

水利水电工程施工中不良地基处理技术探究

吕世宏

昆明市西山区水利水电综合服务中心，云南昆明，650000；

摘要：水利水电工程对社会发展至关重要，在工程规模方面，全球能源与水资源需求增长，大型水利水电枢纽不断涌现，复杂地质状况增多，科学处理不良地基成为保障工程建设和运行的关键。本文简单分析了水利水电工程施工中不良地基的危害，探讨了其常用的处理方法和技术，旨在为相关工作提供帮助，保障水利水电工程施工的质量和安全性。

关键词：水利水电工程；不良地基；处理技术

DOI：10.69979/3060-8767.24.05.006

引言

水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，在防洪、灌溉、发电、供水等方面发挥着关键作用。然而，工程建设常常面临复杂的地质条件，不良地基广泛存在，如深覆盖层地基透水性强，易引发渗漏；坝基涌泉会增大渗透压力，威胁坝体安全等。这些不良地基问题严重影响水利水电工程的建设质量和运行安全，因此，深入探究不良地基处理技术，是保障水利水电工程顺利实施和长期稳定运行的关键所在。

1 水利水电工程施工中不良地基的危害

1.1 导致土坡失稳

在水利水电工程中，大坝、堤岸等结构往往依托地基而建，且周边存在大量的土坡。若地基为不良地基，如软土地基、湿陷性黄土地基等，土坡的稳定性会受到严重威胁。软土地基的抗剪强度低，在外部荷载和水压力的作用下，容易产生塑性流动。当坝体填筑或水库蓄水后，地基承受的压力增加，软土地基无法提供足够的抗滑力，致使土坡的滑动面逐渐形成。一旦土坡失稳，可能引发滑坡、坍塌等地质灾害。滑坡不仅会破坏工程设施，导致施工中断，增加工程成本，还可能对下游的居民和设施造成严重威胁，如冲毁房屋、阻断交通等。

1.2 削弱地基承载力

不良地基的土体性质较差，其颗粒组成、结构等不利于承载上部结构的重量。例如，在含有大量淤泥质土的不良地基中，土颗粒间的连接松散，孔隙比大，压缩性高。当水利水电工程中的水闸、水电站厂房等建筑物坐落其上时，地基在建筑物自重和上部荷载的作用下，土体颗粒会发生重新排

列和压缩变形。随着时间的推移，地基土的强度逐渐降低，无法承受建筑物传来的荷载，导致地基承载力下降。这可能导致建筑物出现倾斜、开裂等现象，影响建筑物的正常使用和结构安全，严重时甚至可能导致建筑物整体垮塌，造成巨大的经济损失和人员伤亡。

1.3 引发地基沉降

不良地基的压缩性通常较高，在水利水电工程施工和运营过程中，容易产生不均匀沉降^[1]。当工程建设在湿陷性黄土、膨胀土等不良地基上时，遇水后土体的结构会发生破坏，导致体积变化。湿陷性黄土在天然状态下具有一定的强度，但受水浸湿后，土的结构迅速破坏，发生显著的下沉现象。这种地基沉降如果不均匀，会使建筑物的基础受力不均。对于大坝而言，不均匀沉降可能导致坝体出现裂缝，削弱大坝的防渗能力，严重时可能引发溃坝事故；对于输水管道等设施，不均匀沉降会导致管道破裂、漏水，影响水利水电工程的正常运行和效益发挥。

2 水利水电工程施工中不良地基处理方法

2.1 置换法

置换法是将地基中的不良土体部分或全部挖除，然后用强度较高、压缩性较低的材料进行替换，以提高地基的承载能力和稳定性，常用的置换材料有砂、碎石、灰土等。在处理软土地基时，常采用砂垫层置换法，先将基础底面下一定范围内的软弱土层挖除，然后分层铺设砂垫层，每层厚度控制在 20~30 厘米，并用平板振动器或蛙式打夯机等设备进行振实或夯实。砂垫层具有良好的透水性，能加速地基土的排水固结，提高地基的强度。

2.2 排水固结法

排水固结法是利用地基土在荷载作用下排水固结的原理,使地基土的孔隙水排出,土体逐渐密实,从而提高地基的强度和减少沉降量,该方法主要由排水系统和加压系统两部分组成。排水系统可采用砂井、塑料排水板等,其作用是在地基中形成排水通道,加速孔隙水的排出;加压系统则通过堆载预压、真空预压等方式对地基施加压力。以堆载预压为例,在地基表面堆放一定重量的材料,如砂、土等,使地基土在荷载作用下排水固结。施工时,先在地基中设置排水砂井或塑料排水板,然后在地基表面铺设砂垫层,再逐层堆载,堆载重量根据设计要求确定,一般加载速率不宜过快,以免地基失稳。

2.3 化学加固法

化学加固法是通过向地基土中注入化学浆液,使浆液与土颗粒发生化学反应,从而改善地基土的物理力学性质,提高地基的承载能力和抗渗性,常用的化学浆液有水泥浆、水玻璃、环氧树脂等^[2]。以水泥灌浆法为例,将水泥浆通过钻孔或灌浆管注入地基土中,水泥浆在土体孔隙中扩散、凝固,与土颗粒胶结在一起,形成具有一定强度和整体性的加固体。首先,根据地基土的性质和加固要求确定灌浆参数,如浆液配合比、灌浆压力、灌浆量等。然后进行钻孔,钻孔间距根据加固范围和土体特性确定,一般为1~3米。最后通过灌浆泵将水泥浆注入孔内,使浆液在土体中渗透、扩散。化学加固法适用于处理砂土、粉土、粘性土等多种地基土,可用于提高地基承载力、止水防渗等。

2.4 振密、挤密法

振密、挤密法是通过振动或挤压的方式使地基土密实,从而提高地基的承载力和稳定性,常见的方法有强夯法、振冲法、挤密砂桩法等。强夯法是利用重锤从高处自由落下,对地基土进行强力夯实,使地基土在强大的冲击能作用下,土体结构破坏、颗粒重新排列,从而达到密实的目的。强夯施工时,首先要根据地基土的性质和加固要求确定强夯参数,如夯锤重量、落距、夯击次数、夯击遍数等,一般夯锤重量为10~40吨,落距为6~30米。然后按照设计要求进行夯击施工,夯击遍数一般为2~3遍,每遍之间应间隔一定时间,以利于土体孔隙水的消散。振冲法是利用振冲器的振动和水冲作用,在地基中形成振冲孔,然后向孔内填入碎石等材料,边振边填,使桩体和周围土体形成复合地基,提高地基的承载能力。挤密砂桩法是通过打入砂桩,使桩周围的土体受到挤压,孔隙减小,从而达到挤密的目的。

3 水利水电工程施工中不良地基处理技术的应

用

3.1 深覆盖层处理技术

在水利水电工程中,深覆盖层地基较为常见,其厚度大、结构复杂,给工程建设带来诸多挑战,常见的深覆盖层处理技术有混凝土防渗墙和灌浆帷幕。混凝土防渗墙是在深覆盖层中采用专用成槽设备,如液压抓斗、冲击钻等,挖掘出一定深度和宽度的槽孔,然后在槽孔内浇筑混凝土,形成连续的墙体,起到防渗和承载作用。首先,进行导墙施工,为成槽提供导向和支撑,接着根据地质条件和设计要求选择合适的成槽设备与工艺,严格控制槽孔的垂直度和泥浆护壁质量,防止槽壁坍塌。成槽完成后,及时下设钢筋笼和浇筑混凝土,确保墙体的连续性和强度^[3]。混凝土防渗墙适用于覆盖层厚度较深、透水性强的地基,能有效截断地下水渗流通道,保障大坝等水工建筑物的安全稳定。灌浆帷幕则是通过钻孔向深覆盖层中注入水泥浆、化学浆液等,使浆液在土体孔隙中扩散、凝结,形成一道连续的防渗帷幕。首先,依据地质勘察资料确定灌浆孔的布置、深度和间距,一般孔距为1~3米。然后,采用回转钻进、冲击钻进等方式进行钻孔,钻孔过程中要保证孔壁的稳定性。钻孔完成后,进行洗孔,清除孔内的岩屑和杂质,再按照设计的浆液配合比和灌浆压力进行灌浆作业,灌浆压力通常根据覆盖层的性质和厚度在0.5~5MPa之间调整。

3.2 坝基涌泉处理技术

坝基涌泉会导致坝基渗透压力增大,威胁坝体安全,常用的处理技术有反滤导渗和封堵。反滤导渗是在涌泉出口处铺设由不同粒径砂石料组成的反滤层,使水能够顺利排出,同时阻止地基土颗粒被带出。首先,清理涌泉出口周围的杂物和松散土体,然后按照设计要求分层铺设反滤层,一般由粗砂、小石子、大石子等组成,每层厚度根据工程实际情况在10~30厘米不等。反滤层铺设完成后,在顶部设置排水设施,将渗出的水引至合适位置排放。封堵法则是针对涌水量较大、反滤导渗无法有效控制的涌泉。先通过地质勘察确定涌泉的位置、深度和涌水通道,然后采用灌浆、混凝土封堵等方法进行处理。对于较小的涌水通道,可采用化学灌浆进行封堵,如注入水玻璃-水泥双液浆,利用其快速凝固的特性堵塞通道;对于较大的涌水通道,可先投入砂石料、袋装水泥等进行初步封堵,然后再浇筑混凝土进行密封加固。在封堵过程中,要密切监测坝体的变形和渗流情况,确保封堵效果和坝体安全。

3.3 淤泥质软土处理技术

淤泥质软土具有含水量高、压缩性大、强度低等特点，对地基的承载能力有极大影响，常用的处理技术有粉体喷射搅拌法和高压喷射注浆法。粉体喷射搅拌法是利用专用的搅拌设备，将水泥、石灰等粉体固化剂喷入淤泥质软土中，通过搅拌使固化剂与软土充分混合，发生物理化学反应，形成具有一定强度和整体性的加固体。首先，平整场地，根据设计要求确定搅拌桩的位置和间距，一般间距为 1-2 米。接着启动搅拌设备，将固化剂从钻头喷入软土中，边喷边搅拌，提升和下沉过程的搅拌速度和喷粉量要严格控制，确保固化剂与软土均匀混合^[4]。高压喷射注浆法是利用高压喷射设备，将水泥浆等浆液以高压喷射的方式注入淤泥质软土中，使土体与浆液混合、凝固，形成桩体或板墙等加固体。首先，钻孔至设计深度，然后将喷射管插入孔内，通过高压泵将浆液以 20-40MPa 的压力喷射出来，同时旋转和提升喷射管，使浆液与周围土体充分混合。根据喷射方式的不同，可分为旋喷、定喷和摆喷，旋喷形成圆柱状加固体，定喷形成板墙状加固体，摆喷形成扇状加固体，可根据工程需要选择合适的喷射方式。高压喷射注浆法适用于处理不同深度的淤泥质软土地基，能有效改善地基土的物理力学性质。

3.4 强透水层防渗处理技术

强透水层常见的处理技术有垂直铺塑和土工合成材料防渗。垂直铺塑是利用专用的铺塑设备，在强透水层中铺设土工膜，形成垂直防渗体。施工时，先在地基上开挖沟槽，沟槽深度根据强透水层的厚度和设计要求确定，一般为 3-10 米。然后将土工膜放入沟槽内，采用专用的锚固方式将土工膜固定在沟槽两侧的土体中，防止土工膜滑动和漏水。最后在沟槽内回填土料并夯实，保护土工膜不受损坏。垂直铺塑施工简便、成本较低，适用于浅层强透水层的防渗处理。土工合成材料防渗则是在地基表面铺设土工织物、复合土工膜等材料，形成水平防渗层。首先对地基表面进行平整处理，清除尖锐的石块和杂物，防止土工合成材料被刺破。然后将土工合成材料按照设计要求进行铺设，铺设过程中要注意土工合成材料的搭接宽度和焊接质量，一般搭接宽度不小于 10 厘米，采用热熔焊接或粘接的方式进行连接。铺设完成后，在土工合成材料上覆盖一定厚度的保护层，如黏土、砂卵石等，防

止土工合成材料受到阳光、紫外线等的破坏。土工合成材料防渗适用于大面积的强透水层防渗处理，具有防渗效果好、施工速度快等优点。

3.5 可液化土层处理技术

在水利水电工程中，可液化土层受地震、动水压力等影响，土的抗剪强度会急剧降低，甚至完全丧失，导致地基失稳、建筑物倾斜或倒塌，挤密砂桩是其常用的处理技术。挤密砂桩法是通过专用设备将砂桩打入可液化土层中，使桩周围的土体受到挤压，孔隙减小，从而提高土体的密实度和抗液化能力。施工时，先根据设计要求确定砂桩的桩位和间距，一般间距为 1-2 米。采用振动沉管、锤击沉管等方式将砂桩打入土层中，在沉管过程中，管内砂料在振动或锤击作用下被挤入周围土体，形成密实的砂桩。挤密砂桩施工过程中，要控制好砂桩的垂直度和砂料的灌入量，确保砂桩质量^[5]。

4 结语

综上所述，水利水电工程施工中不良地基处理技术对于工程的成败至关重要。深覆盖层处理技术、坝基涌泉处理技术、淤泥质软土处理技术、强透水层防渗处理技术、可液化土层处理技术等的有效运用，能够改善不良地基的物理力学性质，提高其承载能力、抗渗性和稳定性，保障水利水电工程的安全可靠运行。随着工程技术的不断进步，未来应持续加强对不良地基处理技术的研究与创新，结合新的材料、工艺和设备，以应对更加复杂多变的地质条件，为水利水电事业的可持续发展保驾护航。

参考文献

- [1] 朱宗洲. 水利水电工程施工中不良地基处理技术分析[J]. 建材发展导向, 2024, 22(23): 114-116.
- [2] 王林. 不良地基处理技术在水利工程施工中的应用分析[J]. 工程技术研究, 2024, 9(21): 91-93.
- [3] 卢志斌. 水利水电工程施工中不良地基处理技术分析[J]. 黑龙江水利科技, 2023, 51(10): 80-82.
- [4] 郭海龙. 浅析水利水电工程施工中有关不良地基处理技术[J]. 中华建设, 2023, (09): 178-180.
- [5] 刘安富. 水利水电工程施工中有关不良地基处理技术[J]. 水利水电技术(中英文), 2022, 53(S2): 225-229.