

# 面向三维机加工工艺规划系统的 CATIA 模型 MBD 数据提取和应用<sup>①</sup>

陈卓宁<sup>1,2</sup>, 秦宇<sup>1</sup>, 徐同明<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(华中科技大学 机械科学与工程学院, 武汉 430074)

<sup>2</sup>(武汉开目信息技术有限责任公司, 武汉 430223)

**摘要:** 在三维 CAD 领域, 随着基于模型定义(Model Based Definition, MBD)技术应用的不断深入, MBD 零件设计模型(基于 MBD 设计的三维零件模型)可作为三维机加工工艺规划系统的单一数据源, 为工艺规划过程设计提供完整的制造信息. 制造特征识别是三维机加工工艺规划系统的核心技术, 是进行工艺规划活动的前提, 其基础数据来源于 MBD 模型的几何信息和非几何信息(MBD 数据). 针对汽车、航天等领域广泛使用的 CATIA 三维模型 MBD 数据提取的关键技术和难点, 介绍如何深入应用 CATIA 的 CAA 二次开发技术提取零件设计模型的 MBD 数据, 并应用于三维机加工工艺规划系统的制造特征识别中, 为后续的工艺规划过程提供保证.

**关键词:** MBD; CATIA; CAPP; 制造特征; 特征识别; 数据提取

## Extraction and Application of CATIA Model MBD Data Oriented to Three-Dimensional Machining Process Planning System

CHEN Zhuo-Ning<sup>1,2</sup>, QIN Yu<sup>1</sup>, XU Tong-Ming<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(School of Mechanical Science & Engineering, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

<sup>2</sup>(Kaimu Information Technology Ltd, Wuhan 430223, China)

**Abstract:** With the deepening of MBD(Model Based Definition) technology applications in the field of three-dimensional CAD, MBD Part Design Model(Three-Dimensional Part Model designed with definition of MBD) has been the only data source of the three-dimensional machining process planning and provides a complete manufacturing information for the design process in process planning. Manufacturing feature recognition is the core technology of Three-Dimensional machining process planning and the prerequisites of process planning activities. And its data mainly comes from the Geometric information and Non-geometric information(MBD Data)of MBD Part Model. This paper focuses on the pivotal technic and difficulty of MBD Data's extraction of CATIA Three-Dimensional Model which is commonly used in auto and aviation field, describing how to apply CAA secondary development technology in depth, extracting MBD Data and using it to feature recognition technic of three-dimensional machining process planning system, guaranteeing the following machining process planning.

**Key words:** MBD; CATIA; CAPP; manufacturing feature; feature recognition; data extraction

计算机辅助工艺规划设计(Computer Aided Process Planning, CAPP)是制造业信息化的核心组成部分, 是计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)与计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing)连接的桥

梁, 随着三维 CAD 与 CAM 的快速发展, 三维 CAPP 成为制造企业信息化建设的迫切需求. 近年来, MBD 技术不断发展, 其核心思想是全三维基于特征的表述方法, 它用一个集成的三维实体模型可完整地表达产

<sup>①</sup> 收稿时间:2014-01-15;收到修改稿时间:2014-02-24

品的定义信息, 可将制造信息和设计信息(三维尺寸标注、制造信息、产品结构信息等)共同定义到产品的三维数字化模型中, 甩掉二维工程图, 保证设计数据的唯一性<sup>[1]</sup>. 以 MBD 模型作为三维 CAPP 的输入数据源能够为工艺过程规划设计提供完善的产品定义信息. 由此, 在三维 CAPP 开发中, 对零件设计模型进行 MBD 数据的自动提取是三维 CAPP 研究与开发的关键.

三维机加工工艺规划设计系统一直是三维 CAPP 的研究热点, 制造特征是其基础对象, 工艺规划设计活动均建立在制造特征对象之上. 制造特征识别是将零件设计模型提取的几何信息(拓扑结构表达等)与 MBD 数据进行处理, 将零件的设计特征转化为制造特征的过程. 由于三维 CAD 内核的各异性, 不同的三维 CAD 平台创建的 MBD 零件模型的 MBD 数据表达具有差异性, 因此对各三维 CAD 平台产生的零件设计模型的 MBD 数据提取需采用三维 CAD 平台对应的二次开发技术.

CATIA V5 是 Dassault Systems 公司与 IBM 公司合作共同推出的三维 CAD 软件, 也是目前航空、航天、汽车、以及电子工业领域中的主流三维 CAD 软件. 随着 CATIA 在应用领域的不断普及, 企业对软件个性化服务要求越来越迫切, CATIA 开放了大部分接口, 为用户提供了很好的二次开发平台. 但 CATIA 的二次开发技术 CAA(Component Application Architecture, 组件应用架构)涉及的内容层次较深, 用其进行二次开发具有一定的复杂性和难度, 入门较困难, 而且国内相关资料甚少, 尤其是成功案例的文献较为少见<sup>[2]</sup>. 针对 CATIA 三维模型的 MBD 数据提取没有相关资料的借鉴. 本文结合武汉开目信息技术有限公司自主研发的开目三维机加工工艺规划软件(KM3DCAPP-M)分析三维机加工工艺规划系统特征识别过程中所需的 CATIA 模型 MBD 数据, 介绍通过 CATIA/CAA 二次开发技术, 提取 CATIA 模型的 MBD 数据, 并用于 KM3DCAPP-M 特征识别技术, 进行机加工工艺规划设计.

## 1 MBD技术概述

### 1.1 基本概念

(1)基于模型定义(Model Based Definition, MBD): 是一种新的产品数字化定义技术, 用集成的三维实体

模型来完整表达产品定义信息, 详细规定了三维实体模型中产品定义、公差标注规则和工艺信息的表达方法. MBD 成为了产品设计、制造、装配等的唯一数据来源<sup>[3]</sup>.

(2)MBD 数据: 以 MBD 技术为依托, 在产品的设计阶段、工艺规划阶段、工艺制造仿真阶段等过程中用到的零件的非几何信息(三维标注、制造技术要求等产品制造工艺信息)的集合. MBD 数据的表达如图 1 所示.

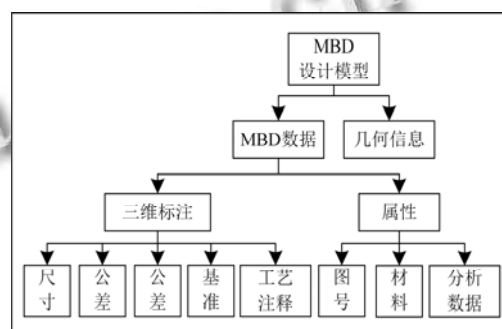


图 1 MBD 数据表达

### 1.2 MBD 技术

从狭义上来说 MBD 就是对数字化模型进行规范化的全三维标注<sup>[4]</sup>, 但 MBD 并不是简单的三维模型加上三维标注, 它不仅描述零件模型的几何信息, 还定义了三维产品制造信息和非几何管理信息(PMI、BOM 等), 使用人员可从 MBD 模型中获取完善的产品定义信息, 减少了对其他信息系统的依赖, 使设计与制造之间的信息交换与共享无需依赖系统的集成而保持有效连接. 本文所要提取的 MBD 数据主要是基于 MBD 标准设计的 CATIA 三维模型的三维标注和工艺制造信息.

## 2 制造特征识别技术概述

### 2.1 基本概念

(1)制造特征: 零件上可加工成形的几何外形. 与设计特征不同的是, 它不是封闭的几何体, 而是面与面的组合对象, 是具有工艺加工语义的面的集合<sup>[5]</sup>. 制造特征是实现 CAD/CAPP/CAM 集成的纽带, 在三维机加工工艺规划系统中, 制造特征是工艺规划的基础核心研究对象.

(2)制造特征识别: 在三维工艺规划过程中, 将产品三维模型设计特征转换为制造特征的过程称为制造

特征识别. 制造特征识别技术是三维机加工工艺规划设计系统的核心技术.

### 2.2 制造特征识别技术

特征识别是将设计特征转化为制造特征的过程, 是三维机加工工艺规划设计的前提. 制造特征识别使用的 MBD 模型的 MBD 数据, 包括三维标注和相关制造信息. MBD 零件模型一般由几何模型、三维标注和属性组成. 几何模型由一系列简单的几何元素构成, 并通过三维图形的方式来表达零件的几何信息. 三维注释和属性统称为非几何信息(MBD 数据), 前者包含了产品的尺寸、公差、依附面、制造工艺和精度要求等生产必须的工艺约束信息, 后者则包含了产品的原材料规范、分析数据、测试需求等产品内置信息<sup>[6]</sup>. 如图 1 所示.

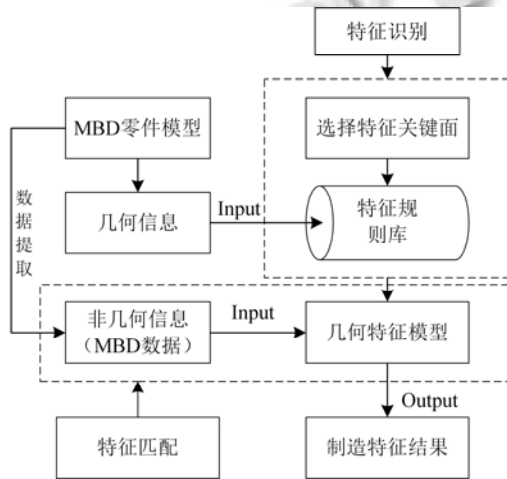


图 2 制造特征识别过程

图 2 为制造特征的识别过程, 该过程以交互模式进行, 用户可自行选择要识别的特征类型如 孔、键槽等的关键面, 如孔特征的内圆柱面, 键槽特征的底面等, 通过特征规则库的匹配, 得到几何特征模型, 然后与 MBD 数据通过特征匹配生成制造特征识别的最终结果—制造特征模型. 由此可见, 模型 MBD 数据是制造特征识别的基础数据源. 正确有效地提取出零件设计模型的 MBD 数据将是保证制造特征识别结果准确的关键所在.

### 3 CATIA模型MBD数据提取思路

CATIA 模型的三维标注包含于 TPS(Technological Product Specification)<sup>[7]</sup>特征之中, 分为 semantic(语义)

和 Non semantic(非语义)两种, 前者有一定的加工语义和规范, 后者则没有规范并且可以包含无效甚至错误的信息. 而且在 CATIA 的三维公差与标注设置里面可以设置是否标注语义尺寸和公差, 由于用户的选择各异, 因此必须兼顾语义和非语义公差与标注的提取.

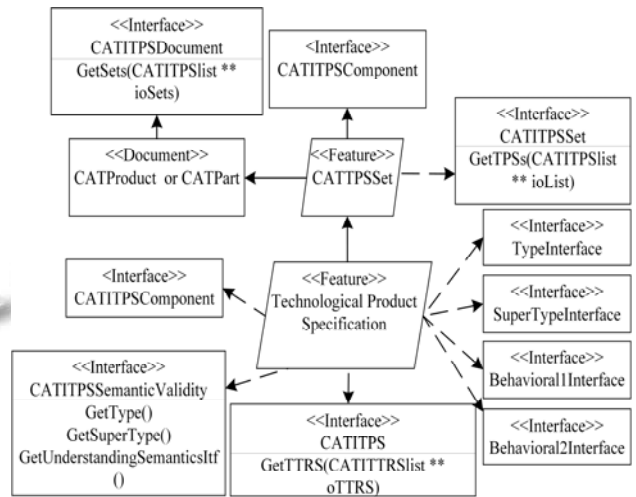


图 3 TPS 特征关系图

图 3 为 TPS 的特征关系图, 描述了 TPS 特征与 CATPart(CATIA 零件模型)特征的关系及相关的接口. 结合图 3, 可知从 CATIA 零件模型中提取 MBD 数据的基本思路如下: 先从零件模型中获取出 CATTPSSet 对象, 然后判断其类型是 Semantic 还是 Non semantic, 针对不同的类型通过不同的接口提取其 MBD 数据.

### 4 CATIA模型MBD数据提取

#### 4.1 CATIA 二次开发技术综述

CATIA 的二次开发方式主要有两种, 一种是自动化对象编程 Automation 技术, 即宏脚本开发技术, 另一种是 CAA(Component Application Architecture, 组件应用架构) C++技术. Automation 技术容易理解, 入门容易, 但其大多针对操作层面的功能开发, 比较简单, 并不能直接获取及处理数据. CAA C++是 CATIA 的一整套函数库, 采用纯 C++编写, 该函数库在 CATIA 运行时加载, 可以对 CATIA 的底层数据进行操作. 用户可以通过 RADE(Rapid Application Development Environment)与 VC++的集成开发环境, 编制程序与 CATIA 进行通信<sup>[8]</sup>. 本文要获取 MBD 数据必然要对 CAD 模型的底层数据进行操作, 而 Automation 技术显

然不适用, 因此选择利用 CAA C++技术进行数据提取.

#### 4.2 CATIA 模型 MBD 数据提取流程

由 CATIA 模型 MBD 数据提取思路可知 MBD 数据提取的基本过程如下: 零件模型中获取出标注队列 (CATITPSList) 对象, 先得到标注的依附面 TTRS(Technologically and Topologically Related Surfaces), 然后判断其类型是 Semantic 还是 Non semantic, 再判断其基本类型如 Dimension(尺寸),

Geometrical Tolerance(几何公差), Roughness(粗糙度)等, 然后通过不同类型 TPS 特征对应的行为特征接口提取相应的数据.

图 4 为 CATIA 零件设计模型的 MBD 数据提取流程图, 首先要获取标注的文档指针 (CATITPS Document), 方法如下: 先从零件模型文件获取该文件的文档指针 (CATDocument), 然后从文档指针中获取出标注文档指针.

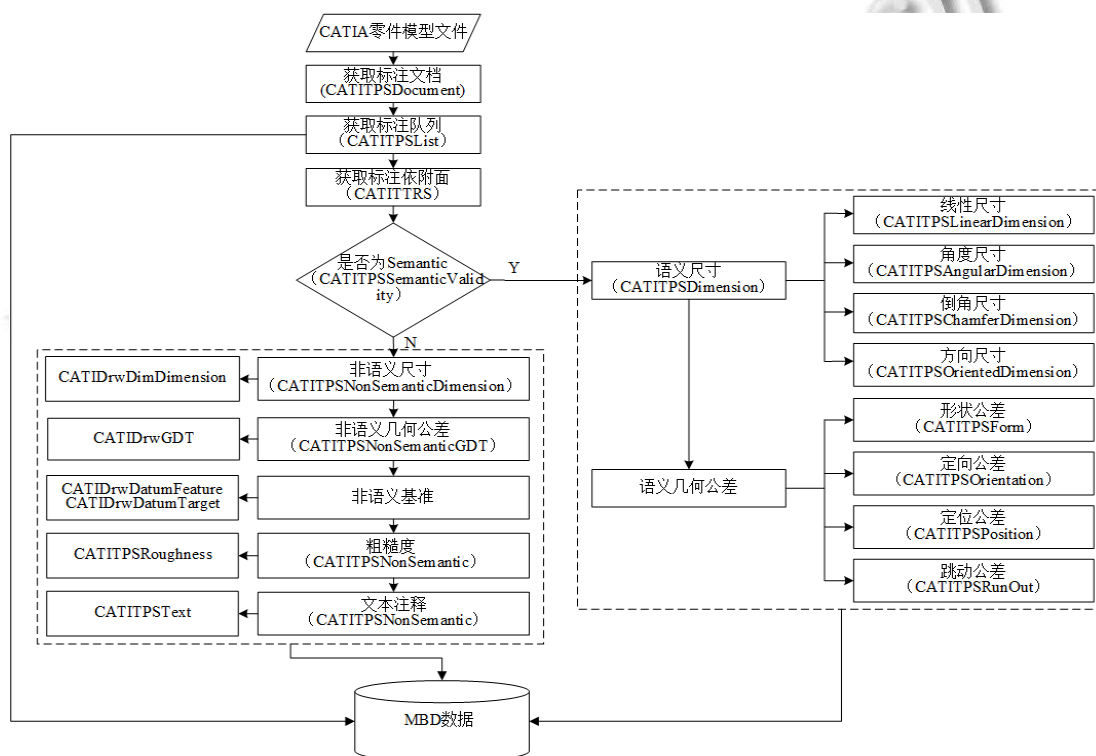


图 4 MBD 数据提取流程

其次获取标注队列 (CATITPSList), 方法如下: 先从标注文档指针中获取标注集 (CATITPSSet), 然后通过 GetTPSs() 方法从每个标注集中获取出标注队列. 在得到标注队列后, 遍历每一个 TPS, 通过 GetTTRS 方法得到标注的依附面保存到 MBD 数据 XML 文件中, 之后判断其是 Semantic 还是 Non semantic, 从而得到其具体的 TPS 对象, 若是前者, 则按照 Semantic 流程得到其对应的具体 TPS 对象, 如线性尺寸或形状公差等, 若是后者, 则按照 Non semantic 流程得到对应的具体 TPS 对象, 如非语义尺寸或粗糙度等.

语义 TPS 对象和部分非语义的 TPS 都有相应的行为接口, 通过这些接口就可以获取具体的数据, 比如

语义尺寸有 CATITPSDimensionLimits 这个行为接口, 通过 CATITPSDimensionLimits 可以得到尺寸的基本尺寸、上下偏差等.

部分非语义 TPS 对象并没有相应的行为接口, 即不能直接得到其具体的数据. 由于开发人员不清楚 CATIA 三维标注分为 semantic 和 Non semantic 两种, 因此更不清楚对于非语义 TPS 对象需要单独进行处理, 使得这类非语义 TPS 对象的数据提取成为 MBD 数据提取的一大难点. 要对这类 TPS 对象进行数据提取, 首先需要将其从三维 TPS 对象中提取出工程图 TPS 对象, 即在三维 TPS 对象中通过 QueryInterface() 方法获取出相应的工程图 TPS 对象 CATITPSDrawable. 获得

CATITPSDrawable 后, 再通过方法 GetAnnotation() 得到工程图标注 CATIDftAnnotation, 之后便可以从工程图标注中得到不同类型 TPS 的具体数据. 比如要提取非语义几何公差 CATITPSNonSemanticGDT 的相关数据, 首先通过上述方法得到其 CATIDftAnnotation, 然后从中得到工程图几何标注 CATIDrwGDT 对象, 再通过其下的方法如 GetGDTTolerance() 得到其公差值和参考基准等相关数据.

在提取完所有的 MBD 数据后, 将其保存到 MBD 数据 XML 文件中, 完成 MBD 的数据提取.

### 5 应用实例

图 5 为 CATIA 的轴类零件, 三维机加工工艺规划系统在该零件进行工艺规划时, 首先利用本文论述的 CAA 二次开发方法提取该模型的 MBD 数据并存储于图 6 所示的 XML 中, 然后与特征识别得到的几何特征模型相匹配, 得到制造特征识别的最终结果制造特征模型. 图 7 中 b 为三维机加工工艺规划系统对该轴类零件进行工艺规划设计的制造特征识别, 左侧上方特征树上显示的是特征识别的结果及其工艺推理结果, 右侧为该零件对应的特征工艺规划的工序内容, 特征树上高亮的外圆柱面 4 即是图 5 上高亮显示的外圆柱面的制造特征, 下方的属性栏里是其 MBD 数据的集合, 图 7 中 a 是其放大图, 包含特征类型、名称、粗糙度、直径、直径上下偏差等, 这些 MBD 数据即是 XML 文件中存贮的 MBD 数据转化而来.

### 6 结语

本文论述了三维机加工工艺规划过程中的 MBD 技术和制造特征识别技术, 分析了 MBD 数据在制造特

征识别中的应用方法. 解决了 CATIA 模型的 MBD 数据提取的若干关键技术及难点. 本文论述的 MBD 数据提取技术已在开目三维机加工工艺规划系统中得到了具体应用, 实现了三维 CAD/CAPP 的紧密集成.

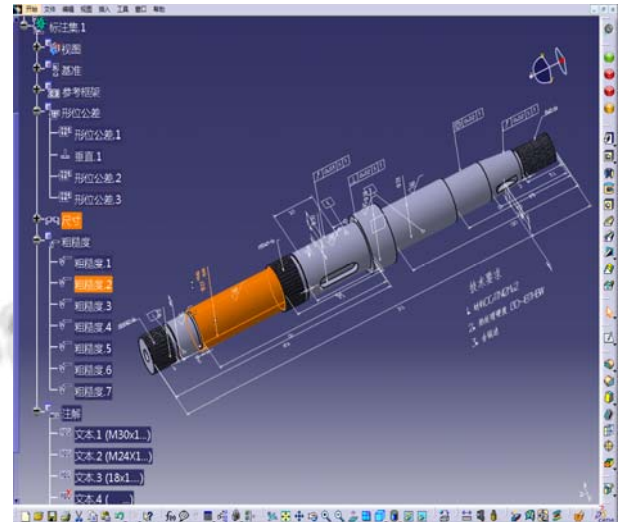


图 5 CATIA 轴类 MBD 零件模型

```

- <尺寸26>
  <尺寸ID>326</尺寸ID>
  <基本尺寸>30</基本尺寸>
  <尺寸类型>diameter</尺寸类型>
  <上偏差>0</上偏差>
  <下偏差>-0.021</下偏差>
  <公差等级>7</公差等级>
  <依附面 依附面2="88" 依附面1="88"/>
- /尺寸26>
- <尺寸27>
  <尺寸ID>327</尺寸ID>
  <基本尺寸>38</基本尺寸>
  <尺寸类型>diameter</尺寸类型>
  <上偏差>0</上偏差>
  <下偏差>-0.3</下偏差>
  <公差等级>12</公差等级>
  <依附面 依附面2="68" 依附面1="68"/>
- /尺寸27>
- <尺寸28>
  <尺寸ID>328</尺寸ID>
  <基本尺寸>27</基本尺寸>
  <尺寸类型>diameter</尺寸类型>
  <上偏差>0.02</上偏差>
  <下偏差>0.041</下偏差>
  <公差等级>7</公差等级>
  <依附面 依附面2="296" 依附面1="296"/>
- /尺寸28>
- <粗糙度0>
  <粗糙度ID>11</粗糙度ID>
  <粗糙度值>0.8</粗糙度值>
  <依附面>296</依附面>
- /粗糙度0>
  
```

图 6 轴类零件 MBD 数据 XML 文件

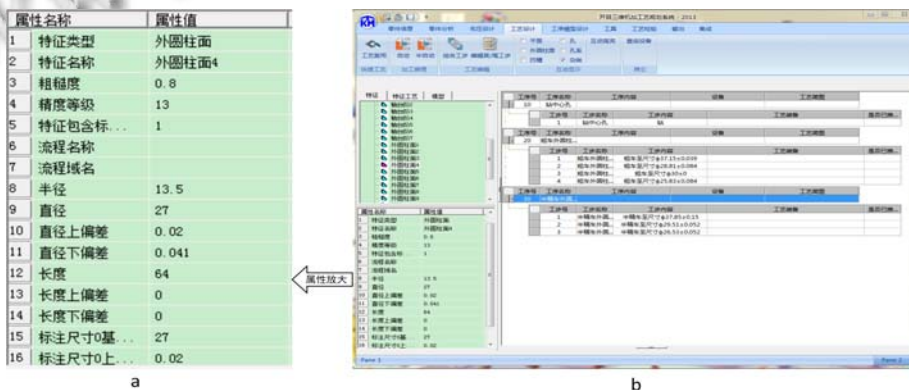


图 7 三维机加工工艺规划的制造特征识别

## 参考文献

- 1 石秀芬.基于模型定义技术(MBD 技术)的分析研究.机械管理开发,2013,3:45-46.
- 2 周仙娥,鲁墨武,赵海星.基于 CAA 的 CATIA 二次开发的研究.科技信息,2008,36:73-75.
- 3 拜明星.基于 MBD 技术的三维工艺设计与现场可视化生产.航空制造技术,2013,8:40-41.
- 4 吴建平,梅中义.基于 MBD 的零件数字化的工艺设计技术.航空制造技术,2013,3:58-59.
- 5 曾芬芳,邬晶,严晓光.CAPP 系统中三维制造特征提取关键技术的研究.信息技术,2010,39(1):124-126.
- 6 潘康华.基于 MBD 的机械产品三维设计标准关键技术与应用研究[学位论文].北京:机械科学研究总院,2012.
- 7 CAA V5 For CATIA Foundations. DASSAULT SYSTEMS March. 2001.
- 8 张金,邱金江.面向三维装配工艺系统的 CATIA 模型信息提取与应用.计算机系统应用,2012,21(12):125-128.

[www.c-s-a.org.cn](http://www.c-s-a.org.cn)

[www.c-s-a.org.cn](http://www.c-s-a.org.cn)