安 庆 城 市 防 洪 暨 堤 防 管 理 系 统

堤防工程安全评估与决策支持软件子系统

Safety Assessment and Decision Support Sofeware System of Dike

（版本 1.0）

SADSS

系 统 使 用 手 册

中国水利水电科学研究院防洪减灾研究所

水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心

二〇〇二年 七 月

前 言

目前，水利部正在推进以信息化带动水利现代化战略，目的在于利用高科技手段提高防洪减灾决策水平。要减少高水位期防汛抢险的紧张程度，提高堤防工程的防洪能力，就要从堤防的安全评价做起，尽管这是今后相当长时期内的艰巨任务，但该系统的开发将为工程技术和管理人员进行堤防的安全管理和评估提供新的决策依据。同时，系统采用确定性数学和非确定数学相结合的方法对堤防工程进行综合评价，这将有助于传统经验型的堤防安全评价和管理方法向预测型的风险管理体系转变。堤防工程安全评估与决策支持软件子系统建设是加强非工程防洪减灾措施的重要内容。

该子系统主要分为三大模块：工程风险分析与展现、边坡稳定分析、渗透稳定分析。系统采用 Visual Basic6.0 作为开发语言，数据管理采用数据库技术。考虑到用户需求，所开发的系统力图达到简单实用、操作简便。基于安庆江堤五十余个典型断面的数据资料，系统可实时地分析堤防在不同的洪水位下发生失稳的风险水平，提交全堤段的动态风险图。进而按照一定的标准和规则将堤防工程的区段划分为不同的安全等级，并根据不同的分析成果，系统从已有的预案库中提出相应的加固整治措施或防范对策。

该**系统使用手册**主要包括系统的基本特点、系统运行环境及硬件配置、系统操作说明等，便于用户尽快熟悉并使用软件系统。与该系统相关的还有：

系统开发手册主要内容包括计算实例和计算成果的说明、计算程序的输入变量和子程序功能说明等。便于用户尽快熟悉系统功能，并对程序进行校核和变动参数比较分析。

系统计算原理主要内容包括各种计算模型的原理和算法说明。用于高级用户尽快熟悉系统计算原理和功能，有利于用户自行处理系统运行中的问题。

系统计算程序的开发：

吴兴征 张金接 丁留谦

开发辅助人员：

孙东亚 赵进勇

联系人及方式：

e-mail:: xingzhengwu@yahoo.com.cn

目　录

1. 系统的基本特点 1
2. 系统的主要功能 1
3. 系统运行环境 3
4. 系统的安装 4
5. 系统的启动 4
6. 系统的图形用户界面 4
6.1 堤段网格剖分 5
6.2 堤段渗流分析 7
6.3 堤段稳定分析 8
6.4 堤段风险分析 10
6.5 全堤段风险展现 11
6.6 全堤段安全评估统计图形及报表输出 13
7. 系统菜单及主要功能介绍 16
7.1 文件菜单 16
7.2 编辑菜单 16
7.3 视图菜单 17
7.4 工具菜单 17
7.5 帮助菜单 17
8. 有关风险分析和加固预案的特殊说明 18
9. 主要参考文献 18

1. 系统的基本特点

技术的先进性：采用现代程序设计技术和方法，并尽可能地跟踪当前计算机发展的流行趋势。比如采用先进的数据库引擎和 ODBC（开放的数据连接）标准和具有 Windows 界面的计算机辅助评判技术。其中在堤防风险分析计算原理及成果的全堤段展现等很多技术都是在行业应用软件中首次使用。

系统具有友好流畅的界面和易使用性：在数据输入与更新维护、图形编辑等方面系统均具有较为良好的用户界面，不但系统简单易学，而且可提高计算分析的水平和效率。计算分析所需的基本资料、计算成果能够方便地在屏幕上输入或查询，在条件变更的情况下，系统可提供便利的手段以利于用户随时修改计算方案，易于进行变动参数比较分析。

系统运行的稳定性、可靠性、易维护和易扩展性；测试和多项工程使用的结果表明，本系统的运行稳定、可靠，可以用于生产。

系统的完整性：采用确定性数学和非确定性数学从不同的研究角度提交计算成果；实现了与 GIS 系统的有效链接，从而形成了能够满足专业特点的进行数据、文本和图形处理的“大系统”，完成堤防从设计到安全管理乃至预案提交等所有生产程序；包容了多个范畴的专家知识、公认经验，规范、规程的有关规定。

2. 系统的主要功能

从服务器数据库中获取有关的工情数据（堤段剖面、材料组成、土工参数、技术标准等）。

对选定堤段进行滑动稳定分析和渗透稳定分析。

对选定的断面进行可靠度分析和风险评估。

根据不同堤段安全复核的结果，对该堤段的运行安全性做出评价并提交加固预案。

进行全堤段的稳定分析、风险展示、报表提交。

通过系统接口，将计算分析的成果传输到 Web 发布子系统。

图 1 给出系统的主要功能模块示意。图 2 给出系统开发的主要思路。

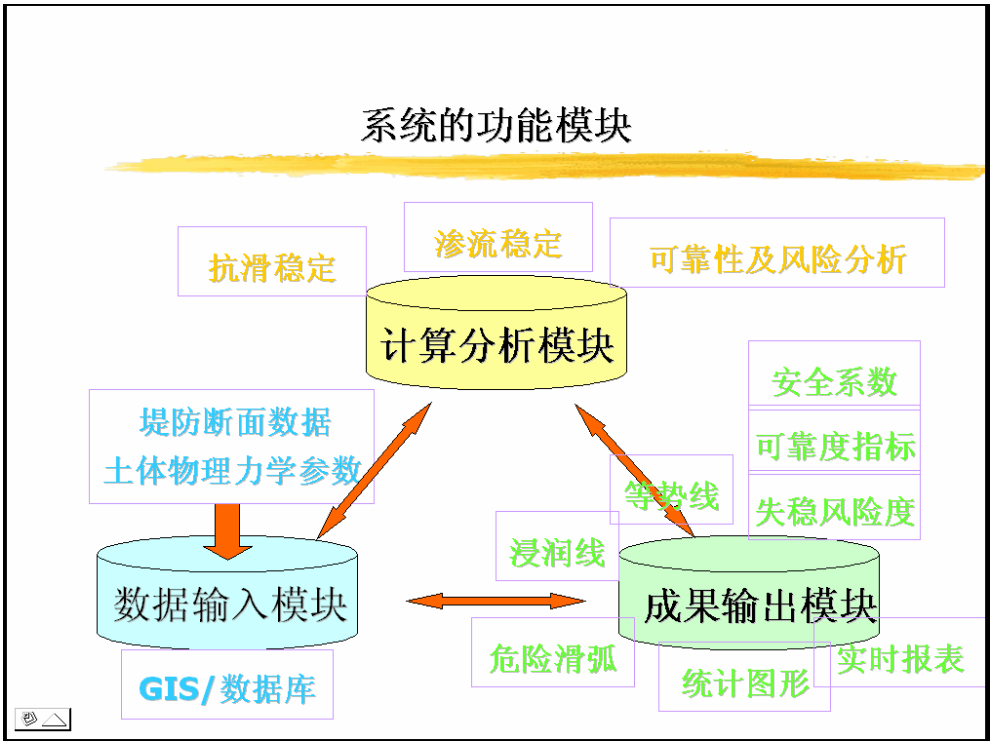

图 1 子系统的主要功能模块

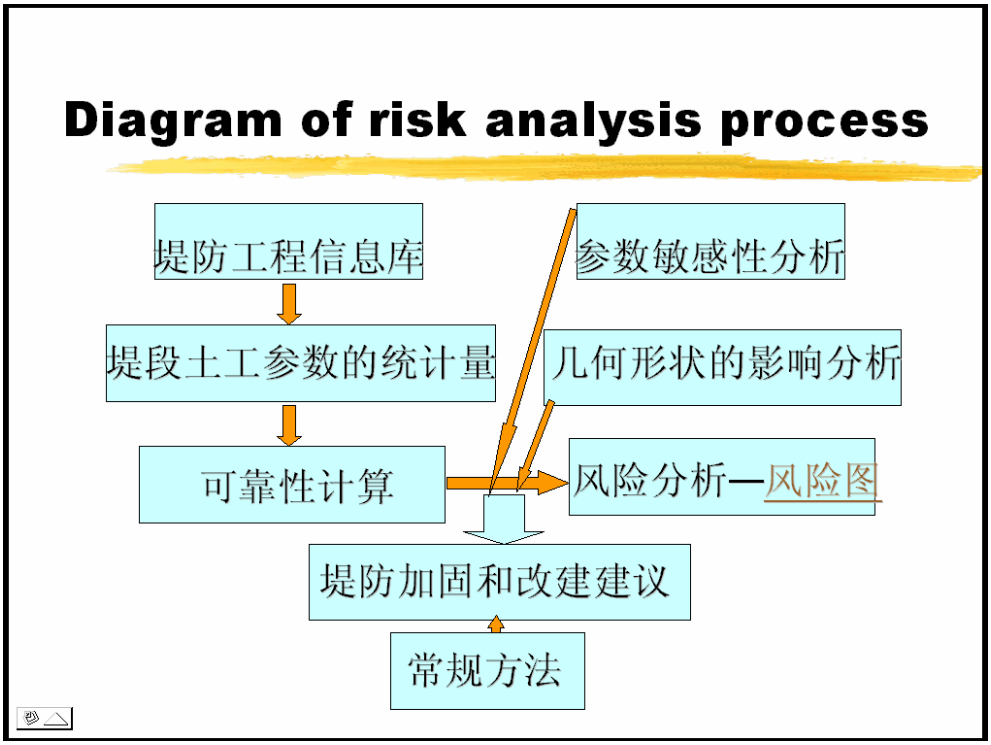

图 2 子系统的开发思路

3. 系统运行环境

根据系统总体设计要求，整个城市防洪暨堤防管理系统采用客户/服务器结构，该子系统将安装在服务器端，客户端可以利用属性数据库进行数据处理、分析、查询。并能实时生成报表、图表等结果，实现实时查询服务。其硬件设备包括服务器、打印机等。

系统运行的操作系统平台为中文 Windows 9.x/NT，核心计算分析程序和图形用户界面的开发语言均采用 Visual Basic6.0。

程序设计中采用模块化运行结构，各执行模块，采用选项卡控件方便地切换运行。系统模块间的数据传递采用数据库方式实现，同时子系统提供与 Web 发布系统的接口。

4. 系统的安装

由于堤防工程风险子系统是作为防洪指挥决策支持系统的一个组成部分。因此，子系统可方便地通过点击大系统的安装界面中的选项进行安装。此外，也可自行安装。

5. 系统的启动

SADSS 应用子系统的启动可以采用两种方式：通常情况下，用户可以从安庆城市防洪暨堤防管理系统主界面的风险分析菜单进入该应用子系统。此外，用户还可以通过点击执行程序图标，直接进入 SADSS 子系统的启动界面。

系统的启动界面如图 1 所示：

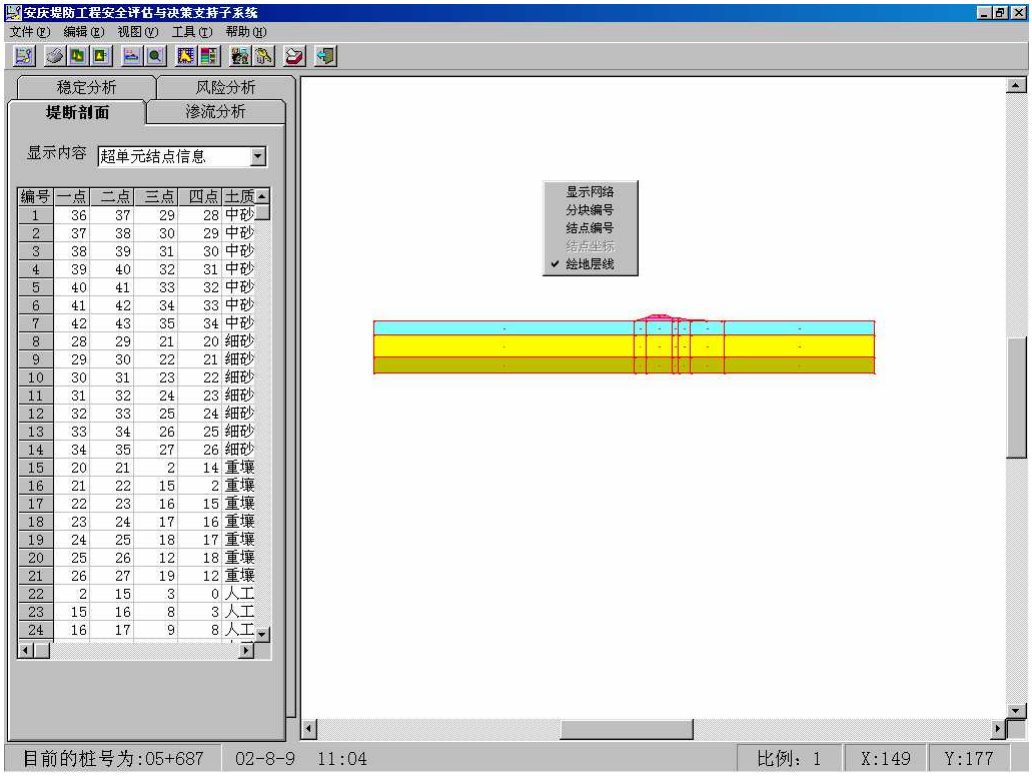

图 3 系统启动界面

（堤防断面显示，点击右键可以显示网格、分块编号、结点编号、地层线等信息）

6. 系统的图形用户界面

系统的初始图形用户界面如图 3 所示。

图形用户界面包括：菜单栏、工具条、快捷方式、状态栏、工作区等。工作区分为两个部分，左边为用户输入工作区，右边为图形显示工作区。用户输入工作区用于显示控制、计算模式选择等；图形显示工作区用于实时显示堤身断面信息、抗滑稳定和渗透稳定分析成果、风险分析成果。用户输入区的数据输入采用表格的形式输入，输入后的数据可以随时增加、删除与修改。对于用户输入区的数据输入，图形显示区将予以同步显示。在可靠度计算和风险分析时，由于涉及的数据录入和成果展示的内容相当多，通过点击命令按钮的方式实现数据输入和图形显示。

图形显示区所显示的图形，可以随意缩放显示，并可输出选中的图形区域。用户可以方便地通过点击鼠标右键进行显示和输出控制。对于图形显示区内的光标位置，状态栏上可给出坐标数值。

6.1 堤段网格剖分

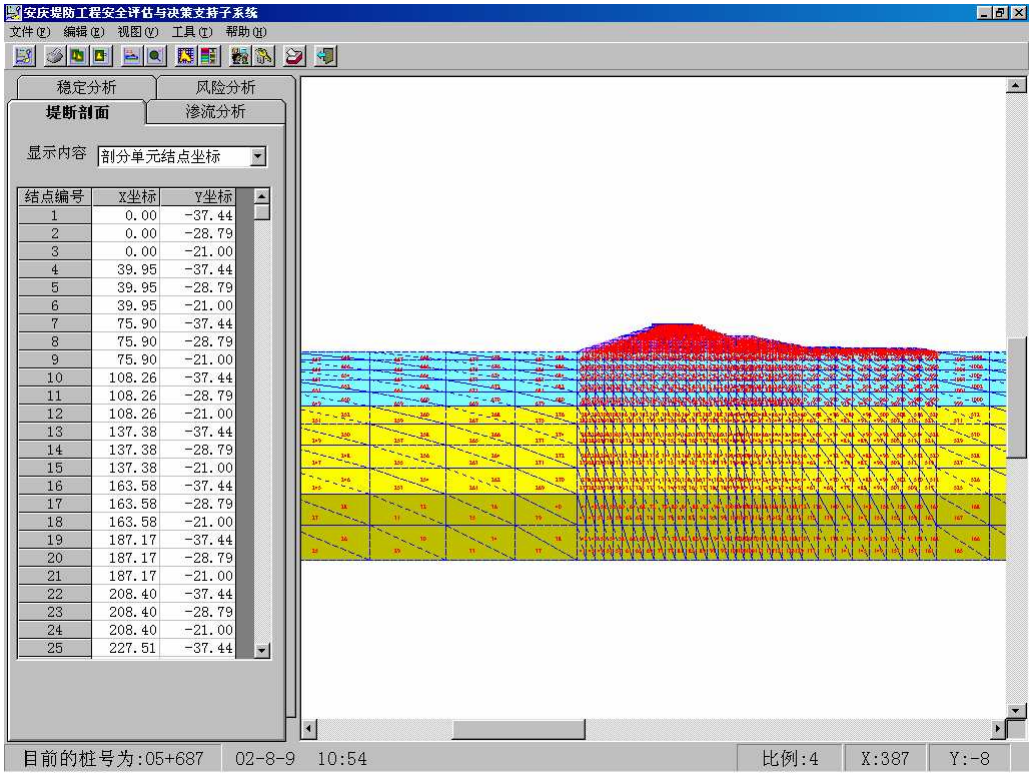

图 4 堤防断面单元和结点信息显示

堤防断面以不同颜色标识的坝体不同材料分区。由此，堤身和堤基不同的材料组成可以非常醒目地观察出来。图 4 中给出堤防网格剖分后节点和单元编号情况，左侧的数据表可进行输入数据检查和修改。

6.2 堤段渗流分析

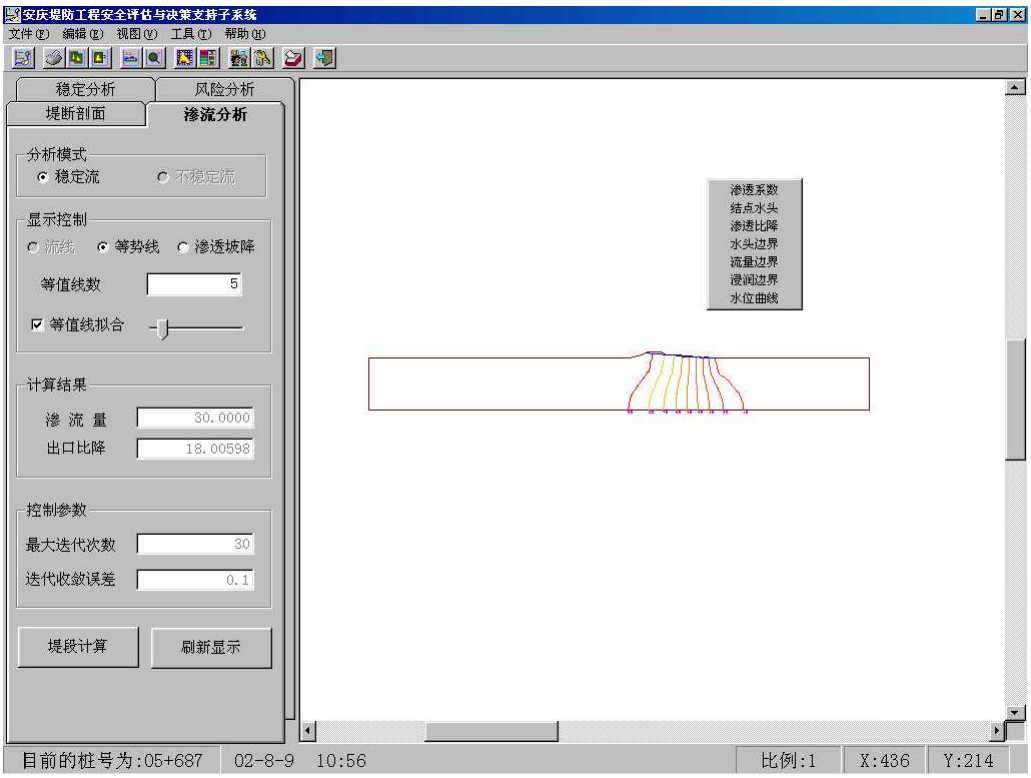

图 5 渗流计算得到的等势线

（点击右键可显示渗透系数、结点水头、渗透比降、边界条件和非稳定渗流水位降落曲线）。图 5 给出堤防在某洪水位下的浸润线和等势线情况。

6.3 堤段稳定分析

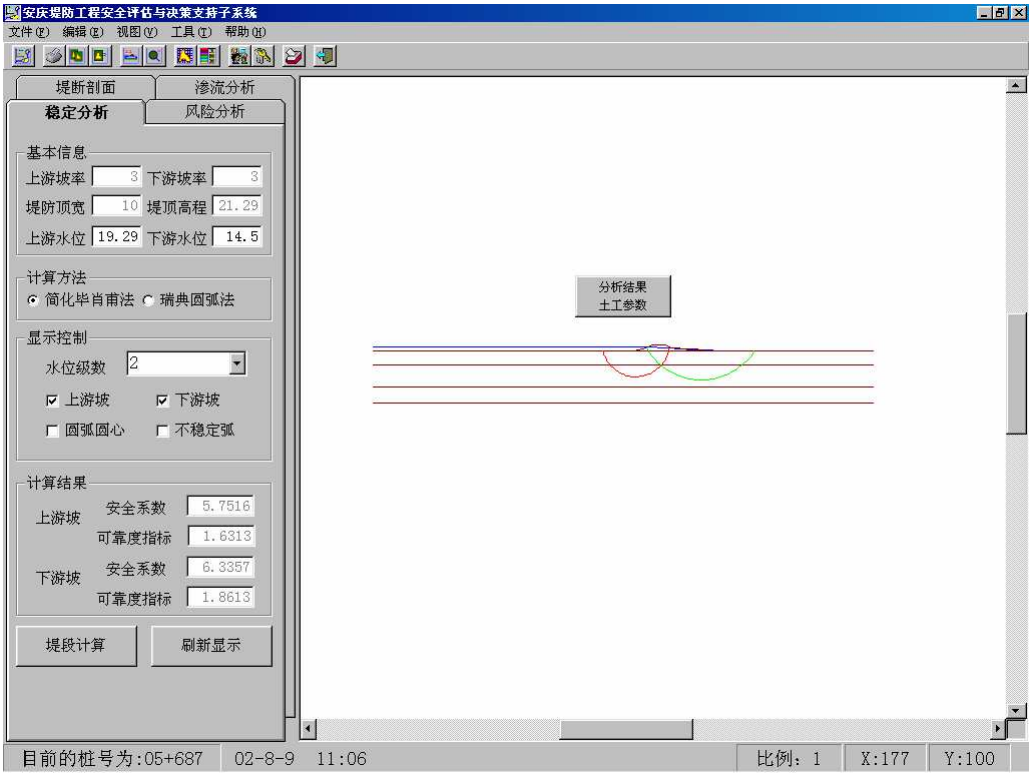

图 6 稳定分析的主界面

对于当前的堤防桩号，可采用简化毕肖普法或瑞典圆弧法对边坡进行极限平衡稳定分析，系统将显示出该堤段在不同级水位下，上游坡和下游坡的滑动安全系数及相应的可靠度指标。通过选择显示控制按钮，可给出不同级水位下堤体最危险滑裂面位置及相关信息。该图是同样可进行放缩及复制等。系统也可以通过对话框，输入实时的上游水位，进行该堤断的稳定分析。

（点击右键可显示分析结果、土工参数）

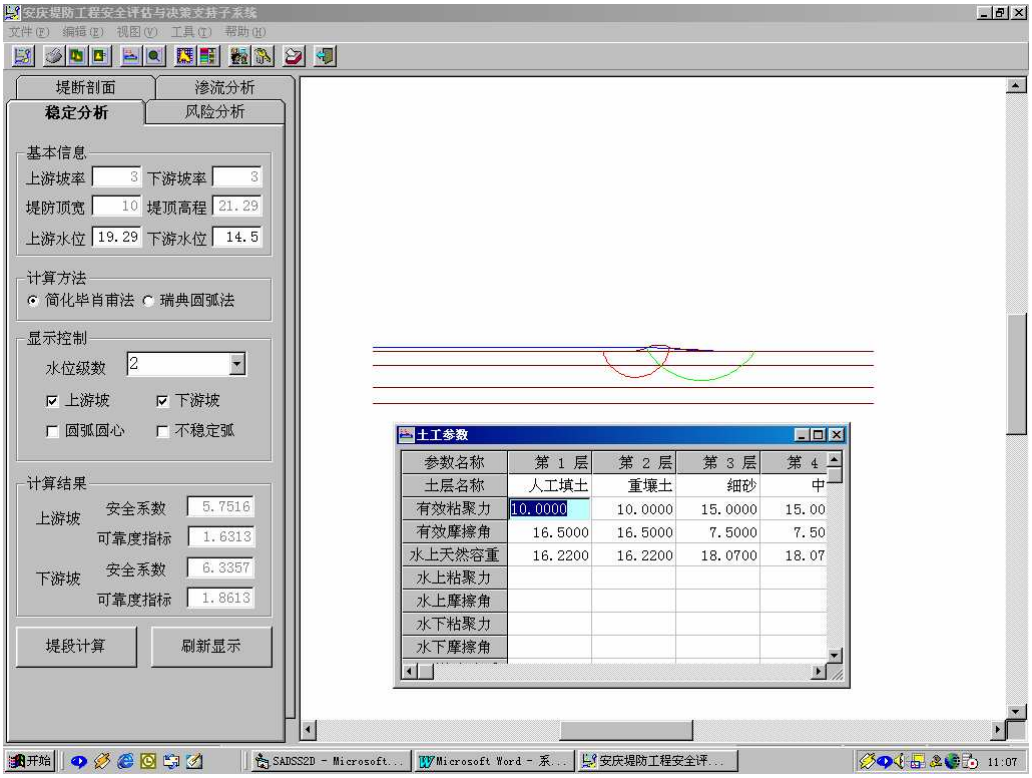

图 7 土工参数的更新

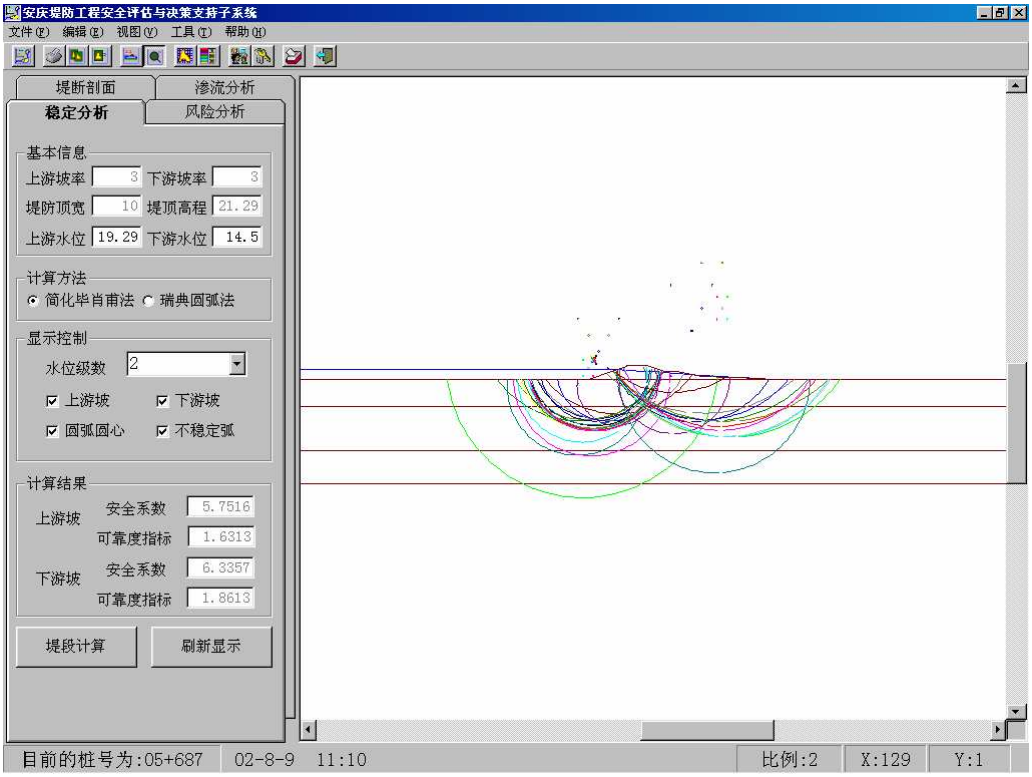

图 8 圆弧信息显示

此外，可以修改上下游设计水位，实时地计算堤段稳定分析。（采用二分法寻找最危险圆弧，图中给出所有的计算滑弧）。

6.4 堤段风险分析

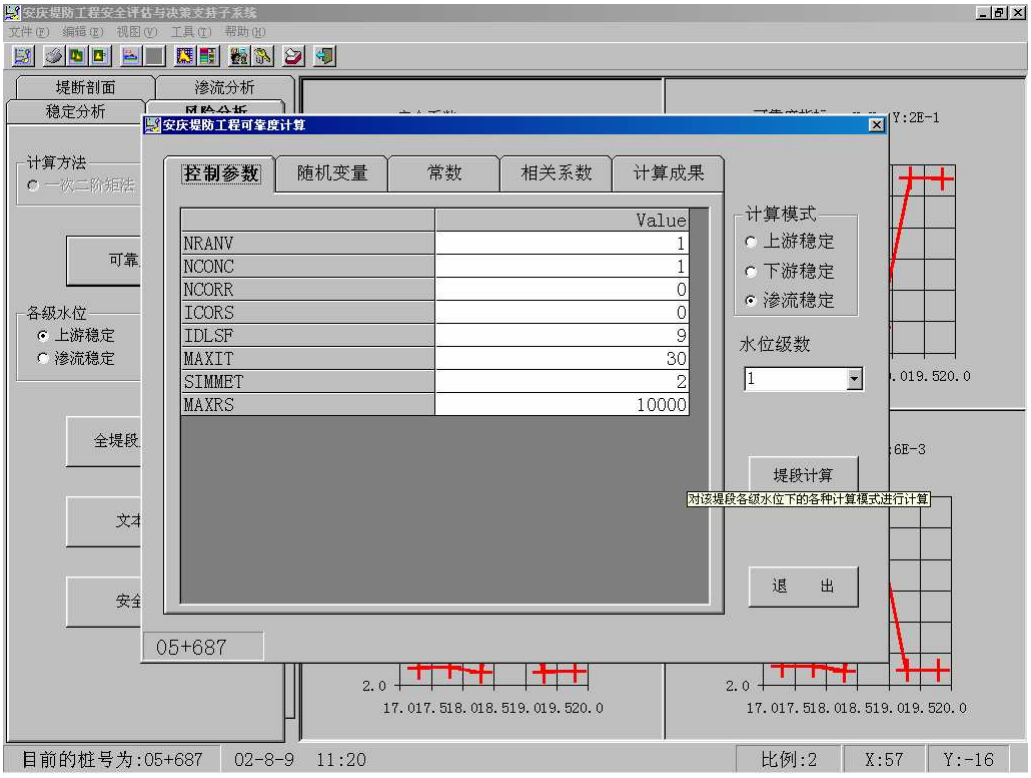

图 9 堤段可靠度计算的主界面

（控制参数、随机变量、常数、相关系数、计算成果等，可以对输入数据进行实时更新）

系统采用 Monte Carlo 法对不同水位下堤段的上游稳定、下游稳定和渗透稳定等计算工况进行可靠度分析。随机变量的抽样方法可采用重要取样法和直接取样法，随机变量的分布类型可以有十余种选择。

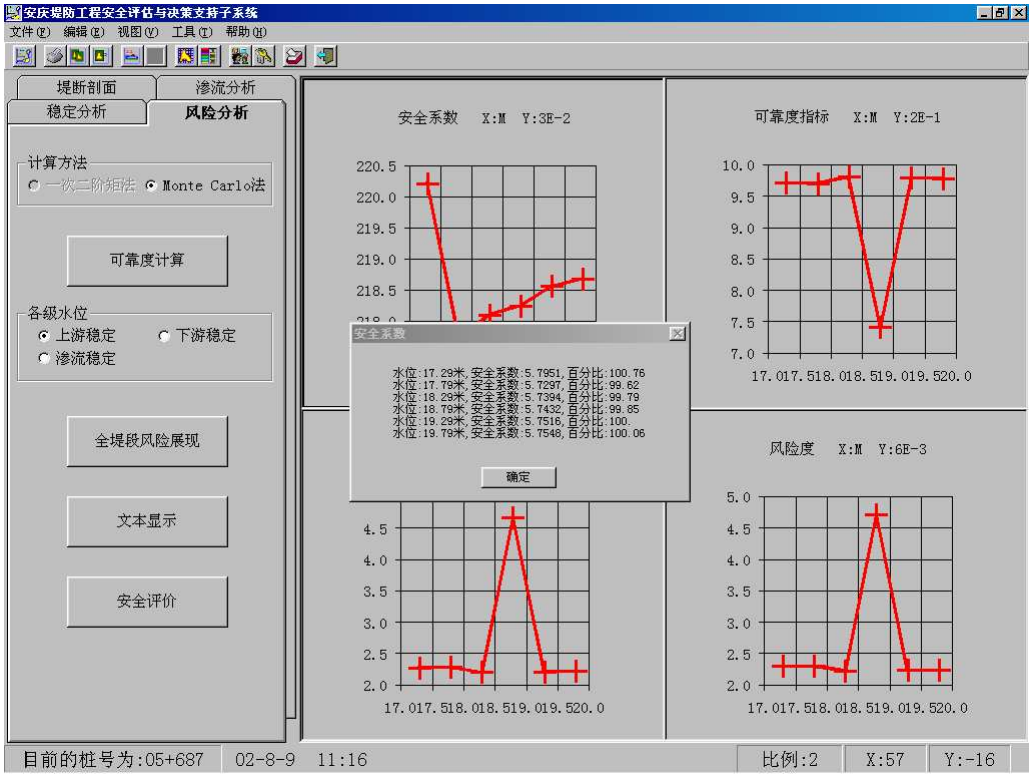

图 10 堤段各级水位下计算结果显示

（上游稳定、下游稳定、渗透稳定三种工况下的四项评估指标，点击鼠标右键可以显示具体的计算结果以及与设计水位下计算值的百分比）

6.5 全堤段风险展现

对于某段堤防，除某一典型桩段进行风险分析与横向展示外；系统可以在 GIS 电子地图上进行全堤段的平面展示。此外，还可以根据用户的需求，沿堤轴线方向进行堤段的分析成果和基本资料的纵向展示。

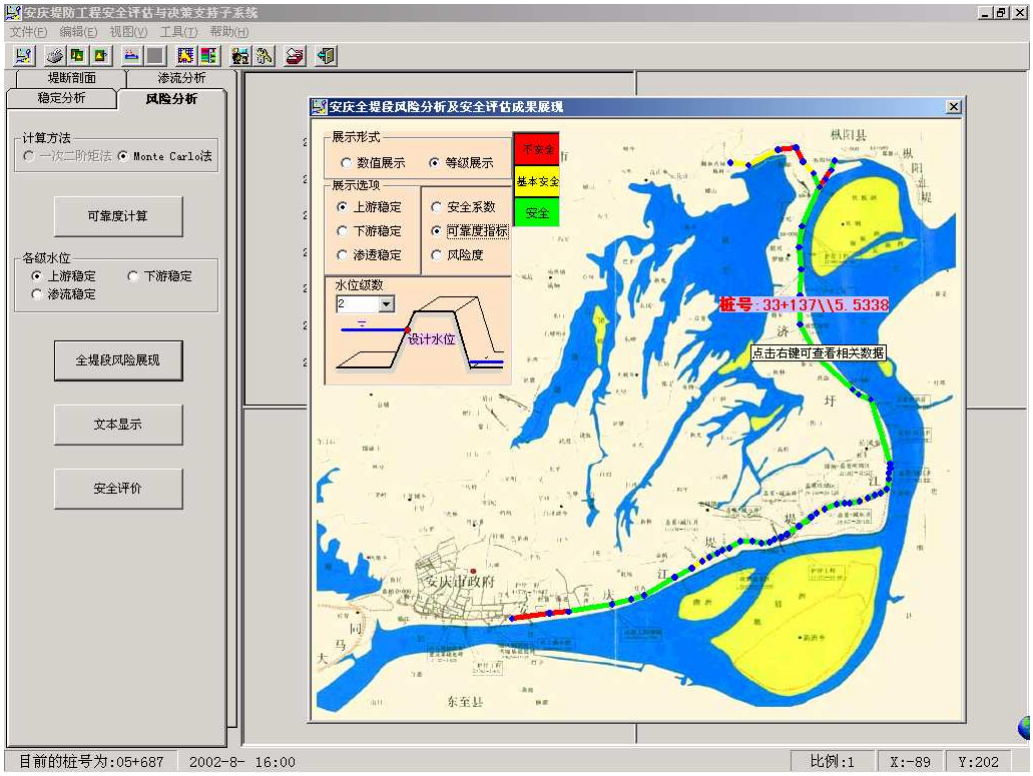

图 11 全堤段风险展现（按照计算数值）

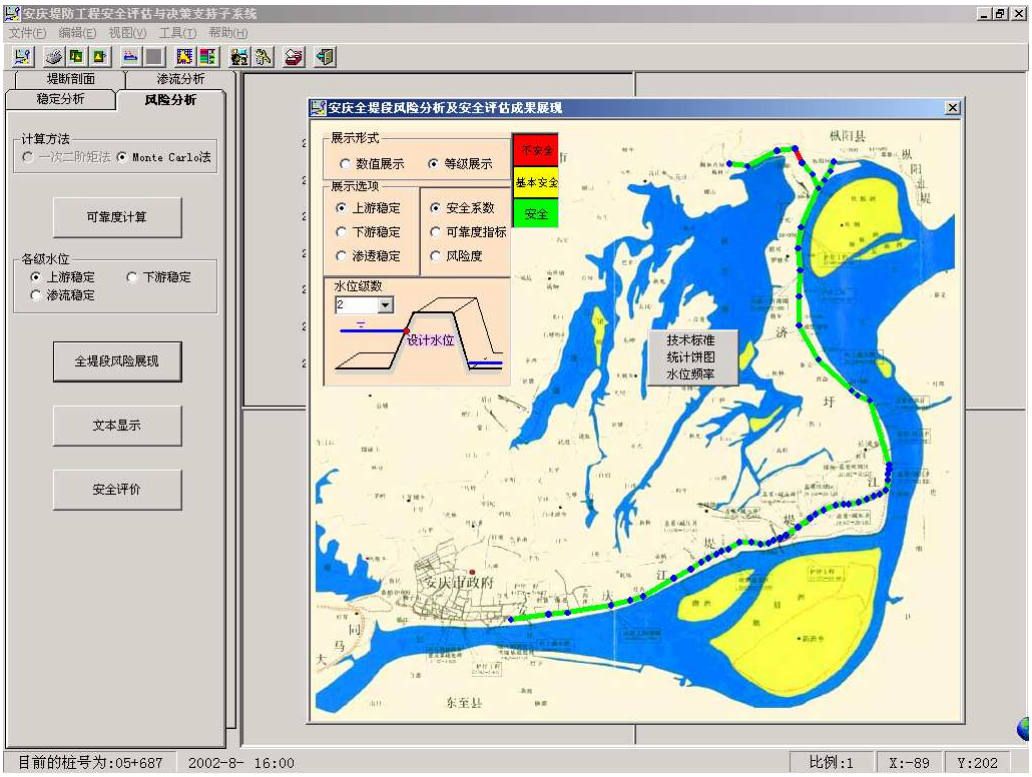

图 12 全堤段风险展现（按照安全等级）

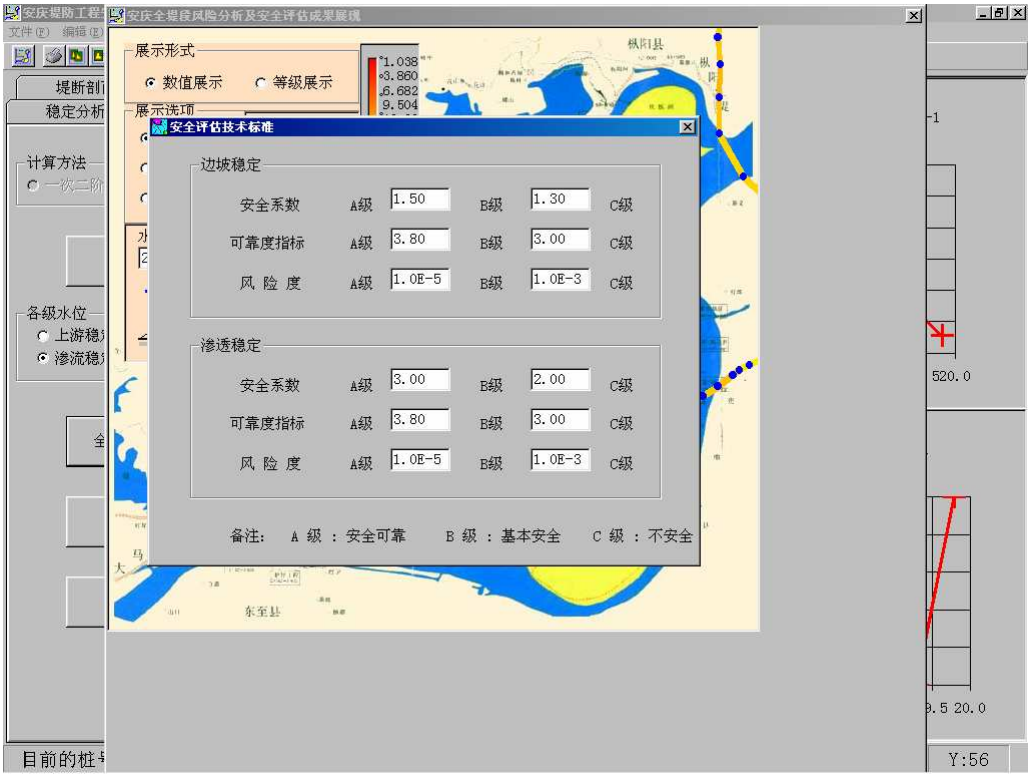

图 13 根据用户需要可以随时修改技术标准

6.6 全堤段安全评估统计图形及报表输出

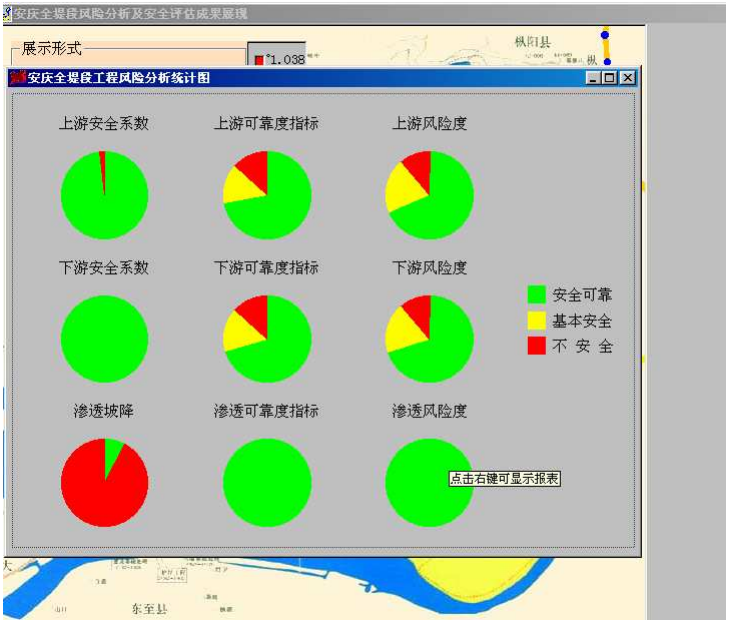

图 14 不同计算模式下全堤段安全评估成果统计饼图

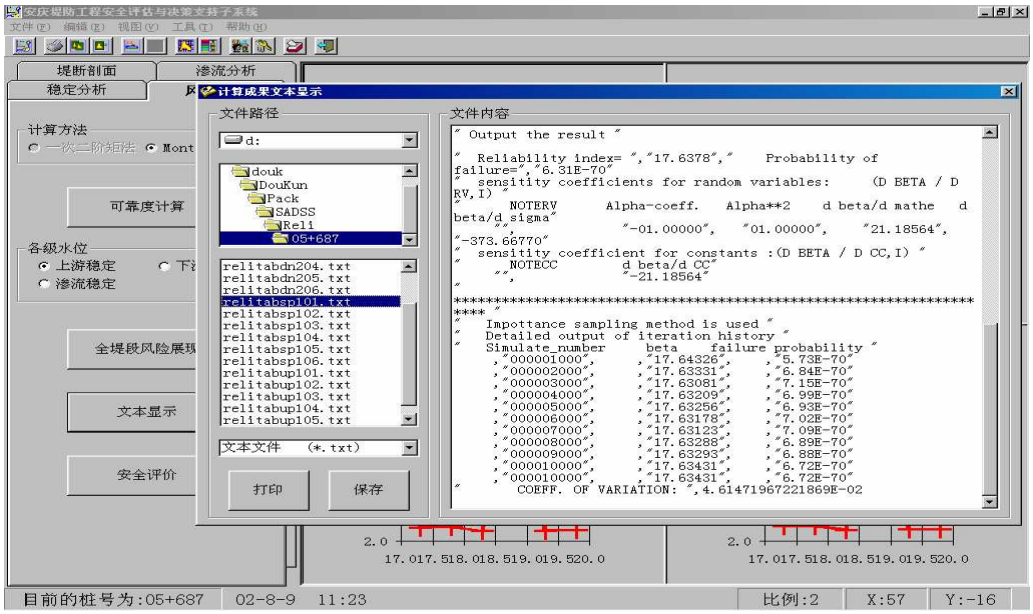

图 15 计算成果的文本文件显示

用户同样可以通过点击“文本显示按钮”显示各堤段计算得到的各种计算分析成果，一旦用户发现执行程序运行出错，可以通过查看 check.txt 文件检查出错原因。

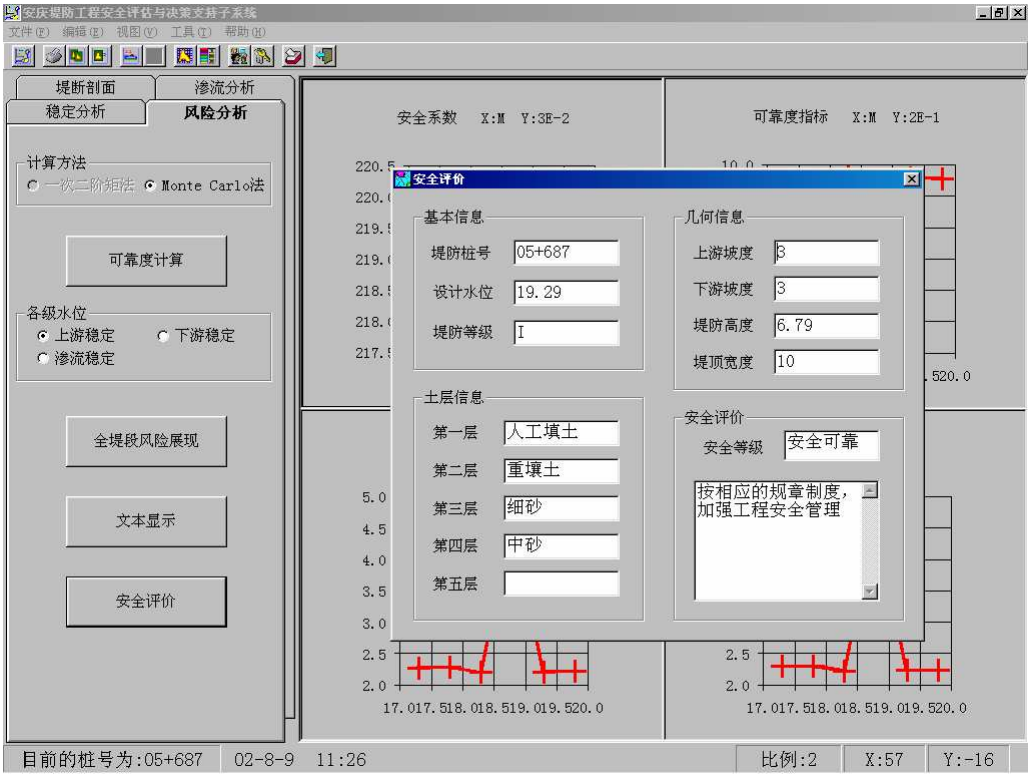

图 16 安全评价信息

点击“安全评价”按钮得到堤防安全评价的信息。

上游稳定	安全系数			可靠度指标			风险度		
等级类型	A级	B级	C级	A级	B级	C级	A级	B级	C级
堤段长度/M	40405	0	800	29765	5970	5470	28315	8220	4670
百分比/%	98.06	0	1.94	72.24	14.49	13.28	68.72	19.95	11.33

下游稳定	安全系数			可靠度指标			风险度		
等级类型	A级	B级	C级	A级	B级	C级	A级	B级	C级
堤段长度/M	41205	0	0	29065	6670	5470	28865	7670	4670
百分比/%	100	0	0	70.54	16.19	13.28	70.05	18.61	11.33

渗流稳定	安全系数			可靠度指标			风险度		
等级类型	A级	B级	C级	A级	B级	C级	A级	B级	C级
堤段长度/M	0	0	41205	41205	0	0	41205	0	0
百分比/%	0	0	100	100	0	0	100	0	0

上游稳定	安全系数			可靠度指标			风险度		

图 17 堤段风险分析简明报表

桩号	水位级数	上游水位	下游水位	溢出水位	安全系数	可靠度指标	失稳概率	风险度
05+687	1	19.79	14.5	15.65	5.7548	1.6304	.051505	.012778
05+687	2	19.29	14.5	15.45	5.7516	1.6313	.051413	.012755
05+687	3	18.79	14.5	15.25	5.7432	1.2345	.10852	.026922
05+687	4	18.29	14.5	15.05	5.7394	1.6338	.051152	.01269
05+687	5	17.79	14.5	14.85	5.7297	1.6169	.052953	.013137
05+687	6	17.29	14.5	14.75	5.7951	1.6181	.052816	.013103
08+687	1	19.79	14.5	15.65	4.8478	1.6304	.0515	.0128
08+687	2	19.29	14.5	15.45	4.8456	1.6313	.0514	.0128
08+687	3	18.79	14.5	15.25	4.2607	1.2344	.109	.0269
08+687	4	18.29	14.5	15.05	4.8368	1.6338	.0512	.0127
08+687	5	17.79	14.5	14.85	3.2557	1.6169	.053	.0131
08+687	6	17.29	14.5	14.75	3.2579	1.6181	.0528	.0131
09+387	1	19.68	14	15.35	13.0731	5.1599	.000000123	.0000000306
09+387	2	19.18	14	15.05	13.5161	5.0497	.000000221	.0000000548

图 18 堤段风险分析综合报表

针对不同的计算工况，生成风险分析简明报表和综合报表。

系统可以通过修改堤防土工参数和边界条件等输入数据进行不同加固方案的比较分析。

7. 系统菜单及相应功能介绍

如图 2 所示，系统的主菜单主要有以下几部分组成：

- 文件
- 编辑
- 视图
- 工具
- 帮助

在系统主菜单的下面，是快捷方式工具栏，当用户将鼠标移至快捷方式的图标上，并作短暂停留时，系统将自动给出该快捷方式的功能说明。

7.1 文件菜单

此菜单项下包括以下几部分内容：

- 打开
- 打印选择
- 退出

对于每一种计算模式，堤坡稳定和渗流分析主要针对某一堤段进行，打开菜单用于选择考察的桩号。当用户完成全堤段的计算分析后，打印选择选项用于控制输出堤段的安全评估报表。

7.2 编辑菜单

此菜单项下包括以下几部分内容：

- 复制
- 输出

复制和输出操作主要用于边坡稳定分析和渗流计算的图形，通过矩形框包围的方法选取，输出到粘贴板或文件中。

7.3 视图菜单

主要包括：

- 显示坐标系
- 显示色标

显示坐标系主要用于显示网格剖分、稳定分析、渗流计算下坐标值的范围。显示色标主要用于控制颜色标尺在图形中的显示。

7.4 工具菜单

工具菜单包括

- 用户维护
- 修改口令
- 全堤段稳定分析
- 全堤段可靠度计算
- 全堤段渗流计算

用户维护主要用于该系统的不同使用用户之间进行用户名和口令的更新与维护。修改口令主要用于用户更改进入系统的口令。

7.5 帮助菜单

帮助菜单包括：

- 索引
- 显示日积月累
- 关于 SADSS

索引中包括了系统使用手册、系统计算原理、系统开发手册、堤防工程设计规范、大坝安全评价导则以及防汛抢险基本常识等内容。通过这部分的帮助信息，用户可以随时查阅操作中的问题并可以很快地熟悉系统的使用。在帮助信息的编排上，系统采用了超文本连接的方式，使用户在查阅相关资料时可以像翻阅网页时一样方便。显示日积月累则是该系统的一些相关使用和操作指南的信息。关于 SADSS 是关于子系统的版本说明和联系方式。

8. 有关风险分析和加固预案的特殊说明

参照水库大坝安全评价导则，该系统进行堤防安全等级划分时采用了如下的标准和规则：安全性指标均达到 A 级的，安全等级为 A 级；安全性指标达到 A 级和 B 级的，安全等级为 B 级；安全性指标中有一项（含一项）以上是 C 级的，安全等级为 C 级。各项安全性指标中有一至二项是 B 级，其余的均达到 A 级，且堤防的工程质量及运行管理优良的，可考虑将其定义为 A 级堤防。

受灾害破坏后长期以来仅凭经验主观地判断修复加固的方法。加固或修复以后常常有三种效果：一是措施得当，满足要求；二是措施过头，造成浪费，并有可能影响建筑物的使用功能或使用时间；三是措施不足，致使受损结构承载能力仍然不足，留下安全隐患。系统的计算分析可以科学地诊断结构的安全程度并确定其承载能力，进而可合理地加以修复加固。

当堤防安全等级为 B 级和 C 级时，系统会自动根据计算结果从预案库中找出相应的加固预案。目前，系统中的预案主要有（待扩充与完善）：

预案一：加强江水位、堤身沉降及河床冲淤变化的观测，堤防上游坡及护岸进行加固。

预案二：修建堤脚平台，加强盖重防护。

预案三：加强管涌观察或减压井观测，对堤基进行防渗加固。

9. 主要参考文献

Wu Xingzheng, Zhang Jinjie, Ding Liuqian. Structure Risk Analysis with Slope Stability and Seepage of Dike at High Flood Level. International Association for SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FLOOD DEFENCE. 2002.

Wu Xingzheng, Ding Liuqian, Sun Dongya. Research on Probabilistic Design Method of Flood Defences. International Association for SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FLOOD DEFENCE. 2002.

吴兴征 丁留谦 张金接 防洪堤的可靠性设计方法探讨. 水利学报. 2002.

中华人民共和国行业标准 水库大坝安全评价导则 SL258-2000.