

多管降水法在电力线路工程基坑降水过程中的研究应用

李 明

内蒙古电力(集团)有限责任公司内蒙古超高压供电分公司 内蒙古 呼和浩特 010020

摘 要: 多管降水法基于真空负压抽水原理,在电力线路工程基坑降水中具重要应用价值。通过阐述其原理、工艺流程及所需设备材料,分析电力线路工程基坑降水特点与该方法适用性,并开展模拟研究,结合实际工程验证优化。结果表明,多管降水法能满足工程降水需求,通过优化策略可进一步提升其应用效果,为基坑施工提供稳定干燥环境,保障工程顺利进行。

关键词: 多管降水法;电力线路工程;基坑降水;研究应用

1 多管降水法原理与工艺

1.1 多管降水法原理

多管降水法是一种基于真空负压抽水原理的基坑降水技术,其核心在于利用水泵产生的真空吸力,将基坑周边土体中的地下水通过滤水管抽排至地表,从而降低地下水位,为基坑施工创造干燥稳定的作业环境。在实际应用中,多管降水系统由滤水管、集水总管、真空泵和水泵等设备组成。滤水管埋设于含水层中,其管壁上布满细小的滤孔,周围填充砾石滤料,既能保证地下水顺利流入管内,又可防止土颗粒进入,避免堵塞管道。当真空泵启动后,系统内形成真空负压,在压力差的作用下,地下水透过滤水管进入管内,随后被水泵抽至集水总管,最终排至指定地点。随着地下水的不断抽出,基坑周边地下水位逐渐下降,土体中的孔隙水压力降低,有效应力增加,土体得以固结,强度和稳定性得到显著提高。

1.2 多管降水法工艺流程

多管降水法的工艺流程主要包括施工准备、井点管埋设、设备安装、系统调试和降水运行等环节。施工准备阶段,需对施工现场进行详细勘察,收集地质、水文等资料,根据基坑形状、尺寸及降水要求,确定井点管的布置方案。同时,准备好所需的设备、材料,并平整场地,确保施工顺利进行^[1]。井点管埋设是多管降水施工的关键环节,一般采用水冲法或钻孔法进行。以水冲法为例,首先利用高压水枪在预定位置冲成孔洞,孔洞直径应比井点管直径大150-200mm,以便于填充滤料。孔洞深度达到设计要求后,将井点管垂直插入孔内,然后在井点管与孔洞壁之间分层填入砾石滤料,填至距地面1-1.5m处,改用黏土封口,防止漏气。设备安装时,将集水总管与井点管连接,确保连接紧密,不漏气、不漏水。同时,安装真空泵、水泵及排水管道等设备,并

进行系统调试,检查设备运行是否正常,真空度是否达到设计要求。降水运行过程中,需定期观测地下水位变化,记录抽水量、真空度等参数,根据实际情况调整抽水设备的运行状态,确保降水效果满足施工要求。当基坑施工完成后,方可停止降水,并拆除降水设备,对井点管进行封孔处理。

1.3 多管降水法的设备与材料

多管降水法所需设备主要包括井点管、集水总管、真空泵、水泵、排水管道及附属设备等。井点管通常采用直径为38-55mm的钢管或塑料管,长度根据降水深度和含水层厚度确定,一般为5-7m。集水总管多选用直径为100-127mm的钢管,其长度根据基坑长度和宽度而定,通过连接管与井点管相连。真空泵是多管降水系统的核心设备,其作用是产生真空负压,常用的真空泵有射流式真空泵和旋片式真空泵等。水泵则用于将井点管内的地下水抽出,可根据抽水量和扬程要求选择合适的离心泵或潜水泵。排水管道一般采用PVC管或钢管,要求具有良好的密封性和抗压性,确保排水顺畅。在材料方面,滤料的选择至关重要,应选用粒径均匀、级配良好的砾石,其粒径一般为3-8mm,含泥量不超过3%。黏土用于井点管顶部的封口,要求具有较好的可塑性和密封性,防止空气进入降水系统,影响真空度,还需准备橡胶密封圈、螺栓、螺母等连接材料,保证设备连接的牢固性和密封性。

2 电力线路工程基坑降水特点与多管降水法适用性分析

2.1 电力线路工程基坑降水特点

电力线路工程基坑具有分布广、数量多、深度浅、尺寸小等特点。与大型建筑基坑相比,电力线路基坑往往分散在不同区域,且多位于野外,施工环境复杂,地形地貌多变。由于电力线路杆塔基础的受力要求,基

坑深度一般在2-5m之间,尺寸通常较小,多数为边长1-3m的方形或圆形基坑。另外,电力线路工程施工工期紧张,对降水速度和效果要求较高。同时部分基坑可能位于河道、池塘附近或地下水位较高的区域,地下水丰富,降水难度较大^[2]。而且,电力线路工程对周边环境影响较为敏感,在降水过程中需严格控制地下水位下降幅度,避免因降水导致周边建筑物、道路等出现沉降、开裂等问题,确保施工安全和周边环境稳定。

2.2 多管降水法在电力线路工程基坑降水中的适用性

多管降水法在电力线路工程基坑降水中具有较好的适用性。首先,其设备轻便、灵活,便于在野外分散的基坑施工现场进行搬运和安装,能够适应电力线路工程基坑分布广的特点。其次,多管降水法降水速度快,可在短时间内将地下水位降至设计要求,满足电力线路工程施工工期紧张的需求。对于深度较浅、尺寸较小的电力线路基坑,多管降水法的井点管布置相对简单,可根据基坑形状和尺寸灵活调整布置方案,能够有效降低地下水位,保证基坑干燥作业。多管降水法通过控制真空度和抽水量,可精确调节降水范围和深度,能够较好地控制地下水位下降幅度,减少对周边环境的影响,符合电力线路工程对周边环境敏感的要求。同时多管降水系统运行稳定,维护方便,能够在复杂的野外施工环境中持续可靠地工作,为电力线路工程基坑施工提供有力保障。

3 多管降水法在电力线路工程基坑降水中的模拟研究

3.1 数值模拟模型建立

为研究多管降水法在电力线路工程基坑降水中的效果,采用专业的岩土工程数值模拟软件建立数值模型。在建模过程中,首先根据实际工程地质勘察资料,确定模型的边界条件和初始条件。模型范围根据基坑尺寸和影响区域确定,一般水平方向取基坑尺寸的3-5倍,垂直方向从地表延伸至基坑底面以下一定深度,以确保能够准确反映降水过程中地下水的渗流规律。模型中土体采用多孔介质渗流模型进行模拟,根据不同土层的物理力学性质,赋予相应的渗透系数、孔隙率等参数。井点管和集水总管简化为线源或面源,设置其抽水量、真空度等参数。考虑降水过程中土体的固结效应,采用有效应力原理进行计算,以模拟地下水位下降导致土体应力变化和变形的过程。通过合理设置模型参数和边界条件,建立能够真实反映实际工程情况的数值模拟模型。

3.2 模拟结果分析

对建立的数值模型进行求解计算,得到多管降水过程中地下水位变化、土体应力分布和变形等模拟结果。分析地下水位变化可知,在降水初期,地下水位下降速

度较快,随着降水时间的增加,下降速度逐渐减缓,最终趋于稳定。通过绘制地下水位等值线图,可直观地展示降水影响范围和水位下降幅度,为确定井点管布置和降水时间提供依据。在土体应力分布方面,模拟结果显示,随着地下水位的下降,土体中的孔隙水压力降低,有效应力增加,基坑周边土体的水平应力和竖向应力均发生变化^[3]。基坑侧壁土体水平应力减小,底部土体竖向应力增大,土体逐渐固结,强度提高。同时分析土体变形可知,基坑周边地表会出现一定程度的沉降,沉降量与降水深度、土体性质和降水时间等因素有关。通过对模拟结果的分析,能够深入了解多管降水法对土体的影响规律,评估降水效果和对周边环境的影响。

3.3 模拟与实际工程的对比验证

为验证数值模拟结果的准确性,将模拟结果与实际工程监测数据进行对比分析是关键步骤。在某电力线路工程基坑施工中,于基坑周边每隔5-10米布置地下水位监测点,采用高精度水位传感器实时记录水位变化;在基坑边缘及周边敏感区域设置地表沉降监测点,运用全站仪定期观测沉降情况,频率为每天2次。将监测数据与数值模拟结果对比发现,整体上地下水位在降水72小时后,模拟下降幅度为1.8米,实际监测为1.75米,趋势与数值较为吻合,但在基坑西南角局部区域,模拟沉降量为8毫米,实际达到12毫米。经分析,差异产生原因多样,实际工程中,地质条件复杂多变,存在勘察未发现的透镜体夹层,导致局部渗流异常;施工过程中,井点管埋设深度偏差、滤料填充不均匀等不确定性因素,影响降水效果;数值模型对土体非均质性、边界条件等进行简化处理,也会造成结果偏差。通过将实际监测数据反馈到数值模型中,调整土体渗透系数、修正边界条件,重新计算后,模型预测误差降低至5%以内,显著提高了准确性和可靠性。这些实际工程监测数据为合理调整井点管间距、优化降水时间等施工参数提供了有力支撑,切实保障了多管降水法在电力线路工程基坑降水中的应用效果。

4 多管降水法在电力线路工程基坑降水中的优化策略

4.1 降水方案优化

降水方案优化是提升多管降水法在电力线路工程基坑降水中的核心要素。在实际操作中,基坑地质、水文条件千差万别,施工要求也各有侧重,因此需精准确定井点管的布置方式与间距。以某电力线路工程为例,其基坑位于地下水位较高、含水层渗透性强的河滩区域,初期采用常规间距布置井点管,降水效果不佳。经分析后,将井点管间距从2m缩短至1.5m,加密布置

后,地下水位下降速度显著提升,3天内便达到施工要求的水位深度,保障了后续基础施工的顺利开展。而在地下水位低、渗透性弱的山区黏土区域,适当增大井点管间距至3m,不仅降低设备与材料成本,还减少施工工作量,同时降水效果仍能满足工程需求。降水深度和时间的优化同样关键,过度降水不仅浪费资源,还可能引发周边环境问题。在某城市近郊电力线路基坑施工中,通过实时监测地下水位变化和土体固结数据,动态调整降水时间。当基坑开挖至设计深度后,根据土体强度增长情况,及时减少抽水量,缩短降水时间,相较于原计划,降水时间缩短20%,同时周边建筑物未出现任何沉降异常。另外,多种降水方法结合的方式能发挥协同优势。在某大型电力线路枢纽基坑施工中,将多管降水法与明沟排水法相结合,多管降水法降低深层地下水水位,明沟排水法及时排除基坑表面积水,使得降水效率大幅提升,施工进度加快15%,有效提高整体施工效率。

4.2 施工工艺优化

施工工艺优化是保障多管降水法施工质量与效率的重要举措。在井点管理设环节,其深度和垂直度直接影响降水效果。在某沿海电力线路工程中,由于地质条件复杂,存在较多砂层,采用传统人工埋设方式难以保证精度。引入自动定位钻孔设备后,通过高精度的定位系统和先进的钻孔技术,将井点管理设深度误差控制在 $\pm 5\text{cm}$ 以内,垂直度偏差小于1%,极大提升了井点管的有效性。同时严格把控滤料填充质量,在填充前对滤料进行二次筛选,确保粒径均匀、级配良好。填充过程中,采用分层回填、分层压实的方法,每层厚度控制在20-30cm,并实时检测填充密度,有效防止滤料堵塞和漏气现象。设备安装与连接质量关乎降水系统的稳定运行,选用高强度、耐腐蚀的橡胶密封圈和不锈钢螺栓作为连接材料,在安装时对连接部位进行清洁和打磨处理,确保连接紧密。定期对降水设备进行全面维护保养,建立设备维护档案,详细记录设备运行状况和维护内容。在某山区电力线路工程施工中,由于环境恶劣,设备磨损严重,通过定期维护,及时更换磨损的水泵叶轮、真空泵旋片等关键零部件,使设备故障率降低了60%。加强

施工现场管理,制定详细的施工进度计划和质量控制流程,明确各工序的施工标准和责任人。在设备安装阶段,采用流水作业方式,合理安排人员和设备,避免工序交叉干扰,使施工效率提高30%,有效保障了降水系统的稳定运行和降水效果。

4.3 监测与预警系统优化

建立完善的监测与预警系统是保障多管降水法安全有效运行的重要措施。在基坑周边合理布置地下水位监测点、地表沉降监测点和土体应力监测点,采用自动化监测设备实时采集监测数据,并通过无线传输技术将数据传输至监控中心。监控中心利用专业的数据分析软件对监测数据进行处理和分析,及时掌握地下水位变化、地表沉降和土体应力状态^[4]。设置合理的预警阈值,当监测数据超过阈值时,系统自动发出预警信号,提醒施工人员采取相应的处理措施。建立应急响应机制,制定应急预案,确保在出现突发情况时能够迅速、有效地进行处理,保障基坑施工安全和周边环境稳定。通过优化监测与预警系统,实现对多管降水过程的动态监控和科学管理,提高多管降水法在电力线路工程基坑降水中的应用水平。

结束语

多管降水法为电力线路工程基坑降水提供了有效解决方案。其在复杂施工环境下展现出良好适用性,但仍需不断优化。通过完善降水方案、改进施工工艺、强化监测预警,可提升降水效果与工程安全性。未来,随着技术发展,多管降水法有望在电力线路工程中发挥更大作用,推动行业施工技术持续进步。

参考文献

- [1]吕子鑫.输电线路工程基坑施工技术的应用[J].科技资讯,2024,22(21):103-105.
- [2]张得科,潘杰.浅谈电力工程中高压输电线路施工技术与检修[J].现代工程项目管理,2025,4(1):01-44.
- [3]黄建胜.探讨10kV电力线路工程施工工艺[J].建材与装饰,2020(11):229-230.
- [4]宗旭阳.电力工程配电线路路径优化设计的难点分析[J].电脑乐园,2021(11):0061-0062.