

序

测绘遥感技术是现代科技进步的重要成果，深刻影响着地理信息系统、环境监测、城市规划、灾害管理等诸多领域。长期以来，传统的测绘遥感实践教学面临一系列严峻挑战，精密仪器（如无人机、激光雷达、全站仪、水准仪）价格昂贵且易损，大规模学生实操训练难以保障；外业实地测量受天气、空域、安全（如高危环境、无人机坠毁风险）等因素制约；实验场地条件有限，难以模拟复杂多变的地理场景；学生难以全程参与完整作业流程，操作规范性和数据处理能力培养受限。这些问题制约了培养高素质、强实践能力的测绘遥感人才。

虚拟仿真技术的兴起为化解这些挑战提供了革命性的解决方案。它能够在高度仿真的虚拟环境中，安全、可控、可重复地模拟现实世界中的测绘遥感操作环境和复杂工况。国家高度重视虚拟仿真技术在高等教育中的应用与实践，一系列政策文件都明确强调要大力推动虚拟仿真实验教学资源建设，将其作为提升教育质量、推动教育信息化和培养创新人才的关键抓手。

在此背景下，我们编写了这本《测绘遥感虚拟仿真实验教程》。本书具有鲜明的核心特色和价值。

（1）立足国产，解决依赖。本书以国产测绘遥感虚拟仿真系统为统一实验平台，详细讲解水准测量、导线测量、GNSS 测量、数字测图、无人机摄影测量、激光雷达测量六大核心模块的虚拟仿真操作。这有助于师生熟练掌握国产优秀软件，树立对国产技术的信心，逐步摆脱对国外软件的依赖，为未来职业生涯打下坚实基础。

（2）聚焦痛点，精准赋能。本书设计紧扣实践教学中的仪器操作、流程规范、安全隐患、成本消耗等核心痛点。在虚拟环境中，学生可以反复练习，操作贵重的精密仪器（如全站仪建站、无人机航线规划、水准仪整平读数、激光雷达扫描），深入理解作业流程与技术规范，有效规避实地操作的风险和高成本，显著提升线下实训的效率和安全性。

（3）流程完整，案例翔实。教材内容结构清晰，从基本原理、作业规范、仪器认知到虚拟仿真实验案例，层层递进。每个实验章节（第2章～第7章）均包含详细的步骤说明、丰富的界面图示和实用的操作指南，引导学生按踏勘选点→仪器架设→设备操作→数据采集→数据处理→成果分析的完整流程进行虚拟实

践，获得与线下实践高度近似的学习体验。

（4）促进理解，提升能力。通过理论与实践的结合，学生不仅能够巩固测绘遥感的基础知识，更能深刻理解虚拟仿真技术在解决实际问题中的重要作用。系统提供的自动评分、错误提示、过程记录与回放分析功能，有助于学生精准量化实训成果，及时发现并纠正操作错误，有效加强操作技能，提升数据处理和问题解决的能力。

基于虚拟仿真技术的独特优势和国家数字化转型的战略背景，我们希望本书能够为全国测绘遥感及相关专业的教学提供有力的理论支撑和方法论工具，有效推动虚拟仿真技术与专业教育的深度融合。谨以此书献给正在学习和从事测绘遥感教育、科研与工程实践的师生和同行。愿本书能够为测绘遥感实践教学数字化转型贡献一点切实的力量。

编 者

2026 年 5 月

前 言

测绘遥感技术是现代科技进步的重要成果之一，在地理信息系统、环境监测、城市规划、灾害管理等多个领域中发挥着至关重要的作用。新一代数字技术的发展，尤其是人工智能、虚拟仿真、数字孪生等技术的突飞猛进，为高校课程教育开展具有感知性、沉浸性、交互性、构想性、智能性的虚拟仿真实验教学提供了技术支持，推动了高校数字化、多元化的快速发展。虚拟仿真技术允许我们在一个安全、可控的虚拟环境中模拟现实世界的复杂情况，着力解决真实实验条件不具备或实际运行困难，涉及高危或极端环境，高成本、高消耗、不可逆操作、大型综合训练等问题。

国家高度重视虚拟仿真技术在高校课程教育（包含思政教育）中的重要作用。从 2010 年开始，《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020 年）》明确指出：把教育信息化纳入国家信息化发展整体战略，超前部署教育信息网络；到 2020 年，基本建成覆盖城乡各级各类学校的教育信息化体系，促进教育内容、教学手段和方法现代化；加强优质教育资源开发与应用；建立数字图书馆和虚拟实验室。此后，中央及国家相关部委先后在 2017 年、2018 年、2020 年、2021 年、2022 年发布《教育部办公厅关于 2017—2020 年开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设的通知》《教育部关于开展国家虚拟仿真实验教学项目建设工作的通知》《关于推动公共实训基地共建共享的指导意见》《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划（2022—2026 年）》。在众多政策文件的指导带动下，全国测绘遥感虚拟仿真实验教学取得了快速发展，相继建设了国家级虚拟仿真实验教学中心，培育了国家虚拟仿真实验教学项目，设立了国家级一流本科课程（虚拟仿真类），开展了虚拟仿真教学研究和构建了虚拟仿真实验教学平台。

国家信息化科技的快速发展导致市场对测绘遥感领域人才技能素质的要求也越来越高。因此，为了培养覆盖市场需求的高素质人才，相关院校一般在理论学时的基础上设置实践学时，以培养学生独立使用各种测绘遥感相关测量仪器设备和解决实际生产中各类测绘遥感问题的能力。虚拟仿真技术在测绘遥感实验中的重要作用体现在降低实地操作的经济损失和安全风险，线上虚拟仿真加线下实操还可以显著提升实验效果。

本书共 7 章, 介绍了测绘遥感实验教学中常用的 6 种虚拟仿真软件涉及的原理及实验教程, 并对其中涉及的设备与流程规范进行了详细介绍。第 1 章首先介绍了虚拟仿真技术的概念、在测绘遥感领域的作用及其发展历程, 然后介绍了常用的测绘遥感虚拟仿真软件的功能和作用; 第 2 章~第 7 章分别介绍了水准测量、导线测量、GNSS 测量、数字测图、无人机摄影测量、激光雷达测量共 6 种测绘遥感实践的基本原理、作业流程与规范、涉及的专业设备以及虚拟仿真实验案例。第 1 章由宁波大学刘围围博士和孙伟伟教授编写; 第 2、3 章由宁波大学王煜淼博士、陈槟捷博士编写; 第 4、5 章由宁波大学王利花副研究员和广州南方测绘科技股份有限公司魏晨阳助理工程师共同编写; 第 6、7 章由宁波大学刘围围博士和广州南方测绘科技股份有限公司甘霖助理工程师共同编写。全书由刘围围博士和孙伟伟教授联合统稿, 多位硕士研究生也参与部分工作, 他们分别是王耀、东春宇、王桐、葛德琛。

本书在编写过程中参考了大量国内外优秀教材、文献资料和科研成果。此外, 本书也得到了广州南方测绘科技股份有限公司提供的软件和资料支持。通过理论与实践, 本书不仅介绍了测绘遥感的基础理论知识, 还深入探讨了其在各种测绘遥感虚拟仿真环境中的实际应用。本书力求通过详细的步骤说明、丰富的案例分析, 以及实用的操作指南, 帮助读者在虚拟环境中有效地应用测绘遥感技术, 加深读者对测绘遥感及虚拟仿真技术重要性的理解。

编 者

2026 年 5 月

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 虚拟仿真技术概述	1
1.2 虚拟仿真在测绘遥感教学中的作用	2
1.3 测绘遥感虚拟仿真教学发展历程	4
1.4 南方测绘遥感虚拟仿真系统	7
1.5 本书的章节安排	12
参考文献	13
第 2 章 水准测量虚拟仿真实验	14
2.1 水准测量概述	14
2.2 水准测量作业流程	17
2.3 水准仪的认识与使用	23
2.4 水准测量虚拟仿真实验案例	29
参考文献	38
第 3 章 导线测量虚拟仿真实验	39
3.1 导线测量概述	39
3.2 导线测量作业流程	41
3.3 全站仪的认识与使用	47
3.4 导线测量虚拟仿真实验案例	55
参考文献	69
第 4 章 GNSS 测量虚拟仿真实验	70
4.1 GNSS 测量概述	70
4.2 GNSS 测量作业流程	74
4.3 GNSS 测量设备的认识与使用	81
4.4 GNSS 测量虚拟仿真实验案例	89
参考文献	97
第 5 章 数字测图虚拟仿真实验	98
5.1 数字测图概述	98
5.2 数字测图作业流程	102

5.3 数字测图设备的认识与使用	107
5.4 数字测图虚拟仿真实验案例	108
参考文献	120
第 6 章 无人机摄影测量虚拟仿真实验	121
6.1 无人机摄影测量概述	121
6.2 无人机摄影测量作业流程	125
6.3 无人机摄影测量设备的认识与使用	130
6.4 无人机摄影测量虚拟仿真实验案例	132
参考文献	139
第 7 章 激光雷达测量虚拟仿真实验	141
7.1 激光雷达测量概述	141
7.2 激光雷达测量作业流程	146
7.3 激光雷达测量设备的认识与使用	151
7.4 激光雷达测量虚拟仿真实验案例	154
参考文献	160

第1章 导 论

1.1 虚拟仿真技术概述

虚拟世界是指人类运用计算机技术创建的一种数字化的客观世界，它通常是对现实世界某种程度的模拟和仿真。虚拟仿真是一种构建和展现虚拟世界的技术，主要包含计算机仿真、可视化、虚拟现实等技术，能够构建高度仿真虚拟环境和虚拟对象，并且用户可以通过各种交互设备与虚拟环境中的实体相互作用，使用户产生身临其境的体验效果。

虚拟仿真技术具有如下优势：①真实性，虚拟仿真技术可以实现操作环境和操作流程的模拟，使用户获得视觉、听觉、触觉等多种感知功能，从而实现身临其境的效果。②安全性，对于测绘遥感工作者而言，很多实验环境对于初学者并不友好，且仪器相对贵重；同时，初学者对仪器使用的安全意识也需要训练，利用虚拟仿真技术进行操作训练不仅可以保护测绘初学者的人身安全，也可以增强初学者对仪器的保护意识。③交互性，虚拟仿真系统可以实现人机的无障碍交互，让参与者能够真实地感受到虚拟世界的反馈，交互性的好坏主要取决于虚拟环境中物体的可操作程度、虚拟环境对参与者操作的反馈程度和虚拟环境的真实程度等。④时空灵活性，虚拟仿真系统可以让受教者参与到复杂的教学情境中，实现多情景专项学习；而且，虚拟仿真系统练习受时间和空间的限制较小，可以随时开始练习。

虚拟仿真技术已经被应用到各行各业中。例如，在工业制造业中，从汽车发动机性能模拟、变速器开发到底盘控制与调校都需要虚拟仿真技术；在城市规划中，虚拟仿真技术可以带来高度的沉浸感，使方案设计师身临其境地欣赏自己的规划方案，切身感受未来城市建设的效果。教育方面，传统课堂方式向来重视理论讲授，而在实践操作方面存在进度不一致、实验成本过高等问题。新时代背景下，虚拟仿真在实验教学中发挥着越来越重要的作用。通过虚拟仿真系统，学生可以在线下实验之前反复模拟，巩固学过的知识点，为实验工作做好准备。

1.2 虚拟仿真在测绘遥感教学中的作用

虚拟仿真技术在测绘遥感教学中扮演着重要的角色。通过模拟复杂的地理环境和实际操作场景,虚拟仿真为学生提供了突破实地限制的机会。虚拟仿真技术可以辅助实践教学,主要体现在以下方面。

(1) 突破场地与设备限制。测绘遥感相关实验大多需要较大范围的测区,如无人机航测实验中,为了使学生更好地学习飞行前航线规划、地面点布设、飞行数据处理与解译等知识,需要选择地物多样的测区进行无人机航测练习。然而,一方面,现实中无人机飞行需要向空管部门申请空域许可,并且要寻找合适的综合性场景以构建教学环境和场景,因此实验操作场地受限。另一方面,实验过程中往往受到实体设备数量的限制,测绘遥感所用的专业设备包括但不限于无人机、激光雷达扫描仪、高光谱/多光谱相机、全站仪、水准仪。购置这些设备少则需要花费几千元,多则数十万元,因此设备数量不足,无法满足全部学生实验的需求。再者,测绘遥感专业设备价格昂贵,其中高光谱相机和三维激光扫描仪的价值相对较高。如果学生在实验时操作不熟练,有可能会发生无人机坠毁的情况,坠毁时除无人机和所携带的激光雷达扫描仪(或高光谱相机)本身损失外,还会对他人的生命财产安全造成威胁。因此,在学生线下实验之前,如果能通过某种手段使学生对实验流程与规范有所了解,则可以避免较大经济损失以及保护他人生命财产安全。虚拟仿真技术固有的技术优势可以为测绘遥感虚拟仿真实验提供重要的技术支撑。针对“实验场地与设备受限”的问题,可以用数字测图仿真实验软件解决。在软件中,借助虚拟现实技术、人机交互技术、多媒体技术,实现对复杂地理空间环境的模拟。虚拟仿真系统按照现实岗位技能要求建设包括虚拟测量场景、智能精密测量仪器以及虚拟实验项目等实践教学资源的环境,改变以往学生实验渠道匮乏、实验器材有限的状况,学生可随时在便利、安全的作业环境下进入虚拟仿真实验平台完成实验内容。

(2) 提升实验效果。测绘遥感实验大多需要多人合作,在实际授课中,教师一般根据实验设备数量将学生分为若干小组,并将实验任务分解成多个简单的子任务,小组成员每人负责一个子任务。因此,多数学生在实验过程中只完成单一内容的操作,难以参与到全流程作业中的每个环节,对理论知识和实验内容很难形成系统的理解。另外,单一角色的重复操作,让整个实验过程变得枯燥,无法激起学生的学习热情。针对这一问题,虚拟仿真实验教学模式改变了传统枯燥生硬的教学方式,可虚拟化、立体化、结构化展示精密测量仪器以及工程案例,使

学习趣味性极大增强。同时,学生可通过鼠标、键盘控制虚拟三维场景中的全站仪、无人机、水准仪等测量工具,独立完成测绘遥感实验的全流程作业,强化对实验流程及实验细节的掌握,加深对抽象理论知识的直观理解。除此之外,借助网络通信技术,打破时间和空间限制,为师生提供网络化的虚拟操作环境,方便学生随时随地进行自主学习。实践过程不受实体设备数量和实验环境限制,学生可自行掌控学习进度。另外,在虚拟仿真系统中进行练习,不必担心出错,可反复尝试,增加学生自主学习的空间。

(3) 精准量化实验成果。在传统的实验过程中,教师一般在实验结束后根据学生提交的最终实习报告给出成绩。但是,实验报告反映的是学生最终的实验结果,难以反映实验过程中学生操作内容是否规范、操作流程是否正确等内容。因此,仅根据实验报告,很难量化学生个体的实验成果。针对这一问题,虚拟仿真系统可针对学生每一步实践操作过程自动打分,并提供错误操作提示;同时,学生实践作业成果的提交统一在系统内完成,方便学生自评、小组成员互评和教师评价等多种评价方式的实施;再者,虚拟仿真系统根据系统记录的每位同学的操作流程,提供实践环节分析报表,反映实验过程中学生容易出错的流程或步骤,方便教师总结发现教学过程的难点和重点,并且结合实验结果评价,给予针对性的处置和完善,包括但不限于相关理论知识讲解与巩固、流程操作讲解与演示。总的来说,虚拟仿真系统会记录学生的实验操作过程和结果,为教师提供有针对性的评估和指导,帮助学生更好地提高实验技能。

由于虚拟仿真技术在测绘遥感教学中具有重要作用,因此国家积极推动并大力支持虚拟仿真技术在教学中的应用。2010年,《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》明确指出要把教育信息化纳入国家信息化发展整体战略,超前部署教育信息网络;到2020年,基本建成覆盖城乡各级各类学校的教育信息化体系,促进教育内容、教学手段和方法现代化;加强优质教育资源开发与应用;建立数字图书馆和虚拟实验室。2017年,发布了《教育部办公厅关于2017—2020年开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设的通知》,通知要求以现代信息技术为依托,以相关专业类急需的实验教学信息化内容为指向,以完整的实验教学项目为基础,建设示范性虚拟仿真实验教学项目。2018年,为了深化信息技术与教育教学深度融合,我国决定开展国家虚拟仿真实验教学项目建设工作,发布了《教育部关于开展国家虚拟仿真实验教学项目建设工作的通知》,将实验教学信息化作为高等教育系统性变革的内生变量,以高质量实验教学助推高等教育质量变轨超车,助力高等教育强国建设。2020年12月,国家发展和改革委员会、教育部和科技部等16部委联合发布《关于推动公共实训基地共建共享的指导意

见》，鼓励在公共实训基地开展新产业、新技术、新业态培训，推动虚拟现实（VR）、增强现实（AR）、人工智能（AI）和电子商务的应用；积极开发网络课程、虚拟仿真实训平台、工作过程模拟软件、通用主题素材库以及名师名课音像制品等多种形式的数字化教学资源，建立动态、共享的职业技能培训资源库。2021 年，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出以数字化转型整体驱动生产方式、生活方式和治理方式变革；赋能传统产业转型升级，催生新产业新业态新模式，壮大经济发展新引擎。2022 年 10 月，工业和信息化部等五部门联合发布《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划（2022—2026 年）》，提出以虚拟现实核心软硬件突破提升产业链韧性，以虚拟现实行业应用融合创新构建生态发展新局面，以虚拟现实新业态推动文化经济新消费，为制造强国、网络强国、文化强国和数字中国建设提供有力支撑，不断满足人民群众对美好生活的需要。

在国家政策的引领下，全国的测绘遥感虚拟仿真实验教学蓬勃发展。为了推动这一领域的发展，国家相继建立了国家级虚拟仿真实验教学中心，致力于提供先进的虚拟仿真教学资源和支持。同时，国家还培育了一系列国家虚拟仿真实验教学项目，以促进测绘遥感教育的创新与实践。为了提高教学质量和水平，国家设立了国家级一流本科课程（虚拟仿真类），旨在培养具备虚拟仿真技术应用能力的优秀人才。这些一流本科课程提供了系统的学习内容和先进的教学方法，通过理论与实践相结合，培养学生的创新思维和实际操作能力，为测绘遥感行业输送了专业化人才。同时，国家还加强了虚拟仿真教学的研究工作，致力于推动虚拟仿真技术在教学中的不断创新和应用。通过开展虚拟仿真教学研究，国家鼓励教师和专家们深入研究虚拟仿真教学的理论与实践，探索更加有效的教学模式和方法，为教学改革提供理论指导和实践经验。为了提供更好的实验环境和支持，国家积极构建虚拟仿真实验教学平台。这些平台结合最新的虚拟仿真技术和测绘遥感实践需求，为学生提供了沉浸式的学习体验和真实场景的模拟操作，帮助学生更好地掌握专业知识和技能。

1.3 测绘遥感虚拟仿真教学发展历程

1. 国家级虚拟仿真实验教学中心

2013 年教育部发布《关于开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设工作的通知》，决定开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设工作。随后在 2015 年和 2016 年

公布了 2014 年和 2015 年国家级虚拟仿真实验教学中心名单。在 2015 年公布的 2014 年名单中,中南大学的土木工程虚拟仿真实验教学中心提供全站仪的使用及数字测图虚拟仿真实验教学;中国矿业大学的矿山测量虚拟仿真实验教学中心涉及无人机低空摄影测量系统、激光三维扫描仪、全球导航定位系统、数字摄影测量采集及处理系统、全站仪等仪器设备的使用。

2. 国家虚拟仿真实验教学项目

为了深入推进信息技术与高等教育实验教学的深度融合,不断加强高等教育实验教学优质资源建设与应用,着力提高高等教育实验教学质量与实践育人水平,2017 年发布了《教育部办公厅关于 2017—2020 年开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设的通知》,统筹规划三年内认定 1000 项左右示范性虚拟仿真实验教学项目。通知要求,虚拟仿真实验教学项目建设要坚持问题导向,重点解决真实实验项目条件不具备或实际运行困难,涉及高危或极端环境,高成本、高消耗、不可逆操作、大型综合训练等问题。2019 年 3 月《教育部关于公布 2018 年度国家虚拟仿真实验教学项目认定结果的通知》,认定 11 项测绘类国家虚拟仿真实验教学项目(表 1.1)。

表 1.1 2018 年度国家虚拟仿真实验教学项目名单(测绘类)

序号	学校名称	实验教学项目名称	负责人
1	首都师范大学	无人机航空摄影测量虚拟仿真综合实验教学项目	邓磊
2	中国地质大学(北京)	复杂地形条件下空间信息采集与地理环境仿真虚拟实验	郑新奇
3	中国矿业大学	矿井联系测量虚拟仿真实验	汪云甲
4	南京工业大学	无人机航空测绘过程虚拟仿真实验	徐敬海
5	浙江农林大学	无人机倾斜摄影测量虚拟仿真实验教学项目	徐文兵
6	山东农业工程学院	乡村振兴样板村数字化测绘虚拟仿真实验教学项目	曹学伟
7	河南理工大学	矿区地表变形监测虚拟仿真实验	何荣
8	武汉大学	空地一体移动遥感观测虚拟仿真实验教学项目	黄玉春
9	武汉大学	无人机数字测图虚拟仿真实验	花向红
10	西南交通大学	高速铁路虚拟场景建模与列车运行仿真实验	朱庆
11	中国人民解放军空军工程大学	精密进场雷达虚拟仿真实验	杨宾峰

3. 国家级一流本科课程

为了构建更高水平人才培养体系,2019 年教育部发布了《关于一流本科课程

建设的实施意见》，提出经过三年左右时间，建成万门左右国家级和万门左右省级一流本科课程（简称一流本科课程“双万计划”）。其中，为了着力解决真实实验条件不具备或实际运行困难，涉及高危或极端环境，高成本、高消耗、不可逆操作、大型综合训练等问题，完成 1500 门左右国家虚拟仿真实验教学一流课程认定。2020 年首批国家级一流本科课程认定结果中共有虚拟仿真实验教学一流课程 728 门，2023 年公布的第二批国家级一流本科课程中虚拟仿真实验教学一流课程共有 472 门。国家虚拟仿真实验教学项目名单（表 1.1）中涉及的虚拟仿真实验项目所归属的课程自动认定为国家级一流本科课程（虚拟仿真类）。

4. 虚拟仿真教学研究

近年来，许多高校在测绘遥感专业课程中引入虚拟仿真技术开展教学，以达到提高教学效果的目的。在测绘与遥感类相关专业课程中开展虚拟仿真实实践教学已有许多成功案例^[1-4]。邓兴升^[5]就如何利用虚拟仿真平台更好地实现摄影测量教学效果进行了探讨。岳祥楠等^[6]就虚拟仿真技术在测绘工程实践教学中的应用进行了探讨，并以无人机数字测图虚拟仿真实验和卫星导航综合应用虚拟仿真实验为例，说明虚拟仿真技术对测绘工程实践教学的重要性。周国清等^[7]构建了无人机摄影测量虚拟仿真教学系统，并取得了较好成效。卢立果等^[8]就虚拟仿真平台如何进行测量学教学提出了改革措施。卞玉霞等^[9]探讨了虚拟仿真摄影测量实践教学模式，提出了航空摄影与摄影测量相融合的实验教学方案。

5. 虚拟仿真实验教学平台

虚拟仿真实验教学平台可以分为国家级虚拟仿真实验教学课程共享平台和行业虚拟仿真平台。

1) 国家级虚拟仿真实验教学课程共享平台

为了确保国家虚拟仿真实验教学项目被认定后 1 年内面向高校和社会免费开放并提供教学服务，相关教育部门建设了国家虚拟仿真实验教学课程共享平台（<http://www.ilab-x.com/>），已立项的国家虚拟仿真实验教学项目（表 1.1）全部收录在平台中。通过注册登录，学生可随时进行虚拟仿真练习。除此之外，该平台还收录了多个省一流虚拟仿真实验教学项目。

2) 行业虚拟仿真平台

在国家政策的带动下，行业虚拟仿真平台得到了大力发展。行业虚拟仿真平台及所属公司如表 1.2 所示。可以看出，尽管有多家业内公司致力于测绘遥感虚拟仿真平台或系统的研发，但大都专注于一类或者少数几个虚拟仿真系统的研发。

广州南方测绘科技股份有限公司（以下简称南方测绘）业务范围广，虚拟仿真实验软件有数字测图虚拟仿真实验软件、无人机摄影测量虚拟仿真实验软件、卫星定位测量虚拟仿真实验软件、导线测量虚拟仿真实验软件、三维激光雷达测量虚拟仿真实验软件、全球导航卫星系统（GNSS）测量虚拟仿真软件等。因此，本书将以南方测绘研发的系列虚拟仿真系统为载体进行实验案例详细讲解。下面将详细介绍南方测绘遥感虚拟仿真系统。

表 1.2 行业虚拟仿真平台及公司名称

软件	公司名称
水准仪测量虚拟仿真	南方测绘、陕西硕科智能技术有限公司、北京欧倍尔软件技术开发有限公司、北京金鼎天地科技发展有限公司
全站仪测量虚拟仿真	南方测绘、陕西硕科智能技术有限公司、北京欧倍尔软件技术开发有限公司
导线测量虚拟仿真	南方测绘、北京金鼎天地科技发展有限公司
GNSS 测量虚拟仿真	南方测绘
数字测图虚拟仿真	南方测绘、陕西硕科智能技术有限公司、北京欧倍尔软件技术开发有限公司、北京金鼎天地科技发展有限公司
卫星定位测量虚拟仿真	南方测绘
无人机摄影测量虚拟仿真	南方测绘、北京金鼎天地科技发展有限公司
三维激光雷达测量虚拟仿真	南方测绘

1.4 南方测绘遥感虚拟仿真系统

1.4.1 南方测绘虚拟仿真实验基地总体规划

测绘遥感虚拟仿真实验系统总体框架为“一库、一平台、 N 仿真、两体系”。“一库”指的是数字化全景虚拟仿真时空数据库，它为各类测绘仿真软件的建设提供必要的数据库支撑。“一平台”指的是虚拟仿真实验教学共享管理平台，平台基于应用接口和数据接口，在实验教学组织、教学资源应用方面，与高等教育数字化学习平台（面向校内课堂理论教学）进行资源和信息交互，实现对符合平台数据接口要求的各类教学资源（网页、动画、视频、仿真等）的在线访问。“ N 仿真”主要是指承载具体专业实验教学目标的虚拟仿真实验课程，包括以水准测量、导线测量、GNSS 测量、数字测图、无人机摄影测量、三维激光扫描等为重点的虚拟仿真实验课程体系。“两体系”是指安全规范管理体系和标准规范体系。前者是为了确保平台建设和安全运行。后者主要是基地建设过程涉及的各类国家、行业、

地方性标准和规范,如《低空数字航空摄影测量内业规范》(CH/T 3003—2021)等。总体规划架构图如图 1.1 所示。

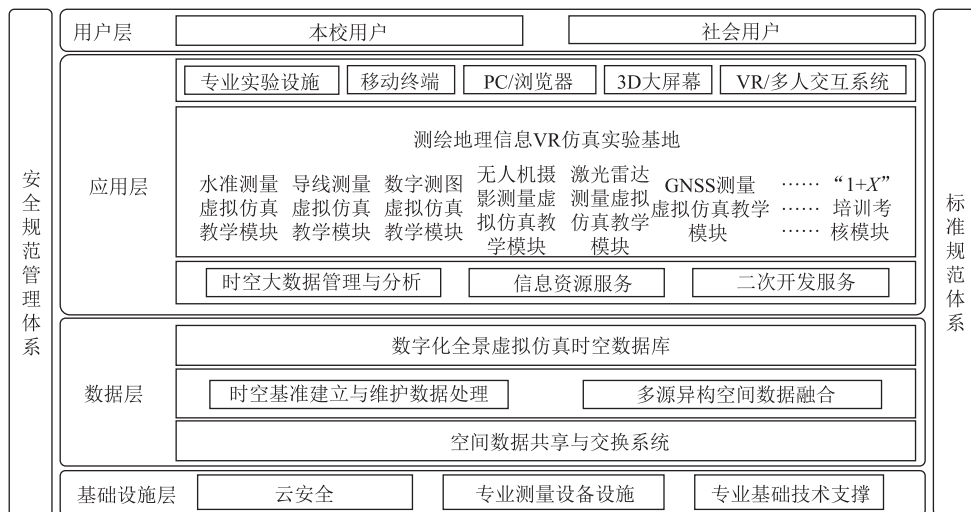


图 1.1 虚拟仿真实验基地总体规划架构图

1.4.2 测绘遥感虚拟仿真实验软件介绍

为满足测绘遥感虚拟仿真实验系统平台规划中“ N 仿真”的要求,下面分别介绍其核心虚拟仿真模块。

1. 水准测量虚拟仿真实验软件

水准测量虚拟仿真实验软件是用户在虚拟环境中通过操作环境中的专业设备测量出测区内任意高程的虚拟仿真软件(图 1.2)。它可以模拟真实的环境,通过鼠标和键盘操作水准仪,进而测得任一点高程。测量的步骤主要包括仪器架设、测量任务选择(闭合水准、支水准、附合水准)、仪器调平、水准测量、系统评分、数据导出等。

2. 导线测量虚拟仿真实验软件

导线测量是指将一系列测点依次连成折线形式,并测定各折线边的边长和转折角,再根据起始数据推算各测点平面坐标(图 1.3)。导线测量虚拟仿真实验软件主要是在虚拟环境中实现导线点坐标的求解。该实验以智能全站仪为设备原型进行设计,具备附合导线、闭合导线、支导线三种任务路线,可实现踏勘、选点、观测、记录等基本测量作业流程。



图 1.4 GNSS 测量虚拟仿真实验软件界面

4. 数字测图虚拟仿真实验软件

数字测图虚拟仿真实验软件使学生以人机交互的方式在虚拟场景中掌握智能全站仪的结构和使用方法、控制测量的基本步骤,以及大比例地形图测绘的主要内容(图 1.5)。结合相关绘图软件,实现建筑工程测量教、学、练、测、评一体化的仿真实验练习。通过虚拟仿真实验软件,用户可以实现对全站仪结构及功能的认知,学习全站仪架设方法、全站仪建站及后视检查、控制点布设、GNSS 控制点采集步骤、大比例尺地形图测绘基本知识、全站仪碎部采集基本流程、不同等级地物的测量精度要求、碎部测量及地物编码要求、全站仪数据导出等流程与方法。



图 1.5 数字测图虚拟仿真实验软件界面