

立井冻结法信息化施工系统的研究及应用

宋宏伟¹ 赵高峰² 万援朝³ 李世海⁴ 刘刚²

(1. 云南大学 城市建设与管理学院 云南昆明 650091;

2. 中国矿业大学 建筑工程学院 江苏徐州 221008;

3. 江苏华美工程建设集团有限公司 建井工程处 江苏徐州 221131;

4. 中国科学院 力学研究所 北京 100080)

摘 要: 井筒表土段施工是矿井建设中较复杂的施工过程之一,必须采取科学合理的施工方法、工艺及可靠的安全技术措施,而冻结法在井筒表土段施工中应用最为广泛。本文提出了一个信息化立井冻结法施工系统,开发了配套软件,应用实例表明,其功能较好地满足施工的需要。

关键词: 立井;冻结法;信息化施工;ANSYS;VB

1 概述

在我国东北、华北、华东、华中地区的深厚表土层下有大量的煤炭储量,新井建设需采用特殊凿井施工法。自1956年我国首次在开滦林西风井凿井中应用成功后,冻结法就成为我国煤矿建井通过复杂表土地层的一种惯用的特殊凿井方法。

但是,随着井筒穿过的表土层加厚,冻结深度的增加,冻结段施工受粘土层、施工段高等影响,常出现井帮片帮、坍塌、位移变形过大,导致井壁破坏和冻结管断裂等工程事故,设计和施工出现很多新问题,采取科学合理的设计方案、冻结法施工工艺以及可靠的安全技术措施很有必要。

近年来随着井筒监测技术被越来越广泛地应用于冻结法施工中,取得了大量第一手数据,如何有效地利用这些数据来指导冻结法设计和施工,提高施工的安全性,成了一个急待解决的问题。本文提出了一个用以实测数据为基础的信息化立井冻结法施工系统,开发了信息化施工的软件分析系统,并进行了初步应用。

2 冻结法信息化施工系统的概念与框架

信息化施工适用于环境复杂、难度较大的工程,它通过工程的实时监测、并以此信息为基础,进行工程分析,得出预测数据,指导和修正工程设计和施工过程,可以达到工程设计可靠、工程施工进度快和安全的效果。

冻结法设计与施工中采用信息化施工方法,可以达到很好的效果。立井的冻结法施工中采用信息化施工方法,可以对施工现场的井筒的冻结温度场、冻结壁位移和井壁应力等进行监测,进行热力参数和力学参数反分析,分析冻结温度场、冻结壁蠕变和井壁受力,取得工程施工决策预测数据,指导施工的顺利和安全进行。因此,冻结法立井信息化施工对于节省电量,选择合理段高,提高施工进度的安全性是非常有意义。同时,系统还能对现场实测数据进行数据库归类,给以后的后续工程提供了资料,指导今后的设计和施工。

经过对冻结法立井施工过程的分析,我们提出的立井冻结法信息化施工系统框架组成

为：现场测试模块、冻结法数值分析模块、土体参数数据库模块，见图 1。

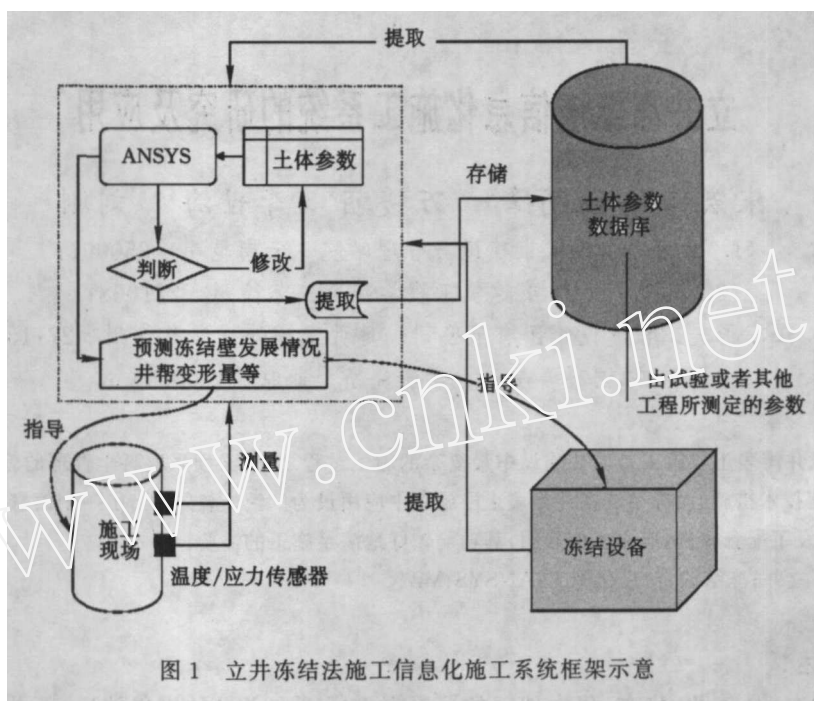


图 1 立井冻结法施工信息化施工系统框架示意

在该信息化立井冻结法施工系统中，现场测试模块完成井壁的温度、应力应变等参数测量；冻结法数值分析模块完成模拟冻结壁的土体热力参数等反分析、冻结温度场分析、冻结壁和井壁变形分析，得出预测数据，指导调整冷冻机的开机情况和盐水温度、施工段高和进度等。土体参数数据库模块用于存放历史工程的土力学参数及施工布置数值等信息。系统的主要工作流程可参见图 1。其中虚框部分为冻结法数值分析模块，是系统的核心部分，也是系统的软件部分。

3 立井冻结法信息化施工系统的软件实现结构框图

为了节省开发时间，我们利用美国的 ANSYS 大型数值分析软件进行计算，主要采用了 Visual Basic 软件开发系统编程，实现了立井冻结法信息化施工系统的核心功能，如实现冻土热力学参数的自动反演、温度场的自动分析等功能。ANSYS 是国内外著名的大型有限元分析软件，被广泛用于核工业、土木工程、生物医学、轻工、地矿、水利等一般工业及科学研究。ANSYS 提供了完善的二次开发功能，在我们的系统中它发挥了很好的作用。

软件结构和工作原理见图 2。软件主要由用户接口模块、ANSYS 大型数值软件接口模块以及 ANSYS 软件组成。用户接口模块完成工程数据录入、系统最终分析、结果的输出显示；ANSYS 大型软件接口模块完成流文件自动生成、ANSYS 软件的自动调用和其分析结果再处理功能；ANSYS 软件完成模型的建立、网格划分、计算及后等处理工作。

信息化施工系统软件的实现过程为：用户首先把从土体数据库提取相关工程参数，通过用户接口模块输入系统；然后由 ANSYS 接口模块自动生成命令流 APLD 文件，并接着调用 ANSYS 软件完成模型的建立、网格划分、计算及后处理工作，并生成输出文件；再由 ANSYS 接口模块，完成对数据的再分析和结果文件生成；最后由用户接口模块完成各种系统分析数据的输出。根据软件系统输出的数据，用户可以召开工程协调会，修改工程施工措

施和方案等,及时使施工回到顺利的轨道。

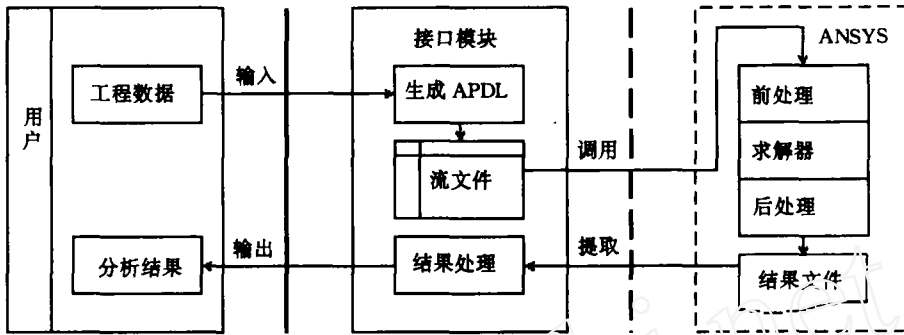


图2 软件系统结构与工作原理示意图

4 系统典型的工作界面

信息化施工软件系统,能实现冻结管布局图绘制、温度测试数据可视化处理、土层热力学参数反演、冻结温度场分析、不同工程段的力学分析以及粘土段蠕变反演等功能。其主要分析界面见图3、图4、图5、图6。

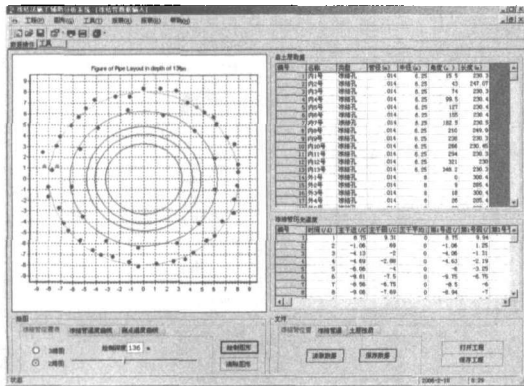


图3 系统的主界面显示

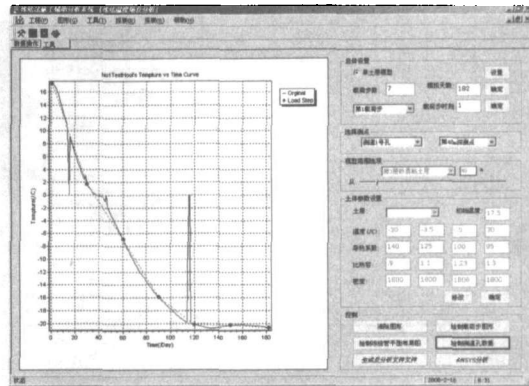


图4 温度参数反演界面

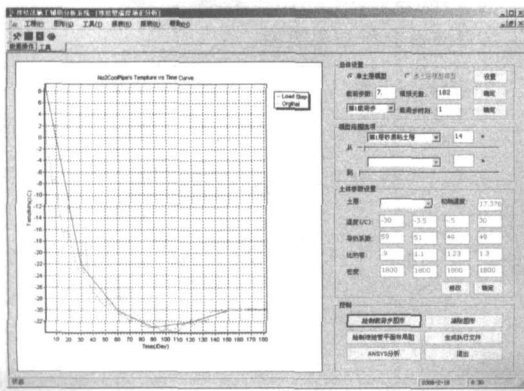


图5 温度场分析界面

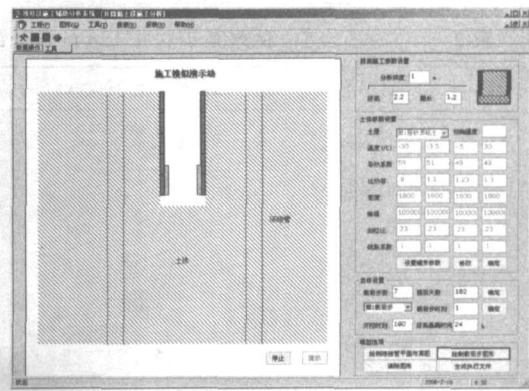


图6 粘土段力学分析界面

5 应用实例

徐州某矿新立井深 826 m, 第四纪表土段厚 247 m, 冻结深度 300 m。我们利用开发的软件系统对该工程进行了分析。取 180 m 深处立井冻结法分析为例。首先将工程的基本参数和测到的温度数据(图 7)通过用户接口输入系统, 从土体参数数据库(根据有关文献提供的粘土热力学参数)提取分析初始值, 经 ANSYS 接口模块和其软件本身, 反分析计算得到了地层的热力学参数, 见表 1。

表 1 徐州某矿立井 180 m 处的土层热力学参数反演结果

温度/℃	-35	-3.5	-0.5	30
导热系数/kJ·m·d ⁻¹	58.75	58.75	56.51	55.02
比热容/kJ·kg ⁻¹	0.91	1.12	1.25	1.31

利用反分析得到的热力学等参数, 作为分析该层位温度场的热力学参数, 通过系统求解出温度场、冻结壁形状、冻结壁厚度和温度等数据结果, 表 2 及图 8。在施工过程中, 不断用系统给出这些分析数据信息, 帮助施工管理, 使立井冻结法施工的问题得到了及时解决。

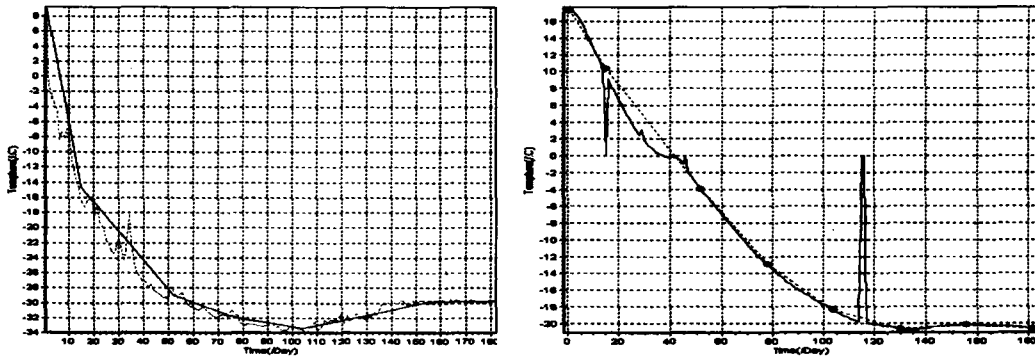


图 7 徐州某矿立井 180 m 处的温度载荷及测点温度曲线

表 2 徐州某矿立井 180 m 深处的冻结壁参数分析结果表格

冻结时间/d	冻结壁平均厚度/m	冻结壁平均温度/℃	井壁平均温度/℃
1	0.00	0.00	19.94
15	0.11	-3.23	19.87
52	1.38	-11.51	17.46
78	2.65	-15.35	14.02
104	3.27	-17.79	9.95
130	3.74	-18.38	5.87
156	4.09	-18.02	2.19
182	4.38	-17.84	-0.92

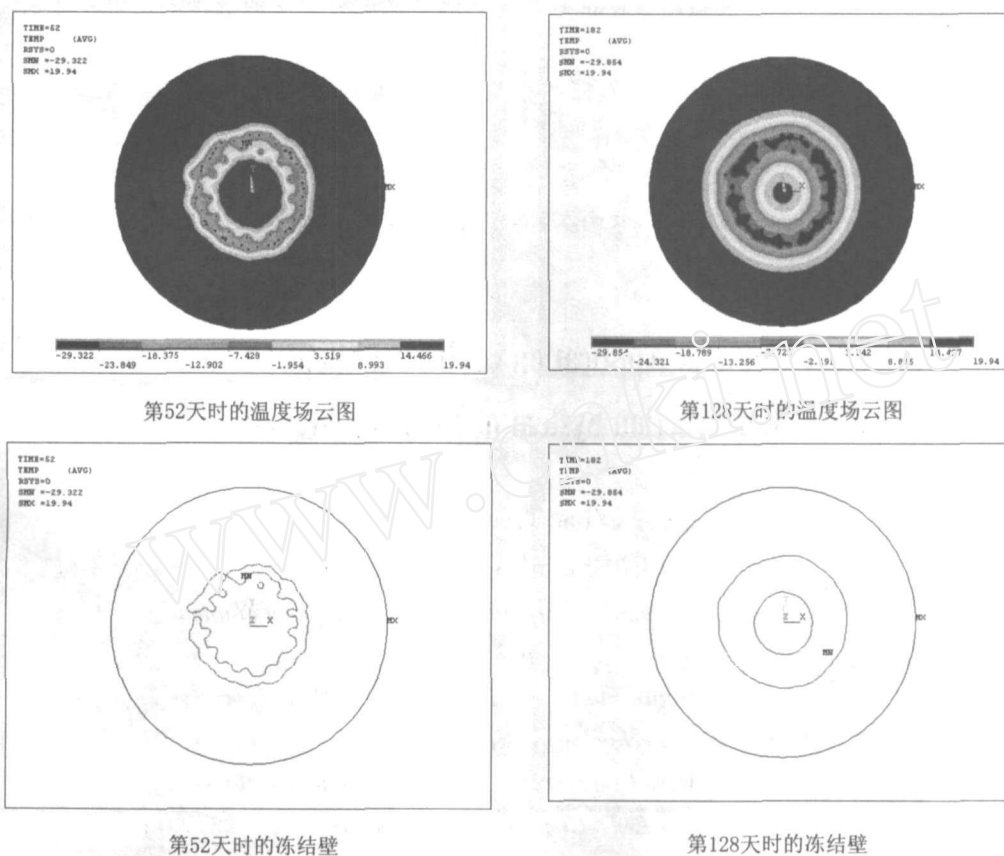


图8 徐州某矿立井180 m处温度场和冻结壁分析图形输出结果

参考文献

- [1] 汪崇鲜,楼根达,马玉峰.繁华市区含水地层水平冻结及暗挖法施工.冰川冻土,2000,22(3):278~281
- [2] 马巍.中国地层土冻结技术研究的回顾与展望.冰川冻土,2001,23(3):218~224
- [3] 徐士良.立井多排管冻结温度场的数学模型研究.安徽建筑工业学院学报(自然科学版),2004,12(3):10~12
- [4] 王敏建,崔建井.立井筒表土冻结段施工工法探讨.煤炭技术,2005,24(1):26~27
- [5] 王涛,周恩华.三峡永久船闸中隔墩岩体变形分析.岩土力学,2002,23(6):683~686
- [6] 秦杰,伏羲淑.ANSYS软件在大坝施工仿真中的应用.水利水电技术,2002,33(4):16~18
- [8] 尤红兵,孙建恒,刘聪慧.ANSYS的二次开发及其在土石坝有限元分析中的应用.河北农业大学学报,2002,S1:279~282

[9] 李君宏,黄莺. ANSYS 软件在高层建筑地震反应分析中的应用. 兰州石化职业技术学院学报,2004,4(3):30~32

[10] 任彦龙,杨维好,王衍森. 某矿井冻结温度场的数值模拟. 西部探矿工程,2003,(3):89~90

作者简介:宋宏伟(1958~),云南人,工学博士,教授,博士生导师。现在云南大学城市建设与管理学院任教。

Research and Application on Informationized Shaft Construction System of Freezing Method

Song Hongwei¹, Zhao Gaofeng², Wan Yuanchao³

Li Shihai⁴, Liu Gang²

(1. School of Urban Construction and Management, Yunnan
University, Kunming, Yunnan 650091;

2. School of Architecture and Civil Engineering, China University of
Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008;

3. Division of Mine Construction, Jiangsu Huamei Engineering
Construction Group Ltd. Company, Xuzhou, Jiangsu 221131;

4. Mechanics Research Institute, Chinese Academic of Science, Beijing 100080)

Abstract: The construction of a shaft surface soils, as the one of complicated construction processes in mine construction, must adopt reasonable methods, techniques and reliable safety and technical means. The freezing method of shaft construction is widely used in surface soils in recent years. In this paper, an informationized shaft construction system of freezing method is proposed. Software of this system has been developed. It is shown in practice that the functions of this system have satisfied the need of shaft construction by freezing method.

Key words: Mine shaft; freezing method; informationized construction; ANSYS; VB