

第十三届世界疏浚会议
论文集

交通部广州航道局

第十三届世界疏浚会议论文集

上 册

(内部交流)

交通部广州航道局

第十三届世界疏浚会议论文集
(上 册)

出版单位：交通部广州航道局

承印单位：番禺市大石联友印刷厂

责任编辑：丘添顺

出版日期：一九九二年十二月

前 言

第十三届世界疏浚会议于 1992 年 4 月 7 日至 10 日在印度孟买举行,会议的主题为“疏浚促进发展”,在会议上宣读的以及收入此次会议论文集的论文共有 58 篇。

荷兰德尔夫特理工大学教授、前世界疏浚协会主席德·高宁先生参加了这次会议,并在今年 4 月份来穗讲学时,向我局赠送了《第十三届世界疏浚会议论文集》一册。该论文集共分 19 部分,涉及了疏浚策略、内河疏浚、地区性疏浚问题、疏浚机具、疏浚过程研究及疏浚的环境问题等内容。

为了让广大科技人员及时了解当今世界疏浚领域的发展情况,我们组织局内部分同志翻译了本论文集,分上、下册出版。本书下册将于 1993 年上半年出版。

本书的出版得到局领导的大力支持,并被列为局庆二十周年的系列活动之一。

尽管我们在翻译和审校过程中付出了巨大的努力,但由于篇幅浩大,时间短促,错漏之处在所难免,敬请广大读者谅解和批评指正。

谨以此书作为局庆二十周年献礼!

广州航道局科技处
广州水运工程设计研究院
科技情报研究室
一九九二年十二月

目 录

1. 港口的资金筹措——美国的经验及其在发展中国家的可能应用	(1)
2. 比利时沿岸维护疏浚的疏浚土环境管理	(5)
3. 数字疏浚——污染沉积物的可控清除	(31)
4. 疏浚干净土与污染土的环境问题综述	(44)
5. 确定疏浚工程标价的决策支持系统	(58)
6. 流化改善在长航道维护中的应用	(75)
7. 疏浚行业在不确定和有风险条件下的资本预算模型	(83)
8. 钢与饱和砂之间的动力摩擦	(99)
9. 模型泥泵可拆卸组合叶轮磨损分布的测定	(121)
10. 应用于海洋开发可行性研究的水力“微模型”	(136)
11. 关于海上绞吸挖泥船的运动——连续性研究	(147)
12. 骨料挖掘船的新概念	(164)
13. 鹿特丹港现在与未来的疏浚	(172)
14. 香港海上疏浚土的管理及淤泥处理	(184)
15. 干固体重量测量系统(TDS 系统)——一种可靠的计酬方法	(195)
16. 疏浚过程中孔隙水的特性	(210)
17. 世界疏浚协会在伦敦倾废公约中的作用	(226)
18. 绞刀桥梁倾角与泥沙粒径对泥泵吸管的影响	(236)
19. 关于最小压力梯度与临界速度相一致的新实验结果	(246)
20. 水陆两用挖泥机的设计——目的及使用经验	(264)
21. 耙吸挖泥船操作系统	(279)
22. 挖泥船:它们真是泄漏油污回收作业的有效工具吗?	(297)
23. 论发展中国家疏浚业高技术及管理培训	(309)

港口的资金筹措

美国的经验及其在发展中国家的可能应用

Robert U. Dawson

摘要:1986年美国通过大型水运发展法规,打破了传统的水运和航运工程资金筹措方法。各州和地方港口当局有责任根据航道深度来分担航运改造工程的费用,而不再由中央或联邦政府支付所有这些费用。这项革新的法规打破了长期以来合理与必要的航运改造工程毫无进展的僵局;在此种新的费用分担管理下,许多工程项目得以实施。这种在中央和地方政府之间的财政和管理的合作关系,对于包括发展中国家在内的其它国家,提供了一个可以借鉴的模式。1986年以来,美国大型港口的改造数量和速度业已证明,这种管理模式是成功的。本法规除了对海运各方面有显著的改进之外,特别对美国的疏浚业注入了新的动力和生命力。

前言

主席先生,女士们,先生们,很荣幸出席这个由代表许多国家的疏浚工程师和航运工程师参加的盛大会议。

热烈祝贺世界疏浚协会组织、西部疏浚协会、中部疏浚协会、东道主——东部疏浚协会的官员和策划者倡办的这次国际瞩目的进步大会。这次大会对于我们这些从事航运和海运活动的工作者来说是极有价值的。我们能互相学习到许多东西,这将使我们以及各自所代表的国家的人民获益。

我也非常高兴能访问这个会议的东道国——印度,回想起你们始于3,500年前的文明历史,多少使人有点谦卑,使美国历史显得逊色。你们的文化遗产极令人钦佩,在你们的众多贡献中,阿拉伯数字和十进制的创造,奠定了世界其它文化的发展和继续的基础。

你们被选为这次海运会议的东道国是合适的。因为任何一个国家的经济和国内外贸易很大程度上依赖于其一流的水道和航运系统的有效利用,而印度当然拥有很广泛的航运系统,并对这类设施有着浓厚的兴趣。

主题

你们已经选择了适合时宜的重要的主题——“疏浚促进发展”。我相信这一主题对于拥有海洋通道的所有国家都是适用的。在过去约 20 年内,疏浚技术不断地取得进步;这些进步使得疏浚工程成本显著降低,且在许多情况下改善和保护了环境。我将从参加这次大会的许多海运专家们那里学到很多东西,同时我也希望我的发言将提供对这次会议有价值的信息。

美国航务工程的政策

1824 年至 1986 年,美国航运工程的财政政策要求联邦政府对由国会管辖的所有维护性和改造性疏浚工程支付 100% 的费用。这种政策,对联邦政府的预算是个极大的负担;它没有充分考虑货物的数量和类型,也没有考虑各州及其州政府下属机构和港口当局的财政实力。旧习惯和旧方法是难以改变的。当里根总统宣布他的意向,即各州及州政府下属机构和港口当局应提供港口航道改造的所有资金时,发现此格言千真万确。这些费用应由那些使用并从航运工程中获利的最终受益者负担,这一点也是可以理解的。

作为美国陆军土木工程部副部长,我的职责是检查与航运工程财政有关的国家政策。很显然,甚至从一开始起,现有的政策就是不平等的,应该发展一种新的政策。经过认真的考虑后,我的观点(也得到其他人的支持)是,要求由各州和各州的港口当局支付 100% 的航运改造工程费用的政策是不公正的。这是基于这样的事实,即工程对国家和地区的经济都有显著的贡献。

下一步是提出一种方法,这方法对联邦政府和州政府都应当是公平的,而且应由国会通过并经总统批准。在美国制定法规是相当耗时的。在我为公共事业服务中最有价值的事件之一就是经参议院和众议院通过的 1986 年水资源发展条例;里根总统于 1986 年 11 月 17 日批准了该条例。它给我们带来了一个期待已久的政策,使国家主要港口急需改造的航道工程得以进行。

1986 年的资源发展条例

1986 年水资源发展条例即公法 99—662 包括了对 50 个航务工程项目,24 个护岸项目和 12 个航运工程配套项目的审定核准,预算总计 163 亿美元。

法规里的费用分摊条例提出了航道深度,并由此确定了船舶和港口的容量,非联邦所属的行业在施工期内必须根据如下规定交纳费用:

——水深不超过 20 英尺的改造工程:

施工成本的 10%;

——水深 20—45 英尺的改造工程:

施工成本的 25%;

——水深大于 45 英尺的改造工程:

施工成本的 50%。

法规规定联邦政府通过另一种途径继续资助维护疏浚,但不包括水深超过 45 英尺的航道。在这种情况下,非联邦所属的行业必须支付由于维护疏浚量增加所引起的附加费用的 50%。

1986 年水资源发展条例已使大量的航运改造工程得以实施。例如,在 1987 年财政年度里签订的疏浚合同金额超过了 2.31 亿美元。在以后的几年内,航运改造工程的疏浚费用平均每年约 1.7 亿美元(原文为 170,似漏掉百万一词,译注)

航运工程对国家以及地区经济的重要性

听众极为清楚航运工程对世界各国经济的重要性。所以,我对此仅讨论几个突出的要点。

从人类文明和社会进化的初期,就一直要求利用水路来运输商品。许多大城市,如孟买,都建立在沿海一带,显示了航运业的重要性。一般说来,多数国家的发展与繁荣都是始于在沿海和主要水道地区建设港口城市。合适的航运工程对大型船舶及其货物的运输以及对世界各国经济的繁荣昌盛都是必不可少的。

概括地讲,所有国家的经济繁荣很大程度上取决于国内和国际的海运业的规模和性质。对于发展中国家,我要强调的是,重大的经济发展可以通过对航运改造的认真审查和选择而得以实现。

航运改造工程的资金筹措

美国航运改造的财政新政策已被证明是有效的。然而,对于发展中国家而言,其它一些财政改革的新途径可能更为适用。

多数重大的发展,不管是公共的还是私有的,都含有不同的观点和一定程度上的矛盾。如果发展要取得成功,就必须解决矛盾。公共工程的财政问题尤其是如此。工程的可行性可通过细致的研究来确定;环境问题可以降到最低限度。然而,资金的筹措则不同,它

是工程可行性和矛盾解决方法一个特殊的方面。对于港口而言,它所提供的服务实际上是一种可销售的产品。

美国航运工程的维护和改造的财政管理业已取得重要的新发展。我今天的目的是向你们摘要介绍 1986 年以来成功应用的筹措资金的新途径,并提出一些建议;这些建议是关于这种发展和另外一些财政管理方法如何能有利地应用于发展中国家。我在介绍此题目时感到很舒畅,因为美国在航运工程方面的长期政策刚刚开始改变,这是我任美国陆军土木工程副部长和其它许多人士所倡导的。此职务的责任包括了对与美国陆军工程兵团有关的所有水资源的管理与监督。

美国港口的范围

回顾油轮尺度的剧增及其对世界港口的影响是有趣的。1945 年,一艘大型油轮的总载重量为 16,500 吨,长度约 550 英尺。到了 1976 年,一艘大型油轮的总载重量为 550,000 吨,长度超过 1,200 英尺。时间业已证明了海运领域认识到的船体规模经济性,人们肯定会继续使用超级油轮。

从 1945 年至 1986 年,美国仅有少数几例沿海港口航道和内陆水道得到显著的改造。当世界许多地方继续建造深水航运设施时,美国的港口却基本上保持它们原有的水深。所以,直到 1987 年,我们多数主要港口的可用水深范围为 35—45 英尺。随着一个有利于港口加深的财政政策的出现,近几年来已经发生了政策性的逐步变化,并使那些愿意支付费用的港口使用者的国际贸易得以加强,这种意愿也是工程可行性的一种检验。这样,不再需要依赖公共资金,尽管由各港口带来的经济活动为政府作为参与伙伴提供了某些基础。

总的来讲,发展中地区的港口的发展和资金可以通过解决各种技术,经济和环境问题以及寻求大量私有的和国际的资金筹措加以解决。这样的资金筹措将使有利的工程更适时地得以实施,包括建立健全的能够进行财政管理和有效的运作与维持的管理实体,采取这种方法每一方都将得利。

本人在政府的立法和行政两部门中与疏浚和航运有密切关系的职位上服务了近 20 年,我确信,对所有国家以及那些需要疏浚的政治团体和私人实体,有效发展疏浚业和航运工程的前景是光明的。这是因为,从宏观来看,大多数有价值的工程可以通过挖掘那些必定进入流通的利润,自身得以补偿。

翻译: 何东萍
校对: 樊正英
审核: 林少敏

注: * 美国华盛顿特区 Cassidy & Associates 公司副主席

1 英尺 = 0.3048 米

1 吨 = 10³ 公斤

比利时沿岸维护疏浚的 疏浚土环境管理

P. Kerckaert

H. De Vlieger

摘要:比利时沿北海南部的海岸线长 67 千米,与航道入口相连,那里是世界上为数不多的最繁忙的海上交通区域。

在该地区,沿岸港口每年疏浚总土方量为 600 万 m^3 ,这很好地说明了维护疏浚施工对该地区的重要经济意义。此外,纽波特、奥斯坦特、布兰肯堡以及泽布勒兹等港口的进港航道正在浚挖 2000 万 m^3 的疏浚土。

本文讨论基建疏浚与维护疏浚施工的各方面影响,包括:

- 与国家和国际公约的一致性;
- 挖泥与抛泥技术的描述与选择;
- 已知的生态后果,包括物理、物理化学、生物化学、沉积学及流体动力学等方面。

在分析这些影响的过程中,对每次单独的挖泥和抛泥作业缺乏足够详细的科学依据和公认的标准,这表明必须采用一种效应集中的方法。

根据对环境影响的研究,确立了一个改进维护疏浚施工技术与环境管理的总体方案。

本文讨论港务局和疏浚承包商双方按照在法律、环境和经济上完善的方式实行大规模疏浚施工所作的努力:

- 注意环境问题的同时提高挖泥船的产量;
- 改善抛泥区的管理;
- 疏浚土的再循环与再利用。

由于日益增长的对环境的关注,现在和将来都必须对挖泥船施工进行改变,初步的成本效益分析表明,最合适的“生态经济”(生态学与经济学的简称)选择方案未必与疏浚的发展相矛盾。

一、 介绍

比利时沿岸的进港航道(见图 1)为泽布勒兹的重要港口和位于西斯尔特河河口的港口(安特克普、根特、德纽津和费拉辛等)提供进出港通道,这些航道是最繁忙的海上交通区域之一。1990 年那里的货运量为 1.75 亿吨,来往远洋船舶超过 37 000 艘。

表 1 比利时海岸前方航道上的运输数据及发展情况

	1986	1987	1988	1989	1990
通过比利时沿岸 进港航道的货 运量(单位:千吨)	144.222	148.617	157.928	161.404	174.613
往安特惠普和 泽勒兹港的 4 万 吨级以上船只数量	508	502	1,104	887	988
往安特惠普和泽 布勒兹港的吃水大 于 12 米的船只数量	282	269	325	338	385

表 1 表明了 1986 年至 1990 年期间关于上述 5 个港口的海上货运的重要性的发展情况。值得强调的是,在该区航行的大多是深吃水的船舶。从离靠安特惠普和泽布勒兹港的 4 万吨级以上及吃水 12 米以上船舶数量(见表 1)可以说明 1986 年至 1990 年期间船舶不断增加吃水的重要性。

表 1 还说明维持这些航道足够水深的经济必要性。由于这些航道所在区域水深较浅,那里的海底成分是流动性很大的细沙和泥浆,所以为了大型船舶进出泽布勒兹和西斯凯尔特,要求不断地进行大量的维护疏浚施工,其费用占了去有关港务局的年度财政总预算的较大部分。

然而,随着不断增长的环保意识和过去 10 年大众观点的变化,认真负责的港务局已开始明白,“发展”与“保护更好的世界”不仅包括经济上的重要性,而且适于居住的世界还要求注重“自然环境”。这种意识已导致形成国家法规和国际公约,其中奥斯陆公约和伦敦抛泥公约内容包括挖泥施工、尤其是海洋环境中的抛泥作业。

在国际上,大多数国家在疏浚施工中应用这些公约显然存在着困难。问题在于对进入海洋环境的本底浓度和污染方面缺乏可以相互比较的数据。地质和地形的边界条件差异很大,实际上人们无法定义统一及精确的标准。

抛泥对环境的潜在影响必须根据各个具体情况来估算。应优先选择一个根据影响制定的途径。“疏浚土的环境管理”比以往更为需要。

本文论述弗莱芒港务局和疏浚公司迄今为止在该地区已取得的成绩,以及他们为保证将来对维护疏浚施工的经济上和生态上的要求之间的均衡关系所作的计划。

二、比利时大陆架、沿岸港口和通往威斯凯尔特海上主航道的描述

2.1 区域性的流体动力学与沉积学

比利时大陆架(图1中的BCS)的特点是半日潮潮流相当强,常风向为西南和西,波浪为短波、海底扰动波,水浅(0—15m)。

海底底质在近海的细至中等粒径的砂到沿岸区的淤泥沉积物之间变化。

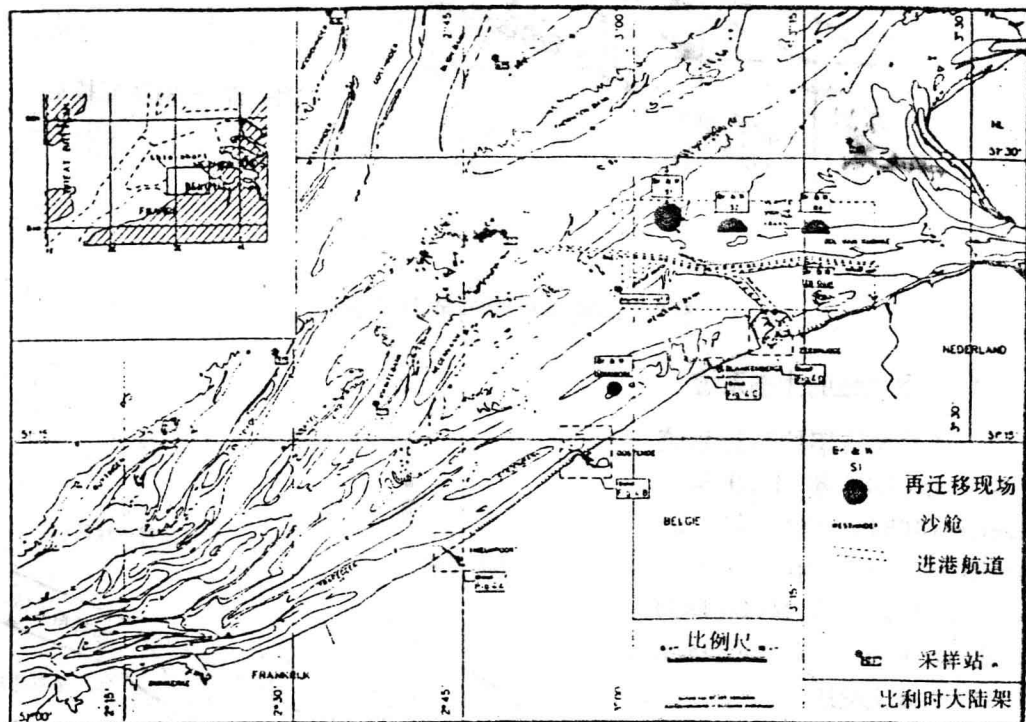


图1 比利时海岸、港口和海上主航道

该地区的地貌特征是西斯凯尔特河口、砂和泥沼、潮流冲沟和带移动沙波的沙坝。

比利时沿岸不仅有相当高的泥沙输移,而且在诺克前方的剩余泥沙输移的碰撞区与北海的其余地区和西斯凯尔特河口也有有限的泥沙交换(图2)。

对比利时大陆架的地方性流体动力学、沉积学及地貌的更详尽的论述已由 Houbolt (1968 年)、Bastin(1974 年)、Cullentops(1976 年)以及比利时公共卫生和环境部(1990 年)发表。

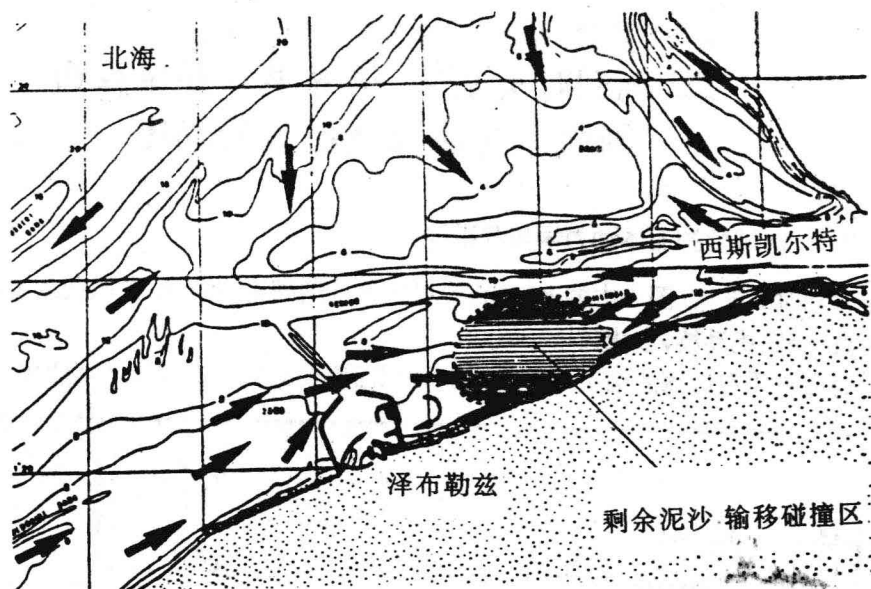


图2 比利时沿岸剩余泥沙输移

2.2 区域性的生态系统

比利时大陆架的生态系统已由 Heip (1983 年、1989 年)、Maertens (1984 年、1987 年) Van Osrnael at el (1982 年)、Vincx 和 Hermanl (1989 年)、MVL (1990 年) 和 De wolf 以及 Bae feman (1991 年) 著文论述。

一般可以在浮游生物与深水底栖生物的种群之间作出区别。

对于浮游生物量和总数(浮游植物和浮游动物),可以观察到其下降梯度主要是从沿岸向开敞海域;并与海岸平行,下降梯度是从东往西。这个趋势与靠近沿岸由河流和运河输进的以及在东海岸由西斯凯尔特河进的营养物浓度升高有直接关系。

对于深海底栖生物种群(小深水底栖生物、大深水底栖生物和表深水底栖生物)以及

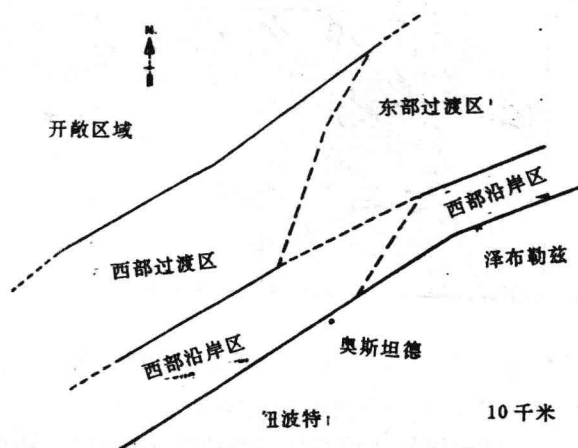


图3 比利时离岸生态区

居于水底的鱼类种群(包括次生种,其生物量梯度与浮游生物一样从海岸向开敞海域下降。然而在与海岸平行的方向则与浮游生物相反,其下降梯度是西往东。

沿岸区与“开敞”海区一般可以通过过渡带分隔来区分。在海岸区与过渡带中,可以在东部和西部之间作出进一步的区分(图 3):

1. 沿岸区(5—10 千米宽):

— 西部沿岸区;特征是“典型的沿岸种群”:

* 中等分布量

* 相异性小

* 盛行物种(虾、幼鱼喂食区)

— 东部沿岸区;属“受污染区”,仅有某些物种可以分散地以大分布量存在。

2. 过渡区(离岸达 30 千米)

— 西部过渡区(“弗兰芝”沙坝区);属“适中区”,其特征为:

* 中等分布量

* 中等相异性

* 有时有盛行物种(常常有季节性优势)

— 东部过渡区,“可居住的受污染区”,相当于比利时海岸前面的淤泥场;其特征是:

* 高分布量

* 相异性小

* 盛行物种

3 开敞海区(离岸 30 千米或更远):可划入“多样化区”;且有无污染、未挠动的环境特征:

* 低分布量

* 相异性大

* 缺少盛行物种。

2.3 卸泥区

比利时沿岸维护疏浚的疏浚土在图 1、4、5、6、7 和图 8 所示的卸泥区倾卸,见表 2 的说明。

表 2 比利时沿岸疏浚土实际再迁移现场

卸泥区	位置(可参看图 1 和图 2)	选择标准	疏浚土来源
威斯坦德	潮漫滩区	潮漫滩区的恢复	纽波特港的进港航道

龙伯特斯特	潮漫滩区	最经济的方案,不影响生活设施	纽波特港和游艇港区
奥斯坦特	离岸区	最经济方案,随航行距离以及疏浚土再循环而变	奥斯坦特港及进港航道
布兰肯堡 1	潮漫滩区	潮漫滩区的恢复	布兰肯堡港进港航道
布兰肯堡 2,3,4	海滩	填砂护滩	布兰肯堡港及游艇港池
帕特马克	离岸区	最经济方案,随挖泥船体积、类型、航行距离和沉积物再循环而定	泽布勒兹外港的老旧部分
S1	离岸区	最经济方案,随挖泥船体积类型、航行距离和沉积物再循环而定。	泽布勒兹新外港的中心部分、往泽布勒兹港和西斯凯尔特港进港航道
S2	离岸区	最经济方案,随挖泥船体积、类型、航行距离和沉积物的循环而定。	泽布勒兹港新外港的中心部分,泽布勒兹和西斯凯尔特的进港航道

在卸泥区,海底沉积物主要由带泥浆透镜体的细至中粒砂组成。

奥斯坦特港、纽波特港和布兰肯堡港的疏浚土的卸泥区在过去 10 年间保持不变,并且一年二次地接收等量的疏浚土(表 3)。然而,对于泽布勒兹港及其主航道,相比 1980 年已发生了很大的变化:

- 到 1984 年为止,在该区浚挖的疏浚土有 90% 进入卸泥区 S1;
- 从 1984 年到 1986 年进入该现场的疏浚土总量减少到 60% 左右;
- 1986 年以后,广泛使用其它卸泥区,使配给 S1 的疏浚土总量进一步减少到 47% 左右。

2.4 挖泥现场

挖泥现场(图 4—8)包括纽波特港、奥斯坦特港和布兰肯堡港、泽布勒兹港以及这些港口的进出港航道和通往西斯凯尔特河的海上主航道。

浚挖的沉积物主要是泥浆(港区)、砂质泥浆(进港航道)以及多贝壳含泥砂(海上主航道)(表 4)。

卸泥区	过去 10 年在可利用的卸泥区的疏浚弃土总量($\times 10^6 \text{ m}^3$)								
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
威斯坦特	0.057	0.081	0.055	0.046	0.091	0.091	0.094	0.090	0.081
龙巴特斯特	n.a.	n.a.	n.a.	0.491	0.684	0.409	0.718	0.419	0.539
奥斯坦特	2.286	1.930	2.241	2.396	2.308	2.290	2.717	2.536	2.184
布兰肯堡 1	0.114	0.127	0.131	0.134	0.186	0.071	0.144	0.137	0.129
布兰肯堡 2,3,4	n.a.	0.124	0.080	0.120	0.060	0.099	0.061	0.105	0.070
帕特玛格特	2.5	2.5	2.5	2.8	4.8	5.5	4.5	4.3	5.5
S 1	37.7	47.2	42.2	29.3	15.6	14.2	21.6	16.3	10.4
S 2	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	0.5	3.7	6.7	8.8	6.1

n. a. : 无数据

n. u. : 卸泥区不使用

表 3 比利时海岸前面卸泥区的疏浚土分年度总量($\times 10^6 \text{ m}^3$)

对于较小的港口,疏浚土总量相对保持恒定,但在泽布勒兹港,这个总量正在减少。原因之一是有效地实施了由港务局、顾问和疏浚公司在 1985 年至 1989 年之间为疏浚活动而安排的最佳的规划。

为了评估沿比利时海岸疏浚沉积物的质量,对取自该挖泥区 77 个地点的土样进行了分析,并与取自比利时大陆架的土样作了比较,还以未扰动的第三纪粘土(波粘土)的土作

为参照。对于其疏浚土的化学特性鉴定,严格地遵循了奥斯陆委员会指南的有关章节(1990年)。

表4 沿比利时海岸港口和进港航道中疏浚的沉积土的描述(按照 Folk 分类法,1954年)

位置	区域	沉积土类型
进港航道与海上主航道	纽波特港 奥斯坦特港 布兰肯堡 万赫德赞德海峡 西施卡尔 施卡尔奥斯特	砂 砂——含泥浆砂 泥浆砂 砂质泥浆 泥浆砂—砂质泥浆 砂—泥浆砂—砂质泥浆
港内	纽波特港 奥斯坦特港 布兰肯堡港 泽布勒兹:老外港区 新外港区中心部分	泥浆砂—砂质泥浆 泥浆砂—砂质泥浆 砂—砂质泥浆 泥浆砂—砂质泥浆—泥浆 砂质泥浆—泥浆

总结这个比较性研究,得出如下结果:

- 取自这些疏浚现场的所有土样都有很强的负氧化还原电势;
- 取自这些港口的土样与取自海上主航道的土样不同,有:
 - * 较高的淤泥以及粘土含量;
 - * 双倍的有机物含量;
 - * 高达 50% 的无机氮(营养物)
- 发现港口土样中的粪便大肠菌含量最高,这个参数对港口无大的差别;
- 港口土样中的重金属含量高于海上主航道的;比利时大陆架土样中的重金属“低”或“极低”,与第三纪粘土参照样土相同。
 - 通过对含铝分析结果的标定估算港口沉积物的相对富集作用,很显然港口沉积物 70% 为水银富化,约 30% 为镉富化。在比利时大陆架采集的样土中未发现这二种金属。在参照样土中,水银的浓度近似地等于航道中样土的浓度。例如铅,被列为 II 类物质,指南中定义其“有效量”为 0.05% (即 500ppm)。在比利时沿岸和港口的疏浚土中发现的铅含量约低 10 至 100 倍。
 - 分析了 5 组有机化合物:三丁基(TBT)、多环前烃(PAHS)、聚氯联苯(PCB)、有机氯农药及可净化的有机化合物。