

# 水利工程土工试验中的土体渗透性研究

杜承轩

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司，天津市，300220；

**摘要：**本文深入探讨了水利工程土工试验中土体渗透性的重要性、影响因素以及测试方法。通过对土体渗透性的研究，为水利工程的设计、施工和运行提供了重要的科学依据。阐述了土体渗透性对水利工程稳定性和安全性的影响，分析了颗粒级配、孔隙比、饱和度等因素与土体渗透性的关系，并介绍了常见的土体渗透性测试方法及其优缺点。

**关键词：**水利工程；土工试验；土体渗透性

**DOI：**10.69979/3029-2727.25.05.014

水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，对于水资源的合理开发利用、防洪抗旱、农业灌溉等方面起着至关重要的作用。而土体渗透性作为土工试验的重要试验内容，所提供的重要参数，直接关系到水利工程的稳定性和安全性。因此，对水利工程土工试验中的土体渗透性进行深入研究具有重要的现实意义。

## 1 土体渗透性的重要性

### 1.1 对水利工程设计的影响

在水利工程设计环节，土体渗透性起着至关重要的作用。水利工程中的堤坝、水闸、渠道等水工建筑物的基础设计以及防渗措施的确定，都离不开对土体渗透性的准确考量。土体渗透性若过大，将会给水工建筑物带来严重的隐患。例如，可能导致水工建筑物的基础出现渗漏现象，一旦发生渗漏，水的不断渗入会逐渐削弱建筑物基础的承载能力，降低工程的稳定性和安全性。在设计过程中，工程师们必须充分认识到土体渗透性的影响，准确测定土体的渗透性能。只有这样，才能依据土体的实际渗透情况，合理设计水利工程的防渗体系。比如，对于渗透性较高的土体区域，可以考虑采用更加坚固、防渗性能更好的建筑材料，或者设计更加复杂的防渗结构，以确保水工建筑物在运行过程中不会因基础渗漏而出现安全问题。合理的防渗体系设计不仅能够保障水利工程的安全稳定运行，还能延长工程的使用寿命，降低后期维护成本。

### 1.2 对工程施工的影响

在工程施工过程中，土体渗透性对施工方法的选择以及施工进度有着显著的影响。当面对渗透性较大

的土体时，施工团队在进行地基处理时就需要采用特殊的防渗措施。例如，灌浆是一种常见的处理方法，通过将特定的材料注入土体中，填充土体中的孔隙，降低土体的渗透性。铺设防渗膜也是一种有效的防渗手段，可以在土体表面形成一层隔水层，阻止水分的渗透。然而，这些特殊的防渗措施无疑会增加施工的难度和成本。施工人员需要具备更高的技术水平和专业知识，以确保防渗措施的有效实施。同时，土体渗透性也会影响土方工程的施工进度。渗透性较大的土体在降水和排水方面需要投入更多的时间和资金。为了保证施工的安全和质量，施工团队需要采取更加有效的降水和排水措施，这可能会延长施工周期，增加施工成本。因此，在施工前，施工团队必须对土体的渗透性进行详细的勘察和分析，根据土体的实际情况选择合适的施工方法，合理安排施工进度，以确保水利工程的顺利进行。

### 1.3 对水利工程运行的影响

在水利工程投入运行后，土体渗透性依然会对工程的防渗效果和使用寿命产生重要影响。如果土体渗透性过大，水工建筑物周围的土体极有可能发生渗漏现象。渗漏不仅会降低工程的防渗效果，还会对周围的环境造成一定的影响。长期的渗漏会导致土体逐渐软化、流失，进一步影响工程的稳定性和安全性。为了保证水利工程的正常运行，定期对水利工程周围土体的渗透性进行监测显得尤为重要。通过监测，可以及时发现渗漏问题，并采取相应的处理措施。例如，对于轻微的渗漏，可以采用修补防渗层、加强排水等方法进行处理；对于严重的渗漏问题，则需要进行更加复杂的工程修复。及时发

现和处理渗漏问题，能够有效延长水利工程的使用寿命，确保工程的安全稳定运行。同时，监测土体渗透性还可以为水利工程的维护和管理提供重要的依据，帮助管理人员制定更加科学合理的维护计划，提高水利工程的综合效益。

## 2 土体渗透性的影响因素

### 2.1 颗粒级配的重要性

土体的颗粒级配在很大程度上决定着土体的渗透性，是影响土体渗透性的一个关键因素。通常情况下，具有良好颗粒级配的土体表现出相对较低的渗透性，而颗粒级配较差的土体则往往具有相对较高的渗透性。这其中的原理在于，在具有良好颗粒级配的土体中，细小的颗粒能够恰到好处地填充较大颗粒之间的空隙。这种填充作用使得空隙的尺寸得以减小，从而有效地阻碍了水分的流动，进而降低了土体的渗透性。相反，在颗粒级配较差的土体中，由于缺乏足够的细小颗粒来填充较大颗粒之间的空隙，导致较大颗粒之间的空隙较大。这样的空隙结构为水分的流动提供了较为顺畅的通道，使得水分更容易通过土体，从而导致土体的渗透性增加。在实际的工程应用中，了解土体的颗粒级配对于评估土体的渗透性至关重要。例如，在水利工程的堤坝建设中，如果土体的颗粒级配不良，渗透性较高，就可能导致堤坝出现渗漏问题，影响工程的安全性和稳定性。因此，在工程设计和施工过程中，需要对土体的颗粒级配进行详细的分析和评估，以便采取相应的措施来降低土体的渗透性，确保工程的质量。

### 2.2 孔隙比对渗透性的影响

孔隙比作为土体中孔隙体积与固体颗粒体积之间的比率，对土体的渗透性有着直接而重要的影响。孔隙比的大小在很大程度上决定了土体中孔隙的数量和分布情况，进而影响水分在土体中的流动路径和难易程度。孔隙比越大，意味着土体中的孔隙数量越多，孔隙的总体积也相对较大。在这种情况下，水分更容易在土体中找到流动的通道，从而使得土体的渗透性增加。相反，孔隙比越小，土体中的孔隙数量越少，孔隙的总体积也相应减小。这使得水分通过土体的路径受到限制，水分流动的难度增大，土体的渗透性也相应减小。在水利工程中，通过压实土体等方法来减小孔隙比是一种常见的提高工程防渗效果的手段。压实土体可以使土体中的颗

粒更加紧密地排列，减少孔隙的数量和体积，从而降低土体的渗透性。此外，在工程设计中，也可以根据土体的孔隙比来选择合适的防渗材料和措施，以确保工程的安全和稳定。

### 2.3 饱和度对渗透性的影响

饱和度作为土体中孔隙水体积与孔隙总体积之间的比率，对土体的渗透性有着直接的影响。饱和度的高低决定了土体中孔隙水的含量，进而影响水分在土体中的流动情况。当饱和度较高时，土体中的孔隙水含量较多，水分在土体中的流动阻力相对较小，更容易在土体中流动，从而导致土体的渗透性增加。相反，当饱和度较低时，土体中的孔隙水含量较少，水分在土体中的流动受到较大的阻力，流动速度减慢，土体的渗透性相应减小。在水利工程中，通过降低土体的饱和度可以有效降低土体的渗透性，提高工程的稳定性和安全性。例如，采用排水、降水等措施可以减少土体中的孔隙水含量，降低土体的饱和度，从而减小土体的渗透性。此外，在工程设计中，也需要考虑土体的饱和度对渗透性的影响，选择合适的防渗措施和材料，以确保工程的质量和安全。

### 2.4 土的结构对渗透性的影响

土的结构是指土体中颗粒的排列方式以及颗粒之间的联结方式，不同的土结构会导致土体的渗透性存在显著差异。例如，具有蜂窝状结构的土体，其颗粒之间的空隙较大，形成了较多的水分流动通道，因此渗透性较大。而具有絮状结构的土体，其颗粒之间的联结较为紧密，限制了水分的流动，所以渗透性较小。在水利工程中，通过改变土体的结构可以调整土体的渗透性，以满足工程的具体需求。例如，采用压实、搅拌等方法可以改变土体的颗粒排列方式和联结方式，从而改变土体的渗透性。此外，在工程设计中，也需要考虑土体的结构对渗透性的影响，选择合适的施工方法和材料，以确保工程的质量和安全。总之，土的结构是影响土体渗透性的一个重要因素，在水利工程中需要给予充分的重视。

## 3 土体渗透性的测试方法

### 3.1 常水头渗透试验是一种在恒定水头作用下测定土体渗透性的重要方法

在具体操作中，首先要将精心准备的土体试样小心翼翼地装入渗透仪中。接着，在恒定水头的持续作用下，仔细测量单位时间内通过土体试样的水量。通过这些详

实的数据，运用特定的计算公式，我们能够准确地计算出土体的渗透系数，进而深入了解土体的渗透性能。该方法尤其适用于渗透性较大的土体，像砂土、粉土等。常水头渗透试验具有诸多优点，一方面，其操作过程相对而言较为简单，不需要复杂的操作步骤和高超的技术要求，即使是经验不太丰富的试验人员也能较快上手。另一方面，试验所需时间较短，能够在较短的时间内得出结果，为工程进度的推进提供及时的数据支持。而且，常水头渗透试验的结果相对准确，能够为工程设计和施工提供可靠的依据。然而，这种方法并非十全十美，也有其局限性。主要表现在它主要适用于渗透性较大的土体，对于渗透性较小的土体，由于水流通过土体的速度较慢，测量误差可能会相对较大，导致试验结果可能会出现较大的误差，从而影响对土体渗透性能的准确判断。

### 3.2 变水头渗透试验是一种在变化水头作用下测定土体渗透性的有效方法

进行变水头渗透试验时，同样需要先将土体试样装入渗透仪中。随后，在变化水头的作用下，密切测量土体试样两端水头差随时间的变化情况。依据这些动态变化的数据，经过复杂的计算过程，我们可以计算出土体的渗透系数，从而深入了解土体的渗透性能。该方法特别适用于渗透性较小的土体，例如黏土、粉质黏土等。变水头渗透试验的优点较为突出，它能够较好地适用于渗透性较小的土体，对于这类土体的渗透性能能够进行较为准确的测定。因为在变化水头的作用下，可以更灵敏地捕捉到水流通过渗透性较小土体的细微变化，从而提高试验结果的准确性。然而，这种方法也存在一些缺点。首先，操作过程相对复杂，需要试验人员具备较高的专业知识和技能，严格按照操作规程进行操作，否则容易出现误差。其次，试验所需时间较长，因为要持续观察水头差随时间的变化情况，这就需要耗费较多的时间和精力。此外，对试验设备的要求较高，需要精密的仪器设备来准确测量水头差的变化，这也增加了试验的成本和难度。

### 3.3 现场渗透试验是一种在实际工程现场测定土体渗透性的实用方法

通过现场渗透试验，可以直接了解土体在实际工程

条件下的渗透性能，因此具有较高的可靠性。现场渗透试验的方法主要包括抽水试验、注水试验、压水试验等。在抽水试验中，通过抽取地下水，观察水位的变化情况来测定土体的渗透性。注水试验则是向土体中注入一定量的水，观察水的渗透情况来确定土体的渗透性能。压水试验是通过对土体施加一定的压力，观察水在压力作用下的渗透情况来评估土体的渗透性。现场渗透试验的优点十分明显，它可以直接反映土体在实际工程条件下的渗透性，与实验室试验相比，更能真实地反映土体在实际工程中的性能表现，因此结果较为可靠。然而，现场渗透试验也有其不可忽视的缺点。首先，试验成本较高，需要投入大量的人力、物力和财力，包括专业的试验设备、技术人员以及场地准备等方面的费用。其次，试验周期较长，因为要在实际工程现场进行操作，受到各种因素的影响，如天气、场地条件等，所以试验的进度相对较慢。此外，对试验场地的要求较高，需要有合适的场地条件来进行试验，否则可能会影响试验结果的准确性。尽管如此，现场渗透试验在工程实践中仍然具有重要的应用价值，它能够为工程设计和施工提供最直接、最真实的土体渗透性能数据，对于保障工程的安全和质量具有不可替代的作用。

## 4 结语

土体渗透性是水利工程土工试验中的一个重要参数，直接关系到水利工程的稳定性和安全性。通过对土体渗透性的研究，可以为水利工程的设计、施工和运行提供重要的科学依据。在实际工程中，应根据土体的性质和工程的要求，选择合适的土体渗透性测试方法，准确测定土体的渗透系数，为水利工程的建设和运行提供保障。同时，还应通过合理的工程措施，如压实土体、铺设防渗膜等，降低土体的渗透性，提高水利工程的防渗效果和稳定性。

## 参考文献

- [1] 丁泽远. 水利工程土工试验中实验方法的探究[J]. 水上安全, 2023, (14): 34-36.
- [2] 章宏萍, 章晓泽. 水电水利和高速公路工程土工试验常规检测项目区别[J]. 云南水力发电, 2022, 38(08): 94-96.