

团 体 标 准

T/CCTAS XX—202X

智能货运空轨交通工程设计规范

Code for design of intelligent freight air-track transportation
engineering

（征求意见稿）

（本征求意见稿完成时间：2024 年 8 月）

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

1	范围	1
2	规范性引用文件	1
3	术语和定义	2
4	基本规定	4
5	运输组织与运营管理	4
5.1	一般规定	4
5.2	系统运能	5
5.3	运输组织	5
5.4	运营配线	6
5.5	运营管理	6
6	集运车辆	6
6.1	一般规定	6
6.2	主要结构	7
6.3	使用条件	7
6.4	安全故障及救援	7
6.5	型式与编组	8
6.6	车架	8
6.7	转向架	8
6.8	制动系统	8
6.9	牵引系统	9
6.10	吊具	9
7	限界	10
7.1	一般规定	10
7.2	车辆限界	10
7.3	设备限界	11
7.4	建筑限界	11
8	线路	11
8.1	一般规定	11
8.2	线路平面	12

8.3	线路纵断面	13
8.4	辅助线、装卸线、车场线	13
9	轨道系统	14
9.1	一般规定	14
9.2	设计荷载	15
9.3	刚度和变位要求	18
9.4	结构设计	18
9.5	构造要求	18
10	道岔系统	19
10.1	一般规定	19
10.2	道岔类型	19
10.3	道岔组成	20
10.4	接口	21
11	换装系统	21
11.1	一般规定	21
11.2	换装系统组成	21
11.3	空轨换装方式	22
11.4	信息交互要求	23
11.5	配套设施设备及要求	23
12	供电系统	24
12.1	一般规定	24
12.2	变电所	24
12.3	接触轨	25
12.4	电缆	26
12.5	低压配电	27
12.6	电力监控系统	27
13	通信系统	28
13.1	一般规定	28
13.2	通信线路	29
13.3	传输系统	29
13.4	无线通信系统	29
13.5	电源与接地系统	30

14	信号系统	30
14.1	一般规定	30
14.2	系统要求	30
14.3	列车自动监控系统	31
14.4	列车自动防护系统	32
14.5	列车自动运行系统	33
14.6	信号系统供电	34
14.7	电磁兼容与防护	34
14.8	其他	35
15	信息系统	35
15.1	一般规定	35
15.2	运输调度系统	35
15.3	综合监测系统	36
15.4	时钟系统	36
15.5	系统接口	37
16	运营控制中心	37
16.1	一般规定	37
16.2	功能分区与总体布置	37
17	维修基地	38
17.1	一般规定	38
17.2	维修基地功能与规模	39
17.3	车辆运用设施	40
17.4	车辆检修设施	41
17.5	综合维修中心	41
18	环保	42
18.1	一般规定	42
18.2	环保	42
19	节能	42
19.1	一般规定	42
19.2	运营组织	43
19.3	土建工程	43
19.4	机电工程	43

20 消防 43

20.1 一般规定 43

20.2 其他规定 44

附 录 A 46

附 录 B 47

附 录 C 50

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：武汉中车智能运输系统有限公司、中车长江运输设备集团有限公司、中车长江车辆有限公司、青岛新前湾集装箱码头有限公司、中铁二院工程集团有限责任公司、同济大学、中车城市交通规划设计研究院有限公司等。

本文件主要起草人：王海腾，刘爱文，刘凤伟，王宝磊，黄靖宇，孙博，王全虎，梅琨，姚雄，向正新，夏宇，彭瑞瑄，柯晓乐，程弓，汪川，刘志强，雷青平，彭万祥，殷健，李永翠，张峰，陶奇，郭小农，李晓霖，张洋，王猛，魏凡超，李丽莉，尚全邦。

智能货运空轨交通工程设计规范

1 范围

本文件规定了智能货运空轨交通工程的基本规定、运输组织与运营管理、集运车辆、限界、线路、轨道系统、道岔系统、换装系统、供电系统、通信系统、信号系统、信息系统、运营控制中心、维修基地、环保、节能、消防等要求。

本文件适用于最高运行速度不超过 50km/h，采用电机驱动胶轮集运车辆，实现集装箱运输的智能货运空轨交通工程新建、改建和扩建的设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1402 轨道交通 牵引供电系统电压
- GB/T 1413 集装箱 分类、尺寸和额定质量
- GB/T 1589 汽车、挂车及汽车列车外轮廓尺寸、轴荷及质量限值
- GB/T 3096 声环境质量标准
- GB/T 3220 集装箱吊具
- GB/T 3485 评价企业合理用电技术导则
- GB/T 4549 铁道车辆词汇
- GB/T 5600 铁道货车通用技术条件
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB 10070 城市区域环境振动标准
- GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB/T 12758 城市轨道交通信号系统通用技术条件
- GB/T 14894 城市轨道交通车辆 组装后的检查与试验规则
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB/T 18920 城市污水再生利用 城市杂用水水质
- GB/T 22419 工业车辆 集装箱吊具和抓臂操作指示灯技术要求
- GB/T 24338.4 轨道交通 电磁兼容 第 3-2 部分：机车车辆 设备
- GB/T 25122.1 轨道交通 机车车辆用电力变流器
- GB/T 25123.4 电力牵引 轨道机车车辆和公路车辆用旋转电机
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50034 建筑照明设计标准
- GB 50052 供配电系统设计规范

GB 50054 低压配电设计规范
 GB 50057 建筑物防雷设计规范
 GB 50111 铁路工程抗震设计规范
 GB 50116 火灾自动报警系统设计规范
 GB 50139 内河通航标准
 GB 50140 建筑灭火器配置设计规范
 GB 50157 地铁设计规范
 GB 50217 电力工程电缆设计标准
 GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范
 GB 50458 跨座式单轨交通设计规范
 GB 50909 城市轨道交通结构抗震设计规范
 GB/T 51234 城市轨道交通桥梁设计规范
 GB 51348 民用建筑电气设计标准
 CJJ 37 城市道路工程设计规范
 CJ/T 287 跨座式单轨交通车辆通用技术条件
 CJ/T 414 城市轨道交通钢铝复合导电轨技术要求
 JGJ/T 16 民用建筑电气设计规范
 JTG B01 公路工程技术标准
 TB/T 1527 铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件
 TB/T 2331 铁路桥梁盆式支座
 TB 10002 铁路桥涵设计规范
 TB 10005 铁路混凝土结构耐久性设计规范
 TB 10009 铁路电力牵引供电设计规范
 TB 10091 铁路桥梁钢结构设计规范
 TB 10092 铁路桥涵混凝土结构设计规范
 TB 10093 铁路桥涵地基和基础设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能货运空轨 intelligent freight air-track

采用单轨交通制式运输模式，车辆在专用路权的高架轨道上运行，集无人驾驶、自动感知、精准定位、智能运维等功能于一体实现货物运输智能控制的交通方式。

3.2

单轨交通 monorail transit

采用电力牵引车辆在一条轨道梁上运行的中运量交通运输系统。根据车辆和轨道梁之间

的位置关系，单轨交通可分为跨座式单轨交通和悬挂式单轨交通。

3.3

悬挂式单轨交通 *suspended monorail transit*

为单轨交通的一种形式，车架悬挂于轨道梁下方的单轨交通，采用橡胶车轮，走行装置位于梁轨合一的轨道梁内。

3.4

集运车辆 *Motor car or trailer for connection & distribution transporting system*

集运车辆的转向架位于轨道梁内，在转向架两侧安装有导向轮，保证车辆沿轨道平稳运行，车架悬挂于轨道梁下方，转向架和车架由中央悬吊装置连接，根据需要可在车架下方配置起吊装置。具有运输功能，车架悬挂于轨道梁下方，可编组运行的动车或拖车。

3.5

动车 *motor car*

具有牵引电机的集运车辆。

3.6

拖车 *trailer*

不具有牵引电机的集运车辆。

3.7

吊具 *spreader*

安装在集运车辆的车架下方，具有起吊和承载运输功能的装置。

3.8

走行轮 *running wheel*

支撑集运车辆载荷并在轨道梁走行面上滚动运行的橡胶车轮。

3.9

导向轮 *guiding wheel*

水平安装在转向架两侧，运行时起导向作用的橡胶轮。

3.10

轨道系统 *track system*

由轨道梁、墩柱、附属件等组成。

3.11

轨道梁 *track beam*

轨道梁为下开口箱形截面构件。承载车辆荷载和运行导向的结构，同时也是供电、信号、通信等缆线的载体。以钢材作为主要的制造材料。

3.12

墩柱 *pier column*

支撑轨道梁的结构，承载车辆荷载和轨道梁荷载。

3.13

道岔 track switch

轨道转辙设备，使集运车辆从一条线路转入另一条线路的轨道转辙设备。

3.14**接触轨 contact rail**

用金属轨条制成，装设在轨道梁的内侧或下方，经受流器向集运车辆供给牵引电能的导电轨。

3.15**换装系统 cross-docking system**

将货物从一种运输工具直接换装到另一种运输工具的中转运输设备。

3.16**换装作业区 cross-docking operation area**

货物在集运车辆与另一种运输设备之间转运的区域。

4 基本规定

4.1 货运空轨线路应为独立路权，右侧行车的线路。货运空轨应采用高架敷设方式，集运车辆宜采用全自动驾驶模式。

4.2 货运空轨的设计可分为近期和远期。近期为建成通车后第 5 年，远期为第 25 年。

4.3 近期和远期车辆配置数和编组，应分别按预测的近期和远期货运量、装卸站点数量和设定的行车密度确定。

4.4 货运空轨的设计应全线统一规划，建设规模、设备容量应按预测的远期运量和运输能力确定，对于可分期建设的工程和设备，应预留分期建设和增容的条件。

4.5 货运空轨设计应做到节省能源、节约资源、节约土地并实现工程项目生命周期内的价值最大化。

4.6 货运空轨主体结构工程及因结构损坏或大修时，对其运营产生重大影响的其他工程结构的设计使用年限宜为 100 年。因各项目使用条件存在差异，可另行规定设计使用年限。

4.7 跨越河流和临近河流的悬挂式单轨交通地面和高架工程，应按现行 TB 10002 确定的洪水频率标准进行设计，同时应满足现行 GB 50139 的相关要求。

4.8 工程抗震设防烈度，应根据当地政府主管部门批准的地震安全性评价结果确定。

4.9 货运空轨的主变电所、维修基地、换装作业区和控制中心的设置，应统一布局，实现资源共享。

4.10 货运空轨应减少对周边生态环境的影响，各系统排放的废水应符合 GB 8978 的有关规定。

5 运输组织与运营管理**5.1 一般规定**

5.1.1 货运空轨运输组织设计应根据预测运量，分析运输需求，确定系统运营规模、行车

组织方案和运营管理模式。

5.1.2 货运空轨在正线上应采用双线、右侧行车制。南北向线路应以由南向北为上行方向，由北向南为下行方向；东西向线路应以由西向东为上行方向，由东向西为下行方向；环形线路应以列车在外侧轨道线的运行方向为上行方向，内侧轨道线的运行方向为下行方向。

5.1.3 运营规模应在提高运输效率、降低建设成本和运营成本的原则下，根据线路运营需求和运量综合分析确定。

5.1.4 行车组织应按正常、非正常和紧急等不同运营状态进行设计。行车组织应结合预测运量以及装卸时间等确定。

5.1.5 辅助装卸配线的设置应在满足线路运营、管理和安全要求的前提下，结合工程条件综合确定。

5.2 系统运能

5.2.1 货运空轨设计能力应满足相应年限设计运能的需要，系统最大行车密度不宜大于 20 对每小时。

5.2.2 计算设计运能时，应根据车辆载重，确定列车编组、行车密度和设计运能。

5.2.3 列车编组应根据预测运量、车辆载重、行车组织方案等确定，编组车辆数不宜大于 6 辆。当各设计年度的列车编组不同时，不应降低服务水平。

5.2.4 全线各作业站的通过能力应根据道岔转辙时间、过岔速度、车辆长度及停站作业时间等因素综合确定。

5.2.5 新建线车辆配置数量可根据运能、检修车辆和备用车辆的数量要求，按初期运营需要进行配置。

5.2.6 货运空轨货运量应结合项目实际需求进行设计，其最大货运量可按下列公式计算确定：

$$M = 2A \times T \times B \times C \dots\dots\dots (1)$$

式中：

M ——年货运量，单位为吨（ t ）；

A ——行车密度，单位为对/每小时；

T ——年作业时间，单位为小时（ h ）；

B ——单辆车载重，单位为吨（ t ）；

C ——列车编组数。

5.3 运输组织

5.3.1 运输组织应满足运能要求，做到最小运力消耗、高效均衡完成运输任务和降低运营成本。

5.3.2 货运空轨最高运行速度的选择应结合线路条件、运量、车辆、工程条件和技术经济性等综合研究确定。

5.3.3 列车旅行速度应根据列车技术性能、线路条件、装卸站数量和停站时间综合确定。

5.3.4 列车行车间隔应根据各设计年限预测货运量、列车编组、车辆载重、停站时间等因

素综合确定。

5.3.5 列车停站装卸时间应根据列车的车辆类型、编组数量等因素确定。列车停站装卸时间不宜大于 2 min。

5.3.6 列车最高运行速度不宜大于 50 km/h。

5.3.7 列车进站速度和不停车过站速度不宜大于 10 km/h。

5.4 运营配线

5.4.1 车场出入线应连通上下行正线，且出入线的列车通过能力应满足系统设计能力要求。

5.4.2 远离维修基地的站点，宜设置备用车线。

5.5 运营管理

5.5.1 运营管理机构设置应满足运营管理任务的要求，通过科学的管理方式、合理的人员安排和组织机构设置，实现系统的安全、可靠、高效运营。

5.5.2 货运空轨采用全封闭形式，列车控制模式采用全自动运行模式，正常情况下运营车辆应在安全防护系统的监控下运行。

5.5.3 车站设备应采用智能化监控管理，采用控制中心、车站两级管理。

5.5.4 货运空轨的运营定员指标不宜大于 20 人每站。

5.5.5 运营管理机构应针对不同的运营状态制定相应的管理规程和规章制度。

6 集运车辆

6.1 一般规定

6.1.1 集运车辆包括动车和拖车，具体形式应根据运能预测、线路条件、环境条件及运营组织要求确定。

6.1.2 集运车辆投入使用前的检查与试验按 GB/T 14894 及有关规定执行。

6.1.3 集运车辆的主要技术参数宜符合表 1 的规定。

表 1 集运车辆的主要技术参数

项目名称		参 数
额定电压	V	DC 1500/DC 750/DC 600
轴重	t	≤20
构造速度	km/h	60
最高运行速度	km/h	50
最大爬坡能力	‰	80
可通过线路最小平面曲线半径	m	50
车辆定距	mm	7500~10000
启动加速度	m/s ²	≥0.5
常用制动减速度	m/s ²	≥0.65
紧急制动减速度	m/s ²	≥0.95

摆角	°	≤5.5°
----	---	-------

6.2 主要结构

- 6.2.1 集运车辆主要由转向架、车架、电气牵引系统、制动系统等组成。
- 6.2.2 转向架采用悬挂式结构，走行轮和导向轮均需采用实心橡胶轮胎。
- 6.2.3 牵引电传动系统采用第三轨供电的交流电传动系统。逆变器装置应符合 GB/T 25122.1 的规定，牵引电机设置应符合 GB/T 25123.4 的规定。
- 6.2.4 制动系统的制动模式包括常用制动、紧急制动、保持制动和停放制动。电制动与机械制动应能够平滑转换。机械制动须具有独立的制动能力，在牵引供电中断或电制动故障情况下，能保证车辆安全停车。车辆出现严重故障影响车辆安全时，应能立刻自动实施紧急制动。保持制动须保证最大载荷车辆在 7 级风速的情况下，在线路最大坡道上停车制动，不发生溜车。
- 6.2.5 车架应采用全钢焊接整体承载结构，转锁装置应具备机械联锁功能，当 4 个顶销全部插入箱孔时，才可转销转动。车架须设置吊装座，并清晰标出起吊位置。
- 6.2.6 集运车辆可根据换装设备按需配置提升吊具。

6.3 使用条件

- 6.3.1 一般情况下海拔不超过 1200 m。
- 6.3.2 环境温度在-25℃~40℃。
- 6.3.3 最大相对湿度不大于 90%。
- 6.3.4 集运车辆作业时受到风的影响，应根据风力采取相应的防御和报警措施：
 - a) 在风力达到 6 级时，可进行有条件作业，但应做好停止运行的准备；
 - b) 在风力达到 7 级时，车辆应具有抗风能力，保持正常安全运行，当停止作业风速警报时，车辆应停止运行；
 - c) 在风力达到 8 级时，应立即停止运行，就地停车；
 - d) 应配备具有显示瞬时风速和平均风速的风速警报仪，且应至少具有两级报警功能：
 - 1) 在风力达到 6 级时，提示运营控制中心；
 - 2) 在风力达到 7 级时，根据车辆抗风能力所确定的停止作业风力，提示运营控制中心停止作业。
- 6.3.5 因各城市所处地区不同而存在气候条件差异的，可另行规定使用环境条件。超过以上环境条件，需要采用对应措施满足使用环境要求。

6.4 安全故障及救援

- 6.4.1 车辆应设置防坠安全保护装置。
- 6.4.2 车辆应设置防漏电保护装置，车辆应装设与换装站和维修基地内接地板相匹配的接地电刷。车辆内各电气设备应采取可靠的保护接地措施。
- 6.4.3 车辆应配备人工远程操作车辆的相关设备。
- 6.4.4 采用接触轨供电时，车辆应设置应急储能装置，当外部电源断电时，满足运行到最

近车站的要求。

6.4.5 头车前端车钩宜设置缓冲装置，且能有效吸收撞击能量，缓和冲击。

6.4.6 车辆的牵引动力性能，应满足线路要求正常运行外，同时应满足下列故障情况时的运行要求：

- a) 车辆构造强度应满足车辆在最高运行速度运行时荷载要求；
- b) 在满载工况下，当车辆出现走行轮橡胶层剥离故障时，列车不能超过动态包络线（车辆限界）和侵入设备限界，并能限速行驶到就近装卸站，卸载后返回维修基地；
- c) 列车牵引动力配置除应满足正常运行要求外，在平直道时，尚应满足一列满载列车损失最小单元牵引动力，可以完成零速度牵引启动；
- d) 列车牵引动力配置除应满足正常运行要求外，在坡道时，尚应满足一列满载列车损失最小单元牵引动力，另一列满载列车可牵引故障列车在线路最大坡道上启动和运行到最近车站的能力。

6.5 型式与编组

6.5.1 列车编组可采用动拖车混合编组或全动车编组型式。各动车、拖车可安装不同的设备，列车编组型式应根据满足牵引动力的要求和车上设备布置重量均衡的原则确定。

6.5.2 列车编组型式不宜超过 6 辆。

6.6 车架

6.6.1 车架结构材料应采用耐候钢、不锈钢或轻钢复合等新型材料，并应采用整体承载结构。在使用期限内，车体强度应满足在极端条件下承受的动载荷、静载荷及冲击载荷要求，并应在架车、换轮胎、起吊和救援、调车、联挂作业等各种工况下，车体应力不应超过设计许用应力值，且不得产生永久变形及疲劳损伤。

6.6.2 车体结构的刚度应在正常载荷和自然频率下，车体的变形不超过运行条件所决定的极限值。

6.6.3 车架结构设计使用年限不应低于 30 年。

6.6.4 车辆应设有架车支座、车架吊装座，并应标注容许架车、起吊的位置。

6.7 转向架

6.7.1 转向架的性能、结构及尺寸应与车体、轨道梁相互匹配，并保证其相关部件在允许磨损限度内，均能保证列车以最高允许速度安全平稳运行。

6.7.2 转向架结构应便于制造和检修。

6.7.3 转向架的设计应充分考虑悬挂式单轨的车辆结构特点。消除在运行过程中吊挂系统可能脱落的危险，其安装方式及结构强度应充分考虑安全可靠及防脱落。

6.7.4 转向架结构设计寿命不应低于 30 年。

6.8 制动系统

6.8.1 列车制动系统应至少包括电制动（再生制动和电阻制动）、摩擦制动，系统应具备常用制动、快速制动、保持制动、紧急制动和停放制动等功能，并宜包括指令装置、电气及

液压或空气控制装置、执行操作装置、自诊断装置等。

6.8.2 列车应配备停放制动装置，停放制动的能力应满足车辆最大载荷条件下在最大坡道上的可靠停放。

6.8.3 常用制动应优先使用电制动。电制动与摩擦制动应能协调配合。

6.8.4 列车实施再生制动时，采用车载储能装置供电的列车，制动能量应能被本列车储能装置吸收；采用接触轨供电的列车，制动能量应优先被其他列车吸收，多余能量应由地面再生制动能量吸收装置吸收，装置宜设置在变电所。

6.8.5 紧急制动应为摩擦制动，列车出现意外分离等严重故障影响列车安全时，应能立刻自动实施紧急制动。

6.8.6 辅助缓解功能应可靠并具有冗余设计，对其功能状态及结构完整性应进行监控。

6.8.7 基础制动宜采用盘形制动装置。

6.8.8 采用液压制动的列车，每车应具有独立的液压控制系统。

6.9 牵引系统

6.9.1 牵引电机宜采用永磁同步电机，也可采用三相交流异步电机，并宜采用低噪声冷却系统。

6.9.2 电气系统应有良好的绝缘保护。

6.9.3 电气设备的电磁兼容性应符合 GB/T 24338.4 的规定。

6.9.4 主电路、辅助电路、控制电路应有可靠的保护。主电路的过电流保护还应与牵引变电站的过电流保护相协调，并应有故障显示和故障切除装置。

6.9.5 车辆应具有过电压保护。

6.9.6 牵引系统应能利用轮轨粘着条件和车辆载重量自动调整牵引力或电制动力的多少，并应具有反应灵敏的防冲控制。

6.9.7 牵引系统控制单元应具有保护功能和自诊断功能。

6.9.8 车辆牵引系统故障时不应引起其他车辆部件及设备的故障和损坏。

6.10 吊具

6.10.1 提升吊具设计应符合 GB/T 3220 的要求。

6.10.2 根据具体项目要求，集运车辆可预留安装吊具的物理接口。

6.10.3 提升吊具能适配集运车辆的起升防摇系统，可满足地面、集卡或 AGV 上集装箱的提取和装卸，并应满足 20ft、40ft、45ft 标准集装箱运输。

6.10.4 提升吊具应满足集运车辆加减速、上下坡、侧风、连挂等运行使用工况。

6.10.5 运输过程中，提升吊具与车架、集装箱之间可采用转锁装置连接，转锁装置有机械和电气双重联锁。

6.10.6 提升吊具应设安全保护装置，具备预警提醒和状态监控功能。

6.10.7 提升吊具空载时可进行伸缩作业，应设定位限位开关，能准确到达集装箱角件位置处，同时可进行机械锁定。

6.10.8 提升吊具的接线箱和配线箱应具备 IP56 以上的防护等级，需进行减震安装，空间

上应方便观察、维护和维修。

6.10.9 提升吊具需配置两组三色信号指示灯，指示转锁装置的状态，指示灯位置应醒目，应符合 GB/T 22419 的要求。

6.10.10 提升吊具标识设置应醒目，标识应包括提升吊具的参数、安全提示和操作提示等指示标识。

7 限界

7.1 一般规定

7.1.1 货运空轨的限界分为车辆限界、设备限界和建筑限界。

7.1.2 车辆限界是车辆在平直线上正常运行状态下形成的最大动态包络线。

7.1.3 设备限界是用来限制设备安装位置的控制线，包括直线地段设备限界和曲线地段设备限界：

- a) 直线地段设备限界在车辆限界外，扩大一定的安全间隙后确定；
- b) 曲线地段设备限界在直线地段设备限界的基础上，按平面曲线几何偏移量引起的设备限界加宽量和车辆参数变化，引起的设备限界加宽量计算确定，加宽量计算方法应符合附录 A 的规定。

7.1.4 建筑限界是在设备限界的基础上，考虑设备和管线安装尺寸后的最小有效断面。

7.1.5 基准坐标应为正交于设计线路中心线的平面直角坐标系，通过设计轨面中点引出的水平坐标轴用 X 表示；通过该中点垂直于水平轴的坐标轴用 Y 表示。

7.1.6 车辆限界和设备限界应符合附录 B 的规定。当选用车辆的基本参数与本标准不同时，应重新核算车辆限界、设备限界和建筑限界。

7.1.7 当集运车辆含吊具时，车辆限界和设备限界应符合附录 C 的规定。当选用车辆的基本参数与本标准不同时，应重新核算车辆限界、设备限界和建筑限界。

7.2 车辆限界

7.2.1 制定限界的车辆基本参数应符合表 2 的规定。

表 2 制定限界的车辆基本参数

单位为毫米

计算车辆长度	15000~15200
车辆最大宽度	2700~2900
车体底部距轨面高度	4300~4400
轨道梁内部导向面间净宽度	1700~1800
轨道梁内部轨面以上净高度	1600
车辆定距	8500~9500
走行轮轴距	1600~1700
导向轮纵向轴距	≤3200

7.2.2 制定限界的其他参数应符合以下规定。

- a) 车辆运营允许最大风速 17.1m/s；
- b) 车辆单侧最大摆角不大于 5.5°；
- c) 区间限界车辆计算速度采用 60 km/h；
- d) 检修站点列车进站速度不大于 10 km/h。

7.3 设备限界

7.3.1 设备和设备限界之间宜留出 100mm 的安全间隙。当相邻的两线间无墙、柱及其他设备时，两设备限界之间的安全间隙不应小于 200mm。

7.4 建筑限界

7.4.1 建筑限界分正线、装卸区、维修基地建筑限界。

7.4.2 正线建筑限界应按下列公式计算确定：

$$B = X_{(max)} + b + c \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$H = Y_{(max)} + h_1 + h_2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

B ——线路中心线至桥墩内侧建筑限界宽度；

H ——轨道梁顶面至车底建筑限界高度；

$X_{(max)}$ ——设备限界最大宽度值，单位为毫米（mm）；

b ——墩柱侧的设备、支架等最大安装宽度值，单位为毫米（mm）；

c ——安全间隙，取 100，单位为毫米（mm）；

$Y_{(max)}$ ——设备限界最大高度值，单位为毫米（mm）；

h_1 ——轨道梁的结构高度，单位为毫米（mm）；

h_2 ——设备限界至建筑限界安全间隙，取 200，单位为毫米（mm）。

7.4.3 装卸站建筑限界应符合下列规定：

- a) 装卸区计算长度内的换装作业设备停放，应按不侵入车辆限界确定；
- b) 装卸站限界应考虑车辆止摆装置对换装设备的影响；
- c) 装卸站范围内其余部位的建筑限界应按正线建筑限界的規定执行。

7.4.4 维修基地内建筑物或设备应符合下列规定：

- a) 维修基地库外限界按正线限界的規定执行；
- b) 维修基地库内检修平台限界，可按车辆轮廓加安全量确定。

8 线路

8.1 一般规定

8.1.1 货运空轨线路分为正线、装卸线、辅助线和车场线。辅助线包括出入线、故障列车停靠线、折返线。车场线包括：停车线、检修线、试车线、牵出线。

8.1.2 线路的基本走向应根据区域总体规划和货运空轨总体规划研究确定。

- 8.1.3 货运空轨线路之间交叉，以及与其他交通线路交叉时，应采用立体交叉方式。
- 8.1.4 线路敷设应采用高架方式。
- 8.1.5 线路纵断面设计应结合线路平面、行车速度、自然条件、施工方法，桥、建（构）筑物，以及障碍物及管线等因素合理确定。

8.2 线路平面

- 8.2.1 线路平面曲线半径应综合车辆类型、运行速度、地质环境等因素分析确定，并宜选取较大的曲线半径，线路正线最小曲线半径一般情况符合表 3 的规定。

表 3 最小平面曲线半径

单位为米

项 目	一般地段	困难地段
正 线	100	50
车场线	50	—

- 8.2.2 集运车辆曲线通过速度，应结合年运量、曲线半径等因素综合确定。
- 8.2.3 双线线间距不变并行地段的平面曲线，宜设计为同心圆。
- 8.2.4 正线除道岔区外，直线与半径小于 1500 m 的圆曲线间应采用缓和曲线连接，缓和曲线线型宜采用等长的三次抛物线，缓和曲线长度宜符合表 4 的规定。

表 4 缓和曲线长度表

$V (m/s)$	50	45	40	35	30	25	20	15	10
$R (m)$	$L (m)$								
1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
950	—	—	—	—	—	—	—	—	—
900	15	—	—	—	—	—	—	—	—
850	15	—	—	—	—	—	—	—	—
800	15	—	—	—	—	—	—	—	—
750	15	15	—	—	—	—	—	—	—
700	15	15	—	—	—	—	—	—	—
650	15	15	—	—	—	—	—	—	—
600	20	15	—	—	—	—	—	—	—
550	20	15	15	—	—	—	—	—	—
500	20	15	15	—	—	—	—	—	—
450	25	20	15	15	—	—	—	—	—
400	25	20	15	15	—	—	—	—	—

V (m/s)	50	45	40	35	30	25	20	15	10
R (m)	L (m)								
350	30	25	15	15	—	—	—	—	—
300	35	25	20	15	15	—	—	—	—
250	40	30	25	15	15	—	—	—	—
200	55	40	30	20	15	15	—	—	—
150	70	50	35	25	15	15	—	—	—
100	—	—	55	35	25	15	15	—	—
90	—	—	60	40	25	15	15	—	—
80	—	—	—	45	30	20	15	15	—
70	—	—	—	50	35	20	15	15	15
60	—	—	—	—	40	25	15	15	15
50	—	—	—	—	45	25	15	15	15

8.2.5 正线夹直线及圆曲线最小长度不应小于 20 m。

8.2.6 正线上直线段最小线间距应根据限界和安全间隙计算确定；曲线段最小线间距的加宽量需根据曲线半径、车辆参数、车辆竖向偏角，墩柱宽度，并应考虑施工误差、结构变形以及最不利运行状态等因素计算确定。

8.3 线路纵断面

8.3.1 正线最大坡度不宜大于 60‰，困难条件下不应大于 80‰。

8.3.2 相邻竖曲线间的最小坡段长度不应短于远期车辆编组长度，困难条件下不应小于 30m。

8.3.3 道岔宜设在平坡道上。

8.3.4 竖曲线设置应符合下列要求：

- 竖曲线半径不应小于 800 m；
- 相邻坡段的连接宜设计为较小的坡度差，当相邻坡度代数差为 5‰及其以上时，应设置圆型竖曲线；
- 竖曲线离开道岔端部的距离不应小于 5 m；
- 两相邻竖曲线端的距离不宜小于 40 m，困难条件下不应小于 30 m。

8.4 辅助线、装卸线、车场线

8.4.1 维修基地出入线设置应符合下列规定：

- 出入线宜在装卸线端部接轨；
- 出入线数目及与正线接驳方式应在满足运营需求的基础上，结合工程条件确定。

8.4.2 故障线设置应符合下列规定：

a) 故障线应具备故障车待避停放功能，设置间距应根据车辆故障对运输能力的影响进行计算评估确定。

b) 故障线应设置在面向车挡下坡的直线上，坡度不应大于 2‰。

c) 故障列车停车线有效长度宜按远期车辆长度加 25m 计（不含车挡长度）。

8.4.3 折返线设置宜符合下列规定：

a) 折返线应根据行车组织交路设计确定，起、终点站和中间装卸站应设置折返线；

b) 中间装卸站宜采用站后渡线、折返线的折返形式，尽头式折返站宜采用渡线、环线等折返形式，折返能力应满足系统设计能力要求；

c) 折返线应设置在平直道上；

d) 尽头式折返线采用渡线折返时，有效长度宜按远期车辆长度加 25m（不含车挡长度）。

8.4.4 装卸线设置宜符合下列规定：

a) 装卸线设置应满足运输需求，宜设置在平直道上，困难条件下曲线半径应满足装卸要求；

b) 装卸线有效长度宜按远期车辆长度加 40m 计（不含车挡长度）。

8.4.5 车场线设置宜符合下列规定：

a) 备用车线、检修线应设置在平直道上；

b) 试车线宜设置在平直道上，困难条件下曲线半径须满足试车要求。

9 轨道系统

9.1 一般规定

9.1.1 货运空轨轨道梁应满足线路平面曲线、竖曲线和车辆走行要求。

9.1.2 轨道梁桥结构在制造、运输、安装和运营过程中，应具有规定的强度、刚度和稳定性。

9.1.3 轨道梁桥结构应简洁美观，便于制造和养护维修，并应满足使用耐久性要求。

9.1.4 轨道梁桥的材料应根据结构型式、受力条件、使用要求和所处环境等选用。

9.1.5 一般地段宜采用常规简支梁或连续梁，常用跨径宜采用 20m~30m；当跨越等级道路、铁路、河流、航道等需要采用更大跨度时，可采用其他特殊结构。

9.1.6 净空应考虑车辆建筑限界高度的影响。

a) 跨越排洪河流时，车辆限界最低点及桥下净空应按 1/100 洪水频率标准进行设计，并考虑壅水、浪高及漂浮物等影响，满足 TB 10002 对桥下净空高度的要求。

b) 跨越通航河流时，车辆限界最低点及桥下净空应根据航道等级确定，满足 GB 50139 和通航论证的要求。

c) 跨越城市道路和公路时，车辆限界最低点及桥下净空应满足 JTG B01、CJJ 37 及与相关部门协商意见要求办理。

9.1.7 未规定的部分宜按 TB 10002 确定。

9.2 设计荷载

9.2.1 轨道梁桥设计应根据结构特性，按表 5 所列的荷载，就其可能的最不利组合进行计算。

表 5 设计荷载分类表

荷载分类		荷载名称	荷载分类	荷载名称
主力	恒 载	结构自重及附属设备自重 预加力 混凝土收缩和徐变的影响 土压力 静水压力及浮力 基础变位的影响	附加力	车辆制动力或牵引力 支座摩擦阻力 救援、检修车辆荷载风荷载 温度影响力 流水压力 冰（雪）荷载
	活 载	车辆竖向静活载 车辆竖向动力作用 离心力 横向摇摆力	特殊荷载	船只或汽车的撞击力 地震力 施工临时荷载 车挡冲击力
注 1：如杆件的主要用途为承受某种附加力，则在计算此杆件时，该附加力应按主力计算。 注 2：流水压力不与制动力或牵引力组合。 注 3：地震力需考虑车辆的影响。 注 4：计算中要求计入的其他荷载，可根据其性质，分别列入上述三类荷载中。				

9.2.2 轨道梁桥设计时，宜结合实际情况考虑主力应仅与一个方向（顺桥向或横桥向）的附加力组合。

9.2.3 计算结构自重时，一般材料容重应按 TB 10002 的规定取用；附属设备自重，应按所属专业要求取用。

9.2.4 车辆竖向静活载应按重箱、空箱及空车三种状态确定：

- 正线、出入线、试车线、折返线、故障车停车线应按重箱状态计算；
- 车场内其他库线应按空箱状态计算；
- 疲劳和地震工况应按空箱状态计算；
- 车挡冲击力应按空箱状态计算。

9.2.5 车辆竖向静活载确定应符合下列规定：

- 车辆竖向静活载图式应按本线车辆的最大轴重、轴距及近、远期中最长的列车编组确定；
- 轨道梁设计应按单线行驶列车竖向荷载布置；
- 下部结构的设计，应按列车最不利加载确定，单线及双线列车荷载不作折减。

9.2.6 轨道梁桥设计时应根据不同的荷载组合，将材料基本容许应力和地基容许承载力乘以表 6 中规定的提高系数。

表 6 荷载组合及容许应力的安全系数

序号	荷载组合	容许应力安全系数
1	恒载+车辆竖向静活载+车辆竖向动力作用+摇摆力或离心力	1.00
2	1+温度影响力	1.15
3	1+风荷载	1.15
4	1+温度影响力+风荷载	1.25
5	1+列车制动力及牵引力	1.25
6	1+车挡的影响	1.70
7	1+船只或汽车的撞击力	1.70
8	恒载+车辆竖向静载荷	1.70
9	轨道梁运输、架设工况组合荷载	1.25
10	恒载+雪载荷	1.15
11	恒载+车辆竖向静载荷+车辆竖向动力作用+地震力+温度影响力	1.70
注 1：曲线上离心力与车辆横向荷载取不利者计算； 注 2：对于钢结构、框架结构等受温度变化影响较大的结构，应计入温度变化的影响； 注 3：组合 3 还应考虑恒载+风荷载（无车）的情况。		

9.2.7 车辆竖向静活载确定应符合下列规定：

- 车辆竖向静活载应按本线车辆的最大轴重、轴距及近、远期中最长的车辆编组确定；
- 轨道梁设计应按单线行驶车辆竖向荷载布置；
- 轨道梁结构的设计，应按车辆最不利加载确定。

9.2.8 车辆活载为车辆竖向静活载与车辆竖向动力作用效应之和，车辆的竖向动力作用应按车辆竖向静活载乘以动力系数（1+ u ）进行计算， u 值按照下式计算：

$$u = \frac{25}{50 + L} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

u ——轨道梁结构动力系数；

L ——轨道梁的跨度，单位为米（m）。

9.2.9 位于曲线上的轨道梁桥应计算车辆产生的离心力，离心力作用于车辆重心处，其大小等于车辆静活载乘以离心率，离心率应按下列下式计算：

$$C = \frac{v^2}{127R} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

C ——离心率；

V ——车辆通过的最高运行速度，单位为公里每小时（km/h）；

R ——曲线半径，单位为米（m）。

9.2.10 车辆横向摇摆力可按车辆单轴重的 25% 计算，单个车辆以一个水平集中荷载作用在轨道梁车轮走行面的最不利位置，作用方向为垂直于轨道梁轴线。

9.2.11 车辆制动力或牵引力计算应符合下列规定：

- a) 单跨轨道梁的制动力或牵引力应按竖向静活载的 15% 计算，当制动力或牵引力与离心力同时计算时，宜按竖向静活载的 10% 计算；
- b) 双线轨道梁宜仅计算一条线的制动力或牵引力，多线桥宜仅计算两条线的制动力或牵引力；
- c) 制动力或牵引力应作用于车辆重心处，但计算桥墩时应移至悬挂装置中心处，不计移动作用点所产生的力矩。

9.2.12 简支轨道梁的制动力或牵引力，在固定支承和活动支承的分配应按下列公式计算：

$$\text{固定端：} P_1 = T - \mu R \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{活动端：} P_2 = \mu R \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

P_1 ——作用于固定支承端的水平荷载，单位为千牛（kN）；

P_2 ——作用于活动支承端的水平荷载，单位为千牛（kN）；

T ——作用于梁跨内的水平荷载，单位为千牛（kN）；

R ——作用于支承上的荷载反力，单位为千牛（kN）；

μ ——摩擦系数。

9.2.13 地震作用应按 GB 50111 的相关规定计算。

9.2.14 轨道梁车挡冲击力应根据车挡对车辆冲撞荷载的吸收原理、车辆速度及车辆荷载进行计算。

9.2.15 救援列车荷载应根据运营救援模式确定，检修列车荷载应根据检修列车的实际情况确定。

9.2.16 轨道梁桥风荷载计算可按 GB/T 51234 的规定执行。梁轨桥的下部结构设计尚应符合下列规定：

- a) 当双线轨道梁桥线路等高时，应按 100%、50% 分别计算两线的车辆和轨道梁风荷载；
- b) 当双线轨道梁桥线路不等高时，均应按 100% 计算两线的车辆和轨道梁风荷载。

9.2.17 温度影响力计算宜按 TB 10002 的规定执行。钢轨道梁左右侧面温差宜取 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。

9.2.18 冰（雪）荷载宜根据沿线气象资料的数理统计结果确定。

9.2.19 位于通航河流中的轨道梁桥，桥墩的船舶撞击力应按 GB/T 51234 的规定执行。

9.2.20 桥墩承受的汽车撞击力，顺汽车行驶方向宜采用 1000 kN，垂直汽车行驶方向宜采用 500 kN，并应按作用于路面以上 1.2 m 处计算。

- 9.2.21 地震力计算及荷载组合宜按 GB 50909 的规定执行。
- 9.2.22 轨道梁桥应按不同施工阶段的施工荷载进行计算。
- 9.2.23 梁桥一车挡冲击力应根据车挡对列车冲撞荷载的吸收原理、列车速度及列车荷载进行计算。

9.3 刚度和变位要求

- 9.3.1 在车辆静活载作用下，轨道梁的竖向挠度不应大于其跨度的 1/900。
- 9.3.2 轨道梁墩顶顺桥向的弹性水平位移应符合下式要求：

$$\Delta \leq 5\sqrt{L} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

L ——桥梁跨度，单位为米（m），当为不等跨时， L 采用相邻跨中的较小跨度；当 $L < 25\text{m}$ 时， L 按 25m 计；

Δ ——墩顶顺桥向水平位移，单位为毫米（mm），包括由于墩身和基础的弹性变形及基底土弹性变形的影响。

- 9.3.3 轨道梁墩顶横桥向水平位移差引起的轨道梁梁端水平折角（单端）不得大于 2‰rad。
- 9.3.4 轨道梁的桥墩基础沉降应按恒载计算，墩台沉降量尚应符合下列规定：
- a) 对于简支结构，其总沉降量与施工期间沉降量之差不应超过容许值，墩台均匀沉降量不超过 20mm，相邻墩台沉降量之差不得超过 10mm。
 - b) 对于连续结构，其相邻墩台不均匀沉降量之差的容许值尚应根据沉降对结构产生的附加影响来确定。
- 9.3.5 轨道梁恒载及静活载引起的竖向挠度大于跨度的 1/1600 时，应设置预拱。

9.4 结构设计

- 9.4.1 钢筋混凝土、预应力混凝土和钢结构，其材料、结构计算应按 GB/T 51234 的规定执行。
- 9.4.2 轨道梁桥承受动荷载的结构构件或连接件均应进行疲劳设计。
- 9.4.3 轨道梁桥基础设计应符合 GB/T 51234 和 TB 10093 的规定。
- 9.4.4 混凝土结构耐久性设计应符合 TB 10005 的规定，钢结构保护涂装应符合 TB/T 1527 的规定。

9.5 构造要求

- 9.5.1 轨道梁桥相邻梁端接缝处应设置伸缩装置和横向限位装置。伸缩缝装置除保证梁部能自由伸缩外，还应保证列车走行面、导向面（稳定面）的平顺连接，同时应防止雨水渗漏进入梁内。走行面采用齿形伸缩缝时，齿形端部应做圆弧过渡处理。横向限位装置应能承受列车横向荷载。
- 9.5.2 轨道梁桥应设置检查维修设施。
- 9.5.3 轨道梁桥应预留接触轨、通信信号、供电环网电缆等系统管线通道，预留的管线通道位置应结合车辆走行结构的限界尺寸合理确定。接触轨、通信信号、供电环网电缆等系统

管线的固定宜采用预埋的方式，预埋件应满足相关专业的要求。

9.5.4 轨道梁桥应设置防雷接地措施。

9.5.5 有可能受到撞击的桥墩应考虑防撞措施。

9.5.6 墩梁连接除保证梁部的自由伸缩外，还应便于标高调整、安装和拆除。标准跨度轨道梁桥可采用销轴和支座连接，大跨轨道梁桥或组合桥宜采用支座连接。

9.5.7 道岔设备的桥墩设计应满足道岔设备的荷载、变形、安装和检修等要求。

9.5.8 装卸区内轨道梁桥桥墩布置应结合线路总体布置方案统筹考虑。

9.5.9 道岔梁长度应根据轨道梁合理布置。道岔侧线曲线实际起点距梁缝不应小于 3 m，道岔侧线曲线终点距梁缝不应小于 3 m，可动轨转轴处结构缝距梁缝不应小于 3 m。

9.5.10 轨道梁桥应设置基础沉降观测装置。

10 道岔系统

10.1 一般规定

10.1.1 道岔应根据车辆转线、折返及维修基地内调车作业的需要设置。

10.1.2 道岔应符合故障—安全原则，并应满足车辆运行平稳、安全可靠的要求。

10.1.3 道岔主体结构的设计使用年限应满足货运空轨主体结构的设计使用年限要求。

10.1.4 道岔在锁定状态下应能承受车辆运行荷载的竖向力、摇摆力、离心力、冲击力、制动力等的反复作用，并应具有足够的刚度和强度以及抗倾覆的能力。

10.1.5 当道岔处于曲线或折线接通状态下车辆通过时应限速行驶。当道岔处于直线接通状态下应满足线路最高运行速度的要求。

10.1.6 道岔应由信号系统进行控制。道岔控制装置应具有集中控制、现场控制、手动控制三种控制方式。当信号系统或道岔控制电路发生故障时，应能通过手动装置完成解锁、转辙和锁定。控制系统应具有安全保护功能。

10.1.7 道岔梁的设计荷载应与轨道梁设计载荷一致，设计原则应不低于轨道梁设计原则。

10.1.8 道岔的设计和安装必须满足限界要求。

10.1.9 道岔系统应设置接地保护和防雷保护。

10.2 道岔类型

10.2.1 根据其换轨原理主要分为可动芯型和平移型等，示意图见图 1、图 2。

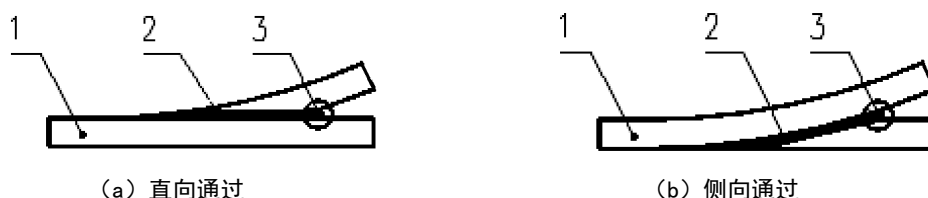


图 1 可动芯型道岔示意图

标引序号说明：

1——道岔梁；

- 2——可动芯及其配套装置；
- 3——回转中心。

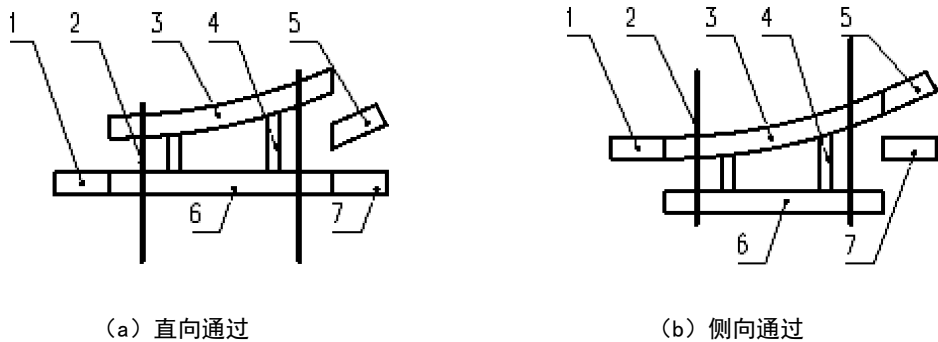


图 2 平移型道岔示意图

标引序号说明：

- 1——入岔端轨道梁；
- 2——吊轨；
- 3——曲线道岔梁；
- 4——联系梁；
- 5——曲线出岔端轨道梁；
- 6——直线道岔梁；
- 7——直线出岔端轨道梁。

10.2.2 各类型道岔的主要技术参数应符合表 7 的规定。

表 7 道岔主要技术参数

类 型	侧向允许通过最高速度 km/h	相邻位转换时间 s	最小曲线半径 m
可动芯型	不小于 15	≤20	50
平移型			50

注：道岔的转换时间应包括信号发出、解锁、转辙、锁定、信号回馈全过程。

10.3 道岔组成

- 10.3.1 道岔应由主体结构、驱动装置、锁定装置、控制装置等组成。
- 10.3.2 道岔轨道梁应有合理的刚度，挠跨比不宜小于 $L/1000$ ， L 为轨道梁跨度。
- 10.3.3 道岔梁和固定端梁梁端应根据车辆走行需要设置伸缩缝。
- 10.3.4 驱动装置应符合下列规定：
 - a) 应使道岔在规定时间内完成启动、加速、匀速、减速、停止等动作过程；
 - b) 应设有人工手动驱动装置。
- 10.3.5 锁定装置应符合下列规定：
 - a) 应由锁定机构和锁定电机等组成；
 - b) 应安全可靠、定位准确、锁定牢固，并能承受车辆通过时产生的各种载荷；

- c) 应设置锁定位置自动检测装置,并与控制信号系统联锁,当自动控制失效时,锁定装置应能切换为人工操作方式。

10.3.6 道岔控制装置应符合下列规定:

- a) 道岔控制装置应具备对道岔各机构进行控制和检测的功能;
- b) 应具有集中控制、现场控制、手动控制功能,并应具有系统检测、故障诊断和安全保护功能。

10.3.7 道岔的电源设备应包括电源切换箱及接地端子箱。

10.3.8 道岔区应有检修空间、通道和安装附属设施的条件。

10.4 接口

10.4.1 道岔系统设计应向电力专业提出电源、监控等设置要求。

10.4.2 道岔系统设计应提出道岔布置、墩柱受力等土建相关要求。

10.4.3 信号专业应明确道岔的控制及接入要求。

10.4.4 接触轨专业应提供在道岔区内接触轨安装要求。

11 换装系统

11.1 一般规定

11.1.1 货运空轨与其他运输方式衔接时,新建和改扩建的衔接设施主要包含铁路场站、码头、集装箱堆场、集装箱换装缓冲场地等换装作业区域。

11.1.2 换装系统的配套设施及设备配置,应满足集装箱运输、装卸、转运、堆存等基本作业的需求。

11.1.3 换装系统的配套设施及设备配置,应满足集装箱在不同运输方式之间换装作业的空间衔接、能力匹配、流程顺畅、作业便捷等要求。

11.1.4 货运空轨与接驳转运设备进行换装作业时,若接驳转运设备无举升功能,集运车辆应配备提升吊具。

11.1.5 货运空轨线路宜延至铁路场站、集装箱集散装卸、港口等节点内部,宜与集装箱长度方向平行式布置。

11.1.6 各衔接设施间应配置满足相关设备通行作业的通道,通道宽度宜大于 4m。

11.1.7 地面车道应在地面上配置标线,功能区、通道等设施应在醒目位置设置区位名称、位置方位、行驶要求等标识。

11.2 换装系统组成

11.2.1 换装系统主要由箱号识别系统、接驳转运设备、信息交互和地面配套设施组成。

11.2.2 箱号识别系统用于货运空轨对接驳转运设备运输的集装箱进行箱号识别,生成站点运单信息。

11.2.3 接驳转运设备包括但不限于人工集卡、无人集卡、集装箱自动引导运输车、固定轨迹集装箱运输车等各种集装箱运输车辆。

11.2.4 接驳转运设备分为带举升功能和不带举升功能两种类型，两种接驳转运设备均可运输单个 20ft、40ft、45ft 标准集装箱。

11.2.5 接驳转运设备承载不小于 40t。不带举升功能或举升行程不大于 500mm，外形尺寸不大于 14m×3m×2m；带举升功能且举升行程不低于 3000mm，外形尺寸不大于 15m×3.5m×3m。

11.3 空轨换装方式

11.3.1 货运空轨与铁路衔接，货运空轨直接进入铁路集装箱装卸线，通过场桥悬臂侧实现空轨与铁路衔接，装卸工艺布局示意图见图 3。

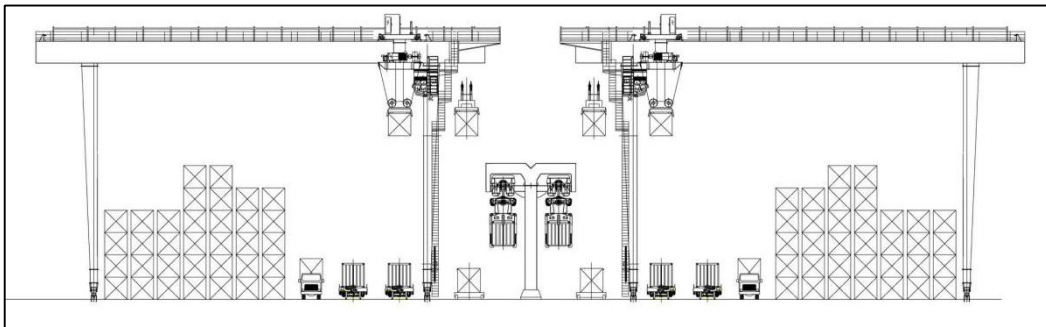


图 3 货运空轨与铁路、公路换装工艺布局示意图

11.3.2 货运空轨与公路衔接，货运空轨与集装箱卡车、自动引导智能运输车、全向式集装箱智能运输车等不同接驳转运设备进行换装，装卸工艺布局示意图见图 4。

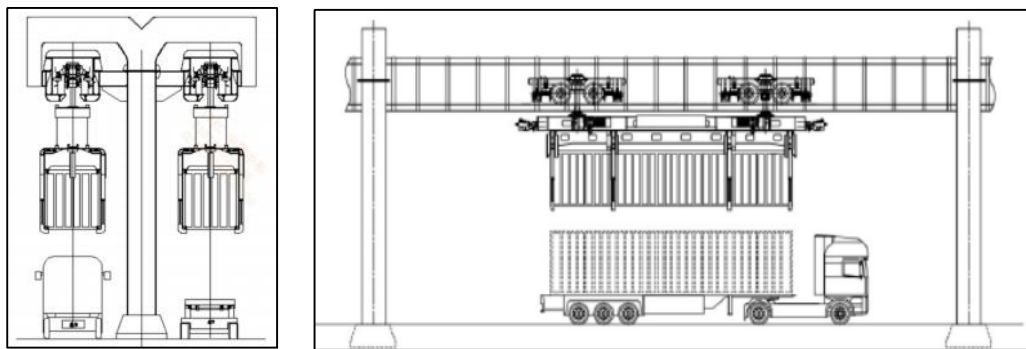


图 4 货运空轨与公路换装工艺布局示意图

11.3.3 货运空轨与港口自动化码头衔接，货运空轨直接进入港口自动化码头集装箱堆场，通过场桥悬臂侧实现空轨与港口自动引导智能运输车（AGV）等接驳转运设备无缝衔接，装卸工艺布局示意图见图 5。

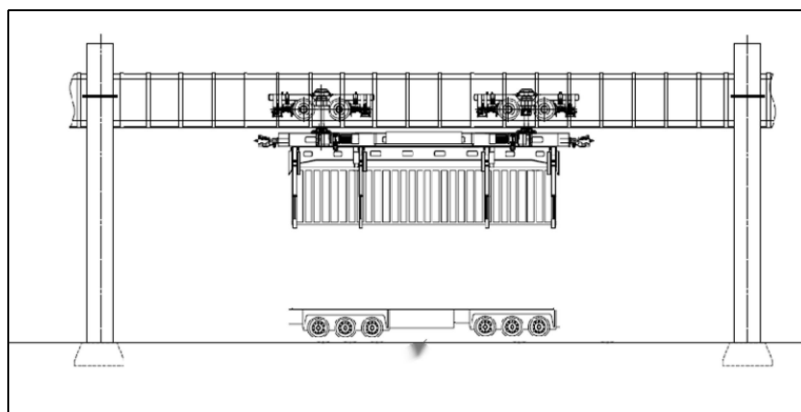


图 5 空轨与 AGV 工艺布局示意图

11.3.4 货运空轨与港口人工码头的衔接方式参照空轨与公路衔接方式执行。

11.4 信息交互要求

11.4.1 货运空轨应满足运营组织、现场智能化作业、安全管理等信息化功能，可单独配置或在既有信息系统中预留业务模块。

11.4.2 货运空轨应预留信息交换接口，与集装箱物流运输企业、铁路场站、公路、港航等物流信息系统进行互通，宜考虑实时交换、共享联运订单处理、运力调配、班线计划等信息数据。

11.4.3 货运空轨应具备智能化作业及运输调度、集装箱交接管理、综合智能检测等功能，提供信息发布、动态查询等服务。

11.4.4 货运空轨应支持各种不同运输方式、内部作业、与外部系统间信息的高速、可靠、稳定传递。

11.5 配套设施设备及要求

11.5.1 换装系统配套设施的设计，应满足港口堆场、铁路场站、物流枢纽等集散场地的平面布置、装卸工艺、配套设施设计要求。

11.5.2 货运空轨的换装作业区域配套设施布置，根据集装箱作业量及预测量确定，根据用地规划、场地地形、联运方式、作业流程、管理模式等因素综合比选。

11.5.3 换装作业区域地面基础设计，应满足运输设备、接驳转运设备等设备的运行要求。行驶区域地面最大坡度应不超过 2%，接驳点区域平面度应不大于 10mm。

11.5.4 换装作业区域宜紧邻运输集装箱的存放场地。

11.5.5 换装作业区域宜设置固定的装卸车道，装车道和卸车道应分区布置，并统一方向和标识。

11.5.6 换装作业区域应满足运输设备转弯半径要求。

11.5.7 换装作业区域各装卸车道之间应预留车辆作业安全距离。

11.5.8 货运空轨参与集装箱运输时，对运输设备、接驳转运设备及其他设备要求如下：

a) 运输设备

1) 公路运输设备宜选用集装箱运输车，公路运输设备的外轮廓尺寸、轴荷及质量应

符合 GB/T 1589 的相关规定。

- 2) 铁路运输设备宜采用集装箱运输平车,铁路运输车辆的技术条件应符合 GB/T 5600 相关规定。
- 3) 水运运输设备宜采用集装箱运输船。
- b) 接驳转运设备
 - 1) 接驳转运设备可精准停车, 停车精度应满足集运车辆作业换装作业要求。
 - 2) 接驳转运设备应具备系统自检、任务处理、状态检测、故障反馈、行走控制、升降控制等功能。
 - 3) 接驳转运设备为人工驾驶时, 地面需配备自动引导和装卸人机交互设备。
- c) 其他设备
 - 1) 货运空轨换装作业区域可根据港口堆场、铁路场站、物流枢纽等不同作业场景, 配备相应的转运设备。
 - 2) 货运空轨换装作业区域应配有设备定位、数据采集、信号通信、信息存储等实现实时交互的设备。

12 供电系统

12.1 一般规定

- 12.1.1 供电系统应包括电源系统、牵引供电系统、低压配电系统、电力监控系统 (SCADA) 和接地系统。
- 12.1.2 外部电源方案宜采用分散式供电。
- 12.1.3 牵引负荷宜按二级负荷设计。
- 12.1.4 中压供电网络的电压等级可采用 35kV、20kV 和 10kV。
- 12.1.5 供电系统电压偏差应符合 GB / T 12325 规定的要求。
- 12.1.6 供电系统谐波应符合 GB/T 14549 规定的要求。
- 12.1.7 牵引负荷应根据线路条件、高峰时段的运行交路、行车密度、车辆编组和车辆性能等计算确定。
- 12.1.8 直流牵引供电系统的标称电压宜优先采用 DC1500V 或 DC750V, 特殊情况下可选用 DC600V。直流牵引供电系统电压及其波动范围应符合 GB/T 1402 的相关规定。
- 12.1.9 供电系统应设置再生制动能量回收或吸收装置。
- 12.1.10 有条件时可采用光伏发电等绿色能源作为补充电源。
- 12.1.11 维修基地、运营控制中心的户外设施的防雷标准应符合 GB 50057 和 GB 50343 的相关规定。

12.2 变电所

- 12.2.1 变电所可分为电源开闭所、牵引变电所、降压变电所。牵引变电所与降压变电所宜合建成牵引降压混合变电所。
- 12.2.2 变电所的数量、容量及其在线路上的分布应在综合设计基础上计算确定。牵引变电

所的间距选择应满足供电容量、供电电压、电气保护等要求。变电所的选址应符合下列规定：

- a) 靠近负荷中心；
- b) 便于电缆线路引入、引出；
- c) 便于设备的运输。

12.2.3 变电所应按无人值班、无人值守设计。

12.2.4 变电所的设备选择应安全可靠、技术先进和经济适用并应选用小型化、无油化、自动化、免维护或少维护、质量优良的产品，以及适合无人值守的运行条件。

12.2.5 牵引整流机组的数量和容量应根据近、远期负荷计算确定。

12.2.6 当降压变电所设置两台配电变压器时，配电变压器的容量应满足在一台变压器退出运行后，另一台变压器能负担其供电范围内的一、二级负荷。

12.2.7 变电所的直流操作电源屏宜采用成套装置。正常运行时，蓄电池应处于浮充状态。蓄电池容量应满足交流停电时连续供电 2h 的要求。

12.2.8 变电所继电保护装置应力求简单，并应满足可靠性、选择性、灵活性和速度性的要求。

12.2.9 对于牵引整流机组的下列故障或异常运行应设相应的保护装置：

- a) 外部相间短路引起的过电流；
- b) 内部短路；
- c) 元件故障；
- d) 元件温度升高超过限值。

12.2.10 对于直流牵引馈线的故障或异常运行应设置下列保护装置：

- a) 大电流脱扣；
- b) 过电流；
- c) 电流变化率及电流增量；
- d) 双边联跳。

12.2.11 直流牵引供电设备应设置框架保护。

12.2.12 变电所直流牵引馈线应设置具有在线检测故障功能的自动重合闸装置。

12.2.13 变电所综合自动化系统应具备下列基本功能：

- a) 保护、控制、信号、测量；
- b) 与 SCADA 系统良好的接口；
- c) 程序操作控制；
- d) 开放的通信接口；
- e) 系统在线故障自检。

12.3 接触轨

12.3.1 接触轨由正极接触轨和负极接触轨组成。正极接触轨和负极接触轨应分别通过上网电缆和回流电缆与牵引变电所连接。

12.3.2 接触轨支持装置应通过预埋件固定于轨道梁上；混凝土轨道梁应预留套筒或预埋槽

道，钢结构轨道梁应预留安装底座。

12.3.3 接触轨的受流方式可采用侧接触式或下接触式。

12.3.4 钢铝复合轨技术标准不应低于 CJ/T 414 的有关规定。

12.3.5 支持绝缘装置及其配套零件的强度安全系数，不应低于 TB 10009 的有关规定。

12.3.6 站后折返线有停车检修作业时，其相应部分的接触轨宜单独分段，并通过双极隔离开关与正线连接。

12.3.7 停车列检库、检修库、静调库、试车线的接触轨，宜由牵引变电所直接馈电。

12.3.8 维修基地中的接触轨，应具有来自维修基地牵引变电所的主电源及来自正线的备用电源。

12.3.9 在正、负极接触轨上应设置避雷器。避雷器应安装在下列部位：

- a) 地面高架区间间隔不大于 300m 处；
- b) 地面高架区段馈线上网处。

12.3.10 避雷器的工频接地电阻值不应大于 $10\ \Omega$ 。

12.3.11 接触轨的支撑点间距应根据接触轨的结构特性、集中荷载、自重以及受流器接触压力等因素确定。

12.3.12 接触轨的锚段长度应根据环境温度、载流温升、材料线胀系数、锚段关节补偿量、线路条件等因素确定。

12.3.13 接触轨设计需满足的气象条件，还应符合 TB 10009 的有关规定。

12.4 电缆

12.4.1 供电系统所采用的电缆应具有无卤、低烟、阻燃等性能，阻燃性能不应低于 B1 级。

12.4.2 电缆敷设应满足站场和正线等处限界的要求。

12.4.3 接地干线应与每个金属电缆支架、吊架或桥架进行可靠电气连接，并应与变电所的接地网连接。

12.4.4 当电缆在同一通道中的同侧多层支架上敷设时，应符合下列规定：

- a) 宜按电压等级由高至低的电力电缆、强电至弱电的控制电缆和信号电缆、通信电缆的顺序排列；当电缆敷设需要满足电缆引入或引出弯曲半径的要求时，也可按电压等级由低至高的顺序排列。
- b) 当支架层数受空间大小限制时，35kV 及以下相邻电压等级的电力电缆，可排列于同一层支架上，1kV 及以下的电力电缆可与弱电电缆敷设在同一层支架上。

12.4.5 中压交流电力电缆金属护层的接地方式及其要求，应符合电力工程电缆设计标准 GB 50217 的有关规定。

12.4.6 直接支持电缆用的电缆支架、吊架的允许跨距，应符合 GB 50217 的有关规定。

12.4.7 电力电缆的敷设时，应在电缆中间接头两侧、电缆进出支（桥）架端部、拐弯处等紧邻部位的电缆上，采用经防腐处理的电缆卡进行刚性固定。对于交流单相电力电缆，固定的间距还应满足短路电动力的要求。

12.4.8 交流单相电力电缆的刚性固定，宜采用不构成磁性闭合回路的夹具。

12.4.9 电缆从室外进入室内的入口处、电缆竖井的出入口处、电缆穿越建筑物隔墙楼板的孔洞处以及各供电设备与电缆夹层之间的电缆开孔处,应采取防止电缆火灾蔓延的阻燃封堵及分隔措施。

12.5 低压配电

12.5.1 照明应采用节能设施,其照度应符合建筑照明设计标准 GB 50034 的有关规定。

12.5.2 动力照明负荷按供电可靠性要求及失电影响程度分为一级负荷、二级负荷、三级负荷,负荷分类应符合 GB 50157 要求。

12.5.3 动力照明配电应符合下列规定:

- a) 消防及其他防灾用电设备采用专用供电回路,消防配电设备应采用红色文字标识;
- b) 配电变压器二次侧至用电设备之间的低压配电级数不宜超过三级;
- c) 各级配电开关设备宜预留备用回路;
- d) 动力照明配电设备宜集中布置;
- e) 负荷性质重要或用电负荷容量较大的集中设备应用放射式配电;
- f) 中小容量动力设备宜采用树干式配电;
- g) 用电设备端子处电压偏差允许值应符合 GB 50052 的相关规定;
- h) 电缆夹层、电缆通道应设照明,电缆通道照明电压不超过 36V;
- i) 容量较大、符合平稳且经常使用的用电设备,宜单独就地设置无功功率补偿装置;
- j) 动力设备及照明的控制可采用就地控制和远方控制。

12.5.4 维修基地等场所的照明可分为正常照明、应急照明和过渡照明。各场所应按照 GB 50034 的要求提供充分的自然光和人工照明,并达到按照要求。

12.5.5 动力照明的其他设计,应符合 GB 50054 和 GB 51348 的相关规定。

12.6 电力监控系统

12.6.1 货运空轨应配置电力监控系统。电力监控系统的设备选型、系统容量和功能配置应满足运营、管理及未来扩展的需要。

12.6.2 电力监控系统应包括电力调度系统(主站)、变电所综合自动化系统(子站)及联系两者的专用数据传输通道。

12.6.3 监控对象应包括遥控对象、遥信对象和遥测对象三部分。

12.6.4 遥控对象应包括下列基本内容:

- a) 变电所内 10kV 及以上电压等级的断路器、负荷开关及电动隔离开关;
- b) 牵引变电所的直流快速断路器、电动隔离开关;
- c) 降压变电所的低压进线断路器、低压母联断路器、三级负荷总开关;
- d) 跳闸等动作的远动复归、保护及自动装置的投退。

12.6.5 遥信对象应包括下列基本内容:

- a) 遥控对象位置信号;
- b) 中高压各种保护动作信号;
- c) 交直流电源系统的故障信号;

- d) 直流接地漏电保护装置的动作信号;
 - e) 断路器手车位置信号。
- 12.6.6 遥测对象应包括下列基本内容:
- a) 变电所进线电压、电流、功率、电能, 中压母线电流;
 - b) 牵引整流机组电流与有功电流、直流母线电压、馈线电流、负极柜回流电流;
 - c) 变电所交直流操作电源的母线电压。
- 12.6.7 电力监控系统的基本功能应包括下列内容:
- a) 遥控功能, 遥控种类分单控、程控两种方式, 系统应支持站内和跨站程控;
 - b) 对供电系统设备运行状态的实时监视和故障报警;
 - c) 对供电系统中主要运行参数的遥测;
 - d) 统计报表;
 - e) 自诊断检测;
 - f) 以友好的人机界面实现系统在线维护;
 - g) 主备通道的切换。
- 12.6.8 电力监控系统宜采用 1 个主站监控 N 个子站的方式。
- 12.6.9 子站远动终端的通信规约应对用户完全开放。
- 12.6.10 远动数据传输通道宜采用通信系统的数据通道。
- 12.6.11 电力监控系统的主要技术指标应符合下列规定:
- a) 遥控命令传送时间: 不大于 1s;
 - b) 遥信变位传送时间: 不大于 2s;
 - c) 遥信分辨率(子站): 不大于 10ms;
 - d) 遥测综合误差: 不大于 0.5%;
 - e) 画面调用响应时间: 不大于 0.5s;
 - f) 系统可利用率: 不小于 99.8%;
 - g) 远动数据传输速率: 不低于 64kbps;
 - h) 平均无故障间隔时间(MTBF): 不低于 50000h。

13 通信系统

13.1 一般规定

- 13.1.1 通信系统应满足货运空轨工作效率, 保证行车安全、货物运输安全、提高现代化管理水平和数据、图像及文字等各种信息的需要。
- 13.1.2 通信系统的总体方案及系统容量, 应在近期建设规模和远期发展规划相结合的基础上, 结合线路的综合研究确定。
- 13.1.3 通信系统宜由传输系统、无线通信系统、电源接地系统等子系统组成。
- 13.1.4 通信系统主要设备和模块应具有自检功能, 故障时可自动报警。
- 13.1.5 通信系统与其他系统的接口设计, 应明确接口内容、类型、数量、技术要求和安装

位置，并划分好系统之间的接口和工程界面。

13.1.6 通信系统的车载设备不得超出车辆轮廓线，轨旁设备不得侵入限界。

13.1.7 通信系统需满足 $7 \times 24\text{h}$ 连续运行试验无故障，方可进行系统间联合调试。

13.2 通信线路

13.2.1 光缆和电缆的类型、容量、条数、敷设方式应符合业务需求和网络可靠性要求。

13.2.2 通信光缆、电缆宜采用充油型光缆、电缆，应具有无卤、低烟、阻燃性特性，铺设在轨道梁上的光缆、电缆外保护层应具有防阳光辐射的功能，装卸站内配线电缆应采用带有屏蔽层的塑料护套电缆。

13.2.3 通信电缆、光缆在区间轨道内可采用沿轨道梁内壁架设方式，也可敷设在轨道梁顶部的电缆槽道内；进入装卸站、维修基地宜采用隐蔽敷设方式；地面电缆、光缆宜采用管道或直埋方式。通信电缆、光缆应与强电电缆分开敷设。

13.2.4 通信光缆、电缆容量除满足各专业需要外，还应考虑远期发展的需求。

13.2.5 通信光缆、电缆应与强电电缆分开敷设。

13.2.6 货运空轨线路敷设的光缆可不设屏蔽地线，但接头两侧的金属护套及金属加强件应相互绝缘，光缆引入室内应做绝缘接头。

13.2.7 光缆、电缆进入终端设备之前，应设配线（纤）架及保安设备。

13.2.8 光缆容量应满足传输系统、无线基站中继、信号系统、视频监控、信息系统网络通讯、运输调度、其他专业通信传输等需要，并应考虑远期发展的要求。

13.2.9 为保证各种行车安全信息及控制信息不间断地可靠传输，传输系统宜根据需求利用不同路径的两条光缆构成自愈保护环。

13.3 传输系统

13.3.1 为满足通信系统各子系统和信号、电力监控、综合监测、运输调度等系统各种信息传输的要求，应建立以光纤通信为主的传输系统网络。

13.3.2 传输系统宜采用宽带光传输设备，同时应能满足各系统接口的需求。传输系统容量应根据货运空轨各子系统对通道的需求确定，并应留有余量。其宽带光传输系统可与已有的宽带传输系统合建。

13.3.3 传输系统应配置传输网络管理系统和公务联络系统。传输网络管理设备宜设置在控制中心。

13.4 无线通信系统

13.4.1 货运空轨应设置无线通信系统为控制中心设备、维修基地设备、装卸站设备与集运车辆等设备间提供通信手段。无线通信系统须满足行车安全的需要。

13.4.2 无线通信系统采用的制式应符合现行国家有关技术标准的要求，所采用的工作频率及频段应由当地无线电管理部门批准。无线通信系统根据业务需求可采用 WLAN 或 LTE 方式。

13.4.3 无线通信系统应采用有线、无线相结合的传输方式。中心无线设备通过光数字传输系统或光纤与装卸点、维修基地的无线基站连接，各基站通过天线空间传播或经漏缆的辐射

构成与移动台的通信。

13.4.4 无线通信系统可根据运营需求设置行车调度、维修基地调度等系统。

13.4.5 货运空轨有线网络与无线网络完全兼容。

13.5 电源与接地系统

13.5.1 通信电源系统应保证对通信设备不间断、无瞬变的供电,并具有集中监控管理功能。设备应满足通信设备对电源的要求。

13.5.2 通信设备供应应采用二级负荷。

13.5.3 通信电源设备宜包括交流供电设备和直流供电设备。其中,交流供电设备包括交流配电设备、不间断电源和蓄电池组;直流供电设备包括高频开关电源设备和蓄电池组。

13.5.4 通信设备的防雷接地措施设计,应做到确保人身、通信设备安全,不应降低被防护设备的电气性能,不应影响被防护设备正常运行。

13.5.5 通信设备宜采用综合接地方式。

14 信号系统

14.1 一般规定

14.1.1 货运空轨信号系统应由行车指挥和列车运行控制设备组成,并应设置故障监测、报警设备。

14.1.2 信号系统应具有高可靠性、高可用性和高安全性。

14.1.3 涉及行车安全的系统、设备及电路应符合故障导向安全的原则。

14.1.4 信号系统应满足空轨行车组织和运输作业的需要。

14.1.5 信号系统的自动化等级应满足全自动运行需求。

14.1.6 信号系统应满足年运量和行车交路的运营要求。

14.1.7 信号系统应满足环保要求并具有良好的电磁兼容性。

14.1.8 信号工程应满足现代化维护管理的需求。信号设备应便于维修并减少维修频度,并应便于测试、更换。

14.1.9 信号系统的车载设备严禁超出车辆限界,信号系统的地面设备严禁侵入设备限界。

14.1.10 信号系统室外沿线设备及光电缆应能满足各种地形的要求。

14.1.11 信号系统运输能力应按远期最大需求设计,宜采用完整的列车自动控制系统。

14.1.12 信号系统宜采用基于通信的移动闭塞列车自动控制系统。

14.1.13 信号系统宜采用列车自动运行多方案控制的节能设计。

14.1.14 信号系统需满足 7×24 h 连续运行试验无故障,方可进行系统间联合调试。

14.2 系统要求

14.2.1 列车自动控制系统应包括下列主要子系统:

- a) 列车自动监控系统;
- b) 列车自动防护系统;

c) 列车自动运行系统。

14.2.2 列车自动控制系统应选择符合下列要求：

- a) 列车自动控制系统应采用安全、可靠、成熟、先进的技术装备，并应具有较高的性价比；
- b) 列车自动控制系统应满足运输要求，能实现故障弱化处理。当部分设备发生故障时，在不影响基本行车安全的前提下，可继续维持运行。

14.2.3 列车自动控制系统的设计能力应符合下列要求：

- a) 列车自动控制系统的监控范围应结合线路和站场规模设计，系统能力应与线路远期规模、运行能力相适应；
- b) 列车通过能力应按最大运输量设计；
- c) 列车自动控制系统应具备与车辆、通信、电力监控、视频监控、防灾报警、运单信息、道岔和装卸设备等系统接口的能力。

14.2.4 列车自动控制系统应具备下列控制功能：

- a) 控制中心自动控制；
- b) 控制中心人工控制；
- c) 装卸站自动控制；
- d) 装卸站人工控制。

14.2.5 列车运行应具有下列驾驶模式：

- a) 全自动运行模式；
- b) 蠕动模式；
- c) 限制人工远程遥控驾驶模式（限制列车低速运行，中心人员随时准备停车）；
- d) 非限制人工远程遥控驾驶模式（列车自动防护设备切除，完全由中心人员保证行车安全）。

14.2.6 维修基地部分宜纳入列车自动控制监控范围，其纳入部分的系统和设备应与信号系统正线设备相同。

14.3 列车自动监控系统

14.3.1 列车自动监控系统主要包括：应用服务器、数据库服务器、通信服务器、调度工作站、维护工作站、运行图工作站、培训工作站等。

14.3.2 列车自动监控系统应具有下列主要功能：

- a) 列车自动识别、跟踪、车次号显示；
- b) 列车运行和设备状态自动监视；
- c) 自动进路/自动信号或人工控制；
- d) 运行图编制及管理；
- e) 列车运行自动/人工调整；
- f) 操作与数据记录、输出及统计处理；
- g) 系统故障复位处理。

14.3.3 列车自动监控系统应符合下列基本要求：

- a) 计算机系统及网络系统应采用冗余技术，控制中心应设调度员，调度员的配置数量，应根据在线列车数量、线路长度和装卸站数量等因素合理配置；
- b) 控制中心宜采用背投显示屏、液晶显示器与鼠标的组合设备；
- c) 根据运行图和车辆识别号等条件实现自动控制。

14.3.4 列车自动监控系统与以下系统接口应符合下列要求：

- a) 列车自动监控系统应与列车自动防护、列车自动运行等系统接口；
- b) 列车自动监控系统应与无线通信、信息等系统接口。

14.4 列车自动防护系统

14.4.1 列车自动防护系统主要包括安全计算机设备、测速设备、位置检测设备、车地通信设备等设备。

14.4.2 列车自动防护系统应具有下列基本功能：

- a) 检测列车位置、实现进路的正确排列；
- b) 监督列车运行速度，实现列车超速防护控制；
- c) 防止列车误退行等非预期的移动；
- d) 记录设备运行状况。

14.4.3 列车自动防护系统应符合下列规定：

- a) 在安全防护地点运行方向的后方应设安全防护距离并留有余量，安全防护距离应通过计算确定；
- b) 应采用连续式速度控制方式，信息传输和列车位置检测可采用感应环线、无线通信、信标等方式实现；
- c) 根据线路运行和维护的需要，可对特定范围设置临时限速；
- d) 在控制中心应设置紧急停车按钮，当启动紧急停车按钮时，应对紧急停车按钮管控范围内的列车发送紧急停车命令，使列车在一定范围内紧急停车。

14.4.4 列车自动防护车载设备应符合下列要求：

- a) 应以导致列车停车为最高的安全准则，任何地对车通信中断、列车超速、列车的非预期移动等均应导致安全性制动；
- b) 执行紧急制动时，应切断列车牵引，列车停车过程中不得中途缓解；
- c) 车载设备应具有自检功能，一旦发现有危及行车安全的故障，立即给出紧急制动指令。

14.4.5 列车自动防护设备应符合下列联锁功能要求：

- a) 装卸站、维修基地应采用计算机联锁，计算机联锁应能实现中心和站级两级控制；
- b) 计算机联锁必须符合“故障—安全”的原则，应采用必要的冗余和安全技术，并应具有故障诊断和报警能力；
- c) 确保进路上的道岔和区段的联锁正确，一旦联锁条件不符时，禁止进路开通；
- d) 计算机联锁应能实现进路锁闭、区段锁闭及人工锁闭，并应能实现道岔单独操作和

进路选择；

- e) 进路控制宜采用进路的终端控制方式，根据需要计算机联锁可实现装卸站有关进路的自动排列。

14.4.6 联锁和道岔的接口应满足下列要求：

- a) 信号系统与道岔的接口分界点在道岔控制柜的外线端子；
- b) 计算机联锁提供控制道岔的命令，道岔系统提供与实际相符的道岔位置状态、道岔设备故障信号；
- c) 信号系统负责提供道岔现场办理条件及其他必要的道岔接口信息；
- d) 信号系统与道岔的接口电路应相互协调，满足道岔接口电路的要求，道岔动作、表示电路接口采用安全型继电器接口。

14.5 列车自动运行系统

14.5.1 列车自动运行系统主要包括车载安全计算机、轨旁定位设备及相关接口等设备。

14.5.2 列车自动运行系统应具有下列功能：

- a) 站间自动运行；
- b) 装卸站定点停车；
- c) 列车运行自动调整。

14.5.3 列车自动运行系统应符合下列要求：

- a) 列车自动运行系统应根据列车自动防护、列车自动监控等系统提供的线路条件、道岔状态及速度调整指令，实现列车速度自动控制；
- b) 列车在装卸站停车后，根据作业任务，可进行车辆制动的缓解和施加；
- c) 列车自动运行系统应能自动精确对位停车，有装卸作业的车站停车精度不宜超过±300mm；可支持向前/向后跳跃调整停车位置。

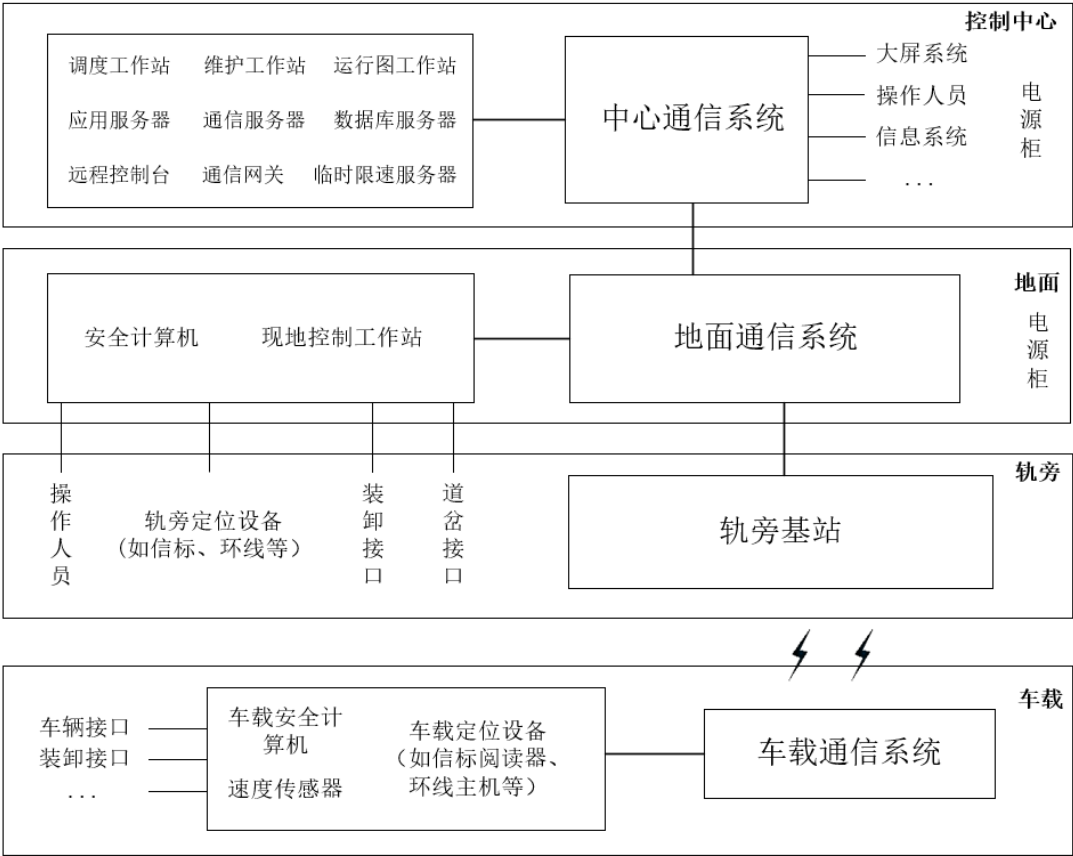


图 6 信号系统设备组成图

14.6 信号系统供电

- 14.6.1 信号系统供电应为二级负荷。
- 14.6.2 信号系统采用集中电源和分路馈电方式，其专用交、直流电源应对地绝缘。
- 14.6.3 电源电压波动超过用电设备正常工作范围时，应采取稳压等措施。
- 14.6.4 信号系统车上设备电源应采用车上直流电源或经变流设备供电，并应设过压和过流保护。
- 14.6.5 信号系统应采用专用的电源屏及配电屏供电，并应具有主备电源自动和手动切换装置，切换时不得影响用电设备正常工作。
- 14.6.6 计算机系统应采用不间断电源，并由专用的电源屏供电。信号系统设备的不间断电源后备供电时间不小于 2h。

14.7 电磁兼容与防护

- 14.7.1 电磁兼容应满足下列规定：
 - a) 信号系统及设备应保证电磁干扰不影响其安全性和可靠性，并应采用屏蔽、滤波、接地、隔离、平衡以及其他技术措施，保证设备具有良好的电磁兼容性能；
 - b) 消除电磁辐射、感应、传导和静电释放等干扰因素对信号设备的正常工作产生影响；信号设备及部件也应防止对其他系统、运营范围内以及附件系统的正常工作产生电磁干扰；

- c) 信号设备在正常工作时间向设备外部可能发射的电磁干扰，应符合电源和机箱短路试验项目有关规定的电磁发射限值要求。

14.7.2 信号系统设备应设工作地线、保护地线、屏蔽地线和防雷地线，并宜采用综合接地系统，其接地电阻值不应大于 1Ω 。

14.8 其他

14.8.1 信号系统电缆应满足下列要求：

- a) 轨道、控制室、装卸区电缆应采用无卤、低烟、阻燃型电缆；轨旁、区间宜采用低烟、防紫外线、难燃型电缆；
- b) 信号芯线或芯对应有一定的备用量；
- c) 信号系统电缆线路与强电线路应分开敷设，当有交叉时宜相互垂直交叉敷设，必要时应采取防护措施，电力电缆与信号电缆的最小平行间距不宜小于 0.5m 。

14.8.2 信号系统设备用房应满足下列要求：

- a) 信号系统设备室面积应留有适当余量，以备设备增加、更新倒换；
- b) 信号系统设备室应适应设备运行环境的要求，应设置空调和防静电地板；
- c) 信号系统设备室宜按无人值守设计；
- d) 信号系统设备室内最小净高应不小于 2.8m 。

15 信息系统

15.1 一般规定

15.1.1 信息系统主要由运输调度系统、综合监测系统、时钟系统组成。

15.1.2 信息系统调试需配置一套功能完整并能正常工作的信息系统和信号系统。调试基本内容包括数据传输、解析和信息反馈。

15.1.3 信息系统通信接口需满足与信号系统间接口需求。

15.1.4 信息系统能与信号系统能建立正常的的数据连接。

15.2 运输调度系统

15.2.1 运输调度系统应采用一级管理、两级控制的集中管理与控制模式，并满足机电设备监控和管理、防火安全等运输调度需要。

15.2.2 运输调度系统宜设置中央级运输调度系统和站级运输调度系统，并应通过冗余网络设备将全线各站级运输调度系统与中央级运输调度系统连接构成完整运输调度系统。

15.2.3 运输调度系统宜为实时监控与数据管理相结合的系统。

15.2.4 运输调度系统宜联合信号系统，完成列车的全自动运行控制。

15.2.5 运输调度系统宜集成火灾自动报警系统、综合监测、运单信息、时钟等系统。

15.2.6 运输调度系统设备应选择可靠、可维护、易扩展的工业级网络及控制产品。

15.2.7 运输调度系统的冗余设备应实现无扰动自动切换功能。

15.2.8 运输调度系统应根据二次防雷要求在进、出口侧加设避雷器。

15.2.9 运输调度系统应具有下列功能：

- a) 运输计划管理功能；
- b) 运单管理功能；
- c) 车辆调度管理功能；
- d) 换装系统调度管理功能；
- e) 作业能力统计功能；

15.3 综合监测系统

15.3.1 综合监测系统应为操作员、管理人员等提供有关列车运行、现场调度、货物装卸、线路环境等方面的视频信息。

15.3.2 综合监测系统应实现对轨道、车辆、电力设备、通信设备等信息及其设备进行实时集中监控的基本功能。

15.3.3 综合监测系统应由运营控制中心设备、换装作业区控制设备、图像摄取、图像显示、图像录制及视频信号传输、存储等部分组成。

15.3.4 综合监测系统通过车载控制单元获取列车运行状态信息，并将所有信息在监测平台展现。

15.3.5 综合监测系统围绕行车监测、安全防护等目的实现对机电设备等数据的实时监控，并协助完成各子系统之间的协调联动功能。

15.3.6 综合监测系统摄像机宜安装在能获取关键设备状态信息和路况信息的位置。

15.3.7 综合监测系统应在运营控制中心、安全管理办公室等场所设置控制显示装置，设置回放功能。

15.3.8 综合监测系统采用的摄像机、显示器应采用彩色制式。室外墩柱上的摄像机应考虑光线的变化和阳光直射的影响。

15.3.9 综合监测系统应具备监控、控制优先级、循环显示、任意定格与锁闭、图像选择、随时录像、摄像范围控制、远程电源控制等功能。

15.3.10 综合监测系统视频信号可采用模拟或数字传输方式进行远距离传输。

15.3.11 综合监测系统中视频监控系统通过视频监控空轨沿线重点区域，及时发现设备外观异常以及作业区域内机动车辆、人员活动情况，保障空轨安全运行。

15.3.12 视频监控系统使用网络高清视频监控，实现监控视频数字化、数据传输网络化和监控管理集成化，并能够为综合监测系统提供数据接口。

15.4 时钟系统

15.4.1 时钟系统应为空轨运营提供统一的标准时间信息，并应为其他各系统提供统一的时间信号。时钟系统应由中心母钟（一级母钟）和维修基地母钟（二级母钟）、时间显示单元（子钟）组成。

15.4.2 运营控制中心宜设置一级母钟，一级母钟的设置应满足线路的共享。维修基地应设置二级母钟，换装作业区的办公室应设置子钟。

15.4.3 一级母钟应能接收外部全球卫星定位系统基准信号和同步系统提供的标准时间信

号；一级母钟应定时向二级母钟发送时间编码信号用以校准；二级母钟产生时间信号应提供给子钟。

15.4.4 一级母钟自走时精度应在 10^{-7} 以上，二级母钟自走时精度应在 10^{-6} 以上。

15.4.5 一级母钟、二级母钟应配置数字式及指针式多路输出接口，一级母钟应配置数据接口。

15.5 系统接口

15.5.1 中心操作系统数据接口。信息系统应从操作系统获取运输计划，并将计划传给运输调度系统。计划包含日期、计划开始时间、计划结束时间等信息。

15.5.2 信号系统数据接口。信息系统应将车辆作业计划表下发给信号系统，并从其获得反馈信息。计划相关信息至少包括车辆编号、编组信息、运单号、计划开始时间、实际开始时间、计划结束时间、实际结束时间等。

15.5.3 换装系统数据接口。信息系统应将换装作业计划下发给换装系统，并从其获得反馈信息。计划相关信息至少包括车辆编号、编组信息、运单号等。

16 运营控制中心

16.1 一般规定

16.1.1 运营控制中心是货运空轨集中监控、调度和管理的中枢。应按照先进性、实用性、开放性、安全性、可靠性、易用性、可扩展性、可维护性原则构建运营控制中心。

16.1.2 运营控制中心应兼作防灾和应急指挥中心。

16.1.3 运营控制中心建设应根据城市国土空间规划要求，可单条线路建设，也可多条线路合建，或与其他换装系统共同建设。

16.1.4 运营控制中心应具备行车调度、车辆管理、电力调度、机电设备监控、防灾指挥等调度和管理功能，对运营全过程进行集中监控、统一指挥和管理，主要功能如下：

- a) 监控、指挥列车运行和自动或人工调整运行计划；
- b) 监控和管理通信、供电、机电设备、防灾报警等系统和设备运行；
- c) 紧急事件处置及组织应急救援；
- d) 线路各系统设备故障信息的收集，组织指挥大型故障的抢修和抢险工作。

16.2 功能分区与总体布置

16.2.1 运营控制中心按功能可划分为运营监控区、运营管理区、设备区。各功能区的设置应与运营管理体制和运行模式相适应。

16.2.2 运营控制中心宜设置视频监控系统和安保门禁系统，对各分区出入口、房间和主要通道应进行监视和自动录像。

16.2.3 设备区和运营管理区应靠近运营监控区，设备区和维修区宜相邻设置。

16.2.4 运营监控区应设置中央控制室，可根据运营需要另外设置参观室或参观通道。中央控制室应作为独立的安全分隔区，并应配置安保隔离设施。

16.2.5 中央控制室各系统设备的布置及设计应符合下列规定：

- a) 中央控制室内应设置与运营有关的监控系统和操作终端设备，与运营、管理和安全无关的系统及设备不宜进入，且不得安装大功率的电器设备及其他动力设备；
- b) 室内设备布置应整齐、紧凑，便于观察、操作和维修，并便于调度人员行动和疏散。调度台的布置不可遮挡正常观察显示屏的视线；
- c) 室内总体布置应以行车指挥为核心进行各调度台和显示屏的布置，总体布置应便于行车调度、机电调度、应急调度、维修调度和总调等席位之间的信息沟通；
- d) 中央控制室应具备紧急事件指挥中心的功能，并宜在中央控制室设置运营决策和应急处理工作区域或在中央控制室邻近设置应急事件指挥室；
- e) 各系统显示屏宜统一布置，调度台和显示屏宜呈弧形设置。显示屏的屏前和屏后、调度台的台前和台后应留有操作和维护作业空间，并预留近期和远期发展位置；
- f) 当中央控制室的规模按多条线路设计时，宜按专业划分，也可按线路进行划分，并应将每条线的行车调度、电力调度和环控调度台等集中布置。

16.2.6 运营管理区宜根据运营管理的需要配置相应的运营管理用房。

16.2.7 设备区的设备室及室内设备的布置与设计应符合下列规定：

- a) 设备室的布置可根据运营管理模式按线路划分或按系统划分，以及采用封闭式布置或通透开放式布置；
- b) 设备区各系统设备房的楼层布置和平面布置应以方便运营管理，便于工程实施，互相关联的管线段为原则；
- c) 设备室内布置应整齐、紧凑，便于观察、操作和维修；
- d) 设备布置应使设备之间的连线短，外部管线进出方便；
- e) 大功率的强电设备不得与弱电设备混合安装和布置，除满足消防需要，各电气系统设备室不得有水管穿过，风管穿过时应安装防火阀。

17 维修基地

17.1 一般规定

17.1.1 维修基地设计应包括车辆维修中心、综合维修中心、材料库和其他生活、办公等配套设施。

17.1.2 维修基地设计，宜结合系统运量和配属车数量，分期实施。用地范围宜按系统最大运量和配属车数量的站场股道和房屋规划布置确定。

17.1.3 维修基地选址，应结合装卸站型及站位、站段远期发展及城镇规划综合考虑；应有良好的接轨条件，出入段线短捷；应便于市政电力、给排水、其它管线和道路接驳；宜避开工程地质和水文地质不良的地段。

17.1.4 维修基地设计，应贯彻节约用地、节约能源和资源的方针。应充分利用正线、配线、社会等资源，进行正线和配线停车、正线试车、集中维保、资源共享。

17.1.5 维修基地设计应积极推广采用新技术、新工艺、新材料、新设备。

17.1.6 维修基地设计应有完善的消防设施。总平面布置、房屋设计和设备选用应符合 GB 50016 的有关规定。

17.1.7 维修基地内应有运输、消防道路，宜设置不少于两个与外界道路相连通的出入口。运输道路、消防道路与线路相交时，应在道口设置安全警示标识和限高标识牌，车辆运行高度低的线路，应设置声光警示装置。

17.1.8 维修基地的设计应注意环境保护，对产生的废气、废液、废渣和噪声应进行综合治理。环境保护设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

17.1.9 停车场的设计宜结合项目建设需求确定。

17.2 维修基地功能与规模

17.2.1 维修基地承担的工作范围应符合下列要求：

- a) 车辆维修中心：承担配属车辆的定期检修、日常维修、临修、清洁、停放、分解和挂线作业；承担车辆维修中心内设备、机具、工程车的运维及管理工作；
- b) 综合维修中心：承担全线范围内基础设施、设备的巡检、维修工作；
- c) 材料库：承担全线材料、配件、设备、机具及劳保用品等的采购、存放、发放和管理工作。

17.2.2 车辆维修中心的功能与设置应符合下列要求：

- a) 车辆维修中心可根据其作业范围分为定期检修段和日常维修段，定期检修段应承担车辆的分解深度检修、日常维修和临修作业；日常维修段应为承担车辆的日常维修和临修作业；
- b) 停车场应主要承担车辆停放作业，必要时可承担临修作业。

17.2.3 车辆维修中心的设计应以车辆的技术条件和参数为依据。

17.2.4 车辆检修制度，应根据车辆技术性能和工程特征综合确定，宜采用日常维修和定期检修相结合的检修制度；车辆检修修程与周期应结合智能运维设备的应用情况确定；车辆检修作业时间应根据车辆技术条件、配属列车编组、维修方式进行确定；日常维修宜采用均衡修或全效修；宜通过在线检查，减少日常维修和定期检修作业量。

17.2.5 配属车辆应由运用车、备用车和检修车组成。

17.2.6 备用车和检修车数量的计算应符合下列规定：

- a) 备用车近期按项目需求进行配置，远期按运用车的 4%~10% 计算；
- b) 检修车应根据车辆检修制度和检修任务量计算确定。

17.2.7 车辆维修中心内设备的深度维修宜就近委托专业工厂承担。有条件时，车辆定期检修可委托车辆制造厂或修理厂承担。

17.2.8 车辆维修中心的设计应满足车辆停放、清洁和检修任务量的需求，车辆维修中心的规模应根据车辆技术条件、配属列车编组和数量、检修周期和检修时间计算确定。

17.2.9 车辆检修列位数量应根据车辆各修程工作量计算确定，应计入检修不平衡系数，检修不平衡系数应符合下列规定：

- a) 日常维修应为 1.2；

b) 定期检修应为 1.1。

17.2.10 车辆维修中心出入线的设计,应根据行车和信号的要求,留有必要的信号转换作业线路长度,规模等于或小于 12 列位的车辆维修中心可按单线设计。

17.2.11 车场线是车辆维修中心内线路的统称,包括停车线、清洁线、静调线、临修线、日常维修线、定期检修线、试车线、牵出线 and 挂卸车线等。车场线的配置应满足功能需要和工艺要求,并应做到安全、方便、经济合理。

17.2.12 车辆维修中心试车线设计,在不影响正线运营的前提下,宜采用正线试车,正线试车条件不具备时,车辆维修中心应设置试车线。宜与正线线路设计参数一致。

17.2.13 牵出线宜设在直线上,当设置于曲线段时,平面曲线半径应按车辆连挂所需线路半径设计。

17.2.14 轨行区外侧应设通透的隔离栏杆,车辆维修中心内设有全自动运行区域时,应单独隔离,并设置防护门禁。

17.2.15 维修基地宜优先采用尽端式布置。尽量减少咽喉区、道岔及牵出线数量。

17.2.16 维修基地总平面布置,应以车辆运用检修为主体,统筹综合维修、材料存放等设施、设备的房屋属性和功能需求,以利于生产、确保安全、方便管理、便于生活为基本原则合理布置。

17.2.17 维修基地总平面布置,站场线路应功能齐全,工艺流程顺畅,干扰作业少;生产、生活及办公设施集中;应便于物流运输,减少人员跨轨作业和行走距离;应降低建设规模、减少占地范围。

17.3 车辆运用设施

17.3.1 车辆运用设施包括停车设施、清洁设施等,清洁设施的设置应结合车辆结构及维修需求确定。

17.3.2 停车线设计,停车列位数应为扣除正线及配线存放车数后的运用车数与备用车数之和,应设置调车转线股道,宜采用露天停车。

a) 停车列位尽端式布置,宜按 2 列位设计,困难时,可按 3 列位设计,当采用 3 辆~4 辆/列编组时,不宜大于 4 列位;

b) 停车列位贯通式布置,宜按 3 列位设计,困难时,可按 4 列位设计,当采用 3 辆~4 辆/列编组时,不宜大于 6 列位。

17.3.3 运用设施应根据项目所在位置、气候条件、维修需求确定建筑结构形式。

17.3.4 运用线在采用接触轨供电方式时,应加装安全防护设施,列位前应设置隔离开关或分段器,并应设有送电时的声响警示及醒目的信号灯显示。

17.3.5 停车线的长度宜根据列车长度、信号防护要求、检修工艺流程、运输通道宽度要求等因素确定。

停车线长度,可按下列公式计算:

$$L_{tc} = (L + 1) \times N_t + (N_t - 1) \times M + m \dots\dots\dots (9)$$

式中:

L_{tc} ——停车线长度，单位为米（ m ）；

$L+I$ ——列车长度加停车误差 1m，单位为米（ m ）；

N_t ——每条线停车列位数；

M ——信号要求车钩至车钩的防护距离，单位为米（ m ）；

m ——信号要求车钩至车挡的防护距离，单位为米（ m ）。

17.4 车辆检修设施

17.4.1 车辆检修设施应根据其功能和检修工艺要求设置下列主要的生产用房：

- a) 检修库的库内车间及检修区域可根据需要设置；
- b) 车辆涂装库可根据需要设置；
- c) 清洁库。

17.4.2 检修库内宜设电动桥式或梁式起重机和必要的搬运设备；起重量应满足工艺和检修作业的要求；起重机走行轨的高度应根据起吊高度和本身结构尺寸计算确定。

- a) 检修库的长度、宽度和高度应根据检修空间需求、设备尺寸、人行及运输通道等计算确定；
- b) 检修库内应设调试用的外接电源设备以及检修作业平台；
- c) 检修库长度不宜小于下式的计算值：

$$L_{jk} = L \times N_d + (N_d - 1) \times G + F \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

L_{jk} ——检修库长度，单位为米（ m ）；

N_d ——检修列位数；

G ——检修列位间的通道宽度，单位为米（ m ）；

F ——检修库设计附加长度，单位为米（ m ）。

17.4.3 各检修线库前平直段长度应不小于一辆车长。

17.4.4 换轮设施及其线路的设计应符合以下规定：

- a) 换轮设施宜结合工艺流程和厂房组合情况合理布置，宜与检修库合并设置，也可单独设置；
- b) 换轮设施宜设专用起重设备、轮胎拆装设备、检修作业平台等，其面积应满足设备安装和换轮要求。

17.4.5 车辆涂装库可根据需要按一辆车或一列车设置，库内应设通风、给排水设施和压缩空气管路，并应有消防和环保措施，满足消防和环保要求。库内电气设备应符合防爆要求。车辆涂装的尺寸宜根据涂装工艺和设备的需要确定。

17.5 综合维修中心

17.5.1 综合维修中心是货运空轨设备、设施的维修、管理单位，其功能应满足全线桥梁、轨道梁、道岔、房建和道路等设施的维护、管理需求，以及供电、通信、信号、暖通、给排水和动照等专业的设备设施维修、管理需求。

- 17.5.2 综合维修中心宜委托专业队伍或工厂承担，并宜逐步实现维修专业化、社会化。
- 17.5.3 设于维修基地内的综合维修中心，其供电、供热和供水设施宜与车辆维修相关设备和设施统一设置，进行资源共享。
- 17.5.4 综合维修中心宜根据各专业的作业内容和工作量配备必要的设备。
- 17.5.5 综合维修中心宜设置工程车线，供工程车的存放和日常维修保养。工程车线宜与段内检修线合并设置于检修库。

18 环保

18.1 一般规定

- 18.1.1 货运空轨环境保护设计应遵循统一规划、合理布局、预防为主、综合治理的原则。
- 18.1.2 货运空轨线路方案应符合沿线生态保护红线、城市总体规划及土地利用规划要求，并应特别注重对自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、森林公园、居民集中区等环境敏感区的绕避。
- 18.1.3 货运空轨建设应根据环境保护主管部门批复的环境影响报告书及相关文件所确定的环境保护目标及核准的污染防治措施实施。
- 18.1.4 环境保护设施的设计标准与规模应满足远期或控制期预测货物流量和最大通过能力要求。

18.2 环保

- 18.2.1 货运空轨边界噪声值按 GB 12348 及其修改方案控制，车辆及设备运行对外部环境的噪声影响应满足 GB 3096 的规定。
- 18.2.2 货运空轨运行对外部环境的振动运行应符合 GB 10070 的规定。
- 18.2.3 货运空轨水污染防治设计应符合 GB 8978 的规定。
- 18.2.4 维修基地产生的废水应做到循环利用，循环利用的冲洗用水应符合 GB/T 18920 的规定。
- 18.2.5 货运空轨规划设计应根据工程环境影响报告书确认的环境噪声、振动等标准的要求，其线站位和 110kV 及以上电压等级的地面变电所与环境敏感建筑之间的距离应满足振动、电磁防护、噪声等的要求。
- 18.2.6 货运空轨选线、维保基地、变电所的选址应遵循节约、集约土地基本原则。

19 节能

19.1 一般规定

- 19.1.1 节能设计应贯彻执行国家节约能源政策，并应符合国家现行相关规范和标准的规定。
- 19.1.2 节能设计应从优化工程方案、选用节能型设备、运营管理等方面降低能耗水平，提高能源利用率。
- 19.1.3 节能设施宜与主体工程同步设计、同步施工、同步投入使用。

19.1.4 节能设计应对节能措施进行技术经济性比选分析。

19.1.5 各相关系统应设置能源计量器具，能源计量器具的配置应满足分类、分项计量的要求，并应符合 GB 17167 和 GB/T 3485 的有关规定。

19.2 运营组织

19.2.1 运营组织应根据预测运能确定系统选型及初、远期的车辆编组方式，以及同期内灵活编组方式。

19.2.2 运营组织应根据线路的特点，制定列车行车对数和配置车辆。

19.2.3 在满足运行速度及作业效率的条件下，宜增加列车区间惰行时间。

19.3 土建工程

19.3.1 线路设计应根据规划、地质、地形条件，选择合理的线路敷设方式。

19.3.2 线路平面的曲线半径宜选用较大的半径，线路线形宜平缓。

19.3.3 维修基地工艺总平面布置宜根据不同功能的设施统筹布局，设计应布置紧凑、顺畅，并宜缩短出入线长度。

19.4 机电工程

19.4.1 中压供电网络设置宜采取下列节能措施：

- a) 宜采用二级降压供电的方式，并宜采用较高电压供电；
- b) 宜采用牵引供电和动力照明共用方式；
- c) 在满足供电可靠、电能质量要求的前提下，宜合理设置供电分区，各分区功率分配应均衡，并应选择合理的电缆长度、设备数量及电缆截面。

19.4.2 变电所设置宜采用下列节能措施：

- a) 变电所的位置应靠近负荷中心；
- b) 应采取措施平衡牵引变电所的两套整流机组出力；
- c) 应选择节能型变压器和合理确定容量。

19.4.3 储能供电方式应采用利于节能的措施。

19.4.4 照明配电室宜设在负荷中心处。

19.4.5 换装站及维修基地等不同场所应根据情况选用节能灯具、节约能源的控制方式。

19.4.6 信号系统宜采用列车自动运行多方案控制的节能设计。

20 消防

20.1 一般规定

20.1.1 货运空轨的防火设计，应遵循国家的有关方针、政策，针对货运空轨发生火灾时的特点，采用可靠的防火措施，做到安全适用、技术先进、经济合理。

20.1.2 预防火灾应贯彻“预防为主、防消结合”的方针。同一条线路按同一时间内发生一次火灾考虑。

20.1.3 货运空轨应具有预防火灾的设施。

- 20.1.4 货运空轨相连接的设施设备等建筑物，必须采取防火分隔设施。
- 20.1.5 维修基地、故障停靠点及主要区域应配备防火救援设施。
- 20.1.6 控制中心应具备全线防火及救援的调度指挥，以及与上一级防火指挥中心联网通信的功能。

20.2 其他规定

- 20.2.1 货运空轨的控制中心、变电所、配电室、机房、消防泵房、维修基地等重要设备管理用房，应采用耐火极限不低于 2h 隔墙和耐火极限不低于 1.5h 楼板与其他部位隔开，隔墙上的门应采用乙级防火门。
- 20.2.2 穿过防火墙的管道、电缆、风管空隙处应采用防火封堵材料填塞密实。当风管穿越防火墙时应设防火阀。
- 20.2.3 消防给水系统的水源应优先采用城市自来水。当无城市自来水时，应选用其他可靠的水源。
- 20.2.4 消火栓给水系统应和生产、生活给水系统分开设置。
- 20.2.5 当城市自来水的供水量满足生产、生活和消防用水量的要求，而压力不能满足消防要求时，应设消防泵增压并宜直接从市政管网抽水，不设消防水池，但应得到当地自来水公司及消防部门认可。自来水压力能满足稳压要求则不设稳压装置。
- 20.2.6 水泵接合器和室外消火栓设置可为地上式或地下式。寒冷地区的室外消火栓和水泵接合器及消防水池的设置应采取防冻措施。
- 20.2.7 控制中心、维修基地、主变电所、机房等重要设备管理用房及其灭火装置的设置应按 GB50016 的规定执行。
- 20.2.8 变电所、控制室及机房等电气房间宜配置二氧化碳灭火器，但不得选用装有金属喇叭筒的二氧化碳灭火器。货运空轨灭火器配置应按 GB50140 的规定执行。
- 20.2.9 货运空轨必须设置有效的防烟、排烟与事故通风系统。宜采用自然排烟方式，若无条件采用自然排烟方式时，应设置机械排烟系统。
- 20.2.10 消防用电设备应在末级配电箱处设置自动切换装置，当发生火灾切断生产、生活用电时，应能保证消防设备正常工作。防火用电设备的配电设备应有明显标志。
- 20.2.11 货运空轨在发生火灾时，应配备供救援人员进行联络的无线通信设施。通信系统应具备火灾时能迅速转换为防灾通信的功能。
- 20.2.12 控制中心、变电所、配电室、机房、维修基地及停车场应设置火灾自动报警系统。保护等级应为一类。火灾报警系统应包括火灾报警装置、消防联动装置及与防灾相关的其他设备。
- 20.2.13 火灾报警系统设计除应执行本规范规定外，应符合 GB50116 的规定。
- 20.2.14 货运空轨应设置列车发生故障或遭遇灾害时实施救援所需的设备和设施。控制中心应对所有紧急状态下的应急预案和操作流程进行监控管理。发布相关消防设施的控制命令，负责全线防灾、救灾的指挥和协调；运营控制中心负责灾害情况下的对外联络及协调工作，应通过电话或网络通信快速地同本地区的消防、公安、医疗救护部门建立联系；运营控制

中心应具备接收本地区气象预报部门、地震预报部门的电话报警或网络通信报警功能。

附录 A

(规范性)

曲线地段设备限界计算方法

A.1 曲线地段设备限界应在直线地段设备限界的基础上加宽。

A.2 曲线地段设备限界应按平面曲线几何偏移量引起的设备限界加宽量和车辆参数变化引起的设备限界加宽量计算确定。

A.3 平面曲线的设备限界几何偏移量按下列公式计算确定：

A.3.1 车架

$$\text{曲线外侧: } T_a = [4n(n+a) - p^2] / 8R \quad (\text{A.1})$$

$$\text{曲线内侧: } T_i = [4n(a-n) + p^2] / 8R \quad (\text{A.2})$$

A.3.2 转向架

$$\text{曲线外侧: } T_{ba} = m(m+p) / 2R \quad (\text{A.3})$$

$$\text{曲线内侧: } T_{bi} = m(p-m) / 2R \quad (\text{A.4})$$

式中：

a ——转向架中心距 (mm)；

n ——车架计算断面至相邻中心销距离 (mm)；

R ——曲线半径 (mm)；

m ——转向架计算断面至相邻轴距离 (mm)；

p ——导向轮距 (mm)。

A.4 车辆参数变化引起的设备限界加宽量：

$$\text{曲线外侧: } \Delta Y_{ca} = \Delta w_q \quad (\text{A.5})$$

$$\text{曲线内侧: } \Delta Y_{ci} = \Delta w_q \quad (\text{A.6})$$

式中：

Δw_q ——车辆二系弹簧的横移量在曲线与直线上的差值，取 10 mm。

A.5 设备限界加宽量总和：

$$\text{曲线外侧: } \Delta Y_a = T_a + \Delta Y_{ca} \quad (\text{A.7})$$

$$\text{曲线内侧: } \Delta Y_i = T_i + \Delta Y_{ci} \quad (\text{A.8})$$

A.6 直线地段设备限界各点 Y 坐标值加上 ΔY_a (或 ΔY_i) 值后，形成曲线地段设备限界。

附录 B

(规范性)

集运车辆限界图

B.1 区间直线地段车辆轮廓线、车辆限界、设备限界（图 B.1）的坐标值，检修站点直线段车辆轮廓线、车辆限界（图 B.2）的坐标值，应按表 B.1~表 B.4 选取。

表 B.1 车辆轮廓线坐标值

单位为毫米

点号	1	2	3	4	5	6	7
Y	0	681	1242	1242	1219	1219	0
Z	468	468	577	1425	1425	4341	4341

表 B.2 车辆限界坐标值（直线地段）

单位为毫米

点号	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
Y	0	778	1292	1373	1350	1629	1629	0
Z	388	388	455	1299	1302	4204	4490	4490

表 B.3 设备限界坐标值（直线地段）

单位为毫米

点号	1' '	2' '	3' '	4' '	5' '	6' '	7' '	8' '
Y	0	849	1388	1473	1450	1729	1729	0
Z	338	338	407	1290	1292	4195	4550	4550

B.2 检修站点直线地段车辆轮廓线与区间直线地段车辆轮廓线一致，检修站点车辆限界（图 B.2）的坐标值，应按表 B.4 选取。

表 B.4 车辆限界坐标值（检修站点直线地段）

单位为毫米

点号	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
Y	0	763	1310	1322	1299	1339	1339	0
Z	418	418	524	1425	1425	4305	4441	4441

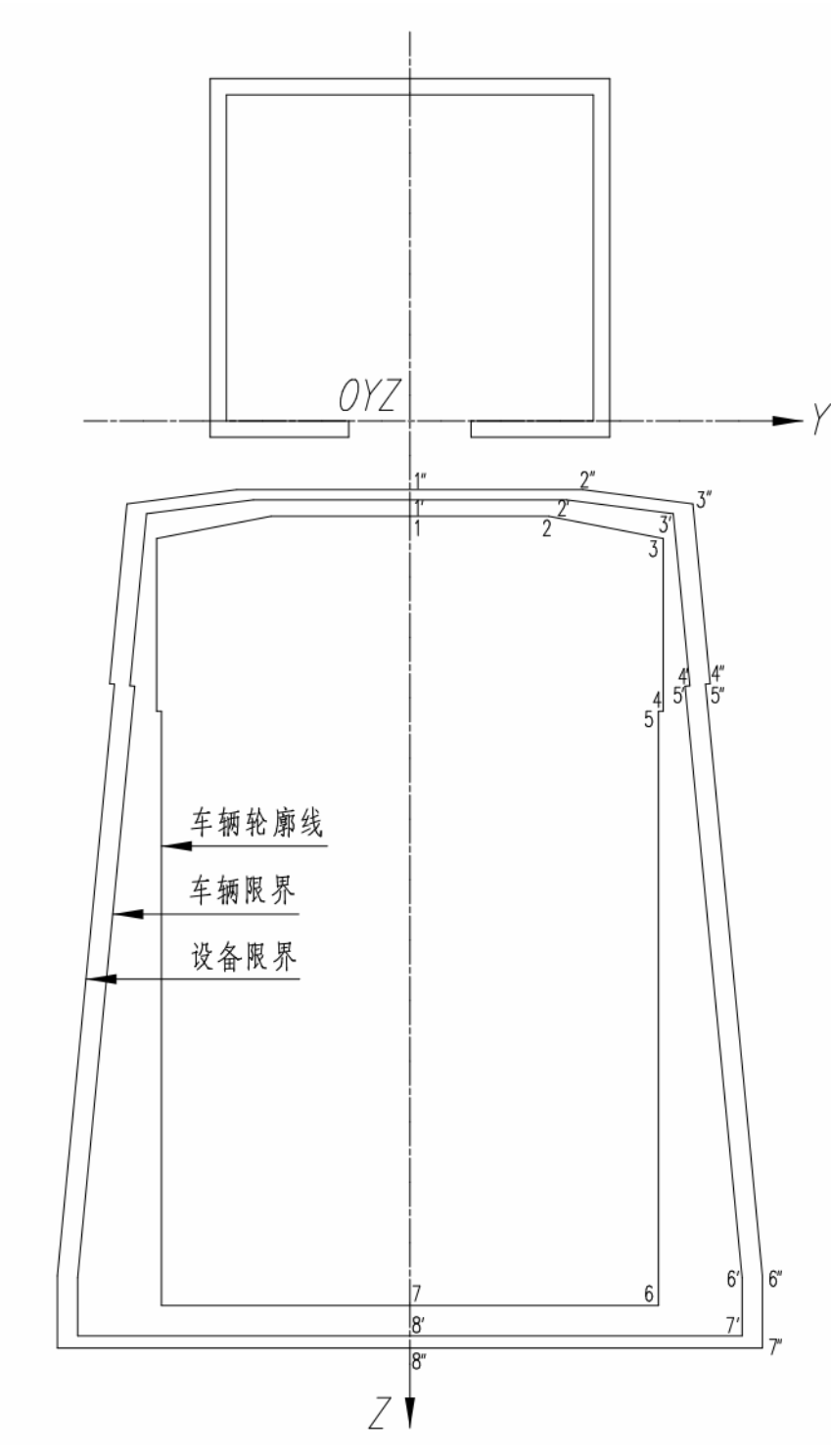


图 B.1 区间直线地段车辆轮廓线、车辆限界和设备限界

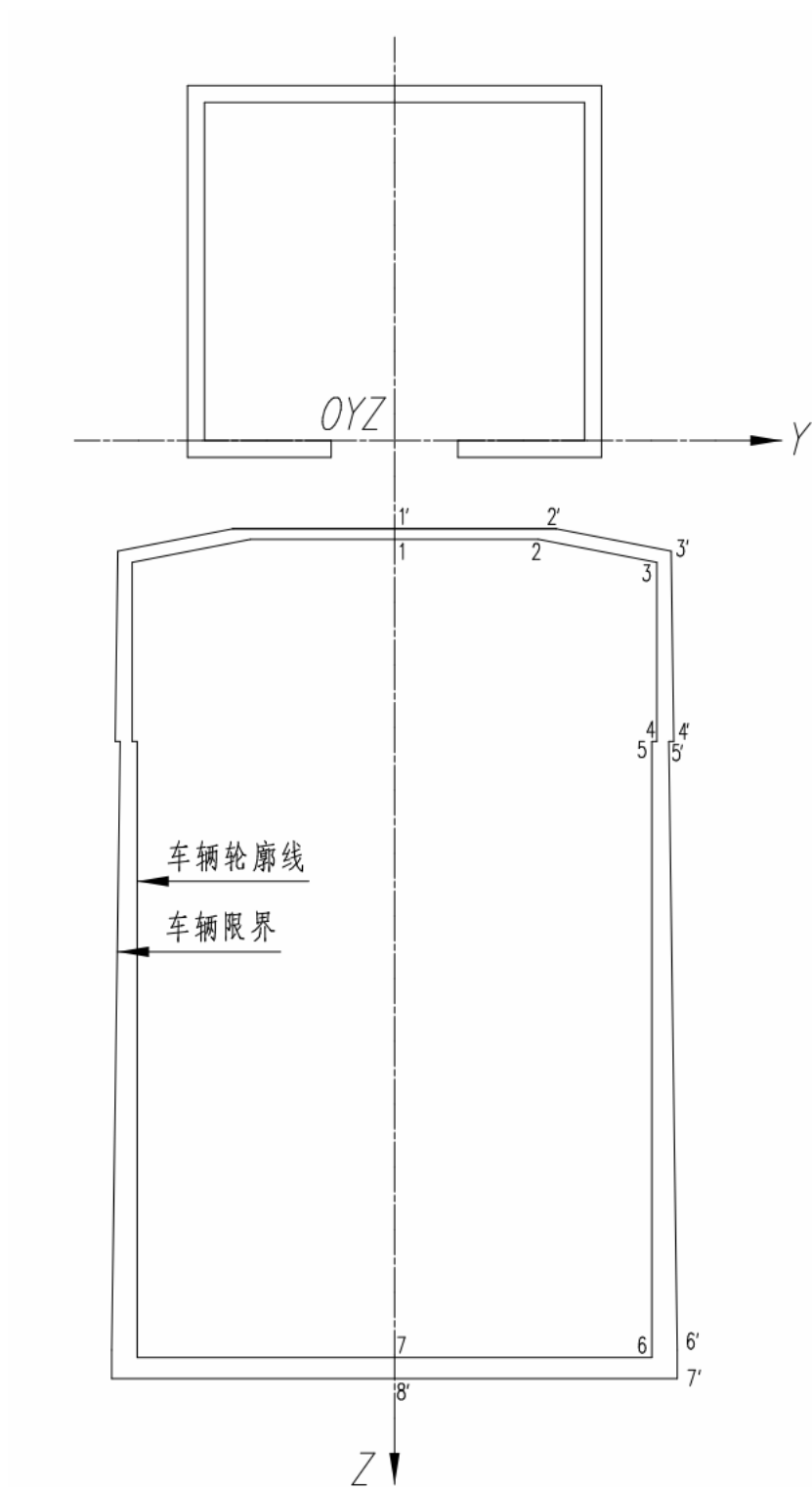


图 B. 2 检修站点直线地段车辆轮廓线和车辆限界

附 录 C

(规范性)

集运车辆(含吊具)限界图

C.1 区间直线地段车辆轮廓线、车辆限界、设备限界(图 C.1)的坐标值,检修站点直线地段车辆轮廓线、车辆限界(图 C.2)的坐标值,应按表 C.1~表 C.4 选取。

表 C.1 车辆轮廓线坐标值

单位为毫米

点号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Y</i>	0	120	1450	1500	1500	1333	1219	1219	0
<i>Z</i>	468	468	533	725	1818	2894	2894	5481	5481

表 C.2 车辆限界坐标值(直线地段)

单位为毫米

点号	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'
<i>Y</i>	0	122	1518	1563	1667	1604	1491	1739	1739	0
<i>Z</i>	388	388	456	578	1665	2753	2764	5339	5630	5630

表 C.3 设备限界坐标值(直线地段)

单位为毫米

点号	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'
<i>Y</i>	0	123	1608	1661	1768	1699	1600	1839	1839	0
<i>Z</i>	338	338	411	556	1663	2845	2854	5334	5690	5690

C.2 检修站点直线地段车辆轮廓线与区间直线地段车辆轮廓线一致,检修站点车辆限界(图 C.2)的坐标值,应按表 C.4 选取。

表 C.4 车辆限界坐标值(检修站点直线地段)

单位为毫米

点号	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'
<i>Y</i>	0	427	1506	1568	1589	1428	1320	1369	1369	0
<i>Z</i>	418	418	471	707	1818	3003	3003	5445	5581	5581

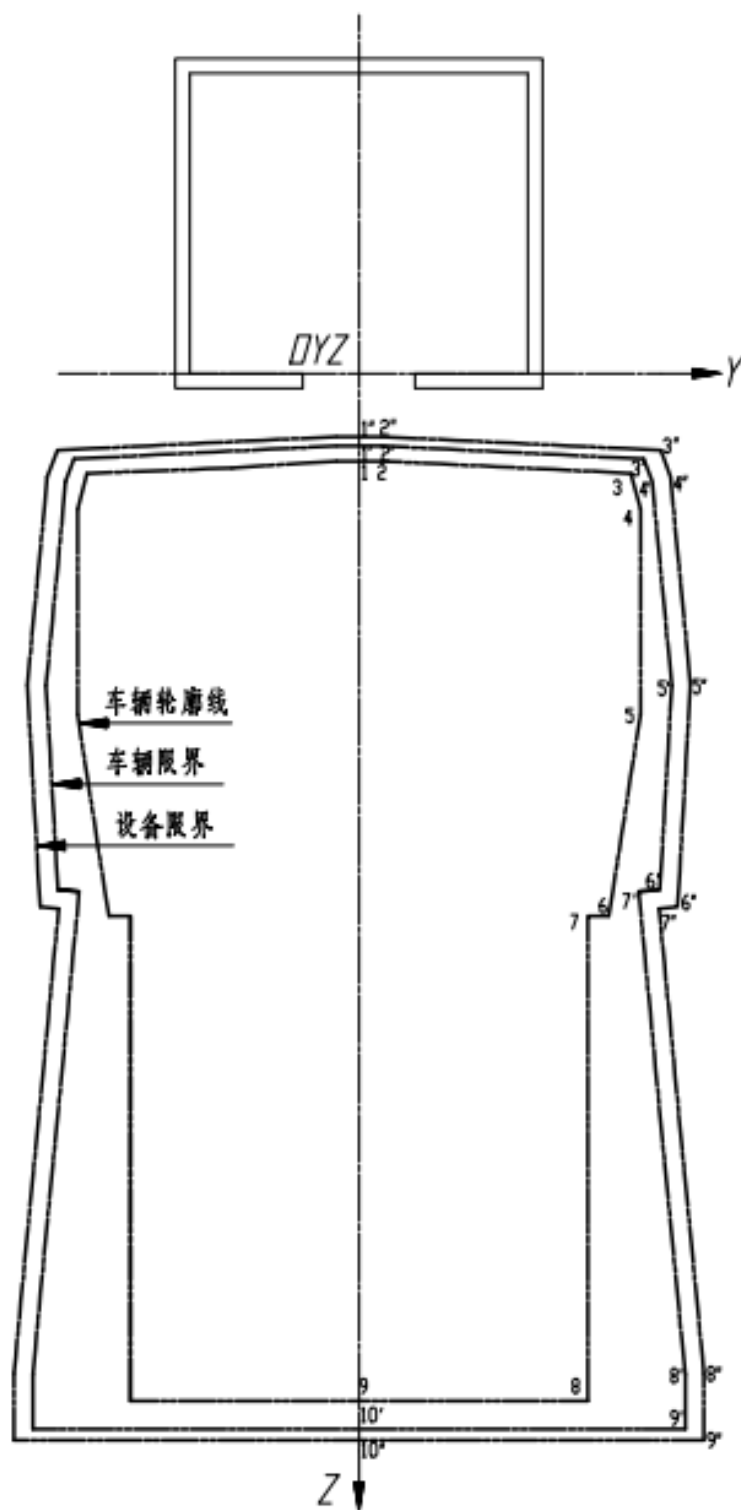


图 C.1 区间直线地段车辆轮廓线、车辆限界和设备限界

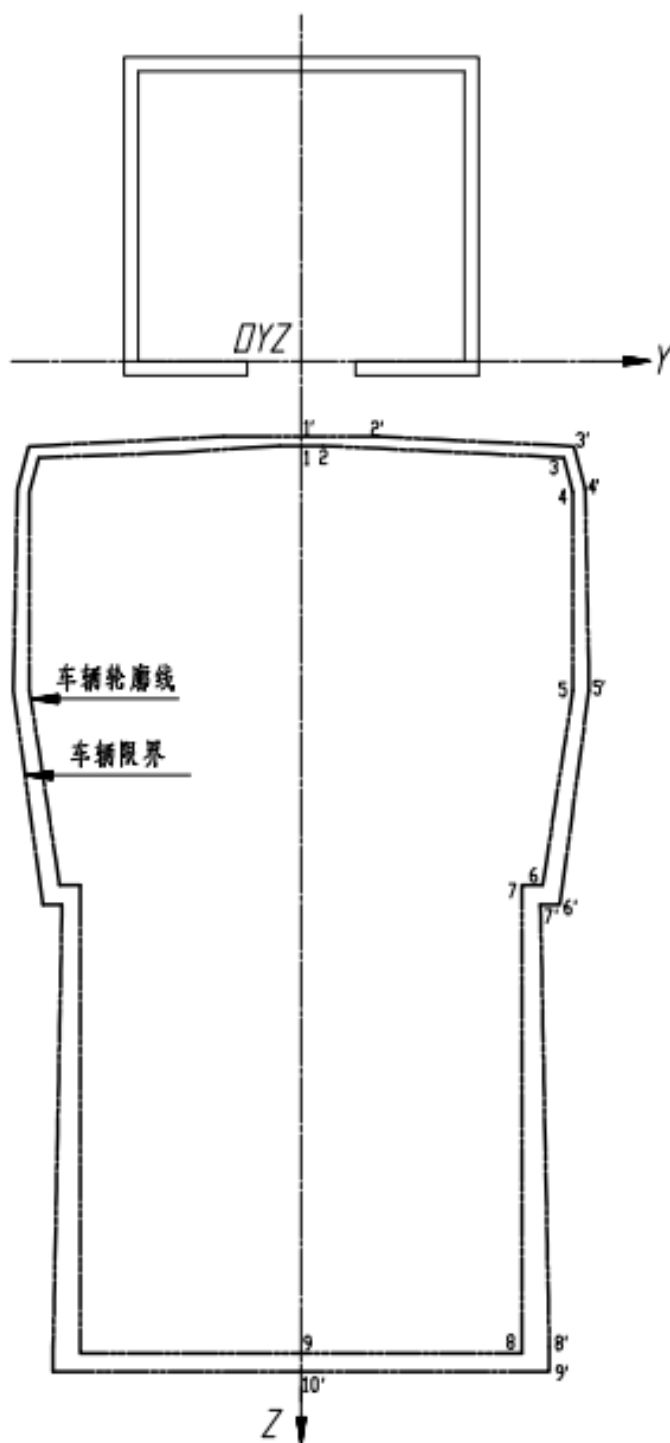


图 C.2 检修站点直线地段车辆轮廓线和车辆限界