

## MIL-STD-1388-2B 和 S1000D 的数据映射方法研究

黄文江<sup>1</sup>, 胡起伟<sup>1</sup>, 朱宁<sup>1</sup>, 汤圳滨<sup>2</sup>

(1. 机械工程学院装备指挥与管理系, 石家庄 050003; 2. 中国人民解放军 73903 部队, 福建 厦门 361001)

**摘要:** S1000D 是编辑交互式电子技术手册(IETM)的标准,其含有 25 类数据模块。针对 S1000D 中各数据模块编辑时所存在的数据难获取、人工编辑工作量大、编辑效率低等问题,提出一种 MIL-STD-1388-2B 和 S1000D 的数据映射方法,建立了基于多线程的数据映射过程,着重介绍了单个数据模块映射线程,在该线程中应用了模糊综合评价法来自动确定与 S1000D 数据模块数据项相关度最大的映射数据源,并从 MIL-STD-1388-2B 的 SAR 数据库中提取相应数据项,提高了 S1000D 中各数据模块的生成效率和数据的准确性,为 IETM 的生成提供了强有力的材料支持。

**关键词:** IETM; 数据映射; 多线程技术; MIL-STD-1388-2B; S1000D; 模糊综合评价法

**中图分类号:** TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2014)06-0103-05

## Methods for Data Mapping Between MIL-STD-1388-2B and S1000D

HUANG Wen-jiang<sup>1</sup>, HU Qi-wei<sup>1</sup>, ZHU Ning<sup>1</sup>, TANG Zhen-bin<sup>2</sup>

(1. Department of Equipment Command and Management, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China;  
2. No. 73903 Unit of PLA, Xiamen 361001, China)

**Abstract:** S1000D, containing 25 kinds of data modules, is the standard for editing the Interactive Electronic Technical Manual (IETM). To solve the problems of great workload, low efficiency and difficulty in obtaining data, occurred in editing data modules of S1000D, a method for data mapping between MIL-STD-1388-2B and S1000D was proposed. The process of data mapping was established based on multithread, and single data module mapping thread was emphasized. In this thread, fuzzy comprehensive evaluation was applied for ascertaining the data that correlates to the data in data modules of S1000D mostly in supportability analysis record (SAR) database of 1388-2B. The efficiency of editing data modules and the accuracy of the data in S1000D were improved, which may provide a strong material support for the generation of IETM.

**Key words:** Interactive Electronic Technical Manual; data mapping; multithreading technology; MIL-STD-1388-2B; S1000D; fuzzy comprehensive evaluation

### 0 引言

技术资料主要包括装备构造资料、装备使用资料、装备维修资料、培训资料、保障资源资料、合格证明资料和其他资料<sup>[1]</sup>。这些技术资料经数字化、规范化,形成不同种类的交互式电子技术手册(Interactive Electronic Technical Manual, IETM)。IETM 虽然因划分方式、装备型号、维修级别、使用维修任务的不同而有所不同,但对基本信息单元的描述在本质上是是一致的。IETM 的基本信息单元就是数据模块(Data Module, DM),即能够自

我描述的信息单元,不可分割,具有原子性,且是一个逻辑概念;物理上,它是一个 XML 格式的文档文件,利用文字、表格、图形、图像、音频和视频、动画等多媒体描述装备的组成、操作和维修步骤及其所需的保障资源等技术信息的完整的数据单元。通过在这些 DM 中互相引用并进行有效的组织,形成具体的技术手册<sup>[2]</sup>。S1000D 是当前使用范围最广的 IETM 内容数据标准,而 DM 是 S1000D 标准中的一个核心概念和主要内容,S1000D 用高度结构化的方式规定了 DM 的结构和内容<sup>[3]</sup>。1388-2B 是美国 1991 年修改完成的保障性分析记录,其中记录了保障性分析过程所产生的所有数据,能很好地为生成 IETM 提供必须的数据,然而怎样将 1388-2B 中现有的数据映射到 S1000D 的 DM 中则成为了 IETM 生成的

收稿日期:2013-06-19

修回日期:2013-08-27

作者简介:黄文江(1988—),男,福建漳州人,硕士生,研究方向为装备维修工程理论与应用。

关键步骤,本文就此问题进行了如下讨论。

## 1 MIL-STD-1388-2B 数据分析

1388-2B 共有 104 张表格,518 种数据单元,主要包括 10 大类二维数据表格: X 类,交叉功能要求关系表; A 类,使用与维修要求关系表; B 类,产品的可靠性、可用性和维修性特征,故障模式、影响与危害性分析,以可靠性为中心的维修分析关系表; C 类,工作清单、工作分析、人员与保障要求关系表; E 类,保障设备要求关系表; U 类,被测单元要求与说明关系表; F 类,设施考虑关系表; G 类,人员技能考虑关系表; H 类,包装与供应要求关系表; J 类,运输性工程分析关系表<sup>[4]</sup>。这 10 大类表格全面客观地反映了保障性分析过程及其产生的数据,对其进行分类、归纳总结,建立 SAR (Supportability Analysis Record) 数据库,为 IETM 的生成提供了原材料。

1388-2B 各类表格关系如图 1 所示。

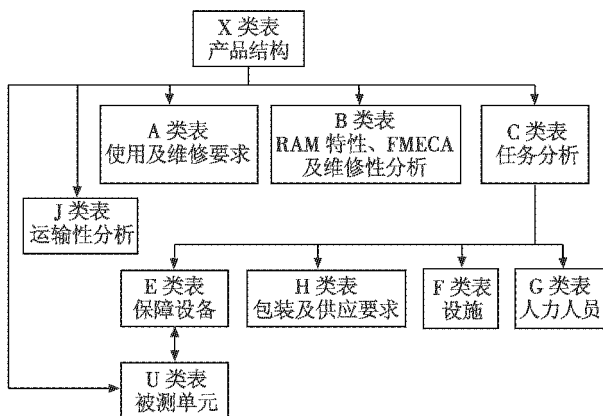


图 1 1388-2B 各类表格关系图

Fig. 1 The diagram of all kinds of forms in 1388-2B

## 2 S1000D 数据模块分析

S1000D 中将所有的数据模块分成 25 类,而这 25 类各有特色且功能各异,描述了 IETM 的内容和结构,为 IETM 的生成提供了各类所需的功能模块。其层次结构体系分成 5 大类:控制类 DM、组织类 DM、一般性 DM、基础类 DM 和公共类 DM。

控制类 DM 描述了对 IETM 中所有 DM 进行组织控制、编码控制以及 IETM 的出版管理等,即对组织类、一般性、基础类数据模块的管理与控制,主要包括业务规则、过程类信息、参考引用、适用性控制、数据模块需求列表、数据模块编码、容器数据模块、出版信息管理。

组织类 DM 描述了对一般性、基础类、公共类数据模块的管理与组织,主要包括程序类数据模块、操作人员数据模块、学习数据模块、可共享内容对象参考模型内容包管理。

一般性 DM 描述了几类具有独立功能的数据模块,它们对基础类 DM 进行管理与组合,主要包括故障类数据模块、维修计划类数据模块、维修清单和核查表数据模块、战场抢修信息数据模块。

基础类 DM 描述了几类相对独立的数据模块,它们能较为清晰地描述一类数据信息,为一般性和组织类 DM 的生成提供材料依据,主要包括描述类数据模块、馈线数据模块、图解零部件信息数据模块、技术信息档案数据模块。

公共类 DM 是对其他类数据模块公共性问题的描述,该类 DM 为其他类 DM 的编辑进行结构性的规范,主要包括数据模块一般结构、标识和状态、注释、属性、警示。

## 3 MIL-STD-1388-2B 和 S1000D 的数据映射方法

### 3.1 基于多线程的数据映射方法

1388-2B 和 S1000D 二者的数据有着极大的相似性,1388-2B 是 S1000D 的二维数据源,S1000D 中 DM 则是 1388-2B 的工程应用,然而 S1000D 中 DM 较多,而且每个 DM 节点都需到 1388-2B 的 SAR 数据库中查找相应数据源,且映射之后仍需做相应的后续工作,如果人工进行映射,其过程较为复杂且耗时。

线程是操作系统分配处理器时间的基本单元。多线程技术就是在一个进程内同时运行多个线程,可以为不同的程序比较合理地安排运行时间,更加充分地利用系统资源<sup>[5]</sup>。本文应用多线程技术对数据映射过程进行建模描述,实现了数据从 1388-2B 的 SAR 数据库到 S1000D 的 DB 数据库的映射,节约了映射时间,增加了数据映射的准确性<sup>[6]</sup>。其主要的子线程有映射线程、进程间通信 (Inter-Process Communication, IPC) 服务线程、上传数据服务线程、下传数据服务线程等,各个线程的关系见图 2。

下面按照数据流的方向详细说明各线程的工作情况以及线程间通信情况<sup>[7]</sup>。

映射线程:对 25 类的 DB 进行数据映射;将在下一节中具体介绍。

上传线程:将映射完成的 DB 上传到 DB 数据库。

下传线程:将已完成映射的 DB 从 DB 数据库下载下来,为下一个 DB 的映射提供参考。

进程间通信 (IPC) 服务线程:用来提供与管理各线程间的通信<sup>[8-9]</sup>。本线程与其他线程配合的工作过程是,从数据模块提取需要查询的相应数据项后,系统将查询之前完成映射的 DB,然后设置进程间触发事件通知本线程,本线程接收该通知后,与下传线程取得联

系,向 DB 数据库提出请求,获得终端反馈数据后,提供给映射线程;当映射线程中的数据模块完成映射后,向本线程提出上传请求,本线程接收该通知后与上传线程取得联系,将完成映射的 DB 上传到 DB 数据库。

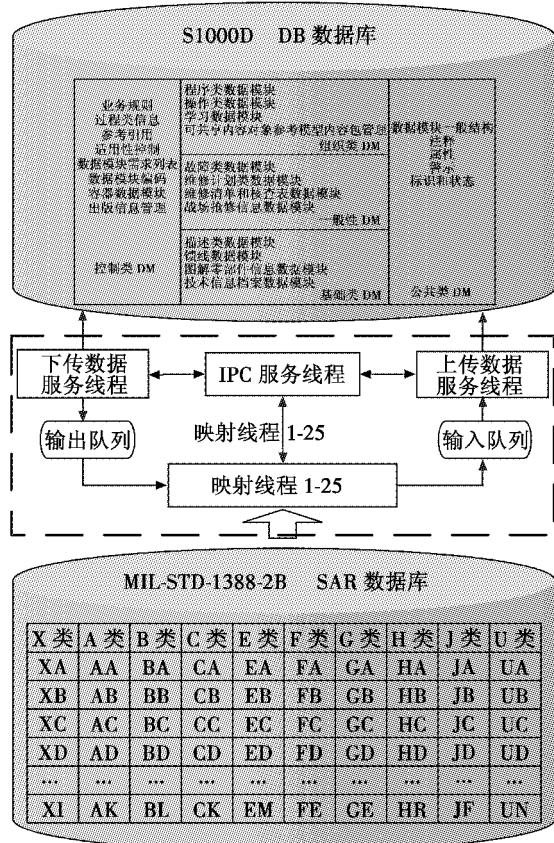


图2 基于多线程的数据模块映射图

Fig. 2 The data module map based on multithread

### 3.2 单个数据模块映射线程

单个数据模块映射流程如图3所示。

单个数据模块映射具体步骤如下所述。

1) 查询 XML 文档数据项,将 XML 文档看成树形图,对整个 XML 自顶向下进行遍历,提取 XML 文档各层次节点名词(即所需映射的数据项)并记录下其路径。

2) 查询 DB 数据库,看是否存在对该数据项的映射记录,如果存在,则引用该记录;如果不存在,进行下一个步骤。

3) 查询 SAR 数据库,看是否存在相同数据项,如果存在则提取相应数据;如果不存在则进行进一步处理。

4) 语言处理(分析数据项名称),借助知识库(包括语法、句法知识,语义,常识,语料库,词典数据库,军语)里的词法、句法知识、分词词典,利用设定的程序对提取的数据项进行分析,获得正确的含义并为下一步匹配做准备。

5) 查词扩展 XML 中数据项名词(包括含义),根据同义词典和相关词典,对提取的数据项进行语义扩展。

6) 从 SAR 数据库中查找相近数据项,分别按照数据项名词匹配程度和数据项含义匹配程度从大到小排列 3 个数据项,用模糊综合评价法对此 3 个数据项进行评价,得到主条件来确定映射数据项源,用主条件及其影响因素的权重计算出最终的评价结果,如果大于 0.95,则所需数据项就用该主条件进行映射,否则所需数据项无输入<sup>[10]</sup>。如果完成该数据项的映射,则将该映射过程填入映射表中,为下一步其他 DB 中数据项的映射提供参考。

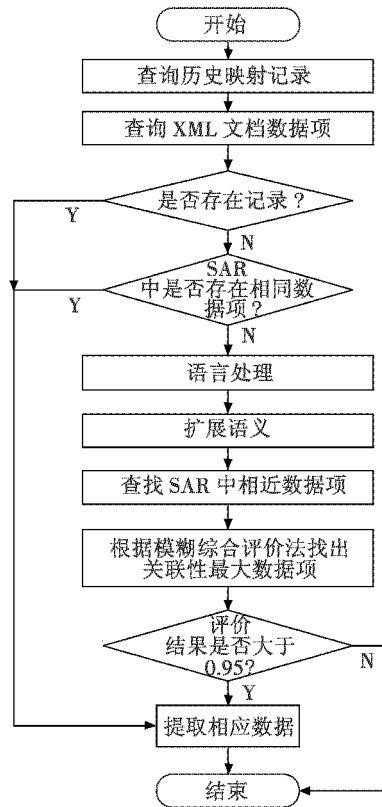


图3 单个数据模块映射图

Fig. 3 The mapping flow chart of single data module

SAR 数据库到 DB 数据库映射关系如图4所示。

XML 信息			SAR 信息				
名词	路径	含义	名词	所在表格	相应数值	名词匹配程度	含义匹配程度

图4 SAR 数据库到 DB 数据库映射关系

Fig. 4 The mapping from SAR database to DB database

### 3.3 基于模糊综合评价的映射数据源确定方法

S1000D 中的某些数据与 1388-2B 并不一致,存在数据项名词或者含义上的差异,具有一定的不确定性,简单地将 SAR 数据和 DB 数据项一一对应起来既不能准确反映这些数据项,也不能充分地利用保障性分析记录,而且可能造成 S1000D 中某些数据无法得到或者映射不准确。所以对 1388-2B 和 S1000D 名称不一致的数据项采用模糊综合评价方法查找可映射的数据项

并确定其主要影响数据项,充分利用 SAR 数据,大大提高了数据使用的效率。

算法输入为 SAR 数据库相关数据项和 DM 的 XML 文档;算法输出为模糊综合评价量化结果。

具体步骤如下所述。

1) 构造以下集合。指标的评价因素集  $T = \{t_1, t_2\}$ ,  $t_1$  为数据项名词匹配程度,  $t_2$  为数据项含义匹配程度;评语集  $V = \{v_1, v_2, v_3\}$ , 即从 SAR 数据库中选取 3 个影响力最大的数据项;评语集对应的数值集  $N = \{n_1, n_2, n_3\}$ ;权重集  $Q = \{q_1, q_2\}$ 。

2) 构造隶属度子集  $R_i, R_i = [x_{i1} \ x_{i2} \ x_{i3}]'$ 。这里  $R_i (i=1, 2)$  指评价因素集中第  $i$  个指标对应评语集中每个  $v_1, v_2, v_3$  的隶属度, 即  $R_{ik}$  等于需要映射的 DB 数据项与相应的 SAR 数据库中第  $k$  个数据的第  $i$  个匹配程度, 其中  $k=1, 2, 3$ 。

3) 构建评判矩阵  $R$ 。对于每一个评价指标  $t_i$  都可以得到一个隶属度子集  $R_i$ , 那么 2 个  $R_i$  构成一个

$$3 \times 2 \text{ 矩阵 } R, \text{ 即 } R = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \\ x_{21} & x_{22} \\ x_{31} & x_{32} \end{bmatrix}。$$

4) 经过式(1)进行标准差变换, 得到  $R'$

$$x'_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{S_k}, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad k=1, 2 \quad (1)$$

式中:  $\bar{x}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ik}$  是平均值;  $S_k = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}$  是标准差。

5) 经过式(2)进行极差变换

$$x''_{ik} = \frac{x'_{ik} - \min_{1 \leq i \leq n} \{x'_{ik}\}}{\max_{1 \leq i \leq n} \{x'_{ik}\} - \min_{1 \leq i \leq n} \{x'_{ik}\}}, \quad i=1, 2, 3, \quad k=1, 2 \quad (2)$$

得到模糊矩阵  $R'' = \begin{bmatrix} x''_{11} & x''_{12} & x''_{13} \\ x''_{21} & x''_{22} & x''_{23} \\ x''_{31} & x''_{32} & x''_{33} \end{bmatrix}。$

6) 经过式(3)进行数积法变换

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ \frac{1}{M} \sum_{k=1}^3 x''_{ik} \cdot x''_{jk}, & i \neq j \end{cases} \quad (3)$$

其中:  $M$  为选定常数,  $M \geq \max(\sum_{i \neq j} x''_{ik} \cdot x''_{jk})$ 。

得到模糊相似矩阵  $R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}$ , 并用平方

法依次求  $R \rightarrow R^2 \rightarrow R^4 \rightarrow \dots \rightarrow R^k$ , 当  $R^k \cdot R^k = R^k$ , 得到

模糊相似矩阵的传递闭包  $t(R) = R^k = \begin{bmatrix} 1 & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & 1 & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & 1 \end{bmatrix}$ ,

确定最佳阈值  $\lambda$ , 得到关联强度最大的主要条件, 即从 3 个相关度较高的数据项中选择一个与 DB 数据项最接近的数据源, 而且该主要条件的评价值必须大于 0.95, 则该 DB 数据项采用该数据源进行映射, 并提取该主要条件的相应数据, 从而完成单个数据模块数据的映射, 部分数据从 SAR 数据库映射到故障类 DB, 如图 5 所示。

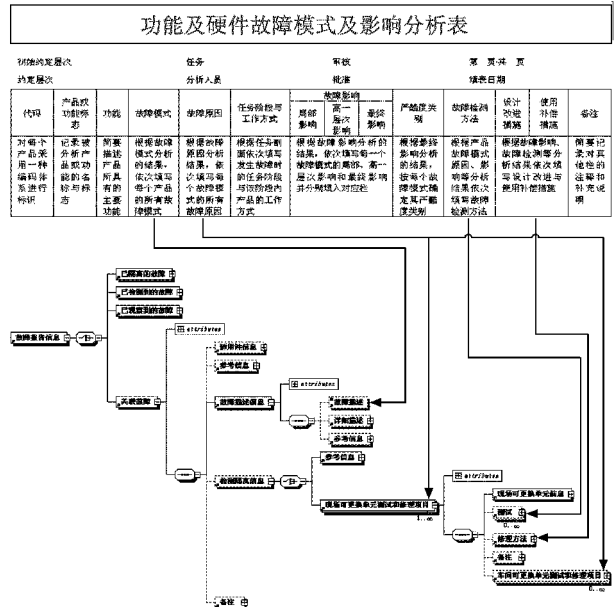


图 5 FMECA 和故障类数据模块的映射

Fig. 5 The mapping between FMECA and fault data module

### 4 结论

本文提出了一种基于多线程的数据映射方法, 主要介绍了单个数据模块映射线程的具体流程及如何使用该流程中主要应用到的模糊综合评价方法确定映射数据源, 克服了以往手工制作 IETM 数据模块的缺陷, 而且该数据映射方法能准确并高效地将 MIL-STD-1388-2B 中 SAR 数据库的数据映射到 S1000D 的数据模块, 快速生成 S1000D 的数据模块并组合成实用有效的 IETM。

### 参考文献

[1] GJB 5432-2005 装备用户技术资料规划与编制要求 [S]. 中国人民解放军总装备部, 2005.  
GJB 5432-2005 Requirements for planning and development of materiel users' technical data [S]. General Armament Department of PLA, 2005.  
[2] 徐宗昌. 装备 IETM 研制工程总论 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.  
XU Z C. Generalization of equipment IETM developing engineering [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2012.

- [3] 谷荣亮. 交互式电子技术手册在武器装备保障中的应用分析[J]. 飞航导弹, 2013(3):57-60.  
GU R L. The application analysis of IETM in military equipment support [J]. Winged Missiles Journal, 2013(3):57-60.
- [4] MIL-STD-1388-2B “DOD Requirements for alogistic support ananlysis record” [S]. United States Department of Defense, 1991.
- [5] 英特尔软件学院教材编写组. 多核多线程技术[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2011.  
Teaching Materials Writing Group of Intel Software College. Multicore multithread technology [M]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press, 2011.
- [6] S1000D Issue 4.0. International specification for technical publications[S]. 2008.
- [7] 吴吉祥, 夏靖波, 杜华桦. 多线程技术在电子水平状态指示仪中的应用[J]. 航天控制, 2010, 28(1):74-77.  
WU J X, XIA J B, DU H H. The application of multithreading technology in aircraft EHSI [J]. Aerospace Control, 2010, 28(1):74-77.
- [8] 倪海燕, 马常旺, 胡超. 基于多线程技术的智能小区管理服务系统构建[J]. 宁波大学学报: 理工版, 2006, 19(1):110-113.  
NI H Y, MA C W, HU C. An architecture of intelligent residence management service system based on multithreading technology [J]. Journal of Ningbo University: Natural Science and Engineering Edition, 2006, 19(1):110-113.
- [9] 洪月华. 基于模糊综合评价的课堂教学质量数据挖掘[J]. 计算机科学, 2008, 35(2):154-156.  
HONG Y H. Data mining for classroom teaching quality based on fuzzy comprehensive evaluation [J]. Computer Science, 2008, 35(2):154-156.
- [10] 薄瑞峰, 李瑞琴. 模糊数据包络分析法在产品方案评价中的应用[J]. 机械设计与研究, 2011, 27(3):17-23.  
BO R F, LI R Q. Application of fuzzy data envelopment analysis model in concept evaluation of mechanical product [J]. Machine Design and Research, 2011, 27(3):17-23.
- (上接第 80 页)
- [4] 王红强, 金海强, 杨涛. 磁线圈对地磁场的物理模拟及对地磁导航研究的意义[J]. 地震地磁观测与研究, 2010, 31(3):1-6.  
WANG H Q, JIN H Q, YANG T. Physical simulation of geomagnetic field by use of magnetic coils and its significance to the research of geomagnetic navigation [J]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research, 2010, 31(3):1-6.
- [5] 陈励华, 王仕成, 乔玉坤, 等. 基于多重特征量的地磁场匹配导航[J]. 火力与指挥控制, 2011, 36(7):14-17.  
CHEN L H, WANG S C, QIAO Y K, et al. Multi-element matching in geomagnetic location [J]. Fire Control & Command Control, 2011, 36(7):14-17.
- [6] 王向磊. 地磁匹配导航中匹配量的选择[J]. 测绘工程, 2011, 20(5):1-3.  
WANG X L. The selection of geomagnetic matching parameter in geomagnetic matching navigation [J]. Engineering of Surveying and Mapping, 2011, 20(5):1-3.
- [7] 李永慧, 张晓明, 陈国彬, 等. 某常规弹载体感应磁场分布的仿真技术研究[J]. 弹箭与制导学报, 2012, 32(4):181-184.  
LI Y H, ZHANG X M, CHEN G B, et al. The study on simulation technology of vehicle's inductive magnetic field distribution for a projectile [J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2012, 32(4):181-184.
- [8] 罗兴垅. 圆环电流及亥姆霍兹线圈磁场的一种数值解法[J]. 赣南师范学院学报, 2006(3):91-93.  
LUO X L. On the numerical solution of magnetic field of a circular current and Helmholtz coil [J]. Journal of Gannan Normal University, 2006(3):91-93.
- [9] 易晓柯. 亥姆霍兹线圈的制作和测试[J]. 实验科学与技术, 2005(10):171-172.  
YI X K. Manufacture and test of Helmholtz coils [J]. Experiment Science and Technology, 2005(10):171-172.
- [10] 宋继红. 垂直三分量磁场发生器[J]. 长春大学学报, 2010, 20(6):56-58.  
SONG J H. Vertical three-component magnetic field generator [J]. Journal of Changchun University, 2010, 20(6):56-58.