

# 浅谈准直测量技术在工业测量系统中的应用

覃婕<sup>1</sup>, 文鸿雁<sup>2</sup>, 李超<sup>2</sup>, 田小龙<sup>2</sup>, 陈启华<sup>2</sup>

(1. 广西航空遥感测绘院, 广西南宁 530023; 2. 桂林理工大学 土木与建筑工程学院, 广西 桂林 541004)



**摘要:**在精密工程测量中, 大型设备精密制造和安装, 对测量工作提出了更高的要求。通过对平面镜和立方镜准直技术的研究, 运用 MetroIn 系统建立或者恢复高精度的坐标系, 实现对高精度设备的制造和安装, 该方法成为精密工程测量界重点研究的方向之一。

**关键词:**坐标系; 立方镜准直; 平面镜准直

中图分类号: P258

文献标志码: B

文章编号: 1672-4623 (2012) 01-0148-03

随着现代工业及制造业的迅猛发展, 特别是精密工程测量在许多工业检测系统中的应用, 大型设备精密制造和安装, 对测量工作做出了更高的要求。通过对立方镜或平面镜的准直来建立或恢复坐标系是我们航空航天、船舶制造、重工机械制造等方面经常使用的方法。平面镜的准直, 是用一台经纬仪或全站仪照准平面镜, 实现自准直。它的操作简单, 便于实现, 但平面镜准直只是测出了平面镜的法线方位, 确定了平面镜的法线方向在某一坐标系的方向, 只能用于保存方向, 不能用于坐标系的建立和恢复。立方镜准直有中心准直和镜面准直 2 种方法, 常规的立方镜 6 个镜面中有 3 个带有十字丝刻画, 十字丝刻画的交点为该镜面的中心。中心准直就是采用 2 台经纬仪分别准直 2 个带有十字丝刻画且相互垂直的镜面, 准直的方向必须是十字丝交点法线的方向, 两准直方向的交点为立方镜中心。由于中心准直要求 2 台经纬仪都要沿镜面十字丝交点法线方向准直, 这种方法准直的精度比较高, 但操作起来比较困难, 需要在平移板的辅助下进行。镜面准直是采用 2 台经纬仪分别照准 2 个垂直的镜面即可, 准直的范围为整个镜面, 准直的方向是镜面任意一点的法线方向。镜面准直操作简单, 准直速度快, 摆脱了平移板的束缚, 准直精度与中心准直相比稍低, 但精度可以满足现代工业测量和大型机械制造和安装的需求, 所以镜面准直是目前使用比较多的方法。

## 1 坐标系的建立

### 1.1 经纬仪坐标系

经纬仪坐标系<sup>[1]</sup>是由仪器位置及姿态确定的测站坐标系, 原点 O 为仪器三轴中心, x 轴为仪器水平度

盘零方向, 由原点指向零方向为正; z 轴为铅垂线反方向; y 轴由右手准则确定 (即水平度盘 270° 方向), 如图 1 所示。

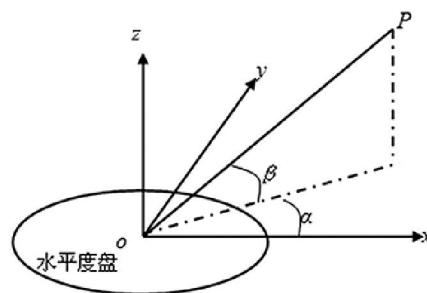


图 1 经纬仪坐标系示意图

### 1.2 测量坐标系

在工业测量过程中, 往往会用多台仪器进行对某一工件的测量, 这时需要建立统一的测量坐标系<sup>[4]</sup>, 方便后续的测量工作。一般情况下将经纬仪角度交会坐标系定义为: 以第一台仪器的三轴中心为原点; z 轴正向为铅垂线反方向; 以第一台仪器互瞄向第二台仪器的方向在水平面上的投影为 x 轴正向; y 轴由右手规则确定。第一台仪器和第二台仪器对同一根基准尺进行测量, 确立坐标系的单位长度。多台仪器建立坐标系见图 2。

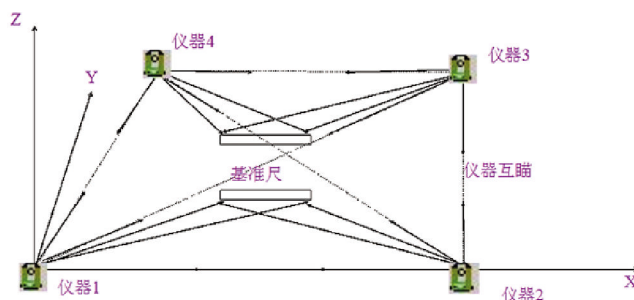


图 2 多台仪器建立测量坐标系 (水平面投影)

收稿日期: 2011-06-20

项目来源: 国家自然科学基金资助项目 (41071294); 广西科学基金资助项目 (桂科基 0991023); 广西区研究生科研创新项目 (2010105960816M19)。

### 2 平面镜准直应用

如上所述,平面镜准直可以知道镜面的法线方向的指向,该方向就确定了其在某一坐标系中与 3 个坐标轴的方位,即与 3 个坐标轴的夹角就可以确定。

在某一工程中,要安装某一工件到设备上,假如只要求该工件某一方向在基准坐标系中的方位,就可用平面镜准直的方法去进行调整或者保存该方向。将一小的平面镜粘于该工件上,将平面镜镜面法线方向与工件的理论方向保持一致,用经纬仪对平面镜进行准直,准直以后对仪器进行整平,并与在该设备附近架设好的另外一台仪器进行互瞄,建立测量坐标系。建立测量坐标系后,再次对平面镜进行准直测量,记录准直方向各角度值,再对用于构建该设备基准坐标系的全部点位进行测量,建立该基准坐标系。通过测量坐标系的建立起平面镜法线方向与该设备基准坐标系各坐标轴的夹角,与已知理论值进行比较,对该工件进行调整。重复准直测量步骤,直到该工件安装方位误差在允许的范围内即完成工件安装。

### 3 立方镜准直应用

立方镜准直目前多用于建立或恢复坐标系,以达到航空航天工业仪器设备的安装、轮船设备的安装、大型发电机转子的安装等方面的应用。

对立方镜进行准直,可以建立立方镜坐标系,以镜面准直为例。如图 3 所示,O 为镜面十字丝交点,应用 3 台经纬仪进行测量,其中 2 台用于准直,1 台用于照准镜面十字丝刻画的交点。经纬仪 1 用来照准带有十字丝刻画的镜面,求出该面的准直方向;经纬仪 2 用来准直与有十字丝刻画面相垂直的面,用来求出其准直方向;由于采用的是镜面准直,只有 2 个准直方向不能求出立方镜中心 P 位置,用经纬仪 3 和经纬仪 1 测出十字丝交点 O 的坐标,再根据十字丝交点 O 与立方镜中心点的位置关系解算出立方镜中心点 P 的坐标。这样就建立起了以立方镜中心 P 为原点,以与 2 个准直方向相平行,且过立方镜中心点 P 的 2 个方向为 2 个坐标轴方向,方向根据实地测量的需要自定义,而第 3 个坐标轴满足右手法则的立方镜坐标系。

对立方镜的准直,还可以用来保存和恢复坐标系。在某一工件的精密安装测量中,主要是构建高精度的设备坐标系以及辅助立方镜坐标系,将设备坐标系保存在辅助立方镜坐标系中。构建工件立方镜坐标系及平面镜法线,求出工件与设备的关系,根据设计要求,将工件安装调节到指定的位置及方向,设备坐标系定

义如图 4 所示。

设备坐标系中 OY 和 OZ 轴与下端框外表面相交,形成 4 条纵向框刻线称为象限线,从舱体底部向上看,按顺时针排列,分别用 I、II、III、IV 表示 [2]。

整个测量过程的关键就是精确地测量并建立设备坐标系,然后通过对工件辅助立方镜进行准直测量并建立立方镜坐标系,通过建立的测量坐标系来求出立方镜坐标系和设备坐标系的关系,这样设备坐标系就可以通过辅助的立方镜坐标系随时的恢复出来。

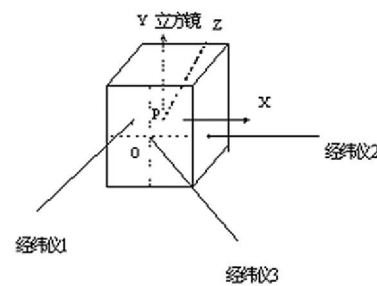


图 3 立方镜坐标系的建立

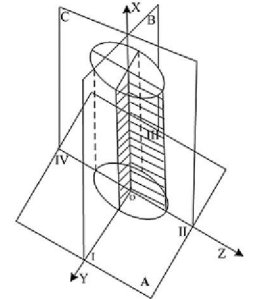


图 4 设备坐标系的定义

### 4 坐标系建立和恢复实例

应用解放军测绘学院研制的 MetroIn 系统进行一个设备坐标系的建立和恢复 [3]。

#### 1) 设备坐标系的建立。

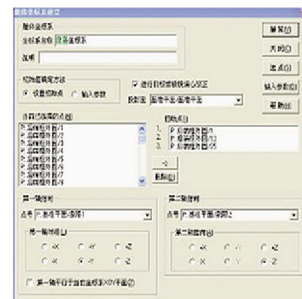


图 5 设备坐标系建立对话框 图 6 工件坐标系建立拟合结果图

建立测量坐标系后,对用于构建设备坐标系的全部点位进行测量,得到各点坐标,可以使用 MetroIn 系统中的该功能建立设备坐标系。在主菜单中点击“建立坐标系”选中“建立设备坐标系”,将会弹出如图 5 所示的对话框。在“设备坐标系名称”编辑框中输入所要建立工件坐标系的名称,在“投影面”下拉框中,用户可根据实际情况选择建立设备坐标系时的投影面。在“初始值确定方法”中,系统默认为设置初始点。如图 1 所示,如果投影面选择基准平面,建立设备坐标系时把参与圆拟合的点投影到基准平面上再进行圆拟合(象限点不参与圆拟合)。经圆拟合得到的圆心作为设备坐标系的原点,由圆心指向第一轴指向点在基准

平面上的投影点确定设备坐标系第一轴，第二轴的确定跟第一轴类似。在确定第一轴和第二轴的指向后，选择一、二轴对准的坐标轴方向。而后点击“解算”按钮，得到如图 6 所示的工件坐标系参数。

2) 立方镜坐标系的建立。采用镜面准直的方法对立方镜进行准直测量后，在主菜单中点击“建立坐标系”选中“建立立方镜坐标系”，就会出现如图 7 所示的对话框，根据实际想建立的坐标系各坐标轴的方向及实地测量过程中的情况选择图中的各按钮，系统会根据选择建立起立方镜坐标系。其中的不垂直值为 0.97，即两坐标轴的不垂直度为 0.97，精度比较高。



图 7 建立立方镜坐标系的对话框

### 3) 坐标系转换参数的计算。



图 8 解算两坐标系的转换参数对话框

上述 2 种坐标系已经建立，且数据均存入数据库中，根据这些数据以及它们与测量坐标系的关系建立设备坐标系与立方镜坐标系的关系：主菜单中点击“解算”按钮，选中“解算坐标系参数”，会出现如图 8 所示对话框，基准坐标系选择立方镜坐标系，转换坐标系选择设备坐标系，点“解算”即可得到设备坐标系在立方镜坐标系下的转换参数。

4) 设备坐标系的恢复。在先进制造业中，往往是安装在一个地方而使用在另一个地方。就该设备而言，建立设备坐标系需要测量均匀分布在该设备圆周上的

多个点，测量时间长，并且设备装备完毕后有些点位不可视。而立方镜坐标系的建立方便快捷，所以有了上述的两坐标系的转换参数，就可以在实地测量立方镜，通过立方镜坐标系恢复设备坐标系。

如图 9 所示，选择九参数模式，当前坐标系选择立方镜坐标系，平移参数填写步骤三中的原点位置，夹角参数按照步骤三所求得值填写，就可以将设备坐标系在实地恢复出来。



图 9 恢复坐标系对话框

## 5 结 语

立方镜准直测量可以高精度地建立或恢复设备坐标系，在航空航天部门许多装置的安装和检测都是通过对方镜观测进行的。对方镜准直过程中采用光学镜面准直，摆脱了平移板准直的束缚，大大提高了准直的精度。在工程测量方面应用光学准直技术建立和恢复坐标系，足以说明光学准直技术在现代工业和机械制造业中的重要性，应对其做进一步研究。

## 参考文献

- [1] 李广云,倪涵,徐忠阳.工业测量系统[M].北京:解放军出版社,1994
- [2] 徐福祥.卫星工程概论[M].北京:中国宇航出版社,2004
- [3] 邓勇,李宗春,范百兴,等. MetroIn 在飞船精度测量中的应用[J]. 导弹与航天运载技术, 2009(4): 47-51
- [4] 杨振. 光学准直测量技术研究与应用[D]. 郑州:解放军信息工程大学, 2009
- [5] 徐忠阳. 全站仪原理与应用[M]. 北京:解放军出版社, 2003
- [6] 果宝智. 自准直法测量大的硅透镜曲率半径[J]. 激光与红外, 1997(8): 245-248
- [7] 黄水平,胡德敬. 激光准直仪的设计性物理实验[J]. 物理实验, 2003(11): 31-33

第一作者简介：覃婕，硕士，助理工程师，主要从事测绘信息采集与数据处理方面工作。

blue dragon work city building no. 13, introduced the layout and observation period to make the point, including benchmarks laid and benchmark nets stability do detail, and the observation data with the building of the graph analysis of deformation and made corresponding conclusion

Key words settlement , benchmark ,data analysis (Page:146)

Application of Optical Collimation Surveying Technique in Industrial Surveying System by QIN Jie

Abstract In the precision engineering measurement, manufacturing and installation of large equipment , make a higher request about measurement. Through research of technology about plane mirror collimate and cube mirror collimate, this paper used MetroIn system establishment or restoration of high precision of coordinate system, achieved the purpose of manufacturing and installation high precision equipment. This method became one of the key research direction about the field of precision engineering measurement.

Key words theodolite ,cube mirror collimate ,plane mirror collimate (Page:148)

Contour Application in the Formation of Special Landscape Earthwork Calculation Database by GUI Xiaomei

Abstract Combined with a detailed example of earthworks, it described how to use the contour in the formation of special landscape earthwork calculation database applications. The method exploited the contour could quickly generate a lot of elevation characteristics of the database to encrypt a particular landscape (such as shrimp ponds, fish ponds, etc.) of elevation, making the value of earthwork estimates closer to actual value, assuring earth-moving calculation accuracy and improving efficiency.

Key words contour , the special relief , earthwork calculation , database ,CASS software (Page:151)

Establishment of Digital Elevation Model Based on Rules Grid by SHEN Yingzheng

Abstract The digital elevation model based on rules grid and the irregular triangle network digital elevation model are two kinds of main structure. Based on rules grid digital elevation model (DEM) modeling principle and method, this paper analyzed the influence, and established DEM precision established model, realized the algorithm. The results showed that point-by-point admixture-frequency syntheses was very flexible, high efficiency, interpolated accuracy

Key words digital elevation model ,spatial interpolation ,precision (Page:153)

Application of GIS Data in the Visualized Expression of Thematic Maps by YAN Bin

Abstract On the basis of the relationship between GIS data and map expression and the conflict between them, this paper combined mapping for forestry planning, and proposed the idea that the construction of data selection system and classification system of map expression tier, and the integration of analysis and mapping could achieve the fusion of GIS data and map expression and improve thematic mapping.

Key words GIS data , map expression , mapping for forestry planning , tier of map expression (Page:155)

Concept of Standardizing Large Scale Topographic Map Division and Code by CHEN Zhiyao

Abstract Based on the analysis and comparison of existing national-scale topographic maps and large-scale topographic map division and code, this paper present a new large-scale topographic map division and code method suit for nationwide scope. According to the relationship between the map division code and geographic coordinates, it also gave examples to explain two common applications.

Key words large scale , topographic map , map division and code , standardizing (Page:158)

Design and Call of TrueType Point Symbol Library by FENG Jianqing

Abstract Geographic information software now can not meet the requirements of the drawing. This article described point symbol on the CorelDraw software platform with designing methods and production techniques in detail, combined with FontCreator software packaging symbols to compile point symbol library. According to this method , users can create maps of various point symbol library based on the actual needs of them, by calling TrueType symbol used in the actual project.

Key words cartographic technology , CorelDraw , FontCreator , map symbols ,design ,TrueType (Page:161)

Design of Automatic Thematic Map Making of Oceanic Observation Data Based on ArcEngine Developing Environment by CAO Lijuan

Abstract Takeing the atmospheric and oceanographic data for instance, this paper expatiated based on ArcEngine developing environment, according to different subject load the ArcGIS cartography template dynamically, extracted and calculated data from spatial database, and modified the attributes of template by each subject, further realized the automatic batch thematic map making function of oceanic observation data.

Key words ArcEngine , cartography template , thematic map (Page:164)

1:50 000 Database Downsizing Update Technical Process by LI Wenqian

Abstract This paper introduced the operation procedure of 1:50 000 database downsizing update process. It focused on the technical process of 1:10 000 to 1:50 000 topographic features downsizing update production. Combined with the application of key technology, it put forward to optimized operation technology process. It can play a multiplier effect to improve the efficiency of database downsizing update.

Key words 1:50 000 database, update of downsizing, operation procedure, discussion (Page:169)

Construction and Reform on Graduate Course of Image Processing and Analysis by JIA Yonghong

Abstract Image Processing and Analysis, since it won boutique graduate courses of Wuhan University in 2006, is the first general education course opened by school of remote sensing information and engineering school for the whole graduate students of surveying and mapping. The construction and reform about teaching content, teaching materials, teaching methods and means, cyber source were carried by curriculum group. Its achievement had being used in the teaching practice and had obtained the fine teaching effect.

Key words Image Processing and Analysis, course construction, teaching reform, general course (Page:171)

Research on the Improvement of Surveying and Mapping Geographic Information Legality Construction by SU Kan

Abstract This article pointed out the main problems in the construction of laws and regulations about the Surveying and mapping geographic information. It also put forward the countermeasure to strengthen the construction of laws and regulations about Surveying and mapping geographic information.

Key words mapping geographic information legislation , legal construction ,legal consciousness (Page:173)