灌(注)浆封阻防治建筑工程中的地下水害

郭志业　　陈运荣　　黄占明
(浙江城建勘测工程有限公司，杭州，310006)　(余姚市质检站，余姚，315400)

提　要　地下工程和深基坑开挖会遇到地下水危害，对它的防治措施主要有地下水排降和地下水阻隔，本文主要介绍阻隔防治措施之一的灌（注）浆封阻地下水的方法和防治实例及其应用效果。

一　前　言

随着城市建设的飞速发展，建筑用地越来越紧张，因此，城市建设向高空和地下发展是一种必然趋势。高层建筑由于结构及人防和附属设施的需要，要嵌入地下一定深度，均设有深度不一的地下室。此外，地下商场、停车场、地铁、隧道等利用地下空间的地下工程也日益增多，这些均要进行地下深基坑开挖。

地下工程和深基坑开挖会遇到地下水，水的作用会给工程带来危害。如产生边坡失稳，引发管涌、流砂、突涌、潜蚀等一些岩土工程问题。为防止这些问题的产生，保证基坑开挖顺利进行，并避免水下作业(土方开挖和基础施工)及环境保护。就要对地下水进行防治。目前的防治措施主要是对地下水的排降和阻隔[1][8]。

地下水排降是利用专用机具在基坑周边内外，设置管、沟、井等设施，再利用抽水设备把地下水排到基坑以外，并将地下水位降至基坑底面以下，保证基坑开挖和基础施工正常进行。

地下水阻隔是指利用某些地基处理或边坡支护方法在基坑四周或五面形成封闭的止水帷幕，将地下水阻隔在基坑之外，保证基坑开挖和基础施工能在无水的环境下顺利进行[8]。

本文主要介绍地下水阻隔防治措施之一的灌(注)浆封阻地下水的方法。简介了它的作用机理和防治实例以及应用效果。

在建筑工程中用来防治地下水害的灌浆技术，依据它是否采用水、气高压喷射流，以及浆液与地层的不同作用，可分为压力注浆和高压喷射注浆。

二　压力注浆

压力注浆按其工艺所依据的基本原理可分为：渗透注浆、挤(压)密注浆、劈裂注浆等。不过在注浆过程中，渗透、压密、劈裂等，一般都会出现，只是以哪一种类型为主之别。

压力注浆是利用液压、气压或电化学原理，通过注浆管把浆液均匀地注入地层中，

浆液以填充、渗透和挤密等方式，挤出土颗粒间孔隙或岩石裂隙中的水和气体，并占据其间与原来松散的土体或裂隙凝结为一体，形成一个较原地层强度大、防渗性能高的凝结体。

压力注浆用于建筑基坑阻水，主要是通过提高地层的防渗性能，形成一定厚度的防水帷幕，以承受水头压力和渗透压力，使基坑不发生突涌、管涌、流砂等，保证基坑开挖过程中的稳定和安全[2]。

如：武汉中百商贸城[3]，它是一幢综合型多功能的现代化高层建筑，地上 25 层，地下二层，总高 114.50m，现浇钢筋砼框剪结构，基坑开挖面积 3100m^2，开挖深度 9.80～11.30m。该工程位于汉口繁华的商业中心地带，江汉路与江汉二路交汇处。施工场地狭小，距东、西、南三面建筑物仅 1.2～6.0m，北面临江汉二路 5.0m。该地-0.5m 以下贮有丰富的上层滞水，-13.2m 处又有承压水分布，其水头高度为 19.8m。这给深基坑开挖造成困难，并有很大的风险性，增加了该工程施工的复杂性和技术难度。

经多方案对比，最后选定深基坑支护采用钢筋砼钻孔灌注桩加双层钢管内支撑方案。基坑止水采用压力注浆防水帷幕和水平封底防水方案。基坑四周压力注浆防水帷幕从护壁桩内边缘起向外延伸宽度 3.0～3.4m，深度 0～24m，加固土方 15267m^3，基坑封底厚度为 9m（注浆深度从-10m～-19m），加固土方 16109m^3。所用浆材：(1)水泥浆，425$^{\#}$普通硅酸盐水泥，加适量触变剂，水灰比控制在 0.6～2.5m 之间；(2)水玻璃浆，模数在 2.4~3.4 之间，浓度 30～40Be 的水玻璃，加适量促凝剂。封底注浆孔按 1.6m 设计，交错排列，帷幕注浆孔按护壁桩间距设计。注浆量控制：粉土 188l/m^3，粉质粘土 150l/m^3，粉砂 220l/m^3。注浆压力 0.3～4MPa。

施工过程中周围原有建筑物的沉降变形仅在 3mm 以内。从开挖的围护坑壁上未见到任何漏水迹象，开挖后的基坑底面也没有漏水、涌砂、突涌迹象，开挖过程中，基坑干燥，为基坑开挖、基础施工提供了良好条件。

该工程的注浆阻水措施取得了满意效果，达到了预期目的。

三　高压喷射注浆

高压喷射注浆技术是利用置于钻孔中水、气所产生的高压喷射流和输送进的水泥浆与原地层颗粒经过切割、搅拌、混合，通过升扬置换作用和渗透凝结作用，形成按设计要求不同结构形式的防渗加固凝结体[4]。

高压喷射防渗结构形式由于不同夹角喷头喷射可形成直线式、折线式、波线式、圆形相切式、扇形相切式和半圆形相割式等不同形式(见图 1)。这些形式中以半圆形相割式最为可靠，因它既能与护壁桩紧密相连(相割)，又能自成体系形成防渗板墙。圆形和扇形既不能形成自成体系的防渗板墙，与护壁桩的相连也不紧密，止水体边小，如产生孔斜，会出现漏水点。其它形式虽能自成体系形成防渗板墙，但过于单薄，易出现漏水点，并且不易封堵。所以目前高压喷射防渗结构形式多采用半圆形相割式。

如：武汉建银大厦[4][5]它位于汉口建设大街和新华路交汇处的西北角。该工程为由四十二层银行办公楼、二十九层的酒店和五层裙楼联结而成，设二层地下室的超高层建筑，总高 186m。基坑周边呈不规则多边形，周边长 360m，面积 8800m^2，坑深 14m。基坑四周有箱涵一条，上下水道 8 条，通信电缆 2 条，煤气管道 2 条，电力线 1 条。北面箱涵距

基坑仅 3m，南面管线距基坑仅 1.5m，施工场地狭小。

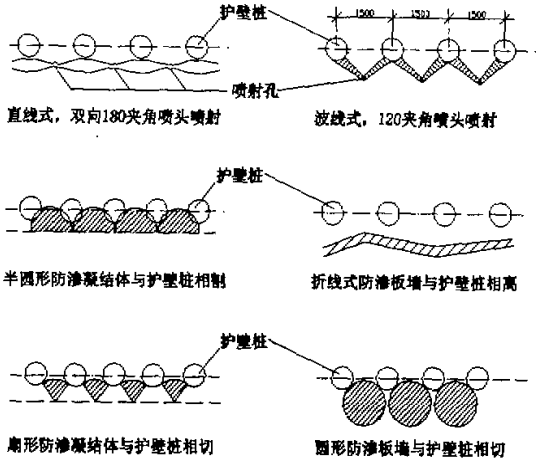


图 1　高压喷射防渗板墙结构形式

场地地层上部为人工填土、粘土、淤泥质粘土、粉土构成 12～15m 厚的软弱土层；中部为约 30m 厚的粉细砂；43m 左右见卵石层，厚 1～3m，基岩为砂岩和粘土岩互层，裂隙比较发育，埋深 44～46m。场地有潜水和承压水分布，前者赋存于杂填土中，后者以粉细砂为主要含水层，承压水头埋深为 2.14m。渗透系数：人工填土为 1.84m/d，砂层为 15m/d。

基坑选用一次性锚杆排桩支护和高压喷射竖向帷幕嵌岩隔渗，结合坑内深井降水方案，采用信息法施工。

该工程竖向防渗帷幕深度 47m，嵌岩 1～2m。帷幕布置在护壁桩的外侧，考虑地层的复杂性和提高防渗的可靠度，采用双层帷幕。第一排距护壁桩中心 0.8m，第二排距第一排 0.6m，为使帷幕形成自成体系的防渗板墙，又能与护壁桩紧密连接，采用半圆形，90 度夹角喷头与护壁桩相割(见图 2)。

为检验隔渗效果，在不同地层的高喷防渗帷幕中，通过钻孔随机取样，进行物理力学试验和渗透系数试验，结果表明：淤泥质粘土抗压强度最小，为 2.3MPa，粉土 10.9MPa；

粉细砂渗透系数 3.61×10^{-7}cm/s，卵石层最大渗透系数行 2.09×10^{-5}cm/s，达到了设计要求。

基坑开挖过程中，从坑内外测压管水位看出，在坑内孔中水位大幅度下降情况下，坑外水位变化甚微。说明防渗帷幕对地下水起到了较好的阻隔作用。直到基坑开挖至坑底，也未见漏水、涌砂、突涌迹象，基坑干燥，周边建筑物、箱涵及市政设施等安然无恙。此外，武汉君安综合楼的基坑封底，时代广场和世贸大厦的基坑防渗(四周竖向防渗帷幕和水平封底)等也采用了高压喷射灌浆技术，都取得满意效果。

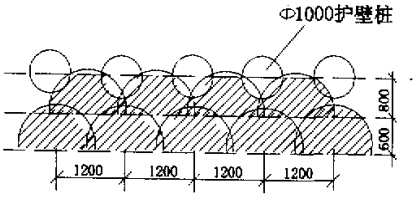


图 2　双层喷射防渗板墙

四　灌浆抢险堵漏

目前常用的基坑护壁类型有：地下连续墙、钢板桩、排桩(钢管桩、预制桩、钻孔灌注桩、旋喷桩)、水泥搅拌桩等。这里除非密打排桩外，在建筑基坑中均可阻水隔渗，但效果不同，其中较好的是地下连续墙、水泥搅拌桩，后者有专文介绍[6]。地下连续墙防渗漏一般是没有问题，但在地下水量大，砼凝固差时，会导致部分墙体不密实或有结构缝，以及在两幅墙之间的接头处有时还存在漏水或其它原因产生漏洞，需进行抢险堵漏阻水防渗处理。

水泥搅拌桩和旋喷桩如果施工质量保证(特别是桩的垂直度和桩间搭接)时，防渗阻水一般也没有问题；但要桩的垂直度出现偏差，就会造成下部墙体开衩；若桩间搭接不好或桩体缩径又会使墙体产生漏洞和缝隙等等，上述情况的出现均需进行抢险堵漏防渗处理。

如：广州新华侨大厦[7]，主楼 46 层，其中地下室 3 层，基坑开挖深度 12m，采用 0.8m 厚的地下连续墙护壁，下端嵌入泥岩 1～1.5m，上部用锚杆支护，总体是安全的；但因砂层厚、水量大、基坑深，水土压力大，导致部分墙体不密实，有结构裂缝，在 11m 砂层处形成漏洞，从而产生大量涌砂，仅半天时间便把基坑内的全部机械设备淹没，水深 3m，使附近道路下沉，墙体和梁柱开裂。后来进行灌浆抢险，在连续墙漏洞的 1.5m 范围内，布孔灌浆，灌浆段在孔深 9～13m(加固 4m)，用上行式一次性足量连续快速灌浆，凝固速度控制在 5～15s，效果良好，堵住了漏洞。

又如：深圳华侨大酒店[7]，高 30 层，其中地下停车场二层，基坑开挖深度 8m，采用钢板桩护壁，桩长 11～14m，嵌入强风化千枚岩 0.5m。由于局部地段钢板桩在厚砂层中打进时稍有偏移，桩间形成缝隙，基坑开挖时产生涌砂漏水，引起附近华侨大厦基础下沉，墙壁开裂，部分钢板桩倾斜。后来进行灌浆处理。在基坑钢板桩与华侨大厦基础之间，打一排孔深 13～14m，孔距 1.2m 的灌浆孔，全长 100m，灌浆段 4m(10.7～14.7m)，采用双液灌浆系统，双重管混合，浆孔逐步加密的方式进行施工，灌浆过程中，灌浆压力逐步升高，一般为 0.2～0.5MPa，最高达 0.8MPa，经几天连续作业，终于堵住了桩间裂缝的漏水涌砂。

如果基坑围护采用排桩支护坑壁时，则桩间的缝隙可用旋喷桩、水泥搅拌桩或灌浆进行阻隔地下水，也可用几种方法联合采用。如：广州湖北大厦[7]，地下室二层，基坑开

挖 8m，采用 Φ1.00m 的钻孔灌注桩与旋喷桩联合护壁，桩长 14m，嵌入粘土层，钻孔灌注桩间用旋喷桩相连，形成挡土防水墙。但由于砂层局部密度大，浆液难扩散，水下砼难胶结，使旋喷桩直径缩小，连接密封不好，造成基坑开挖时漏水涌砂，从而引起荔湾湖水倒灌。其中一次 35 分钟，就漏水涌砂 3000m^3，附近游泳池损坏，地面塌陷，威胁着交通道路安全。后进行化学灌浆抢险，共补灌固砂止水帷幕 40m，才堵住了漏水涌砂。灌浆孔深度视漏水位置而定，一般应离出水口 1-2m，最佳灌浆段为出水口上下 1～2m 的范围。

五 结 语

综上述可见，灌浆封堵防治建筑工程中的地下水害，无论是建防水帷幕封阻建筑基坑中的地下水，还是抢险堵漏防渗处理，都是卓有成效的，因为灌浆所形成的防水隔渗水泥凝结体能与工程桩或护壁桩紧密结合，止水防渗效果良好，特别适宜于淤泥质粘土、粉土和砂土层中建造各种形式的防渗帷幕。所以笔者认为，随着基坑防渗技术的不断完善深入研究，灌浆防渗止水技术必将具有广泛的应用前景。

参考文献

[1] 郭志业：《建筑基坑的地下水防治》，见《军工勘察》，1996（2）。

[2] 周玉印等：《高喷灌浆技术在武汉地区深基坑防渗工程中的应用》，同上。

[3] 丁道汉等：《深基坑信息法和隔渗经济探讨》，同上。

[4] 郭志业等：《水泥搅拌桩基坑围护的结构形式及墙体类型基坑支护技术进展》，见《基坑工程学术讨论会论文集》，建筑技术增刊 1998，10。

[5] 程鉴基：《基坑护壁帷幕漏水化学灌浆抢险技术》，见《基坑开挖中的岩土工程问题学术讨论会论文集》，1992。

[6] 郭志业等：《建筑工程中的地下水危害及其防治实例分析》，见《岩土工程的实践与发展岩土工程系列研讨会论文集》，1999．11。