测度学习研究及其应用

吴翔

北京科技大学

**密　　　　级：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

论文题名一般不宜超过25个汉字。题名应避免使用不常见的缩略词、首字母缩写，避免使用缩略词、字符、代号和公式等，对于题名和副题名的具体要求请见<USTB硕士学位论文规范及论文制作指南.exe>。

论文题名和副题名在整本论文中不同地方或填写学位申请有关表格中出现时，应完全相同。

请尽量调整字号大小，使1行能够显示题名和副题名。若题目过长，影响到美观，可调整为两行。

不用此信息时，删除此框。

论文题目：测度学习研究及其应用

学　 　号：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

作　 　者：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

电子科学与技术

专 业 名 称：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

年月日

**提示信息：**单击相应的年月日将其修改为实际的论文提交日期，不用此信息时，删除此框。

测度学习研究及其应用

The Rearch and Application on Metric Learning

研究生姓名：吴翔

指导教师姓名：石志国

北京科技大学计算机与通信工程学院

北京100083，中国

Master Degree Candidate： Xiang Wu

Supervisor： Zhiguo Shi

School of Computer and Communication Engineering

University of Science and Technology Beijing

30 Xueyuan Road，Haidian District

Beijing 100083，P.R.CHINA

分类号：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 密　　级：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

分类号请去图书馆305（或306）室（工具书室）查阅。分类号为必填项目。不用此信息时，删除此框。

１０００８

ＵＤＣ：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 单位代码：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

UDC建议填写，不用此信息时，删除此框。

**北京科技大学硕士学位论文**

测度学习研究及其应用

**论文题目：**

吴翔

**作者：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

北京科技大学

石志国 副教授

**指 导 教 师： 单位：**

**指导小组成员： 单位：**

有多个指导小组成员时，请您重复该行，并使该页能够在１页显示下。不用此信息时，删除此框。

**单位：**

单击相应的年月日将其修改为实际的论文提交日期，不用此信息时，删除此框。

**论文提交日期：**年月日

学位授予单位：北 京 科 技 大 学

致 谢

盲审论文：请不要填写致谢，致谢页除标题、页眉、页码外请保持空白。不用此信息时，删除此框。

**提示信息：**论文作者可以在致谢页对下列方面致谢：

* 国家科学基金，资助研究工作的奖学金基金，合同单位，资助或支持的企业、组织或个人；
* 协助完成研究工作和提供便利条件的组织或个人；
* 在研究工作中提出建议和提供帮助的人；
* 给予转载和引用权的资料、图片、文献、研究思想和设想的所有者；
* 其他应感谢的组织或个人。

学位论文的致谢用语应规范，感情真挚，言辞恳切，谦虚诚恳，实事求是。致谢辞体现着作者的学术修养和文化修养。

致谢辞主要感谢导师和对论文工作有直接贡献及帮助的人士和单位。学位申请人的家属及亲朋好友等与论文无直接关系的人员，一般不列入致谢的范围。

致谢请控制在一页。不用此信息时，删除此框。

（鼠标移到此框四边，鼠标变为十字箭头，点击边框选中此框，然后按Del删除）

摘 要

**提示信息：**论文中文摘要**字数约为300-600字**，如遇特殊需要字数可以略多。

论文摘要是论文内容不加注释和评论的简短陈述，一般以第三人称语气写成。摘要的编写应遵循下列原则：

1］摘要应具有独立性和自含性，即不阅读论文的全文，就能获得必要的信息。摘要是学位论文的缩影，是学位论文的主要内容、见解、结论简短明了的缩写。

2］摘要应是一片完整的短文，可以独立使用，可以引用。

3）摘要的内容应包含与论文等同量的主要信息，供读者确定有无必要阅读全文，也可供文摘汇编等二次文献采用。

4）摘要一般应说明研究工作的目的意义、研究方法、研究结果、主要结论及意义、创造性成果和新见解，而重点是结果和结论。

5）要用文字表达，不要附图和照片，除了实在无变通办法可用以外，摘要中不用图、表、化学结构式、非公知公用的符号和术语，不要使用表格、公式、上下标以及其他特殊符号，要突出重点，阐述清楚，少用数据表。

论文摘要用语力求简洁、准确。原则上300-600字。

不用此信息时，删除此框。

（鼠标移到此框四边，鼠标变为十字箭头，点击边框选中此框，然后按Del删除）

关键词： （用逗号“，”分隔）

**提示信息：**中文关键词应为3-5个，用中文逗号“，”分隔。关键词是学位论文的检索标志，从学位论文中选取出来用以表示全文主题内容信息款目的单词或术语。关键词的选择关系到学位论文被检索和利用的效果，因此应全面、准确、规范。并应尽量采用《汉语主题词表》或各专业主题词表提供的规范词。不用此信息时，删除此框。

请不要移动关键词框的位置。该框距页上顶25cm，距页左边4cm。

The Rearch and Application on Metric Learning

Abstract

**提示信息：**英文摘要和关键词应当与中文相同，英文摘要的实词在300个左右。

不用此信息时，删除此框。

（鼠标移到此框四边，鼠标变为十字箭头，点击边框选中此框，然后按Del删除）

Key Words： （用英文逗号“,”分隔）

序

**提示信息：**序并非必要。论文的序，一般是作者或他人对本篇论文基本特征的简介，如说明研究工作起源、背景、主旨、目的、意义、编写体例，以及资助、支持、协作、经过等；也可以评述和对相关问题研究阐发。这些内容也可以在主体部分引言中说明。

不用此信息时，删除此框。

（鼠标移到此框四边，鼠标变为十字箭头，点击边框选中此框，然后按Del删除）

**不用此页时，请删除此页。**

目 录

**提示信息：**为保证本文中的链接能够使用，请您先将本文件按规定的命名方式命名保存，并与“<USTB硕士学位论文规范及论文制作指南.exe>”保存于同一目录。

不用此信息时，删除此框。

（鼠标移到此框四边，鼠标变为十字箭头，点击边框选中此框，然后按Del删除）

**提示信息：**本页的目录为**自动更新**，请在每次打印前在目录中任何位置点右键选“更新域”“更新整个目录”来自动更新此目录。整套论文分卷编制时，每一分卷均应有全部报告内容的目录。

不用此信息时，删除此框。

本模板适用于**参考文献**采用**顺序编码制**标注和著录的**学院**

不用此信息时，删除此框。

[致 谢 III](#_Toc201454900)

[摘 要 III](#_Toc201454901)

[Abstract III](#_Toc201454902)

[序 III](#_Toc201454903)

[插图和附表清单 III](#_Toc201454904)

自**2010年6月毕业**的学生开始，论文封面均要求在右上角**标注密级**。具体要求见封面页。

不用此信息时，删除此框。

[缩写和符号清单 III](#_Toc201454905)

[术语表 III](#_Toc201454906)

[1引言 3](#_Toc201454907)

[2 3](#_Toc201454908)

[2.1 3](#_Toc201454909)

[2.2 3](#_Toc201454910)

[2.2.1 3](#_Toc201454911)

[2.2.2 3](#_Toc201454912)

[2.3 3](#_Toc201454913)

[3 3](#_Toc201454914)

[4 3](#_Toc201454915)

[5 3](#_Toc201454916)

[6 3](#_Toc201454917)

[7结论 3](#_Toc201454918)

[参考文献 3](#_Toc201454919)

[附录A 3](#_Toc201454920)

[附录B 3](#_Toc201454921)

[作者简历及在学研究成果 3](#_Toc201454922)

[独创性说明 3](#_Toc201454923)

[关于论文使用授权的说明 3](#_Toc201454924)

[学位论文数据集 3](#_Toc201454925)

[论文编制指南 3](#_Toc201454926)

插图和附表清单

**提示信息：**插图或附表清单并非必要。论文中如图表较多，可以有此页。图的清单应有图号、图题、和页码。表的清单应有表号、表题和页码。

根据所列内容，可将本页标题分别更改为“插图清单”、“附表清单”。

此页并非必要。**不用此页时，请删除此页。**

不用此信息时，删除此框。

（鼠标移到此框四边，鼠标变为十字箭头，点击边框选中此框，然后按Del删除）

缩写和符号清单

**提示信息：**此页并非必要。符号、标志、缩略词、首字母缩写、计量单位等的注释说明，如需汇集，可集中置于此页。

根据所列内容，将本页标题分别更改为“符号清单”、“标志清单”、“缩写清单”、“计量单位清单”等。

不用此信息时，删除此框。

此页并非必要，**不用此页时，请删除此页。**

（鼠标移到此框四边，鼠标变为十字箭头，点击边框选中此框，然后按Del删除）

术语表

**提示信息：**此页并非必要。若文中术语及其注释说明需要汇集，可集中置于此页。

不用此信息时，删除此框。

此页并非必要。**不用此页时，请删除此页。**

（鼠标移到此框四边，鼠标变为十字箭头，点击边框选中此框，然后按Del删除）

2. 引言

二十一世纪以来，人类进入了一个全面的信息时代。随着科学技术的发展和进步，信息在人类生活中的地位和作用越发的突显，人类对信息质量的要求也越来越高。因此，如何高质量的传递、储存和处理信息成为了人类亟待解决的问题。

在机器学习、模式识别、数据挖掘等领域，选择合适的测量准则衡量数据特征之间的距离或者相似度通常对解决问题起重要的作用。例如，K邻近算法(K-Nearest Neighbor, kNN)[1] 通常选择欧几里得距离计算邻近元素；K均值算法(K-means)[2] 基于数据特征之间的距离度量进行聚类分析。此外在信息检索领域，搜索算法也是基于查询关键字与数据库中相关词条的相似度进行排序。然而在实际系统中，仅仅使用欧几里得距离或者余弦距离度量数据特征向量之间的相关度往往很难表示数据之间本征特征关系。因此选择合适的测量准则对特征向量进行合理有效的度量便成为了机器学习领域的一个重要课题。但是在解决特定问题时，我们通常很难人工设计出合理有效的度量准则，因此2002年卡内基梅隆大学的Eric Xing教授提出了测度学习(Metric Learning)[3] 。测度学习的目标是根据数据之间的关系学习一个有效的度量准则，以此解决实际系统中数据之间相关性计算、分析等问题。传统的测度学习方法大多基于半正定优化问题(Semi-Definite Programming, SDP)。随着大数据的发展，海量数据和高维特征成为机器学习在实际系统应用的主流，但是由于传统的SDP问题优化求解时需要应用的特征根分解算法(Eigenvalue Decomposition) 的算法复杂度为O(n3)，所以当特征向量维度过高时求解的时间成本和空间成本都会大幅增加。

本文针对传统测度学习SDP问题优化求解高维特征向量的劣势，利用随机梯度下降算法(Stochastic Gradient Descent, SGD)和深度学习(Deep Learning, DL)层次结构的思想, 对测度学习优化过程进行改进，并在人脸识别、图像检索等实际应用上进行测试。

解决大数据高维特征的测度学习优化问题，可以有效的适应当前机器学习和模式识别领域发展的趋势，为理论算法在计算机视觉实际系统中的应用提供可能。

1. 文献综述
   1. 测度学习的发展背景

图像信息作为人们获取信息的重要来源，有着作用距离远、传输速度快、存储信息量大等其他形式的信息不具备的优点。图像信息的重要性无可置否，但是在实际应用中，我们所关心的往往不是图像所搭载的全部信息，只是其中的一部分信息，这时我们就需要进行对图像进行处理分析，以此来实现我们最终目的。所谓图像处理，就是利用计算机对图像进行分析，达到所需要的结果。图像处理主要包括图像压缩，增强和复原，匹配、描述和识别这几个部分，常见的图像处理方法有图像编码、图像复原、图像分割和图像分析等。

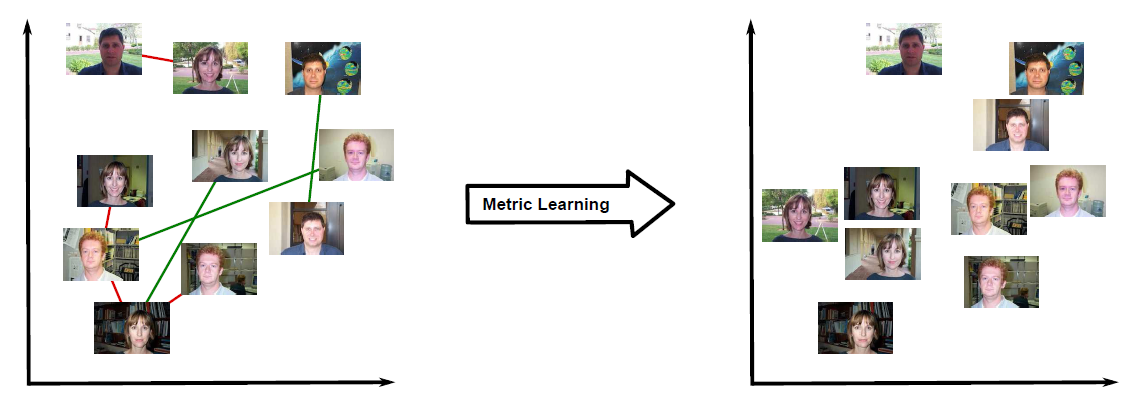


图2-1 测度学习在人脸识别系统中的应用

图像检索和人脸识别问题是计算机视觉发展和研究的重要领域，而在处理图像检索以及人脸识别问题时，人们发现通过特征提取的方法提取图像特征往往在高维空间中呈现非线性或某种流形分布。如图2-1左图所示，由于姿态、光照、背景拍摄环境的影响，在高维空间中，同一个人的人脸照片特征分布可能距离较远，而不同人的特征距离则相对较近，这就导致我们使用KNN或者K-means算法进行特征分类时很难获得良好的分类效果。在2002年NIPS会议上，Eric Xing提出在衡量数据之间距离时不能简单使用特征向量之间的欧式距离或余弦距离进行表征，因为在高维空间中同类特征并非呈现线性分布。基于这一特性，Eric Xing提出了测度学习的概念，即通过现有标定数据的统计特性，学习一个合适的评价数据样本间距离的测量准则，减小同类数据距离，增大不同类数据间距离，如图2-1右图所示，经过测度学习投影，使得KNN或者K-means算法在处理高维复杂数据分类问题上更为有效。

* 1. 测度学习

最早的测度学习相关工作的研究可以追溯的上个世纪八十到九十年代[4] [5] [6] ，然而卡内基梅隆大学的Eric Xing教授于2002年在NIPS会议上发表的论文[3] 则被认为是测度学习领域的先驱工作。

测度学习目的是寻找一个合适的投影矩阵，表征高维空间中不同类特征，增加类间距离、减小类内距离以此简化分类问题。因此，我们定义

(2.1)

其中集合表示同类数据构成集合，集合表示不同类数据构成集合。因此，我们可以简单的将测度学习目标函数定义为

(2.2)

其中表示测度学习投影矩阵，表示M的相关约束项，为损失函数(loss function)，为正则项(regularization)，为常数。不同的测度学习方法会选择不同的距离表示方法、损失函数、正则项。在经过测度学习后，通过投影矩阵M对特征进行映射，我们可以更好的使用k-means、kNN、SVM等分类器对数据进行进一步的分析。

我们可以根据学习方式、距离表示的形式、优化求解方法、是否降维等特性对各种测度学习算法进行分类。根据测度学习的学习方式可以将其分为监督学习(fully supervised)、弱监督学习(weakly supervised)以及半监督学习(semi-supervised)。

1. 监督学习

定义训练数据集，其中特征向量、标签。监督学习是在明确的指导信息下进行训练的。在训练过程中，我们根据训练数据集的标签指导信息以及的约束条件求解投影矩阵M。

1. 弱监督学习

对于弱监督学习，其训练数据集没有明确的标签指导信息，我们通过数据集只能获得边缘信息，例如搜索引擎中用户的点击信息、文章引用信息等。

1. 半监督学习

对于半监督学习，其训练数据集分为两部分，一部分是包含有标签的数据项，另外一部分是未标定数据集。在互联网大数据时代，大部分数据都是未标定数据，因而在各种工业系统应用测度学习时通常采用半监督学习方法进行训练，该种训练方法在充分利用数据的同时，也可以防止标签信息货边缘信息不足而导致的模型过拟合现象。

根据距离表示形式可以分为线性距离(linear metrics)、非线性距离(nonlinear metrics)和局部距离(local metrics)。

1. 线性距离

线性距离(例如欧氏距离)通常表现形式简单，但由于其损失函数为凸函数，因此在进行优化求解时可以直接通过梯度下降算法求解全局最优解。

1. 非线性距离

非线性距离(例如距离)，其目标函数非凸，因而其求解投影矩阵为局部最优解，求解难度较大并且容易过拟合。

测度学习的优化方法根据目标函数的不同分为凸优化方法和非凸优化方法。对于目标函数为凸函数的问题，采用凸优化方法，求解的投影矩阵为全局最优解(global optimum)；对于目标函数非凸的问题，最终求解的投影矩阵为局部最优解(local optimum)。

此外，不同的测度学习算法根据是否降维也可以进一步分类。一些测度学习算法通过将数据特征投影到新的低维特征空间获得更紧致的特征已达到更好的分类效果和更快的计算速度。

* + 1. 马氏距离

所谓马氏距离(Malahanobis Distance)，其定义为

(2.3)

其中为特征向量，，表示维空间上对称半正定(symmetric positive semi-definite)锥所围成的空间，如图2-2所示。当为单位矩阵时，马氏距离即为欧几里得距离。

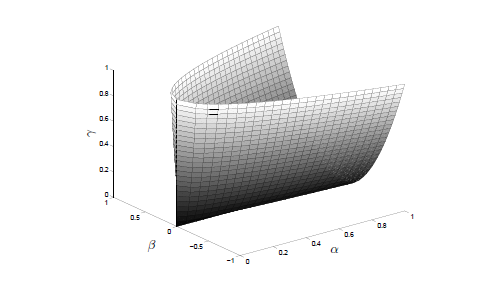


图2-2 对称半正定矩阵所表征的空间

为半正定矩阵可以确保马氏距离有如下性质

1. 非负性：
2. 同一性：
3. 对称性：
4. 三角不等关系：

此外，因为M为对称半正定矩阵，因为我们可以将M表示为，则马氏距离可表示为

(2.4)

如果M为低秩矩阵，即，则矩阵M相当于将原特征向量映射到一个低维空间，这将保证我们获得更紧致的特征向量从而减小距离计算时的时间和空间复杂度、较小存储特征向量所用的空间以及获取更好的分类效果。

在测度学习求解马氏距离中，要保证投影矩阵M始终满足对称半正定约束，最有效的办法是使用投影梯度法(Projection Gradient Method)，该种方法通过将负特征向量置零，保证每次将计算的梯度均可投影到一个对称半正定锥所围成的求解空间内。但是由于投影梯度法的时间复杂度为，因此当特征向量维度*d*过大时，投影梯度法的计算复杂度增加。此外，由于优化低秩矩阵约束为NP问题，因此如何学习一个低秩投影矩阵代替满秩矩阵达到更好的分类效果，也是测度学习中亟需解决的问题。

* + 1. 线性测度学习

线性测度学习通常基于马氏距离表达式，求解对称半正定投影矩阵M。

最早提出测度距离，并将马氏距离应用在测度距离求解的方法是Eric Xing[3] ，他提出的测度学习算法基于无正则项的凸优化目标函数

(2.5)

Eric Xing通过在梯度下降算法中使用投影梯度法保证M的对称半正定特性，求解投影矩阵M。

Weinberger等人提出的最大边缘最邻近算法(Large Margin Nearest Neighbors, LMNN)[7] [8] [9] 是线性测度学习算法中应用相当广泛的算法之一。LMNN算法其优化目标函数为

(2.6)

其中。LMNN与SVM类似[10] ，使用hinge loss作为损失函数，因而在求解LMNN时，可以采用传统的梯度下降法(gradient descent method)或者基于在线学习(online learning)的随机梯度下降算法(stochastic gradient descent, SGD)。

信息论测度学习算法(Information-Theoretic Metric Learning, ITML)[11] 是另一基于马氏距离测度学习的经典算法。该算法引入对数散度正则项(LogDet divergence regularization)

(2.7)

其中d为输入特征向量的维度，为对称半正定矩阵。在实际应用中，通常将先验对称半正定矩阵为单位矩阵或者训练数据的协方差矩阵。单位矩阵约束可以保证学到的马氏距离更接近欧氏距离，协方差矩阵约束则可以保证投影矩阵在训练数据集上有最大类间距离。对数散度正则项是根据信息论中最小化两个参数分别为和的多维高斯分布的KL散度(KL divergence)获得的，其意义在于传统的马氏距离测度学习中引入了概率和信息论的概念，使所学的投影矩阵更符合某种统计学特性。ITML优化的目标函数为

(2.8)

其中为截断阈值。ITML算法的缺陷在于先验对称半正定矩阵需要手工给定，并且其正则项推倒假设基于高斯分布，因而并非适用于各种类型的数据。

随着稀疏表示(Sparse Representation)的发展，在各种机器学习问题中引入稀疏性可以增加机器学习系统的鲁棒性，在2009年ICML会议上，Qi等人提出了稀疏距离测度学习(Sparse Distance Metric Learning, SDML)[12] 。SDML的目标函数可以表示为

(2.9)

其中为除对角线元素外的L-1范数，通过该范数约束保证求解投影矩阵的稀疏性。SDML通过引入辅助变量将目标函数转换为半定优化问题(Semi-Definite Programming, SDP)使用区域坐标下降法(block coordinate descent)[14] 进行求解。

* + 1. 非线性测度学习

非线性测度学习较线性测度学习而言，虽然由于其目标函数通常为非凸函数，求解投影矩阵通常为优化问题的局部最优解而非全局最优解，在实际问题中容易对训练数据产生过拟合现象，但因为其非线性特性因而具有比线性测度学习更强的表达能力，因此也被广泛应用。

非线性测度学习通常分为两类问题，一类问题成为核函数化(kernelization)，该种方法与核函数学习方法类似，其目的是通过核函数映射的方法，在非线性特征空间中学习线性测度表示[15] [16] 。尽管通过核函数非线性映射，但是由于线性测度学习表达式均为矩阵内积运算(即线性投影)，因此会造成导数难以求解等问题。此外由于核函数映射需要矩阵映射原数据特征向量(其中n为训练数据集总量)，因此当训练数据集过大时，该优化问题将变得很难求解。另一类非线性测度学习目标是学习一个非线性距离。Chopra提出非线性测度学习方法[17] ，该方法通过学习非线性映射最小化L1距离。其中非线性映射函数并没有具体的函数形式或假设，参数W通过卷积神经网络(convolution neural network, CNN)利用后向传播算法(back-propagation, BP)与随机梯度下降算法(stochastic gradient descent, SGD)最小化损失函数学习。

* + 1. 结构化测度学习

结构化测度学习基于结构化支持向量机(Structural SVM)的求解框架，最早由McFee在2010年ICML会议上提出，是用于解决信息检索中的排序问题而提出的测度学习排序算法(Metric Learning to Rank, MLR)[18] 。其目标函数为

(2.10)

其中

(1.11)

分别为重排序标签以及原标签，为排序函数。该优化问题通过割平面(cut plane method)进行优化求解。

由于测度学习容易受噪声数据影响，因而McFee在2013年ICML上基于MLR算法又提出了鲁棒性结构化测度学习(Robust Structural Metric Learning to Rank, R-MLR)[19] ，其目标函数为

(2.12)

其中，即该范数表示投影矩阵W每行L2范数求和。由于结构化支持向量机割平面优化求解问题的方法的算法复杂度为，因此McFee将原优化问题分解为三个子优化问题并引入拉格朗日乘子进行求解。

* 1. 测度学习相关领域

测度学习作为机器学习领域的一个重要分支，在计算机视觉、信息检索等领域扮演着重要角色。对于计算机视觉问题，一个合适的测度投影矩可以有效的表示和处理从图像和视频中通过词袋模型(Bags-of-Visual-Words, BoVW)[13] 或者卷积神经网络(Convolution Neural Network, CNN)[20] 等特征提取算法提取出的特征向量。近年来，测度学习在大规模数据计算机视觉系统中被广泛应用，其应用方面涉及图像分类(image classification)[21] 、目标检测(object recognition)[22] [23] 、人脸识别(face recognition)[24] 、目标跟踪(visual tracking)[25] 以及图像检索与标注(image retrieval and annotation)[26] 等领域。对于信息检索问题，大多数信息检索系统都是通过计算特征向量之间的相似性进行检索结果的查找和排序的，因此，选择合理的相似性计算准则对信息检索系统的准确率和召回率均有很大的提升。

测度学习作为机器学习领域内的一个重要分支，与其他机器学习问题如核方法(kernel learning)[27] [28] 、降维问题(dimensionality reduction)[29] 有密切的联系和区别。

核方法通常都是无参的(nonparamteric)。核方法是通过数据本身的统计特性，在没有对核函数附加任何约束条件下，利用产生式模型(generative model)的方法生成核矩阵(kernel matrix)，实现数据映射。因此核方法通常受限于数据分布类型，对于未知或者与训练数据分布不相符的测试数据集，核方法所学的投影矩阵很难达到较好的分类或聚类效果。不同于核方法，多核学习方法(multiple kernel learning)是一种有参模型，该方法通过学习预先定义的核函数中的超参数投影表征特征。但是由于核函数中超参数是根据先验知识设定，因此该方法在应用上比核方法更受限制。而对于测度学习问题，通常都是有参问题(parametric problem)的研究(即通常我们需要学习一个参数矩阵表征特征)，但是其参数投影矩阵的求解通常只要求投影矩阵半正定，因此其在实际系统中比起核方法和多核方法具有更好的适应性和灵活性。

对于特征降维问题，通常分为监督降维(supervised dimensionality reduction)与无监督降维(unsupervised dimensionality reduction)。对于监督学习降维问题，其目标通常是寻找一个低维表征空间，可以最大化不同标签数据之间的空间距离分布。对于无监督学习降维问题，又称为流形学习(manifold learning)，其通常认为数据在低维空间中呈某种流形分布，通过线性或非线性映射可以在保持原有数据统计特征(方差、距离等)不变并投影特征是数据具有不再具有复杂的流形分布特性。相较各种特征降维算法，一些测度学习通过构造新的低维特征空间映射原数据特征向量，减小类内距离、增大类间距离，其目的与降维算法异曲同工。

1. 近似相似度测度学习
   1. 相似度测度学习
      1. 余弦距离

欧几里得距离是我们经常衡量数据之间相关性的距离准则之一，除此之外，余弦相似度(Cosine Similarity)也是我们经常用来衡量数据之间关系的重要指标。

* + 1. 余弦相似度测度学习理论
    2. 缺陷
  1. 近似相似度测度学习
     1. 理论
     2. 实验

1. 深度测度学习
2. 三元组深度测度学习
4. 结论

**提示信息：**论文应有结论。论文的结论是最终的、总体的结论，不是正文中各段的小结的简单重复。

结论应包括论文的核心观点，列出论文的创新之处，交待研究工作的局限，提出未来研究工作的意见或建议。

结论应该观点明确、严谨、完整、准确、精炼。文字必须简明扼要。如果不可能导出应有的结论，也可以没有结论而进行必要的讨论。

结论是论文的“收尾之笔”，应是“点睛之笔”，应认真阐明本人在科研工作中创造性的成果和新见解，在本领域中的地位和作用，新见解的意义。结论中不要简单重复罗列实验结果，要对存在的问题和不足应作出客观的叙述，并提出进一步的设想。应严格区分自己的成果与他人（特别是导师的）科研成果的界限。

不用此信息时，删除此框。

（鼠标移到此框四边，鼠标变为十字箭头，点击边框选中此框，然后按Del删除）

参考文献

1. Thomas Cover and Peter Hart. Nearest neighbor pattern classification. IEEE Transactions on Information Theory (TIT), 1967, 13(1): 21–27
2. Stuart P. Lloyd. Least squares quantization in PCM. IEEE Transactions on Information Theory (TIT), 1982, 28:129–137
3. Eric P. Xing, Andrew Y. Ng, Michael I. Jordan, and Stuart J. Russell. Distance Metric Learning with Application to Clustering with Side-Information. In Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS), 2002, 15: 505–512
4. Short, R. D., & Fukunaga, K. (1981). The optimal distance measure for nearest neighbor classification. *Information Theory, IEEE Transactions on*, *27*(5), 622-627.
5. Hastie, T., & Tibshirani, R. (1996). Discriminant adaptive nearest neighbor classification. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*,*18*(6), 607-616.
6. Baxter, J., & Bartlett, P. (1998). The canonical distortion measure in feature space and 1-NN classification. *Advances in neural information processing systems*, 245-251.
7. Kilian Q Weinberger, John Blitzer, and Lawrence K Saul. Distance metric learning for large margin nearest neighbor classification, Advances in neural information processing systems, 2005, pp. 1473-1480.
8. Kilian Q Weinberger, John Blitzer, and Lawrence K Saul. Distance metric learning for large margin nearest neighbor classification, The Journal of Machine Learning Research, 2009, 10:207-244.
9. Kilian QWeinberger and Lawrence K Saul. Fast solvers and efficient implementations for distance metric learning, Proceedings of the 25th international conference on Machine learning, ACM, 2008, pp. 1160-1167.
10. Huyen Do, Alexandros Kalousis, JunWang, and AdamWoznica. A metric learning perspective of SVM: on the relation of LMNN and SVM. In Proceedings of the 15th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS), 2012, pp.308–317.
11. Jason V Davis, Brian Kulis, Prateek Jain, Suvrit Sra, and Inderjit S Dhillon. Information-theoretic metric learning, Proceedings of the 24th international conference on Machine learning, ACM, 2007, pp. 209-216.
12. Guo-Jun Qi, Jinhui Tang, Zheng-Jun Zha, Tat-Seng Chua, and Hong-Jiang Zhang, An efficient sparse metric learning in high-dimensional space via l1-penalized log-determinant regularization, Proceedings of the 26th Annual International Conference on Machine Learning, ACM, 2009, pp. 841-848.
13. Fei-Fei Li and Pietro Perona. A Bayesian Hierarchical Model for Learning Natural Scene Categories. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2005, pp.524–531
14. Jerome Friedman, Trevor Hastie, and Robert Tibshirani. Sparse inverse covariance estimation with the graphical lasso, Biostatistics 9, 2008, no. 3: 432-441.
15. Matthew Schultz and Thorsten Joachims. Learning a Distance Metric from Relative Comparisons. In Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS) 16, 2003.
16. Steven C. Hoi, Wei Liu, Michael R. Lyu, and Wei-Ying Ma. Learning Distance Metrics with Contextual Constraints for Image Retrieval. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2006, pp.2072–2078.
17. Sumit Chopra, Raia Hadsell, and Yann LeCun. Learning a Similarity Metric Discriminatively with Application to Face Verification. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2005, pp.539–546.
18. Brian McFee and Gert R Lanckriet, Metric learning to rank, Proceedings of the 27th International Conference on Machine Learning (ICML-10), 2010, pp. 775-782.
19. Daryl Lim, Gert Lanckriet, and Brian McFee, Robust structural metric learning, Proceedings of The 30th International Conference on Machine Learning, 2013, pp. 615-623.
20. LeCun, Yann, and Yoshua Bengio. Convolutional networks for images, speech, and time series. The handbook of brain theory and neural networks 3361, 1995.
21. Thomas Mensink, Jakob J. Verbeek, Florent Perronnin, and Gabriela Csurka. Metric Learning for Large Scale Image Classification: Generalizing to New Classes at Near-Zero Cost. In Proceedings of the 12th European Conference on Computer Vision (ECCV), 2012, pp.488–501
22. Andrea Frome, Yoram Singer, Fei Sha, and Jitendra Malik. Learning Globally-Consistent Local Distance Functions for Shape-Based Image Retrieval and Classification. In Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2007, pp.1–8.
23. Nakul Verma, Dhruv Mahajan, Sundararajan Sellamanickam, and Vinod Nair. Learning Hierarchical Similarity Metrics. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012, pp. 2280–2287.
24. Matthieu Guillaumin, Jakob J. Verbeek, and Cordelia Schmid. Is that you? Metric learning approaches for face identification. In Proceddings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2009, pp 498–505.
25. Xi Li, Chunhua Shen, Qinfeng Shi, Anthony Dick, and Anton van den Hengel. Nonsparse Linear Representations for Visual Tracking with Online Reservoir Metric Learning. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012, pp 1760–1767
26. Matthieu Guillaumin, Thomas Mensink, Jakob J. Verbeek, and Cordelia Schmid. TagProp: Discriminative metric learning in nearest neighbor models for image auto-annotation. In Proceddings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2009, pp 309–316..
27. M. Ehsan Abbasnejad, Dhanesh Ramachandram, and Mandava Rajeswari. A survey of the state of the art in learning the kernels. Knowledge and Information Systems (KAIS), 2012, 31 (2):193–221.
28. Mehmet G¨onen and Ethem Alpaydin. Multiple Kernel Learning Algorithms. Journal of Machine Learning Research (JMLR), 2011, 12:2211–2268
29. Laurens J.P. van der Maaten, Eric O. Postma, and H. Jaap van den Herik. Dimensionality Reduction: A Comparative Review. Technical report, Tilburg University, 2009. TiCC-TR 2009-005.
30. Ali M. Qamar and Eric Gaussier. Online and Batch Learning of Generalized Cosine Similarities. In Proceedings of the IEEE International Conference on Data Mining (ICDM), 2009, pages 926–931.
31. Hieu V. Nguyen and Li Bai. Cosine Similarity Metric Learning for Face Verification. In Proceedings of the 10th Asian Conference on Computer Vision (ACCV), 2010 pp.709–720.

**提示信息：**附录是作为论文主体的补充，并不是必需的。下列内容可以作为附录编于论文后，也可以另编成册：

1. 为了整篇论文材料的完整，但编入正文又有损于编排的条理性和逻辑性，这一类材料包括比正文更为详尽的信息、研究方法和技术更深入的叙述，对了解正文内容有用的补充信息等；
2. 由于篇幅过大或取材于复制品而不便于编入正文中的材料；
3. 不便于编入正文的罕见珍贵资料；
4. 对一般读者并非必要阅读，但对于本专业同行有参考价值的资料；
5. 正文中未被引用但被阅读或具有补充信息的文献；
6. 某些重要的原始数据、数学推导、计算程序、框图、结构图、注释、统计表、计算机打印输出件等。

附录作为论文主体部分的补充，不是孤立存在的，它与学位论文的正文紧密相联。在正文写作时，当认为某些内容编为一个附录更合适，如正文内过分冗长的公式推导、过长的计算机程序清单等，可在原来编写这些内容的位置上用一句话引出相关的附录，如“见附录B”

附录一般与论文全文装订在一起，如果附录内容很多时也可独立成册。不用此信息时，删除此框。

不用此信息时，删除此框。

（鼠标移到此框四边，鼠标变为十字箭头，点击边框选中此框，然后按Del删除）



作者简历及在学研究成果

1. 作者入学前简历

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 起止年月 | 学习或工作单位 | 备注 |
| 年月至年月 | 在攻读 |  |
| 年月至年月 | 在从事的工作 |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**提示信息：**硕士入学前简历，根据自己情况填写，备注中填写职务等。

不用此信息时，删除此框。

（鼠标移到此框四边，鼠标变为十字箭头，点击边框选中此框，然后按Del删除）

1. 在学期间从事的科研工作

（应注明课题名称、参加身份、通过时间、通过方式、评定单位等）。不用此信息时，请删除本段。

1. 在学期间所获的科研奖励

（应注明奖励名称、授奖单位、授奖时间等，请填写科研方面奖励，请勿填写其他奖励信息，如不得填写三好研究生等奖励信息。）不用此信息时，请删除本段。

1. 在学期间发表的论文

（应按照参考文献的格式来填写，包括编号。并在后面依次标明以下事项，各项之间用“．”分隔：1）标明“已发表”或“已录用”；2］是否“SCI/EI/STP/CSSCI刊源”；3］是否被“SCI/EI/STP/CSSCI检索”；4］检索号。第2、3项请标明具体检索名称］。不用此信息时，请删除本段。

盲审论文，请隐去所有可能影响盲审结果的信息，诸如作者姓名、导师姓名、作者学号等，具体隐去方法请详见“学位论文工具栏”中的“常用工具”中的“盲审论文制作方法”，或查看本文档最后的论文编制指南中的“13盲审论文制作方法”。另外在此处，研究成果中论文作者的发表文章列表中应隐去所有作者的名字，只标明论文作者是第几作者，具体如“[第二作者]．论文名称．……”。不用此信息时，请删除本段。

独创性说明

本人郑重声明：所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写的研究成果，也不包含为获得北京科技大学或其他教育机构的学位或证书所使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中做了明确的说明并表示了谢意。

本页的签名均应当是亲笔签名，不用输入，不用此信息时，删除此框。

签名：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

关于论文使用授权的说明

本人完全了解北京科技大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

**（保密的论文在解密后应遵循此规定）**

签名：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 导师签名：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

学位论文数据集

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **关键词\*** | **密级\*** | **中图分类号\*** | **UDC** | **论文资助** |
|  |  |  |  |  |
| **学位授予单位名称\*** | | **学位授予单位代码\*** | **学位类别\*** | **学位级别\*** |
| 北京科技大学  **提示：**  送交正式论文时，本页所有带星号的项目必须填写完整并确保正确。否则，可能重新制作并提交正式论文。  不需此提示时，请删除此提示框。  **学位类别：**请填写哲学、经济学、法学、教育学、文学、理学、工学、管理学等，详细请见<USTB硕士学位论文规范及论文制作指南.exe>中的我校学科专业目录。  **学位级别：**请填写博士、硕士。  不用此提示时，请删除此信息提示框。  **提示：**  在答辩后给学校上交最终正式论文时，请删除本提示框并填写本页。  在答辩及答辩前，请保持本页及本框不变；建议将本页其他提示框删除。  填写此页时，请删除此信息提示框。 | | 10008 |  |  |
| **论文题名\*** | | **并列题名** | | **论文语种\*** |
|  | |  | |  |
| **作者姓名\*** |  | | **学号\*** |  |
| **培养单位名称\*** | | **培养单位代码\*** | **培养单位地址** | **邮编** |
| 北京科技大学 | | 10008 | 北京市海淀区学院路30号 | 100083 |
| **学科专业\*** | | **研究方向\*** | **学制\*** | **学位授予年\*** |
|  | |  |  |  |
| **论文提交日期\*** |  | | | |
| **导师姓名\*** |  | | **职称\*** |  |
| **评阅人** | **答辩委员会主席\*** | | **答辩委员会成员** | |
|  |  | |  | |
| **电子版论文提交格式** 文本（ ） 图像（ ） 视频（ ） 音频（ ） 多媒体（ ） 其他（ ） **推荐格式：**application/msword；application/pdf | | | | |
| **电子版论文出版（发布）者** | | **电子版论文出版（发布）地** | | **权限声明** |
|  | |  | |  |
| **论文总页数\*** |  | | | |
| 共33项，其中带\*为必填数据，为22项。 | | | | |

**提示信息：**带\*为必填数据，必填数据共22项。所填数据的格式为“宋体、五号”

不用此信息时，删除此框。

（鼠标移到此框四边，鼠标变为十字箭头，点击边框选中此框，然后按Del删除）

1. 论文编制指南

[跳转到论文目录](#论文目录)

**当编制论文某一部分出现问题时，请按照**[**USTB硕士学位论文规范及论文制作指南.exe**](USTB硕士学位论文规范及论文制作指南.exe)**中各部分的详细解释来进行操作。**

提示：当用本论文模板制作的多个文件打开时，只有最后一个文件可以使用工具栏。

本部分以及以后各部分，为便于编制论文，建议在论文最终打印前删除。当然也可以将此部分另建文件进行查询，以适当减少文档大小。

**本论文模板尽可能将相关国家标准、国家规定以及《北京科技大学硕士学位论文编写规范》等的规定罗列于以下各部分，以方便作者编制论文，但限于篇幅以及各种论文的特殊性，下面仅列示了常见的、基本的规定，具体请查阅相关规定，并请仔细阅读《北京科技大学硕士学位论文规范》以及“**[**USTB硕士学位论文规范及论文制作指南.exe**](USTB硕士学位论文规范及论文制作指南.exe)**”文件。**

本论文模板将通过编程和word相应功能的归集，协助我校学位论文编写规范，做好对学位论文基本形式的规范与统一，以使各位学生和老师较为轻松地制作出符合形式规范的论文，并且将注意力更加集中于论文的内容方面，譬如语言表达、学术内容等方面。考虑到文件大小，本模板并没有实现更多的自动化。

本论文模板主要规范了论文的基本样式，具体来说如下：

**1）**[**论文的纸张要求**](#论文的纸张要求)**；**

**2］**[**论文的构成及装订顺序**](#论文的构成及装订顺序)**；**

**3］**[**论文页码设置和打印要求**](#论文页码设置和打印要求)**；**

**4］**[**论文各部分的基本样式及要求**](#论文各部分的基本样式及要求)**；**

**5］**[**论文正文部分的标题**](#论文正文部分的标题)**；**

**6］**[**论文正文部分的图**](#论文正文部分的图)**；**

**7］**[**论文正文部分的表**](#论文正文部分的表)**；**

**8］**[**论文正文部分的公式**](#论文正文部分的公式)**；**

**9］**[**论文正文部分的计量单位**](#论文正文部分的计量单位)**；**

**10］**[**论文正文部分的注释**](#论文正文部分的注释)**；**

**11］**[**顺序编码制下参考文献的标注和著录**](#顺序编码制下参考文献的标注和著录)**；**

**12］**[**盲审论文的制作方法**](#_13_盲审论文的制作方法)**。**

**13］**[**作者简历及学位论文数据集的填写**](#作者简历及学位论文数据集的填写)

**在论文打印装订前，请自查以上内容，并尽量避免图书编校质量差错认定细则］（见**[**USTB硕士学位论文规范及论文制作指南.exe**](USTB硕士学位论文规范及论文制作指南.exe)**）中罗列的文字、词语、语法、标点符号、数字、量和单位、版面格式等方面的常见错误，并检查论文内容。**

#### 1论文制作的基本工具

在论文制作过程中，建议使用“**USTB硕士学位论文工具栏**”，见图8-1。该工具栏，在打开文档时自动生成。该工具栏，基本汇集和调整了论文制作过程中的各项Word功能。



图8-1 USTB硕士学位论文工具栏

对于该工具栏的详细解释请见“[**USTB硕士学位论文规范及论文制作指南.exe**](USTB硕士学位论文规范及论文制作指南.exe)”，在该文件中可查阅论文制作的更多详细信息。该文件可以在“资源管理器”中打开，也可以通过图8-1工具栏中“帮助”菜单来打开。

#### 2论文的纸张要求

**打印纸张：**A4纸（210mm×297mm），70g以上纸；

**装订后论文尺寸：205mm×290mm**，误差应在±1mm；（上下各裁2.5mm，左边裁7mm）

**页边距：**上3cm，下2cm，内3 cm，外3 cm，左侧装订，装订线1 cm，对称页边距

**打印质量：**激光打印。

#### 3论文的构成及装订顺序

论文由以下17个部分构成，并依次打印装订：

### 1． 论文封面：由封面、书脊构成；

2． 论文封二：由中英文题名、作者和导师的中英文信息等构成；

3． 论文题名页：由论文题名、作者、指导教师等信息构成；

4． 论文致谢；

5． 论文中文摘要：由中文摘要、中文关键词构成；

6． 论文英文摘要：由论文英文题目、英文摘要、英文关键词构成；

7． 序言**（可选）**；

8． 目次页：由论文的一至三级标题构成的目录；

9． 插图和附表清单**（可选）**；

10． 缩写和符号清单**（可选）**；

11． 术语表**（可选）**；

12． 论文正文：由引言、结论等各章构成；

13． 参考文献；

14． 附录**（可选）**；

15． 作者简历及在学研究成果；

16． 独创性说明和关于论文使用授权的说明

17． 学位论文数据集

其中1-11项为论文前置部分；12为论文主体部分；13-17为论文其他部分。

#### 4论文页码设置和打印要求

论文要求双面打印，其中第1-3部分无页码，第4-11部分用罗马序号I、II等连续编号，第12-17部分用阿拉伯数字连续编号。Word自动插入的偶数页为空白页（无页码、无页眉、无页脚），但计算页码。

word自动插入的空白偶数页为整体空白并没有页码，论文第1-3部分没有页码，论文其余部分除word自动插入的页外均应该有页码。打印前请检查有无页码，并确保页码编号正确、格式正确。页码连续出现问题或对页面格式进行调整时，请点击相应的页眉或页脚，进入页眉页脚编辑状态，然后使用图8-2的页眉页脚工具栏来进行调整，特别是“设置页码格式”的按钮。

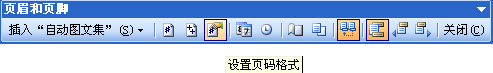


图8-2 页眉页脚工具栏

本文档页码已作调整，可直接双面打印。若因为误操作出现紊乱，请在各部分前插入“分节符（奇数页）”（在“插入”菜单下的“分隔符”中）

本文档可直接按照双面打印，或先打奇数页，再在背面打偶数页。

具体设置见表8-1。（提醒：页码及奇偶页已设置好，此处供紊乱时参照）

表8-1 USTB硕士学位论文各部分打印要求

|  |  |
| --- | --- |
| 1． 论文封面 | 单面打印，背面空白 |
| 2． 论文封二 | 单面打印，背面空白 |
| 3． 论文题名页 | 单面打印，背面空白 |
| 4． 论文致谢 | 从奇数页开始双面打印，背面空白或致谢的延伸 |
| 5． 论文中文摘要 | 从奇数页开始双面打印，背面空白或摘要的延伸 |
| 6． 论文英文摘要 | 从奇数页开始双面打印，背面空白或摘要的延伸 |
| 7． 序言**（可选）** | 从奇数页开始双面打印，背面空白或序言的延伸 |
| 8． 目次页 | 从奇数页开始双面打印，背面空白或目录的延伸 |
| 9． 插图和附表清单**（可选）** | 从奇数页开始双面打印，背面空白或清单的延伸 |
| 10． 缩写和符号清单**（可选）** | 从奇数页开始双面打印，背面空白或清单的延伸 |
| 11． 术语表**（可选）** | 从奇数页开始双面打印，背面空白或术语表的延伸 |
| 12． 论文正文 | 从奇数页开始双面打印，各章另起一页 |
| 13． 参考文献 | 另起一页，与论文正文连续 |
| 14． 附录**（可选）** | 另起一页，与论文正文连续 |
| 15． 作者简历及在学研究成果 | 从奇数页打印，背面空白或成果的延伸 |
| 16． 独创性说明和关于论文使用授权的说明 | 从奇数页单面打印，背面空白 |
| 17． 学位论文数据集 | 从奇数页单面打印，背面空白 |
| 1-3部分无页码，4-11部分用罗马序号I、II等连续编号，12-17部分用阿拉伯数字连续编号。 | |

#### 5论文各部分的基本样式及要求

**正文基本样式：**“u正文”，宋体小四，英文“Time New Roman”，段前0.1行距，段后0.1行距，行距1.3倍行距。首行缩进2字符，两端对齐。

**语言文字等的总体要求**

学位论文是作者多方面素质的体现，为了提高学位论文的质量，建议作者平时注意各方面积累。其中，《图书编校质量差错认定细则》（见<USTB硕士学位论文规范及论文制作指南.exe>）中罗列了文字、词语、语法、标点符号、数字、量和单位、版面格式等方面的常见错误，请在论文撰写过程中注意避免。

**各部分的样式**

各部分的样式以及其他操作，请参照**USTB硕士学位论文工具栏**。

各部分的字体等，在键入时就会自动调整。若由于粘贴或其他原因出现紊乱，请采用工具栏各部分中的样式或“USTB硕士论文样式”中的样式，来进行调整。

**各部分的样式清单：**

请详见《北京科技大学硕士学位论文编写规范》的附录A、附录B、附录C。

#### 6论文正文部分的标题

论文部分的标题采用阿拉伯数字“1”、“1.1”、“1.1.1”标识到三级标题，并采用相应标题样式。

**三级以下标题或其他标号**，建议根据各学科专业的习惯，分别采用“1］、①、（1）、A、第一、I、a、i、甲、壹等”来分级标识，不得直接用阿拉伯数字直接标识，不再采用“1.1.1.1”这种分级方式编号。三级以下标题或其他标号，可以采用U正文样式，也可略作调整，如加粗、黑体等。

标题中应尽量减少标点符号的使用，仅在缺少标点符号会影响意思表达时，可以适当采用。

#### 7论文正文部分的图

图包括曲线图、构造图、示意图、图解、框图、流程图、记录图、布置图、地图、照片、图版等。

图能有效传递各种信息，当用文字说明问题较困难或不如用图来说明更好的情况下，用图来表示论文的技术内容可起到简明、直观的效果。

论文中图的数量应该少而精。图应该清晰可见，图中文字应与正文文字相当大小，或稍小。

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。

**图应有编号，并且分章编号，如“图2-1”。**

图应有简短确切的图题，图题即图的名称，图题位于图的编号之后。

图的编号和图题位于同一行，并置于图下，采用U图标题 样式。（段落居中）

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。

当绘制技术图时，应遵循有关标准，如GB/T 17452《技术制图 图样画法 剖视图和断面图》、GB/T 16679《信号与连接线的代号》等

曲线图的纵横坐标必须标注“量、标准规定符号、单位”。此三者只有在不必要标明(如无量纲等)的情况下方可省略。坐标上标注的量的符号和缩略词必须与正文中一致。

照片图要求主题和主要显示部分的轮廊鲜明，便于制版。如用放大缩小的复制品，必须清晰，反差适中。照片上应该有表示目的物尺寸的标度。

提示：论文中图标题、图、上下正文之间应该留有一定距离，这一点在样式制作时已经适当考虑，不用在图标题上下加空行。在特殊情况下，为了论文整体美观，可以对图标题、图、上下正文之间的间距予以适当调整。

#### 8论文正文部分的表

表是除文字表达形式外表达论文技术内容的重要手段之一，一般用来表示论文的技术指标、参数、统计数据、分类对比等。当用文字表述较困难或不如用表说明更好的情况下，可采用表的方式，以起到简明、容易对比的效果。

表应有自明性。

**表应有编号，并且分章编号，如“表2-1”。**

表应有简短确切的表题，表题即表的名称，表题位于表的编号之后。

表的编号和表题位于同一行，并置于表上，采用U表标题 样式。（段落居中）

表的编排，一般是内容和测试项目由左至右横读，数据依序竖读。

表的编排，建议采用国际通行的三线表。

表中文字大小，应与正文文字相当大小，或稍小。表格中文字等应清晰可见。

表应尽量不跨页编排。当个别表过长并在一页列示不下时，可以转页接排。在随后的各页上应重复表的编号，编号后跟表题和“（续）”，置于表上方。续表均应重复表头。

表的各栏均应标明“量或测试项目、标准规定符号、单位”。只有在无必要标注的情况下方可省略。表中的缩略词和符号，必须与正文中一致。

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，也可以附注于表下，附注序号的编排，见（6．2．2）。表内附注的序号宜用小号阿拉伯数字并加圆括号置于被标注对对象的右上角，如：XXX1］，不宜用星号“\*”，以免与数学上共轭和物质转移的符号相混。

表内同一栏的数字必须上下小数点对齐。表内不宜用“同上”、“同左”、“..”和类似词，一律填入具体数字或文字。表内“空白”代表未测或无此项，“—”或“……”代表未发现，“0”代表实测结果确为零。如数据已绘成曲线图，可不再列表。

提示：论文中表标题、表、上下正文之间应该留有一定距离，这一点在样式制作时已经适当考虑，不用在表标题上下加空行。在特殊情况下，为了论文整体美观，可以对表标题、表、上下正文之间的间距予以适当调整。

#### 9论文正文部分的公式

可以使用Word或其他工具来制作公式，但文档中的公式应符合以下要求。

公式应居中或左侧缩格书写，请论文中前后保持一致。公式之后不加标点符号，文字公式之后不加单位符号，数字计算式之后可以空一格后写单位符号。公式的序号分章编写，用圆括号括起，写在公式右侧行末，如（1-2）。序号上下位于公式上下的中间。公式与序号之间不加虚线或点线。

公式较长时，应在等号处转行。如有困难，可在＋，－，×，÷，＜，＞等号前转行，在转行的行首应加上＋，－，×，÷，＜，＞等。

公式中文字大小，应与正文文字相当大小，或稍小。公式中文字等应清晰可见。公式上下应留有一定间距，以与正文区别开来。

公式中符号的说明，可采用如下形式：

### U=IR

（9-1）

式中 U—电路两端电压，V；

I—电路中电流，A；

R—电路电阻，Ω。

注意：“式中”两个字顶格书写，其后空一格，不加冒号。

正文叙述中涉及公式时，将“式”字写在序号之前，如：见式（3-6），由式（9-1）等。文字叙述部分与其后面的公式之间是否加标点符号，要视语法结构而定，不要一律加冒号或一律不加标点符号。

公式中分数的横分线要写清楚，特别是迭分数更要注意分线的长短，并要把主要分线和符号对齐。

#### 10论文正文部分的计量单位

论文中计量单位应符合如下国家标准，常见计量单位请见《国家法定计量单位》，对于计量单位中的常见错误请见《图书编校质量差错认定细则》（见<USTB硕士学位论文规范及论文制作指南.exe>），下面列示了计量单位的有关国家标准：

GB 3100国际单位制及其应用 （eqv ISO 1000：1992）

GB 3101-1993有关量、单位和符号的一般原则 （eqv ISO 31-0：1992）

GB 3102.1-1993空间和时间的量和单位 （eqv ISO 31-1:1992）

GB 3102.2-1993周期及其有关现象的量和单位 （eqv ISO 31-2:1992）

GB 3102.3-1993力学的量和单位 （eqv ISO 31-3：1992）

GB 3102.4-1993热学的量和单位 （eqv ISO 31-4：1992）

GB 3102.5-1993电学和磁学的量和单位 （eqv ISO 31-5：1992）

GE 3102.6-1993光及有关电磁辐射的量和单位 （eqv ISO 31-6：1992）

GB 3102.7-1993声学的量和单位 （eqv ISO 31-7：1992）

GB 3102.8-1993物理化学和分子物理学的量和单位 （eqv ISO 31-8：1992）

GB 3102.9-1993原子物理学和核物理学的量和单位 （eqv ISO 31-9：1992）

GB 3102.10-1993核反应和电离辐射的量和单位 （eqv ISO 31-10：1992）

GB 3102.11-1993物理科学和技术中使用的数学符号 （eqv ISO 31-11：1992）

GB 3102.12-1993特征数 （eqv ISO 31-12：1992）

GB 3102.13-1993固体物理学的量和单位 （eqv ISO 31-13：1992）

#### 11论文正文部分的注释

当论文中的字、词或短语，需要进一步说明，而又没有具体的文献来源时，需要使用注释。注释在社会科学中用得较多。应控制论文中的注释数量，不宜过多。学位论文中注释，应该采用“脚注”方式标注。

具体插入方法：使用“USTB硕士学位论文工具栏”中的“论文正文（12）”中的“插入注释”菜单项。该菜单项对Word本身的插入注释功能做了一定修正。

#### 12顺序编码制下参考文献的标注和著录

参考文献为撰写论文而引用的有关文献信息资源。学位论文需要在论文正文结束后，列出所引用的参考文献的清单，即参考文献的著录。学位论文需要在论文中引用该文献的地方标注所引用文献，即参考文献的标注。

参考文献的标注，分为**顺序编码制**和**著者出版年制**两种。参考文献的著录因此也分为这两种。目前国际较为通用著者出版年制，国内较多顺序编码制，不同学科和专业也有不同偏重。目前我校不作统一规定，由各学院统一规定本学院统一采用哪种标注和著录方法。**请遵循所在学院的规定**。

在顺序编码制下，文献标注和著录简要示例如下。（当同一文献多次引用，并且引用不同页码时，文献只著录一次，在文献标注时注明页码，示例如下）**下面这个例子仅仅供了解顺序编码制下参考文献的标注和著录，请勿从此参考有关格式。**

主编靠编辑思想指挥全局已是编辑界的共识[1]，然而对编辑思想至今没有一个明确的界定，故不妨提出一个构架……参与讨论。由于“思想”的内涵是“客观存在反映在人的意识中经过思维活动而产生的结果” [2]1194，所以“编辑思想”的内涵就是编辑实践反映在编辑工作者的意识中，“经过思维活动而产生的结果”。……《中国青年》杂志创办人追求的高格调- 理性的成熟与热点的凝聚[3]，表明其读者群的文化的品位的高层次……“方针”指“引导事业前进的方向和目标” [2]354。……对编辑方针，1981年中国科协副主席裴丽生曾有过科学的论断--“自然科学学术期刊必须坚持以马列主义、毛泽东思想为指导，贯彻为国民经济发展服务，理论与实践相结合，普及与提高相结合，‘百花齐放，百家争鸣’的方针。” [4]它完整地回答了为谁服务怎样服务，如何服务得更好的间题。…………………………

参考文献:

[1]张忠智．科技书刊的总编(主编)的角色要求[C]∥中国科学技术期刊编辑学会建会十周年学术研讨会论文汇编．北京：中国科学技术期刊编辑学会学术委员会，1997-33-34．

[2]中国社会科学院语言研究所词典编辑室．现代汉语词典[M]．修订本．北京：商务印书馆，1996．

[3]刘彻东．中国的青年刊物:个性特色为本仁[J]．中国出版，1998(5)：38-39．

[4]裴丽生．在中国科协学术期刊编辑工作经验交流会上的讲话[C]∥中国科协学术期刊编辑工作经验交流会资料选．北京：中国科学技术协会学会工作部，1981：2-10．

…………………

#### 13盲审论文的制作方法

盲审论文主要用于学校抽查部分论文进行双盲评阅，这些论文需要隐藏掉所有会影响盲审结果的论文作者及其导师的信息，以便论文评阅人能够公正的进行评阅。

当学校要求提供盲审论文时，请按如下方法制作。

1) 对于论文中下列学生和导师信息。请利用Word的替换功能，将学生姓名、学生学号、导师姓名，依次全部替换为[本论文作者] 、[论文作者学号]、[本论文导师]。论文中上述信息均需要替换，包括论文书脊、封二、题名页、作者研究成果等部分的有关信息。

2) 在研究成果中，论文作者发表的文章列表中应隐去所有作者的名字，只标明论文作者是第几作者，具体如“[第二作者]．论文名称． … …”。

3）盲审论文，请不要填写致谢，致谢页除标题、页眉、页码外请保持空白。

4）其他会影响盲审结果的信息，请采用类似方式处理。

5）提交的盲审论文应为正式论文，除了论文数据集中的白色提示框以及上述替换后的信息外，应为可以评阅的正式论文，模版中的其他提示信息请删除。

6）论文封面，请填写专业名称、论文题目等，将学号和姓名项目保持空白不填，这两项由学校送审论文时填写送审论文编号等。

替换前后将文档分别保存，以便盲审论文与其他论文分开管理。

#### 14学位论文数据集的填写

在答辩后给学校上交最终正式论文时，请填写学位论文数据集。学位论文数据集中带星号的项目必须全部填写无误，否则责任自负，并可能被要求重新制作符合要求的学位论文。

填写此页时，请删除信息提示框，然后填写。

在答辩及答辩前，请保持该页和白色信息提示框不变。但为了论文美观，对于答辩及评阅的论文，请将其他信息提示框（蓝色）删除。