

井筒安全评价与破裂预测系统

许延春¹, 倪兴华², 刘瑞新², 张刚艳¹

(1. 天地科技股份有限公司, 北京 100013; 2. 兖矿集团有限公司, 山东 邹城 273000)

摘要: 以兖矿集团井筒破裂防治为例, 编制了立井安全评价与破裂预测系统和相应软件, 已应用于杨村矿井筒破坏防治。

关键词: 井筒; 安全评价; 破裂预测系统

中图分类号: X913.4; TD7 **文献标志码:** B **文章编号:** 0253-2336(2006)07-0069-03

Safety assessment and breaking prediction system of mine shaft

XU Yan-chun¹, NI Xing-hua², LIU Rui-xin², ZHANG Gang-yan¹

(1. Tiandi Science and Technology Company Ltd., Beijing 100013, China;

2. Yanzhou Coal Mining Group Corporation Ltd., Zoucheng 273000, China)

Abstract: Taking the mine shaft breaking prevention and control in Yanzhou Coal Mining Group as an example, the paper has made the safety assessment and breaking prediction system and related software of the mine shaft. The system and the software had been applied to the mine shaft breaking prevention and control of the mine shaft in Yangcun Mine.

Key words: mine shaft; safety assessment; breaking prediction system

1 概述

相关研究表明, 井筒破裂的机理主要是: 矿井开采疏降松散地层底部含水层, 造成含水层水位持续幅度下降, 引起松散层压缩, 在井壁内形成附加压应力, 导致井壁破裂^[1]。井筒突发破坏不仅对矿井安全形成很大威胁, 同时造成严重的经济损失。我国已在厚松散层中建设了500多个井筒, 这些井筒是否破裂需要评价和预测, 以便指导采取合理防治措施, 以减少经济损失, 确保提升安全。

兖州矿区安全评价与破裂预测系统软件包是以兖州矿区井筒破裂防治为例, 集井筒基本情况资料收集和管理、井筒变形和地面沉降等实测资料分析和归纳以及井筒变形破裂的分析评价和预测等功能为一体的综合性软件。

2 软件的主要功能

软件的主要功能如图1所示。

2.1 矿井基本情况信息管理

矿井基本情况是软件包主界面的第一个菜单, 这部分的主要目的是建立各矿相关井筒的基本资料库。功能包括: ① 矿井情况。矿井采掘平面综合柱状图和剖面图、钻孔水位台账、气象资料台账、矿井基本情况。② 井筒破坏与治理情况。井筒基

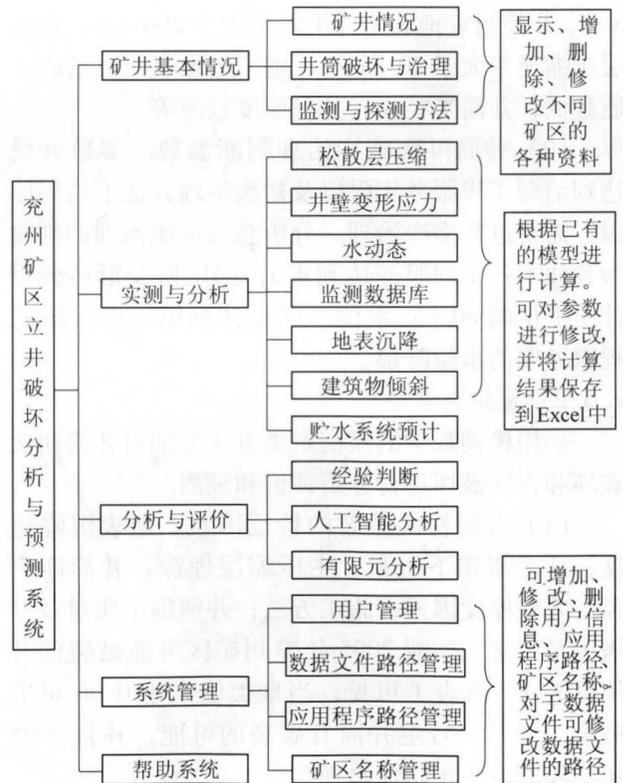


图1 系统功能模块

本情况、井筒破坏治理情况、井筒安全监测情况、井筒剖面图结构表、井筒应力应变表、井筒地层表。③ 监测与探测方法。地层压缩、地层水平移

动、卸压槽变形应力、建筑物倾斜、工业场地地形沉降等内容。

2.2 实测资料的分析与处理

“实测资料的分析与处理”是软件包主界面的第二个菜单。实测与分析具体菜单目录项有：松散层压缩、井壁变形应力、水动态、监测数据库、地表沉降、建筑物倾斜、贮水系数预计等。可根据实测结果得出回归方程等经验公式。

2.3 理论分析评价与预测

井筒分析评价与预测是软件包主界面的第三个菜单，这部分的主要作用是运用经验判断、模糊数学分析、神经网络分析、有限元分析等手段，对井筒的安全状况进行评价，对破坏可能性进行预测。

2.3.1 经验判断的标准

通过对井筒破坏实例进行研究，分别提出立井初次破裂和再次破裂的判断标准。

(1) 井筒初次破裂判断。松散层厚度大于90 m；埋深大于90 m的含水层具有持续多年的水位降，一般持续时间大于5 a，水位降速大于0.5 m/a；井筒附近地表累计沉降量大于200 mm；松散层压缩速率大于20 mm/a；施工记录表明井壁施工质量低；井筒半径大；井壁厚度较薄等。

(2) 井筒再次破裂治理判断参数。多数井筒达到治理工程服务年限以及初次治理方法不当等原因，需要进行多次治理。分析总结再次治理的判断参数如下：工程服务达到4 a；卸压槽变形达到设计压缩量的80%；水位下降量达到第一次治理工程服务期的水位降幅。

2.3.2 模糊数学分析

采用模糊数学的模糊聚类方法分别对井筒初次破裂和再次破裂进行分析评价和预测。

(1) 井筒初次破裂的特征因素。地表沉降速度；地表累积下沉量；主压缩层埋深；井筒净直径；井壁厚度因素；施工方法；井壁施工质量及井塔重量因素。预测2005年兖州矿区可能破裂的井筒见表1。由表1可见，当聚类值大于0.06可能破裂，济宁三号主井筒有破裂的可能，并且2005年已经安排了预防性治理。

(2) 井筒再次治理的评价特征因素。由于井筒初次治理后，松散层继续疏水压缩，井壁持续变形，因此多数井筒需要进行再次治理。通过研究确定评价特征为：井筒直径；松散层厚度；本次治理期间的水位降；卸压槽压缩率；是否多处破坏；服

务年限率；治理方式；松散层压缩速率。

表1 2005年兖矿集团井筒破裂可能性评价

矿名	聚类评价价值	评价结果
东滩矿主井	0.057	不破裂
东滩矿北风井	0.062	可能破裂
东滩矿西风井	0.052	不破裂
北宿矿主井	0.055	不破裂
北宿矿西风井	0.073	可能破裂
南屯矿混合井	0.049	不破裂
南屯矿主井	0.045	不破裂
南屯矿副井	0.047	不破裂
济三号主井	0.055	不破裂
济三号风井	0.054	不破裂
济二号主井	0.057	不破裂
预计济三主井1	0.059	不破裂
预计济三主井2	0.066	可能破裂
预计济三主井3	0.069	可能破裂
预计东滩矿西风井	0.064	可能破裂

预测2005年底需要再次治理的井筒及评价结果见表2。已经破裂的井筒，其聚类评价价值均大于0.100，在评价的井筒中，预计杨村矿主井、兴隆庄矿主井及西风井在2005年有再次破裂的可能。

2.3.3 神经网络分析

人工神经网络(Artificial Neural Network)是基于现代生物学研究人脑组织的成果基础上，用大量简单的处理单元广泛连接组成的复杂网络，有模拟人类大脑的学习、记忆、推理和归纳等功能，该次计算选择BP模型。取井筒初次破裂的特征因素，以兴隆庄矿井筒为例，评价预测见表3。表3为从1996年开始到2002年的井壁状况预计结果。计算结果接近1则越可能破裂。可见1996年西井筒破坏；1997年东风井井壁发生破裂，与实际情况相符合。预测2001年主井井壁将发生破裂，副井井壁在2002年破裂。表明兴隆庄矿于1998年对主、副井预防性治理是十分必要的。

2.3.4 专用有限元分析^[2]

专用有限元软件可模拟疏水引起土层三维固结过程，土层变形、沉降对井壁作用影响的空间轴对称模型的较合理的数学模型，不仅可模拟分析疏水导致土层固结压缩对井壁的作用影响，还可以模拟分析井壁开卸压槽、地层注浆和套壁等治理技术措施的机理。

表2 已经破裂井筒的评价

井筒	已知结果	聚类评价值	井筒	已知结果	聚类评价值
兴隆庄矿主井第2次	破裂	0.123	兴隆庄矿西风井	可能破裂	0.120
兴隆庄矿副井第2次	破裂	0.106	鲍店矿主井	不破裂	0.065
兴隆庄矿东风井第2次	破裂	0.107	鲍店矿副井	不破裂	0.066
杨村矿北风井2次	破裂	0.105	鲍店矿北风井	不破裂	0.034
杨村矿副井2次	破裂	0.109	鲍店矿南风井	不破裂	0.033
杨村矿南风井2次	破裂	0.119	杨村矿主井	可能破裂	0.134
鲍店矿主井2次	破裂	0.120	杨村矿副井	不破裂	0.019
兴隆庄矿主井	可能破裂	0.128	杨村矿南风井	不破裂	0.033
兴隆庄矿副井	不破裂	0.084	杨村矿北风井	不破裂	0.072
兴隆庄矿东风井	不破裂	0.038	南屯矿白马河风井	不破裂	0.042

表3 井壁破裂预计结果

井筒名称	1996年			1997年			2001年			2002年		
	地表累计下沉量/mm	结果	评价	地表累计下沉量/mm	结果	评价	地表累计下沉量/mm	结果	评价	地表累计下沉量/mm	结果	评价
副井	395	2.62×10^{-12}	不破裂	449	1.26×10^{-11}	不破裂	665	7.13×10^{-3}	将破裂	719	0.997 39	破裂
主井	395	1.45×10^{-12}	不破裂	449	9.22×10^{-12}	不破裂	665	0.997 54	破裂	719	1	破裂
东风井	321	0.050 62	破裂	351	0.939 70	破裂	471	1	破裂	501	1	破裂
西风井	395	0.977 12	破裂	449	0.993 55	破裂	665	1	破裂	719	1	破裂

3 系统特点

3.1 网络功能

整个系统采用 C/S 模式, 在使用时将各种文档资料放到网络上的某一台文件服务器上, 当客户端调阅某一资料时, 该软件自动将选中的文档从文件服务器上下载到客户端并根据资料类型运行指定的程序打开资料。由于系统具有强大的网络功能, 大大方便了对井筒的安全管理。

3.2 扩充能力

系统具有很强的扩充能力。在系统设计时, 考虑到资料类型以及矿井数量和井筒数量的增加, 在系统的各级菜单中都增加了可以扩充的菜单, 可以用“增加”按钮来输入新矿名称和井筒名称。除了可以增加矿名和井筒外, 系统的各级菜单中都预留了增加各类信息的接口。通过这些增加的菜单项, 可以对目前的井筒情况资料进行更加细化的分类和管理, 也可以将以后出现的新型资料收集、管理和总结到系统。

3.3 与其他软件整合

系统的另一个显著特点是与很多常用软件能完

全无缝整合, 系统内部能直接调用和打开这些常用软件格式的文档。

例如: Word 文档、Excel 电子表格、AutoCAD 软件的 . dwg 和 . dxf 格式文件等。

兖州矿区安全评价与破裂预测系统及软件通过一年的使用, 有效地提高了井筒破裂治理工程的管理和分析评价水平。同时, 已经在杨村矿主井再次治理评价, 济宁三号矿主、副井初次破裂预测与评价中得到应用。

参考文献:

- [1] 许延春. 临涣矿区地层非采动沉降及其对井筒作用影响的研究 [D]. 北京: 煤炭科学研究总院, 1992.
- [2] 许延春. 煤矿井筒破坏主要治理措施的数值模拟分析 [A]. 中国煤炭工业可持续发展的新型工业化之路 [C]. 北京: 煤炭工业出版社, 2004.

作者简介: 许延春 (1963 -), 男, 河北乐亭人, 博士, 研究员, 长期从事特殊条件下采煤和岩土工程研究工作。Tel: 010 - 84263139

收稿日期: 2005 - 12 - 28; 责任编辑: 朱拴成