

大沽河泥沙来源的重矿物分析及其环境意义

金秉福¹, 宫立新^{1,2}, 宋 键³

(1. 鲁东大学 地理与规划学院, 山东 烟台 264025; 2. 中国海洋大学 海洋地球科学学院, 山东 青岛 266100; 3. 中国地震局地质研究所, 北京 100029)

摘要: 应用矿物分析的方法研究大沽河下游泥沙的来源, 研究表明, 大沽河上游和小沽河流域的重矿物特征有很大的不同, 大沽河上游段以高的普通角闪石含量为标志, 绿帘石、钛铁矿具有较高的含量。小沽河和大沽河下游的重矿物组成以普通角闪石+绿帘石+透闪石+石榴石为主, 重矿物特征相似性明显, 其重矿物含量和主要重矿物相对含量都比较相似, 数值相差不大, 而且矿物的形态特征、矿物的种类也一致。这说明大沽河下游的泥沙主要来源于其支流小沽河, 因此, 小沽河流域的水土保持是大沽河河道以及胶州湾沉积环境整治的关键。

关键词: 大沽河; 小沽河; 泥沙来源; 重矿物

中图分类号: P577; P931.1; P512.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)10-0071-06

1 研究区概况

大沽河源于山东半岛的东北部, 招远市东南、艾山西北麓, 曲折西流, 于胶州市营海镇码头村注入胶州湾。大沽河是胶东半岛最大的河流, 干流全长 179.9 km, 其主要支流有小沽河、濰河、五沽河、落药河、流浩河等(图 1)。干流平均比降为 0.61‰, 流域总面积 4 631.3 km²(不包括南胶莱河流域), 多年平均径流量为 7.235 亿 m³。小沽河是大沽河上游主要支流, 全长 84.01 km, 流域面积为 1 456.4 km²[1]。大沽河流域北部为山区和低山丘陵区, 南部为山麓平原和平原洼地, 地势北高南低, 地形坡度由北向南逐渐变缓。流域内山区 527.6 km², 丘陵区 1 597.4 km², 平原区 1 705.1 km², 洼地 801.2 km²。山区和丘陵区的植被较少, 土层薄且贫瘠, 水土流失严重。中下游平原洼地土层较厚。大沽河径流以降水补给为主, 年际和年内变化幅度大, 具有暴涨暴落的特性。注入胶州湾诸河流的年总输沙量为 157.3 万 t, 其中大沽河年输沙量为 95.97 万 t, 占 60.98%[2]。

大沽河流域地处胶东丘陵的西部, 跨胶北隆起和胶莱凹陷带。由古老的变质岩构成基底, 出露的地层主要为太古界-元古界胶东岩群(Ar-Pt_{1j})及元古界粉子山群(Pt_{2f})。前者以黑云斜长片麻岩、黑云变粒岩、斜长角闪岩及变粒岩等为主, 后者主要岩性是黑云片岩、片麻岩、黑云变粒岩、不纯大理岩及长石

石英岩等。古老变质岩之上主要覆盖着中生界下侏罗统的莱阳组(J_{3l})、白垩系的青山组(K_{1q})和王氏组(K_{2w})地层, 岩性为陆相碎屑岩-火山岩、河湖相红色碎屑岩。中生代时期, 岩浆岩多次侵入和喷出, 并经历长期隆起剥蚀后, 造就本区岩浆岩出露广泛。区内第四系分布较广, 河谷两侧主要分布着坡洪积及残坡积物, 其厚度较薄, 而大沽河下游河床中却沉积了 5~8 m 厚的冲洪积砂砾层。

大沽河作为青岛市重要的供水源地, 具有重要的经济和战略意义。因此, 研究大沽河下游泥沙来源对解决胶州湾的环境整治、胶州湾内泥沙侵淤^[3]及大沽河水质的改善^[4]等问题都具有重要的指导意义。

2 样品和分析方法

研究样品于 2004 年 4~5 月, 采自大沽河下游、中游和上游, 包括小沽河、濰河等支流, 样品主要来自河床中部, 少量取自河床边滩, 在河床剖面上样品一般取自河床中下部(在多个河道采沙场, 可见河床较完整的剖面)。在大沽河下游, 河床砂层可分两大层, 中间被粉砂质黏土层隔开, 样品分上下层来采。本研究共取重矿物样 32 个(图 1)。

收稿日期: 2009-04-12; 修回日期: 2010-05-03

基金项目: 国家自然科学基金(40246026); 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室开放基金(MASEG200803); 鲁东大学学科建设项目
作者简介: 金秉福(1963-), 男, 满族, 辽宁大连人, 教授, 博士, 主要从事海洋地质学和自然地理学教学与研究, 电话: 0535-6693670, E-mail: bfjin@126.com

染状，一般多为钛铁矿，其次是磁铁矿，组成岩屑的造岩矿物既有绿帘石、角闪石，又有石英、长石，以及部分蚀变矿物。

风化蚀变矿物：原矿物已被蛇纹石化、绿泥石化、绿帘石化、高岭土化和绢云母化等，或经化学风化已失去、或难以分辨原有的光性特征。

综上所述，重矿物碎屑大都呈次棱角状，化学风化程度较低，说明沉积物来源近，搬运距离短。

4 大沽河重矿物含量分布

大沽河可以分三部分流域，以古岬附近小沽河入大沽河为界分：大沽河上游段、小沽河段和大沽河下游段。按水系地貌分布来看，大沽河下游和入海泥沙应主要来自于山区和丘陵区的大沽河上游段和小沽河段，但以哪一部分为主，可以从碎屑矿物分析中窥出。因为三部分河流的碎屑矿物特征和含量有较大的不同。

4.1 大沽河上游段

大沽河上游河段重矿物质量分数波动于 6.86%~18.04%之间，重矿物平均质量分数为 12.97%。普通角闪石(平均体积分数 50.44%)与钛铁矿具有较高含量，各个样点两者的综合体积分数均在 60%以上；而石榴石体积分数都在 5.00%以下；透闪石体积分数更少，都在 3.50%以下。大沽河上游整个河段重矿物含量和主要重矿物相对含量都比较相近，数值变化不大，而且矿物的形态特征、矿物的种类也一致，说明大沽河上游

段的泥沙来源于相同的岩石类型，即主要来源于太古界胶东群的黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩、黑云变粒岩和元古代侵入岩——黑云花岗岩，一部分来源于中生界白垩系王氏组和青山组的砂岩、粉砂岩以及流纹岩和安山岩。由于该区在产芝水库以下为构造剥蚀平原和胶莱盆地区，虽然大沽河上游段流域面积较大，但河流水力坡度(比降)小，故河流携带的泥沙主要来自于上游，即中生界地层对该流域泥沙的贡献较小，因此在大沽河上游段获取的 13 个样品的平均值可以代表大沽河上游段重矿物的特征值(表 1, 图 2)。

4.2 小沽河段

小沽河重矿物质量分数最低为 2.60%，最高为 13.47%，且所取样点大部分集中于 6.00%附近。所取样品普通角闪石体积分数平均为 28.09%，集中于 30.00%附近；绿帘石体积分数较高(平均为 19.78%)，明显高于大沽河上游河段(12.35%)；透闪石体积分数都在 5.00%以上(除 033 站点为 1.00%外)，最高达 19.00%；石榴石体积分数也在 6.00%以上。小沽河段样品重矿物数值也具有统一相似性，除 027 站点外，其他 7 个样品重矿物特征非常相近，说明小沽河泥沙来源于统一的原岩区，其上游流经的地层主要岩性有长石石英岩、透闪透辉大理岩、蛇纹石化大理岩夹石榴黑云片麻岩、含石墨长石透辉岩，以及元古代侵入岩——片麻状黑云花岗岩。由于小沽河上游位于大泽山东南麓，为低山丘陵区，地势较高，支流

表 1 大沽河不同河段不同层位主要重矿物组分平均体积分数对比

Tab. 1 The average volume fractions of the main heavy minerals in different reaches and strata positions of the Daguhe River

主要重矿物 组分	主要重矿物组分平均体积分数(%)							
	大沽河 上游段 n=13	小沽河段 n=8	大沽河下游河床下层			大沽河下游河床上层		
			谈家庄 n=3	斜庄 n=1	南张院 n=1	谈家庄 n=1	斜庄 n=1	南张院 n=1
普通角闪石	50.44	28.09	34.33	36.75	34.75	45.75	33.50	33.00
透闪石	1.00	11.47	7.42	9.25	5.00	8.50	10.75	5.50
绿帘石	12.35	19.78	17.42	23.25	19.50	19.50	20.75	25.50
石榴石	2.75	8.44	5.25	3.25	4.00	4.25	8.50	9.00
透辉石	0.48	2.69	3.75	4.75	1.00	2.50	1.00	2.50
金属矿物	19.46	15.43	22.66	11.25	25.75	6.75	12.00	13.75
岩屑	2.94	2.44	2.08	3.75	1.50	2.00	0.50	0.50
风化矿物	8.10	7.84	3.50	3.75	4.75	6.75	6.50	5.50
重矿物质量分数(%)	12.97	6.30	4.31	3.91	6.01	2.86	6.63	4.12

注: n 为样品数目

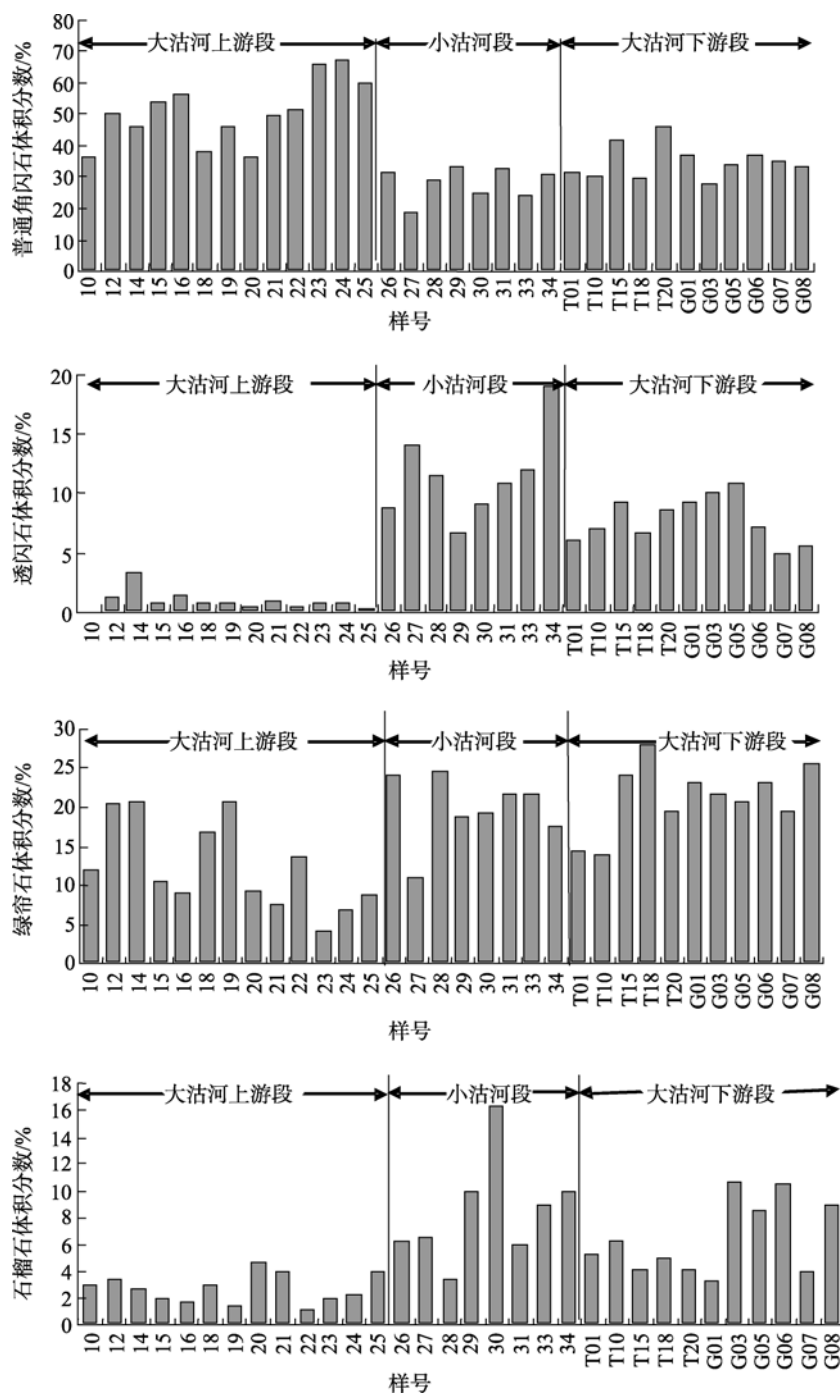


图 2 典型重矿物在大沽河不同河段中的体积分数对比

Fig. 2 Volume fractions of the representative heavy minerals in different reaches of the Daguhe River

发育, 水资源丰富, 是小沽河泥沙主要来源区。本研究的 8 个样品的平均值可以代表小沽河段重矿物的特征值。

对比分析大沽河上游段与小沽河段重矿物特征, 可以发现, 这两段支流的重矿物组合特征有很大的不同, 大沽河上游段以高的普通角闪石含量为标志, 重

矿物组合为普通角闪石 + 钛铁矿 + 绿帘石; 而小沽河重矿物以高的透闪石和石榴石为标志, 重矿物组合为普通角闪石 + 绿帘石 + 钛铁矿 + 透闪石。这种特征矿物标志和矿物组合与它们各自的物质来源区密切相关。大沽河上游段物源区富含角闪石和金属矿物, 而小沽河段物源区以富含透闪石和石榴石为特征。

4.3 大沽河下游段

大沽河下游重矿物质量分数介于 1.98% 与 6.90% 之间。普通角闪石平均体积分数为 34.57%，所取 11 个样品中有 7 个样品的体积分数非常接近于 34.57%；同时，具有较高的绿帘石体积分数，为 21.25%，远远高于大沽河上游河段的 12.5%，接近于小沽河的绿帘石体积分数 19.78%；透闪石体积分数为 7.75%，也远高于大沽河上游，与小沽河河段的透闪石体积分数接近；石榴石体积分数为 6.45%，接近于小沽河中石榴石体积分数的 8.44%，与大沽河上游中石榴石的体积分数相差较大。

由表 1 和图 2 可知，大沽河上游的透闪石、石榴石体积分数很低，大都在 3% 以下，远低于两种矿物在大沽河下游河段的体积分数，相反，两者在小沽河的体积分数都在 10% 左右，与大沽河下游河段的含量相近。不稳定矿物在由上游往下游的运移中含量会变小，由此可知大沽河下游河段的泥沙主要来源于小沽河河段。

大沽河下游段由于河相堆积厚度较大，形成历史复杂，是进行河流环境演化分析的良好场所。大沽河下游的河床相砂砾层沉积分上、下两个亚层，下亚层为粗砂砾石层，形成于晚更新世，上亚层为中细砂和细砂层，属于全新世沉积。因此在大沽河下游段取样分上下两层来取，在一些出露较好的河段，进行系统剖面取样，如谈家庄、南张院。从表 1 重矿物数值特征以及重矿物的显微特征以及图 2 可以看出，大沽河下游段的重矿物继承了大沽河上游段和小沽河段的矿物特征，是这两段河流沉积物混合的产物。综合分析，大沽河下游段的重矿物特征与小沽河的较为接近，与大沽河上游段差别明显。例如，普通角闪石在大沽河下游段，不管是上层，还是下层，体积分数多在 33% ~ 36% 之间，而大沽河上游段却高达 50% 以上，恰恰相反，小沽河段却只有 28%，这说明，大沽河下游段是上游两条支流泥沙混合而成，但小沽河的对下游的影响要大于大沽河上游段对下游的影响，因为小沽河对下游的普通角闪石的变异系数要远远小于大沽河上游段对下游段的变异系数(变异系数 $DF = |1 - \text{样品值}/\text{标准值}|$)；透闪石、绿帘石、石榴石和金属矿物等在三段河流中的数值也反映了同样的结果。如果大沽河下游段的泥沙只认为来源于大沽河上游段和小沽河，通过表 1，利用普通角闪石、石榴石、透闪石以及透辉石作为端元值，引用二元线性方程，通过不同矿物组合进行计算和比较，

可以圈定出小沽河和大沽河上游段对大沽河下游段泥沙沉积的贡献。计算结果表明：河床相砂砾层的下部亚层，来源于小沽河的重矿物占河床沉积总量的 60% 以上(其权重变动在 0.59~0.68 之间)，大沽河上游段沉积占约 40%；河床相砂砾层的上部亚层，小沽河重矿物占近 70%(其权重变动在 0.58~0.79 之间)，大沽河上游段只约占 30%。数值显示大沽河下游的重矿物受小沽河的影响要大于受大沽河上游段的影响，也就是说：全新世以来，大沽河入海泥沙主要来源于小沽河。

4.4 大沽河物源与环境演变分析

大沽河是新生代以后形成的次成河，受构造运动、地形地貌和海面升降的影响较大。近 5 000 a 以来，胶州湾周围陆地区域约有 2 mm/a 的抬升^[2]，在大沽河流域造成小沽河上游(大泽山区)整体抬升，而在大沽河流域形成胶莱盆地的整体下降。但气候的变迁和海面的升降变化对大沽河的影响更为深远。末次盛冰期大沽河解体，由于当时气候寒冷干燥，降水急剧减少，大沽河河床消失。因为到目前为止在大沽河下游尚未发现深切河谷，最深的河床底板是白垩系青山组，其底板海拔高程等于或高于现在的黄海海面，说明大沽河在海面大规模后退后便趋于解体消失。随全球气候转暖、全新世的到来，大沽河逐渐复苏，随河道水量的激增，搬运沉积的风化碎屑物质具有颗粒粗大、岩屑含量高、化学风化较弱(风化蚀变矿物含量低)的特点。大沽河受胶州湾海侵顶托的影响，数次在河道下游形成河道型湖泊，河流比降减小，水流平缓，形成细粒质(细砂粉砂质黏土)沉积，这些细粒物质(T18, DG03)显示出与小沽河物质特征相近的特点，即：普通角闪石含量低、透闪石含量高、重矿物含量低等。说明高海面时期，大沽河的物质主要来源于小沽河，大沽河上游段由于河流比降的进一步降低，河流输沙能力大为减小。

5 结论与讨论

由重矿物分析得出大沽河下游的泥沙主要来源于小沽河的结论，具有重要的意义。

1) 流域输沙的变化主要取决于产沙和蓄沙之间的平衡。因此，要保证大沽河下游泥沙的平衡，就要合理地控制小沽河河段的水利设施的兴建，保证大沽河下游有充足的泥沙来源。

2) 河流输沙入海是地表过程的一个重要表现。胶

州湾入湾泥沙主要来源于大沽河,因此胶州湾的环境治理、泥沙治理重点在小沽河。同时,大泽山地区水土保持的好坏直接影响大沽河流域的河道治理。

3)大沽河上游段应停止河道河沙的采掘,因为大沽河上游段沉积物来源不足,加之产芝水库的阻挡沉积作用,使得大沽河泥沙来量严重不足,如果持续采沙,将导致河床冲刷下陷,河道两侧耕地水土流失和地下水水位大幅度下降的严重后果。

参考文献:

[1] 山东省科学技术委员会. 山东省海岸带和海涂资源

综合调查报告[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1999. 15-18.

[2] 国家海洋局第一海洋研究所港湾室. 胶州湾自然环境[M]. 北京: 海洋出版社, 1984.

[3] 韩树宗, 赵瑾, 魏福宝, 等. 胶州湾大沽河口洪水期三维水沙数值模拟研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2007, 37(5): 689-694.

[4] 刘衍美, 徐有杰, 解风云, 等. 大沽河海水入侵综合治理效果分析与防治对策[J]. 山东水利, 2006, 12: 13-14.

[5] 国家海洋局. 海洋调查规范(第四分册——海洋地质调查)[M]. 北京: 海洋出版社, 1975. 9-88.

Heavy mineral analysis in the sediment originated from the Daguhe River and its environmental significance

JIN Bing-fu¹, GONG Li-xin^{1,2}, SONG Jian³

(1. College of Geography and Planning, Ludong University, Yantai 264025, China; 2. College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 3. Institute of Geology, China Seismological Bureau, Beijing 100029, China)

Received: Apr., 12, 2009

Key words: the Daguhe River; the Xiaoguhe River; sediment source; heavy mineral

Abstract: Based on heavy mineral analysis, the sediment originated from lower reaches of the Daguhe River was studied. We found that the characteristics of heavy mineral were different between the Xiaoguhe River and the upper reaches of the Daguhe River. The high content of hornblende was the feature in upper reaches of the Daguhe River and the contents of ilmenite and epidote were also high. In contrast, main heavy mineral assembled was mixed by hornblende, epidote, tremolite and garnet in the Xiaoguhe River and the lower reaches of the Daguhe River. In addition to similar relative contents for most heavy minerals, mineral shape characteristics and mineral species were also identical. These results illustrate the major sediments of the lower reaches of the Daguhe River come from its main branch, the Xiaoguhe River. Therefore, conservation of soil and water in the Xiaoguhe River drainage area is key to maintain and restore the sedimentary environment in the Daguhe River watercourse and the Jiaozhou Bay.

(本文编辑: 刘珊珊)