

机场高填方 BIM 模型与数字化技术的集成应用

张优龙

中国航空国际建设投资有限公司, 北京 100120

[摘要] 机场高填方工程技术要求高, 项目实施条件复杂, 质量、投资、进度控制难度大。为解决高填方机场工程在建设过程中质量控制、进度控制、成本控制等方面遇到的问题, 可采用建筑信息模型, 并结合数字化技术对项目全生命周期进行管理。机场高填方工程 BIM 模型主要由“基底面”“临空面”“交接面”和“填筑体”四个要素构成。土石方施工数字化系统包括开挖分析模块、运输引导模块、压实监控模块。通过 BIM 模型与数字化技术的集成应用, 从而使传统的二维管理模式转向基于 BIM 技术的三维协同方式。

[关键词] 机场; 高填方; BIM; 数字化技术

DOI: 10.33142/ec.v6i6.8477

中图分类号: TD21

文献标识码: A

Integrated Application of BIM Model And Digital Technology for Airport High Fill

ZHANG Youlong

China Aviation International Construction and Investment Co., Ltd., Beijing, 100120, China

Abstract: The technical requirements of airport high fill engineering are high, the project implementation conditions are complex, and it is difficult to control the quality, investment and progress. In order to solve the problems of quality control, schedule control and cost control in the construction process of high-fill airport project, the building information model can be used to manage the whole life cycle of the project combined with digital technology. BIM model of airport high fill project is mainly composed of four elements: base surface, free surface, interface surface and filling body. The digital system of earthwork construction includes excavation analysis module, transportation guidance module and compaction monitoring module. Through the integrated application of BIM model and digital technology, the traditional two-dimensional management mode is transformed into three-dimensional collaborative mode based on BIM technology.

Keywords: airport; high fill; BIM; digital technology

引言

随着我国民航业发展和平原地区土地资源日趋紧张, 山区高填方机场越来越多。根据我国民航相关规范, 高填方机场是指填方高度大于 20m 的机场, 如铜仁机场、大理机场、万州机场、昆明长水机场、贵阳龙洞堡机场、攀枝花机场、六盘水机场、九寨黄龙机场等机场填方高度均大于 20m^[1]。相关研究表明, 我国西南地区在建或者筹建的高填方机场达到数十个^[2]。

高填方工程具有跨越地形起伏多变、地质条件复杂、土石方材料多样、土石方量巨大等特点^[3], 导致在建造过程及完工后面临许多问题。例如攀枝花机场最大回填高度达 123m, 土石方挖填量达 5800 万 m³。自机场建成以来, 已经出现多次滑坡、沉降变形等工程问题, 造成了巨大经济损失, 严重影响机场运营安全^[4]。由此可见, 机场高填方工程技术要求高, 项目实施条件复杂, 质量、投资、进度控制难度大。

为解决高填方机场工程在建设过程中质量控制、进度控制、成本控制等方面遇到的问题, 可采用建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM), 并结合数字化技术对项目全生命周期进行管理, 从而使传统的二维管

理模式转向基于 BIM 技术的三维协同方式。

1 机场高填方工程 BIM 技术应用优势分析

BIM 技术是以 BIM 模型作为工程信息载体, 并整合工程全生命周期所逐步建立及积累的几何模型与非几何属性信息, 实现项目信息化管理。目前, BIM 技术在国外已被广泛应用于各行各业。我国 BIM 技术正处于推广阶段, 部分工程师在大型建筑物、水利工程、公共设施等领域开展了 BIM 技术应用研究^[5]。本文结合机场高填方工程特点, 以及现有的 BIM 技术研究成果, 认为 BIM 技术在该类工程中有如下应用优势:

(1) 三维可视化

在前期规划、工程设计、现场施工及后期运营维护等项目全生命管理周期中, 通过 BIM 技术构建机场原始地貌模型与设计完工模型, 并动态演示, 有助于设计、施工、监理、业主等相关人员充分认识建设条件与建设内容, 提高项目管理水平。

采用 USGS 国家地图调色板对原始地貌模型进行渲染, 不仅可以直观地查看场地原始地形的三维效果, 同时能对建设场地进行详细的高程分析、坡度分析与地面流域分析, 从而为高填方机场选址、规划、设计提供数据与技术支持^[6]。

与传统数字地形图相比, BIM 技术构建的三维可视化模型使机场高填方工程设计工作更加科学高效。另外, BIM 模型实现三维可视化, 能有效避免不同专业在设计过程中产生的设计冲突。

对建设场地进行踏勘, 编制施工组织方案, 是施工人员前期工作的重点。由于山区机场项目占地范围大, 地势险要, 踏勘工作难度大, 因此原始地貌 BIM 模型可作为施工人员开展临时交通、临时排水、土石方调配等施工组织方案设计的辅助工具。此外, 传统二维设计图纸有一定局限性, 不利于施工人员对项目的整体认知, 施工过程中易产生返工、前后工序无法衔接等问题。而通过设计完工 BIM 模型, 施工人员可多角度、全方位了解项目建设内容。

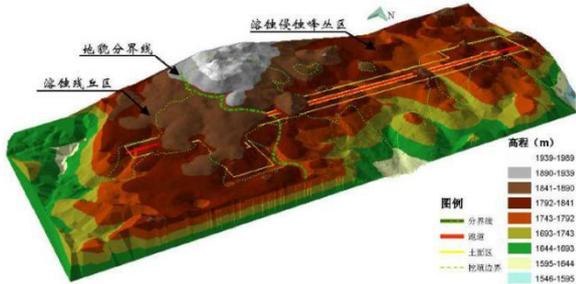


图1 原始地貌模型示意图^[7]

另外, 监理、业主等项目相关人员也可以利用 BIM 模型的三维可视化优势, 提高现场质量管理、进度管理、成本(投资)管理水平。

(2) 动态关联控制

由于地质勘查参数难以准确确定、工程测量资料精度有限、设计理论和方法带有经验性和类比性, 因此机场高填方工程在全生命周期管理中应采用动态控制理念^[8], 这也是《民用机场高填方工程技术规范》(MH/T 5035-2017)着力提倡的设计理念。BIM 技术的动态关联控制主要体现在工程各组成要素间存在约束条件, 对任何要素的调整可直接引发其他关联元素的自动更新^[9]。

在前期规划及工程设计阶段, BIM 相关软件会随着机场平面布局、跑道位置、设计高程等要素的变化, 自动变更设计模型并更新工程量计算结果。该技术优势使得设计人员能够根据现场实际情况快速、直观地对比各方案的优劣, 优化设计方案。

在项目实施阶段, 根据施工中反馈的信息和监测资料完善设计内容, 并进行实时调整, 是一种客观求实、准确安全的管理模式, 适用于高填方工程施工阶段。传统管理模式设计图纸被确定后很难进一步完善, 多数采用变更形式进行调整, 而 BIM 技术能利用其动态关联控制功能迅速更新相关设计图纸, 并对现场人员、材料、机械等资源配置进行调整。

2 机场高填方工程数字化技术应用优势分析

不同工程数字化技术是现代工程管理的趋势, 通过安

装定位设备、信息传输设备、机械控制设备以及相关传感器等, 与传统的施工技术相结合, 实现对机场高填方工程的数字化管理, 能有效提高项目管理水平, 保证项目质量、进度和投资, 同时为下一步的机场运营提供竣工数据, 协助运营期间的管理^[10]。

(1) 数字化技术在设计与施工衔接方面的优势

现有施工以按图施工为主, 依靠技术人员熟悉设计图纸, 再经测量人员定位放线后, 实施人员、材料、机械的调配, 在指定区域采用特定的处理工艺开展施工作业。机场高填方工程功能区域划分复杂, 现场施工调配难度大。而采用数字化施工技术可将 BIM 模型及相关设计参数输入施工机械自动控制系统, 并通过卫星定位及机械设备控制技术, 实现设计与施工的顺利衔接, 提高施工效率。

(2) 数字化技术在施工质量控制方面的优势

高填方施工质量的控制主要依靠监理工程师现场把控施工过程, 但是由于机场项目作业的工作量大、工作面广, 难以全面控制工程质量。数字化施工技术能对施工全过程进行实时监控, 并将相关数据传输、储存、分析, 从而实现对施工质量的控制。

3 高填方工程 BIM 模型与数字化技术集成应用

机场高填方是一个由土方、石方或土石混合体共同构成的不同部位承载着不同功能的系统。我国民航工程领域的专家通过十几年工程经验总结, 认为这个系统的工程形态主要由“基底面”“临空面”“交接面”和“填筑体”四个要素构成“三面一体”, 平衡并控制好“三面一体”, 即解决了这个系统的主要工程技术问题^[1]。因此, 机场高填方工程 BIM 模型也主要包括“基底面”“临空面”“交接面”和“填筑体”四个要素。

(1) “基底面”为填筑体与原地基的结合面, 基底面的地形地貌、地质条件、水文条件是机场高填方工程需要重点研究与解决的关键技术问题。测量单位提供的测量成果以及勘察单位提供的地勘报告是构建该要素的基础资料, 包括测量点、等高线(自然地面等高线、基岩面等高线、特殊岩土厚度等位线)、DEM 文件等^[11]。基础资料的准确性影响到后续设计、施工的精度, 因此在基底面要素构建中应采取修正措施对其进行修正, 改善原始地形模型质量, 从而提高模型与原始地形的匹配度。例如通过对高程点进行筛选, 排除高程明显错误的过大点及过小点; 使用插值法对地形曲面网格进行细分, 平滑地形曲面等^[12]。

“临空面”主要包括边坡坡面和高填方顶面。边坡对整体稳定性有较高要求, 而高填方顶面有严格的沉降控制要求和强度及刚度要求。该要素主要基于机场地势设计、边坡设计、净空处理要求等因素构建。

“交接面”为填挖方交接面及其过渡段。由于挖方区无沉降变形甚至挖方卸荷后有一定回弹, 而填方区有沉降变形, 并且交接面附近的地基处理又往往被忽视, 导致填、

挖方交接面的差异沉降较大且容易出现突变。该要素的创建主要通过原始地貌模型与设计完工模型相叠加确定。

“填筑体”控制是高填方工程控制的核心。按机场功能区域可进一步细分为道面影响区填筑体、土面土填筑体、边坡稳定影响区填筑体、航站区填筑体等^[13]。由于机场不同功能区域对变形及稳定要求不同,因此针对不同区域填筑体所采用的回填材料、处理工艺、控制指标等都有不同要求。在构建 BIM 模型时,应充分考虑这一点,明确不同区域填筑体的属性,便于项目实施阶段现场管理人员快速查询相关标签,提高填筑体回填质量。

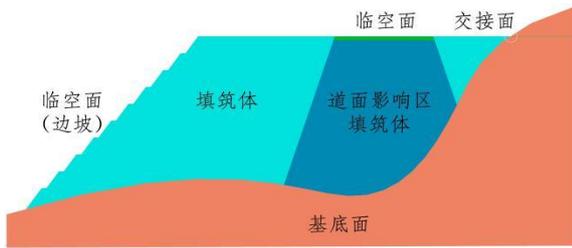


图2 高填方机场典型断面图

3.1 数字化施工技术

机场高填方工程施工主要包含地基处理与土石方作业。由于地基处理施工工艺根据不同场地有不同选择,需因地制宜进行论述,本文仅对土石方作业的数字化应用进行探讨。

高填方机场大多需要削山填谷,进行大规模的土石方调配。土石方调配是一个资源优化配置问题,涉及工程进度、空间布局、道路运输、施工机械等,是一个高维的复杂系统,其典型过程包括开挖、运输、填筑压实等三个阶段^[14]。重庆某机场项目填方量约为 2000 万 m^3 ,挖方量约为 2100 万 m^3 ,挖方料以粉质黏土、泥岩、砂岩为主。项目土石方调配工作复杂,为顺利推进土石方作业,该工程将 BIM 模型导入土石方施工数字化系统,通过该系统的开挖分析模块、运输引导模块、压实监控模块实现数字化施工。



图3 土石方施工数字化系统组成

通过 BIM 模型及地质资料分析,该项目红线范围内主要分布 3 个土石料场,可利用的挖方料有粉质黏土、泥岩、砂岩等。岩性不同,岩石风化程度不同,挖方料十分复杂。开挖分析模块可以通过视频等技术手段,分析爆破或开挖后土石方材料的岩性、粒径、级配、强度等特性。

根据场地条件与设计方,岩石强度高、级配良好的砂岩应优先用于填筑飞行区道面影响区和填方边坡稳定影响区,以利于控制道面沉降变形与边坡稳定性;级配不良、强度较低的泥岩、粉质黏土等可用于填筑土面区等对变形和强度要求不高的土面区。另外,航站区、工作区中的建筑物通常采用桩基础,因此不得采用石料或含有大块石的土石混合料,以免增加桩基施工的难度。利用卫星定位系统以及导航设备,运输引导模块可定向引导车辆将不同的挖方料运至不同作业区域,满足设计要求,实现就近调配,尽量减少运输距离,并对工程量进行实时计量。

通过车载振动传感器,压实监控模块既能对土石方压实过程和质量进行有效监控,同时又可以计算、统计、展示出施工速度和工程量。以碾压工艺为例,该模块可显示作业区域位置、碾压轨迹、碾压遍数、虚铺层厚、碾压前后高程、振动压实值 VCV 等压实监控信息^[15],对压实施工作业全流程实现了精细化管控,不仅效率高,而且支持数据历史回放,能针对问题进行原因分析。

工程实践表明,通过土石方施工数字化系统实现了挖、运、填的全程管理,有效提升了设备及人员的工作效率,节省了项目投资,确保了工程质量。

4 结论

BIM 技术与数字化技术作为现代土木工程应用中的先进研究领域,可辅助管理者达成项目管理目标。本文研究认为,将 BIM 模型与数字化施工应用到机场高填方工程项目中,两者集成应用能显著提高项目管理水平,全面把控工程质量、进度与投资。建设方驱动的 BIM 模型数字化施工集成应用模式具有以下特点:

(1) 机场高填方工程 BIM 模型主要包括“基底面”“临空面”“交接面”和“填筑体”四个要素。

(2) 土石方施工数字化系统包括开挖分析模块、运输引导模块、压实监控模块。

(3) BIM 模型与施工数字化集成应用可改善传统项目管理模式,有利于提高项目管理效益。

[参考文献]

[1] 赵剑剑. 土石混合料的渗水湿化对高填方体变形的影响研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2015.
[2] 姚仰平, 丛易敏行, 罗汀, 张星, 王俊博, 耿轶. 山区高填方机场的智能建造与安全运营[J]. 科技导报, 2018, 36(17): 106-110.
[3] 李冬阳. 攀枝花机场 12#滑坡运动过程及机理的数值

模拟研究[D]. 四川:成都理工大学,2017.

[4]余健俊,陆树启.基于BIM的公共工程综合价值集成管理模式[J].土木工程与管理学报,2018,35(3):67-72.

[5]刘云峰.基于Civil 3d的动态数字地形模型(DTM)建立及土木工程应用介绍[J].黑龙江科技信息,2011(36):49.

[6]陈宁.云南临沧某机场岩溶发育规律及地基稳定性研究[D].四川:成都理工大学,2012.

[7]罗汀,耿轶,张星.虚拟现实在机场高填方压实质量监控系统中的应用[J].工业建筑,2018,48(10):137-141.

[8]范喆.基于BIM技术的施工阶段4D资源动态管理[D].北京:清华大学,2010.

[9]梁军平,赵文斌,马万良.连续压实过程监控系统(CPMS)在机场场道填筑中的应用[J].中国港湾建

设,2015,35(3):61-63.

[10]刘莉,李国杰,乔伟刚.基于Civil 3D的三维地质建模方法及应用[J].水运工程,2018(8):140-144.

[11]王伊鸣,冯俊颖.Civil 3D及Map 3D在山区厂址选择中的应用[J].中国科技信息,2012(8):113-114.

[12]施发弘.高填方工程施工中的系统控制方法[J].四川建筑,2010,30(3):91-92.

[13]徐玉美.基于进化算法的大型场平土石方调配优化探究[J].建筑工程技术与设计,2017(22):4079-4079.

[14]张立磊.数字化技术在机场施工管理中的应用[J].市政技术,2018,36(6):225-227.

作者简介:张优龙(1990.9-),主要从事机场场道工程、岩土工程研究,职称:工程师。