

# ADO 技术在无限流向法实现中的应用

吴根梅, 朱清科

(北京林业大学水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:**规则格网 DEM 的流向确定是分布式水文模型的一个关键问题。无限流向法是对 D8 方法以及多流向算法的折中。地理信息科学等学科的不断发 展,对 DEM 数据库访问技术提出了更高要求。作为 Microsoft 数据库应用程序开发的新接口,ADO(Active Data Object)技术是建立在 OLE DB 之上的高层数据库访问技术,ADO 数据库技术也是现在最快速的数据库访问中间层。详细介绍了无限流向法的算法思想,重点论述了在 Visual C++ 6.0 平台下使用 ADO 技术访问 Visual FoxPro 格式的 DEM 数据库表的过程。研究表明 ADO 技术可以很好的用于数据库的访问,是未来 DEM 数据及其它地理信息数据存储的发展方向。

**关键词:**ADO; DEM; 无限流向法; 数据库表

**中图分类号:**P331; T P331. 12

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2007)02-0164-04

## The Application of ADO in Implying Deterministic Infinite Algorithm

WU Gen-mei, ZHU Qing-ke

(Key Laboratory of Soil & Water Conservation and Desertification Combating,  
Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The determination of flow direction in regulate grid DEM is a key problem in distributed hydrological model based DEM. Deterministic infinite algorithm is a eclectic algorithm between D8 and multiple flow directions. The expedite development of geography science call for advanced data base access technology. As the new interface of Microsoft data base application program developing, ADO is an advanced database programming technique based on OLE DB, it also is most rapid access interface. First the authors give a presentation of the idea of deterministic infinite algorithm. Then expound the process of DEM database form access using ADO technique in Visual C++ 6.0 platform. At last, the future about application of ADO in database access is discussed.

**Key words:** ADO; DEM; Deterministic Infinite Algorithm; database form

在规则格网 DEM 中,水流方向是指水流离开格网时的指向,它决定着地表径流的方向及格网单元间流量的分配,是基于 DEM 的分布式水文模型中的一个十分关键的问题<sup>[1]</sup>。目前关于规则格网 DEM 的水流方向确定方法有 D8 算法、Rho8 方法、Lea 方法、DEMON 方法、多流向法以及无限流向法等。其中应用较广泛的是 D8 算法和多流向法。D8 算法是比较传统的方法,在许多商业软件中得到了实现。但它属于单流向法,即假定水流只流向邻域格网中坡降最大的一个,这与实际的水流情况并不十分相符,有时还会产生错误。而多流向法则认为高度低于中心格网的所有邻域格网都是中心格网的水流接收单元。无限流向法由 Tarboton 于 1997 年提出,在算法原理上综合了 Lea 方法和 DEMON 方法,是对 D8 方法以及多流向算法的折中<sup>[2]</sup>。这种方法得到的流向可能取 0~2 之间的任何值,因此被称为无限流向法。目前国内外大多数相关研究中采用无限流向法的并不多见,只是在一些文章中有所提及,但也为数不多。本文在详细介绍无限流向法算法思想的基础上,重点论述了在 VC++ 6.0 平台下实现该流向算法的过程。通过研究表明,ADO 技术可以很好的用于 DEM 数据库的访问。

### 1 无限流向法的思想

算法思想可简单表述如下:在  $3 \times 3$  的 DEM 栅格窗口中,每个格网中心点与周围 8 个相邻单元的中心点形成 8 个三角面,每个三角面有一个坡度与坡向(注:实际上坡度是一个有大小和方向的矢量,为了方便起见,一般所说的坡度指的是坡度的大小,坡向指的是坡度的方向),从东开始按照逆时针方向,找到 8 个三角面中坡度最大且流出该单元的一个三角面作为最陡地形面,以该三角面的坡向作为该三角面的水流方向。角度的方式指的就是该三角面的坡向在平面上所指的方向。然后依据该方向与 8 个相邻流向中相邻流向进行分配<sup>[2]</sup>。其中三角面的坡度坡向计算方法如图 1 所示。

为了执行该计算过程。首先考虑任意一个三角面如图 2 所示,坡度用矢量 $(s_1, s_2)$ 来表示。

图 2 中,假定中心点号为 0,侧边点号为 1,对角线上的点号为 2。 $e_0$ 、 $e_1$ 、 $e_2$  分别为对应的高程。三角面的坡度坡向由水平和竖直两个方向上的分量、来决定。

$$s_1 = (e_0 - e_1) / d_1;$$

$$s_2 = (e_1 - e_2) / d_2;$$

$e_i$ 、 $d_i$  分别是图 2 中所标注的相应格网单元高程和格网

\* 收稿日期:2006-04-25

基金项目:国家“973”重点基础研究发展规划项目(2002CB111503)

作者简介:吴根梅(1982-),女,在读硕士,研究方向:数字流域与数字水文。

间距。如果坡向角  $r$  不在  $[0, \tan^{-1}(d_2/d_1)]$  范围内, 需要将  $r$  设置为沿着合适的边界方向, 坡度  $s$  也就相应的为该方向上的坡度。坡向和坡度分别为:

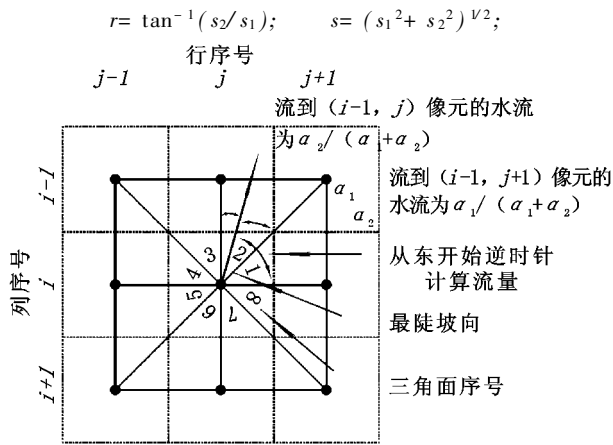


图1 无限流向法网格分流示意图

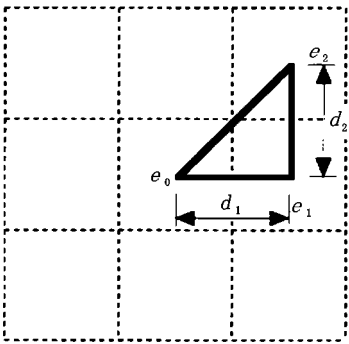


图2 三角面坡度计算的变量确定

当  $r < 0$  时,  $r = 0, s = s_1$ ;  
当  $r > \tan^{-1}(d_2/d_1)$ ,  $r = \tan^{-1}(d_2/d_1), s = (e_0 - e_2)/(d_1^2 + d_2^2)^{1/2}$ ;

图1中相应的8个三角面均可以通过旋转变换成图2的形式, 每个三角面有其相应的  $e_0, e_1, e_2$ 。而8个三角面对应的各自结点高程如表1所示。

表1 用于坡度计算的三角面高程和修正因子

三角面序号	1	2	3	4	5	6	7	8
$e_0$	$e_{i,j}$	$e_{i,j}$	$e_{i,j}$	$e_{i,j}$	$e_{i,j}$	$e_{i,j}$	$e_{i,j}$	$e_{i,j}$
$e_1$	$e_{i,j+1}$	$e_{i-1,j}$	$e_{i-1,j}$	$e_{i,j-1}$	$e_{i,j-1}$	$e_{i+1,j}$	$e_{i+1,j}$	$e_{i,j+1}$
$e_2$	$e_{i-1,j+1}$	$e_{i-1,j+1}$	$e_{i-1,j-1}$	$e_{i-1,j-1}$	$e_{i+1,j-1}$	$e_{i+1,j-1}$	$e_{i+1,j+1}$	$e_{i+1,j+1}$
$a_c$	0	1	1	2	2	3	3	4
$a_f$	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1

按照常规,  $e_0$  为中心点的高程,  $e_1$  为相邻的直角点高程,  $e_2$  为对角点的高程。所用的流向取这8个三角面中坡度最大的坡向  $r'$ 。在图1中, 从东开始按逆时针顺序寻找最大坡度, 确定坡向。然后须按下式将坡向角的值转换到角度定义范围内。

$$r_g = r' \cdot a_f + a_c \cdot \pi/2$$

因子  $a_f$  和常量  $a_c$  的值依据所考虑的三角面, 具体大小已经列入到表1中。寻找最大坡度的程序是按图1中从第1个三角面到第8个三角面的顺序, 如果遇到8个面中有相等坡度的情况, 则取搜索到的第一个三角面。在自然界这种情况并不多见, 因此认为由此带来的误差可以忽略。当各三角面的坡度均为负值时, 也即当相对都是上坡时, 流向角赋值为-1, 意味着该单元无流向, 有可能是平坦区域或者坑洼。无流向时通过迭代方法让水流流向与之相等高程的流向可计算的单元。这与D8中计算坑洼和平坦区域的方法相同。因此可以用D8流向法预处理, 将坑洼所有单元的高程提高到与地面齐平的高度。那么当遇到标有无流向的单元, 算法回归到D8算法。这样就保证了平坦单元流到相邻单元, 最后流到一个低高度单元。消除了不连续的可能性。这种基于三角面的流向表示方法就称为无限流向法(可能的单流向有无穷多个)。

2 ADO 技术简介

基于关系数据库方式的规则格网DEM数据库中, 数据是以数据库表的形式存储的, 数据库表中的每一条记录对应一个格网单元, 记录号对应格网单元的序号, 记录中存储着格网单元的各项属性值, 例如, 格网高程, 格网行列号。DEM的应用如水文计算、地学分析等操作是通过数据库的访问来实现的。随着GIS在各行各业的广泛应用, 对DEM等地理信息数据的访问需要性能更优的技术支持。在当今流行的分布式开发环境下, VC++ 6.0在数据库开发方

面有较强的优势。VC提供了多种多样的数据库访问技术——ODBC API、MFC ODBC、DAO、OLE DB、ADO等。这些技术各有自己的特点, 它们提供了简单、灵活、访问速度快、可扩展性好的开发技术。其中ADO(Active Date Object)技术是Microsoft数据库应用程序开发的新接口, 是建立在OLE DB之上的高层数据库访问技术。它基于COM(Component Object Model), 具有COM组件的诸多优点, 可以用来构造可复用应用程序框架, 被多种语言支持, 能够访问关系数据库, 非关系数据库及所有的文件系统<sup>[3]</sup>。另外, ADO还支持各种客户/服务器模块与基于Web的应用程序, 具有远程数据服务RDS(Remote Data Service)的特性, 是远程数据存取的发展方向。同时具有易于使用; 高速访问数据源; 可以访问不同的数据源; 可以用于Microsoft ActiveX页; 程序占用内存少等诸多优点。因此, 在VC中使用ADO技术访问DEM等空间数据库是地理信息科学的发展方向。

3 实现方法

以山西吉县蔡家川流域1:10 000地形图为基础, 将等高线矢量化, 并生成单元大小为2 m的规则格网DEM。选取其中一部分DEM的数据转换成Visual FoxPro 6.0的dbf格式数据表, 并将格网区域设计为10×10的规则格网单元阵列。以Visual C++ 6.0为实现平台, 使用ADO对象开发数据库应用程序访问数据库表。VC中使用ADO技术开发数据库应用程序有2种方法。其中最简单的是在程序中使用ActiveX控件。这种方法可以最大限度的简化数据库应用程序的访问。但这种方法的效率比较低, 程序员对程序的控制相对较弱, 所以不能完全发挥ADO访问数据库的优点。另一种方法是直接使用ADO对象。与使用ADO控件相比, 使用ADO对象开发应用程序可以使程序员更容易地控制对数据库的访问<sup>[3]</sup>。本文中采用后一种方法。

## 4 实现过程

### 4.1 数据库表的设计

用于程序访问的格网 DEM 数据表设计的字段有: 格网单元序号、格网单元行号、格网单元列号、格网单元高程、第一流向、第二流向、第一分配系数、第二分配系数。其中第一流向和第二流向字段分别记录中心格网的 2 个流出单元序号, 第一流向分配系数和第二流向分配系数分别记录相应的 2 个流出单元的水流分配比例。(说明: 为了简单说明问题, 数据库表中没有选取 DEM 数据库的所有字段, 只选取用于流向算法计算需要用到的字段。) 具体的数据库表的设计如表 2 所示。

表 2 规则格网 DEM 数据库表结构

字段	单元	单元	单元	单元	第一	第二	第一流向	第二流向
名称	序号	行号	列号	高程	流向	流向	分配系数	分配系数
数据类型	整型	整型	整型	双精度型	整型	整型	双精度型	双精度型
字段宽度	4	4	4	8	4	4	8	8
能否为空	否	否	否	否	能	能	能	能
小数位	0	0	0	2	0	0	4	4

### 4.2 生成主程序框架

利用 MFC 的应用程序向导 AppWizard 新建一个项目 hydrology, 创建应用主程序框架, 具体步骤在大多数 Visual C++ 6.0 书籍中均有详细介绍, 此处就不再赘述。

### 4.3 引入动态链接库

通过在程序中使用预编译指令# import 来告诉编译器把此指令中指定的动态链接库引入工程中, 并从动态链接库中取出其中的对象和信息, 产生 msado15.tlh 和 msado15.tli 两个头文件来定义 ADO 库。具体做法是: 在应用程序的 stdafx.h 文件中加入如下语句:

```
# import "c:\program files\common files\system\ado\msado15.dll" rename ("EOF", "adoEOF") no_namespace
```

### 4.4 定义连接对象与初始化 OLE/COM 库环境

在需要 ADO 的类声明文件 hydrologyDoc.cpp 中加入预编译指令# include "stdafx.h", 并在该类定义中加入 2 个变量, 代码如下:

```
public:
    _RecordsetPtr m_pRecordset;
    _ConnectionPtr m_pConnection;
    ADO 是一组 COM 动态库, 应用程序在调用 ADO 前, 必须初始化 OLE/COM 库环境。在应用程序里, 一个比较好的方法是在程序主类 CHydrologyApp 的成员函数 InitInstance 中初始化 OLE/COM 库环境:
```

```
BOOL CHydrologyApp::InitInstance()
{
    CoInitialize(NULL);
}
```

### 4.5 将数据源传递给记录集

一般来讲, 定义了连接指针 m\_pConnection 之后, 接下来就是在相应类的 InitInstance 函数中创建连接对象并且打开于数据源的连接, 根据数据源存储路径的不同在 m\_pConnection 的 Open 函数中设置相应的属性值。这种在代码中直接设置数据源存储路径的方法, 限制了数据库访问灵活性, 本程序中不采用这种常规方式, 无需先建立与数据源的连接而是采用可视化的数据源设置方法, 使得无论数据源存储路径如何变化, 在软件中都可以用统一的方法编程。通过打开文档对话框来选择数据库所在路径, 将数据源传递给应

用程序, 灵活方便。接着通过调用 CREATEINSTANCE 函数创建连接对象并打开与数据源的连接, 然后创建并打开记录集, 将数据库表中数据传递给记录集对象。

```
BOOL CHydrologyDoc::OnOpenDocument(LPCTSTR lpszPathName)
{
    if(! CDocument::OnOpenDocument(lpszPathName))
        return FALSE;
    CString fileName= lpszPathName;
    if(! fileName.IsEmpty())
    {
        try
        {
            if( IsRecordSetOpened())
            {
                m_pRecordset-> Close();
                m_pConnection-> Close();
            }
            else
            {
                CREATEINSTANCE(m_pConnection, Connection);
                CREATEINSTANCE(m_pRecordset, Recordset)
            }
            _bstr_t temp;
            CString str, path;
            str =:: GetConnectionString( fileName, 1);
            temp= str;
            m_pConnection-> ConnectionString= temp;
            m_pConnection-> Open( "", "", "", - 1);
            m_pRecordset-> PutRefActiveConnection( m_pConnection);
            m_pRecordset-> CursorLocation = adUseClient;
            path=:: GetFile_Or_PathName(fileName, 4);
            str.Format( "select * from %s", path);
            temp= str;
            m_pRecordset-> Open( temp, vtMissing, adOpenKeyset, adLockBatchOptimistic, adCmdText);
            catch( _com_error &e) ....
        }
    }
}
```

### 4.6 访问记录集中的数据, 计算结果

如前所述, 在使用无限流向法计算结果之前, 应先行填洼处理。遍历数据集中的每一条记录, 即格网阵列的每一单元, 判断有无高程低于所有 8 邻域单元或等于 8 邻域单元中最小高程值的记录单元, 如果有则将 8 邻域单元中的最小高程值赋给该格网单元, 算法回归到 D8 方法。这样就保证了平坦单元流到相邻单元, 最后流到一个低高度单元。

如图 3 所示, 通过访问记录集中的数据, 根据算法原理计算出结果, 再以相应字段的记录值存入数据库中。由于 ADO 技术开发的目的是为了了一些脚本语言如 VBScript 和 JavaScript 非常容易的访问, 而这些语言中只有 variant 类型值, 因此从 ADO 记录集中得到的值都是 variant 类型, COM 编程中 variant 类型已由 \_variant\_t 类封装, 这种类型的值必须转换成所需要的类型。为了方便这些操作, 程序中定义函数: GetDoubleDBValue(), 用来获得字段当前记录的 variant 类型的值, 然后将其转换成 Double 类型的值。另外, 程序中还需要使用以下记录集对象的函数, 来完成数据的访问工作。

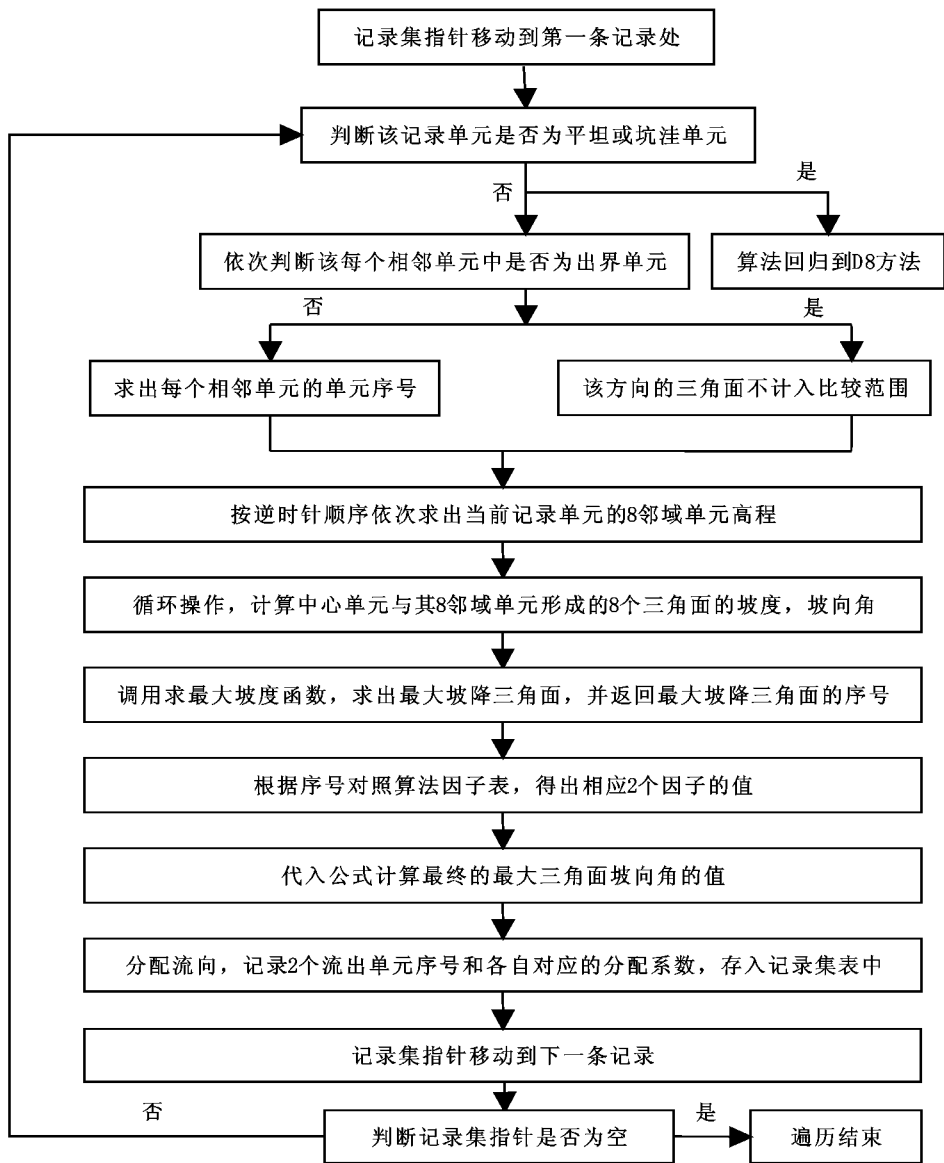


图 3 访问记录集流程图

m\_pRecordset->MoveFirst() 移动到记录集中的第一条记录处  
m\_pRecordset->Find() 按照字段属性值查找记录  
m\_pRecordset->PutCollect() 更新当前记录的某一字段属性值  
m\_pRecordset->UpdateBatch() 对更新命令进行批处理  
m\_pRecordset->MoveNext() 移动到记录集中的当前记录的下一条记录处

#### 4.7 使用完毕, 关闭连接释放对象

在程序最后要调用以下代码释放程序占用的 COM 资源:

```
int CHydrologyApp::ExitInstance()  
{  
    CoUninitialize();  
    return CWinApp::ExitInstance();  
}
```

## 5 结 语

DEM 数据库的实现主要有两种方式: 一种是基于文件

系统和空间索引的方式; 二是基于关系型数据库的方式<sup>[2]</sup>。不论采用哪种方式管理, ADO 都可以很好的访问。对于小范围较低分辨率的 DEM, 一般数据量不会太大, 但是随着地理信息系统、数字地球等空间信息技术的发展, 数字高程模型成为空间信息系统的重要组成部分, 是各种地学分析应用的最重要的基础数据。世界各国纷纷将数字高程模型作为空间数据基础设施的主要组成部分, 并进行大规模生产。随着各行各业对 DEM 数据的需求增加, 高精度、高分辨率 DEM 产品逐步产业化<sup>[1]</sup>。与此同时, 网络技术的发展使人们自然要求在网上实现地理信息的发布、浏览、查询和分析, 这都对 DEM 数据库访问技术提出了更高要求。ADO 数据库技术可以很好的满足这些要求。该文论述了在 VC++ 6.0 中使用 ADO 数据库技术访问规则格网 DEM 数据库表的一种方法, 并运用该方法实现了无限流向法。ADO 数据库技术也是现在最快速的数据库访问中间层, 将是未来的 DEM 数据及其它地理信息数据存储的发展方向。

致谢: 感谢中国林业科学研究院资源信息研究所刘鹏举博士的悉心指导和帮助!

(下转第 170 页)

3 滑坡形成机制分析

3.1 滑坡发生过程

2004 年 9 月 3 日宣汉县开始普降暴雨, 据宣汉县气象台数据, 3 日降雨量为 15.9 mm、4 日为 122.6 mm、5 日为 257.0 mm。5 日下午 15:00 陈家院子附近南樊公路出现开裂, 随后路边房屋开始垮塌坠入河中。当晚 22:00~23:00 滑坡体前部的主滑块体首先启动冲入前河, 后部滑块紧紧跟进接连开始滑动。余家河沟与凉水井沟围成的主滑块体前部滑入河道, 堆积物彻底堵断前河, 形成堰塞坝, 致使坝后洪水水位迅速抬高。至 6 日凌晨 2:00 左右洪水将五宝镇全部淹没, 此时五宝镇最高水位 390.5 m。

6 日清晨 7:00 雨一直未停。约 10:00 上涨的洪水从滑坡堆积物上向下溢流, 在堰塞坝下游端由于地形陡降洪水加速, 迅猛的洪水向后拉槽下切堆积物形成目前的新河道, 洪水夹裹大量的泥沙、块石冲入丁家坝河口形成泥石流堆积扇, 摧毁并掩埋了丁家坝河口的石拱桥。随后主河道向右归入前河古道, 龙口水位降至 380 m。

3.2 滑坡启动和运动机制分析

(1) 特定的地质构造是滑坡形成的主控因素<sup>[2]</sup>。滑坡区位于五宝场背斜东翼和平楼山向斜之间, 五宝场背斜轴线北东 30°, 轴部的最老地层为侏罗系中统上沙溪庙组第二段 (J<sub>2sn</sub>), 两翼产状对称, 大约在 10°。滑坡体所处地质构造部位为五宝背斜东南翼。滑床基岩倾向与五宝场背斜 ES 翼岩层倾向一致, 总的产状为 110°, 前部倾角 8~10°, 后部倾角 10~15°。岩层呈向前河倾斜的“平板”状, 构成易滑的块体, 易产生顺层滑坡。

受构造作用影响, 斜坡岩层的节理和风化裂隙发育。特别是组成滑体的泥岩风化裂隙发育, 钻孔揭露的风化带深度达几十米接近砂岩顶板, 岩层已呈碎块状、块状, 地表水易渗入。泥岩浸水后极易软化, 成为含水而透水性差的相对隔水层。砂岩裂隙总体不发育, 岩层主要呈厚层状或巨厚层状。钻孔揭露 60 m 以下的砂岩体完整, 岩心长度可达 2 m 以上, 已属中-微风化带, 岩石多切割成块体, 呈块状结构, 砂岩裂隙系统是斜坡深部地下水的主要运移通道, 赋存承压裂隙水。

(2) 易于汇水的地形是滑坡形成的促进因素。滑坡区地参考文献:

形受前河和冲沟切割, 为三面临空的台状斜坡地, 台面坡度 15~30°。前缘为向前河“凸出”的河谷陡坡, 坡度 55~70°, 滑坡体剪出口位置高于原河床约 45~64 m, 滑坡体前方无阻滑段, 临空条件良好。坡面发育 4 条深切大冲沟, 集雨面积 2.08 km<sup>2</sup>。冲沟深切, 滑坡发生前沟底局部可见基岩(砂岩、泥岩) 出露, 沟水对地下水可以直接补给。坡面分布大量梯田、大小 26 个水塘。在大暴雨条件下, 地表天然排水系统排泄能力不畅时, 极易产生大范围的地面积水成为地下水的补给源。

(3) 特大暴雨是滑坡形成的主要诱发因素。本次暴雨持续时间长、强度大, 是宣汉县有气象记载以来前所未有的。滑坡主要诱发原因是前期降雨使坡体充分饱水, 特大暴雨产生的径流使冲沟产生多处垮塌、沟边树木倒塌堵塞沟道, 致使沟水漫流, 滑坡区农田、水塘大面积积水下渗, 致使坡体风化裂隙发育的泥岩层充水饱和, 迅速降低了泥岩层的抗剪强度<sup>[3]</sup>。同时下渗补给砂岩裂隙含水层的地下水不能即时排除使承压水头急剧增高, 在斜坡内部形成“承压水盆”<sup>[4]</sup>; 上部厚度不大的隔水盖层(泥岩及坡积层) 被高水头压力“浮托”, 产生“水垫效应”, 造成滑体前部阻滑段正压力大大减小, 从而导致摩阻力急剧降低甚至出现负压力, 滑坡体与滑床的摩阻力降低临近极限平衡状态。与此同时地下水挤入裂隙, 并在裂隙中形成高压水流, 具有将坡体沿主要的构造裂缝“楔裂”<sup>[5]</sup>、“撕开”的趋势。这样滑坡体在砂岩裂隙含水层承压水头产生的浮托力和后部裂隙水压力(水平推力) 共同作用下, 各滑块体先后启动, 从而产生以后退式为主的大规模岩质顺层滑坡<sup>[6]</sup>。

4 结 论

(1) 该滑坡是预报及时、群测群防措施得当, 抢险救灾组织有力, 虽造成直接经济损失约 2 亿元, 但未造成任何人员伤亡的典型事件。

(2) 该滑坡属特大型顺层基岩滑坡, 是在特大暴雨的诱发下发生的自然地质灾害。

(3) 特定的地质构造是滑坡形成的主控因素。

(4) 易于汇水的地形是滑坡形成的促进因素。

(5) 特大暴雨是滑坡形成的主要诱发因素。

[1] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京: 地质出版社, 1981.  
[2] 刘传正. 论滑坡稳定性评价的几个关键问题[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1996, 7(3): 55-59.  
[3] 刘传正. 论地质灾害工程的地质观与工程观[J]. 工程地质学报, 1997, 5(4): 368-374.  
[4] 刘传正, 等. 地质灾害勘察指南[M]. 北京: 地质出版社, 2000. 17-120.  
[5] (苏) · · 叶米里扬诺娃. 滑坡作用的基本规律[M]. 重庆出版社, 1986.  
[6] 滑坡文集编委会. 滑坡文信第九集[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1992.

(上接第 167 页)

参考文献:

[1] 汤国安, 刘学军, 闫国年. 数字高程模型及地学分析的原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2005.  
[2] David G, Tarboton Utah Water Research Laboratory, Utah State University, Logan. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models[J]. Water Resources Research, 1997, 33(2): 309-319.  
[3] 求是科技. Visual C++ 6.0 程序设计与开发技术大全[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.  
[5] 夏军. 水文非线性系统理论论与方法[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002.  
[6] 刘光, 李树德, 张亮. 基于 DEM 的沟谷系统提取算法综述[J]. 地理与地理信息科学, 2003, (9): 11-15.  
[7] 费巧玲, 徐向阳. VC 中用 ADO 实现大数据的存取[J]. 计算机工程与应用, 2005, (24): 182-184.  
[8] 李志林, 朱庆. 数字高程模型(第二版)[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003.  
[9] 张志. 蔡家川流域景观格局与植被演替模拟研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2005.  
[10] 孙友波, 等. 基于 DEM 的数字河网生成方法的浅议[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2005, 26(2): 106-111.