

中国科学技术大学

国创成果报告



这里是标题
标题只能有三行
不能多

姓 名:	wy wfd zsq
院 系:	少年班学院
导 师:	黄章进 副教授
完成时间:	二〇一七年五月

致 谢

感谢原本科模板的作者 XPS、硕博模板的作者刘青松以及它们的维护者的辛勤工作！

感谢大家对本模板更新工作的支持！

本模板以及本示例文档还存在许多不足之处，欢迎大家测试并及时提供反馈。

ywg@USTC

在中国科技大学完成本科和硕博连读学业的九年里，我所从事的学习和研究工作，都是在导师以及系里其他老师和同学的指导和帮助下进行的。在完成论文之际，请容许我对他们表达诚挚的谢意。

首先感谢导师 XXX 教授和 XXX 副教授多年的指导和教诲，是他们把我带到了计算机视觉的研究领域。X 老师严谨的研究态度及忘我的工作精神，X 老师认真细致的治学态度及宽广的胸怀，都将使我受益终身。

感谢班主任 XXX 老师和 XX 老师多年的关怀。感谢 XXX、XX、XX 等老师，他们本科及研究生阶段的指导给我研究生阶段的研究工作打下了基础。

感谢 XX、XXX、XXX、XX、XXX、XXX、XXX、XX 等师兄师姐们的指点和照顾；感谢 XXX、XX、XXX 等几位同班同学，与你们的讨论使我受益良多；感谢 XXX、XX、XXX、XX、XXX 等师弟师妹，我们在 XXX 实验室共同学习共同生活，一起走过了这段愉快而难忘的岁月。

感谢科大，感谢一路走过来的兄弟姐妹们，在最宝贵年华里，是你们伴随着我的成长。

最后，感谢我家人一贯的鼓励和支持，你们是我追求学业的坚强后盾。

赵钱孙

2017 年 5 月 7 日

目 录

致 谢	I
目 录	III
表格索引	V
插图索引	VII
算法索引	IX
摘 要	XI
ABSTRACT	XIII
第一章 Introduction	1
1.1 增强现实技术	1
1.2 增强现实的定位方式	1
1.3 V-SLAM 技术	1
1.3.1 V-SLAM 的基本原理	1
1.3.2 基于关键帧 BA 的单目 V-SLAM 系统	2
第二章 基于单目相机的 3 维实时重建的 PTAM 算法介绍	3
2.1 PTAM 算法的介绍	3
2.2 PTAM 算法工作的基本流程	3
2.2.1 PTAM 管线之一: Tracking	3
2.2.2 PTAM 管线之二: Mapping	4
2.3 PTAM 算法的实际应用	5
2.3.1 在一般电脑上运行	5
2.3.2 在智能手机上运行	5
2.4 PTAM 算法的评价	5
参考文献	7
附录 A 中国科学技术大学研究生学位论文撰写规范	9
A.1 内容要求	9
A.1.1 封面	9
A.1.2 中国科学技术大学学位论文原创性和授权使用声明	10
A.1.3 摘要和关键词	10
A.1.4 目录	10
A.1.5 符号说明	10

A.1.6 正文	10
A.1.7 参考文献	11
A.1.8 附录	11
A.1.9 致谢	11
A.1.10 在读期间发表的学术论文与取得的其他研究成果	11
A.2 书写规定	11
A.2.1 论文的字数要求	11
A.2.2 文字、标点符号和数字	12
A.2.3 封面与扉页	12
A.2.4 目录	12
A.2.5 摘要与关键词	12
A.2.6 论文正文	13
A.2.7 参考文献	15
A.3 排版和印刷要求	17
附录 B 关于规范本科毕业论文（设计）格式和统一封面的通知	19

表格索引

插图索引

算法索引

摘 要

本文是中国科学技术大学本硕博毕业论文模板示例文件。本模板由 ywg@USTC 创建，适用于撰写学士、硕士和博士学位论文，本模板由原来的本科模板和硕博模板整合优化而来。本示例文件除了介绍本模板的基础用法外，本文还是一个简要的学位论文写作指南。

关键词： 中国科学技术大学 学位论文 L^AT_EX 通用模板 学士 硕士 博士

ABSTRACT

This is USTC thesis template for bachelor, master and doctor user's guide. The template is created by ywg@USTC and a derivative of USTC Bachelor and Master-PhD templates. Besides that the usage of the template, a brief guideline for writing thesis is also provided.

Keywords: University of Science and Technology of China (USTC), Thesis, Universal \LaTeX Template, Bachelor, Master, PhD

第一章 Introduction

1.1 增强现实技术

增强现实技术 (**augmented reality**) 是一种将真实世界信息和虚拟世界信息“无缝”集成的新技术, 是把原本在现实世界的一定时间空间范围内很难体验到的实体信息 (视觉信息, 声音, 味道, 触觉等), 通过电脑等科学技术, 模拟仿真后再叠加, 将虚拟的信息应用到真实世界, 被人类感官所感知, 从而达到超越现实的感官体验。比起传统方式来说, 它更加的直观, 更加的高效, 因此也有着更加广阔的应用前景。近年来, 增强现实技术已在军事, 生活, 游戏等众多领域运营并取得了成功。例如, 宜家家居公司已经开发了一个 APP 使得用户可以使用智能手机观察不同的家具在自己房间的摆放效果; 而任天堂公司也开发了 Pokemon-Go 游戏, 使得玩家可以通过智能手机在现实世界里发现精灵。

1.2 增强现实的定位方式

增强现实需要实时定位设备在环境中的方位, 定位的方案虽然有许多种, 但多数方案都存在局限或者代价太高难以普及, 例如 GPS 无法在室内及遮挡严重的环境里使用, 且精度较低, 而基于无线信号的定位方案则需要事先布置场景。基于视觉的同时定位与地图构建技术 (*visual simultaneous localization and mapping V-SLAM*) 以其成本低廉、小场景精度较高、无需预先布置场景等优势成为比较常采用的定位方案。

1.3 V-SLAM 技术

V-SLAM 技术指的是使用图像作为外部信息的唯一来源, 来定位一个机器人、一辆车或者一个移动的相机在整个场景中的位置, 同时, 重建环境的三维结构。

1.3.1 V-SLAM 的基本原理

V-SLAM 技术根据拍摄的视频、图像信息推断摄像头在环境的方位, 同时构建环境地图, 其原理为多视图几何原理 (**Multiple view geometry theory**) V-SLAM 的目标为同时恢复出每帧图像对应的相机运动参数 $C_1, C_2 \cdots C_m$ 以及场景三维结构 $X_1, X_2 \cdots X_n$, 每个相机运动参数 C_i 包含了相机的位置和朝向信息, 通常表达为一个 3×3 的旋转矩阵 R_i 和一个三维位置变量 p_i 。 R_i 与 p_i 将一个世界坐标系下的三维点 X_j 变换至 C_i 的局部坐标系

$$(X_{ij}, Y_{ij}, Z_{ij})^T = R_i(X_j - p_i) \quad (1.1)$$

进而投影至图像中

$$h_{ij} = (f_x X_{ij}/Z_{ij} + c_x \cdot f_y Y_{ij}/Z_{ij} + c_y)^T \quad (1.2)$$

其中, f_x, f_y 分别为沿图像 x, y 轴的图像焦距, (c_x, c_y) 为镜头光心在图像中的位置, 通常假设这些参数已实现标定且保持不变, 由式 (1.1) (1.2), 三维点在图像中的投影位置 h_{ij} 可表示为一个关于 C_i 和 X_j 的函数, 记为

$$h_{ij} = h(C_i, X_j) \quad (1.3)$$

V-SLAM 算法需要将、对不同图像中对应于相同场景的图像点进行匹配, 而这个过程是通过求解如下目标函数

$$\arg \min_{C_1, C_m, X_1, X_n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \|h(C_i, X_j) - \tilde{x}_{ij}\|_{\Sigma_{ij}} \quad (1.4)$$

得到一组最优的 $C_1, C_2 \dots C_m, X_1, X_2 \dots X_n$, 使得所有 X_j 在 C_i 图像中的投影位置 h_{ij} 与观测到的图像点位置 x_{ij} 尽可能靠近, 这里假设图像观测点符合高斯分布 $x_{ij} \sim N(\tilde{x}_{ij}, \Sigma_{ij})$, $\|e\| = e^T \Sigma^{-1} e$ 求解目标函数(1.4)的过程也成为集束调整 (**bundle adjustment, BA**), 该最优化问题可利用线性方程的稀疏结构高效求解。

1.3.2 基于关键帧 BA 的单目 V-SLAM 系统

由于现阶段大多数 AR 产品都以智能手机以及平板电脑作为载体, 而智能手机的摄像头大多以单目为主, 双目、三目摄像头甚至深度摄像头都未得到普及, 因此本文主要讨论基于单目视觉的同时定位与地图构建方法。目前, 主流的 V-SLAM 方法主要为: 基于滤波器、基于关键帧 BA 和基于直接跟踪, 我们先来看看这三种方法。比较并分析其优劣, 而后详细介绍基于关键帧 BA 的 V-SLAM 方法。其中比较具有代表性的有 MonoSLAM 以及 MSCKF

基于滤波器的 V-SLAM 的方法将系统每一时刻的状态 t 用一个高斯概率模型表达, $x_t \sim N(\tilde{x}_t, P_{ij})$, 其中 \tilde{x}_t 为当前时刻系统状态估计值, P_t 为该估计值误差的协方差矩阵, 系统状态由滤波器不断更新。

而基于关键帧 BA 的 V-SLAM 方法是近年来最流行的方法之一, 他的主要思想是将相机跟踪 (Tracking) 和地图构建 (Mapping) 作为两个独立的任务在两个线程并行执行, 而 Mapping 线程仅维护视频流中抽取的关键帧。PTAM 是最著名的基于关键帧 BA 的方法之一, 也是我们介绍的重点

基于直接跟踪的 V-SLAM 方法则是直接通过比较像素颜色来求解相机运动, 具有代表性的算法有 DTAM 以及 LSD-SLAM。

第二章 基于单目相机的 3 维实时重建的 PTAM 算法介绍

2.1 PTAM 算法的介绍

关键词，双管线系统，为后面的算法奠定了基础

我们首先简述 PTAM 实现单目相机 SLAM 的原理。单目相机模型不同于双目相机模型，实时追踪时相机视界中的点不能和其它相机视界中的点进行匹配，只能和自己的关键帧匹配，从而加大了 3D 重建中定位的难度。PTAM 算法提出利用单目相机实时追踪特征点的可行性，实现三维重建。

PTAM 算法主要思想是将 Tracking 和 Mapping 两个过程放在不同的管线 (进程) 中进行: Tracking 进程专门实现相机位置的估计, Mapping 进程则用于进行关键帧之间的误差消除。

2.2 PTAM 算法工作的基本流程

如果记 W 为真实世界的坐标系, PTAM 算法将维护一个关键帧集合: $\text{Img} = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$, 这 m 个关键帧分别对应 m 个相机坐标系 K_i , 以及一个三维重建的结果。我们用 $E_{K_i W}$ 表示从世界坐标系到相机坐标系的仿射变换 (Affine Transformation)。

2.2.1 PTAM 管线之一: Tracking

追踪进程需要解决如下的问题:

当读入了新的关键帧之后, 原来算法在重建过程中提取的 3 维空间中的特征点现在在照片中的坐标是什么? 现在的相机姿态应该怎么估计?

我们假定程序可以从映射进程得到一个关键帧集合 Img 以及 3 维重建的特征点的坐标集合 (相对于世界坐标系) $P = P_W = \{\mathbf{p}_{1W}, \dots, \mathbf{p}_{sW}\}$, 为了统一形式, 将第 j 个点坐标记为 $\mathbf{p}_{jW} = (p_{jx}, p_{jy}, p_{jz}, 1)$ 。

根据已知结论, 仿射坐标系变换对应公式为

$$\mathbf{p}_{jK_{t+1}} = E_{K_{t+1}W} \mathbf{p}_{jW} \quad (2.1)$$

为了把三维空间中的视界投影到二维空间, 算法遵循 [1] 中的 FOV 相机模型, 构建一个 \mathbb{R}^3 到 \mathbb{R}^2 的映射为:

$$f(x, y, z, 1) = (u_0, v_0) + (x/z, y/z) \begin{bmatrix} f_u & 0 \\ 0 & f_v \end{bmatrix} \frac{\mathbf{r}'}{r} \quad (2.2)$$

$$r = \sqrt{\frac{x^2 + y^2}{z^2}} \quad (2.3)$$

$$r' = \frac{1}{\omega} \arctan(2r \tan \frac{\omega}{2}) \quad (2.4)$$

其中我们假定焦距 f_u, f_v , 主点位置 (u_0, v_0) 和畸变系数 ω 已知。这时对于实时相机姿态的更新, 相当于对于式 2.2 求微分, 在假定线性运动的情况下更新相机姿态的变换仿射矩阵。若我们设从上一关键帧到下一个关键帧的仿射变换矩阵为 T , 则有以下的关系成立:

$$E_{K_{t+1}W} = TE_{K_tW} = \exp(\mu)E_{K_tW} \quad (2.5)$$

其中 μ 为 6 维向量, 代表矩阵 T 的 6 个自由度。所以问题转化为: 根据图像中特征点 (u, v) 的变化和在每个特征点三维空间中的预估位置, 求解 μ, T 的取值。

我们假定点 p 为我们需要定位的特征点, 则我们首先需要在当前的关键帧图像中找到该点的新投影坐标 (\hat{u}, \hat{v}) 。为此, 我们构造图像的尺度空间, 利用的 FAST 计算角点的方法提取可能的特征点。在假定相机移动很慢的情况下, 特征点匹配算法从上一帧的位置开始, 在一定的半径阈值内, 在对应的视界空间上, 依据设计好的评价函数 (scoring function) 进行搜索。算法会在搜索过程中得到一个坐标 (\hat{u}, \hat{v}) , 以及 $\sigma = 2^l$ 作为视界空间金字塔中搜索对应的层数。在得到所有特征点的信息之后, 算法求解以下的优化问题计算相机姿态的更新 (设 P_{t+1} 为当前特征点集合):

$$\underset{\mu}{\operatorname{argmin}} \sum_{j \in P_{t+1}} \psi\left(\frac{\|e_j\|}{\sigma_j}, \sigma_T\right) \quad (2.6)$$

$$e_j = (\hat{u}_j, \hat{v}_j) - f(\exp(\mu)E_{K_tW}P_j) \quad (2.7)$$

这里 ψ 为 Tukey loss:

$$\psi(x, c) = \begin{cases} x(1 - \frac{x^2}{c^2}) & \text{for } |x| < c \\ 0 & \text{for } |x| > c \end{cases} \quad (2.8)$$

为了保证算法的稳定性, 追踪进程会进行两次: 第一次会从三维模型中抽取 50 个特征点投影匹配, 第二次则抽取 1000 个特征点进行匹配。同时, 如果在特征点投影搜索配对的过程中, 如果特征点搜索失败的比率大于某一个阈值的话, 算法将会判定这一帧失效, 并且自动舍弃 (这可能是由于抖动, 位移量过大特征点不在视界中等多种原因造成)。

2.2.2 PTAM 管线之二: Mapping

如图所示在追踪进程持续运行的同时, 映射进程会根据追踪进程估计的相机姿态, 完成关键帧的选取及三维重建的主要任务。为此, 算法首先在初始化阶

段，需要用户指定视频流中的两帧(第一帧一般为起始帧)，单独进行第一次特征点配对。这样做的目的有两个，一方面是为了利用五点法求解相机模型中的固有参数，另一方面是为了先定位特征点到三维空间中作为初始信息。

2.2.2.1 关键帧的选择和插入

在程序进程中，当视频流被读入之后，对于每一帧图像，算法需要判断是否需要把该帧图像加入关键帧集合。判断主要依据是距离上一关键帧的时间和预估的相机距离，以及图像的质量。在选定关键帧之后，根据追踪进程返回的信息，结合上一关键帧的对应特征点信息，定位深度，从而把特征点加入到三维重建模型中。

2.2.2.2 利用 BA(Bundle Adjustment) 校正

为了消除帧与帧之间的积累误差，映射进程还需要对整体进行一个调整，即所谓的 BA。算法对于所有关键帧求解一次优化问题，也会对局部的几个特征点求解局部的优化问题，它们有以下形式：

$$\operatorname{argmin}_{\{\mu\},\{\mathbf{p}\}} \sum_{i=1}^N \sum_{j \in P_i} \psi\left(\frac{\|\mathbf{e}_j\|}{\sigma_j}, \sigma_T\right) \quad (2.9)$$

在完成校正之后，新的特征点的三维信息和关键帧信息将作为追踪进程的输入，循环使用。

2.3 PTAM 算法的实际应用

2.3.1 在一般电脑上运行

2.3.2 在智能手机上运行

2.4 PTAM 算法的评价

参考文献

- [1] 邓建松, 彭冉冉, 陈长松邓建松, 彭冉冉, 陈长松邓建松, 彭冉冉, 陈长松邓建松, 彭冉冉, 陈长松邓建松, 彭冉冉, 陈长松邓建松, 彭冉冉, 陈长松邓建松, 彭冉冉, 陈长松邓建松, 彭冉冉, 陈长松邓建松, 彭冉冉, 陈长松. *L^AT_EX 2_ε 科技排版指南*. 科学出版社, 书号: 7-03-009239-2/TP.1516, 北京, 2001.
- [2] 王磊. *L^AT_EX 2_ε 插图指南*. 2000.
- [3] 张林波. 关于新版 CCT 的说明. 2003.
- [4] C_TE_X 翻译小组. *lshort* 中文版 3.20. 2003.
- [5] Donald E. Knuth. *Computer Modern Typefaces*, volume E of *Computers and Typesetting*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1986.
- [6] Donald E. Knuth. *METAFONT: The Program*, volume D of *Computers and Typesetting*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1986.
- [7] Donald E. Knuth. *The METAFONTbook*, volume C of *Computers and Typesetting*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1986.
- [8] Donald E. Knuth. *TeX: The Program*, volume B of *Computers and Typesetting*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1986.
- [9] Donald E. Knuth. *The TeXbook*, volume A of *Computers and Typesetting*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1986.
- [10] Leslie Lamport. *LaTeX — A Document Preparation System: User's Guide and Reference Manual*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 2nd edition, 1985.

附录 A 中国科学技术大学研究生学位论文撰写规范

以下文字仅作参考，一切以学校规定为准！

研究生院规定在此下载<http://gradschool.ustc.edu.cn/ylib/material/xw/wdxz/1.doc>

研究生学位论文集中反映研究生在研究工作中所取得的成果，代表研究生研究工作的水平，也是申请和授予相应学位的主要依据。为提高研究生学位论文的撰写质量，做到学位论文在内容和格式上的规范化，我们编写了《中国科学技术大学研究生学位论文撰写规范》，供申请学位的研究生参考执行。其中参考文献著录规则我们根据 GB/T 7714-2005 的标准撰写。硕士和博士学位论文除在研究深度等方面要求不同外，撰写要求基本一致。

A.1 内容要求

A.1.1 封面

采用研究生院规定的统一封面，封面包含内容如下：

A.1.1.1 密级

涉密论文必须在论文封面标注密级(内部、秘密、机密)，同时注明保密年限。

A.1.1.2 论文题目

应准确概括整个论文的核心内容，简明扼要，最多不超过 30 字，必要时可以加副标题。

A.1.1.3 作者姓名

英文封面中按英文习惯书写，即名在前。姓名需写全拼。

A.1.1.4 学科专业

写所在专业的全称，不可用简写。

A.1.1.5 导师姓名

一般允许有两名指导教师，主要指导教师姓名写在第一位，后附其职称，次要指导教师排第二位，也需注明职称。

A.1.1.6 完成时间

填写论文打印成文的年月日。

A.1.2 中国科学技术大学学位论文原创性和授权使用声明

本部分内容使用统一的模版，具体内容见格式范例，提交时作者须亲笔签名。

A.1.3 摘要和关键词

A.1.3.1 中文摘要

摘要是论文内容的总结概括，应简要说明论文的研究目的、基本研究内容、研究方法、创新性成果及其理论与实际意义，突出论文的创新之处。不宜使用公式、图表，不标注引用文献。

A.1.3.2 中文关键词

关键词是为了文献标引工作从论文中选取出来用以表示全文主题内容信息的单词和术语，一般 3–8 个词，要求能够准确概括论文的核心内容。

A.1.3.3 英文摘要与关键词

以中文书写的论文，内容与中文摘要和关键词完全一致，其他语种书写的论文以简略为原则，不需要相同。

A.1.4 目录

目录页由论文的章、条、附录等序号、名称和页码组成。论文中如图表较多，可以分别列出清单置于目次页之后。图的清单应有序号、图题和页码。表的清单应有序号、表题和页码。

A.1.5 符号说明

如果论文中使用了大量的物理量符号、标志、缩略词、专门计量单位、自定义名词和术语等，应编写成注释说明汇集表。若上述符号等使用数量不多，可以不设此部分，但必须在论文中出现时加以说明。

A.1.6 正文

正文是学位论文的主体，包括绪论、论文主体及结论等部分。

A.1.6.1 绪论

内容应包括：选题的背景和意义，文献综述及研究现状，研究内容与预期结果，研究方法和实验设计，论文结构安排等。要求实事求是，不夸大、缩小前人的工作和自己的工作，言简意赅，突出重点，不与摘要雷同。

A.1.6.2 论文主体

论文主体是正文的核心部分，占主要篇幅，它是将学习、研究和调查过程中筛选、观察和测试所获得的材料，经过加工整理和分析研究，由材料而形成论点。由于各学科及具体选题的差异，此部分不作统一规定。但总体内容必须实事求是，客观真切，准确完备，合乎逻辑，层次分明，简练可读。

A.1.6.3 结论

结论是对整个论文主要成果的总结，应明确、精炼、完整、准确。其中应明确指出本研究的创新点，对论文的学术价值和应用价值等加以预测和评价，说明研究中尚难解决的问题并提出今后进一步在本研究方向进行研究工作的设想或建议。

A.1.7 参考文献

本着以严谨求实的科学态度撰写论文，凡学位论文中有引用或参考、借用他人成果之处，均应详细列出所引文献的名称、作者、发表刊物、发表时间、卷号、页码等，严禁抄袭剽窃。

A.1.8 附录

主要列入正文内过分冗长的公式推导，供查读方便所需的辅助性数学工具或表格，重复性数据图表，论文使用的缩写，程序全文及说明等。

A.1.9 致谢

对给予各类资助、指导和协助完成研究工作以及提供各种对论文工作有利条件的单位及个人表示感谢。致谢应实事求是，切忌浮夸与庸俗之词。

A.1.10 在读期间发表的学术论文与取得的其他研究成果

按学术论文发表的时间顺序，列齐本人在攻读学位期间发表或已录用的学术论文清单(发表刊物名称、卷册号、页码、年月及论文署名、作者排序)。其他研究成果可以是申请的专利、获得的奖项及完成的项目等。

A.2 书写规定

A.2.1 论文的字数要求

硕士学位论文要求不少于 3 万字，博士学位论文要求不少于 5 万字。

A.2.2 文字、标点符号和数字

除留学生和外语专业研究生外，学位论文一律用汉字书写。除非特殊需要，不得使用已废除的繁体字、异体字等不规范汉字。标点符号的用法以 GB/T 15834—1995《标点符号用法》为准。数字用法以 GB/T 15835—1995《出版物上数字用法的规定》为准。

留学生的学位论文所采用语种可以和导师商定，但论文封面须用中文。

A.2.3 封面与扉页

A.2.3.1 秘级

封面的秘级可以标注为内部、秘密和机密，各密级的保密时限分别为小于等于 5 年、小于等于 10 年和小于等于 20 年，非保密论文不标注密级。

A.2.3.2 题目

题目中避免使用缩略词、首字母缩写字、字符、代号和公式等。

A.2.3.3 日期

封面的日期用汉字书写。

A.2.3.4 扉页

扉页的内容与封面一致。扉页后，需给出英文的封面。其他语种书写的论文还需在英文封面后附上正文所用语种书写的封面。

A.2.4 目录

目录应包括论文的全部内容，包括中英文摘要和附录等，正文章节题名要求编到第 3 级标题，即 ×.×.×。一级标题顶格书写，二级标题缩进一个汉字符位置，三级标题缩进两个汉字符位置。

A.2.5 摘要与关键词

A.2.5.1 摘要

摘要分中文和英文两种，中文在前，英文在后。标题摘要二字中间空一格。摘要的字数，硕士学位论文建议 1000 字以内，博士学位论文建议 3000 字以内。留学生用其他语种撰写学位论文时，中文摘要应不少于 6000 汉字。摘要中不得出现图片、图表、表格或其他插图材料。英文摘要与中文摘要应完全一致。

A.2.5.2 关键词

关键词以显著的字符另起一行并隔行排列于摘要下方，左顶格。中文关键词间空一格，英文关键词间用逗号隔开。

A.2.6 论文正文

A.2.6.1 章节及各章标题

论文正文分章节撰写，每章应另起一页。

各章标题字数一般应在 15 字以内，不使用标点符号。标题中尽量不采用英文缩写词，对必须采用者，应使用本行业的通用缩写词。

A.2.6.2 序号

标题序号 论文标题分层设序。层次以少为宜，根据实际需要选择。各层次标题一律用阿拉伯数字连续编号；不同层次的数字之间用小圆点“.”相隔，末位数字后面不加点号，如“1”，“1.1”，“1.1.1”等；各层次的序号均左起顶格排，后空 1 个字距接排标题。例如：

第 1 章 ××××（大标题）

1.1 ××××（一级节标题）

1.1.1 ××××（二级节标题）

1.1.1.1 ××××（根据需要，也可设三级节标题）

第 2 章 ××××（大标题）

2.1 ××××（一级节标题）

2.1.1 ××××（二级节标题）

图表等编号 论文中的图、表、附注、公式、算式等，一律用阿拉伯数字分章依序连续编码。其标注形式应便于互相区别，如：图 1.1(第 1 章第一个图)、图 2.2(第二章第二个图)；表 3.2(第三章第二个表) 等。

页码 页码从绪论开始按阿拉伯数字（1, 2, 3……）连续编排，此前的部分(中英文摘要、目录等)用大写罗马数字（I, II, III…）单独编排，页码位置居于页脚居中。封面、扉页、创新性声明等不编页码。

A.2.6.3 页眉

页眉从中文摘要开始，内容与该部分的一级标题相同，奇偶页相同，各部分的首页也需有页眉。

A.2.6.4 名词和术语

科技名词术语及设备、元件的名称,应采用国家标准或部颁标准中规定的术语或名称。标准中未规定的术语要采用行业通用术语或名称。全文名词术语必须统一。一些特殊名词或新名词应在适当位置加以说明或注解。

采用英语缩写词时,除本行业广泛应用的通用缩写词外,文中第一次出现的缩写词应该用括号注明英文原词。

A.2.6.5 量和单位

量和单位要严格执行 GB 3100 ~ 3102-93(国家技术监督局 1993-12-27 发布, 1994-07-01 实施) 有关量和单位的规定。

量的符号一般为单个拉丁字母或希腊字母,并一律采用斜体(pH 例外)。为区别不同情况,可在量符号上附加角标。

在表达量值时,在公式、图、表和文字叙述中,一律使用单位的国际符号,且无例外地用正体。单位符号与数值间要留适当间隙。具体可参见下列表达式 3.1。

A.2.6.6 图和表

图 图应具有“自明性”,即只看图、图题和图例,不阅读正文,就可理解图意。每一图应有简短确切的题名,连同图号置于图下。

图的位置在相关说明文字之后,随文排。坐标比例不宜过大,同一图上不同曲线的点要分别用不同形状的标识符标出。图中的术语、符号、单位等应与正文表述中所用一致。

图题应简明。图号和图题间空 1 个字符位置,居中排于图的下方。

必要时,应将图上的符号、标记、代码,以及实验条件等,用最简练的文字,横排于图题下方,作为图例说明(图注)。

表 表的位置也在相应说明文字之后,随文排。表中参数应标明量和单位的符号。表应有自明性。每一表应有简短确切的题名,连同表号置于表上,表号与表题间空一个字符位置。表号用阿拉伯数字分章编号,如第 3 章第 2 个表的表号表示为“表 3.2”。

表格太大需要转页时,需要在续表上方注明“续表”,表头也应重复排出。

必要时应将表中的符号、标记、代码,以及需要说明事项,以最简练的文字,横排于表题下,作为表注。相关要求同于图注。

A.2.6.7 表达式

表达式主要指数字表达式，也包括文字表达式。表达式需另行起排，原则上应居中，用阿拉伯数字分章编号。序号加圆括号，右顶格排。例如，第3章第1个表达式：

较长的式如必须转行，只能在 $+$ 、 $-$ 、 \times 、 \div 、 $<$ 、 $>$ 处转行，序号编于最后一行的最右边。

A.2.7 参考文献

参考文献参照 GB/T 7714-2005《文后参考文献著录规则》执行。推荐使用著者-出版年制，即在正文引用文献处标注著者姓名与出版年份，在文后的参考文献表中标注参考文献的详细信息。

A.2.7.1 著者-出版年制在正文中的标注方式

正文中的标注方式分两种：其一，正文里已出现著作者姓名的，在其后用圆括号附上出版年份即可；其二，正文里仅提及有关的资料内容而未提到著作者，则在相应文句处用圆括号标注著作者姓名和出版年份，两者之间加逗号。

例如：

Park et al(1995) 根据 Laurentia 西缘放射状基性岩墙的研究以及与地幔柱有关的澳大利亚 Gairdner 岩墙群的研究，首次提出约 780Ma 地幔柱导致 Rodinia 超大陆的裂解。

其中关于成冰系顶底界时限和冰川活动年龄、超大陆裂解的起始时间和持续时间……是当前中国地球科学界十分活跃并得到迅速发展的研究领域 (王平, 2003)。

引用同一著者在同一年份出版的多篇文献时，在出版年份之后用英文小写字母 a、b、c……区别。如：(王平, 2005a)；(王平, 2005b)

多处引用同一著者的同一文献时，在“()”外以角标的形式著录引文页码。引用有两个以上同姓的著者的外文文献时，则著者要加名字的缩写，但不必加缩写点。

引用多位著者的文献时，对欧美著者只需标注第一个著者的姓，其后附“et al”，仅两位作者的也可全部注出，中间用“and”；对中国著者应该标注第一著者的姓名，其后附“等”字，姓名与“等”字之间留1个空格。例如：……(王平等, 2005)……。

同一处引用多篇文献时，按出版年份由近及远依次标注，中间用逗号分开。

A.2.7.2 著者-出版年制参考文献表的编排

参考文献表加居中标题——“参考文献”，并列入全书目录。

凡正文里括注了著者姓名和年份的，其文献都必须列入参考文献表。

参考文献表中的条目（不排序号），先按语种分类排列，语种顺序是：中文、日文、英文、俄文、其他文种。然后，中文和日文按第一著者的姓氏笔画排序，中文也可按汉语拼音字母顺序排列，西文和俄文按第一著者姓氏首字母顺序排列。

在参考文献中，当一个著者有多篇文献并为第一著作者时，他单独署名的文献排在前面（并按出版年份的先后排列），接着排他与其他人合写的文献。

著录项目与 GB/T 7714-2005《文后参考文献著录规则》中规定的顺序编制基本相同，不同的仅为出版年份排于编著者之后。

A.2.7.3 参考文献标注的注意事项

编著者姓名，一律姓在前、名字在后。西文和俄文的姓全部著录，名字可用大写首字母（不加缩写点）；如果姓和名的首字母相同，便要用全名。

以机构和团体署名的文献，此机构或团体可作为编著者，但要用全称，而不用简称或缩写。

编著者不明的文献，编著者一项应注明“佚名”，或用其他与之相应的词。

编著者为3人以下时全部著录，用逗号分隔，3人以上可只著录前3人，后加“，等”，外文用“，et al”，“et al”不必用斜体。

外文文献大写字母的使用要符合文种本身的习惯用法。

外文期刊刊名可列出全名，也可列惯用缩写刊名（缩写点可加，也可不加，但全文要统一）。只有一个词的刊名不能缩写。期刊名排正体。

期刊只列出卷号，不必标“卷”或“Vol”等；如果是分卷图书，则应加“卷”或“册”或“Vol”或其他语种相应的词（外文缩写词不加缩写点，首字母大小写应全文统一）。

参考文献的版次、卷、期、页码等数字一律用阿拉伯数字表示。版次中中文版次著录为“第2版”、“第3版”……（第1版不必列出），西文文献的版次著录为“2nd ed”、“3rd ed”或其他语种相应的词。

出版年采用公元纪年，并用阿拉伯数字著录。如有其他纪年形式时，将原有的纪年形式置于“（）”内。

如：1947(民国三十六年)

日文文献中的汉字要用日文汉字。

参考文献中使用的标点符号：

，用于多著者姓名之间，出版者和年或卷（期）之间，期刊名和年或卷之间，“等”或“译”字、专利号等之前。

：用于副题名之前、出版地之后，或引文页码、析出文献页码、专利国别前。

○ 用于期号、报纸的版次、电子文献更新或修改日期以及非公元纪年。

[] 用于序号、文献类型、电子文献的引用日期以及自拟的的信息。

□ 用于专著中的析出文献的出处项前。

- 用于起讫序号和起讫页码间。

. 用于其余各项目之后。

A.2.7.4 顺序编码制的著录规则

参考文献如果按照顺序编码制著录，可参照 GB/T 7714-2005《文后参考文献著录规则》执行。

A.3 排版和印刷要求

略

附录 B 关于规范本科毕业论文（设计）格式和统一封面的通知

以下文字仅作参考，一切以学校规定为准！

教务处规定在此下载<http://202.38.70.92/bklw.doc>

各院系：

鉴于目前各院系本科毕业论文（设计）存在着论文格式不够规范、封面不统一的状况，为加强本科毕业论文的管理，提高论文质量，同时规范全校本科毕业论文（设计）格式，现对本科毕业论文格式和统一封面规定如下：

1. 本科毕业论文按编排顺序应包括以下内容：封面、扉页、致谢、目录、中文内容摘要、英文内容摘要、正文章节、参考文献或资料注释、附录等。
2. 本科毕业论文的格式要求：
 - (a) 封面中“论文题目”等内容用四号宋体。
 - (b) 除封面、扉页外，每面上部加页眉，用小5号字标注“中国科学技术大学本科毕业论文”，居中。
 - (c) 从目录页开始在每面底部居中用小五宋体连续编页码。
 - (d) 论文的“致谢”、“目录”等标题用小二号黑体字，居中。
 - (e) 目录一般列三级，后附规范的页号。
 - (f) 正文中的标题分章、节、段三级；章、节标题居中，段标题居左，分别用三号黑体、小三黑体、四号黑体。
 - (g) 具体内容用小四号宋体，每行间距为22磅，科学公式和符号要符合国标，公式要单独占行、居中、行距为单倍行距。
 - (h) 表格、插图全文要分别统一编号或按章编号，标题用小四宋体：（表格标题居表上方，插图标题居图下方），居中。
 - (i) 参考文献的内容包括：序号、作者名、书名或文章名、刊物名或出版社名、刊物期卷、页和日期，用小四宋体，外文期刊名用白斜体。
 - (j) 附录为：
 - i. 重要参考文献中相关内容和章节复印件；
 - ii. 作者或导师所做的与本论文有关的成果复印件。要求用A4纸复印附于参考文献后。

3. 本科毕业论文（设计）封面学校已统一印制，请到教材科领购。

4. 装订要求：每份论文必须用 A4 纸打印（复印）、装订成册（教材科可提供复印、装订业务）。另外，校级优秀毕业论文必须提交一份线装毕业论文交档案馆收藏。
5. 具体格式详见附件式样。

中国科技大学教务处
二〇〇二年三月二十八日

附件：本科毕业论文（设计）式样
(略)