

◆钻井与完井◆

# 石油钻井测斜参量的量传方法

史建刚

(胜利石油管理局 钻井工程技术公司, 山东 东营 257064)

**摘要:**石油钻井测斜参量的量传方法是技术监督部门对定向测斜仪器的计量管理方法, 其参量量传体系中倾角和工具面角的量传可通过倾角仪和国家标准进行传递, 但磁方位角的量传目前国内尚无直接的标准可进行传递。因此, 通过天文测量定位、建立磁偏角校正模型, 在绝磁数显转台上建立了一个高精度的磁方位基准, 为定向井测斜仪器磁方位角的量值传递与溯源提供了基准源头, 从而建立了石油钻井测斜仪磁方位角的量传方法。石油钻井测斜仪参量的量传方法对定向井测量仪器和测量标准器的定期检定管理具有重要的意义。

**关键词:**量传方法; 磁偏角; 方位角; 井斜角

中图分类号: TE271 文献标识码: A 文章编号: 1001-0890(2008)04-0015-03

钻井测斜仪是定向井施工中必不可少的测量仪器, 是监控井眼轨迹, 保证井身质量的重要手段。为了进一步提高定向井的井身质量, 确保定向井测量数据的准确性和统一性, 提高利用定向井、水平井开发油田的整体效益, 有必要建立石油钻井测斜参量量传方法, 确保测量仪器校准工作规范化, 保证测量仪器的测量精度, 为钻井施工提供准确可靠的监控手段。

## 1 参量传递关系

### 1.1 倾角(井斜角)参量传递关系

1) 国家级或社会公用计量基准器具向一等计量标准器具的传递, 传递采用比较法。被检器具是倾角仪, 其准确度  $A$  为  $40''$ 。计量基准器具的量值  $a_0$  和被检定一等计量标准器具检定值的量值  $a$  要满足  $|a - a_0| \leqslant A$ 。

2) 一等计量标准器具向计量标准器具的传递, 传递采用比较法。检测器具是倾角仪, 被检器具是智能校验架倾斜角装置, 其准确度  $A$  为  $2'$ 。倾角仪的量值  $a_0$  和智能校验架倾斜角装置检定值的量值  $a$  要满足  $|a - a_0| \leqslant A$ 。

3) 计量标准器具向工作测量器具的传递, 传递采用比较法。检测器具是智能校验架倾斜角装置, 被检器具是各类定向井测量仪器, 其准确度  $A$  为  $0.1^\circ \sim 0.3^\circ$ 。智能校验架倾斜角装置的量值  $a_0$  和为定向测量仪器倾角参量检定值的量值  $a$  要满足  $|a - a_0| \leqslant A$ 。

### 1.2 方位角参量传递关系

1) 磁方位基准台作为测量标准器具向一等计量标准器具的传递, 传递采用比较法。被检器具是磁方位仪, 其准确度  $A$  为  $5^\circ$ 。计量基准器具的量值  $a_0$  和为被检定一等计量标准器具检定值的量值  $a$  要满足  $|a - a_0| \leqslant A$ 。

2) 一等计量标准器具向计量标准器具的传递, 传递采用比较法。检测器具是磁方位仪, 被检器具是智能校验架方位角装置, 其准确度  $A$  为  $0.25^\circ$ 。智能校验架方位角装置检定值的量值  $a$  和磁方位仪的量值  $a_0$  要满足  $|a - a_0| \leqslant A$ 。

3) 智能校验架作为工作测量器具, 通过检定法向测量器具的磁方位参量准确度进行检定。定向测量仪器磁方位角的准确度  $A$  为  $1.0^\circ \sim 2.0^\circ$ 。智能校验架方位装置的量值  $a_0$  和定向测量仪器磁方位检定值的量值  $a$  要满足  $|a - a_0| \leqslant A$ 。

### 1.3 工具面角参量传递关系

1) 工具面角参量的量传, 不设测量标准器具, 直接由国家或社会公用计量器具对工作测量器具(智能校验架工具面角装置)进行检定, 传递采用比较法。智能校验架工具面角装置准确度  $A$  为  $0.25^\circ$ 。国家标准计量器具的量值  $a_0$  和智能校验架

收稿日期: 2008-03-25; 改回日期: 2008-04-14

作者简介: 史建刚(1963—)男, 重庆大足人, 1981年毕业于重庆石油学校钻井专业, 硕士研究生, 经理, 高级工程师。

联系电话: (0546)8629098

工具面角检定值的量值  $a$  要满足  $|a - a_0| \leq A$ 。

2) 智能校验架工具面装置作为工作测量器具对定向测量器具工具面角进行检定,传递采用比较法。定向测量仪器工具面角的准确度  $A$  为  $1.0^\circ \sim 2.0^\circ$ 。智能校验架工具面角装置的量值  $a_0$  和定向测量仪器工具面角检定值的量值  $a$  要满足  $|a - a_0| \leq A$ 。

## 2 量传方法的建立

石油钻井测斜参量量传体系中倾角和工具面角的量传可通过倾角仪和国家标准进行传递,而磁方位角的量传目前国内尚无直接的标准可供传递。因此,采用天文测量的方法来确定一个磁方位基准,即以地理北极( $B$ )为基准,将地理方位角的基准传递到室内基准台上,然后建立高精度磁偏角计算模型,得到一个在特定时间内的精确磁偏角值  $\alpha$ ,再根据特定关系式得到精确的磁方位基准  $Bz$ 。有了精确的磁方位基准,就可以对石油钻井工程中各类定向井磁性测量仪器的磁方位角基准进行传递。

### 2.1 地理方位基准的确立

地理方位测量采用《中国人民解放军天文测量规范》(GJB149—86)规定的各项标准,地理北极测量中使用的世界协调时(UTC)为国家时间、频率标准,测量中时间、频率的校正以《国家时间、频率公报》为依据。

天文方位角(子午线)基准传递,将电子经纬仪架在天文墩上,按军事天文测量规范的一等精度测量,通过多次观测星座位置,以天文墩为坐标圆点,起始方位角为  $0^\circ \pm 0.1^\circ$ ,通过标志墩 1 和标志墩 2 将天文方位角的基准逐步传递到磁方位标准台上<sup>[1]</sup>。

### 2.2 磁偏角测量与校正

由于地磁北极是随时间漂移的,使磁北极没有一个固定的基准方向<sup>[2]</sup>。因此,通过测量当地磁偏角的值来反映磁北极的相对位置。磁偏角又是一个与时间和空间(地理位置)有关的量,一个点的静态测量在理论上来说只能进行符合精度的评定,而不能真正考察其符合精度及动态特性<sup>[1]</sup>。因此通过建立区域磁偏角观测网,利用测量数据建立一个磁偏角校正模型,进行动态管理,从而提供一个与时间有关的磁偏角精确值  $\alpha$ ,通过这一磁偏角值在基准台

上反映出这一时间函数的磁方位基准  $Bz$ ,它们之间的关系式为:

$$Bz = B + \alpha \quad (1)$$

在地磁测量中通常采用 GPS 全球定位系统进行精密定位和磁偏角测量,根据区域磁偏角测量的用途,采用静态 GPS 载波相位定位方法。

1) 磁偏角测量网布设原则。为监测区域磁偏角的分布及变化,需要布设区域磁偏角观测网,主要遵循以下原则: a. 测量点布局均匀,使磁偏角观测值具有代表性; b. 测点要考虑磁偏角测量环境以减小电磁干扰; c. 为确保磁偏角测量数据的精度,进行磁偏角日变化观测; d. 磁偏角观测点离各种干扰源的距离大于 100 m,且交通方便。

2) 磁偏角测量仪器常数测定。由 CTM-DI 磁力仪和 TB1 绝磁经纬仪组成的磁力测量系统是一种绝对式磁偏角测量仪,在野外和室内均可采用绝对式磁偏角测量仪测磁偏角。CTM-DI 磁力仪与 TB1 绝磁经纬仪固定连接。理论上,望远镜主光轴与磁力仪几何轴线之间应平行,但由于安装、环境等原因,实际上总是存在倾角。用磁力仪南、北、正和倒 4 个位置的经纬仪测量值与其平均值之差,便可获得测量位置的仪器常数,用于磁偏角测量和校正。

3) GPS 系统方位角野外测量。GPS 野外测量执行中华人民共和国国家标准 GB/T 18314—2001——全球定位系统(GPS)测量规范。

4) 磁偏角模型的建立。利用 GPS 快速定位和方位角快速测量技术,在磁方位基准台周围 20 km 半径范围内分布 40 个网点进行磁偏角测量。采用 3 台 GPS 接收机,其中 1 台作为基准站,另外 2 台在磁偏角测量现场进行快速定位、定向工作。利用 CDM-DI 磁力仪(精度  $\pm 2.0''$ )+TB1 绝磁经纬仪和瑞士 Leica T3000A 电子经纬仪(精度  $\pm 6.0''$ ),实现读数的自动化。GPS 和电子经纬仪的测量数据全部直接录入微机,并利用模型处理和计算。基准台位置的磁偏角值需进行长周期测量,每次长周期测量都要进行 3 个日周期测量,利用大量的测量数据,描绘出“磁偏角日振幅、相位及调和曲线”。

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} (a_m \cos mt + b_m \sin mt) \quad (2)$$

式中,  $a_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) dt$ ;  $a_m = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \cos mt dt$ ;  $b_m = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \sin mt dt$ 。

利用磁方位基准台磁偏角观测滤波值进行短周期(日)变化拟合,然后采用式(2)进行调和分析,求

出调和系数,再反演磁方位基准台位置磁偏角值。这一计算模型可以用内插或外推的方法检查其正确性。将这一修正模型编制成计算机程序,再利用计算机系统的日期和时间功能,在界面上就可以随时看到经过校正后的磁偏角值。

### 2.3 应用

胜利石油管理局钻井工程技术公司与解放军测绘学院利用上述方法在钻井工程技术公司建立了磁方位基准台,通过几年的模型修正与运行,于 2005 年 8 月通过了中国石化股份有限公司组织的鉴定委员会的成果鉴定,认为该成果达到国际先进水平。磁方位基准台建立后,钻井工程技术公司面向全国各油田开展了磁方位仪或钻井测斜仪的校准工作,提高了钻井测斜仪的校准精度,明显减少了由于测量因素造成的工程损失。

### 3 量传方法的实施与管理

为了更好地实施量传方法,应加强标准器具的管理。磁方位仪作为标准器具,实现磁方位量值由磁方位基准台向各仪器校验架的精度传递,使用时必须在磁方位基准台上调校 E/W 位置的精度误差,然后以此为基准对仪器校验架进行 E/W 位置精度校验。光学倾角仪作为角度计量标准器,实现井斜角量值由国家基准向各仪器校验架进行精度传递,每年一次定期到计量部门进行年检,然后对仪器校验架进行精度标定。智能校验架是各类定向井测斜仪器的角度检验计量标准,每年通过光学倾角仪和磁方位仪进行一次精度检验,必要时可以缩短检

验周期。工具面角的量传通过测斜仪校准架(台)的检测基准进行量传,测斜仪校准架(台)的检测基准是一个八等分的圆柱,在生产时由国家或社会公用计量器具对其进行八等分校准,测斜仪校准架(台)安装后,工具面角基准的变化量远远小于钻井测斜仪工具面的量值,因此无需每年对工具面角校准,只需进行外观检查即可。

定向井测斜仪器根据不同的功能原理和使用环境的差异,分别制订相应的检验周期。

### 4 结论与建议

1)石油钻井测斜参量量传方法的建立解决了磁性测量中磁偏角值由静态评价向动态评价的转换,减少了测量过程中的偶然误差,提高了测量精度。

2)建立了磁方位基准台的磁偏角计算模型,实现了磁偏角值的内插或外推计算。

3)将磁偏角计算模型编制成计算机程序,实现了磁偏角值的实时输出。

4)量传方法建立后,需要对磁方位的基准进行定期维护,即对磁方位基准台位置的磁偏角进行连续观测,验证和修正磁偏角计算模型。

### 参 考 文 献

- [1] 陈建光,宋雪丽,吴洪举,等.磁偏角基准维持系统的建立[J].测绘学院学报,2003,20(1):22-24.
- [2] 刘修善.定向钻井中方位角及其坐标的归化问题[J].石油钻采工艺,2007,29(4):1-5.

〔审稿 韩志勇〕

## Surveying Data Transmission Method in Drilling

Shi Jiangang

(Drilling Engineering & Technology Company, Shengli Petroleum Administration, Dongying, Shandong, 257064, China)

**Abstract:** Surveying data transmission method in well drilling is the measurement control method used by technical supervision department. Wellbore inclination and toolface angle can be transmitted by clinometer and state specifications, while there is no general standard for magnetic azimuth data transmission. Therefore, a magnetic azimuth reference with high accuracy has been established on a non-magnetic digital rotary console based on astronomic surveying and a compass declination correction model, which provides the reference for magnetic azimuth. The surveying data transmission method is important for checking and correcting directional surveying instrument regularly.

**Key words:** surveying data transmission method; magnetic declination; azimuth; deviation angle