

专利导航助力智能化边坡监测技术在建筑施工中的应用

李小永

上海建工集团股份有限公司 上海 200120

摘要：智能化边坡监测技术落地建筑施工时，存在技术选型杂乱、场景匹配度不足等问题。本文结合专利导航方法，剖析该技术组成、施工场景特征与专利发展态势，依托 2025 年上海建工“基坑围护体结构位移变形智能监控系统”专利导航项目实例，明确专利导航在技术筛选、研发优化、体系完善、规避重复研发等方面的应用路径，同时阐述施工全周期监测部署方案与技术优化方向，为智能监测技术在工程现场落地应用提供实操参考。

关键词：专利导航；智能化边坡监测；建筑施工；技术选型；专利态势

引言：建筑施工中边坡失稳事故频发，智能化边坡监测是保障施工安全的核心手段。该领域技术更新快、专利布局分散，研发与现场应用存在信息脱节问题。专利导航以专利文献为数据源，可系统梳理技术脉络，为监测技术选型、定向研发提供决策依据。本文围绕基坑围护体位移变形智能监控核心技术，从专利整体趋势、技术构成、技术功效矩阵、重点专利维度展开具体分析。

1 专利导航与智能化边坡监测技术基础认知

1.1 专利导航的工作逻辑与实施架构

专利导航依托专利文献挖掘技术情报，通过数据筛选、分类拆解研判行业研发方向，整体形成“情报采集—技术分析—方向研判—资源匹配”的闭环工作体系，可适配不同技术领域的研发需求^[1]。本次研究采用 In-copat、Patentics 两大专利数据库，检索时间为 2025 年 8 月，经同族合并得到 3616 个专利族，数据清洗后筛选出 1335 项高相关专利，完整落地闭环式专利导航流程。

1.2 智能化边坡监测技术的技术构成

智能化边坡监测技术传感感知、数据传输、智能分析多模块融合而成。根据专利导航的技术谱系分解，智能化边坡监测技术可进一步细分为变形监测和变形控制两大一级技术分支：

1. 变形监测：包含水平位移（测斜仪、全站仪、激光、人工测量等）、支撑轴力（钢筋计、反力计、轴力计等）、顶部沉降（GPS、引伸计、水准仪等）、整体监测四类二级技术；
2. 变形控制：涵盖围护体（灌注桩、地下连续墙、

钢板桩）、支撑体系（混凝土/钢结构内支撑、锚杆支护）、动力系统（液压伺服、电动缸）、锁紧装置（机械锁、液压锁、复合锁定）四类二级技术。技术研发主要目标为提升监测精度、缩短响应时效、降低成本与人工强度、强化施工安全性、提升设备可靠性、实现绿色施工。

1.3 建筑施工边坡监测的技术特征

施工场景下边坡土体持续变动，外加环境因素干扰，边坡状态不确定性强。监测工作需适配场地空间受限、工况多变的特点，全程连续追踪边坡状态，对监测精细化、稳定性要求较高。

1.4 专利导航与边坡智能监测的适配逻辑

边坡智能监测技术迭代快、品类多元，专利导航可梳理技术脉络、识别应用短板。通过“技术功效矩阵”可精准划分技术区域。水平位移监测在精度、时效、安全、可靠性方面属于“技术密集区”；支撑轴力全功效领域、变形控制在精度、轻量化、环保等方向为“技术稀疏区”；钢筋计、反力计、GPS 监测、电动缸、复合锁定等属于“技术空白区”，为技术选型和研发指明具体方向。

2 建筑施工边坡监测技术专利态势分析

2.1 智能化边坡监测技术专利分布特征

根据全球和我国整体专利申请趋势分析，国内相对国外起步较晚，2010 年后迅速发展。全球范围内的边坡监控领域在 1969-1999 年间产业开始缓慢成长，至 2006 年开始呈现爆发式增长^[2]。在主要国家和地区在不同技术分类的专利申请情况中，我国在世界范围内处于龙头

老大的地位,其次是日本和韩国;中、日、韩在3个一级技术分支中,专利申请量均表现为:变形控制>变形监测»数据处理。在变形控制技术的4个二级技术分支(围护体、支撑体系、动力系统和锁紧装置)中,三个国家均侧重于围护体和支撑体系;在变形监测技术的4个二级技术分支(水平位移监测、支撑轴力监测、顶部沉降监测和整体监测)中,我国和日本主要关注水平位移的监测。

2.2 边坡监测重点技术研发方向梳理

竞争对手分析显示,在边坡变形监测领域,专利申请量排名前10的申请人中,我国企业占据绝大多数,外国企业仅有大成建设一家。主要竞争对手包括我国建筑(尤其是其子公司中建八局)、同济大学、鹿岛建设(日本)、大成建设(日本)、清水建设(日本)、大林组(日本)和竹中工务店(日本)。这些竞争对手的专利分布主要集中在变形控制,其次是变形监测,数据处理技术的专利申请量最少。这一格局反映出当前研发的热点方向依然集中在变形控制与监测的硬件技术层面。

2.3 边坡监测技术迭代演进趋势梳理

边坡监测相关技术发展遵循行业建设需求逐步完成更新升级,传统人工监测模式逐步被自动化智能监测模式替代。技术发展初期侧重基础数据采集能力的提升,重点解决边坡状态信息获取不足的行业问题。行业发展中期逐步重视数据处理能力的优化,推动监测数据向可用化、精准化方向转变。现阶段技术发展更加注重多技术体系的融合应用,推动监测作业朝着自动化运行、智能化研判、全天候监测的方向发展。行业建设标准与施工场景的不断升级,持续推动监测技术体系的全方位优化升级。

2.4 现有边坡监测技术存在的技术空白

现有技术体系仍存在多处短板:极端工况下高精度动态监测技术不成熟;多源数据联动分析能力不足,数据利用率低;临时边坡、小型工地适用的轻量化监测技术稀缺;边坡长期稳定性预判技术有待完善。结合功效矩阵,明确具体空白技术:变形监测板块的钢筋计、反力计、GPS技术;变形控制板块的电动缸、复合锁定装置,以上均为后续专利布局与技术突破的核心方向。

3 专利导航赋能智能化边坡监测的应用路径

3.1 通过专利导航筛选边坡监测适配技术

建筑施工边坡监测场景具备工况复杂、环境多变、监测需求多元的特点,市面现存的智能监测技术种类

繁杂,技术适配程度存在明显差异依托专利导航梳理各类技术的应用场景、性能优劣,剔除稳定性差、适配性弱的技术,针对性筛选适用于复杂工地的高精度监测方案,提升技术与现场工况的匹配度^[3]。

3.2 借助专利导航优化监测技术研发方向

依托专利情报梳理行业热点与技术短板,围绕现场痛点制定研发计划。结合基坑围护体位移变形智能监控系统项目,明确五大具体研发方向:

- (1) 优化人工测斜技术,减少人工操作,提升数据精准度与可靠性;
- (2) 升级自动测斜技术,实现全流程自动化作业,提高测量精度;
- (3) 改良钢结构内支撑,研发可拆卸结构,优化轴力自动补偿功能;
- (4) 简化动力系统、锁紧装置结构,降低人工强度,提升作业安全;
- (5) 搭建专业数据模型,实现基坑工程实时全域监测。

3.3 利用专利导航完善监测技术体系架构

现阶段建筑施工边坡智能监测相关技术较为零散,各类监测技术缺乏系统性整合,难以形成完整的技术应用体系。专利导航可以统筹梳理监测感知、数据传输、智能分析、状态预判等全链条技术资源,对各类技术模块进行系统化归类与梳理。结合建筑施工全周期的监测需求,补齐现有技术体系中存在的短板模块,优化各技术模块之间的衔接配合能力。通过梳理领域专利技术布局优势,整合优质技术资源,搭建覆盖施工全流程的智能化边坡监测技术框架。系统化的技术架构能够提升监测工作的整体性与规范性,推动边坡监测技术朝着体系化、集成化的方向发展。

3.4 借助专利导航规避技术重复研发问题

边坡监测领域技术创新体量持续扩大,大量同质化研发行为消耗行业研发资源,延缓技术创新的整体进度。专利导航可以全面梳理行业已完成研发的技术成果,清晰掌握领域内已成熟的技术品类与创新内容。研发团队可以依托专利导航的信息梳理成果,规避已有成熟技术的重复研发投入,将研发资源集中于未开发的技术空白领域。精准的技术信息梳理能够提升研发资源的利用效率,减少无效研发带来的资源损耗,推动边坡监测领域创新工作朝着高质量、差异化的方向推进,为行业技术创新升级提供高效的推进路径。

4 智能化边坡监测技术在建筑施工中的应用方式

4.1 施工前期边坡智能监测技术布局

建筑施工正式开展前的边坡筹备工作,是保障后续监测作业有序推进的关键环节,需要结合施工现场地形条件与施工规划完成监测体系的前期布设^[4]。工作人员结合场地边坡的整体结构形态与场地规划范围,划定监测覆盖的完整区域,明确监测作业的覆盖维度与重点管控范围。根据场地土质条件、边坡体量与施工规划进度,选定适配的智能监测设备与技术模式,搭建适配场地实际条件的监测布设方案。完成监测点位的科学化布设与设备调试工作,校准各类监测设备的运行参数,保障设备可以保持稳定的运行状态。前期系统化的技术布局能够夯实施工阶段边坡监测的运行基础,让监测工作可以精准捕捉边坡状态的细微变化,匹配建筑施工前期的安全管控需求。

4.2 施工过程边坡动态智能监测应用

建筑施工推进阶段,边坡土体结构会随着土方开挖、荷载叠加等施工行为产生持续变化,整体结构状态具备较强的动态性。智能监测技术可以贯穿施工推进的全流程,持续捕捉边坡形变、环境参数与结构状态的各类变化信息。监测系统持续采集场地边坡的动态数据,完成信息的实时汇总与整理,实现施工全程的不间断状态追踪。在实际应用中,动态监测系统的数据采集频率可达每5分钟1次,单次数据处理耗时不超过3秒。采集得到的监测数据可以反馈边坡结构的实时稳定状态,辅助施工人员掌握边坡结构的变化规律。依托常态化的动态监测模式,可以及时捕捉施工扰动带来的边坡状态波动,为现场施工工序的合理调整提供技术支撑,保障施工流程平稳推进。

4.3 复杂施工场景边坡监测技术适配

部分建筑施工作业场地存在地形起伏较大、施工空间受限、自然环境干扰较多的复杂场景,常规监测模式难以适配特殊场地的作业需求。复杂施工场景对监测设备的运行稳定性、数据采集精度与环境抗干扰能力提出更高标准。针对场地空间受限的施工场景,选用轻量化、小型化的智能监测设备,适配狭窄空间的布设与运行条件。针对风雨、温差等自然环境干扰较强的场景,选用

抗干扰性能优异的监测技术模式,维持监测数据的稳定采集。结合不同复杂场景的工况特点调整监测布设密度与数据采集频率,让智能监测技术适配各类特殊施工场景的运行要求。

4.4 边坡智能监测技术的优化拓展方向

建筑施工行业的持续升级推动边坡安全管控标准不断提升,现有智能监测技术需要持续优化升级以适配行业发展需求。监测技术可以朝着精细化采集的方向持续优化,不断提升微小形变与细微环境变化的捕捉能力^[5]。数据处理模式可以进行深度升级,挖掘监测数据背后隐藏的边坡状态变化规律,提升数据信息的利用价值。监测技术可以与建筑施工数字化体系深度融合,接入施工现场数字化管控平台,实现边坡监测与现场施工管控的深度联动。持续拓展监测技术的应用边界,探索更多施工场景的适配模式,推动边坡智能监测技术朝着数字化、精细化、集成化的方向持续升级。

结束语

专利导航与智能化边坡监测技术的结合,为建筑施工安全管控提供了一条从技术情报到工程落地的清晰路径。通过专利分析完成技术筛选与方向优化,能够让监测系统的设计更贴合施工现场的实际需求。复杂施工场景下的技术适配与全周期监测部署,进一步拓展了智能监测技术的应用空间。持续推动监测技术朝着数字化、精细化、集成化方向升级,是提升建筑施工边坡安全管控水平的有效路径。

参考文献

- [1] 李晶. 建筑基坑工程边坡智能监测技术研究[J]. 中国建设信息化,2025(17):62-65.
- [2] 聂敏文,刘家亮. 建筑边坡支护施工监测要点及检测方案[J]. 四川建材,2025,51(6):137-139.
- [3] 莫晓敏. 对深基坑工程中智能化边坡监测技术应用的探析[J]. 工程建设与设计,2025(3):170-172.
- [4] 周若星. 智能化岩土监测技术在公路边坡监测中的应用[J]. 中国高新科技,2026(4):98-99,102.
- [5] 李宗帅. 山区边坡建筑工程勘察中的稳定性评估技术与方法[J]. 建筑·建材·装饰,2026(6):19-21.