
《人工湿地污水处理工程技术规范》

（征求意见稿）编制说明

《人工湿地污水处理工程技术规范》编制组

目 次

1	任务来源.....	1
2	标准制定必要性.....	1
3	主要工作过程.....	1
4	国内外相关标准研究.....	2
5	国内外人工湿地污水处理技术应用和管理现状.....	2
6	主要技术内容及说明.....	6
7	标准实施的环境效益与经济技术分析.....	17
8	标准实施建议.....	18

1 任务来源

2006年，国家环境保护部下达了《“十一五”国家环境保护标准规划》环发〔2006〕20号，其中提出了制定《污水土地处理工程技术规范》（项目编号1394）行业标准的任务。由沈阳环境科学研究院承担该标准的编制工作。

2 标准制定必要性

环境保护标准化是我国环境保护的一项重要的发展战略，建立与国际接轨的环境工程服务技术标准体系和环境技术评估体系，是当前加快环境保护标准化步伐的一项重要任务。它对于提升我国环境工程服务业的国际竞争能力，规范环境工程服务业市场，保证环境工程建设和运行管理质量，为环境管理提供技术支撑和保障具有重要意义。

环境工程服务技术标准包括工程类技术标准和产品类技术标准两大类，是环境工程立项、科研、招投标、设计、建设施工、验收、运行全过程服务的技术依据。在工程类技术标准方面，目前人工湿地设计参照有关部门制定的城市污水等相关的部分工程建设设计规范，整体上环境工程领域标准化工作仍是一个薄弱环节。

虽然我国颁布的《中华人民共和国水污染防治法》、《室外排水设计规范》等对于水环境质量标准、污染物排放标准、水污染防治的监督管理、防止地表水和地下水污染作了相应的规定，但目前我国尚没有人工湿地污水处理技术领域的技术规范，对此类技术的具体工程应用还缺乏相应的技术指导和管理规范。为加强我国人工湿地污水处理工程的规范化管理，制定切实可行的技术规范用于指导此类污水处理工程的技术应用和运行管理是非常有必要的。

3 主要工作过程

本规范原名称为《污水土地处理工程技术规范》，预定目标是结合我国污水处理领域工程建设现状及未来发展趋势，制定相应的技术规范，为我国污水土地处理系统的建设标准、工程设计、运行管理以及环境管理提供切实可行的技术手段和方法，确保污水土地处理系统规范化建设和安全运行与管理。

本规范的编制于2007年6月初开始启动，经过对污水土地处理系统及其五种工艺类型（慢速渗滤、快速渗滤、地表漫流、人工湿地、地下渗滤）的国内外技术进展、工程运用以及社会各界重视程度等情况深入调研，考虑到五种工艺类型在工艺适宜条件、工艺参数以及运行管理等方面存在着较大的差异，人工湿地较其它四种工艺类型在污水处理、信息资料、

研究报告、社会关注程度方面存在着较大的优势,我们在开题论证前申请将本规范改名为《人工湿地污水处理工程技术规范》,并提交了《更名理由》,经过开题论证会时专家的论证,同意更名。

在编制过程中查阅了大量的国内外相关文献资料,包括与污水排放、污水处理有关的法律、部门规定和环境标准,以及技术研究发展情况、工程运用情况、管理现状等。所有的文献资料都在本技术规范的编制过程中进行了有益的吸收和借鉴,并于 2008 年 3 月编制了开题报告和规范初稿。2008 年 4 月,国家环境保护部科技标准司在北京主持召开开题论证会与初稿讨论会。会专家认为开题报告内容详实、技术路线可行、符合技术规范开题的相关要求,同意开题,并对规范初稿提出了修改意见。会后,按照专家意见,反复修改,于 2009 年 12 月形成征求意见稿和编制说明。

4 国内外相关标准研究

上世纪 90 年代,为了对人工湿地的建设、维护管理达到更加科学、规范化,由美国各个洲代表组成的交流组织共同研究编制了一个适用于美国的人工湿地污水处理工程的规范,主要规定了人工湿地的管道设计标准、厂址选择要求、运行管理及设施维护管理等方面的内容。在选择厂址方面,规范重点提出人工湿地禁止建设在洪水多发的水域和平原地带,同时对场地土地面积、地形地貌、土壤条件提出了建议;在运行管理方面,规范规定人工湿地启动初期的控制要求、设施的维护管理要求、水生植物系统的管理要求,以及系统的监控要求等,其监控要求遵守统一的人工湿地监控标准。除此之外,规范还提出人工湿地的植物和填料介质的选择原则。可以说,美国人工湿地污水处理工程规范的出台对人工湿地的设计、建设、运行及维护管理方面,起到了很好的规范化和指导作用。

5 国内外人工湿地污水处理技术应用和管理现状

5.1 国外人工湿地污水处理技术应用和管理现状

自西德 1974 年建成第一座人工湿地以来,人工湿地在 20 世纪 80 年代得到了迅速的发展。北美至 20 世纪 70 年代已有 174 座人工湿地,并对其进行了广泛的试验。20 世纪 80 年代末和 90 年代初,美国相继召开了多次人工湿地研讨会,国际上也曾就人工湿地这一新型污水处理工艺召开过四次研讨会,总结各国人工湿地污水处理的经验,提出了相关的理论和参考设计参数。这标志着人工湿地作为一种独具特色的新型污水处理技术正式进入水污染控制领域。据统计,截至 2006 年,欧洲建有一万多座人工湿地,北美有近两万座人工湿地,

亚洲、大洋洲、拉丁美洲也有越来越多的人工湿地建成和投入运行。这些人工湿地的规模可大可小，最小的仅为一家一户排放污水的处理，面积约 40m²，大的有占地数十亩至上千亩，可处理万人以上村镇的生活污水。

目前，北美 2/3 的湿地是表面流人工湿地，其中一半是自然湿地，其余为表面流人工湿地，系统水深范围一般为 30cm~40cm。在欧洲应用较多的则是潜流人工湿地，特别在一些东欧国家应用较广。在系统中种植有芦苇、菖蒲、香蒲等湿地植物，为了保证潜流，绝大多数系统采用砾石作为填料。欧洲采用此类系统趋向于对近 1000 人口当量的乡村级社区进行二级处理，北美则趋向于对人口较多的地区进行深度处理，在澳大利亚和南非，则用于处理各类污水。

美国东部的 400 多个污水排放点是通过人工湿地处理后再进入地下水、河口、河流和湖泊的。在密执安、威斯康星、佛罗里达、俄勒冈、田纳西州等地区，通过人工湿地处理了大量的城市和工业污水、城市雨水、农业径流水、酸性矿坑水、固体废物填埋场的渗滤液等，其目的是维持上述水资源 100%再利用率。如美国佛罗里达州奥兰多地区的一个人工湿地，连续 8 年净化该地区水回收公司的污水；加利福尼亚州的 Arcata 人工湿地，是美国最著名的人工湿地污水处理工程之一，属于表面流人工湿地，主要处理地表径流水，已运行近 20 年；加利福尼亚州贾斯汀市的人工湿地，属于表面流人工湿地，主要处理牛奶厂产生的农业污水，已运行近 20 年；科罗拉多州乌雷市的人工湿地，属于潜流人工湿地，主要处理排入河流的城市污水，已运行 15 年；纽约市英米诺镇的人工湿地，属于潜流人工湿地，主要处理城市生活污水，已经运行 14 年；肯塔基州水部门管理的人工湿地有 Benton、Hardin、Pembroke 等，这些人工湿地都是为了保护田纳西河水源保护地而对流域内小城镇污水处理而建的。

美国 EPA 目前正在开发北美人工湿地数据库，地方数据库在其它国家已经存在，为减少重复劳动和改良经验人工湿地设计方法，所有人工湿地都应通过公共数据库使世界各地的工程师和科技人员能够获得。这样的数据库可减少人工湿地建设的风险。目前，两种人工湿地的设计指南已经出版，但仍需要进一步工作，有必要更细致地研究不同地区特征和运行数据，以便在将来的建设中提供更合理的参数。垂直流人工湿地在欧洲一些地方投入运行已有几十年。垂直流人工湿地至今未广泛使用是因为其需要更细致的建设和基质选择。最近的国际会议上有几篇文章对垂直流人工湿地评价很高，目前全世界科技工作者正投入大量精力以改良垂直流人工湿地技术。此外，不仅对垂直流人工湿地，对所有类型的人工湿地都需深入研究以改良优化工程设计参数，而且需要对系统的长期运行能力和管理问题进行研究。

5.2 国内人工湿地污水处理技术应用和管理现状

国内的人工湿地研究起步较晚，直到“七五”期间才开始做较大规模的实验，取得了人工湿地工艺特征、技术要点和工程参数等方面的研究成果。从 20 世纪 80 年代末开始，先后在天津、北京昌平、深圳、成都和上海建设了人工湿地污水处理工程，并对污水处理的规律及机理进行了比较系统的研究。进入 21 世纪以来，我国在人工湿地污水处理技术，及其在工程应用方面都取得了较大的进展，目前全国已有数十座城市开展了人工湿地的研究，并有上百座人工湿地投入运行。污水处理量从 $10\text{m}^3/\text{d}\sim 100\text{m}^3/\text{d}$ 的小规模到 $110000\text{m}^3/\text{d}$ 的大规模，应用于处理生活污水、市政污水、景观河湖水、工业污水、采矿污水等。这些人工湿地运行以来，产生了良好的经济和社会效益，为我国的环境保护做出了贡献。

从工程实际的角度出发，按照系统布水方式的不同或水流方式的差异，人工湿地可分为表面流人工湿地、水平潜流人工湿地、垂直潜流人工湿地。相比于水平潜流和垂直潜流人工湿地，表面流人工湿地虽有投资省、运行费用低、操作简便等优点，但也有负荷低、去污能力有限等缺点，且表面流人工湿地的运行受自然气候条件影响较大，夏季易滋生蚊蝇，产生臭味而影响湿地周围的环境。因此，在我国单一的表面流人工湿地实际工程应用较少，大多是与水平潜流或垂直潜流混合应用。如滇池流域农村污水生态系统采用表面流和水平潜流复合人工湿地污水处理技术，处理总水量为 $80\text{m}^3/\text{d}$ ，出水水质稳定。除此之外，该系统还具有景观及生态效果，这对于滇池流域环境的恢复及保护具有特殊的意义。

近年来，沈阳环境科学研究院、深圳市环境科学研究所、上海市环境科学研究院等环境科研院所在水平潜流、垂直潜流人工湿地的研究和工程应用上取得了较大的进展。针对北方地区气候特点，沈阳环境科学研究院开展了水平潜流人工湿地技术在北方的单元应用研究与工程示范。2003 年底建设运行的沈阳满堂河生态污水处理厂，其污水处理量为 $20000\text{m}^3/\text{d}$ ，工程采用浮动生物床预处理+水平潜流人工湿地的组合工艺，大幅度降低了污染物含量，处理后的水质达到了再生水回用景观水体的水质要求。2006 沈阳世园会污水生态处理工程，其污水处理量为 $1000\text{m}^3/\text{d}$ ，在园区内产生的生活污水不仅得到了净化处理，同时还做到了中水回用，出水用于喷泉、浇花及景观水系等。该污水处理系统目前稳定运行，出水水质良好。

深圳市环境科学研究所采用垂直流或复合垂直流人工湿地技术，选择重污染且具代表性的城市景观河流、湖泊，进行河流水质改善、水环境生态功能恢复和景观建设的综合研究，已形成适合于南方地区水环境综合治理的集成技术。目前，深圳市环境科学研究所已在深圳、东莞、南京、广州等地区设计和运行了几十座人工湿地，主要用于处理小区及城镇生活污水、市政污水、景观河湖水等。其中，于 1999 年初开始设计和修建的“洪湖人工湿地系统水质净

化工程”，其污水处理量为 $1000\text{m}^3/\text{d}$ 。将垂直流人工湿地水质净化技术应用到洪湖的污染治理，从布吉河取水经系统净化后为洪湖补充清洁水量，同时截去洪湖周边的污水排入，从而达到改善洪湖水质的目的。该人工湿地于 2002 年被国家环保总局评为“国家重点环境保护实用技术示范工程”。

上海市环境科学研究院采用的不同规模垂直流人工湿地技术在上海农村地区的生活污水处理过程中发挥了很好的作用。上海市农村已应用垂直流人工湿地技术建成或在建污水（景观水）处理项目 9 处，主要分布在崇明县、浦东新区、奉贤区、南汇区和青浦区。其中，2004 年建成的崇明森林旅游园区污水处理工程，采用“生物化学强化絮凝+序批式垂直流人工湿地”处理技术，设计规模为 $3000\text{m}^3/\text{d}$ ，湿地面积 5040m^2 。该工程建成投产后，湿地水力负荷达到设计负荷的 96%，出水水质良好。同时，湿地植物收割后的植株秸秆，可与污水预处理产生的污泥经混合堆肥后，回用于森林地块的用肥，从而实现废弃物的资源化利用。

经过 20 多年的研究，可以说我国在人工湿地污水处理技术及其工程应用方面取得了一定的发展，但作为一项新型污水处理技术推广应用，还有很多不足需要进一步研究：首先，现在国外的研究主要在于开发数据库和数据指南、深入研究机理、改良人工湿地技术、不断扩大应用范围等，在这些方面，我国的研究相对空白或比较落后；其次，人工湿地在我国北方寒冷地区，冬天的运行比较困难，虽然潜流湿地对这方面的要求较低，但温度很低时仍会严重影响去除效率。所以说，温度是一个很关键的影响因素，要想办法解决这一关键问题，才能推广人工湿地在北方的应用；最后，决定人工湿地处理效率的因素除了系统内污染物降解的反应动力学和湿地内部的水流流态外，其它许多因素也会影响处理效率，如进水负荷、水力停留时间、区域差异、气候特征及系统设计类型等，但目前仍没有什么规范来对人工湿地进行定性设计、统一标准。综上所述，尽管人工湿地已成为我国污水处理的重要组成部分，对于我国面临的水资源危机问题起到了一定的缓解作用，但是人工湿地仍存在缺乏数据指南、设计技术指导及其相关标准等问题，且在许多基础研究方面尚存在不足，仍需进行深入的研究，以完善人工湿地系统在我国的应用。

为加强我国人工湿地污水处理工程的科学化建设、规范化管理，在对国内外人工湿地污水处理技术应用和管理方面进行研究的基础上，编制一套适合我国国情的、切实可行的《人工湿地污水处理工程技术规范》，用于指导人工湿地污水处理工程的技术应用和运行管理是非常必要的，不仅对我国人工湿地污水处理工程的规范化管理具有重要的意义，而且也将填补国内在此技术领域的空白。

6 主要技术内容及说明

本规范共分十二章，包括适用范围、规范性引用文件、术语和定义、水量和水质、总体设计、工程工艺及人工湿地、主要设备及材料、检测与过程控制、辅助工程、施工与环境保护验收、劳动安全与职业卫生、运行与管理。下面就规范中的主要方面作以说明。

6.1 适用范围

本部分规定了技术规范制定的目的、内容，以及技术规范的适用范围。任何类型的污水，包括雨水、河流水、湖泊水，只要通过预处理设施后其水质满足人工湿地进水水质要求时，该污水可采用人工湿地污水处理工程进行处理或净化。

6.2 规范性引用文件

本部分列出了规范条文中出现过的标准、文件。

6.3 术语和定义

本部分给出了为理解规范内容所必要的术语和定义。为了避免与其它规范相同的术语和定义相混淆，规定本规范的术语与定义仅适用于本规范。

6.4 水量和水质

本部分主要规定了人工湿地工程接纳污水水量设计、工程接纳污水水质要求、人工湿地接纳污水水质要求，以及工程出水水质要求。

6.4.1 工程接纳污水水量设计

对于生活污水、工业废水、雨水等处理工程设计流量的确定，本规范引用了 GB 50014—2006 中 3.1、3.2、3.3 的相应规定。

6.4.2 工程接纳污水水质要求

根据 GJ3082《污水排入城市下水道水质标准》及 GB8978《污水综合排放标准》，人工湿地污水处理工程处理城市下水道污水及作为二级污水处理厂处理城镇排水系统污水时，其水质应分别符合 GJ3082 及 GB8978 的要求

6.4.3 人工湿地接纳污水水质要求

人工湿地中有植物和野生生物，重金属和有机氯化物等有可能产生积累的污染物质能够直接或间接地影响人工湿地的性能。因此，应对人工湿地接纳污水水质提出要求，本规范认为人工湿地接纳污水水质要求可参照 GB5084《农田灌溉水质标准》。

6.4.4 工程出水水质要求

根据受纳水体的要求，人工湿地污水处理工程的出水应符合 GB8978《污水综合排放

标准》的规定。当人工湿地污水处理工程作为城镇污水处理厂的处理工艺时，出水应当达到 GB18918《城镇污水处理厂污染物排放标准》的规定。

6.5 总体设计

本部分的规定包括一般规定、工程项目组成、建设规模、场址选择、总平面布置等内容。

6.5.1 一般规定

一般规定里规定了人工湿地污水处理工程设计应遵循的原则，如：本标准外，还应符合其它国家强制执行的法律、法规、标准；应符合清洁生产、资源综合利用的要求；选择设施稳定、可靠、安全运行，易于操作、降低运行费用的要求等。

6.5.2 工程项目组成

工程项目组成主要规定了人工湿地污水处理工程设计对象，明确了主要处理构（建）筑物与设备、辅助工程与配套工程的内容。

6.5.3 建设规模

人工湿地污水处理工程既要保证在短期内见效，又可实现远期扩建的可能性，确保污水处理设施充分发挥其投资效益和运行效益。因此，在本规范中规定在确定建设规模时应根据项目服务区域范围内的污水产生量、分布情况、发展规划以及变化趋势等因素。同时，考虑到人工湿地形式建设的灵活性，可以预留远期建设用地。

本规范在明确了人工湿地污水处理工程的项目构成的基础上，提出了污水处理工程的建设规模和建设等级的问题。其原因和背景是为了控制人工湿地污水处理工程的建设标准，根据规模决定工程项目构成的取舍，以指导设计建设单位，防止过度建设，并为选择处理工艺和单元技术进行了分类指导。

根据人工湿地污水处理工程的建设规模，其项目构成分为 4 个等级，即：

- a) 小型人工湿地污水处理工程的日处理能力 $<1000\text{m}^3/\text{d}$ 。
- b) 中型人工湿地污水处理工程的日处理能力 $1000\text{m}^3/\text{d}\sim 3000\text{m}^3/\text{d}$ 。
- c) 大型人工湿地污水处理工程的日处理能力 $3000\text{m}^3/\text{d}\sim 10000\text{m}^3/\text{d}$ 。
- d) 特大型人工湿地污水处理工程的日处理能力 $\geq 10000\text{m}^3/\text{d}$ 。

表 1 人工湿地污水处理工程建设要求

建设规模	主体处理工程	一般处理工程	辅助工程	配套设施
小型	按规范设计建设	根据需要选择	根据需要选择	根据需要选择

中型	按规范设计建设	根据需要选择	根据需要选择	根据需要选择
大型	按规范设计建设	按规范设计建设	根据需要选择	根据需要选择
特大型	按规范设计建设	按规范设计建设	按规范设计建设	根据需要选择

中、小型人工湿地污水处理工程至少要建设主体处理工程，而一般处理工程、辅助工程、配套工程可根据需要来建设；大型人工湿地污水处理工程至少要建设主体处理工程和一般处理工程，而辅助工程和配套工程可根据需要来建设；特大型人工湿地污水处理工程至少要建设主体处理工程、一般处理工程和辅助工程，而配套工程可根据需要来建设。

6.5.4 工程场址选择

本规范规定了场址选择时应满足的管理要求和技术条件，以及需要考虑的因素，包括对周围区域的影响、对分期建设的影响、对地质条件的要求等。

人工湿地污水处理工程应尽量选择自然坡度为 0%~3% 的洼地或塘，以及经济价值不高的荒地。一方面，可减少土方工程量，利于排水，降低投资；另一方面，可减少对环境的影响。

6.5.5 总平面布置

本规范总平面布置的原则是保证设施运行稳定、维修方便、经济合理、安全卫生。

污水处理过程中可能散发臭味和对人体健康有害的气体，处理构筑物附近的空气质量较差。为了保证管理人员有良好的工作环境，避免影响正常工作，本规范规定生产管理建筑物和生活设施宜集中布置，可设置绿化带或人工湿地区，与处理构筑物保持一定距离。

高程布置的规定原则是充分利用原有地形、重力流，以及让工程中各单元的景观协调。

人工湿地在满足污水净化功能的前提下，可进行湿地景观建设，与城市的风景建设相结合，建成集污水处理与观光、休闲娱乐为一体的旅游场所，使自然与人类生活环境有良好的结合点。因此，本规范规定人工湿地的景观建设应遵循统一、和谐、自然、均衡的原则。

6.6 工程工艺及人工湿地设计

本部分的规定包括工程工艺流程设计原则、人工湿地水力与有机负荷设计、人工湿地几何尺寸设计、人工湿地水力参数设计、人工湿地单元布局与分区设计、人工湿地进水与出水设计、人工湿地植物选择与种植要求、人工湿地防堵塞设计、工程计量设计、工程消毒要求、工程污水回用要求、工程突发事件应急措施、工程二次污染物控制措施等。

6.6.1 工程工艺流程设计原则

人工湿地污水处理工程的工艺流程主要包括预处理设施与人工湿地，本规范明确了工

艺路线的确定原则。预处理程度根据具体水质情况，选择一级处理、强化一级处理和二级处理等适宜工艺，预处理的设施的设计应符合 GB50014《室外排水设计规范》的有关规定。预处理设施出水水质必须满足人工湿地接纳水质要求，人工湿地接纳污水水质要求可参照 GB5084《农田灌溉水质标准》。

此外，人工湿地可由单一或多个类型的人工湿地组成，根据处理规模的需要，既可采取分级串联，也可采取同级并联或负责的组合方式。

6.6.2 人工湿地水力、有机负荷设计

人工湿地的水力、有机负荷范围主要根据预处理程度、处理水量选取。在本规范中规定的水力、有机负荷参数是主要根据长期的工程经验确定的，有待于进一步调研后确定。

6.6.3 人工湿地几何尺寸设计

长宽比较高的潜流人工湿地，应防止进水区域的水流溢出。工程经验表明以及王薇等专家建议，人工湿地单元长宽比应控制在 3:1 以下。对于长宽比小于 1:1 的潜流人工湿地，必须慎重考虑在人工湿地整个宽度上均匀布水和集水的问题。

工程经验表明，潜流人工湿地污水处理单元的长度通常定为 20m~50m；过长，易造成湿地床中的死区，且使水位难以调节，不利于植物的栽培。国外的 kollaard 和 Tousignant 也曾建议，潜流人工湿地单元长度最小取 15m 为宜。因此，本规范建议潜流人工湿地污水处理单元的长度宜为 20m~50m。

此外，根据潜流人工湿地的长宽比、人工湿地单元的长度，及工程实例经验得出，当潜流人工湿地单元面积不超过 800m² 时，其处理效果最佳。

6.6.4 人工湿地水力参数设计

为确保湿地床能够完全通畅排水，湿地床底面应具有适宜坡度。湿地床底坡坡度与温度、湿地负荷无关，只受填料的水力学特性影响。在借鉴有关经验的基础上人们建议，通过填料横截面的平均流速 Q/Ac 以不超过 8.6m/d 为宜，以避免对填料根茎结构的破坏。根据工程经验及专家的建议，本规范规定表面流人工湿地的底坡取值不宜大于 0.5%，潜流人工湿地的底坡应取 0.5%~1%。

通常情况下，表面流人工湿地进水在初始部分（沉降区）发生大量的絮凝、沉降，大约可以去除 80% 的总悬浮物，这一区域水力停留时间大概需要 2d。水力停留时间达到 2d 后，各种水生藻类开始生长，引起 pH 值变化，促进沉水植物的生长，可以促进氨氮挥发、磷的沉降，不过为了避免藻华，水力停留时间限制在 2d~3d。在表面流人工湿地末尾部分（植被净化区）中，1d~2d 的停留时间就可以达到 90% 的 NO₃-N 去除率。也就是说，2d~3d 的

水力停留时间可以保证客观的反硝化作用效果。综合各方面的资料，表面流人工湿地的总水力停留时间以 4d~8d 为佳。

潜流人工湿地的厌氧条件正适合于反硝化脱氮作用，当水力停留时间为 2d~4d 时，发生强烈的反硝化脱氮作用。因此，潜流人工湿地的水力停留时间以 2d~4d 为宜。

6.6.5 人工湿地单元布局与分区设计

人工湿地总面积和构造形式确定后，应尽量减少土方搬运量和人工湿地单元之间的运输量。同时，确定人工湿地单元数目时，应考虑到人工湿地运行的稳定性、易维护性和地形的特征。

6.6.6 人工湿地进水、出水设计

人工湿地的进水系统最关键的一点是要保证配水的均匀性。在本部分提出了进水系统中可采取的几种方式，以及应注意的问题。

6.6.7 人工湿地植物选择与种植要求

高拯民编写的《城市污水土地处理利用设计手册》资料表明，人工湿地中表层土壤要求质地为黏土~壤土，土壤厚度为 20cm~40cm，渗透系数为 0.025cm/h~0.35cm/h。

此外，根据陈立杰编写的《实用废水处理新技术》资料，及工程经验，本规范提出人工湿地系统若要快速启动，则必须保证植物在种植的第一年内有 3~4 个月的生长期。由于湿地植物的繁殖生长，最初的种植密度一般以 1000~10000 株/ha 为宜，经过几年的植物再生，密度可能超过 100000 株/ha。

6.6.8 人工湿地防堵塞设计

本部分规范介绍了人工湿地的防堵塞的几种方法，包括：

- a) 采用厌氧水解酸化工艺作为人工湿地的预处理，提高污水的可生化性；
- b) 对污水进行曝气，提高人工湿地基质中的溶解氧，发挥微生物的分解作用，防止土壤中胞外聚合物的蓄积；
- c) 选择合适的基质粒径及级配；
- d) 人工湿地设计时，设置清淤装置。

6.6.9 工程计量设计

本部分规定了在人工湿地污水处理工程的入水处和出水处安装计量装置的原则，并推荐了几种计量装置。

6.6.10 工程消毒要求

本部分规定在特殊情况如传染病爆发或对病菌有较高出水要求时，应对出水进行消毒

处理，消毒设计应符合 GB50014《室外排水设计规范》中的规定。

6.6.11 污水回用要求

人工湿地污水处理工程的出水可用于再生水利用，可用于生产或景观，应符合 GB50335《污水再生利用工程设计规范》中的规定。

6.6.12 突发事件应急措施

本规范规定水质超标、水量超标、突发暴雨、停电、人工湿地单元发生故障等情况下应采取的设计措施或工程措施。

6.6.13 二次污染物控制措施

本规范规定人工湿地运行过程中产生的恶臭、噪声、污泥及残渣等污染物的防治与排放，应符合国家现行的环境保护法规和标准中的有关规定。

6.7 主要设备与材料要求

本部分主要针对用于人工湿地的主要设备与材料进行了规定，此外，预处理设施等其它部分的设备与材料应符合国家相关规范的规定。

6.7.1 人工湿地基质选择

本规范对湿地基质提出具体要求。

首先，在基质的选择上，应针对不同污水水质状况结合实际选用适当的基质，目前，沙、石混合仍是最常用的基质，基质的选择应本着就近取材的原则。

其次，基质必须达到设计要求的粒径范围。保证填筑材料的含泥（砂）量和填料粉末含量小于设计要求值。对于潜流湿地来说基质的结构要满足大型水生植物的生长提供根系附着介质，并保证对污水有良好的过滤和处理效果，同时细砂层基质低水力传导率可保持滞水状态以保证进水的均匀分布。砾石层不仅能有力地支撑上层基质，还可构成许多大空隙单元，显著提高了水力传导性能，确保了污水的流动与底部水流的迅速排空。所以随着研究的深化和工程应用的需要，湿地基质种类、材料、粒径大小均有变化，基质级配也有三层或更多。

此外，根据王世和编写的《人工湿地污水处理理论与技术》资料，及结合实际工程经验，本规范规定人工湿地的基质应满足下列条件：

- a) 具有一定的机械强度。
- b) 空间体积及形态方面，填料提供的表面积尽可能地大。
- c) 生物稳定性方面，填料应具有惰性，能抵抗生物对填料的腐蚀，不参与生物处理中的生物化学反应。化学稳定性方面，填料对环境中的化学反应应表现出惰性，并具有抗化学腐蚀的能力。热力学稳定性方面，填料对周围温度变化的惰性。

d) 根据人工湿地功能的需要, 可选择具有某些化学成分的基质。这类基质可以是天然物质, 可回收利用的固体废弃物, 或是人工合成的含有特种组分材料, 也可以是具有不同比例的混合材料。

e) 亲、疏水性及表面电性。亲水性微生物易于在亲水性填料表面附着、固定, 而疏水性填料有利于疏水性微生物在其表面固着。填料表面的亲、疏水性及电性还可以通过对填料表面的改性实现, 或直接在填料加工过程中实现。

f) 要有一定的孔隙度及表面粗糙度。

g) 对生物膜活性的影响。作为生物膜载体, 本身必须对固定微生物无害、无抑制作用, 不能显著影响固定微生物的生物活性。

h) 可再用性。从经济角度讲, 基质应具有可再用性, 尤其在大规模利用时, 这一点更具有重要意义。

6.7.2 人工湿地防渗材料选择

目前国内还没有湿地防渗处理的国家规范, 本规范对几种常用的防渗材料作出相应规定。

值得注意的是, 在进行防渗处理前, 必须对选用的防渗材料(天然材料或人工材料)进行实验分析, 防渗材料中不得含有潜在的危险性物质, 并且防渗材料应具有较稳定的物理化学性质, 不易与湿地填料及水发生反应。人工材料常包括沥青、合成丁基橡胶等, 作为湿地衬里必须坚固、厚度均匀、密实光滑、机械强度大, 以防止植物根系附着和穿刺, 塑料膜内还需加入适量炭黑保持其加工性质, 并有一定的防啮齿类动物撕咬能力, 如果现场土壤或填料中棱角物较多, 在衬里上下均需敷设一层细沙及土工布, 以防其刺穿防渗层。

此外, 王书文编写的《污水自然净化生态工程方法》等资料表明, 渗透率低于 10^{-6} cm/s 的天然物质可以用于防渗材料。

6.7.3 人工湿地管材设计

本规范对湿地系统选用管材及防腐进行了规定。

6.7.4 人工湿地闸阀及其它要求

本规范对湿地系统采用闸阀及其他设备作出规定, 有特殊要求应做特殊处理。

人工湿地系统进水结构设计主要考虑有机负荷在处理单元的分布及湿地系统的安全运行等问题, 故每个系统的进水流量可通过闸阀或闸板调节, 过多的流量或紧急变化时应有溢流、分流措施。

湿地出水系统考虑接纳水体的特点, 常采用沟排、管排、井排等方式, 为有效控制湿

地水位各单元应设置控制结构，常用出口结构有溢流装置、可调管道及闸门等。在表流湿地中，水位控制由溢流装置、溢流管或可调管道控制。采用可调节高度的堰，带有可移动叠梁闸门的箱均能简单地调整水位。如果系统面积较大，则需专门设置隔浮渣板、撇渣器等设施来截留和清除漂浮物，如设置合适的格栅可以有效地控制漂浮碎叶，以避免悬浮物堵塞出口。在潜流湿地系统中，出水系统包括地下水或收水井渠中的多头导管、溢流堰或溢流井等，有些工程采用简易的闸板结构。

湿地系统必须考虑设置排洪措施，雨水溢流口或排洪沟渠是常用的方法，但同时还要防止地表水体倒灌，可采用橡胶缓闭逆止阀（鸭嘴阀），它结构简单，无腐蚀现象，无任何机械部件，不会引起淤积或杂质卡住现象发生，可降低维护成本。

6.8 检测与过程控制

人工湿地污水处理工程应按照 CJJ60-94 的有关规定，建立完善的检测与控制系统。为保证设施正常运行和处理效果，及时发现异常现象，应按照污水处理系统运行操作规程规定的检测项目、检测频率和取样点进行操作和管理。监测项目一般包括水温、pH、浊度、DO、COD、BOD₅等，监测的主要目标是对系统各进出水环节进行监测，确定进出水水质是否符合工艺要求，以保证系统的处理能力，指导运行管理。

人工湿地应进行定期监测，监测对象包括进、出水、基质、植物等，监测的内容包括处理水质、水量、基质和植物的各项理化及生物指标等。监测项目有水位、水温、电导率、溶解氧、pH、氧化还原电位、COD_{Cr}、BOD₅、总氮、氨氮、总磷、TSS、藻类、浮游动物、总细菌、总大肠菌群、粪大肠菌等，取样频率根据分析项目不同各异，从每周1次至每月1次。

人工湿地的监测可为人工湿地的操作和管理提供依据，以判断处理人工湿地是否达标。除上述监测内容外，还包括：定期观察和记录各工程设施（泵、管、渠、流量计等）的运行情况，以便调整运行工艺。对植物的监测主要是为了监测植物对营养元素、毒物及盐分的去除效果。分析项目有：植株生物量、总有机氮、总磷、重金属等。分析频率是每年收获植物时并对上述项目进行测试。根据实际需要可增加基质监测项目，如基质有机质、氧化—还原电位，微量元素浓度、微团聚体或其他基质理化指标。有时因研究和工程需要，在一定时间内要实际监测不同植物条件下的基质水分蒸发蒸腾量。其他监测应视实际需要而定。当有些系统使用的污水含有较高的病毒或有机毒物时，采用喷洒布水系统往往会增加这些毒物经空气扩散传播的危险性，因此，需要对系统边缘地带一定距离内的空气进行监测。

表 2 人工湿地污水处理工程成功运行所需的监测内容

参 数	取样位置	取样频率
所有系统：温度、DO、pH 值	进水、出水	每周
城市污水处理系统：BOD ₅ 、TSS、Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻	进水、出水	每月
工业污水处理系统：COD、TSS	进水、出水	每月
雨水处理系统：TSS	进水、出水	每月
视需要监测：NO _x -N、NH ₄ ⁺ -N、TKN、TP、金属、	进水、出水	每月
毒性物质	进水、出水	每季度
污水流量	进水、出水	每天
降雨量	湿地附近	每天
水的波动	湿地内	每天
植被覆盖率	湿地内	每年

6.9 辅助工程

本部分的规定包括电气系统、给水，排水和消防、采暖通风与空调、建筑与结构等。

6.9.1 电气系统

本规范规定了人工湿地污水处理工程的供电方式，明确了供电系统的设计要求。

6.9.2 给水、排水和消防

本规范引用了国家和行业现行规范的规定，并对有特殊要求的做出了明确规定。

6.9.3 采暖通风与空调

本规范引用了国家和行业现行规范的规定，并对有特殊要求的做出了明确规定。

6.9.4 建筑与结构

本规范引用了国家和行业现行规范的规定，并对有特殊要求的做出了明确规定。

6.10 施工与环境保护验收

本部分对人工湿地污水处理工程的施工与环境保护验收做出规定。

6.10.1 施工

本规范根据《建设工程质量管理条例》对人工湿地污水处理工程的建设施工做出规定。同时根据工程特点，对施工材料、部件的安装方面进行了规定。

6.10.2 环境保护验收

本规范根据《建设项目环境保护竣工验收管理办法》对人工湿地污水处理工程的环境

保护验收做出规定。同时还规定工程技术性能试验包括的项目与工程环境保护验收的主要技术依据。

6.11 劳动安全与职业卫生

本部分主要规定了人工湿地污水处理工程在设计、施工和生产运行过程中贯彻的安全原则以及工程配套建设的劳动安全和职业卫生设施运行时间、操作规程。

6.12 运行与管理

本部分主要对总则、工程的运行条件、工程机构设置，劳动定岗及定员、人员与运行管理、检测，评价及评估制度、人工湿地的启动、湿地管理、北方低温环境运行措施、湿地运行防止堵塞措施做出规定。

6.12.1 总则

本规范规定人工湿地污水处理工程的运行应符合 CJJ60《城市污水处理厂运行、维护及其安全技术规程》中的有关规定。

6.12.2 工程的运行条件

本规范规定人工湿地污水处理工程设施运营的首要前提是建设项目必须满足本技术规范，同时还要求具有一定数量的经过培训的操作人员、管理人员、分析化验人员等；具有完备的保障污水安全处理的规章制度；具有保障湿地处理系统正常运行的周转资金和辅助原料。

6.12.3 机构设置及劳动定岗、定员

本规范规定人工湿地污水处理工程运营机构的设置原则。

6.12.4 人员与运行管理

本规范规定人工湿地污水处理工程的操作人员、技术人员及管理人员应进行相关法律法规、专业技术、安全防护、紧急处理等理论知识和操作技能的培训，主要包括：

a) 对所有工作人员的培训最低要求应包括以下内容：

- 1) 熟悉有关人工湿地污水处理工程管理的法律和规章制度；
- 2) 了解污水的性质方面的知识；
- 3) 明确污水安全卫生处理和环境保护的重要意义；
- 4) 熟悉人工湿地污水处理工程运行的工艺流程；
- 5) 掌握劳动安全防护设施、设备的使用知识和个人卫生措施；
- 6) 熟悉处理事故和应急操作程序。

b) 操作人员和技术人员的培训还应包括：

-
- 1) 处置设备的正常运行，包括设备的启动和关闭；
 - 2) 系统的运行和检查，以及必要时的纠正操作；
 - 3) 污水处理后的排放物应达到技术规范要求；
 - 4) 设备运行故障的检查和排除；
 - 5) 事故或紧急情况下人工操作和事故处理；
 - 6) 设备日常和定期维护；
 - 7) 设备运行及维护记录，以及泄露事故和其它事件的记录及报告。

本规范规定人工湿地污水处理工程应建立生产设施运行状况、设施维护等的登记制度。主要记录内容包括：

- a) 污水处理生产设施设备运行情况记录
- b) 污泥与废弃物处理处置情况的记录；
- c) 生产设施维修情况的记录；
- d) 环境监测数据的记录。

各岗位的操作人员应按时做好运行记录，数据应准确无误。

为保证污水湿地处理系统生产活动安全有序进行，必须建立严格的交接班制度，内容包括：

- a) 生产设施、设备、工具及生产辅助材料的交接；
- b) 运行记录的交接；
- c) 上下班交接人员应在现场进行实物交接；
- d) 运行记录交接前，交接班人员应共同巡视现场；
- e) 交接班程序未能顺利完成时，应及时向生产管理负责人报告；
- f) 交接班人员对实物及运行记录核实确定后，应签字确认。

6.12.5 人工湿地的启动

本部分主要介绍人工湿地的启动时经历的两个阶段，以及潜流人工湿地启动阶段的水位控制方法。

6.12.6 人工湿地的管理

本部分主要介绍了人工湿地管理时应注意的主要问题及其措施或方案。

6.12.7 北方低温环境运行措施

本部分介绍了人工湿地在北方低温环境下的运行措施，如：植物的收割、强化预处理等。

6.12.8 人工湿地运行中防止堵塞的措施

本部分介绍了人工湿地运行中防止堵塞的措施，如：

a) 启动清淤系统，定期清淤。当系统运行一段时间后，湿地床底部会有沉积物产生，需定期清除，并回流至预处理系统，禁止直排水体，以免造成水体污染。

b) 间歇运行。长时间连续进水会使系统的基质一直处于还原状态，从而造成胞外聚合物的积累，导致逐步堵塞。人工湿地间歇运行和适当的湿地干化期，会使基质得到“休息”，保证基质一定的好氧状态，避免胞外聚合物的过度积累，防止基质堵塞。一般情况下，间歇时间越长，基质处理能力恢复得越好，其渗透率也越大，但是，间歇时间也不能无限延长，应同时考虑处理效率和处理负荷。这种方式在美国、日本等国家得到了较广泛的应用，在我国许多工程和试验中，间歇投配方式也得到了重视和应用。

c) 对污水进行曝气。由于厌氧状态是导致基质中胞外聚合物积累的重要原因，因此，对污水进行曝气充氧可以起到一定的预防基质堵塞作用，一般情况下，在基质中渗透扩散的污水的 DO 值约为 0-1.0mg/l，这明显偏低，而低 DO 值污水的长时间渗透，会使好氧微生物的分解活性受到影响。对污水进行曝气，可以提高基质的 DO 值，使微生物的分解作用得以更好的发挥，同时也可防止土壤中胞外聚合物的蓄积。

d) 采用微生物抑制剂或溶菌剂抑制微生物生长，进而防止基质堵塞。但由于人工湿地系统主要依靠微生物的新陈代谢活动去除污染物质，宜采用不损害基质微生物生存环境的措施来恢复基质的水力传导能力，因此，这种抑制微生物或杀死微生物来防治基质堵塞的措施在实际工程中谨慎采用。

e) 更换湿地部分填料。通常湿地单元进水段负荷较高，产生堵塞的几率大，一旦出现堵塞现象，可以更换湿地进水段局部填料，这种方法可以有效的恢复人工湿地的功能，但对大规模湿地来说工程量较大。

7 标准实施的环境效益与经济技术分析

本规范的实施将对人工湿地污水处理工程的应用起到安全保障作用，作为常规污水处理技术的补充，具有技术管理水平要求较低、运行成本较低、景观优美的特点，能够缓解我国水资源紧缺状况，促进污水的资源化，以及改善生态环境。

本标准的实施将对污水处理行业的发展起到规范作用，促进行业的技术进步和可持续发展。

8 标准实施建议

建议各级环境保护部门及相关监督管理部门,在环境影响评价、建设项目环境保护管理、排污许可证管理和日常环境监督管理等各项工作中积极采用本规范,以加强对环境保护设施的监管。