



基于BIM的水运工程地质三维设计系统开发与应用

王 帅, 崔 峰, 陈证钢, 张丽媛

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要:为提升水运工程岩土勘察专业精细化设计水平,基于BIM技术开展水运工程地质三维设计系统开发与应用研究,采用MicroStation平台二次开发具有专业工具集及资源库的MR-Geo系统,实现了接口数据处理、具有岩土属性信息的三维地质模型生成、图纸输出、成果计算分析等主要功能。结合工程应用实例,验证了系统的可行性和正确性,为类似工程需求提供借鉴和参考。

关键词:BIM; 水运工程; 三维地质; 二次开发; MR-Geo

中图分类号: U 652; TU 42

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)06-0200-06

Development and application of geological 3D design system based on BIM technology in port & waterway engineering

WANG Shuai, CUI Feng, CHEN Zheng-gang, ZHANG Li-yuan

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: Aiming at improving the level of refined design of geotechnical investigation of water transportation engineering, the research of development and application of geological 3D design system based on BIM technology in water transportation engineering is carried out. MR-GEO system based on MicroStation platform with the professional toolset and resource database is developed, which realizes the processing of interface data, generation of the 3D geological model with geotechnical information, drawing output, calculation, and analysis of results and other main functions. With the application in the project case, the system gets verified, which provides a reference for similar engineering requirements.

Keywords: BIM; port & waterway engineering; 3D geology; secondary development; MR-Geo

在全球新一轮科技革命和产业变革浪潮下,我国工程行业转型升级成为必然趋势,BIM技术作为助推水运工程建设实现数字化、智能化的重要手段,可以为行业高质量创新发展提供有力支撑。当前,BIM在水工结构、工艺等专业领域已得到较为广泛的应用^[1],而岩土勘察作为水运工程建设的重要环节,该方向BIM应用研究案例仍然较少,面向水运行业特点研发的BIM地质系统尚不多见。

李家华等^[2]、刘莉等^[3]利用Civil 3D软件开展了水运三维地质建模方法研究及应用,亢保军

等^[4]基于Bentley平台进行了水运工程勘察BIM应用研究,但目前商业化地质软件面向水运工程领域普遍缺乏针对性,往往只具备将现有二维地质勘察成果资料三维化的功能,而不是直接应用BIM技术模型化勘察基础数据,同时缺少满足水运工程岩土勘察规范及BIM标准要求的地形地质库,不能充分发挥BIM技术应有的价值。本文开展基于BIM的水运工程地质三维设计系统开发及工程实践,旨在推动水运工程岩土勘察专业精细化设计水平,促进生产手段变革及设计质量提升。

收稿日期: 2020-08-04

作者简介: 王帅(1983—),女,博士,高级工程师,注册土木工程师(港口与航道工程),从事水运、市政工程BIM技术应用与研发工作。

1 技术要点及系统功能概述

1.1 技术实现要点

Bentley MicroStation 通用三维设计平台在数据兼容能力、轻量化问题解决等方面具有较强优势, MR-Geo 水运工程地质三维设计系统采用该软件作为 BIM 基础平台进行二次开发, 主要解决的关键技术问题如下^[5]:

1) 面向水运工程领域, 通过 BIM 技术并直接模型化勘察基础数据, 考虑利用通用数据接口, 将测绘、勘察软件中数据表格直接导入地质数据库中, 并在图形端利用数据进行三维建模, 实现不同软件间数据的高效传递。

2) 利用 EC Schema 技术实现三维地质模型属性信息的附加及展示, 将岩土试验、力学参数等信息保存到 BIM 模型文件中, 随模型传递至下游专业开展后续分析应用, 有利于专业间模型及信息的协同交互。

1.2 系统主要功能模块

MR-Geo 系统分为工具集和资源库两部分进行开发建设。工具类通过数据输入输出及接口工具集、三维建模工具集、出图工具集、成果分析工具集的建设, 实现地质 BIM 模型创建、图纸输出、成果分析计算等功能; 资源库主要实现与水运工程地质相关的文档资料库和 BIM 元件库的建立和综合管理。系统功能模块设计见图 1。

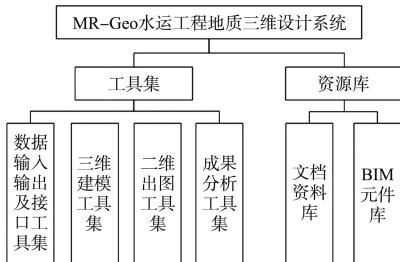


图 1 MR-Geo 系统功能模块设计

1.2.1 数据输入输出及接口工具集

数据输入输出及接口工具集包含原始数据、岩土试验及数据接口 3 个工具箱。原始数据工具箱用于系统中钻探、取样、原位测试等勘探原始数据的输入或导入, 生成勘探数据库文件。岩土试验工具箱用于岩土物理和力学性质指标等数据的输入或导入, 实现系统中相关图表和试验数据库文件的生成及统计查询。数据接口工具箱主要

功能包括: 1) 创建工具接口进行数据格式的转换, 建立系统与上下游专业软件的数据通道; 2) 将南方 CASS 等测绘软件处理后生成的地形数据用于三维地面模型建立; 3) 将理正岩土勘察软件中的勘探数据通过接口导入系统, 用于三维地质模型的创建; 4) 实现与 Bentley GEOPAK 等挖填分析软件的数据交互端口开发, 便于开展模型综合利用。

1.2.2 三维建模工具集

三维建模工具集主要用于创建可视化三维地质模型, 采用克里金、幂函数加权等算法^[6], 实现模型的修改、信息查询等功能, 立体展示地层空间分布和地质构造。

1.2.3 二维出图工具集

二维出图工具集用于实现由三维模型生成图纸功能, 可输出工程地质平面图、地质剖面图、钻孔柱状图、岩面等深线(等高线)图等。具有三维模型和二维图纸智能联动或半自动化联动两种模式, 可以实现图纸尺寸和地物属性文字的自动标注。

1.2.4 成果分析工具集

成果分析工具集主要通过岩土计算分析等工具的开发, 实现砂土液化评价、等效剪切波速等分析判别功能。

1.2.5 资源库

资源库包括文档资料库和 BIM 元件库两部分。前者主要用于存储前期勘探资料、地质构造、水文气象等项目文档; 后者用于建立岩土勘察 BIM 元件, 配有符合水运行业和国内外标准的地层岩性、花纹和标准色, 以及常用符号、图示图例等, 以实现标准化建模和出图。

2 系统设计与实现

2.1 系统开发平台及架构

MR-Geo 系统由数据管理端和图形端两部分组成。在模块化架构思想的指导下, 采用并行流水式开发模式, 以降低沟通成本, 提升开发效率。

2.1.1 数据管理端架构

数据管理端用于完成数据的批量输入输出、数据持久存储等工作, 采用 Microsoft .Net 框架构建, 由界面层、业务处理层、基础功能支持层 3 个部分组成, 见图 2。其中, 界面层使用 WPF 技术

构建，采用 XAML 语言创建，通过 MVVM (Model-View-ViewModel) 技术与后端数据绑定，实现界面的自动更新和数据存储；业务处理层包含具体的业务功能模块，各模块采用约定接口，被系统统

一管理；基础功能支持层包含 TCP/IP 服务和数据库存取两个模块，前者用于多场区地质建模工作中的数据输入和输出的协同工作，后者使用 SQL Server 数据库存储原始勘探数据和成果数据。

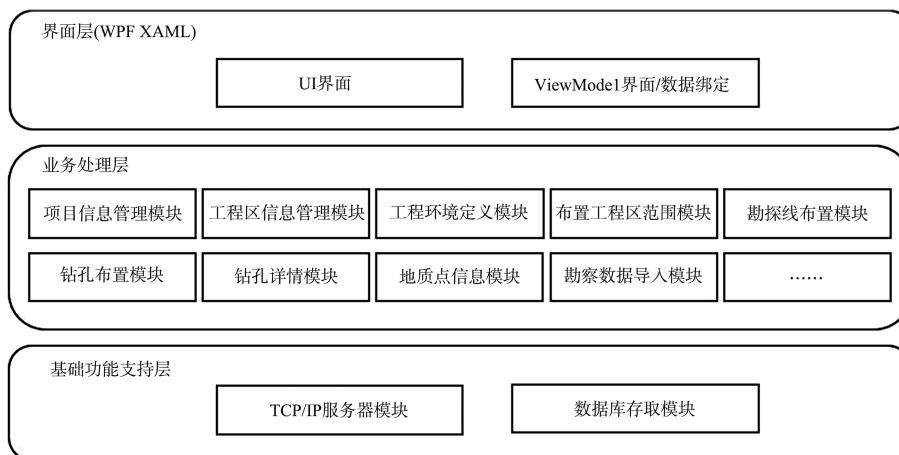


图 2 数据管理端程序架构

2.1.2 图形端架构

图形端用于三维地质模型的创建与修改，程序架构方面分为界面/通信层、数据交换层和业务处理层 3 个部分，见图 3。界面/通信层使用 .Net 体系下的 WPF 框架和 C# 语言开发，其中 TCP/IP 客户端

模块用于与数据管理端通讯。数据交换层使用 C++/CLI 混合代码技术桥接界面/通信层和业务处理层之间的函数调用和数据传输。由于 MicroStation 平台在大体量模型的显示、编辑上拥有强大性能，因此业务处理层使用 C++ 编码，基于 MDL SDK 构建。

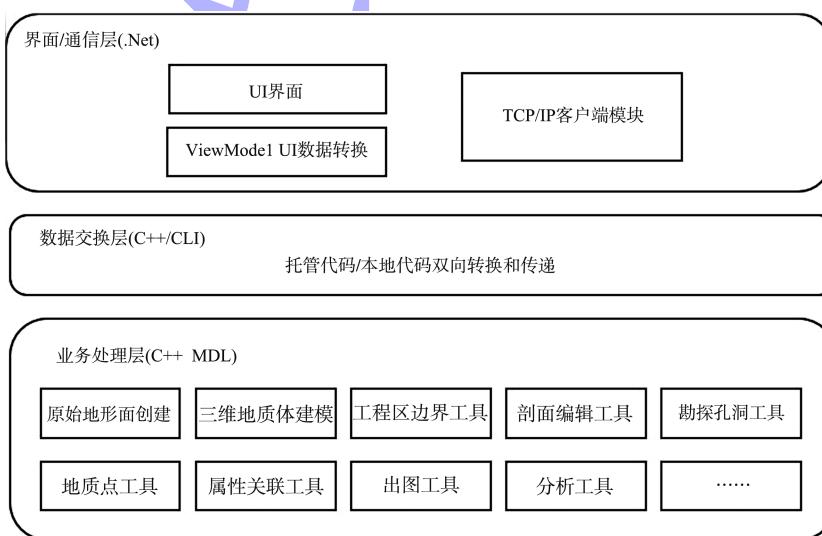


图 3 图形端程序架构

2.2 属性信息关联与传递

为提高模型成果向下游专业移交的便捷性，系统使用 EC Schema 技术中 DgnECInstanceIterable 类和 ECPropertyIterable 类的相关成员方法，快速

关联三维地质模型和数据库中岩土试验数据等属性信息，并将所有信息写入 .dgn 文件，下游专业无须安装插件即可使用 MicroStation 基础平台查看附有岩土属性信息的三维地质模型。

2.3 程序UI设计与实现

系统采用图4所示的界面设计,从上至下主要包括选项卡、面板标签区和内容呈现区,选项

卡用于切换面板标签区,不同的面板标签区汇集了常用的功能按钮。



a) 数据管理端界面

b) 图形端工具栏

图4 系统程序界面

3 工程应用实例

3.1 项目概述

某港区西作业区集装箱码头工程位于深圳市东部,项目新建2个5万吨级泊位,岸线长度为575.4 m,水工建筑物包括码头结构、接岸结构和护岸等。根据区域地质情况分析,勘察区上覆土层为淤泥类土,中部沉积物为淤泥类土、砂类土等,下伏基岩为角砾岩、凝灰岩及花岗岩。应用MR-Geo系统开展工程地质BIM模型的快速建立及应用。

3.2 实例验证分析

结合工程项目,实现了接口数据处理、三维地质模型创建、二维图纸输出和成果计算分析等功能,验证系统的可行性和正确性。

1) 接口数据处理。利用开发的数据接口工具,实现了将理正勘察软件中的地勘数据直接导入数据管理端(图5)。同时,将岩土试验成果数据及力学参数相关数据导入,用于后续模型创建、计算分析及属性信息查询。

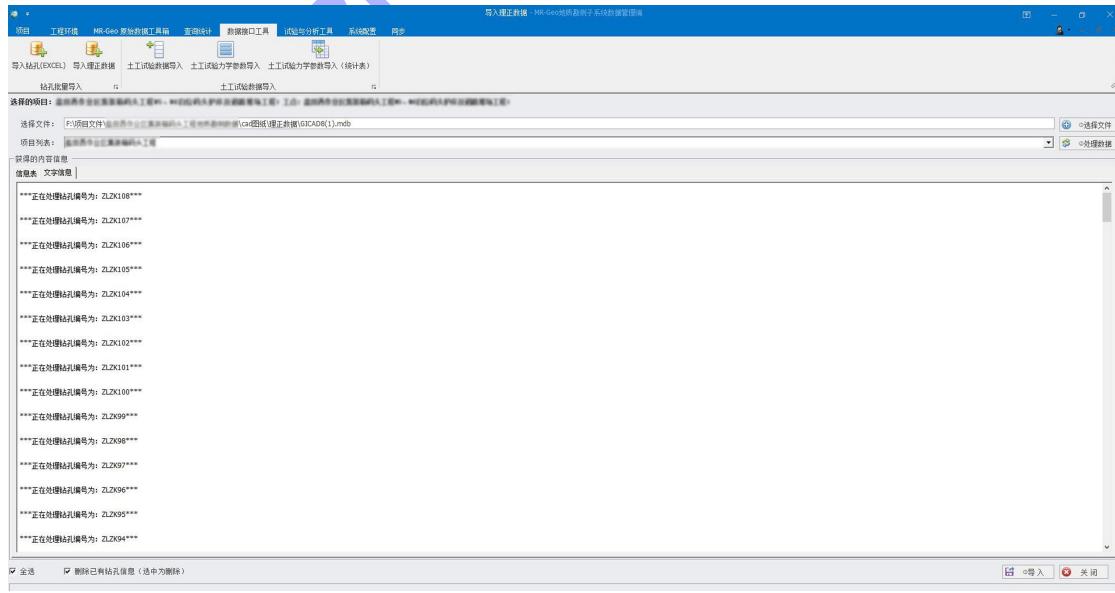


图5 理正勘察软件数据导入

2) 三维地质模型。基于数据库中钻孔数据、勘探剖面数据和岩性数据等,采用克里金算法插值建立三维地形及各地层,利用图形端开

发的建模工具并结合软件布尔运算功能,处理完成附加岩土属性信息的三维地质模型创建,见图6。

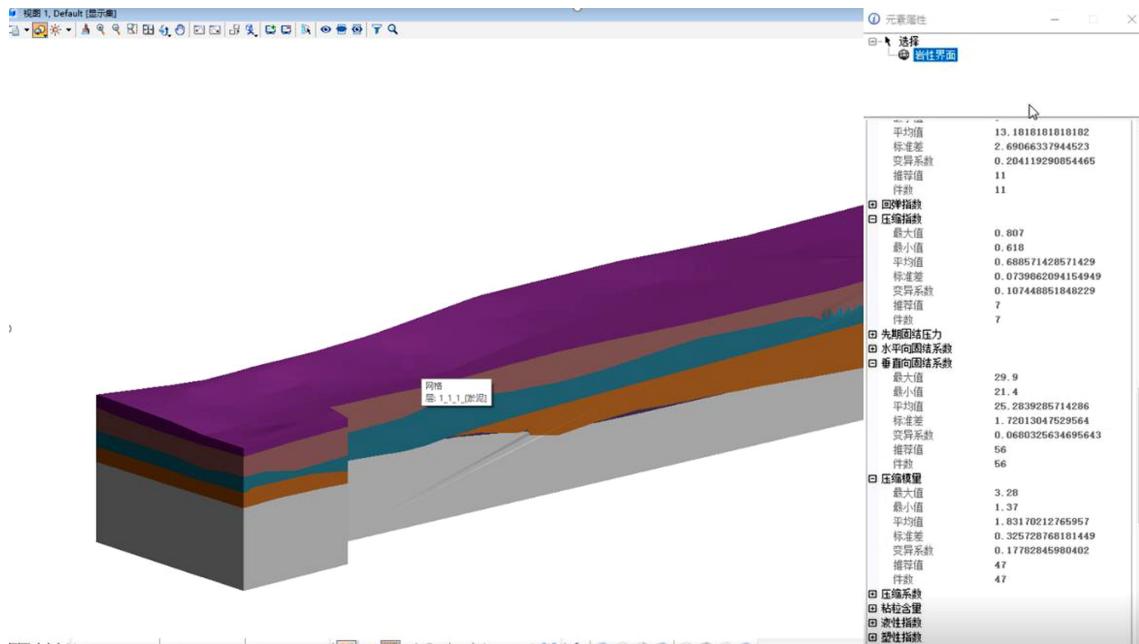
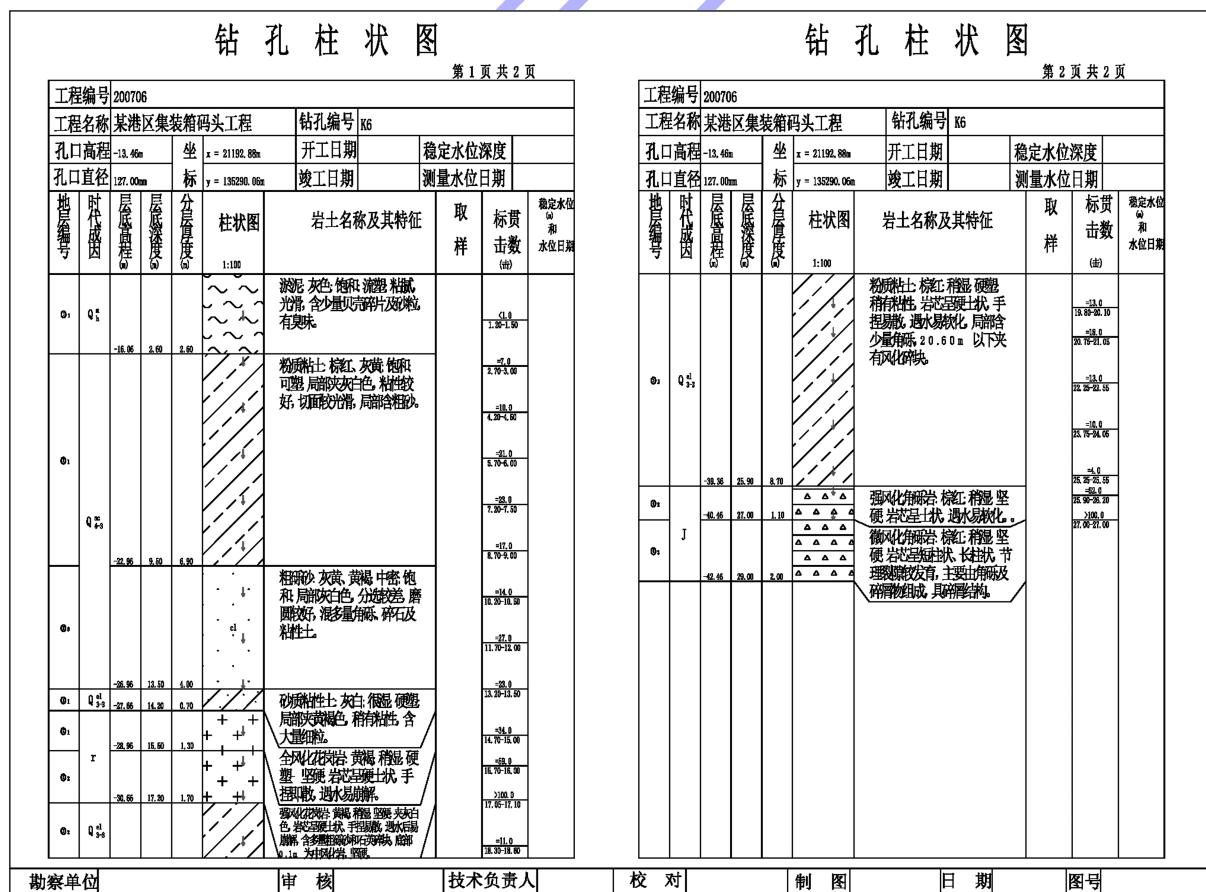


图 6 附加岩土属性信息的三维地质模型

3)二维图纸输出。基于三维地质模型及数据信息,结合出图工具实现钻孔柱状图、地质剖面

图等二维图纸的自动绘制(图 7),输出图纸符合规范及出图标准的要求。



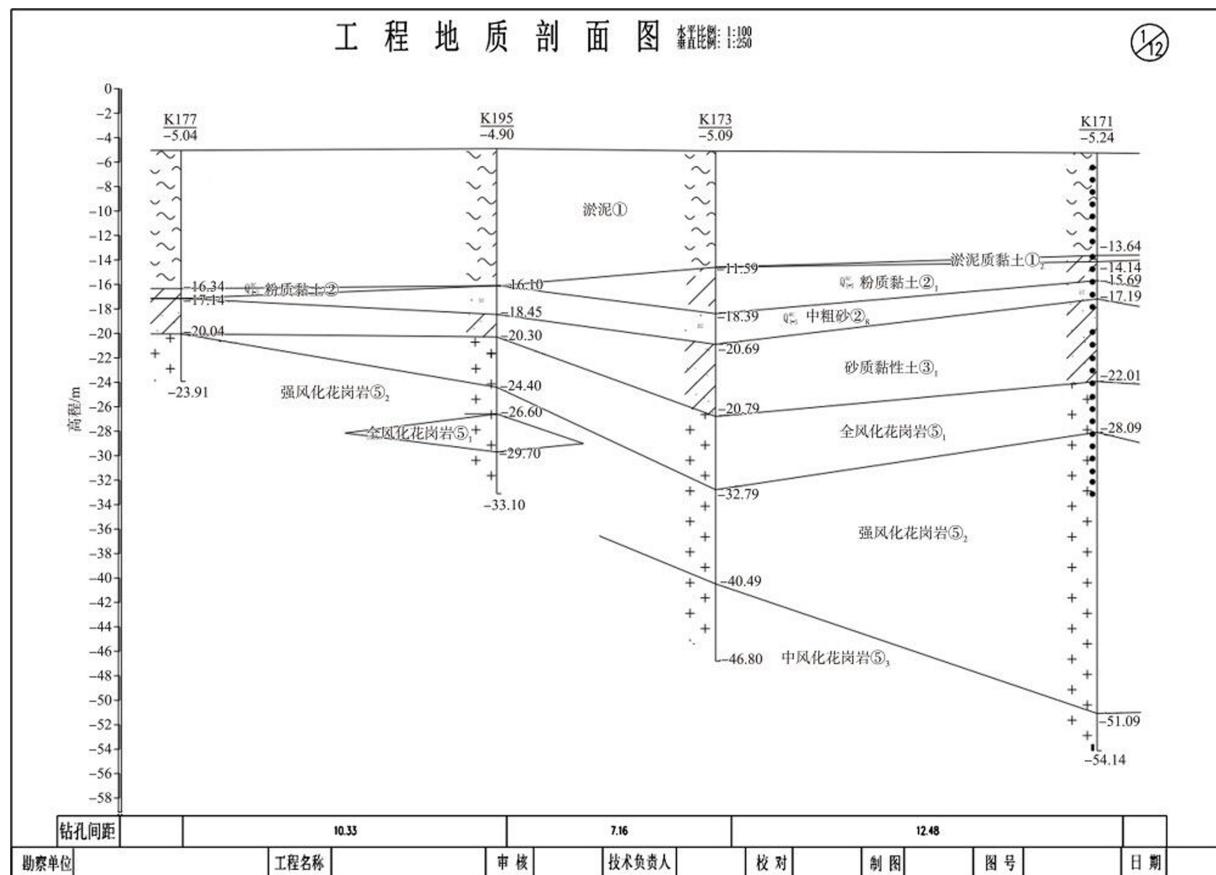


图 7 模型输出二维图纸

4) 成果计算分析。通过岩土计算分析工具, 实现了项目砂土液化评价的自动计算判别, 见图 8。同时, 通过数据导出接口开发, 将模型导出为 .dat 格式文件, 结合 GEOPAK 软件处理转化

为 .tin 格式文件, 为下游水工结构等专业进一步基于模型开展土方挖填分析和工程量计算等深化应用提供支撑。

This screenshot shows the software interface for sand soil liquefaction evaluation. The top menu includes '资源' (Resources), '工程环境' (Project Environment), 'MR-Geo 地质数据工具箱' (MR-Geo Geological Data Toolbox), '查询统计' (Query Statistics), '数据接口工具' (Data Interface Tools), '试验与分析工具' (Test and Analysis Tools), '系统配置' (System Configuration), and '同步' (Sync). Below the menu, there are toolbars for '砂土液化判别' (Sand Soil Liquefaction Judgment), '等效剪切强度' (Equivalent Shear Strength), '土工试验统计表' (Soil Test Statistical Table), '添加' (Add), '编辑' (Edit), and '删除' (Delete). A main table titled '砂土液化判别表' (Sand Soil Liquefaction Judgment Table) lists data for various boreholes (K1, K2, K3, K4, K5) across different soil types (粉细砂, 粉砂) at specific depths (e.g., 11m, 10.15m, 14.7m, 14.05m, 15.05m, 13.95m). Columns include '钻孔编号-测试点号' (Borehole Number-Test Point Number), '单元土体编号' (Unit Soil Body Number), '土工试验定名' (Soil Test Name), '标贯点深度' (Sounding Point Depth), '地下水位' (Groundwater Level), '粘粒含量' (Clay Content), '实测标贯击数' (Measured Sounding Blow Count), '标贯锤击数基准值' (Standard Value of Sounding Blow Count), '临界标贯击数' (Critical Sounding Blow Count), '单点液化判别' (Single Point Liquefaction Judgment), '测点所处层的厚度' (Thickness of the layer where the point is located), '单位土层厚度的固结变形系数' (Coefficient of consolidation deformation per unit thickness of soil layer), '液化指数' (Liquefaction Index), and '液化等级' (Liquefaction Grade). Specific values shown in the table include N63.5, N0, Ncr, 1.05, 6, 2.049, 0, 0, 1.145, 0, 3.533, 2.142, 0, 0, 0.856, 1, 0.171, 0, 0, 0, 0, 0.171, and 中等 (Medium).

图 8 砂土液化评判工具

4 结语

1) 面向水运工程领域, 基于 MicroStation 平台二次开发了 MR-Geo 水运工程地质三维设计系统,

建立专业工具集及资源库, 实现了接口数据处理、具有岩土属性信息的三维地质模型生成、图纸输出、成果计算分析等主要功能。 (下转第 237 页)