

工业厂房建筑地基溶洞处理施工技术研究

张灿光

中国汽车工业工程有限公司 天津 300100

【摘要】以广西柳州某项目的PACK车间溶洞处理工程为出发点，聚焦工业厂房地基溶洞的施工技术路径，勘探结果表明溶洞的分布和规模呈现显著差异性，因此将旋挖桩法、注浆法以及直接开挖浇筑四种方法进行横向对比，梳理清楚每种方案的技术逻辑、实施环节、适用场景及潜在缺陷，经综合权衡后确定旋挖桩法为核心研究内容，这不仅是试图解决当前项目问题的一次实践，同时也试图为类似的溶洞处理提供更具操作性的参考依据，在这一过程中期望能进一步提升工程安全性和施工效率。

【关键词】工业厂房；地基溶洞；处理技术；旋挖桩法

引言：

工业厂房建造过程中，地基是否稳固直接牵连到厂房结构的安全和长期使用效果，地基溶洞堪称一块难啃的骨头，要是处理得不够妥当，厂房基础极有可能遭遇不均匀沉降或者墙体开裂这类棘手难题，经济损失暂且不论，厂房安全也会陷入岌岌可危的境地，正因如此，深入钻研溶洞相关问题并且采用科学合理的施工技术，在保障工业厂房建设质量与安全这件事上有着非同一般的重要意义，接下来将以PACK车间溶洞处理工程这个案例为切入点，细细探讨工业厂房建筑地基溶洞处理所涉及的施工技术。

1 工业厂房建筑地基溶洞处理施工技术研究的作用

工业厂房地基溶洞的处理需结合具体情况灵活调整，不同场景下对应方法各异，其中包含的技术逻辑、执行步骤及各自利弊条件都应纳入考量范围，比如对于大范围且高度显著、承载需求严格的溶洞区域，旋挖桩技术更显适配性，而填充物料分布均匀但荷载要求较低的场所，则高压旋喷桩法能展示独特优势，这种差异性的方案选择确保了与实际工况契合，同时也能在施工前预判潜在困难并拟定预防策略，具体来说实施旋挖桩工序时锁定质量控制的核心节点，可大幅减少隐患进而保障桩体结构的承载能力与稳定性为工程质量筑底，在此之前评估作业风险成为不可忽略的一环，从完善应急预案到强化现场管控诸如开展专项安全培训、设备调试排查以及升级防护规程等一系列措施都能一定程度降低事故几率以护航项目推进与人员安全，将分析系统化是迈向科学决策与工程优化的重要基石。

2 工业厂房建筑地基溶洞处理施工技术研究的现状问题

2.1 地基不均匀沉降隐患

在岩溶区域兴建工业厂房时，溶洞使得地基土体力学性

质变得难以预测，其分布无规律可循，尺寸、形态以及埋深各有不同，这就直接造成了承载力的不均匀性，在溶洞上方或周边地带，土体会因空腔存在而呈现出弱化态势，很难稳妥承载上部结构传递的荷载，厂房建成后投入运行，长期处于重压状态下的地基难免会出现非均匀沉降，墙体和地面等处随之出现裂痕，这对厂房外观与功能带来显著影响，若沉降状况进一步恶化，建筑结构可能失稳，最终危及人员安全与设备运作。

2.2 施工过程中的坍塌风险

工业厂房地基施工涵盖基础开挖和桩基础作业等环节，这些步骤必然会对溶洞周边土体及岩体产生扰动，溶洞顶板通常结构薄弱，施工引发的震动足以打破其原有的平衡状态，当顶板无法承受自身重量与上部施工荷载时就会诱发坍塌，而坍塌一旦发生，工地现场瞬间混乱不堪，工程被迫暂停还带来额外成本投入，人员也可能面临被掩埋或砸伤的生命威胁，这种风险对施工安全管理构成了极为棘手的难题。

2.3 现有处理方案的局限性

当前工业厂房地基溶洞处理可选的技术手段虽然多样，但都存在各自适用的局限性，注浆法适用于小型简单溶洞场景，然而一旦涉及大型复杂溶洞，范围控制与效果评估难以精准达成，地基稳定性因此缺乏稳固支撑，高压旋喷桩法则对溶洞内部填充物状态极为敏感，性状一旦复杂多变便让加固体的质量和承载力充满变数，检测验证需要投入大量精力跟进，不同技术路径在施工工艺和质量管控标准方面差异显著，这使得施工人员在现场操作时常陷于不易拿捏的境地，从而引发质量问题并埋下工程后期的安全隐患。

3 施工技术研究的工程概况

PACK车间在施工勘察过程中,发现6个柱基下存在溶洞,其中3个柱基下的溶洞相互连通,形成了较大的溶洞区域。溶洞的埋深、洞高和平面范围各不相同,对厂房地基的稳定性构成了严重威胁。具体情况如下:

3.1 轴线2-3区域

此区域为成片的溶洞区域,影响3个柱基,原设计为CFG桩复合地基。该区域柱基下CFG桩已施工完成,但在浇筑过程中,个别CFG桩出现超灌现象,超灌的混凝土进入了溶洞。溶洞区域各探孔的溶洞顶标高在90.5m-85.0m之间,洞高0.8m-9.5m,溶洞平面范围大,局部洞高较大。

3.2 轴线7交1/D区域

单柱基下存在溶洞,原设计基础为天然地基上的独立基础。各探孔的溶洞顶标高在88.1m-84.9m之间,洞高0.4m-3.6m。

3.3 轴线1交B区域

单柱基下溶洞,原设计基础是天然地基上的独立基础。各探孔的溶洞顶标高在90.9m-85.4m之间,洞高0.4m-2.4m。其中,T2勘探孔土洞顶标高90.9,T2-3溶洞顶标高为85.4,该溶洞在基础范围之外,平面范围及洞高较小。

3.4 轴线14交F区域

单柱基下溶洞,原设计为CFG桩复合地基。探孔的溶洞顶标高为83.2m,洞高1m。溶洞平面范围小,洞高不大,且溶洞埋深大,洞顶至基础底有12m厚的土层。

4 溶洞处理方案对比分析

4.1 轴线2-3区域溶洞旋挖桩法处理方案

桩身穿过溶洞后嵌入岩层,顶部延伸至基础下方,凭借桩端落在岩层的特点,承载性能稳定成为可能,施工初期需进行桩位测量与放线,确定旋挖桩的精确位置;随后用旋挖钻机钻孔,根据溶洞的具体情况灵活调节钻进参数,以确保成孔的垂直度和尺寸精度;当达到设计深度时执行清孔操作,清理底部残余沉积物;钢筋笼下放后灌注混凝土,从而完成旋挖桩的构建。单桩通过桩端坐落在岩层的方式充分展现其高可靠性的承载能力,且施工质量较有保障,不过由于设备和技术要求较高导致成本偏高,此类方法更适合地基承载力需求大、溶洞面积较广或洞高显著的特殊地质区域使用。

旋挖桩法在处理溶洞问题时,对周围土体的扰动相对较轻,从而削弱了施工中出现塌陷的可能性,为施工安全增设了一道屏障,同时该工艺效率较为可观,能显著缩短工期,推动项目进展提速,虽然初期投入略显昂贵,但长期

来看其所构建的稳定承载特性以及优质工程质量能够保障厂房可靠运行,并减少后期维修费用;在经济状况具备条件的前提下,将旋挖桩作为应对溶洞的一种备选方法颇具合理性。

4.2 轴线7交1/D区域溶洞注浆法处理方案

用钻孔向溶洞灌浆液以填充空间,稳固溶洞地基,首先需进行钻孔操作,确定适宜的位置与深度,随后将注浆管置入钻孔,借助注浆泵使浆液注入其中,这一过程中必须对压力和灌浆量予以掌控,方能达成浆液在溶洞内均匀散开的效果,此方式工艺简单,成本较低,但若溶洞范围广大,则需要大量浆液,工期亦会拖长,且效果难以确保,更适用于小型且洞高较低的溶洞。

注浆法应对小型溶洞,操作上显得颇为灵活,依据施工实际情况调整注浆参数便可达成理想效果,其浆液还能悄然渗入溶洞周边的细小裂隙,从而进一步增强地基的整体稳定性,但这种方法并非毫无瑕疵,若浆液配比失当或压力过高,便可能出现浆液外溢乃至地面隆起的现象,因而施工过程中必须严密监控注浆参数以确保稳妥无虞,还需注意的是溶洞的形态、规模以及地质条件等都会对注浆法的施工成效产生牵制作用,动工前务必进行细致勘查并开展试验以确定最适宜的注浆方案。

4.3 轴线1交B区域溶洞直接开挖浇筑法处理方案

直接开挖至土洞底部,用C20素混凝土浇筑到-4.500标高后再按常规流程推进基础施工,依靠混凝土本身的性能来应对溶洞影响,首先进行测量放线明确范围,再根据实际情况选择机械或者人工方式将土洞内的填土清理到底部设计高度,同时对基底进行整平处理以确保其能够满足承载力需求,接着完成C20素混凝土的浇筑工序,待强度达到规定值后即可展开后续施工作业。这种技术手段简单易行、造价经济而且效果一目了然,但它的适用场景相对局限,主要适合那些溶洞平面投影较小或溶洞位置处于基础边缘之外,并且规模不大的条件,对于大规模溶洞或者地质复杂的环境需谨慎考虑其他方案替代。

4.4 轴线14交F区域溶洞处理方案

根据规范,该区域溶洞平面范围小,洞高不大,且溶洞埋深大,洞顶至基础底有12m厚的土层,可不做处理。然而,考虑到建筑工程的长久稳定性,即便按规范可不做处理,仍可采取一些预防性举措。

5 工业厂房建筑地基溶洞处理策略

5.1 施工前精细化勘察策略

施工前必须开展深入且全面的勘察工作,采用多种手段

相互补充以获取数据，地质钻探与地球物理勘探这类方法能够对溶洞范围、体量、形态、填充特征及周边地质条件展开详尽探测分析，进行地质钻探时有必要增加钻孔数量以确保数据充分反映实际情况，而高密度电法或地质雷达等技术则有助于细化溶洞边界及其空间结构的识别，此外还需整理区域历史地质记录并梳理其演化脉络，这可为后续制定处理策略提供必要的参考和支撑性信息。

勘察工作需要聚焦溶洞和地下水位的相互作用，同时考量溶洞对地基稳定性可能引发的风险，特别是那些潜在不稳定的区域，预先制定应急对策显得尤为重要，毕竟这是保障施工安全的基础环节，精细勘察采集的数据要梳理汇总成一份缜密的报告，内容涵盖溶洞的位置分布、形状特征、物理属性以及地基稳定性评估等细节信息，为后续施工设计与处理方案提供可靠的支撑材料，而且勘察和施工这两个环节之间还得架设起高效沟通的纽带，确保勘察成果能快速准确传递到施工团队手上，便于根据实情调整操作规划，从而维护工程质量与现场作业的安全性。

5.2 施工中技术优化与质量管控策略

施工全程都要按预定方案对技术进行优化，质量管控同样严谨到位，以旋挖桩施工为例，现场地质与溶洞特性存在差异，钻进参数必须及时调整才能应对复杂状况，穿越溶洞这类重点环节更有门道，投入适量黏土、片石等混合物作为护壁措施以防塌孔，安全才有保障，钢筋笼制作与下放时得严抓质量细节，规格、间距和焊接需符合设计要求以防变形或上浮，混凝土浇筑阶段控制好配合比、坍落度以及浇筑速度目的在于保证桩身的连续性，高压旋喷桩施工时精准把握水泥浆喷射压力、流量还有提升速度才是加固体质量达标且均匀的核心因素。

注浆法施工过程中，技术优化与质量管控也会被纳入考虑范围，溶洞的规模、深度及其周边地质条件会对浆液的选配和比例调试产生影响，旨在追求更优的注浆效果，在实际操作中，压力与速度需经过严格控制，以避免浆液流失或者填充不足的问题，注浆完成后的区域得实施实时监测来确保结果和设计预期相符，验收阶段时相关标准及规定就成为关键衡量依据，所有技术参数都得逐项核查是否合格，若发现存在不合格的部分，则要马上运用修补方案加以纠正，整个工程的可靠性和安全性才是最终要达成的目标。

5.3 施工后长期监测与维护策略

施工项目完工后构建长效的监测与维护机制颇为关键，工业厂房初投用阶段更要增加监测频率，仔细检查基础沉

降、位移等重点指标，为保证数据精确并实时刷新，高精度水准仪和全站仪这类现代设备便可派上用场，它们能捕获厂房结构细小的变化，继而对数据背后潜藏的信息加以深究。监测过程中一旦察觉异常变动，就必须迅速行动起来，像地基加固、重新分布上部结构荷载等手段都得提上日程，核心目标指向消除安全风险，同时构建清晰的定期维护规划也很必要，依据时间周期对厂房基础构造及其周围环境做全面审视，审慎留意影响地基稳固性的垃圾与积液清理情况，唯有这样才能为厂房地基的长期稳定与安全提供可靠支撑。

为持续优化监测与维护效果，可灵活安排专业人员参加培训 and 交流活动，助力他们掌握前沿技术和新手段，典型案例的分享与实战经验的传递能让团队整体应对能力得到提升，在复杂情境下更倾向于果断准确地处理问题，同时也可以开辟反馈渠道，引导现场人员主动上报潜在隐患或异常情况，确保信息迅速传至相关部门，以便快速采取行动，通过这些综合方式，工业厂房地基能够实现长期稳定安全运转并延缓建筑老化过程，从而提升企业的经济效益。

6 结论

研究了PACK车间溶洞处理工程，根据溶洞位置和规模，应用了多种处理方案。旋挖桩法适用于要求高承载能力的大溶洞区域；高压旋喷桩法适合填充物均匀、承载要求一般的区域；注浆法适用于小范围、低洞高的溶洞；直接开挖浇筑法用于平面和高度都较小的溶洞。旋挖桩法施工中，严格控制工艺和质量，保障了工程安全。本研究为类似工程提供了技术参考和实践指导，建议根据具体情况合理选择方案，确保地基稳定和结构安全。同时，应持续研究更先进、高效、经济的溶洞处理技术，以支持工业厂房建设。

参考文献：

- [1] 张明, 顾兴海, 刘启安, 等. 深圳岩溶地区建筑工程溶洞处理技术探讨[J]. 广东土木与建筑, 2023, 30(08): 28-31.
- [2] 陶毓玉. 岩溶地基工程地质勘察技术及治理方案[J]. 江西建材, 2023, (08): 214-216.
- [3] 张明, 顾兴海, 刘启安, 等. 深圳岩溶地区建筑工程溶洞处理技术探讨[J]. 广东土木与建筑, 2023, 30(08): 28-31.
- [4] 陈路生. 高层建筑桩基荷载下溶洞顶板稳定性研究[D]. 广西大学, 2022.
- [5] 韦举向. 基于BIM和遗传算法的桩遇溶洞处理方案决策研究[D]. 广西大学, 2022.