

述评与讨论

中国2010上海世博会给水排水新技术解读与展望

张辰, 谭学军, 陈嫣

(上海市市政工程设计研究总院, 上海 200092)

摘要: 借助中国2010上海世博会的契机,对给水排水新技术情况进行了全面调研,总结了世博会上展示和应用给水排水新技术的展馆和地标,解读了各个国家和地区向世界展示的给水排水方面的最新技术和先进理念。根据上海世博会上展现的给水排水新技术,结合新的城市发展方向和需求,展望了城市给水排水技术未来发展的动态及趋势,结合上海市的具体特征,指出了世博后上海给水排水技术的重点发展方向。

关键词: 上海世博会; 给水排水; 低碳; 生态

中图分类号: TU99 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2010)20-0001-05

Interpretations and Prospects of New Water and Wastewater Technologies in World Expo Shanghai 2010

ZHANG Chen, TAN Xue-jun, CHEN Yan

(Shanghai Municipal Engineering Design General Institute, Shanghai 200092, China)

Abstract: With the opportunity of World Exposition held in Shanghai, new water and wastewater technologies were investigated, and relevant pavilions and places where new water and wastewater technologies are exhibited and applied were summarized. Advanced technologies and ideas about the water and wastewater exhibited by different countries and regions were introduced. Based on the new water and wastewater technologies in the World Expo Shanghai, combined with new urban development directions and demands, future development trend in the aspect of water and wastewater technologies was put forward, and the main development direction of water and wastewater technologies in Shanghai was pointed out.

Key words: World Expo Shanghai; water and wastewater; low carbon; ecology

中国2010年上海世博会是以“城市,让生活更美好”为主题,以探讨新世纪人类城市生活方式为目的的盛会。世界各国和国际组织围绕世博“城市,让生活更美好”这一主题,通过展示、活动、论坛等形式,共同探讨城市发展之路,从而为新世纪人类的居住、生活和工作探索崭新的模式,为生态和谐社会的缔造和人类的可持续发展提供生动的案例。

在城市发展过程中,给水排水工程具有十分重要的地位,是关系城市可持续发展的命脉,对保障居

民身心健康、提高生态环境质量、防止环境污染、保证防汛安全均起到举足轻重的作用。因此,在上海世博园,各个国家和地区从饮水安全、水资源利用、水污染控制、雨水管理、水环境保护等方面,提出了构建安全、健康、生态的城市水环境系统的独特方法和理念,向人们生动展示了各国探索城市用水、治水的先进文明成果。

1 世博会给水排水新技术

在上海世博会,很多展馆和地标的设计都与水

密切相关,很多展馆还利用多媒体展示了先进的给水排水技术。

各项技术汇总情况见表 1。

表 1 世博会给水排水技术汇总

Tab. 1 Technologies of water and wastewater in Expo

项目	地点	技术概况
直饮供水	园区外南市水厂、园区内直饮水点	原水经园区外南市水厂“高效澄清池、臭氧—生物活性炭”深度处理后,输送至园区内再经“超滤膜、活性炭吸附、紫外线消毒”进一步处理,可直接饮用
	新加坡馆	以先进的膜技术进行污水再生,到 2020 年能够满足新加坡 40% 的用水需求
污水处理	成都案例馆	世博园区产生的部分污水经厌氧沉淀池、跌水曝气、人工湿地处理
	马德里案例馆	马德里市所有污水都得到有效处理,处理量 $> 3 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,再生利用水量达 $600 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$
	大阪案例馆	通过踩动自行车驱动反渗透膜过滤处理生活污水,出水可饮用
	城市未来馆	陶氏公司展示了先进的膜处理技术
	中国馆	收集屋顶雨水用于绿化和道路冲洗
雨水利用	德国馆	在河道下建蓄水池,与堤坝上的排水口相连,在雨季暂存从排水管道流出的污水,待雨停后将污水排入污水厂处理
	挪威馆	屋顶上设置了多个收集器,将雨水进行集中,然后通过高压水泵将雨水输送到净化器中,处理后可直接饮用
	新加坡馆	新加坡雨水全部收集,全国有一半的国土面积是集水区,雨水收集储存后,输送至自来水厂处理,用于居民饮用
	美国馆	收集屋顶雨水,用于绿化浇灌、冲厕等
	世博轴	6 个“喇叭口”收集雨水,汇集到地下蓄水池里,经过滤处理后作为整个世博轴内几十个厕所的用水,同时还可用于道路冲洗、场馆清洗、绿化浇灌等
	世博中心	屋面雨水用于道路冲洗和绿化灌溉
	文化中心	设计完善的雨水利用系统,将空调凝结水与屋面雨水收集、处理,用于道路冲洗和绿化浇灌,采用程控型绿地喷灌或滴灌等节水技术,提高利用效率
	上海企业联合馆	场馆范围内的雨水得到回收,经沉淀、过滤和储存后用作场馆内的日常用水
	鹿特丹案例馆	由几个形状、大小和高度各不相同的水池组成水广场,用于储存、调蓄雨水
	布拉格案例馆	使用可移动、可拆卸的抗洪堤坝,在城市低洼区域构筑起小型堤坝防水区
景观水体	伦敦案例馆	收集屋面雨水,用于绿化、冲厕等
	万科案例馆	收集屋面雨水,用作景观用水
	后滩公园	劣 V 类的黄浦江水在后滩公园里经 1.7 km 的生态系统处理后,可以达到Ⅲ类水标准,每天向世博公园提供 $2\,400 \text{ m}^3$ 的景观用水和灌溉、冲洗用水

2 世博会给水排水新技术的启示

2.1 直饮水将是我国城市未来的主要饮水方式

经济发展使人们生活水平发生质的变化,对饮用水的水质提出了更高的要求,直饮水入户是当今世界的发展潮流,是发达国家的一个重要标志,也是对中等发达国家的一项评判标准。

发达国家的直饮水已比较普及,美国、欧洲、日本的普及率分别为 60%、56%、38%。我国的直饮水事业与国外相差较大,家庭直饮水量仅占城市供水量的 1% ~ 3%^[1]。上海世博会采用的直饮水技术堪称中国给水排水领域的一项重大革新,世博园区内共分布了 158 处直饮水供水点,为参观者提供便捷、优质的免费饮用水。为实现园区内自来水的直接饮用,在世博园区外实施了世博配套南市水厂改造一期工程($50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$),采用新型的高效澄清池工艺,增设臭氧—生物活性炭深度处理单元;在世博园区内,采用“超滤膜过滤、活性炭吸附、紫外线消毒”三项技术,选用的超滤膜渗过过程无需额外高压,只要自来水的水压即可保证处理流量。经过多重加工处理,出水口的直饮水水质不仅达到了现行国家饮用水卫生标准,甚至优于欧盟标准。

2.2 低碳化是污水处理技术的发展方向

城市污水处理系统作为重要的市政基础设施之一,是低碳经济发展最主要的实施平台,在低碳经济中扮演着多重“角色”。首先,污水处理系统是完成城市减排目标的主体;其次,污水处理系统又是碳排放行业,污水处理设施建设需要消耗大量高能源高碳密度原材料产品,在污水输送和处理过程中,亦直接或间接造成温室气体的排放。如何在保证污水处理系统完成污染减排目标的前提下,降低污水处理过程的能耗和碳排放量,是目前污水处理行业关注的焦点问题。世博园成都的“活水公园”项目展示了城市污水生态治理系统,充分体现了低碳处理理念。

成都案例馆以 1 : 10 的比例还原了成都的活水公园。活水公园污水处理量为 $15 \text{ m}^3/\text{d}$ 左右,全部来自世博园区。污水净化分三步:一是世博园区内的部分污水经管道流入收集池,由水泵抽至厌氧沉淀池处理;二是厌氧处理出水经过具有落差的一串石雕池,在自然落差中实现跌水曝气;三是充氧水进入人工湿地,通过人工湿地中植物、微生物和填料的协同作用吸收、吸附、分解污水中的污染物。整个处

理系统基本无动力消耗,日常维护简单,展示了污水处理技术发展的新方向。

2.3 资源化利用是破解城市缺水难题的“钥匙”

21 世纪人类面临全球性水资源危机,实现水资源的可持续利用已成为全世界共同的任务。一些国家较早地认识到水资源危机的严重性,将水资源保护和利用提升至重要战略高度,并开展了大规模的实践工作。借助 2010 年上海世博会这一平台,各国展示了水资源综合利用方面的成功经验。

在城市最佳实践区中,马德里案例馆展示了欧洲最佳的水资源再利用系统。马德里市 100% 的污水都得到处理,污水处理量 $> 3 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,经过净化的再生水通过长为 150 km 的地下管道,为喷泉和城市清洁等提供公共用水,再利用水量达 $600 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

新加坡淡水资源贫乏,主要通过雨水收集、污水处理再生、海水淡化和境外购水四种方式来保证城市用水。新加坡主要利用先进的膜技术与紫外线消毒对二级出水进一步净化,处理出水可安全饮用。此外,新加坡还创造性地开发了深隧道阴沟系统,利用重力输水,不需要动力,也不占用城市空间。再生水厂就建在污水处理厂旁,使水资源得到循环利用。到 2020 年,新加坡再生水量将增至 $28.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,能够满足新加坡本地 40% 的用水需求。

2.4 膜是水深度处理的主要技术手段

膜技术是近 40 年来发展最迅速、应用最广泛的技术。与传统技术相比,膜技术具有能耗低、投资少、操作简便、处理效率高等优点^[2]。膜技术的应用范围十分广阔,在城市饮用水和污水深度处理中得到了广泛应用。在上海世博会上,膜技术不仅保障了世博园区的饮水安全,也成为很多展馆竞相展示的对象。

除世博园区的直饮水设备和新加坡馆展示的污水再生方法采用了膜技术以外,在城市未来馆中,陶氏公司展示了膜处理出水的多种回用用途;瑞典阿法拉伐公司在世博园内召开的研讨会上,讨论了膜处理技术议题。以“环境先进城市·水都大阪的挑战”为主题的大阪城市案例,从其设计的“水之回廊”到第三展示区,皆是通过大量的短片、影像向游客展示大阪滤膜净水技术、防治污染技术等与水相关的内容以及服务于未来城市的“新能源”内容,特别是游客通过踩动一辆特殊的自行车就可以驱动反

渗透膜将污水净化成纯水这一展示形式引起了游客的极大兴趣。

2.5 雨水综合管理是城市发展的必然趋势

随着城市化进程的加快,传统的雨水快集和快排管理方式显现出很多弊端,如雨水径流系数提高、洪水流量过程线变陡、内涝灾害风险加大、初期雨水径流污染加重等,相应的设施建设投资和运行费用也随之增加,同时引发了地面沉降、水资源短缺等水生态环境问题。因此,世界各国开始致力于雨水综合管理技术的研究,将防汛排涝、雨水利用和面源污染控制综合考虑,解决城市雨水问题。

① 加强雨水源头收集利用

加强雨水源头收集利用,一方面开拓了非传统水源的利用,另一方面可削峰蓄谷,减轻排水系统的压力和面源污染负荷。中国馆、文化中心、世博中心等场馆的屋顶和世博轴的顶棚均实现了大面积的雨水收集利用,而挪威馆、伦敦馆、美国馆等数十个国家馆以及很多城市案例馆的屋面雨水也均进行了回收利用,利用方向包括绿化浇灌、冲厕、建筑周边的景观水池补充水以及直接饮用等。除了直接利用方式外,在世博园区的建设中,还采用了下凹式绿地、渗透性路面等技术,增强了园区雨水的入渗能力,提高了雨水的综合利用规模。

② 加强城市面源污染控制

德国馆展示了 2011 年柏林施普雷河项目的雨水收集方案:在河道水面下建蓄水管,与堤坝上的排水口相连,在雨季暂时储存从排水管道流出的污水,待雨停后再用水泵将收集的污水排入污水厂进行处理。柏林和上海一样,排水体制为合流制和分流制并存,上海已在苏州河沿岸建造了 5 座地下水调蓄池以控制面源污染,但其服务面积仅为合流制排水系统的 18%,无法满足面源污染的控制要求。柏林施普雷河项目提供了很好的思路,利用河道水面下的空间,将沿河的排放口都接入调蓄空间,不仅能实现面源污染的控制,同时还可以根据服务区域的降雨情况,调控各系统的排水能力,兼顾防汛排涝。

③ 加强城市排涝能力

在极端气候频现、城市不透水面积增加、排水系统已建的情况下,如何提高城市的排涝能力,已成为国内外各大城市关注的重点问题。在世博会城市最佳实践区内,可以看到很多成功的案例。荷兰鹿特

丹市位于海平面以下,一旦水位升高、海水倒灌,全城将遭“灭顶之灾”。为此鹿特丹采用水广场应对暴雨,水广场平时是市民娱乐休闲的场所,暴雨来临时则变成一个防涝系统。水广场由几个形状、大小和高度各不相同的水池组成,水池间有渠道相连,雨量大时,从大水池中分流到沟渠,雨量小时水又回流入大水池。日本大阪市采用在地下建造大规模雨水调蓄隧道的方式来应对城市积水现象,这些调蓄隧道对低洼地区的排涝起到了巨大的作用,在暴雨期间,低洼地区的地面雨水径流能够很快排入大口径的干线中。

2.6 生态技术是提高城市水环境质量的首要选择

清澈、优美的景观水体是生态型城市的重要构成要素之一。然而,目前我国的城市景观水环境污染仍比较严重,如何改善城市景观水环境质量已成为当前亟待解决的问题。生态技术由于具有建造和运行成本低、操作简单等优点而受到广泛重视,上海世博园区的后滩公园向游客生动展示了水体的生态净化过程。

后滩公园的原水取自黄浦江,属《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的劣V类水。江水先进入后滩公园的滴瀑墙,在沿滴瀑墙缓缓流下的过程中,通过墙上微生物膜的作用得到初步净化,然后再进入生态净化功能区逐级净化,出水水质达到Ⅲ类水标准。后滩公园的整个生态净化系统全长为1.7 km,配置了水生动物、沉水植物、挺水植物、浮叶植物和湿生植物,构成了完整的水生态系统。后滩公园净化水量达2 400 m³/d,出水不仅可以用作世博公园的景观水,还能用于世博园区的绿化灌溉和道路冲洗。

3 世博后上海给水排水技术发展建议

3.1 加强公共活动场所的直饮水系统建设

饮水是人类活动的基本需求,在户外或公共活动时,往往需要消耗大量的饮用水。特别是对于上海这一正在迈向国际化的大都市来说,不仅建有很多大型休闲乐园、主题公园,同时还建设了许多国际展览馆、会务中心等,每年都有大量游客和参展人流,需消耗的饮用水数量十分可观。在这些公共场所里,如购买瓶装水,不仅无法方便游客、观众和参展商饮水,而且水瓶在生产过程中会排出CO₂,丢弃后还会产生塑料垃圾。因此,上海应以世博会为

契机,在全市的公共活动场所全力推进直饮水系统建设,以实现在方便饮水和保护环境的同时,提升上海市的现代化水平。

3.2 开展雨水综合利用技术研究与应用

与德国柏林、荷兰鹿特丹一样,上海同样面临着城市建筑密集、土地利用率高、排水系统已建的现状,因此需要在不改变原有排水系统的基础上提高排水标准。建议上海的住宅小区屋面雨水利用与生态小区建设相结合,可选择下凹式绿地,将收集的屋面雨水和地面径流引入小区绿地,绿地的地面排水设施(雨水口等)可按照设计淹没高度(如15 cm)高于草坪平面,使初期雨水渗入地下,充分发挥草坪的入渗能力。机关大楼、机场、火车站等公共建筑在规划设计之初,就应考虑相关的雨水收集系统。在市政领域,道路两侧的绿化隔离带、高架道路下的景观绿化带等均可以设计为带有排水系统的下凹式绿地或者设置浅层蓄渗装置,对地面道路和高架道路的径流进行削峰调蓄。在城市规划中,如能将停车场、广场等设计为多功能调蓄池,并通过敷设渗透性铺面等措施增强雨水的就地入渗能力,则可大大缓解道路暴雨积水情况、减轻排水系统的压力。而在城市地下敷设大口径的调蓄隧道,则与德国柏林施普雷河项目有着异曲同工之处,关键在于设计中兼顾面源污染控制和排水标准的提高,发挥工程的最优效益。

3.3 推进低碳排水系统建设

上海市污水处理量居全国各城市之首。截至2009年底,上海市污水处理总量已达686.5 × 10⁴ m³/d,占全国污水处理总量的7%左右。污水处理是高碳排放行业,《中国绿色低碳住区减碳技术评估框架体系》的统计数据显示,污水处理系统的碳排放量为0.8~1.1 kg/m³,据此计算得出上海市污水处理产生的CO₂排放量高达(200~275) × 10⁴ t/a。为促进低碳经济的发展,凸显上海的国际地位和影响,上海应在全国率先发展低碳排水系统,在排水系统规划、建设和运行的全过程中,树立低碳规划理念,选择低碳污水和污泥处理处置技术,采用低碳运行措施,在保障处理效果的前提下,着力削减排水系统的碳排放量。

3.4 发展污水生态化深度处理技术

随着我国经济的快速发展,环境污染日益严重,
(下转第8页)

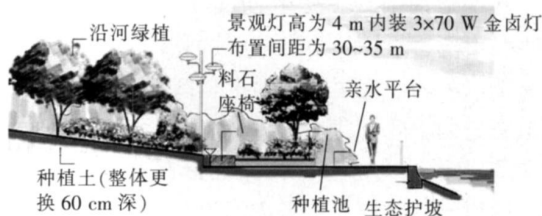


图 5 绿植点缀法断面

Fig 5 Section of foliage-decorating dike

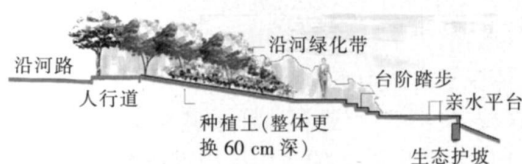


图 6 多梯法断面

Fig 6 Section of multi-ladder dike

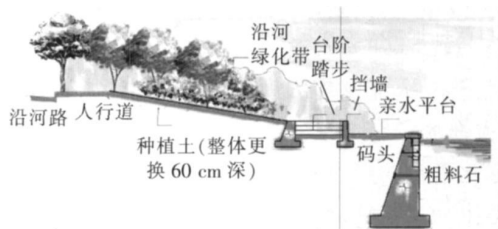


图 7 沉梯法断面

Fig 7 Section of ladder-sinkage dike

4 结语

南运河综合治理工程遵循可持续发展的原则,体现了生态自然的设计理念,有助于生物多样性、河流水质的改善,同时提供一个见水、近水、亲水的美好环境。生态、自然治河是现代河流治理的发展趋势,是城市建设发展到一种相对高级形态的必然结果。这就要求设计上要有突破性改变,通过使用不同的材料、不同的手法来实现生态、自然治河的目的。

参考文献:

- [1] 刘晓涛. 关于城市河流治理若干问题的思考 [J]. 上海水务, 2001, (3): 1-5.
- [2] 张幸农. 西欧护岸工程技术发展动态简介 [A]. 长江护岸工程(第六届)及堤防防渗工程技术经验交流会 [C]. 武汉: 长江重要堤防隐蔽工程建设管理局, 长江科学院, 2001.
- [3] 俞孔坚, 胡海波, 李健宏. 水位多变情况下的亲水生态护岸设计——以中山岐江公园为例 [J]. 中国园林, 2002 18(1): 37-38.
- [4] 董哲仁. 水利工程对河流生态系统的胁迫与补偿 [A]. 中国水利学会 2003 学术年会论文集 [C]. 深圳: 中国水利学会, 2003.

E-mail jiesun@126.com

收稿日期: 2010-08-20

(上接第 4 页)

污水排放标准日趋严格,我国颁布的《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)对污水处理厂出水水质提出了严格的要求。在新的形势下,采用深度处理措施使已建污水处理厂达到更高的排放标准要求,已成为我国污水治理的重点工作之一。在污水深度处理方面,生态化技术不但具有运行成本低、操作简单等优点,而且具有净化水质和美化景观的双重功能,因此受到广泛关注。生态化污水深度处理技术主要适用于小城镇或郊区,国内外均有许多成功案例,有些还被建设成为环境教育基地。

4 结语

中国 2010 年上海世博会是首届以“城市”为主题的世界博览会,是中国学习借鉴世界城市发展先进科技和文化的一个前所未有的良机。在给水排水领域,很多国家和地区都向世界展示了最新技术和

先进理念,对我国市政基础设施建设具有重要的启示和借鉴作用。我国应该充分利用上海世博平台,深入学习给水排水方面的成功经验和先进技术,准确把握未来发展动态,用以指导我国城市的科学建设与发展。

参考文献:

- [1] 黄国贤. 超滤、纳滤膜分离技术在直饮水中的应用 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2006.
- [2] 陈福泰, 范正虹, 黄霞. 膜生物反应器在全球的市场现状与工程应用 [J]. 中国给水排水, 2008 24(8): 14-18.

E-mail frankytan@163.com

收稿日期: 2010-07-21