

# CGCS2000 国家大地坐标系在油气田开发领域中的应用

陆振波

中石化华东油气分公司

DOI:10.12238/gmsm.v4i2.1018

**[摘要]** 本文根据国家测绘局推广使用CGCS2000坐标系的政策要求,结合华东油气分公司的实际使用情况,分析了北京54坐标系在油田开发中存在的问题,介绍了2000坐标系及其框架,对实际应用中北京54坐标转换为2000坐标提出了解决方案。

**[关键词]** CGCS2000国家大地坐标系; 北京54坐标系; 布尔沙模型; 转换参数

中图分类号: P5 文献标识码: A

## Application of CGCS2000 national geodetic coordinate system in the field of oil and gas field development

Zhenbo Lu

Sinopec East China Oil &amp; Gas Company

**[Abstract]** in this paper, according to the requirements of the state bureau of surveying and mapping to promote use of CGCS2000 coordinate system policy, combined with the actual usage of oil and gas branch, east China Beijing 54 coordinate system are analyzed in oilfield development, the problems in the 2000 coordinate system and its framework are introduced, and the practical application in Beijing 54 coordinate transformation for 2000 coordinate solutions are put forward.

**[Key words]** CGCS2000 national geodetic coordinate system; Beijing 54 coordinate system; Boersha model; transformation parameters

### 引言

根据国务院要求,至2016年我国将完成现行国家大地坐标系向CGCS2000的过渡,2018年将停止使用1954年北京坐标系和1980年西安坐标系。中国石化集团有限公司信息化管理部也下发了工作表单《关于推进2000国家大地坐标系坐标转换工作的通知》,在中石化系统内大力督促推进坐标转换工作。

因此2000国家大地坐标系必将取代北京54坐标系和西安80坐标系,但是在油气开发施工中一直沿用传统的北京54坐标系,随着开发技术以及测绘技术的一体化发展,原有坐标系已经影响了勘探成果准确性及精度,阻碍了油田进一步发展建设,因此在以后油田建设中需尽快推行2000坐标系,并将原有北京54坐标系成果转换到2000坐标系。

### 1 北京54坐标系存在的主要问题

北京54坐标系是我国建国初期,为

尽快搞好国家基础建设在苏联专家帮助下建立起的坐标系,实际上就是前苏联1942年普尔科沃坐标系的在我国的延伸,主要存在以下几个问题。

1.1 采用的椭球欠佳,参考椭球参数差异较大

北京54坐标系采用克拉索夫斯基椭球(长半轴 $a=6378245\text{m}$ ;扁率 $f=1:298.3$ ),与IUGG推荐的GRS80椭球( $a=6378137\text{m}$ ,  $f=1:298.257222101$ )相比, $a$ 长了108m,  $1/f$ 大了约0.043。

1.2 精度低、不均匀

北京54坐标系建立于上世纪50年代,是采用传统三角测量方法建立,没有经过整体平差,因而精度不均匀,个别地区误差可能达到几米,甚至10几米。参考椭球面与大地水准面存在着自西向东明显的系统性倾斜,东部地区高程异常最大达+65米,全国平均为29米。

1.3 原有测量标志破坏严重

解放以来,我国共建测量标志90余万座,到目前为止,被毁坏的测标已达54%(见2007年7月17日《中国测绘报》)。可以说,天文大地网,现在在纸面上是完整的,在物理上已经支离破碎了。这无疑给用户带来极大困难。

非地心坐标,只能提供二维坐标,不能满足现代科技发展需要新一代大地坐标系应具备的条件:地心的、三维的、高精度的、定义符合IERS(国际地球自转和参考系服务)协议。

### 2 CGCS2000国家大地坐标介绍

国务院批准自2008年7月1日起启用我国的地心坐标系——2000国家大地坐标系,英文名称为China Geodetic Coordinate System 2000,英文缩写为CGCS2000。CGCS2000坐标系的原点为包括海洋和大气的整个地球的质量中心;CGCS2000坐标系的Z轴由原点指向历元2000.0的地球参考极的方向,X轴由原点指向格林

尼治参考子午线与地球赤道面(历元2000.0)的交点,Y轴由X轴、Z轴构成右手正交坐标系。

2.1 CGCS2000坐标系采用的地球椭球参数

长半轴 $a=6378137\text{m}$ 。

扁率 $f=1/298.257222101$ 。

2.2 CGCS2000的坐标框架

框架: ITRF97; 历元: 2000.0。

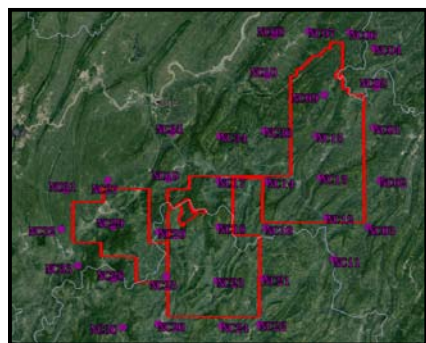
由三个层次框架点组成。

第一层次: 连续运行参考站, 28个点, CGCS2000基本骨架。精度mm级; 第二层次: “2000国家GPS大地控制网”, 精度cm级, 有2500多个点; 第三层次: 全国天文大地网, 约5万个点。大地经纬度精度: 0.3m, 大地高误差优于0.5m。

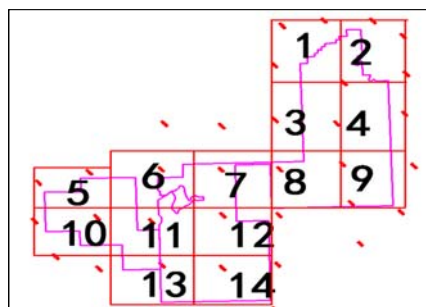
2.3 CGCS2000坐标系的优势

CGCS2000坐标系属于现代意义的大地测量基准, 与北京54坐标系相比, CGCS2000坐标系采用地心坐标系作为参照系, 其定位和定向更加准确, 大地控制网坐标框架采用先进的空间技术建立, 经过全国天文大地网的联合平差, 精度极高。并且具有时间属性, 是动态大地测量基准。

### 3 北京54坐标与CGCS2000转换



南川、彭水区块点位部署图



南川、彭水区块转换区域分区图

| 区块名称     | 点号   | 转换坐标与已知坐标差值(m) |             |             | 备注    |
|----------|------|----------------|-------------|-------------|-------|
|          |      | $\Delta x$     | $\Delta y$  | $\Delta H$  |       |
| 织金       | ZJ11 | 0.001          | -0.001      | -0.116      |       |
|          | ZJ14 | 0.000          | -0.001      | -0.023      |       |
|          | ZJ2  | 0.002          | 0.003       | -0.164      |       |
|          | ZJ3  | -0.002         | -0.002      | -0.148      |       |
| 红果       | HG03 | 0.001          | -0.002      | 0.059       |       |
|          | HG07 | 0.001          | -0.005      | 0.060       |       |
| 淮阜       | HF03 | 0.001          | -0.002      | 0.049       |       |
| 金湖腰滩、金南  | jhy1 | -0.002         | 0.000       | -0.023      |       |
|          | jhy2 | -0.002         | -0.005      | -0.003      |       |
|          | 3232 | 0.017          | -0.081      | 0.034       | 国家控制点 |
|          | 4061 | -0.006         | -0.080      | 0.014       | 国家控制点 |
| 常州、溧水、句容 | 5006 | -0.022         | -0.033      | 0.025       | 国家控制点 |
|          | 5033 | -0.060         | -0.052      | 0.137       | 国家控制点 |
|          | 3024 | -0.034         | -0.062      | -0.110      | 国家控制点 |
|          | 3035 | -0.028         | -0.026      | -0.001      | 国家控制点 |
| 南川彭水     | NC11 | -0.003         | 0.007       | 0.238       |       |
|          | NC14 | 0.020          | -0.010      | 0.094       |       |
|          | NC19 | 0.002          | -0.005      | -0.233      |       |
|          | NC21 | 0.000          | -0.006      | 0.046       |       |
| 宁夏东道梁    | NX02 | 0.002          | -0.004      | -0.091      |       |
|          | NX07 | 0.002          | -0.001      | -0.090      |       |
| 溱潼、海安、黄桥 | 海安   | -0.029         | 0.009       | 0.168       | 国家控制点 |
|          | HQ03 | 0.004          | 0.001       | -0.154      |       |
|          | HQ17 | 0.004          | 0.001       | -0.023      |       |
|          | HQ18 | 0.009          | -0.003      | 0.041       |       |
| 乡宁、延川南   | YC05 | 0.001          | 0.003       | 0.152       |       |
|          | YC04 | -0.004         | -0.012      | -0.129      |       |
| 中误差      |      | $\pm 0.017$    | $\pm 0.029$ | $\pm 0.114$ |       |

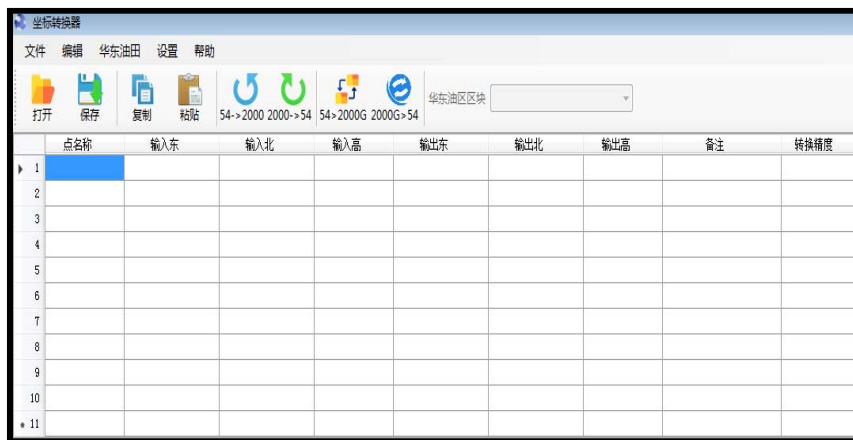


图 5-1 软件主界面



图 5-2 设置界面

在油田开发建设中一直采用北京54坐标系作为实施勘探和处理成果的坐标基准,主要是为了保证和以往勘探资料的衔接、统一。但随着国家新坐标系的推行,国家测绘局将不再提供北京54坐标系成果,北京54坐标系也必将退出历史舞台。因此必须要解决和老资料的统一问题,下面结合华东油气分公司实际生产介绍解决北京54坐标与CGCS2000转换的问题。

华东油气分公司共有10个区块,涉及到江苏、四川、贵州、云南等地区。为解决坐标转换问题在区块内埋设了142个静态控制点。静态观测采用基于国际GNSS连续运行站的观测模式,观测1个时段。基线解算与网平差软件采用成熟的国际通用,由美国麻省理工学院和Scripps研究所共同研制的GAMIT/GLOBK高精度处理商用软件,并采用IGS精密星历参与数据处理,最终获取了上述142个静态控制点2000国家大地坐标系、1954年北京坐标系、1980西安坐标系的三套坐标系成果。同时采用分区域的方式利用布尔莎七参数模型求取10个矿区范围内1954年北京坐标系与2000国家大地坐标系转换参数。

(1)为便于区块同一求取转换参数和以后生产利用,每一区块采用网格式按照不大于30KmX30Km密度在区块周围和区块内部署控制点。在开阔、便于保存测地方做控制点标志,静态观测使用Trimble R8 GNSS接收机,观测时长4~9小时。观测时段可在UTC时间0~24h之间选取,但不得跨UTC时间0h(即不得在北京时间7:45~8:15之间观测)。

(2)控制网数据处理采用成熟的国际通用,由美国麻省理工学院和Scripps研究所共同研制的GAMIT/GLOBK高精度处理商用软件,并采用IGS精密星历参与数据处理,最终获取了上述142个静态控制点2000国家大地坐标系、1954年北京坐标系、1980西安坐标系的三套坐标系成果。

(3)为了提高转换精度,本次采用分区计算七参数的方法进行,结合工区分布特点和范围大小,分区范围以30km\*30km区域为准进行划分(一般30Km

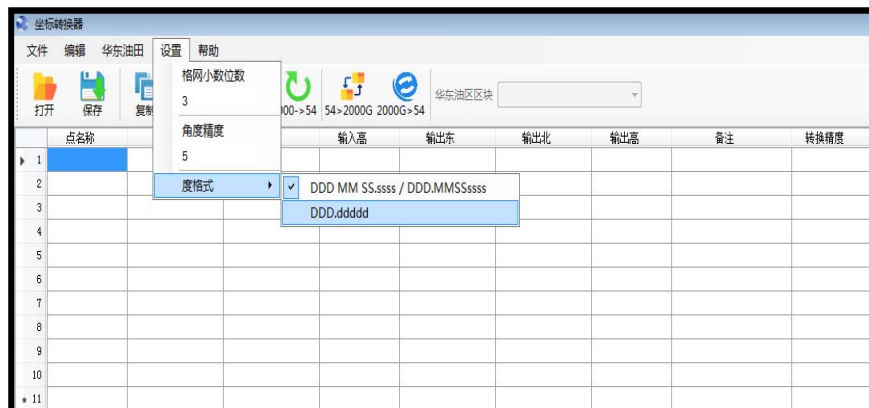


图 5-3 灵活定义数据体

以内使用三参数亦可,七参数可适用于大于30km的区域,本次为了保证高精度转换,在30km范围内采用更严密、精度更高的七参数转换法)。采用的重合点不少于4个,项目共划分为49个转换区域。

(4)根据分布在各分区的加密控制点两套坐标系坐标,采用布尔莎七参数模型分别计算了10个区块共49个分区的1954年北京坐标与2000国家大地坐标系的转换参数。

布尔莎转换模型:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_A = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} (1+m) R_3(\omega_z) R_2(\omega_y) R_1(\omega_x) \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_B$$

$T_x$ 、 $T_y$ 、 $T_z$ 为xyz平移量,m为缩放因子, $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 分别xyz轴旋转矩阵, $\omega_x$ 、 $\omega_y$ 、 $\omega_z$ 为旋转角度。(XYZ)<sub>A</sub>为一个坐标系坐标,(XYZ)<sub>B</sub>为另外一个坐标系坐标。

(5)各区块分别用没有参与参数计算的国家控制点及第三方静态观测点来做为验证点,验证点的CGCS2000坐标通过求取的转换参数由1954年北京坐标转换获得,通过求取的CGCS2000坐标和原有的CGCS2000坐标对比来检验转换精度。精度统计如表1:

(5)坐标转换软件采用Microsoft visual studio 2015进行编制,主要包含两大功能模块,即1954年北京坐标与2000国家大地坐标之间的相互转换,程序以可视化窗体呈现,包含功能菜单、快捷命令栏和转换内容显示主窗体,如图5-1。

进行转换前可对数据格式根据需要进行设置,如小数位数,经纬度小数位数、角度格式等。如图5-2。

数据可采用文件导入或在数据窗体内手动输入两种方式导入程序内进行转换,数据格式可以是.xls,xlsx, csv,txt等文本数据,根据数据文件的格式灵活定义输入数据,如图5-3。

数据导入后根据需要进行1954年北京坐标与2000国家大地坐标之间的相互转换。

#### 4 结束语

根据国家政策要求,CGCS2000坐标系必然会在全国各行业采用,油田开发建设也应顺应时代潮流,实现北京54坐标系向CGCS2000坐标系的转换。华东油气分公司通过在各区块布设控制网、同一求取坐标转换参数较好的解决了坐标转换问题,为以后的生产建设提供了极大的方便。

#### [参考文献]

- [1]王江林.临泽县国土资源空间数据2000国家大地坐标系转换[J].北京测绘,2019,33(05):550-554.
- [2]章重阳,钟婷婷.清远市2000国家大地坐标系坐标转换方法研究[J].江西科学,2019,37(02):270-272.
- [3]王丹,张瑜伟.基于AutoCAD平台的2000国家大地坐标系转换方法研究与实践[J].现代测绘,2018,41(05):61-64.
- [4]张保钢.2000国家大地坐标系转换软件测评结果公示[J].北京测绘,2018,32(03):317.

#### 作者简介:

陆振波(1968--),男,汉族,江苏南京人,大学本科(西安地质学院工程测量专业),工程师,从事工作:油气田勘探及物探测量。