

经验交流：下水道管渠内壁生物膜的形成及其特性岩土工程师考试 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/641/2021_2022__E7_BB_8F_E9_AA_8C_E4_BA_A4_E6_c63_641497.htm

把岩土师站点加入收藏夹

1.概述 目前普遍的看法是：城市污水系统主要是由污水收集系统（排水管网）和污水处理系统（污水厂）两部分组成，而且它们各自的功能划分十分明确，下水道管网的主要功能是收集与输送污水，而污水厂的主要功能则是净化污水。实际上，城市污水系统对污水的净化并不是在污水到达污水处理厂时才开始的，从污水进入污水管网的那一刻起，污水系统对污水的净化就已经开始了，污水管网对于污水处理厂来说，其作用不仅仅只是一个“供应站”，它同时也扮演了一个巨大的中间反应器的角色，对一些排水管道内壁生物膜的大量测试表明：原污水中和下水道管内壁已存在着大量高活性的微生物，管道中的生物不断发生着细菌增殖、适应及选择等生物过程，从而在污水输运过程中诱导出活性很强的微生物群落。大量研究表明：排水管渠内表面已存在着大量微生物，其生物群落组成类似于超高负荷曝气池中的生物群落。特别是在有氧条件下，污水在管道内流行过程中，污水中的微生物几乎能够附着到所有与污水接触的固体表面，这些附生微生物往往包埋在浓稠的细胞外化合物基质中，构成一个结构和功能的整体，称之为下水道生物膜。这层生物膜不仅能够有效的降低污水中的有机物质，而且具有较高的生物活性。

2.下水道生物膜的形成演化 下水道生物膜的出现与时间密切相关，不同水质的下水道中生物膜微生物的种类和数量及其表现出来的群落特征相差很大。据此，将下水

道生物膜的形成演化划分为以下五个连续的阶段。 附生介质（生物膜载体）表面性质的改变 不同材料的污水管道与原污水接触后，水中各种物质，如各种细菌微生物、蛋白质、聚多糖等可能通过疏水作用、表面化合反应等作用吸附到下水道管网内壁，吸附速率取决于水中有机物质的含量、水流特征等。发生吸附的有机物对管壁的表面粗糙度影响不大，但它们改变了管道的表面电荷和疏水性等表面特征，同时提供了细菌等微生物生长所需的营养物质，为它们发生粘附创造了有利条件。 微生物的可逆性粘附 在下水道内流动的污水中含有各种各样的微生物和有机质，受范德华力、静电力的相互作用，在氢键、偶极矩、色散力等理化作用力的控制下，部分个体与管壁接触，进而发生粘附。但这些粘附个体仍作布朗运动，在水流冲击下很容易解除粘附，处于一种不稳定的可逆粘附状态。发生可逆性粘附的微生物和有机质都来源于污水中的悬浮性物质，因而水中微生物的种类和数量及其生理状态决定可逆性粘附的发生速度和发生程度。 微生物不可逆粘附 发生可逆性粘附后，有些粘附个体分泌大量具有粘合作用的细胞外化合物，它们将微生物、有机质和下水道管壁紧密联系在一起，从而使粘附具有不可逆性。微生物发生不可逆粘附是附生生物膜发育过程中的关键阶段。这些经受住下水道内较高流速水力冲刷的微生物逐渐形成结构复杂的生物膜。 表面微群落、生物膜的形成 在下水道生物膜形成初期，下水道附生微生物斑块状散布在管道内壁上。由于数量少，加上流动水体源源不断的“运送”各种营养物质，微生物间不存在对营养物质和空间上的竞争，因而分裂增生速度快，形成的菌落或细胞群体连接成片，相对均匀

地覆盖在管道内壁。随着细菌微生物的继续粘附及粘附个体的不断增生，下水道内管壁生物群落逐渐复杂化。物种组成上，粘附生物种类增加，甚至在水中有有机质降低到一定程度时，原生动物也出现在膜表层；在结构上，管壁生物群落逐渐向外伸展，由突出的二维平面变为垂直的三维立体，发育良好时还出现明显的分层现象。生物膜的脱落和扩散在膜的增长期内，当微生物的粘附速度超过微生物的降解速度时，粘附管壁生物量就不断增加。但当膜生长到一定厚度后，由于较大的阻力而阻止了基质，尤其是溶解氧向其纵深的扩散传递，当生物膜超过一定厚度后，其内部将出现厌氧区。结果膜深处的出现缺氧状况，厌氧区的出现容易造成 NH_4 、 CH_4 、 H_2S 及有机酸的积累，若这些物质不能够及时向外传递，将逐渐影响生物膜的活性和在载体表面的附着程度，甚至导致生物膜的异常脱落。从而引起膜大块脱落，这种现象在营养丰富的环境中非常普遍。水力冲刷也是引起生物膜脱落的重要原因。生物膜外层结构较为疏松，在向外伸展的过程中，水流不断地将其冲走，这同样使得下水道生物膜不能无限制地增厚。细菌和微生物在粘附后发生各种各样的生理变化，尤其分泌的细胞外化合物的性质和数量发生变化以及细胞外酶的积累会破坏生物膜的稳定性。

3. 下水道生物膜的物理特征

下水道生物膜是一个复杂的微生物系统。受生长时间和环境条件的影响，其结构和组成处在不断的变化之中，所表现出来的生物和物理特征也随之改变。近年来，一些学者用共焦激光扫描显微镜（CSLM）下水道生物膜的三维结构，取得较好效果。下水道生物膜的厚度及表面平整状况与水流强度有关。在坡度较大、水流流速大的下水道管段，

生物膜结构致密且均匀性好，生物膜的厚度不大，表面平整；在坡度较小、水流平缓的下水道管段，下水道生物膜结构疏松且较大程度地向外垂直伸展，表面凹凸不平，表现出极强的异质性。这主要是各类丝状微生物伸入水流中获得营养物质和氧气而充分生长的结果。下水道生物膜的密度随水流速度增加而增大，这可能与强水流对附生物种的选择以及膜内水分被水流挤压出来等因素有关。Hoehn和Ray发现，在膜生长期生物膜的密度较大，到达临界厚度后相对稳定在一个低值。此外，不同深度处的膜的密度也不一样，充分反映出生物膜空间结构的复杂性。下水道生物膜的生物活性对下水道生物膜的细菌进行种群密度和酶活性测定，是一种描述下水道生物群落活性的有效而实用方法，据此可以用生物学方法有效证明下水道内污水水处理过程和效果。形成下水道生物膜的细菌微生物分泌细胞外聚合物的能力很强，细菌细胞常被厚厚的粘质外鞘包裹。在由这些细菌微生物形成的生物膜中，细菌占一小部分，而以各种细胞外化合物构成为主体。大量研究表明：下水道生物膜的生物量呈“S”形增长，即在生长初期，生物膜的生物量很小，随着时间延长，生物量逐渐积累并维持在一个相对稳定的水平。一些学者通过测定下水道生物膜的ATP、蛋白质和脂肪含量、电子传递、氧在生物膜内的分布、同位素示踪、同化营养基质的能力，结果发现：附生在下水道生物膜内的微生物通常表现出比悬浮个体更高的代谢和酶活性，生长繁殖速度和呼吸速率等都呈增强趋势。生物膜内部，藻类、细菌和真菌等自养和异养微生物在空间上紧邻，彼此相互交换代谢产物，尤其藻类分泌的可溶性有机物为异养细菌等利用，引起微生物增生。下水

道生物膜是固定形式的膜系统，经对下水道生物膜的种群密度和生物活性的研究，发现其表现出来的性质与超高负荷活性污泥系统中的细菌活性相近，例如酪酶、M-和p-葡萄糖苷酶以及磷酸酶在基质转化方面，各种酶活性表现出相似的趋势。然而，L-丙氨酸-氨肽酶在高负荷活性污泥中却显示出极高的基质转化率。但是下水道生物膜细菌种群密度却比在二级废水处理厂高负异养菌数目高出一个数量级。下水道生物膜中有发达的真核生物机体存在，例如粘土霉菌、各种原生动物和后生动物。多年来，人们广泛应用这种生物膜系统去除碳和氮。Lemmer发现下水道生物膜所显示的种群密度和生物活性都是高活性的生物群落，它们的异养活性可与高负荷活性污泥相比甚至超出它们。并且与悬浮性微生物有机体相比，那些附着在生物膜上的微生物能够更好地抵抗如重金属之类的毒性物质。

4.利用下水道空间处理污水的展望

由于城市污水管道的管径大，管道长，污水在其中有相当长的滞留时间，而下水道中污染物质降解主要是通过管壁上附着的下水道生物膜来完成。如果能够通过采用适当的技术措施增加管道内的微生物量和溶解氧的浓度，将使直接利用下水道管渠空间处理污水成为可能。例如在我国的广大山地城镇地区，生活污水水量小、分布面广，污水排放零散，不利于污水的集中处理，而目前对这些污水进行处理所需的技术和资金都很缺乏，可以通过大力开发下水道管渠处理城市污水的简易、高效、低能耗工艺，以较少的投资削减较大量的污染负荷。另一方面，对于地形复杂和污染源分散的广大经济尚不发达的农村地区，如果利用下水道管渠空间处理污水，将有利于在有限的经济条件下有效地控制水环境污染。

100Test 下

载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问
www.100test.com