

# 大体积混凝土内预留预埋管、线的施工技术

袁诗鹏

四川省工业设备安装集团有限公司

**摘要:** 基于质子治疗区大体积混凝土内预留预埋管、线的施工要求的特殊性,国内案例较少,相似的施工经验比较匮乏,难以借鉴。经过探索、实践和验证,先来谈谈大体积混凝土内预留预埋管、线的施工技术。

**关键词:** 质子治疗; 大体积混凝土; 预留预埋管线

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-6288.2022.10.184

## 一、工程概况

四川省肿瘤诊疗中心质子治疗中心项目是中国西南地区建设的第一个质子中心项目。质子治疗区内各剪力墙和楼板为超厚结构,剪力墙最厚4500mm,楼板最厚4000mm,层高最高11.5m,总建筑面积14000平方米,其中地上1层,地下3层。质子治疗核心区域位于地下负1层至负3层,由1间回旋加速器区、1间固定束治疗室和3间旋转机架治疗室构成。

## 二、技术背景

质子治疗区的大体积混凝土内预埋管道众多,如金属软管(含IBA线管、接地线管、智能化线管等,约5700m)、工艺冷却管(约300m)、医气管道(200m)、排水管(约600m)、风管(10余处)等。同时,由于本项目有防辐射的特殊要求,在治疗区的混凝土内所有预埋管道均做了拐弯处理,如:S型、U型、大弧度的半圆形等。

## 三、施工方法

质子治疗区内大体积混凝土内存在钢筋密集、预埋管道量大,交叉碰撞非常多。本文通过对“材料、工序、措施、数字化”四个方面进行探索、实践,介绍一种突破常规的预留预埋管、线的施工技术。

### (一) 使用新型材料

#### 1. IBA预埋线管采用重型防水可挠金属软管

针对大体积混凝土内预埋线管较多,并且有弧度、拐弯及间距的特殊要求,广泛使用的金属钢管作线管已不能满足施工的工艺、工期要求。经过对比,本文采用重型防水可挠金属软管作为预埋线管。

它的特点如下:

(1) 重型防水可挠金属软管内层为绝缘热固性粉末涂料层,中层为热镀锌钢带,外层为软质聚氯乙烯保护膜。

(2) 重型防水可挠金属软管能自由弯曲,施工简单方便,用手煨弯,降低施工难度和强度;

(3) 自带螺纹,连接便捷,无论在任何地方切断,都可用连接器与钢管、电线管设备、电机等可靠地连接;

(4) 具有较高的抗拉和抗压强度,良好的绝缘,良好的耐水性。

它的施工工艺如下:

(1) 工艺流程:测量定位→制作支架、安装→导管敷设→导管固定

### (2) 施工要点

1) 导管煨弯:根据BIM模型,用角钢或其他型钢先预制不同规格的弯曲半径模具,导管每次煨弯时,按照对应规格进行制作、检测,确保弯曲半径符合设计要求。

2) 导管切断:用专用切割刀进行切管,断口处无毛刺,管内铁屑除净。

3) 导管连接:采用专用连接器连接,要确保橡胶衬垫、导管螺纹和连接器紧密连接,完整可靠。

4) 支架安装:根据施工位置,选取对应BIM模型的预制支架。楼板浇筑完成,即可进行型钢支架安装,待楼板底筋或墙体外侧钢筋完成后,即可进行二次支架安装与调整。

5) 导管安装:选取按模具制作好弯曲半径的导管,从下往上分层安装。采用刚卡对导管进行固定,固定完成后,再一次校正导管弧度、间距、标高。

6) 其他固定措施:可以采用自制型钢或者废钢筋对支架间的悬空导管做二次固定,可以采用铁丝绑扎或者焊接的形式,加密支架、固定导管,固定点间距应不大于500mm。

7) 管口固定:采用型钢框架(12mm以上钢筋框架或者 $\angle 30$ 以上的角钢框架)的形式对墙面管口进行固定。

### (3) 注意事项

使用完整长度的线管,中间不设接头。必须设接头时,一般只设一个。并且考虑防止线管渗水,一般可不在于接头处跨接地线,以后在管路两端进行接地联结即可。

2. 工艺冷却水预埋管采用高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋不锈钢保温管

质子治疗区若采用一般工程的预留洞口,无法解决

管道弯曲安装和保温的难题。经过对比调研，决定采用夹套管直埋方式进行处理。

它的特点如下：

(1) 由高密度聚乙烯外套管、聚氨酯泡沫保温层、内工作无缝不锈钢管紧密结合而成。

(2) 高密度聚乙烯外套管有较好的强度，能够更好的在混凝土浇筑过程中保护保温层不被破坏。

它的施工工艺如下：

(1) 工艺流程：管道端口就位→管道焊接合格→焊接表面处理→外护层安装→注料封口

(2) 施工要点

1) 不锈钢管焊接完成，不锈钢管要进行压力测试，可以采用气压法或水压法。合格后对焊缝要做防腐处理。

2) 外护层与两管管端应有一定搭接面，密封方式可以热熔、挤压焊接或热缩带熔接。

3) 发泡施工前，必须进行100%气密性检验。

(二) 调整传统工序

1. 钢筋和管道工序调换→钢筋施工前插入管道安装  
一般工程中，预埋管道是在结构钢筋具有一定规模后，利用钢筋做支撑进行预埋绑扎、焊接等方式固定。

质子治疗区若仍然采用一般施工模式，既会造成钢筋施工的大量返工，也会造成预埋管道质量（尤其是弯曲度）失控，同时还会严重影响项目工期。

调整钢筋、管道施工工序，具体步骤如下：

(1) 在土建钢筋施工前，先完成墙体钢筋控制线现场标识；

(2) 根据BIM提供的预埋管道定位图和支架图，进行现场支架安装和低层管道安装（根据不同部位预埋管道和结构钢筋密集程度而定，这里通常把2.5m以下区域称为低层管道，低层管道也是预埋管道最为密集之处）；

(3) 待完成低层水平筋后，安装剩余部分管道；

(4) 待所有钢筋完成后，进行后续固定支架补充。

工序调整的施工方式大大降低了预埋管道安装对结构钢筋的依赖性，加快了预埋管路的完成时间。同时因水平筋后于预埋管道施工，作业人员可以根据预埋管道实际位置，进行钢筋避让，基本消除了钢筋未避让管道路由造成的返工。

(三) 创新施工措施

1. 预埋管道精度控制措施→增设型钢支架

根据管道路由，对其进行薄弱性分析，增设型钢支架进行固定，可以有效的提高管路的成型质量。方法如下：

(1) 对易弯曲、易偏移、易损坏的以及管道转弯、标高变化的部位设置性格支架，型钢规格参见表3-1。

表3-1 固定支架型钢规格表

管道公称直径 (DN)	≤50	50-125	150/200	250/300
角钢规格 (∠)	30x3	40x4或者10#槽钢	50x5或者12#槽钢	63x6或者14#槽钢

(2) 若预埋管道为直埋保温管、焊接钢管、不锈钢管等材质，可以根据“《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》-GB50242-2002中，表3.3.8”要求设置支架。

(3) 若预埋管道是电气金属软管，每付支架间距应确立为不超过2m。此外，为了避免金属软管路由出现“蛇型”，为后续电缆施放提供更为顺畅的管路通道。还需要利用土建固定主钢筋，在每两付固定支架中间在设置多付横担（规格同支架），必须确保金属软管固定点的横担间距不大于0.5m。

2. IBA预埋线管出墙口偏移控制措施→利用土建模板固定出墙管口

IBA预埋线管成排、成列设置，除了混凝土内精度控制外，出墙口的精度控制尤为关键，它直接决定了预埋管道的工艺标准和成型质量能否满足治疗设备使用的要求。

利用土建模板开孔，将IBA预埋线管预留出模板外，保证了出墙口预埋线管定位的正确性和管口固定的优势，基本消除了混凝土振捣造成出墙口预埋线管发生偏移的情况。

3. 直埋风管抗变形措施→增设角钢加固框及内支撑木块

为防止混凝土的自重压坏结构内的直埋风管，我们从提高直埋风管自身强度、抗压能力和辅助支撑三个方向出发，制定了抗变形措施。方法如下：

(1) 增加风管壁厚，采用2mm厚镀锌钢板制作，提高风管自身强度；

(2) 风管外部增设角钢加固框点焊在风管外壁，每间隔200-400mm设置一个外加固框，提升风管抗压能力。

(3) 直埋风管施工时，风管内部加设木方支撑，增强风管竖向承重能力。

4. 缩短工期措施→模块化预制管道

质子治疗区墙板内直埋保温管道和医气管道弯曲复杂，现场操作空间窄，提前在加工场制作、试压，现场仅进行支架安装和管道固定。这种方式不仅可以减少现场因管道弯曲和空间窄造成的施工困难，同时可以直接缩短安装时间，并且采用加工场预制的方式可以更好的

控制预埋管道的弯曲弧度和焊接质量。

(四) 数字化应用

1. BIM标识空间参数

采用全过程BIM指导施工的模式，在设计阶段，配合设计师同步制作BIM模型，可以在设计阶段解决建筑与安装的碰撞问题。在施工阶段，BIM模型已经具备了指导施工的精度要求，能够为现场预埋管道的施工提供支架、定位以及管路走向的详图，如图3-1。

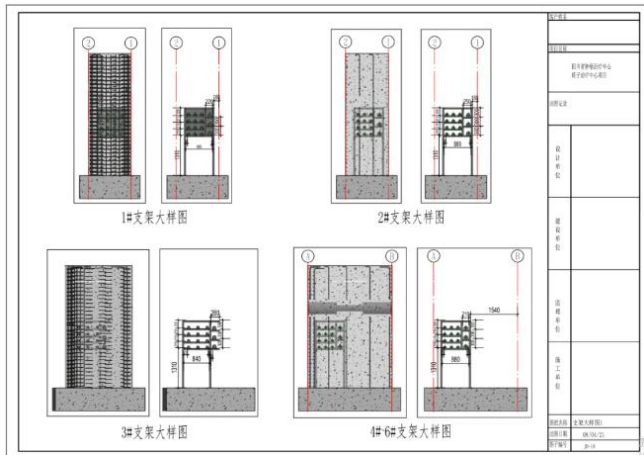


图3-1 BIM标识提供预埋管道空间定位参数

2. AR辅助交底和验收

为了更好的使用BIM模型，提高预埋施工的完整性，通过手机/IPAD等电子设备，利用摄像头功能，实时根据摄像头拍摄实景调取BIM模型，可以直观的反应当前摄制点的图纸情况，对现场管理人员、技术工人进行直观的施工交底；同时迅速发现偏差，避免位置错误、管路遗漏等情况，减少反复读图识图的时间，辅助复检。

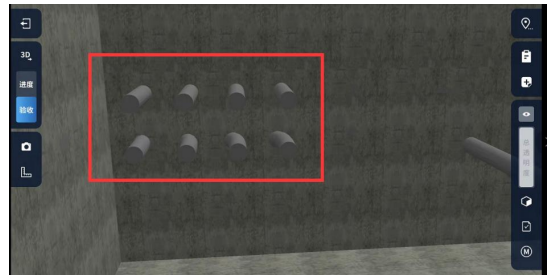


图3-2 AR辅助交底和验收

3. 二维码管理身份信息

质子治疗区预埋管路众多，为方便验收及移交，将项目的BIM模型进行模块分离，根据设计图纸标识的IBA管路编号，加上对应预埋管道的材质、型号、系统及材料来源等工程资料，汇总成二维码，制作成塑料标牌，悬挂于混凝土结构的对应管口位置，实现了每处预埋管道的唯一的身份信息。

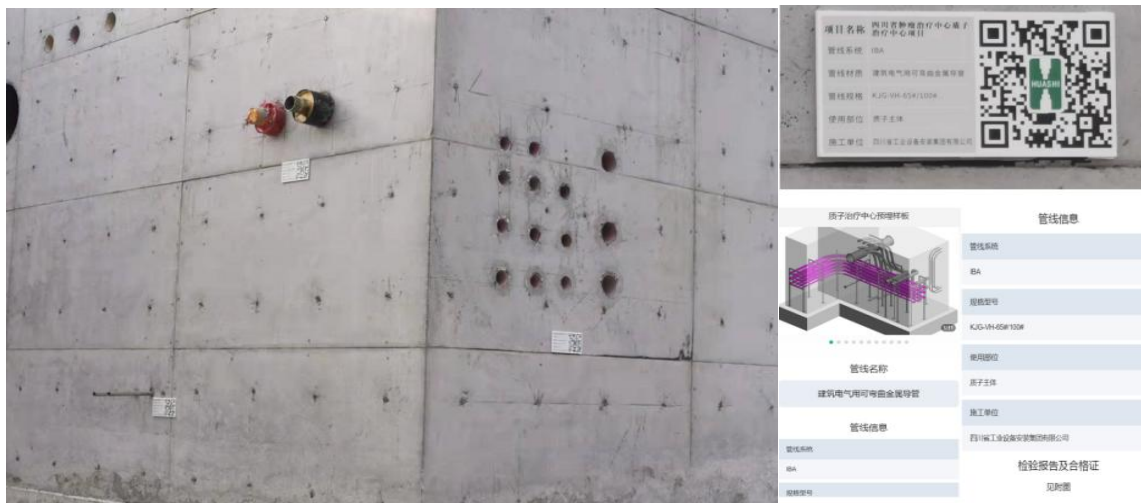


图3-3 可视化及二维码标牌

四、结语

本文在质子治疗区大体积混凝土内预留预埋管道线施工采用了一系列新技术、新材料，新工艺、新方法，通过样板实体和主体结构的实践，实现了预埋管、线质量一次合格的目标，为后序质子中心设备安装提供了质量保障，为今后，同类型的大体积混凝土内预留预埋管、线施工提供参考和作业指导。

参考文献

[1] 建筑给排水及采暖工程质量验收规范，

GB50242-2002[s]. 北京：中国建工业出版社，2002.

[2] 电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准，GB50168-2018[s]. 北京：中国计划出版社，2018.

[3] BIM技术在电缆桥架安装工程中的应用[j]. 智能建筑，2020(07). 52-59.

[4] 建筑电气工程施工质量验收规范，GB50303-2015[s]. 北京：中国计划出版社，2015.

[5] 通风与空调工程施工质量验收规范，GB50243-2016[s]. 北京：中国计划出版社，2016.