

电站附近水域泥沙淤积的示踪研究*

车越¹ 何青¹ Abdul Kadir Ishak² 屠基元^{1,3}

(¹ 河口海岸国家重点实验室, 华东师范大学 上海 200062)

(² Malaysian Institute for Nuclear Technology Research, Bangi, 43000Kajang, Malaysia)

(³ Australian Nuclear Science & Technology Organization, Menai, NSW2234, Australia)

关键词 泥沙, 示踪, 淤积

近年来示踪技术作为研究水动力和泥沙冲淤规律的工具得到越来越广泛的应用。示踪技术比传统的水文观测方法方便、准确。传统研究方法往往只能进行定点或走航采样监测, 而示踪技术则能准确判定某一区域泥沙或水流的具体运动过程和最终运动结果, 甚至给出定量的结论, 从而为数学模型参数的确定提供有效的依据。Pujol 使用³H 监测西班牙 Ebro 河的横向扩散速率^[1], Albert 在 Ebro 河用同样的方法研究水动力过程^[2], Millward 在 North Sea 用示踪技术研究泥沙的再悬浮^[3], Amin 研究示踪物扩散数学模型的建立, Braun 使用示踪技术研究污染物扩散的模型参数, 都颇具代表性。

常用的示踪物可分为化学示踪物 (Chemical tracer) 和荧光示踪物 (Fluorescent tracer)。使用核素作为化学示踪物的示踪技术具有探测敏感度高、可选择性好、粒子被掩蔽时仍可连续测试的特征, 因此在化学、生物、海洋、环境等研究中愈来愈得到重视。

泥沙研究使用核素示踪技术时, 常常将核素附着在与试验区域泥沙粒径相似的人造玻璃球或原形泥沙上, 当憩流时将它们投放到河床或海床上, 通过监测各个地点同位素放射性的强弱来确定泥沙的运动状况, 进而推断出该试验区域泥沙的运动规律。马来西亚最大的发电厂——Kapar 电站位于 Selangor 的西海岸, 正对马六甲海峡。该水域为半日潮, 大潮期间潮差 4.2 m, 小潮期间潮差 1.8 m。由于地理位置的优势, 该厂利用海水作为冷却水。Kapar 电站自从建成以后, 细颗粒泥沙常常淤积于冷却水的取水口附近, 必须花费大量的资金定期疏浚。为了解 Kapar 电站附近的水力和沉积环境, 探明其淤积原因, 于 1998 年和 1999 年进行了一系列的示踪试验和水文测验, 判断 Kapar 电站的淤积原因。

1 现场采样及水文测验

1.1 底泥采样

海床底部泥沙组成对于了解泥沙输移十分重

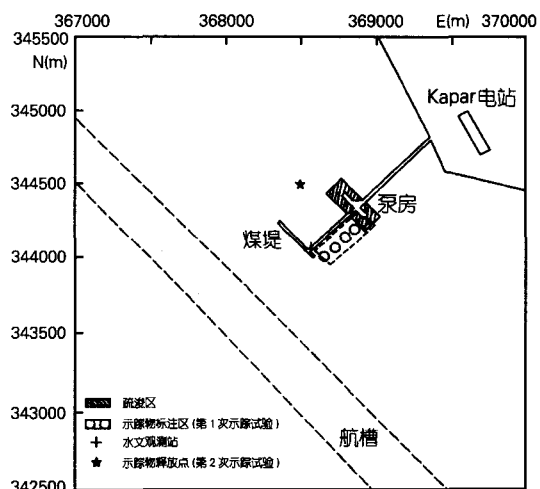


图1 Kapar 电站位置

Fig. 1 Map of Kapar Power Station

要, 为此, 在 1998 年 6 月 8~9 日, 维持水深的疏浚工程开始之前, 使用 Ponar 采样器在覆盖航道和海岸线之间的区域取了 41 个底泥样品 (图 1)。采样结果表明, 底泥平均粒径 15~45 μm , 主要为细砂和中粉砂, 各个样品粒度组成上变化范围很大。由海岸向航道, 泥沙粒径逐渐变粗, 砂的含量由海岸附近的 1% 增至航道附近的 40%。

1.2 水文资料收集

分别于 1999 年 3 月 9 日至 11 日 (小潮)、1999 年 3 月 17 日至 19 日 (大潮) 进行了两次水文调查, 每次

* 河口海岸国家重点实验室开放基金资助项目 SKLEC NO9808 号。

第一作者: 车越, 出生于 1977 年, 在读硕士。从事河口海岸水环境研究。E-mail: Jealousyche@21.cn.edu.cn

收稿日期: 2000-10-30; 修回日期: 2001-03-30

设两个流速站(一个位于泵房,另一个位于煤堤附近的深水区),使用 Valeport current meters Model 105 测量流速。1999年3月18日使用采样器在涨潮和落潮期间收集了泵房与煤堤之间水体的16个水样,样品在水面下3m处采集。1999年5月12日在泵房以南200m处进行一次水文资料的连续监测,两台流速仪分别位于海床之上1.5m和3m处,采样器设在水下1m处采样。1999年3月的监测结果表明Kapar 电站附近的流向基本都是与海岸线平行的,涨潮流向大致为125~150°,落潮流向大致为300~345°,落潮流速比涨潮流速略强,同时落潮历时大于涨潮历时,泵房附近的流速约是煤堤附近的一半(表1)。样品的悬沙浓度在52~285 mg/L 之间变化(表2)。

1999年5月流场监测结果表明落潮比涨潮期间流速要大,涨潮和落潮的最大流速分别为0.43 m/s 和0.56 m/s,这与1999年3月的监测结果是一致的。

2 示踪试验及监测结果

2.1 示踪试验 1

试验在泵房的疏浚工作完成后立即进行,目的是估算该地区泥沙的填充速率。使用核素¹⁹²Ir,半衰期为74 d,试验用玻璃球直径为5~125 μm,共计600 g,放射性7.03×10⁹ Bq,示踪物用铅制容器运至释放地点。

示踪物选取1998年9月16日小潮期间释放,为了便于释放,同时在容器内混入泥浆,通过注射器均匀注入从泵房到防波堤间的70 m×400 m的海床表层(图1)。选择该时间释放的目的是使示踪物尽快沉入海床。使用5 cm 直径柱状采样器从示踪区域可采得长度20~50 cm 的表层沉积物柱状样,柱状样的表面到标注层的距离可被用来估算沉积速率和体积,这可以通过使用与 Scalar ratemeter 相连的校正的NaI 探测器探测沉积柱的放射性来获得。另外,沉积物柱状样被切为2 cm 切片,每个切片的¹⁹²Ir 示踪物的数目可以用与多道分析仪(MCA)相连的HyperPure GeLi 探测器探测,从而可以监测极低浓度的示踪物。1998年9月30日进行的监测表明,示踪物淤积在沉积层顶部几厘米处,表明该区域的冲刷不明显。

表1 电站附近流速、流向(1999年3月)

Tab.1 Velocity and direction at power station, March 1999

地点	参数	小潮		大潮	
		涨潮	落潮	涨潮	落潮
泵房	最大流速(m/s)	/	0.27	0.63	0.69
	流向(°)	135	320	140~150	315~345
煤堤	最大流速(m/s)	/	0.48	1.08	1.33
	流向(°)	125	305	135~150	300~310

注:小潮涨潮时的最大流速未能测出。

表2 电站水域悬沙浓度(1999年3月18日)

Tab.2 Suspended sediment concentration in water samples at power station 18, March 1999

样品号	过滤体积(ml)	时间(时:分)	浓度(mg/L)
1	350	11:00	146.1
2	300	11:20	167.2
3	300	11:40	209.0
4	200	12:00	228.9
5	200	12:20	224.7
6	200	12:40	196.1
7	200	13:00	173.2
8	200	13:20	177.5
9	300	14:30	52.2
10	310	15:00	98.8
11	340	15:30	53.8
12	240	16:00	285.1
13	200	16:30	166.4
14	200	17:00	185.0
15	230	17:30	254.2
16	300	18:00	117.3

2.2 示踪试验 2

本试验的目的是监测泵房附近的沉积速率以及泥沙的主要输移方向(图1)。同样使用¹⁹²Ir,玻璃球直径5~63 μm,共计400 g,放射性5.55×10⁹ Bq。示踪物于1999年3月11日小潮期泵房以北大约400 m 处释放,此处水深6 m,原打算在泵房之间释放,但为了避免受到前一次示踪试验残留示踪物的影响,因此将注射点移至水力条件相同的泵房以北的开阔水域。

1999年3月16日、31日分别对海床进行放射性监测,调查示踪物扩散情况。根据放射性监测结果,可以绘出示踪物扩散的羽状图,从图上可以明显地看出示踪物的扩散方向为西北向,示踪物扩散羽云有800 m 长、250 m 宽(图2、图3)。表层沉积物柱状样取样分别于1999年3月12日、16日、31日进行,12~38 cm 厚的柱状样被切为2 cm 的切片。对柱状样的放射性调查结果分析表明,最顶层柱状样切片的闪烁计数器计数最高,示踪物仍处于表层;释放点西北方附近的底部表层沉积物放射性明显高于其他方向。表3~5列出柱状样切片的监测结果。

3 结果分析和讨论

3.1 Kapar 电站附近水体和泥沙特性

通过1999年的水文调查,认识到Kapar 电站附近的流向基本与海

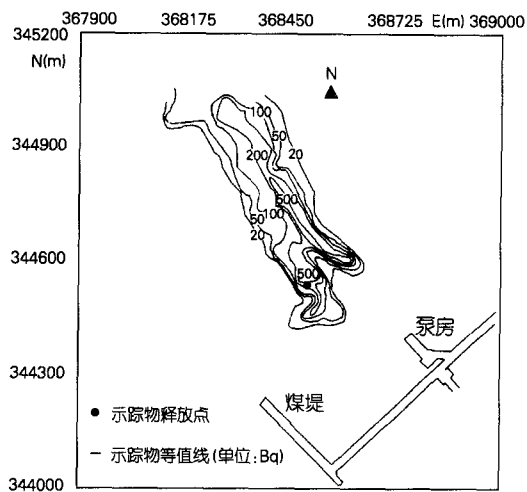


图2 1999年3月16日Kapar电站示踪物分布
Fig.2 Tracer distribution at Kapar power Station
(16 March 1999)

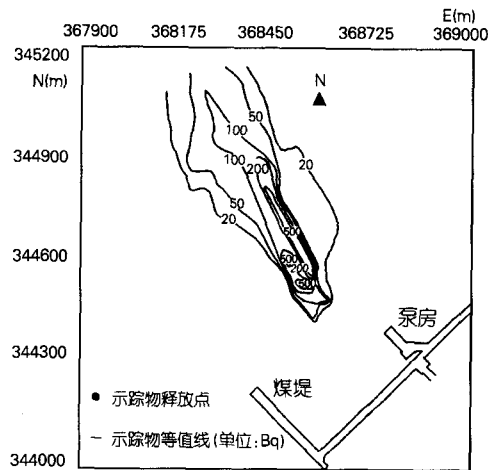


图3 1999年3月31日Kapar电站示踪物分布
Fig.3 Tracer distribution at Kapar Power Station
(31 March 1999)

岸平行, 涨潮流流向为 125~150°, 落潮流流向为 300~345°, 落潮流流速比涨潮流略强, 同时落潮历时大于涨潮历时, 泵房附近的流速约是煤堤附近的一半。因此可以认为 Kapar 电站流域优势流的方向为 300~345°。泵房附近水域相对于煤堤附近流速为小, 泥沙在该区域相对容易沉降。底泥组成主要为细砂和中粉砂, 由航道向海岸逐渐细化, 因此靠近海岸区域泥沙的起动流速相对较小, 海岸附近泥沙较航道泥沙更

容易起动, 这就是电站取水口附近易于泥沙淤积的原因。

3.2 示踪试验结果分析

第1次示踪试验的放射性调查表明, 示踪物仍然存在与释放区域沉积层顶部几厘米处, 这表明该水域的动力条件不强, 波浪掀沙和水流冲刷作用不明显, 几乎没有泥沙的冲刷和淤积。因此可以推断泵房附近淤积泥沙并不是来源于其南部(即示踪区域)的泥沙。第2次示踪试验, 根据对本次示踪试验附近水域的放射性监测结果, 可以绘出示踪物扩散的羽状图(图2, 3)。从图上可以明显地看出示踪物的扩散方向为西北向, 这与1999年水文调查的分析结果是一致的。通过对沉积物柱状样的放射

表3 1999年3月12日沉积物柱状样示踪物放射性

Tab.3 Tracer activity in core samples, 12, March 1999

样品	切片 (cm)	坐标(m)		闪烁计数 器计数(Bq)	备注
		东	北		
1	0~2	368476	344627	20.10	背景值
	2~4			19.72	背景值
2	0~2	368443	344636	30.42	示踪物
	2~4			20.51	背景值
3	0~2	368480	344610	29.44	示踪物
	2~4			22.24	背景值
4	0~2	368549	344571	20.84	背景值
	2~4			20.01	背景值
5	0~2	368439	344643	22.66	示踪物
	2~4			22.44	背景值
6	0~2	368503	344546	24.65	示踪物
	2~4			20.83	背景值
7	0~2	368493	344572	21.34	背景值
	2~4			20.38	背景值

表4 1999年3月16日沉积物柱状样示踪物放射性

Tab.4 Tracer activity in core samples, 16, March 1999

样品	切片 (cm)	坐标(m)		闪烁计数 器计数(Bq)	备注
		东	北		
1	0~2	368512	344600	28.96	示踪物
2	0~2	368541	344579	22.97	示踪物
3	0~2	368541	344579	31.64	示踪物
4	0~2	368475	344629	959.39	示踪物
	2~4			18.69	背景值
5	4~6			18.51	背景值
	0~2	368518	344606	25.29	示踪物
6	0~2	368518	344606	20.67	背景值
7	0~2	368496	344596	25.18	示踪物
8	0~2	368432	344664	18.80	背景值

表 5 1999 年 3 月 31 日沉积物柱状样示踪物放射性
Tab.5 Tracer activity in core samples, 31, March 1999

样品	切片 (cm)	坐标(m)		闪烁计数 器计数(Bq)	备注
		东	北		
1	0~2	368515	344572	28.75	示踪物
	2~4			18.63	背景值
2	0~2	368510	344615	31.10	示踪物
	2~4			18.41	背景值
3	0~2	368448	344600	37.14	示踪物
	2~4			18.64	背景值
4	0~2	368545	344575	21.08	背景值
	2~4			19.29	背景值
5	0~2	368545	344575	21.01	背景值
	2~4			20.04	背景值
6	0~2	368549	344579	23.06	示踪物
	2~4			19.67	背景值
7	0~2	368451	344690	20.29	背景值
	2~4			19.65	背景值
8	0~2	368455	344607	19.02	背景值
	2~4			19.14	背景值
9	0~2	368462	344652	27.12	示踪物
	2~4			18.82	背景值

性调查结果分析,可以看出释放点西北方附近的底部表层沉积物放射性明显高于其他方向,这与羽状图所反映的示踪物扩散规律是相符的。因此可以认为Kapar 电站附近泥沙的主要运动方向为西北向,这与以上对水流条件的分析是一致的。

3.3 淤积原因分析

将流速和悬沙观测数据结合起来分析,由图 4、

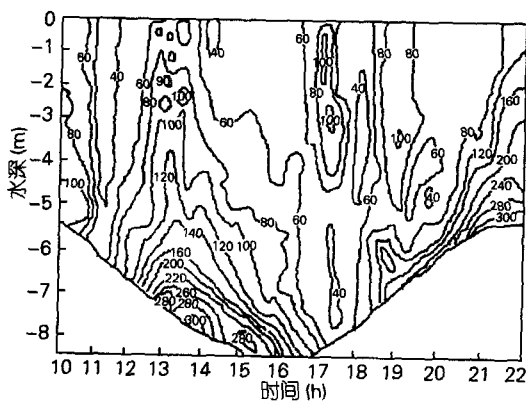


图 4 1999 年 5 月 12 日悬沙浓度随时间变化(mg/L)
Fig.4 Time series plot of suspended sediment concentration (mg/L), 12 May 1999

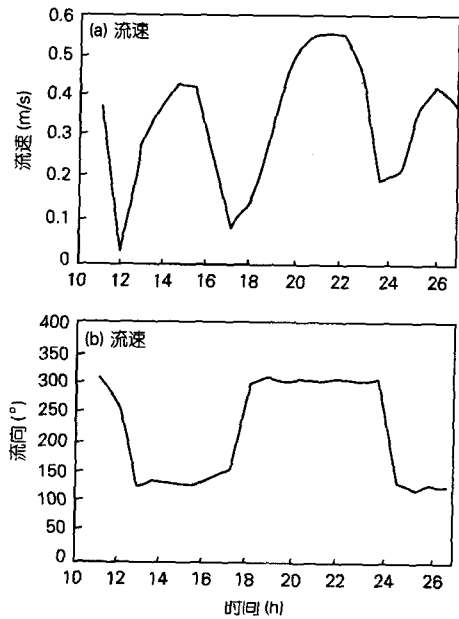


图 5 1999 年 5 月 12 日 Kapar 电站流速流向

Fig.5 Current velocity and direction at Kapar, 12 May 1999

图 5 可以看出, Kapar 电站附近流速大时,泥沙起动,表现为冲刷,因此悬沙含量高;流速小时,泥沙沉降,表现为淤积,悬沙含量相对较低。将 Kapar 电站附近水体、泥沙特性结合示踪试验结果综合考虑,可以认为水流、泥沙的最终运动输移方向为西北向;近底泥沙由航道向海岸逐渐细化,为海岸附近泥沙的起动提供了可能;泵房附近区域流速相对较小,使泥沙在该处易于沉降。由此可以推断 Kapar 电站东南方的泥沙是淤积区泥沙的主要来源,靠近海岸泥沙较细,易于波浪掀沙,水流将起动的泥沙向西北方向输运,到达动力条件相对较弱的 Kapar 电站泵房附近,泥沙沉降,造成该区域的泥沙淤积。因此要解决好 Kapar 电站的淤积问题,关键在于控制东南方向的泥沙。

4 结论

通过现场采样、水文测验和示踪试验,表明电站附近近底泥沙由航道向海岸逐渐细化,优势流的方向以及泥沙输移方向都为西北向,电站东南方的泥沙是淤积区泥沙的主要来源,要解决好 Kapar 电站的淤积问题,关键在于控制东南方向的泥沙;核素示踪技术是研究水流和泥沙运动的有效工具,电站附近水域示踪试验结果与常规水文测验结果完全一致。

参考文献

1 Ll. Pujol, J. A. Sanchez-Cabeza. Determination of longitudi

- nal dispersion coefficient and velocity of the Ebro river waters (Northeast Spain) using tritium as a radiotracer, *Journal of Environmental Radioactivity*, 1999, 45:39~57
- 2 Joan-albert Sanchez-cabeza and Lluís Pujol. Study on the hydrodynamics of the Ebro river lower course using tritium as a radiotracer, *Wat. Res.*, 1999, 33:2 345~2 356
- 3 G. E. Millward, A. W. Morris and A. D. Tappin. Trace metals at two sites in the southern North Sea: Results from a sediment resuspension study, *Continental Shelf Research*, 1998, 18:1 381~1 400

TRACER STUDY ON THE DEPOSITION PATTERN OF SEDIMENT AT POWER STATION

CHE Yue¹ HE Qing¹ Abdul Kadir Ishak² TU Ji-yuan^{1,3}

(¹State Key Laboratory of Estuarine & Coastal Research, Shanghai, 200062)

(²Malaysian Institute for Nuclear Technology Research, Bangi, 43000 Kajang, Malaysia)

(³Australian Nuclear Science & Technology Organisation, Menai, NSW2234, Australia)

Received: Oct. 30, 2000

Key Words: Sediment, Tracer, Deposition

Abstract

A hydraulic study and two tracer experiments were carried out to determine sources, sediments, dominant transport directions and to assess various parameters that contribute to the sedimentation problems at the Power Station in 1998 and 1999. The experimental results and the transport mechanism of the sediments at the Power Station are discussed in this paper.

(本文编辑:李本川)