

附件 2:

城市排水管道健康评估及修复虚拟仿真实验实验指导书

一、实验简介

目前，我国城市排水管网总长度已接近百万公里，每年产值规模超 3500 亿元人民币。城市发生道路塌陷、道路渍水、地下水污染等灾害，多因地下排水管道出现堵塞、渗漏、开裂引起，排水管道的检测评估现已成为城市管道管理运营的一项重要工作。三江学院土木工程实验教学团队以“土木工程”省一流专业建设为契机，依托三江学院智能建造产业学院的产教融合育人平台，自主开发了《城市排水管道健康评估及修复虚拟仿真实验》。

课程实验坚持以学生为中心、以立德树人为根本的教学理念，利用虚拟仿真技术构建了城市排水管道及其附属设施的具有开放性、多元性等特点的实际工程场景。高度再现了城市排水管道检测评估与非开挖修复的全过程，使学生能够“身临其境”地开展检测规范及设备认知、缺陷检测训练、现场检测及评估三个环节实验，熟悉排水管道检测的基本方法与技术规程，主要缺陷类型与等级划分；熟悉雨水口、检查井、排水管道等检查项目的检测标准与基本流程；掌握常用的排水管道检测（操作）技术与评估报告撰写方法；熟悉常见的排水管道非开挖修复技术并能够针对管道健康评估结果拟定修复方案。结合知识角中热点资讯和科技前沿等拓展阅读，潜移默化地激发学生的专业责任感和为创造人民对美好生活向往条件的使命感。

本实验如能够被认定为省一流本科课程，可面向其他高校和社会开放。

所属课程：《土木工程开放性实验》《地下工程》等专业课程

实验类别：综合设计型课程实验；

实验授课课时：4 学时；

面向专业：土木相关专业。

二、实验目的

本实验坚持以学生为中心、以立德树人为根本的教学理念，通过虚拟仿真所营造的情景体验式的教学环境，使学生循序渐进地开展“管道检测规范及设备认知”、“缺陷检测训练”、“现场检测及评估”的学习实践过程，完成“基础认知、专项训练、综合应用”三个层次的训练，实现以下具体教学目标：

①在管道检测规范及设备认知环节：引导学生熟悉相关工程检测规范的核心内容，掌握主要检测设备的核心工作原理，使学生明确城市排水管道健康检测与修复的基本内容。

②在缺陷检测训练环节：通过丰富的仿真素材，帮助学生系统全面的了解排水管道的及其附属结构的病害与缺陷状况，并通过实操练习掌握不同检测工具的使用方法，使学生能够掌握定性判别与定量分析排水管道及其附属结构的病害与缺陷状况。

③在现场检测及评估的综合运用环节：通过设计多种不同的工程场景，让学生自主选择不同的工程场景进行综合运用训练，锻炼学生查找问题、发现问题、解决问题等全过程、全方位的综合应用能力。

④知识角中收录大量与本实验项目相关与时俱进的学习阅读材料，学生通过拓展学习，可以更为全面得了解城市排水管道健康评估与修复工作在保卫城市安全健康运行中的重要贡献及不可或缺的重要作用。同时了解此项工作在现实中存在面广量大，是基建强国的重要表现之一，而从事市政基础设施建设与运维管理工作是满足人们对美好生活向往的重要保障。在此，可以潜移默化的将思政元素

自然的融入教学内容中去，激发学生的专业认同感，社会责任感与使命感，愿意为将来投身“强国基建、大国管理”而积极努力拼搏。

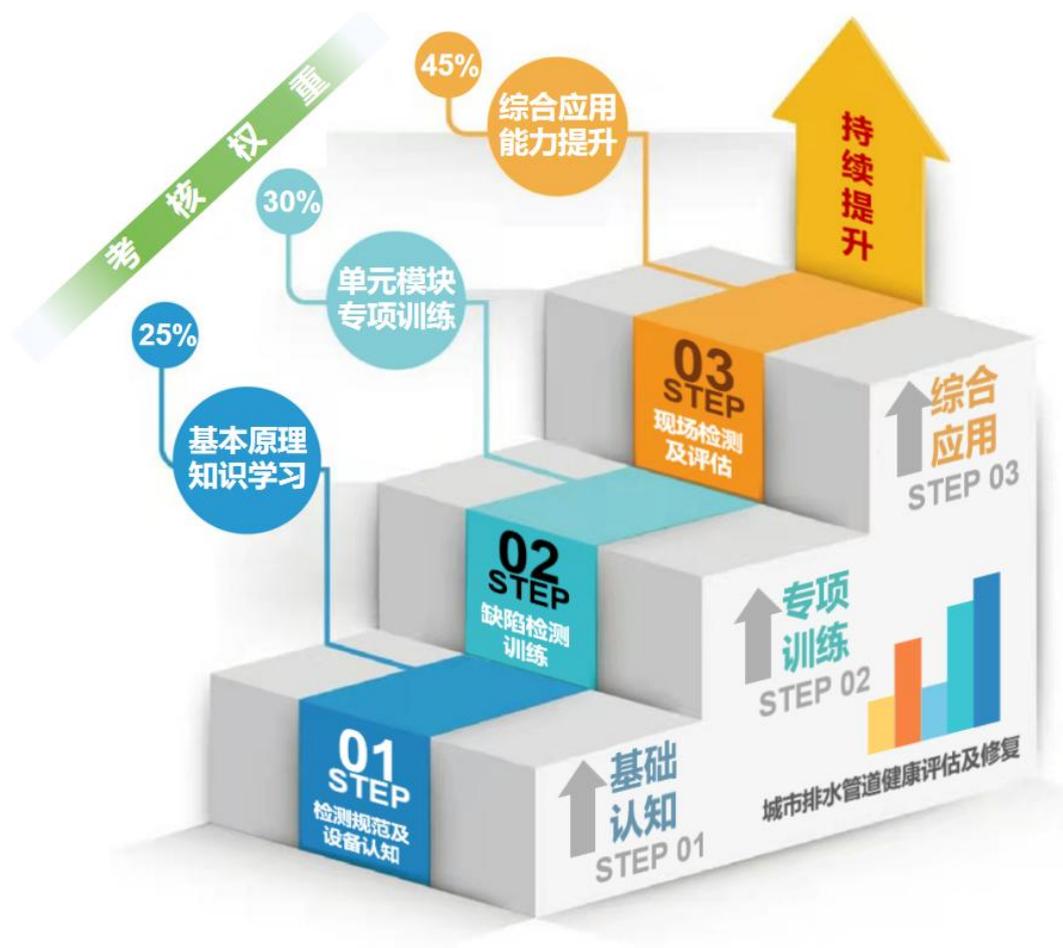


图 2-1 排水管道健康检测及修复虚拟仿真实验学习实践过程图示

三、实验环境及要求

进入实验前，请确认您的计算机符合以下软硬件配置（图 2），浏览器建议优先使用 Mozilla Firefox 和 Google Chrome。



图 3-1 计算机软硬件配置要求

四、实验内容

本实验依据《土木工程开放性》课程大纲和要求，共设置了“检测规范及设备认知”、“缺陷检测训练”、“现场检测及评估”三个既相互独立又层层递进的实验环节，涉及 18 个具体的交互性操作步骤，共计 14 个知识点、4 个学时。学生通过开展“基础认知、专项训练、综合应用”三个层次的实验，真正实现了从基础认知到生产实践应用能力提升的转变，强化了产教融合育人效果。



图 4-1 本实验总体实验环节及实验内容

五、实验步骤及方法

环节一：管道检测规范及设备认知

本环节包含管道检测标准、检测设备、管道缺陷类型认知共 3 个子环节，对应交互步骤 1~8，旨在引导学生在正式开展实验学习训练之前，充分了解规范标准、选用设备以及主要检测内容等，完成“基础认知”层面的学习训练。具体步骤如下：

步骤 1：管道检测项目流程认知。掌握管道检测标准的基本流程：点击本环节的管道检测标准中的“项目流程”按钮（图 5-1a），再点击流程图中的淡蓝色底纹的内容，可以查看详细信息（图 5-1b、图 5-1c、图 5-1d、图 5-1e），从而可以全面了解并掌握管道检测标准基本流程与详细内容。

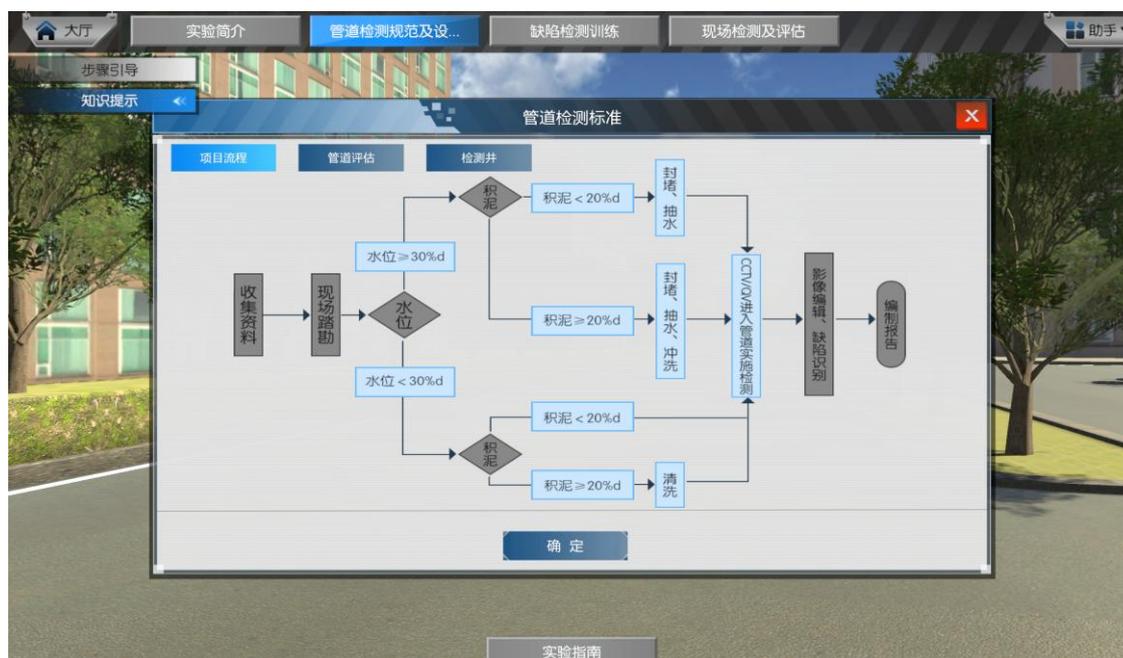


图 5-1a 管道检测标准



图 5-1b 管道内水位线认知



图 5-1c 管道内沉积物认知



图 5-1d QV 管道检测认知



图 5-1e CCTV 管道检测认知

步骤 2: 管道评估等级及计算方法学习。掌握管道缺陷类型与等级的分类分级标准, 理解定量计算公式的含义。点击本环节中的“管道评估”按钮(图 5-2a), 继续翻页(图 5-2b、图 5-2c), 通过详细阅读本步骤内容, 强化对《城市排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181-2012 中关于定量分析管道缺陷程度知识的理解。



图 15-2a 管道缺陷等级分类

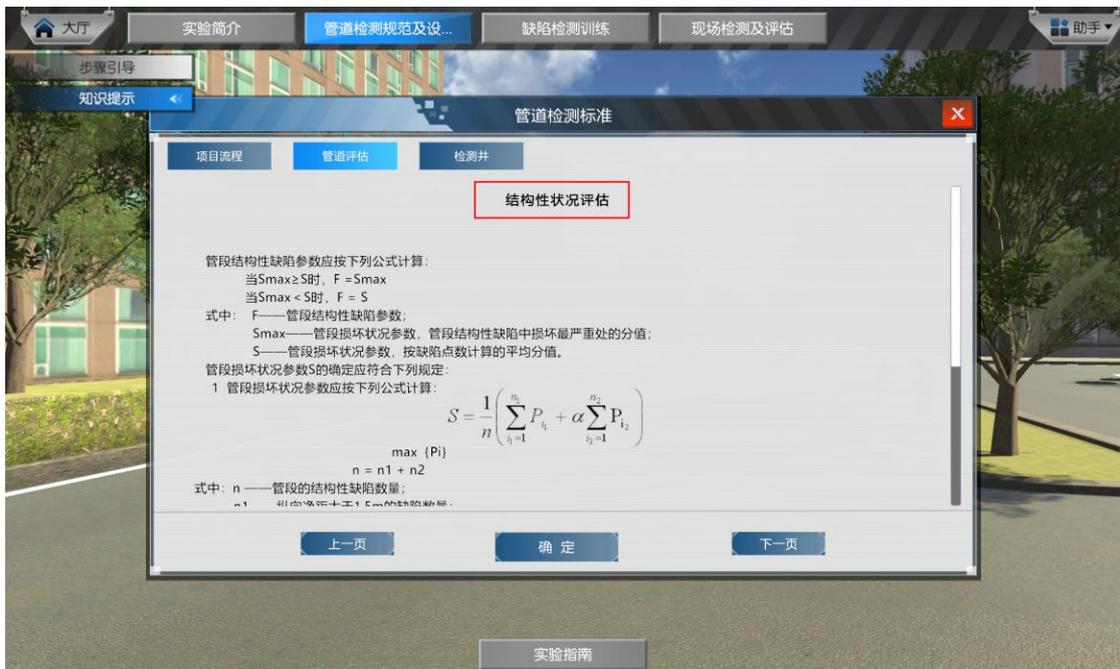


图 5-2b 管道结构性缺陷定量分析计算方法介绍

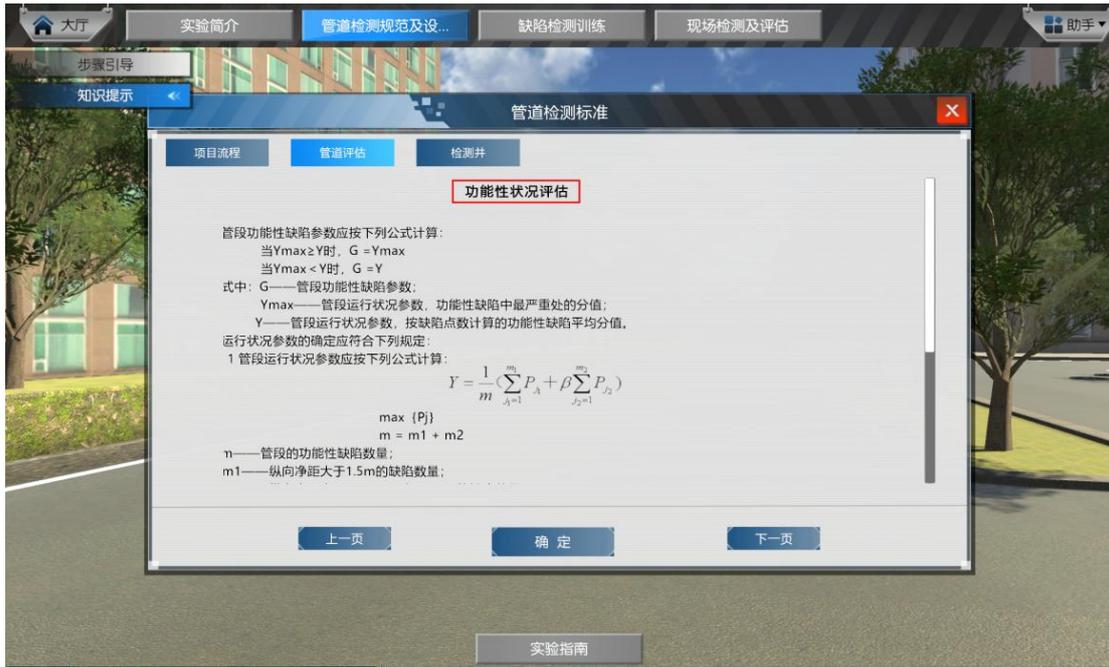


图 5-2c 管道功能性缺陷定量分析计算方法介绍

步骤 3：检查井项目认知。掌握雨水井检查的基本项目，熟悉雨水井各检查项目的缺陷特征与损坏性质。点击本环节中的“雨水口检测”按钮（图 5-3），对照检查项目内容，逐一点击列表中小图标，放大后查看详情，可更为清晰直地学习。



图 5-3 雨水井检查项目介绍

步骤 4：QV 视频潜望镜设备认知。了解 QV 视频潜望镜的主要功能，掌握其

操作的基本要领。点击本环节中的“检测设备认知”按钮（图 5-4a），选择 QV 视频潜望镜模块进行认知学习，完成设备简介与检测方法部分的内容学习后，进入 QV 视频潜望镜操作界面状态（图 5-4b），进行操作练习，直至掌握操作要领并熟练操作。



图 5-4a QV 视频潜望镜设备认知

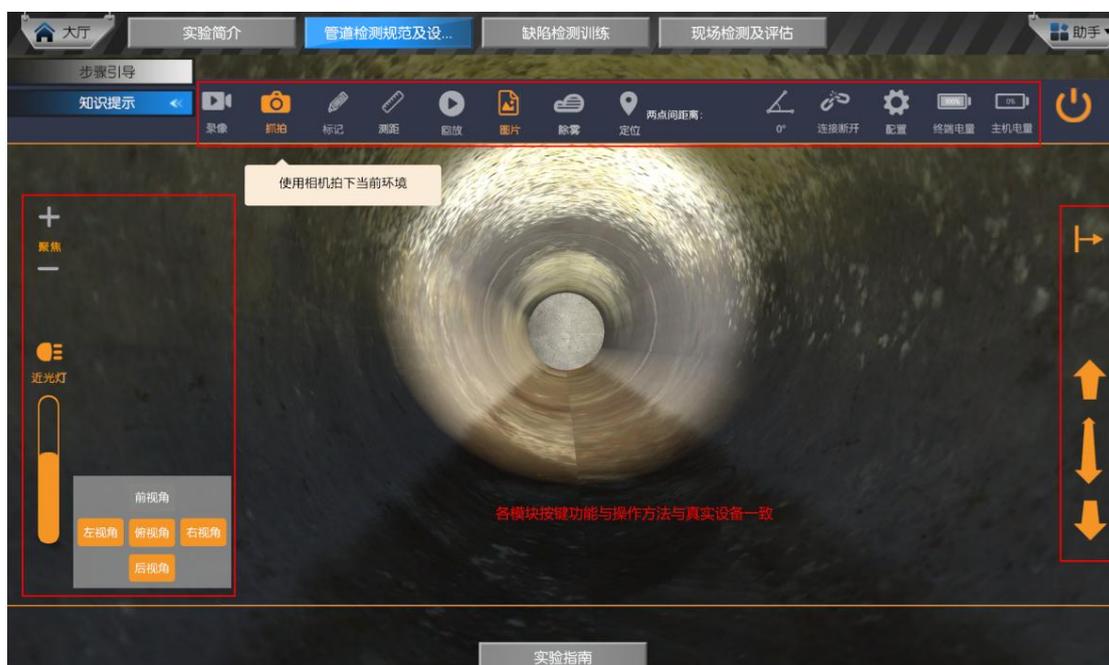


图 5-4b QV 视频潜望镜操作界面

步骤 5：CCTV 地下管道摄像检测系统认知。了解 CCTV 地下管道摄像检测系

统的主要功能，掌握其操作的基本要领。点击本环节中的“检测设备认知”按钮（图 5-5a），选择 CCTV 地下管道摄像检测系统模块进行认知学习，完成设备简介与检测方法部分的内容学习后，进入 CCTV 地下管道摄像检测系统（5-5b）操作界面状态，进行操作练习，直至掌握操作要领并熟练操作。



图 5-5a CCTV 地下管道摄像检测系统认知

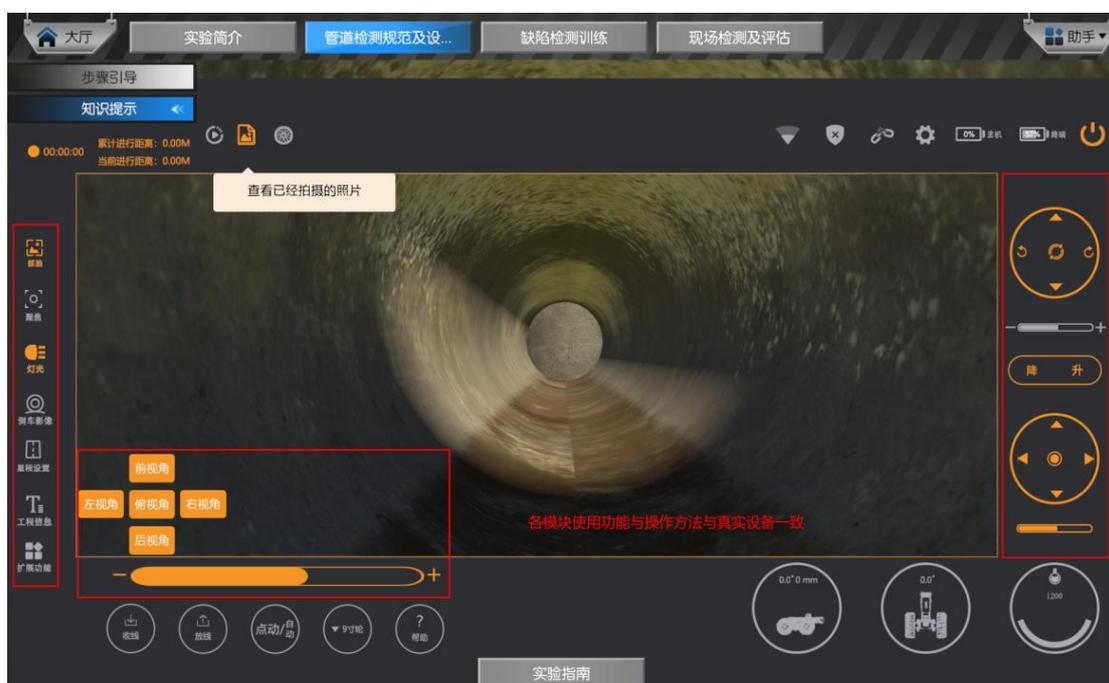


图 5-5b CCTV 地下管道摄像检测系统操作界面

步骤 6：功能性缺陷认知。熟悉功能性缺陷的类型与具体的缺陷特征描述，

掌握定量判分的标准。点击本环节中的“缺陷类型”按钮，出现如图 5-6 所示界面，依次点击“沉积、结垢、障碍物、残墙、坝根、树根、浮渣”等操作按钮逐一学习，直至掌握其详细内容。

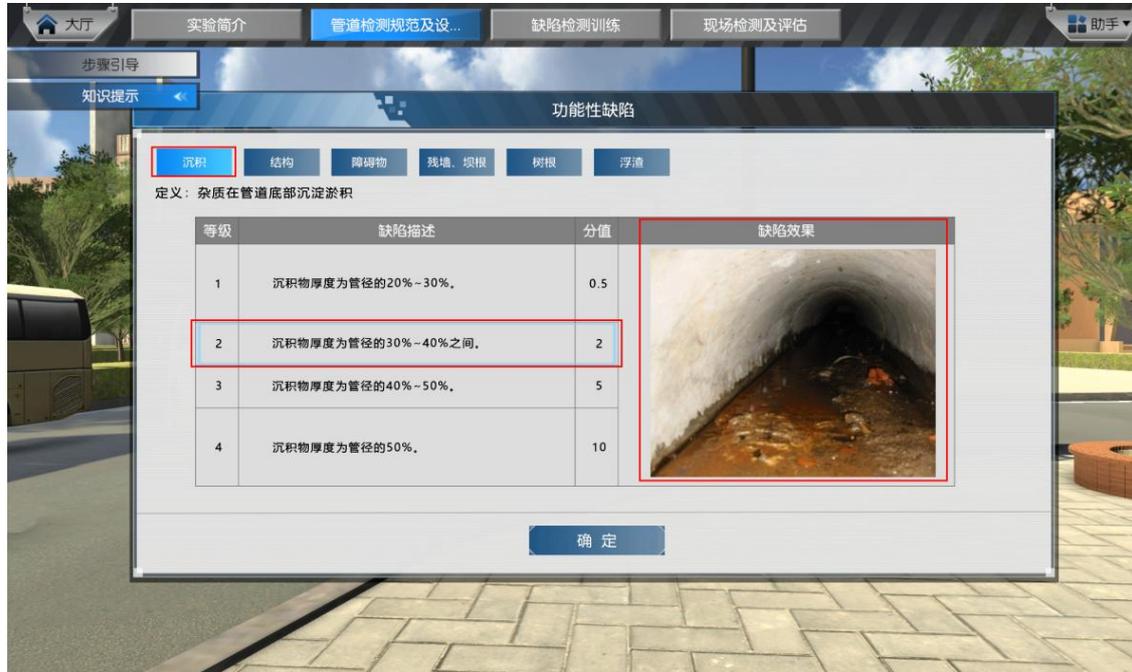


图 5-6 管道功能性缺陷认知举例

步骤 7：结构性缺陷认知。熟悉结构性缺陷的类型与具体的缺陷特征描述，掌握定量判分的标准。点击本环节中的“缺陷类型”按钮，出现如图 5-7 所示界面，依次点击“破裂、变形、腐蚀、错口、起伏、脱节、接口材料脱落、支管暗接、异物插入、渗漏”等操作按钮逐一学习，直至掌握其详细内容。



图 5-7 管道结构性缺陷认知举例

步骤 8: 测试题。完成前七个步骤后,系统将自动弹跳出测试题窗口(图 5-8),测试题是由系统从题库中随机抽取的,每次抽取题量为 5 道,题型为客观题。试题主要考察学生对整个认知环节内容的掌握情况。



图 5-8 管道缺陷认知测试题界面

环节二：缺陷检测训练

本环节包含雨水口检测、管道检测共三个子环节,对应交互步骤 9~15。

学生采用操作练习法与科学观测法进行实操训练，开展雨水口、排水管道的单元化训练，旨在帮助学生熟悉并掌握排水管道系统多元化病害的检测与诊断方法。并采用任务驱动式与容错探究式教学方法，允许学生多次尝试以获取最优结果，实现管道健康评估全过程的单元内容训练到位的目标。具体步骤如下：

步骤 9：雨水口检测。雨水口作为排水管道健康检测中的内容之一，其健康状况直接关系到排水管道的工作状态。点击本环节的“雨水口检测”按钮（图 5-9a），根据雨水口检查任务框提示进行下一步操作，点击“相机”按钮（图 5-9b）。通过本步骤的学习，可以掌握雨水口的检测的主要内容和基本方法。



图 5-9a 雨水口检查任务窗口界面



图 5-9b 雨水口检查操作界面

步骤 10：雨水口检测记录。将雨水口检测内容详细记录至雨水口检测记录表中，此表为《城市排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181-2012 中的标准模板，满足实际工程检测过程所需记录的全部内容。点击本环节的“雨水口检测”按钮，根据雨水口检测任务框提示进行下一步操作，点击“记录表”按钮（图 5-10）。将雨水口检测的全部内容详细记录于此表。



图 5-10 雨水口检查记录表

步骤 11: 检查井作为排水管道健康检测中的内容之一, 其健康状况首先关系到人民财产生命安全, 同时也是排水管道的工作状态正常与否的重要因素。点击本环节的“检查井”按钮(图 5-11a), 根据检查任务框提示进行下一步操作, 点击“相机”按钮(图 5-11b)。通过本步骤的学习, 可以掌握的检测的主要内容和基本方法。



图 5-11a 检查井任务窗口界面



图 5-11b 检查井操作界面

步骤 12: 检查井检查记录。将检查井内容详细记录至检查井检查记录表中, 此表为《城市排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181-2012 中的标准模板, 满足实际工程检测过程所需记录的全部内容。点击本环节的“检查井检查”按钮, 根据检查井检查任务框提示进行下一步操作, 点击“记录表”按钮(图 5-12)。将检查井检查的全部内容详细记录于此表。



图 5-12 检查井检查记录表

步骤 13：管道处理措施选择应用。在正式开展排水管道检测工作之前，根据排水管道内的状况判定是否需要管道进行预处理工作，如需要，则应选择何种处理措施。本系统设计了三种常用的管道预处理措施供实验操作者选择使用。点击本环节中的“管道检测”按钮后，继续点击“选择措施”按钮（图 5-13），则出现具体预处理措施供选择。



图 5-13 排水管道预处理措施选择界面

步骤 14：管道检测。管道检测是本实验系统最核心的模块内容，是管道健康评估的主要依据。点击本环节的“管道检测”按钮（图 5-14a），根据管道检测任务框提示进行下一步操作，点击“操作面板”按钮（图 5-14b），选择检测设备，对地图所给管道路线逐段进行检测，直至掌握管道检测的主要内容和操作要领。



图 5-14a 管道检测任务窗口界面



图 5-14b 管道检测设备选择窗口

步骤 15：检测记录填写。依据《城市排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181-2012 中的标准模板，将所以检测数据记录至相应的表格中，并且将所记录数据进行整理计算，完成各管段健康状况的评估。点击本环节的“管道检测”按钮，再次点击“记录表”（图 5-15），系统弹出系列表格。将所测管段的全部内容详细记录于此表，并进行计算处理，得出各管段健康评估结论。



图 5-15 管道检测记录表

环节三：现场检测及评估

本环节包含市政道路排水管道、工业园区排水管道、住宅小区排水管道的检测与评估以及排水管道非开挖修复技术应用 4 个环节。对应交互步骤 16~19。本环节通过设计不同的实际工程案例，一方面，旨在让学生对单元练习的内容加强巩固，另一方面，让学生参与到实际工程项目的案例中训练，强化并提升学生的实际应用能力。同时学生通过学习各类管道非开挖修复技术，从而能够掌握排水管道“诊”与“治”的综合技术。培养学生对城市排水管道的综合运维管理能力。具体步骤如下：

步骤 16：检测线路选择及命名。根据拟训练的场景工况，选择相应的检测路线，并对该路线的各雨污井分别编号。点击本环节中的任一场景案例按钮，例如选择园区道路案例（图 5-16a），点击所弹出对话框中的“确认”按钮，系统弹出雨污管网线路图（图 5-16b），根据检测要求给线路中所有雨污井盖逐一编号，亦可使用一键填写功能完成编号。



图 5-16a 园区道路案例展示

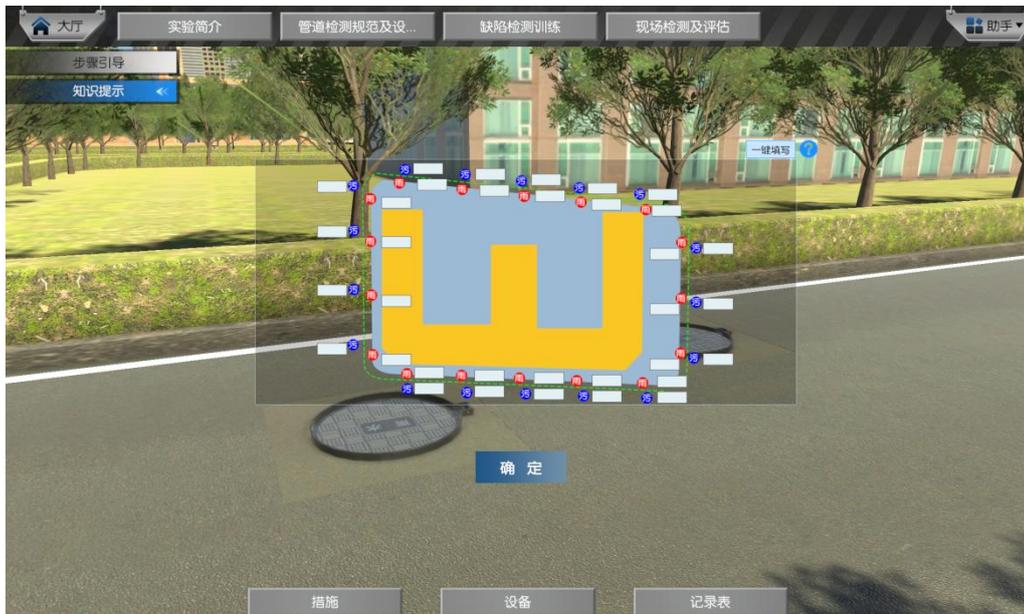


图 5-16b 园区道路雨污水管线分布图例

步骤 17: 管道检测。系统案例中根据场景条件赋予各段管道差异化的缺陷。首先点击管线图例中的“确定”按钮，接着选择检测井，然后点击“设备”按钮并选择，进入管段内场景模型画面。通过调节检测设备的操作面板（图 5-17a、图 5-17b），使得管道模型画面显示效果最佳，通过拍照或者录制视频影响保存实验数据。



图 5-17a CCTV 地下管道摄像检测系统拍摄画面



图 5-17b QV 视频潜望镜拍摄画面

步骤 18: 等级计算划分及记录。将案例中全部管段数据记录至“排水管道检测现场记录表”和“管道缺陷统计表”中，同时依据《城市排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181-2012 的要求将检测数据整理后填至“管段状况评估表”中，如图 5-18 所示。



图 5-18 现场检测与评估记录表

步骤 19：修复方案选用。根据上一环节的测试数据，得到管道材质、管段编号、拍摄图片、管段修复指数、缺陷等级等参数，结合各种管道非开挖修复方案的适用条件，对需要进行非开挖修复的管段，选用合适的非开挖修复方案。点击本环节中“修复方案选用”按钮，进入非开挖修复方案选择界面（图 5-19）。通过先学习各中非开挖修复方案的适用条件后，结合各管段的的健康评估结论，进行科学合理的选择非开挖修复方案。



图 5-19 管道非开挖修复方案选择界面展示

六、实验成绩

本实验根据您在各环节的实际操作及结果，自动依据成绩评价模型（图 6-1）对各环节进行单独打分，每环节按 100 分计算。在此基础上，系统按照 25%、30% 和 45% 的权重（图 6-2）计算您的实验总成绩，合并生成最终的实验报告（表 6-1）。

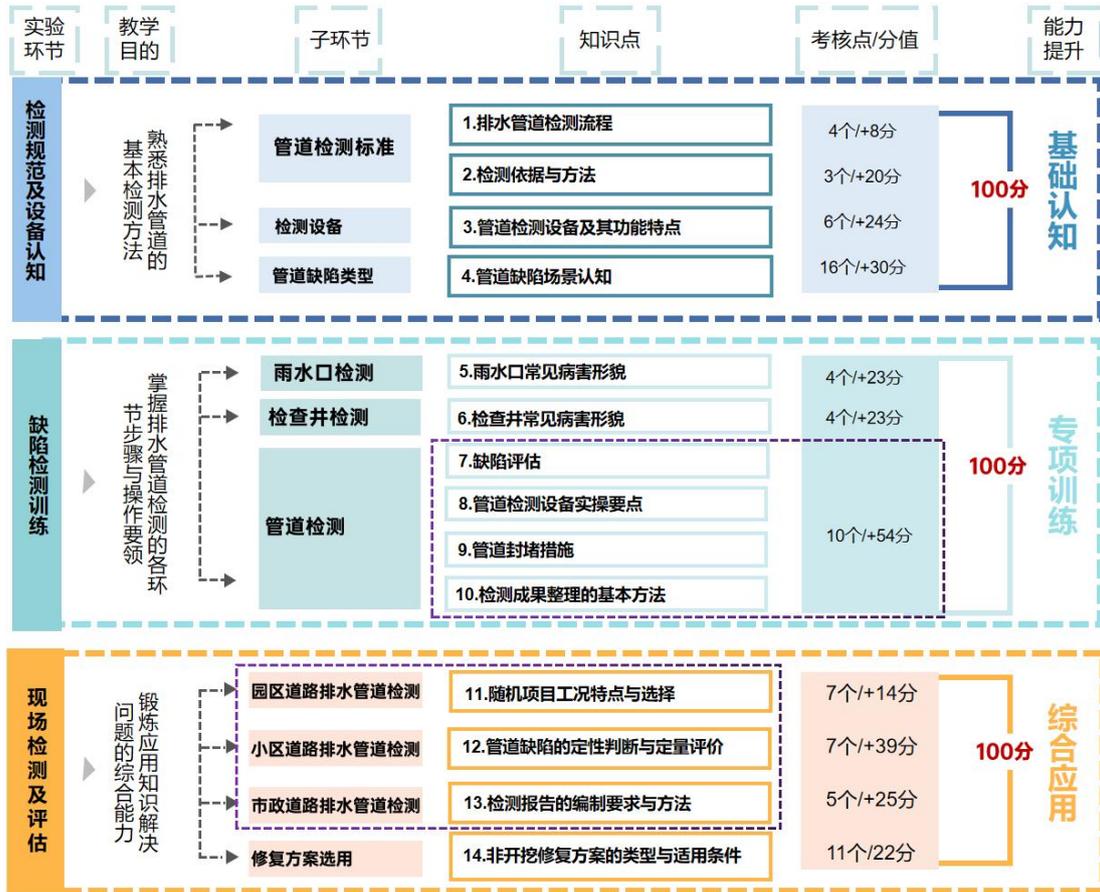


图 6-1 实验原理及成绩评价模型



图 6-2 实验操作评分权重图示

表 6-1 《城市排水管道健康评估及修复虚拟仿真实验》实验报告

城市排水管道健康评估及修复实验报告				
实验：虚拟仿真实验		班级：	姓名：	学号：
环节	子环节	操作	完成度	得分
检测规范及设备认知	管道检测标准（30分）	排水管道检测流程认知；检测依据与方法认知		

	检测设备（30分）	管道检测设备及其功能特点认知		

管道缺陷类型（40分）	管道缺陷场景认知			

实验小结				
环节	子环节	操作	完成度	得分
缺陷检测训练	雨水口检测（30分）	雨水口检测操作及数据记录		

	检查井检测（30分）	检查井检测操作及数据记录		

管道检测（40分）	管道检测前预处理措施选择操作，管道检测操作及其数据记录			

实验小结				
环节	子环节	操作	完成度	得分
现场检测及评估	园区道路排水管道检测	选择园区道路线路，正确使用 QV 或 CCTV 检测设备对管道进行检测，规范填写实验记录表。		

	小区道路排水管道检测	选择小区道路线路，正确使用 QV 或 CCTV 检测设备对管道进行检测，规范填写实验记录表。		

	市政道路排水管道检测	选择市政道路线路，正确使用 QV 或 CCTV 检测设备对管道进行检测，规范填写实验记录表。		

	修复方案选用	根据评估结果合理选择非开挖修复方案。		

实验小结				
环节一：检测规范及设备认知（百分制）				
环节二：缺陷检测训练（百分制）				
环节三：现场检测及评估（百分制）				
实验总分数（百分制）				

七、实验注意事项

本实验为综合设计型课程实验，具有较强的高阶性、创新性和挑战度。为确保教学质量，提出以下实验注意事项。

1、实验前，学生应认真阅读实验指导书，观看教学引导视频和操作视频，在教师指导下明确实验目的及各环节的知识点和重难点，奠定实验理论基础；

2、请选择符合“实验教学相关网络”条件要求的软硬件实验环境开展实验，以保证实验操作的流畅性。

3、实验过程中，请仔细阅读各环节任务要求，并根据步骤引导开展实验。当实验结果不理想时，请根据系统提示认真修改；同时，还可通过微信群、论坛、服务热线等方式寻求在线指导。

4、请充分利用知识角，通过知识点课件库开展拓展阅读，扩充自己的

专业知识。

5、完成实验后，请务必点击“完成并提交”以生成实验报告，并在关闭实验界面，点击界面右下角的“实验报告”链接进入课程平台查看，并结合实验报告认真回顾实验过程，针对不足查找原因，并积极开展互动交流，以进一步巩固理论知识、提升创新思维能力。