

日本海洋污染模型实验概况

毛汉礼 庄国文 王清志 林其华

(中国科学院海洋研究所)

1980年7月,我们作为中国科学院海洋污染模型实验原理与设备考察团的成员,对日本进行了为时三周的考察访问。先后参观了京都大学、东海大学、鹿儿岛大学、建设省土木研究所、运输省港湾技术研究所、运输省船舶技术研究所、通产省工业技术院中国工业技术试验所、电力中央研究所土木技术研究所、日本造船振兴财团海洋油污防止研究所、九州丸东株式会社、兴和精机株式会社、计测技研株式会社、日本无线株式会社三鹰制作所、株式会社鹤见精机、株式会社堀场制作所和伊势屋机械制作所。

考察的重点是水理模型实验的相似技术和实验的仪器设备,同时也了解一些实验室土木建筑方面的技术问题。

一、水理模型实验的动向

随着工业的不断发展,日本同其他工业发达国家一样,对于海洋污染的研究治理给予越来越大的关注。水理模型实验是这一治理研究中重要的环节,因而也受到很大重视。以濑户内海的污染研究为例,本来已有诸如港湾技术研究所、京都大学防灾研究所及其他港建部门

对各种水理模型进行了研究。但考虑到该地在基础工业及海运等方面所占的重要地位,为彻底弄清和治理它的污染,仍然由国家出巨资于1973年成立了“中国工业技术试验所”,建造了在当时为世界上最大规模的濑户内海大型水理模型。

从参观及所了解的单位来看,较大型较新式的研究设施主要集中在科学研究部门。例如,中国工业技术试验所的濑户内海模型,长230米,宽50—100米,其自动化程度和实验精度均堪称为世界第一流的;建设省土木研究所所有建筑面积达一万平方米的河川水理实验厅,有长300米的水质实验用环流水槽;港湾技术研究所拥有可供海洋污染实验用的大型室内水工实验场等约二十条水槽等。当然,在一些大学里也集中了部分实验研究设施,但其规模较小,设备更新也较缓慢,而且多在完成教学任务的同时或之后才承担一些工程实验或科研项目。

为了提高实验精度和实验结果的可靠性,有在经费许可的情况下尽量增大模型尺度的趋势。例如,濑户内海最早的一个局部模型为十万分之一,后来发展到整体模型为十万分之一及五万分之一,而现在的模型则为两千万

米。后两者都绕东南极洲分布。

南极海域仅有一条深海沟——南桑德韦奇海沟。它位于大西洋南桑德韦奇群岛及毗连的斯科舍海岭之东,长约960公里,其最大深度为8264米。在罗斯海北部的伯德凹地,最大深度达8590米,这也是目前所知的南极海域中的最大深度。南极海域中一个重要的海岭是斯科舍海岭,它在海面下把火地岛和南极半岛连接在一起,同时还标志出了分隔南极洲和南美洲的德雷克海峡的界限。

至于南极的海洋沉积,它有规律地呈同心

圆状绕南极分布,在它的最内圈,有一种特殊的沉积类型,叫“冰山沉积”,沉积物地带的宽度在400—1200公里左右。该沉积物的北部与硅藻软泥相连接。硅藻软泥分布在环绕大陆的一个宽阔地带中,它主要由表层水中沉降的硅藻介壳组成。另外,这里的沉积物还含有少量浮游有孔虫介壳、放射虫、海绵骨针等。硅藻软泥的北部边界则由硅藻甲壳成分的相对减少和有孔虫甲壳成分的相对增加所决定。硅藻软泥沉积带的北部中深度区域,抱球虫软泥占优势,而红粘土沉积则出现在南极诸海盆的较深区域。

之一。

就仪器设备而论,有向自动化和高精度化发展的趋势。绝大多数实验的整个过程,以及资料的分析处理,包括图形化处理工作,均采用电子计算机控制。

二、相似技术及主要设备

水理模型实验的一个最基本的原则就是要保持模型同原型的相似。不仅要几何相似,而且要动力相似。前者要求按相似准则制作按比例缩小了的模型,后者要求用必要的仪器设备赋予模型以与原型相似的流况。

1. 紊流度问题 由于多种因素的综合作用,与水质污染有关的扩散现象在原型上是紊流扩散,但在模型上的潮流是以零流速为中心周期变化,因而也是在层流和紊流之间变化的,并不是绝对的紊流。而只有紊流占支配地位才能保证模型的相似性,这就必须对紊流度,即成为紊流的时间或空间在整个实验时间或空间中所占的比例加以控制。日本的这类实验中紊流度一般不低于70%。紊流度可按垂直雷诺数或水平雷诺数计算。一般说来,对于定常流,常采用由垂直雷诺数计算的紊流度,对于非定常流,常采用由水平雷诺数计算的紊流度。

2. 地转力的影响问题 对于大面积海域的潮流实验来说,地转力的影响是必须考虑的。方法有两种:一是靠地转力迴转模型的试验结果来修正,二是靠在若干近似假设之下的数值计算结果来修正。

3. 海底地形制作与人工糙率 按通常方法制作大型模型的海底地形是相当麻烦的。在日本发展了一种分块投影的方法,先将海底地形图分块拍摄到微型胶卷上,然后通过投影器按相应的比例投影到模型床面上,然后描出等深线,再通过打孔、插签、浇铺水泥砂浆等工序作出海底地形,并赋予一定的糙率。在日本,最常用的人工糙率有砂粒糙率和砌块糙率两种;欧美国家常用的铁丝糙率、金属片糙率等已基本不用了。

4. 潮汐潮流的发生与控制设备 日本早期建造的潮流模型多采用气压式生潮机,个别的小模型采用柱塞式生潮机,近年来新建的大型模型开始采用电气液压伺服控制尾门式生潮机。后者一般由液压驱动尾门系统、循环供水系统及计算机控制系统组成。它的主要优点是传动刚度大、响应快、控制性能好、结构紧凑、占地面积小,而且容易实现分段控制,能够控制沿控制断面上的水位和位相差变化,兼起回流装置的作用。

5. 河川流量控制装置 目前日本有关实验部门对河川流量的处理方法大致有两类:对于较小的河川,只给出年平均流量;对于流量和污染负荷量都较大的河川,则按月份给出流量变化,即给出月平均流量。就控制装置而言,前者是通过控制贮水箱的水位高度来控制流量的,后者则通过伺服机构改变柱塞泵的柱塞冲程来控制流量。泵控流量法有较高的控制精度,可在0—100%范围内实现无级调节。

6. 控制用水位计 日本潮流实验用的控制水位计多为触针式。它是按照保持触针与水面的接触电阻为定值的要求,由伺服马达带动触针自动跟踪水面的。这种水位计的测量精度可以达到0.1毫米,稳定性也好,安装和移动均较方便。

7. 流况的测量 流况的测量,包括固定点的流速流向随时间的变化,以及同一时间不同地点的流速流向分布。前者靠在测量点上安装固定式流速计来测量,日本较普遍地采用一种全方向螺旋桨式流速计。后者靠投放示迹浮标和空中摄影的方法来测量。目前,固定式流速计用来测量2厘米/秒以下的微流速尚不能确保足够的精度,在水浅的地方也不能安装。浮标追迹法虽然不受水浅和流速低的限制,但需要配之以空中摄影,资料分析工作相当麻烦。近几年发展了一种超声波式流速计,但仍待进一步完善。在水槽实验中也采用一种氢气泡式流速测量装置。

8. 连续采水器 采水器是在物质扩散实验中大量使用的,分固定式和移动式两类。前

者在岸边架设,后者安装在采水吊车上。其工作原理有注射器式、皮球吸入式、真空箱吸入式等类型。连续采水次数可依实验需要而定。

9. 画像解析装置 该装置是用来分析摄影底片资料的,由光学投影系统、软片送进系统、超声波发生与感应系统等组成。只要用笔尖点一下映示出来的像点,就会显示出该像点的坐标数据,并通过自动制图装置画出流迹图。

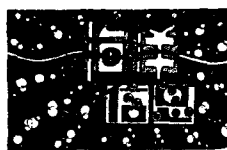
三、实验室土木建筑的一般特点

此次考察所参观的较大型实验室,跨度大都在50米左右,长度从60米到二百多米。它们在建筑上的特点是:

1. 由于模型制作和实验、观测等的要求,实验厅中间均不许有立柱。这就要求尽量减小屋架及屋面的自重,采用合理的结构和轻质材料。特别是对于那些要求设置观测用或起重用吊车的实验厅,更是如此。

2. 因为模型各部分的不均匀沉降将会造成模型的裂缝漏水,降低实验的精度;因此实验室的地面基础都要进行特殊处理,如打桩、搞地梁及辅助加强梁等。为了防止渗漏,还要设两毡三油或三毡四油防水层。为了防止基础振动引起模型水位的变动,对一些大型设备要搞防振设施,管道的敷设要加伸缩接头。

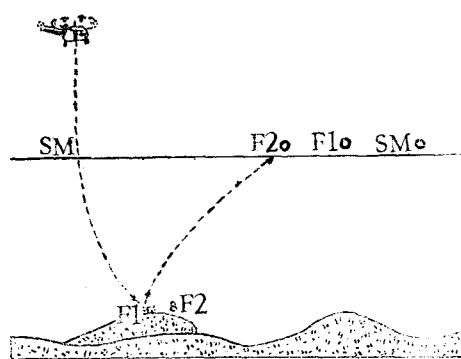
实验室的总体结构型式大体有三种。一是格构式的两铰拱钢架。它的杆件短、钢度大、材料强度利用好、有效净空大,但焊缝多,制作费工。二是型钢制的两铰门式钢架。它的有效净空大,制作方便,但重量大,耗钢量大。三是型钢或钢筋混凝土立柱梯形桁架。其桁架部分虽然使有效净空减小,但制作比较容易,安装方便;立柱则耗钢量低但重量大,制作工期长但维护费用少。主要承重结构构件使用的材料有钢管、T型钢和角钢三种。所用的檩条有蛇形钢筋和冷弯薄壁槽钢两种。屋面材料均为轻质材料,如瓦楞钢板、石棉瓦加木丝板或泡沫塑料。



用航空摄影确定概要性的表层流图式

美国为了适应吃水深和大范围活动的超级油轮的特殊要求,在墨西哥湾附近建筑了深水港;为了保护堤岸、环境以及为港口管理人员需要提供适当的预防性措施,研制了一个能预测油溢飘移的计算机模拟方案。这个模拟方案适用于一些深水港,它要求输入覆盖着深水港周围大面积海区以栅格系统所表示的表层流值。为此,他们采用了航空抛弃式表层流探测计和航空摄影技术。这是一种改良的航空抛弃式海流计与航空摄影机相结合的新技术,它解决了多年来海洋学家想要获得有关表层流图式详细时空资料的难题。

概要性的测流 为了确定深水港址附近的流况,以获得一种概要性的水流图式,可从直升飞机上投下抛弃式表层流探测计(Richardson, 1972)。下图描述了对这些探测计的投放。



表面水流探测计的投放图

直升飞机在选定的测点上空盘旋并投下探测计。当探测计击着水面后,放出一个表面标志(SM)作为参考点,它是在第一个浮标F₁升到水面以前作为直升飞机的定位站号。探测计