

西藏波密天摩沟“9·4”特大泥石流形成的气象条件

余忠水¹, 德庆卓嘎¹, 马艳鲜¹, 邓荣昌², 罗布次仁¹

(1. 西藏自治区气象台, 西藏 拉萨 850000 2. 西藏林芝地区气象局, 西藏 林芝 860000)

摘要: 从地貌地质环境、地面气象要素、大气环流背景、T213数值预报产品和卫星资料等方面, 并着重从气象条件, 对 2007-09-04 西藏波密县古乡天摩沟发生的一次特大泥石流灾害事件进行成因分析。结果表明: 由于前期气温持续偏高, 加剧冰川融水, 加上 9月4日凌晨出现强降水, 天摩沟地形高度落差大、松散固体物质丰富, 水源、能量转化和物源三者同时满足, 是造成这次特大泥石流灾害的直接原因。

关键词: 西藏波密; 天摩沟; 特大泥石流; 气象条件分析

中图分类号: P426 P642.23

文献标识码: A

2007-09-04T19:00许(北京时,下同),在降水和冰川融水的共同作用下,西藏波密县古乡松饶村天摩沟发生泥石流灾害(简称“9·4”泥石流灾害),一次冲出固体物总量约 $134 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。泥石流固体物冲入帕隆藏布河,短暂阻塞河道约 1 h,并在河道对岸 318 国道附近形成宽 410 m、宽 250 m 的泥石流堆积扇,扇体中部地理坐标为 $95^\circ 19' 16.6''\text{E}$ 和 $29^\circ 59' 21.7''\text{N}$ 。泥石流堆积物以巨石、块石为主,泥浆含量约占 30%,呈粘稠状,最大岩块粒径达 $5.5 \text{ m} \times 4.5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ 。泥石流灾害造成 1 人死亡、7 人失踪、9 人受伤,2 户民房被毁、6 户民房受损,冲毁农田 2 hm^2 ,冲走牲畜 40 余头,松饶吊桥和 1 辆轻型面包车被毁,318 国道交通中断约 43 h,直接经济损失达 520 万元。由此可见,这是一次特大泥石流灾害事件。本文将对这次灾害的成因进行分析,其中对引发灾害的气象因素进行重点分析。

1 地质地貌

1.1 地貌

西藏波密县地处青藏高原的藏南谷地与藏东横

断山脉高山峡谷区过渡段,山势陡峻,属深切割高山河谷地貌,境内群山重叠,河谷幽深,易贡藏布自西北向东南流,帕隆藏布自东南向西北流,在通麦附近会合注入雅鲁藏布。由于受到雅鲁藏布大峡谷与近南北向的伯舒拉岭对印度洋暖湿气流的引导,在这里形成了一个向北凸出的舌状多雨带,丰富的降水和特殊的高山地形,在此形成了我国少有的海洋型山谷冰川,并成为高原上一个巨大的现代冰川发育中心,是我国典型的冰川型泥石流集中分布区^[1]。

天摩沟位于波密县古乡松饶村境内,处于易贡藏布-帕隆藏布深断裂带和我国现代冰川和海洋性冰川比较发育的地区^[2],是帕隆藏布左岸的一条支流,流域面积约 40 km^2 ,主沟长 4.0 km ,平均沟床比降 244‰,流域最高峰 5 560 m,相对高差达 3 100 m。主沟谷形态为较明显的“V”型谷地,呈东北向,两侧山坡平均坡度约 35° ,流域内森林植被发育,覆盖面积 12 km^2 ,流域沟口海拔 2 460 m。沟谷上游海拔 3 800 m 以上发育有现代冰川(图 1),冰川面积约 9 km^2 。陡峻的地形和现代冰川的发育,在流域内形成了大量的冰碛物、岩崩冰(雪)崩碎屑物和残积物等,初步估算,固体松散物储量达到 $3 \times$

收稿日期(Received date): 2008-07-15; 改回日期(Accepted): 2008-10-05.

基金项目(Foundation item): 2007 年中国气象局气象新技术推广项目 CMATG2007M42. [Subsided Project New Technique Extension Project CMATG2007M42.]

作者简介(Biography): 余忠水,男,1971 年生,高级工程师,主要从事天气气候和气象服务等工作。[Yu Zhongshui Men, Born in 1971, Senior Engineer. Engaged in weather-climate and meteorological service etc.] yu_zstb@yahoo.com.cn

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

10^6 m^3 , 为泥石流活动提供了丰富的松散固体物质和有利的沟谷地形条件。

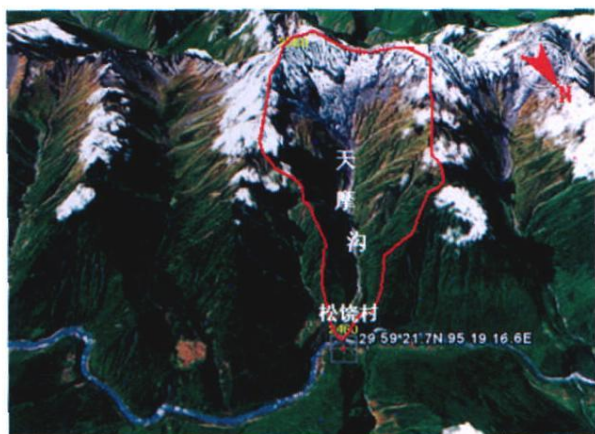


图 1 天摩沟流域图

Fig 1 Map of Tianmo Valley

1.2 地质

按照板块构造体系划分, 波密县属于雅鲁藏布江板块构造缝合带以北的欧亚板块之冈底斯-念青唐古拉板片及以南的印度板块之喜马拉雅板片, 其地质构造作用主要受控于新特提斯及其南北大陆的拼接和加积。雅鲁藏布江缝合带绕喜马拉雅板片东端的南迦巴瓦峰形成了弧形特征, 使得该区域地质构造变得异常复杂。易贡藏布-帕隆藏布深断裂带为冈底斯岩群与念青唐古拉岩群之间的断层, 并在断裂带中残留大量的古生界岩块, 断裂构造特别是韧、脆性断裂十分发育, 岩石类型繁多, 由于受构造运动及岩浆侵入、变质、变形、冰川作用及水文网的侵蚀作用, 使之成为山地地质灾害最严重的地段之一。从地震和温泉资料可以判明, 该区域断裂带发育, 新构造活动强烈^[3]。

总之, 天摩沟的地貌地质环境为泥石流发育提供了良好的条件。

2 诱发泥石流的气象条件

2.1 大气环流背景

2007-08 北半球 500 hPa 月平均位势高度及距平场上 (图 2), 咸海至黑海以北 $20^{\circ} \sim 75^{\circ} \text{E}$ 为大范围的正距平区, 且乌拉尔山附近有强正距平中心, 极涡北缩且面积偏小, 伊朗高压东伸脊点偏西, 青藏高原冷空气活动强度弱且位置偏北。这样的环流形势有利于藏东南出现干热少雨天气。

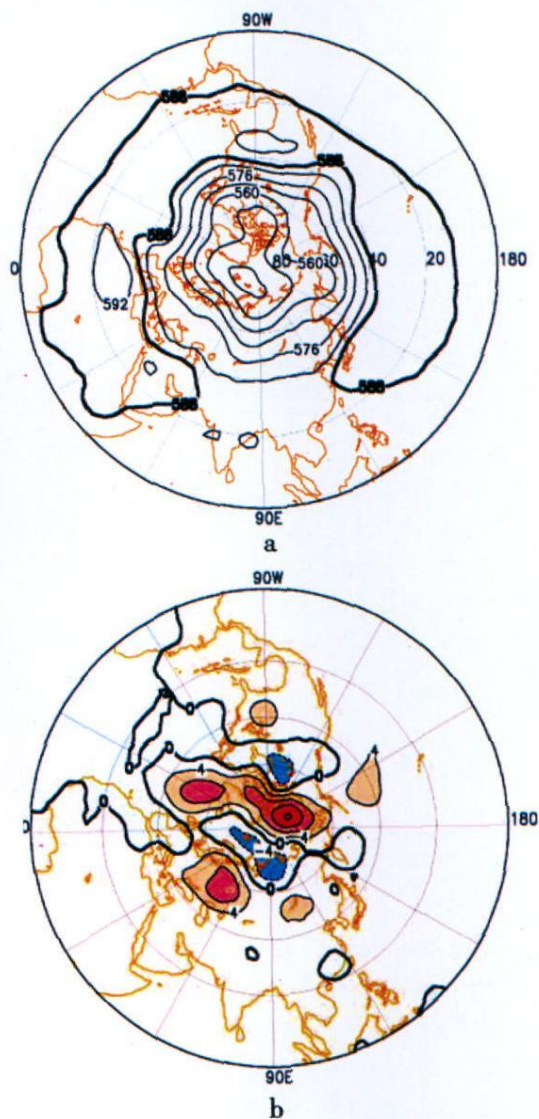


图 2 2007-08 北半球 500 hPa 月平均位势高度 (a) 及距平 (b)

Fig 2 Monthly mean 500 hPa Geopotential Heights (a) and Anomalies (b) in the Northern Hemisphere Aug. 2007

从 9 月 3 日 08 时 T213 500 hPa 高度分析场和 UV 场来看 (图 3), 中高纬地区为“两槽一脊”型, 乌拉尔山附近 $60^{\circ} \sim 80^{\circ} \text{E}$ 为一长波槽, 另一个为深厚的东亚大槽, 其位置从我国黑龙江省一直延伸至西南地区东部, 贝加尔湖以北地区为一宽广的脊区, 乌山长波槽不断分裂小股冷空气南下, 并且越过天山和唐古拉山脉入侵西藏高原, 形成南支槽。同时, 北支在青海南部到西藏东北部形成反气旋环流, 冷空气倒灌西藏东部地区。这样就在西藏中东部形成西北与东北的风向切变。同时, 受强盛的东亚大槽和热带风暴切断影响, 西太平洋副热带高压强度偏弱

且位置偏南,同时伊朗高压加强北抬东进,乌山长波槽东移,南支槽加深并与印度南部至阿拉伯海低压系统同位相叠加,西藏东部的西南暖湿气流输送在24 h内明显得到加大,这种大气环流配置有利于西藏东部地区出现强降水天气。降水实况显示,9月3日至8日波密县6 d雨量超过100 mm。

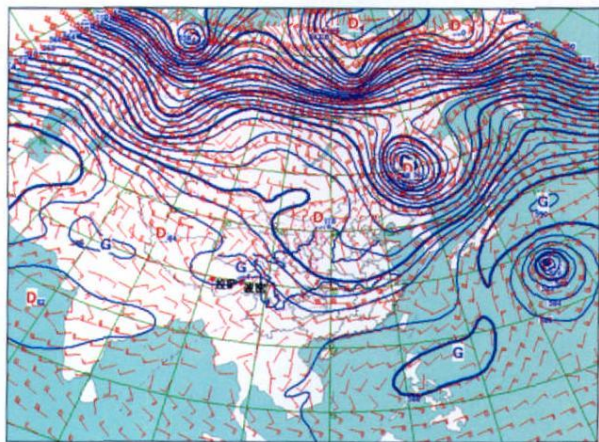


图 3 2007-09-03T08:00 T213 500 hPa
高度场和 UV 场

Fig. 3 500 hPa Height Field and UV Field at 08:00 Beijing
time on Sep 3, 2007

2.2 T213数值预报产品

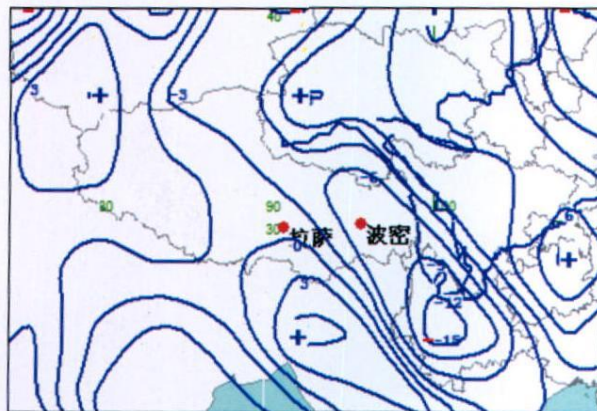
2.2.1 物理量场

9月4日08时500 hPa散度场上,西藏东部大部为辐合区,而在山南地区南部至缅甸以及重庆至贵州一带为两个辐散区,有利于水汽向林芝地区输送(图4a);从涡度平流场来看林芝地区南部为正涡度平流,而在昌都地区东北部有负涡度平流,说明有冷暖空气在西藏东部地区交汇,在这样的配置非常有利于林芝中部地区形成强降水天气(图4b)。

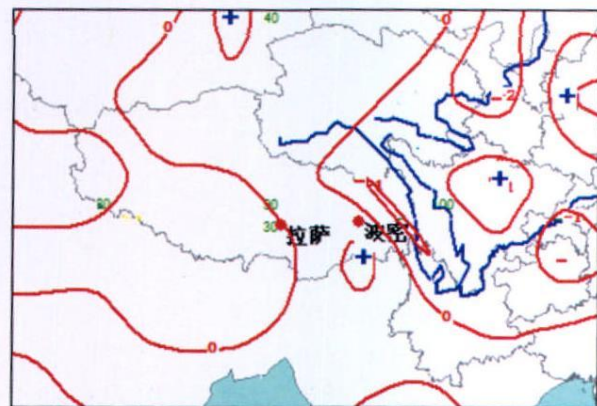
水汽能量场显示(图5a),西藏中东部地区水汽通量为正值区,且在山南至林芝地区中部有一高值中心,表明有水汽从四周涌入西藏中东部地区。从垂直速度场看(图5b),西藏东部地区为正值区,表明大气上升运动明显,有利于中小尺度对流性天气系统的形成与发展。

2.2.2 OLR场变化

2007-09-03夜间到04T08:00,西藏中东部地区射出长波辐射为大范围的低值区,且强度随时间增大,4日5时在昌都地区南部和林芝地区南部分别有两低值中心,到8时昌都南部的低值区快速东移到川西,而林芝南部低值继续加强,这与林芝地区



a



b

图 4 2007-09-04T08:00 500 hPa散度场(a)和
涡度平流场(b)

(单位: 散度(10^{-6} s) 涡度平流(s))

Fig. 4 Divergence Field(a) and Vorticity Advection Field(b)
at 08:00 Beijing time 500 hPa Level on Sep. 4, 2007
(divergence(10^{-6} s) Vorticity Advection(s))

上空云量增多、大气水份含量增高有关(图略)。

2.3 地面气象要素分析

2.3.1 自动站雨量

天摩沟无气象观测站,离其最近的气象站是波密站。波密站距离天摩沟约45 km,测站的海拔高程为2737 m。2007-09-04波密县当日雨量为19.7 mm(图6),且降水主要集中在凌晨8时之前,8 h雨量达19.4 mm;3和4时小时雨量超过6 mm,最大小时雨量为4时的6.3 mm,9时后雨停。

波密站前20 d 10 d 5 d的雨量分别为23.6 19.5 9.4 mm,且只有8月25日和9月3日雨量超过5 mm;灾害发生前72 h内波密县总雨量为27.8 mm(图7),这说明当天及近两天的雨量对这次泥石流发生贡献率最大^[4]。

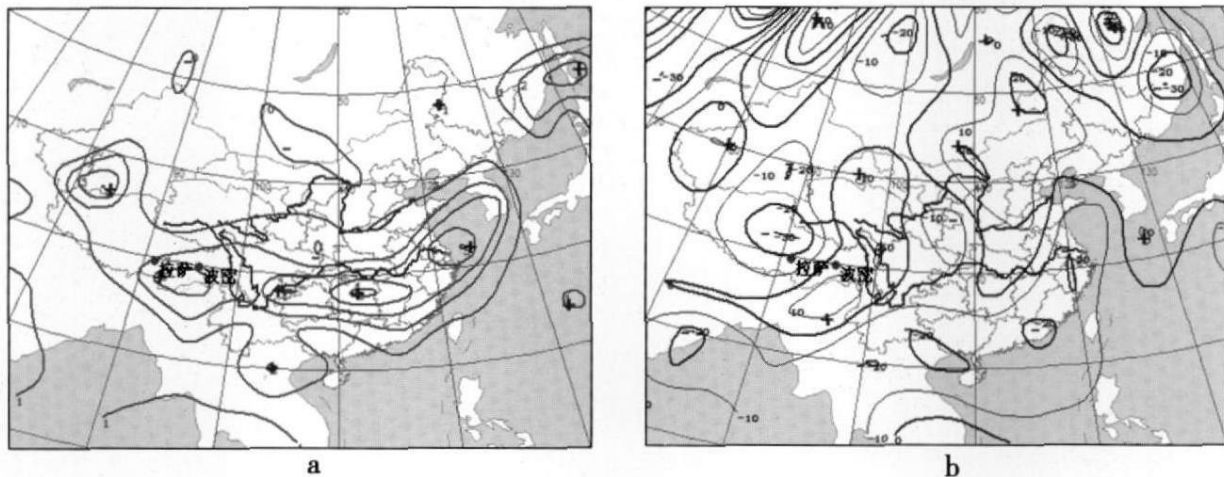


图 5 2007-09-03T20:00 400 hPa 水汽通量场

(a) 和垂直速度场(b)

(单位:水汽通量($\text{g cm}^{-1} \text{hPa s}^{-1}$), 垂直速度($10^{-2} \text{hPa s}^{-1}$))

Fig. 5 Water Vapor Flux Field(a) and Vertical Velocity Field(b)

at 20:00 Beijing time on Sep. 3, 2007 (Water Vapor Flux($\text{g cm}^{-1} \text{hPa s}^{-1}$), Vertical Velocity($10^{-2} \text{hPa s}^{-1}$))

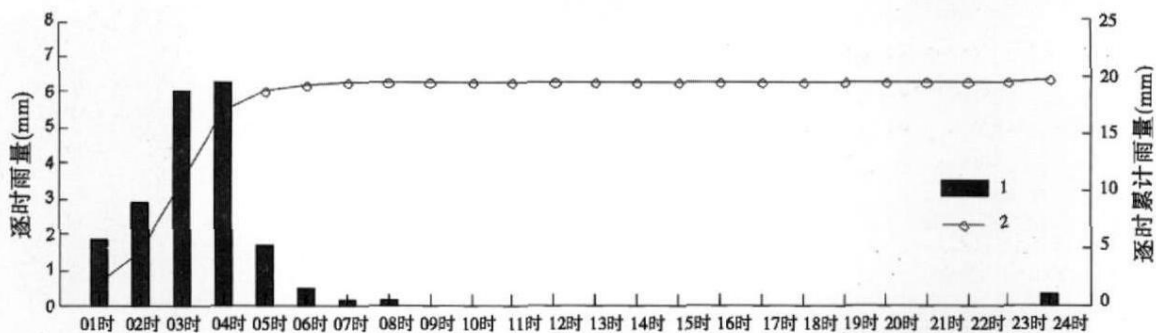


图 6 2007-09-04 波密站逐时雨量和逐时累计雨量

(1-逐时雨量;2-逐时累计雨量)

Fig. 6 Hourly Rainfall and Hourly Accumulative Rainfall Sep. 4, 2007

(1 - Hourly Rainfall; 2 - Hourly Accumulative Rainfall)

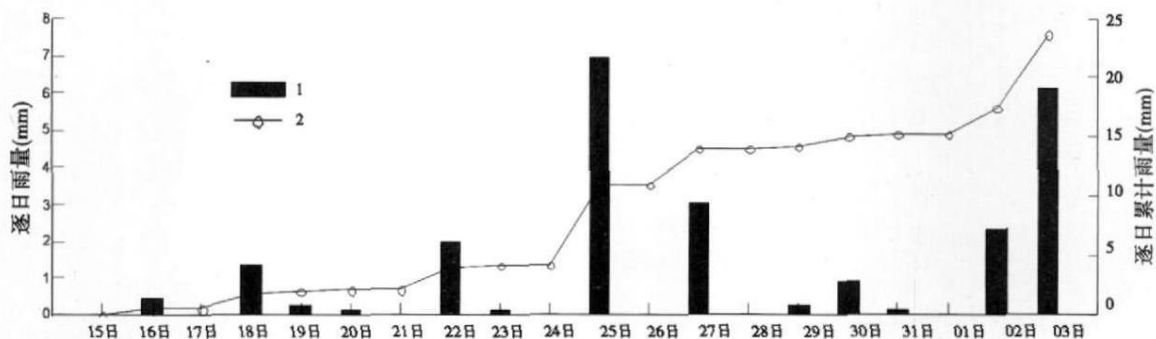


图 7 灾害发生前 20 d 逐日雨量和逐日累计雨量

(1-逐日雨量;2-逐日累计雨量)

Fig. 7 Daily Rainfall and Daily Accumulative Rainfall for 20 days before the Disaster

(1 - Daily Rainfall; 2 - Daily Accumulative Rainfall)

2.3.2 气温

8月,波密县降水偏少 60%,月平均气温高达 17.7℃,与常年同期相比偏高近 2℃,月平均最高气温和平均最低气温均偏高 1~2℃;9月 1~4日平均气温在 16℃以上。气温持续偏高,有利于冰川融水。

2.3.3 压温湿变化

从地面资料分析(图 8),9月 3日 20时开始地面露点温度开始上升,从 20时的 8.1℃上升到 4日 02时 11.7℃,最大增幅达 3.6℃,05时后又逐渐回落。同时,地面气温和 24 h变温都开始下降,地面气温到 08时降到最低,11时才逐渐回升,而 24 h变温一直处于下降状态。可以看出,3日 20时至 4日 02时在地面气温和 24 h变温均下降的情况下,露点反而大幅上升,这表明该时段地面增湿明显。

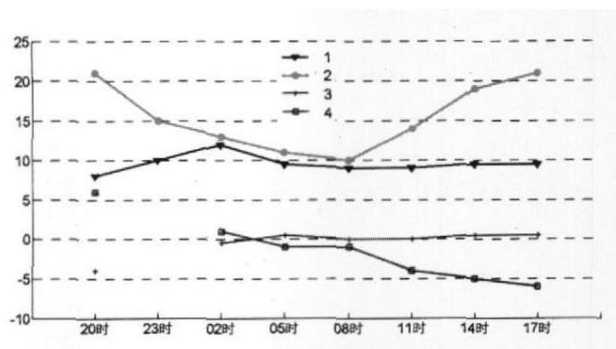


图 8 2007-09-03T20:00至 04:17:00地面气象要素变化
(1-露点;2-气温;3-24 h变压;4-24 h变温)

Fig 8 Ground meteorological Element Changes for the Period 20:00 Beijing time Sep. 3 - 17:00 Beijing time Sep. 4, 2007

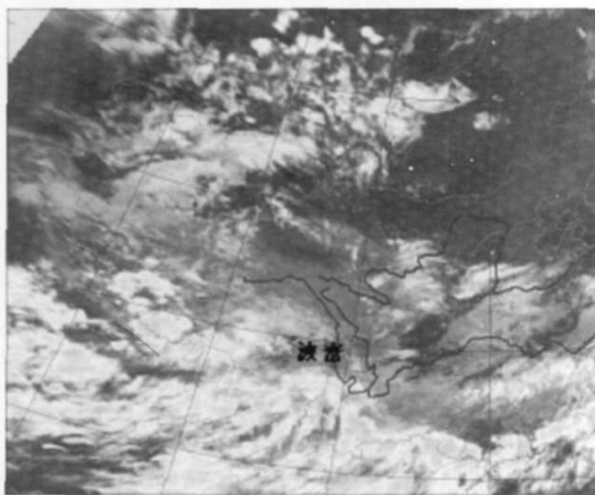
(1- Dew-point 2- Temperature 3- 24 h Variable Pressure
4- 24 h Variable Temperature)

2.4 卫星云图

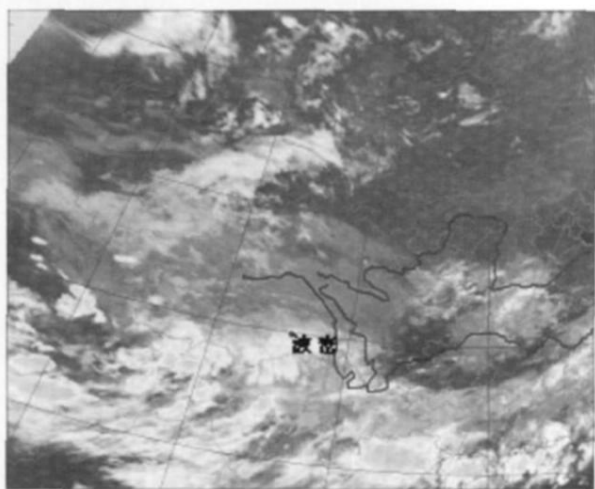
分析 9月 3日 20时 FY2卫星云图,波密县上空以淡积云或碎积云为主,云顶温度仅为 -15℃(图 11)。此后,波密县上空云量逐渐增多,浓积云迅速发展,云顶温度急聚下降,4日 02~04时,云顶温度下降至 -70℃以下,表明此时大气能量大量积聚。而 05时后系统东移,云量减少,云顶温度逐渐回升,表明此前大气能量已有所释放,这与自动气象站观测到 03时和 04时降水量较大是一致的(图 9a 9b)。

3 水文条件

2007-09-01~04林芝地区境内 6个水文站(工布江达、巴河桥、更张、八一、米林、奴下)水位均有不同程度的上涨,奴下水文站涨幅最大达 0.92 m。



a



b

图 9 2007-09-03T20:00 FY2 卫星云图(a)
及 04T04:00 FY2 卫星云图(b)

Fig. 9 FY2 Satellite I mages for the Period 20:00 Beijing time Sep. 3(a) and 04:00 Beijing time Sep. 4(b), 2007

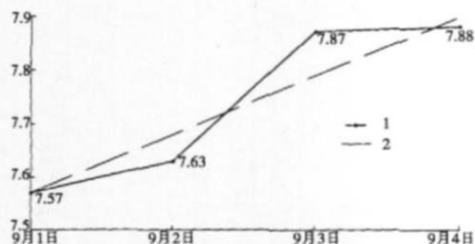


图 10 2007-09-01~04 林芝地区境内 6 个水文站
平均水位变化图(单位: m)
(1-逐日水位;2-平均水位)

Fig. 10 The Variation Chart of 6 Hydrological Stations
Average Water Level(m), Sep. 1~4, 2007
(1- Daily Water Level; 2- Average Water Level)

(图 10)。说明从 9 月 1 日开始, 林芝地区降水强度有所加大。

4 结论

1. 2007-09-04 西藏波密县古乡天摩沟发生的泥石流为一次特大泥石流灾害事件。

2. 西藏波密县区域地质构造复杂, 断层发育, 新构造活动强烈; 天摩沟相对高差大, 山高坡陡, 现代冰川发育, 松散固体物质丰富, 为泥石流活动提供了良好的条件。

3. 大尺度的大气环流背景和观测实况表明, 8 月, 青藏高原冷空气活动强度弱且位置偏北, 造成藏东南气温持续偏高, 有利于天摩沟冰川融水。

4. 2007-09-03 至 04 凌晨, 南支槽和北支脊在藏东南的交汇, T213 物理量散度场、涡度场、水汽通量场、垂直速度场、地面气象要素变化以及卫星资料均表明, 该时段西藏波密县天摩沟有比较有利的降水条件。

5. 由于前期气温持续偏高, 加剧冰川融水, 9 月 4 日凌晨出现强降水, 天摩沟地形高度落差大、松散固体物质丰富, 水源、能量转化和物源三者同时满

足, 是造成这次特大泥石流地质灾害的直接原因。

参考文献 (References)

- [1] Tibet Glacier Debris Flow Special Subject[M]. Beijing Science Press, 1985: 98~123[西藏冰川泥石流专题[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 98~123]
- [2] Tibet Geological Environment Office of Resources Department 101 Geological Engineer Corps of Sichuan Geological Prospecting Bureau Report of Geological Disaster Investigation and Regionalization in Bomi County[R]. 2002: 8~25[西藏自治区国土资源厅地质环境处, 四川地勘局 101 地质工程队. 西藏林芝地区波密县地质灾害调查与区划报告[R]. 2002: 8~25]
- [3] Institute of Mountain Hazards and Environmental Research of Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Conservancy, Scientific Research Institute of Tibet Communications Department Tibet Debris Flow and Environmental[M]. Chengdu University of Science and Technology of China Chengdu Press, 1999: 19~28[中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 西藏自治区交通厅科学研究所. 西藏泥石流与环境[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1999: 19~28]
- [4] Zhang Guocai The Technique Collection of Meteorological Early Warning for Geohazards[C]. Beijing Meteorological Press, 2004: 55~70[章国材. 地质灾害气象预报预警技术文集[C]. 北京: 气象出版社, 2004: 55~70]

Analysis of Meteorological Conditions about “9·4” Debris Flow in Tiamogully, Bomi County of Tibet

YU Zhongshu¹, DE Qingzhuo¹, MA Yanxian¹, DENG Rongchang², LUO Buciren¹

(1. Tibet Meteorological Observatory, Lhasa 850000 China; 2. Linzhi Weather Bureau, Linzhi 860000 China)

Abstract By using terrain and geological environment data, ground meteorological elements, atmospheric circulation background, T213 numerical prediction products and satellite data, and focus on the weather conditions that induced disasters, the paper analyzed the formation cause of the heavy debris flow disaster event in Tiamogully Bomi Xizang September 4, 2007. The results show: The temperature continued high in earlier stage, speeds up the glacier melt into water; adds on the heavy rainfall in September 4 before dawn; large differences in terrain height; the loose solid matter is rich, and at the same time satisfy the three conditions, such as water source, energy conversion and material source, which are the direct cause of the heavy debris flow disaster.

Key words Bomi of Tibet; Tiamogully; debris flow; meteorological conditions