

北京師範大學

博士学位论文

论文题目：黄河流域人-水关系演变过程及机制研究

作者：宋爽

导师：傅伯杰 教授

Prof. Bojie Fu

系别年级：地理科学学部 2018 级

学号：201831051016

学科专业：自然地理学

完成日期：2023 年 1 月

北京师范大学研究生院

北京师范大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日期： 年 月 日

学位论文使用授权书

学位论文作者完全了解北京师范大学有关保留和使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属北京师范大学。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许学位论文被查阅和借阅；学校可以公布学位论文的全部或部分内容，可以允许采用影印、缩印或其它复制手段保存、汇编学位论文。保密的学位论文在解密后适用于本授权书。

本人签名：_____

日期：_____

导师签名：_____

日期：_____

黄河流域人-水关系演变过程及机制研究

摘 要

论文的摘要是对论文研究内容和成果的高度概括。摘要应对论文所研究的问题及其研究目的进行描述，对研究方法和过程进行简单介绍，对研究成果和所得结论进行概括。摘要应具有独立性和自明性，其内容应包含与论文全文同等量的主要信息。使读者即使不阅读全文，通过摘要就能了解论文的总体内容和主要成果。

论文摘要的书写应力求精确、简明。切忌写成对论文书写内容进行提要的形式，尤其要避免“第 1 章……；第 2 章……；……”这种或类似的陈述方式。

本文介绍北京师范大学论文模板 BNUThesis 的使用方法。本模板是在清华大学学位论文模板 THUThesis 的基础上修改而来，尽可能满足我校的硕士、博士论文格式要求。

本文的创新点主要有：

- 用例子来解释模板的使用方法；
- 用废话来填充无关紧要的部分；
- 一边学习摸索一边编写新代码。

关键词是为了文献标引工作、用以表示全文主要内容信息的单词或术语。关键词不超过 5 个，每个关键词中间用分号分隔。（模板作者注：关键词分隔符不用考虑，模板会自动处理。英文关键词同理。）

关键词： $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ， $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ，CJK，模板，论文

An Introduction to L^AT_EX Thesis Template of Beijing Normal University

ABSTRACT

An abstract of a dissertation is a summary and extraction of research work and contributions. Included in an abstract should be description of research topic and research objective, brief introduction to methodology and research process, and summarization of conclusion and contributions of the research. An abstract should be characterized by independence and clarity and carry identical information with the dissertation. It should be such that the general idea and major contributions of the dissertation are conveyed without reading the dissertation.

An abstract should be concise and to the point. It is a misunderstanding to make an abstract an outline of the dissertation and words “the first chapter”, “the second chapter” and the like should be avoided in the abstract.

Key words are terms used in a dissertation for indexing, reflecting core information of the dissertation. An abstract may contain a maximum of 5 key words, with semi-colons used in between to separate one another.

KEY WORDS: T_EX, L^AT_EX, CJK, template, thesis

目 录

摘 要	I
ABSTRACT	II
插图索引	VI
表格索引	VII
第 1 章 带 English 的标题	1
1.1 封面相关	1
1.2 字体命令	1
1.3 表格样本	2
1.3.1 基本表格	2
1.3.2 复杂表格	3
1.3.3 横排表格	7
1.3.4 其它	9
1.4 定理环境	9
1.5 参考文献	12
1.6 公式	13
第 2 章 中华人民共和国	14
2.1 其它例子	14
2.1.1 绘图	14
2.1.2 插图	14
2.1.2.1 一个图形	14
第 3 章 绪论	16
3.1 研究背景与意义	16
3.1.1 人地关系研究：地理学研究的基本命题	16
3.1.2 人水关系演变：人地耦合系统的监测器	16
3.1.3 人水关系重塑：黄河高质量发展之核心	16
3.2 研究进展	16
3.2.1 社会-水文研究与互馈机制	16
3.2.2 人水关系与社会-生态系统	16
3.2.3 社会-生态系统的稳态转换	16
3.2.4 人水关系的机制模型	16

3.2.5 黄河的人水关系研究	16
3.3 研究目标与内容及关键科学问题	16
3.3.1 研究目标	16
3.3.2 研究内容	16
3.3.3 关键科学问题	16
3.4 研究区概况	16
3.4.1 黄河流域概况	16
3.4.2 黄河流域治理史	16
3.5 章节安排	16
第 4 章 人水关系变化分析的理论框架	17
4.1 流域系统人水关系的定义	17
4.2 流域人水关系变化识别框架	17
4.3 小结	17
第 5 章 千年尺度的黄河流域人水关系演变	18
5.1 研究方法与数据来源	19
5.2 黄河水沙的稳态转换	19
5.3 黄河历史水沙变化的驱动因素	19
5.4 历史洪水的集体记忆模型改进	19
5.5 历史洪水的集体响应	19
5.6 小结	19
参考文献	20
学术成果	22
致谢	23

Contents

摘 要	I
ABSTRACT	II
插图索引	VI
表格索引	VII
Chapter 1 带 English 的标题	1
Chapter 2 中华人民共和国	14
Chapter 3 绪论	16
Chapter 4 人水关系变化分析的理论框架	17
Chapter 5 千年尺度的黄河流域人水关系演变	18
参考文献	20
学术成果	22
致谢	23

插图索引

图 1	绘图测试	13
图 2	利用 Xfig 制图	14

表格索引

表 1	模板文件	3
表 2	复杂表格示例 1	3
表 3	第一个并排子表格	4
表 4	第二个并排子表格	4
表 5	并排子表格	5
表 6	复杂表格示例 2	5
表 7	实验数据	6
表 8	横排表格	8
表 9	表格排序测试	15

第 1 章 带 English 的标题

这是 BNUThesis 的示例文档^[1]，基本上覆盖了模板中所有格式的设置。建议大家在使用模板之前，除了阅读《BNUThesis 用户手册》，这个示例文档也最好能看一看。

小老鼠偷吃热凉粉；短长虫环绕矮高粱。^①

1.1 封面相关

封面的例子请参看 `cover.tex`。主要符号表参看 `denation.tex`，附录和个人简历分别参看 `appendix01.tex` 和 `resume.tex`。里面的命令都非常简单，一看即会。^②

1.2 字体命令

苏轼（1037-1101），北宋文学家、书画家。字子瞻，号东坡居士，眉州眉山（今属四川）人。苏洵子。嘉佑进士。神宗时曾任祠部员外郎，因反对王安石新法而求外职，任杭州通判，知密州、徐州、湖州。后以作诗“谤讟朝廷”罪贬黄州。哲宗时任翰林学士，曾出知杭州、颖州等，官至礼部尚书。后又贬谪惠州、儋州。北还后第二年病死常州。南宋时追谥文忠。与父洵弟辙，合称“三苏”。在政治上属于旧党，但也有改革弊政的要求。其文汪洋恣肆，明白畅达，为“唐宋八大家”之一。其诗清新豪健，善用夸张比喻，在艺术表现方面独具风格。少数诗篇也能反映民间疾苦，指责统治者的奢侈骄纵。词开豪放一派，对后代很有影响。《念奴娇·赤壁怀古》、《水调歌头·丙辰中秋》传诵甚广。

坡仙擅长行书、楷书，取法李邕、徐浩、颜真卿、杨凝式，而能自创新意。用笔丰腴跌宕，有天真烂漫之趣。与蔡襄、黄庭坚、米芾并称“宋四家”。能画竹，学文同，也喜作枯木怪石。论画主张“神似”，认为“论画以形似，见与儿童邻”；高度评价“诗中有画，画中有诗”的艺术造诣。诗文有《东坡七集》等。存世书迹有《答谢民师论文帖》、《祭黄几道文》、《前赤壁赋》、《黄州寒食诗帖》等。画迹有《枯木怪石图》、《竹石图》等。

① 韩愈（768-824），字退之，河南河阳（今河南孟县）人，自称郡望昌黎，世称韩昌黎。幼孤贫刻苦好学，德宗贞元八年进士。曾任监察御史，因上疏请免关中赋役，贬为阳山县令。后随宰相裴度平定淮西迁刑部侍郎，又因上表谏迎佛骨，贬潮州刺史。做过吏部侍郎，死谥文公，故世称韩吏部、韩文公。是唐代古文运动领袖，与柳宗元合称韩柳。诗力求险怪新奇，雄浑重气势。

② 你说还是看不懂？怎么会呢？

易与天地准，故能弥纶天地之道。仰以观於天文，俯以察於地理，是故知幽明之故。原始反终，故知死生之说。精气为物，游魂为变，是故知鬼神之情状。与天地相似，故不违。知周乎万物，而道济天下，故不过。旁行而不流，乐天知命，故不忧。安土敦乎仁，故能爱。范围天地之化而不过，曲成万物而不遗，通乎昼夜之道而知，故神无方而易无体。

有天地，然后万物生焉。盈天地之间者，唯万物，故受之以屯；屯者盈也，屯者物之始生也。物生必蒙，故受之以蒙；蒙者蒙也，物之穉也。物穉不可不养也，故受之以需；需者饮食之道也。饮食必有讼，故受之以讼。讼必有众起，故受之以师；师者众也。众必有所比，故受之以比；比者比也。比必有所畜也，故受之以小畜。物畜然后有礼，故受之以履。

履而泰，然后安，故受之以泰；泰者通也。物不可以终通，故受之以否。物不可以终否，故受之以同人。与人同者，物必归焉，故受之以大有。有大者不可以盈，故受之以谦。有大而能谦，必豫，故受之以豫。豫必有随，故受之以随。以喜随人者，必有事，故受之以蛊；蛊者事也。

有事而后大，故受之以临；临者大也。物大然后可观，故受之以观。可观而后有所合，故受之以噬嗑；嗑者合也。物不可以苟合而已，故受之以贲；贲者饰也。致饰然后亨，则尽矣，故受之以剥；剥者剥也。物不可以终尽，剥穷上反下，故受之以复。复则不妄矣，故受之以无妄。

有无妄然后可畜，故受之以大畜。物畜然后可养，故受之以颐；颐者养也。不养则不可动，故受之以大过。物不可以终过，故受之以坎；坎者陷也。陷必有所丽，故受之以离；离者丽也。

1.3 表格样本

1.3.1 基本表格

模板中关于表格的宏包有三个：**booktabs**、**array** 和 **longtabular**，命令有一个 `\hlinewd`。三线表可以用 **booktabs** 提供的 `\toprule`、`\midrule` 和 `\bottomrule`。它们与 **longtable** 能很好的配合使用。如果表格比较简单的话可以直接用命令 `\hlinewd{xpt}` 控制。

首先来看一个最简单的表格。表 1 列举了本模板主要文件及其功能。请大家注意三线表中各条线对应的命令。这个例子还展示了如何在表格中正确使用脚注。由于 \LaTeX 本身不支持在表格中使用 `\footnote`，所以我们不得不将表格放在小页中，而且最好将表格的宽度设置为小页的宽度，这样脚注看起来才更美观。

表 1 模板文件。如果表格的标题很长，那么在表格索引中就会很不美观，所以要像 `chapter` 那样在前面用中括号写一个简短的标题。这个标题会出现在索引中。

文件名	描述
<code>bnuthesis.cls</code>	模板类文件 ^① 。
<code>bnuthesis.cfg</code>	模板配置文件 ^② 。
<code>bnubib.bst</code>	参考文献 Bibtex 样式文件。
<code>bnutils.sty</code>	常用的包和命令写在这里，减轻主文件的负担。
<code>main.tex</code>	主控文档，编码格式为 UTF-8。

① 表格中的脚注

② 再来一个

1.3.2 复杂表格

我们经常会在表格下方标注数据来源，或者对表格里面的条目进行解释。前面的脚注是一种不错的方法，如果你不喜欢脚注。那么完全可以在表格后面自己写注释，比如表 2。

表 2 复杂表格示例 1

	First Half		Second Half	
	1st Qtr	2nd Qtr	3rd Qtr	4th Qtr
East*	20.4	27.4	90	20.4
West**	30.6	38.6	34.6	31.6

注：数据来源《BNUThesis 使用手册》。

*：东部

**：西部

此外，表 2 同时还演示了通过 `tabularx` 的 `|x|` 扩展实现表格自动放大；

为了使我们的例子更接近实际情况，我会在必要的时候插入一些“无关”文字，以免太多图表同时出现，导致排版效果不太理想。第一个出场的当然是我的最爱：风流潇洒、骏马绝尘、健笔凌云的**李太白**了。

李白，字太白，陇西成纪人。凉武昭王暕九世孙。或曰山东人，或曰蜀人。白少有逸才，志气宏放，飘然有超世之心。初隐岷山，益州长史苏颋见而异之，曰：“是子天才英特，可比相如。”天宝初，至长安，往见贺知章。知章见其文，叹曰：“子谪仙人也。”言于明皇，召见金銮殿，奏颂一篇。帝赐食，亲为调羹，有诏供奉翰林。白犹与酒徒饮于市，帝坐沉

香亭子，意有所感，欲得白为乐章，召入，而白已醉。左右以水颰面，稍解，援笔成文，婉丽精切。帝爱其才，数宴见。白常侍帝，醉，使高力士脱靴。力士素贵，耻之，摘其诗以激杨贵妃。帝欲官白，妃辄沮止。白自知不为亲近所容，恳求还山。帝赐金放还。乃浪迹江湖，终日沉饮。永王璘都督江陵，辟为僚佐。璘谋乱，兵败，白坐长流夜郎，会赦得还。族人阳冰为当涂令，白往依之。代宗立，以左拾遗召，而白已卒。文宗时，诏以白歌诗、裴旻剑舞、张旭草书为三绝云。集三十卷。今编诗二十五卷。——《全唐诗》诗人小传

浮动体的并排放置一般有两种情况：1) 二者没有关系，为两个独立的浮动体；2) 二者隶属于同一个浮动体。对表格来说并排表格既可以像图 3、图 4 使用小页环境，也可以如图 5 使用子表格来做。

表 3 第一个并排子表格		表 4 第二个并排子表格	
111	222	111	222
222	333	222	333

然后就是忧国忧民，诗家楷模杜工部了。杜甫，字子美，其先襄阳人，曾祖依艺为巩令，因居巩。甫天宝初应进士，不第。后献《三大礼赋》，明皇奇之，召试文章，授京兆府兵曹参军。安禄山陷京师，肃宗即位灵武，甫自贼中遁赴行在，拜左拾遗。以论救房琯，出为华州司功参军。关辅饥乱，寓居同州同谷县，身自负薪采椽，餽糒不给。久之，召补京兆府功曹，道阻不赴。严武镇成都，奏为参谋、检校工部员外郎，赐绯。武与甫世旧，待遇甚厚。乃于成都浣花里种竹植树，枕江结庐，纵酒啸歌其中。武卒，甫无所依，乃之东蜀就高适。既至而适卒。是岁，蜀帅相攻杀，蜀大扰。甫携家避乱荆楚，扁舟下峡，未维舟而江陵亦乱。乃溯沿湘流，游衡山，寓居耒阳。卒年五十九。元和中，归葬偃师首阳山，元稹志其墓。天宝间，甫与李白齐名，时称李杜。然元稹之言曰：“李白壮浪纵恣，摆去拘束，诚亦差肩子美矣。至若铺陈终始，排比声韵，大或千言，次犹数百，词气豪迈，而风调清深，属对律切，而脱弃凡近，则李尚不能历其藩翰，况堂奥乎。”白居易亦云：“杜诗贯穿古今，尽工尽善，殆过于李。”元、白之论如此。盖其出处劳佚，喜乐悲愤，好贤恶恶，一见之于诗。而又以忠君忧国、伤时念乱为本旨。读其诗可以知其世，故当时谓之“诗史”。旧集诗文共六十卷，今编诗十九卷。

不可否认 \LaTeX 的表格功能没有想象中的那么强大，不过只要你足够认真，足够细致，那么同样可以排出来非常复杂非常漂亮的表格。请参看表 6。

最后就是清新飘逸、文约意赅、空谷绝响的王大侠了。王维，字摩诘，河东人。工书画，与弟缙俱有俊才。开元九年，进士擢第，调太乐丞。坐累为济州司仓参军，历右拾遗、

表 5 并排子表格

(a) 第一个子表格		(b) 第二个子表格	
111	222	111	222
222	333	222	333

监察御史、左补阙、库部郎中，拜吏部郎中。天宝末，为给事中。安禄山陷两都，维为贼所得，服药阳喑，拘于菩提寺。禄山宴凝碧池，维潜赋诗悲悼，闻于行在。贼平，陷贼官三等定罪，特原之，责授太子中允，迁中庶子、中书舍人。复拜给事中，转尚书右丞。维以诗名盛于开元、天宝间，宁薛诸王驸马豪贵之门，无不拂席迎之。得宋之问辋川别墅，山水绝胜，与道友裴迪，浮舟往来，弹琴赋诗，啸咏终日。笃于奉佛，晚年长斋禅诵。一日，忽索笔作书数纸，别弟缙及平生亲故，舍笔而卒。赠秘书监。宝应中，代宗问缙：“朕常于诸王坐闻维乐章，今存几何？”缙集诗六卷，文四卷，表上之。敕答云，卿伯氏位列先朝，名高希代。抗行周雅，长揖楚辞。诗家者流，时论归美。克成编录，叹息良深。殷璠谓维诗词秀调雅，意新理惬。在泉成珠，著壁成绘。苏轼亦云：“维诗中有画，画中有诗也。”今编诗四卷。

要想用好论文模板还是得提前学习一些 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}/\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 的相关知识，具备一些基本能力，掌握一些常见技巧，否则一旦遇到问题还真是比较麻烦。我们见过很多这样的同学，一直以来都是使用 Word 等字处理工具，以为 $\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 模板的用法也应该类似，所以就沿袭同样的思路来对待这种所见非所得的排版工具，结果被折腾的焦头烂额，疲惫不堪。

如果您要排版的表格长度超过一页，那么推荐使用 `longtable` 或者 `supertabular` 宏包，模板对 `longtable` 进行了相应的设置，所以用起来可能简单一些。表 7 就是 `longtable` 的简单示例。

表 6 复杂表格示例 2

Network Topology		# of nodes	# of clients			Server
GT-ITM	Waxman	600	2%	10%	50%	Max. Connectivity
	Transit-Stub					
Inet-2.1		6000				
Xue	Rui	Ni	BNUThesis			
	ABCDEF					

表 7 实验数据

测试程序	正常运行 时间 (s)	同步 时间 (s)	检查点 时间 (s)	卷回恢复 时间 (s)	进程迁移 时间 (s)	检查点 文件 (KB)
CG.A.2	23.05	0.002	0.116	0.035	0.589	32491
CG.A.4	15.06	0.003	0.067	0.021	0.351	18211
CG.A.8	13.38	0.004	0.072	0.023	0.210	9890
CG.B.2	867.45	0.002	0.864	0.232	3.256	228562
CG.B.4	501.61	0.003	0.438	0.136	2.075	123862
CG.B.8	384.65	0.004	0.457	0.108	1.235	63777
MG.A.2	112.27	0.002	0.846	0.237	3.930	236473
MG.A.4	59.84	0.003	0.442	0.128	2.070	123875
MG.A.8	31.38	0.003	0.476	0.114	1.041	60627
MG.B.2	526.28	0.002	0.821	0.238	4.176	236635
MG.B.4	280.11	0.003	0.432	0.130	1.706	123793
MG.B.8	148.29	0.003	0.442	0.116	0.893	60600
LU.A.2	2116.54	0.002	0.110	0.030	0.532	28754
LU.A.4	1102.50	0.002	0.069	0.017	0.255	14915
LU.A.8	574.47	0.003	0.067	0.016	0.192	8655
LU.B.2	9712.87	0.002	0.357	0.104	1.734	101975
LU.B.4	4757.80	0.003	0.190	0.056	0.808	53522
LU.B.8	2444.05	0.004	0.222	0.057	0.548	30134
EPA.2	123.81	0.002	0.010	0.003	0.074	1834
EPA.4	61.92	0.003	0.011	0.004	0.073	1743
EPA.8	31.06	0.004	0.017	0.005	0.073	1661
EP.B.2	495.49	0.001	0.009	0.003	0.196	2011
EP.B.4	247.69	0.002	0.012	0.004	0.122	1663
EP.B.8	126.74	0.003	0.017	0.005	0.083	1656
EPA.2	123.81	0.002	0.010	0.003	0.074	1834
EPA.4	61.92	0.003	0.011	0.004	0.073	1743
EPA.8	31.06	0.004	0.017	0.005	0.073	1661
EP.B.2	495.49	0.001	0.009	0.003	0.196	2011
EP.B.4	247.69	0.002	0.012	0.004	0.122	1663
EP.B.8	126.74	0.003	0.017	0.005	0.083	1656
EPA.2	123.81	0.002	0.010	0.003	0.074	1834
EPA.4	61.92	0.003	0.011	0.004	0.073	1743
EPA.8	31.06	0.004	0.017	0.005	0.073	1661

续下页

续表 7 实验数据

测试程序	正常运行 时间 (s)	同步 时间 (s)	检查点 时间 (s)	卷回恢复 时间 (s)	进程迁移 时间 (s)	检查点 文件 (KB)
EP.B.2	495.49	0.001	0.009	0.003	0.196	2011
EP.B.4	247.69	0.002	0.012	0.004	0.122	1663
EP.B.8	126.74	0.003	0.017	0.005	0.083	1656
EP.A.2	123.81	0.002	0.010	0.003	0.074	1834
EP.A.4	61.92	0.003	0.011	0.004	0.073	1743
EP.A.8	31.06	0.004	0.017	0.005	0.073	1661
EP.B.2	495.49	0.001	0.009	0.003	0.196	2011
EP.B.4	247.69	0.002	0.012	0.004	0.122	1663
EP.B.8	126.74	0.003	0.017	0.005	0.083	1656

1.3.3 横排表格

如果有很宽的表格，可以考虑使用 `lscape` 宏包来横排。在环境 `landscape` 中的内容会被放在一个横排的页面中，例如表8。如果横排之后表格仍然超出页面，就有必要缩小表格字体。可在`\begin{table}`之后、`\begin{tabular}`之前使用`\footnotesize`或其他字号。

文件名	描述	其他
bnuthesis.cls	模板类文件。	这里需要一个很宽的表格，很宽、很宽、宽得横排也显示不全，只能缩小字体。
bnuthesis.cfg	模板配置文件。	
bnubib.bst	参考文献 Bibtex 样式文件。	
bnutils.sty	常用的包和命令写在这里，减轻主文件的负担。	
main.tex	主控文档，编码格式为 UTF-8。	

表 8 横排表格模板

1.3.4 其它

有的同学不想让某个表格或者图片出现在索引里面，那么请使用命令 `\caption*`，这个命令不会给表格编号，也就是出来的只有标题文字而没有“表 XX”，“图 XX”，否则索引里面序号不连续就显得不伦不类，这也是 \LaTeX 里星号命令默认的规则。

有这种需求的多是本科同学的英文资料翻译部分，如果你觉得附录中英文原文中的表格和图片显示成“表”和“图”很不协调的话，一个很好的办法就是用 `\caption*`，参数随便自己写，比如不守规矩的表 1.111 和图 1.111 能满足这种特殊需要（可以参看附录部分）。

表 1.111 这是一个手动编号，不出现在索引中的表格。

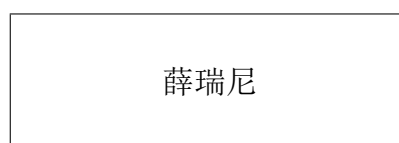
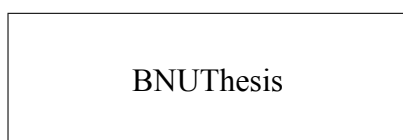


Figure 1.111 这是一个手动编号，不出现在索引中的图。

如果你的确想让它编号，但又不想让它出现在索引中的话，那就自己看看代码改一改吧，我目前不打算给模板增加这种另类命令。

最后，虽然大家不一定会独立使用小页，但是关于小页中的脚注还是有必要提一下。请看下面的例子。

柳宗元，字子厚（773-819），河东（今永济县）人^①，是唐代杰出的文学家，哲学家，同时也是一位政治改革家。与韩愈共同倡导唐代古文运动，并称韩柳^②。

^① 山西永济水饺。

^② 唐宋八大家之首二位。

唐朝安史之乱后，宦官专权，藩镇割据，土地兼并日渐严重，社会生产破坏严重，民不聊生。柳宗元对这种社会现实极为不满，他积极参加了王叔文领导的“永济革新”，并成为这一运动的中坚人物。他们革除弊政，打击权奸，触犯了宦官和官僚贵族利益，在他们的联合反扑下，改革失败了，柳宗元被贬为永州司马。

1.4 定理环境

给大家演示一下各种和证明有关的环境：

假设 1.1：待月西厢下，迎风户半开；隔墙花影动，疑是玉人来。

$$c = a^2 - b^2 \quad (1-1)$$

$$= (a+b)(a-b) \quad (1-2)$$

千辛万苦，历尽艰难，得有今日。然相从数千里，未曾哀戚。今将渡江，方图百年欢笑，如何反起悲伤？（引自《杜十娘怒沉百宝箱》）

定义 1.1： 子曰：「道千乘之国，敬事而信，节用而爱人，使民以时。」

千古第一定义！问世间、情为何物，只教生死相许？天南地北双飞客，老翅几回寒暑。欢乐趣，离别苦，就中更有痴儿女。君应有语，渺万里层云，千山暮雪，只影向谁去？

横汾路，寂寞当年箫鼓，荒烟依旧平楚。招魂楚些何嗟及，山鬼暗啼风雨。天也妒，未信与，莺儿燕子俱黄土。千秋万古，为留待骚人，狂歌痛饮，来访雁丘处。

命题 1.1： 曾子曰：「吾日三省吾身——为人谋而不忠乎？与朋友交而不信乎？传不习乎？」

多么凄美的命题啊！其日牛马嘶，新妇入青庐，奄奄黄昏后，寂寂人定初，我命绝今日，魂去尸长留，揽裙脱丝履，举身赴清池，府吏闻此事，心知长别离，徘徊庭树下，自挂东南枝。

注释 1.1： 天不言自高，水不言自流。

$$\begin{aligned} \varphi(x, z) &= z - \gamma_{10}x - \gamma_{mn}x^m z^n \\ &= z - Mr^{-1}x - Mr^{-(m+n)}x^m z^n \end{aligned}$$

$$\zeta^0 = (\xi^0)^2, \quad (1-3)$$

$$\zeta^1 = \xi^0 \xi^1, \quad (1-4)$$

$$\zeta^2 = (\xi^1)^2, \quad (1-5)$$

天尊地卑，乾坤定矣。卑高以陈，贵贱位矣。动静有常，刚柔断矣。方以类聚，物以群分，吉凶生矣。在天成象，在地成形，变化见矣。鼓之以雷霆，润之以风雨，日月运行，一寒一暑，乾道成男，坤道成女。乾知大始，坤作成物。乾以易知，坤以简能。易则易知，简则易从。易知则有亲，易从则有功。有亲则可久，有功则可大。可久则贤人之德，可大则贤人之业。易简，而天下矣之理矣；天下之理得，而成位乎其中矣。

公理 1.1： 两点间直线段距离最短。

$$x \equiv y + 1 \pmod{m^2} \quad (1-6)$$

$$x \equiv y + 1 \pmod{m^2} \quad (1-7)$$

$$x \equiv y + 1 \pmod{m^2} \quad (1-8)$$

《彖曰》：大哉乾元，万物资始，乃统天。云行雨施，品物流形。大明始终，六位时成，时乘六龙以御天。乾道变化，各正性命，保合大和，乃利贞。首出庶物，万国咸宁。

《象曰》：天行健，君子以自强不息。潜龙勿用，阳在下也。见龙再田，德施普也。终日乾乾，反复道也。或跃在渊，进无咎也。飞龙在天，大人造也。亢龙有悔，盈不可久也。用九，天德不可为首也。

引理 1.1：《猫和老鼠》是我最爱看的动画片。

$$\begin{aligned} \int_a^b \left\{ \int_a^b [f(x)^2 g(y)^2 + f(y)^2 g(x)^2] - 2f(x)g(x)f(y)g(y) dx \right\} dy \\ = \int_a^b \left\{ g(y)^2 \int_a^b f^2 + f(y)^2 \int_a^b g^2 - 2f(y)g(y) \int_a^b fg \right\} dy \end{aligned}$$

行行重行行，与君生别离。相去万余里，各在天一涯。道路阻且长，会面安可知。胡马依北风，越鸟巢南枝。相去日已远，衣带日已缓。浮云蔽白日，游子不顾返。思君令人老，岁月忽已晚。弃捐勿复道，努力加餐饭。

定理 1.1： 犯我强汉者，虽远必诛 ——陈汤（汉）

$$y = 1 \quad (1-9a)$$

$$y = 0 \quad (1-9b)$$

道可道，非常道。名可名，非常名。无名天地之始；有名万物之母。故常无，欲以观其妙；常有，欲以观其徼。此两者，同出而异名，同谓之玄。玄之又玄，众妙之门。上善若水。水善利万物而不争，处众人之所恶，故几于道。曲则全，枉则直，洼则盈，敝则新，少则多，多则惑。人法地，地法天，天法道，道法自然。知人者智，自知者明。胜人者有力，自胜者强。知足者富。强行者有志。不失其所者久。死而不亡者寿。

证明 燕赵古称多感慨悲歌之士。董生举进士，连不得志于有司，怀抱利器，郁郁适兹土，吾知其必有合也。董生勉乎哉？

夫以子之不遇时，苟慕义强仁者，皆爱惜焉，矧燕、赵之士出乎其性者哉！然吾尝闻风俗与化移易，吾恶知其今不异于古所云邪？聊以吾子之行卜之也。董生勉乎哉？

吾因子有所感矣。为我吊望诸君之墓，而观于其市，复有昔时屠狗者乎？为我谢曰：“明天子在上，可以出而仕矣！” ——韩愈《送董邵南序》 □

推论 1.1: 四川话配音的《猫和老鼠》是世界上最好看最好听最有趣的动画片。

$$V_i = v_i - q_i v_j, \quad X_i = x_i - q_i x_j, \quad U_i = u_i, \quad \text{for } i \neq j; \quad (1-10)$$

$$V_j = v_j, \quad X_j = x_j, \quad U_j u_j + \sum_{i \neq j} q_i u_i. \quad (1-11)$$

迢迢牵牛星，皎皎河汉女。纤纤擢素手，札札弄机杼。终日不成章，泣涕零如雨。河汉清且浅，相去复几许。盈盈一水间，脉脉不得语。

例 1.1: 大家来看这个例子。

$$\begin{cases} \nabla f(\mathbf{x}^*) - \sum_{j=1}^p \lambda_j \nabla g_j(\mathbf{x}^*) = 0 \\ \lambda_j g_j(\mathbf{x}^*) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, p \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, p. \end{cases} \quad (1-12)$$

练习 1.1: 清列出 Andrew S. Tanenbaum 和 W. Richard Stevens 的所有著作。

猜想 1.1: *Poincare Conjecture* If in a closed three-dimensional space, any closed curves can shrink to a point continuously, this space can be deformed to a sphere.

问题 1.1: 回答还是不回答，是个问题。

如何引用定理 1.1 呢？加上 label 使用 ref 即可。妾发初覆额，折花门前剧。郎骑竹马来，绕床弄青梅。同居长千里，两小无嫌猜。十四为君妇，羞颜未尝开。低头向暗壁，千唤不一回。十五始展眉，愿同尘与灰。常存抱柱信，岂上望夫台。十六君远行，瞿塘滟滪堆。五月不可触，猿声天上哀。门前迟行迹，一一生绿苔。苔深不能扫，落叶秋风早。八月蝴蝶来，双飞西园草。感此伤妾心，坐愁红颜老。

1.5 参考文献

当然参考文献可以直接写 bibitem，虽然费点功夫，但是好控制，各种格式可以自己随意改写。

本模板推荐使用 BIB_TE_X，样式文件为 bnbib.bst，基本符合学校的参考文献格式（如专利等引用未加详细测试）。看看这个例子，关于书的^[2-4]，还有这些^[5-7]，关于杂志的^[8-10]，硕士论文^[11,12]，博士论文^[13,14]，标准文件^[15]，会议论文^[16,17]，技术报告^[18]。中文参考文献^[19]应增加 lang='zh' 字段，以便进行相应处理。另外，这个 bst 对中文文献^[20]的支持并不是十全十美，如果有不如意的地方，请手动修改 bbl 文件。

有时候不想要上标，那么可以这样 [13]，这个非常重要。

1.6 公式

贝叶斯公式如式 (1-13)，其中 $p(y|\mathbf{x})$ 为后验； $p(\mathbf{x})$ 为先验；分母 $p(\mathbf{x})$ 为归一化因子。

$$p(y|\mathbf{x}) = \frac{p(\mathbf{x}, y)}{p(\mathbf{x})} = \frac{p(\mathbf{x}|y)p(y)}{p(\mathbf{x})} \quad (1-13)$$

论文里面公式越多， $\text{T}_\text{E}\text{X}$ 就越 happy。再看一个 `amsmath` 的例子：

$$\det \mathbf{K}(t = 1, t_1, \dots, t_n) = \sum_{I \in \mathbf{n}} (-1)^{|I|} \prod_{i \in I} t_i \prod_{j \in I} (D_j + \lambda_j t_j) \det \mathbf{A}^{(l)}(\bar{I}|\bar{I}) = 0. \quad (1-14)$$

前面定理示例部分列举了很多公式环境，可以说把常见的情况都覆盖了，大家在写公式的时候一定要好好看 `amsmath` 的文档，并参考模板中的用法：

$$\begin{aligned} \int_a^b \left\{ \int_a^b [f(x)^2 g(y)^2 + f(y)^2 g(x)^2] - 2f(x)g(x)f(y)g(y) dx \right\} dy \\ = \int_a^b \left\{ g(y)^2 \int_a^b f^2 + f(y)^2 \int_a^b g^2 - 2f(y)g(y) \int_a^b fg \right\} dy \end{aligned}$$

其实还可以看看这个多级规划：

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_{\mathbf{x}} F(x, y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*) \\ \text{subject to:} \\ G(x) \leq 0 \\ (y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*) \text{ solves problems } (i = 1, 2, \dots, m) \\ \left\{ \begin{array}{l} \max_{y_i} f_i(x, y_1, y_2, \dots, y_m) \\ \text{subject to:} \\ g_i(x, y_1, y_2, \dots, y_m) \leq 0. \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (1-15)$$

这些跟规划相关的公式都来自于刘宝碛老师《不确定规划》的课件。

Hello, Xfig!

LittleLeo

图 1 绘图测试

第 2 章 中华人民共和国

2.1 其它例子

在第 1 章中我们学习了贝叶斯公式 (1-13)，这里我们复习一下：

$$p(y|\mathbf{x}) = \frac{p(\mathbf{x}, y)}{p(\mathbf{x})} = \frac{p(\mathbf{x}|y)p(y)}{p(\mathbf{x})} \quad (2-1)$$

2.1.1 绘图

本模板不再预先装载任何绘图包（如 `pstricks`, `pgf` 等），完全由你自己来决定。个人觉得 `pgf` 不错，不依赖于 Postscript。此外还有很多针对 \LaTeX 的 GUI 作图工具，如 `XFig(jFig)`, `WinFig`, `Tpx`, `Ipe`, `Dia`, `Inkscape`, `LaTeXPiX`, `jPicEdt`, `jaxdraw` 等等。

2.1.2 插图

强烈推荐《 $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$ 插图指南》！关于子图形的使用细节请参看 `subfig` 的说明文档。

2.1.2.1 一个图形

一般图形都是处在浮动环境中。之所以称为浮动是指最终排版效果图形的位置不一定与源文件中的位置对应^①，这也是刚使用 \LaTeX 同学可能遇到的问题。如果要强制固定浮动图形的位置，请使用 `float` 宏包，它提供了 `[H]` 参数。比如图 2。

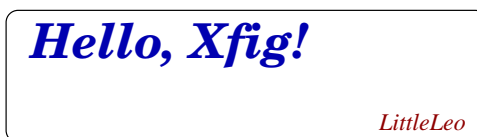


图 2 利用 Xfig 制图

大学之道，在明明德，在亲民，在止于至善。知止而后有定；定而后能静；静而后能安；安而后能虑；虑而后能得。物有本末，事有终始。知所先后，则近道矣。古之欲明明德于天下者，先治其国；欲治其国者，先齐其家；欲齐其家者，先修其身；欲修其身者，

^① This is not a bug, but a feature of \LaTeX !

表 9 表格排序测试

111	222
222	333

先正其心；欲正其心者，先诚其意；欲诚其意者，先致其知；致知在格物。物格而后知至；知至而后意诚；意诚而后心正；心正而后身修；身修而后家齐；家齐而后国治；国治而后天下平。自天子以至于庶人，壹是皆以修身为本。其本乱而未治者否矣。其所厚者薄，而其所薄者厚，未之有也！

——《大学》

古之学者必有师。师者，所以传道受业解惑也。人非生而知之者，孰能无惑？惑而不从师，其为惑也，终不解矣。生乎吾前，其闻道也固先乎吾，吾从而师之；生乎吾後，其闻道也亦先乎吾，吾从而师之。吾师道也，夫庸知其年之先後生於吾乎！是故无贵无贱无长无少，道之所存，师之所存也。

嗟乎！师道之不传也久矣，欲人之无惑也难矣。古之圣人，其出人也远矣，犹且从师而问焉；今之众人，其下圣人也亦远矣，而耻学於师。是故圣益圣，愚益愚。圣人之所以为圣，愚人之所以为愚，其皆出於此乎？爱其子，择师而教之，於其身也，则耻师焉，惑焉。彼童子之师，授之书而习其句读者，非吾所谓传其道、解其惑者也。句读之不知，惑之不解，或师焉，或不焉，小学而大遗，吾未见其明也。巫医、乐师、百工之人不耻相师，士大夫之族曰“师”曰“弟子”之云者，则群聚而笑之。问之，则曰：彼与彼年相若也，道相似也，位卑则足羞，官盛则近谀。呜呼！师道之不复，可知矣。巫医、乐师、百工之人。吾子不齿，今其智乃反不能及，其可怪也欤！圣人无常师。孔子师郯子、苌子、师襄、老聃。郯子之徒，其贤不及孔子。孔子曰：“三人行，必有我师。”是故弟子不必不如师，师不必贤於弟子。闻道有先後，术业有专攻，如是而已。

李氏子蟠，年十七，好古文、六艺，经传皆通习之，不拘於时，学於余。余嘉其能行古道，作师说以贻之。

——韩愈（唐）

第 3 章 绪论

3.1 研究背景与意义

3.1.1 人地关系研究：地理学研究的基本命题

3.1.2 人水关系演变：人地耦合系统的监测器

3.1.3 人水关系重塑：黄河高质量发展之核心

3.2 研究进展

3.2.1 社会-水文研究与互馈机制

3.2.2 人水关系与社会-生态系统

3.2.3 社会-生态系统的稳态转换

3.2.4 人水关系的机制模型

3.2.5 黄河的人水关系研究

3.3 研究目标与内容及关键科学问题

3.3.1 研究目标

3.3.2 研究内容

3.3.3 关键科学问题

3.4 研究区概况

3.4.1 黄河流域概况

3.4.2 黄河流域治理史

3.5 章节安排

第 4 章 人水关系变化分析的理论框架

人地关系是地理学重要的传统研究议题 [[@zhang2022c]], 是地理学的学科基石。但地球表层的几乎一切过程都已受到了人类活动的影响或干预, 因此人地关系研究也可以说是无所不包的。水是与人类活动联系最紧密的地球表层要素之一, 从乡村到城市, 从干旱到洪涝, 从个人到集体, 一切有意或无意影响、改造了天然水循环的人类活动都与水关系紧密相连 [[@falkenmark2021]]。但是, 并非所有的人水关系变化都会对流域尺度的可持续、高质量发展产生影响, 若没有对基本定义、研究范围、分析框架等加以明确, 人水关系演变研究便极易陷入笼统或琐碎, 缺乏对流域系统整体的指导意义。

流域研究是完整地理单元构造的地域系统, 人水关系是该人地关系地域系统内最重要的人与环境相互作用, 其演变过程与机制在不同时空尺度上呈现出迥然不同的特征 [[@wang2019d]]。同时, 作为典型的社会-生态系统, 流域是复杂适应系统 [[@huggins2022]], 有着非线性、动态性等特点, 其整体特征应从系统论加以理解 [[@reyers2018]]。本章研究从基础概念和基本问题切入, 逐层深入人地关系地域系统与流域人水关系研究的理论问题, 总结提出“人水关系的分析框架”, 挈领哪些黄河流域的人-水关系将是本论文研究的分析重点, 以及哪些系统动态是重塑黄河人水关系需要关注的重要信号。本章试图解决的关键理论问题有两个: 1) 对于特定的地域人地系统(本研究中为黄河流域), 如何在无限的关系实体之上定义系统层面的人-水关系; 2) 对于特定的时间尺度, 如何识别和分析系统层面的人-水关系变化。简单来说, 如何使黄河流域人-水关系的分析从微观到宏观, 从静态到动态。

4.1 流域系统人水关系的定义

4.2 流域人水关系变化识别框架

4.3 小结

第 5 章 千年尺度的黄河流域人水关系演变

历览长河,“黄河”除了留下气势磅礴的诗文,也留下了多灾多难的记载。面对善决善淤、泛滥无度的黄河,治水是历代中央王朝主导下,黄河人水关系的主旋律,更有甚者认为中华文明就是黄河的治理史。前人对“黄河人水关系”的研究已总结了历代几个重要的治水思想先后是:堵、疏导、分流、束水攻沙、水土保持等。但对于为什么在千年尺度上,黄河人-水关系始终维持这种“洪水-响应”的模式,尚缺乏流域系统的层面的理解。

黄河频繁决溢的主要症结是丰富的泥沙引起的下游沉积。作为世界上泥沙曾经最丰富的河流,其经历了两次大规模的泥沙稳态变化 ([@wang2007, @wei2016])。黄河泥沙的峰值在 1960s,随后由于现代化的大规模人为治理,短短半个世纪便降低至这个数字恰好与大约 2000 年前,黄河的泥沙含量相对较低时期相接近 [@song2020]。但在千年尺度上,气候的变化和不断积累的人类活动双重作用对黄河由低输沙转化为高输沙状态的变化均有贡献,梳理其稳态转换何时、因何原因主导而发生,是理解人-水关系长时间尺度变化的重要基础。

黄河的频繁泛滥对中央王朝的治理带来严峻挑战,也积累有关黄河成灾的“集体记忆”。史书累牒的黄泛之殇,是新中国成立伊始毛主席感慨“把黄河的事情办好”的动力,也可能是黄河人-水关系长期维持“洪水-响应”模式的内在机理。这种有关长时间尺度的洪水灾害模型中,集体记忆已被认为是影响社会响应方式的核心变量之一^[21-23]。因此,在识别稳态转换的基础上,使用集体记忆模型在气候周期波动变化下,预测人类对洪水的相应模式,是解释黄河长时间尺度上人-水关系演变的关键。

过去、现在、未来的黄河有着不同的人水关系,研究昨日之黄河有助于理解今日之黄河,回望人水关系的长时间尺度变化有助于在决策时看得更远。本章的研究首先从稳态转换的视角梳理了黄河从低输沙到高输沙的演变过程,从而区分周期性的气候驱动与不断积累的人为因素,继而利用洪水记忆模型解释了人类活动未突破稳态临界点之前,气候灾害的周期及集体记忆变化,是黄河人水关系在千年尺度上维持中央政府主导“洪水-响应”模式的内在机制。

- 5.1 研究方法与数据来源
- 5.2 黄河水沙的稳态转换
- 5.3 黄河历史水沙变化的驱动因素
- 5.4 历史洪水的集体记忆模型改进
- 5.5 历史洪水的集体响应
- 5.6 小结

参考文献

- [1] Teun Schrieks, W. J. Wouter Botzen, Marthe Wens, et al. Integrating Behavioral Theories in Agent-Based Models for Agricultural Drought Risk Assessments[J]. *Frontiers in Water*, 2021, 3.
- [2] Donald E. Knuth. The T_EX Book[M]. 15th ed., Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
- [3] Michel Goossens, Frank Mittelbach, Alexander Samarin. The L^AT_EX Companion[M]. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company, 1994: 112–125.
- [4] P. Gröning, L. Nilsson, P. Ruffieux, et al. Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, volume 1. American Scientific Publishers, 2004: 547–579.
- [5] N. Krasnogor. Towards robust memetic algorithms[C]. In: W.E. Hart, N. Krasnogor, J.E. Smith, (eds.). *Proceedings of Recent Advances in Memetic Algorithms*. New York: Springer Berlin Heidelberg, 2004: 185–207.
- [6] 阎真. 沧浪之水. 人民文学出版社, 2001: 185–207.
- [7] 班固. 苏武传 [C]. 见: 郑在瀛, 汪超宏, 周文复, 编. *传记散文英华*. 武汉: 湖北人民出版社, 1998: 65–69.
- [8] M. Chafik El Idrissi, A. Roney, C. Frigon, et al. Measurements of total kinetic-energy released to the $N = 2$ dissociation limit of H_2 — evidence of the dissociation of very high vibrational Rydberg states of H_2 by doubly-excited states[J]. *Chemical Physics Letters*, 1994, 224(10):260–266.
- [9] A. Mellinger, C. R. Vidal, Ch. Jungen. Laser reduced fluorescence study of the carbon-monoxide nd triplet Rydberg series-experimental results and multichannel quantum-defect analysis[J]. *J. Chem. Phys.*, 1996, 104(5):8913–8921.
- [10] Michael Shell. How to Use the IEEEtran L^AT_EX Class[J]. *Journal of L^AT_EX Class Files*, 2002, 12(4):100–120.
- [11] 猪八戒. 论流体食物的持久保存 [D]. 北京: 广寒宫大学, 2005.
- [12] Ashwin Raju Jeyakumar. Metamori: A library for Incremental File Checkpointing[D]. Blacksburg: Virginia Tech, June 21, 2004.
- [13] 沙和尚. 论流沙河的综合治理 [D]. 北京: 清华大学, 2005.
- [14] Erez Zadok. FiST: A System for Stackable File System Code Generation[D]. USA: Computer Science Department, Columbia University, May, 2001.

- [15] IEEE Std 1363-2000. IEEE Standard Specifications for Public-Key Cryptography[M]. New York: IEEE, 2000.
- [16] Sangbum Kim, Namyoon Woo, Heon Y. Yeom, et al. Design and Implementation of Dynamic Process Management for Grid-enabled MPICH[C]. Proceedings of the 10th European PVM/MPI Users' Group Conference, Venice, Italy, 2003.
- [17] C. Kocher, J. Jaffe, B. Jun. Differential Power Analysis[C]. In: M. Wiener, (eds.). Proceedings of Advances in Cryptology (CRYPTO '99), volume 1666 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer-Verlag, 1999. 388–397.
- [18] Alex Woo, David Bailey, Maurice Yarrow, et al. The NAS Parallel Benchmarks 2.0[R]. Technical report, The Pennsylvania State University CiteSeer Archives, December 05, 1995. <http://www.nasa.org/>.
- [19] 贾宝玉, 林黛玉, 薛宝钗, 等. 论刘姥姥食量大如牛之现实意义 [J]. 红楼梦杂谈, 1800, 224:260–266.
- [20] 王重阳, 黄药师, 欧阳峰, 等. 武林高手从入门到精通 [C]. 第 N 次华山论剑, 西安, 中国, 2006.
- [21] Giuliano Di Baldassarre, Alberto Viglione, Gemma Carr, et al. Debates Perspectives on Socio-Hydrology: Capturing Feedbacks between Physical and Social Processes[J]. *Water Resources Research*, 2015, 51(6):4770–4781.
- [22] Giuliano Di Baldassarre, Murugesu Sivapalan, Maria Rusca, et al. Sociohydrology: Scientific Challenges in Addressing the Sustainable Development Goals[J]. *Water Resources Research*, 2019, 55(8):6327–6355.
- [23] Alessio Ciullo, Alberto Viglione, Attilio Castellarin, et al. Socio-Hydrological Modelling of Flood-Risk Dynamics: Comparing the Resilience of Green and Technological Systems[J]. *Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiques*, 2017, 62(6):880–891.

学术成果

1. Yang Y, Ren T L, Zhang L T, et al. Miniature microphone with silicon- based ferroelectric thin films. *Integrated Ferroelectrics*, 2003, 52:229-235. (SCI 收录, 检索号:758FZ.)
2. 杨轶, 张宁欣, 任天令, 等. 硅基铁电微声学器件中薄膜残余应力的研究. *中国机械工程*, 2005, 16(14):1289-1291. (EI 收录, 检索号:0534931 2907.)
3. 杨轶, 张宁欣, 任天令, 等. 集成铁电器件中的关键工艺研究. *仪器仪表学报*, 2003, 24(S4):192-193. (EI 源刊.)
4. Yang Y, Ren T L, Zhu Y P, et al. PMUTs for handwriting recognition. In press. (已被 *Integrated Ferroelectrics* 录用. SCI 源刊.)
5. Wu X M, Yang Y, Cai J, et al. Measurements of ferroelectric MEMS microphones. *Integrated Ferroelectrics*, 2005, 69:417-429. (SCI 收录, 检索号:896KM.)
6. 贾泽, 杨轶, 陈兢, 等. 用于压电和电容微麦克风的体硅腐蚀相关研究. *压电与声光*, 2006, 28(1):117-119. (EI 收录, 检索号:06129773469.)
7. 伍晓明, 杨轶, 张宁欣, 等. 基于 MEMS 技术的集成铁电硅微麦克风. *中国集成电路*, 2003, 53:59-61.

致 谢

衷心感谢导师 xxx 教授和物理系 xxx 副教授对本人的精心指导。他们的言传身教将使我终生受益。

在美国麻省理工学院化学系进行九个月的合作研究期间，承蒙 xxx 教授热心指导与帮助，不胜感激。感谢 xx 实验室主任 xx 教授，以及实验室全体老师和同学们的热情帮助和支持！本课题承蒙国家自然科学基金资助，特此致谢。

感谢清华的薛瑞尼及相关同学，他们制作维护的清华学位论文模板极大的方便了 L^AT_EX 用户的论文写作。

宋爽

2023 年 1 月