

# 浅析 BIM 技术在机电管线排布优化中的影响分析

付振邦 罗松哲 乔瑾

南昌市政公用工程项目管理有限公司

**摘要：**随着现代社会技术变革浪潮的到来，社会的各行各业都在寻找新的技术工具来提高行业的信息化和自动化，以此为行业发展提供持续不断地动力。在现代公共工程领域中，由于对建筑的要求越来越高，建筑工程的机电管线系统一般都较为复杂。面对复杂的机电管线系统，利用BIM技术对机电管线进行优化设计并模拟施工方案几乎是行业的必选项。而BIM技术具有的多种应用优势，能够合理协调设计、施工等各个方面的工作，帮助建筑企业把控工程质量、提高施工效率、缩短工期<sup>[1]</sup>，极大地推进了施工技术的发展。

**关键词：**信息化；机电管线系统；优化设计；模拟施工方案

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.16.044

## 引言

在越发复杂的公共建筑机电安装工程施工及管理阶段，引进BIM技术是非常必要的<sup>[2]</sup>。面对建筑内部复杂交错的机电管线系统，如果在施工前未能及时对机电管线进行综合优化排布，提前确定机电管线施工方案，那很大可能会造成项目后期管线系统安装混乱、净高不满足使用需求和安装后缺乏美观性等问题。因此以现场施工情况为基础，通过BIM技术整合全专业的三维信息模型，对管线系统在建筑空间中的横向和竖向排布进行优化调整，满足管线的排布合理性和施工空间，是解决复杂机电管线系统合理施工的有效方法。本文主要就BIM技术在某医院项目建设过程中的应用进行研究分析。

### 一、BIM 技术在综合管线优化中的优势

#### (一) 建立完整统一的机电管线模型

利用BIM技术的相关软件将项目所有标准化管线集中在一个BIM模型当中，统一模型标准并对不同专业系统的管线进行规范命名，将机电管线设计意图精确地转化成三维信息模型。在完整的全专业BIM模型中，设计人员能够非常清晰直观地查看不同管线系统的空间位置，定位设计方案中存在的缺陷，为后期设计人员进行管线优化设计提供精确的模型依据。

#### (二) 设计方案三维可视化

BIM技术能够改善传统2D展示图纸存在的弊端，及时发现综合设计中存在的疏漏，促使设计人员深入了解工程方案，消除存在的隐患，借助计算机强大的处理能力，总结设计图纸中的错误，尽可能降低项目风险<sup>[3]</sup>。BIM技术通过将设计方案转化成一个三维可视化的全专业信息统一模型，任何专业的调整都可以实时反馈到模型中，修改一处而关联专业视图自动调整。设计师可以

在模型中查看每个管线系统在模型中的位置，对管线的位置、尺寸、高度等信息进行优化调整，将机电管线施工的形象进度提前展示在BIM模型中，便于项目各参建单位协商讨论设计方案的可行性。

#### (三) 精准输出施工方案资料

确认管线施工方案后，通过BIM技术工具将机电模型中的各专业管线、管线附件、机械设备、电力设备等构件按专业、系统形成管线施工平面图，对机电管线进行系统名称、尺寸大小、安装高度等信息进行精准标注，并在管线平面图中标注管线间距和管线与结构柱间的距离，确保每一个系统中每一根管线的空间位置都可以被准确定位。

在完成输出精确的二维施工方案图纸后，BIM技术可以充分发挥三维可视化的优点，帮助工程师更直观地观察模型中机电管线的位置关系和碰撞情况，从而做出调整，达到管线优化的目的<sup>[4]</sup>。利用BIM模型输出格式的多样性还能够输出成三维可视化施工方案资料，以漫游视频、二维码、轻量化模型等多种查看方式让施工单位能够更加深入地了解施工方案的真实意图和细节情况。并且BIM施工方案具有深化延展性，施工方案进一步深化设计后还可以输出机电管线的综合支吊架和抗震支吊架方案，为机电管线的施工提供全面且高质量的技术支撑。

### 二、BIM 技术在综合管线优化中的应用重难点

#### (一) BIM 技术在管线优化中的重点

该医院项目机电管线系统多达40余种，管线交叉重叠情况严重，由于部分楼层的医疗专区设计还未招标，在前期的管线优化设计工作中不仅需要保证常用管线的合理安装，还需要为医疗区域的独立管线系统预留足够的施工空间。在梁下净高仅为3.2米的情况下需要保证吊顶装修高度能够达到2.6米，以满足医院的使用需求。这需要对原管线设计方案在不违反设计意图和设计规范的情况下，大范围地优化调整机电管线设计方案，并确保能够满足施工要求。

#### (二) BIM 技术在管线优化中的难点

医院项目由于本身自带的复杂特性，管线优化设计工作是较为繁琐的，在优化设计过程中不仅要考虑到未设计招标区域的空间预留，频繁的设计变更也是一个较大的影响因素。在项目中期阶段，业主基于医院使用需求还增加了药物传送系统，对施工空间本就紧张的设计方案更是雪上加霜。在BIM管线施工方案落地安装阶段，如何确保施工单位能够按照优化设计意图完成管线施工，是BIM技术助力机电管线排布优化的重要一步，

也是检验BIM施工方案质量的最后一环。

### 三、BIM技术在综合管线优化中的应用流程

#### (一) 建立全专业BIM数据模型

以该医院项目的设计施工图为基础，在BIM软件中建立建筑、结构、机电全专业BIM模型，模型中的所有构件尺寸都是严格按照设计数据进行创建，将项目的设计方案精确地反映到BIM数据模型中。由于BIM进场时项目结构专业已接近封顶，为了确保BIM模型可以真实反映现场的实际情况，BIM驻场人员对实际已完成施工的结构梁柱尺寸和位置进行实地勘测，将存在误差的部分结构梁尺寸反馈更新到BIM模型，确保后期管线优化设计模型依据的真实性。

#### (二) BIM模型碰撞检查

对各专业模型之间进行碰撞检查，发现原设计方案中存在的错漏缺等一些设计问题，输出碰撞检查报告后反馈给设计师修改调整，帮助提高项目的设计方案质量，减少后期施工由于设计错误或是设计不合理导致的拆改返工，影响项目的施工效率和施工质量。

#### (三) 对常用机电管线的排布优化

“电让水，水让风，小管让大管，有压让无压”<sup>[5]</sup>，这是进行管综优化的基本排布原则。但实际项目应用中不能简单的套用这个原则，需要汇总现场工程师的经验，结合设计和验收标准，针对不同的碰撞场景设计不同的解决方案，而不是简单机械地通过上下翻弯来解决碰撞<sup>[6]</sup>。将常用的水暖电全专业的机电模型整合在一起，在以满足设计规范的原则下进行机电管线排布优化，并将施工标准和要求融入优化方案中。在该医院项目中，机电管线排布方案经多次优化后形成最终的施工方案。

整体施工方案为强弱电缆桥架紧贴上层结构梁底，分别于公共走道两侧安装施工；桥架下方安装空调风管，空调送风管支管与主管顶平齐安装；在空调送风管支管的下方布置管道系统，同专业的多根管道高度保持一致，后期利用共用支吊架支撑管道安装。自动喷淋管高度与其他管道系统错开，尽量避免由于喷淋支管翻弯造成的工作量增加；消防风管位于空调送风管主管的正下方，风管底部标高作为管线安装高度的控制线，其他管线系统均不能低于该标高；局部管线复杂区域依据实际情况会有所调整，整体的机电管线施工方向以上述方案为准。该施工方案可以最大限度地节约管线安装空间，最终该方案获得了建设单位和施工单位的认可。

#### (四) 医疗专区的优化排布设计

由于工期压力，非医疗区域的管线在确认机电管线施工方案后就开始投入生产安装，等到医疗专区施工图纸完成后，施工单位已经完成了部分区域的管线施工。为了减少由于增加医疗专项管线带来的设计变动造成的拆改返工情况，BIM咨询单位立即通过监理单位通知施工单位先暂停涉及医疗区域的管线施工，转而先施工其他楼层区域管线，等医疗区域管线优化设计完成，

并确认管线施工方案后再完成相关管线的施工。

在进行医疗专项区域管线优化设计时，由于医疗区域的管线系统多且尺寸较大，加上项目中期增加了物流传输系统，尽管后期优化设计过程中缩小了风管尺寸和调整管线路径，但医疗区域部分位置的净高还是无法满足2.6米的要求。后经多方会议论证讨论后，确定了部分区域高度可以低于标准要求，后期装修阶段通过二级吊顶的方式来处理管线安装高差的问题。

#### (五) 轨道式物流传输系统的优化设计

为贯彻医院“时间就是生命”的原则，实现医院建筑内部各种日常医用物品的自动化快速传送，提高医院的日常运营效率，建设单位在项目中期特增设轨道式物流传输系统。同时在不影响现有二期项目的功能分区基础上，在地下室负一层预留了医院一期工程的接口。由于该需求提出较晚，原确定的施工方案也已经完成了部分施工，因此新增的物流传送系统如何合理在现有的管线系统中完成安装，最低程度拆改已完成安装的管线，成为影响工程进度的重点。

该医院项目的轨道式物流传输系统为双轨道传送系统，传送系统实际占据的空间尺寸为1690mm\*700mm，为了最小程度的拆改已完成安装的管线，需要对原物流传输系统的路径重新进行优化设计。由于传送带造型比较复杂，按照实际造型对其建模会耗费大量时间，不仅不利于后期优化设计调整，还会严重影响现场的施工进度。因此使用带有物流传送系统特征的风管来代替绘制，更改系统名称即可，也便于后期对传输系统进行优化设计。

在完成物流传输系统建模后，通过与现有管线施工方案进行碰撞检查，发现现有的管线方案与物流传输模型部分位置存在碰撞问题。将碰撞位置的管线以是否完成施工进行区分，在经过成本与工期影响的双重考量下，确定碰撞位置的物流传输系统优先级是否高于原有管线，以此决定该位置的物流传输系统是否需要重新优化路径。设计优化过程中为了避免大幅度变动对现有施工方案的影响，将原施工方案中还未施工的管线密集区域尽量调整到房间等管线较少区域，以降低新版施工方案的造价成本。完成上述工作后，输出物流传输系统的碰撞优化报告，并与各项目参与方在会议上协商讨论每个节点位置的优化设计是否合理，确认施工方案后及时下发给施工单位进行施工安装。

#### (六) 管线排布优化方案成果输出

经过项目各参建单位确认的管线施工方案，本身还是三维数据模型，虽然BIM模型查看方式更加清晰明确，但BIM数据模型需要电脑端通过软件才可以查看，施工现场简陋的环境无法满足这样的要求，因此需要将机电管线施工方案转化输出成施工单位熟悉和使用方便的二维图纸形式。但区别于传统施工图形式，BIM模型输出的施工方案图纸对于管线信息的标注更为全面和准确，管线的系统名称、尺寸、安装高度和平面定位都会

标注清晰。针对复杂区域的管线还会输出管线剖面图，并标注管线的竖向空间位置。为了确保BIM模型可以更好的协助现场施工，除了常规的二维施工方案图纸，还会输出管线复杂区域的漫游视频和包含模型信息的轻量化模型，部分成果还会制作成二维码的形式，让施工人员通过手机端能够随时查看，确保施工单位可以全方位的了解管线优化设计施工方案的详细情况。

### （七）三维技术交底与现场协调

鉴于该项目的施工人员之前较少接触BIM交付成果的方式，对BIM技术缺乏了解，输出的BIM交付成果在应用于现场施工时可能会出现偏差和错误，造成已经优化完成的BIM机电管线施工方案在实际施工中出现很多不必要的碰撞和返工。针对上述情况，在确定机电管线施工方案后，会组织各施工分包单位的管理人员与监理单位参加BIM施工方案三维技术交底。与参会人员讲解如何从BIM方案成果中找到自己需要的信息，着重强调一些施工过程中需要特殊处理的区域以及管线复杂区域管线的施工顺序。会议中还会通过一些专业模拟软件，以漫游视角进入到BIM管线模型当中，参会人员可以用第一人视角查看管线施工方案模型，加深施工人员对施工方案的理解。

在实际施工过程中，由于各施工分包单位人员专业素养参差不齐，经常会出现专业施工队伍间管线安装出现碰撞情况。为了在前期纠正施工方向，该项目的BIM施工方案落地安装阶段，BIM咨询单位派驻了一位BIM工程师，专门处理现场管线安装协调问题，并对施工方案在安装过程中暴露出的不足进行现场调整，并将调整后的BIM施工方案及时反馈给施工单位和监理单位，确保现场机电管线的施工质量和施工进度。

## 四、BIM 技术在该项目应用中的优势与不足

### （一）BIM 技术在该项目应用的优势

BIM技术介入该医院项目后，在项目机电管线未施工前，利用BIM技术的三维可视性提前发现设计施工图中存在的错漏缺等问题，极大地避免了后期由于设计问题造成的施工返工情况出现，节省了项目建设成本。由于医院管线系统较为复杂，并且不同功能区域的设计方案出图节点也不同，加上该项目工期较为紧张，因此传统的施工建造方式是很难管理该项目的机电施工进度和施工质量。运用BIM技术介入施工后，提前梳理项目所有的管线系统，将全专业的管线模型在土建模型环境下进行优化设计调整，并为其他还未出图的区域预留管线安装空间，保证管线安装工程的可扩充性。通过BIM技术对机电安装管线进行优化排布设计，不仅确保了管线安装工程的流畅性，还能够最大限度地满足建设单位的使用要求。

### （二）BIM 技术在该项目应用的不足

BIM技术的落地应用是一个需要不断试错优化的整体性工作，不仅需要对接项目所有专业的设计方案，还

需要对接施工单位的施工要求，期间出现的突发情况也需要合并处理，这导致BIM技术应用是一个庞大的系统性工程，前期需要一定的时间来进行应用准备工作。所以BIM技术介入项目的节点是影响应用效果和工作进度的重要因素，否则不仅无法加快施工阶段的效率，甚至还会因为BIM施工方案延后而影响施工进度。

该项目BIM技术介入时结构已经接近封顶，机电管线工程也准备从地下室开始往地上施工，预留给BIM技术团队的工作时间非常紧张，加上当时机电设计图还处于变更调整阶段，使得初期的BIM工作进度有些滞后，对前期的施工进度造成了影响。机电管线的优化排布设计质量对BIM设计人员的能力要求较高，不仅需要熟悉管线设计的规范标准，还需了解现场管线施工情况。尽管在施工前BIM施工方案已经通过了会议审核，但是在现场施工过程中还是出现了不少管线安装空间不足等无法施工的情况，需要BIM驻场人员及时跟进处理协调现场施工。

## 五、结束语

机电工程是一个庞大的系统设计工程，对于很多机电系统复杂的工程项目，施工单位单从平面CAD图纸中找到最优的施工方案是非常困难的，也很难提前发现其中的不利因素。而BIM技术的出现和发展，利用其三维可视性和数据统一性的优势，将理论和实际施工经验相结合，能够提前对管线和机械设备做出最科学地布置，保证管线安装的整齐美观和使用效果，最大程度减少现场的拆改返工情况。利用BIM技术协助机电施工作业将是未来机电工程的重要施工方式，能够推动建筑行业的转型发展和持续前行，让建筑行业可以找到新的经济迸发点。

## 参考文献

- [1] 冯耀纪, 梁丽丽, 黄平等. BIM技术在建筑工程设计中的应用研究[J]. 房地产世界, 2023, (22): 133-135.
- [2] 张建平, 李丁, 林佳瑞, 等. BIM在工程施工中的应用[J]. 施工技术, 2012, 41(16): 10-17.
- [3] 张诗颖. BIM在某高层建筑机电管线综合设计中的具体应用[J]. 中华建设, 2023, (07): 89-91.
- [4] 刘卫, 张立, 郭洁, 等. BIM技术在机电综合管线安装工程中的应用[J]. 建筑节能(中英文), 2021, 49(01): 145-150.
- [5] 李东军, 齐书友, 周奎, 等. 基于BIM技术的机电管线优化方法及思路[J]. 中国建材科技, 2021, 30(05): 193-196.
- [6] 李昊, 王亮. 基于BIM技术的碰撞检查二次开发[C]//. 2020年工业建筑学术交流会议论文集(上册), 2020: 412-418.

作者简介: 付振邦, 男, 1989年, 汉族, 江西南昌, 本科, 中级工程师, 专业方向: 市政。