

Discussion on Groundwater in Foundation Pit Engineering

Zhengguo Ding

China Railway Guangzhou Bureau Group Corporation Changsha Railway Construction Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

Abstract

Foundation pit construction is an important link in construction project, the existence of groundwater for pit supporting system of soil retaining cause adverse effect and function of water stop, only fully understanding the adverse effects of groundwater principle, according to the characteristics of different types of groundwater, the construction technology of appropriate measures (precipitation, water, drainage, or a combination of all three). Follow the standard guidance and pay attention to dewatering construction, can solve the adverse effects of groundwater, improve the safety of foundation pit retaining system and construction safety.

Keywords

foundation pit; groundwater; precipitation

浅议基坑工程中的地下水

丁正国

中国铁路广州局集团公司长沙铁路建设有限公司, 中国 · 湖南 长沙 410000

摘 要

基坑施工是建筑工程的一个重要环节, 地下水的存在对基坑围护体系的挡土和止水功能造成不利影响, 只有充分认识地下水的不良作用原理, 根据不同类型的地下水的特性, 采取适当的施工技术措施(降水、止水、排水或三者的组合方式), 遵循规范指导和做好降水施工的注意事项, 就能解决地下水的不良影响, 提高基坑围护体系的安全和施工安全。

关键词

基坑; 地下水; 降水

1 引言

基坑围护体系的主要作用是挡土和止水, 基坑开挖要具备以下的必要条件: 首先保持基坑干燥状态, 创造有利于施工的环境; 其次是确保边坡稳定, 做到安全施工, 如果忽视这些必要条件, 其后果是严重的。近年来, 随着基坑工程的迅速发展, 人们对基坑工程的安全更加重视, 而对于地下水赋存、渗透性较强的土质条件下对地下水的处理往往成为基坑围护成败的关键, 在基坑施工中应对地下水的处理给予应有的重视。

2 地下水的不良作用原理

各种土体的渗透规律, 是其破坏作用的原理。土的颗粒越粗, 则透水性越大, 象卵石、砾石、碎石的透水性最强, 而粘土是几乎不透水的。在相同条件下, 土的透水性越大, 则在土中的渗透速度越大。地下水的运动有层流和紊流两种: 在土孔隙中或微小裂隙中, 认为水的质点是有秩序地、互不混杂地流动, 称做层流; 在宽大的孔隙中水流速度较大, 认

为水的质点是无秩序地、互相混杂地流动, 称为紊流。

地下水的渗流对土单位体积内的骨架产生的压力 GD 称为渗透压力或动水压力(见图 1), 动水压力是由于水质点的运动产生的。像波浪的水质点通常是做圆形运动或者椭圆形运动, 由于水质点具有加速度, 而在其周围产生正压或者负压, 导致产生了除了净水压力之外的额外的压力, 我们称之为动水压力。

3 地下水的不良作用现象

3.1 流土

流土是指在向上渗流作用下局部土体表面的隆起、顶穿或粗颗粒群同时浮动而流失的现象, 土体的隆起多发生于表层由黏性土与其他细粒土组成的土体或较均匀的粉细砂层中; 顶穿或粗颗粒群同时浮动流失多在不均匀的砂土层中。

3.2 管涌

管涌是指在渗流作用下土体中的细颗粒在粗颗粒形成的孔隙孔道中发生移动并被带出, 逐渐形成管形通道, 从而掏空地基或坝体, 使地基或斜坡变形、失稳的现象。基坑底部发生流土和管涌现象见图 2。

【作者简介】丁正国(1972-), 男, 中国湖南长沙人, 本科, 工程师, 从事建筑工程施工技术管理研究。

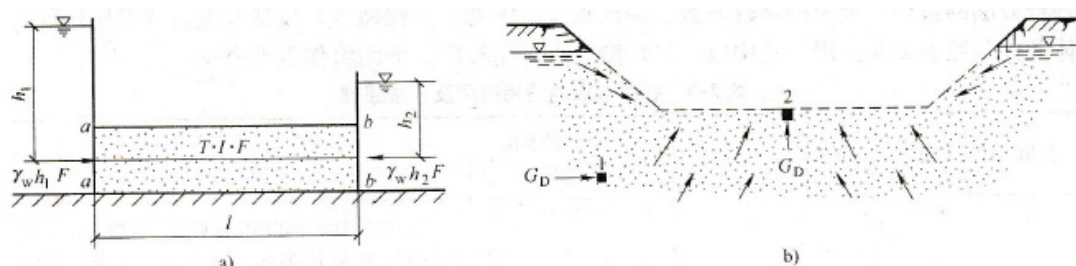


图 1 动水压力原理

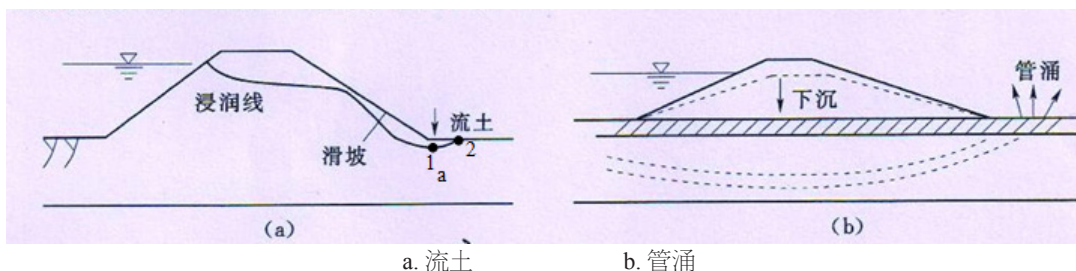


图 2 土体渗透现象

3.3 基坑底部发生流土和管涌现象对支护体系中整体稳定性的影响

①地下水对岩土体的软化作用,降低了岩土体的抗剪强度指标;

②地下水可能引起锚杆或土钉与周围土体之间握裹力的降低,从而降低抗拔力;

③地下水的存在可能造成施工的困难,常常会使支护结构在嵌固深度不足等类“先天不足”的条件下工作;

④地下水控制不当可能造成基槽侧壁土体的流失,造成潜蚀,严重时造成体积很大的“空洞”,威胁体系的整体稳定性;

⑤对于槽底土质为粉土或砂土时,可能造成基底的管涌或基底抵抗隆起失效。

4 地下水的处理方法

基坑工程中对地下水的处理主要是指对潜水和承压水的处理,为分别对潜水和承压水进行降水处理,在基坑工程中,常用的地下水处理方法有排水、降水、止水。

4.1 排水

排水主要采用集水明排方法,解决上部土层的滞水和降水积水的疏排。明渠加集水坑降水具有施工方便,费用低廉等特点,在施工现场应用的最为普遍。在高水位地区基坑边坡支护工程中,这种方法往往作为其它降水方法的辅助排水措施,它主要排除地下潜水、施工用水和天降雨水。在地下水蓄量较小,地质条件较好的情况下,使用明渠和集水井可以清除基坑内积水。但是,在地下水较丰富地区,若仅单独采用这种方法降水,由于基坑边坡渗水较多,作业面泥泞不堪,不利于结构物施工。因此,这种降水方法一般不单独应用于高水位地区基坑边坡支护中,通常会与降水井点或止水帷幕配合使用。

4.2 止水

止水也就是止水帷幕,用于阻止或减少基坑侧壁及基坑底地下水流入基坑而采用的连续止水水体。止水帷幕有竖向和横向之分。竖向止水帷幕设置在坑壁的外缘,用以阻止坑外透水层中的地下水在坑内外水位差的作用下向坑内渗流,防止由此产生的流砂等破坏。水平止水帷幕设置在基坑底面下,用来阻止坑外地下水透过透水层绕过墙趾向坑内渗流;若有承压水层存在,设置水平止水帷幕还可以防止承压水冲破土层而发生突涌破坏。目前基坑工程中常用的止水帷幕有深层搅拌法水泥土止水帷幕、高压喷射注浆法水泥土止水帷幕(旋喷桩)、素混凝土地下连续墙止水帷幕及钢板桩等。止水帷幕不能单独作为降水方案,一般与明渠或井点降水配合使用。止水帷幕一般用于地下水非常丰富、地下水补给非常快或需要特别对边坡不稳定性、周围建筑不均匀沉降进行控制的情况。在截断地下水向基坑渗透的同时对基坑的边坡起到一定的支护作用。同时,由于止水帷幕的存在,基坑降水对幕墙以外的地下水影响程度大大减小,周围建筑物的稳定性得到有效保障。当然,止水帷幕的施工需要较大的场地而且会产生较大噪声,在建筑物密集区和居民区附近等地施工时会受到一些限制。

4.3 降水

降水原理如图 3 所示,是通过降低地下水位,使得基坑施工在地下水位以上进行,能排除基坑土中的水分,促使土体固结,提高地基强度。同时消除或减少基坑围护结构上的静水压力与渗透压力,减少土体侧向位移和沉降,提高边坡稳定性、防止地下水因渗流而产生流砂或管涌破坏,减少基底土的隆起,使位于天然地下水以下的地基与基础工程施工能避免地下水的影响,提供比较干的施工条件,还可以减少土方量、缩短工期、提高工程质量和保证施工安全。

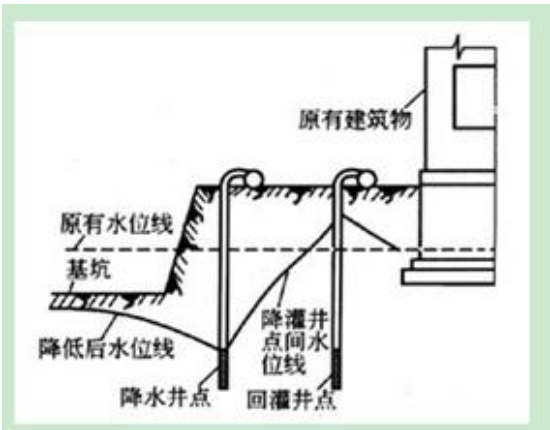


图3 降水原理图

常用的降水方法有轻型井点法、电渗井点法、喷射井点法、管井井点法和降压井点法等。降水方法一般根据地质情况，土的渗透系数，基坑开挖深度，降低水位深度，工程特点，施工场地和设备条件来选用（见表1）^[1]。

表1 各种井点的适用范围

序号	井点类型	土的渗透系数 K（m/d）	降低水位深度（m）
1	单级轻型井点	0.1~50	3~6
2	多级轻型井点	0.1~50	6~12
3	电渗井点	< 0.1	根据选用的井点确定
4	管井井点	20~200	3~5
5	喷射井点	0.1~50	8~20
6	深井井点	10~250	> 15

4.3.1 轻型井点降水

系在基坑外围或一侧、两侧埋设井点管深入含水层内，井点管的上端通过连接弯管与集水总管再与真空泵和离心泵相连，启动抽水设备，地下水便在真空泵吸力的作用下，经滤水管进入井点管和集水总管，排出空气后，由离心水泵的排水管排出，使地下水位降低到基坑底以下。轻型井点是国内应用很广的降水方法，它比其它井点系统施工简单快捷、经济安全，特别适用于降水面积不大，地下水蓄量较小的情况。该方法降低水位深度一般在3~6m之间。轻型井点适用的土层渗透系数为0.1~50m/d，当土层渗透系数偏小时，需要采用在井点管顶部用粘土封填并保证井点系统各连接部位具有较好的气密性，通过提高整个井点系统的真空度来增强抽排水能力。

4.3.2 喷射井点降水

喷射井点降水是在井点管内部装设特制的喷射器，用高压水泵或空气压缩机通过井点管中的内管向喷射器输入高压水（喷水井点）或压缩空气（喷气井点），形成水气射流，将地下水经井点外管与内管之间的间隙抽出排走。喷射井点的抽水系统和喷射井管件比较复杂，运行时故障率相对较高，能量损耗很大，相对于其它井点法降水而言具有降水深度大、运行费用高的特点。喷射井点系统能在井点底部产生

250mm水银柱的真空度，其降低水位深度一般在8~20m。它适用的土层渗透系数，一般为0.1~50m/d。

4.3.3 管井井点降水

管井井点降水系沿基坑每隔一定距离设置一个管井，每个管井单独用一台水泵不断抽水降低地下水位。管井井点适用于渗透系数大的砂砾层，地下水丰富的地层，以及轻型井点不易解决的场合。它具有施工简单、出水量大等特点，每口管井出水流量可达到50~100m³/h，可降低地下水位深度约3~5m。这种方法一般用于潜水层降水，通常土的渗透系数在20~200m/d范围内时效果最好。

4.3.4 深井井点降水

深井井点降水是在深基坑的周围埋置深于基底的井管，使地下水通过设置在井管内潜水电泵将地下水抽出，使地下水位低于基坑底。深井井点是基坑支护中应用较多的降水方法，它的优点是排水量大、降水深度大、降水范围大。深井井点适用的土层渗透系数为10~250m/d、降低水位深度超过15m，常用于降低承压水。利用深井点降低承压水位，有助于减除压力、保证基坑的安全性。由于降水深度大、出水量大和水位降落曲线陡等原因，势必造成降水的影响范围和影响程度大，因而容易引起基坑周围建筑物的不均匀沉降。

4.3.5 电渗井点降水

是在渗透系数很小的饱和黏性土或淤泥、淤泥质土层中，利用黏性土中的电渗现象和电泳特性，结合轻型井点或喷射井点作为阴极，用钢管或钢筋作阳极，埋设在井点管环圈内侧，当通电后使黏性土空隙中的水流动加快，起到一定的疏干作用，从而使软土地基排水效率提高的一种降水方法。电渗井点适用于渗透系数很小的地质情况，如渗透系数小于0.1m/d的粘土、亚粘土、淤泥和淤泥质粘土等。它需要与轻型井点或喷射井点结合应用，在降水过程中，应对电压、电流密度和耗电量等进行量测和必要的调整，工作起来比较烦琐。

5 降水施工的基本规定和施工工艺

基坑降水是建筑工程施工中的一项重要技术措施，基坑降水不当造成的工程事故主要是由于降水时，随着地下水位的降低，在地下水降低的范围内，土体的自浮重度增大，甚至接近饱和重度，这样在降水水位影响范围内的地面，包括建（构）筑物就会产生附加沉降，严重时将影响到周围居民的正常生活甚至生命财产安全。因此施工时一定要按照技术规范来操作。

5.1 基本规定

- ①降水施工前应有降水设计，当在基坑外降水时，应有降水范围估算，对重要建筑物或公共设施在降水过程中应监测。
- ②井点施工完后，应试运转，如发现井点失效，应采取的措施使其恢复正常，如无可能恢复则应报废，另运行设置新的井点。

③降水系统运转过程中应随时检查观测孔中的水位。

5.2 施工准备

5.2.1 技术准备

①降水方案编制：在降水工程施工前，应根据基坑开挖深度、基坑周围环境、地下管线分布、工程地质勘察报告和基坑壁、边坡支护设计等进行降水方案设计，并经审核和批准。

②技术交底：降水施工作业前，应进行技术、质量和安全交底，交底要有记录，并有交底人和接受交底人签字。

5.2.2 材料准备

材料准备主要包括井点管、砂滤层（黄砂和小砾石）、滤网、黏土（用于井点管上口密封）和绝缘沥青（用于电渗井点）等。

5.2.3 主要机具

①轻型井点降水系统主要设备：由井点管、连接管、集水总管及抽水设备等组成。

②喷射井点降水系统主要设备：由喷射井点、高压水（气）泵和管路系统等组成。

③管井井点降水系统主要设备：由滤水井管、吸水管和水泵等组成。

④电渗井点降水系统主要设备：由作阴极用的井点管、作阳极用的钢筋或钢管和直流发电机或直流电焊机等组成。

⑤深井井点降水系统主要设备：由井管、水泵等组成。

⑥井点成孔设备：主要包括起重设备、冲管和冲击或钻机。

5.2.4 作业条件

①建筑物的控制轴线、灰线尺寸和标高控制点已经复测。

②井点位置的地下障碍物已清除。

③基坑周围受影响的建筑物和构筑物的位移监测已准备就绪。

④防止基坑周围受影响的建筑物和构筑物的措施已准备就绪。

⑤水源电源已准备。

⑥所采用的设备已维修和保养，确保能正常使用。

5.2.5 主要施工工艺流程

①轻型井点、喷射井点：施工准备→井点管布置→井点管埋设→井点管系统运行→井点管拆除^[2]。

②管井井点：施工准备→井点管布置→井点管埋设→水泵设置→井点管系统运行→井点管拆除。

③深井井点：施工准备→做井口、支护筒+钻机就位、钻孔→回填井底砂垫层→吊放井管→回填管壁与井壁间砂滤层→安装抽水控制电器→试抽→正常降水运行→拆除。

④电渗井点：施工准备→阴极井点埋设施工准备→阳极埋设施工准备→接通电路→阳极通电→正常降水运行→拆除。

6 降水施工的注意事项

6.1 作业时机和应急预案

基坑开挖和降水作业应选在降水量小、地下水位低的

季节进行，通过合理安排施工组织计划来尽量减小降水难度，同时增加基坑底部结构物的施工紧凑性，使得结构物能够尽早达到回填或防水、防淹要求，从而缩短降水作业的时间。为了确保施工的安全性和紧凑性，一定要设计好应急预案。

6.2 降水井点的布置

井点可以均匀布置在基坑周围，由于设置出入基坑的道路而少布一个井点是不会对降水效果产生太大影响的。但是，对于较大面积的基坑，有时为了确保降水效果，需要在基坑中设置一些降水井点。井点位置与基坑周边的最小距离一般不小于2m，以保证基坑边坡的稳定性。

6.3 停止降水的条件

并不是说基坑底部结构成型就可以停止降水，通常应考虑结构物是否可被淹没或可防淹没，同时还要计算结构物底板强度和结构物整体重量能够承受和对抗地下水上升所产生的浮力。

6.4 地下水位的监测

降水过程中要对地下水的水位进行监测，确保地下水水位经过较长时间的降水后保持在一个比较稳定的高程上，避免过度降低地下水位引起资源浪费和结构物不均匀沉降。同时，发现地下水位异常上升或降低时都应该迅速查找原因，排除隐患。

6.5 不均匀沉降的预防

基坑周围建筑物的不均匀沉降主要是由于地下水位降低，建筑物下面地基基础脱水后承载能力降低，在重力作用下被压缩、固结。为防止此类不均匀沉降必须控制地下水位过度、快速降低。通常采取减慢降水速度、打截渗帷幕、打井回灌地下水等措施。其中回灌地下水的方案比较简单有效，只需在建筑物与降水井之间靠近建筑物的地方打井并回灌地下水，便可很大程度地防止建筑物沉降。

6.6 井点施工的质量

在井点施工的过程中要严格控制其质量，特别是在放置滤管和填充砂石的过程中，要防止井壁塌土堵塞滤管形成“死井”^[3]。同时，正确填充的砂石可对地下水进行过滤，防止排水的过程中地下泥砂被大量抽出，既损害水泵又容易堵塞管道。而且，地下泥砂大量流失可能导致地面产生过多的沉降甚至于开裂、坍塌。

总之，基坑工程施工中应特别重视“水”这一因素，对“水”要有足够的敏感度，要把处理地下水的方法熟记于心才能把握好施工质量和施工安全。

参考文献

- [1] 杨南方.尹辉.建筑工程施工技术措施[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [2] JGJ/T111—98 建筑与市政降水工程技术规范[S].
- [3] GB50300—2013 建筑工程施工质量验收统一标准[S].