

ICS 45.100

J 81

团 体 标 准

T/GDLIA 4.1—2019

索道智慧物流快线系统 第 1 部分：总体技术规范

Ropeway intelligent logistics express line system
Part1: General technical specification

2019-11-25 发布

2020-01-01 实施

广东省物流行业协会 发布

目 次

目 次.....	I
前 言.....	II
引 言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 总体构成及要求.....	2
5 一般要求.....	2
6 索道.....	4
7 索道基站.....	6
8 智能穿梭运输设备.....	6
9 智能控制.....	7
10 智能运输管理.....	7
11 接口与数据处理.....	8
12 配套设施.....	8
13 基础设施共建共享.....	8

前 言

本标准按照 GB/T 1.1 给出的规则起草。

本标准由广东自来物智能科技有限公司、广东省物流行业协会提出。

本标准由广东省物流行业协会、广东省物流标准化技术委员会（GD/TC4）归口。

本标准起草单位：广东自来物智能科技有限公司、广东省物流行业协会、广州市标准化研究院。

本标准起草人：黎树中、马亚胜、马仁洪、陈有文、梁玉霞、谢诚杰、苏莘文、杨永连、郭培莹、陈战毅、黄晓鹏、黄灏明。

T/GDLIA 4《索道智慧物流快线系统》分为如下部分：

——第 1 部分：总体技术规范；

——第 2 部分：运营管理规范；

……

本标准为 T/GDLIA 4 的第 1 部分。

本标准为首次发布。

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这些专利的责任。

声明：本标准的版权归广东省物流行业协会所有。任何组织、个人未经同意，不得擅自印刷和销售。

引 言

我国经济总量已跻身世界第二位，人流、物流、信息流在全国范围内均得到前所未有的增长，然而物流创新却相对滞后，这种情况在很大程度上制约了经济的可持续发展。立足“乡村振兴”战略，为促进智慧城乡一体化建设和农村绿色物流发展，充分发挥各种交通运输方式的互补优势及服务功能，提升索道智慧物流快线系统对国家新一代物流基础设施的战略承载能力，广东自来物智能科技有限公司、广东省物流行业协会联合业界专家、科研院所、产业合作伙伴提出制定本标准。

索道智慧物流快线是在低空架设钢索，形成低空物流通道，综合利用自动化运输、智能控制管理等先进技术，运用自助导向和转向装置、自带动力智能穿梭运输设备，构建的网络化智慧物流系统和货物快速流通的现代物流方式。聚焦于“小批量、多批次”货物流通发展趋势、地面交通物流基础设施承载薄弱环节，依托模式、技术、服务与合作创新，与传统索道货运方式相比具有独特优势，可在更高水平上实现物流和信息流融合，推动农村绿色物流创新发展。

本标准充分结合广东自来物智能科技有限公司索道智慧物流快线系统（广州）研发测试基地、茂名化州首条索道智慧物流快线试验线有关成果，有机融合现有索道货运技术标准及较为成熟方法编写而成。

由于本标准不可能囊括适用范围内索道智慧物流快线系统的所有技术细节，在满足相关法律、法规及其安全条件下，不应禁止本标准中未特别提及的技术内容。

本标准不能替代索道智慧物流快线系统建设的技術手册和工程评价。

索道智慧物流快线系统 第 1 部分：总体技术规范

1 范围

本标准规定了索道智慧物流快线系统的相关术语及定义、总体构成及要求、一般要求，索道、索道基站、智能穿梭运输设备、智能控制、智能运输管理、接口、配套设施的技术要求。

本标准适用于索道智慧物流快线系统的规划、设计、建设。适用于循环自行式货运架空索道。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 146.2 标准轨距铁路建筑限界
- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB 50017 钢结构设计规范
- GB 50061—2010 66KV及以下架空电力线路设计规范
- GB/T 188 762毫米轨距铁路机车车辆限界和建筑接近限界分类及基本尺寸
- GB/T 8918 重要用途钢丝绳
- GB/T 9075 索道用钢丝绳检验和报废规范
- GB/T 12141 货运架空索道安全规范
- GB/T 12738 索道术语
- GB/T 26722 索道用钢丝绳
- GB/T 29086 钢丝绳 安全 使用和维护
- QX/T 225 索道工程防雷技术规范
- GA/T 1211 安全防范高清视频监控系统技术要求
- DL/T 5106—2017 跨越电力线路架线施工规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自行式架空索道 self-propelled ropeway

具有驱动装置的运载工具在承载索上能行走的架空索道。[GB/T 12738—2006，定义 2.2.9]

3.2

索道智慧物流快线系统 cable intelligent logistics express line system

利用自行式架空索道的自行式运载工具，进行小批量、多批次货物运输，并实现智能控制和管理的智慧物流系统。

3.3

自行式运载工具 self-powered carrier

自身装备了驱动装置的运载工具。[GB/T 12738—2006, 定义5.1.4]

3.4

倾角 rope inclination angle

绳索在支架处悬曲线的切线与弦线之间所形成的夹角。[GB/T 12738—2006, 定义6.2.9]

3.5

跨距 span

相邻两支架中心线之间的水平距离。[GB/T 12738—2006, 定义6.2.3.2]

3.6

索距 gauge/track centers

支架两侧承载索或运载索中心线之间的距离, 对于双环路单线架空索道, 索距为双承载所或双环路几何中心线之间的距离。[GB/T 12738—2006, 定义6.2.5]

4 总体构成及要求

4.1 总体构成

4.1.1 索道智慧物流快线系统包括索道、索道基站、智能穿梭运输设备、智能控制、智能运输管理、接口、配套设施七大组成部分。

4.2 总体要求

4.2.1 整体设计要求

4.2.1.1 应遵循创新、协调、绿色、开放、共享原则, 促进经济与社会、环境效益统一、可持续发展。

4.2.1.2 应结合城市总体规划进行整体规划、详细规划、协调设计, 部分功能可分期设计及建设。

4.2.2 设施设备设计要求

4.2.2.1 应保障与特定地形、气候、温湿度等环境条件的适应性, 提高设施设备的稳定性和安全性。

4.2.2.2 应采用先进技术充分优化, 支撑系统各功能及运营业务的高效协同和自动化运行。

4.2.2.3 应以技术先进、经济合理、安全可靠、长期稳定为原则, 进行整体设计和设备研制。

4.2.2.4 设备出厂时应按有关标准检验, 建立技术档案并出具合格证书。不符合设计要求的严禁出厂。

5 一般要求

5.1 线路选择

5.1.1 选择索道线路时, 应考虑索道所经交通要道或跨越其他建筑设施、实施紧急救援的要求。

5.1.2 凡是建在军事设施附近的索道, 应按照军事基地管理单位的要求采取相应措施。

5.1.3 索道线路和站址应避免建在下列地区:

——山地风口, 并与主导风向正交的地段上。

——有雪崩、滑坡、塌方、溶洞、风暴、海啸、洪水、火灾等危及索道安全的地区。经过主管部门批准, 采取预防措施的例外。

5.2 线路立交与避让

5.2.1 索道线路与铁路、公路、电线、河流等公共设施产生交叉、跨越、平行走向时，应彼此不干涉并在正常运行或进行维修时都能保证安全。

5.2.2 索道线路跨越下列地区时，应遵守相关部门有关规定，索道任何部分的最低点与地面和轨顶的最小垂直距离应符合下列要求：

- 跨越国家铁路干线时，应符合 GB 146.2 规定。
- 跨越地方铁路干线时，应符合 GB/T 188 规定。
- 跨越电力线路时，应符合 GB 50061—2010、DL/T 5106—2017 规定。
- 跨越一、二级公路时，应不小于 5.0m。跨越三、四级公路，应不小于 4.5m。
- 跨越通航河流上空时，与最大洪水位时船只桅杆顶的垂直距离应不小于 1.0m。
- 跨越居民区或耕地时，与地面垂直距离应不小于 5.0m。
- 跨越建筑物时，与建筑物顶面垂直距离应不小于 2.0m。
- 跨越经济作物林时，与修剪周期内林木生长最高点的垂直距离应不小于 1.5m。
- 跨越其他索道时，与下面索道支架或其他构筑物的垂直距离应不小于 1.5m。

5.2.3 通信线路沿索道支架架设时，其线路应位于索道空载钢丝绳线路上方或智能穿梭运输设备荷载曲线下方。当智能穿梭运输设备横向偏摆 0.20rad 时，与其安全距离应不小于 0.5m。

5.3 最大倾角

5.3.1 索道钢丝绳在重载荷作用下的最大倾角不得超过 0.262rad。

5.4 跨距

5.4.1 跨距限制：一个拉紧区段的长度宜小于 1000m。

5.4.2 索道线路任一跨距中，空载索₁或空索₂（根据设备类型而定）与满载索₃在此跨距端部切线的倾角变化应不大于 0.15rad，同时在其他跨距内载荷保持不变。

- 1) 空载索：按要求的间隔挂有空运载工具的承载索。
- 2) 空索：没有运载工具的承载索。
- 3) 满载索：按要求的间隔挂有满载荷运载工具的承载索。

5.5 索距

5.5.1 索距应取表 1 规定数值，并按表 3 规定检验。

表 1 索距

货箱宽度/m	索距/m
≤0.6	2.0
0.6—0.8	2.5
0.8—1.0	3.0

5.5.2 验算索道索距时，应选择最大跨距中点位置。在 200Pa 工作作风压的作用下，两侧承载索和智能穿梭运输设备应向同一方向倾斜，此时两侧智能穿梭运输设备最小间距应为 0.5m。（注：风压方向外侧承载索应为满载设备，内侧承载索应为空载设备）。

5.5.3 当索道索距发生变化时，承载索在支架上的水平压力应不大于垂直压力的 10%，承载索在该支架上的水平偏角应不大于 0.005rad。

5.6 横向净空

5.6.1 索道智能穿梭运输设备与支架间的横向净空尺寸应符合表 2 规定。

表 2 索道智能穿梭运输设备与支架间的横向净空尺寸

障碍物名称	智能穿梭运输设备的摆动情况	净空尺寸/m
无导向轨道的支架	横向内摆 0.20rad	0.5
有导向轨道的支架	横向内摆 0.14rad	0.3

5.6.2 索道智能穿梭运输设备在跨间相遇时同时向内侧摆动0.2rad，其横向净空尺寸应不小于1.0m，在进站口或出站口应不小于0.5m。

5.6.3 索道智能穿梭运输设备与外侧障碍物的横向净空应符合表 3 规定。

表 3 索道智能穿梭运输设备与外侧障碍物的横向净空尺寸

障碍物名称	智能穿梭运输设备或钢丝绳的摆动情况	净空尺寸/m
与索道平行的交通运输道路	承载索最大静挠度的 35%横向外摆	1.5
与索道平行的架空电力线路	承载索最大静挠度的 35%横向外摆	按有关标准规定
建筑物（无人员通行）	货车向外偏摆 35%	1.5
建筑物（有人员通行）	货车向外偏摆 35%	2.5
林间通道、公路、山体	货车向外偏摆 35%	1.5

5.7 纵向偏摆

5.7.1 索道智能穿梭运输设备在线路上及基站内纵向偏摆0.35rad后，应不触及钢丝绳和支架。在基站内纵向偏摆0.15rad后，应不触及任何障碍物，并保障人员安全通行。

6 索道

6.1 功能及组成

6.1.1 索道由钢丝绳、支架、鞍座、张紧装置、相关作业及安全辅助设施设备共同组成。

6.1.2 索道钢结构表层应采用绿色环保、安全可靠的防腐、防锈、耐高温、防水保护技术措施。

6.2 钢丝绳

6.2.1 钢丝绳的选择应符合GB/T 26722、GB/T 8918要求。

6.2.2 钢丝绳的抗拉安全系数即钢丝绳最小破断张力与最大工作张力之比，应不小于表 4 规定。

表 4 钢丝绳的抗拉安全系数

钢丝绳的种类	载荷情况	安全系数
承载索	正常运行载荷	3.15
	停运时考虑了风和冰雪荷载	2.25

6.2.3 在每个张紧区段中，钢丝绳的最小张力与智能穿梭运输设备单个轮子产生的最大横向力之比应大于60，与智能穿梭运输设备产生的最大横向力之比应大于10。

6.2.4 钢丝绳末端固定连接部件的允许的破断力应大于钢丝绳最小破断张力，且在最大工作荷载下不应出现永久变形。

6.2.5 应避免钢丝绳连接处附近由于钢丝绳振动而产生弯曲应力。必要时应在钢丝绳连接处配置带有衬垫的保护套。保护套的衬垫应符合下列要求：

——衬垫长度应不小于4d，厚度应不小于0.25d且不大于0.5d（d为钢丝绳公称直径）。

——衬垫应选用肖氏硬度为90HS-95HS的聚氨酯或耐磨的柔性材料，对钢丝绳没有腐蚀作用。

6.2.6 钢丝绳安装、磨合、维护使用应符合GB/T 29086中5.2.3、5.2.4相关规定。

6.2.7 应按照GB/T 9075有关规定，判断钢丝绳是否需要报废或局部更换。

6.3 支架

6.3.1 支架和基础设计应符合GB 50007、GB 50009、GB 50010、GB 50017规定。

6.3.2 计算支架及基础强度时，应考虑下述荷载：

——永久荷载：如结构自重及非结构组成的自重（起吊架、张紧装置、附属装置、固定设备）；

——可变荷载：如钢丝绳产生的力、智能穿梭运输设备产生的力、动荷载、风荷载、冰雪荷载；

——特殊荷载：如脱轨、智能穿梭运输设备碰撞产生的力。

6.3.3 支架的设计应符合下列规定：

——在各种状态下，支架弹性变形应不影响导向装置安全性，不使钢丝绳在鞍座有很大磨损。

——索道运行时，支架顶端在水平面内的扭转角不得超过0.005rad。

——支架采用螺栓连接时应有得当的紧固和防松措施，主要受力螺栓强度等级应不低于8.8级。

——支架承载构件应进行疲劳校核。

6.3.4 支架的材料应符合下列规定：

——应使用钢材或钢筋混凝土（包括预应力混凝土）材料制作的支架。不应使用捆绑拉紧支架。

——在环境温度低于-20℃时，主要承载构件应采用镇静钢。

——支架结构所用开口型钢材壁厚应不小于5mm，钢管材及闭口型钢材壁厚应不小于3mm。管材和闭口型材外表面应有防锈层。

6.3.5 支架基础的设计应符合下列规定：

——支架基础底面边缘的最大压力应不超过修正后地基承载力的1.2倍，其最小压力值应大于0。

——支架基础顶面应高出地面300mm，基础底面应位于正常冰冻深度以下。

——支架基础周围应根据周边环境情况，设边坡护坡等相关安全设施。

6.4 鞍座

6.4.1 支架上的承载索鞍座应为固定式鞍座。

6.4.2 有智能穿梭运输设备通过的鞍座，其曲率半径应满足式（1）的要求：

$$R \geq 0.5v^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

R——固定式鞍座曲率半径，单位：米（m）。

V——智能穿梭运输设备通过鞍座时的运行速度，单位：米每秒（m/s）。

6.4.3 鞍座应有足够长度，保证即使承载索在不利张力和有效载荷增加10%的情况下，两端均留有0.03rad余量。鞍座端部应为圆弧，其半径应不小于承载索直径5倍，长度应不小于承载索直径3倍。

6.4.4 承载索鞍座在钢丝绳移动部分应有对钢丝绳无损害材料制成的衬垫和必要的润滑措施。

6.4.5 承载索鞍座不应限制穿梭运输设备纵向、横向摆动的自由度。

6.4.6 对跨度大、风大地段的支架鞍座，应有不妨碍智能穿梭运输设备运行的防脱索和缓冲辅助装置。

6.5 张紧装置

- 6.5.1 张紧装置通常采用双端锚固张紧，亦可采用重锤张紧或液压张紧。
 6.5.2 采用双端锚固张紧时，宜设张力检测装置。
 6.5.3 采用重锤张紧或液压张紧时，宜设行程控制开关。

7 索道基站

- 7.1 索道基站可分市级索道基站、县级索道基站、乡镇级索道基站、村级索道基站等不同类型，主要提供物流节点服务，可根据需要进行选址、布局，提供业务相关增值服务。
 7.2 索道基站内的机械、电气设备及钢丝绳等应不危及正常操作和维修检查人员人身安全。离地高度小于 2.5m 的运行钢丝绳和设备的外露部分应设安全罩或防护网隔离。
 7.3 固定安装的机械设备与墙壁间的距离应不小于 0.5m，人行通道宽度应不小于 1m。
 7.4 应根据索道基站功能及运营需要，配备必要的专业化、标准化物流设施设备。
 7.5 索道基站及站内设施设备设计应符合消防安全要求。
 7.6 索道基站内未绝缘的钢丝绳、机械设备及所有金属构件应直接接地，定期检查接地电阻值。
 7.7 智能穿梭运输设备在站内的净空尺寸应符合下列要求：
 ——横向摆动值，在站内直线轨道上为 0.08rad，曲线段轨道上为 0.16rad。
 ——纵向摆动值为 0.14rad。
 在计入设备的横、纵向摆动后，其最小净空应符合下列要求：
 ——有行人通行时，距墙应不小于 0.8m。
 ——无行人通行时，距墙应不小于 0.6m，距突出物应不小于 0.3m。
 7.8 智能穿梭运输设备站内轨道应符合下列要求：
 ——轨道及其支撑系统应有足够刚度。
 ——支撑柱间距，直线段应不大于 2 m，曲线段应根据曲率半径不同适当减小。每根轨道支撑点应不少于 2 个，且支撑点与轨道接头处之间的距离应不小于 500mm。
 ——轨道最小平面曲率半径，应符合表 5 规定。

表 5 轨道的最小平面曲率半径

智能穿梭运输设备运行速度/ (m/s)	0.25	0.5
轨道的最小平面曲率半径/m	1.0	2.0

- 轨道的平面反向弧之间应有不小于 0.7m 的直线段。
 ——站内轨道应水平设置。
 ——站内轨道的悬空末端应有智能穿梭运输设备防坠落装置。

8 智能穿梭运输设备

- 8.1 智能穿梭运输设备的设计应符合下列要求：
 ——在允许的纵、横向摆动情况下，应能安全通过索道鞍座，平稳进出站房，顺利完成站内作业。
 ——在允许的纵、横向摆动情况下，其有关部位应与所有导向装置相适应。
 ——其承载部件及其连接部件应便于检查。
 ——其裸露表面应进行防腐、防锈技术处理。

- 在低温环境下使用，其承载部件应采用低温韧性好、延伸率和裂纹延伸小的材料制造。
- 应有开启和关闭灵活、锁定可靠、便于货箱自动复位的锁定装置并对其进行监控。
- 其驱动、吊臂、货箱等组件的连接部件应有防止松弛或自行脱落的技术措施。
- 两端应有缓冲器或缓冲挡块，在有冰雪地区应有刮雪器或破冰装置。
- 应有耐磨轮衬，其弹性模数应不大于 5000N/mm^2 ，槽深应不小于 $0.4d$ (d 为承载索公称直径)。
- 当遇台风、暴雨等突发异常情况时，应可自行锁闭并停止运行。
- 应有脱索保护装置。

8.2 智能穿梭运输设备的设计应计入下列载荷：

- 基本载荷：自重、有效载重。
- 附加载荷：风载荷、冰雪载荷、加减速时产生的惯性力、通过鞍座时离心力所产生的阻力、通过导向装置时产生的阻力等。
- 应特别考虑在承受基本载荷和附加载荷后产生的扭矩。

8.3 智能穿梭运输设备承载构件屈服强度安全系数应不小于 3，疲劳强度安全系数应不小于 1.35。

8.4 智能穿梭运输设备的吊臂组件应符合下列规定：

- 封闭式吊臂或钢管吊臂，其外壁应采取绿色环保的防锈蚀技术措施，壁厚应不小于 2.5mm。
- 非封闭式吊臂，其内外壁应采取防锈蚀技术措施，且在适当位置上设有排水孔。
- 吊臂头部和受力较大的部位不应有横向焊缝。
- 吊臂长度应保证货箱在最大坡度处纵、横向摆动 0.20rad 时不触及索道线路任何部位。
- 弧形和管形吊臂内曲率半径应不小于型材高度或管子外径的 3 倍。

8.5 智能穿梭运输设备的货箱组件应符合下列规定：

- 货箱设计应便于货物装卸载，不应采用底开式装卸设计。
- 货箱应能自动闭锁，闭锁位置应可以检查，货箱门的锁紧力应大于 500N。
- 货箱应有防止内载物异常掉落、泄漏、渗漏的技术措施，箱内不应有排水孔。
- 货箱应有防止受内外部撞击、特殊气候条件影响而被开启的技术措施。

9 智能控制

9.1 智能穿梭运输设备应有智能控制功能，并可进行手动控制、半自动控制、全自动控制的功能选择。

9.2 智能控制的运行指令应符合下列要求：

- 运行指令应至少包括起动、加减速、停车、信号（包括声、光）。
- 起动指令应在所有涉及安全条件都具备时才能生效。
- 停车指令应优先于其他运行指令。
- 应使智能穿梭运输设备通过索道支架前进行自动减速。

9.3 智能穿梭运输设备的智能运行控制应符合下列要求：

- 应设定自动运行、自动导航、定位、路径识别规则。
- 应能在任何时候对其运行状态进行远程控制。
- 应设定自动反馈运行过程及其状态的规则。
- 设备需充电或维护时，应可自运行至相应区域。
- 应有识别阻碍并自动报警功能。设备运行受障碍时，应可自动识别并报警，等待救援。
- 应有进出弯道自动调速功能。设备遇索道弯道或进站时自动减速，出站时自动加速。
- 应有自行判断运行动态平衡功能。设备沿索道弯道或经支架震动时平稳运行。

10 智能运输管理

10.1 应有具备基础数据汇集、处理、反馈等功能的云服务基础设施及其核心组件。

10.2 应建立健全智能运输管理体系,包括但不限于索道智慧物流信息监管中心、设备分拣与智能调度中心、设施设备维护保养中心、索道智慧物流综合服务平台。其功能应符合下列要求:

——索道智慧物流信息监管中心:应能对索道智慧物流流动、静态资源进行监控,对运行故障、紧急突发事件进行及时反馈处理,保障运行安全。

——设备分拣与智能调度中心:应能自行响应基站运力需求,实现自动取货、配载、配送。

——设施设备维护保养中心:应能为运行设备提供安全检测、充电、维护等保障性服务。

——索道智慧物流综合服务平台:应能通过网页、APP、手持终端,为第三方承运、货主、收货人提供物流配送订单处理、物流业务办理、信息查询、货物跟踪、安全溯源等综合服务。

11 接口与数据处理

11.1 应有适配索道智慧物流第三方承运人、上下游服务方的接口,支持数据关联和共享。

11.2 应采用 HTTPS 协议,保障数据通道安全性。请求的消息体应使用 JSON 格式组织数据。

11.3 应对开放接口数据进行安全和保密技术处理。

12 配套设施

12.1 防雷

12.1.1 应采取符合 QX/T 225 要求的防雷技术措施,可根据现场条件集中布置。

12.2 动力环境监控

12.2.1 应有以安全防范为目的的动力环境高清视频监控,支持对系统运行环境、关键设施设备变化情况的高清图像进行采集、传输、显示、存储、回放、控制和管理。其技术应符合 GA/T 1211 有关规定。

12.2.2 监控对象和内容应根据系统安全运行、基础设施设备管理要求进行确定。动力环境监控设备应能真实反映被监控对象变化情况,其安装位置应不影响系统正常运行。

12.3 通讯

12.3.1 采用无线扩频技术,综合利用索道基站、支架、智能穿梭运输设备,构建支持索道智慧物流快线系统正常运行、索道基站到各节点信息交互和指令下达的信号传输通道。

12.3.2 索道节点之间应有独立的备用通讯系统。当部分功能被屏蔽时,工作电话应保持畅通。

13 基础设施共建共享

13.1 应根据索道与移动通信微站、照明、环境监测基础设施共建共享需要,设计硬件、软件接口。

13.2 索道基础设施共建共享应符合相关领域基础设施建设的有关技术规定。

13.3 索道基础设施共建共享涉及的设备安装,应遵循安全可靠、便于维护、整齐美观的原则,不影响索道设施设备及其运行的安全性和稳定性。相关功能模块可根据现场条件就近集中布置。