

基于地图学原理和有关知识的面向地图及其未来发展  
题目：  
系列问题的分析

---

基于地图学原理和有关知识的面向地图及其未来发展系列  
问题的分析

——地图学原理科目期末开放性论文

王逸

**概述：**本论文以赵志刚教授所布置的开放性论文要求为标准，以地图制作流程、探索型地图、未来智慧城市、数字孪生、元宇宙、泛地图为探讨中心，搜集并整合相关文献资料并结合小组探讨结果和个人理解，试图了解新型技术和知识，主动探索和思考未来科技发展方向，并且思考地图学的本质和框架，以及其与新技术的关联性。

**关键词：**地图 泛地图 未来智慧城市 数字孪生 元宇宙 地图实践

# 一、目录：

## 目录

基于地图学原理和有关知识的面向地图及其未来发展系列问题的分析 .....	1
——地图学原理科目期末开放性论文 .....	1
一、目录： .....	2
二、前文综述： .....	3
(1) 本篇论文的撰写流程 .....	4
(2) 本篇论文的内容综述 .....	5
三、基于地图学原理面向地图制作流程的解析： .....	6
1. 确定地图的类型 .....	6
(1) 确定地图类型的意义 .....	6
(2) *制作地图的条件 .....	6
(3) *确定地图的成图方法 .....	6
(4) *确定地图的大致类别 .....	7
2. 确定地图数据源及其输入方法 .....	7
(1) 确定数据源输入的意义和相关思考 .....	7
(2) *地面测量数据 .....	7
(3) *多源遥感数据 .....	8
(4) *全球导航卫星系统数据 .....	8
3. 确定地图的数学投影方法并对数据进行数学处理 .....	8
(1) 对地图采用合适地图投影方法并对数据进行数学处理的意义 .....	8
(2) *确定地理坐标（对地观测系统） .....	8
(3) *确定地图投影方法 .....	9
(4) *确定地图的比例尺 .....	9
4. 进行地图概括工作并对数据进行精细化处理 .....	9
(1) 地图概括工作的意义 .....	9
(2) *手工概括（模拟地图概括） .....	9
(3) *自动概括 .....	10
5. 进行地图符号设计并确定地理信息的符号模型 .....	10
(1) 进行地图符号设计的意义 .....	10
(2) *地图符号设计 .....	11
(3) *地理信息的符号模型 .....	11
6. 进行地图的拓充处理并利用数字化制图技术汇总地图 .....	11
7. 进行地图的分析评价 .....	11
(1) 地图分析评价的意义 .....	11
(2) *地图评价 .....	12
(3) *地图分析 .....	12
8. 进行地图的复制与编制管理 .....	12
(1) 地图复制与编制管理的意义 .....	12
(2) *地图传统印刷 .....	12
(3) *电子出版印前系统 .....	12

(4) *现代地图复制方法 .....	12
(5) *地图出版的管理 .....	12
9.关于该部分整体的综合论述 .....	12
四、基于新技术手段和发展趋势针对探索性地图及其未来发展的相关分析: .....	13
1.探索型地图概念的引入 .....	13
2.面向不同概念探索型地图的技术应用和建立方法 .....	16
3.探索型地图的过去历史发展趋势和未来发展方向 .....	17
五、地图在未来智慧城市、数字孪生和元宇宙中发挥的作用: .....	19
1.地图在未来智慧城市中发挥的作用 .....	19
(1) 未来智慧城市是什么? .....	19
(2) 地图在未来智慧城市中发挥的作用是什么? .....	20
2.地图在数字孪生中发挥的作用 .....	21
(1) 数字孪生是什么? .....	21
(2)地图在数字孪生中发挥的作用是什么? .....	22
3.地图在元宇宙中发挥的作用 .....	23
(1)什么是元宇宙? .....	23
(2)地图在元宇宙中发挥的作用 .....	23
六、泛地图的新概念及其扩展地图学的发展方向: .....	24
1.泛地图的提出背景和需求 .....	24
2.泛地图的定义和框架 .....	25
3.泛地图的进一步拓展 .....	25
七、地图的实践分析案例 .....	26
1.地图实践分析案例说明 .....	26
2.案例一: 高速铁路噪声地图 .....	26
3.案例二: 海底地形图 .....	27
4.案例三: 电网金属设备大气及土壤腐蚀地图 .....	28
5.案例四: 基于云平台的北京动态历史地图 .....	28
6.案例五: 城市适灾韧性地图 .....	29
八、论文总结与反思: .....	30
1.论文总结 .....	30
2.论文反思 .....	30
九、鸣谢: .....	31
十、参考文献: .....	31

## 二、前文综述:

在之前的论文中,我们研究探讨了地图的中外发展历史,并且试图在其中找到地图的本质和历史内涵是什么,这是我们研究地图未来发展方向的理论基础。王家耀院士在2011年提出,地图和地图学的技术发展经历

着传统地图学、数字化地图学和信息化地图学三个阶段,就目前而言,我们正处于信息化地图学的阶段,信息化地图学就是以信息技术的广泛应用为主导,以信息资源建设为核心,以信息网络为基础,以地理信息产业

为支撑,以空间信息技术人才为依托,以综合空间信息服务为目标,以政策法规和标准规范为保障的信息化时代地图学。当前,信息化地图的内容包含 5D 产品,基于 5D 并融合各类属性信息的深加工产品、多维动态可视化产品、网络地图产品、各种地理信息系统产品等,它们以纸介质地图、数字地图、电子地图、基于位置的移动地图和网络地图等形式面世。上述便是王家耀院士对于新时代地图学发展方向的高度准确化抽象化的概括,显示了王院士对于地图学发展的高瞻远瞩。在本篇论文中,王院士的信息化地图学阶段思想将是本论文的重要参考思想。

本论文将围绕地图学原理期末开放式论文要求进行撰写,本论文旨在解决老师在作业要求中提出的四个问题:第一,你认为应该如何制作一幅地图,地图的制作流程是怎样的?第二,你对于探索性地图有什么看法,借助新的技术手段和发展趋势,你认为它未来可以怎样发展?第三,你认为地图在未来的智慧城市、数字孪生或元宇宙中将发挥怎样的作用?第四,对于泛地图这个概念,你怎么理解,认为它未来可以如何扩展地图学的发展方向?

老师提出的四个问题,紧紧贴合现今地图学发展的热点,通过此项作业可以让我们有充分的参与感和主动获取知识的成就感,而不再是被动接受知识和应试式的完成作业和考试心态对待专业课程学习。这将促进我们对于新型技术和知识的获取,并且提高我们了解和主动自主学习的能力,为我们掌握未来科技发展的方向提供一个主动探索和思考的窗口。

## (1) 本篇论文的撰写流程

第一个阶段,是搜集和整理资料的阶段,作为小组的组长,我组织小组进行了较为全面的资料搜集,主要针对周围各种传统和新兴地图,我们的搜集方式主要有两种,第一种是纸质资料的翻阅,我们浏览了《世界地图集》、《中国交通地图》《中国旅游地图》等等官方出版的权威地图,并在其中抽取了大量极有研究价值的地图作为我们收

集结果,此外,我们还仔细翻阅了教材《新编地图学教程(第三版)》,随着课程的推进,我们对于地图学解析有了更加深入的了解;第二种是电子资料的翻阅,我们借助深圳大学图书馆的电子资源,在中国知网、维普、万方等平台上搜索地图资源,找到了一大批新时代的高科技地图,另外,我们浏览了地图学的相关论文,探究到了很多地图学前沿的理论,这些对于我们论文的撰写都有着极大的启发。最后,我们将具体的地图资源汇总到了共享文档上,将具体的与作业相关的地图学前沿理论论文汇总到了另一个专门的 word 文档上,作为我们撰写个人论文的参考。

第二个阶段,是主题的选取和论文框架的确定,我组织我们小组进行了多次关于论文撰写的小范围讨论,经过深入的探讨,我个人觉得开放式论文中主题比较适合我,我们搜集的资料与开放式论文中的主题也比较契合,所以我个人最终确定将开放式论文作为我最终的主题。根据分析,我将老师所布置的四个问题,概括为论文撰写的四个主要部分,分开进行专门的论述,经过几次论文的撰写和对于其它专业论文的阅读,我对于论文的撰写的方法有了更深入的了解,论文应有概述(包含关键词)、目录、前文综述、正文框架、鸣谢、参考文献等要素,并且字体的大小和格式都必须适合阅读,不能过于冗杂而难以理解。

第三个阶段,是论文的撰写。我打算采用步步推进的方法,先以预先的框架为准确定撰写的顺序,然后在拟定的顺序中撰写具体内容,同时,逐步补充完善其中的引用和参考文献,这样的话,可以保证论文撰写的有序性和完整性,

第四个阶段,是论文的总结和修改,为了完成好总结修改工作,我前往图书馆的论文撰写课程进行了四个小时的学习,并且自行在网上学习了 word 的一些基础操作,收获颇多,我进行了两方面的修改工作,第一个是格式方面的,我对于排版进行了优化,并且采用了标准的 APA 格式整改了参考文献的形式,另一个是内容方面的,我对于原来有重复的参考内容进行了精炼和删改,使

之不会过于冗杂,并且添加了很多新的搜索到的内容,充实论文。最后的审阅完成后,论文的撰写工作就完成了。

## (2) 本篇论文的内容综述

第一,是基于地图学原理面向地图制作流程的解析。地图的种类繁多,制作流程多种多样,我详细翻阅了地图学原理教材,从中大致梳理出核心的地图制作流程,即为确定地图的类型、确定地图数据源及其输入方法、确定地图的数学投影方法并对数据进行数学处理、进行地图概括工作并对数据进行精细化处理、进行地图符号设计并确定地理信息的符号模型、进行地图的拓充处理并利用数字化制图技术汇总地图、进行地图的分析评价、进行地图的复制与编制管理。由于课本是按照教学顺序编写的,所以课本上的大体顺序虽然与地图制作流程比较相似,但是有部分章节的顺序与地图制作流程有冲突。本部分不是对书本原样的照抄,而是在详细阅读和理解书本的内容后对于地图制作流程的思考,是对课本内容高度概括化的理解和深入。为了解释清楚每一步骤的逻辑,我在每一个步骤之后都加入了有关于该步骤意义的论述,希望体现自己对于其中每一步骤的深入思考。需要指出的是,为了区分引用和论证,第三章的内容中,课文引用与概括性内容用“\*”在前表示,而有关于意义论述的内容就没有标注。

第二,是基于新技术手段和发展趋势针对探索性地图及其未来发展的相关分析。首先,为引入探索性地图的概念,我从不同文献的阐述出发,试图搞清楚探索性地图是什么,它的提出背景是什么。经过综合的分析,我将探索型地图划分为趋向数据稳定和趋向数据开放两种概念模型,并且引入了人人制图的理念。随后,我就探索性地图的概念进行了技术应用的猜想,并就两种不同的探索性概念分别论证了其细节差别。最后,我尝试结合上次作业论文的历史发展因素,并

分析现代发展的新潮流,从而对探索性地图进行历史定位。我主要针对探索性地图的作者和读者的支配关系进行分析,并尝试定义了新支配关系的两种新场景下的概念:网络地图和移动网络地图,并描述了它们是如何在探索型地图基础上进行不同维度的升级的。这章内容主要以不同要素确定论证框架,然后细化其中框架内容撰写而成的。

第三,是地图在未来智慧城市、数字孪生和元宇宙中发挥的作用。因为都是陌生的定义,所以我采用的方法是先用文献内容定义出权威的概念,用自己的话把概念简化作为最终分析的对象,然后才结合文献内容和自己的理解分别解释上述概念与地图的关系。地图本身作为一个谈论的中心,本身的内涵主要体现在可视化和地理信息内涵两个点。我认为老师在这里提出的地图不仅包含了地图本身作为介质的存在,也有地图为代表的地图学理论的含义,我尝试解答了地图在这几个概念中发挥的重要作用。

第四,是泛地图的新概念和其拓展地图学的新方向。我发现郭院士是国内外推动泛地图概念发展的主要专家,所以我在其中引用到了很多郭院士对于泛地图的理解。我结合了自己的理解,尝试把这几年对于泛地图的体系描述出来。首先从历史背景论证泛地图出现的必然性,随后从其定义和内涵研究其中的“泛”到底是什么地图领域的泛化,最后尝试联系了其它相关地图概念阐述泛地图的拓展。

第五,是地图的实践,具体的说明在这一章的引入有讲到。我在地图学小组搜集的大量地图中抽取了最有价值的五个进行论述,先用文献的内容阐述这个地图的大概情况,然后根据个人理解思考这些地图可供进一步拓展的点。

最后是论文的总结、鸣谢和参考文献。

## 三、基于地图学原理面向地图制作流程的解析：

### 1. 确定地图的类型

#### (1) 确定地图类型的意义

制作地图，需要知道地图的具体类型，才能够便于后方不同地图制作方法选择，如果不清楚具体的地图类型，就不能根据用户的需求定制化制作，也更可能出现地图制作结果与地图需求不符合的情况。比如说，用户可能对地图的具体承载介质有需求，如果不进行地图的事先分类，就不能按照定制化要求满足承载介质的选择，这将对后来的地图制作操作产生极大的负面影响。就现在的地图制作而言，更多的是面对实际市场制作，需要达到的是以可视化为目的，交互与动态为枢纽，形式化（新计算机技术与新多媒体技术）为依托，认识与分析为手段，传输（包含视觉与非视觉）为重点，具体的地图类型将会极大程度地影响上述的要素，所以，总的来说，必须进行地图类型的确定，才能更高效地进行地图个性化和针对性制作。

#### (2) \*制作地图的条件

制作地图绝非心血来潮，而是在一定条件下所确定的事项。按照地图的主要功能来看，制作地图的条件有以下几点：

第一，从内容上来看，需要用户对某一客观场景进行空间认知，一方面，用户需要进行空间认知来建立地理信息的空间概念，即空间的位置、范围、空间格局、相互关系和随时间的空间变化；另一方面，用户需要图形认知来对地图信息的质量特征和数量特征及在分布规律与区域差异上进行认识。

第二，从信息上来看，需要用户对某一

抽象内容、意义和观念进行认知，一方面，用户对于用图形符号直接表示的地理信息比如水系、居民点等直接信息有认知需求；另一方面，用户对经过解译、分析而获得的有关现象或实体规律的信息比如对等高线的量测而获得有关坡度、切割密度的数据和图形有认知需求。值得一提的是，用户的认知需求信息往往有一些额外的特征，比如说，信息固有特征、信息离散化特征、信息双重性特征等等。

第三，从传递上来看，需要用户对于传递本身有需求，换言之，他们对于介质可传递性有需求，他们需要制图者和用图者的某种联系，这种联系可能是客观事物概念传递的联系，也可能是制图与用图的误差传递的联系。

第四，从模拟上来看，需要用户对于物质模型和概念模型模拟的需求。其中，显示各种地理要素（如水系、居民点等）的普通地图，是制图区域的物质模型；在物质模型的地图上，还可以代替实物的调查与量测做各种模拟分析而产生概念模型，这种概念模型是对实体的一种抽象和概括。

#### (3) \*确定地图的成图方法

现代地图的生产方法，可以分为实测成图、编绘成图和数字制图三类。确定地图的成图方法是确定地图类型的重要步骤之一。

实测成图指在现场或记录载体上，利用各种测量设备，采用不同方法进行测量作业，将成果缩小绘制在介质上的过程。我国在大比例尺成图时都采用实测方法。由于数据获取的手段不同、仪器类别不同，实测成图又可分为野外地形测图和摄影测量成图两种。

根据各种制图资料，以室内作业为主制作地图的过程，属于地图编制。我国的中小比例尺地形图、普通地图和专题地图都采用编

绘成图。因编图资料、应用的设备和技术手段不同,可分为常规制图和遥感制图。

数字制图法时应用计算机和图像输入、显示和输出设备,在制图软件的支持下,模拟手工作业各阶段进行地图设计和原图编绘的成图方法。

## (4) \*确定地图的大致类别

第一,按照区域范围划分,有三大系列,(星球图、地球图)(世界图、半球图、大洲图、大洋图)(国家图、下属行政区(大区或省、市、县)地图)(局部区域,如海湾图、流域图)

第二,按照缩小的程度划分,可划分为大比例尺地图、中比例尺和小比例尺地图。

第三,按照地图的图型划分,可划分为普通地图、专题地图、专用地图和特种地图。

第四,按照地图的维数划分,可划分为平面地图和立体地图。

第五,按照其他标准的分类,按用途可划分为国民经济与管理地图(如人口、各种资源及其评价等),教育与科学技术地图和文化地图;按语言种类可划分为汉字地图、外文地图、个少数民族文字地图和盲文(可触摸)地图;按历史年代可划分为古地图、历史地图、近代地图和现代地图;按出版和使用方式可分为桌图、挂图、折叠图、地图集。

第六,按照地图的形态划分,有心象地图、模拟地图、虚地图、实地图、数字地图、电子地图、静态地图、动画地图、交互地图、动态地图、互联网地图、移动地图、增强现实地图、增量地图。

## 2. 确定地图数据源及其输入方法

### (1) 确定数据源输入的意义和相关思考

个人认为,数据源是地图制作最重要的环节之一,一切地图的基础都是建立于数据源之上,根据教材上专家的说法,大部分的地图都可理解为对于数据的处理和表现的结果,没有了数据,地图本身也将毫无意义。但是,不能盲目地简单寻找地图数据源本身,对于数据源也要进行研究并进一步甄别,数据的不同使得数据本身的数量和质量也有不同。必须根据地图的类型,选择合适的数据源,我个人认为地图数据源的选择应遵循一下原则:1.保证数据源的合法性,地图数据源往往是地理信息和非地理信息的结合体,很多数据源的选取涉及地理信息安全的问题,所以数据源的输入的最重要原则是保证数据源的合法性,使其符合相应的地理信息安全法律及规章制度。2.保证数据源的准确性,地图往往作为重要的介质供用户参考,准确的数据源决定了地图本身可供参考的价值,如果数据源本身与事实数据相去甚远,会使得地图本身误导用户,这将极大地削弱地图的作用。3 保证数据源的高效性,地图制作的周期有一定的时间限制,必须根据市场需求选取合适的数据源输入方法,对于一些面向实时数据的地图,如果数据源本身的输入方式过于低效,会影响地图本身的时效性,降低地图的质量。

### (2) \*地面测量数据

制作地图的最基本工作是地面测量,测量的成果是这一区域的地形图、地籍图。

地面测量工作,不是安置一次仪器、测定一些地点的位置即可完成,而是要在测区布设的控制点上,进行控制测量和平差,然后测定许多碎部点——地形点和地物点的相对位置,按图例绘制成图、如果仅从碎部点逐点传递进行测量,势必造成测量误差的累积,使图形相对位置的误差超限。因此测

量工作的原则是按“从整体到局部、先控制后碎部”的步骤进行。

### (3) \*多源遥感数据

从一定距离上对地表或近地表的物所发射或反射的电磁波,从紫外到微波波段及逆行探测,以达到识别目标的理论和方法,称为遥感。

太阳的电磁波照射到地物表面时,它就和地物表面产生相互作用,发生再发射、吸收、反射或透射现象,正是由于这些现象才被传感器所探测、感知。

按照电磁波的波长、频率、能量和物理特征的顺序排列成表,称为电磁波谱。来自太阳的电磁波能达到地面的波长主要在0.17-3.0微米,最强波段在0.38-0.76微米,即可见光部分。目前遥感技术应用的波段主要在紫外至微波波段。

遥感探测的平台,包括航空器(宇宙飞船、飞机、无人机)和对地探测卫星,产生多源遥感数据。在地图编制的应用方面,采用的遥感数据主要有航空遥感和资源卫星遥感所产生的航空像片、卫星影像和对地CCD扫描数据。

### (4) \*全球导航卫星系统数据

全球导航卫星系统(GNSS)泛指现今存在于地球上的有效的导航卫星系统。

美国的GPS卫星导航系统已在我国服务多年。分析GPS的特性和功能,能够对全球导航卫星的技术体系有所了解。

## 3. 确定地图的数学投影方法 并对数据进行数学处理

### (1) 对地图采用合适地图投影方法并对数据进行数学处理的意义

个人认为,对于地图本身而言,在选取合适的的数据源之后,对于数据源要先进行科学化的概括性处理,地图的显示方式往往是二维化的,但是实际上地理信息数据往往是基于地球球面的三位化数据,所以,将三维化地理信息投影到平面上来便成为了重要的步骤。但是,在投影之前,地图还需要一个标准,如果没有了这个标准,地理数据便无法围绕一个框架进行系统性表达,所以我们首先确定了地理坐标,而地理坐标往往是基于地理观测系统建立的,这个地理坐标就是所谓的标准,它是地理数据的总框架。确定标准和投影方式后,地图必须进行比例尺的选择,比例尺决定了地图实际和图上的科学化比较,随着地图的现代化发展,如今,比例尺加入了多尺度的概念,对于实际应用的意义有增无减。以上的确定合适地图投影方法并对数据进行数字处理的步骤是地图科学性和准确性的保障,如果缺少了这一保障,就意味着数据源无法在地图上进行科学地呈现,地图本身也将毫无意义,所以,在地图市场化应用上,这一步骤至关重要。

### (2) \*确定地理坐标(对地观测系统)

地理坐标,就是用子午线(经线)、纬度或经度、纬度表示地面点位的球面坐标。在大地测量学中,对于地理坐标系统中的经纬度有三种提法:天文经纬度、大地经纬度和地心经纬度。而对地观测系统的主要选择就是依据以上这三种提法对应的地理坐标系展开的,一般来讲,传统的大地坐标系采用传统的大地控制网,其由平面控制网和高程控制网组成,但是新兴的大地坐标系已经开始转用全球导航卫星系统的大地



控制网系统了，它包含国家高精度 GPS-A、B 级和高精度 GPS 测量控制网，进行海岛与陆地的 GPS 联测，拥有较大的技术优势，所以，如今地图的制作一般按照最新的国家标准地理坐标进行。

### (3) \*确定地图投影方法

如果地图是二维平面的形式，就需要将三维立体地理信息转化为二维平面的地理信息了，这就涉及地图投影方法的选择。一般来讲，投影选择的依据是制图区域的地理位置、形状和范围以及比例尺、地图的内容、出版方式等，一般来讲，如果是世界地图，一般在多圆锥投影、圆柱投影、伪圆柱投影中进行选择；如果是区域地图，一般在方位投影、圆锥投影、伪圆锥投影中进行选择，当然，也可以根据实际情况的不同对常用的地图投影方法进行变换，常用的方法有解析变换法、数值变换法等。

### (4) \*确定地图的比例尺

地图是地球空间的缩小。地图上所表示的空间尺度称作比例尺，一般来说，偏静态和固定化的传统地图需要根据显示范围确定实际范围和地图大小的对应关系，然后确定合适的比例尺，比较特殊的，对于某些想要有主次关系的地图，可以采用变比例尺的方法突出主区从而节省图面。对于偏动态和数字化的新兴地图需要将数据变换为多尺度数据，即相同的数据源转变为不同尺度规律（或称不同分辨率）的数据。比例尺的显示方法有数字比例尺、文字比例尺和图解比例尺，新兴数字化地图可以采用动态的不同形式变换的比例尺显示方式。

## 4. 进行地图概括工作并对数据 据进行精细化处理

### (1) 地图概括工作的意义

根据个人的理解，首先，教材对于地图概括的定义，地图概括，就是对地理信息从感知到理性认识的抽象过程，采用分类、选取、简化、夸张和符号化等技术手段，提取空间数据中主要的、本质的数据。可以说，地图概括是地图制作流程最重要的步骤之一，地图概括是继数据源输入和初步数据处理后的精细化数据处理工作，是实现地图由初始化向精细化的关键流程。教材对于地图概括有多种阐述，但概括性地来说，地图概括实质是在做一种专题化的工作，就是将原始地图转化为面向用户需求的专用地图，其中包含了对于地理信息的甄别和选取，使得地图成为特殊场景下适用的产品。整个地图概括可以理解作为一种精细化的数据处理工作，其中涉及了很多专业的算法，就地图学的现代发展而言，发展出了很多新兴的，包含人工智能神经网络在内的先进算法，其中算法的发展为地图的专业化有着重要的作用。可以说，算法的质量决定了地图概括的质量，而地图概括的质量从根本上决定了地图的质量。就目前查找的文献而言，现代地图的发展除了介质的创新之外，主要体现在地图概括的数据处理进步上。

### (2) \*手工概括（模拟地图概括）

#### 【1】引入

地图信息经过人工抽象和符号化以后，产生以纸张为主要载体的地图，属于模拟地图。在编制地图的过程中，模拟地图的概括是解决缩小了的地图同庞大、复杂的空间信息之间数量和质量矛盾的主要途径，被认为是地图编制的理论与技术核心。模拟地图的概括原则适用于地图手工概括。

#### 【2】第一步：地理信息的分类

地图不可能将地理实体或现象毫无保留地表现出来，按照专题的学科体系，在用

途或比例尺变更的情况下,地理信息只显示其主要的类型,排除次要的、非本质的类型。这是类型的简化,分为两步走,第一步,是将地理信息按照质量特征进行分类;第二步,是将地理信息按照数量特征进行分类。

### 【3】第二步:地理信息的选取

选取和分类是不可分的,它的目的是使复杂无序的地图信息,通过聚类 and 分类变得有序,对模拟地图的概括形成完整的工作特征。在普通地图中,地形图概括的原则和方法由统一的规范约定。具体体现在选取、简化、夸张和符号化的各个环节。地理图要比同比例尺地形图的概括程度高。专题地图涉及空间数据取材和加工方式多样,地图内容多样。因此,正确的信息选取方法应该遵循从整体到局部、从主要到次要、从高级到低级,从大到小的原则进行。一般有几种方法:资格法、定额法、区域指标法,当然,确定选取指标也需要几种数量分析方法,比如说:图解算法、开方根规律法。

### 【4】第三步:图形的简化

图形的简化包含两个方面:一个是地物轮廓特征的简化,另一个是地物内部结构的简化。前者有两种方法,第一种是确定弯曲宽度和弯曲深度指标,然后根据指标进行简化;第二种是按照开方根规律简化形状。后者也有两种方法,第一种是合并,合并同类地物的碎部,以反映地物主要的结构特征;第二种是分割,主要应用于不太重要地物的平面图形拆分。

### 【5】第四步:地图图形的夸张

地图概括就是突出需要的信息,减少冗余的信息。从图解形式看,是在图形上减少一些多余的碎部,夸大表示一些有重要意义的碎部。在制图实践中,由于地图用途、区域特征、地物特点等原因,在符号化过程中往往要突破比例尺限制,采用不依比例尺的表达方式,这就是所谓的“夸张”。夸张主要包括以下两个方面:依比例尺的放大和移位。

## (3) \*自动概括

### 【1】引入

自动概括是相对于手工概括而言更加高效,但是质量而言很多不及手工概括,地图自动概括广泛存在于数字制图和地理信息系统的实践中。它们一般都包括:数据输入、数据库存储、变换与分析、数据输出过程。这四个过程中数据输入、输出和分析需要使用地图概括的技术手段。数据库是空间模型的数字形式,建库过程的模型概括主要应用在建库的任务要求、地理信息的分类分级和数据结构的组织。地图概括近年研究的进程,可以归纳为空间域的概括和频谱域的概括两个方面。

### 【2】空间域的概括

空间域的概括是采用各种算法直接对图形坐标处理,目前大多数算法都属于空间域概括。有以下几种: Delaunay 三角网剖分、分形选取模型、Douglas-Peucker (道格拉斯-皮克) 算法及分形扩展模型和人工神经网络选取模型。

### 【3】频谱域的概括

频谱域的概括是将函数信息进行变换,如傅里叶变换和小波变换。变换结果是求出各阶段的振幅和初相角,即将时域信号变为频谱信号,在不同的定义下分析。基于频谱域的方法主要是滤波分析和小波分析。

## 5. 进行地图符号设计并确定地理信息的符号模型

### (1) 进行地图符号设计的意义

个人认为,地图概括为地图进行数据整体质量的筛选,而地图符号设计只要针对的是数据在地图上的可视化呈现。最终的地图

产品不仅要考虑数据的内涵,也要考虑数据的表达效果。地图符号设计的意义就在于此,地图符号设计中主要有两个部分,一个是地图视觉变量符号设计,另一个是地理信息的符号模型设计,两个看起来非常相似,实际上有很大的不同,前者主要针对于碎部化的视觉变量处理,而后者是针对于地图整体的符号模型确定,两者都不可缺少,都是地图符号设计的重要组成部分,是地图可视化微观和宏观的结合。地图符号设计相对于地图的“包装”,在数据质量的基础上,良好的地图符号设计有着更好的市场前景,更适合用户的需要。

## (2) \*地图符号设计

地图符号作为一种视觉形式,地图符号设计的本质就是视觉变量的设计。视觉变量是指人的视觉就能感受到变化的量,在地图符号设计中正是通过这些量的变化来表达地理现象间的差异。视觉变量也称图形要素,是构成图形符号的基本元素。一般情况下,视觉变量的设计主要针对形状变量、尺寸变量、方向变量、颜色变量、网纹变量和3维视觉变量与动态视觉变量。此外,比较特殊的还要进行注记的处理,在内容上符合我国外交立场,位置与排列、字体及其大小、颜色符合主流地图布局。

## (3) \*地理信息的符号模型

地图符号作为地理信息图示表达的基本语言,有特定的语义、语法和语用规则。单个符号只能表达现象的个体单元,只有一幅完整的地图才能依据一定的组织规则,以符号的组合反映制图对象的空间分布,形成与对象对应的同构关系,从而构成客观世界的形象-符号模型。一般而言,地理信息的符号模型分为点状特征表达:点状符号法、线状特征表达:线状符号法、面状特征表达:面状符号、3维特征表达:体状符号、动态表达几种。

## 6. 进行地图的扩充处理并利用数字化制图技术汇总地图

个人认为,对于这一部分而言,由于教材上的内容比较杂,所以不再分小段分别阐述步骤,只是概括性地进行内容上的尝试性阐述。在进行完地图符号设计之后,地图已经基本成型,但是还需要细节化工作后的整合工作。首先,应结合地图初始的类型分类对地图再进行细化的专题分类,划分出两种,普通地图和专题地图,如果是普通地图的话,按照普通地图的规范进行整合工作,加入国家标准的分幅和编号,归档为地理图或者是地形图进行处理;如果是专题地图的话,根据细化内容针对性地进行工作底图准备、出版底图编制和出版底图地数字化三个步骤。另外,整合工作可以使用数字化制图地专业制图软件协助。总的来说,这一步骤的意义一方面是对地图进行了更符合市场化的改良,并且使之更符合市场标准,另一方面是对之前细化地步骤进行了整合处理,使地图最终成为面向用户的产品。

## 7. 进行地图的分析评价

### (1) 地图分析评价的意义

个人认为,地图本身进行整合工作后,如果不进行分析评价工作,就无法对地图本身的质量信息得到更全面的了解,更无法确定地图本身的质量在市场中的表现。对地图分析评价本身可以更好地了解最终产品是否符合用户需求,也可以同时更好地对地图制作工作提供及时的反馈,从而进一步对地图制作进行改良和创新。地图分析评价同时可以为下一步的地图复制和编制管理提供一定的参考,以改良销售路径和生产渠道。

## (2) \*地图评价

对地图的评价，着重于分析纸介质地图的质量。从地图的科学性、政治思想性和艺术性三个角度入手进行评价，其中，科学性的方面主要有地图的数学基础与几何精度、地图的完备性及信息载负量、地图概括的质量与地理适应性、制图资料的现势性。

## (3) \*地图分析

对地图的分析，主要有阅读分析、图解分析、复合分析和地学图谱分析几种方法，其中，阅读分析主要有整体分析、单要素分析、比较分析和推理分析；图解分析主要有垂直切割的剖面图处理、3 维描写的块状图处理、地貌切割密度与深度图处理；复合分析主要有不同比例尺地图之间的复合、不同主题内容地图之间的复合、不同时间序列地图之间的复合、地图与遥感图像之间的复合；地学图谱分析主要针对应用于地学分析的系列多维图解，它不仅用来描述现状，而且通过建立时空模型来重建过去和虚拟未来，可以很好地对单一的地图进行分析处理。

# 8. 进行地图的复制与编制管理

## (1) 地图复制与编制管理的意义

个人认为，地图复制是实现地图走向市场化生产的终极步骤，先进的地图复制手段可以实现更高的地图物理质量和更快的地图传播速度，这主要涉及制造业的工艺水平，制造业部门需要对地图本身的评估结果选取合适的地图复制手段，才能实现利润最大化。地图的编制管理则可以让地图的使用更符合规范，其中所包含的出版的管理可以

保障地图制作者的合法权益，这些都是地图产品本身市场化的重要措施，其重要性不言而喻。

## (2) \*地图传统印刷

地图传统印刷主要采用的是平版印刷，一般来讲，工序为：原图数据检查、印刷工艺方案、制印工艺方案、制印规格设计、制版、打印审校、印刷、裁切、装订和包装。

## (3) \*电子出版印前系统

最新的印刷技术已采用以数字内容为载体和处理机制的电子出版印前系统，由于流程比较复杂，这里不再赘述地图电子出版工艺过程。

## (4) \*现代地图复制方法

### 【1】全数字制印技术

就目前来看，实际定型生产并投入使用的计算机直接印刷机根据其工艺原理可分为：静电照相（成像）方式、点凝聚方式、热成像方式、磁记录方式和喷墨方式五种。

### 【2】非印刷复制方法

非印刷复制方法主要有以下几种：基于电视的复制传播、基于计算机的复制传播、基于网络的复制传播、嵌入式 GIS 系统

## (5) \*地图出版的管理

地图出版的管理主要参考的方面有以下几种：测绘与地理信息的相关法律法规、测绘与地理信息的相关标准、中国地理信息生产管理体制、地图编制出版审核管理、地图著作权与地理信息资源产权等等方面

## 9.关于该部分整体的综合论

## 述

个人认为,就这一部分而言,我主要尝试解答老师所提问题中的第一个:你认为应该如何制作一幅地图,地图的制作流程是怎样的?经过我在网上和书本中的翻阅,发现课本中的内容是最好概括这个问题的,所以我根据书本中的内容进行了概括性的描述,将其概括为:1.确定地图的类型 2.确定地图数据源及其输入方法 3.确定地图的数学投影方法并对数据进行数学处理 4.进行地图概括工作并对数据进行精细化处理 5.进行地图符号设计并确定地理信息的符号模型 6.进行地图的扩充处理并利用数字化制图技术汇总地图 7.进行地图的分析评价 8.进行地图的复制与编制管理几大步骤,并在其中细化为小步骤分开阐述,旨在梳理地图的完整制作流程。

就以上这几个步骤而言,它们之间的联系是:就一幅的地图的制作而言,它一般是要面对市场,面对用户的,这也是我在上述的意义的论述中反复提到的点。所以,针对市场需求我们确定地图的类型,进行定制化的产品制作以实现产品的特定功能。下一步,进行数据的搜集,找到合适的数据源,这是整幅地图的基础,也是地图准确性的保障。我们继续对数据进行较为粗糙的处理,值得一提的是,这里的粗糙指的是功能上的粗糙,不是准确性上的粗糙。我们将数据源的三维数据转化为二维数据,并且对数据本身进行筛选,就成功制作出了地图的框架。

但是仅有框架是不够的,所以在此基础上,就有了对数据的精细化处理,这是整个地图制作的核心步骤,这涉及到地图概括技术,我们将数据进行最终的筛选,并体现在地图上,实现地图的质量基础。下面,我们把这些精细化的数据呈现给用户,加之地图符号设计,使之成为可视化的产品。这样,细化的处理操作就完成了,但是,还需要融入数字化制图技术对地图进行整合,形成最终产品。对于一幅地图而言,基本的制作流程就结束了,但是对于一个面向市场的产品而言,我们还应通过地图的分析评价实现地图的定位评估,通过地图的编制管理实现地图的规范化处理,这就是这几大步骤之间粗略的联系,也是我撰写论文这一部分的主要思路。

撰写这一部分之后,我对于地图制作的流程有了更加深入的了解。在此之前,我们接触到的都是已经经过处理的最终产品,我们只能体验到最终产品的用处,但是无法体会到地图本身的制作及其内涵是什么。在撰写这一部分的内容时,经过书上内容的查阅,我发现了地图制作的流程是严谨而有序的,如果其中有一个步骤缺失,将会导致地图本身的质量大打折扣。我同时也发现了这个问题与我们专业的联系,我们处理地理信息时,合理运用市面上的地图,能更好地通过地图制作的流程了解不同地图的精准信息,从而运用它们更好地为我们的地理信息管理作支撑。

## 四、基于新技术手段和发展趋势针对探索性地图及其未来发展的相关分析:

### 1.探索型地图概念的引入

老师在题目中抛出了一个新的概念,“探索性地图”,这个概念对于我而言完全陌生,所以想要研究这个概念,就必须查阅

相关资料深入了解。经过我对教材的详细翻阅,在《新编地图学教程》(第三版)(毛赞猷等编著)教材中第五章第一节:关于地图符号设计基础中地图符号的功能第二点:思维拓展第二段最后几句(第138页)中找到了对于探索型地图的概念(本文中“探索性

地图“同“探索型地图”),表述如下:德籍学者孟立秋提出了探索型地图的概念,从理论上明确了地图在地理思维中所具有的探索性、创造性功能。寥寥数语,说明了探索型地图的一个重要作用,就是从地理思维上可供探索和创造。我从本章节的参考文献中找到了出处,是《测绘科学技术学报》2006年23日第二版中孟立秋(孟丽秋)学者的《地图学技术发展中的几点理论思考》,其中详细论述了探索型地图,根据我的理解,探索型地图可以如此解释:

地图从始至终只有两个对象,即读者和作者,这两者的关联可以作为地图类型确定的一个方向,根据孟丽秋学者的说法,就是代表设计者和系统本身的构成主义领域和代表使用者的行为主义领域不同的交互程度决定了地图系统的不同性质。相对于探索型地图概念一同出现的,有传输型地图和解析型地图,至于网络地图和移动网络地图的概念,会在后文中提到。传输型地图以尽可能多地传输设计者已经掌握的知识为目的,作者是纯粹的被动接受的被支配方。而解析型地图加入了地理数据库,给读者提供了更多可变换的空间,但是读者的使用功能也仅局限于作者提供的局部分析,在有效性和效率层面与传输型地图差别不大,在美学效果的心理影响上会略有不同。

解析型地图和传输型地图作为主要支配方是作者和系统本身的地图,是地图传统的形式。但是,探索型地图在一些方面打破了这种传统形式的表现方法。根据2001年Kraak和2004年Andrienko的说法,探索型地图的功能在解析型地图多了一项,就是它可以作为视觉思考工具支持用户建立或证明某种假设,特别是发现数据库里还没有记录的某些地理目标显著的分布特征或地理目标间有重要意义的内在联系。那么,这项多出的功能使得探索型地图的本质与前两者地图有了根本性的不同,在探索型地图中,作者和读者的支配关系发生了改变,读者也可以支配地图,去研究作者可能没发现的一些关系。

就探索型地图而言,我在《地学信息图谱与相关学科关系》论文中找到了Kraak学

者对于探索型地图的其它表述,他说,可视化是探索型地图学,认为地图可视化正在由供给驱动向需求向需求驱动转变,地图的功能由表达已知的知识向探索未知的知识发展。Kraak强调地图不再只是一种最终产品,也可能仅仅为视觉思维的中间产品。那么,我们可以发现,Kraak学者是建立于地图可视化驱动方向进行研究的,这与孟立秋的支配关系不同的方向显然有很多共通之处,一方面,他们都以读者对于支配地图的需求增加为导向,分析以读者支配地图为中心的地图的概念;另一方面,他们都认为地图的方向是趋向于探索未知而不是拘泥于已知的。就此而言,我在张燕燕、展文元编著的《地图寻绎》一书的第五节:拥有自己的地图和自己制作地图中找到了于此相关的表述:互联网和万维网与其他技术,促进了一种新型地图制图方式的出现:探索型地图制图。它将创建一种环境,使用者可以借助计算机网络查询到自己需要的空间信息和相关信息,并制作地图以解决自己的实际问题。制作和完善地图工具以便提供给使用者使用,成为了制图者的一个挑战。就这个内容而言,显然它为探索型地图的概念进行了更创新的概括性描述,探索型地图被直接概括为一种新型地图的制图方式,而且是互联网、万维网等计算机技术促进的技术革新,从而使得探索型地图成为可能,改变使用者的主动性。这无疑使得探索型地图的内涵进一步扩充。

在搜索的文献中也同时发现,探索型地图就字面意思而言有另外一种理解可供参考。就是将探索理解为用户经过未知区域搜索,利用作者所编写的数据输入工具将未知区域的数据输入至已有的地理数据库形成新地图的过程。这种探索型地图与孟立秋等学者提出的探索型地图有着极为显著的差别,它不看重支配关系的转化,而是重于用户探索未知区域,自行传输数据创建地图的过程。这种过程甚至不需要地图工具作者自己搜集实际数据,全靠用户自己进行地图的制图工作,地图工具作者的作用只限于创建数据汇集的地图工具。这种探索型地图的理解实际上含义更加丰富,因为这种探索型

地图可以成为一个人人制图的大平台。所有人都可以通过自己对于未知空间的探索完善原有的地图,它以计算机的强大的互联性、可更改性、大容量型为基础,使得地图真正成为大众化的产物。值得一提的是,经过我资料的查阅,德国科学院孟立秋院士也同样对这种人人制图的模式进行过研究,他认为,在过去的传统认知中,制图者一般有两种,第一种是国家和地图各级测绘部门,他们是官方地理信息供应者,具有很高的权威性、可靠性、可操作性和广泛的应用性,收到版权保护。第二种是私营企业如百度、谷歌等非官方地理数据供应者。他们系统地进行数据采集和更新,获取专题数据进行几何和语义的融合和增值处理,产生各自的数据格式并按商业竞争规则出售信息。但是,就人人制图而言,还有第三种制图者,就是所谓志愿者,泛指个人或拥有共同兴趣的团体。他们记录发生的某一事件的时间、地点,通过文字、图片或视频等格式标注在网络地图上,无偿提供网友共享,这种日益扩大的数据和组织方式称为众包,对官方和私企的地理信息是很有意义的补偿。就 2010 年的海地地震的报道,志愿者的地理信息就震后定位和救助起到了极大的作用。但是,就这种含义的探索型地图而言,也有着一些问题。比如说,建立于人人制图环境下的地图输入数据是否会存在所谓的“噪声”和不确定性因素?答案是肯定的。在制图作者开放化的情况下,地图数据的稳定性就会无可避免地遭受极大的破坏。正如维基百科一样,不可能强求所有人都是负责而专业的人,如果有人有意或无意地进行错误答案地编写,有时就会使得答案错上加错,以讹传讹。在这种模式下的地图也同样如此,地图可能会被错误的数据输入扰乱原有的秩序,从而需要一个相对权威的后台就这些数据进行一定的智能处理,更正明显的错误,并且移除不负责的数据输入者,这可能需要较为复杂的技术,这将会在后文中提到。

那么,如果基于后者概念探讨探索型地图时,我们会发现,这种类型的探索型地图会与其它概念有紧密的联系。首先第一点,由于人人制图的需要,从时间维度上来说我

们必须实现实时响应,就是数据必须保持与实际时间的统一性。就目前社会而言,实时响应地图是动态制图在社会应用日愈广泛的另一种形式。就教材的阐述来看,它是将处于空间运动状态的对象信息连续及时地叠加在已有的地图信息上,以提供动态的变化和运动特征信息,为进一步的控制决策服务。这种动态地图可称为动态定位地图,在基于位置的服务系统、导航系统、智能交通系统等领域已得到普遍应用。其功能表现为实时监控、过程再现、模拟推演及虚拟表示。我们会发现,实时响应的功能可以使得探索型地图完成时间同步性,但是实时响应地图和我们所讲的时间同步维度的探索型地图仍然存在一定差别。实时响应地图必须保证静态视觉变量和新的动态视觉变量正确配合,但是实际上,我们所讲的这一维度的探索型地图可以是只针对于静态视觉变量而言的,也就是说,探索型地图的实时性的对象是广义层面的,不拘泥于动态目标;而且,这一维度的探索型地图对于实时性的要求并没有实时响应地图那么高,仅仅能够保证不会实质性影响数据本身质量就够了。其次第二点,就探索型地图而言,由于实现了人人制图,所以对于交互的需求也非常高,我们可以引入虚拟现实和增强现实的概念,实现用户在制图过程中的沉浸式体验。由于篇幅限制,我们重点论述虚拟现实,就教材的阐述而言,它是动态地图的跟高级表现方式,利用计算机及其控制的多种感觉工具,使应用者沉浸于一种与真实环境高度相似的虚拟场景。人们借助 3 维传感技术如数字头盔。数据手套及感应外衣等设备身临其境地与虚拟世界进行交互作用,乃至操纵虚拟环境中的对象,如移动由计算机生成的虚拟物体,并由传感器是人们产生符合物理的、力学的逼真感觉。那么,以上就是第二种概念下探索型地图与其它概念的一些联系。

综上所述,我们可以将探索型地图的概念大致分为两类,一类是基于稳定的数据以及权威的数据输入方的内部探索型地图,另一类是以人人制图模式为主导的基于不稳定的数据和完全开放的数据输入方的外部探索型地图。它们的共同点在于支配关系相

对于传统地图发生了颠覆性的改变,是以读者或是用户为主要支配方的,他们不再进行被动地输入,而是可以就地图本身而言做出个性化改变。但是,它们也有着本质的不同,前者的数据是稳定的,不能被读者或用户更改,读者和用户可以选用其中的数据研究其中的可供开发的新关系;后者的数据是不稳定的,读者和用户几乎可更改地图的所有内容,包括原始数据和重要的数据关系网络,地图作者仅拥有改变数据输入方式和管理读者或用户权限的能力。就之前的研究而言,我们可以就这两个方向确立的概念做出具有概括性的定义,在定义之前,我们声明,为了区分两种不同概念的探索型地图,我们把我们阐述的第一种概念的探索型地图称为数据稳定趋向探索型地图,把我们阐述的第二种概念的探索型地图称为数据开放趋向探索型地图。数据趋向探索型地图是基于计算机技术下的,代表设计者和系统本身的构成主义领域和代表使用者的行为主义领域不同的交互程度相对于传统传输型地图和解析型地图更高的,可以作为视觉思考工具支持用户建立或证明某种假设,特别是发现数据库里还没有记录的某些地理目标显著的分布特征或地理目标间有重要意义的内在联系的新型地图的制图方式。数据开放趋向型地图是基于现代先进互联网等技术下的,面向于开放环境的用户或读者的数据共享与操控功能的人人制图模式下的,具有实时相应和高交互特征的新型地图的制图方式。综上所述,我们就成功引入了探索型地图的概念。

## 2.面向不同概念探索型地图 的技术应用和建立方法

就基于两种概念模式下的探索型地图而言,我们可以深入探讨其中的新技术手段,这有利于我们了解其基本的建立方法,并进一步深入研究探索型地图的内涵。上文中已经提及探索型地图的特点,它与传统地图的区别在于高共享程度和高交互程度。首先,一个更加完善的地理数据库需要融入地

图,并要求其与互联网技术结合,这是探索型地图涉及的第一项重要技术。另一方面,高交互环境也要求探索型地图的可视化符合多用户背景的高度自由化和集成化条件。另外,由于数据和数据管理的指数级增长,人工智能的应用也将被应用至地图。当然,如果是基于第二种概念的数据开放趋向的探索型地图,对于用户的权限管理也将纳入人工智能的处理范围,那么,我将就以上提到的三个技术进行论述。

第一个,数据库技术与互联网技术的结合。就张露、马丽学者撰写《数据库设计》文中对于数据库的定义,数据库是为了实现某一目的、按某种规则组织起来的数据集合,更准确的来说,数据库就是长期存储在计算机内的、有组织的、可共享的数据集合。就数据稳定趋向探索型地图而言,由于数据量是固定的,数据本身的需求不高,但是需要数据库本身提供一个可调度水平较高的平台,使得用户可针对于数据库内部的数据进行重要关系的研究,可调度水平取决于平台本身的数据处理效率和高灵活度的结构,那么,这将是一个可靠的技术方向。就数据开放趋向探索性地图而言,由于数据量是开放的,在用户的输入下会使得数据呈指数级增长,所以对于数据库本身而言,不仅需要极高的可调度水平,还需要更高的容量和多维度分类结构,它不同于一般的地理数据库,非地理因素的数据占据很大的一部分。就共享功能而言,数据库必须结合高性能的互联网技术,探索型地图在传统的网络互连状态下容易出现过度挤占和数据溢出的情况,所以需要高性能数据传输的互联网。

第二个,可视化技术。无论是孟立秋的《地图学技术发展中的几点理论思考》,还是 Kraak 对于探索型地图的探讨,都着重于强调地图可视化的重要性。探索型地图作为支配关系变化的产物,对于面向用户可视化的需求可以说有了极大的增加。我从一些文献中查阅到,如果从探索型地图,尤其是数据稳定趋向探索型地图来看,可视化应用表现在时间轴检索、古今地名对照、POI 检索、热力图、点聚合、测距、计算面积等,其主要基于 GIS 时空本体模型、POI 数据组织与



检索、GIS 聚类服务等三个方面。可视化应用实际上不仅有“可视”的内涵，也有“可操作性”的内涵，可视化应用将作为数据库中的功能体现和视觉体现面向用户。若从数据开放趋向探索型地图来看，可视化应用将会更加广义化。用户不仅可以进行数据管理，还可以进行数据输入和更改。我从一些文献中也找到相似的观点，在地学可视化过程中，信息交流传输以及认知分析的界限是很难划分的，地图或图谱的信息交流与认知分析功能应当通过科学可视化合二为一，就科学可视化技术而言，其可为地学信息地图或图谱有效地表达地表事物提供强有力地技术支持。纵看这段论述，就很好地实现了可视化应用的广义化，其对于数据开放趋向探索型地图的可视化有着重要的意义。

第三个，人工智能技术。人工智能技术的应用在数据稳定趋向探索型地图中主要是面向数据处理的，而在数据开放趋向探索型地图中不仅要面向数据处理，还要面向数据安全环境下的用户权限管理。就人工智能技术本身而言，我从文献上所查询到的目前主流人工智能研究途径是计算机科学家们提出的从模拟人脑功能的角度来实现人工智能，也就是通过计算机程序的运行，以从效果上达到和人们智能行为活动过程相类似来作为研究目标，以解决建造智能机器或系统为工程目标的有关原理与技术。过程一般而言是模式识别和问题求解，当然也有语言转换等细节过程，这里不再赘述。当然，其中的机器学习技术也将是其对于数据更新和改造的重要途径之一。除了这种人工智能处理方法之外，还有基于人工神经网络技术的应用，这当然可以也用于探索型地图的数据库中来。目前存在基于面向多层神经网络反向传播学习算法的人工神经网络，经过数据输入初步训练就可以投入探索型地图数据库的使用。

那么，以上就是有关于探索型地图的重要技术阐述。这些技术作为分散的框架支撑着整个探索型地图的建立。但是，仍然需要一个完整的流程阐述来表明探索型地图的搭建。关于这一部分，我在文献上没有查询到只针对于探索型地图的建立流程，但是我

们可以参考网络地图的建立过程来类似模拟探索型地图的建立，这一部分可能会因本人技术水平所限有一定的漏洞和不科学之处。无论是数据稳定型趋向探索型地图还是数据开放型探索型地图，其前序步骤是不变的，首先，就需求分析确立建模思路，是单一元素地图还是叠加元素地图，这将是后续探索型地图开放程度的重要体现，一般来讲，思路有两个方向，一种是个性化方向，另一种是大众化方向，还有一种是叠加化方向，不同方向的建模都不同，由其兼容性、结构内容要求根据需求指定。然后，搭建树形结构感知层客户终端模块，确定不同对应的信息集合库。同时，进行网络层数据信息传输模块搭建和应用层数据信息处理模块搭建，就可以大致搭建出探索型地图的框架，最后进行模拟实验与测试就可以了。但是，在其中需要指出的是，一些细节部分面对不同概念的探索型地图是不同的。就数据稳定趋向探索型地图而言，应用层数据信息处理模块需要完全限制数据处理权限，而且功能搭建限于数据模拟提取，不进行实际的数据提取。而就数据开放趋向探索型地图而言，树形结构感知客户终端模块需要进行分散式设计，保证客户终端分支式管理，使得客户终端可以灵活变化，而应用层数据信息处理模块需要大部开放数据处理权限，可使用人工智能处理进行管理。那么，综上所述就是探索性地图的搭建过程。

### 3. 探索型地图的过去历史发展趋势和未来发展方向

我们探讨了探索型地图的基本概念和技术应用，下面将探讨探索性地图的过去历史发展趋势和未来发展方向。

在探讨探索性地图之前，我们需要从宏观角度去了解地图学发展的历史，才能知道探索型地图的历史条件是什么，这将涉及我们上次撰写的关于地图学历史发展的作业论文，我们从东方和西方角度分别仔细地研究了地图学的发展历史。经过论证，人类地图学发展的主要因素有技术、艺术、思想、

军事和政治五大方面,可以说,现代地图学的基本内涵是建立于这些发展因素的不同组合之上的。技术因素使得地图具有科学属性,让地图更加准确而严谨;艺术因素使得地图可视化属性大大增强,使得地图更加容易被人们接受,并使得地图拥有了美学价值;思想因素则是反映了地图本身不可改变的主观性,历史发展的趋势是平台创建者的主观因素在逐渐降低,而读者或用户的主观因素在快速上升,并往往成为个性化的产物;军事因素虽然从本质上来说是边缘化的对象,但是军事在地图历史发展中一直占据几乎最重要的位置,是地图服务于宏观应用的重要体现之一,它在很大程度上使得地图走向专用化,当然,当今历史趋势是,军事因素的质量都在增加,但是在总地图体系中的占比确有略微下降的趋势;政治因素与军事因素相似,也是本质边缘化,但是应用中心化的因素,它同样使得地图走向专用化,并且使得地图具有更强的宏观性。

以上就是在上次作业中论证的几大主要因素在地图学发展的作用,那么,它们对于探索型地图有什么样的影响呢?就孟立秋院士引入的探索型地图概念的过程而言,我们发现,她重点描述了地图的价值能力和可用性,她说,任何一幅地图应当具有以下一种或几种价值能力:感觉刺激、艺术品、有参考价值的资料、可再生可共享的信息库、描述性图形语言、过程性图形语言;现代为了检验工业产品的竞争能力同时有了另外一个概念:可用性,可用性主要体现在有效性、效率和满意度三个层面。将孟立秋院士提出的概念比对过去地图学发展的因素,我们会惊奇地发现,其中很多都是与历史因素息息相关的,如此一来,包括探索型地图在内的现代地图评价体系与传统地图因素就紧密联系在了一起,可以说,过去地图学发展因素依然在现代地图评价体系中有基石的作用。但是,我们也同时发现,现代也加入了人更多过去从未有过的要素。一方面,由于地图研究从少数的权威研究者逐渐扩展到了社会普通民众,对于地图的共享性需求大大增加,互联网技术和数据库技术的不断更新改进促成了地图共享性提高

的技术基础;另一方面,同样由于地图大众化的趋势,对于地图的可视化需求也随之增加,计算机视觉和不同的媒介产品研发促成了地图可视化提高的技术基础。地图大众化的潮流使得地图本身的支配关系发生了极大的改变,面向作者的重心逐渐变化为面向读者的重心,共享性和可视化本身也在推动支配关系的改变。于是,基于原有的历史因素和新时代的因素,探索型地图就出现了。从前文中我们也提到,支配关系是探索型地图区别于传统的传输型地图和解析型地图的重要判定依据,新时代潮流下,地图支配关系的改变是必然的,所以,探索型地图的出现也是具有历史必然性的。

那么,在上述论述中,我们可以得出一个结论:探索型地图是建立于受原有的地图学发展因素影响的地图框架下,适应于地图大众化背景下走向高度共享性和可视化的,本质是由面向作者的支配走向面向读者支配的历史产物,具有历史必然性。但是,探索型地图就是这种支配关系变化潮流的终极产物吗?答案显然是否定的。根据孟立秋院士的观点,她另外给出了独立于探索型地图的两个概念,一个是网络地图,另一个是移动网络地图,孟院士的文献中没有深究这两种概念的历史走向。我认为,网络地图和移动网络地图实际上是支配关系进一步改变的产物。相对于探索型地图而言,网络地图无论是从共享性还是可视化来说,都发生了质和量的大改变。读者或用户所提供的信息量已经远远超过作者的认知。在探索型地图中,虽然地图的认知负担已经转移到了作者上,但是在网络地图中作者可能已经无法承担地图的认知负担,所以,网络地图的模式进一步趋向开放化,不仅是数据的完全开放,甚至是建模方法的完全开放,整个地图体系建立于分散式网络的基础上进行,不同的数据和建模方法以超链接的形式相互连接。可以说,网络地图的开放形式已经突破了原有探索型地图数据开放趋向和数据稳定趋向的概念,而是走向了建模方法层面的高度开放化。但是,网络地图的可用性会出现一定程度地下降,因为超链接形式的连接可能会因其极大的开放性和灵活性使得不

同数据的连接出现障碍,这种情况可能会使得用户锁定于某一访问界面而难以使用地图。

当然,随着支配关系进一步演化,网络地图将逐渐成为另一种形态:移动网络地图。移动网络地图在一般性的文献中认为是一种运用网络技术的可移动演示地图,但是,在这里,我们所讨论的移动网络地图将不再是这种概念,而是一种以支配关系的变化为因素,以更高程度的数据共享为背景的多维度地图概念。这是支配关系中以读者或用户为主导的行为主义领域的最高形式。这种移动网络地图不再以单一的网络形式为主体,网络形式将走向多元化,另外,移动网络地图最大特点在于支持多种状态用户的服务,用户的地图使用介质将不受限制,一个更庞大的数据库将结合物联网技术进行呈现,作者将几乎不再发挥主导作用,因为初始的工具会在用户的改进和系统的自动学习中面目全非。动态实时反应将允许读者或用户以虚拟数据主体的形式在地图平台中呈现,从地图形式而言,移动网络地图将与泛地图体系相似,从地图虚拟性而言,移动网络地图可能与元宇宙比较相似,不同的是,移动网络地图的虚拟性和实际性相结合,在内涵上会更加广泛。

那么,我们从探索型地图的概念深入延展到了更高级程度的网络地图和移动网络地图,这里还需要注明的是,我们所指的网络地图和移动网络地图与一般定义不同,是

基于探索性地图所图所提出的设想化概念。我们会发现,探索型地图是支配关系接近于平衡的过渡性地图,是面向作者转变为面向读者或用户的重要转换历史产物,就目前我们地图的发展而言,我们所定义的网络地图或是移动网络地图还没有实质性实现,目前停留于解析型地图向探索型地图的转换阶段。当然,我们可以结合之前我们对于探索型地图的分析下一个大胆的结论:就是探索型地图将会经历一个实-虚-实的阶段,首先,探索型地图的趋向数据开放和趋向网络稳定类别会区分比较明显,以趋向网络稳定为主导,主要应用于初始的现实场景,而且对象也只是实现了小部分的大众制图;下一个阶段,随着虚拟现实的提高,探索型地图将在虚拟世界构建中发挥较大的作用,趋向数据稳定的类型将会被趋向数据开放的类型取代,虚拟环境将先在游戏中完善,随后推向实际生活工作的模拟;第三个阶段,随着趋向数据开放的类型占据了探索型地图的大部分领域,虚拟世界中的探索型地图将会推动实际世界中的探索型地图的发展,实际工作生活的地图应用会逐渐采用探索型地图的体系,并且探索型地图会逐渐完成向绝对意义网络地图的变化。

综上所述,就是探索型地图的历史发展分析和对于未来发展的展望。

## 五、地图在未来智慧城市、数字孪生和元宇宙中发挥的作用:

### 1.地图在未来智慧城市中发挥的作用

#### (1) 未来智慧城市是什么?

想要清楚地图在未来智慧城市中发挥的作用,就必须搞清楚未来智慧城市的定义和内涵是什么,就这个问题,我在中国知网上找到了未来智慧城市相关被引量最高的文献-《智慧城市理念和未来城市发展》,我

也同时找到了由郭仁忠院士等撰写的《面向智慧城市的 GIS 框架》，这两篇文章将是我对于未来智慧城市阐述的重要参考。

前一篇文章中认为，未来智慧城市概念的产生是有特定的历史场景的，在 2008 年全球性金融危机的影响下，IBM 首先提出了智慧城市新理念并作为一个智能项目已被世界各国当做应对国际金融危机、振兴经济的重点领域。城市作为地球未来发展的重点，智慧地球的实现离不开智慧城市的支撑。通过智慧城市建设不仅可以提供未来城市发展新模式，而且可以带动新兴产业——物联网产业的发展，因此很快在世界范围内掀起了一股风暴，各主要经济体纷纷将发展智慧城市作为应对金融危机、扩大就业、抢占未来科技制高点的重要战略。

就现在的普遍共识而言，智慧城市的核心是以一种更智慧的方法通过利用以物联网、云计算等为核心的新一代信息技术来改变政府、企业和人们相互交往的方式，对于包括民生、环保、公共安全、城市服务、工商业活动在内的各种需求做出快速、智能的响应，提高城市运行效率，为居民创造更美好的城市生活。

权威文献指出，智慧城市无非是三个部分，分别是感知层、网络层和应用层。我个人对于这三个部分的解读是，从数据来讲，本质是城市数据的输入、管理和输出；从硬件来讲，本质是城市接收装置（包含传感器接收、人为输入等广义层面的接收装置）、城市大数据服务中心和城市服务终端（包含各种应用服务装置）。

在《面向智慧城市的 GIS 框架》中给出了智慧城市的基于定义的深刻内涵，这篇文章认为，智慧城市的隐性概念早在 20 世纪 90 年代就已经提出了。这篇文章创新性地提出了第一、二和三元空间，分别指向物理空间、社会空间和信息空间。智慧城市概念的出现有其必然性。第三元空间即信息空间构建于物理空间和社会空间之上，即计算机、互联网及其数据信息。在上世纪 90 年代起，第三元空间进入快速发展期，原有的第一、二元空间和第三元空间相互影响，促进了城市的发展，形成了新的城市范式，这个范式

就是智慧城市，可以认为是三元空间条件下的城市智慧化转型。建立城市物理空间和社会空间到信息空间的映射，再通过信息空间回馈物理空间和社会空间，进而优化城市系统，解决城市问题，这是智慧城市建设的基本工程逻辑。

总的来说，智慧城市的产生背景是新型信息化技术在城市发展中的应用增加，智慧城市作为一种结合物联网和互联网的地理信息城市市场应用的概念，以更精确的数据点对网，网对点实现智慧化调控。

## (2) 地图在未来智慧城市中发挥的作用是什么？

清楚了未来智慧城市的概念，下面将尝试分析地图在未来智慧城市中发挥的作用。

我翻阅了书本对于地图对于定义，书中没有给出地图的最终定义，但是给出了地图学的最终定义：以地理信息可视化为核心，探讨地图的理论实质、制作技术和使用方法的综合性科学。我们会发现，地图作为地图学的中心，教材中对于地图学定义实质上是将地图定义为地理信息可视化的载体，再广义化，就是可视化的载体。想要阐述地图在未来智慧城市中发挥的作用，实际上就是在解答以地图和地图学理论为中心的可视化技术怎样助力建设未来智慧城市。

未来智慧城市想要提供智慧化的服务，需要将多种多样的数据转化为面向不同功能需求的可视化图像，也就是地图的形式。如果是繁复的数据，实际上很难让人认识到智慧城市要传递的实时场景，所以一张通俗而简明的可视化地图能够让不同人群了解城市的概括化、针对性的空间信息。比如说，我们想在城市中找到一个合适的地点停车，一张简明清晰的指导地图呈现在我们眼前，我们马上就能感受到一个完善的停车空间网络，并且明晰各个车位的特点是什么，这样，找到一个合适的车位就轻而易举。

地图作为开放数据的可视化表达，是未来智慧城市的开放式载体。从这一点上来说，这与我们在前面论证的探索型地图的相

关内容比较相似。因为一个更高级的地图，往往使具备探索属性的，在未来智慧城市中，人们想要探索新的内容和新的内容关系，都需要地图。对于普通大众来说，他们能够借助地图发现自己新的兴趣地点，更深刻地发现城市的文化特色；对于城市管理的技术人员来说，他们能够借助地图发现未来智慧城市新的拓展方向，实现多元化的智慧服务功能；另外，他们能够借助地图发现原本数据系统的问题，进一步改良系统，提高系统的效率和应用水平。

地图作为地图学理论的中心，为未来智慧城市的构建带来了很多实用性的理论。比如说，地图空间认知理论，使得开发者们更好地对城市情况进行认知和信息加工，弄清可视化的思维过程。地图模型理论，模型化加之系统论的研究方法，不仅在未来只会城市中发挥重要作用，也同时应用后面会提到的数字孪生概念，之后也会详细论述。地图信息与传递理论，为开发者可视化过程中对图形进行表示、转换、传递、存储、处理和利用带来启发。地图符号与视觉感受理论，让开发者从感知的角度优化未来智慧城市的可视化表达。可见，这些有关的地图学理论为开发者们建设未来智慧城市带来了许多启发。

综上所述就是地图在未来智慧城市中发挥的作用。

## 2.地图在数字孪生中发挥的作用

### (1) 数字孪生是什么？

数字孪生对于我而言是一种全新并且陌生的概念，为了深入了解这个概念，同样我在知网上找到了被引量最高的文章，即由陶飞等学者撰写的《数字孪生及其应用探索》，我将就我个人对于这篇文章的理解谈一谈对于数字孪生的理解。

数字孪生这个词的概念其实并没有特别长的历史。数字孪生的概念最初由格里弗

斯教授于 2003 年在美国密歇根大学的产品全生命周期管理课程上提出，并被定义为三维模型，包括实体产品、虚拟产品以及二者间的连接，但由于当时技术和认知上的局限，数字孪生的概念并没有得到重视。直到 2011 年，美国空军研究实验室和 NASA 合作提出了构建未来飞行器的数字孪生体，并定义数字孪生为一种面向飞行器或系统的高度集成的多物理场、多尺度、多概率的仿真模型，能够利用物理模型、传感器数据和历史数据等反映与该模型对应的实体的功能、实时状态及演变趋势等，随后数字孪生才真正引起关注。一些学者在 NASA 提出概念的基础上进行了补充和完善，例如加博尔教授等提出数字孪生还应包含专家知识以实现精确模拟，里奥斯教授等认为数字孪生不仅面向飞行器等复杂产品，还应面向更加广泛通用的产品。

作为一种前沿的技术，我采用了权威文献中对于数字孪生的总结作为其定义：数字孪生是以数字化方式创建物理实体的模拟模型，借助数据模拟物理实体在现实环境中的行为，通过虚实交互反馈、数据融合分析、决策迭代优化等手段，为物理实体增加或扩展新的能力。作为一种充分利用模型、数据、智能并集成多学科的技术，数字孪生面向产品全生命周期过程，发挥连接物理世界和信息世界的桥梁和纽带作用，提供更加实时、高效、智能的服务。实际上，在本篇论文的探讨中，我们不妨把数字孪生简化地理解为：数据模拟实体行为并提供服务的技术。

那么，描述完数字孪生的基本定义之后，我们接着要深入数字孪生的具体内涵。通过大量文献的阅读，我发现，数字孪生作为一种多学科交叉技术，在不同领域有着较强的针对性。这就表明，很多数字孪生技术的应用具有较大的独立性，我们想要深入了解地图与数字孪生，我们就必须阅读更多地理信息有关的数字孪生技术论文。在中国知网上，我同样找到了一篇很好介绍数字孪生与地理信息的关系的文章，即张新长等学者所撰写的《建设数字孪生城市的逻辑与创新思考》，我将就这篇文章谈谈自己对于数字孪生在我们学习相关领域的内涵，以便更深

入探讨下一节地图的数字孪生中发挥的作用。

数字孪生在诞生起被认为是一项技术,但是经过学者对于该含义的扩充,在地理信息领域常被广义化地延展到数字孪生城市,并被当成智慧城市的一种扩展。李德仁院士指出,数字孪生城市是数字城市的目标,也是智慧城市建设的新高度,数字孪生赋予城市实现智慧化的重要设施和基础能力,将引领智慧城市进入新的发展阶段。

权威论文中有很多关于数字孪生城市创新化的技术阐述,但是就我个人的理解而言,可以划分为以下几种:物联感知技术、3S 空间信息技术、人工智能与深度学习技术、三维建模技术。并且,我发现,这几项技术可以被认为是一种推进和并列的关系。数字孪生以数据模拟实体行为并提供服务,其内部基本逻辑与智慧化十分相似,都是信息获取,信息分析,信息输出三个基本过程,物联感知技术和 3S 空间信息技术分别实现对城市地理事物的数据输入和基本管理,物联感知和 3S 空间技术相辅相成,不仅可以减少数据误差,还可以增加数据精度和广度。紧接着利用三维建模实现基本数据的可视化和模型化,人工智能和深度学习技术对城市模型进行预测和决策,至此,就实现了数据模拟实体行为提供服务的功能,这也是我认为的数字孪生内涵。

## (2)地图在数字孪生中发挥的作用是什么?

清楚了数字孪生的概念,下面将尝试分析地图在数字孪生中发挥的作用。

值得一提的是,数字孪生作为一种先进的、常应用于建模分析与预测领域的数字模拟技术,本身就是一种广义化的理工科技技术,我们今天想要探讨这个概念与地图的关系,就必须把数字孪生本身的内涵建构于地理信息的场景之下进行讨论,这与上文中我们对于其的论述是相同的。另外,与上文中我们讨论未来智慧城市不同的是,地图的含义就不能只限于可视化载体了,想关联数字

孪生,就必须强调地图的地理信息附带属性。关于地图在数字孪生中发挥的作用,我去网上查询了非常多的文献,但是基本没有这方面的针对性论述,但是将数字孪生作为技术应用于地理信息管理的文献就非常多了,所以我们今天讨论地图,可能会让它的概念倾向于对于 GIS 的理解,尽管它们两者是有本质不同的,我将就我的个人理解进行论证。

地图本身作为数据的集合模型,可以作为数字孪生应用检验的工具。地图常常是制图者通过各种地理信息数据汇合而成的,它可以被认为是制图者搜集的一个结果,反映了地图所呈现的相对正确的地理模型。一般性的地图旨在反映一个简单的地理系统,但是,在现实的场景中,我们往往需要建构一个复杂的地理系统,比如说我们上文一直在探讨的智慧城市,智慧城市中会出现非常多的因不同复杂因素组合而成的地图。使用数字孪生之后,各种数据的模拟往往与现实的场景有着诸多的误差甚至是错误。所以我在网上发现有权威的文献巧妙地开创了地图检验的方式对数字孪生的建模分析进行纠正操作,它将无数的地图重叠地输入数字孪生系统,然后根据与地图拟合而发生失真的数据对数字孪生本身构建的系统进行改进。这篇文章还指出,由于数据采集种类的差异使得不同地图蕴含不同的因果关系,这些关系实际上就是一个检验的闭环,可以发现数字孪生的失真。我们会发现,地图就这样变成了数字孪生应用检验的工具,地图因为能够天然地体现因果关系成为了重要的检验逻辑链。

地图作为可视化的载体,可以作为数字孪生可视化的重要媒介。与上述属性并列的可视化属性同样是地图于数字孪生的重要意义。我发现很多文献里,很多地理信息进行数字孪生技术应用的时候,如果缺失了地图作为技术应用的过程示意,是很难让人理解的。比如说,我看到一篇文章尝试对城市的天气问题进行数字孪生应用,其中先是建构天气的数字孪生模型,随后是模型的推演,最后得到天气的预测数值和合理的城市布局对于天气的影响。其中每一步都应用了

大量的地图对实验结果进行了可视化,可以让人直观地、清晰地看出建模的优点和缺点。所以,我认为,地图作为可视化的载体,能够让数字孪生的时间过程易被解构,促进数字孪生技术在实际场景中的进步。

综上所述,就是地图在数字孪生中的作用。

### 3.地图在元宇宙中发挥的作用

#### (1)什么是元宇宙?

元宇宙也是一个较为新兴的概念,文献中对于元宇宙的阐述纷繁复杂,我根据权威度和相关度抽取了一些更为专业的文献进行了研究,对于元宇宙的定义和内涵有了更深入的了解,以下是元宇宙的阐述。

元宇宙最早由美国著名作家尼尔·斯蒂芬森于1992年在《雪崩》一书中提出。原书中是这样阐述的:戴上耳机和目镜,找到连接中端,就能够以虚拟分身的方式进入计算机模拟、与真实世界平行的虚拟空间。经过多年的研究,不同学者对于这一概念提出了不同的定义,我在这里不再一一赘述,中国权威论文《元宇宙技术综述》中提出,元宇宙是在涵盖物理空间、社会空间、赛博空间以及思维空间的基础上,融合多种数字技术,将网络、软硬件设备和用户聚合在一个虚拟现实系统之中,形成一个既映射于、又独立于现实世界的虚拟世界。我个人对于元宇宙的简化定义是:元宇宙是一个独立的,重于真实体验的虚拟现实系统。

显然,元宇宙作为第一个尝试于完全脱离现实的大型模拟系统,其技术内涵是异常丰富的,元宇宙对于一些技术有着极高的要求,我将尝试结合文献知识和我的理解概括如下:全方位人体感知、高速无线传输、超高性能储存和数据管理。我们会发现,元宇宙的技术内涵和上文提及的新型概念网络和移动网络地图有着极大的相似之处,事实上,根据文献的内容,这两者的定义已经出

现了较大的重叠,那么这一部分与上文相重复的局部内容,我将不再阐述。

#### (2)地图在元宇宙中发挥的作用

清楚了元宇宙的概念,下面将尝试分析地图在元宇宙中发挥的作用。

基于上述的论述,元宇宙是虚拟世界的大型应用,我们想论证地图在元宇宙中发挥的作用,除了阐述“地图”两字狭义化内涵在元宇宙中的作用,还应从地图的可视化和地理信息的广义领域去阐述地图所代表的地图理论给元宇宙的构建带来的启发性影响。所以,我将结合文献阐述自己对于这个作用或者是启发性影响的理解。

狭义地看,元宇宙本质是对新世界的演绎,地图的作用与现实世界的演绎是大体相同的。与教材所说的内容几乎一致,元宇宙的地图负责为用户提供开发者呈现的空间认知结果,并且是用户进行空间认知的工具。另外,元宇宙的地图载负了不同的信息,具有地理信息的层面的可传递性,并且尝试于给用户带来模拟其元宇宙世界的宏观存在,让用户产生对于元宇宙的概念模型。

广义来看,如果我们深入去挖掘,从可视化的角度来说,地图及其所代表的地图理论为元宇宙的可视化提供了重要参考。尤其是在新型地图动态表达技术的相关技术理论之中,我们可以理解可视化过程中不同视觉变量、触觉变量、听觉变量等等的实时响应和虚拟现实。我从一篇文献中发现了一个新颖的观点,将元宇宙视为一种可进入的开放体验式地图,我们就可以依据地图的创建方法去构建出元宇宙可视化的框架。

从另一个广义的层面来看,我们从地理信息的角度来说,在新型的背景下,地图及其所代表的地图理论为元宇宙的地理信息运用有着重要的作用。在一篇权威文献中,我发现了所谓“程序测绘”的新词语,根据我的理解而言,站在开发者的角度,元宇宙的地理信息的测量出现了更大的变化,元宇宙是开发者依据程序的空间数据构建出的

模拟三维空间，而不是一个纯天然的非人为空间，就代表着我们从传统的测绘走向了所谓的程序测绘。我们可能需要通过更多程序上的算法模拟三维空间中的测绘工作，这就是我所理解的权威文献中的“程序测绘”的概念。在地理信息的输入方面，元宇宙发生了根本性的变化。另外，我在另一篇文献中发现了站在用户的角度的解析。用户在元宇宙中往往拥有相对于现实生活的权限，他们的不同复杂活动对元宇宙的影响通过一种共享的形式施加。看到了文中的这句话，我

就联想到了之前文章中我们所提到的探索型地图的概念，用户的支配权占主导，他们在开放式的系统对其中的地理信息进行各种形式的改变，并且实时存储在开放式系统之中，这也是我之前所提到的“虚”探索型地图。当元宇宙的功能开放之后，在我的理解里，也会演化到我在前文所提到的特殊的网络地图和移动网络地图。

综上所述，就是地图在元宇宙中所发挥的作用。

## 六、泛地图的新概念及其扩展地图学的发展方向：

### 1. 泛地图的提出背景和需求

泛地图是一种新兴的概念，我发现，与我们前述的地图类型所不同的是，泛地图是一种体系化的概念，它并不以单一的技术手段为指向，而是以所有地图的发展的整体作为指向。经过网上文献的查阅，我发现郭仁忠院士是泛地图体系的开拓者，他撰写了几篇关于泛地图重要的文献资料，另外，在国外，也有不少学者对于泛地图有着间接的分析，我将参考以上文献中对于泛地图的论述谈谈自己的理解。

首先，自 21 世纪起，人类逐渐进入 ICT 时代（信息通信技术的时代），各项新型技术得以发展，其中，关于信息和感知的技术对于地图的发展影响甚大，其中的人工智能技术、数字孪生技术、云计算技术、虚拟和增强现实技术等等慢慢融入到了有关于地理信息的研究之中，使得地图的新形式不断多元化，这多元化的速度超出了很多研究学者的想象。海外学者孟丽秋指出，数字地图学发展到今天，过去那些在偏离于标准地图概念的准地图不断发展，在数量、表现风格以及应用范围上已经远远超越了严格意义上的地图。所以，技术的爆炸式发展对于新体系的构建提出了新的需求。

另外，郭仁忠院士曾经在一篇论文中提

出，现有的地图学理论无法有效指导当代地图学实践（如目前的地图学理论教科书均缺乏针对类地图、增强现实地图等新生地图的论述），同时也没有一套计算机软件系统能够完整地支撑泛化的地图制作和应用。根据院士的观点，我们发现，现有的地图学理论，也就是很多学者所称的经典地图学理论，在面对新技术、新概念涉及的地图显得非常无力，所以说我们迫切地需要建立一套新型的体系，既能包容传统的地图学理论，也能拓展新型的地图学实践。

在新时代地图中，大众化、开放化已然成为了新趋势。随着大众对于复杂的未来智慧城市空间认知的更多需求，必须建立一套合适的地图体系，使得大众化的需求得到满足。对于需要浏览地图进行认知的大众而言，新的地图必然要有针对性，并且应当通俗易懂，简单明了，但是过去经典地图学理论难以让新技术地图轻易地针对大众需求进行各种变换；对于希望主动参与地图和空间探索的大众而言，新的地图必然要做到更完善的开放共享和优良的可操作性，同样，过去经典地图学理论基本关于这一方面的变换论证。这是大众对于新体系地图的需求。

其次，专业制图者在面对各种技术交织的复杂制图时常常因为过去经典地图学理



论的限制性难以开展技术应用和顶层设计。很多新技术往往没有得到恰当的运用,专业制图者急需一个新概念地图体系支持各种技术的组合。这个新概念地图体系首先应当提供一个标准化的分类体系,另外应当提供一个包含应用流程的方案,这样才能使得制图者可以根据新需求创建新地图。

综上所述就是泛地图的提出背景和需求。

## 2. 泛地图的定义和框架

想要引入一个标准化的泛地图的定义和基本特征,应当借助权威的论文。郭仁忠院士提出,“泛”作为动词表示“泛化”,是指拓展与延伸。泛地图是传统标准地图的延伸和拓展,是对地理、社会人文和信息三元空间的综合表达,是一种通过对地图语言、形象思维、空间思维对三元空间对象进行特征分析,实现人与人、人与物、物与物之间信息获取、传递、认知等功能的广义地图表达。泛地图既包括由地图投影、制图综合、符号系统理论构建生成的标准地图,也包括由于技术与艺术手段突破所带来的各种形式各异的类地图——如 Cartogram 地图、示意性地铁图、Kriskograms 地图等。不同于标准的地图类型,泛地图具有以下特征,首先,对象空间是地理空间、社会人文空间和空间信息空间所构成的三元空间。表达类型涵盖标准地图和类地图,而地图载体是承载于平面、曲面、球面等各种介质。

关于所谓的“泛”体现在哪些方面,不同的文献给出了非常多方面的思考。我将它们归类,发现它们可以整合成三种主要方面:地理信息泛化、支配关系泛化以及感性认识泛化。

第一,泛地图实现了地理信息的泛化。我们这里指的地理信息包含内容和呈现形式两个方面的泛化,从内容的角度来说,又可以分为维度和状态两层含义。维度不局限于传统的二维平面,而是加入了从全面感知角度出发的三维立体空间以及从示意简约角度出发的一维迁移显示,同时实现了这些维度之间的变换和互相映射。值得一提的

是,我在郭仁忠院士的一篇权威论文中发现一种名为 Kriskograms 地图,这种地图就是一维迁移显示的代表产物。论状态,状态不局限于静态感知,而是演化到了动画和沉浸式感知状态等等。从呈现形式的角度来说,泛地图也是千变万化的,我参考了孟丽秋论文对于准地图的阐述,其中包含了以下几个主要的呈现形式变化分类:非平面-地球仪,或是非正射投影-鸟瞰图,非直接数字转换-地铁简化图,多比例尺-双焦点地图,非线划地图-地貌晕渲图,非抽象符号-建筑三维模型图等等。

第二,泛地图实现了支配关系的泛化。从这一点上来说,泛地图体系中包含了不同支配关系的地图,这与我们前文中对于探索型地图的论述极为类似。从以制图者为中心的地图支配,逐渐演化到以使用者为中心的地图。而实际上,郭仁中也提出制图者和用图者之间的界限正在逐渐模糊。泛地图体系增加了传统地图体系所未有过的自由开放共享内涵,使得地图本身走向大众化,人人制图的观念也慢慢融入了新时代的地图体系。

第三,泛地图实现了感性认识的泛化。这一点已从单一的艺术性特征拓展到多元化的感性特征。泛地图的可视化操作中对于用图者的心理感受或是感性状态有了更全面的拓展。现代制图技术可以实现同一地图类型的符号形状尺寸、视觉层次变化,产生卡通风格、油画风格、精简风格等不同视觉艺术表现。另外,很多制图者开始采用写意的方式实现感性认识的深化,郭仁忠院士论文中所提及的隐喻地图就是写意方式的典型代表,将无空间特征、高维抽象的纯语义数据赋予虚拟位置信息,建立语义对象源与地图对象结果之间的关联映射,形成非空间信息的仿地图表达。

综上所述就是泛地图的定义和框架。

## 3. 泛地图的进一步拓展

泛地图本身与赵志刚老师所提问题中的前几个地图学概念有着密切的关系。首先,是地图制作流程。泛地图的制作流程虽

然指向更多元化的制作流程体系,但是现在无论是传统地图,还是新型地图,还是基本沿用传统的思路,即确定类型、输入数据、数学处理、地图概括、符号设计、分析评价、编制管理几个步骤。但是这一套思路将会在未来的地图应用中逐渐被替代,因为随着泛地图体系的构建,这一步骤显然只对独立的一般性地图有效,在建立成熟的泛地图创建开放平台之后,我们也许将会演化成:条件分析、平台数据调用和条件输入、自动化成图的极为简约化的步骤,这将适应于更加开放共享的泛地图体系之中。其次,是探索型地图。探索型地图实质就是支配关系变化的产物,而泛地图支持的支配关系泛化就包含了这一产物,这一部分的具体论述在上文的关于泛化的论证中已经详细说明,在此不再赘述。另外,是未来智慧城市、数字孪生和元宇宙。随着时代的推进,未来对于智慧城市的需求越来越高,所以,泛地图的新型地

图体系将服务于未来智慧城市的空间化智慧应用,为城市空间管理提供保障。而数字孪生作为重要的数字化模拟建模技术,是泛地图体系中的技术基石之一,可以使得泛地图的模拟和预测的领域得到新的拓展。元宇宙将作为虚拟世界中泛地图应用的终点场景,泛地图的体系服务于元宇宙,使得元宇宙的各种空间分析及制图得以实现。

郭仁忠院士在新的泛地图相关论文中指出泛地图体系的未来建设:泛地图理论将辨析三元空间对象的结构关系和抽象模式,构建泛地图对象空间理论;另外,解析泛地图表达维度空间,建立泛地图表达维度谱系;并且,挖掘泛地图表达机制与方法,揭示各类三元空间对象的有效性规律,实现对三元空间的泛地图的优化表达。

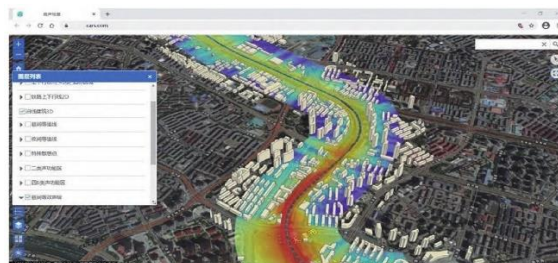
综上所述,就是泛地图进一步拓展的相关论述。

## 七、地图的实践分析案例

### 1.地图实践分析案例说明

我所属的地图学小组搜集和整理了大量的地图实际素材,我从中抽取五份典型的地图作为本章论述的案例,这些地图被作为典型的原因是:1.不同于传统的制图方法或制图场景。2.与上述论文中所提到的地图制作流程、探索型地图、未来智慧城市、数字孪生、元宇宙、泛地图中的一或几个概念有一定的直接或间接关系。3.有着更广阔的扩展应用空间4.与社会设计发展轨道相吻合。这个章节将会按照地图介绍和地图的个人理解两部分展开,地图介绍主要是搜集文献来源对于该地图的阐述概要,而地图的个人理解将会尝试从地图的优势和地图的可拓展性两个方面开展描述。

### 2.案例一:高速铁路噪声地图



#### 【1】地图介绍:

这幅地图采用了第3种噪声绘制法:将噪声预测技术于GIS深度融合,根据噪声预测参数需求提取GIS种空间地理信息,实现噪声预测模型与GIS的交互应用,绘制出符合实际地理空间特征的噪声地图。利用五等效声源模型的相关公式设计相关算法,再搭建三维GIS模型,最后进行噪声数据生成及可视化。

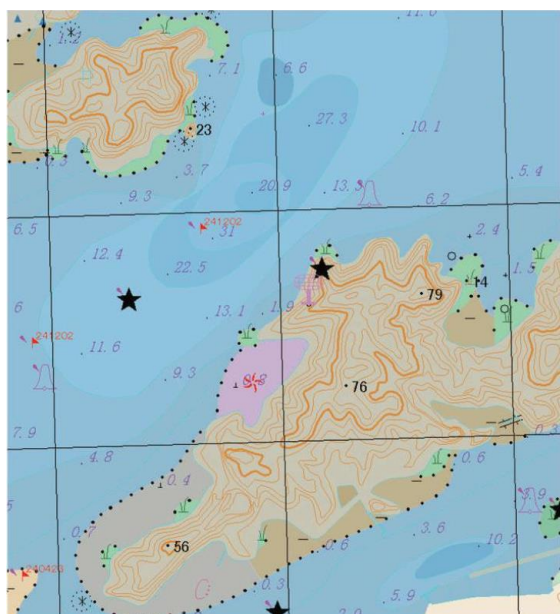
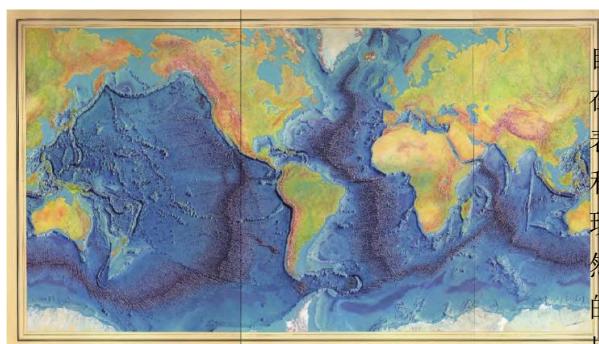
#### 【2】地图的个人理解

这幅地图采用了先进的电子制图技术,基本思路遵循我们上文提及的传统地图制作流程,但是在其中的各个分析都做到了

自动化，并且引入了先进的噪声模型算法。整个地图由三维形式呈现，做到了极高水平的可视化。但是，我个人觉得这个地图还有很多扩展方向。首先，这张地图探索型功能还不足。只是单纯的制图者支配，如果引入共享模式，让周围住户的反馈添加进地图，将会使得噪声分析更加全面。其次，这张地图没有融入智慧化分析系统和数字孪生技术，如果能够给出高铁附近不同城市功能区的噪声受影响程度并且给出合适的智能分析方案将会更加完美。

总的来说，我认为这张地图可以作为未来智慧城市中对于噪音分析的一环，我们可以更好地分析出噪音对人的影响并给出合适的判断。这张地图从可视化的角度来说实现了三维立体建模，但是可以深化到动态呈现等新兴可视化形式。

### 3.案例二：海底地形图



#### 【1】地图介绍

第一张地图是世界上最早的全景海底地形图，由 **Tharp** 和 **Heezen** 共同绘制。他们把地图数据分为三种不同精度的数据，采用优先级叠加的形式引用数据。他们首先将包括探测船的回声探测仪的原始数据整理成表格，然后在航迹图的基础上将深度表中地形特征沿着航迹绘制出来，最后整合绘制结果就得到了整张全景海底地形图。

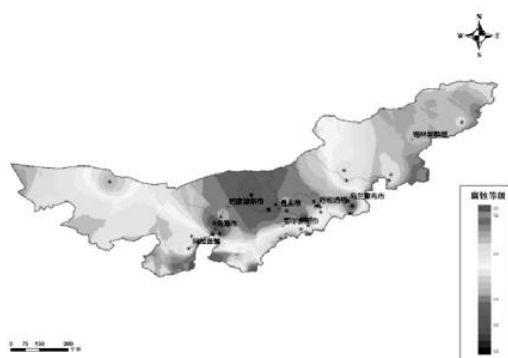
第二张地图是中国测绘专业人员所绘制的局部海底地形图，现代的先进遥感手段可以得到精确的数据和全面的信息。从可视化角度，利用电子屏幕丰富的色彩，突破传统纸质海图设色的限制，采用多种配色方案来表达海底地形要素的特征，既美观又易于区分。基于海底底质的新要求，设计了面状海底地质数据的表达方法，丰富了海图要素的表达手段，使海底地形图更贴近于海底地形的真实形态。

#### 【2】地图的个人理解

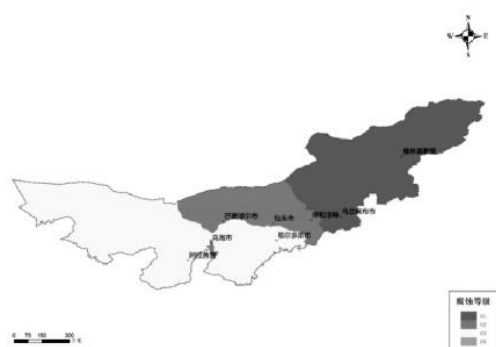
随着遥感手段的精确化和制图手段的自动化，海底地形图的内涵越来越丰富，现在海底地形图已经从概括式的单一线条表示演化到了细化的针对地形的不同底质和坐标点的多样化颜色和阴影组合。但是，现在海底地形图的绘制流程和应用功能仍然局限于经典地图学框架。首先，二维静态的海底地形图可以拓展至三维动态的海底地形图，这将有利于海底地形的进一步可视化。另外，可以建立一个海底地形图的大地图平台，对于外界的探测输入来源不断对原有的数据进行勘误和纠正，实现海底地形数据的共享和拓展。同时，海底地形本身作为一个研究海洋的重要指标，可以使地形与其它海底因素叠加形成多层次的地理因素叠加的电子地图，这样可以更方便地研究海洋问题。比如，我们想分析海浪对于岸边的侵蚀程度，就可以将海水流动情况、海水性质、海底地形等因素同时汇集到一种图上，既可以进行人工的综合分析，也可以采用数字孪生技术对其进行数据模拟预测，得到相关的结果并进一步探究防治策略。未来，随着陆地土地资源的减少，很多沿海城市将会向海洋拓展，未来的海洋智慧城市中对于海洋问

题的研究也将越来越多，所以，针对海底地形等地图智慧化应用的研究需求将会大幅增长。

#### 4.案例三：电网金属设备大气及土壤腐蚀地图



蒙西地区电网设备大气腐蚀地图



蒙西地区电网设备土壤腐蚀地图

##### 【1】地图介绍

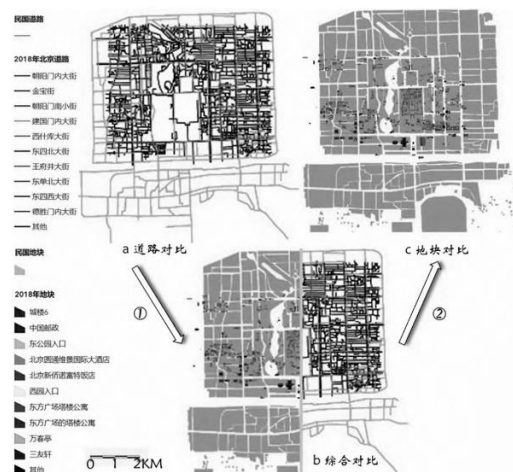
电网设备的大气和土壤腐蚀问题是影响其使用寿命及导致设备和结构失效的重要原因之一。该地图重点收集温度、湿度、硫化物、氯化物等大气环境及含水率、酸碱度、电导率、含盐量等土壤环境的腐蚀关键数据，通过相关扩散模型在计算机上通过数字化手段建立数据库，随后数字制图并修改成型。

##### 【2】地图的个人理解

中国随着经济发展，对于用电的需求越来越高，所以对于电网的维护的要求也越来越高。这张地图旨在用大气和土壤腐蚀因素量化地分析对于电网设备的侵蚀，这将是一

个对于电网维护的重要参考。我觉得这张地图的制作流程也是遵循传统的制图流程，但是利用了一定的数字化工具进行了自动成图的操作。首先，我认为大气和土壤的侵蚀只是设备抗侵蚀因素的一部分，而且其中大气和土壤的侵蚀条件在文中并不全面，还未参考天气降尘、降雨、地质活动等等，所以地图中可以加入更全面的影响因素，并且把这些影响因素量化成一定比率的数字并叠加形成多维度的电子图，并用合适的算法进行针对性地智能化分析，得到更可靠的结果。另外，该地图同样可以深入拓展到动态共享功能，如果能够加入时间的维度动态地现实侵蚀的影响因素将使得地图更加准确而易于理解，如果加入数字孪生技术可以进行数据模拟构建未来的侵蚀趋势。最后，地图本身可以与设备的实时维护相连接，给出更好的设备维护和设备设置建议。

#### 5.案例四：基于云平台的北京动态历史地图



##### 【1】地图介绍

该地图以民国时期的北京地图为例，通过地图数字化技术和 GIS 云平台构建实现历史地图的信息挖掘。首先对历史地图进行历史空间格局数字还原并在线托管以解决历史地图的使用和存储问题。然后通过配置地图图层、地图窗口、应用模板和访问权限完成历史地图 GIS 云平台搭建，实现地图数据的在线存储、动态对比分析和网络共享。

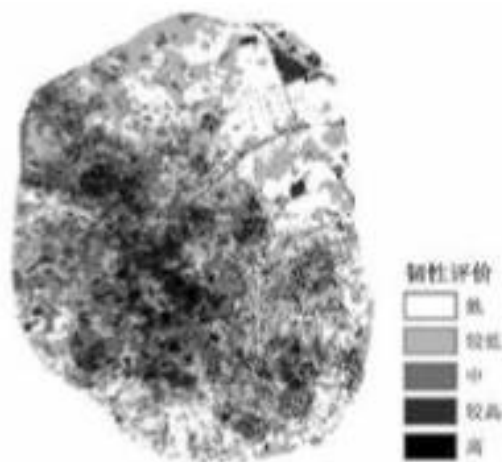


## 【2】地图的个人理解

这张地图摆脱了原有的传统体系，创新性地提出用搭建云平台的方法数字化地展现民国时期的北京地图和现代北京地图的动态比对分析。但是，这张地图仍然有着诸多可拓展的点。首先，该地图采用静态的方式进行叠加处理，难以让人理解北京的演变细化过程，如果改进用动态的方式进行展现，将会直接性地展现北京在民国到现代各种因素的变化情况。其次，该地图采用传统的二维平面的方式进行可视化。实际上，可以根据历史文献和卫星数据构建出自民国时期到现在的城市三维模型，实现更高层次的可视化演示。另外，这张地图的演示只简单反映了各个城市因素的变化，如果能够加入地势和地形以及地面状态等因素，可以更好地阐述城市建设的规律和特征。最后，可以建立智慧化分析系统加入到智慧城市网络中来，成为人们了解北京历史的重要参考。



天津市区应对火灾的适灾城市韧性地图



天津市区应对暴雨的适灾城市韧性地图

## 6.案例五：城市适灾韧性地图



天津市区应对地震的适灾城市韧性地图

### 【1】地图介绍

该地图选择地震、火灾与暴雨三种较为典型但各具特点的危害扰动类型，基于坚固性、冗余性、资源可调配性和快速性四类韧性属性，归纳总结灾前、灾中、灾后所对应的城市适灾韧性因子。以城市适灾韧性因子分析框架为基础进行城市适灾韧性因子量化评价，确定各适灾韧性因子权重和排序，试图建立完整的城市适灾韧性评价体系。

### 【2】地图的个人理解

在过去，地图常常是以单一的危害指标进行制图，传统的灾害地图往往没有把城市应对灾害的能力与城市灾害本身的要素建立起联系。然而这幅地图试图建立一个完善的对应体系，并且把这个体系所计算出来的

因子一一可视化于地图上,是一个极为创新的模式。但我个人觉得,仍然有很多可拓展的点。首先,体系中的因子缺少与城市中不同时间的关系,如果能够以时间尺度为线建立一个完整的对应电子图,将更好地体现城市适灾韧性与不同时间的关系。另外,在实际生活场景中,不同灾害往往叠合发生,如果能够按照不同灾害的组合形成新的适灾

韧性图,将极大地适应现实情况的发生。最后,由于城市人口流动水平高,建设系统变化性大,所以这种地图的时效性往往较差,如果能连接至实时响应平台,做到实时数据变化,并且连接城市应对灾害的资源调配部门,将极大地优化城市管理体系,使得城市向智慧城市发展。

## 八、论文总结与反思:

### 1.论文总结

本篇论文按照赵志刚教授在课后的开放性论文作业中提出的几个概念展开。首先,我们论述了制作一幅地图应当按照的基本流程,简而言之,就是确定类型、输入数据、数学处理、地图概括、符号设计、扩充化的数字制图、分析评价、复制和编制管理,这一部分的内容我对书上的内容作了大量的引用和总结,每一个环节都有对应的实际意义。地图制作流程的大体规律可以概括为输入、分析、输出三个过程,现在大部分地图都是按照这个流程进行设计和制图的。其次,我们论述了探索型地图的概念,它的实质是支配关系的变化带来的新型地图,可以解释为制图者支配转向用户支配,也可以解释为制图者和用图者之间界限的模糊化,数据稳定趋向的探索型地图将走向研究方式的自由化和公开化,而数据开放趋向的探索型地图将走向数据延展的自由化和公开化。我们接下来又论证了地图在未来智慧城市、数字孪生和元宇宙中发挥的作用,他们细化的作用将不再细说,但是概括地来说,地图本身的两个重要属性决定了在这三个概念中的作用,一个是可视化属性,另一个是地理信息附带属性。地图所代表的地图学理论也在其中有着极大的启示性意义。随后,我们论证了泛地图和泛地图在地图学发展中的拓展,泛地图作为地理信息、支配关系和感性认识的泛化,是一种基于传统地图学理论的新型地图学框架,适应未来地图可视化和地理信息拓展的需求。最后,我们用五个

地图实例论证了新型地图的优势和不足,并提供了诸多可拓展的方向。

以上就是论文的总结。

### 2.论文反思

个人的论文撰写水平有限,常常在表述一些地理概念之间的关系时不能做到良好的准确性、逻辑性,常常自己描述了一个概念才在别人的论文上发现更好的表述。并且在前文总述的部分论述撰写过程的部分也过多了,而且中间有很多的论述过程相对冗杂,使得论文整体的可读性不高。同时,论文的格式也存在一定的不足,并没有完全贴合标准化论文的格式。

个人的论文分析能力有限,常常不能在众多的文献中精准地找到目标论文。在找到目标论文之后,常常不能理解文中所描述的相关概念背后的内涵,因此在论证的过程中也使得自己的理解与实际的概念有所偏差。另外,我也常常理不清楚很多文献中所描述的概念关系,一般的文献中会采用非常专业的术语描述概念和概念之间的联系,常用逻辑图、指向图等等形式。

在小组讨论的过程,我也有做得不好的地方。比如说,在早期搜集的过程中,共享文档形式的混乱常常使得我们难以整合出最终的资料。另外,组织小组讨论的次数也比较少,也使得最终信息的共享出现了一些问题。

针对于以上的问题,我将会在以后的学习过程不断改进。最终的论文撰写过程很长,也是在地图学小组中的我花费了几个月

的努力。写论文的经验不是很足，未来我会继续去浏览优秀的论文是如何被撰写出

来的。

## 九、鸣谢：

本篇论文首先感谢尊敬的赵志刚教授，他优秀的教学让我们清楚地了解到了地图学的相关知识，在期末要求中，他也认真地为我们写出了详细的论文要求，让我们更加清楚地了解到论文的结构和撰写方式，他的负责和对于教学的专注让我非常敬佩。在课后，他仍然积极地与我们交流论文的理念

是什么，让我对于如何进行论文的撰写有了很深的体悟。另外，感谢地图学小组，他们提供的素材是我撰写论文的重要参考，使得我对地图的认识更深入了。最后，感谢自己，虽然写论文的经验不足，但是已然尽力而为，没有懈怠地应付。

## 十、参考文献：

以下内容由标准中文 APA 形式呈现：

- [1]孟丽秋.(2006).地图学技术发展中的几点理论思考. *测绘科学技术学报* (02),89-96+100.
- [2]余明.(2008).生态环境综合信息图谱生成与应用. *测绘出版社* (ISBN: 9787503018664)
- [3]张燕燕、展文元.(2001).地图寻绎. *中国人民解放军出版社* (ISBN:9787506541367)
- [4]毛赞猷、朱良、周占鳌、韩雪培.(2017).新编地图学教程 (03), *高等教育出版社* (ISBN:978-7-04-046268-5)
- [5]张露&马丽.(2007).数据库设计. *安阳工学院学报* (04),76-79.  
doi:10.19329/j.cnki.1673-2928.2007.04.022.
- [6]程静、鲁丹、陈金转.(2021).技术视角下高校图书馆创新实践. *上海社会科学院出版社*(ISBN:9787552034974)
- [7]陈国良、王志强等.(2014).大学计算机——计算思维视角. *高等教育出版社*(ISBN:978-7-04-041037-2)
- [8]黄海燕、董海芳 & 杨绪华.(2016).物联网共享空间中的电子地图网络出版模型. *测绘科学技术学报* (05),534-539.
- [9]巫细波 & 杨再高.(2010).智慧城市理念与未来城市发展. *城市发展研究*(11),56-60+40.
- [10]郭仁忠、林浩嘉、贺彪 & 赵志刚.(2020).面向智慧城市的 GIS 框架. *武汉大学学报(信息科学版)* (12),1829-1835.

- doi:10.13203/j.whugis20200536.
- [11]陶飞,刘蔚然,刘检华,刘晓军,刘强,屈挺... & 程辉.(2018).数字孪生及其应用探索. *计算机集成制造系统* (01),1-18.  
doi:10.13196/j.cims.2018.01.001.
- [12]张新长,李少英,周启鸣 & 孙颖.(2021).建设数字孪生城市的逻辑与创新思考. *测绘科学* (03),147-152+168.  
doi:10.16251/j.cnki.1009-2307.2021.03.022.
- [13]王文喜,周芳,万月亮 & 宁焕生.(2022).元宇宙技术综述. *工程科学学报* (04),744-756.  
doi:10.13374/j.issn2095-9389.2022.01.15.003.
- [14]郭仁忠,陈业滨,赵志刚,贺彪,闫国年,李志林... & 马丁.(2021).泛地图学理论研究框架. *测绘地理信息* (01),9-15.  
doi:10.14188/j.2095-6045.2020611.
- [15]郭仁忠,陈业滨,应申,闫国年 & 李志林.(2018).三元空间下的泛地图可视化维度. *武汉大学学报(信息科学版)* (11),1603-1610.  
doi:10.13203/j.whugis20180373.
- [16]郭仁忠,陈业滨,马丁,赵志刚 & 应申.(2022).论 ICT 时代的泛地图表达. *测绘学报* (07),1108-1113.
- [17]李晏良,刘兰华 & 李志强.(2022).基于地理信息系统的高速铁路噪声地图绘制技术. *中国铁道科学* (01),182-188.
- [18]张涵科 & 颜冰.(2022).首幅全景海底地形图的成型. *自然杂志* (01),72-78.

[19]吴芳华,张羿祺,王磊 & 马超.(2020).海底地形图表达方法探讨. *海洋测绘*(05),58-62.

[20]刘俊,陈浩,乔欣,郭心爱 & 史贤达.(2022).电网金属设备大气及土壤腐蚀地图绘制. *设备管理与维修* (02),109-110.  
doi:10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2022.01D.54.

[21]臧鑫宇,王逸轩 & 王峤.(2021).应对典型灾害的城市适灾韧性评价与韧性地图划定. *建筑学报* (S1),146-150



