



中华人民共和国国家标准

GB/T 31067—2014

桥梁防雷技术规范

Technical code for protection of bridge against lightning

2014-12-22 发布

2015-06-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 防雷设计 2

 4.1 一般规定 2

 4.2 接闪器 2

 4.3 引下线 3

 4.4 接地 3

 4.5 防雷等电位连接 4

 4.6 电气和电子系统 4

5 防雷施工 5

 5.1 一般规定 5

 5.2 接闪器 5

 5.3 引下线 5

 5.4 接地装置 6

 5.5 防雷等电位连接 6

 5.6 电气和电子系统 6

 5.7 桥梁施工现场防雷安全技术规定 7

6 防雷工程质量检测与验收 7

 6.1 一般规定 7

 6.2 质量检测项目 7

 6.3 工程验收程序 8

 6.4 质量检测及验收标准 8

7 维护与管理 8

 7.1 维护 8

 7.2 管理 9

附录 A (规范性附录) 桥梁接闪器和引下线的材料、结构与最小截面 10

附录 B (资料性附录) 索塔接闪装置设置方法 12

附录 C (规范性附录) 桥梁闪电侧击高度计算方法 14

附录 D (资料性附录) 桥梁整体防雷装置安装图 16

附录 E (资料性附录) 桥梁接地电阻测试与计算方法 17

附录 F (资料性附录) 桥墩基础接地装置图 20

附录 G (资料性附录) 斜拉索或主缆上接闪带安装方法 22

附录 H (资料性附录) 桥墩辅助人工接地板设置方法 25

附录 I (资料性附录)	桥梁伸缩装置等电位连接方法	26
附录 J (资料性附录)	钢筋混凝土箱梁防雷装置等电位连接图	27
附录 K (资料性附录)	桥梁防雷装置施工检查记录表	29

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国雷电防护标准化技术委员会(SAC/TC 258)归口。

本标准主要起草单位：重庆市防雷中心。

本标准主要起草人：李良福、覃彬全、李家启、陈宏、曾理、任艳、糜翔、骆方、李黎、刘青松、余蜀豫、何静、杨磊、刘俊、林涛。

桥梁防雷技术规范

1 范围

本标准规定了桥梁防雷设计、施工、防雷工程质量检测与验收和维护与管理等内容。

本标准适用于新建、改建、扩建梁式桥、拱式桥、刚构桥、斜拉桥、悬索桥等钢结构或钢筋混凝土结构桥梁的防雷设计、施工、验收及防雷装置的维护与管理。

本标准不适用于木桥、圬工桥、立交桥、人行天桥、高架桥以及高速铁路桥防雷。

其他经评估存在雷电灾害风险的已建桥梁可参照本标准执行。

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 18365 斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件

GB 18802.1 低压电涌保护器(SPD) 第1部分:低压配电系统的电涌保护器 性能要求和试验方法

GB/T 18802.12 低压配电系统的电涌保护器(SPD) 第12部分:选择和使用导则

GB/T 18802.21 低压电涌保护器 第21部分:电信和信号网络的电涌保护器(SPD)——性能要求和试验方法

GB/T 18802.22 低压电涌保护器 第22部分:电信和信号网络的电涌保护器(SPD) 选择和使用导则

GB/T 21431 建筑物防雷装置检测技术规范

GB/T 21714.3 雷电防护 第3部分:建筑物的物理损坏和生命危险

GB/T 21714.4 雷电防护 第4部分:建筑物内电气和电子系统

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准

GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范

GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范

GB 50601 建筑物防雷工程施工与质量验收规范

CJJ 2 城市桥梁工程施工与质量验收规范

CJJ 99 城市桥梁养护技术规范

GBJ 124 道路工程术语标准

JGJ 46 施工现场临时用电安全技术规范

3 术语和定义

GBJ 124、GB 50057、GB/T 21714.3 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

梁式桥 beam bridge

以梁或桁架梁作为上部结构主要承重构件的桥梁。

3.2

上承式拱桥 deck arch bridge

桥面系位于拱桥上部结构拱肋上部的桥梁。

3.3

中承式拱桥 half-through arch bridge

桥面系位于拱桥上部结构拱肋中部的桥梁。

3.4

下承式拱桥 through arch bridge

桥面系位于拱桥上部结构拱肋下部的桥梁。

3.5

斜拉索 stay cable

斜拉桥中连接索塔与桥面系的拉索。

3.6

主缆 main cable

悬索桥中通过索塔悬挂并锚固于两岸(或桥两端)的缆索(或链索)。

3.7

吊杆 suspender

悬索桥中连接主缆与桥面系的受拉构件或中、下承式拱桥中连接拱肋和桥面系的受拉构件,也称吊索。

3.8

低水位 low water level

桥梁下部水体在枯水季节的最低水位。

4 防雷设计

4.1 一般规定

4.1.1 桥梁防雷设计,应在认真调查桥梁所在地的地理、地质、土壤、气象、环境等条件和雷电活动规律的基础上,依据桥梁雷电灾害风险评估报告,按本标准和规范性引用文件的规定进行防雷设计,做到安全可靠、技术先进、经济合理。

4.1.2 桥梁防雷设计,应优先利用其自然构件(例如,互联钢筋、金属钢架、金属体等)作外部防雷装置(LPS),当无法利用其自然构件的,应专门设置 LPS 进行防雷保护。

4.1.3 桥梁防雷设计,除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

4.2 接闪器

4.2.1 桥梁易受直接雷击部位应设置接闪器。桥梁接闪器的材料、结构与最小截面见附录 A。

4.2.2 悬索桥、斜拉桥索塔顶部应设置接闪器。接闪带应沿索塔顶部外沿明敷,接闪杆应有效保护索塔顶部航空障碍灯等相关附属设施,其高度应根据滚球法(滚球半径 45 m)计算确定。

4.2.3 当索塔形式为 H 形、门形、菱形时,应在上横梁或顶横梁上部外沿处设置明敷接闪带。索塔接闪装置设置方法参见附录 B。

4.2.4 悬索桥主缆和斜拉桥外缘斜拉索应明敷接闪带,抱箍式固定架间距不宜大于 2 m,接闪带两端应分别与索塔和桥面防雷装置相连,并应考虑接闪带与主缆、斜拉索之间膨胀系数差异的影响。悬索桥可利用通过螺栓或焊接连接形成电气连通的主缆检修通道两侧金属护栏作为接闪带。

4.2.5 中、下承式拱桥应在拱肋顶部设置接闪杆,接闪杆高度不宜小于 3 m,并沿拱肋外沿设置接闪带,

当拱肋为钢结构时,可利用其钢架作为接闪带。

4.2.6 高出桥面的照明灯杆、栏杆等金属设施可利用其作为接闪装置,并应连接到桥梁主体接地装置上。

4.2.7 当斜拉桥和悬索桥的索塔高度超过桥梁闪电侧击高度时,应自该高度起每隔 10 m 沿索塔四周设置水平接闪带。桥梁闪电侧击高度计算方法见附录 C。

4.2.8 斜拉索、吊杆的高强度钢丝应设置高密度聚乙烯护套保护,其厚度应符合 GB/T 18365 的要求。

4.2.9 经雷电灾害风险评估认定,桥梁缆索护套、斜拉索和吊杆上的灯饰等附属设施存在较大风险时,宜在桥面横向外侧面设置防侧击雷的接闪带,可沿斜拉索、吊杆平行或垂直方向设置接闪带,其间距不应大于 10 m,并应考虑接闪带与主缆、斜拉索之间膨胀系数差异的影响。

4.2.10 当桥墩高度超过低水位 45 m 时,应自低水位 45 m 起每隔 12 m 沿桥墩四周设置水平接闪带,并应与桥墩引下线连接。

4.3 引下线

4.3.1 宜利用桥梁结构钢筋或钢结构作引下线,引下线上端应与接闪器等电位连接,中部与桥面等电位连接带连接,下端与承台下层钢筋、桩基内主筋连接,并在适当部位预留作为等电位连接和测试点的端子。桥梁引下线的材料、结构与最小截面见附录 A。桥梁整体防雷装置安装图参见附录 D。

4.3.2 利用桥墩钢结构或桥墩钢筋混凝土内钢筋作为引下线的,单个墩柱内引下线不应少于 2 根,并应沿墩柱四周均匀对称布置,其间距沿周长计算不应大于 18 m。当桥墩间距沿桥梁纵向大于 18 m 时,应在间距大于 18 m 的两端桥墩处增设 2 根引下线。

4.3.3 悬索桥、斜拉桥索塔应利用钢结构或钢筋混凝土内竖向钢筋作引下线,单个塔柱内引下线不应少于 4 根,并应沿塔身四周均匀对称布置。

4.3.4 当桥面主梁采用箱梁时,应利用钢筋混凝土箱梁内竖向钢筋作箱梁引下线,并与桥墩引下线连接。

4.3.5 当无法利用索塔或桥墩结构内钢筋作引下线时,应在塔身或墩身外侧专设引下线,并与桥梁接闪器、桥面等电位连接带和基础接地装置连接,引下线防接触电压和跨步电压措施应符合 GB 50057 的规定。

4.4 接地

4.4.1 应利用桥墩基础、桥台基础内的钢构体或钢筋混凝土内钢筋作为防雷接地装置,主桥各桥墩接地电阻不宜大于 10 Ω 。当接地电阻大于 10 Ω 时,高土壤电阻率地区可参照 GB 50057,通过扩大接地装置所包围面积的方法,使防雷接地电阻达到要求。

设计时应首先计算利用桥墩基础作自然接地装置时的接地电阻,当接地电阻值不能满足设计要求时应增设人工接地体。桥梁接地电阻测试与计算方法参见附录 E。

4.4.2 利用桥梁基础内钢筋作接地装置的,应符合下列规定:

- a) 利用敷设在基础混凝土中作为接地装置的普通钢筋单桩不得少于 2 根;
- b) 利用基础混凝土中作为接地装置的竖向钢筋应每隔不大于 6 m 用箍筋焊接一次;
- c) 当采用桩基础时,应利用钻孔桩、挖孔桩或管桩内 2 根直径不小于 16 mm 的主筋与桩基承台底部钢筋网连接。如采用钢桩,应将每根钢桩端部与桩基承台连接,其装设方法参见 F.1;
- d) 当采用沉井或沉箱基础时,宜利用钢筋混凝土井壁四周竖向主钢筋与顶盖承台钢筋网连接。当井壁无钢筋或无法利用其钢筋时,应沿每个井孔井壁内侧敷设直径不小于 16 mm 的圆钢(或同等截面积可用作接地体的其他金属材料),并在每个井孔底部敷设基底水平接地板,该基底水平接地板与井壁内侧敷设的圆钢(或同等截面积可用作接地体的其他金属材料)连接,用作人工辅助接地体。当采用钢沉井时,应将钢沉井壁整体与顶盖承台连接,且连接点不得少于

2处,其装设方法参见F.2;

- e) 当采用地下连续墙基础时,应利用墙体单元槽段内钢筋笼2根直径不小于16 mm的竖向主筋与顶板或帽梁钢筋连接,并与桥面主梁防雷装置连接,其装设方法参见F.3;
- f) 承台顶部和底部钢筋网、顶板或帽梁上下层钢筋应相互电气连通,并与桥面主梁防雷装置连接。

4.4.3 采用桩基础时,宜在其底部设置基底水平接地板,其材质可采用镀锌钢板或铜板,并采取外表面涂防腐层等防腐措施。

4.4.4 当桥墩基础内钢筋经过环氧树脂防护,且混凝土包覆在绝缘的防水层内时,应沿墩身周围增设厚度不小于5 mm的人工接地铜板,其面积和数量应根据设计接地电阻值确定,铜板与基础接地引下线之间用截面积不小于100 mm²铜质连接带连接,连接点不宜小于4处。

4.4.5 当无法利用桥梁基础作接地装置或利用桥梁基础接地装置的工频接地电阻达不到要求时,水体中的桥墩可按照4.4.4规定敷设人工接地体,陆地的桥墩应按照GB 50057中接地装置的要求敷设人工接地体,人工接地体应与桥墩引下线连接。

4.5 防雷等电位连接

4.5.1 桥梁的金属构件之间应进行等电位连接,并应符合GB 50057中等电位连接和本标准的规定。

4.5.2 桥面布置与构造的等电位连接应符合下列规定:

- a) 桥面纵向两侧应设置截面积不小于100 mm²,厚度不小于4 mm的热镀锌扁钢,作为桥面等电位连接带,并与桥墩引下线连接。两侧的等电位连接带之间应每隔25 m采用截面积不小于100 mm²,厚度不小于4 mm的热镀锌扁钢作等电位连接,桥面伸缩缝两侧的等电位连接带应作U形自由变形处理;
- b) 桥面上的灯杆、广告牌、爬梯、电梯架、交通指示牌等附属金属设施应与桥面等电位连接带连接;
- c) 防撞护栏、桁架、金属栏杆、金属隔离带、行车架等纵向通长金属物应沿桥面纵向每隔25 m与等电位连接带连接,并应在首末端作接地处理;
- d) 桥面通长布设的各类电力、通信、信号等金属线缆或金属管道应与等电位连接带连接。

4.5.3 桥面等电位连接带应在桥墩位置相应处和桥梁纵向每隔不大于30 m与主梁、钢筋混凝土箱梁、钢箱梁、钢桁梁作连接。

4.5.4 主缆、斜拉索、吊杆与索塔或主梁锚固处的金属锚具应就近与已接地的桥梁金属体作连接。

4.5.5 加劲钢箱梁的接头处应采取等电位连接措施,地锚式悬索桥主钢缆和钢箱梁与大地相连的锚锭应与接地装置连接。

4.6 电气和电子系统

4.6.1 桥梁及其附属工程供电变压器高、低压端应分别安装适配的避雷器和电涌保护器(SPD),并做好接地。低压配电系统的电涌保护器(SPD)应符合GB 18802.1的要求,选择和使用应符合GB/T 18802.12的规定。

4.6.2 引入桥梁的低压配电线路宜全线采用电缆直接埋地敷设。如条件限制,可采用架空线,并应使用一段金属铠装电缆或护套电缆穿钢管直接埋地引入,其埋设长度不应小于 $2\sqrt{\rho}$,且在架空线与电缆转接处应装设电涌保护器(SPD)。

注: ρ 为埋电缆处的土壤电阻率(单位为 Ωm)。

4.6.3 桥梁收费系统、安防系统等电子系统的防雷设计应符合GB 50343、GB/T 21714.4的规定。

5 防雷施工

5.1 一般规定

5.1.1 桥梁的防雷施工,应根据经设计审核合格后的施工文件进行施工。

5.1.2 桥梁工程防雷中使用的防雷产品应符合 GB 50601 的规定,并应通过相关法定机构检验和备案。

5.1.3 从事桥梁防雷工程的施工单位应取得相应的施工资质,并在资质等级许可的范围内从事防雷工程的施工。施工人员、资质和计量器具应符合 GB 50601 的规定。

5.1.4 桥梁防雷施工,除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

5.2 接闪器

5.2.1 敷设在索塔上的明敷接闪带宜采用与索塔顶部同材质的金属材料,其材料、规格和最小截面应符合附录 A 的要求。明敷接闪带应沿索塔外缘敷设,在转角处应随形弯曲,弯曲角度不应小于 120° ,安装应平正顺直,固定点支持件间距均匀、固定可靠,每个支持件应能承受大于 49 N (5 kg)的垂直拉力。固定支架高度不宜小于 150 mm ,固定支架的间距不应大于 2 m ,固定支架应均匀,支架离外沿距离宜不大于 10 mm 。

5.2.2 设置在斜拉桥最外缘斜拉索上的接闪带材料、规格和最小截面应符合附录 A 的要求,接闪带固定支架可设置为抱箍形式,利用支持架将整段接闪带可靠固定在拉索的上方,并每隔 6 m 在接闪带上设置一个弯头,以弥补二者伸缩长度的差异。在斜拉索上设置接闪带时,宜采用不锈钢抱箍片夹在斜拉索两侧,抱箍片均呈半圆环状,半圆环两端向外弯折,各形成一个安装耳,安装耳用螺栓进行固定,并在预留较长的安装耳一端处采用固定焊接或活动抱箍方式装设接闪带,抱箍片与拉索之间可安装橡胶垫层。斜拉索或主缆上接闪带安装方法参见附录 G 中 G.1~G.3。

5.2.3 设置在斜拉索、吊杆横桥向外侧表面的防侧击雷装置应装设在高密度聚乙烯护套外,安装示意图参见图 G.4。

5.2.4 斜拉桥内侧拉索防侧击雷接闪带宜采用抱箍方式设置在高密度聚乙烯护套外侧,接闪带上端应与索塔水平接闪带或引下线连接,下端应与桥面等电位连接带连接。接闪带抱箍设置方法可参见 5.2.2。

5.2.5 悬索桥吊杆防侧击雷接闪带宜采用抱箍方式设置在高密度聚乙烯护套外侧,接闪带上端应与主缆顶部接闪带连接,下端应与加劲梁钢筋架连接。接闪带抱箍设置方法可参见 5.2.2。

5.2.6 中、下承式拱桥吊杆防侧击雷接闪带宜采用抱箍方式设置在高密度聚乙烯护套外侧,接闪带上端应与钢筋混凝土拱肋的主钢筋或钢架拱肋连接,下端应与桥面等电位连接带连接。接闪带抱箍设置方法可参见 5.2.2。

5.3 引下线

5.3.1 引下线之间的连接,以及引下线与接闪器、均压环、等电位连接带、接地装置之间的连接应采用焊接或卡接方式,连接方法应符合 GB 50601 的规定。

5.3.2 当利用桥梁混凝土内钢筋作为自然引下线时,应配合土建施工按设计要求找出钢筋位置,在隐蔽记录中作出图示记录,并在钢筋上作好标示,随着钢筋连接至顶部,并应符合 GB 50601 中引下线安装的规定。

5.3.3 在桥梁墩柱外侧增设专设引下线时,宜采用 2 根直径不小于 16 mm 的镀锌圆钢或 $50\times 4\text{ mm}$ 镀锌扁钢敷设,并与墩内基础引下线连接。明敷引下线应调查后方可进行安装,并应符合 GB 50601 中引下线安装的规定。

5.3.4 当桥面主梁或钢筋混凝土箱梁与桥墩之间采用支座连接时,应在桥面主梁或箱梁底部和桥墩顶

部分别设置引下线预留接地端子,并将预留接地端子通过截面积不小于 50 mm^2 的铜质连接带连接,该连接处应留有一定冗余。

5.3.5 设置在地面上的桥墩应设置引下线接地测试点,测试点材料应采取防腐措施。

5.4 接地装置

5.4.1 设置在桥梁基础土壤中的人工辅助接地体埋设深度不应小于 0.5 m 。

5.4.2 桥墩桩基础底部的水平接地板宜采用 $500\text{ mm}\times 500\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ 的镀锌钢板敷设,并与挖孔桩、钻孔桩钢筋笼或钢桩底部焊接连通,与桩基础结合组成接地体。

5.4.3 当桥墩设置在水中时,应在基础承台施工完毕并开始修筑墩身时,按照 GB/T 21431 的规定采用三极法测试桥墩接地电阻,并通过计算确定桥梁整体接地电阻。当接地电阻不能满足要求时,应在墩身低水位线下 0.5 m 处增设人工辅助接地板,并与桥墩预留接地端子连接,桥墩辅助人工接地板设置方法参见附录 H。

5.4.4 桥梁用作接地的钢筋应采用搭接焊或机械连接,钢筋垂直相交处应加 L 型过渡钢筋跨接,连接方法应符合 GB 50601 的规定。

5.5 防雷等电位连接

5.5.1 桥梁用作防雷装置的钢筋混凝土主梁、箱梁内纵向钢筋应保证电气贯通,遇非金属伸缩缝处应采用铜编织带等软连接方式。

5.5.2 桥面等电位连接带在伸缩装置处应做好电气连接。当伸缩装置采用 U 形镀锌铁皮型、钢梳齿板型、钢板叠合型等金属装置时,应将等电位连接带与伸缩装置两端连接。当采用橡胶式、模数式等含有橡胶材料的伸缩装置时,应将伸缩缝两端的等电位连接带用截面积不小于 50 mm^2 铜质连接带进行 U 形等电位跨接。桥梁伸缩装置等电位连接方法参见附录 I。

5.5.3 桥面铺装层钢筋网应与钢筋混凝土桥面板钢筋或钢桥面板在桥面纵向每隔 30 m 作等电位连接。

5.5.4 钢筋混凝土箱梁的顶板上下层钢筋、底板下层钢筋应与腹板内外侧钢筋闭合焊接。钢筋混凝土箱梁防雷装置等电位连接图参见附录 J。

5.5.5 桥梁纵向每隔不大于 30 m ,箱梁横向两侧顶板上层钢筋应各引出 1 根长度不小于 100 mm 、截面积不小于 100 mm^2 的热镀锌扁钢或圆钢作预留件,该预留件应与桥面等电位连接带连接。

5.5.6 桥梁电力和信号线缆、电缆桥架、金属屏蔽管等管线设置在桥面中分带、主梁下侧等位置时,应每隔 30 m 从桥面等电位连接带外引一根截面积不小于 100 mm^2 的热镀锌扁钢或圆钢到管线处,作为金属线缆和管线的接地预留端子。当金属线缆和管线设置在箱梁内时,可从已与防雷装置连接的每一跨箱梁两端腹板内侧钢筋外引接地预留端子。

5.5.7 桥梁灯饰等附属设施的金属导线宜全线采用屏蔽层的电缆敷设,屏蔽层应选用铁磁材料,其两端应就近与桥梁防雷装置连接。

5.5.8 悬索桥吊杆处的金属套管上下端应分别与拱肋和桥面的防雷装置连接。中、下承式拱桥的钢结构拱脚应通过引下线与接地装置连接。

5.6 电气和电子系统

5.6.1 桥梁收费系统、安防系统等电子系统的防雷工程施工应符合 GB 50343 及 GB 50601 中电涌保护器安装的规定。

5.6.2 安装的电涌保护器(SPD)应符合 GB/T 18802.21 的要求,选择和使用应符合 GB/T 18802.22 的规定。

5.7 桥梁施工现场防雷安全技术规定

5.7.1 桥梁施工现场内的起重机、井字架、龙门架、吊机、打桩机等机械设备,以及金属脚手架和正在施工的金属结构在相邻接闪器的保护范围以外且机械设备高度大于或等于 JGJ 46 中规定的需安装防雷装置的高度时,应安装外部防雷装置。当最高机械设备上接闪器的保护范围能覆盖其他设备且最后退出现场时,则其他设备可不设防直击雷装置,但应做接地处理。

5.7.2 桥梁施工现场内机械设备或设施的防雷引下线可利用该设备或设施的金属结构体,但应保证电气连通。

5.7.3 桥梁施工现场内机械设备上的接闪杆长度宜为 1 m~2 m。

5.7.4 安装接闪杆的机械设备,所有固定的动力、控制、照明、信号及通信线路,宜采用金属铠装电缆敷设。钢管与该机械设备的金属结构体应做电气连接。

5.7.5 桥梁施工现场的电气设备宜做重复接地保护,其接地电阻值应符合 JGJ 46 的要求。

5.7.6 桥梁施工现场高度超过 20 m 的钢模板,长度超过 20 m 钢箱梁、钢桁架等大型金属设施,就位后应采取防雷接地措施。

5.7.7 桥梁施工现场内所有防雷装置的接地电阻值不得大于 30 Ω 。

5.7.8 桥梁施工单位宜与当地气象部门建立雷电天气预警预报信息接收的工作机制,当雷电天气来临时,桥梁施工现场内应停止露天作业。

6 防雷工程质量检测与验收

6.1 一般规定

从事桥梁防雷装置质量验收检测单位必须具备相应的法定防雷装置检测资质,并审查桥梁的雷电灾害风险评估报告、防雷设计和施工隐蔽资料,根据防雷装置布局、材料、构造、系统布线、安装工艺等情况,结合当地气象卫星云图、雷达回波、闪电监测等资料,制定相应的防雷检测方案。桥梁防雷装置施工检查记录表参见附录 K。

6.2 质量检测项目

6.2.1 接地装置验收项目应包含:

- 接地装置的结构和安装位置;
- 接地体的埋设间距、深度、安装方法;
- 接地装置的接地电阻;
- 接地装置的材质、连接方法、防腐处理;
- 施工检测及隐蔽工程记录。

6.2.2 等电位接地端子板(等电位连接带)验收项目应包含:

- 等电位连接带的安装位置、材料规格和连接方法;
- 等电位连接网络的安装位置、材料规格和连接方法;
- 电子系统的导电物体、各种线路、金属管道以及信息设备的等电位连接;
- 绝缘导线和绝缘层。

6.2.3 电涌保护器(SPD)验收项目应包含:

- 电涌保护器(SPD)的安装位置、连接方法和连接导线规格;
- 电涌保护器(SPD)接地线的导线长度、截面;
- 各级电涌保护器(SPD)的参数选择及能量配合。

6.2.4 引下线验收项目应包含:

- a) 引下线的安装位置、材料规格和连接方法；
- b) 引下线的数量、间距。

6.2.5 接闪器验收项目应包含：

- a) 接闪带与引下线钢筋的连接；
- b) 接闪带的材料规格及敷设方式；
- c) 明敷接闪带的固定支架间距、高度；
- d) 闭合环路情况；
- e) 接闪杆的安装位置、高度、材料规格；
- f) 接闪杆针的保护范围。

6.2.6 屏蔽验收项目应包含：

- a) 桥梁电子系统机房和设备屏蔽设施的安装；
- b) 进出桥梁的电源、信号线缆屏蔽设施安装情况。

6.3 工程验收程序

6.3.1 工程完工后，建设单位应向防雷行政主管部门提出防雷工程验收申请，并提供以下材料：

- a) 防雷装置设计技术评价意见书；
- b) 防雷装置全套竣工图纸；
- c) 防雷产品出厂合格证、安装记录和国家认可防雷产品测试机构出具的测试报告；
- d) 防雷装置安全检测报告；
- e) 防雷装置隐蔽工程施工及测试记录；
- f) 雷电灾害风险评估报告；
- g) 其他资料。

6.3.2 建设单位在防雷工程验收后，应将如下资料移交档案管理部门归档：

- a) 防雷装置设计技术评价意见书；
- b) 防雷装置全套竣工图纸；
- c) 防雷装置隐蔽工程施工及测试记录；
- d) 防雷装置安全检测报告；
- e) 防雷装置竣工验收合格证；
- f) 雷电灾害风险评估报告；
- g) 其他资料。

6.4 质量检测及验收标准

6.4.1 桥梁防雷装置施工应经过监理与法定防雷技术服务单位的隐蔽检查、验收后方可进行下一步工序。

6.4.2 桥梁防雷装置验收应参照 GB 50601、GB/T 21431 的标准执行。当采取分项验收时，检验批的划分应符合 GB 50303 的规定。

6.4.3 桥梁防雷工程质量检验应符合 CJJ 2 的要求。

6.4.4 桥梁防雷工程验收不合格时，应按 GB 50300 的规定进行处理。

7 维护与管理

7.1 维护

7.1.1 桥梁防雷装置的维护分为周期性维护和日常性维护两类，应符合 CJJ 99 中防雷装置维护的

规定。

7.1.2 每年在雷雨季节到来之前,应对桥梁进行一次全面防雷检测,包括接闪器、引下线、接地装置、等电位连接、电涌保护器(SPD)等检测项目。对重要桥梁,还应由管养单位每月进行一次防雷安全检查。

7.1.3 日常性维护,应在每次雷击之后进行。在雷电活动强烈的地区,对防雷装置应随时进行检查,包含:

- a) 检测桥梁外部防雷装置的电气连续性,若发现有脱焊、松动和锈蚀等,应进行相应的处理,特别是在断接卡或接地测试点外,应进行电气连续性测量。
- b) 检查接闪杆、接闪带和引下线的腐蚀情况及机械损伤,包括由雷击放电所造成的损伤情况。若有损伤,应及时修复或更换。
- c) 测试接地装置的接地电阻值。若测试值大于规定值,应检查接地装置和土壤条件,找出变化原因,采取有效的整改措施。
- d) 检查桥梁内部金属设备等电位连接的电气连续性,若发现连接处松动或断路应及时修复。
- e) 检查电涌保护器(SPD)的运行情况,是否符合 GB/T 21431 中电涌保护器(SPD)的规定,出现故障应及时排除。

7.2 管理

7.2.1 防雷装置应由专职或兼职人员负责管理。

7.2.2 当行人有可能接触到防雷装置时,应设置防雷安全警示标志。

7.2.3 防雷装置投入使用后,应建立档案管理制度。对防雷装置的设计、安装、隐蔽工程图纸资料、年度检测记录等,均应及时归档,妥善保管。

7.2.4 建立雷电灾害定期安全检测制度,并建立雷电灾害应急预案。

7.2.5 当发生雷击事故后,应及时报告防雷主管部门,协助调查分析原因和雷电灾害损失,提出改进防护措施。

附录 A

(规范性附录)

桥梁接闪器和引下线的材料、结构与最小截面

A.1 桥梁接闪线带(网)和引下线的材料、结构与最小截面技术指标见表 A.1。

表 A.1 桥梁接闪线带(网)和引下线材料、结构与最小截面技术指标表

材料	结构	最小截面/mm ²	备注 ^j
铜, 镀锡铜 ^a	单根扁铜	50	厚度 2 mm
	单根圆铜 ^a	50	直径 8 mm
	铜绞线	50	每股线直径 1.7 mm
	单根圆铜 ^{c,d}	176	直径 15 mm
热浸镀锌钢 ^a	单根扁钢	50	厚度 2.5 mm
	单根圆钢 ⁱ	50	直径 8 mm
	绞线	50	每股线直径 1.7 mm
	单根圆钢 ^{c,d}	176	直径 15 mm
不锈钢 ^e	单根扁钢 ^f	50 ^h	厚度 2 mm
	单根圆钢 ^f	50 ^h	直径 8 mm
	绞线	70	每股线直径 1.7 mm
	单根圆钢 ^{c,d}	176	直径 15 mm
外表面镀铜的钢	单根圆钢(直径 8 mm)	50	镀铜厚度至少 70 μm, 铜纯度 99.9%
	单根扁钢(厚 2.5 mm)		

^a 热浸或电镀锡的锡层最小厚度为 1 μm。
^b 镀锌层宜光滑连贯、无焊剂斑点, 镀锌层圆钢至少 22.7 g/m²、扁钢至少 32.4 g/m², 镀锌钢不能应用于斜拉索或主缆上作为接闪带。
^c 仅应用于接闪杆。当应用于机械应力没达到临界值之处, 可采用直径 10 mm、最长 1 m 的接闪杆, 并增加固定。
^d 仅应用于入地之处。
^e 宜采用 304 不锈钢。
^f 对埋于混凝土中的不锈钢, 其最小尺寸宜增大至直径 10 mm 的 78 mm²(单根圆钢)和最小厚度 3 mm 的 75 mm²(单根扁钢)。
^g 在机械强度没有重要要求之处, 50 mm²(直径 8 mm)可减为 28 mm²(直径 6 mm)。并应减小固定支架间的间距。
^h 当温升和机械受力是重点考虑之处, 50 mm² 加大至 75 mm²。
ⁱ 避免在单位能量 10 MJ/Ω 下熔化的最小截面是铜为 16 mm²、铝为 25 mm²、钢为 50 mm²、不锈钢为 50 mm²。
^j 截面积允许误差为 -3%。

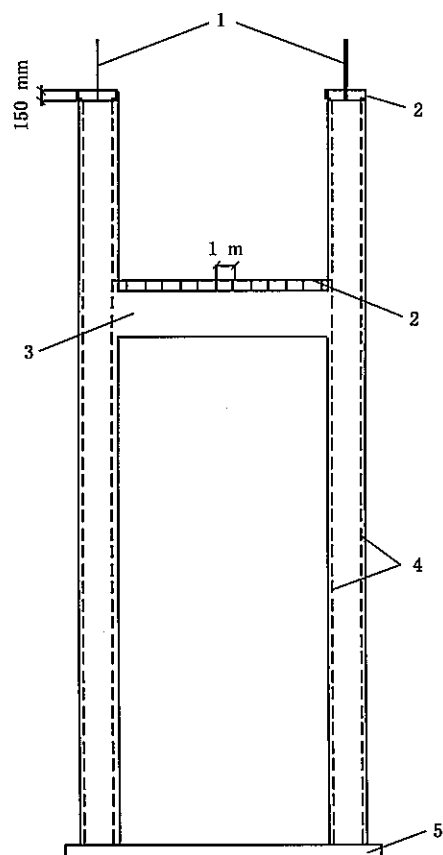
A.2 桥梁接闪杆最小直径技术指标见表 A.2。

表 A.2 桥梁接闪杆最小直径技术指标表

杆长 m	热镀锌圆钢 mm	钢管 mm
<1	12	20
1~2	16	25
>2	20	40

附录 B
(资料性附录)
索塔接闪装置设置方法

B.1 H 型索塔接闪器安装见图 B.1。

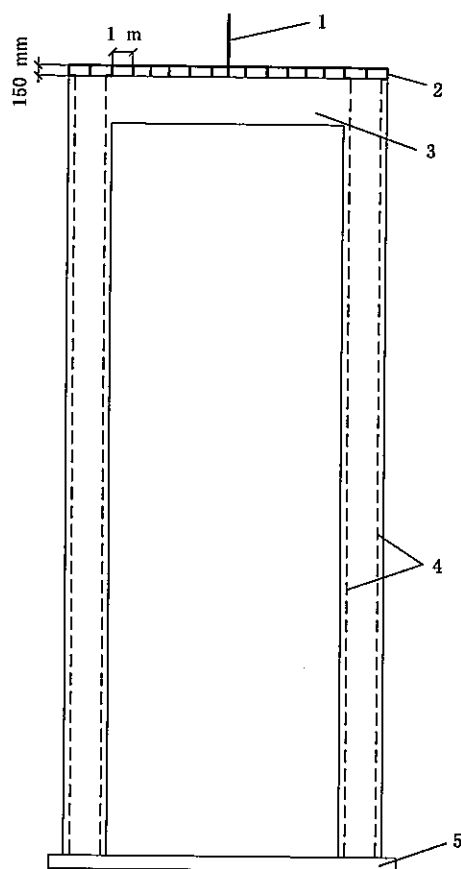


说明：

- 1——接闪杆；
- 2——明敷接闪带；
- 3——上横梁；
- 4——索塔引下线；
- 5——桥面。

图 B.1 H 型索塔接闪器安装图

B.2 门型索塔接闪器安装见图 B.2。



说明：

- 1——接闪杆；
- 2——明敷接闪带；
- 3——顶横梁；
- 4——索塔引下线；
- 5——桥面。

图 B.2 门型索塔接闪器安装图

附录 C

(规范性附录)

桥梁闪电侧击高度计算方法

C.1 索面垂直于桥面时防侧击雷保护范围按式(C.1)计算,垂直索面防侧击雷保护范围见图 C.1。

$$H = \sqrt{h_r^2 - (h_r - b)^2} + h \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

H ——闪电侧击高度,单位为米(m);A、B点为滚球(半径为45 m)与桥面灯杆(或栏杆)和索面的切点;

h_r ——桥梁滚球半径为45 m;

b ——索面距桥面外侧灯杆或栏杆C、D点之间的宽度,单位为米(m);

h ——桥面外侧灯杆或栏杆B、C点之间的高度,单位为米(m)。

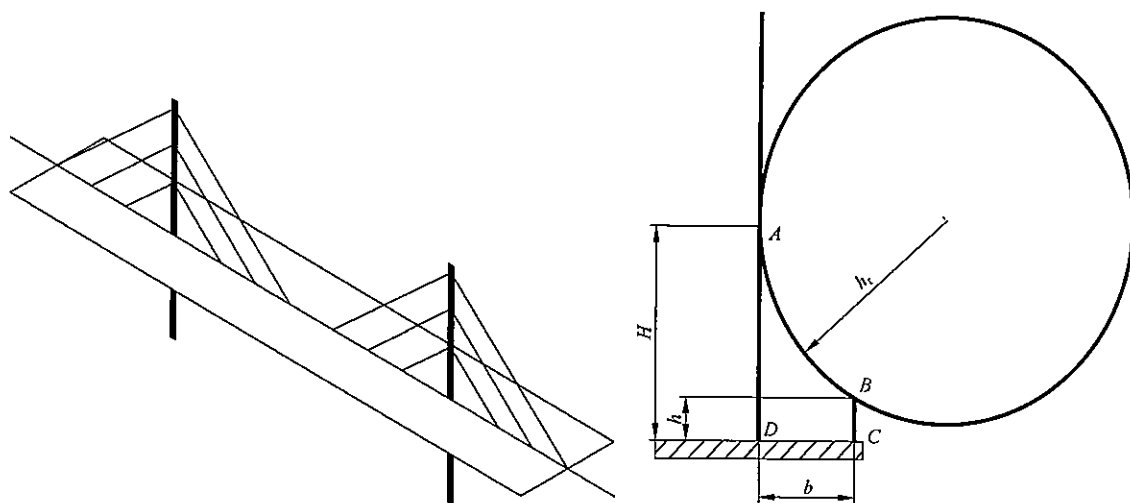


图 C.1 垂直索面防侧击雷保护范围

C.2 索面不垂直于桥面时防侧击雷保护范围按式(C.2)计算,斜索面防侧击雷保护范围见图 C.2。

$$H = \sqrt{h_r^2 - \left[h_r - \sin\left(\pi - \theta - \arctan \frac{h}{b}\right) \sqrt{b^2 + h^2} \right]^2} + \cos\left(\pi - \theta - \arctan \frac{h}{b}\right) \sqrt{b^2 + h^2} \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

H ——闪电侧击高度,单位为米(m);A、B点为滚球(半径为45 m)与桥面灯杆(或栏杆)和索面的切点;

h_r ——桥梁滚球半径为45 m;

h ——桥面外侧灯杆或栏杆B、C点之间的高度,单位为米(m);

b ——索面距桥面外侧灯杆或栏杆C、D点之间的宽度,单位为米(m)。

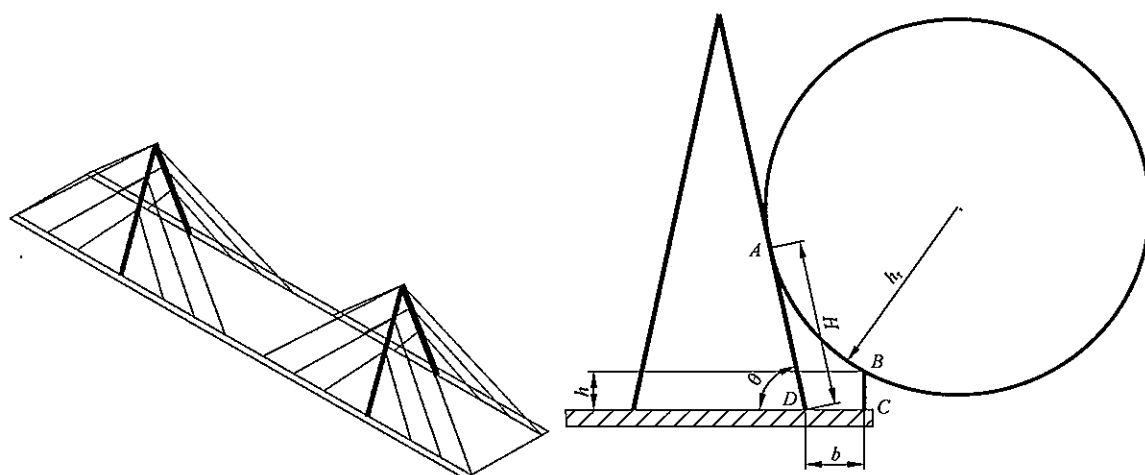
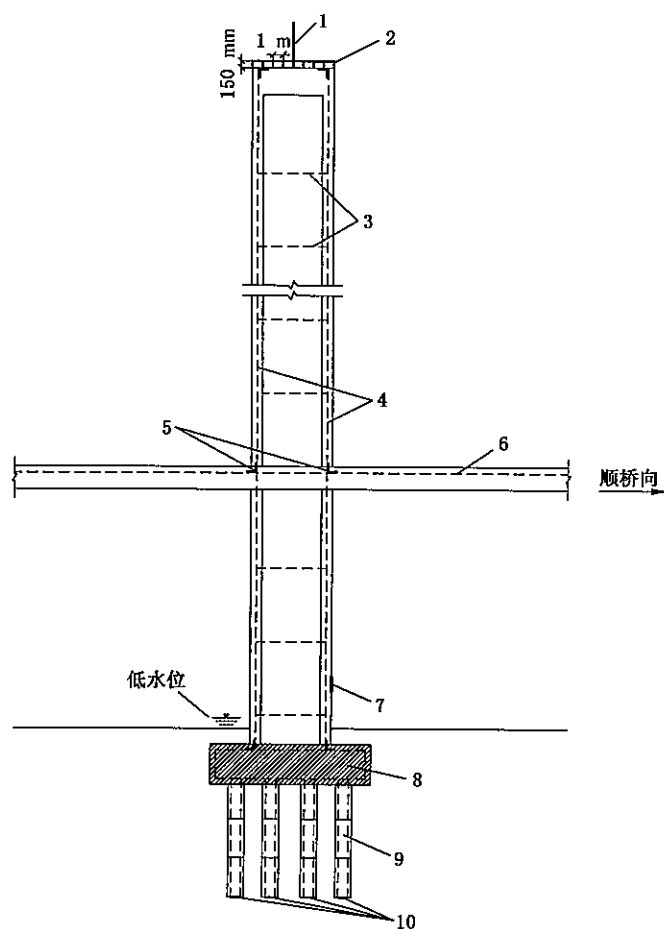


图 C.2 斜索面防侧击雷保护范围

附录 D
(资料性附录)
桥梁整体防雷装置安装图

桥梁整体防雷装置安装见图 D.1。



说明：

- 1 ——接闪杆；
- 2 ——明敷接闪带；
- 3 ——水平均压环；
- 4 ——引下线；
- 5 ——引下线与主梁等电位带连接；
- 6 ——桥面等电位连接带；
- 7 ——防雷测试点；
- 8 ——承台；
- 9 ——挖孔桩(钻孔桩)；
- 10——基底水平接地板。

图 D.1 桥梁整体防雷装置安装图

附录 E

(资料性附录)

桥梁接地电阻测试与计算方法

E.1 桥梁单墩接地电阻计算

考虑桥梁工程实际,在计算桥墩接地电阻时,应将桥墩作为一个整体进行研究,即忽略桥墩内钢筋结构复杂形式的影响,将桥墩一并视为垂直接地体进行计算。

钢筋混凝土中垂直接地电极的接地电阻 R_c 按式(E.1)计算:

$$R_c = \frac{1}{2\pi L_r} \left[\rho_c \ln \frac{D}{d} + \rho \left(\ln \frac{8L_r}{D} - 1 \right) \right] \quad \text{..... (E.1)}$$

式中:

ρ ——包裹钢筋混凝土的外层媒质的电阻率,单位为欧米($\Omega \cdot m$);

ρ_c ——混凝土的电阻率,单位为欧米($\Omega \cdot m$);

L_r ——垂直接地极的长度,单位为米(m);

d ——接地导体的直径,单位为米(m);

D ——混凝土外壳的直径,单位为米(m)。

当用该公式计算位于水体中桥墩的接地电阻时,包裹桥墩的外层媒质为水体,则式(E.1)中 ρ 为该水体的电阻率。

此外,外包混凝土的垂直接地极的接地电阻可按式(E.2)简单计算:

$$R = \frac{K_1 K_2 \rho \ln \frac{4L}{d}}{2\pi L} \quad \text{..... (E.2)}$$

式中:

L ——钢筋基础总长度,单位为米(m);

d ——钢筋骨架截面的等值直径,单位为米(m);

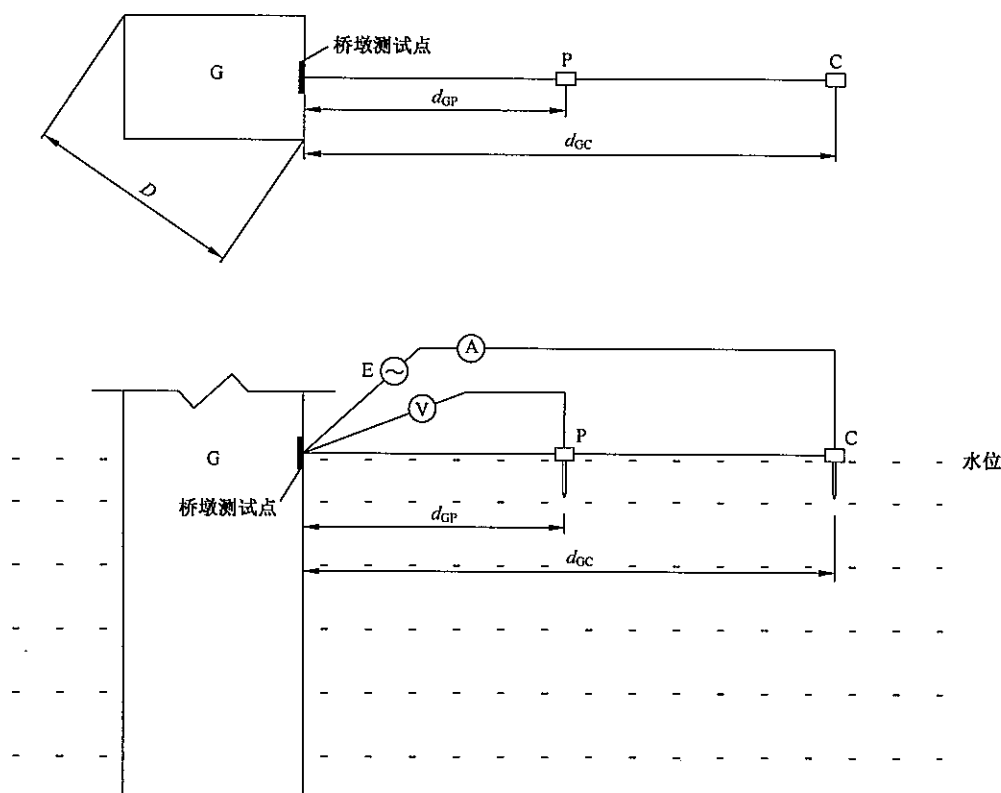
K_1 ——考虑混凝土层的电阻修正系数, $K_1 = 1.1$;

K_2 ——钢筋骨架并非连续引入的修正系数, $K_2 = 1.05$ 。

E.2 桥墩接地电阻测试

E.2.1 三极直线法

三极直线法的三极是指图 E.1 上的被测接地装置 G,测量用的电压极 P 和电流极 C。图 E.1 中测量用的电流极 C 和电压极 P 离被测接地装置 G 边缘的距离为 $d_{GC} = (4 \sim 5)D$ 和 $d_{GP} = (0.5 \sim 0.6)d_{GC}$, D 为被测接地装置的最大对角线长度,点 P 可以认为是处在实际的零电位区内。为了较准确地找到实际零电位区,可把电压极沿测量用电流极与被测接地装置之间连接线方向移动三次,每次移动的距离约为 d_{GC} 的 5%,测量电压极 P 与接地装置 G 之间的电压。如果电压表的三次指示值之间的相对误差不超过 5%,则可以把中间位置作为测量用电压极的位置。



说明:

G——被测试接地装置(桥墩);

P——测量用的电压极;

C——测量用的电流极;

E——测试用的工频电源;

A——交流电流表;

V——交流电压表;

D——被测接地装置的最大对角线长度。

图 E.1 桥墩接地电阻测试三极直线法

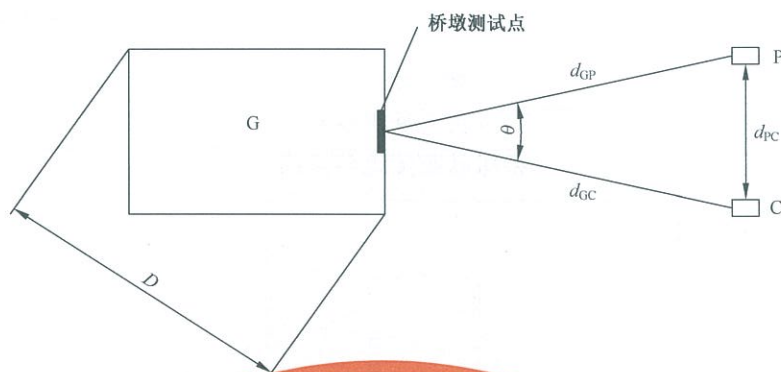
把电压表和电流表的指示值 U_G 和 I 代入式 $R_G = \frac{U_G}{I}$ 中去, 得到被测接地装置的工频接地电阻 R_G 。

当被测接地装置的面积较大而土壤电阻率不均匀时, 为了得到较可信的测试结果, 宜将电流极离被测接地装置的距离增大, 同时电压极离被测接地装置的距离也相应地增大。

在测量工频接地电阻时, 如 d_{GC} 取 $(4 \sim 5)D$ 值有困难, 当接地装置周围的土壤电阻率较均匀时, d_{GC} 可以取 $2D$ 值, 而 d_{GP} 取 D 值; 当接地装置周围的土壤电阻率不均匀时, d_{GC} 可以取 $3D$ 值, d_{GP} 值取 $1.7D$ 值。

E.2.2 三极夹角法

三极夹角法中电极三角形布置示意图如图 E.2 所示。根据与三极直线布置法相似的电位分布理论, 此时, 测量电极的布置一般取 $d_{GC} = d_{GP} \approx (4 \sim 5)D$, 夹角 $\theta \approx 29^\circ$ 。



说明:

G——被测试接地装置(桥墩);

P——测量用的电压极;

C——测量用的电流极;

D——被测接地装置的最大对角线长度。

图 E.2 桥墩接地电阻测试三极夹角法

在不均匀土壤中,当选取 $d_{GC}=2D$ 时,用夹角法的测量结果,相当于直线法 $d_{GC}=d_{GP}\approx 3D$ 的测量结果,因而,测试相对容易。

夹角法电压极附近的电位变化缓慢,从 29° 到 60° 的电位变化相当于直线法从 $0.618d_{GC}$ 到 $0.5d_{GC}$ 的电位变化。

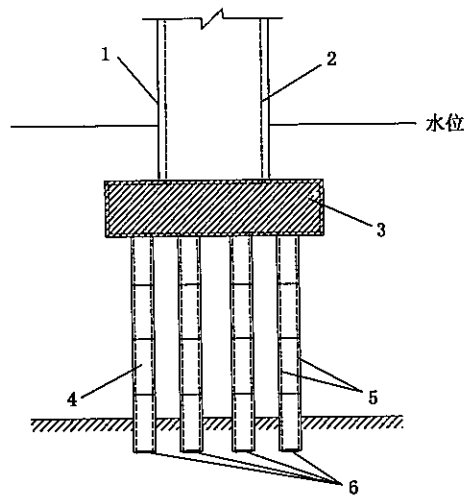
E.3 桥梁工频接地电阻计算方法

桥梁整体工频接地电阻 R 相当于 n 个桥墩工频接地电阻 R_i 的并联组合,桥梁工频接地电阻按式(E.3)计算。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{\prod_{i=1}^n R_i} \dots\dots\dots (E.3)$$

附录 F
(资料性附录)
桥墩基础接地装置图

F.1 挖孔桩(钻孔桩)基础接地见图 F.1。



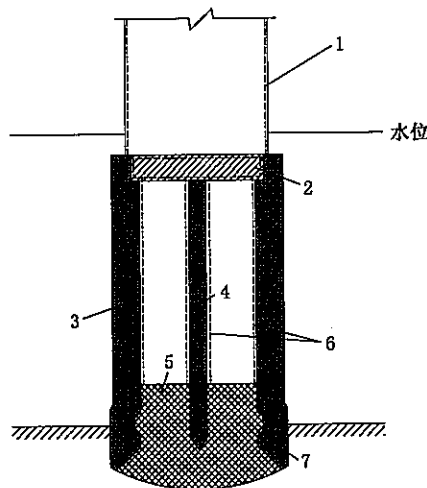
说明:

- 1——桥墩;
- 2——引下线;
- 3——承台;

- 4——挖孔桩(钻孔桩);
- 5——桩内竖向钢筋;
- 6——基底水平接地板(500 mm×500 mm×10 mm)。

图 F.1 挖孔桩(钻孔桩)基础接地示意图

F.2 沉井基础接地见图 F.2。



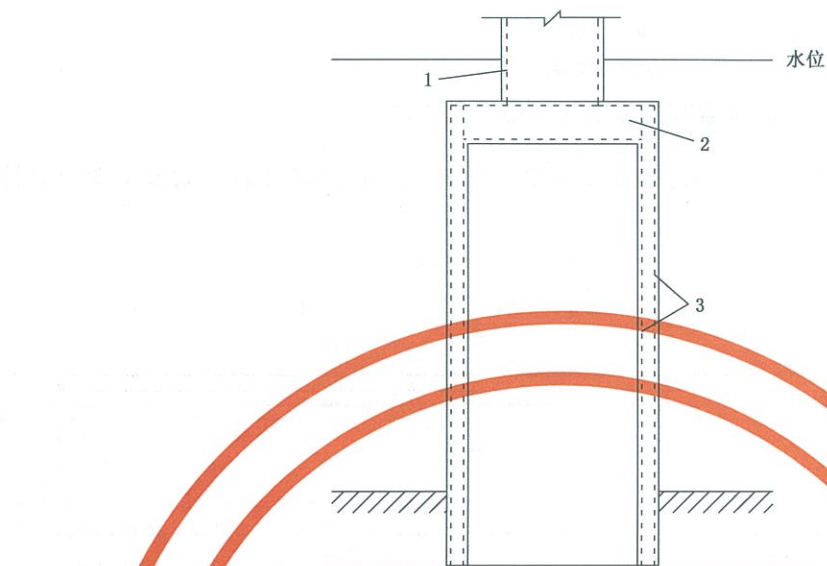
说明:

- 1——引下线;
- 2——顶盖(承台);
- 3——井壁;
- 4——隔墙;

- 5——封底;
- 6——井壁钢筋或人工辅助接地体;
- 7——刃脚。

图 F.2 沉井基础接地示意图

F.3 地下连续墙基础接地见图 F.3。



说明：

1——桥墩引下线；

2——顶板；

3——钢筋笼内竖向钢筋。

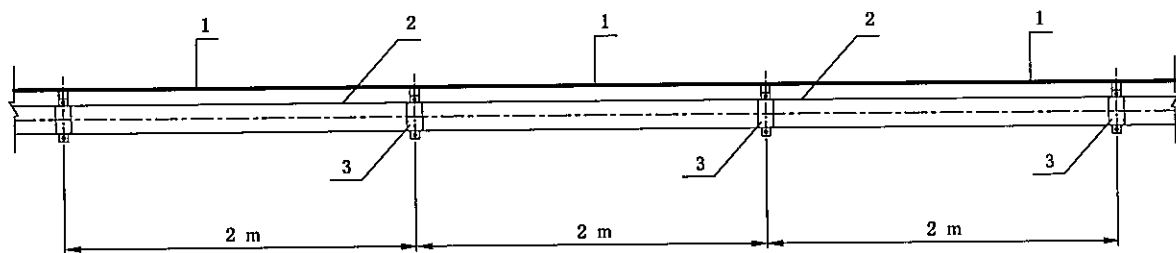
图 F.3 地下连续墙基础接地示意图

附录 G

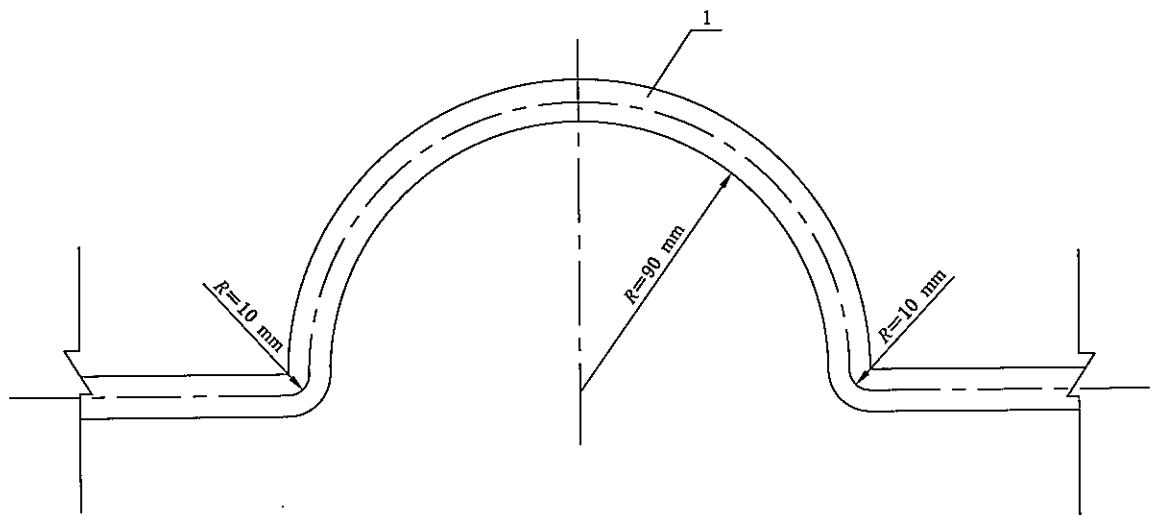
(资料性附录)

斜拉索或主缆上接闪带安装方法

G.1 接闪带在斜拉索或主缆上明敷安装,每隔 6 m 设置一个弯头。接闪带在斜拉索或主缆上整体安装见图 G.1 a),接闪带弯头安装见图 G.2 b)。



a) 接闪带整体安装图



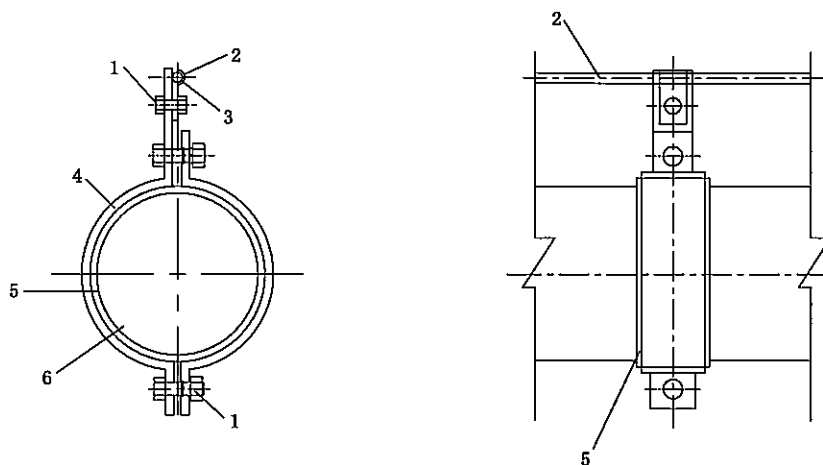
b) 接闪带弯头安装图

说明:

- 1——接闪带;
- 2——斜拉索或主缆;
- 3——不锈钢抱箍。

图 G.1 接闪带在斜拉索或主缆上安装图

G.2 抱箍与接闪带活动连接见图 G.2。

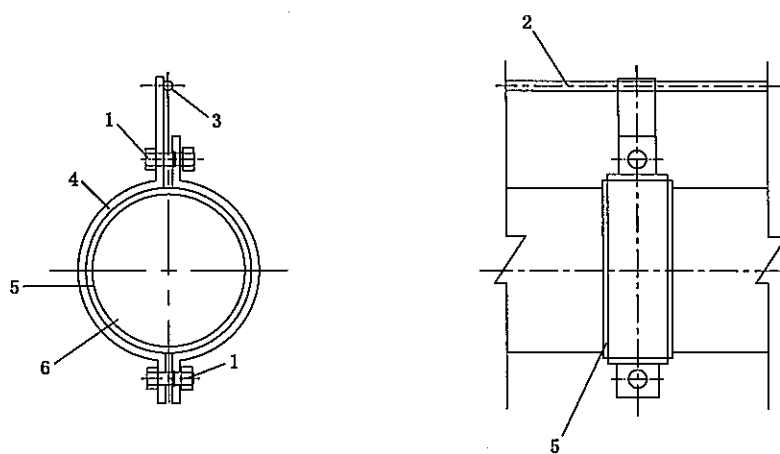


说明:

- 1——螺栓螺母;
- 2——接闪带;
- 3——接闪带卡子;
- 4——抱箍;
- 5——抱箍处加橡胶垫;
- 6——外层斜拉索。

图 G.2 抱箍与接闪带活动连接图

G.3 抱箍与接闪带固定连接见图 G.3。

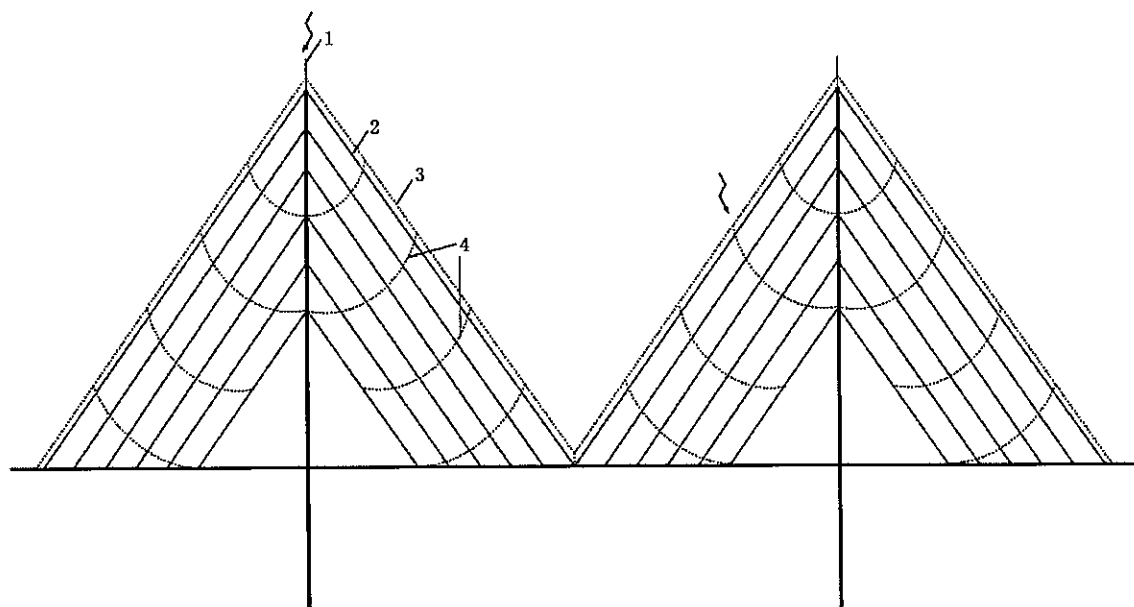


说明:

- 1——螺栓螺母;
- 2——接闪带;
- 3——接闪带与抱箍双面焊接;
- 4——抱箍;
- 5——抱箍处加橡胶垫;
- 6——外层斜拉索。

图 G.3 抱箍与接闪带固定连接图

G.4 斜拉索防侧击雷安装见图 G.4。



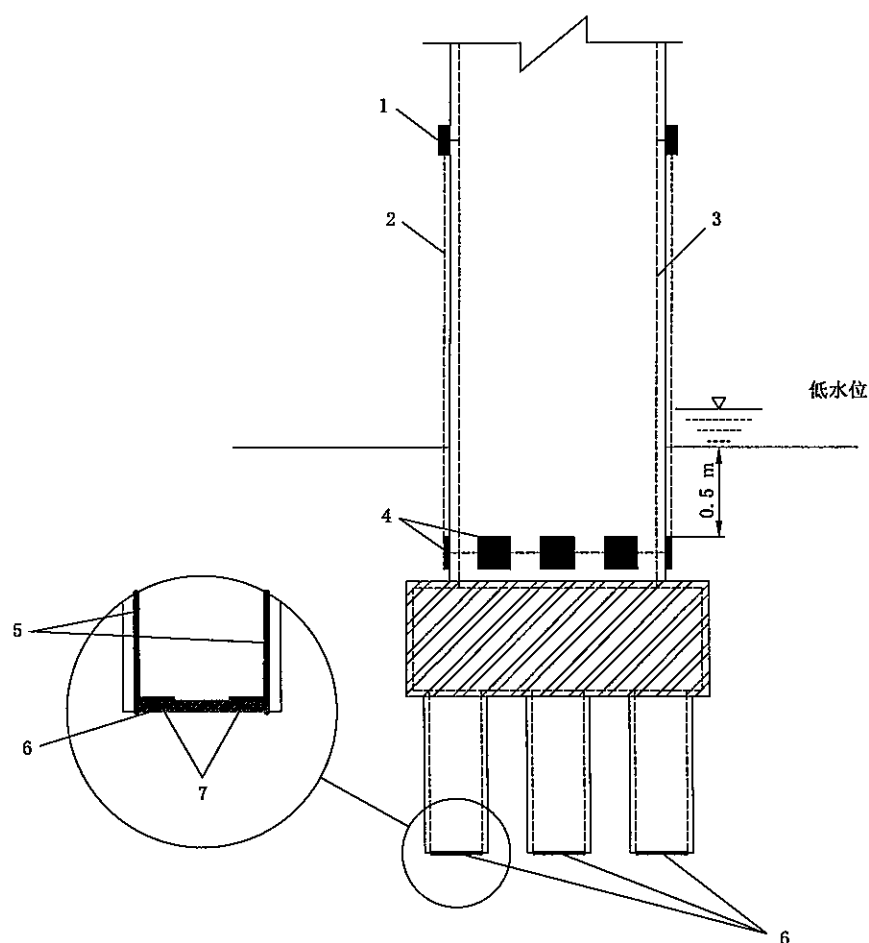
说明：

- 1——索塔；
- 2——斜拉索；
- 3——斜拉桥外缘斜拉索接闪带；
- 4——斜拉索防侧击雷接闪带。

图 G.4 斜拉索防侧击雷安装图

附录 H
(资料性附录)
桥墩辅助人工接地板设置方法

桥墩辅助人工接地板安装见图 H.1。



说明:

- 1——预留接地端子;
- 2——截面积不小于 100 mm² 铜质连接带;
- 3——墩柱引下线;
- 4——人工辅助接地铜板 500 mm×500 mm×5 mm;
- 5——桩内竖向钢筋;
- 6——基底水平接地板 500 mm×500 mm×10 mm;
- 7——桩内竖向钢筋与基底水平接地板连接。

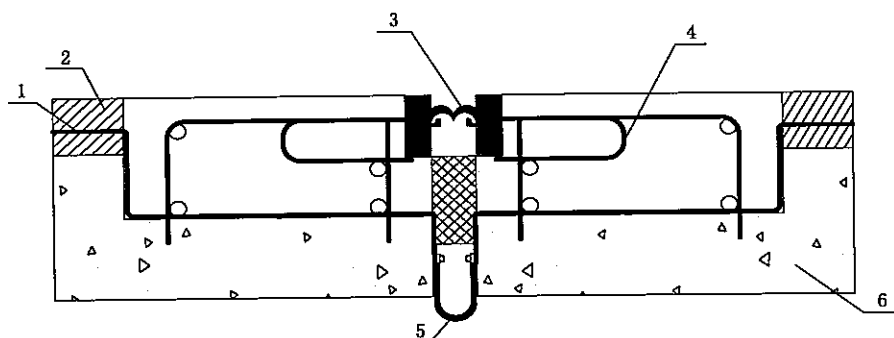
图 H.1 桥墩辅助人工接地板安装图

附录 I

(资料性附录)

桥梁伸缩装置等电位连接方法

I.1 橡胶对接式伸缩装置等电位连接见图 I.1。

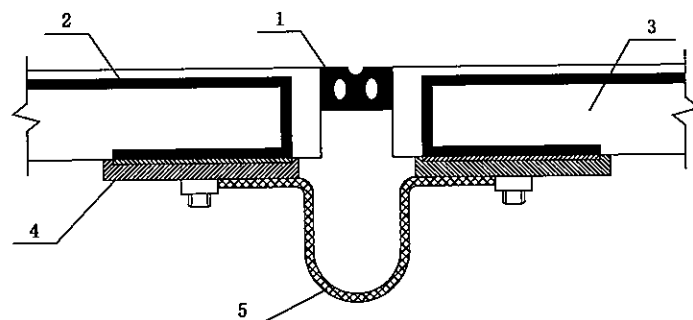


说明：

- 1——桥面纵向等电位连接线；
- 2——桥面铺装层；
- 3——伸缩装置橡胶条；
- 4——GQF-C 型伸缩装置；
- 5——截面积不小于 50 mm² 的铜质连接带；
- 6——桥面主梁。

图 I.1 橡胶对接式伸缩装置等电位连接图

I.2 桥面伸缩缝底部等电位连接见图 I.2。



说明：

- 1——伸缩缝橡胶条；
- 2——桥面等电位连接带；
- 3——桥面主梁；
- 4——预留等电位连接板；
- 5——截面积不小于 50 mm² 的铜质连接带。

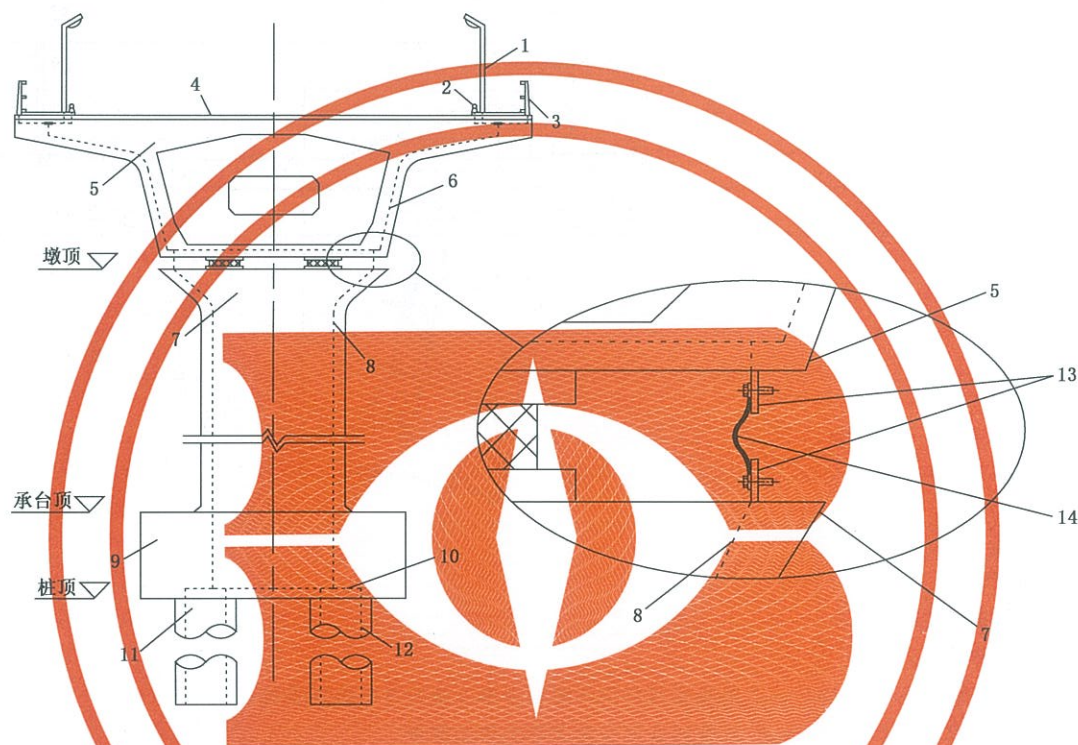
图 I.2 桥面伸缩缝底部等电位连接图

附录 J

(资料性附录)

钢筋混凝土箱梁防雷装置等电位连接图

J.1 钢筋混凝土箱梁与桥墩引下线连接见图 J.1。

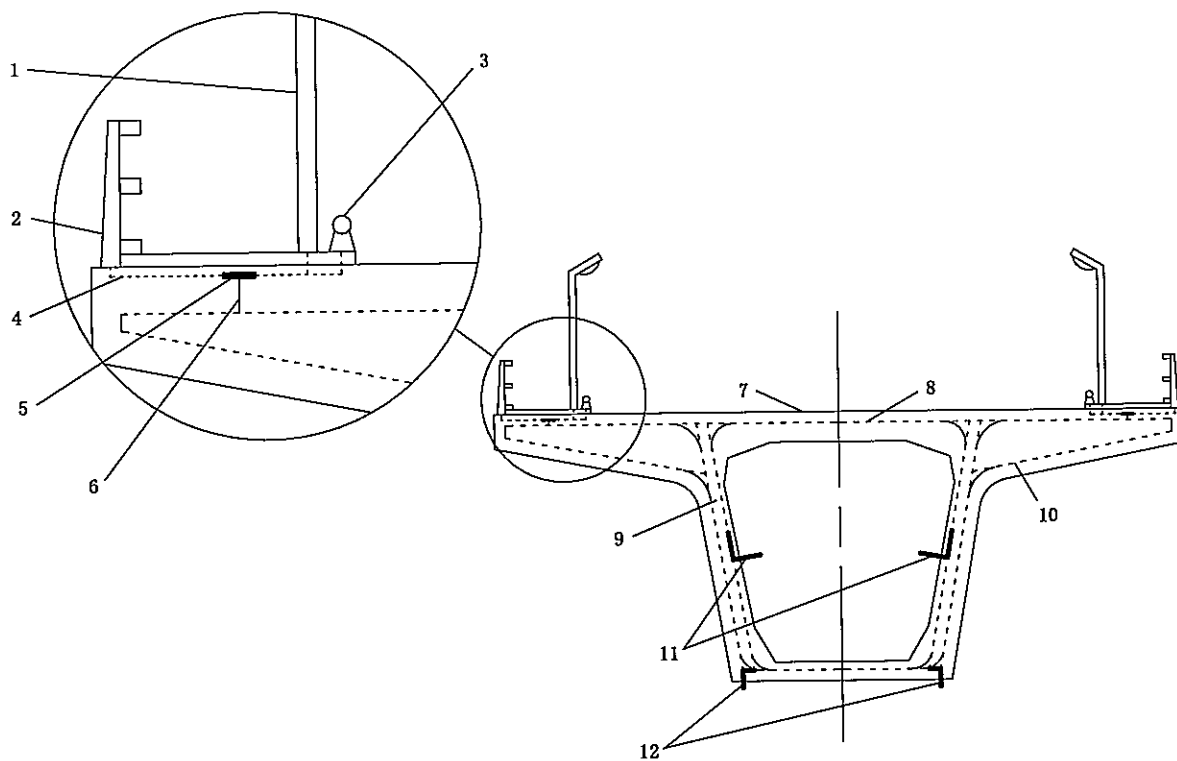


说明:

- 1 —— 路灯;
- 2 —— 金属防护栏;
- 3 —— 人行通道栏杆;
- 4 —— 桥面;
- 5 —— 钢筋混凝土箱梁;
- 6 —— 混凝土箱梁主筋;
- 7 —— 桥墩;
- 8 —— 桥墩竖向通长主筋作引下线;
- 9 —— 承台;
- 10 —— 承台下层主筋;
- 11 —— 桩基础;
- 12 —— 桩基竖向主筋;
- 13 —— 预留接地端子;
- 14 —— 截面积不小于 50 mm² 的铜质连接带。

图 J.1 箱梁与桥墩引下线连接图

J.2 箱梁钢筋等电位连接见图 J.2。



说明：

- 1 —— 路灯；
- 2 —— 人行通道栏杆；
- 3 —— 金属防护栏；
- 4 —— 利用截面积不小于 100 mm^2 的热镀锌扁钢作桥面金属设施的等电位连接线；
- 5 —— 利用截面积不小于 100 mm^2 的镀锌扁钢作桥面等电位连接带；
- 6 —— 从箱梁顶板上层钢筋预留截面积不小于 100 mm^2 的热镀锌扁钢；
- 7 —— 桥面；
- 8 —— 顶板上层钢筋；
- 9 —— 钢筋混凝土箱梁；
- 10 —— 顶板下层钢筋；
- 11 —— 每一跨箱梁两端腹板内侧预留的金属线缆和管线接地端子；
- 12 —— 预留接地端子，作为箱梁与桥墩引下线连接。

图 J.2 箱梁钢筋等电位连接图

附 录 K

(资料性附录)

桥梁防雷装置施工检查记录表

K.1 桥梁接闪器施工检查记录见表 K.1。

表 K.1 桥梁接闪器施工检查记录表

工程名称				施工单位			
施工图号				检测仪器型号及编号			
接闪器类型				安装位置			
内 容	检 测						
材型、规格							
高度							
敷设方式及厚度							
连接方式							
与引下线连接							
电气连接							
图例：						接地电阻测试	
						测试位置	接地电阻/ Ω
检 查 结 果							
施 工 单 位	技术负责人： 记录人： 年 月 日	监 理 单 位	监理工程师： 年 月 日	建 设 单 位	代表： 年 月 日	防 雷 技 术 服 务 单 位	代表： 年 月 日

K.2 桥梁引下线施工检查记录见表 K.2。

表 K.2 桥梁引下线施工检查记录表

工程名称				施工单位			
施工图号				检测仪器型号及编号			
内 容		检 测					
材型、规格							
桥梁墩利用主筋数							
连接板设置							
引下线间连接							
引下线与均压环连接							
图例：						接地电阻测试	
						测试位置	接地电阻/ Ω
						检 查 结 果	
施 工 单 位	技术负责人： 记录人： 年 月 日	监 理 单 位	监 理 工 程 师： 年 月 日	建 设 单 位	代 表： 年 月 日	防 雷 技 术 服 务 单 位	代 表： 年 月 日

K.3 桥梁接地装置施工检查记录见表 K.3。

表 K.3 桥梁接地装置施工检查记录表

工程名称			施工单位				
施工图号			检测仪器型号及编号				
接地类型			安装位置				
项 目	检 测						
桥梁接地墩利用数							
桥梁接地墩深及直径/m							
单墩接地电阻平衡度							
单墩防雷主筋数							
辅助接地体设置							
单墩接地电阻/ Ω							
接地电阻/ Ω							
说明及简图：							
检 查 结 果							
施 工 单 位	技术负责人： 记录人： 年 月 日	监 理 单 位	监 理 工 程 师： 年 月 日	建 设 单 位	代 表： 年 月 日	防 雷 技 术 服 务 单 位	代 表： 年 月 日

K.4 桥梁防雷等电位连接施工检查记录见表 K.4。

表 K.4 桥梁防雷等电位连接施工检查记录表

工程名称				施工单位			
施工图号			检测仪器型号及编号				
内 容			检 测				
均压环设置							
均压环间距							
均压环与引下线连接							
缆绳与锚室连接							
缆绳与塔柱连接							
行车等电位连接接地情况							
竖直长金属体(爬梯、轨道等)接地							
桥面金属体(路灯、栏杆等)接地							
预留接地端子设置							
图例：						接地电阻测试	
						测试位置	接地电阻/ Ω
检 查 结 果							
施 工 单 位	技术负责人： 记录人： 年 月 日	监 理 单 位	监理工程师： 年 月 日	建 设 单 位	代 表： 年 月 日	防 雷 技 术 服 务 单 位	代 表： 年 月 日