

中国科学技术大学

本科毕业论文



加倍空间下的核心集

作者姓名：	沈俊杰
学 号：	PB19000182
专 业：	计算机科学与技术
导师姓名：	丁虎 教授 杨青 教授
完成时间：	2024 年 5 月 16 日

摘 要

摘要分中文和英文两种，中文在前，英文在后，博士论文中文摘要一般 800～1500 个汉字，硕士论文中文摘要一般 500～1000 个汉字。英文摘要的篇幅参照中文摘要。

关键词另起一行并隔行排列于摘要下方，左顶格，中文关键词间空一字或用分号“；”隔开，英文关键词之间用逗号“,”或分号“;”隔开。

中文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、研究方法或过程、结果和结论，突出论文的创新之处。摘要应具有独立性和自明性，即不用阅读全文，就能获得论文必要的信息。摘要中不宜使用公式、图表，不引用文献。

中文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。

关键词：学位论文；摘要；关键词

ABSTRACT

This is a sample document of USTC thesis \LaTeX template for bachelor, master and doctor. The template is created by zepinglee and seisman, which originate from the template created by ywg. The template meets the requirements of USTC thesis writing standards.

This document will show the usage of basic commands provided by \LaTeX and some features provided by the template. For more information, please refer to the template document ustcthesis.pdf.

Key Words: dissertation; abstract; keywords

目 录

第一章 绪论	3
第一节 本文贡献	3
第二节 符号定义	4
第二章 均匀采样	7
第三章 浮动体	8
第一节 三线表	8
第二节 插图	8
第三节 算法环境	9
第四章 数学	10
第一节 数学符号	10
第二节 数学公式	11
第三节 量和单位	11
第四节 定理和证明	11
第五章 引用文献的标注	14
第一节 顺序编码制	14
一、角标数字标注法	14
二、数字标注法	14
第二节 著者-出版年制标注法	14
参考文献	15
附录 A 补充材料	18
第一节 补充章节	18
致谢	19
在读期间发表的学术论文与取得的研究成果	20

符 号 说 明

a	The number of angels per unit area
N	The number of angels per needle point
A	The area of the needle point
σ	The total mass of angels per unit area
m	The mass of one angel
$\sum_{i=1}^n a_i$	The sum of a_i

第一章 绪论

在大数据时代，随着数据量的迅速增加，我们往往需要更低的时间复杂度算法来完成任务。此外，在一些实际场景中，我们的数据是动态的，即数据集合会随着时间的推移而发生变化。显然，如果数据量极其庞大，当训练数据动态变化时，重新训练整个模型的代价是不可行的。

为了解决这些问题，一个很自然的想法是构建一个小规模的训练集，以便我们可以在小规模集合而不是所有数据上运行现有的算法。`coreset`，最初出现于计算几何研究中的概念，已成为许多大规模机器学习问题中广泛使用的数据压缩技术。作为一种简洁的数据压缩技术，`coreset` 还具有一些优秀的性质。例如，`coreset` 通常是可组合的，因此可以应用于分布式计算环境之中。此外，它往往能在流算法和包含数据增删的动态算法中取得较好的表现。

然而，现有的 `coreset` 算法仍然有较大的改进空间。一个主要的瓶颈是，多数 `coreset` 算法容易受到异常点（离群点）的影响而导致性能下降，而现实数据集中往往有许多噪声。许多现有研究也表明，只需在训练样本中加入少数攻击点，就可能导致原模型的效果显著下降。因此，如何设计一个鲁棒性更好的 `coreset` 算法是一个重要的研究方向。

为了简要说明现有的 `coreset` 方法对离群值的敏感性，我们可以以一种基于采样的 `coreset` 算法为例。这个算法需要对每个数据点计算一个“敏感度，该敏感度衡量了该数据项对整个数据集的重要程度；然而，它往往会给远离数据多数部分的点分配高敏感度，也就是说，离群点往往会有更高的敏感度，从而相比正常的点拥有更高的进入 `coreset` 的概率。这种现象在实际应用中可能会导致 `coreset` 的性能下降，我们希望 `coreset` 中包含更多的正常点。现有的鲁棒 `coreset` 构建方法通常依赖于简单的均匀采样，并且仅在离群值的数量是输入规模的常数因子的情况下才有效。

第一节 本文贡献

在本文中，我们使用了一个统一的完全动态鲁棒 `coreset` 框架，适用于一类称为连续且有界（CnB）学习的优化问题。这类学习问题涵盖了机器学习中的一类广泛优化目标。简单来说，“CnB”要求优化目标是一个连续函数（例如，平滑或 Lipschitz 连续），同时解决方案被限制在一个有界区域内。我们强调这种“有

界”假设在实际机器学习场景中是非常自然的。为了阐明这一点，可以考虑一个迭代算法（例如常见的梯度下降或 EM 算法）来优化某个目标；除了最初的几轮，问题的解总是限制在一个局部区域内。此外，在动态情况中将解决方案范围限定在有界区域也是合理的，因为单次更新（插入或删除）数据不太可能显著改变解。

本文沿用了 Wang et al.^[1]的 coreset 框架，首先，我们假设存在一个用于给定 CnB 优化目标的普通 coreset 构建方法 A（不考虑离群值）。算法思路是将输入数据分为两部分：“疑似正常点”和“疑似离群点”，其中这两部分的大小比例是一个参数 λ 。对于“疑似正常点”，我们运行方法 A（作为一个黑箱）；对于“疑似离群点”，我们直接随机均匀地抽取一个小样本；最后，我们证明这两部分共同构成一个鲁棒的 coreset。这个框架也可以在动态数据情况下高效地在“Merge and Reduce”框架中实现（尽管原始的合并和减少框架并未设计用于包含离群值的情况）[BS80, HM04]。该框架的一个有趣特性是，如果动态数据中离群值的比例发生变化，我们可以轻松调整参数 λ 以动态更新我们的 coreset。

本文的另一贡献是，对于“疑似离群点”的随机采样，证明其采样复杂度与参数空间的 doubling dimension 有关，相比于之前的工作，我们的结果在参数空间有较好性质时，能得到更优的结果。先前的结果中，对于“疑似离群点”的随机采样复杂度通常与数据空间的 vc-dimension 有关，这在实际应用中可能过大，甚至难以计算。

第二节 符号定义

我们介绍本文中使用的几个重要符号。假设 \mathcal{P} 是参数空间。设 X 为输入数据集，包含 n 个项，位于度量空间 X 中，每个 $x \in X$ 有一个权重 $w(x) \geq 0$ 。此外，我们用 (X, z) 表示一个具有 z 个离群值的给定实例 X 。

我们始终使用 $|\cdot|$ 和 $[\cdot]$ 分别表示给定数据集的数据项数量和总权重。我们考虑的机器学习问题，其目标函数是 X 上代价的加权和，即：

$$f(\theta, X) := \sum_{x \in X} w(x) f(\theta, x). \quad (1.1)$$

其中， $f(\theta, x)$ 是参数向量 $\theta \in \mathcal{P}$ 对应的由 x 贡献的非负代价。目标是找到一个合适的 θ 使得目标函数 $f(\theta, X)$ 最小化。通常我们假设 X 中的每个 x 都有单位权重（即， $w(x) = 1$ ），并且很容易将我们的方法扩展到加权情况。

给定 X 中预定数量的离群值 $z \in \mathbb{Z}^+$ (对于加权情况, “ z ” 指的是离群值的总权重), 我们定义 “鲁棒” 目标函数:

$$f_z(\theta, X) := \min_{O \subset X, |O|=z} f(\theta, X \setminus O). \quad (1.2)$$

实际上, 上述定义 (1.2) 来自于 “修剪” 思想, 已被广泛应用于鲁棒优化问题。(引用)

接下来, 我们给出 CnB 问题的形式定义。函数 $g : \mathcal{P} \rightarrow \mathbb{R}$ 是 α -Lipschitz 连续的, 如果对于任意 $\theta_1, \theta_2 \in \mathcal{P}$, 有 $|g(\theta_1) - g(\theta_2)| \leq \alpha \|\Delta\theta\|$, 其中 $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$ 且 $\|\cdot\|$ 是 \mathcal{P} 中某个指定的范数。

定义 1.1 (CnB 问题) 令 $\alpha > 0$, $\ell > 0$, 并且 $\tilde{\theta} \in \mathcal{P}$ 。用 $\mathbb{B}(\tilde{\theta}, \ell)$ 表示在参数空间 \mathcal{P} 中以 $\tilde{\theta}$ 为中心、半径为 ℓ 的球。

如果目标函数 (1.1) 满足以下条件, 则称其为具有参数 $(\alpha, \ell, \tilde{\theta})$ 的 CnB 学习问题:

- (i) 对于任何 $x \in X$, 损失函数 $f(\cdot, x)$ 是 α -Lipschitz 连续的
- (ii) θ 始终限制在 $\mathbb{B}(\tilde{\theta}, \ell)$ 内。

我们定义 CnB 问题中的 coreset 如下:

定义 1.2 (ϵ -coreset) 令 $\epsilon > 0$ 。给定一个数据集 $X \subseteq \mathcal{X}$ 和目标函数 $f(\theta, X)$, 如果加权集合 $C \subseteq \mathcal{X}$ 满足对于任意 $\theta \in \mathbb{B}(\tilde{\theta}, \ell)$, 都有

$$|f(\theta, C) - f(\theta, X)| \leq \epsilon f(\theta, X),$$

则称 C 是 X 的一个 ϵ -coreset。

如果 C 是 X 的 ϵ -coreset, 我们可以在 C 上运行现有的优化算法, 从而获得一个近似解。显然, 我们期望 C 的大小尽可能小。根据定义 1.2, 我们还定义了相应的鲁棒 coreset。

定义 1.3 (鲁棒 coreset) 令 $\epsilon > 0$, $\beta \in [0, 1]$ 。给定数据集 $X \subseteq \mathcal{X}$ 和目标函数 $f(\theta, x)$, 如果加权集合 $C \subseteq \mathcal{X}$ 满足对于任意 $\theta \in \mathbb{B}(\tilde{\theta}, \ell)$, 都有

$$(1 - \epsilon)f_{(1+\beta)z}(\theta, X) \leq f_z(\theta, C) \leq (1 + \epsilon)f_{(1-\beta)z}(\theta, X),$$

则称 C 是 X 的一个 (β, ϵ) -鲁棒 coreset。

大致来说, 如果我们在 C 上获得一个近似解 $\theta' \in \mathcal{P}$, 那么该解在原始输入数据 X 上的效果也能得到保持。参数 β 表示在使用 θ' 作为 X 的解时, 离群值数量的误差。如果我们设定 $\beta = 0$, 这意味着我们允许离群值数量没有误差。

在第 B 节中，我们将详细讨论这种从 C 到 X 转换的损失（在损失函数值和离群值数量方面）。?

第二章 均匀采样

均匀采样作为一种简单高效的采样方法，在各种各样的 coreset 算法中都有广泛应用。在本章中，我们将介绍均匀采样的一些性质，为本文后续的证明铺垫。

在此之前，先介绍一些关于范围空间的基本概念。

定义 2.1 (f -诱导的范围空间) 假设 \mathcal{X} 是一个任意度量空间。给定 X 上的损失函数 $f(\theta, X)$ 如公式 (1.1) 所示，我们定义

$$\mathcal{R} = \{\{x \in \mathcal{X} : f(\theta, x) \leq r\} \mid \forall r \geq 0, \forall \theta \in \mathcal{P}\}, \quad (2.1)$$

则 $(\mathcal{X}, \mathcal{R})$ 称为 f -诱导的范围空间。每个 $R \in \mathcal{R}$ 称为 \mathcal{X} 的一个范围。

以下的“ δ -样本”概念来自 VC 维度理论。

给定范围空间 $(\mathcal{X}, \mathcal{R})$ ，设 C 和 X 是 \mathcal{X} 的两个有限子集。假设 $\delta \in (0, 1)$ 。如果 $C \subseteq X$ 并且对于任意 $R \in \mathcal{R}$ 都有

$$\left| \frac{|X \cap R|}{|X|} - \frac{|C \cap R|}{|C|} \right| \leq \delta, \quad (2.2)$$

则称 C 是 X 的一个 δ -样本。

记 vcdim 为范围空间 $(\mathcal{X}, \mathcal{R})$ 的 VC-dimension。那么我们可以通过从 X 中均匀采样 $O\left(\frac{1}{\delta^2} \left(\text{vcdim} + \log \frac{1}{\eta}\right)\right)$ 个点，以概率 $1 - \eta$ 获得一个 δ -样本^[2]。 vcdim 的值取决于函数“ f ”。例如，如果“ f ”是 \mathbb{R}^d 中逻辑回归的损失函数，那么 vcdim 可以达到 $\Theta(d)$ ^[2]。以下定理表明，如果 z 是 n 的常数因子，那么 δ -样本可以作为鲁棒 coreset。请注意，在以下定理中，目标函数 f 可以是任何函数，而不仅仅是定义 1 中所述的函数。

第三章 浮动体

第一节 三线表

三线表是《撰写手册》推荐使用的格式，如表 3.1。

表 3.1 表号和表题在表的正上方

类型	描述
挂线表	挂线表也称系统表、组织表，用于表现系统结构
无线表	无线表一般用于设备配置单、技术参数列表等
卡线表	卡线表有完全表，不完全表和三线表三种

如果有表注，推荐使用 `threeparttable`。这样可以与表格对齐，满足部分评审老师的要求。

表 3.2 带表注的表格

类型	描述
挂线表	挂线表也称系统表、组织表，用于表现系统结构
无线表	无线表一般用于设备配置单、技术参数列表等
卡线表	卡线表有完全表，不完全表和三线表三种

注：表注分两种，第一种是对全表的注释，用不加阿拉伯数字排在表的下边，前面加“注：”；第二种是和表内的某处文字或数字相呼应的注，在表里面用带圈的阿拉伯数字在右上角标出，然后在表下面用同样的圈码注出来

编制表格应简单明了，表达一致，明晰易懂，表文呼应、内容一致。排版时表格字号略小，或变换字体，尽量不分页，尽量不跨节。表格太大需要转页时，需要在续表上方注明“续表”，表头页应重复排出。

第二节 插图

有的同学可能听说“ \LaTeX 只能使用 `eps` 格式的图片”，甚至把 `jpg` 格式转为 `eps`。事实上，这种做法已经过时。而且每次编译时都要调用外部工具解析 `eps`，导致降低编译速度。所以我们推荐矢量图直接使用 `pdf` 格式，位图使用 `jpeg` 或 `png` 格式。

关于图片的并排，推荐使用较新的 `subcaption` 宏包，不建议使用 `subfigure` 或 `subfig` 等宏包。



图 3.1 图号、图题置于图的下方

注：图注的内容不宜放到图题中。

第三节 算法环境

模板中使用 `algorithm2e` 宏包实现算法环境。关于该宏包的具体用法，请阅读宏包的官方文档。

算法 3.1 算法示例 1

```
Data: this text
Result: how to write algorithm with LATEX2ε
1 initialization;
2 while not at end of this document do
3   read current;
4   if understand then
5     go to next section;
6     current section becomes this one;
7   else
8     go back to the beginning of current section;
9   end
10 end
```

注意，我们可以在论文中插入算法，但是插入大段的代码是愚蠢的。然而这并不妨碍有的同学选择这么做，对于这些同学，建议用 `listings` 宏包。

第四章 数学

第一节 数学符号

《撰写手册》要求数学符号遵循 GB/T 3102.11—1993《物理科学和技术中使用的数学符号》^①。该标准参照采纳 ISO 31-11:1992^②，但是与 T_EX 默认的美国数学学会 (AMS) 的符号习惯有所区别。具体地来说主要有以下差异：

1. 大写希腊字母默认为斜体，如

$$\Gamma \Delta \Theta \Lambda \Xi \Pi \Sigma \Upsilon \Phi \Psi \Omega.$$

注意有限增量符号 Δ 固定使用正体，模板提供了 `\increment` 命令。

2. 小于等于号和大于等于号使用倾斜的字形 \leq 、 \geq 。
3. 积分号使用正体，比如 \int 、 \oint 。
4. 偏微分符号 ∂ 使用正体。
5. 省略号 `\dots` 按照中文的习惯固定居中，比如

$$1, 2, \dots, n \quad 1 + 2 + \dots + n.$$

6. 实部 Re 和虚部 Im 的字体使用罗马体。

以上数学符号样式的差异可以在模板中统一设置。但是还有一些需要用户在写作时进行处理：

1. 数学常数和特殊函数名用正体，如

$$\pi = 3.14 \dots; \quad i^2 = -1; \quad e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n.$$

2. 微分号使用正体，比如 dy/dx 。
3. 向量、矩阵和张量用粗斜体 (`\symbf`)，如 \mathbf{x} 、 $\mathbf{\Sigma}$ 、 \mathbf{T} 。
4. 自然对数用 $\ln x$ 不用 $\log x$ 。

模板中使用 `unicode-math` 宏包配置数学字体。该宏包与传统的 `amsfonts`、`amssymb`、`bm`、`mathrsfs`、`upgreek` 等宏包不兼容。本模板作了处理，用户可以直接使用 `\bm`、`\mathscr`、`\upGamma` 等命令。关于数学符号更多的用法，参见 `unicode-math` 宏包的使用说明和符号列表 `unimath-symbols`。

^①原 GB 3102.11—1993，自 2017 年 3 月 23 日起，该标准转为推荐性标准。

^②目前已更新为 ISO 80000-2:2019。

第二节 数学公式

数学公式可以使用 `equation` 和 `equation*` 环境。注意数学公式的引用应前后带括号，建议使用 `\eqref` 命令，比如式 (4.1)。

$$\hat{f}(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-2\pi i x \xi} dx. \quad (4.1)$$

多行公式尽可能在“=”处对齐，推荐使用 `align` 环境，比如式 (4.3)。

$$a = b + c + d + e \quad (4.2)$$

$$= f + g. \quad (4.3)$$

第三节 量和单位

量和单位要求严格执行 GB 3100~3102—1993 有关量和单位的规定。宏包 `siunitx` 提供了更好的数字和单位支持：

- 为了阅读方便，四位以上的整数或小数推荐采用千分空的分节方式：55 235 367.346 23。四位以内的整数可以不加千分空：1256。
- 数值与单位符号间留适当空隙：25.4 mm， 5.97×10^{24} kg， -273.15°C 。例外： 12.3° ， $1^\circ 2' 3''$ 。
- 组合单位默认使用 APS 的格式，即相乘的单位之间留一定空隙： kg m s^{-2} ，也可以使用居中的圆点： $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。GB 3100—1993 对两者都允许，建议全文统一设置。
- 量值范围使用“~”： $10 \text{ mol/L} \sim 15 \text{ mol/L}$ 。
- 注意：词头 μ 不能写为 u，如：umol 应为 μmol 、 μmol 。

第四节 定理和证明

示例文件中使用 `amsthm` 宏包配置了定理、引理和证明等环境。用户也可以使用 `ntheorem` 宏包。

定义 4.1 If the integral of function f is measurable and non-negative, we define its (extended) **Lebesgue integral** by

$$\int f = \sup_g \int g, \quad (4.4)$$

where the supremum is taken over all measurable functions g such that $0 \leq g \leq f$, and where g is bounded and supported on a set of finite measure.

假设 4.1 The communication graph is strongly connected.

例 4.1 Simple examples of functions on \mathbb{R}^d that are integrable (or non-integrable) are given by

$$f_a(x) = \begin{cases} |x|^{-a} & \text{if } |x| \leq 1, \\ 0 & \text{if } |x| > 1. \end{cases} \quad (4.5)$$

$$F_a(x) = \frac{1}{1 + |x|^a}, \quad \text{all } x \in \mathbb{R}^d. \quad (4.6)$$

Then f_a is integrable exactly when $a < d$, while F_a is integrable exactly when $a > d$.

引理 4.1 (Fatou) Suppose $\{f_n\}$ is a sequence of measurable functions with $f_n \geq 0$. If $\lim_{n \rightarrow \infty} f_n(x) = f(x)$ for a.e. x , then

$$\int f \leq \liminf_{n \rightarrow \infty} \int f_n. \quad (4.7)$$

注 We do not exclude the cases $\int f = \infty$, or $\liminf_{n \rightarrow \infty} \int f_n = \infty$.

推论 4.2 Suppose f is a non-negative measurable function, and $\{f_n\}$ a sequence of non-negative measurable functions with $f_n(x) \leq f(x)$ and $f_n(x) \rightarrow f(x)$ for almost every x . Then

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int f_n = \int f. \quad (4.8)$$

命题 4.3 Suppose f is integrable on \mathbb{R}^d . Then for every $\epsilon > 0$:

i. There exists a set of finite measure B (a ball, for example) such that

$$\int_{B^c} |f| < \epsilon. \quad (4.9)$$

ii. There is a $\delta > 0$ such that

$$\int_E |f| < \epsilon \quad \text{whenever } m(E) < \delta. \quad (4.10)$$

定理 4.4 Suppose $\{f_n\}$ is a sequence of measurable functions such that $f_n(x) \rightarrow f(x)$ a.e. x , as n tends to infinity. If $|f_n(x)| \leq g(x)$, where g is integrable, then

$$\int |f_n - f| \rightarrow 0 \quad \text{as } n \rightarrow \infty, \quad (4.11)$$

and consequently

$$\int f_n \rightarrow \int f \quad \text{as } n \rightarrow \infty. \quad (4.12)$$

证明 Trivial. ■

Axiom of choice Suppose E is a set and E_α is a collection of non-empty subsets of E . Then there is a function $\alpha \mapsto x_\alpha$ (a “choice function”) such that

$$x_\alpha \in E_\alpha, \quad \text{for all } \alpha. \quad (4.13)$$

Observation 1 Suppose a partially ordered set P has the property that every chain has an upper bound in P . Then the set P contains at least one maximal element.

A concise proof Obvious. ■

第五章 引用文献的标注

模板使用 `natbib` 宏包来设置参考文献引用的格式，更多引用方法可以参考该宏包的使用说明。

第一节 顺序编码制

一、角标数字标注法

<code>\cite{knuth86a}</code>	⇒	[2]
<code>\citet{knuth86a}</code>	⇒	Knuth ^[2]
<code>\cite[42]{knuth86a}</code>	⇒	[2] ⁴²
<code>\cite{knuth86a,tlc2}</code>	⇒	[2-3]
<code>\cite{knuth86a, knuth84}</code>	⇒	[2,4]

二、数字标注法

<code>\cite{knuth86a}</code>	⇒	[2]
<code>\citet{knuth86a}</code>	⇒	Knuth [2]
<code>\cite[42]{knuth86a}</code>	⇒	[2] ⁴²
<code>\cite{knuth86a,tlc2}</code>	⇒	[2-3]
<code>\cite{knuth86a, knuth84}</code>	⇒	[2, 4]

第二节 著者-出版年制标注法

<code>\cite{knuth86a}</code>	⇒	Knuth (1986)
<code>\citep{knuth86a}</code>	⇒	(Knuth, 1986)
<code>\citet[42]{knuth86a}</code>	⇒	Knuth (1986) ⁴²
<code>\citep[42]{knuth86a}</code>	⇒	(Knuth, 1986) ⁴²
<code>\cite{knuth86a,tlc2}</code>	⇒	Knuth (1986); Mittelbach et al. (2004)
<code>\cite{knuth86a, knuth84}</code>	⇒	Knuth (1986, 1984)

参 考 文 献

- [1] WANG Z, GUO Y, DING H. Robust and fully-dynamic coresets for continuous-and-bounded learning (with outliers) problems[C/OL]//Neural Information Processing Systems. 2021. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:245876595>.
- [2] KNUTH D E. Computers and typesetting: A the T_EXbook[M]. Reading, MA, USA: Addison-Wesley, 1986.
- [3] MITTELBACH F, GOOSSENS M, BRAAMS J, et al. The L^AT_EX companion[M]. 2nd ed. Reading, MA, USA: Addison-Wesley, 2004.
- [4] KNUTH D E. Literate programming[J]. The Computer Journal, 1984, 27(2): 97-111.
- [5] LAMPORT L. L^AT_EX: a document preparation system[M]. 2nd ed. Reading, MA, USA: Addison-Wesley, 1994.
- [6] 孙立广. 极地科学前沿与热点: 顶级期刊论文摘要汇编(1999—2010) [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2016: 222.
- [7] 李永池. 张量初步和近代连续介质力学概论[M]. 2 版. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2016: 61.
- [8] 刘景双. 湿地生态系统碳、氮、硫、磷生物地球化学过程[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2014.
- [9] CRAWFORD W, GORMAN M. Future libraries: Dreams, madness, & reality [M]. Chicago: American Library Association, 1995.
- [10] International Federation of Library Association and Institutions. Names of persons: National usage for entry in catalogues[M]. 3rd ed. London: IFLA International Office for UBC, 1977.
- [11] 程根伟. 1998 年长江洪水的成因与减灾对策[M]//许厚泽, 赵其国. 长江流域洪涝灾害与科技对策. 北京: 科学出版社, 1999: 26-32.
- [12] 陈晋镛, 张惠民, 朱士兴, 等. 蓟县震旦亚界研究[M]//中国地质科学院天津地质矿产研究所. 中国震旦亚界. 天津: 天津科学技术出版社, 1980: 56-114.
- [13] BUSECK P R, NORD G L, Jr., VEBLEN D R. Subsolidus phenomena in pyroxenes[M]//PREWITT C T. Pyroxenes. Washington, D.C.: Mineralogical Society of America, 1980: 117-212.

- [14] FOURNEY M E. Advances in holographic photoelasticity[C]//American Society of Mechanical Engineers. Applied Mechanics Division. Symposium on Applications of Holography in Mechanics, August 23-25,1971,University of Southern California, Los Angeles, California. New York: ASME, 1971: 17-38.
- [15] 孔庆勇, 郭红健, 孔庆和. 我国科技期刊的金字塔分层模型及发展路径初探[J]. 中国科技期刊研究, 2015, 26(10): 1100-1103.
- [16] 杨洪升. 四库馆私家抄校书考略[J]. 文献, 2013(1): 56-75.
- [17] 于潇, 刘义, 柴跃廷, 等. 互联网药品可信交易环境中主体资质审核备案模式[J]. 清华大学学报 (自然科学版), 2012, 52(11): 1518-1521.
- [18] DES MARAIS D J, STRAUSS H, SUMMONS R E, et al. Carbon isotope evidence for the stepwise oxidation of the proterozoic environment[J]. Nature, 1992, 359: 605-609.
- [19] HEWITT J A. Technical services in 1983[J]. Library Resource Services, 1984.
- [20] 丁文详. 数字革命与竞争国际化[N]. 中国青年报, 2000-11-20(15).
- [21] 姜锡洲. 一种温热外敷药制备方案: 中国, 88105607.3[P]. 1989-07-26.
- [22] 万锦坤. 中国大学学报论文文摘 (1983-1993) (英文版) [DB/CD]. 北京: 中国大百科全书出版社, 1996.
- [23] MLOT C. Plant physiology: Plant biology in the Genome Era[J]. Science, 1998, 281: 331-332.
- [24] 孙玉文. 汉语变调构词研究[D]. 北京: 北京大学, 2000.
- [25] CAIRNS B R. Infrared spectroscopic studies of solid oxygen[D]. Berkeley: Univ. of California, 1965.
- [26] 中国力学学会. 第3届全国实验流体力学学术会议论文集[C]. 天津, 1990.
- [27] ROSENTHALL E M. Proceedings of the Fifth Canadian Mathematical Congress, University of Montreal, 1961[C]. Toronto: University of Toronto Press, 1963.
- [28] BAKER S K, JACKSON M E. The future of resource sharing[M]. New York: The Haworth Press, 1995.
- [29] 尼葛洛庞帝. 数字化生存[M]. 胡泳, 范海燕, 译. 海口: 海南出版社, 1996.
- [30] 杨宗英. 电子图书馆的现实模型[J]. 中国图书馆学报, 1996(2): 24-29.
- [31] 刘斌. 力学[M]. 合肥, 2014: 24-29.
- [32] 刘文富, 顾丽梅. 网络时代经济发展战略特征[J/OL]. 学术研究, 2000, 21(4): 35-40. <https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=3uoqIhG8C44YLTlOAI>

RKgchrJ08w1e79zTD32bjb4xSTlZqRyr7rTIf7ok1AFpatLUPx8UT1OWFBNk
w65sK7Uwjbq66SQOt&uniplatform=NZKPT.

- [33] 肖渡, 沈群红, 张芸, 等. 知识时代的企业合作经营[M/OL]. 北京: 北京大学出版社, 2000: 67-69. <https://book.douban.com/subject/1632549/>.
- [34] The White House. Technology for economic growth[R/OL]. Washington, 1993. <https://clintonwhitehouse6.archives.gov/1993/11/1993-11-04-technology-for-economic-growth-table-of-contents.html>.
- [35] HUTSON J M. Vibrational dependence of the anisotropic intermolecular potential of argon-hydrogen chloride[J/OL]. J Phys Chem, 1992, 96(11): 4237-4247[2023-05-31]. <https://doi.org/10.1021/j100190a026>.

附录 A 补充材料

第一节 补充章节

补充内容。

致 谢

在研究学习期间，我有幸得到了三位老师的教导，他们是：我的导师，中国科大 XXX 研究员，中科院 X 昆明动物所马老师以及美国犹他大学的 XXX 老师。三位深厚的学术功底，严谨的工作态度和敏锐的科学洞察力使我受益良多。衷心感谢他们多年来给予我的悉心教导和热情帮助。

感谢 XXX 老师在实验方面的指导以及教授的帮助。科大的 XXX 同学和 XXX 同学参与了部分试验工作，在此深表谢意。

2024 年 5 月

在读期间发表的学术论文与取得的研究成果

已发表论文

1. A A A A A A A A A
2. A A A A A A A A A
3. A A A A A A A A A

待发表论文

1. A A A A A A A A A
2. A A A A A A A A A
3. A A A A A A A A A

研究报告

1. A A A A A A A A A
2. A A A A A A A A A
3. A A A A A A A A A