

中国通信企业协会团体标准

T/CAICI 22—2020

智慧灯杆设计导则

Design guidelines for the smart light pole

2020 - 5 - 20 发布

2020 - 6 - 1 实施

中国通信企业协会 发布

目 次

前言	IV
1 范围	1
2 规范性引用标准	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	2
4.1 一般规定	2
4.2 配置标准	2
4.3 杆件布置	3
5 点位设计	4
5.1 基本要求	4
5.2 重点布设	4
6 杆体结构和基础设计	5
6.1 基本要求	5
6.2 材料要求	5
6.3 构造要求	6
6.4 结构设计要求	6
6.5 荷载和作用	7
6.6 地基与基础	8
7 低压配电	8
7.1 供电等级	8
7.2 负荷计算	9
7.3 配电系统设计	9
7.4 防雷接地	10
7.5 智慧照明	10
8 通信网络设计	11
8.1 通信网络分类	11
8.2 灯杆网络	11
8.3 行业服务专网	11
8.4 灯杆网络组网设计	11
8.5 通信传输及设备接口	12
8.6 通信网络安全	13
9 智慧灯杆配套设施设计	13
9.1 概述	13
9.2 集成机箱设计	13

9.3 灯杆信息标识系统.....	13
10 管理平台设计.....	14
10.1 基本要求.....	14
10.2 基本功能.....	14
10.3 应用系统安全.....	15
11 管线敷设.....	15
11.1 基本要求.....	15
11.2 电力系统传输线路敷设要求.....	16
11.3 通信系统传输线路敷设要求.....	16
附录 A (资料性附录) 单管式杆体计算	17
附录 B (资料性附录) 法兰盘的连接计算	19

前 言

本标准按照GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则编写。

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。

本标准由中国通信企业协会提出并归口。

本标准主要起草单位：北京亦庄智能城市协同创新研究院有限公司、中国信息通信研究院。

本标准参加起草单位：北京亦庄投资控股有限公司、华为技术有限公司、宁波摩尔克斯灯杆技术有限公司、数知（北京）物联科技有限公司、杭州中恒派威电源有限公司、山东三晶照明科技有限公司、郑州西普德科技股份有限公司、浙江一舟电子科技股份有限公司、上海汇珏网络通信设备股份有限公司、深圳远征技术有限公司、广州赛宝联睿信息科技有限公司、河北北方伟业钢结构制造有限公司、义博通信设备集团股份有限公司、河北东方祥瑞通信技术有限公司、京辰时代（北京）节能科技有限公司、林德光电科技南京有限公司、四川天邑康和通信股份有限公司、中天通信技术有限公司、杭州华星创业通信科技股份有限公司、浙江德宝通讯科技股份有限公司、数字之光智慧科技集团有限公司。

本标准主要起草人：郭志英、孙健、于光、刘炜、刘泰、王尧、张红利、叶增辉、郝术华、刘海浪、李福忠、刘广乐、阎传文、王鑫、张庭炎、黄建新、张娜、闫航飞、王秋平、王建忠、朱新艳、何芯锐、周强、郁健刚、张平、王用。

本标准为首次发布。

智慧灯杆设计导则

1 范围

为引导智慧灯杆的集约化建设和规范化工程设计，提高智慧灯杆的设计质量，编制本导则。

本导则适用于新建道路和改扩建道路的智慧灯杆工程设计工作。

本导则明确了智慧灯杆的基础承载、基础通信、基础供电和基础管理功能的设计思路和方法。

智慧灯杆系统工程的设计，除应符合本导则要求外，尚应符合国家、行业及地方有关标准规范的规定。

2 规范性引用标准

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/T 699 优质碳素结构钢

GB T 1173 铸造铝合金

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分

GB/T 6892 一般工业用铝及铝合金挤压型材

GB/T 8733 铸造铝合金锭

GB/T 13912 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法

GB/T 15115 压铸铝合金

GB/T 18592 金属覆盖层钢铁制品热浸镀铝技术条件

GB/T 22239 信息安全技术网络安全等级保护基本要求

GB/T 25070 信息安全技术网络安全等级保护安全设计技术要求

GB/T 25745 铸造铝合金热处理

GB 50009 建筑结构荷载规范

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50217 电力工程电缆设计规范

GB 500068 建筑结构可靠度设计统一标准

CJJ 45 城市道路照明设计标准

JG/T 495 钢门窗粉末静电喷涂涂层技术条件

HG/T 4342 金属显微维式硬度试验方法

QB/T 1551 灯具油漆涂层

YD/T 2378 通信用240V直流供电系统

YD/T 3089 通信用336V直流供电系统

3 术语和定义

3.1

智慧灯杆 smart light pole

智慧灯杆是综合使用有线、无线通信技术，集成多种传感器和便民服务设施，具备照明、监控、环境信息采集、基站、广播、信息屏、充电桩等多种功能的智慧城市基础设施。

3.2

智慧灯杆系统 smart light pole system

由若干智慧灯杆、传输网络和软件平台组成的能够提供相应服务的集成化系统。

3.3

应用子系统 application subsystem

智慧灯杆所搭载的能够对外提供某一种或几种应用服务的子系统，如照明、监控等。应用子系统的服务对象是智慧灯杆的用户或其他客体。

3.4

杆上网关 gateway on pole

放置在灯杆上的网关，功能主要是连接所在灯杆上的不同终端设备，采集设备数据并向上汇集，或向设备分发控制指令。

3.5

信息标识 information identification

智慧灯杆和搭载设备的信息记录和标识，具有唯一性。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 智慧灯杆系统设计宜由杆体设计、基础设计、供配电设计、通信网络设计、管理平台设计等部分构成。

4.1.2 智慧灯杆系统的设计和施工，应遵循“优化配置、适度超前、因地制宜”的原则，智慧灯杆的功能和规模应根据所在区域的应用需求及运营模式等因素综合确定。

4.1.3 智慧灯杆系统的利旧改造应充分考虑所在地区的施工和管理条件，因地制宜，灵活实施。

4.1.4 智慧灯杆系统应根据信息技术发展和应用需求进行集成。

4.2 配置标准

4.2.1 智慧灯杆系统应根据建设所在地道路规划和城市需求进行功能配置并适度超前。智慧灯杆常规应用子系统功能见表 1。

表1 智慧灯杆常规应用子系统功能

位置	应用子系统									
	移动通讯基站	监控摄像机	智慧照明	信息发布屏	公共广播	一键报警和对讲	无线WIFI热点	环境传感器	车联网路侧设备	汽车充电桩
主次干路	★		★					★	★	
主次干路交叉口	★	★	★						★	
交通场站附近	★	★	★		★		★			★
大型园区社区出入口附近	★	★	★			★	★			
交通违法多发和事故易发路段	★	★	★	★		★				
城市快速路主辅道分岔口、立交分岔口	★	★	★						★	
高快速路重要节点、立交、隧道口、区界、市界处	★	★	★						★	
商业街区或商圈繁华路段	★	★	★	★	★	★	★			★
注1：★宜安装。 注2：汽车充电桩设计应与路测停车规划相结合。 注3：智慧灯杆上的应用子系统功能不仅限于表1。										

4.3 杆件布置

4.3.1 设备安装位置

智慧灯杆挂载设备的安装位置应根据其设备功能进行具体规划，一般挂载位置如下：

- a) 杆体顶部：宜安装智慧照明、移动通讯基站、无线通信网关或物联网中继基站等；
- b) 杆体中部：宜安装公共广播设备、信息发布屏、监控摄像机等；
- c) 杆体底部：宜安装一键呼叫、多媒体交互设备、集成机箱，汽车充电桩等。集成机箱可嵌于杆体底座。

4.3.2 挂载设备的尺寸、安装方式、电气线路敷设方式应与智慧灯杆造型匹配。

5 点位设计

5.1 基本要求

5.1.1 智慧灯杆的布设间距应充分考虑智慧灯杆应用子系统的有效覆盖范围，结合用户和业务需求，合理建设。

5.1.2 智慧灯杆的布设应综合考虑城市监控，城市公共 WLAN、5G 基站的覆盖间距要求，结合城市道路照明设计间距要求，灯杆位置尽可能均匀分布。

5.1.3 智慧灯杆建设参照 CJJ 45，进行单侧布置、双侧交叉布置或双侧对称布置。

5.1.4 移动通讯基站、物联网中继基站、无线 WIFI 热点安装高度应满足无线信号覆盖需要。

5.1.5 5G 基站典型覆盖范围：

据目前5G技术研究分析和实验网测试数据，5G基站各种场景下的覆盖范围见表2。

表2 5G 基站典型覆盖范围

挂载高度	基站类型	单载波发射功率	工作频率	理论覆盖范围 (m)			
				密集城区	一般城区/ 县城城区	郊区镇区	农村
12m	宏基站	12.6W 以上	2.6GHZ	250	450	1000	1800
			3.5GHZ	200	300	600	1200
			4.9GHZ	150	250	450	800
	微基站	---	----	150m 以下			
25m	宏基站	12.6W 以上	2.6GHZ	300	600	1400	1900
			3.5GHZ	220	350	400	1300
			4.9GHZ	180	275	550	900
	微基站	----	----	160-180m			

5.2 重点布设

5.2.1 为满足城市监控，无线通信覆盖等功能要求，在以下场所应进行重点布设：

- a) 主干路、次干路及支路的信号灯路口；
- b) 城市快速路主辅道分岔口、立交分岔口；
- c) 高快速路重要节点、立交、隧道口、区界、市界；
- d) 公交专用道、公交场站（包括首末站、综合车场、枢纽站出入口）、路侧公交停靠站；
- e) 道路两侧有繁华商圈、大型社区、园区出入口。

6 杆体结构和基础设计

6.1 基本要求

6.1.1 智慧灯杆结构主要包括杆体、伸臂和基础。

6.1.2 智慧灯杆结构设计时，应从工程实际出发，合理选用材料、结构方案和构造措施，满足结构构件在运输、安装和使用过程中的强度、稳定性和刚度要求，并综合考虑挂载设备的安装空间，符合防腐蚀、防火、防雷和接地要求。宜优先采用通用的和标准化的结构和构件。

6.1.3 杆体高度：智慧灯杆的高度应综合考虑灯具和天线的安装高度要求，并满足当地市政规划的相关要求，其中灯具安装高度应与同侧路灯高度一致。

6.2 材料要求

6.2.1 智慧灯杆采用结构钢时，应符合以下规定：

- a) 智慧灯杆宜采用 Q355B 低合金高强度结构钢、20 号优质碳素结构钢，也可采用 Q390 钢或强度等级更高的结构钢，其质量标准应分别符合 GB/T 1591 和 GB/T 699 中的相关规定；
- b) 智慧灯杆采用的结构钢应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格保证，同时也应有碳含量和冷弯试验的合格保证；
- c) 结构钢材质的杆体应进行防腐处理，保证 20 年以上的防腐性能。可采用表 3 规定的或更优的防腐措施；

表3 智慧灯杆杆体防腐工艺要求

防腐工艺	基本要求	相关规范
热镀锌	表面光洁、锌层均匀，无漏镀、起皮、流坠、锌瘤、斑点及阴阳面等缺陷；经锤击试验锌层不剥离，不凸起。 当杆体壁厚小于 6mm 时，镀锌层厚度不小于 65 μm ； 当杆体壁厚大于或等于 6mm 时，镀锌层厚度不小于 86 μm ；	GB/T 13912
涂料涂装	优选鳞片型锌层涂料，表面光滑均匀，无橘皮、无漏涂等缺陷。涂层厚度不小于 45 μm ，同时要求涂层耐中性盐雾试验时间不低于 720 小时，表面无红锈。	HG/T 4342

- d) 结构钢材质的灯具及其他附属构件，可根据需要进行热镀锌、喷漆或喷塑的防腐处理措施。热镀锌应符合 GB/T 18592 中的相关规定；喷漆应符合 QB/T 1551 中的相关规定；喷塑应符合 JG/T 495 中的相关规定。

6.2.2 智慧灯杆采用铝合金时，应符合以下规定：

- a) 智慧灯杆采用铝合金时，化学成分和力学性能应符合 GB/T 3190、GB/T 15115、GB/T 1173、GB/T 6892、GB/T 8733、GB/T 25745 中的相关规定。铝材表面不应有裂纹、折叠、结疤、夹杂等缺陷；
- b) 铝合金材质的杆体应根据牌号和成型工艺进行必要的力学检测，以满足强度及稳定性的要求；
- c) 压铸杆件不应存在纵向焊缝，横向焊缝焊接应达到二级及以上焊接标准；
- d) 表面处理可采用阳极氧化、喷塑或氟氮喷涂等工艺。

6.2.3 智慧灯杆采用非金属复合材料时，应符合以下规定：

- a) 智慧灯杆采用的非金属复合材料应符合杆体强度及稳定性要求和相应的标准规定；
- b) 智慧灯杆采用的非金属复合材料应具备抗紫外线老化的合格保证；
- c) 智慧灯杆采用的非金属复合材料应符合环保要求；
- d) 非金属复合材料用做天线防护罩时应满足高透波性要求。

6.3 构造要求

6.3.1 智慧灯杆依据其结构类型通常可分为单杆式和组合式：

- a) 单杆式：杆体为圆形或正多边形截面的单根管型结构，设备安装在杆体的指定位置或预留接口处，建设完成后设备位置不能改变。该杆体结构造型简单，造价较低，适用于功能需求较明确的城市道路和高速公路沿线等；
- b) 组合式：杆体由多根构件组合而成，截面可为正方形，长方形、多边形等多种形式。该杆体造型变化丰富，便于与机柜等设备的结合，并可设置插槽型接口，适合设备的安装与扩展。

6.3.2 智慧灯杆在设计上应充分考虑应用子系统的可拓展性，为挂载设备和配套设施预留接口及安装空间。杆体预留接口及安装空间应符合以下要求：

- a) 杆体上预留设备安装空间，内部预留穿线空间；
- b) 预留孔宜呈圆形，如无特殊要求，预留孔的最小宽度应大于 30mm；
- c) 预留孔应打磨光滑，无毛刺、无锐边，加塞防水橡胶泥；
- d) 预留配套传输线缆位置，根据需求预安装配套线缆；
- e) 设备连接件设计具备灵活性，并与挂载设备的重量相适应；
- f) 各系统间应进行物理隔离，避免设备间产生干扰，保证各设备正常运行以及数据采集、传输的准确度和安全性；
- g) 杆体底座设备检修门开口应小于底座直径的 40%，检修门下缘应离地 300mm 以上。

6.3.3 智慧灯杆上监控摄像机、交通信号灯等的伸臂半径及荷载应符合现行标准的相关规定。

6.3.4 除集成现有设备荷载外，杆体荷载还应当适当增加冗余荷载设计，保证后期功能扩展的承重需求。

6.3.5 智慧灯杆各类绝缘件应能够耐热、耐潮湿和耐污秽，支承、覆盖或包裹带电部分与导电部分（特别是在运行时可能出现电弧和按规定使用时出现特殊高温的受热件）的绝缘件不得由于受热等影响致使其安全性降低。

6.4 结构设计要求

6.4.1 智慧灯杆结构设计宜采用以概率论为基础的极限状态设计方法，用分项系数设计表达式进行计算。

6.4.2 智慧灯杆结构设计时，应根据结构破坏可能产生的后果，采用不同的安全等级。一般情况取为二级，其他特殊的智慧灯杆的安全等级应根据具体情况另行确定。

6.4.3 智慧灯杆承重结构应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计：

- a) 承载能力极限状态包括：构件和连接的强度破坏、疲劳破坏和因过度变形而不适于继续承载，结构和构件失稳，结构倾覆；

- b) 正常使用极限状态包括：影响结构、构件正常使用或外观的变形，影响正常使用的振动，影响正常使用或耐久性能的局部破坏（包括基础混凝土裂缝）。

6.4.4 按承载能力极限状态设计智慧灯杆时，应考虑荷载效应的基本组合，必要时尚应考虑荷载效应的偶然组合；按正常使用极限状态设计智慧灯杆时，应考虑荷载效应的标准组合。

6.4.5 在以风荷载为主的荷载标准组合作用下，杆体结构任意点的水平位移不得大于表4的规定。

表4 智慧灯杆结构的水平位移限值

结构类型	水平位移限值	
金属材料	u/H_i	1/40
复合材料	u/H_i	1/25
注1： u —任意点水平位移（与 H_i 高度对应） H_i —任意点高度 注2：在以风荷载为主的荷载标准组合作用下，当杆体结构上挂有特殊设备时，设备所在位置杆身挠度角和扭转角，应满足设备的工艺设计要求。		

6.5 荷载和作用

6.5.1 智慧灯杆承载结构设计时，荷载的标准值、荷载分析系数、荷载组合值系数等应符合 GB 50009 中的相关规定。

6.5.2 结构的重要性系数应符合 GB 500068 中的相关规定。

6.5.3 智慧灯杆承载结构的计算模型和基本假定应尽量与构件连接的实际性能相符合。单管式杆体可按悬臂压弯杆件计算，并应考虑竖向荷载因杆身变形产生的二次效应影响。

6.5.4 风荷载应按如下规定计算：

- 智慧灯杆所承受的风荷载计算应符合 GB 50009 中的相关规定，基本风压按 50 年一遇采用，但基本风压不得小于 0.35 kPa；
- 风荷载的计算应考虑杆体、支臂、灯具、天线及其他附属物的挡风面积；并考虑不同的风荷载作用方向；
- 构件体形系数 μ_s 可按表 5 取用。

表5 构件体形系数（ μ_s ）

截面形式	体型系数 μ_s
圆形	0.6
十六边形及以上	0.8
十二边形	1.0
六边形及八边形	1.2
四边形	1.3

- 移动通信天线的体型系数 μ_s 可按表 6 取用。

表6 移动通信天线的体型系数 (μs)

天线形状	高宽比小于或等于 7	高宽比大于或等于 25
板状	1.3	
棍状	0.8	1.2
注1: : 高宽比为垂直风方向的天线高度和直径的比值; 注2: : 中间取值可以采用插值法。		

6.6 地基与基础

6.6.1 一般规定

- 智慧灯杆的地基基础设计, 应坚持因地制宜、就地取材、保护环境和节约资源的原则, 根据地质情况, 综合考虑杆体结构形式、材料情况与施工条件等因素, 精心设计;
- 对于湿陷性黄土、多年冻土、膨胀土等不良地质情况下的地基基础设计, 尚应符合现行有关标准、规范的规定;
- 当基础处于侵蚀性或受温度影响时, 尚应符合国家现行有关强制性规范的规定, 采用相应的防护措施;
- 基础宜埋置在地下水位以上, 当必须埋在地下水位以下时, 应采取地基土在施工时不受扰动的措施。

6.6.2 地基基础设计时, 所采用的荷载效应最不利组合与相应的抗力限值应按下列规定:

- 按地基承载力确定基础底面积及埋设时, 传至基础上的荷载效应按正常使用极限状态下荷载效应的标准组合;
- 在计算基础内力、确定配件和验算材料强度时, 上部结构传来的荷载效应按承载能力极限状态下荷载效应的基本组合, 采用相应的分项系数。

6.6.3 基础采用刚性短桩或杆体直埋的方式时, 其承载能力可通过力学试验确定。

6.6.4 在改造道路中, 基础需避开旧有管线和既有基础时可采用不对称形状, 其抗倾覆能力按最不利方向计算。

6.6.5 当杆体通过地脚螺栓与基础连接时, 应符合以下规定:

- 杆体底法兰盘螺孔直径与地脚螺栓直径的差值不得大于 10mm;
- 杆体底法兰盘上部地脚螺栓应采用两母一垫, 垫片直径不小于杆体底法兰盘螺孔直径的 1.7 倍, 螺母上外露螺杆长度不小于 20mm;
- 地脚螺栓出基础部分应采取有效的防腐、防松和防盗措施。

7 低压配电

7.1 供电等级

7.1.1 智慧灯杆的供电负荷等级宜为三级。若智慧灯杆所带负荷对中断供电可能造成的影响及损失较大时, 需要依据影响及损失大小确定负荷等级, 并应正确地选择供电方案。

注: 按国家规范, 道路照明负荷为三级负荷。智慧灯杆的建设基础为道路照明灯杆。

7.1.2 市政中压供电宜采用环网式供电（环网柜手拉手形式），以增加供电的可靠性。

7.1.3 智慧灯杆的低压配电系统应与普通照明供电系统同步设计，供电电压采用交流 380V/220V。智慧灯杆设备负荷宜采用独立的低压配电线路供电，且与照明回路分别供电。

7.1.4 智慧灯杆应用子系统需要不间断供电时，该部分设备的供电宜自成回路，根据供电容量配备不间断电源（UPS），UPS 的容量应按 1.3 倍设备容量进行配置，后备时间通常不小于 30 min。

7.2 负荷计算

7.2.1 方案设计阶段宜采用单位指标法；初步设计及施工图设计阶段宜采用需要系数法。

7.2.2 单相负荷应均衡分配到三相上，当单相负荷的总计算容量小于计算范围内三相对称负荷总计算容量的 15% 时，应全部按三相对称负荷计算；当超过 15% 时，应将单相负荷换算为等效三相负荷，再与三相负荷相加。

7.3 配电系统设计

7.3.1 基本原则

- a) 新建市区和道路的市政低压电网应综合考虑智慧灯杆和普通道路照明的综合用电负荷进行先期总体设计；
- b) 配电设计中宜使智慧灯杆设备负荷三相平衡。各相负荷的分配宜保持平衡，最大相负荷电流不宜超过三相负荷平均值的 115%，最小相负荷电流不宜小于三相负荷平均值的 85%；
- c) 智慧灯杆设备配电回路应设保护装置，每组设备单独设置；
- d) 配电系统中性线的截面不应小于相线的导线截面，且应满足不平衡电流及谐波电流的要求；
- e) 分支线路每一单相回路电流不宜超过 30A；
- f) 线路应采用双重绝缘的铜芯导线，支路铜芯导线截面不应小于 2.5mm^2 。

7.3.2 一般规定

- a) 各级低压配电箱宜根据发展留有备用回路；
- b) 由市电引入的低压电源线路，应在电源箱的受电端设置具有隔离作用和保护作用的电器。对于树干式供电系统的配电回路，各受电端均应装设带保护的开关电器；
- c) 配电线路应装设短路保护、过负荷保护及接地故障保护；
- d) 配电回路设计规范如下：
 - 1) 智慧灯杆设备回路与照明回路独立设计时，智慧灯杆设备回路设置独立配电箱。配电箱内应设置总开关以及分路断路器。配电形式及保护要求执行本章节规定；
 - 2) 智慧灯杆设备回路与照明回路共用设计时，宜为智慧灯杆设备回路设置总断路器，再按回路数量配置出线断路器，断路器之间应考虑选择性；
 - 3) 室外分支线路每一单相回路电流不宜超过 30A。交流 380V/220V 三相四线制线路长度一般不超过 300m，并应进行单相接地保护灵敏度的校验。
- e) 智慧灯杆宜设计智能供电模块作为应用子系统的供电接口，智能供电模块宜采用工业级设计标准，低压 48VDC/24VDC/12VDC 直接输出，具备电量计量功能，电源状态可实时监测。

7.3.3 配电线路的保护

智慧灯杆设备线路及智慧灯杆设备在电气故障时，为防止人身电击、电气线路损坏和电气火灾，应装设短路保护、过负荷保护及接地故障保护，用以切断供电电源或发出报警信号。一般采用熔断器、断路器和剩余电流动作保护器进行保护。

7.3.4 直流供电系统

- a) 采用直流供电时，宜采用 DC 拉远集中供电，DC 拉远集中供电宜采用高压直流输电 HVDC（DC 200V~400V）供电方式；
- b) 智慧灯杆直流系统基本控制功能应能通过手动、自动两种方式实现，且能实现转换；
- c) 智慧灯杆直流配电电压等级宜为 200V~400V，宜优先选用 240V 或 336V，且应符合 YD/T 2378 或 YD/T 3089 中的关规定；
- d) 直流配电保护应按直流特性选择相应的保护电器；
- e) 系统的安全防护应设置过电流保护、电击防护、热效应防护、过电压防护和电磁干扰防护；
- f) 每个直流供电回路始端均应装设直流过负荷及短路保护电器；
- g) 直流供电电缆长期允许载流量应大于回路最大工作电流；
- h) 应安装对地绝缘监测装置作为漏电保护措施。

7.4 防雷接地

7.4.1 智慧灯杆应与灯杆照明防雷接地系统同期设计。应在灯杆顶端设置接闪装置，接闪装置与引下线可靠连接成电气闭合通路。金属灯杆应与接闪装置可靠焊接，且金属灯杆通长可靠联结成等电位体并与接地装置可靠焊接。具体技术要求参见 GB 50057。

7.4.2 采用 TT 接地系统时应采用剩余电流保护器作接地故障保护，剩余电流动作保护自动切断电源。动作电流不宜小于正常运行时最大泄漏电流的 2.0~2.5 倍。

7.4.3 每根智慧灯杆处应设置等电位联结。智慧灯杆金属杆体及构件、配电及控制箱屏等的外露可导电部分，应进行保护接地。

7.4.4 智慧灯杆就地配电箱处应设置第一级 SPD 作为防电涌保护措施，并应符合 GB 50057 中的相关规定。

7.4.5 漏电保护

- a) 为保证人身安全，开关箱中漏电保护器的额定漏电动作电流不应大于人体安全电流：交流额定动作电流 $\leq 30\text{mA}$ ；直流额定动作电流 $\leq 150\text{mA}$ ；额定漏电动作时间 $\leq 0.1\text{s}$ ；
- b) 为保证多级保护的选择性，下一级额定漏电动作电流应小于上一级额定漏电动作电流，各级额定漏电动作电流应有 1.2~2.5 倍级差；
- c) 漏电保护器的选择和防护等级应与使用环境条件相适应，宜采用电磁式漏电保护器，选择漏电保护器的额定漏电动作电流值时，应充分考虑线路和设备可能发生的正常泄露电流值；
- d) 漏电保护器标有负载侧和电源侧时，应按规定安装接线，不得反接；漏电保护器负载侧的中性线不得与其他回路共用；
- e) 采用直流供电时，应安装对地绝缘监测装置。

7.5 智慧照明

7.5.1 智慧灯杆应与智慧照明系统同期设计，基于物联网技术的照明控制系统应能实现单灯控制、状态监测、参数设置、数据处理、系统管理等功能。

7.5.2 状态监测控制系统应具有系统运行状态自动监测功能，包括：

- a) 运行参数：电压、电流、功率、功率因数等运行参数和运行状态；
- b) 能耗数据：时段用电量、总用电量等；
- c) 故障信息：通信异常、电力线路异常、单灯故障等信息，并故障报警；
- d) 环境信息：光照度等环境参数。

8 通信网络设计

8.1 通信网络分类

智慧灯杆网络应考虑本期智慧灯杆挂载设备的通信传输要求和远期通信功能预留。分为灯杆网络和行业服务专网。灯杆网络和行业服务专网物理隔离，相互独立。

8.2 灯杆网络

8.2.1 灯杆网络是实现智慧灯杆自监测功能并提供应用子系统通信服务的专用网络。

8.2.2 灯杆网络随智慧灯杆系统同步建设，并考虑以下设计因素：

- a) 灯杆网络尽可能承载非必须物理隔离通信要求的应用子系统，可包括无线 WIFI 热点、智慧照明、环境传感器、公共广播、信息发布屏，汽车充电桩等多种功能；
- b) 为提高系统可靠性，智慧灯杆网络交换设备可采用双链路上联方式或采用光纤通信环网组网方式；
- c) 如光纤链路资源紧张，可考虑采用支持 PON 技术的无源光网络及终端网络交换设备进行光纤资源的综合利用；
- d) 有线网络部署困难时，可采用无线传输或混合传输技术，并进行通信质量评估。

8.2.3 智慧灯杆宜设计杆上网关作为共杆应用子系统的通信接口，杆上网关可集合光端机、路由器、交换机、协议栈和安全芯片等功能，实现系统设备对接、信息采集、信息输入、信息输出、集中控制、远程管理和联动应用。

8.3 行业服务专网

8.3.1 行业服务专网是由于行业限制和安全要求，设备挂载在智慧灯杆上但不能与灯杆网络集成通信，必须单独建设的通信网络。

8.3.2 行业服务专网可根据设备挂载需求分步建设，行业服务专网通信方式和线路敷设要求由设备使用单位提出。

8.3.3 可通过灯杆网络汇聚机房进行行业服务专网的网络对接。

8.4 灯杆网络组网设计

8.4.1 灯杆网络可利用有线网络、无线网络等通信技术组网，组网设备包括杆上网关、交换机、路由器等设备。

8.4.2 管理平台与各智慧灯杆宜基于 TCP/IP 协议进行通信，IP 协议宜采用 IPV4/IPV6；智慧灯杆杆上网关交换设备及应用子系统的通信地址应进行统一规划，并按设备功能进行 VLAN 分组，避免出现网络广播风暴。

8.4.3 采用以太网技术组网时，灯杆网络的逻辑组网方式可分成以下两种：

- a) 三层架构，智慧灯杆末端为接入层、数据传输为汇聚层、管理平台端为核心层，智慧灯杆到管理平台通过 TCP/IP 协议进行三层路由的数据交换；
- b) 两层架构：智慧灯杆末端为接入层、管理平台为核心层，智慧灯杆到管理平台通过 TCP/IP 协议进行两层数据交换。

8.4.4 三层网络架构可有效抑制广播风暴，且相对较易扩展，智慧灯杆系统宜优先采用三层组网方式。

8.4.5 无线 WIFI 热点、环境传感器、物联网中继基站、公共广播等其他设备直接接入杆上网关设备，再传输到汇聚机房内交换设备。

8.4.6 智慧灯杆有线网络拓扑：

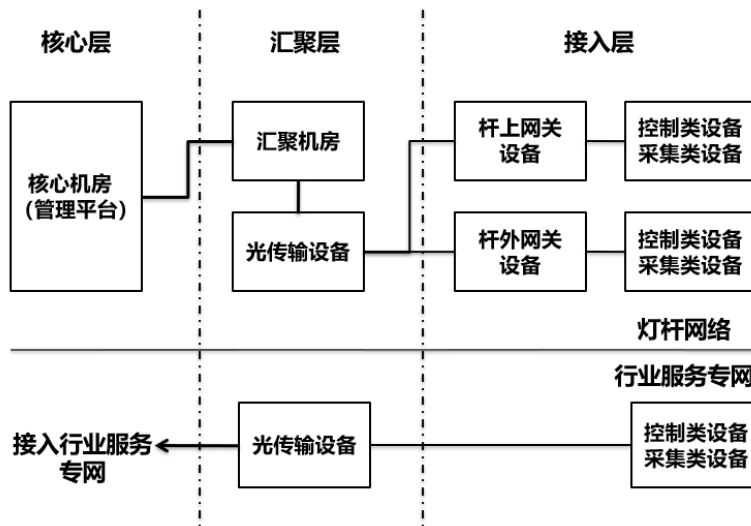


图1 智慧灯杆有线网络拓扑示意图

8.5 通信传输及设备接口

8.5.1 常规应用子系统的通信传输接口类型及传输方式可参考表7。

表7 常规应用子系统的通信传输接口类型及传输方式

设备名称	接口类型	常见传输方式
智慧照明	网口或串口	有线或无线
监控摄像机	网口或串口	有线或无线
移动通讯基站	网口或串口	有线
无线 WIFI 热点	网口	有线
环境传感器	网口或串口	有线或无线
公共广播	网口	有线
信息发布屏	网口或 VGA/HDMI 接口	有线
一键报警和对讲	网口	有线
汽车充电桩	网口	有线或无线

8.5.2 光纤组网应采用单模光纤，并考虑光纤备份，光纤预留需求可参考表 8。

表8 光纤预留

设备类型	光纤纤芯需求数量
灯杆网网关	2
专网设备（例：公安监控摄像机）	2
微基站	2
宏基站	6

8.6 通信网络安全

8.6.1 智慧灯杆作为信息设备的载体和信息收集的前端，应保证本地数据采集和传输的安全，在远程管理侧建立可实时监测预警的技术防范手段，一旦发现智慧灯杆侧网络终端或设备异常，应立即告警并进行辅助检测。

8.6.2 应在汇聚机房、核心机房的网络边界部署访问控制、防火墙、安全网关等设备，开启必要的网络攻击防护功能，确保网络传输不易被非法入侵和攻击失效。

8.6.3 宜建设网络安全监测平台，实现对智慧灯杆通信传输网络稳定性和安全性的实时监测。

8.6.4 宜建设网络运行监控中心，制定并严格落实网络运行管理制度，从软件工具、运行机制、保障措施等多方面确保通信信息在通信网络的传输安全。

8.6.5 对于有特殊要求的智慧灯杆通信网络建设，相关安全设计可参考 GB/T 22239 和 GB/T 25070。

9 智慧灯杆配套设施设计

9.1 概述

智慧灯杆配套设施即为满足智慧灯杆管理和应用子系统的正常使用需要而配套建设的服务性设施。

9.2 集成机箱设计

9.2.1 集成机箱设计宜考虑小型化、模块化，可独立设置也可与智慧灯杆一体设计。

9.2.2 独立集成机箱可安装在灯杆上也可安装在便道上，机箱内应预留配电盘、网络接入设备和网关设备安装空间，有汽车充电桩设计的需考虑汽车充电桩设备的配电回路。

9.2.3 集成机箱应考虑所安装设备的防尘、防水、通风散热问题，保证所安装设备的正常运行工况。

9.2.4 集成机箱应考虑不同设备间的电磁干扰和影响。机箱内做合理布局，便于设备安装和维护，并预留设备扩充空间。

9.2.5 集成机箱宜设置远程监测报警系统，包括机箱锁远程开启管理，门磁状态监测、温湿度监测报警等功能。

9.3 灯杆信息标识系统

9.3.1 智慧灯杆信息标识系统宜包括基础信息、功能信息、附加部件信息和维护信息。

9.3.2 基础信息包括智慧灯杆的通用常规信息，如产品编号、地理位置、维护单位等。

9.3.3 功能信息包括照明智慧化、运维信息化、承载设备等功能包含的相关信息。

9.3.4 附加部件信息包括灯臂、灯具、井盖、缆线、配电箱信息等。

9.3.5 维护信息包括智能灯杆维护作业的相关信息。

10 管理平台设计

10.1 基本要求

10.1.1 智慧灯杆管理平台主要对智慧灯杆及应用子系统进行管理、控制、运行监控、运维等功能。

10.1.2 智慧灯杆管理平台应支持云化部署和集约化管理，管理平台分为设备管理平台和业务管理平台。

10.1.3 智慧灯杆管理平台宜与杆上挂载的设备子系统形成联动功能。

10.1.4 平台应具有开放性和兼容性，兼容多种通信接口和传输协议，并能够实现与其他管理平台之间的数据传输和交换。

10.2 基本功能

10.2.1 地图管理

- a) 地图管理应结合地理信息系统（GIS）将所有杆件位置信息载入管理平台，形成站点地图，对资产种类、资产状态、资产信息等进行统一展示；
- b) 地图管理应具备统一授权管理机制，对访问者进行角色及权限双重认证功能；
- c) 地图管理应具备显示各种资产的真实地理位置功能；
- d) 地图管理宜具备按资产分类进行检索及显示不同类别资产图标功能；
- e) 地图管理宜具备资产状态实时更新功能，实时预警功能；
- f) 地图管理宜具备资产大屏监控运维功能。

10.2.2 资产管理

- a) 资产管理应对资产基本信息、数据操作日志、数据维护等进行统一管控；
- b) 资产管理应具备统一授权管理机制，对访问者进行角色及权限双重认证功能；
- c) 资产管理宜具备按资产分类划分不同模块进行资产数据管理功能；
- d) 资产管理宜具备以智慧灯杆为载体，与各种挂载设备进行数据对接、实时数据访问及数据维护功能；
- e) 资产管理宜具备各类资产数据统计、数据查询、数据导入/导出功能；
- f) 资产管理宜具备对各类资产二维码生成和扫描查询功能。

10.2.3 资产维护

- a) 资产维护应对资产巡检、事件上报及审核、资产工单处理等进行统一管控；
- b) 资产维护应具备统一授权管理机制，对访问者进行角色及权限双重认证功能；
- c) 资产维护宜具备兼容多家运维组织，各自对不同资产进行巡检运维功能；
- d) 资产维护宜具备移动互联网模式，通过移动端进行日常巡检、事件上报工作功能；
- e) 资产维护宜具备资产巡检、事件上报、工单处理、资产状态变更等闭环流程体系。

10.2.4 监控报警

- a) 监控报警宜具备对智慧灯杆的集成机箱远程监测报警系统实时在线监测功能；
- b) 监控报警宜具备对智慧灯杆电源模块和杆上网关等设备进行实时在线监测功能；
- c) 监控报警宜具备通信网络故障报警和中断报警功能；
- d) 监控报警宜具备对低压配电系统的配电故障报警和断电报警功能。

10.3 应用系统安全

10.3.1 管理平台登录用户应具备统一授权管理机制，对访问者登录进行角色及权限双重认证。

10.3.2 管理平台应具备系统内信息或数据不能被未经系统管理员授权的非法用户进行篡改的能力。

10.3.3 管理平台应用系统应具备自动生成应用系统日常用户行为日志的能力。

10.3.4 操作系统应具备系统自动检测漏洞与恢复的能力。

10.3.5 基础应用程序如数据库、Web、ftp、mail、DNS 及其他各种系统守护进程应具备自动检测漏洞与恢复的能力。

10.3.6 平台应用系统数据库宜采用双机热备主从模式，便于系统数据保存备份，为数据库管理员恢复系统数据提供保障。

10.3.7 对于有特殊要求的智慧灯杆管理平台，相关安全设计可参考 GB/T 22239 和 GB/T 25070。

11 管线敷设

11.1 基本要求

11.1.1 智慧灯杆系统的管线敷设包括强电管线和弱电管线，宜进行统一规划、统一设计、统一建设和统一管理。

11.1.2 新建道路的线缆应入地敷设；现有电力、通信等架空线缆具备入地敷设条件的，应入地敷设。

11.1.3 智慧灯杆旁应设计穿线手孔井，强弱电管线应分别单独穿管敷设，强弱电管路敷设距离按照 GB 50217 标准要求敷设。

11.1.4 布线系统的选择和敷设，应避免因环境温度、外部热源、浸水、灰尘聚集及腐蚀性或污染物质存在等外部影响对布线系统带来的损害，并应防止在敷设和使用过程中因受撞击、振动、电线或电缆自重和建筑物的变形等各种机械应力作用而带来的损害。

11.1.5 金属导管、可挠金属电线保护套管、刚性塑料导管（槽）及金属线槽等布线，应采用绝缘电线和电缆。在同一根导管或线槽内有多个回路时，所有绝缘电线和电缆都应具有与最高标称电压回路绝缘相同的绝缘等级。

11.1.6 室外供电电缆布线用的管、标志带或电缆盖砖，为便于辨认，应有适当的颜色或标志，以区别于其他用途的电缆。

11.1.7 除下列回路的线路可穿在同一根导管内外，其他回路的线路不应穿于同一根导管内。

- a) 同一设备或同一流水作业线设备的电力回路和无防电磁干扰要求的控制回路；

- b) 穿在同一根管内绝缘导线总数不超过 8 根,且为同一照明灯具的几个回路或同类照明的几个回路。

11.1.8 电缆直埋时应在冻土层下敷设,并应在电缆上下分别均匀铺设 100 mm 厚的细沙或软土,且覆盖混凝土保护板或类似的保护层,通过道路时应穿钢管保护。同一沟内直埋电缆不宜多于 8 根。

11.2 电力系统传输线路敷设要求

11.2.1 导体材料及电缆芯数的选择:配电线路宜选用铜芯电缆或导线。对于 TN-S 系统,三相应选用五芯电缆,单相应选用三芯电缆;采用 TT 系统时,应选用四芯电缆。

11.2.2 线路绝缘水平:电缆配线为 0.6/1.0kV,导线一般为 0.4kV。

11.2.3 绝缘材料、护套及电缆防护结构的选择:

- a) 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电缆由于制造工艺简单、价格便宜、质量轻、耐酸碱、不延燃等优点,适用于一般工程;
- b) 交联聚乙烯电缆具有结构简单、允许温度高、载流量大、质量轻的特点,宜优先选用;
- c) 直埋电缆宜选用能承受机械张力的钢丝或钢带铠装电缆;
- d) 穿管敷设宜选用带外护套不带铠装的电缆;
- e) 空气中敷设的电缆,有防鼠害、蚁害要求的场所,应选用铠装电缆。

11.3 通信系统传输线路敷设要求

11.3.1 根据智慧灯杆集成需求和组网方案、考虑机房分布位置进行光缆路由设计,管路设计中应进行一定预留,可采用多孔格栅管或塑料管道进行敷设。

11.3.2 智慧灯杆的通信管路宜与大市政道路通信管道进行连接,每段交叉路口之间不少于一个连接点。

附 录 A
(资料性附录)
单管式杆体计算

A.1 杆体受弯压时应考虑管壁局部稳定的影响。

A.1.1 圆形杆体考虑到管壁局部稳定的影响，应按下列公式进行验算：

$$\frac{N}{A} + \frac{M}{W} \leq \mu_d f \dots\dots\dots (A.1)$$

a) 对 Q235 钢：

$$\mu_d = \begin{cases} 1.0 & \frac{D}{t} \leq 148.5 \\ 0.586 + \frac{73.85}{\left(\frac{D}{t}\right)} - \frac{1832.5}{\left(\frac{D}{t}\right)^2} & 148.5 \leq \frac{D}{t} \leq 300 \end{cases} \dots\dots\dots (A.2)$$

b) 对 Q355 钢：

$$\mu_d = \begin{cases} 1.0 & \frac{D}{t} \leq 114.6 \\ 0.565 + \frac{66.62}{\left(\frac{D}{t}\right)} - \frac{1926.5}{\left(\frac{D}{t}\right)^2} & 114.6 \leq \frac{D}{t} \leq 245 \end{cases} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

N ——所计算截面的轴心压力设计值 (N)；

M ——所计算截面的弯矩设计值 (N·mm)；

W ——截面抗弯模量 (mm^3)；

μ_d ——设计强度修正系数；

D ——圆形单管塔外径 (mm)；

t ——圆形单管塔壁厚 (mm)。

A.1.2 多边杆体考虑到管壁局部稳定影响，应按式(A.1)进行验算，其中 μ_d 按下列式计算：

a) 正六边形和八边形:

$$\mu_d = \begin{cases} 1.0 & \sqrt{f_y} \frac{b}{t} \leq 683 \\ 1.42(1.0 - 0.000434\sqrt{f_y} \frac{b}{t}) & 683 \leq \sqrt{f_y} \frac{b}{t} \leq 958 \end{cases} \dots\dots\dots (A.4)$$

b) 正十二边形

$$\mu_d = \begin{cases} 1.0 & \sqrt{f_y} \frac{b}{t} \leq 630 \\ 1.45(1.0 - 0.000491\sqrt{f_y} \frac{b}{t}) & 630 \leq \sqrt{f_y} \frac{b}{t} \leq 958 \end{cases} \dots\dots\dots (A.5)$$

c) 正十六边形

$$\mu_d = \begin{cases} 1.0 & \sqrt{f_y} \frac{b}{t} \leq 565 \\ 1.42(1.0 - 0.000522\sqrt{f_y} \frac{b}{t}) & 565 \leq \sqrt{f_y} \frac{b}{t} \leq 958 \end{cases} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

b ——多边形杆体单边宽度 (mm);

t ——多边形杆体壁厚 (mm);

f_y ——钢材的屈服强度 (MPa)。

附 录 B
(资料性附录)
法兰盘的连接计算

B.1 杆体和基础的连接法兰盘、杆体间的连接法兰盘及伸臂与杆体间的连接法兰盘可按以下方法进行验算。

B.1.1 有加劲肋法兰螺栓的拉力，应按下列规定计算。

a) 当法兰盘仅承受弯矩 M 时，普通螺栓拉力按下式计算：

$$N_{t \max} = \frac{M \cdot y'_n}{\sum (y'_i)^2} \leq N_t^b \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

$N_{t \max}$ ——距旋转轴② y'_n 处的螺栓拉力(N)；

y'_i ——第 i 个螺栓中心到旋转轴②的距离(mm)；

N_t^b ——每个螺栓的受拉承载力设计值。

b) 当法兰盘承受拉力 N 和弯矩 M 时，普通螺栓拉力分两种情况计算：

1) 螺栓全部受拉时，绕通过螺栓群形心的旋转轴①转动，按下式计算：

$$N_{t \max} = \frac{M \cdot y'_n}{\sum y_i^2} + \frac{N}{n_o} \leq N_t^b \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

$N_{t \max}$ ——距旋转轴① y_n 处的螺栓拉力(N)；

n_o ——该法兰盘上螺栓总数

2) 当按式(B.2)计算任一螺栓拉力出现负值时，螺栓群并非全部受拉，此时绕旋转轴②转动，按下式计算：

$$N_{t \max} = \frac{(M + Ne)y'_n}{\sum (y'_i)^2} \leq N_t^b \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

$N_{t \max}$ ——距旋转轴② y'_n 处的螺栓拉力(N)；

e ——旋转轴①与旋转轴②之间的距离 (mm)。

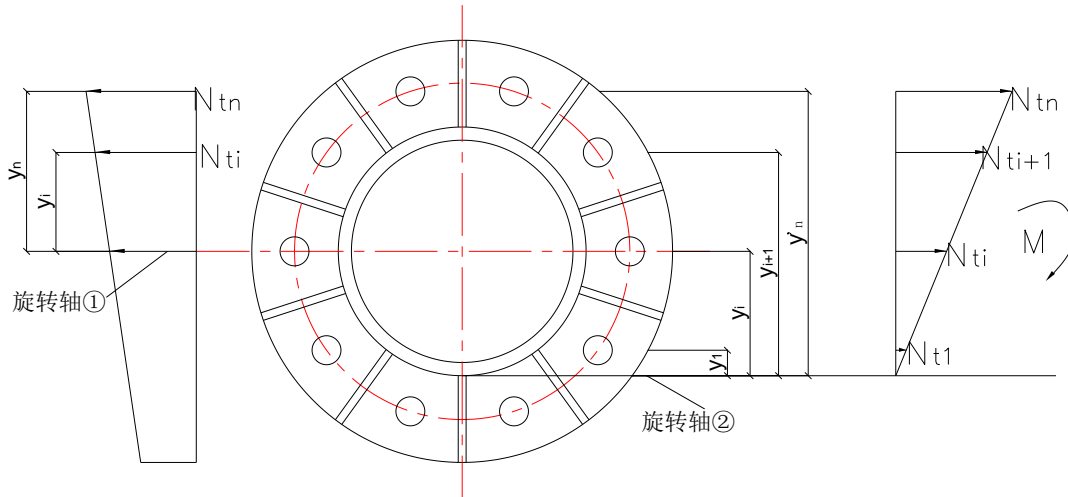
3) 当法兰盘承受轴向压力 N' 和弯矩 M 时，此时绕旋转轴②转动，普通螺栓拉力按下式计算：

$$N_{t \max} = \frac{(M - Ne)y'_n}{\sum (y'_i)^2} \leq N_t^b \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

$N_{t \max}$ ——距旋转轴② y'_n 处的螺栓拉力 (N)，出现负值则表示法兰螺栓不受拉；

对圆形法兰盘，取螺栓的形心为旋转轴①，钢管外壁接触点切线为旋转轴②（图B.1）。



图B.1 法兰盘

B.1.2 有加劲肋的法兰盘底板厚度应按下式计算：

$$t \geq \sqrt{\frac{5M_{\max}}{f}} \dots\dots\dots (B.5)$$

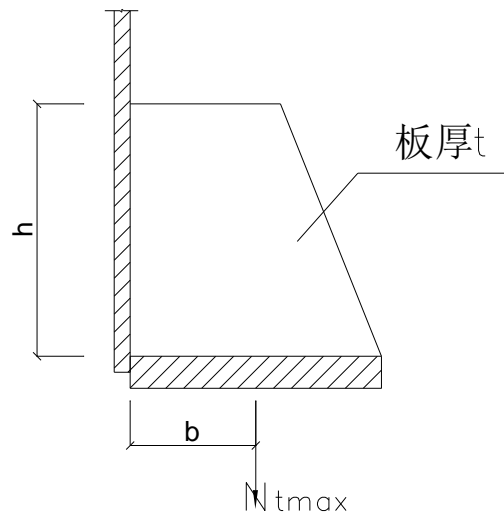
式中：

t ——法兰盘底板厚度 (mm) ；

f ——法兰盘钢材的抗弯强度设计值 (N/mm²) ；

M_{\max} ——法兰盘底板单位宽度最大弯矩，可按三边支撑矩形板近似计算。

B.1.3 法兰盘加劲肋板，应进行如下计算（图B.2）。



图B.2 肋板计算示意

$$\text{剪应力验算: } \tau = \frac{N_{t \max}}{h \cdot t} \leq f_v \dots\dots\dots (\text{B. 6})$$

$$\text{正应力验算: } \sigma = \frac{5N_{t \max} \cdot b}{h^2 \cdot t} \leq f \dots\dots\dots (\text{B. 7})$$

式中:

f_v ——肋板钢材的抗剪强度设计值 (N/mm^2);

f ——肋板钢材的抗弯强度设计值 (N/mm^2);

t ——加劲肋板的厚度 (mm)。

B.1.4 无加劲肋的法兰盘螺栓, 应按下列公式计算(图B.3)。

a) 当杆件只受轴心受拉作用时:

一个螺栓所对应的管壁段中的拉力:

$$N_b = N / n \dots\dots\dots (\text{B. 8})$$

一个螺栓所承受的最大拉力:

$$N_{t \max} = mN_b \frac{a+b}{a} \leq N_t^b \dots\dots\dots (\text{B. 9})$$

式中:

m ——法兰盘螺栓工作条件系数, 取0.63;

n ——法兰盘上螺栓数目;

N ——杆件的轴向拉力 (N)。

b) 当杆件受轴拉(压)力及弯矩共同作用时:

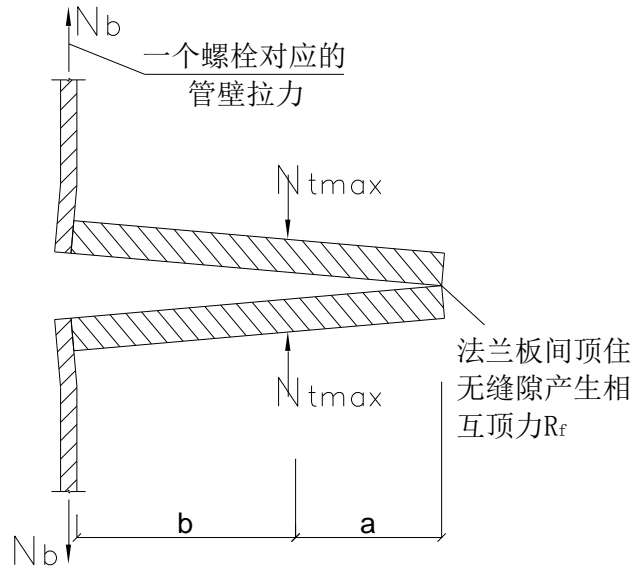
一个螺栓所对应的管壁段中的拉力:

$$N_b = \frac{1}{n} \left(\frac{M}{0.5R} + N \right) \dots\dots\dots (B. 10)$$

式中:

- M ——法兰盘所受弯矩 ($N \cdot mm$);
- N ——法兰盘所受轴向力 (N), 压力时取负值;
- R ——钢管的外半径 (mm)。

一个螺栓所承受的最大拉力可按式(B. 9)计算。



图B. 3 无加劲肋法兰螺栓受力

B. 1. 5 无加劲肋的法兰盘底板, 应按下列公式计算 (图B. 4)。

$$\text{顶力: } R_f = N_b \cdot \frac{b}{a} \dots\dots\dots (B. 11)$$

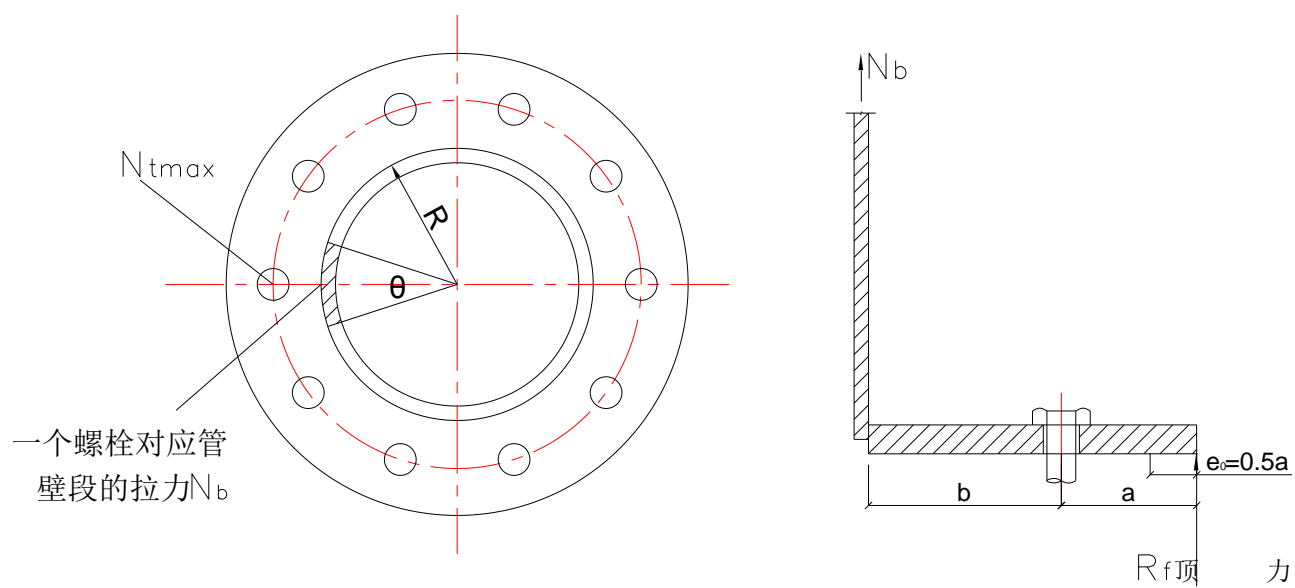
$$\text{法兰板剪应力: } \tau = 1.5 \cdot \frac{R_f}{t \cdot s} \leq f_v \dots\dots\dots (B. 12)$$

$$\text{法兰板正应力: } \sigma = \frac{5R_f \cdot e_0}{s \cdot t^2} \leq f \dots\dots\dots (B. 13)$$

$$s = (R + b) \cdot \theta \dots\dots\dots (B. 14)$$

式中:

- s ——螺栓的间距 (mm);
- R_f ——法兰板之间的顶力 (N);
- θ ——两螺栓之间的圆心角, 弧度。



图B.4 无加劲肋法兰板受力示意