

# 带上盖开发地铁车辆基地运用检修库房 净空高度设计

钱曙杰<sup>1</sup> 石 航<sup>2</sup>

(1. 苏州市轨道交通集团有限公司, 215004, 苏州; 2. 中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430063, 武汉)

**摘 要** [目的]城市轨道交通车辆基地的上盖物业开发已成为上海、北京等诸多城市的车辆基地设计基本要求,为了有效解决上盖物业开发对盖下库房的影响,需对运用检修库房的净空高度进行研究。[方法]以车辆基地的运用库和联合车库作为研究对象,分析上盖开发车辆基地库房净空高度的主要影响因素,梳理运用检修库房净空高度设计流程;提出架空接触网制式和接触轨制式下的库房净空计算方法。[结果及结论]采用接触网制式时,需考虑接触网导线高度及安全距离、起重机走行轨轨顶标高及起重机高度、架空管线层高度、结构主梁高度等因素,停车列检库首层盖板的最小高度为 7.5 m;检修库(除停车列检库、临修库外)首层盖板高度统一为 8.5 m;临修库首层盖板的最小高度为 13.5 m。采用接触轨制式时,影响因素除接触网导线高度外,其余均与接触网制式一致,停车列检库、周月检库房首层盖板高度分别为 7.5 m 和 8.5 m。

**关键词** 地铁; 车辆基地; 上盖开发; 运用检修库房; 净空高度

**中图分类号** U491.71

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2024.07.051

garage clearance height is sorted. Calculation methods for operation inspection garage clearance height under overhead catenary system and third contact rail system are proposed respectively. [Result & Conclusion] When using overhead catenary system, factors such as the height and safety distance of catenary wires, the top elevation of crane running track, the crane height, the overhead pipeline layer height, and structural main beam height need to be considered. The minimum height of the first-floor slab of parking inspection garage is 7.5 m; for inspection garages (excluding parking inspection and temporary repair garages), the first-floor slab height is uniformly set at 8.5 m; the minimum height of the first-floor slab of temporary repair garage is 13.5 m. When using contact rail system, apart from the height of catenary wires, the other influencing factors are consistent with the overhead catenary system. The first-floor slab heights of parking inspection and weekly/monthly inspection garages are 7.5 m and 8.5 m respectively.

**Key words** metro; vehicle base; overhead property development; operation inspection garage; clearance height

## Design of Operation Inspection Garage Clearance Height for Metro Vehicle Bases with Overhead Property Development

QIAN Shujie<sup>1</sup>, SHI Hang<sup>2</sup>

(1. Suzhou Rail Transit Group Co., Ltd., 215004, Suzhou, China; 2. China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China)

**Abstract** [Objective] The development of overhead property in urban rail transit vehicle bases becomes a basic requirement for vehicle base design in many cities such as Shanghai and Beijing. To effectively address the impact of overhead property development on the covered garages, it is necessary to study the clearance height of operation inspection garage. [Method] Taking the operation garage and the joint garage of vehicle base as research objects, the main factors affecting the clearance height of vehicle base garage with overhead property are analyzed, and the design process of operation inspection

截至 2020 年底,中国大陆地区城市轨道交通(以下简称“城轨”)运营线路总长 7 969.7 km,累计投运车辆段和停车场共计 384 座,在建线路总长 6 797.5 km,2020 年全年完成建设投资 6 286 亿元,创历史新高。在“一带一路”和“土地集约利用”国家战略背景下,我国将形成更多的特大型城市,城轨方面的建设需求将全面升级。

车辆基地是每条城轨线路必备的车辆检修设施,多位于城市中心区域,占地达 30 ~ 50 hm<sup>2</sup>,投资约 10 ~ 20 亿元。为集约利用土地,越来越多的车辆基地工程选择进行上盖开发,北京、上海、广州、深圳、杭州、苏州等多个城市已将对地铁车辆基地进行上盖开发列为设计基本要求。但由于我国地铁车辆基地运用检修库房合理的净空高度尚无长时间、全方位的运营验证,在车辆基地上盖开发规划设计过程中,经常出现为满足上盖物业功能需求而

调整运用检修库房净空高度,进而劣化车辆运维工艺,导致投入运营后车辆运维作业不畅、作业环境差等诸多问题<sup>[1]</sup>。目前,相关领域的研究仅针对上盖开发车辆基地的盖板高度给出简单结论性的描述<sup>[2-3]</sup>,并未提出具体的计算方法,不利于在设计之初对地铁车辆基地运用检修库房净空高度方案进行优化。

本文对地铁上盖开发车辆基地运用检修库房的合理净空高度进行了研究,分析了车辆基地运用检修库房净空高度设计所涉及的专业及需考虑的相关因素,提出了架空接触网制式和接触轨制式下的净空高度计算方法,并给出了实际应用案例。本文研究可指导地铁上盖开发车辆基地运用检修库

房净空高度设计,保证库房高度的合理化。

## 1 库房净空高度影响因素

车辆运维主要在车辆基地内的运用库和联合检修库完成。运用库通常由停车列检库、周月检库合建组成。定修段的联合检修库通常由定修库、临修库、静调库及辅助生产房屋合建组成,大架修段除应设置定修段各种生产房屋外,还应根据车辆检修要求设大架修架、落车库及转向架、电机、电气、钩缓、受电弓、空调、制动及蓄电池等部件检修分库,并根据需要设油漆库。典型运用库和大架修段联合检修库示意图如图1所示。

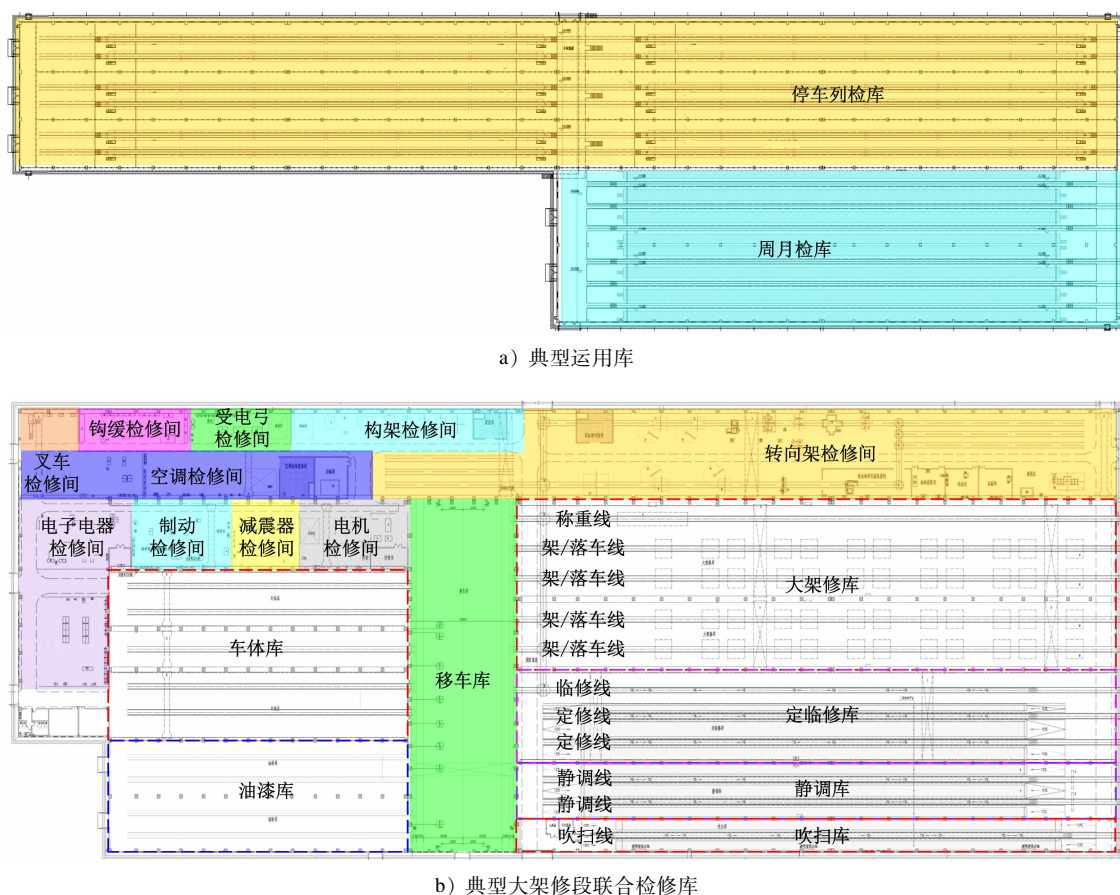


图1 典型运用库和大架修段联合检修库示意图

Fig.1 Diagram of typical operation garages and overhaul section joint inspection garages

基于带上盖开发的地铁车辆基地特点及车辆运维作业需求,总结出对上盖开发车辆基地库房净空高度的主要影响因素有:场坪及轨面标高、接触网标高、起重机高度及安装位置、架空管线标高、结构梁高度等,涉及的专业主要有:站场、建筑、结构、通风空调、给排水及消防、电力、接触网(轨)、通信、

信号、FAS(火灾报警系统)/BAS(建筑自动化系统)、工艺等。考虑车辆基地的功能定位及特点,实际项目中通常由工艺专业的负责人作为总体设计负责人(以下简称“总负责人”)。上述专业的设计内容均会对运用检修库房净空高度产生影响,其接口关系及对净空高度的主要影响因素如表1所示。

表 1 影响运用检修库房净空高度的专业接口及主要因素

Tab.1 Professional interfaces and main factors affecting operation inspection garage clearance height

专业名称	相关专业接口	输入资料	输出资料	主要影响因素
工艺	站场	站场平面布置图	工艺平面布置图	场坪及轨面标高
	建筑	运用库及联合检修库平面图及剖面图	运用库及联合检修库平面布置图； 起重机走行轨标高及安装要求	起重机高度及 安装位置
	结构	运用库及联合检修库梁、板、柱平面布置图及轮廓尺寸	起重机走行轨标高及荷载要求	起重机高度及 安装位置
站场	建筑	建筑平面布置图	站场平面布置图	场坪及轨面标高
	结构	运用库及联合检修库梁、板、柱平面布置图及轮廓尺寸	运用库和联合检修库的平面图及剖面图	结构梁高度
	给排水及消防	架空管道平面布置图、规格及安装要求	运用库和联合检修库的平面图及剖面图	架空管线标高
建筑、 结构	通风空调	架空管道平面布置图、规格及安装要求	运用库和联合检修库的平面图及剖面图	架空管线标高
	电力	桥梁、照明设备等平面布置图、规格及安装要求	运用库和联合检修库的平面图及剖面图	架空管线标高
	接触网(轨)	接触网(轨)安全防护距离及安装要求	运用库和联合检修库的平面图及剖面图	接触网标高
	通信	桥梁、通信设备等平面布置图、规格及安装要求	运用库和联合检修库的平面图及剖面图	架空管线标高
	信号	桥梁、信号设备等平面布置图、规格及安装要求	运用库和联合检修库的平面图及剖面图	架空管线标高
	FAS/BAS	桥梁、FAS/BAS 设备等平面布置图、规格及安装要求	运用库和联合检修库的平面图及剖面图	架空管线标高

## 2 设计流程

带上盖开发地铁车辆基地运用检修库房净空高度的确定涉及多个专业,且专业提资过程中存在交叉反馈,同时还需和规划部门进行汇报,以确定建筑限高等要求。运用检修库房净空高度设计流程示意图如图 2 所示。主要设计步骤为:

步骤 1 一般由总负责人牵头,配合建设单位与项目所在地的规划部门对接,明确开发业态及建筑限高,同步了解建设单位的开发要求及预期,充分征集运营需求。

步骤 2 由总负责人根据规划及建设单位意见,制定并发布设计任务、目标及原则。

步骤 3 工艺专业完成工艺平面布置并提交给站场专业,将起重机走行轨标高及安装要求提交至建筑和结构专业。

步骤 4 站场专业将与工艺专业对接确定后的站场平面布置图提交至建筑专业。

步骤 5 建筑专业完成建筑平面图及剖面图,反馈至工艺专业,核查是否满足工艺要求;若满足,则发布建筑平面图及剖面图至通风空调、给排水及消防、电力、通信、信号、FAS/BAS 及接触网(轨)专业。

步骤 6 通风空调、给排水及消防、电力、通信、信号、FAS/BAS 及接触网(轨)将本专业的运用库和联合检修库的管线平面布置及标高要求反馈至

建筑专业,将本专业的管线荷载要求提交至结构专业。

步骤 7 建筑专业基于相关专业提资完成室内综合管线布置图,并与建筑平面图及剖面图一起提交至结构专业,由结构专业完成梁、板、柱平面布置图,并确认其几何尺寸,反馈至建筑专业。

步骤 8 由建筑专业完成运用库和联合检修库的剖面详图及效果图,并经相关专业核实无误后,通过总负责人、设计负责人依次向建设单位、规划部门汇报。

步骤 9 若相关部门有意见,则按照步骤 2—步骤 8 再次开展工作,直至相关部门无意见,则确定库房净空高度。

## 3 净空高度计算方法

### 3.1 架空接触网制式

根据地铁车辆检修工艺需求,运用检修库内的相关作业主要在地面层、车厢地板面层及车顶层进行,检修库常规配置桥式起重机等设备。通过分析我国各上盖物业开发车辆基地运用检修库库房高度可知,架空接触网制式下的既有运用检修库首层盖板结构板顶标高基本为 8.7~9.5 m。

根据停车列检库、周月检库、定修库、临修库、静调库、吹扫库、工程车库、检修库辅跨等分项库房的作业内容,确定带上盖开发的地铁车辆基地运用检修库房净空高度的主要控制性指标有:接触网



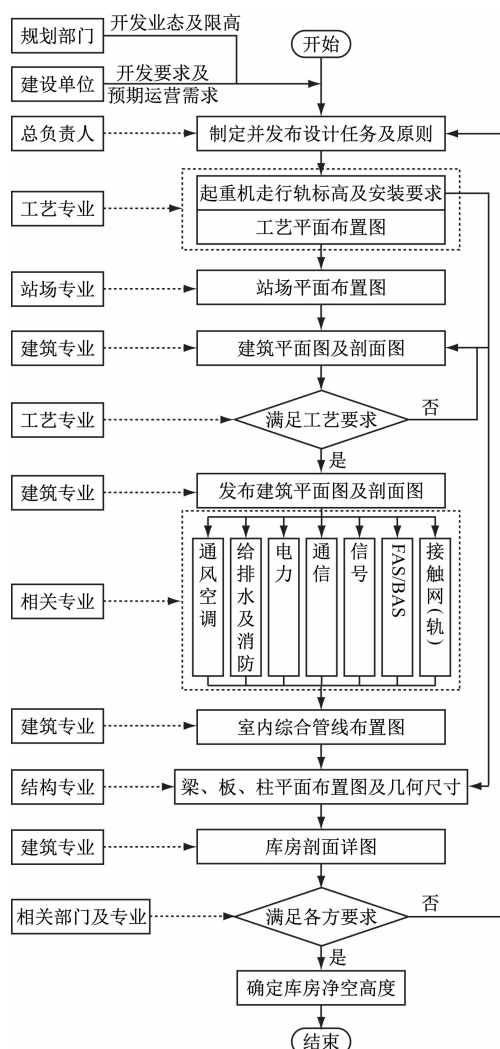


图2 运用检修库净空高度设计流程示意图

Fig. 2 Diagram of operation inspection garage clearance height design process

导线高度及安全距离、起重机走行轨顶标高及起重机高度、架空管线层高度、结构主梁高度等。

1) 接触网导线高度及安全距离。考虑控制盖板净空高度, 停车列检库、周月检库、定修库、静调库、吹扫库的接触网导线高度适当降低至 4.8 m, 洗车库的接触网导线高度为 5.3 m, 防护距离要求及安全冗余按 0.3 m 考虑。

2) 起重机走行轨顶标高及起重机高度。检修库辅跨、工程车库、镗轮库内各设置 1 台 5 t 电动单梁桥式起重机。考虑将检修库辅跨、工程车库的起重机走行轨标高定为 4.8 m, 按结构较为轻巧的欧式起重机计算, 起重机自身高度为 1 m, 安全间隙按 0.3 m 考虑。临修库设置 2 台带司机室的 10 t 电动双梁桥式起重机, 综合考虑架车作业的高度、起

重机司机室下部标高、起重机的结构尺寸等诸多因素, 一般将临修库的起重机走行轨标高定为 8.3 m, 按结构较为轻巧的欧式起重机计算, 起重机自身高度为 2 m, 安全间隙按 0.5 m 考虑。

3) 架空管线层高度。运用检修库上盖设置混凝土大平台会影响到库内的自然排烟, 故上盖开发车辆基地运用检修库内均需设置大量的机械排烟设施, 如排烟风机、排烟风管及其附属设施等。风机及其附属吊件的高度约为 1.0 ~ 1.2 m, 风管高度约为 0.6 ~ 0.9 m。车辆段机电设备管线布置于工艺净高之上、结构板梁之下的空间, 将虹吸溢流排水管靠近柱网及梁底布置, 低压管线、风机及风道、通信管线、信号管线相互交错, 以最小的空间需求布置于板、梁之下, 其下布置喷淋管喷头及通风风口、照明灯具等。以上各种管线经过统筹规划, 并考虑管线布置美观性、安全距离等因素, 检修库机电设备管线层需求最小高度约为 1.2 ~ 1.6 m。

4) 结构主梁高度。考虑到结构梁、板承载力及经济性等条件, 各库跨度不宜太大, 每跨内股道布置不宜太多。结合上盖物业开发动态、静态、塔吊等荷载需求, 经计算分析后可知, 根据不同的跨度大小, 车辆基地运用检修库库区的主梁高度为 1.2 ~ 1.8 m。

综上所述, 架空接触网制式下的运用检修库分项库房首层盖板结构板顶标高分析结果如表 2 所示, 架空接触网制式下带起重机的运用检修库分项库房首层盖板结构板顶标高分析结果如表 3 所示。由表 2 和表 3 可知: 停车列检库首层盖板最小高度为 7.5 m; 检修库(除停车列检库、临修库外)首层盖板高度统一为 8.5 m; 临修库首层盖板最小高度为 13.5 m。由于临修库库内净高要求远大于停车列检库、检修库辅跨等其他库房, 一般考虑临修库区域仅设置一层平台板, 其他区域可考虑设置两层平台板, 两层平台板之间可设置上盖物业的车位。

### 3.2 接触轨制式

接触轨制式下, 带上盖开发地铁车辆基地库房净空高度的主要影响因素除无接触网影响外, 其他影响因素与接触网制式一致。通过对我国各上盖物业开发车辆基地运用检修库库房高度进行调研, 接触轨制式下的既有运用库首层盖板结构板顶标高基本为 7.7 ~ 8.7 m。

1) 车辆车顶检修需求。接触轨制式下, 车辆停

表 2 架空接触网制式下的运用检修库分项库房首层盖板结构板顶标高分析结果

Tab. 2 Analysis results of first-floor slab structural roof elevation for operation inspection garage sub-item warehouses under overhead catenary system

名称	接触网导线高度/m	接触网安全距离/m	架空管线层高度/m	结构主梁高度/m	首层盖板结构板顶标高/m
停车列检库	4.8	0.3	1.2	1.2	7.5
周月检库、定修库、 静调库、吹扫库	4.8	0.3	1.6	1.8	8.5
洗车库	5.3	0.3	1.6	1.3	8.5

表 3 架空接触网制式下带起重机的运用检修库分项库房首层盖板结构板顶标高分析结果

Tab. 3 Analysis results of first-floor slab structural roof elevation for operation inspection garage sub-item warehouses with crane under overhead catenary system

名称	起重机轨顶 标高/m	起重机自身 高度/m	起重机安全 间隙/m	架空管线层 高度/m	结构主梁高度/ m	首层盖板结构板顶 标高/m
检修库辅跨、工程车库、镗轮库	4.8	1	0.3	1.2	1.2	8.5
临修库	8.3	2	0.5	1.5	1.2	13.5

车列检库车顶无作业需求,故仅考虑车辆限界高度即可,接触轨车辆限界高度为 4.2 m,双周三月检库车顶检修作业平台高度为 3.6 m,考虑检修人员身高因素,建议双周三月检库车辆检修所高度为 5.5 m。

2) 起重机走行轨轨顶标高(含起重机自身高度及上部安全距离要求)。起重机设置原则与架空接触网制式下的设置原则保持一致。起重机走行轨轨顶标高值需考虑满足车辆检修作业架起车体后吊运车辆部件的空间,或从运输货车吊下车辆部件的空间。起重机自身高度因其起吊重量的不同而有所差异。对于欧标起重机,2~5 t 起重机自身高度约为 1.3 m,10 t 起重机自身高度约为 1.8 m,起重机走行最小安全间隙按 0.3 m 考虑。

3) 顶部架空管线高度。上盖开发车辆段库房空中主要有通风管道、喷淋及消防管道、电力、FAS/BAS、广播、CCTV(闭路电视系统)等管线,除通风管道和喷淋管道外,其余管线均沿柱边敷设,对层

高影响较大的主要是通风管道和喷淋管道。库内通风管高度一般为 0.6~1.0 m,为满足消防要求,通风管下方需设置喷头,通风管下方喷淋设施高度按照 0.4 m 考虑。考虑管线布置美观性、安全距离等因素,库房机电设备管线层需求最小高度约为 1.2~1.6 m。

4) 结构主梁高度。当车辆段上盖开发结构为荷载较大的结构时,根据 JGJ 3—2010《高层建筑混凝土结构技术规程》中第 6.3.1 条,建议考虑层高时,主梁截面高度按计算跨度的 1/10 确定梁高。由于停车列检库的跨度约为 12 m,双周三月检库的跨度约为 15 m,定临修库的跨度约为 18 m,故建议对应的梁高为 1.2~1.8 m。

综上所述,接触轨制式下的车辆运用库分项库房首层盖板结构板顶标高分析结果如表 4 所示,接触轨制式下带起重机的检修库分项库房首层盖板结构板顶标高分析结果如表 5 所示。

表 4 接触轨制式下的车辆运用库分项库房首层盖板结构板顶标高分析结果

Tab. 4 Analysis results of first-floor slab structural roof elevation for vehicle operation garage sub-item warehouses under contact rail system

名称	车辆车顶检修需求高度/m	架空管线层高度/m	结构主梁高度/m	首层盖板结构板顶标高/m
停车列检库	4.2	1.6	1.2	7.0
周月检库	5.5	1.5	1.5	8.5
洗车库	5.0	1.2	1.3	7.5

## 4 应用案例

与接触轨制式相比,架空接触网制式库房净空

高度设计需考虑的因素更为复杂,因此,本文以架空接触网制式为例进行实际案例分析。停车列检库首层盖板(相当于物业开发一层板)最小高度为

表5 接触轨制式下带起重机的检修库分项库房首层盖板结构板顶标高分析结果

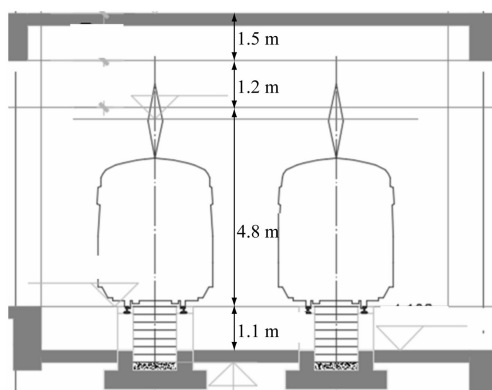
Tab.5 Analysis results of first-floor slab structural roof elevation for inspection garage sub-item warehouses with crane under contact rail system

名称	起重机轨顶 标高/m	起重机自身 高度/m	起重机安全 间隙/m	架空管线层 高度/m	结构主梁高度/ m	首层盖板结构板顶 标高/m
检修库辅跨、工程车库、镟轮库	5.1	1.3	0.3	1.2	1.2	9.1
临修库、定修库	7.8	1.8	0.3	1.6	1.8	13.3

7.5 m, 停车列检库库内实景图及剖面示意图如图3所示。架空接触网制式下, 检修库首层盖板(相当于物业开发一层板)高度统一为8.5 m, 周月检库库内实景图如图4 a)所示。临修库首层盖板(相当于物业开发二层板)最小高度为13.5 m, 临修库库内实景图及剖面示意图如图4 b)和图4 c)所示。



a) 库内实景图



b) 剖面示意图

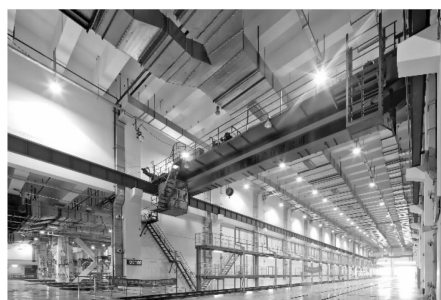
图3 停车列检库库内实景图及剖面示意图

Fig.3 Parking inspection garage interior photo and sectional diagram

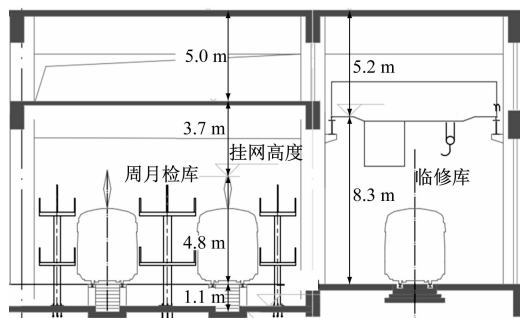
对于后续上盖开发的运用检修库房净空高度设计及控制, 由于检修空间、起重机标高、结构梁高根据实际需求已无可压缩的空间, 因此将架空管线作为优化对象。通过在设计过程中重点协调新风及排烟风管、机电设备管线与起重机、接触网系统及其附属构件的位置关系, 并运用 BIM(建筑信息模型)技术进行三维管线综合设计与空间优化, 在施工过程中严格按照施工图及三维模型精细化施工, 避免安装过程中的位置冲突, 有效控制施工误



a) 周月检库库内实景图



b) 临修库库内实景图



c) 剖面示意图

图4 周月检库和临修库库内实景图及剖面示意图

Fig.4 Photos of weekly/monthly inspection and the temporary repair garages and sectional diagram

差, 以达成控制盖板净空高度的目标。

## 5 结语

本文从设计内容与设计流程的角度出发, 综合考虑车顶检修需求、接触网导线高度、起重机高度、架空管线高度、结构主梁高度等影响库房净空高度的因素, 提出了架空接触网制式和接触轨制式下的

(下转第311页)

限性:

1) 段内调车需要两名司机同时作业。因在环路中需要2列车同时调车,所以比一般的车辆基地需要多1名司机。

2) 对停车和日检列位的数量和布置型式有要求。本布置型式的成立须满足以下公式:

$$N_c = N_p \text{ 或 } N_c = N_p - 1$$

式中:

$N_c$ ——日检列位数;

$N_p$ ——停车库每线列位数。

若  $N_c > 1$ , 则日检列位须按横列式方式布置。

#### 4 结语

本文介绍了一种导轨式胶轮电车的无折返作业车辆基地的布置方式,并对其优点和局限性进行了分析。在该车辆基地设计中重点应考虑以下几方面:

1) 日检及洗车作业是车辆段内最繁忙的工艺流程,总平面图要以该流程最优化的型式布置;

2) 日检洗车线要与出入段线和停车线均有顺向连接的线路;

3) 停车线列位和日检列位须满足相应公式的要求,并有合理的段内调度方能满足段内的无折返作业;

4) 列车允许的转弯半径及道岔特点对车辆段

的布置型式影响很大,应根据其特点合理设计。

总之,段内无折返的车辆基地不仅可降低多个岗位的工作量和难度,还提高了车辆基地内设施的使用效率,虽然存在一定的局限性,但在设计和使用中均可加以克服。

#### 参考文献

- [1] 高磊. 导轨式胶轮电车车辆基地工艺特点[J]. 城市轨道交通研究, 2017, 20(11): 128.  
GAO Lei. Maintenance characteristics of rubber-wheeled rail trolley depot[J]. Urban Mass Transit, 2017, 20(11): 128.
- [2] 肖衡, 樊兴锐, 徐生国. ART 车辆段总图设计关键要素分析[J]. 现代城市轨道交通, 2023(9): 13.  
XIAO Heng, FAN Xingrui, XU Shengguo. Analysis of key factors for ART depot general layout design[J]. Modern Urban Transit, 2023(9): 13.
- [3] 罗伟钊. 城市轨道交通车辆段站场设计研究与实践[J]. 现代城市轨道交通, 2021(8): 12.  
LUO Weizhao. Research and practice on design of station yards in urban rail transit depots [J]. Modern Urban Transit, 2021(8): 12.

· 收稿日期:2022-02-22 修回日期:2022-03-24 出版日期:2024-07-10  
Received:2022-02-22 Revised:2022-03-24 Published:2024-07-10  
· 通信作者:高磊,高级工程师,gaolei30@163.com  
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 307 页)

带上盖开发车辆基地运用检修库房净空高度计算方法,相关研究结果已在多地获得应用与验证。本文研究可为后续上盖开发车辆基地的设计提供参考,对上盖开发车辆基地的合理化建设具有较好的借鉴与指导意义。

#### 参考文献

- [1] 尹仁发. 车辆基地上盖开发对车辆运维影响及解决措施探讨[J]. 铁道建筑技术, 2020(8): 85.  
YIN Renfa. Discussion on the impacts of cover development of depot on the vehicle operation and maintenance and its countermeasures[J]. Railway Construction Technology, 2020(8): 85.
- [2] 肖锋. 地铁车辆基地库房设计高度及其经济效益分析[J]. 城市轨道交通研究, 2016, 19(5): 137.

- XIAO Feng. Economic benefit analysis of warehouse height design in metro vehicle base [J]. Urban Mass Transit, 2016, 19(5): 137.
- [3] 李强. 地铁车辆段上盖物业开发设计研究[J]. 现代城市轨道交通, 2017(3): 38.  
LI Qiang. Design of upper cover structure development for metro depot[J]. Modern Urban Transit, 2017(3): 38.

· 收稿日期:2022-01-22 修回日期:2022-03-19 出版日期:2024-07-10  
Received:2022-01-22 Revised:2022-03-19 Published:2024-07-10  
· 第一作者:钱曙杰,正高级工程师,qianshujie@sz-mtr.com  
通信作者:石航,高级工程师,602844070@qq.com  
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license