

# 水利工程常见不良地基基础施工方法与处理策略探究

陈涛

中国电建市政建设集团有限公司

**摘要：**水利水电工程是在恶劣的野外环境中施工的，往往受周边地质水文条件的影响。其中，不良地基是影响工程施工的一个不利因素，需要选择合理的处理不良地基施工技术。在工程中，软土地基是一种常见的不良地基，其含水量大、土质松软，具有触变性、渗透性等特点，主要分布在沿河沿海地区。若不对软土地基进行技术处理，将导致工程存在较大的安全隐患。

**关键词：**水利工程；不良地基；施工方法；处理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.12.063

## 一、工程概况

乾务大涌水闸于1974年12月16日动工，1976年7月建成投产；中间于1997年3月开始除险改建，1997年11月除险改建完成；之后又于2011年及2019年分别进行过金属结构及启闭机设备维修更换和灌浆加固。经过运用至今已达46年。其位于乾赤联围的乾务段，是乾务镇防潮、排涝的重要工程。水闸共12孔，单孔净宽5.7米，总净宽68.4米，水闸左岸（北侧）布设船闸一座，闸首净宽7.0米，船闸闸室54×12米。水闸原设计流量632m<sup>3</sup>/s，水（船）闸为中型水闸，主要建筑物级别为2级，次要建筑物为3级。

## 二、水利水电工程施工的概述及特点

水是人类赖以生存的基本物质，然而，过度的水资源也可能带来灾难性的洪涝灾害。为了实现了对水的控制，防止水灾的发生，水利水电工程的建设变得至关重要。所谓水利水电工程，其目的在于控制、消除、利用和保护水资源和环境。这种工程涵盖了诸如防洪工程、农田工程、水力发电工程和环境水利工程等多个领域。这些工程具有系统性和综合性，设计时必须综合考虑周围环境的影响因素，以减少对环境造成的不利影响。然而，在水利工程的建设过程中，我们也面临着各种不确定性因素，如气象、水文和地质条件的变化，以及水力作用的影响。因此，为了确保工程的顺利进行，必须制定周密的计划，并严格按照计划实施工程建设。水利水电工程往往规模庞大、技术复杂、工期长、投资高昂。为了确保工程质量，施工过程中必须严格遵守建设程序和质量控制标准。只有这样，我们才能够充分发挥水利水电工程的作用，实现对水资源的有效利用和保护。

## 三、水利水电工程建设的重要性

在水利水电工程的建设中，建筑施工技术对其安全稳定运行至关重要。同时，积极管理地基基础建设，解

决基础建设质量问题，可以提高水利水电工程的服务效果，确保其长期有效运行。此外，水利水电工程施工技术的应用效果和质量直接影响着水利水电工程建设的质量，因此需要高度重视。水利水电工程在社会发展中扮演着重要的角色，其建设和管理需要全面考虑各方面因素，保证工程质量和安全运行，为社会经济发展和清洁能源利用做出积极贡献。

## 四、水利水电工程施工中有关不良地基的危害

### （一）不良地基造成土坡稳定性变差

土坡稳定性是指土体在自然或外界荷载作用下不发生倾斜或破坏的能力。影响土坡稳定性的主要原因是土体内部某个滑动面上的剪应力达到抗剪强度。外界荷载作用或土坡环境变化会导致土体内部剪应力增大和抗剪强度降低，从而促使土坡失稳破坏。导致土坡失稳的因素有很多，比如孔隙水应力升高、气候变化引起的干裂和冻融、黏土夹层软化、黏性土蠕变等都会直接影响土层的内部结构，进而使土坡不稳定。当土坡稳定性变差时，会影响水利水电工程的后续施工，可能造成斜坡稳定性变差，甚至导致严重的斜坡破坏。因此，为确保土坡稳定性，必须对土体的内部结构和外界环境因素进行全面评估和监测。掌握土体的变化规律，及时采取有效的加固措施，可以保障土坡的稳定，同时确保水利水电工程的安全施工和运行。

### （二）不良地基降低基础基地的承载力

在施工过程中，地基的承载能力是至关重要的，它承担着上层建筑施加的压力。基础承载力必须在可接受范围内，不能损害基础内部结构。如果地基承载能力下降，可能导致安全隐患，进而影响后续施工并造成经济损失。土壤密度与地基承载能力密切相关，如果受到不良影响，可能导致工程坍塌现象的发生。降低承载能力会加剧施工安全隐患，整个施工团队可能处于安全事故风险之中。因此，在水利水电工程施工中，务必重视地基的承载能力，确保施工质量和后续建筑的安全。

## 五、水利工程中常见的不良地基及其处理

### （一）水泥搅拌桩基础处理

#### 1. 干法施工

1) 找准桩位，确保钻杆竖直，当搅拌头快要靠近地表的时候，启动搅拌桩机电机，启动钻孔。2) 在钻孔至设计孔底后，开启空压机，反转匀速提升，边搅拌边喷射水泥灰。3) 当加固体粉末达到底部后，将搅拌钻抬起，通常不采用Ⅲ级起吊，以方便控制成桩的质

量。起吊至设计桩顶高度后，停止喷灰。4) 待搅拌钻升至桩顶时，停止起吊，在原地进行2分钟的钻进，以确保桩帽的密实和均匀。5) 钻至设计桩底，再次进行二次搅拌和二次喷浆，将固化材料和基础土壤充分混合。在实际操作过程中，如发现喷粉数量不够，必须整根进行二次喷射，每次喷射的数量不能低于设计值。6) 把搅拌头从地下拔起，停机主马达和空压机，并做好工作日志。

### 2. 湿法施工

本项目提出以水灰为主要原料，以水灰的比例为4%（水泥），生石膏中硫酸盐的加入量不低于40%，0.08mm方孔筛的筛分余量控制在15%以内。按照设计的方法，将混合好的物料进行混合，并在5分钟内进行混合，然后过滤，装入储浆筒中待用。在打至桩底后，对桩端进行注浆30s左右，以充分灌注至桩端，以增加桩端的承载力。对桩基承载力起决定性作用的是上半部分，为了确保桩身的均一性，对上半部分进行了特殊的回填。在施工过程中，必须对搅拌桩的抬升速率进行控制，以保证灌注量和搅拌的均匀性，确保桩的加固效果。为了保证桩身的强度，搅拌机在旋转到设计深度后，将钻杆倒转，不再提起，直到确定水泥浆已经输送到钻孔底部，并且搅拌均匀后才能起吊。在搅拌车升到桩顶附近时，要特别注重桩头的施工质量，搅拌机从地下一米处喷浆并从地表升起，最好采用低速，在喷浆口即将露出地表时，要停止起吊；搅拌时间为10秒，以确保桩头的密实和均匀。对每根成型的搅拌桩进行质量检验，主要是水泥用量，掺入的水泥数量，以及压浆过程中的断浆情况；同时，对喷浆机的提升时间进行了分析。水灰比的增加会降低桩的强度。在工程实践中，随着水灰比的减小，管道堵塞的可能性也越来越大，因此必须严格控制。一般在0.5-0.7范围内，具体的水灰比可以通过试验来决定。在灌注桩7天后，在灌注桩7天后，用浅埋法（距停浆水位0.5米）对桩头进行开挖，以验证搅拌的均匀性。使用便携式触探器内的勺形钻头，在搅拌桩的中央钻一个洞，然后将桩核取出来，看颜色是否相同；有没有富含水泥浆液的“结核”或者没有搅拌过的土块。

### （二）预应力管桩地基的处理

#### 1. 施工要求

严把“桩顶标高”关；将线锤悬挂在桩架上，随时调整桩架的垂直度，并利用两部经纬仪，分别从两个互相垂直的方向对桩的垂直度进行修正。严把接桩质量控制，在进行下一轮的锤打前，待其自然降温后，再进行下一轮的锤打，其自然降温时间不能低于8分钟。不能用冷水降温，也不能在接桩后马上进行施工。为确保每根桩都达到设计要求，并以绝对高程来控制沉桩的深

度，建议使用柴油锤钻机进行沉桩。如果对环境有更高的要求，还可以使用液压打桩锤。在送桩完成后，要及时进行回填，以防止相邻桩在施工过程中，由于地面土质疏松不均匀，造成桩位偏差。

### 2. 施工技术要点

（1）测绘：依据施工控制网及图纸，对工地进行勘测，在施工过程中，不能因打桩施工而影响水平点的位置，并对桩位进行复核，确认无误后才能进行施工。插桩时，应采用经纬仪自桩前、两侧互相垂直的方向对桩机导杆及桩的垂直度进行校正，使其符合设计要求。在接收桩时，首先要对桩位的垂直度进行控制（测量员与驾驶员的配合），再进行机械接桩，其控制方式与之相同。在施工过程中，应严格按照设计和测绘规范的规定进行桩顶标高控制。（2）桩吊装：利用钢丝绳将桩身捆绑，以一次吊装、送料的方式进行。（3）桩尖的定位、对中和校直：先将桩机找平，再用夹子对准桩位，用经纬仪校正两端的垂直度。为了确保桩的质量，第一节桩的垂直度必须保证，竖向偏差不超过0.5%。

（4）送桩：当桩顶离开地面时停止，并要求甲方检查中间桩，用送桩器将桩改为送桩器，起锤至设计高程。在给桩过程中，送桩机构要始终保持竖直。送桩机构的上、下两个端面必须是平的，并且与中线成直角，而且要有足够的刚性。（5）接桩：管桩与桩之间的机械联接，必须满足以下要求：1) 管桩的连接方式为机械式螺接，管桩之间的空隙必须用沥青填充。2) 在接桩之前，应先对桩身两端的尺寸和接头进行检查，确认无误后方可进行吊装，下一节桩的桩顶应在地面0.8-1.0米以上。3) 接桩时，取下上下两节桩的保护件后，要清除连接处的残余部分。4) 通过专门的螺纹接头锥形对中，将上、下两节桩对齐，然后拧紧。5) 可以用专门的链条扳手拧紧，锁好后，两头板之间还留有1-2毫米的空隙。（6）终止给桩的控制条件：以强风化花岗岩作为工程桩端持力层。在沉桩过程中，主要是控制贯入量，其次是控制桩顶高度。

### （三）静压法施工

（1）静压成孔灌注桩的最大承载力为2倍，即2100kN；沉桩设备的选型要合理，施工前要做好检查，确保设备状况良好，桩架、桩锤的总重不小于1.15倍。

（2）管桩的安装与预压：一般采用安装于桩机上的臂架及吊卡，将桩柱吊装至位于桩体正中间的垂直环夹内，并通过卡箍的液压装置及与直径相匹配的圆弧夹将桩钉固定于桩架处。对第一节桩，可以采取移动桩机，将桩中线对齐，然后将桩顶标高与地面上的标志点对齐，待桩底入土初压，待桩身基本稳定后，再进行正式沉桩。（3）压入记录和灌注：压入的记录主要有：灌注桩的位置记录，垂直度，入土深度；每个桩的长度，

截桩的长度,最后的桩顶高程,对应的水压,贯入等。在正式沉桩前,先在有代表性的位置进行试桩试验,以确定桩的桩长、终压力和持荷时间;如贯入度等,就可以进行钻孔灌注桩了。在使用送桩工具进行成桩时,必须将桩心对齐,使其始终处于竖直状态,直至成桩参数。在没有送桩工具的情况下,在移动到下一个桩位之前,必须先将高于地表的桩截去。(4)施工场地要满足静压桩的要求,在进行施工之前,要将地面及地面上的障碍清理干净,场地要平整,排水要通畅;地基要满足沉桩时的承载力要求。在土质比较软的情况下,采用碎石或碎石等方法进行压实,以保证地基的承载力。

(5)针对沉桩过程中产生的挤土效应,对邻近建筑(结构)物和地下管道产生影响的情况,应从这一面进行沉桩,并要控制沉桩速率,以每分钟1.0米的速率为宜。

#### (四) 锤击

(1)选用36-50号钻机,采用柴油机打桩机。如使用其他型号柴油机,须经监理、设计、施工三方书面同意。(2)结束锤击时,应以末10次击锤入量为主要指标,并以设计高程为辅助。如底底高与设计标高相差过大,则可采用末10击不超过5厘米的方法进行计算。

(3)在试验中,对最终10次击锤的贯入进行了测试。具体的试桩计划详见有关设计图。(4)遇贯入急剧变化时,桩身突然倾斜、位移或有较大回弹,桩顶或桩身产生严重裂纹;出现破裂等现象时,必须停止打桩作业,并对其产生的原因进行分析,并进行处理。

#### (五) 高压喷射混凝土地基处理技术

(1)注浆泵、高压泵应有不低于设计要求的1.2倍压力,管路、活接头及接管等均要拧紧,以确保不漏气。所有管道系统中的水泥浆、高压水及压缩空气必须无堵塞、无渗漏。装置在安装完毕后,要对其进行运转测试,测试压力应为操作压力的1.5-2.0倍。(2)台车安装时必须保证其水平,其接管倾斜度不能超过1.5%;

(3)将高压旋喷管埋入地下,并在喷淋至设计高程后,进行注浆。当注浆体参数满足预定值时,立即将注浆管从下向上旋喷,并按照旋喷技术的要求进行注浆。喷水管分段抬升时,其搭接长度不能少于100毫米。

(4)喷嘴在达到规定的深度后,要进行试喷,在达到规定的压力和流量后,才能将其抬起。在施工过程中,如出现事故,必须及时停止起吊、喷浆作业,以免断桩。同时对灌浆过程中出现的问题及时排除,及时进行灌浆,并作详尽的记录。当高压旋喷桩施工因特殊原因而被打断的情况下,需要重新喷出一段不少于50厘米的断孔段,并在进行交叉搭接喷浆后,再进行上提喷射,如果停工3小时以上,必须清理泵体和输浆管,才能继

续施工。(5)高喷射水泥浆要经过严格的过滤,以避免结胶、杂物阻塞喷头和管道。(6)高喷完毕后,应继续向钻孔中注浆,直至注浆表面趋于稳定,在黏性地层或粉砂层中实施注浆时,不能将冒浆回注到钻孔中。每一次作业结束后,都要马上用清水清洗喷灌机及管道,并检查其磨损状况,发现破损的零件要及时更换。

(7)在进行高压喷浆施工时,要对水泥浆的密度进行检测。水泥浆液的水灰比是0.8-1.2,水灰比1:1的情况下,对应的浆液密度是1.5克/厘米<sup>3</sup>,如果在施工过程中,浆液的浓度超过了以上的数值,就应该马上停下来,然后再进行。(8)在喷浆期间,根据设计资料或主管的指示,经常对高压泵或低压注浆泵的压力、浆流量、空压机气压、空气流量、转速、起浆速率和实际消耗的浆液量进行检查和调节。在注浆量大于20%或无注浆情况下,采用外加速凝剂的方法,以缩短固结时间,并在某一岩层中固化;在此过程中,增加注浆量,减缓起吊或静压喷射,使之恢复正常。(9)如果漏失严重,可采用增大注浆压力、加速起吊的方法,但需征得现场监理人员的同意;同时,将浮出地表的泥浆经过过滤,使其沉淀,去除其中的杂质,然后进行循环使用。

(10)待钻孔完,经检查确认后,进行高压旋喷桩的施工。(11)制浆物料称重不超过5%。(12)水泥浆的混合时间,用高速搅拌机不低于30秒,用一般的混合机不低于90秒。(13)在施工期,对注浆材料、注浆及各工序的质量进行监控与检验,并做好相应的记录。(14)注浆完毕后,要及时用返浆法或水泥浆进行回灌,直到孔口的浆液不再下落。

#### 结论

不良地基的存在是我国水利水电工程中最常见的一种施工类型,地基的质量直接决定了整个工程的质量。但是对于施工中有关不良地基的影响和相应的处理工作也是很多企业头疼的问题。随着我国科学技术的不断发展,当前在不良地基处理工作中已经研究出了很多新的处理技术,对于提升水利水电工程有着非常重要的保障。

#### 参考文献

- [1]李海涛,胡硕鹏.浅析水利水电工程建设中的不良地基基础处理方法[J].居舍,2022(27):3.
- [2]高峰.水利水电工程建设中不良地基基础处理方法研究[J].工程建设与设计,2022(23):135-137.
- [3]丁国斌.水利水电工程建设中不良地基的基础处理方法探讨[J].黑龙江水利科技,2022,45(10):92-94.
- [4]马艳红.水利水电工程建设中不良地基基础处理技术分析[J].民营科技,2022(09):125.