

负压-气举降水工艺在大型深基坑中的应用

李学军 费传金 孙登攀 张巍 田明威

中国建筑第八工程局有限公司上海分公司，上海市浦东区，200120；

摘要：本文结合项目实际情况，分析了负压-气举降水在深基坑中的应用，重点介绍工艺原理及效果，并围绕降水过程中控制提出应对措施。这些内容对于其他类似工程有一定的借鉴作用。

关键词：深基坑；降水；质量控制

DOI：10. 64216/3080-1508. 25. 11. 014

引言

随着城市建设的发展，越来越多的深基坑工程开始被建设。深基坑工程在建设中，由于地下水位的高低，会产生地面和地下水的相互影响，从而导致工程降水难度加大。在此种情况下，气举-负压管井降水技术便应运而生，本文江探讨气举-负压管井降水技术在深基坑工程中的应用。

1 工程实例

1.1 基坑概况

本工程基坑安全等级为二级；环境保护等级，西侧为二级，其余三侧为三级。地下二层，基坑开挖面积约9.8万m²，常规区域开挖深度10.35~11.35m，局部深坑区域高差1.4~4.0m。

基坑与东侧的站前路地道、站房本体基坑合并为一个基坑统筹考虑，基坑总体采用西侧“中心岛+排桩结合止水帷幕+两道支撑（一道水平支撑+一道钢管斜抛撑）”、南侧和北侧“浅部卸土+中心岛+排桩结合止水帷幕+一道钢管斜抛撑”的围护方案。下穿通道落深坑，开挖深度16.7m，围护采用排桩结合止水帷幕形式。

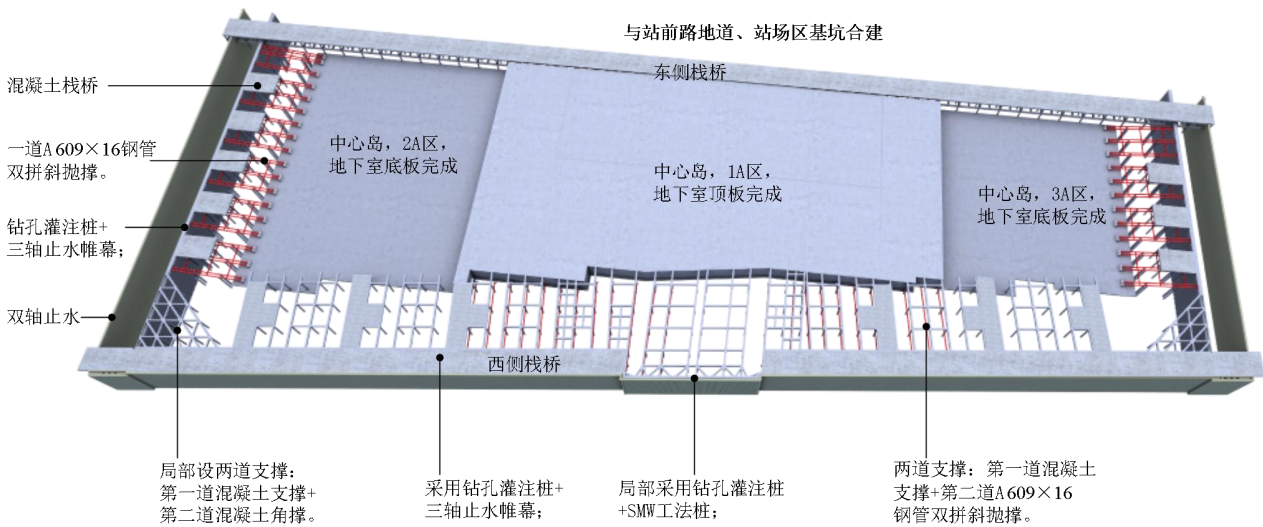


图 1 基坑围护分区平面示意图

1.2 工程地质条件

项目场地范围内地基土属第四纪沉积物。依据《详勘报告》，按其结构特征、地层成因、土性不同和物理

力学性质上的差异可划分为8层，部分地基土层又根据其工程性质不同分成不同的亚层，其地基土的构成和特征详见下表。

表 1 地基土层统计表

土类	层序	土层名称	层厚 m	层底标高 m
填土	①0	淤泥	1.68	0.48
	①1	杂填土	3.72	2.27

土类	层序	土层名称	层厚 m	层底标高 m
	①2	暗浜填土	1.06	0.49
黏性土	②1	褐黄~灰黄色粉质黏土	1.47	1.55
粉（砂）性土	②3	灰色砂质粉土	3.18	-1.86
黏性土	③	灰色淤泥质粉质黏土	3.89	-5.75
	④	灰色淤泥质黏土	9.40	-15.15
	⑤	灰色黏土	7.25	-22.39
	⑥	暗绿~草黄色粉质黏土	1.78	-24.16
粉（砂）性土	⑦1-1	草黄色黏质粉土	2.37	-26.45
	⑦1-2	草黄~灰黄色砂质粉土	7.42	-33.73
	⑦2-1	灰黄~灰色粉砂	10.61	-44.34
黏性土	⑦2t	灰黄色砂质粉土夹粉质黏土	1.54	-45.63
粉（砂）性土	⑦2-2	灰黄~灰色粉砂	17.02	-62.13
	⑨1	灰色粉砂	10.07	-72.20
	⑨2	灰色粉细砂	未钻穿	未钻穿
	⑨2t	灰色粉质黏土夹砂质粉土	1.16	-77.08

1.3 水文地质条件

1.3.1 地表水

拟建场地内原有河流，目前河道东西两侧已被封堵，现状被用作其他项目临时集水，可能对潜水进行补给。

1.3.2 地下水类型

（1）潜水

浅层潜水主要补给来源均为大气降水、邻近河流补给等，随着季节、气候、降水量等影响而变化。据上海区域资料，潜水水位埋深，一般距离地表面约 0.3~1.5m，受降水、地表水的影响有所变化，年平均水位埋深 0.5~0.7m。由于潜水与大气降水及地表水的关系十分密切，故水位呈季节性波动。

地下水稳定水位埋深在 1.37~3.75m 之间，相应的地下水水位标高在 2.03~4.18m 之间。实测详勘各取土孔内的地下水稳定水位埋深在 1.37~3.75m 之间，相应的地下水水位标高在 2.03~4.18m 之间。

（2）承压水

本工程承压含水层第⑦、⑨层承压水水头埋深一般在 3.00~7.00m 之间。⑦层中的承压水稳定水位埋深约在地面下 6.65~7.15m，平均埋深 6.90m，相应标高 -0.30~-0.47m，平均标高 -0.39m。

（3）水、土对建筑材料的腐蚀性

场地内地下潜水及土对混凝土有微腐蚀性；在长期

浸水时地下潜水及土对钢筋混凝土结构中的钢筋有微腐蚀性；在干湿交替作用状态下，地下潜水及土对钢筋混凝土结构中的钢筋有弱腐蚀性；地下潜水及土对钢结构有弱腐蚀性。

2 负压-气举降水工艺应用

2.1 工艺原理

该工艺是利用压缩气体动能排水的新型降水施工工艺。通过抽水控制中心连接空压机和土体疏干井相连，一台空压机最多可以连接 4 个控制箱，每一个控制箱最多可以连接 12 口土体疏干井。“气举”指的是抽水控制中心控制空压机土体疏干井输入压缩空气将井内地下水排出井外。“负压”指的是井内液面降低后，抽水控制中心可自动停止该降水井输气，通过真空吸力加快地下水汇集。

负压气举降水工艺采用特制的置水器替代传统潜水泵，置水器与空压机、真空泵和控制箱相连接。排水时，控制箱阀门自动切换至空压机运转，通过管道向置水器内注入空气，将管井内进入置水器的水排出管外。置水器内的水排出后，控制箱阀门再切换至真空泵模式，以降低置水器及管井内的压力，使土体中的地下水吸进管井和置水器内，随后再次启动充气排水（如图 2）。通过降水控制箱的调配切换，可以使多口疏干井同时形成负压和气举降水，从而达到疏干土体的效果。

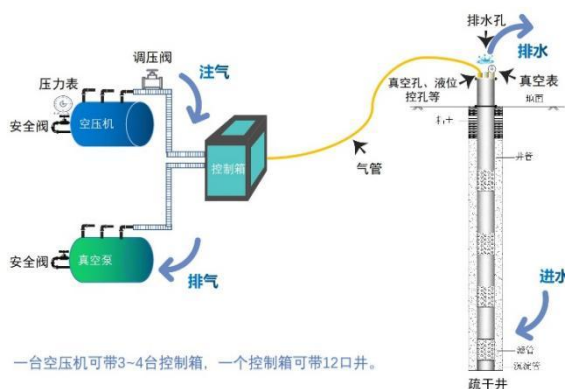


图 2 负压-气举抽水示意图

2.2 工艺优点

(1) 不割管持续降水，疏干效果好。负压-气举降水井靠近支撑，开挖过程中井口搭建平台，井管得到保护，减少了因割管耽误的降水时间。而且在开挖面以上采用多段式短进水口滤管，便于开挖前保持负压真空，在开挖后也易于进行二次封闭以保持负压（如图 3）。提高了真空度和真空时间，并加速了地下水向井内汇集。疏干效果好。



图 3 不割管降水示意图

(2) 降水运行安全性高, 对于顺作基坑，负压-气举降水井靠近支撑搭建平台，开挖中保持井口高度，避免了工人因割管产生的风险。对于逆作基坑，负压-气举降水井只要保留在顶板以下板中不割管即可。负压-气举降水井通过往井内置水器输送压缩空气进行气动排水，置水器不用接电，没有了漏电风险，而且还不会出现电机干烧，避免了因水泵干烧导致的用电隐患，提高了疏干降水运行过程中的安全度。

(3) 管路便于隐蔽。该工艺的井口仅有输气管、排气管和排水管三个管路，可以将管路沿着混凝土支撑侧边设置（如图 4），整个场地显得规范、整洁，符合

相关安全文明施工的要求。

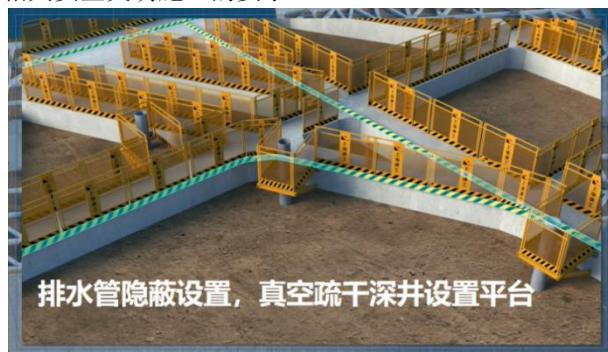


图 4 隐蔽布设管路示意图

2.3 疏干降水井实施

本项目共设置 454 口疏干井，所有疏干井均采用负压气举工艺，井深度分别为 16.0m 和 19.0m。基坑开挖面以下在 5.5m 位置设置进水口，滤管长 20cm；到基坑底面之间宜在分层开挖面以上 1.0m 内分别各设置一段滤管；基底以下布设 1 段滤管，长度为 3.0~5.0m。

真空疏干深井的布置原则为：单井有效疏干面积按 220m² 计，真空疏干井不进入承压含水层，真空疏干深井井径应满足规范要求。井平面位置施工时应避开坑内支撑、格构柱、工程桩、坑内加固，边坡斜面及坡脚线处，井位应尽量靠近支撑和格构柱，在基坑开挖过程中以不割管保持持续降水为主，远离支撑的疏干井可根据开挖需要可随挖随割，不需要搭设平台。

不需要保留的疏干井在土方开挖完之后，垫层浇筑之前进行封井，首先进行抽水，再采用 C20 细石混凝土进行灌注封闭。

2.4 降水效果

本项目在应用负压-气举降水工艺后，土体疏干的效果非常好，为后面土方顺利开挖创造了非常好的条件。

2.5 注意事项

(1) 设备配置可以按每台 18.5kw 的真空泵连接 12 口土体疏干井或每台 7.5kw 的真空泵连接 6 口土体疏干井进行真空泵的配置；

(2) 开挖暴露的井管及时缠反光胶带或涂抹反光漆，便于夜间施工识别；

(3) 开挖暴露的滤管及时采用密封膜或密封胶皮进行封闭，封闭后应检查其密闭性，发现有漏气的部位重新进行处理确保最终密闭效果；

(4) 随开挖割除的土体疏干井应在开挖后确保安全的状态下割管, 切割后的井管及时用塔吊运至坑外, 管口及时封闭并按土体疏干降水方案进行抽水管理;

(5) 落低的管口要采用鲜明的红旗、警示灯等作为标识;

(6) 土体疏干降水也要结合基坑监测以及开挖工况严格控制水位降深, 开挖后支撑未形成一定强度前应尽量控制降水, 避免造成过度的变形;

(7) 降水过程中应同步测量观测井水位, 频率不低于 1 次/天, 水位数据应及时形成报表上报;

(8) 发现局部土体疏干井排水量持续偏大, 应进行分析, 特别是加强对隔水帷幕是否存在渗漏进行检测和预判, 做好相应的应急措施, 避免开挖后产生侧壁管涌、流砂现象; 同时必要时在该区域要加强抽水, 增加必要的抽水管井或辅助真空井点确保土体疏干效果;

(9) 本项目土体疏干, 隔水帷幕的完整性和降水

的持续性非常重要, 支撑养护暂停降水期间应正常观测坑内外水位变化, 掌握坑内水位恢复情况, 发现有明显的水位恢复现象要及时上报并采取相应的应急措施, 恢复降水并加强隔水帷幕的渗漏检测和预堵漏措施;

3 结语

降水的效果是保证基坑土方顺利开挖的关键, 应根据实际地质条件和具体的施工条件, 研究降水工艺的可行性, 根据需要的性能指标选择出符合实际施工要求的施工工艺。本文以工程实例为背景, 重点介绍了负压-气举的疏干降水的施工工艺及相关施工控制措施对类似工程有较为积极的借鉴意义。

参考文献

- [1] 林毅. 小口径气举降水在基坑降水施工中的应用[J]. 广东地质, 2004
- [2] 李伯威. 小口径光管井点降水在砂性土层土质工程中的应用[J]. 建筑施工, 2017 (039) 012