

27th International Navigation Congress
Congrès International de Navigation



PIANC
AIPCN

第 27 届国际
航运会议论文集
——内河航道与港口——

交通部科技司
交通部科学技术信息研究所

1992

前 言

第 27 届国际航运会议于 1990 年在日本大阪召开,41 个国家和 4 个国际组织共派 809 名代表参加了会议,26 个国家和国际组织的代表在会上发表了 129 篇论文。论文涉及河运和海运两个方面。前者包括改善河运的管理方法、冰航、多用途航道、航道的水质与沉积物、水上游乐设施等内容,后者包括航行安全、海岸工程、商港渔港与海上建筑、沿海地区规划与港口等内容。

从技术角度看,这些论文基本概括了当代世界河运海运技术发展的现状和趋势。尤其是关于综合开发河海水资源、建设表征旅游经济新动向的游艇港村,以及保护水环境等技术,更是世人瞩目的热点。这些技术和观点,对发展我国河运海运事业,综合开发水资源和发展河海旅游业,都有重要的参考价值。本书可供我国航运及水电部门规划、设计、科研、施工人员以及院校师生参考。

论文集分为河运和海运两部分。河运部分由高级工程师夏顺炎同志编辑,单册刊出;海运部分由副译审谭耀圣同志编辑,分上、下两册刊出。研究员林鸿慈、总工赵叔庸、副研究员王润基、翻译方伟民等同志对全部文章作了详细校核。

由于编辑水平所限,错误之处,敬请指正。

编者

1992 年 12 月

目 录

1	限制水道的交通控制——卫尔兰运河交通控制系统的发展	1
2	拉贝—伏尔塔瓦水道的交通管理办法	8
3	遥控船闸和开合桥	21
4	法国内河航运设备的安全性和可靠性 实现信息管理对经济和社会的影响	28
5	勘察莱茵河下游水流状况的设想 用设在陆地的激光系统提高测深精度	36
6	帕丹—威尼斯水路采用的无人操纵船闸的遥控与自动化	44
7	日本狭窄水道安全航行措施	49
8	荷兰内河航道的现代化设计和管理方法	56
9	按内河运量选择船闸和船队最佳方案	76
10	狭窄内河水道船舶航行安全和容许富裕尺度——瑞典特罗尔黑坦运河的实况	85
11	麦尔文·普瑞斯闸坝的计算机控制系统	90
12	苏联内河运输的管理方法	99
13	优化水路运输通过能力及装卸设备和仓储设施的货运港数学模型	103
14	捷克斯洛伐克渠化航道的冬季运输	109
15	塞马运河和塞马湖冬航的冰冻问题	113
16	I 确定承受冰荷载的水工构筑物尺度时应遵循的原则	121
	II 易北河水工建筑的抗冰结构	123
17	日本港口、沿海和泻湖冰的控制	131
18	荷兰境内莱茵河及其三角洲地区冰的形成	143
19	河流和航道中水面冰盖层的形成及其对水流特性和航行条件的影响	148
20	内陆水道的冰情	156
21	苏联内河中的冰期航运	162
22	多用途航道的水位和流量调节	165
23	捷克斯洛伐克水道综合利用以及多奥易水系规划前景	166
24	法国航道的综合利用及其对经济的影响	181
25	以流体自动程序网理论为基础的模拟船只在渠化水道中航行时的水流与阻力特性	190
26	I 多功能水道	191
	II 内陆水道经济评价与非交通功能评价的区别	192
	III 航线防洪问题	197
	IV 生态的发展及水道维修计划	199
27	印度内河大件货运现状研究	205
28	意大利波河的状况	212
29	开发利用天然水资源产生的利益冲突	216
30	内河综合开发对运输和水利发展的影响	232
	I 相关性分析	232
	II 河道用于“通航外”的可能性	236

31	杜罗河的水电开发.....	239
32	水道的综合利用.....	244
33	苏联水道的综合利用.....	260
34	河道污染时在河底铺设 PVC 膜保护地下含水层	267
35	疏浚泥浆净化方法的改进.....	277
36	罗讷河索恩河航道水质和淤积.....	290
37	港口口门处水力条件的研究模型.....	307
38	通航河流对水质、泥沙、沉积物及生物群功能和结构的影响.....	311
✓ 39	日本水域环境改善计划.....	318
✓ 40	污染沉积物及整治河流对水环境的影响.....	330
41	保护河口周围环境的水文气象监测系统.....	331
✓ 42	泄漏事故污染水流的扩散.....	340
43	环境对可航河流和运河水系的影响——英国经验综述——	348
44	不同疏浚抛泥方案的评价方法与泥沙的管理.....	360
45	航运对水质的影响和对河道淤泥的污染.....	369
46	为满足游艇航行要求法国整治海港和内河航道.....	374
47	日本海上娱乐基地开发问题及其范例.....	391
48	水乡荷兰的旅游航运业及发展政策.....	406
49	箱型浮式防波堤的减浪效能及系泊缆张力的模型试验.....	418
50	波兰游艇港.....	429
51	游艇港池的筑沟式防波堤.....	436
52	英国游艇港村的概念.....	443
53	美国运动和娱乐航行辅助设施的规划、设计和使用趋势	451
54	供高速小吨位船舶使用的过船建筑物.....	464

限制水道的交通控制

——卫尔兰运河交通控制系统的发展

(加拿大) J·B·McLeod

圣劳伦斯水道上一条长 3700 公里的国际水路,沟通大西洋和大湖区,通过该水道,湖船和海船可以在大西洋和上大湖区的北美工业中心之间自由往来。

船闸、运河及连接水道等通航设施由加拿大圣劳伦斯水道管理局和美国圣劳伦斯水道开发公司共同管理。卫尔兰运河位于圣劳伦斯水道管理局所属的西区。

原来的卫尔兰运河 1829 年通航,它绕过尼亚加拉大瀑布和险恶的尼亚加拉河下游,为安大略湖和伊利湖之间开通一条克服 100 米落差的安全水道。在为通航巨轮并增加交通量而建设的一系列越来越大的运河中,卫尔兰运河排在第四位。这条运河为国际交通提供一条经济方便的路线,尤其适合散货运输。1988 年 4300 多万吨货物及约 4000 轮次通过卫尔兰运河。

该运河有 8 个船闸,其中 7 个设在 11 公里的距离内。这 7 个船闸中的 3 个为双线梯级船闸,各闸之间没有过渡河段。船闸使安大略湖和伊利湖之间的船舶总共升高 100 米,7 个闸中每个闸可提升 14 米。船舶的最大尺度为 222.5 米×23.6 米,在吃水深度为 7.92 米时可载 3 万吨散货。

如果天气条件理想而且运河上没有其他船舶,船只可以在 7 个小时之内通过这段 43 公里的水道,但通常情况下平均为 11 小时。因为 8 个船闸中有 5 个单闸,每次只允许一个方向的船只通过。这个情况,加之狭窄河段和一些桥梁,给船舶交通管理造成了明显的负担。本文所要说明的,就是在此困境中寻求的发展。

1 开始时的情况

现在的卫尔兰运河在 1932 年开通时,几乎不存在船只过闸时间表。船只进入运河及被引导过闸均是凭借各个船闸闸长的个人经验进行的。当时既没有明显的压力需要安排船只过闸计划,在技术上也不可能实施这种计划。船只通过整个运河需要 24 小时以上,且经常出现压船现象。

随着交通量的增长,为提高整个运河的船舶交通效率和安全,50 年代中期,整个运河范围内首次进行管理上的尝试。即在 7 号闸附近设立一个能够俯瞰运河的“指挥站”,里面只有一位调度员,凭借原始方法来调度船只。缺乏对船舶实际位置的准确认识,而仅据一些“过闸心切”的船长们捏造的情况报告来判断。当船舶交通量持续增长,减少通行时间成为日益迫切的问题时,提高交通控制水平就迫在眉睫了。

2 交通控制中心——60 年代中期

1966 年,在远离运河的一个地点,一个新的控制中心仓促建造起来。这一控制中心拥有当时最先进的通讯设施,可与安大略湖中部到伊利湖中部之间的船只直接进行通讯,通过用户电

报还可与在此范围之外的船只交换信息。还设置了先进的闭路电视系统,其中包括低光照相机。由于运河是直的,闭路电视比雷达更适用。天气检测数据和每座桥及闸的详细情况由固定在闭路电视监视器上方的一系列定光闪光色灯来表示。船只的运行情况则由一些模型沿一蜗轮位置板按普通船舶在运河中的行动来模拟。由一小型计算机收集信息并作出每 24 小时船舶信息及船位的报告。

两名控制员使用新设置的“卫尔兰水道”船舶无线电设备与船只对讲来管理运河交通。控制员向船长介绍运河中主要交通及安全状况并发布调度命令。第三个控制员在另一间屋子里与伊利湖及安大略湖上的船只通话并记录其预计到达卫尔兰运河的时间(ETA)。他还通报每个船只现有的交通情况、天气条件以及该船进入第一船闸的顺序。他还派一个有经验的卫尔兰运河领航员去帮助海船的船长。

另一间屋子里还有一位“船舶信息员”,负责回答公众询问。还有一位负责用户电报通讯的“通讯员”。

在控制员身后有一个可以俯瞰整个显示的指挥台,交通控制总监在其上工作,他负责协调全部监控工作,对所有船舶的运行有最终决定权。卫尔兰运河实行每天 24 小时、每周 7 天工作制,由四班人员轮流值班。为提高效率并保证各总监在安排船舶过闸方面具有一致性,制定了交通管理战略和规章制度。这成功地适应了 60 年代到 70 年代初的交通需求。

建立这样的交通控制中心已经是向前迈进了一大步,但它依然存在着下列问题:

- 人工记录数据;
- 照明条件差;
- 不能保持不受外界干扰;
- 存贮管理;
- 人机工程学。

另外,尽管交通管理人员在船舶通过本系统时要互相联系,但由于他们被分别安排在不同的房间内,工作效率明显降低。交通控制总监和控制员虽然同在一室,但被各种临时设备挡住了彼此的视线,各人为了与交通控制班组的其他人员讲话不得不离开自己的岗位。

到 70 年代,负责运河长期发展的分析专家们认为应当建立一整套自动化船舶跟踪和过闸计划系统。遗憾的是这个计划超前于时代。当时的科技水平尚无法满足可靠性、计算速度及数据传输的要求。

于是,管理局继续通过程序或设备的改善来提高控制水平。对过闸周期进行了优化,使船舶连续均匀通过 8 个船闸。还新建一条 14 公里长的支运河,绕过老运河上有大量弯道和公路桥的“瓶颈”部分。新的河段呈直线形,其宽度足够两艘船只对开。还挖掘了一条隧道,供公路车辆通过,从而为船舶提供一条安全无阻的交通水道。这一段运河约等于运河总长的三分之一。

但这种改善代价是昂贵的,花费了数亿美元。水道管理部门仍然注视着技术上的发展,希望能通过交通管理功能的优化来改善管理。到了 1981 年,管理局已为采取下步措施做了准备。

3 新的交通控制中心

“交通控制改善计划”是从对交通控制中心的全面考察和更新开始的。这次考察涉及人机工程学的各个方面,包括支持系统的计算机与人之间的敏感的相互作用。其目的是建立一个计

算机辅助控制中心而不是计算机控制中心。人的决策依然是其基本要素。

控制中心内部成立一个项目组,来协调并管理各个参与建设新控制中心的承包商,还必须将各种想法归纳成具体要求并提供完成工作所需的软件和硬件。

项目进行的压力以及对系统可靠性的要求带来了巨大的挑战,因为这一项目同时还要突破原有的技术水平,与所有此类项目一样,预算控制也是一个关键。大多数项目的实际费用最后都达到最初预算的 2~3 倍。这一项目则比预算少花 200 万美元,实际只用了 800 万美元。

建成的“交通控制支持系统”实现了两个主要目标,即使用的可靠性和简单性。工作环境是按照尽可能减轻疲劳的需要而精心设计的。船只航行情况存入一个系统数据库中。而且这一信息无论是从桥上、闸上还是控制中心获得,系统一接到信息,该系统的所有用户就都能够使用。

为使最终用户适应先进技术的工作环境,克服有近 20 年历史的老控制中心的工作习惯,新控制中心向最终用户介绍其一些图片和部件的原形,主要设备包括顶部的运河全景显示,其下的一排闭路电视监视器,三个交通控制员工作台及一个总监工作台。总监坐在三位控制员之后,可以直接看到所显示的运河中的所有船只。他为控制人员提供重要指导,负责制订船只在运河中的航行计划,而且可以从其工作台上接管任何作业。交通控制人员则与船只联络并负责执行船只航行计划。

新控制中心的心脏是一个“全冗余”Gould 32/87 专用小型计算机。该计算机每秒钟可处理 400 多万个指令,广泛用于飞行器模拟及其他高利用率实时系统。它与几个图文处理机相联,这些图文处理机所作出的显示将在后文论及。

所有的设备都由两个空调装置控制温度和湿度,其中任何一个都可以独自控制环境条件。因为这些计算机会产生大量的热能,假如空调关闭了,机房的温度就会以每分钟约一度的速度上升。采用温度保护系统后,在室温升高到 78°F 时保护系统能自动关闭计算机。

可靠性显然是所有系统设计都需考虑的问题。如前所述,无论是计算机还是环境控制系统都是双机冗余,因此使用了一个切换子系统,所有的计算机接口都从该子系统通过,它可以在几秒钟之内将各种装置从一个计算机切换到另一个计算机。还建立了一个维修子系统,以便技术人员为检查故障而模拟输入或输出。

如果维持冗余太昂贵,就要千方百计降低部件损坏所造成的影响。例如,如果四个运河显示板投影仪之中的一个发生故障,就可通过视频切换板在监视器上输出图像,直到故障排除为止。

从桥和闸上传来的信息用两种方式通过计算机输入到控制中心:

一某些数据由沿运河设置的可编程控制器收集,自动传输到主机。这些控制器接收诸如闸门开关、航标灯状况,风速及风向等信息。这些信息的任何变化都可通过计算机图像显示而立即被控制中心人员看到。

一有关船只的信息,诸如船只进出船闸或从桥下通过的时间等都由闸和桥的控制人员通过专用文字/数字终端人工输入。

专用文字/数字终端使用一种简化键盘。每个键盘为一个特定的结构物而设计,其目的不是使操作人员能成为计算机专家,而是为他们提供一个方便准确的方式来输入所需信息例如操作人员拟输入船只进入闸口的时间,他只需在按 CURRTIME 键之后按 ENTER 键。这将更新计算机数据库中关于该船的资料和图形显示,并根据需要自动向适当地址报警或相应拍发电传。有了这些功能就无需再设置“通讯员”。

交通控制中心的运河显示是由四个独立的后置式屏幕投影仪投影,每台投影仪负责屏幕的四分之一,共同组成一个宽 8 米、高 1.5 米的显示图像。运河全景图由计算机作出,根据所显示信息的不同而按一定的时间周期或特殊信息需求更新。例如船位每 90 秒更新一次,桥的状态变化则是随时更新。由于负责每个闸的闭路电视监视器就设在该闸的计算机图像下面,无论是通过计算机估算还是通过观看电视显示,交通控制人员都可以很快确定各船只的位置。

计算机可以根据近 1600 个不同的运动方程来绘制船只的运动,这比以前的方法要先进。这些方程是根据船只是海船还是湖船,船舶装载情况,船舶特性,白天还是夜间航行等等建立的。过去所有的船只模型都是以同一速度沿一蜗杆运动。

此外,在计算机系统中,只要将船只到达船闸或桥的实际时间在该处终端输入,船位显示就会自动调整。如果船只以不同于预期的速度航行时,可由控制员通过人工键入指令,立即将模型“拖到”正确位置。

在全景屏幕上显示的信息包括如下各项:

- ①重要位置的风速及风向;
- ②已收到“预计到达时间”的湖上船舶的名单;
- ③抛锚等待进入运河的船舶名单;
- ④运河内船舶的详细信息。

控制中心的四个工作台实际是完全一样的,由以下四个部分组成。

①闭路电视监视器及控制器:闭路电视系统监视器和控制器安装在工作台的最右端。控制室的人通过电视控制板可以在工作站监视器上选择沿着运河设置的 17 个摄像机中任何一个摄到的情况。控制板用示意图显示运河以减少操作人员弄错。这就大大优越于先前的系统,例如以前需要工作人员去选择 12 或 17 号摄像机等等,现在他只需指一下图中表示闸 3 的地方,就得到了所想找出的那个地方的摄像机。所有的摄像机都是相互独立的,且具有完全的摇摆、俯仰、放大/缩小目标及刮水器的控制能力。

②电话系统:与以前的拨号电话机不同,新式电话只按一个键就可与闸或桥任何可能需要的紧急服务部门接通。

③航海无线电控制:新的无线电通讯设备可以使各个操作人员直接与从安大略湖中部到伊利湖中部之间的任何船舶联络。

④文字/数字及图形计算机显示:每个工作台有两个独立的计算机监视器。

——一个以文字及数字显示信息,另一个则以图形方式显示,与计算机系统的通讯可通过“鼠标”(一个图形选择装置)或标准键盘来完成,系统使用者可以存取大约 200 个文字/数字显示及子显示。

“鼠标”是选择显示内容和数据项目字段的主要设备。

文字/数字屏可以给出系统中储存的所有船舶的有关信息,也可以输入及更改数据。下面是一些系统显示的例子,其中的数据是根据控制中心人员的使用情况组合的。

——船舶通过输入显示。该显示使用最为频繁,因为用这种显示能输入和更改所有有关船舶的汇总表以及所装运的每种危险品的有关情况。

——风速敏感显示:提供所有在运河中航行的船舶概况,给出每艘船所能承受的最大风速,显示运河上的实际风速,并标出那些所承受的风速已超过最大允许限度的船舶。

——锚地显示:使用者可以选择他感兴趣的锚地,特别是运河两个入口处的锚地。并提供所选锚地上的所有船舶的名单及有关信息,诸如估计启航时间等。

工作台的计算机图形监视器提供许多相同的信息,但用图形显示,而不是只用文字显示。“运河详情显示”(图 1)屏幕的下部有运河参考图形,通过选择该图的某一部分就可以在屏幕上显示任一海里长的运河段。

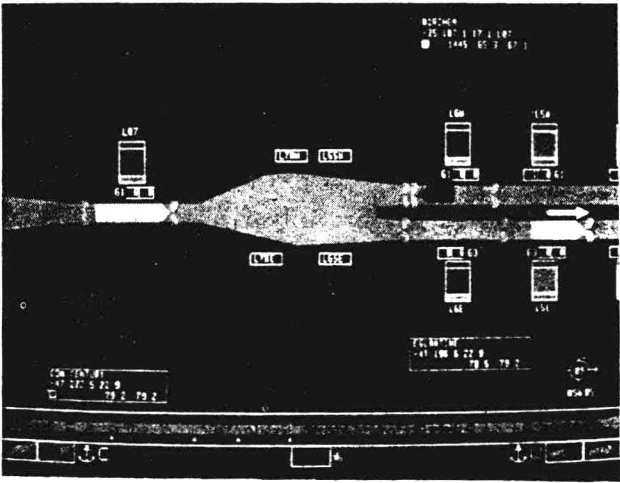


图 1 运河详情显示

图 1 显示的是运河的某一海里的河段。与运河全景图的一部分相似,但显示出更多的细节。该显示部分包括 5 号闸和 6 号闸这两个双线梯级闸和 7 号闸。此时显示的有 3 艘船。用不同的颜色表示;7 号闸及 5 号闸 E 中的船为黄色,代表下行船,而 6 号闸 W 中的船为蓝色,代表上行船。船旁有一个三行信息显示,显示内容包括船名、船长、船宽及其它信息,如“危险品”,船上有“引水员”等等(由左下方的小方块表示),还有船首和船尾最大吃水深度(用分米表示)。紧挨闸门的小方框里给出闸门情况,诸如下降、充水、排水、提升等等。

图形监视器上另一个显示是“湖区显示”(图 2)。

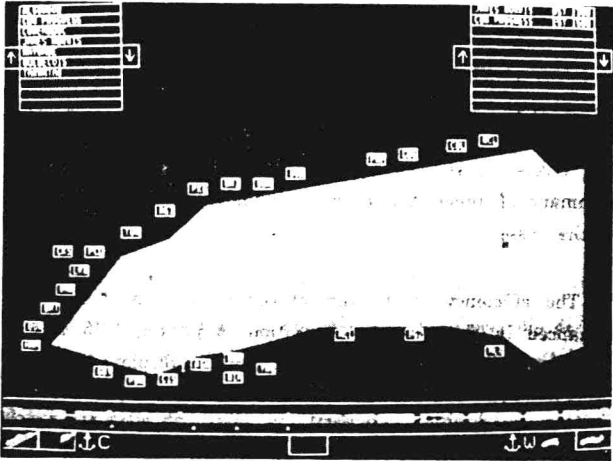


图 2 安大略湖图象显示

图 2 为安大略湖的湖区显示。沿其周边的小方块为港口、锚地及停靠点。正如前面提到的那样,卫尔兰运河交通控制中心负责安大略湖西半湖区的管辖。而美国交通控制中心(即艾森豪威尔水道)负责东半区。湖上的矩形代表船只,蓝色表示上行,黄色表示下行。他们以各自的预测平均速度作为船只在屏幕上的速度。例如,计算机可以取在安大略湖中的上行船的“实际

到达时间”(ATA)和在纽卡思水道下一个停靠点的“预计到达时间”(ETA),计算出平均航速并在屏幕上按照这个航速绘出该船的动态。

出于安全上的考虑,计算机会自动告诉控制员哪些船会晚点(超过某一时间限度)抵达下一个停靠点,控制员就可以用航海无线电去呼叫这些船舶,以查明其安全性并掌握其行踪。在此情况下,系统一方面用文字/数字显示发出船舶晚点信息,另一方面,在图形显示中将晚点的船舶用红色突出出来。

显示屏左角上列出在安大略湖上航行的所有船舶的名单。在名单上选择某一船舶,湖上相应的矩形就闪烁绿光以显示其位置。文字/数字终端将同时显示出该船的航行记录。控制员可以在不知道船名的情况下先选择湖上的任一矩形,名单上该船的名称就会被显示出来(在左上角),在文字/数字显示上将出现该船航行记录。通过类似方式还可获得港口及锚地的所有船舶的相似信息。

这些只是交通控制支持系统中的一小部分功能显示。计算机系统的使用使交通控制人员不必再进行那些以往用于手工进行的常规工作。例如,一艘船到达运河之前,系统先要证实该船已放行,允许进入运河行驶,其高度不超过最大允许限度,风速也在该船装货量所允许的最大限度之内。而且系统还能继续监视船舶是否在预计时间内到达停靠点。以前所有这些工作都用手工完成,并且很容易出现错误或疏忽,尤其是正常工作人员临时被替换时更是如此。现在,将所有这些规则和公式输入到计算机系统中,就可保证在任何情况下其使用具有一致性。

反映系统标准化的另一个例子是湖上的调度。控制中心的一个功能就是给湖上的船舶提供其它船舶相遇的信息。在手工操作时,这些调度都是根据控制员个人的知识和经验,因此无法保证调度信息的一致性。有了交通控制支持系统,控制员只需提取“湖上会船显示”,系统就用标准形式提供船舶交通的信息,控制员可将这些信息发给各船。

对船舶各项信息采取了有效的组合方式,按一个键就可以显示大多数用户查询,而无需再从一大堆资料中搜寻或打电话给各船闸或各桥查询,这就大大提高了控制中心人员的工作效率。以前的“船舶信息员”成了如今的“计算机操作员”,因为现在他们有时间承担额外的计算机日常操作任务。

新交通控制系统的效率还表现在以下两个方面:

a) 总监现在可以离开控制中心一段时间,而且他现在负责管理所有的闸和桥,从而改善了整个运河管理的相互配合和工作效率。

b) 在最近大批人员退休的情况下,控制中心留给新来的工作人员依然十分有效地完成了各项任务。

控制中心还设有一间参观室,供参观者隔着玻璃观看中心的工作。交通控制人员打开电动垂直百叶窗后,人们就可以看见控制室内的全景。这间屋内还设置了一个全功能训练用工作台,用于新控制员上岗前的培训和考试,也可以让参观者(在主管人员指导下)在机上实际操作,体验一下控制员的工作环境。

4 前景

交通控制支持系统(TCCS)从1987年航季开始使用。它既是制订船舶过闸计划的辅助工具,又能用计算机对船舶进行调度。从而为航运业提供了更高水平的服务。随着该水道业务的不断出现,今后还会开发出其它功能。该系统设计的灵活性将充分满足今后的需求。

新的卫尔兰控制中心于 1987 年开始使用时,圣劳伦斯水道管理局就已经准备迎接当今及以后的交通管理的挑战。这只是水道管理局为世界航运界不断提供可靠、有效和用户响应的服务中的一部分工作。

杜 力 译

周亚力 校

拉贝—伏尔塔瓦水道 的交通管理办法

(捷克斯洛伐克) P·Gabriel

为确保全年有效利用拉贝—伏尔塔瓦水道,过去 15 年里已经解决了大量技术上、管理上和操作上的问题。在列宁格勒(1977)、爱丁堡(1981)和布鲁塞尔(1985)召开的三次航运会议上已经报告了解决这些问题的方法。

由于国内及国际航运需求的不断增加,近年来必须将主要注意力转移到现代化管理方法上来。本文将探讨这个问题的某些方面。

位于民德边境与施瓦来提克(Chvaletic)港之间的拉贝水道长 211 公里,有一梯级河段,其上设有 21 个带闸室的闸坝。该河段中,有 40 公里是经整治后通航的。拉贝水道在捷克斯洛伐克领土内的长度为 379 公里,流域面积 51103.9 平方公里,平均流量为每秒 305 米³,年均流量达 26×10^9 米³。

这条河流促进了工农业的发展,为工业、热电厂和农业提供年均 7.51 亿米³ 用水。因其走向与主要公路和铁路同向,故它已成为一条重要的水上运输干线。它不仅可用于低水头水电站(总装机容量为 70 兆瓦)的发电,而且还可以在旱季和水污染事故的情况下调节自然流量,同时它还能提供包括垂钓及水上运动的游乐服务。不同用户的用水优先权因时因地而异,但是水上运输的利益首先得到保证。为了创造最佳的航行条件,应当控制整个梯级河段内的水流量。目前,在渠化河段的允许吃水为 2.1 米(水深 2.4 米),而在整治河段上则根据水位及流量情况,允许吃水在 1~2 米之间。整治工程完成后,捷克斯洛伐克境内的拉贝水道将达到国际航道分级标准的四级。

1 拉贝水道的调度管理

拉贝水道的水工系统(图 1)是一个复杂的水力系统,对渠化河段流量的任何变化都很敏感。控制不得当或水电站发生故障都会影响航运。流量的突然减少会产生负向波在梯级河段传播,甚至还会因水深不足而引起船舶航行事故。用于梯级河段上所有闸坝的最初控制原则是保持溢洪坝上游水位稳定。这一原则可以减少上述问题的发生。1981 年,布拉格技术大学完成了一项重要研究课题,课题内容是对梯级河段的某些部分进行了水力状态测量并建立了数字模型。研究成果改变了闸坝的控制原则,还表明只有采用中心调度才能保证整个拉贝水道的最佳航运条件。采用中心调度控制的原因还在于整个拉贝河流域的水资源管理情况复杂;上游库容较小(只有 1.224 亿米³);除保证航运外,还要协调其他用户用水上的矛盾。

随着社会对水资源管理的需求不断增加和航运的发展,调度控制已成为各项任务的必不可少的条件。航运调度控制的主要优点包括:确保并增加航行深度,缩短计划内水道关闭维修的时间,缩短计划外航行中断(洪水、结冰、航行设施故障等等)的时间,以及合理维护水路设备。

建立自动调度控制系统的想法酝酿已久。这是因为一方面要考虑流域区水资源优化管理

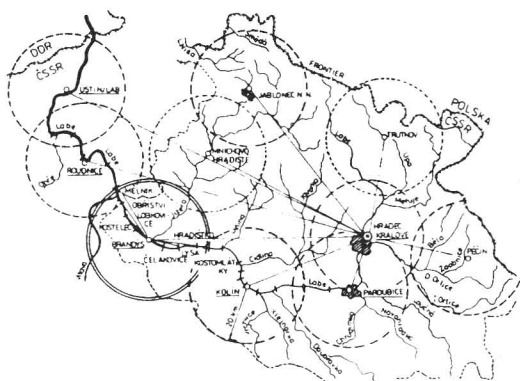


图 1 拉贝水道网

的一些具体特点,另一方面还要顾及拉贝河水道本身的特点。

考虑到流域区水资源管理的复杂性和为确保航行安全,有必要开发出一套能适合给定传输系统标准的系统控制软件。实际上,采用了水文预测模型,特别是水位预测及其十天后的趋势预测来确定船舶吃水,确定拉贝河梯级河段上电站的最佳流量,预测河床剖面洪水水位以及降雨或降雪造成的洪水量。调度人员主要使用拉贝河梯级河段的数字模型,以确定水库和水工系统的基本参数,计算稳定流和非稳定流以及拉贝河冬季的纵温度

曲线。对非稳定流的模拟能有效地研究电站突发故障造成的一系列后果,并确定最佳操作程序以消除泄水扰动,从而防止航行事故。温度模型用于预测水道结冰现象的初始及其类型,并估计其过程。当结冰达到一定程度时,用现有的技术手段不可能在合理费用水平的情况下确保持续和安全的航行。通过计算水道的温差能预测结冰季节过去之后冰面开始自然融化的过程,并确定使用破冰船及其它工程船清理水道的最佳时间。

1987 年捷克斯洛伐克为其水管理的自动调度控制系统的发展进行标准化工作。这主要是指创造系统的硬件以确保所用系统的兼容性,并使之能够相互连接并在将来有可能与更先进的系统连接。这种解决方式建立在统一数据采集、统一记录方式、统一传输方式和选择合适的计算机技术的基础之上。系统的执行始于 1988 年。系统包括:自动监控自然条件及操作条件,评价反映系统各部分的状态和行为的关键数值。其中包括系统各部分所处的环境、处理过程、平衡和贮存,以及其极限状态和趋势的控制。

建立水管理调度控制系统的下一阶段工作是管理操作自动化,尤其是特殊情况下的管理操作自动化。管理过程自动化的实用程度根据系统的具体条件而不同。人的因素——调度员——既使在这个阶段仍是主要的决策者。这一阶段不仅要有可靠的通讯及电讯设备作保证,而且要有水工建筑物控制元件的技术标准,特别是溢流坝及水电站的控制。

管理的最后阶段,也就是最终目标是无人参与的全自动化操作。然而,考虑到水力系统的随机特性,该系统很可能是一个部分专用子系统,可实现各个结构物(如溢洪坝、闸室、水电站)的操作自动化,或它们之间的相互联接的自动化。该系统的设计使这一切成为可能。

拉贝水道自动控制系统的可行性取决于全国统一水管理基本测量网的建立。该网络将覆盖有关地域的 60% 左右。能搜集野外自动测量的所有值。它包括所有重要的水管理系统及对水管理和水文状况有重要影响的地域。在拉贝河流域它包括拉贝水道,伊扎拉河,上拉贝河,奥德斯和卢丁卡的水管理系统(图 2)

统一基本测量网在构成上分为以下几个等级:

- 自动传感器;
- 测量站;
- 节点(水工建筑物);
- 二级调度控制中心;
- 区域水管理调度中心。

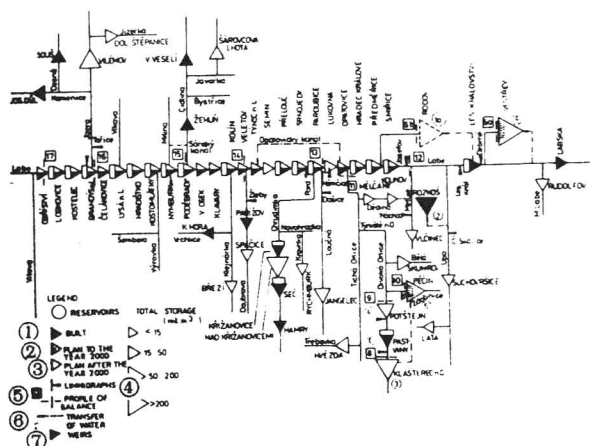


图 2 拉贝河中游的水管理系统

- ①►建设中;②►到 2000 年的计划;③►2000 年后的计划;
④►湖面水位记录;⑤——平衡图;⑥——调水;
⑦►大坝。

测量站与节点的通讯使用了中心雷达天线罩 RADOM 无线电系统(由捷克斯洛伐克帕尔杜比第的 TESLA 公司制造)(图 3)。

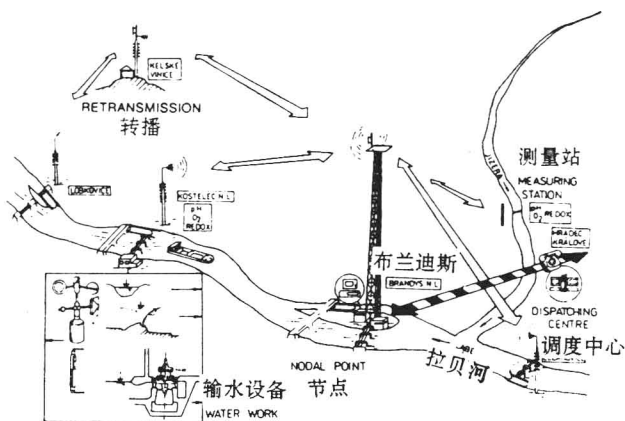


图 3 拉贝水道调度控制的设计

RADOM 系统的操作方式是:中心站有选择地向分站网络发出询问,并向这些分站下达命令。设备的工作范围大约为 20 公里(图 1),高频发射机的功率为 1W,频率为 300MHz。(同一信息重复输出来控制差错仅在两个输入数据相同的时候信息才能被接受)。RADOM 系统使中心和分站之间能够进行双向通讯。系统的总量由控制站的指令数量限制,最多不超过 512 条。从各测量点收集数据的时间间隔为 5~30 分钟。

节点和调度控制中心之间的连接由永久性租用通讯管理部门的电话线路解决。在这一级,两台微机用一个捷克制造的调制解调器连接,传输率为 2300Bd,正常通讯为每隔半小时一次。但通讯必须在任何时间都可使用,即使是在非通讯时间。

在微机上配有节点自有的控制及通讯单元(图 4)。这些单元能自动控制测量网络上其分

站的数据收集、校核并将其转换成物理单位、校核其极限值、进行数字滤波及简单处理操作,然后将数据传递到上一级。大多数量测数据将就地为输水设施的操作而显示,从上级下传的信息也显示出来。此外,还可以对自动传感器没有量测的值进行人工输入。控制单元可以在磁带上将测量值保存 5 天,以解决上一级通讯中断时的问题。控制单元昼夜连续工作,不需要专人管理。

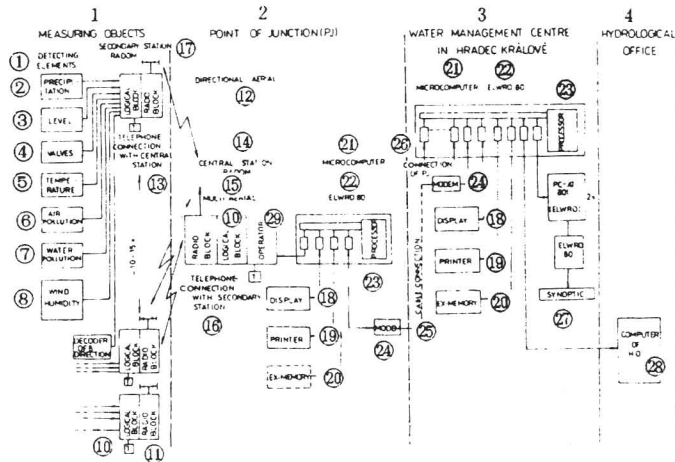


图 4 中心水管理调度技术设备框图

1—测量项目;2—连接点(PJ);3—哈迪克拉罗威的水域;4—水力学办公室。

①探测元件;②降雨量;③水位;④伐门;⑤温度;⑥空气污染;⑦水污染;⑧风,湿度;⑨指示译码器;⑩逻辑块;⑪无线电块;⑫定向天线;⑬通中心站的电话;⑭中心站雷达天线罩(RADOM);⑮多制式天线;⑯通二级站的电话;⑰二级站的雷达天线罩;⑱显示;⑲打印机;⑳EX—记忆单元;㉑微型计算机;㉒ELWR080 微机;㉓处理机;㉔调制解调器;㉕电缆;㉖节点的连接;㉗汇总;㉘总办公室计算机;㉙操作。

调度控制中心将配备一台 IBMPC-AT 型控制和通讯设备。该设备将控制分站的操作并实时处理收集的数据,供调度员使用。拟将所有数据在直接存取存储器中保留七天,选定的数据将保留一个月。该机将以多级程序模式来操作,能进行预测及控制模型的计算,还能根据调度控制中心的需要进行专项计算。处理器在设计上有保证独立连续完成数据收集及处理这些数据的基本功能,不受大型计算机系统的影响。

拉贝水道上有五个节点并配有 RADOM 控制站。各个测量点每隔五分钟测一次下列项目:①闸坝上下游水位;②降雨量;③污染物浓度(SO_2 , NO_2 , H_2S , O_3);④补充数据,即船舶通过航行设施是否正常的工作信息。每隔 30 分钟测一次下列数据:①在 $-1^\circ\text{C} \sim +39^\circ\text{C}$ 范围内的水温(在 $-1^\circ\text{C} \sim +4^\circ\text{C}$ 时的准确度达 $\pm 0.1^\circ\text{C}$);②在 -30°C 到 $+50^\circ\text{C}$ 范围内的空气温度;③选定地点的风速及风向;④溢洪坝的位置;⑤涡轮发电机的流量。

在节点处的微机控制单元进行下列数据预处理:①水位的光滑平均计算,消除船闸和泄水对水位的影响;②降雨超过 30 分钟的降雨量计算(前两次数据之差);③根据流量曲线计算溢洪坝的流量;④24 小时平衡计算,包括测得数据的极端值平均流量和总降雨量的计算。

上述系统的建设,包给了波兰的 ELWRO Wrocław 公司。合同标书中规定所有的要求,并包括基本软件。需要交付的是各个节点的全套设备,包括控制单元。在布兰迪斯 n/L 的第一个节点的合同中还包括交付调度控制中心的技术部分,以及 ELWRO801-RT 型微机。1988 年,

在第一个节点处开始了必要的建设工作,同时交付 RADOM 通讯系统。

2 水道交通控制

水管理、发电和航运诸方面的综合利用水资源,给这种复杂系统的管理和控制提出很高的要求。因此还考虑了用模型模拟控制水道上的航运问题。涉及的问题之一是了解船闸操作对航运正常性和可靠性的影响。

为解决这一问题,船只沿水道的运动过程可以看作与其它类型通道上的运动过程相同。船只运动的研究只考虑时间,即知道某时间、速度和前后运输单元之间的时间间隔,就可以根据排队论研究船闸的功能。

过去也曾为模拟闸的操作而建立数学模型。这些模型成立的基础是,假设泊松分布适用于通过水道上给定点的船只数目,而且指数分布也适用于相邻船只间的间隔。这些假设的正确性已为国外经验和捷克斯洛伐克水道的观测结果所证实。这些模型的不足之处是,它们只能模拟出单一的通航梯级,无法给出两个相邻通航梯级之间的相互影响,以及其它水道的影响或通航梯级系统内的港口的影响。由于这些不足之处,导致建立一个包括多个梯级的干线水道模拟模型。

新模型的基本要求,是模拟船舶通过一段有多级船闸的水道。有两种不同的模型:一种是模拟设单线船闸的水道交通,另一种是模拟设双线船闸的水道交通。两种模型都考虑到了次级水道的连接以及在通航梯级系统中存在的港口。

初始假定条件如下:

- ①要求船舶交通流是无限的,相邻两船之间的时间间隔为随机量。
- ②服务设施(闸室)是串联设置的,船舶要通过所有服务设施,在每个设施前都可能出现排队。
- ③排队是无限的,船舶可以无限等待。服务设施是可靠的,即可以在任何时间提供服务。
- ④服务(闸室)长度是固定的,尽管因闸室类型而有变化。
- ⑤船舶按始点顺序依次满足,但有例外。例如,当一艘船到达船闸这一端时,船闸另一端的闸门是开着的,而且有另一艘船驶到那一端,为了不使船闸空操作,应让后到的另一艘船先过闸。
- ⑥在单线闸模型中,一个闸室用于双向通航;在双线闸模型中,每个闸室服务于一个方向,或者是双线闸的两个闸室都服务于两个方向。

建立模型时,必须确定以下三个问题:

- ①船舶进入系统的时间,即确定船舶出现在界点以及模拟段内入口点(二级水道,港口)的时间。

对于进入界点的船舶来说,指数分布可用于计算从非渠化河道来船的间隔。其后的间隔可以通过随机数字发生器来确定。

到达下一个闸室的时间是由过闸所需时间加上船舶在行驶方向上通过邻接水库的时间之和确定的。这是在假定水库的长度比起船只的行驶速度来说极短,以致船只实际上无法超过其它船只。因此,船只到达下一个闸的时候还是离开上一个闸时的顺序。然而这种次序可以被由二级水道的船只打扰。

对于从中途港或二级水道进入系统的船只,可以根据指数分布确定其进入时间。在二级水

道的情况下,船舶出发时间可以由船闸操作进行更改。于是船舶到达时间的间隔就成了随机的,但不会短于该二级水道的一个航行段的闸室过闸周期。

虽然对于二级水道来说,可以假设船舶是无限的,但对于港口却不能这样假设。只有在港内有船舶时才可能有船舶离港,船也可能刚刚进港就离开。因此,船舶离港的时间必须进行修改,就是说,如果港内至少有一条船,它可能就会在生成的时间离开。如果港内没有船,那么船舶离港时间可能就由其它船到港的时间加上在港内的服务时间来确定。

②船舶离开系统的时间,即船舶结束在给定水道部分航行的时间。

船到达一段水道的最后一点的时间就是船在该段水道终止逗留的时间,因此这适用于那些在与二级水道连接点或港口时仍未结束在系统中航行的船舶。问题是如何确定在模型中在与二级水道交汇处或在港口处离开系统口门的船舶。实际上每条船在启程时都知道它的目的地。在模型中却意味着需要有目标生成,这是相当复杂的。因此选用了一种程序,在该程序中,在每个代表港口或与二级水道交汇点的节点上生成来自不同方向的船舶的到达时间。在到达某一节点的船舶数目中,那些到达时间超过生成时间的就被选择出来。

③在所有模型中,为控制所模拟的时间采用了可变时间步法。模拟的时间按步长变化。步长与两相邻的状态变化瞬间的间隔相符。一个状态变化瞬间可能包括:船舶到达闸室、新到船舶进入系统入口闸、船舶过闸的开始与终止、空闸操作开始或终止。

模拟渠化水道航运交通的模型的程序是受计算机的能力限制的。捷克斯洛伐克水道的普遍条件需要一种能够生成至少有 40~50 个节点(即闸室、港及与二级水道连接的点)的系统。

输入的数据包括几次过闸时间,各个节点间的航行时间以及由于有反方向船舶航行而在闸室前等候的时间。而且还可以为在闸室前等候的船舶数定出限度,实际上就是决定等候位置的数目。此外,还可以确定在节点处进入或离开系统的船只的平均数目。当然还可以规定监视系统操作过程的模拟时间。

通过模型还可以进一步研究船只通过各个闸所用时间的不同所产生的影响以及其中某一个闸的过闸周期延长或缩短带来的影响。而且还可以根据获得的数据对无控制的航行交通和有计划的航行交通进行比较。还能进一步研究二级水道的港口对水道通过能力的利用程度的影响。如在渠化水道上,船舶过闸可对交通形成某种程度的自动调节,这就使系统内的船闸前的船舶的等候时间比起系统的界闸或单闸的等待时间大为减少(图 5)。但是,这种自动调节可能因港口或二级水道的作业被完全打乱(图 6)。

模型还可以对空间操作的影响进行了解,这对于平衡出现水量“赤字”的通航渠道上的水池处的通航梯级是很重要的。在捷克斯洛伐克,这种情况出现在多瑙河、奥德河和易北河间建设的联系运河。

通过模型还可获得在该水道段的船只逗留时间的数据,以及总逗留时间内的实际航行时间、过闸时间和等候时间的分配比例。

模型还可用于各水道的航行交通的调度控制,例如,输入某船进入系统的时间就可能确定出它到达水道某一点的时间,等等。

虽然,用模型模拟渠化水道上的船及闸的操作可以有效地提高操作过程中的各种作业变更指令的质量。

3 无人闸的操作