

# 某会展中心真空预压技术在地坪沉降加固处理中的应用

祁天辉

国家会展中心(上海)

DOI:10.32629/bd.v9i10.4567

**[摘要]** 软土地基具有低强度、高压缩性特征,如果缺乏有效加固,将引发较强的工后沉降、路桥接缝错台等工程病害。而传统填方作业除了会引入杂物干扰桩基施工,还容易造成后期弃土回填、高昂支护成本。针对某会展中心项目,本文采用增压式真空预压技术深层处理软基。该工艺通过高效排水固结,在消除不均匀沉降、控制工后变形方面具有较强的应用效果;同时免除大规模填方需求,大幅度降低桩基施工难度、土方开挖量,全面优化支护方案,大幅度节约工程造价,实现地基处理经济性和安全性的同步优化。

**[关键词]** 会展中心; 真空预压技术; 地坪沉降加固处理; 应用

**中图分类号:** P642.26 **文献标识码:** A

## Application of Vacuum Preloading Technology in Floor Settlement Reinforcement Treatment at a Convention and Exhibition Center

Tianhui Qi

National Exhibition and Convention Center(Shanghai)

**[Abstract]** Soft soil foundations are characterized by low strength and high compressibility. Without effective reinforcement, they can lead to significant post-construction settlement, bridge-approach slab differential settlement, and other engineering issues. Traditional filling operations not only introduce debris that interferes with pile foundation construction but also often result in later issues such as backfilling of excavated soil and high support structure costs. Focusing on a convention and exhibition center project, this paper adopts pressurized vacuum preloading technology for deep treatment of the soft foundation. This technique achieves efficient drainage and consolidation, demonstrating strong effectiveness in eliminating uneven settlement and controlling post-construction deformation. Simultaneously, it eliminates the need for large-scale filling, significantly reduces the difficulty of pile foundation construction and the volume of earth excavation, comprehensively optimizes the support scheme, and greatly lowers project costs, thereby achieving simultaneous optimization of cost-effectiveness and safety in foundation treatment.

**[Key words]** convention and exhibition center; vacuum preloading technology; floor settlement reinforcement treatment; application

### 引言

真空预压技术历经四十多年发展,已经从围海造地拓展至房建软基处理领域,其技术成熟度、工程适应性大幅度提高。但由于部分地区建筑用地稀缺,迫使开发项目向土质条件恶劣的软土区域扩展,传统地基处理方案时常面临高成本、工期长、质量隐患等一系列挑战。在此背景下,增压式真空预压凭借特殊的排水固结机理,成为解决软土地基沉降难题的关键路径。该技术通过负压作用加速孔隙水排出,有效提高土体强度,控制工后沉降,在保障结构安全的前提下大幅度降低工程造价。对比常规堆载预压,其无需大量填料,避免二次开挖、运输成本,同时减少施

工给周边环境造成的扰动,故推广增压式真空预压是提高工程施工质量的重要措施。

### 1 工程概况

本项目针对某会展中心N馆地坪沉降、墙体开裂问题,严格实施双液法注浆加固方案。处理深度定为4.5米,选择P.042.5普通硅酸盐水泥,水灰比严格控制在1.0,并掺入模数2.5~3.3的水玻璃,掺量为水泥重量的2%,进一步加速凝结。单立方米土体水泥用量设定为130kg,浆液注入率控制在15%,黏度维持80~90秒,固化后试块抗压强度需要达到0.3~0.5MPa。施工采用工程钻机成孔,孔径60~110mm,垂直度偏差小于1%,孔间距不小于1米,注浆压力

控制为0.2~0.5MPa范围，并按照每加深1米递增0.01MPa的原则动态调整。

施工工艺严格执行跳孔间隔、先外围后内部原则，控制由疏至密、对称均匀推进，严禁分块集中注浆，注浆管逐段提升，每次拔管高度500mm，要求连续作业，中途停泵须重新插管补浆。全过程实时监测压力、流量、时间数据，如果遇到压力突然变化，立即采取停注、封堵措施，同步建立建筑物变形监测体系，实时监控基础上抬、地面隆起、周边管线位移，一旦触发预警阈值即刻停工，保证施工安全、加固效果的可控性。地坪沉降区域如图1所示：

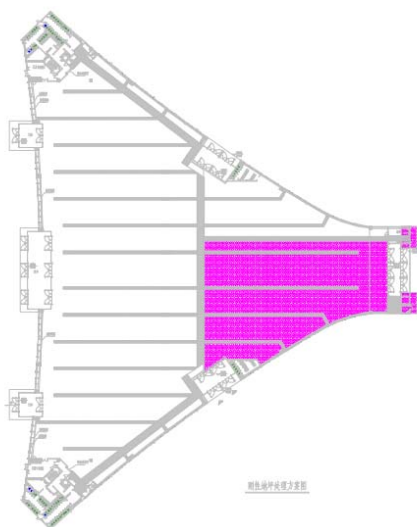


图1 地坪沉降区域示意图

## 2 工程施工重难点

(1) 施工场地条件复杂。该会展中心N馆为已建成场馆，地坪下方为厚度约4.5m的回填土层，场地内分布既有建筑、混凝土道路/沥青路面，施工区域受到限制。真空预压需要在有限空间内布置密封系统，同时避免对既有建筑基础、道路结构造成扰动，对施工部署、设备选型提出较高要求。

(2) 地下管网密集，保护要求高。场地范围内埋设雨污水管、电力通信管线等市政设施，真空预压产生的负压作用、土体固结变形可能对管线产生附加应力。施工前需要精准探测管线位置，制定专项保护方案，并在预压过程中同步监测管线位移，防止管线破损引发次生灾害。

(3) 既有建筑邻近，变形控制严格。N馆主体结构、周边道路对于差异沉降敏感，真空预压加固过程中土体固结必然产生竖向变形，须严格控制沉降速率，建立高精度变形监测网，实时监测建筑基础、地坪、道路，一旦变形接近预警值立即调整抽气参数，保证加固过程安全可控。

(4) 回填土层性质不均，加固深度难以统一。场地回填土中白灰和土的比例为3:7，其密实度、含水率分布存在差异，直接影响真空预压的排水固结效果。部分区域可能由于渗透性差异导致负压传递不均匀，需在密封系统设计时考虑分区控制，加密监测点，动态调整抽气强度，保证全场加固效果一致。

(5) 施工期间场馆正常使用受限。会展中心具有频繁办展需求，真空预压施工期间需要占用部分场地，且抽气设备运行产生噪声，可能影响场馆运营。同步合理划分施工区段，压缩工期，采取降噪措施，并和运营方密切协调，最大限度减少给场馆功能带来的干扰。

## 3 真空预压技术在地坪沉降加固处理中的应用

### 3.1 施工准备工作

真空预压技术效果高度依赖密封系统的完整性，因此前期准备具有至关重要的作用。在实践中，施工人员先彻底排干场地地表积水，针对局部低洼区域建立临时围堰，设置专用排水点，防止雨水倒灌破坏负压环境。在场地整理过程中，施工人员要提前评估机械进场路径，并组织施工人员进行专项技术交底，明确砂层封堵、膜材保护、用电安全等控制点，为后续工序奠定坚实基础。

### 3.2 平整场地排水

在施工现场开挖新的排水沟，接入原有场馆排水系统，将地表滞水快速汇集至集水井。排水沟布置要严格遵循“由疏到密”原则，加强全场水流畅通，避免局部积水软化地基。同时，在平整过程中，严格控制沟底标高，保证排水坡度顺畅，同时注意保护浅层土体结构，防止过度扰动。对于无法机械作业的死角，结合人工清理，确保场地表面相对平整，为后续铺设土工合成材料提供均匀基底（如图2所示）<sup>[1]</sup>。

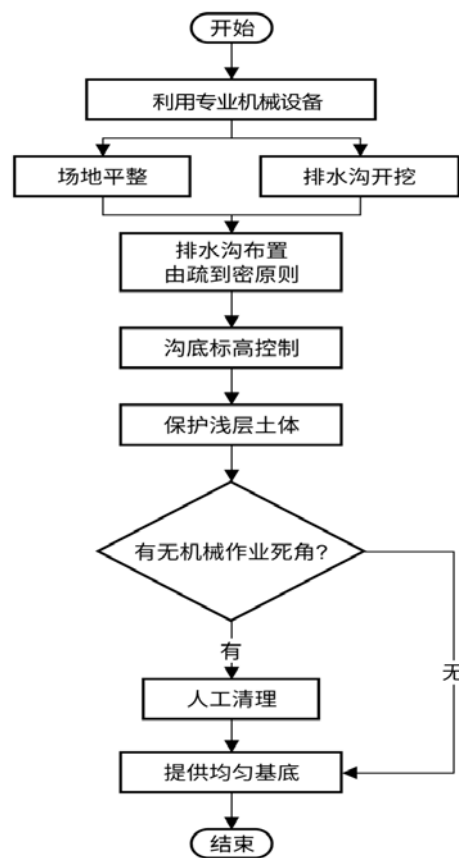


图2 平整场地排水流程图

### 3.3 机械插防塑料排水板

根据地质勘察结果,需精确控制排水板深度,严禁穿透下伏砂层,有效防止跑气。在实践中,应采用正方形布桩法,间距严格控制在0.8m,施工策略上采取“先浅后深”的分级处理模式,初期利用轻型设备进行浅层插板,建立初步真空通道;等到浅层系统稳定后,再积极引入重型机械进行深层插板,并将新孔布置于浅板间隙中心,最大限度保留浅层真空系统的完整性,插板垂直度偏差则控制在±70mm以内,保证排水通道畅通无阻。插设完成后,板顶要高出地表0.6米,有助于连接真空管,提前预留沉降余量,且全过程要加强安全管控,作业人员必须佩戴防护装备,有效规范用电,防止机械倾覆事故。

### 3.4 连接真空管和排水板

真空管网的构建是形成连续负压场的关键点,其连接工艺直接影响抽气效率。先将手型接头(J型接头)和塑料排水板顶部相互对接,利用木工枪钉进行固定,保证接口处气密性良好,杜绝漏气隐患<sup>[2]</sup>。随后,铺设主、支真空管网,主管选用直径50mm的PVC钢丝软管,具备较高的抗压强度,能够承受外部荷载;支管采用直径25mm的同材质软管,灵活连接各排水板;主管和支管通过变径三通、四通接头汇流,所有节点均需要牢固固定,防止负压吸力导致的管路脱落<sup>[3]</sup>。另外,管网布局应严格遵循“树状”“环状”拓扑结构,控制气流阻力最小化,主管道应沿着排水板排列方向平行敷设,支管呈辐射状接入,减少弯头数量以降低局部阻力损失。在连接过程中,需要特别注意接头处的密封处理,必要时涂抹密封胶、使用专用卡箍加固。铺设完成后,应进行分段气密性测试,确认无泄漏后才能进入下一阶段。整个管网系统需覆盖全场,并和真空泵组高效匹配,确保在抽气过程中能迅速建立并维持稳定的真空度,从而有效促进孔隙水排出<sup>[4]</sup>。

### 3.5 真空预压

密封系统构建完毕后,启动真空预压抽气程序。施工人员要在场地四周利用水陆挖机切断下伏砂层,开挖深度达到1-1.5米的压膜沟,坡度控制在1:1.5,保证密封膜边缘被完全埋入沟内;同步依次铺设200g/m<sup>2</sup>短丝无纺土工布、150g/m<sup>2</sup>编织土工布作为保护层,最后覆盖两层PVC密封膜,膜间搭接宽度要符合规范要求,严格密封焊接;开启真空泵组,逐步抽取膜下空气,监测真空度变化直至达到设计值;保持持续抽气,通过土体固结,实现预期预压效果<sup>[5]</sup>。

## 4 应用效果

本项目采用的增压式真空预压技术,通过直连接头取代传统砂垫层,显著缩短气体传输路径,科学降低沿程阻力,大幅度提高真空度传递效率。同时,配合防淤堵滤膜材料的应用,有效解决流塑状淤泥中泥沙堵塞排水通道的难题,保证在低渗透性土质条件下实现高效泥水分离。该技术将抽真空周期从常规的4个月压缩为80~90天,整体工期控制在4个月内,全面加强施工时效性<sup>[6]</sup>。相比传统工艺,该方案有效减少中粗砂等建材消耗,降低碳排放,在复杂软基处理中展现出良好的固结速率、加固深度,为同类工程提供低碳、高效的技术支持<sup>[7]</sup>。

## 5 结语

本文实证表明,增压式真空预压技术通过直连接头、防淤堵滤膜的创新应用,成功解决高含水率软土排水固结问题,成功消除传统砂垫层的依赖性,显著降低沿程气损,大幅度缩短工期至四个月,在低渗透性淤泥中实现高效泥水分离。工程实践验证其在地坪沉降控制、工后沉降消除及造价优化方面的应用效果,为复杂软基处理提供具有经济性、可靠性的绿色解决方案,有力推动地基加固技术的持续优化。

## [参考文献]

- [1]张峰.浅析市政道路软基处理真空预压技术及质量控制对策[J].江西建材,2022(10):229-231.
- [2]刘燕琼.真空预压技术在地基处理中的应用及其效果分析[J].上海建设科技,2025(1):61-65.
- [3]吴永猛.塑料排水板+真空预压技术在软基处理中的应用[J].建筑技术开发,2024,51(10):159-162.
- [4]刘素彦,武志鹏.真空预压技术在滩涂软基处理中的应用研究[J].云南水力发电,2022,38(12):192-195.
- [5]王文榜.直排式真空预压技术在城市道路深厚软基处治中的应用[J].交通世界,2024(29):100-102.
- [6]陈焕龙,花锦峰.水气分离式真空预压技术在海堤工程软基处理中的应用及其数值分析[J].珠江水运,2022(7):3-5.
- [7]王政,邓祥辉,刘冲.真空联合堆载预压技术在徐圩港区软土地基的应用研究[J].北方建筑,2025,10(5):70-75.

## 作者简介:

祁天辉(1986--),男,安徽省阜阳市人,工程师,硕士研究生,单位:国家会展中心(上海),研究方向:建筑施工。