实现的,如图 1 所示。“冻结”温度为 120℃,所施加的轴向拉力为 90kN,扭矩为 3kNm。

等色线、等倾线的观测和补偿均在 409-2 型光弹仪及 WZT-600 型投影光弹仪上进行,观测精度分别≤0.5 级和 1°。

试验共使用 2 个模型。I 号模型观测其丝扣凹槽角点,以研究最大角缘应力;II 号模型观测其凹槽平段

(丝底),以求得螺纹最薄弱部位的受力。

3.3 试验结果及分析

试验获得了 I 号和 II 号两个模型的测量数据,两个模型的观测点数分别为 232 和 144 点。两个模型钻杆接头断面应力比较值略,典型钻杆接头最大应力断面应力分布图见图 2,典型模型钻杆接头螺纹应力分布图见图 3,典型模型截面等色线图略。

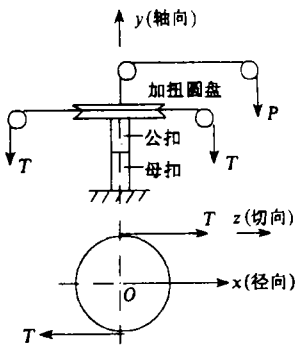


图 1 模型加载装置示意图

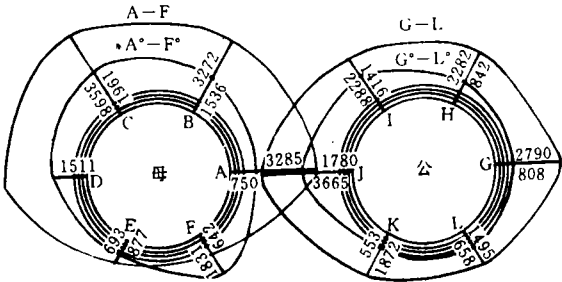


图 2 钻杆接头最大应力断面轴向应力 σ_x 分布图 (I 号模型)

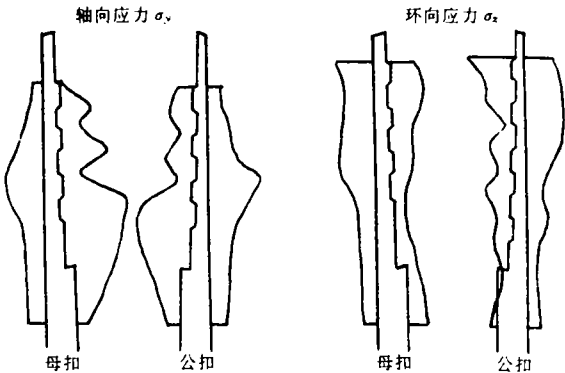


图 3 钻杆接头螺纹应力分布图 (I 号模型)

根据上述图表所示的试验结果,可得到以下结论:

- (1)最大轴向拉应力出现在第一丝扣凹槽(丝底)平段,绝对最大值达 410.8MPa。图 4 所示的室内外接头损坏状态也证实了这一结论。
- (2)最大环向切应力出现在距丝扣末端的第一扣或第二扣内,绝对最大值达到 290MPa 左右。
- (3)公母扣的应力分布,不论沿长度方向还是沿圆周方向都是不均匀的,大小值相差数倍。



图 1 室内和野外接头损坏状况

注:左边两个为室内的;右边一个为野外的

(4)一般公扣应力大于母扣应力,丝扣边应力大于自由边应力。丝扣部位平均应力约为无丝扣的圆筒部位平均应力的 2 倍以上。

(5)从应力条纹图及各应力分布图表可见,Ⅰ号模型的凹槽平段应力大于Ⅰ号模型的凹槽角缘应力。这是由于角缘处有圆角存在,增大了断面积所致。因此凹槽平段是接头的最薄弱位置。

4 结论

(1)绳索取心钻杆连接螺纹设计时,应选用外螺纹

锥度大、内螺纹锥度小的不同配合锥度,并保持合理的锥度差及正值手拧紧密距,以保证较高的螺纹强度。试验结果表明,外螺纹锥度 1:28 左右、内螺纹锥度 1:33 左右时,螺纹强度最高。

(2)手拧紧密距为正值时,连接螺纹副存在着预紧力矩。这可提高钻杆螺纹连接刚性,有效消除外螺纹在内螺纹中的松旷现象,延长钻杆使用寿命。

(3)为最大限度提高钻杆螺纹部分的横截面积,钻杆间可采用增加壁厚的接头连接方式。

(4)为降低连接螺纹副的应力集中程度,丝顶与丝底变化角缘处应使用小圆弧过渡。

(5)光弹应力试验研究结果表明,绳索取心钻杆螺纹危险断面位于自外螺纹根部数第一扣凹槽平段处。故设计时应尽量加大该处横截面积,提高承载能力。

(6)设计绳索取心钻杆螺纹时,按应力大小分布规律,最好采用等强度断面的设计方法。

注:参加试验工作的有石天宝、申海林、刘凤琴、唐胜利等同志。

Study of Relationship Between Wireline Drill Pipe Thread Taper and Strength and Its Stresses

Feng Qingwen

Xi'an Branch, Coal Research Institute

Abstract A study is put on the relationship between the thread taper and its strength, as well as the stress distrubution law through a range of lab tensile, torsional and optical-elastic stresstests.

Key words wireline coring, drill pipe, threads, stress distribution

建筑机械 月刊 胶印
80 页 3 元

欢迎订阅 1996 年《矿山机械》

《建筑机械》是由建设部主管、中国建设机械协会和北京建筑机械综合研究所联合主办的中国建筑(工程)机械行业的综合性技术刊物,是中国建筑科学类核心期刊之一。1995 年在建筑(工程)机械类期刊中发行量最大。本刊主要报导我国有关建筑(工程)机械的政策、法规和国内外建筑(工程)机械的发展趋势、新产品、新结构和市场信息;刊登建筑(工程)机械及相关设备、材料和零部件的试验研究、设计计算、制造工艺、使用维修方法、施工组织和设备及企业管理等方面的论文和经验。

本刊读者对象为建筑、市政、公路、电力、水利、冶金、矿山、化工、石油等大型基本建设项目的领导,施工部门的设备管理人员和使用维修人员,建筑(工程)机械行业的科研院所和生产企业的管理人员、科技人员,大专院校的有关师生等人士。

编辑部地址:北京安定门内方家胡同 21 号
邮政编码:100007 电话:(010)4019167
邮发代号:国内 82-71,国外 M4327

《矿山机械》杂志是国家科委批准公开发行的应用技术月刊。主要报道矿山采掘、提升运输、破碎粉磨和选煤(矿)机械方面的理论研究、设计计算、制造技术、使用维修经验、新产品新技术信息及国内外发展动向;同时还报道矿山机械电气、液压、机械传动、新材料新工艺应用等方面的著述和技术革新。读者对象为本行业的科研设计院所、制造厂家和有色、黑色、冶金、煤炭、石油、化工、建材等各类矿山的技工、技术人员和大专院校师生。本刊为中国科技论文统计用刊,中文核心期刊,机械部和国家优秀科技期刊。

《矿山机械》为月刊,每期定价 2.50 元,邮发代号 36-21,刊号 ISSN1001-3954, CN41-1138/TD。国内总发行:洛阳市邮电局;国外总发行:北京中国国际图书贸易总公司,代号 M4160。

欢迎单位和个人到当地邮局订阅,欢迎投稿和刊登广告。若因故漏订,可通过邮局汇款至本部补订

本刊地址:河南洛阳市重庆路,邮编 471039。