

"新型生物脱氮除磷工艺在城镇绿色水体构建中的应用"

赴芬兰培训及现场访问报告

天津市市政工程设计研究院

2015年11月

目 录

一、培训及现场访问内容.....	- 1 -
(一) 培训交流.....	- 1 -
1、中欧水资源合作平台.....	- 1 -
2、Turku 群岛海域水质保持计划.....	- 1 -
3、Flootech 环保公司的水处理技术.....	- 2 -
4、城市暴雨预警系统.....	- 2 -
5、洪水灾害预测系统.....	- 2 -
6、脱氮除磷技术.....	- 2 -
7、低影响开发技术.....	- 3 -
8、规划和地下空间设计.....	- 3 -
(二) 参观访问.....	- 3 -
1、Turku Region 饮用水厂.....	- 3 -
2、Turku Kakolanmäki 地下水污水处理厂.....	- 4 -
3、Helsinki Viikinmäki 污水处理厂.....	- 4 -
二、与芬兰的差距.....	- 4 -
(一) 饮用水方面.....	- 4 -
1、水源地保护模式.....	- 5 -
2、欧洲饮用水水质标准先进.....	- 5 -
(二) 城市污水方面.....	- 5 -
1、污水处理厂出水排放标准先进.....	- 5 -
2、绿色污水处理厂.....	- 5 -
3、污水处理厂磷回收工艺.....	- 6 -
4、餐厨垃圾渗沥液强化污泥厌氧消化.....	- 6 -
5、超声波预处理污泥改善污泥厌氧消化.....	- 6 -
(三) 低影响开发方面.....	- 6 -
(四) 地下空间的利用.....	- 7 -
三、工作今后的改进方向.....	- 7 -
(一) 饮用水水源保护和管理.....	- 7 -
(二) 科研单位、国家环境中心和技术推广单位的紧密结合.....	- 7 -
(三) 未来污水处理 NEWs 概念工艺的创新.....	- 8 -
(四) 信息及自动化技术在水行业的应用.....	- 8 -
(五) 餐厨垃圾渗沥液与污泥消化技术的合并.....	- 8 -
四、 结语.....	- 9 -

2015年10月18日至10月30日，天津市市政工程设计研究院赴芬兰培训访问团一行10人，就“新型生物脱氮除磷工艺在城镇绿色水体构建中的应用”在芬兰进行了为期约14天的培训及现场访问。

访问期间，我们主要前往 Turku 和 Helsinki 两个城市，参加了数场技术交流及讲座，实地参观了1座 T 自来水厂、2座地下污水处理厂、市政厅、Turku Vesilaitos 管网处、国家技术研究中心（VTT）、FCG 公司、Helsinki 环保局（SYKE）、腾博艾瑞克森建筑规划设计有限公司等相关单位进行了访问参观，进行了深入的探讨和交流，就我们关心的问题进行了充分地讨论，达到了预期的效果。

一、培训及现场访问内容

（一）培训交流

1、中欧水资源合作平台

培训主讲：TUOMAS VALTONEN，Turku 大学技术研发中心

培训时间：2015年10月20日上午

培训地点：Turku 市政厅

培训主题：“中欧水资源合作平台”成立的背景、成立时间、组织架构；地下水、灌溉、城市水资源管理、水质监测和保持等相关课题；“芬兰具体负责“水流域管理、水质的实时监测”；

2、Turku 群岛海域水质保持计划

培训主讲：PEKKA PAAVILAINEN，Turku 经济发展、运输及环境中心的高级官员

培训时间：2015年10月21日下午

培训地点：Turku 市政厅

培训主题：NGO 组织及运作模式；控制农业污染源的手段；垃圾和生活污

水的分类收集处理。

3、Flootech 环保公司的水处理技术

培训主讲：MIKKO SIIVONEN，Flootech 环保公司

培训时间：2015年10月22日下午

培训地点：Turku 市政厅

培训主题：Flootech 环保公司的历史，业绩；核心技术集中在高效沉淀、超滤、生物活性炭、砂滤、原水软化、微气浮、化水处理等方面，重点介绍了适合当前我国国情的 MBBR 技术和微气浮技术。

4、城市暴雨预警系统

培训主讲：JUHANI KORLEALAAKSO，VTT

培训时间：2015年10月26日上午

培训地点：VTT 办公室

培训主题：城市暴雨预警系统是一套基于气象数据、自然地理数据等建立模型，通过设置在各地的监测和传感仪器提供的实时数据，进行模拟，以达到提前预测暴雨等自然灾害的目的。

5、洪水灾害预测系统

培训主讲：TIMO HUTTULA，芬兰国家环境科学研究院

培训时间：2015年10月26日下午

培训地点：VTT 办公室

培训主题：芬兰水资源管理和保护的相关内容；芬兰水资源总体和人均的分布情况；芬兰水环境保护和防洪规划的框架内容

6、脱氮除磷技术

培训主讲：ARI NIEMELA，FCG 公司

培训时间：2015年10月27日上午

培训地点：FCG 公司

培训主题：介绍了芬兰污水的特点和出水水质标准；脱氮除磷的基本原理、基本参数的选择和重要影响因素；一些常见的技术问题和解决方案。

7、低影响开发技术

培训主讲：ERIC WEHNER，FCG 公司

培训时间：2015年10月27日下午

培训地点：FCG 公司

培训主题：低影响开发的发展历史；典型的低影响开发系统技术；特别是其介绍的在芬兰地区采用的绿色屋顶的植被、透水路面的材料等。

8、规划设计和地下空间设计

培训主讲：芬兰 SITO 规划设计公司，期间芬兰腾博艾瑞克森建筑规划设计公司和 SITO 规划设计公司

培训时间：2015年10月29日

培训地点：SITO 公司

两家公司的有关人员分别作了介绍，重点介绍了其在规划设计、地下空间设计等方面的特点，以及在中国大陆的相关业务及业绩。

(二) 参观访问

1、Turku Region 饮用水厂

现场访问时间：2015年10月21日上午

访问内容：Turku Region 自来水厂

我们拜访了 Turku Seudun Vesi Oy 公司，该公司相当于国内的城市自来水公司，服务于 Turku 及周边的卫星城。介绍了公司的大体情况，Turku 供水的发展历程，现状水厂的工艺流程、规模等。

2、Turku Kakolanmäki 地下水污水处理厂

现场访问时间：2015年10月22日上午

访问内容：Turku Kakolanmäki 全地下污水处理厂

污水处理厂2030年服务人口30万人，日处理规模为9万 m³/d，总投资为1.35亿欧元（其中沼气厂投资为0.14亿欧元），处理厂地下占地450m×300m，承担Turku 地区居民和工业企业排放的全部污水。

Turku Kakolanmäki 全地下污水处理厂的水处理工艺流程为：污水提升泵房——粗格栅——曝气沉砂池——细格栅——初沉池——生化池——二沉池——砂滤池——出水。

3、Helsinki Viikinmäki 污水处理厂

现场访问时间：2015年10月28日上午

访问内容：Helsinki Viikinmäki 全地下污水处理厂

污水处理厂2020年服务人口为40万人，2040年服务人口为55万人，2040年日处理规模为15万 m³/d，总投资为3.2亿欧元，承担 Helsinki 地区居民和工业企业排放的全部污水。

污水处理厂的水处理工艺流程与 Turku Kakolanmäki 处理工艺相同。

二、与芬兰的差距

（一）饮用水方面

芬兰素有“千湖之国”的美誉，国土上18多万个的水上湖泊星罗棋布，水泽海域里有数不清的岛屿点缀其间。

芬兰人不喝烧开水，而是直接饮用自来水。因为在芬兰，自来水比瓶装水更干净。虽有诸多工业，南部也有人口密集地区，但芬兰的水到处都清澈见底，全无污染，甘甜可口。芬兰的地下水更是纯净，在芬兰百分百禁止污染地下水。

1、水源地保护模式

虽然芬兰的淡水资源比较丰富，但在水资源的利用与保护已比较成熟，它们通过法律、经济、景观建设等多种手段对人类赖以生存的水资源进行保护。

2、欧洲饮用水水质标准先进

EC《饮用水水质指令》是1980年由欧共体（欧盟前身）理事会提出的，并于1991年、1995年、1998年进行了修订，现行标准为98/83/EC版。该指令强调指标值的科学性和适应性，与WHO水质准则保持了较好的一致性，目前已成为欧洲各国制定本国水质标准的主要框架。同时EC《饮用水水质指令》重点体现了标准的灵活性和适应性。既考虑了西欧发达国家的要求也照顾了后加入的发展中国家，同时兼顾了欧盟国家在南北地理气候上的差别。

（二）城市污水方面

1、污水处理厂出水排放标准先进

欧盟对污水处理厂的出水环境污染物指标不仅有具体数值的要求，且对每项污染物的去除率均有要求（这在中国的污水处理厂排放标准中没有体现）。

另外，2014年欧盟对原2003的环境标准的要求有了大幅度的提高，主要是COD、TN和SS的要求， $COD \leq 60\text{mg/L}$ （去除率 $\geq 90\%$ ）、 $BOD \leq 10\text{mg/L}$ （去除率 $\geq 95\%$ ）、 TN （去除率 $\geq 75\%$ ）、 $TP \leq 0.3\text{mg/L}$ （去除率 $\geq 95\%$ ）、 $SS \leq 15\text{mg/L}$ （去除率 $\geq 95\%$ ）。

2、绿色污水处理厂

我们这次在芬兰参观的两个水厂，Turku Kakolanmäki污水处理厂和Helsinki Viikinmäki污水处理厂。两座全地下污水处理厂与国内常规工艺不同的主要有以下几个方面：

（1）全部位于地下岩体中，没有除臭设施，强大的抽风系统将产生的废气通过90m的烟囱高空排放；

(2) 采用三道格栅和强化一级沉淀作为预处理工艺，尽可能采用物理方法去除污水中的污染物；

(3) 污水源热泵和厌氧沼气发电技术的应用，最大程度上减少了对外部能源的依赖程度。

从这两座污水处理厂的能耗分析来看，应该是绿色污水处理厂的典范，能源、资源回收率很高，实现能源自给率达60%以上。

3、污水处理厂磷回收工艺

在许多市政污水处理厂和工业废水处理厂内，可通过引入相应措施和设备之后有效地将污水污泥内所含有的磷抽提取出。

原则上说，在污水处理厂的各污水处理和污泥处理工段内都可以进行磷回收处理。磷回收技术在污水处理厂内最主要的应用场所：

(1) 在污泥脱水机房的回流工艺水（污泥脱水后上清液）内进行磷回收；

(2) 在污泥消化塔和污泥脱水机房之间的消化污泥内进行磷回收。

4、餐厨垃圾渗沥液强化污泥厌氧消化

由于餐厨垃圾中含有大量的碳水化合物、油脂、脂肪和糖类等有机物，营养丰富，若能有效利用垃圾渗滤液中的有机物，可望丰富低热值污泥中的营养成分，弥补污泥热值低、C/N 低的不足，稀释有毒物质对微生物的毒害作用，最终促进厌氧消化气产生。

5、超声波预处理污泥改善污泥厌氧消化

超声破解预处理能有效提高污泥的生物可降解性，有机物含量较高的剩余污泥即使采用该技术对部分投配污泥进行处理，厌氧消化工艺的产气量也有显著提高。

(三) 低影响开发方面

LID 是20世纪90年代末发展起的暴雨管理和面源污染处理技术，旨在通过分

散的，小规模源头控制来达到对暴雨所产生的径流和污染的控制，使开发地区尽量接近于自然的水文循环。

LID 低影响开发是一种可轻松实现城市雨水收集利用的生态技术体系，其关键在于原位收集、自然净化、就近利用或回补地下水。 主要包含：生态植草沟、下凹式绿地、雨水花园、绿色屋顶、地下蓄渗、透水路面。

（四）地下空间的利用

城市地下空间的开发和利用引起了国内外一些学者和城市管理者的高度关注和热烈讨论。一些具有经济实力的国家和城市都在大力发展地下空间并进行相关研究，以寻求更多人类可以使用的空间。

芬兰地下空间的利用研究起步较早，发展较快，已经经历了相当长的一段时间，地铁、地下停车场、城市地下大型排水及污水处理系统得到了很好的发展。

三、工作今后的改进方向

（一）饮用水水源保护和管理

相比于芬兰的直饮水，我国在水质标准不断发展的形式下，为提供品质优良的饮用水也作出自己的努力，取得了一些成绩。但是，在饮用水水源管理仍存在的问题，不少地方仍以牺牲环境和水资源为代价，以此来促进经济发展的增长，造成经济、环境和资源的不可持续发展，特别是一下资源十分紧张的地下水超采区，情况更为严重。因此，在今后的水资源保护方面，必须控制地下水的使用。

（二）科研单位、国家环境中心和技术推广单位的紧密结合

在2015年10月26~27日，在 Helsinki 的 VTT 接受了为期三天的培训，主要是 Alleco 公司、芬兰国家环保局（SYKE）和芬兰科学院（VTT）三家单位的授课。从他们的教学中，我们发现，三家单位是产业、学校、科研机构相互配合，渗透到每个具体的项目中，产学研相结合，各自发挥优势，形成强大的研究、开发、

生产一体化的先进系统，体现出了综合的优势。在今后的水处理设计方面，加强与环保部门及水务局的多方协调。

（三）未来污水处理 NEWS 概念工艺的创新

未来污水处理工艺的发展方向应该是已有技术的延伸扩展与新型改进技术的不断融入，来不断实现 NEWS 概念。

从当前的国际趋势和国内需求来看，城市污水处理工艺技术的主要发展方向是稳定达标前提下的能源化、资源化和低能耗低物耗的精细化管理控制。今后，我们需要通过水质的部分或完全恢复，包括反渗透与正渗透技术的应用，达到特定用水功能要求，实现水的回收，供区域水系统循环使用或下游界外用户取用；通过污水与污泥有机物的沼气和污水源热能利用，回收热能、电能；从污水或污泥中回收有价值的有机物转化为产品，以及回收磷、氮、硫等有使用价值的矿物组分。

（四）信息及自动化技术在水行业的应用

今后，我们需要建设智慧水网，为水务系统的安全管理、生产运行、设备管理等关键业务提供统一的自动化、信息化、智能化管理平台，系统性地解决城市蓄水、供水、用水、排水、节水、污水处理、防洪、排涝等环节的业务需求，实现水务数据资源共享及交换，将海量水务信息进行及时分析与处理，依托人工智能、大数据等形成的抽象的、虚拟的、可动态扩展的计算资源，做出相应的处理结果辅助决策建议，以更加精细和动态的方式管理水务系统的整个生产、管理和服务流程，实现水资源的高效管理与利用，水处理的稳定与安全。

（五）餐厨垃圾渗沥液与污泥消化技术的合并

虽然污泥厌氧消化是污泥资源化处理、利用的重要手段，但目前国内采用污泥厌氧消化的城镇污水厂并不普遍。国内城市污水处理厂的污泥具有含砂量大、热值低（一般介于 25% ~ 45%）、C / N 比低（介于 6 ~ 16 之间，不满足消化时最佳 C/N 比 20 ~ 30 的要求）的特点，厌氧消化效率、甲烷气

产量低。

另一方面，随着人们生活水平的提高和城镇化发展的加快，餐厨垃圾产量也大量增加，餐厨垃圾一般都随着进入生活垃圾填埋场。

今后我们需要将两者进行技术合并，则及省却了餐厨垃圾渗沥液的处理，同时也提高污泥热值，增强污泥的厌氧消化效率。

四、结语

本次赴芬兰培训在饮用水处理、污水处理、低影响开发、雨水管理、地下空间规划开发建设、绿色环保理念等方面获得了宝贵的经验，芬兰高度发达的社会文明、现代化设施与社会秩序、国民的热情与淳朴深深地感染了培训团组的每一位成员。芬兰与我国固然有经济发展水平、政治、文化、人口等各方面的差异，但其先进的技术与设计理念仍对我们今后工作具有重要的借鉴意义。