1.3.2 时间预报技术

时间预报实际上是预报山洪泥石流的发生时间，它分为中长期预报和实时预报（临报）两种类型。

1.3.2.1 中长期预报

中长期预报主要采用C.M.弗来施德的理论观点，确定山洪泥石流的发生周期和频率，其作用主要预测山洪泥石流的发展趋势（魏永明等.1997,1998）。即通过对历史资料的统计分析，以某沟道内发生山洪泥石流的两次时间间隔之和除以该沟道发生山洪泥石流的总次数减1来确定该沟道发生山洪泥石流的周期和活动程度（中国科学院成都山地灾害与环境研究所，1989. 崔之久等，1992. 池谷浩，1970）。崔之久等人通过对北京山区山洪泥石流暴发周期的研究，总结出了北京山区山洪灾害有“逢九必涝”，泥石流往往伴随山洪同时出现，因此有“逢九必发”的现象。并根据山洪泥石流的暴发周期和频率（周期的倒数），把北京山区划分为两种类型，即重点泥石流发生区和一般泥石流发生区（崔之久等，1992）。钟敦伦等人对四川境内成昆铁路沿线泥石流暴发的周期，把不同沟道泥石流发育阶段分为发展期、活跃期和衰退期（中国科学院成都山地灾害与环境研究所，1989）。这种长期预报的关键技术在于掌握的历史资料情况的多少和资料来源的准确程度。崔鹏（1990）等根据泥石流起动机理，确定泥石流起动临界含水量，通过建立土壤含水量变化方程，计算达到临界含水量所需时间进行中长期预报。

1.3.2.2 实时预报技术

实时预报技术主要是通过研究暴雨山洪泥石流发生规律进行实时预警预报，避免或减少山洪泥石流灾害的损失。山洪实时预报技术主要是通过运用水文气象、径流模型进行预报（Hirano M.,1993）。1980年4月国际水文科学协会与WMO在英国牛津召开了国际水文预报学术研讨会，会议论文集46篇论文中，直接研究实时预报技术的达16篇，也包括当时在世界范围有影响之作，代表了当时国际上的研究水平（International Association of Hydrological Sciences，1980）。国内洪水的预报研究成果主要是大中尺度流域洪水预报模型，对于小流域山洪的实时预报研究很少。大中尺度流域洪水预报模型，主要包括多变量参数洪水预报模型、经验单位线模型、流域水文模型等（葛守西,2000）。暴雨泥石流实时预报技术目前全世界各国都越来越重视，一般主要是通过对雨量资料进行统计分析，确定泥石流临界雨量和触发雨量（荆绍华，1989）。也有通过研究泥石流的运动机理和水量过程方程（如径流过程、降雨过程、地下水渗流过程等）确定泥石流的临界水量进行泥石流的实时预报（崔鹏，1990）。总的说来，目前对于暴雨山洪泥石流的实时预报方法中通过确定临界雨量和降雨分析法、人员观测和仪器监测这3种方法研究得较多。所运用的预报模型有统计

回归模型和运动机理模型，运用的方法有数理统计、灰色系统理论、神经网络（Anthes,1972.魏一鸣,1997. Hamilton el at,1989. Daido A,1991. 李树德,1998）以及3S（GIS、RS、GPS）技术。

临界雨量和降雨分析法。根据沟道历史灾害发生的降雨情况分析，结合形成条件，通过回归、统计、灰色预测、神经网络、智能模型等方法，确定临界雨量。通过天气预报和降水实时情况，以临界雨量为依据，或根据预报模型，确定山洪泥石流发生的可能性（荆绍华,1986.Wang Lixian,et al.1998）。吴积善等人采用的是泥石流发生时刻前的当日降雨量、前10分钟降雨量和泥石流发生前20天降雨量建立了泥石流实时预报直线回归模型（崔鹏等，2000）。谭炳炎、程尊兰等人分别用24小时、1小时和10分钟最大降雨量和各个因子临界雨量阈值建立泥石流形成降雨量组合指标计算模型，进行泥石流的预报（谭炳炎等，1995.程尊兰等，1998）。文科军（1997）通过泥石流发生前临界雨量、前15天雨量建立了山洪泥石流10分钟雨量、1小时雨量临界和避难雨量线预报模型。日本也建立了当日降雨量和泥石流发生前的1小时降雨强度预报预报模型，以确定临界雨量线和避难报警线，制定预报图，其中具有代表性的是直线回归形式的 $y=ax+b$（石川芳治,1990）和指数形式的 $y=ax^b$（棚桥由彦等,1989）两种形式。

人员观测法。当溪沟上游出现暴雨时，观测人员立即观测坡面垮蹋和沟道洪水情况，一旦发现坡面大量垮蹋(即发生大量的坡面泥石流)，沟道洪水流量和含沙量急聚上升或沟道洪水突然断流时，立即发出预警报信号。

仪器监测法。通过在沟道内或者在危险区内布设接触式或非接触式仪器，一旦监测到洪水泥石流或者严重垮蹋现象，向下游发出警报。我国铁道部门和中国科学院分别研制了接触型泥石流警报传感器（谭万沛，1994）、超声波泥位报警（吴积善等,1990）、DFT-3型遥测超声波泥位警报器和遥测地声警报等硬件设备。如康志成等将超声水位针探头移植到泥石流沟的泥位进行监测，根据设定值进行预报。陈精日等通过研制的DT－1型地听传感器改制，应用于泥石流的地声测量。日本研究出微机雨量警报器和雨量遥测装置，前苏联研制了地震式泥石流报警器，并都应用于泥石流的实时监测预报。

人员观测法和仪器监测法从掌握的文献材料上，数量不多，但已在生产实践中广泛应用。如长江水利委员会水土保持局从1990～1997年已成功的预测76次滑坡泥石流灾害，避免了人民生命财产的重大损失（郭廷辐，1999）。临界雨量和降雨分析法的研究文献很多，如陈景武通过对蒋家沟实测水利资料分析，得出泥石流形成的临界降雨判别式和泥石流暴发临界降雨判别式（铁道科学研究院铁道建筑研究所，1989），并制成预报图进行多次准确实时预报。谭万沛（1989）等人提出了我国泥石流发生的最大10分钟雨强（或1小时雨强）与有效日雨量组合判别模式，以及区域日暴雨量

等值线的边界雨量值与中心日最大雨量值组合判别区域泥石流发生数目的方法(谭万沛等，1994)。王礼先等人通过对北京山区暴雨泥石流的研究建立了泥石流发生日前3、5或15天雨量与当日激发雨量的回归模型。总体上，在山洪泥石流实时预报中，硬件处于领先水平，各国都在通过各种仪器的改进，提高预报精度，其发挥的作用无可否认。而软件技术比较落后，在建立山洪泥石流预报模型时在选择建模参数和确定线形与非线形关系上，长期以来都存在着争论，这也是目前关于这方面的研究文献较多的原因。

1.3.3 泥石流警报系统

国外关于泥石流预警系统的研究，主要是通过设立传感器感受泥石流幅频信号，自动判别，再通过先进的传输手段和报警设备，为保护对象提供山洪泥石流警报(Takahashi,1980.铁道科学研究院铁道建筑研究所,1989.Wikerocky,et al,1990)。早在40年代，前苏联就开展了泥石流特征与机理的研究。在寻求泥石流避难体制中，70年代末，通过在溪沟流通区设置传感器，采取无线或有线电缆通道，在泥石流发生之前将泥石流的模拟幅频信号传送到下游接收调度站进行处理、判别，使得在泥石流到来之前，向泥石流通道上的居民点、机关等受灾体发出报警信号，从而达到防止或减少生命与财产损失的目的。日本在泥石流预警方面处于国际领先地位，而且采用的仪器设备也比较先进。他们采用的传感器有龙头高度泥位检知线和接触式泥位检知器和震动传感器等，传输通道均为专用有线电缆，而且目前发展到建立具体到每一条沟或相邻几条沟的小规模地区的泥石流预报预警系统，如图1-1。并通过历次发生或未发生泥石流时的上游形成区的降雨资料进行统计分析，确定临界雨量值和临界雨量报警线，制定预报图，通过微机雨量警报器（传感器）和雨量遥测装置的研制，借以对上游雨量进行实时数据收集、演算和比较判别，自动发出报警信号。上述两种方法是目前国外采用较多的方法，前者必须克服地震等信号的干扰，后者必须布设高密度的雨量传感器。随着计算机技术和GIS技术的迅猛发展，国外对环境及土地资源利用等领域进行了计算机信息管理系统的开发研究，并取得了突出成果，如加拿大的“全国地理信息系统”，日本的“全国性土壤信息系统”，美国的“纽约土地利用和自然资源信息系统”，加拿大的“土壤信息系统”，新西兰的“微机土壤信息系统”等，近年来有人利用这些系统在山洪泥石流灾害预警预报中进行了一些尝试性研究，但到目前为止，还没有建立完整系统地山洪泥石流灾害预警系统（吴延熊,1999)。

我国关于泥石流警报系统的研制主要是铁道系统和中科院做了大量的工作。铁道科学院铁道建筑研究所通过对泥石流发生前降雨资料整理分析和统计，完成触发泥石流发生的“临界雨量值”和“灾害临界线”等软件工作基础上，通过设立传感器形式进行临近预报（姚令侃,1990. 荆绍华.1986)。中科院陈景武通过对蒋家沟实测降雨资料分析，得出泥石流形成的临界降雨判别式和泥石流暴发临界降雨判别式，由此