

新疆头屯河流域侵蚀产沙特征

吴普特

陈亚宁

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)(中国科学院新疆地理研究所)
水利部

摘 要 依据流域内降雨及水文泥沙资料,对新疆头屯河流域侵蚀产沙特征进行了系统分析。结果表明:头屯河流域侵蚀产沙类型较为复杂,主要侵蚀类型有水蚀、风蚀、重力侵蚀及人类不合理的社会经济活动所引起的人为加速侵蚀,尤以水力侵蚀为主。该流域水蚀的特征是冰川融雪水侵蚀的存在,流域侵蚀产沙具有明显的时空分异特征。在空间上具有明显的垂直分异规律,海拔为 800~1 400 m,植被较差,是该流域主要产沙区,在时间上亦表现出相对明显的分异特征,年际侵蚀产沙差异较大,年内月变化规律相对明显,每年 5~8 月份为侵蚀产沙最为集中的时段。

关键词 流域侵蚀产沙 时空分异 垂直分异 冰川融雪水侵蚀

Characteristics of Erosion and Sediment Generation at Toutui River Watershed in the Xinjiang Uygur Autonomous Region

Wu Pute

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources, 712100, Yangling, Shaanxi)

Chen Ya'ning

(Xinjiang Institute of Geography, the Chinese Academy of Sciences)

Abstract By using data of rainfall and hydrologic sediment, the characteristics of erosion and sediment generation at Toutui river watershed in the Xinjiang Uygur Autonomous region is analysed systematically. The majoy types of erosion in Toutui river watershed are erosions of water, wind, gravity and man-made accelerated which resulted by inrational soical and economical action of man-kind, specially, water erasion is the primary type of it. The characteristic of water erosion there, is erosioning by water of melted glacier and snow. The erosion and sediment generation show obvious variational characteristic of time and space. The region in elevation of 800~1 400m, the vegetation is shorter there, it is the main region of sediment generation. The main period of erosion and sediment generation is in Period of month 5th~8th.

Key words erosion and sediment generation of watershed; variation of time and space; vertical Varitation; erosioning by water of melted glacier wonz hns

1 研究区域概况及研究方法

1.1 概况

头屯河流域位于天山北坡中段,准格尔盆地南缘,东与乌鲁木齐河相邻,西与三屯河接壤,南抵天格尔山脉的冰峰雪岭与乌鲁木齐河、三屯河河源和南坡乌拉斯台河河源分水岭为界,北达古尔班通古特沙漠的北沙窝。从河源到沙漠边缘全长约190km,流域面积2885km²。其中山区面积为1638km²,占流域面积的56.8%;平原沙漠面积为1247km²,占流域面积的43.2%。

流域内地形地貌复杂多样,地势南高北低,由西南向西北倾斜。其地形自南向北依次为高山区、中低山区、山前倾斜平原区、冲洪积平原区和沙漠区。流域南部最高处天格尔峰海拔4562m,北部最低处海拔400m左右,南北高差达4000m以上,因而流域内的气候、土壤、植被及水文要素,垂直地带的变化十分显著,亦导致了该地区侵蚀产沙具有明显的垂直分异特性。

1.2 侵蚀产沙的分析研究方法

目前定量研究土壤侵蚀的方法,比较一致的认识是采用坡面径流小区及流域出口水文泥沙观测资料,作为分析研究的依据。但头屯河流域至今仍未设置径流观测小区,因而对于坡面侵蚀产沙的状况还难以进行定量分析,无法定量分析坡沟侵蚀产沙的强度变化特征。据对该流域进行实地考察,查阅历年水文泥沙资料,发现自庙尔沟以下河流,进入前山丘陵山麓地带,该地段以下制材厂至哈地坡段之间约38km区间内设有3个水文泥沙观测站,除此之外,该流域尚无泥沙观测资料。自制材厂至哈地坡站之间,从上至下除东岸有谢家沟、小渠子沟、黑家沟、浅水沟、浅水河等4条常年流水的小支流汇入外,东西两岸共有10余条无名干沟汇入。这此小支流和干沟的特点是源短、坡陡、流急、植被差,一遇暴雨,泥水俱下,甚至形成泥石流,是区内侵蚀产沙的主要来源。

流域内仅有的3个水文泥沙观测站自上而下分别为制材厂站,硫磺沟进口站及哈地坡站。在硫磺沟站与哈地坡站之间,有一座头屯河水库。该水库为一座以灌溉为主,结合城镇生活供水,工业用水,防洪等综合利用的中型拦河水库。硫磺沟站与哈地坡站分别建在头屯河水库的进口与出口处,因而也将硫磺沟站及哈地坡站称之为进口站与出口站。其中制材厂站控制的流域集水面积为840km²,进口站控制的流域集水面积为1433km²,出口站集水面积为1562km²,占全流域集水面积2885km²的54.14%。

对头屯河流域侵蚀产沙的分析,就现有资料还不能对坡面及沟道产沙进行较为系统的定量分析,为此,本研究首先在实地考察的基础上,对该流域的侵蚀产沙类型进行定性分析,并通过上述3站水文泥沙资料的分析计算,进一步阐述流域内侵蚀产沙的时间分布特征,并建立侵蚀产沙强度与侵蚀动力因子的数量关系式,以及对侵蚀产沙的变化趋势进行分析预测。由于我们所选用的泥沙资料都是流域内的侵蚀物质,没有坡面径流小区侵蚀产沙资料,因而,无法知道坡面的实际产沙量及坡面产沙的淤积量和河道的泥沙淤积量。

2 侵蚀产沙类型

产沙的原因在于营力对地表的侵蚀作用,侵蚀作用的方式,由于营力的不同,必然产生不同的侵蚀类型。头屯河流域侵蚀产沙的主要类型主要有以下几种,水蚀、重力侵蚀、风蚀以及人类社会经济活动所引起的人为侵蚀。

2.1 水蚀

由于典型的气候、地域、植被等条件的综合影响,头屯河流域水流侵蚀方式与我国内地其它地区不同,具有特殊的表现方式及动力,该地区不仅限于降雨及降雨径流作用力,还有现代冰川和永久积雪覆盖常常在炎热的夏季融化,产生地表径流,同样产生侵蚀,称之为冰川融雪侵蚀,是该地区侵蚀特点之一。

据中国冰川目录统计,头屯河流域上游天山北坡中段天格尔山脉现代冰川作用地区,有大小冰川 80 条,冰川面积 20.44km²,覆盖率 1.3%,冰川储量 0.58km³,年消融量 0.143 亿 m³,占头屯河年径流量的 6.0%。虽然从总量上看,年消融量并不大,但冰川消融形成的径流亦然产生侵蚀作用。表 1 为新疆水利厅昌吉水文水资源勘测大队对兴屯河流域控制站径流分析结果。

表 1 头屯河流域控制站径流组成

站名	流域面积 (km ²)	年径流量 (亿 m ³)	冰川水占年 径流量(%)		雨水占年 径流量(%)		雪水占年 径流量(%)		地下水占年 径流量(%)	
制材厂	840	2.207	0.143	6.5	0.786	35.6	0.784	35.5	0.494	22.4
哈地坡	1562	2.392	0.143	6.0	0.840	35.1	0.837	35.0	0.572	23.9

由表 1 可知,制材厂站控制的流域面积内,雨水径流占年总径流量的 35.6%,冰川及积雪融水所产生的径流量占年总径流的 42%;哈地坡站所控制的流域面积内,雨水径流占年总径流量的 35.1%,而冰川积雪融水所产生的径流占年总径流量的 41%。从径流组成来看,冰川积雪融水径流所占比例要比雨水径流所占比例大,如果假定在这一特定的流域内,单位径流量所产生的侵蚀量接近一个常数,则显然冰川雪水侵蚀产沙总量要比降雨径流产沙量大。因此,从某种程度来讲,头屯河流域降雨径流侵蚀量要比冰川积雪融水径流侵蚀量小,如果进一步比较冰川融水径流与积雪径流侵蚀二者的产沙量,则显然后者要大于前者。

我们假定单位径流量所产生的侵蚀量接近一个常数是有一定理论依据的。侵蚀产沙,尤其是泥沙的输移、搬运,其整个运动过程都是由径流提供动力并完成的,对于特定的流域,其下垫面条件是固定的,它对径流挟沙运动所形成的二相流的阻力亦是一定的,那么径流量越大,所提供的动力也就越大。同时这一结论在黄土高原地区亦得到证明,据我们对黄土高原天水、西峰、绥德、离石等水土保持试验站历年径流小区观测资料分析表明:对于同一下垫面的小区,次降雨单位径流深在单位面积上所产生的侵蚀量接近一个常数。将这一结论进行推广,引入单位面积的概念,则可得单位径流量在单位面积(或相同区域面积)上所产生的侵蚀量接近一个常数。

由此可以初步得出:该流域水蚀类型为降雨径流侵蚀与冰川融雪侵蚀两种方式。

2.2 重力侵蚀

重力侵蚀是指由于侵蚀体本身所受地球引力的分力——重力为主要动力所产生的侵蚀,侵蚀方式多以大的块体下落产沙,当块体离开原有位置后,一方面静止于新的相对平衡位置;一方面又会被径流逐渐蚕蚀搬运。据实地考察分析,流域内高山区古代重力侵蚀较为活跃,其表现形式为区内现已形成古老的山顶,陡峭的山脊及深切的峡谷,且山体裂隙发育,有大量的裂隙泉水溢出,但高山区近代重力侵蚀不十分发育,其主要原因在于区内有现代冰川和永久积雪覆盖,且土壤为高山草甸土和高山寒漠土,植被覆盖度达 80%以上,其植被类型为高山草甸带。目前重力侵蚀较为活跃的地区在中低山区。

2.3 风蚀

风蚀是指由于自然风力的作用引起地表物质搬运、跃移的一种侵蚀方式,多发生在植被稀

少,风力强劲的沙漠地带。头屯河流域下游是古尔班通古特沙漠北沙窝的一部分,沙漠区内现有固定沙丘和半固定沙丘,由新月形沙丘、链垄状沙丘和蜂窝状沙丘组成,沙丘高度一般在 20~30m 左右,丘与丘之间比较平坦,呈条状分布。沙漠地区尚有沙漠灌木林,主要分布在北部的沙窝地带,灌木种类主要为梭梭和红柳,但覆盖率仅为 2.5%。由于樵采过度,仅有的植被还遭到严重破坏,致使沙漠逐渐向南推进。

2.4 人为加速侵蚀

人类不合理的社会经济活动,是引起人为加速侵蚀的主要原因。头屯河流域的中低山地带,矿藏比较丰富,蕴藏着多种矿藏,尤以煤炭储量最多,分布广、质量好,目前年开采量已达 20 余万吨。在开采的过程中,由于没有很好采取水土保持措施,将开矿堆积的矿碴及松散废弃物乱堆乱放,一遇暴雨,即被洪水冲走,是流域内产沙的主要物质来源之一。此外沙漠区的过度樵采和不合理的耕种亦是引起人为加速侵蚀的原因。

3 侵蚀产沙时空分布特征

侵蚀产沙的时空分布特征是进行水土保持规划及水保措施优化配置的主要理论依据。搞清楚侵蚀产沙的时空分布特征,不但可以了解流域内的重点产沙区和重点产沙时段,而且可以制定治理方案,安排治理时段及治理进度,对于水土保持工作来讲,侵蚀产沙的时空分布特征尤为重要,因而讨论侵蚀产沙的空间分布特征及时间分异特征,并在此基础上找出流域的重点产沙区年内的重点产沙时段。

3.1 侵蚀产沙的空间分布特征

如前所述,头屯河流域主要以水蚀为主要侵蚀产沙方式,在侵蚀动力因子一定的情况下,下垫面条件则是影响侵蚀空间分布的首要因子,在下垫面因子中,尤以地表植被为主导影响因子。同时径流总是由高往低流,加之水平方向梯度变化,要比垂直方向梯度变化的趋势要小得多,因此,侵蚀产沙的空间分布,主要在于研究垂直方向上的变化规律及趋势。为此,我们在首先讨论植被在垂直方向变化的基础上,进一步讨论侵蚀产沙的空间分异特征,亦即侵蚀产沙强度在垂直方向上的变化特征。

3.1.1 植被覆盖度在垂直方向上变化特征

植被覆盖度与侵蚀产沙的关系极为密切,植被的存在不但对雨滴的打击具有缓冲消能作用,而更重要的作用,则在于对地表径流的冲刷有缓解作用,可以延缓径流洪峰到来的时间,消减洪峰流量,降低径流运动速度,达到降低径流冲刷的能力,减少侵蚀产沙强度。

头屯河流域植被覆盖度的变化特征基本是随着地表高程的降低,植被覆盖度在逐渐减少,但在洪积平原的绿洲农业区植被则迅速增加,而到沙漠区又突然降低。据实地估测及其它资料统计分析,在海拔 3 000~3 690m(流域平均雪线高度),即高山草甸带,植被覆盖度为 80%以上,海拔 1 500~3 000m 之间,牧草覆盖度亦在 80%以上,海拔 800~1 500m

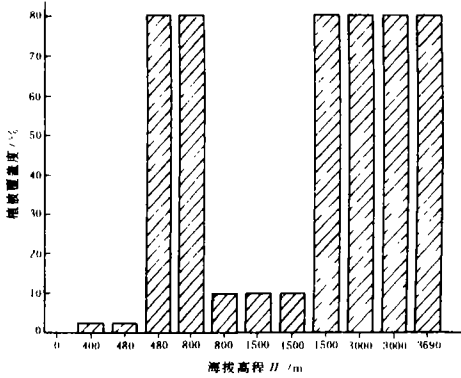


图 1 植被覆盖度在垂直方向上的变化

之间植被覆盖度突然降低,据估算为 10%左右,甚至<10%,在 480~900m 之间为绿洲农业区,大部分分布在 480~800m 之间,植被覆盖度亦在 80%以上,甚至 90%左右,在 400~480m 之间,为沙漠区,植被稀少,覆盖度仅为 2.5%,具体变化趋势如图 1 所示。

由图 1 明显看出:在海拔 800~1 500m 之间及 400~480m 之间植被最为稀少,是侵蚀产沙的主要地区。从高到低,植被覆盖度的垂直分异规律亦极为明显。除沙漠地区以外(海拔 400~480m 之间),中低山区(海拔 800~1 500m 之间)植被最为稀少,而与之相对应的高山区(海拔 1 500m 以上)、冲洪积平原区(海拔 480~800m 之间),则植被覆盖度相对较好,因此,水蚀严重的产沙区间在海拔 800~1 500m 的中低山区。

3.1.2 侵蚀产沙强度在垂直方向上的变化特征 如前所述,流域内泥沙观测资料少,尤其是完整的序列资料更少,为了比较完全反映流域内的侵蚀产沙情况,我们选用有推移质观测资料的 1987 年泥沙资料进行分析。分析结果表明:海拔为 1 400m 的制材厂水文站所控制的 840km² 的范围内,年总输沙量即悬移质与推移质之和为 28.3 万 t,海拔 1 000m 的水库实验站年输沙量为 86.2 万 t,实验站控制面积为 1 433km²,据此求出制材厂与水库站区间(海拔 1 000~1 400 m),面积为 593km² 的范围内,年输沙总量为 57.9 万 t,哈地坡水文站(海拔 800m),年输沙量为 32.3 万 t,其控制流域面积为 1 562km²,但由于水库的调节作用,这部分泥沙将主要来自哈地坡站与水库站区间 139km² 及水库排沙两部分。具体情况如表 2 所示。

表 2 输沙量在垂直方向上的变化

高程区间 (m)	泥沙来源区间 (km ²)	输沙量 (万 t)	侵蚀模数 (t/km ²)
>1 400	840	28.3	337
1 000~1 400	593	57.9	976
800~1 000	193+水库排沙	32.3	

由表 2 明显看出,侵蚀产沙强度在垂直方向上亦具有明显的垂直分异规律,且在 800~1 400m 的高程范围内侵蚀产沙强度最剧烈,属该流域泥沙主要来源区,或者说是侵蚀强度严重地区。由于我们无法知道水库每年的排沙量,因而就无法知道水库站——哈

地坡站区间每年的实际产沙量,但可以肯定小于哈地坡站的实际观测值,因为这一观测值中包含了水库的排沙量。尽管如此,就上述资料,我们认为水库站——哈地坡站区间仍为侵蚀较为严重的地区。

3.2 侵蚀产沙时间分布特征

通过对侵蚀产沙时间分布特征的研究,在搞清侵蚀产沙的年际变化,月季变化,并在此基础上,得出年内产沙强度最为集中的时间区间。

3.2.1 侵蚀产沙强度的年际变化 头屯河是关山北坡中段一条中小河流。历史上曾先后设立过制材厂、哈地坡和头屯河水库实验站等 3 个水文站,这 3 个站的泥沙资料都不全,而且时段时续,只有制材厂站泥沙资料序列相对较长,但制材厂 13 年泥沙资料中亦只有 1980~1987 年 8 年完整资料。鉴于上述情况,对侵蚀产沙强度年际变化特征的分析,仍选用制材厂站资料进行分析。图 2、图 3 分别为制材厂站历年输沙量与侵蚀模数的年际变化曲线。

由图 2、图 3 明显看出,侵蚀强度或者侵蚀量在年际间变化差异很大,具有很大的随机性,这种年际间波动较大的变化趋势是与当年的降雨有很大的关系。亦就是说多变的地区性气候特征,是引起年际间产沙变化差异较大的主要原因。

3.2.2 侵蚀产沙强度的年内变化特征 侵蚀产沙强度年内变化差异特征的研究,不但可以了解年内主要侵蚀产沙时段,而且还为当地水土保持规划的制定和实施提供了一定的理论依据。从某种意义讲,年际间产沙变化的特征,主要依据年内逐月的变化,对于年内产沙变化的研究,就

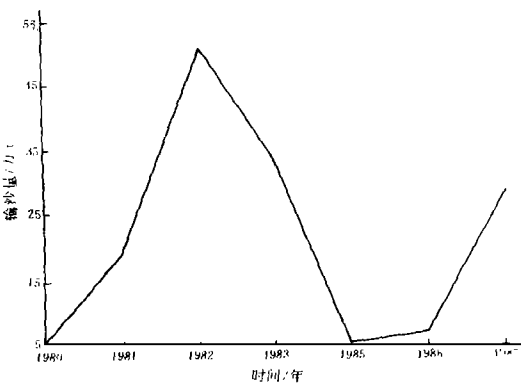


图 2 输沙量年际变化曲线



图 3 输沙模数年际变化曲线

是对于侵蚀产沙时间特征的研究。为了比较详细地对侵蚀产沙的年内变化进行分析研究,我们分别选用了年内月平均悬移质含沙量与年内月平均悬移质输沙率为主要资料以制材厂与哈地坡站泥沙资料为依据进行研究。

(1)悬移质含沙量。

头屯河属于天山北坡中段的中小河流,并以冰雪融水和降水混合补给为主。制材厂站以上,河道纵坡降大,水质清冽,水流湍急。上游东南沟汇合口以上,河道纵坡降为 77.9‰,制材厂以上河道纵坡降为 53.7‰,平均高程为 2 774m。其上有高山草甸和雪岭云杉广布,还有部分桦树、山杨、白榆树等植被覆盖,水土保持良好,河流泥沙含量小。制材厂站以下,为山地干草原和半荒漠带,植被稀疏,河道纵坡降变小,到哈地坡站约为 27.4‰。由于该区间植被差,各支流及沿程 10 多条干沟不时挟带泥沙涌入干流,使泥沙沿程变化大,河流含沙量亦增大。多年平均含沙量在制材厂站为 1.42kg/m³,到哈地坡站增加到 3.32kg/m³。多年平均含沙量月际间变化统计见表 3。

表 3 头屯河流域多年悬移质含沙量月际间变化

站名	集水面积 (km ²)	统计年 限(年)	月平均含沙量 (kg/m ³)											
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
哈地坡	1 562	5	0	0	1.25	3.47	4.95	3.92	4.48	4.05	0.948	0.406	0.023	0.002
制材厂	840	11	0.008	0.006	0.15	0.78	1.07	1.86	2.95	0.71	0.20	0.009	0.008	0.007

图 4 为哈地坡站与制材厂站,月平均含沙量多年平均变化曲线。由图 4 明显看出,每年 5~8 月份为含沙量最大区间,即该时段流域内单位水体所含的泥沙量最大,也就是说,该时段就是流域的主要产沙期。

(2)悬移质输沙量。

头屯河多年平均年径流量在上游制材厂站为 2.207 亿 m³,到下游哈地坡站为 2.447 亿 m³。多年平均年输沙量在制材厂站为 29.2 万 t,哈地坡站为 87.8 万 t。现两站相距约 38km,但哈地坡站多年平均年输沙量是制材厂站的 3 倍。在制材厂站至哈地坡站区间,共有 7 条支流及 10 余条干沟,平时只有东岸的谢家沟、小渠子、黑家沟和浅水河等 4 条支流有水汇入,其余的硫磺沟、哈萨坟沟和大沙沟等 3 条支流及 10 余条无名干沟平时干涸无水,但春夏季节常有阵性降水和暴雨

发生,流域表层大量泥沙为降水冲刷汇集河道,并迅速向下游输送。如 1984 年 5 月 23 日,由于暴雨作用,库区西面坡上 10 多万 m³ 泥石流呼啸而下冲入水库,造成公路交通中断,民房摧毁,人员伤亡,给国家财产和人民生命安全造成极大损失和威胁。表 4 为头屯河流域哈地坡和制材厂水文观测站多年悬移质输沙量月际间变化情况。

表 4 头屯河流域多年悬移质输沙量月际间变化

站名	集水面积 (km ²)	统计年 限(年)	月平均输沙率 (kg/s)											
			1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
哈地坡	1 562	5	0	0	2.08	9.60	38.4	75.2	112	85.0	9.45	2.06	0.070	0.004
制材厂	840	11	0.010	0.007	0.19	1.89	9.63	31.0	57.2	9.15	1.36	0.029	0.017	0.011

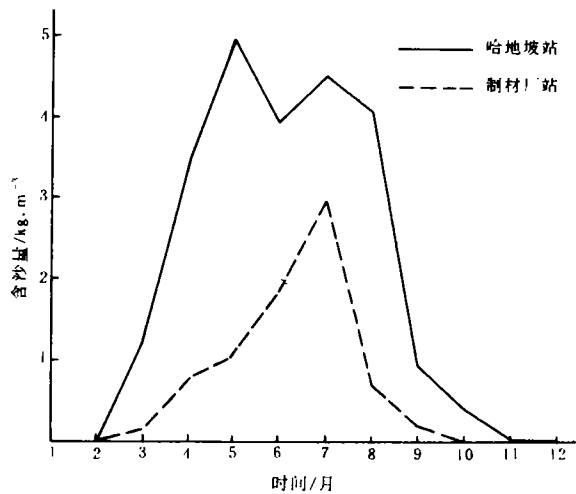


图 4 哈地坡、制材厂站含沙量月际间变化曲线

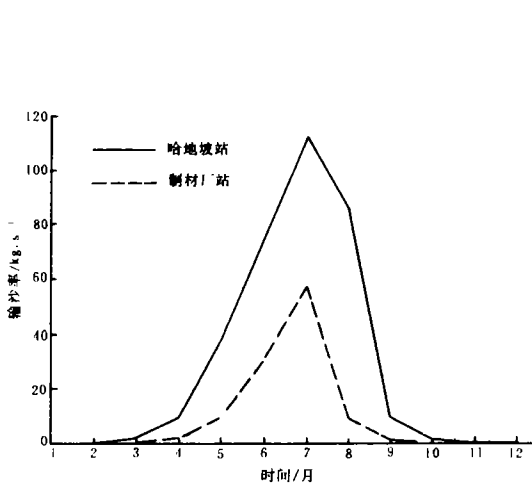


图 5 哈地坡与制材厂站输沙率(量)月际间变化曲线

图 5 为该流域哈地坡与制材厂水文观测站,月平均输沙率(量)多年平均变化曲线。由图 5 明显看出,5~8 月份为年内输沙率最大的区间。由图 4 看出 5~8 月为年内产沙最多的区间,由图 5 看出,5~8 月为年内输沙最多的区间,二者综合表明:流域内侵蚀产沙最为活跃的时段,在每年的 5~8 月份。

4 结 论

- 综上所述可初步得出下列结论:
- 1. 头屯河流域侵蚀类型较为复杂,其主要类型有水蚀、风蚀、重力侵蚀以及人类不合理的社会经济活动所引起的人为加速侵蚀,尤以水蚀为主。不同于其它地区水蚀特征的是冰川融雪侵蚀方式的存在,且该种侵蚀方式在头屯河流域不可忽视,原因在于冰川与融雪径流量占总径流量的比例相对较大。
 - 2. 侵蚀产沙具有明显的垂直分异特征。在海拔 800~1 400m 区间,植被较差,是该流域主要产沙区,也是侵蚀最为严重的地区。
 - 3. 侵蚀产沙强度亦有明显的时间分异特征。尽管年际间变化差异较大,但年内月际间变化相对规律性较强,得出每年的 5~8 月份为侵蚀产沙最为集中的时段。