

预制重晶石防辐射混凝土墙体方案设计及施工

陈喜旺^{1,2}, 辛明朗¹, 张恩搏¹, 杨博文¹, 李向东³, 聂宇⁴

(1. 北京建工新型建材有限公司, 100015, 北京; 2. 清华大学, 100084, 北京; 3. 北京建工集团有限责任公司, 100055, 北京; 4. 北京国际建设集团有限公司, 100054, 北京)

摘要:为提高大体积重晶石防辐射混凝土墙体的质量, 控制建设工期, 对实际工程重晶石防辐射混凝土墙段采用工厂预制现场装配的建设方式。结合具体工程介绍施工中的重点和难点问题及防辐射处理的措施, 通过对比多种装配方案确定了工程应用最优方案。

关键词: 重晶石; 防辐射混凝土; 预制方案

中图分类号: TU 74

文献标志码: B

文章编号: 1000-4726(2021)09-1061-04

PRECAST SCHEME DESIGN AND CONSTRUCTION OF BARITE ANTI-RADIATION CONCRETE WALL

CHEN Xi-wang^{1,2}, XIN Ming-lang¹, ZHANG En-bo¹, YANG Bo-wen¹, LI Xiang-dong³, NIE Yu⁴

(1. BCEG Advanced Construction Materials Co. Ltd., 100015, Beijing, China; 2. Tsinghua University, 100084, Beijing, China; 3. Beijing Construction Engineering Group Co., Ltd., 100055, Beijing, China; 4. Beijing International Construction Group Co., Ltd., 100054, Beijing, China)

Abstract: In order to improve the quality of the mass barite anti-radiation concrete wall and control the construction period, the construction method of factory prefabrication and on-site assembly was used in actual project. Combined with the project, the important and difficult problems in construction, effective measures for anti-radiation were introduced, and various assembly schemes were compared to determine the optimal scheme for engineering application.

Keywords: barite; anti-radiation concrete; precast plan

国家重大科技基础设施“十三五”建设项目高能同步辐射光源(简称 HEPS)项目, 是基础科学和工程科学等领域原创性、突破性的重要支撑平台, 建成后将成为世界上亮度最高的第四代同步辐射装置。该工程总建筑面积 15 000 m², 其中储存环隧道、锯齿墙、储存环隧道注入区侧墙及顶板采 C40 重晶石混凝土。

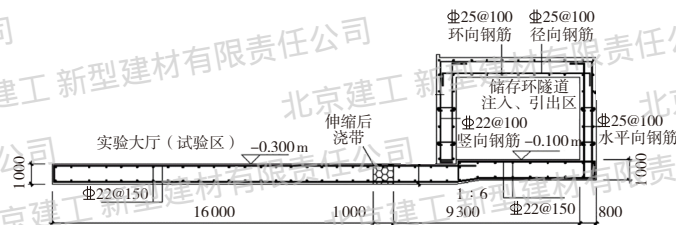


图1 储存环隧道示意

1 技术重点及难点

因 HEPS 项目属 I 类射线装置, 为保证运行安全, 需使用重晶石混凝土屏蔽射线, 其中储存环隧道外墙、注入/引出区顶板和注入/引出区内墙 3 个区域使用重晶石混凝土(图 1)。

1.1 施工重点

(1) 重晶石混凝土工艺复杂, 需满足防辐射、低收缩、高密度、高均匀性等特殊要求, 施工前需通过大量试验对混凝土的原材料进行选择、存储, 并确定配合比设计。

(2) 施工过程中需制订混凝土生产供应、质量控制和现场施工、养护等专项方案, 根据 HEPS 辐射防护系统的计算结果, 重晶石混凝土密度达 3 400 kg/m³ 以上, 本工程约需 6 000 m³ 重晶石混凝土, 混凝土体量巨大, 混凝土的顺利供应对保证工程质量和进度至关重要。

1.2 施工难点

(1) 为避免辐射泄漏, 按设计要求超大超厚的储存环隧道、锯齿墙、储存环隧道注入区侧墙及顶板必须一次性同时浇筑, 但重晶石混凝土供应量无法满足现场浇筑需求。

(2) 重晶石墙体的均质性和抗裂性要求高, 若采用现场浇筑方式, 质量无法得到有效控制。

(3) 重晶石混凝土密度需达 3 400 kg/m³ 以上,

收稿日期: 2021-06-25

作者简介: 陈喜旺(1974—), 男, 河南安阳人, 教授级高级工程师, 硕士, 总工程师, 副总经理, e-mail: 2078856125@qq.com

由于墙体自重较重,现场施工对模板及支撑体系的质量要求很高。

综合考虑施工工期和质量控制要求,拟对储存环隧道、锯齿墙、储存环隧道注入区侧墙及顶板 4 部分采取工厂预制现场拼装的施工方式。

2 预制装配化方案设计

2.1 预制拆分方案比选

锯齿墙部分主要由 A、B、C、D 4 种形式的节点组成,其中 A 类节点 18 段, B 类节点 1 段, C 类节点 1 段, D 类节点 2 段。

综合考虑预应力设置、吊装重量和道路运输限制等因素,按模板最大重复使用率和异形构件数量最少等原则,对重晶石防辐射锯齿墙全段进行预制拆分设计,不设置现浇段形成拆分方案 1;同样考虑以上因素,采用拼缝处现浇,其他部分预制的方式进行拆分设计形成方案 2,将方案 1 和方案 2 进行对比,结果见表 1。

表 1 拆分方案对比分析

方案	总体积/ m ³	构件 种类	构件 总数	预制 体积/ m ³	现浇体积/ m ³	预制率/ %	成本/ 万元
方案 1	4369	33	573	5500	—	100	8443.86
方案 2		23	529	4620	880	83	7389.41

从表 1 可看出,方案 1 为 573 块构件,不仅构件数量多且种类较多,导致模板重复使用率低,且因构件种类多会导致模板类型增多,模板投入增加,使其成本明显高于方案 2。

2.2 预制装配化方案的重点与难点

(1) 为确保重晶石混凝土对射线防护的有效性,在预制墙板四边连接节点位置需进行防渗和防辐射设计,并保证不使现场安装操作过于复杂。

(2) 构件加工时要求混凝土密实均匀,表观密度和构件精度满足设计要求。

(3) 吊装、运输、安装等限制问题也对预制方案制订提出了很高要求。

2.3 解决措施

(1) 水平连接做法参照 GBT 50557—2010《重晶石防辐射混凝土应用技术规范》^[1]和 EJ-T 789—1993《核设施辐射屏蔽设计一般原则》^[2]中关于重晶石防辐射混凝土结构预留孔洞、施工缝及构造设计规定,为满足本工程防辐射要求,针对水平连接节点

给出 3 种连接方式,其节点构造示意如图 2 所示。

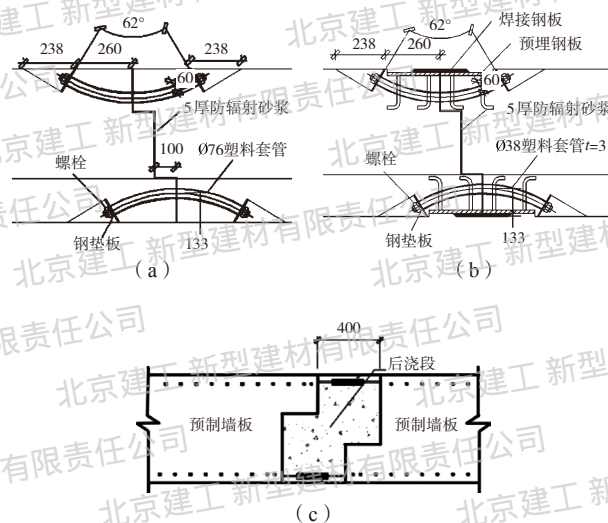


图 2 水平连接节点构造示意

(a) 方式一; (b) 方式二; (c) 方式三

方式一:在水平连接方向制作一个如图 2(a)所示的企口,设计错缝 100mm,在接触面涂抹 5mm 防辐射砂浆,通过对拉螺栓实现预制墙板间水平方向的连接。

方式二:在预制墙体接缝端两侧预埋钢板,在接触面涂抹 5mm 厚防辐射砂浆,通过对拉螺栓拉接,最终采用钢板焊接的方式实现墙板水平等强连接。

方式三:对于采取少部分现浇,其他部分预制的装配方案,采用一级接头的方式进行钢筋连接,并浇筑重晶石混凝土实现预制墙板的连接。

(2) 顶部竖向连接做法,预制墙板与顶板的连接主要包括端点 A 和端点 B 两部分,并形成如图 3 所示的 3 种形式的连接方式。A 节点连接形式一:参照 16G101 及 G310 图集剪力墙与屋面板铰接连接做法,预制墙板与现浇顶板连接部位通过顶部设置错缝现浇方式解决防辐射问题。

A 节点连接形式二:预制墙板与预制顶板的刚接连接部位通过灌浆套筒连接,顶部设置错缝解决防辐射构造问题。B 节点连接形式:预制墙板与预制屋面板的铰接连接部位通过外嵌钢板及角钢连接,并通过错缝解决防辐射构造问题。

(3) 底部竖向连接做法如图 4 所示的 C 节点,对底部不连接的预制墙板底部采用坐浆方式即可;在现浇底板设置错缝防辐射构造,其墙底部连接节点如图 5 所示。

如图 5 所示,对 D 节点采用灌浆套筒的方式实现预制墙板与底板的连接,对现浇底板进行错缝处理。

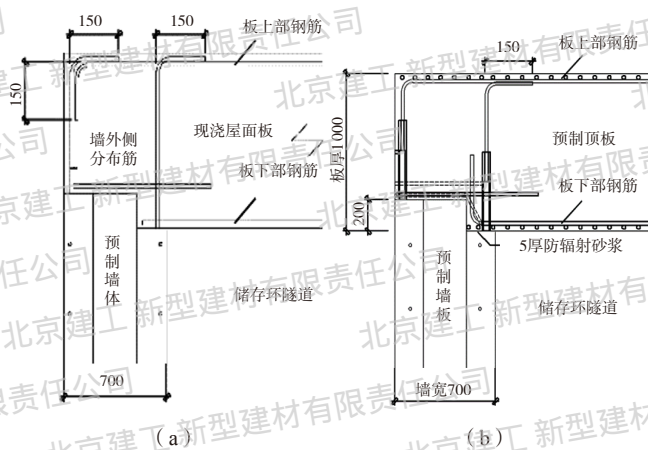


图3 墙顶与顶板连接示意

(a) A节点连接形式一; (b) A节点连接形式二;
(c) B节点连接形式

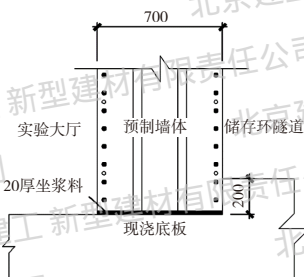


图4 C节点做法

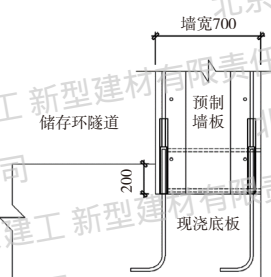


图5 D节点做法示意

3 吊运及安装方案

3.1 吊装方案

水平吊装如图6(a)所示,利用预埋的斜支撑套筒进行吊装。垂直吊装如图6(b)所示,通过预埋的吊钩使用吊装梁确保吊装过程稳定。

3.2 运输

按北京市道路运输管理要求,车辆限高4.5m,限宽2.6m,车长不做限制,限重50t。综合以上限制因素,本工程预制构件运输时采取水平放置方式,每块预制墙体长度限制为2.5m,其他尺寸不影响运输,如图6(c)所示。

3.3 现场拼装

本工程采用机器人对重晶石防辐射墙板预制构件

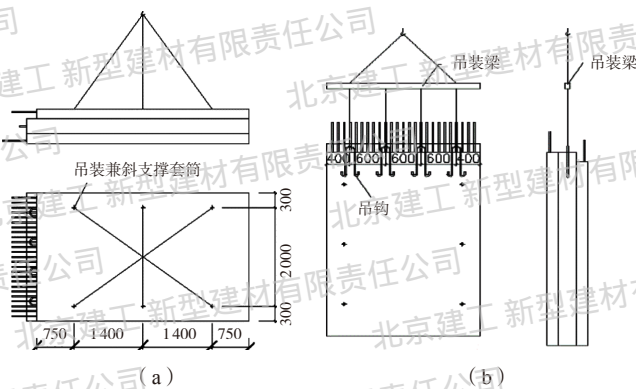


图6 吊装及运输方式示意

(a) 水平吊装; (b) 竖直吊装; (c) 运输方式

进行现场拼装(图7)。

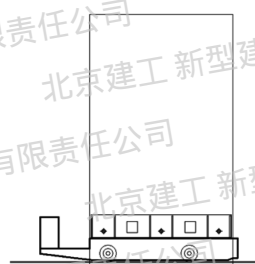


图7 防辐射墙板安装方式示意

4 预制拼装墙体优势分析

以一段长15m的重晶石混凝土墙体为例,若采用现浇方式工期约为10d,而采取工厂预制现场拼装的方式,工期可压缩到2d,大幅缩短施工工期。与采用全预制装配式方案和全现浇的建造方案相比,采用拼缝处现浇、其他部分预制的优势为:

(1) 可避免重晶石混凝土现场浇筑产生的一系列问题;(2) 在工厂预制可控制生产工期,且构件现场安装速度较快,有利于缩短工期;(3) 工厂预制采用平打模式,可保证重晶石骨料在高度方向的均质性,使质量更加可控;(4) 可减少施工缝总长度,减少施工缝的辐射泄漏。

5 结束语

HEPS项目属I类射线装置,对重晶石防辐射墙

板的均质性、防辐射性和抗渗性等要求十分严格。工厂预制重晶石防辐射墙板可采用平打模式,能充分保证重晶石骨料在高度方向均匀分布,混凝土不易离析且不存在水平缝,可有效控制质量;采用本文给出的

几种节点做法可避免预制构件拼缝处辐射泄漏问题。

参考文献

- [1] 重晶石防辐射混凝土应用技术规范:GBT 50557—2010[S].
- [2] 核设施辐射屏蔽设计一般原则:EJT 789—1993[S].