



CECS ×××: 2020

中国工程建设协会标准

城镇排水管网入流入渗检测与评定标准

Technical standard for detection and estimation of inflow and
infiltration of urban sewer

202X 北京

中国工程建设协会标准

城镇排水管网入流入渗检测与评定标准

Technical standard for detection and estimation of inflow and
infiltration of urban sewer

CECS ×××: 2020

主编单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：

202X 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2020]14 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容包括：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 监测检测方法；5. 评定。

本规程由中国工程建设标准化协会城市给水排水专业委员会（CECS/TC8）归口管理，由上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司研究院（地址：上海市中山北二路 901 号，邮编：200092）。

主编单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

参编单位：北京清环智慧水务科技有限公司

清华大学

上海城市排水系统工程技术研究中心

上海市政工程设计科学研究所有限公司

深圳市水务（集团）有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 录

1	总则.....	3
2	术语.....	5
3	基本规定.....	7
4	监测检测方法.....	9
4.1	监测检测方案.....	9
4.2	入流入渗监测方法.....	12
4.3	入流入渗检测方法.....	15
5	评定.....	17
5.1	评定标准.....	17
5.2	入渗计算方法.....	21
5.3	入流计算方法.....	25
	本规程用词说明.....	28
	引用标准名录.....	29
	参考文献.....	30

Contents

1 General provisions.....	3
2 Terms	5
3 Basic requirements	7
4 Methods of inspection and monitoring.....	9
4.1 Scheme of inspection and monitoring	9
4.2 Methods of monitoring	12
4.3 Methods of inspection	15
5 Estimation methods	17
5.1 Estimation standard	17
5.2 Calculation methods of infiltration.....	21
5.3 Calculation methods of inflow	25
Explanation of wording in this specification.....	28
List of quoted standards	29
Reference.....	30

1 总则

1.0.1 为加强城镇排水管网入流入渗量控制，规范排水管网入流入渗的评定工作，推动管网破损修复改造，降低污水管道外水入流入渗量，提高排水管网的收集效率和污水处理效能，制定本标准。

【条文说明】说明制定本标准的宗旨目的。入流和入渗是国内外城镇污水管道普遍存在的问题，也是污水管道雨天发生超载、污水漫溢和溢流污染的主要原因之一，严重威胁污水管道安全运行。雨天大量地下水或河水入渗以及雨水混入污水管网带来一系列的运行问题，例如稀释污水浓度，降低污水系统的运行处理效率；增加管网和污水厂运行负荷和费用，增加合流制管网溢流量和溢流污染。另外管道的渗漏也会造成管道周围土体空洞化，从而引起路面塌陷，危害交通安全。因此，控制城镇排水管网入流入渗量，对于保障排水安全、降低溢流污染、提高水环境质量、保障公共健康和道路交通安全都至关重要。也是未来提高城镇排水管网养护水平和能力的重点。由于排水管网深埋地下，隐蔽性强、连接关系复杂、分布范围广等特点，导致开展排水管网入流入渗检测分析的技术难度较高。本标准能为评定排水管网入流入渗情况提供技术支撑和依据，从而有效指导后续管道修复改造或雨污混接改造等排水系统提质增效的工作，提高排水管网及污水处理厂的设施效能和运行效率。

1.0.2 本标准适用于城镇已建排水管网入流入渗的监测、检测与评定工作。

【条文说明】说明本标准的适用范围。本标准针对排水管网入流入渗问题的监测、检测分析工作，提出系统性的技术方法和清晰的评定标准以便获得定量分析结果，保障了排水管网入流入渗检测与评定的科学性、代表性和有效性，真正提高城镇排水管网的管理水平。

1.0.3 在城镇排水管网入流入渗检测与评定工作中，除应符合本标准规定外，尚应符合国家和行业现行相关标准的规定。

【条文说明】排水管网入流入渗检测与评定工作除遵守本规范外，还应遵守国家及行业的相关标准，如《城市排水防涝设施数据采集与维护技术规范》GB/T 51187、

《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181、《地面气象观测规范》GB/T 35221、
《水质采样 样品的保存和管理技术规定》HJ 493、《水质 采样技术指导》HJ 494、
《城镇污水水质标准检验方法》CJ/T 51 等。

2 术语

2.0.1 入流 inflow

通过检查井盖破损处、雨污混接口等进入污水收集系统的雨水、河水、山泉水等外来水。

2.0.2 入渗 infiltration

通过管渠和附属构筑物破损处进入排水管渠的地下水、河水等外来水。

2.0.3 雨水入流

通过检查井盖破损处、雨污混接口等进入污水收集系统的雨水。

2.0.4 旱天入流

在非降雨日中，通过检查井盖破损处、雨污混接口等进入污水收集系统的河水、山泉水等外来水。

2.0.3 监测分区

根据监测需求和排水管网拓扑关系划分的区域。

2.0.4 夜间最小流量法 minimum night flow method

用排水管网夜间流量数据来估算管道入渗量的方法。

2.0.5 物料守恒法

按照物料守恒，对进入管道流量质量以及管道出流质量进行分析的方法。

2.0.6 人均污水量折算法

用污水管道旱天污水流量来估算污水管道地下水入渗量的方法。

2.0.7 用水量折算法

用居民用水量来估算管网入渗量的方法。

3 基本规定

3.0.1 排水管网入流入渗检测评定工作应纳入城镇排水管网运行管理中，可由运营机构自建检测队伍开展工作，也可采取委托专业单位开展。

【条文说明】规定了排水管网入流入渗检测评定工作的工作模式。通过对排水管网的流量、水质进行定期检测和监测，能实现对排水管网的入流入渗水量的定量评定，再通过 CCTV 等检测方法确定入流入渗发生的位置，推动排水管道的及时修复，避免错接混接，对于提高排水管道管理养护水平具有重要意义，因此制定本要求。

3.0.2 排水管网入流入渗检测和评定工作应周期性开展，周期不宜大于 24 个月，对于下列情况，宜适当缩短周期：

- 1 管龄 30 年以上的管道；
- 2 预估入流入渗量占总流量比例大于 30%或入流入渗现象发生频繁的管道，宜长期设置在线监测点位；
- 3 旱天和雨天污水厂进水流量差异悬殊或进水 BOD₅ 浓度低于 100mg/L。

【条文说明】规定了排水管网入流入渗检测评定工作的工作周期。对于管龄 30 年以上的管道和施工质量差的管道，评定周期建议缩短为 12 个月。入流入渗比例的预估，应以监测数据为依据，入流入渗比例为管段的入流入渗量占管段总流量的比例。

3.0.3 入流入渗检测与评定工作基本流程应包括资料收集、现场踏勘、监测方案制定、现场监测、显著入流入渗区域识别、管道检测方案制定、现场检测、入流入渗评定和编写评定报告。

3.0.4 应在资料收集和现场踏勘的基础编制城镇排水管网入流入渗监测方案，明确工作目标与监测范围，布设排水管网监测点位，进行气象、水量及水质监测，

监测工作可按照《排水管网在线监测技术规程》CECS869-2021 的有关规定执行。

【条文说明】对排水管网入流入渗监测方案的编制进行了规定。监测方案编制过程中，应充分开展现场调查和踏勘，核对收集基础资料的有效性，避免重复监测和无效监测；监测实施过程中，基础数据发生变化时，应及时更新。基础资料的内容应按本标准第 4 章的规定执行。

3.0.5 监测数据的采集应满足现行国家标准《城市排水防涝设施数据采集与维护技术规范》GB/T 51187 的有关规定。

3.0.6 应根据监测数据评定管网入流入渗问题，识别存在显著入流入渗现象的区域，并编制有针对性的入流入渗检测方案，明确检测范围，选择检测方法。

【条文说明】对排水管网入流入渗检测方案的编制进行了规定。

3.0.7 应根据管网监测和检测数据，对管网入流入渗程度进行定量评定，并编制评定报告。

【条文说明】对排水管网入流入渗评定报告的编制进行了规定。

3.0.8 应根据入流入渗评定结果，选择合适的管道修复方法，对超过入流入渗评定标准的管道及时进行修复。

3.0.9 针对入流入渗的管网改造或修复工程，宜在工程验收后及时进行入流入渗检测工作，评估工程效果。

4 监测检测方法

4.1 监测检测方案

4.1.1 制定排水管网入流入渗监测、检测方案前应收集下列基本资料：

- 1 待测区域内现有排水管道和附属设施的空间、属性和运维资料；
- 2 待测区域内污水处理厂、泵站水量和水质资料；
- 3 待测区域边界流量和水质资料；
- 4 管网入流入渗监测检测和评定的历史资料；
- 5 待测区域内的工程勘察、气象、潮汐和水文地质资料；
- 6 服务范围内的排水户用（供）水量；
- 7 各类排水户污水流量和水质调查资料。

【条文说明】对制定排水管网入流入渗监测、检测方案前的资料收集进行规定。待测区域内现有排水管道和附属设施资料的收集，根据《城市排水防涝设施数据采集与维护技术规范》GB/T51187中的相关要求，包括空间数据相关资料、属性数据相关资料以及运行维护数据相关资料。

对于待测区域内污水处理厂、泵站的流量数据，可以收集水泵数量、型号、水泵特性曲线、启闭液位作为依据，根据水泵的运行数据进行推算流量。但由于水泵在长期运行后，型号对应的流量曲线会发生变化，因此在推算时，应收集实测的水泵特性曲线，而不能直接使用型号对应的特性曲线。

由于用水量数据存在抄表周期，获取数据的时效性无法保证，因此服务范围内排水户供水量仅用于估算区域日平均用水量。

4.1.2 排水管网入流入渗监测方案应包括下列内容：

- 1 待测区域的概况和现状分析；
- 2 监测技术路线；
- 3 监测布点及监测方式；
- 4 监测设备选型、安装及维护；
- 5 监测数据采集、管理及应用方法；
- 6 工作量清单及投资估算；

7 工作组织和实施计划。

4.1.3 监测分区的划定应满足下列要求：

- 1 监测分区应具有明确的服务范围和清晰的进出口关系；
- 2 根据污水厂及泵站服务范围，结合排水管网主干管拓扑关系，划分一级监测分区，一级监测分区的面积宜不大于 4 km^2 ；
- 3 对于入流入渗问题严重的一级分区，依据排水管网拓扑关系，划分二级监测分区，二级监测分区的面积宜不大于 1 km^2 ；
- 4 宜根据现场排查整治的需求确定是否进一步划分监测分区。

【条文说明】规定了监测分区的划定原则。监测分区是排水管网入流入渗监测分析的基础，应在进行监测布点之前先完成监测分区划分工作。监测分区的划分可阶段性开展，即首先划分面积相对较大的一级监测分区，然后根据数据分析结果逐步缩小监测分区范围，划定二级监测分区，接下来综合现场排查需求、监测时效性和经济性等因素，考虑是否进一步划分监测分区，直至确定存在入流入渗问题的区域。

在划分一级监测分区时，应考虑区域降雨和管网入渗的不均匀性，以及管网汇流过程的复杂性，所以一级监测分区的面积不宜过大。《城镇内涝防治技术规范》GB 51222 中规定，“当汇水面积大于 2 km^2 时，应考虑区域降雨和地面渗透性能的时空分布的不均匀性和管网汇流过程等因素”。因此，综合考虑监测成本和效果，本标准建议一级监测分区的面积不大于 4 km^2 。

4.1.4 入流入渗监测布点位置应满足监测设备安装和维护所需条件，并应包括下列节点：

- 1 监测分区的进、出口位置；
- 2 重要排水设施的进（出）水管；
- 3 具有潜在入流入渗风险的排水管段；
- 4 合流制溢流排口；
- 5 重点小区或企事业单位接入市政管网的位置。

【条文说明】规定了入流入渗监测的对象。对于重要排水设施，如果进水管不具

备监测条件，可以在出水管设置监测点位。重点小区是指入流入渗问题严重的、用水量与排水量在数量上缺乏逻辑关系的、混接严重的小区。雨污分流改造较好的小区也可以布点监测，作为污水水量水质本底资料。对于有监测条件的小区，内部楼座出口处可以布设监测点位。具有潜在入流入渗风险的管段包括主干管和次干管的交汇点、截洪沟附近的管段、结构缺陷严重管段、倒虹管、截流井附近管段等。

4.1.5 入流入渗监测宜布设降雨监测点，每个一级监测分区宜至少保证一个降雨量监测点的数据。

【条文说明】对降雨监测点的设置进行了规定。入流入渗问题的分析需要应用降雨数据，降雨数据的监测时间、监测频次等应与流量监测数据一致。虽然理论上可以从气象部门获取降雨数据，但由于监测点位、数据频次、商用保密等原因，在入流入渗监测的实际工作中很难从气象部门获取适用的降雨监测数据，因此建议根据实际情况布设降雨监测点位。由于降雨分布的不均匀性，每个一级监测分区的分析宜采用独立的降雨监测点位的数据，数据来源可以是单独布设的降雨监测点数据，也可以是气象部门提供的监测数据。

4.1.6 一个监测分区应至少布设 1 个流量在线监测点。

【条文说明】对流量监测点的设置进行规定。流量在线监测是管网入流入渗监测的重点，因此应保证流量监测点达到一定的密度。根据本标准 4.1.2 条的要求，对于待监测区域至少应划分到二级监测分区，二级监测分区的面积不大于 1 km^2 ，所以流量监测点至少应达到每 1 km^2 一个监测点位。对于排水情况复杂、入流入渗问题突出的区域，流量监测点的密度宜适当提高，可根据管线长度布设，如每 3km 管线布设一个流量监测点。同时，由于管网入流入渗是一个动态过程，随着管网使用时间的增加，管网入流入渗问题的严重性不断提高，因此宜建立雨量、液位、流量、水质的在线监测运行模式，长期持续运行，跟踪动态计算与评定不同时期的入流入渗情况。

4.1.7 排水管网入流入渗监测方案应符合下列要求：

- 1 同一监测点的降雨量、水量指标、在线水质指标应同步监测；
- 2 同一监测分区的各个监测点应同步监测；
- 3 入渗应在旱季开展监测，监测时间应覆盖至少 7 个连续旱天的监测数据；
- 4 入流应在雨季开展监测，监测时间应覆盖至少 3 场次中雨或大雨的监测数据，单场次累积降雨量应不小于 10 mm，用于入流分析。

【条文说明】对同步监测和监测时间进行规定。为反映各监测点的运行工况，以及各监测点对排水系统整体的影响，保证监测数据用于评定分析时的一致性，不仅应对同一监测点位的所有指标进行同步监测，还要对同一监测分区的所有监测点位进行同步监测。入流监测一般持续时间不小于 4 周，如果原定的监测时间内未获得满足要求的降雨数据，则需要延长监测期，直到监测数据满足要求。入渗监测持续时间一般不小于 4 周。7 个连续旱天应尽量避免春节、国庆等连续长假时间段，避免生活规律的变化带来的旱流污水量影响。

4.1.8 排水管网入流入渗检测方案的制定，应符合《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181 的相关规定。

4.2 入流入渗监测方法

4.2.1 城镇排水管网入流入渗监测指标应包括降雨量、流量、液位、水质等，监测方法可采用人工监测和在线监测。

4.2.2 ，排水管网在线监测服务的定额应参照《城镇排水管网在线监测技术规程》T/CECS 869-2021 的第 3.1.4 条的有关规定。

4.2.3 在密闭空间安装的在线监测仪器和设备，应满足防水、防腐和防爆要求，设备的防水、防爆、防腐要求可通过第三方机构的检测和认可。

【条文说明】根据《城镇排水管网在线监测技术规程》T/CECS 869 的相关规定，安装于井下、可能被水淹没的排水管网监测设备，设备防水等级应达到《外壳防护等级（IP 代码）》GB/T 4208 中规定的 IP68 等级，设备室外安装部分的防护等级应达到 IP65；在检查井等存在爆炸风险的密闭空间内安装的在线监测设备应

采用防爆型，宜达到本质安全防爆等级；在含有腐蚀气体环境下安装的在线监测设备应满足防腐要求。

设备的防水、防爆、防腐要求可通过第三方机构的检测和认可进行确认，从而保障在线监测设备的可靠性和安全性。

4.2.4 降雨量应采用在线监测，在线监测设备的选型应符合下列规定：

- 1 监测设备应符合《地面气象观测规范》GB/T35221 的规定，宜采用翻斗式雨量筒；
- 2 监测雨强范围宜为 0~4mm/min，允许通过最大雨强宜为 8mm/min；
- 3 测量误差不应大于全量程的 4%；
- 4 分辨率应为 0.2mm；
- 5 测量数据应实现本地储存和立即上传，在未监测到有效数据时可采用休眠模式，在降雨过程应立即发送数据。

4.2.5 流量监测应采用在线监测，在线监测设备的选型应符合下列规定：

- 1 应采用速度面积法原理的流量计，宜采用多普勒超声法流量计；
- 2 液位测量的量程宜为 0-8m，准确度应为全量程的 $\pm 1\%$ ，分辨率应为 1mm；
- 3 流速测量的量程宜为-3m/s -3m/s，准确度应为全量程的 $\pm 2.5\%$ ，分辨率应为 0.01m/s。
- 4 设备应具备进行间隔采样监测的能力，最小采集时间间隔应为 1 分钟，宜支持整分钟整点监测；
- 5 设备应具备数据缓存功能，通讯中断时应自动缓存数据，在通信恢复后应自动上传历史数据。

4.2.6 水质监测宜采用人工监测法，可采用在线监测法，并应符合下列规定：

- 1 水质监测指标宜包括电导率、化学需氧量（COD）、氨氮、总氮、总磷等；
- 2 电导率监测宜采用在线监测法，化学需氧量（COD）、氨氮、总氮、总磷等宜采用人工监测法；
- 3 采用人工监测法时，采样过程应符合《水质采样 样品的保存和管理技术

规定》HJ 493、《水质 采样技术指导》HJ 494 的规定；

4 采用人工监测法时，水质化验过程应符合《城镇污水水质标准检验方法》CJ/T 51 的规定。

【条文说明】对水质监测方法和指标进行规定。水质数据是入流入渗评定工作的重要基础，提高水质数据的监测频率、增加水质数据的数据量，有助于提升评定结果的可靠性。相比于人工监测法，在线监测法具有更高的监测频率，可以获取更多的数据，因此建议采用在线监测法。但另一方面，水质在线监测的准确性低于人工采样监测，所以在开展水质在线监测的同时，也可同步开展水质人工采样监测。

针对入流入渗分析，在各种水质监测指标中，电导率具有成本低、测量方法鲁棒性高、测量结果准确等优点，适合用于入流入渗分析的水质指标。有研究指出，相对于 COD、氨氮、磷酸盐等指标，电导率在入流入渗分析模型中的敏感性更高，更适用于入流入渗的分析。电导率可作为定性指标，分析入流入渗是否发生，也可以作为定量指标，用于分析入流入渗的具体水平。

4.2.7 在线监测设备安装前应对监测点位的安装和监测条件进行现场确认，不满足条件的监测点位应予以替换。在线监测设备的安装和维护应符合《城镇排水管网在线监测技术规程》T/CECS 869 的相关规定。

【条文说明】在线监测设备需要一定的安装条件。例如，降雨监测设备安装在平坦避风场所，仪器口部 30° 仰角范围内不得有障碍物。流量监测设备探头安装在流速稳定的位置。安装前对监测点位的安装条件进行复核和确认，确保在线监测数据的准确性。

4.2.8 各类监测指标的数据采集应符合下列规定：

- 1 降雨量监测数据和水量监测数据的采集数据间隔宜设定为 1-5 分钟；
- 2 水质在线监测数据的采集时间间隔宜设定为 5-15 分钟；
- 3 旱季水质人工监测数据的采集应至少包括 2 个旱天，每个旱天的采集次数应不小于 3 次；

4 雨季水质人工监测数据的采集应至少包括 3 个降雨场次，每个降雨场次的采集次数应不小于 4 次。

【条文说明】入流入渗评定需要足够数量的监测数据才能保证分析的可靠性。应用在线监测设备采集降雨量、流量和水质数据时，应充分发挥在线监测设备的优势，提高数据采集数量。在降雨期，管网中流量、水质指标处于快速变化的状态，因此应适当缩短在线设备的数据采集时间间隔，而在非降雨期，可适当延长在线监测设备的采集时间间隔。

4.2.9 监测实施过程中，应定期评估监测数据质量进行质量控制。在线监测系统每日未采集数据和异常数据总数不宜大于目标要求采集数据总数的 15%。

【条文说明】监测数据质量控制包含异常数据筛查、异常原因识别、异常监测点位整改、数据清洗等环节，相关要求可以参考《城镇排水管网在线监测技术规程》T/CECS 869 中对于的相关规定，确保达到监测目标要求。

4.3 入流入渗检测方法

4.3.1 应根据排水管网入流入渗监测结果，对各个监测分区入流入渗问题的严重程度进行排序，并应在相应的重点监测分区按照现行行业标准《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181 开展检测工作。

【条文说明】对入流入渗检测的区域进行规定。排水管网错综复杂，开展全面的管道检测工作量很大，检测周期长，成本也很高，因此应根据排水管网入流入渗监测结果，结合经济性和可执行性，将水量不平衡、已判定为存在入流入渗问题的区域作为重点区域，开展入流入渗检测，减少工作量，缩短检测周期，降低管道检测成本。

4.3.2 应根据检测目的、现场情况和检测设备的适应性，选择入流入渗检测方法，并应符合下列规定：

1 可降水到检测水位要求的管道，宜采用爬行器搭载闭路电视（CCTV）检测法，非满流且净空满足无人机飞行要求的大型排水管道可采用无人机搭载闭路电视（CCTV）检测法；

2 无法降水的管道，可采用漂浮筏、有缆遥控水下机器人搭载声呐进行初步判定检测；

3 检测排水管网的非法连接，宜采用示踪剂测试；

4 定性判断管道破损情况，可采用管道潜望镜检测或目视检测；

5 检查井和管内水位不大于管径的 $1/2$ 且管道长度不大于 50m 的管道可采用潜望镜检测；

6 当一种检测方法不能全面反映管道状况时，应采用多种方法联合检测。

5 评定

5.1 评定标准

5.1.1 对于城镇排水管道的入渗水平，应使用单位时间单位管长单位管径的入渗量进行评定。

【条文说明】规定了城镇排水管道的入渗水平的评定方法。对于排水管道的入渗，常见的评定方法有 4 种：

- 1) 入渗量占总水量的百分比；
- 2) 单位时间单位服务面积的入渗量；
- 3) 单位时间单位管长的入渗水量；
- 4) 单位时间单位管长单位管径的入渗量。

对排水系统管理而言，前两种方法较为直观、便于操作，适用于规划和设计的需要；后两种方法意义相近，更适用于运行管理中对管道状况的考察与评价。

而作为允许入渗量的标准，前两种方法虽然形象直观，但由于受居住密度、用水量面积负荷的影响，该指标缺乏普遍意义，无法比较。而后两种方法衡量具体管段的入渗量是客观的，便于对比。其中，第 4 种方法考虑了入渗量与管径的相对关系，更为客观。因此，本条文把单位时间单位管长单位管径的入渗量作为评价标准，建议单位为 $L/d \cdot km \cdot mm$ 。

5.1.2 对城镇分流制污水管道的雨水入流水平，应使用单位降雨单位管长的入流量进行评定。

【条文说明】规定了城镇污水管道的入流水平的评定方法。对于污水管道的入流，常见的评定方法有 3 种：

- 1) 单位人口单位时间的入流量；
- 2) 进入污水系统的雨水占降雨总水量的百分比；
- 3) 单位管长单位降雨量的入流量。

对于排水系统管理而言，第一种方法忽略了重要的降雨量因素，缺乏实际物理意义；第二种方法虽然直观，但是由于污水系统片区的服务范围并不能直接对应雨水的汇集区域，而计算降雨总水量时又必须考虑雨水汇集区域面积，导致计

算结果不匹配；第三种方法不仅综合了入渗量、系统大小、雨量三方面信息，也便于监测，更适合作为允许入流量的标准，建议单位为 $\text{m}^3/\text{km}\cdot\text{mm}$ 。

5.1.3 城镇排水管道的入渗标准不应大于 $150 \text{ L/d}\cdot\text{km}\cdot\text{mm}$ 。

【条文说明】规定了城镇排水管道的入渗标准值。美国环保署（USEPA）对于管道入渗标准进行了多年的探索，在 1982 年发布的《美国环保署手册：设施规划》（USEPA Handbook: Facilities Planning），其中规定了表 1 的入渗评定标准：

表 1 美国环保署（USEPA）入渗评定标准

管道长度（km）	允许入渗量（ $\text{L/d}\cdot\text{km}\cdot\text{mm}$ ）
>30	185 ~ 278
3~30	278 ~ 555
<3	555 ~ 925

美国土木工程协会与水环境协会（ASCE/WEF）总结了美国 128 座城市的排水管道设计标准对于设计使用年限内的管道入渗量规定如表 2 所示：

表 2 美国排水管道设计标准中管道入渗量

城市		允许入渗量（ $\text{L/d}\cdot\text{km}\cdot\text{mm}$ ）
数量	占比	
4	3.1%	139
4	3.1%	93
1	0.8	74
2	1.6	65
1	0.8	56
63	49.2	46
11	8.6	28~42
16	12.5	14~23
21	16.4	9
5	3.9	5

统计结果显示，95%城市处于 $10\sim93\text{L}/(\text{km}\cdot\text{mm}\cdot\text{d})$ 范围，80%城市大于 $13.9\text{L}/(\text{km}\cdot\text{mm}\cdot\text{d})$ ，50%城市大于 $46.3\text{L}/(\text{km}\cdot\text{mm}\cdot\text{d})$ ，各城市加权平均的结果为

39.0L/(km·mm·d)。

我国的相关研究显示，一些城市的入渗情况如表 3 所示。

表 3 我国部分城市排水管道入渗量

城市	管道/系统	说明
武汉	特定管道	先特定管道的入渗率（L/d.km.mm），然后推断系统的入渗量，管道入渗率为 484L/d.km.mm
巢湖	特定管道	聚 乙 烯 34 L/d.km.mm，钢 筋 混 凝 土 51~208 L/d.km.mm，强正比于地下水位，水位较低时符合美国城市标准。
上海	特定管道	两个 1930 年左右建的管道入渗量特别大；其他 1970 年以后建的，在 50~500 L/d.km.mm，提出建议值为 70~140 L/d.km.mm
上海	排水系统	对三个小区的排水系统入渗量测定结果为 10%~29%，排水系统比较新、土质情况较好的小区入渗量在 10%~15%。上海的人口密度和用水量负荷均很高，人均排水管道长度很小。因原生污水量相对很大，所以上海排水系统的入渗量占污水总量的比例明显低于德国、日本的统计结果。
深圳	排水系统	地下水位一般为 2m，入渗量较大的某片区再分九个片区进行测定，总的入渗量为污水总量的 25%。
南京	排水系统	80 年代的生活小区，非降雨季节的入渗量为 13%。
南方某市	新敷设的钢筋混凝土管道	25~1370 L/km.mm.d (管径 600mm~1350mm)，地下水位高于管底 0.5~6.9m 的城区，新钢筋混凝土排水管的地下水入渗量占该管道服务城区的城市污水量的 19.4%。

我国的《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 对无压管道闭水试验允许渗水量进行了规定，如表 4 所示。

表 4 《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268

闭水试验允许入渗量

管 材	管道内 径 $D_i(\text{mm})$	允许渗 水量 $[\text{m}^3/(24\text{h})]$ 许 68 施 工	L/d.km.mm	管道内 径 $D_i(\text{mm})$	允许渗水量 $[\text{m}^3/(24\text{hm.mm})]$ 工	L/d.km.mm
钢 筋 混 凝 土 管	200	17.6	88.0	1200	43.3	36.08
	300	21.62	72.1	1300	45	34.62
	400	25	62.5	1400	46.7	33.36
	500	27.95	55.9	1500	48.4	32.27
	600	30.6	51.0	1600	50	31.25
	700	33	47.1	1700	51.5	30.29
	800	35.35	44.2	1800	53	29.44
	900	37.5	41.7	1900	54.48	28.67
	1000	39.52	39.5	2000	55.9	27.95
	1100	41.45	37.7			

将《给水排水管道工程施工及验收规范》中规定的允许渗水量单位换算为本条文规定的单位后，钢筋混凝土管的最大允许入渗量为 88.0 L/d.km.mm。

考虑到实际排水工程的复杂性，以及我国排水管网的实际现状，本标准将入渗标准规定为 150 L/d.km.mm。

5.1.4 城镇污水管道的雨水入流标准不应大于 $10 \text{ m}^3/\text{km}\cdot\text{mm}$ 。

【条文说明】规定了城镇污水管道的入流标准值。美国环保署（USEPA）在 1991 年发布《美国环保署手册：排水管道基础设施分析和修复》（USEPA Handbook: Sewer System Infrastructure Analysis and Rehabilitation）中规定，降雨时，全天的平均流量 $\leq 275 \text{ gpcd}$ ，即 1040 L/d.人 。但由于管道入流与服务区人口并无直接关系，因此这一标准的单位缺乏必要的物理意义。国外有学者利用 Gallons/LF/Inch-Rain（即 $0.496 \text{ m}^3/\text{km}\cdot\text{mm}$ ）单位，按不同系统大小确定了允许的入流量为 2~10

$\text{m}^3/\text{km}\cdot\text{mm}$ 。

从我国的实践经验来看，昆明市某排水区域（60.1km）5 场降雨（降雨量 1.9~27mm）的入流量范围为：21~41 $\text{m}^3/\text{km}\cdot\text{mm}$ 。

因此，综合考虑当前的相关研究结果和我国的管道入流现状，本标准规定城镇污水管道的入流标准为不大于 10 $\text{m}^3/\text{km}\cdot\text{mm}$ 。

5.2 入渗计算方法

5.2.1 应根据现场情况和监测情况选择物料守恒法、用水量折算法、夜间最小流量法、经验公式法、模型评估法等排水管网入渗量计算方法。

【条文说明】规定了排水管网入渗量计算方法。物料守恒法适用于有水质监测数据支持的排水管网入渗计算，适用范围较广，对于有明确联通关系的管网均可适用；用水量折算法适用于较大范围区域的管网入渗计算；夜间最小流量法和经验公式法适用于排水规律存在明显昼夜变化的管网，一般是位置在管网系统偏上游的管网；模型评估法对于基础数据的要求较高，只有在管网数据完善、边界条件清晰的情况下才能应用。

5.2.2 排水管网入渗评定值计算应符合下列规定：

- 1 应计算旱季的非节假日旱天入渗量，宜计算旱季的节假日旱天入渗量、雨季的非节假日旱天入渗量、雨季的节假日旱天入渗量；
- 2 采用物料守恒法时，污染物宜选择氨氮、COD 和总氮；
- 3 采用用水量折算法时，应使用当地统计数据。

【条文说明】对排水管网入渗评定值计算进行了规定。由于排水规律在旱季、雨季、节假日、非节假日均有差异，因此宜在四种不同时间段内分别进行监测和计算。如果监测工作不能支持四种情况的计算，则至少保证在旱季的非节假日时间内开展监测并进行计算，因此应至少获取连续 7 个旱天的流量监测数据参与计算。

5.2.3 物料守恒法计算入渗量，应按下列公式计算：

$$BI = \frac{ADF \times (C_w - C)}{C_w - C_{ws}} \quad (5.2.3)$$

式中：BI —— 旱天基本入渗量 (m³/d)；

ADF —— 旱天日均流量监测值 (m³/d)；

C_w —— 片区污水的典型污染物浓度监测值 (kg/m³)；

C —— 监测点污染物浓度监测值 (kg/m³)；

C_{ws} —— 片区外水的典型污染物浓度监测值 (kg/m³)。

【条文说明】对物料守恒法的计算进行规定。对于典型污染物指标应按照本标准 4.2.6 条第 2 款进行选取。在定量计算时，应优先选择氨氮、COD、总氮等指标，电导率指标虽然对入渗较为敏感，但由于不是质量浓度指标，在计算时需要做近似处理，因此只能在指标值相对较低的情况下应用 5.2.3 中的公式，且存在较大的不确定性。如选择电导率为典型污染物指标，可以基于实测数据换算为离子的质量浓度，再进行计算。

物料守恒法的应用范围较广，对于较小的区域和较大的区域均适用。在未开展管网监测时，可以利用污水厂监测数据，对污水厂服务片区的整体入渗情况进行计算。在应用 5.2.3 条公式进行计算时，应首先按照 5.2.2 条的规定选定典型污染物指标；然后对公式中各参数进行取值：可将污水厂旱天入厂水量作为 ADF，可将污水厂入厂水质指标浓度作为 C，可将污水厂服务片区的生活污水水质指标浓度作为 C_污，可将污水厂服务片区的地下水或河水的水质指标浓度作为 C_{外水}（或可取 C_{外水}=0）；最后可根据公式计算污水厂服务片区的整体入渗量。

5.2.4 用水量折算法计算入渗量，应按下列公式计算：

$$BI = ADF - KQ_g \quad (5.2.4)$$

式中：

BI —— 旱天基本入渗量 (m³/d)；

ADF —— 旱天日均流量监测值 (m³/d)；

Q_g —— 区域日平均用水量 (m³/d)；

K —— 折算系数。

【条文说明】对用水量折算法的计算进行规定。根据《室外排水设计标准》

GB50014-2021 的条文说明，按用水定额确定污水定额时，可按用水定额的 90% 计，建筑内部给排水设施水平不完善的地区可适当降低。排水系统完善的地区可按用水定额的 90% 计，一般地区可按用水定额的 80% 计。因此，按日平均用水量确定日平均污水量时，折算系数可以根据排水设施水平的完善程度取 80%~90%。

5.2.5 夜间最小流量法计算入渗量，应按下列公式计算：

$$BI = ADF - (ADF - MDF)/X \quad (5.2.5)$$

式中：

- BI —— 旱天基本入渗量 (m^3/d)；
- ADF —— 旱天日均流量监测值 (m^3/d)；
- MDF —— 夜间污水流量监测值 (m^3/d)；
- X —— 除夜间最小流量之外的流量占日均污水量的比例，应根据流量监测曲线来判断夜间最小流量的出现时间，选择合理的时段进行计算。

【条文说明】对夜间最小流量法的计算进行规定。国外相关研究指出，在凌晨（00:00 到 6:00）有最低的用水率，约占每日总用水量的 12%。因此，选择每日 0:00-6:00 时段进行计算时， X 宜为 0.88；当选择每日 3:00-5:00 时段进行计算时， X 宜为 0.94。可通过当地实际供水数据直接推算 X 取值，对于安装了智能水表的地区，可通过智能水表获得供水的时间序列数据，然后利用供水量的昼夜不同时段的变化规律推算 X 。但夜间最小流量的这一规律随着居民生活习惯的不同，在各个地区会存在一定差异。根据我国的实践经验，部分地区的夜间最小流量会出现在凌晨 3:00-5:00 时段。因此，在入流入渗的实际评定工作中，应根据流量监测曲线来判断夜间最小流量的出现时间，选择合理的时段进行计算。

5.2.6 经验公式法计算入渗量，应按下列公式计算：

$$BI = \frac{0.4 \times MDF}{1 - 0.6 \times (MDF/ADF)^{\left(\frac{ADF}{3785}\right)^{0.7}}} \quad (5.2.6)$$

式中：

- BI —— 旱天基本入渗量 (m^3/d)；
- MDF —— 夜间污水流量监测值 (m^3/d)；

ADF —— 旱天日均流量监测值 (m^3/d)。

【条文说明】对经验公式法的计算进行规定。经验公式法是夜间最小流量法的另一种形式，用经验系数解决夜间最小流量占比难以估算的问题。经验公式法有一种迭代形式，通过反复迭代运算来确定合适的经验系数，但由于计算复杂，不便于在实际工作中的应用。公式 5.2.6 是 Stevens 等运用曲线拟合的方法提出了 Stevens-Schutzbach 经验公式，一方面避免了由夜间最小流量占比估算问题带来的不确定性问题，一方面改善了迭代法应用不便的问题。但这个经验公式是在美制加仑单位的基础上建立的，因此在改为公制单位时，需要增加单位换算系数 3785 (1 立方米=3785 加仑)。

5.2.7 模型评估法计算入渗量，应按下列公式计算：

$$BI = ADF - M \quad (5.2.7)$$

式中：

BI —— 旱天基本入渗量 (m^3/d)；

ADF —— 旱天日均流量监测值 (m^3/d)；

M —— 模型模拟的旱天日均流量值 (m^3/d)。

【条文说明】对于模型评估法，可利用模型对待评定区域进行连续多日的旱天模拟，模拟输出该区域在旱天情景下的逐日累积流量，然后根据模拟结果计算的旱天日均流量值 M 。

5.2.8 排水管道的入渗评定值应按下列公式计算：

$$Q_{rs} = \frac{1000 \times BI}{\sum_{i=1}^n L_i \times D_i}$$

式中：

Q_{rs} —— 排水管道的入渗评定值 ($\text{L}/\text{d} \cdot \text{km} \cdot \text{mm}$)；

BI —— 旱天基本入渗量 (m^3/d)；

L_i —— 监测点上游第 i 根管径不小于 300mm 的管道的长度 (km)；

D_i —— 监测点上游第 i 根管径不小于 300mm 的管道的管径 (mm)；

n —— 监测点上游管径不小于 300mm 的排水管段数量。

【条文说明】对于排水管道的入渗评定值，如果低于评定标准，可不考虑旱天

入流的影响；如果高于评定标准，应先根据 5.3.5 条的规定对旱天入流量进行监测，然后去除旱天入流量，再重新进行评定。

5.3 入流计算方法

5.3.1 应根据降雨量与流量同步监测数据计算污水管道的场次雨水入流量，场次雨水入流量应按下列公式计算：

$$RDII = Q - AQ \quad (5.3.1)$$

式中：

$RDII$ —— 场次雨水入流量(m^3)；

Q —— 场次计算期间内污水管道的流量累积量(m^3)；

AQ —— 场次计算期间内对应旱天的污水管道的流量累积量(m^3)。

【条文说明】污水管道中发生的雨水入流是由降雨直接引起，因此与降雨时间密切相关。由于管道汇流关系的复杂性，降雨发生后，入流到管道中的雨水在管道中流动需要一定的时间，管道中出现流量变化的时间段会超过降雨时间。因此，在计算场次雨水入流量时，不仅应计算降雨发生时间内的流量变化，也要考虑到场次降雨对管网流量产生影响的时间，将降雨开始时刻到降雨不再对管网流量产生影响的时刻，定义为场次计算期，在场次雨水入流量的计算中，污水管道的流量累积量 and 对应旱天的流量累积量均应对应场次计算期。

对于 5.3.1 公式中的对应旱天的选取，应符合 5.3.4 条的相关规定。旱天流量一般为 24 小时内的流量数据，当确定对应旱天后，应选取场次计算期内的旱天流量数据计算流量累积量。如果场次计算期超过 24 小时，可对旱天流量数据进行重复累积。

5.3.2 旱天流量标准曲线的应按下列公式计算：

$$q_{b, t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_{i, t} \quad (5.3.2)$$

式中：

t —— 时刻；

n —— 选取计算的旱天数量；

$q_{b, t}$ —— 旱天流量标准曲线 t 时刻的流量 (m^3/d)；

$q_{i, t}$ —— 选取的第 i 个旱天流量曲线 t 时刻的流量 (m^3/d)。

【条文说明】规定了旱天流量标准曲线的计算方法。旱天流量标准曲线代表管道流量的一般性变化规律，可用于 5.3.1 公式中 AQ 的计算。由于管道流量变化受到排水规律的影响，因此旱天流量标准曲线应按照工作日、节假日分别计算。为识别工作日、节假日的不同排水规律，在旱天监测中，应至少获取 7 个旱天的流量监测数据进行计算，其中应同时包含节假日旱天和工作日旱天，且节假日旱天和工作日旱天的数量均应不少于 2 个。

5.3.3 污水管道的雨水入流评定值应按下列公式计算：

$$Q_{rl} = \frac{\sum_{j=1}^m \frac{RDII_j}{R_j}}{\sum_{i=1}^n L_i} \quad (5.3.3)$$

式中： Q_{rl} —— 污水管道的雨水入流评定值 ($\text{m}^3/\text{km} \cdot \text{mm}$)；

m —— 参与计算的降雨场次总数；

$RDII_j$ —— 第 j 场降雨的雨水入流量， m^3 ；

R_j —— 第 j 场降雨的降雨量监测值， mm ；

L_i —— 监测点上游第 i 根管径不小于 300mm 的污水管道的长度 (km)；

n —— 监测点上游管径不小于 300mm 的污水管段数量。

5.3.4 污水管网的雨水入流量的计算，应符合下列要求：

5 应选择雨季的监测数据参与入流量的计算；

2 参与计算的降雨-流量同步监测数据的降雨场次数 m 不应少于 3 场。

3 降雨时间段对应的旱天累积流量均值 AQ 的计算，宜选择降雨日最近的旱天对应时段的监测数据，可选择旱天流量标准曲线数据。

【条文说明】在发生雨水入流时，管道流量监测的数据是雨水入流量与正常污水量之和，因此，要计算雨水入流量，核心问题是找到不发生雨水入流情况下的正常污水量。正常污水量可用最近旱天的流量数据或旱天流量标准曲线的数据来代

替。由于污水排放量主要受到排水规律（如管网运行状态、用水规律等）的影响，在一般情况下，排水规律在相近的一段时间内较为接近，因此优先选择最近旱天的污水量代替降雨当日的正常污水量。而由于旱天流量标准曲线代表了一般性的排水规律，也可以用于代替降雨日的正常污水量。但对于时间相距较远的旱天，由于管网运行状态、用水规律等因素可能发生变化，在选取其数据进行计算时应综合考虑排水规律代表性问题。同时，由于用水规律在工作日、节假日存在较大差异，因此无论是最近旱天，还是旱天流量标准曲线，在选取时都应区分工作日和节假日。

5.3.5 对于旱天入流量，应结合当地的现场经验，通过排查的方式确定入流点位，并直接监测入流量。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”

反面词采用“不宜”

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词：

正面词采用“可”

反面词采用“不可”

2 条文中指定应按其他有关标准执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《城市排水防涝设施数据采集与维护技术规范》 GB/T 51187
- 2 《城镇排水管道检测与评估技术规程》 CJJ 181
- 3 《地面气象观测规范》 GB/T 35221
- 4 《水质采样 样品的保存和管理技术规定》 HJ 493
- 5 《水质 采样技术指导》 HJ 494
- 6 《城镇污水水质标准检验方法》 CJ/T 51
- 7 《排水管网在线监测技术规程》 T/CECS 869

参考文献

- [1] Zhang M , Liu Y , Dong Q , et al. Estimating rainfall-induced inflow and infiltration in a sanitary sewer system based on water quality modelling: which parameter to use?[J]. Environmental Science Water Research & Technology, 2017, 4(3):385-393.)
- [2] Zhang M , Liu Y , Xun C , et al. Quantifying rainfall-derived inflow and infiltration in sanitary sewer systems based on conductivity monitoring[J]. Journal of Hydrology, 2018, 558.
- [3] Mayer, P W, DeOreo, W B, Opitz, E M, et al. Residential End Uses of Water [C]. Report to AWWA Research Foundation, Denver, CO. 1999

