



山东省肿瘤防治研究院 技术创新与临床转化平台

作者：孙彬

单位：上海建筑设计研究院有限公司



项目概况

山东省肿瘤防治研究院技术创新与临床转化平台工程是以质子治疗与研究为特色的国际化“三级甲等专科医院”，项目坐落于济南市国际医学中心，是山东省重点工程、济南国际医学科学中心示范工程。项目总用地面积3.8万平方米，总建筑面积8.8万平方米，包含一栋地上21层，地下2层的医疗综合楼、一栋1层的质子维护楼、一栋2层的医疗健康推广中心。建成后将成为立足山东，辐射全国，影响东北亚的肿瘤治疗与研究为特色的高端医疗中心与临床转化平台。



图1 项目效果图

质子重离子治疗技术是目前国际公认的最尖端、最有效的肿瘤治疗技术，项目引进一套国际上最先进的ProBeam质子治疗装置。如何在符合国内规范、标准的前提下，满足治疗器械安装、调试、操作以及维护要求是本项目实施的最大挑战。

质子维护楼为本项目的核心工程，包含治疗舱、回旋加速器、束流线隧道及配套机房、配电间、控制室、准备室等功能区域。每个治疗舱都有其对应的迷道及控制室，通过束流线隧道与回旋加速器相连。各功能区域通过超大厚度混凝土进行分隔，机电管线大部分预埋于厚混凝土内。

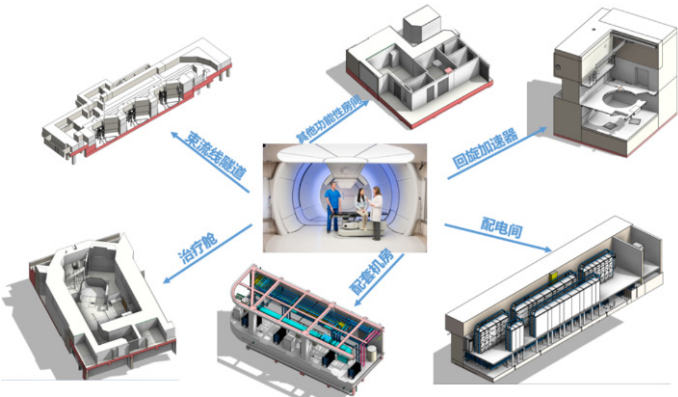


图2 质子维护楼功能空间

项目对质子区提出了在设计阶段以施工深化标准进行质子区三维正向设计的方针。将深化工作置于设计阶段内，提高施工图标准和质量。将施工阶段的重点回归于施工管理、施工执行及施工质量上，以高精度、高要求、高质量的目标实施项目。同时明确项目采用扁平化管理模式，摒弃设计与设计BIM、施工与施工BIM两条线的常规组织架构，在设计、施工阶段将BIM溶于项目团队，全程参与项目建造过程。

质子区三维设计

质子区厚混凝土的设计模式是BIM、结构设计、设备供应商三方合作。BIM先根据供应商的BID文件（粒子治疗建筑接口文档）及附图进行建模，使厚混凝土首先满足质子设备的使用需求。设计过程中对于通用性的BID文件不满足本项目实际情况的问题与设备供应商进行沟通，并协同结构设计师对质子区的结构进行优化，使其满足国内设计标准并具有可实施性。

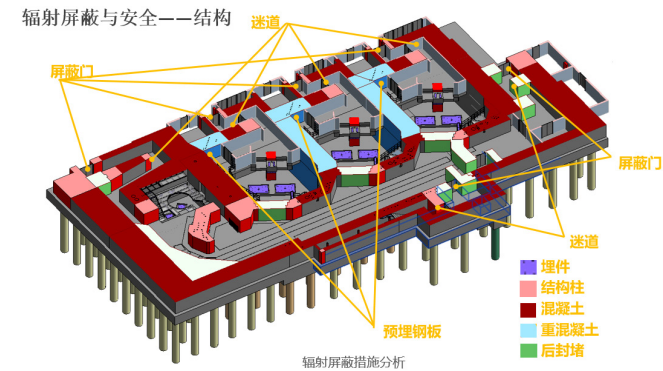


图3 质子维护楼辐射屏蔽措施

随后通过模型输出图纸配合进行辐射屏蔽评审，并根据反馈意见持续对厚混凝土进行调整，直到满足辐射屏蔽数据要求。然后将结果提供给设备供应商确认。最终得到满足各方要求的质子区厚混凝土设计成果。

在整个设计过程中对质子区内外设置了大量结构关测点，分别建立了详图视口将其与BID文件中的详图进行比对，持续关注设计过程中的改动是否会突破混凝土控制厚度，特别是墙板构造变化区域，通过软件技术和管理措施校核构件之间的净尺寸，保障满足相关规范要求。

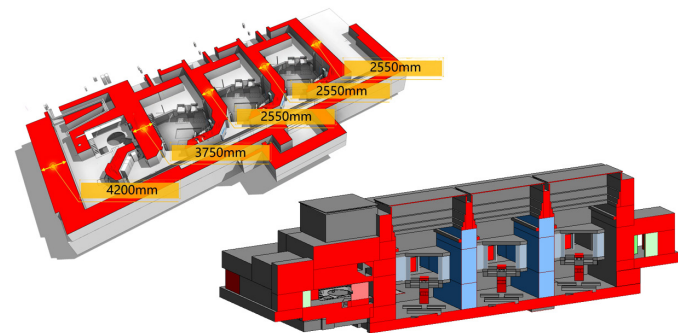


图4 质子维护楼厚混凝土构造

厚混凝土框架确定后，对质子区各主要空间设置独立的定位基点，各空间内的所有与治疗器械相关的土建设计定位都是基于这个定位基点+轴网定位的双保险进行，以确保治疗器械能成功安装。同时设计阶段将所有预埋件、预留留洞及预埋管点位进行模

型化精准定位，对于局部复杂区域进行钢筋建模，协同结构设计师一起分析预埋管线与钢筋的关系，对于关键区域进行钢筋深化设计。

通过以上流程及措施最终形成质子区土建设计成果，导出图纸及模型。这个技术路线能有效地形成满足治疗器械使用需求和国内规范标准双重要求的设计成果。

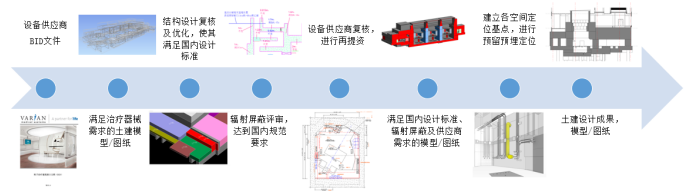


图5 质子重离子土建设计技术路线

质子区土建设计过程中同步开展质子区机电设计工作，首先就各专业系统的技术要求同机电设计师及设备供应商进行梳理明确，将进入质子区的预埋管线的数量（组）、弯头数量、弯头半径、排布间距、出口点位等技术要求确定，形成本项目质子区机电BIM实施标准。

质子区设计类似工业建筑，以治疗器械的需求为主导开展设计，机电设计采用单线程三维正向设计模式。首先对数量最多、长度最长、技术要求最高的治疗器械电气埋管进行三维设计。这部分电气设计技术要求由设备供应商提供，提资内容没有图纸，仅提供埋管清单、埋管大致出口点位、BID文件。BIM团队以这三个文件开展工作，在模型中进行三维机电设计。初步尝试后发现管线连接只考虑功能，出现大量多层线管交叉的情况，甚至在2-3m的厚混凝土中交叉最密集的区域已经突破了厚混凝土。

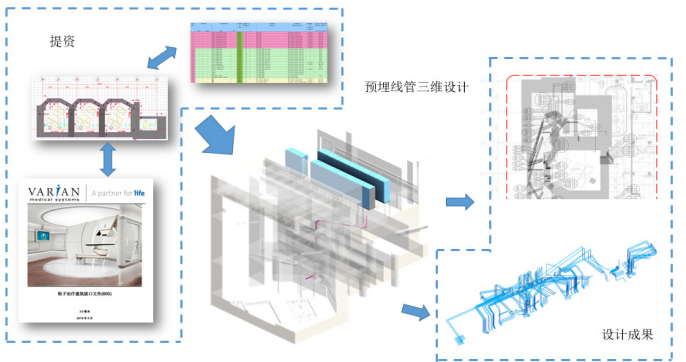


图6 治疗器械埋管设计技术路线

我们研究通过Rhino+GH将埋管平面编号相同编号进行自动连接，获取同组点位进出口连线图。在保持治疗仓出口点位定位不变的前提下，对配电间内的点位入口点及配套电柜的定位顺序提出合理建议，配合设备供应商进行优化设计，在满足使用功能的

情况下减少预埋线管交叉数量，最终形成了完全满足治疗器械需求的预埋管线布置，并将模型导出图纸进行标注出图。

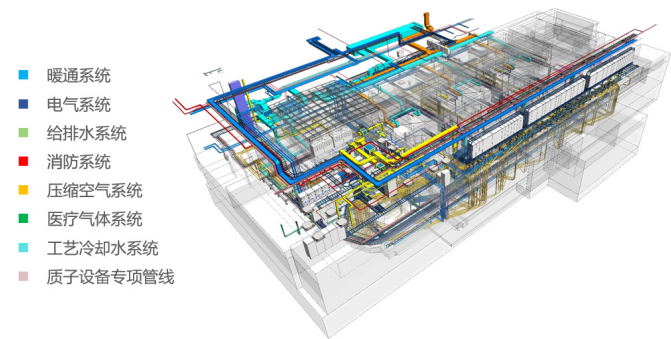


图7 质子楼机电系统

其他机电专业设计内容采用机电设计师进行平面草图设计，模型深化并输出图纸的二三维结合设计模式。以施工深化为标准将管

线高度、平面、翻绕进行三维深化设计，再导出图纸进行标注出图。对机电设计来说，这种根据主次先后进行的单线程三维设计模式是质子重离子项目的最佳答案。

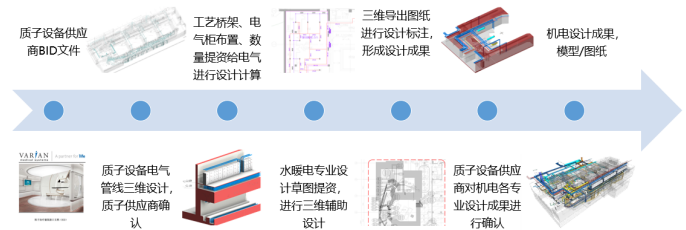


图8 质子区机电设计技术路线

施工配合阶段项目采用Trello作为管理平台，各参建方统一平台即时讨论，跟踪每个问题的发现、协调和解决方案。并通过三维激光扫描对质子区施工进展进行记录及校验，如有偏差及时发现并进行拆改。通过管理和技术双重措施进行施工质量控制，使得施工质量满足设备供应商的要求，最终治疗器械顺利安装。

项目总结

本项目的设计原则是先模型后图纸，大部分设计内容由BIM、专业设计师、设备供应商三方协同工作，直接在模型中进行三维正向设计，通过方案对比、可视化讨论、管线综合、深化设计前置等措施，形成设计成果供各方确认，对于反馈的优化方案集中解决并输出图纸成果。形成本项目独特的单线工作流程。

通过项目过程中的实际需求和问题，逐步形成质子重离子项目的实施标准，并将其传递至施工阶段，为质子重离子项目建设提供了具有价值的参考案例。



欧特克大视界

咨询热线：400 056 5020

Autodesk、Autodesk 标识是 Autodesk, Inc. 和/或其子公司和/或其关联公司在美国和/或其他国家或地区的注册商标或商标。所有其他品牌名称、产品名称或者商标均属于其各自的所有者。Autodesk 保留随时调整产品和服务供应、规格以及SRP的权利，恕不另行通知，同时 Autodesk 对于此文档中可能出现的印刷或图形错误以及其他错误不承担任何责任。© 2021 Autodesk, Inc. 保留所有权利 (All rights reserved)。

