

# 市政给排水设计中管道坡度与埋深的合理性分析

刘 岩

新疆市政建筑设计研究院有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要：**市政给排水设计中，排水管道坡度与埋深合理性直接影响系统运行效率与安全性。本文分析坡度与管道输送功能、水流状态、系统衔接的关联，明确坡度选择需兼顾自清流速与冲刷控制；探讨埋深与管道防护、地下设施协调、地形地质适配的关系，强调埋深需满足抗浮与沉降控制要求。进一步揭示坡度与埋深相互制约的动态关系，提出功能性优先、适配性、经济性与可行性平衡三大核心设计原则，为优化市政排水管道设计提供理论支撑与实践指导。

**关键词：**市政给排水；管道坡度；管道埋深；协同设计；设计原则

引言：城市快速发展对市政给排水系统提出更高要求，排水管道作为关键基础设施，其设计合理性直接影响污水或雨水输送效率与安全性。坡度与埋深作为管道设计的核心参数，不仅决定水流状态与管道结构稳定性，还需与地形、地质及地下设施动态适配。当前设计中，部分工程因坡度不足导致沉积堵塞，或因埋深过浅引发管道断裂，暴露出参数匹配与协同设计不足的问题。因此，系统分析坡度与埋深的关联机制，明确设计约束条件与优化原则，对提升市政排水系统可靠性、降低全生命周期成本具有重要意义。

## 1 排水管道坡度的合理性核心要素

### 1.1 坡度与管道输送功能的关联

排水管道的核心功能在于通过重力作用实现水流输送，而坡度是这一过程的关键驱动因素。合理的坡度设计能够确保水流以稳定速度通过管道，既避免因流速过低导致悬浮物沉积引发的堵塞风险，也防止流速过高对管壁造成冲刷破坏<sup>[1]</sup>。当坡度不足时，水流能量衰减，管道内易形成沉积层，长期积累会缩小有效过水断面，降低输送能力；反之，坡度过大虽可提升流速，但可能引发水流湍急、气蚀现象，加剧管道磨损，甚至导致接口处松动或渗漏。因此，坡度与输送功能的匹配需基于水流动力学原理，通过计算确定既能维持自清流速又可控制冲刷的平衡值。

### 1.2 坡度对管道内部水流状态的影响

水流状态直接影响管道运行效率与寿命。坡度通过改变重力分量调控水流能量分布，进而影响流态分层与紊流强度。在缓坡条件下，水流接近均匀流状态，流速分布均匀，但易因能量不足产生沉积；陡坡条件下，水流呈现急流状态，流速梯度增大，紊流核心区扩展，虽可减少沉积风险，却可能因流速突变引发水锤效应，对管道结构造成冲击。此外，坡度变化还会影响水流中溶

解氧含量，陡坡段因水流剧烈搅动增加氧气溶解，可能加剧金属管道的电化学腐蚀，而缓坡段氧气含量较低则可能抑制某些微生物活动，间接影响管道内生物膜形成与维护。

### 1.3 坡度与管道系统衔接的适配性

排水管道系统通常由多段管道串联或并联组成，各管段坡度需与整体布局协调。在重力流系统中，上游管道坡度需为下游管道提供足够水头，若衔接处坡度突变，可能导致水流能量损失或局部负压，引发气阻或污水倒灌。例如，检查井处坡度过渡需平滑，避免形成滞水区；跌水井设计需通过消能装置控制水流落差，防止高速水流冲击井底。此外，坡度设计还需考虑与泵站、调蓄池等提升设施的联动，确保重力流与压力流的顺畅转换，避免因坡度不匹配导致系统运行紊乱。

### 1.4 坡度设计需考虑的核心约束条件

坡度选择受多重因素制约，需在技术可行性与经济合理性间寻求平衡。地质条件是首要约束，软土地基需控制坡度以减少不均匀沉降风险，岩石地层则可适当增大坡度以降低开挖成本。地面荷载影响管道埋深，进而限制坡度调整空间，如穿越道路时需通过加深埋深满足抗浮要求，此时坡度设计需兼顾施工难度与长期稳定性。气候条件同样关键，寒冷地区需通过增大坡度防止冻胀破坏，多雨地区则需优化坡度以应对短时强降雨引发的排水压力。此外，管道材质与接口形式对坡度容忍度存在差异，柔性接口管道可适应更大坡度变化，而刚性接口管道则需严格控制坡度偏差以避免接口开裂。

## 2 排水管道埋深的合理性核心要素

### 2.1 埋深与管道自身防护的关联

排水管道埋深是保障管道结构安全与功能稳定的基础参数。埋深过浅时，管道直接暴露于地表荷载作用范围内，车辆行驶、建筑施工等动态荷载可能通过土体传

递至管道，引发管体变形、接口开裂甚至断裂。此外，浅埋管道易受温度变化影响，在冻土区，土壤反复冻融会导致管道周围土体松动，加剧管道不均匀沉降；在高温地区，浅埋管道受阳光直射影响，管内水温升高可能加速管道材质老化，缩短使用寿命<sup>[2]</sup>。反之，适当增加埋深可将管道置于稳定土层中，利用土体自重提供天然保护，减少地表荷载对管道的直接影响，同时降低温度波动对管道性能的干扰，从而提升管道长期运行的可靠性。

### 2.2 埋深与周边地下设施的协调关系

城市地下空间密集分布着电力、通信、燃气等各类管线，排水管道埋深需与周边设施保持安全间距，避免交叉干扰。若埋深不足，排水管道可能与上方管线发生冲突，导致施工阶段需频繁调整设计或采取保护措施，增加工程成本与工期风险；在运行阶段，不同性质管线的渗漏或破损可能相互影响，例如燃气管道泄漏可能渗入排水管道，引发安全隐患。此外，埋深设计还需考虑未来地下空间开发需求，预留足够空间供后续管线敷设或地铁、隧道等大型工程穿越，避免因埋深过浅导致既有管道成为地下空间开发的障碍。

### 2.3 埋深与地形、地质条件的适配性

地形起伏与地质特征是埋深设计的重要自然约束。在平坦地区，埋深主要受地下水位与冻土层深度控制，需确保管道底部位于冻土层以下，防止冻胀破坏，同时避免埋深过大导致施工难度与成本激增；在坡地或沟谷地带，埋深需顺应地形变化，通过阶梯式埋设或增设跌水井消化高差，防止管道因局部埋深不足出现悬空或反向坡度。地质条件方面，软土地基需适当增加埋深以提升管道抗沉降能力，避免因地基不均匀沉降导致管道断裂；岩石地层则需控制埋深以减少开挖难度，同时防止管道因埋设过深承受过大岩体压力。

### 2.4 埋深设计需考虑的核心约束条件

埋深设计需综合权衡技术可行性、经济合理性与维护便利性。技术层面，埋深需满足管道抗浮要求，在地下水位较高区域，需通过增加管重或设置抗浮锚杆防止管道上浮；经济层面，埋深与土方工程量、支护成本直接相关，过深埋设会显著提升施工费用，需通过优化埋深范围平衡初期投资与长期效益；维护层面，埋深需为管道检修预留操作空间，检查井间距与埋深需匹配，确保检修人员能安全进入井内作业，同时避免埋深过大导致清淤设备无法有效触及管底沉积物。此外，埋深设计还需符合地方规划要求，与城市道路、绿化带等地面设施的标高协调，避免因埋深冲突影响城市功能布局。

## 3 排水管道坡度与埋深的相互影响关系

### 3.1 坡度对埋深设计的制约作用

坡度设计直接影响管道埋深的确定范围。在重力排水系统中，坡度越大，水流速度越快，为维持管道稳定性，埋深需相应增加以平衡水压与土压的相互作用。若坡度设计过大而埋深不足，管道可能因水压过高产生上浮趋势，尤其在地下水位较高区域，浮力作用会进一步削弱管道与土体的摩擦力，导致接口错位或管体移位<sup>[3]</sup>。此外，陡坡管道在转弯或变径处易产生局部水头损失，需通过增加埋深为水流提供缓冲空间，避免因流速突变引发水锤效应或管道振动。反之，坡度较小时，水流速度降低，埋深可适当减小，但需确保管道底部位于冻土层以下或稳定土层中，防止因土体松动导致管道沉降。因此，坡度设计需与埋深范围动态匹配，通过计算水流压力与土体承载力的平衡点，确定合理埋深下限。

### 3.2 埋深对坡度选择的限制因素

埋深条件对坡度设计具有反向约束作用。在城市地下空间密集区域，管道埋深受上方既有管线、建筑物基础或道路结构的限制，无法随意增加以适应陡坡需求。此时，坡度设计需在有限埋深范围内调整，通过优化管径或流速参数弥补坡度不足，确保排水能力不降低。例如，在浅埋条件下，可通过增大管径降低流速，减少沉积风险；或采用光滑内壁管道降低摩擦阻力，提升水流效率。此外，埋深过大时，管道施工难度与成本显著增加，坡度设计需避免因追求排水效率而过度加深埋设，导致土方开挖量激增或支护结构复杂化。在地质条件复杂区域，如软土地基或岩石地层，埋深限制可能进一步压缩坡度调整空间，需通过局部加固或柔性接头设计弥补坡度不足，维持系统整体稳定性。

### 3.3 坡度与埋深协同设计的核心逻辑

坡度与埋深的协同设计需以系统功能优化为目标，构建动态平衡关系。核心逻辑在于通过参数耦合分析，实现水流效率、结构安全与经济性的统一。具体而言，坡度设计需优先满足排水流量与流速要求，确保水流在管道内保持稳定非沉积状态；埋深设计则需在满足防护需求的前提下，为坡度调整提供灵活空间。两者协同需遵循以下原则：一是功能适配原则，即坡度与埋深组合需适应地形起伏与地质变化，在陡坡段通过增加埋深消化高差，在平坦段通过优化坡度减少埋深；二是经济约束原则，通过敏感性分析确定坡度-埋深组合的成本阈值，避免因单一参数过度优化导致整体投资失控；三是长期维护原则，预留足够埋深空间供未来清淤或检修，同时确保坡度设计能应对极端天气或突发流量冲击。最终，协同设计需通过多目标优化模型，在满足水力条件、结构

安全与施工约束的条件下,确定坡度与埋深的最优组合方案。

#### 4 排水管道坡度与埋深合理性设计的核心原则

##### 4.1 功能性优先原则

排水管道作为城市基础设施的关键组成部分,其核心使命在于确保污水或雨水能够高效、稳定地输送至指定处理或排放点<sup>[4]</sup>。这一功能需求直接决定了坡度与埋深设计的首要标准。坡度设计需精准控制水流速度,既需避免因流速过低导致沉积物淤积、管道堵塞,影响排水效率,又需防止流速过高引发水锤效应或管道内壁冲刷磨损,缩短管道使用寿命。埋深设计则需为管道提供必要的物理防护,在冻土区域,埋深需超越冻土层厚度,防止土壤冻胀对管道结构造成破坏;在地下水位较高区域,埋深需确保管道自重与土体摩擦力之和大于地下水浮力,维持管道稳定性。功能性优先原则要求设计过程中始终以水流状态与管道安全为基准,任何坡度或埋深的调整均需通过严格的水力计算与结构分析验证,确保系统能够长期稳定运行,避免因追求其他目标而削弱核心功能。

##### 4.2 适配性原则

排水管道并非孤立存在,而是与周边地形、地质及地下设施形成复杂的交互关系。适配性原则强调设计需充分响应这些环境条件,实现管道与外部环境的动态协调。在地形方面,坡地或沟谷地带需通过阶梯式埋设或增设跌水井消化高差,防止因局部坡度不足出现反向坡或管道悬空;平坦区域则需通过优化坡度减少埋深,降低施工难度与成本。地质条件方面,软土地基需适当增加埋深以提升管道抗沉降能力,避免因地基不均匀沉降导致管道断裂;岩石地层则需控制埋深以减少开挖量,同时防止管道因埋设过深承受过大岩体压力。地下设施方面,管道埋深需与电力、通信、燃气等既有管线保持安全间距,避免交叉干扰;同时需预留未来地下空间开发空间,防止因埋深过浅成为后续工程障碍。适配性原则要求设计过程中开展详细的地质勘察与地下管线探测,确保设计方案与现场条件高度匹配。

##### 4.3 经济性与可行性平衡原则

坡度与埋深设计需在满足功能与适配要求的前提下,兼顾工程经济性与施工可行性。经济性平衡要求通过优化参数组合降低全生命周期成本,例如在满足排水需求的前提下,适当减小坡度可减少土方开挖量与支护结构投入,降低初期建设成本;合理控制埋深能减少管道长度与管材用量,同时降低后期维护难度与费用。可行性平衡则需考虑施工条件限制,在地质复杂区域或地下空间密集区,过陡坡度或过深埋深可能因技术难度过高或成本超支而无法实施,此时需通过调整管径、采用柔性接口或分段施工等方式提升方案可行性<sup>[5]</sup>。经济性与可行性平衡原则强调通过多方案比选与敏感性分析,确定坡度与埋深的最优组合,实现功能、成本与施工条件的综合最优,避免因单一目标过度优化导致系统整体效益下降。

##### 结束语

市政给排水管道坡度与埋深设计需以功能实现为基础,通过动态平衡坡度与水流速度、埋深与结构防护的关系,确保系统长期稳定运行。设计过程中需充分响应地形起伏、地质差异及地下设施分布,通过参数耦合分析与多方案比选,实现技术可行性与经济合理性的统一。功能性优先原则保障排水效率与安全性,适配性原则强化环境协调性,经济性与可行性平衡原则优化资源配置。三者协同可有效提升设计质量,为城市排水系统的高效、可靠运行提供坚实保障。

##### 参考文献

- [1]赵永生.市政工程给排水雨污分流管道改造设计:畅通与节能的有效契合[J].产品设计,2024(14):165-167.
- [2]孙晓锋,吕纪佑,周斌.软土地区地下排水管道设计和施工要点研究[J].工程技术研究,2023,8(17):192-194.
- [3]高林伟.市政道路排水系统的设计要点和优化措施[J].四川水泥,2022,(10):92-94.
- [4]朱双喜.大坡度排水管道设计要点研究[J].中国市政工程,2023(6):44-46,53.
- [5]同玉,姚瑶,王添,等.片区尺度下管网淤积和坡度变化对排水效果影响研究[J].给水排水,2025,51(4):131-138.