

人工湿地工程实例简介

李善征 方伟

(北京市水利科学研究所 100044)

湿地对人类的重要性正逐渐深入人心。从1971年2月2日,18个国家在伊朗拉姆萨尔缔结《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》(简称《湿地公约》)以来,到1992年我国正式加入湿地公约,现在已有135个成员国。在《湿地公约》的推动下,一些国家已从调查、保护现有湿地、恢复原有湿地的同时,向建设人工湿地、扩大湿地面积和功能方面发展,其来势凶猛。不论在保护湿地、恢复湿地,还是建设人工湿地活动中,水利工作者都有着义不容辞的责任,也给水利事业造福人类开辟了新天地。

鉴于人类面临水资源匮乏的危机,联合国将2003年定为“国际淡水年”。湿地公约常委会将2003年第7个世界湿地日的主题确定为“没有湿地就没有水”。可以相信在这震撼人心的警示下、在政府及群众团体推动下,必将出现保护、恢复和建造湿地的热潮。

本文将收集到的国外一些具有代表性的人工湿地工程做一简介,以飨读者。通过一定数量的工程,从中可以了解到国外人工湿地发展面貌;同时可以从所选的有针对性的实例中转变某些固有的认识,如湿地处理污染水体浓度有限;湿地处理水量有限;湿地功能受地理环境、气候条

件限制等。

1 因皮里尔和布劳利沙漠区人工湿地

因皮里尔灌区人工湿地示范工程,位于美国加利福尼亚州因皮里尔城附近,人工湿地面积28hm²,全长1.6km,沿纽河右岸布置。纽河发源于墨西哥国的墨西卡利,然后向北进入加利福尼亚州,最后流入索尔顿湖,它是一条国际河流,大部分河水未经处理。人工湿地的用水来自农业灌区的排水,经过6个人工湿地治理小区,去除泥沙及污染物,将达标水体退回河道。

布劳利(Brawley)人工湿地,位于加利福尼亚州布劳利城附近,它面积较小,只有3.0hm²,它是直接从纽河抽水,不象因皮里尔湿地是利用农业灌区的排水,由3个小区组成,其中2个为人工湿地,见图1。

因皮里尔流域位于索罗兰沙漠区。它是北美最热的地区,流域年平均降水量少于75mm,最高气温曾达46.1℃,每年气温高于37.7℃的天数达100d。“用人工湿地恢复趋于萎缩的沙漠河流及湖泊是一项具有挑战性的活动”。纽河的水质也是很大的挑战,它是美国污染最严重的河流,水

论是流域规划还是地区规划;无论是专业规划还是综合规划,都应从建设现代化国际大都市水工程体系战略高度,体现先进性、时代性、前瞻性,要提高水工程规划的文化底蕴和人文色彩,满足人水相亲,人水和谐的要求。

(3) 清晰的思路。思路是一种观念、一种文化,是一种科学的思想方法和工作方法,是一定时期水利工作的路线、方针和实现战略目标的思想保证。有了好的工作思路就能出人才、出资源、出机制、出资金、出财富。每项工作,每一时期的工作都应有不同的新思路,但在一段时期应该有一个具有指导性的、相对稳定的新思路。市水利局党组和领导班子在不同时期,针对不同工作都提出了工作的新思路,这些新思路的基本精神就是,由传统水利向现代水利、可持续发展水利转变,由农村水利向城市水利转变,以“创一流”的精神状态和务实作风,建设现代化国际大都市水工程体系,为首都经济社会的可持续发展提供

安全可靠的保障。这一新工作思路既体现了全国水利工作新思路的共性,又突出了北京水利工作的特色,对调动全市水利职工乃至社会各方面的力量办水利的积极性,对高效利用水资源,推进全市水利事业的发展将发挥积极作用。

(4) 严密的实施计划。目标、规划、思路都要靠切实可行的工作计划去落实、去实现。新时期水利的计划工作也要改变传统的计划经济的模式,以市场为导向,从资金的筹集、施工队伍的选择,施工的管理以及工程效益的发挥都应把行政机制与市场机制很好结合,使有限的资金和所建水工程发挥最好、最大的综合效益。

建设现代化国际大都市水工程体系是一项系统的工程,涉及到水利事业发展的各个方面。明确提出建设现代化国际大都市水工程体系的战略目标,就能团结和动员各方面的力量,集中各方面的智慧,提升水利事业各方面的工作,谱写新时期首都水利事业的新篇章。

(责任编辑:刘培英)

中细菌含量以百万计,还有大量的营养物、农药及泥沙。它

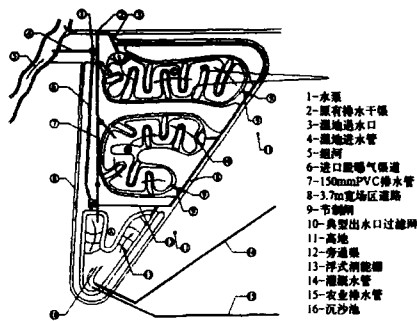


图1 布劳利人工湿地示意图

们未经处理,顺流而下,全部进入索尔顿湖。本沙漠区蒸发作用很强,盐、各种矿物质及硒都被浓缩了。

纽河在国界处流量为7.0 m³/s,进入索尔顿湖之前由于汇入了从科罗拉多河引水的灌区排水,河道流量达16.0 m³/s。汇入索尔顿湖的河流还有阿拉莫河,流量约19.8 m³/s,北边还有怀特沃特河,每年共计约16亿 m³水汇入湖内,但年蒸发量达1600 mm,与入湖水量大体相当。湖区总库容约93亿 m³,水面面积约954 km²(与我国新疆博斯腾湖972 km²相当)。索尔顿湖没有出口,它完全靠纽河和阿拉莫河的人流才不致干涸。由于河道水质的影响,导致湖泊萎缩,湖水水位下降。

州政府提出的治理措施,一减少泥沙、疏浚河道及湖泊;二建造因皮里尔人工湿地和建造布劳利人工湿地;三是用管道将湖水抽走等。

人工湿地设计工作由垦务局负责。因皮里尔人工湿地布置在高出纽河21.0m的狭长陡岸上,土质为湿陷性土壤、从未开垦过。为防止塌陷问题,设计上采取了建排水管和压实基土的办法,每个小区先剥离1.2m厚的土层,将基土压实,再将剥离的土体回填,再压实,该项工程土方量达15.3万 m³。湿地系统全长1.6 km,设计引水流量为0.1 m³/s,首部为一组并排布置的沉沙池,水深为3.0m,水流以跌水形式经过排水沟(最大排水过流能力为2.0 m³/s),再流到沉沙池。这种设计可使其中一个沉沙池清淤时,不致影响整个系统的运行。设计水流在沉沙池中滞留时间为8d。第3小区,深2.0m,由弯弯曲曲迷宫式、宽6.0m的植物带组成,将水流壅高成片流,滞留时间约1~1.5d。第4小区植物带是平行布置的,植物带的长度与小区宽度一致,植物带宽3.0m,设计滞留时间为1~1.5d。第5小区与第4小区相似,只是植物带和明渠宽度增加。末端第6小区,植物带按河流形状布置,设3个禽类栖息地。经过处理后的水体,最后流回纽河。

面积较小的布劳利人工湿地平面形状为三角形,由3个小区——1个沉沙池、2个湿地组成,见图1。从河里用水泵抽水,抽水流量0.03m³/s,经过90m长的混凝土衬砌曝气渠道,进入第1号小区,水流在此停留5d进行沉淀

处理。然后以重力自由流进入第2号小区。这里也是将植物带布置成弯弯曲曲的,水流在此滞留3d时间。第3号小区的植物带延伸到小区边缘,水流在此滞留约3d。该系统除上游采用水泵抽水外,都是自由流的,为了研究的目的设置了闸门、堰和旁通管等设施,但运行管理还是很方便的。植物带与水面面积之比为1.0:1.0。

上述2个人工湿地都是建在沙漠区,为利用表土层种植植物处理农业区污染水体的示范工程。该工程从发起到实施共用了5年时间,于2000年10月完工。

2 黑富特矿寒冷地区人工湿地

黑富特矿位于[美]蒙大拿州,米苏拉附近,从1890年就发现了银、铅、锌矿,第二次大战后废弃,60年代以来对排放的污水引起关注,1991年开始治理。

矿区分布于大陆分水岭西坡森林带,海拔约1600m~1800m,属大陆性气候,最低气温低于-21℃,是48个州中气温最低的州。年降水量多为降雪。矿区排水呈弱酸性,锌中度含量,铁中度含量,但二价铁含量春季因春洪影响,酸性指标达3.7。排水流量冬季小,春季峰值达560L/min。现场条件,矿区为陡峭山区缺少平整场地,没有电源。

综合处理方案:设计工序为水流经过矿区“卡口”后,用串联式氧化系统对二价铁进行被动式氧化。在预处理池沉淀铁氢氧化物,同时沉淀锌,最后用砂滤层去除铁,其余的金属进入人工湿地处理。整个系统用电量很小,只需太阳能装置即可。关键部位采取了防冻措施,未用人工加热方法。现采用的是控制水流流速、对水工建筑物及人工湿地管道做了绝热处理。运行第一年冬季(1996—1997年冬)就遇上特大降雪,系统运行正常,人工湿地、水工建筑物及水流分配系统均未出现冻害。

设计上,在矿区设置了混凝土“卡口”,由此可向地下供水,并为串联氧化系统提供有压水源。还可以存储春季洪水,储水量在286.8~310.3kPa工作压力下为1.2万 m³,足够存储春季洪水。卡口处冬季过水,有一定流速可以避免冻结。从长期运行而言,将水引到地下作业区,可缓解二硫化铁氧化和金属及酸的释放,以降低排放金属浓度。

湿地再处理:湿地设计包括地下水流动小区,上面种植当地优势植物。它的作用就象固定膜式生物反应器。该生物反应器的代谢作用靠湿地植物天然降解来达到。其主要功能是使金属,如锌滞留下来——不包括高浓度二价铁——进行多项生物化学反应,吸附、催化(沉淀)和过滤作用等。

湿地小区包括2个地下混合小区和1个明渠小区,小区由一定级配的方解石、石灰石颗粒铺成,上面种植莎草、蕺衣草,都是当地的优势植物。

观测结果,锌的浓度平均值为27.6mg/L,自由硫化物在地下2个控制建筑物之间,检出值小于1.0mg/L。这说明厌氧微生物细菌的新陈代谢作用增加,达到了设计要求。

建造综合湿地处理系统造价约200万美元,对比传统的石灰法处理造价为300万~350万美元。长期运行造价为350~500万美元,而传统工艺要1500万美元。

3 休斯顿-加尔维斯顿航道疏浚弃土建造人工湿地

休斯顿港是美国最大的货运港口,1998年吞吐量达1.69亿t/a,进出船舶达7093艘/a。为适应大船通航,港务局提出要加深及加宽航道,委托陆军工程师兵团设计。1987年,设计单位提交了可行性报告和环境影响书。由此而来,环境保护组织坚决反对工程上马。1989年在被迫停工形势下,成立了11个部门参加的协调组。协调组的目标是使工程获得净收益。在协调组下成立了有效利用工作小组。经过研究,最后提出了利用疏浚弃土建造人工湿地的方案,一举成为“双赢”的典型工程。

为做好设计工作,在维克斯堡陆军工程师兵团的水力实验站进行了实体模型试验。通过试验研究确定湿地高程和护坡结构等,如波利瓦尔湿地,见图2中A,竣工后高程为平均低潮位以上0.2~0.4m;阿特金森湿地,见图2中E,竣工后高程为平均低潮位以上0.6~0.7m等。

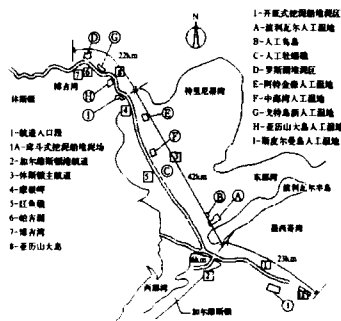


图2 休斯顿-加尔维斯顿疏浚及人工湿地工程示意图

疏浚工程,从航道进口段至墨西哥湾长约23km,墨西哥湾至摩根岬长42km,摩根岬至博吉湾长22km,总长约87km,见图2。另外,在加尔维斯顿港还有6.0km航道加深工程。设计航道两侧为驳船航道,深3.6m,主航道深15.0m,总宽304m。设计运行年数50a。总疏浚方量约2.69亿m³。

人工鸟岛位于波利瓦尔半岛以北1.6km,面积2.4hm²。岛的最高处比平均低潮位高出3.0m,然后降至平均低潮位,弃土堆积量为800万m³,2000年7月完工。2001年秋季种植植物,高地成为天然小树林及灌木丛,低处为草地及沙滩,玫瑰色阔嘴鸭、粉红色白鹭、大白鹭等乐于在小树林及灌木丛筑巢。水草区则吸引鸬鹚(塘鹅)、笑鸥和林区燕鸥在此筑巢。海滩区没有植物的地方适于黑色撇水鸭、公主燕鸥、黑海燕鸥、三明治燕鸥在此筑巢。由海滩形成的泻湖成为幼鸟的“避难所”。

鸟岛防浪护坡厚0.9m,边坡1:2.5,由重31~680kg的石灰石块堆筑而成,高程从平均低潮位以下-0.6m—

+2.4m。鸟岛设计运用年数为50a。

加尔维斯顿湾中部建一牡蛎栖息区,面积48.0hm²,分6个小区,堆筑高0.6~0.9m,用石灰石31.6万m³。2000年6月竣工,2000年8月验收时,栖息地已经有1/4面积上长着牡蛎。

最大人工湿地称为波利瓦尔湿地,见图2中A,位于波利瓦尔半岛北边,分成几个小区,最终面积约535hm²。挖泥船最远运距达15.2km,中间设2个接力站。

该工程对美国及全球具有重要意义,不仅解决了疏浚施工堆泥场环境保护问题,其建造人工湿地的成功,还维护了脆弱的生态平衡,突破了自然形成湿地,成为人类介入的大型活动,具有典型示范作用。

4 从密西西比河引水的路易斯安娜湿地

这是一项恢复性人工湿地工程,从新奥尔良城上、下游的密西西比河引水,滋润路易斯安那州湿地。2002年3月26日,从密西西比河、距新奥尔良城37km的戴维斯水塘工程正式引水。1991年在距新奥尔良城下游24.1km的密西西比河上建成卡那封引水工程。从密西西比河引水将可保护、恢复湿地面积达1.34万hm²,未来可获得有效利用湿地及海湾面积达31.5万hm²。

引水口设在密西西比河1870年决口的大堤上,引水建筑物为4m×4.3m混凝土方涵,设计流量301m³/s,上游引水渠长163m,宽26m,后接3.2km输水渠,然后进入戴维斯水塘,水塘面积4084hm²。工程还包括在输水渠两岸和水塘东、西两侧的挡水堤,东挡水堤长11km,西挡水堤长13km;南边靠卡塔瓦切湖上游建长2640m的堆石过水堰,堰顶铺6排0.23m×1.0m×2.0m钢筋笼;因西岸挡水堤截断了原排水通道,为解决汛期径流出路,在水塘东北角建1座扬水站,将堤外积水抽入水塘内,设计流量16.0m³/s。

戴维斯水塘每年只有1/2时间从密西西比河引水,引水流量只占大河流量的1.4%。当戴维斯水塘水位和萨尔瓦多湖在汛期水位上升0.45m时就停止引水。水塘蓄水通过堆石透水堰向卡塔瓦切湖补水。最大引水量时,卡塔瓦切湖水位可上升7.6cm,并使萨尔瓦多湖水位上升2.5cm。密西西比河引水滋润路易斯安那州湿地后,最后流到巴拉塔里亚湾。

它是美国已建7项人工湿地工程中,引水流量最大的一项工程。工程总投资1.19亿美元,由于环境条件的改善,从渔业、野生生物方面的收益可达1500万美元/a。

路易斯安那人工湿地工程是一项说明人类对其活动认识过程的典型工程实例。原来为了防洪在密西西比河两岸建大堤,结果导致洪水泛滥时滋润的湿地消失;现在又在大堤上开口子,将河水引入湿地,恢复生态系统。

(责任编辑:林跃朝)