

泥石流容重的确定

韩 慕 吾

(铁道部第一勘测设计院)

泥石流容重(γ_0)是泥石流形成条件综合作用的结果。每一条泥石流沟都有它的特征容重,反映着泥石流的成因类型,决定着泥石流体的物理力学性质。各类泥石流都用它作计算参数,是泥石流地区铁路桥涵勘测设计中较难确定的一项基本资料。我们根据宝成、宝天等铁路泥石流调查资料和过去许多观测资料,进行总结分析,提出以下意见。

一、调查采用的各种方法

泥石流容重的定性定量问题,近几年我们在青藏、宝成、宝天等铁路沿线进行泥石流调查时,根据具体条件,采用了以下几种方法:

(一) 实测法:

1、访问制配法。在现场通过访问群众,找当地有经验的居民共同制配相当于泥石流流动时的代表性样品,一般取三次,称其重量,量其体积,用下式分别计算其容重,最后评议确定。

$$\gamma_0 = \frac{G}{V} \quad (1)$$

式中: γ_0 —泥石流容重(吨/每立方米);

V —泥石流样品体积;

G —泥石流样品重量。

2、泥浆痕迹相似法,在黄土地区的粘性泥石流沟,特别是泥流沟的两岸和一些建筑物上,在近期泥石流暴发后常留下泥浆痕迹,根据这些痕迹的颜色、形状和泥浆厚度等形态特征,用当地泥石流堆积物加水搅拌,取样溅在建筑物上,注上记号,进行多次对比观测。当泥浆体的形状、颜色、厚度达一致时,求出搅拌体的单位体积的重量,即为 γ_0 。

(二) 体积比法。在泥石流沟岸有些受灾的居民中,了解各种建筑物(如房屋)被泥石流淹没的情况,量测泥石流体中泥砂石块和水的比例,用下式计算:

$$\gamma_0 = (1 - X_H) \gamma_B + X_H \cdot \gamma_H \quad (2)$$

$$\gamma_0 = \frac{\gamma_H \cdot X_f + \gamma_B}{X_f + 1} \quad (3)$$

式中: γ_B —水的比重等于1(吨/立方米);

γ_H —泥砂石块的比重(一般取2.4—2.7吨/立方米);

X_H —泥石流中泥砂石块所占体积的百分数(以小数计);

x_r —泥石流中泥砂石块体积和水的体积之比（以小数计）。

（三）B.C.斯切帕诺夫法。按泥石流在沟槽中通过后的痕迹，选配停积下来的悬浮体含水量的办法。测定相当于它停积时的悬浮体容重再确定 γ_s 。这种方法唯一假定条件是泥石流的颗粒成分不变。它经过河段的选择，取悬浮土块揉匀，拌搅试样，形状对比，计算悬浮体的含水量和容重，并测定沉积物的颗粒级配等16个步骤，然后按公式计算泥石流容重（ γ_s ）。

（四）按冲出物计算法。根据当地降雨资料和泥石流沟的冲出物按公式计算 γ_s 。

采用上述各种方法，求得每条泥石流沟的特征容重值，并结合每条泥石流沟的特征、形态、沟床质、规模大小等情况，进行综合比选分析，确定 γ_s 值。

二、泥石流容重和物质组成的关系

泥石流容重是泥石流的基本物理性质之一。它由水和泥砂两部分组成，泥砂颗粒大小包括土粒的各级粒径，大到漂石，小到粘粒。构成每条泥石流沟的沉积物为非均质碎石土，不均匀系数（限制粒径 d_{60} 与有效粒径 d_{10} 之比）多在100以上，粘性泥石流有的高达1,000以上。这种复杂的沟床质，固体颗粒的粒度分布和一定矿物组成的细颗粒含量，是影响泥石流特性的两个重要因素。一般河沟的粒度分布基本上遵从对数正态分布。

在正态概率纸上有的多由三段直线组成。沉积学家对这种现象的解释为不同搬运方式（悬移、跃移、推移、）的反映：

1、粒径粗的约大于1毫米的多属推移（滚动）搬运；

2、粒径约为1—0.1毫米的多属跃移搬运；

3、粒径小于0.1毫米的多属悬移搬运。

也有些粗粒径部分符合罗辛分布：

$$R = 100e^{-bx^n} \quad (7)$$

式中：R——颗粒累积重量百分数；
b——粒度反参数；
n——分选系数；
x——粒径（毫米）。

细粒部分则符合对数正态分布，整个粒度分布是上述两种分布的迭加，呈现两部分有明显的混合作用，故相接处多成曲线连接。

泥石流由于细颗粒在浆液中有两种不同的作用：一是减小粗颗粒沉速，使更多的泥砂从推移或跃移转向悬移运动；二是增大浆液粘性。这两种作用相互制约、相互影响，使泥石流特性变化更为复杂，使粒度分布除与一般河沟有相似性外更具有其特性。

首先分析甘肃武都附近后坝沟1965、1966年泥石流的观测试验资料，表现有两点明显的特征：

1、一条泥石流沟，在各次泥石流暴发过程中，容重随泥石流体的物质组成发生有规律的变化。泥石流体的中值粒径 d_{50} ，和平均粒径 d_{av} 均与容重有密切关系。

2、泥石流在一定的雨量和雨强下形成，容重历时曲线和泥石流流速 v 历时曲线十分谐和，并与泥石流流量有一定关系。

由此可知，每一条泥石流沟的容重 γ_s ，呈现有规律的变化，范围是巨大的（后坝沟发生泥石流的 γ_s 为1.5—2.21吨/立方米，观测试验值），因此确定每条泥石流沟结合铁路设计标准的容量是值得进一步探索的。目前，只能从现实出发，根据桥址附近的沟床质特征、当地居民对多年暴发泥石流的认识或洪积扇留下泥石流体的痕迹等进行合理判识，作为符合铁路设计标准的特征

容重 γ 值。把这些综合调查资料进行整理分析,得到各类沟床质的粒度分布随泥石流类型不同而变:稀性泥石流和水泥石流的中值粒径 d_{50} 多数在20—250毫米之间;粘性泥石流的中值粒径多在2—30毫米之间;泥流的中值粒径多在0.005—0.05毫米之间;而泥石流容重与沟床质组成的中值粒径同样关系密切。

三、结 语

泥石流容重的确定,目前尚处于探索阶段。根据现有资料分析,有不少启示:

(一) 随着桥址附近沟床质的变化,泥石流容重发生有规律的演变,这种变化与相应地为泥石流分类提供了客观的依据。初步规律是:

1、稀性泥石流和水泥石流的中值粒径 d_{50} ,多数为碎石或卵石(粒径为20—250毫米),少数为大砾石或块石;

2、粘性泥石流的中值粒径 d_{50} 多数为砾石(粒径为2—30毫米),少数为粗砂、小碎石。

3、泥流的中值粒径 d_{50} 多数为粉粒(粒径为0.05—0.005毫米),少数为细砂。

(二) 暴雨泥石流的容重将随降雨强度的变化而变化。这种变化过程,必然会导致冲淤的巨大变化,因此在泥石流防治工程设计中必须注意。

(三) 西北地区大多数泥石流流域人烟稀少,泥石流间歇时间长,现场较难确定。故建议在泥石流沟内作线格法或简易筛分法计算中值粒径 d_{50} 。然后查下表确定 γ 。对于泥流,也可查表上的近似值,确定 γ 。

(四) 在有条件的泥石流沟,可因地制宜采用各种方法,综合比选确定。

(上接第54页)云母斑岩和变质岩屑物质。大块石粒径多在1米左右,体积也有上百立方米的,细粒物质以粗砂为主。这些物质结构疏松,孔隙度大,总堆积量约有3亿多立方米。尽管松散固体物质储量雄厚,但是目前冰川洪水与其分布位置相互脱离,两者不遭遇,故该沟以冰川洪水为主。对于艾尔库然沟,虽然冰碛物储备量远不及前者,仅有约700万立方米的一条中碛垄,物质颗粒较细,而且有冰水沉积物混杂,含有大量粗砂及粉土成份,分布在汇水区出口处。就其分布位置十分有利洪水携带,而且冰碛下方就是高差千米的陡坡,两侧渠壁经常坍塌。可见既有洪水与松散物质遭遇的机会,又有沿途补给和下泻的条件,这样一种布局是泥石流形成最理想的天然模式。

除此而外,做为本区冰川泥石流物质供给的另一种形式则是岩崩。崩塌自身又是流域公路病害的一种类型,前面已简单介绍过。这里补充说明一下流域的地质构造概况。本区正值帕米尔—喜马拉雅歹字型构造体系西北翼与欧亚山字型构造东翼的交汇处,以强烈挤压、褶皱和隆起为主要特点,因而形成高入云天的褶皱山系和断块山脉。受其影响,流域岩层多见S型褶曲,加之岩浆活动频繁,热变质作用强烈,侵入岩带四周岩层多变质,后期寒冻风化作用更加促进岩层支离破碎。这是造成山崩多见的内因。

本区目前仍属抬升区,主河下切,支沟发育,沿岸山脚处近万立方米的倒石堆比比皆是。但是仅从沿岸老泥石流扇形地的分布、规模及活动现状来看,冰川泥石流似乎开始一个新的活跃期,很值得继续深入探讨。

(魏兴昌、丁永建两同志参加了野外考察工作)