



河北省工程建设标准

DB13(J)/T 264-2018

备案号: J14293-2018

# 景区人行玻璃悬索桥与玻璃 栈道技术标准

Technical standard for pedestrian glass suspension bridge and  
glass trestle in scenic spot

2018-06-29 发布

2018-08-01 实施

河北省住房和城乡建设厅  
河北省质量技术监督局  
河北省旅游发展委员会  
河北省安全生产监督管理局

联合发布

河北省工程建设标准

景区人行玻璃悬索桥与玻璃栈道  
技术标准

Technical standard for pedestrian glass suspension bridge and  
glass trestle in scenic spot

DB13(J)/T 264-2018

主编单位：石 家 庄 铁 道 大 学  
河 北 省 建 筑 科 学 研 究 院  
河 北 建 工 集 团 有 限 责 任 公 司  
巨 力 索 具 股 份 有 限 公 司  
利 川 市 兴 业 市 政 工 程 建 设 有 限 责 任 公 司（湖 北）

批准部门：河 北 省 住 房 和 城 乡 建 设 厅

施行日期：2 0 1 8 年 8 月 1 日

中国建材工业出版社

2018 北京

河北省工程建设标准

景区人行玻璃悬索桥与玻璃栈道技术标准

Technical standard for pedestrian glass suspension bridge  
and glass trestle in scenic spot

DB 13(J)/T 264-2018

\*

中国建材工业出版社 出版（北京市海淀区三里河路1号）  
石家庄市红旗印刷厂印刷

\*

开本：850mm×1168mm 1/32 印张：3.25 字数：90千字

2018年7月第一版 2018年7月第一次印刷

印数：1~500册 定价：25.00元

统一书号：155160·1310

版权所有 翻印必究

河北省住房和城乡建设厅  
河北省质量技术监督局  
河北省旅游发展委员会  
河北省安全生产监督管理局

# 公 告

2018年 第34号

---

河北省住房和城乡建设厅  
河北省质量技术监督局  
河北省旅游发展委员会  
河北省安全生产监督管理局  
关于实施《景区人行玻璃悬索桥与玻璃栈道  
技术标准》的公告

为贯彻落实河北省人民政府要求，保障人民生命财产安全，

推动我省旅游业健康发展。河北省住房和城乡建设厅、河北省质量技术监督局、河北省旅游发展委员会、河北省安全生产监督管理局共同组织制定了《景区人行玻璃悬索桥与玻璃栈道技术标准》编号为 DB13(J)/T264-2018，现予发布，自 2018 年 8 月 1 日起实施，请各有关部门及单位严格执行。

附件：景区人行玻璃悬索桥与玻璃栈道技术标准

河北省住房和城乡建设厅



河北省质量技术监督局



河北省旅游发展委员会



河北省安全生产监督管理局



2018年6月29日

# 前 言

为保障人民生命财产安全，推动我省旅游业健康发展，根据省政府要求，由河北省住房和城乡建设厅会同河北省质量技术监督局、河北省旅游发展委员会、河北省安全生产监督管理局组织制定了本标准。

本标准，由河北省风景园林与自然遗产管理中心组织石家庄铁道大学等单位共同编制，在广泛征求有关单位意见的基础上，反复修改后，经专家委员会审查定稿。

本标准共分 8 章和 5 个附录，主要技术内容包括：1. 总则；2. 术语和符号；3. 材料；4. 玻璃悬索桥设计；5. 玻璃栈道设计；6. 施工及验收；7. 检测与评定；8. 运营安全管理。

本标准由石家庄铁道大学负责具体技术内容的解释。景区内人行玻璃悬索桥及玻璃栈道的建设、运营、维护及管理由景区主管部门负责。

本标准执行过程中，如有需要修改或补充之处，请将意见及相关材料寄送至石家庄铁道大学土木工程学院桥梁工程系(地址：石家庄市长安区北二环东路 17 号，邮编：050043，电话：0311-87939456)，以便今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查人员名单：

主 编 单 位：石家庄铁道大学

河北省建筑科学研究院

河北建工集团有限责任公司

巨力索具股份有限公司

利川市兴业市政工程建设有限责任公司（湖北）

参编单位：河北加华工程设计有限公司  
河北恒动体育文化发展有限公司  
河北白鹿温泉旅游度假股份有限公司  
北京鑫泰隆路桥工程有限公司  
中铁建安工程设计院有限公司  
河北大地建设科技有限公司

主要起草人：李运生 向敏 张卓杰 王慧东 陈伟  
章博 张建新 赵士永 付士峰 谷峪  
张广田 袁杰 武龙飞 安占法 安长彪  
来金洒 杨超 刘伟 苑军锋 张洪波  
许凯明 田青海 杨伟 王亚宁 刘辉  
侯耀军 冉世雄 侯宗全 刘奇奇 张树雄  
王岚岚 李静祎 侯江锐

审查人员：周保良 宫海军 徐志欣 吴超军 陈宗学  
赵少伟 毛海峰 王斐 戴永军 刘占荣  
何功杰 韩冰 赵会超 梁索引

# 目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	材料	7
3.1	混凝土、钢筋及预应力筋	7
3.2	高强钢丝及钢丝绳	8
3.3	结构用钢材	10
3.4	玻璃	15
3.5	其他	15
4	玻璃悬索桥设计	17
4.1	一般规定	17
4.2	岩土工程勘察	18
4.3	总体设计	19
4.4	荷载及组合	21
4.5	结构设计	24
4.6	桥面玻璃	31
4.7	人致振动及舒适性	34
4.8	附属设施	35
5	玻璃栈道设计	37
5.1	一般规定	37
5.2	岩土工程勘察	37
5.3	总体设计	39
5.4	荷载及组合	39
5.5	结构设计	40

5.6	栈道玻璃.....	41
5.7	附属设施.....	41
6	施工及验收.....	43
6.1	一般规定.....	43
6.2	施工准备.....	45
6.3	索塔基础、锚碇工程施工.....	46
6.4	索塔施工.....	48
6.5	主缆施工.....	48
6.6	索鞍、索夹、吊索安装.....	51
6.7	主梁施工.....	52
6.8	玻璃栈道施工.....	52
6.9	钢结构、玻璃结构、木结构、附属结构施工.....	52
6.10	验收.....	53
7	检测与评定.....	60
7.1	一般规定.....	60
7.2	玻璃悬索桥检测.....	61
7.3	玻璃栈道检测.....	65
7.4	评定.....	66
8	运营安全管理.....	69
8.1	一般规定.....	69
8.2	安全管理措施.....	69
8.3	风险管控.....	70
8.4	检测维护.....	71
8.5	应急管理.....	75
附录 A	步行荷载模型.....	76
附录 B	玻璃悬索桥人致振动计算分析方法.....	78
附录 C	舒适度测试方法.....	80
附录 D	静力荷载试验.....	81
附录 E	动力荷载试验.....	84

本标准用词说明..... 86  
引用标准名录..... 87

# Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms and symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols .....	4
3	Materials.....	7
3.1	Concrete, steel reinforcement and prestressing tendon.....	7
3.2	High strength steel wires and wire ropes.....	8
3.3	Structural steel.....	10
3.4	Glass.....	15
3.5	Others.....	15
4	Design of pedestrian glass suspension bridge.....	17
4.1	General.....	17
4.2	Geotechnical investigation.....	18
4.3	Overall design.....	19
4.4	Loads and combinations.....	21
4.5	Structural design.....	24
4.6	Deck glass.....	31
4.7	Human induced vibration and comfort .....	34
4.8	Subsidiary facilities.....	35
5	Design of pedestrian glass trestle.....	37
5.1	General.....	37
5.2	Geotechnical investigation.....	37

5.3	Overall design.....	39
5.4	Loads and combinations.....	39
5.5	Structural design.....	40
5.6	Trestle glass.....	41
5.7	Subsidiary facilities.....	41
6	Constructions and acceptance tests.....	43
6.1	General.....	43
6.2	Construction preparations.....	45
6.3	Constructions of bridge pylon foundations and anchor blocks.....	46
6.4	Constructions of cable pylons.....	48
6.5	Constructions of main cables.....	48
6.6	Installations of saddles, cable clamps and hangers.....	51
6.7	Constructions of main girder.....	52
6.8	Constructions of glass trestles.....	52
6.9	Constructions of steel structures, glass structures, wood structures and subsidiary facilities.....	52
6.10	Acceptance tests.....	53
7	Inspections and evaluations.....	60
7.1	General.....	60
7.2	Glass suspension bridge inspections.....	61
7.3	Glass trestle inspections.....	65
7.4	Evaluations.....	66
8	Operation safety and management.....	69
8.1	General.....	69
8.2	Safety management measures.....	69

8.3	Risk management.....	70
8.4	Inspection and maintenance.....	71
8.5	Emergency management.....	75
Appendix A	Pedestrian load model.....	76
Appendix B	Calculations and analysis method for human induced vibration of suspension bridges.....	78
Appendix C	Test method of comfort.....	80
Appendix D	Static load test.....	81
Appendix E	Dynamic load test.....	84
	Explanation of wording in this specification.....	86
	List of quoted standard.....	87

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范河北省景区人行玻璃悬索桥与玻璃栈道的建设与管理，按照安全、适用、经济、美观、耐久、便于养护的原则，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于景区内人行玻璃悬索桥与人行玻璃栈道的的设计、施工、检测与评定、运营安全管理。

**1.0.3** 景区内人行玻璃悬索桥与玻璃栈道的的设计、施工、检测与评定、运营安全管理除应符合本标准外，尚应符合国家及河北省现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 人行玻璃悬索桥 pedestrian glass suspension bridge

缆索通过索塔悬挂并锚固于大地或其他结构，作为桥跨上部结构主要承重构件，并以钢化玻璃作为面层，供人通行的桥梁，以下简称玻璃悬索桥。

#### 2.1.2 人行玻璃栈道 pedestrian glass trestle

以钢化玻璃作为面层沿崖壁修建供人通行的通道，以下简称玻璃栈道。

#### 2.1.3 舒适度评价标准 evaluation criteria of comfort

衡量行人通过玻璃悬索桥和玻璃栈道时由于振动引起的生理与心理方面的不适程度的标准。

#### 2.1.4 关键固有频率 key natural frequency

与行人舒适度直接相关的玻璃悬索桥和玻璃栈道的竖向、侧向和扭转固有频率。

#### 2.1.5 玻璃强度 glass strength

荷载垂直于玻璃板面，玻璃中部的断裂强度。

#### 2.1.6 桥面玻璃 deck glass

直接承受人行荷载作为桥面使用的玻璃，包括栈道玻璃。

#### 2.1.7 索塔 cable pylon

用以支承主缆并将荷载作用通过基础传递给地基的结构。

#### 2.1.8 锚碇 anchor block

锚固主缆索股，承受主缆拉力，支承于地基上或嵌固于岩体中的结构。

#### **2.1.9 锚固系统 anchorage system**

将主缆的索股与锚碇或岩体连接的结构。

#### **2.1.10 锚跨 anchor span**

位于散索鞍（散索套）和锚固系统之间的主缆结构部分。

#### **2.1.11 主梁 girder**

承受人群荷载并传递给吊索、索塔、桥墩的梁体结构。

#### **2.1.12 主缆 main cable**

悬挂于索塔顶，两端锚固于锚碇，由平行钢丝或钢丝绳组成的悬索桥主要承重构件。

#### **2.1.13 索股 cable strand**

由多根高强度钢丝或钢丝绳组成的丝股，是主缆的主要组成部分。

#### **2.1.14 吊索 hanger**

连接主缆与主梁的构件。

#### **2.1.15 锚头 socket**

用于索股两端与锚固系统连接的构件或用于吊索两端与主梁及主缆索夹连接的构件。

#### **2.1.16 索夹 cable clamp**

紧箍主缆并连接主缆与吊索的构件。

#### **2.1.17 索鞍 cable saddle**

支承主缆并使主缆平顺地改变方向的构件。安装在索塔顶部的称为主索鞍，安装在边跨和锚跨之间的称为散索鞍。

### 2.1.18 散索鞍（散索套） cable splay collars

当主缆由边跨进入锚跨，用来控制预制索股扩散方向的铸钢（锻钢）构件。

### 2.1.19 缆索系统 cable system

由主缆、索夹、吊索、主索鞍、散索鞍及防护系统等构件组成，为悬索桥面提供直接支撑的结构。

### 2.1.20 预制平行索股法 prefabricated parallel wire strand method (PPWS 法)

将工厂化预制的平行高强度钢丝组成的索股运至工地安装的施工方法。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 几何参数有关符号

$A$  ——截面面积；

$d_c$  ——主缆在索夹处的设计直径、索夹内孔的设计直径；

$d_w$  ——主缆钢丝直径；

$\phi$  ——索夹在主缆上的安装倾角。

### 2.2.2 材料性能有关符号

$E$  ——弹性模量；

$f_d$  ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

$f_{dd}$  ——高强度钢丝抗拉强度设计值；

$f'_{dd}$  ——钢丝绳最小破断拉力设计值；

$f_k$  ——高强度钢丝的抗拉强度标准值；

$f'_k$  ——钢丝绳最小破断力；

$f_{fd}^w$  ——角焊缝的抗拉、抗剪和抗压强度设计值；

$f_{td}^b$  ——螺栓的抗拉强度设计值；

$f_{vd}^b$  ——螺栓的抗剪强度设计值；

$f_{cd}^b$  ——螺栓的承压强度设计值。

### 2.2.3 作用有关符号

$F_{fc}$  ——索夹抗滑摩阻力；

$N_c$  ——主缆上索夹的下滑力；

$N_d$  ——轴向拉力设计值；

$N_h$  ——吊索拉力；

$P_d$  ——高强度螺栓的预拉力设计值；

$P_b^c$  ——索夹上单根螺栓杆设计夹紧力；

$P_h(t)$  ——侧向荷载模型均布谐波荷载；

$P_{tot}$  ——索夹上螺杆总的设计夹紧力；

$p_v(t)$  ——竖向荷载模型均布谐波荷载；

$Q_{jk}$  ——第  $j$  个其他可变作用的标准值；

$Q_{lk}$  ——基本可变作用的标准值；

$S_{ud}$  ——承载能力极限状态下作用基本组合的效应设计值；

$S_{vd}$  ——作用标准组合的效应设计值。

#### 2.2.4 计算系数及其他有关符号

$a_{\max}$  ——单自由度系统共振时的最大加速度；

$K$  ——安全系数；

$K_a$  ——抗滑动系数；

$K_0$  ——抗倾覆系数；

$K_{fc}$  ——索夹抗滑系数；

$V_c$  ——主缆在索夹内的设计空隙率；

$\gamma_{G_i}$  ——第  $i$  个永久作用的分项系数；

$\gamma_{Q_j}$  ——第  $j$  个其他可变作用的分项系数；

$\gamma_{Q_1}$  ——基本可变作用的分项系数；

$\gamma_R$  ——材料强度分项系数；

$\gamma_0$  ——结构重要性系数；

$\mu$  ——摩擦系数；

$\xi$  ——阻尼比；

$\rho_T$  ——周期比；

$\delta$  ——模态阻尼对数衰减率；

$\psi_c$  ——可变作用的组合值系数；

$\psi_q$  ——可变作用的准永久值系数。

# 3 材 料

## 3.1 混凝土、钢筋及预应力筋

### 3.1.1 混凝土应符合下列要求：

1 受力构件的混凝土强度等级：钢筋混凝土构件不应低于 C30，预应力钢筋混凝土构件不应低于 C40。

2 混凝土轴心抗压强度设计值  $f_{cd}$  和轴心抗拉强度设计值  $f_{td}$  应按表 3.1.1-1 计算。

表 3.1.1-1 混凝土强度设计值 (MPa)

强度种类	强度等级										
	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
$f_{cd}$	13.8	16.1	18.4	20.5	22.4	24.4	26.5	28.5	30.5	32.4	34.6
$f_{td}$	1.39	1.52	1.65	1.74	1.83	1.89	1.96	2.02	2.07	2.10	2.14

注：计算现浇钢筋混凝土轴心受压构件和偏心受压构件时，截面边长或直径小于 300mm，表中数值应乘以系数 0.8。

3 混凝土受压或受拉时的弹性模量  $E_c$  应按表 3.1.1-2 采用。

表 3.1.1-2 混凝土弹性模量 (MPa)

强度等级	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
$E_c$	3.00	3.15	3.25	3.35	3.45	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	3.80
	$\times 10^4$	$\times 10^4$	$\times 10^4$	$\times 10^4$	$\times 10^4$	$\times 10^4$	$\times 10^4$	$\times 10^4$	$\times 10^4$	$\times 10^4$	$\times 10^4$

注：当采用引气剂及较高砂率的泵送混凝土且无实测数据时，表中 C50~C80 的  $E_c$  值应乘以折减系数 0.95。

4 混凝土的剪变模量  $G_c$  可按本标准表 3.1.1-2 数值的 0.4 倍采

用，混凝土的泊松比 $\nu_c$ 可采用0.2。

### 3.1.2 钢筋应符合下列要求：

1 钢筋混凝土及预应力混凝土构件中的普通钢筋宜选用HPB300、HRB400、HRB500，并应符合《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1、《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2的规定。

2 普通钢筋的抗拉强度设计值 $f_{sd}$ 和抗压强度设计值 $f'_{sd}$ 应按表3.1.3取值。

表 3.1.2 普通钢筋抗拉、抗压强度设计值（MPa）

钢筋种类	符号	$f_{sd}$	$f'_{sd}$	钢筋种类	符号	$f_{sd}$	$f'_{sd}$
HPB300 $d=6\sim 22$	$\phi$	250	250	HRB500 $d=6\sim 50$	$\Phi$	415	415
HRB400 $d=6\sim 50$	$\Phi$	330	330				

注：表中 $d$ 是钢筋的公称直径，单位mm。构件中配有不同种类的钢筋时，每种钢筋应采用各自的强度设计值。

3 HPB300钢筋的弹性模量 $E_s$ 为 $2.1\times 10^5$  MPa，HRB400、HRB500钢筋的弹性模量 $E_s$ 为 $2.0\times 10^5$  MPa。

3.1.3 预应力混凝土构件中的预应力钢筋应选用钢绞线、钢丝或精轧螺纹钢，预应力钢筋强度设计值及弹性模量应按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D 62的规定采用。

## 3.2 高强钢丝及钢丝绳

3.2.1 主缆索股、吊索及抗风缆所用高强度钢丝及钢丝绳宜采用热镀锌线材。

3.2.2 镀锌高强度钢丝的技术条件应符合《桥梁缆索用热镀锌钢

丝》GB/T 17101 的规定。

**3.2.3** 镀锌钢丝绳的技术条件应符合《重要用途钢丝绳》GB 8918、《一般用途钢丝绳》GB/T 20118、《粗直径钢丝绳》GB/T 20067 和《密封钢丝绳》YB/T 5295。

**3.2.4** 镀锌高强度钢丝主缆的弹性模量设计取值宜为  $1.90 \times 10^5$  MPa~ $2.10 \times 10^5$  MPa。

**3.2.5** 镀锌高强钢丝吊索的弹性模量设计取值宜为  $1.95 \times 10^5$  MPa~ $2.05 \times 10^5$  MPa，镀锌钢丝绳的弹性模量设计取值不宜小于  $1.10 \times 10^5$  MPa。

**3.2.6** 镀锌高强度钢丝的抗拉设计强度  $f_{dd}$  应按其抗拉强度标准值  $f_k$  除以钢丝抗拉强度分项系数  $\gamma_R$  确定。钢丝抗拉强度分项系数  $\gamma_R$  应按表 3.2.8 的规定采用。

**表 3.2.6 镀锌高强钢丝抗拉强度分项系数  $\gamma_R$**

抗拉强度标准值 $f_k$ (MPa)	构件种类	
	主缆	销接式吊索
1670、1770、1860	2.85	2.20

注：表列钢丝抗拉强度标准值为 II 级松弛钢丝的数值；当采用 I 级松弛钢筋时，分项系数  $\gamma_R$  乘以折减系数 0.9。

**3.2.7** 钢丝绳应按其最小破断力除以钢丝绳抗拉强度分项系数  $\gamma_R$  求得最小破断拉力设计值  $f'_{dd}$ 。最小破断力应根据《粗直径钢丝绳》GB/T 20067 钢芯钢丝绳取值。钢丝绳抗拉强度分项系数  $\gamma_R$  应按表 3.2.7 的规定采用。

**表 3.2.7 钢丝绳抗拉强度分项系数  $\gamma_R$**

构件种类	主缆	销接式吊索
抗拉强度分项系数 $\gamma_R$	2.95	2.20

### 3.3 结构用钢材

**3.3.1** 钢索塔和钢梁宜采用碳素结构钢和低合金结构钢，其技术条件应符合《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定。

**3.3.2** 索鞍、索夹宜采用铸钢，其技术条件应符合《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352 的规定。

**3.3.3** 锚固系统的拉杆、螺母宜采用合金结构钢，其技术条件应符合《合金结构钢》GB/T 3077 的规定。

**3.3.4** 销、轴、锚具等宜采用合金结构钢、合金铸钢、优质碳素结构钢，其技术条件应符合《合金结构钢》GB/T 3077、《大型低合金钢铸件》JB/T 6402、《优质碳素结构钢》GB/T 699 的规定。

**3.3.5** 高强度螺栓连接副的技术条件应符合《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角头螺母》GB/T 1229 和《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230 的规定。

**3.3.6** 普通螺栓技术条件应符合《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780 和《六角头螺栓》GB/T 5782 的规定。

**3.3.7** 铸焊构件采用的结构用钢板应符合《优质碳素结构钢热轧厚钢板和钢带》GB/T 711、《碳素结构钢和低合金钢热轧厚钢板和钢带》GB/T 3274 的规定。

**3.3.8** 焊接材料应与主体钢材匹配，并应符合下列规定：

1 手工焊接采用的焊条的技术条件应符合《碳钢焊条》GB/T 5117、《低合金钢焊条》GB/T 5118 的规定。

2 自动焊和半自动焊采用的焊丝和焊剂的技术条件不应低于《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《气体保护电弧焊用碳钢、低

合金钢焊丝》GB/T 8110、《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045、《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493、《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293 和《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470 的规定。

**3.3.9** 钢材的强度设计值应根据钢材的不同厚度按表 3.3.9 的规定采用。

**表 3.3.9 钢材的强度设计值 (MPa)**

钢材		抗拉、抗压和抗弯 $f_d$	抗剪 $f_{vd}$	端面承压 (刨平顶紧) $f_{cd}$
牌号	厚度 (mm)			
Q235 钢	$\leq 16$	190	110	280
	16~40	180	105	
	40~100	170	100	
Q345 钢	$\leq 16$	275	160	355
	16~40	270	155	
	40~63	260	150	
	63~80	250	145	
	80~100	245	140	
Q390 钢	$\leq 16$	310	180	370
	16~40	295	170	
	40~63	280	160	
	63~100	265	150	
Q420 钢	$\leq 16$	335	195	390
	16~40	320	185	
	40~63	305	175	
	63~100	290	165	

注: 表中厚度指计算点的钢材厚度, 对轴心受拉和轴心受压构件指截面中较厚板件的厚度。

**3.3.10** 铸钢和锻钢的强度设计值应按表 3.3.10 的规定采用。

表 3.3.10 铸钢和锻钢的强度设计值 (MPa)

强度种类	钢 号					
	ZG230-450 ZG230-450 H	ZG270-500 ZG270-480 H	ZG300- 500H	ZG31- 570	35 号钢	45 号钢
抗拉、抗压和 抗弯 $f_d$	170	200	220	225	250	280
抗剪 $f_{vd}$	100	115	125	130	145	160
铰轴紧密接触 时径向受压 $f_{rd1}$	85	100	110	110	125	140
辊轴或摇轴自由 接触时径向受压 $f_{rd2}$	6.5	8.0	9.0	9.0	10.0	11.0
销孔	—	—	—	—	190	210

注：1 铰轴紧密接触系指接触面为圆弧，中心角为  $2 \times 45^\circ$  的接触；辊轴或摇轴自由接触系指轴与板平面的接触；

2 计算紧密接触或自由接触受压强度时，其承压面积采用轴径截面。轴与板采用不同钢种时，径向受压设计值取用其较低者。

3.3.11 钢材和铸钢的物理性能指标应按表 3.3.11 的规定采用。

表 3.3.11 钢材和铸钢的物理性指标

弹性模量 $E$ (MPa)	剪切模量 $G$ (MPa)	线膨胀系数 $\alpha$ ( $1/^\circ\text{C}$ )	泊松比 $\nu$	密度 $\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$2.06 \times 10^5$	$0.79 \times 10^5$	$12 \times 10^{-6}$	0.31	7850

3.3.12 普通螺栓和锚栓连接的强度设计值应按表 3.3.12 的规定采用。

表 3.3.12 普通螺栓和锚栓连接的强度设计值 (MPa)

螺栓的性能等级、锚栓和构件钢材的牌号		普通螺栓						锚栓
		C 级			A、B 级			
		抗拉 $f_{td}^b$	抗剪 $f_{vd}^b$	承压 $f_{cd}^b$	抗拉 $f_{td}^b$	抗剪 $f_{vd}^b$	承压 $f_{cd}^b$	抗拉 $f_{td}^b$
普通螺栓	4.6 级、4.8 级	145	120	—	—	—	—	—
	5.6 级	—	—	—	185	165	—	—
	8.8 级	—	—	—	350	280	—	—
锚栓	Q235 钢	—	—	—	—	—	—	125
	Q345 钢	—	—	—	—	—	—	160
构件	Q235 钢	—	—	265	—	—	350	—
	Q345 钢	—	—	340	—	—	450	—
	Q390 钢	—	—	355	—	—	470	—
	Q420 钢	—	—	380	—	—	500	—

注：A、B 级螺栓孔的精度和孔壁表面粗糙度，C 级螺栓孔的允许偏差和孔壁表面粗糙度，均应符合《钢结构工程施工质量验收标准》（GB 50205）的要求。

### 3.3.13 高强度螺栓预拉力设计值 $P_d$ 应按表 3.3.13 的规定取用。

表 3.3.13 高强螺栓预应力设计值 (MPa)

性能等级	螺栓规格				
	M20	M22	M24	M27	M30
8.8S	125	150	175	230	280
10.9S	155	190	225	290	355

3.3.14 焊缝的强度设计值应按表 3.3.14 的规定采用。

表 3.3.14 焊缝的强度设计值 (MPa)

焊接方法和焊条型号	构件钢材		对接焊缝				角焊缝 抗拉、抗压或抗剪 $f_{fd}^w$
	牌号	厚度 (mm)	抗压 $f_{cd}^w$	抗拉 $f_{td}^w$		抗剪 $f_{vd}^w$	
				焊缝质量等级			
				一级、二级	三级		
自动焊、半自动焊和 E43 型焊条的手工焊	Q235 钢	≤16	190	190	160	110	140
		16~40	180	180	155	105	
		40~100	170	170	145	100	
自动焊、半自动焊和 E50 型焊条的手工焊	Q345 钢	≤16	275	275	235	160	175
		16~40	270	270	230	155	
		40~63	260	260	220	150	
		63~80	250	250	215	145	
		80~100	245	245	210	140	
自动焊、半自动焊和 E55 型焊条的手工焊	Q390 钢	≤16	310	310	265	180	200
		16~40	295	295	250	170	
		40~63	280	280	240	160	
		63~100	265	265	225	150	
	Q420 钢	≤16	335	335	285	195	200
		16~40	320	320	270	185	
		40~63	305	305	260	175	
		63~100	290	290	245	165	

注：1 对接焊缝受弯时，在受压区的抗弯强度设计值取  $f_{cd}^w$ ，在受拉区的抗弯强度设计值取  $f_{td}^w$ ；

2 焊缝质量等级应按《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定确定。其中厚度小于 8mm 钢材的对接焊缝，不应采用超声波探伤确定焊缝质量等级。

### 3.4 玻 璃

**3.4.1** 桥面玻璃宜采用钢化夹层玻璃,钢化玻璃应进行均质处理,并应符合《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 的规定。

**3.4.2** 钢化夹层玻璃强度设计值 $f_g$ 可按表 3.4.2 取值。

表 3.4.2 钢化玻璃强度设计值 $f_g$  (MPa)

荷载作用类型	厚度(mm)	中部强度	边缘强度	端面强度
短期荷载作用	5~12	84	67	59
	15~19	72	58	51
	≥20	59	47	42
长期荷载作用	5~12	42	34	30
	15~19	36	29	26
	≥20	30	24	21

**3.4.3** 钢化夹层玻璃的中间层、外观、质量和性能应符合《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 的规定。

### 3.5 其 他

**3.5.1** 铝合金材料强度、焊材的强度和弹性模量应符合《铝合金结构设计规范》GB 50429 的规定。

**3.5.2** 不锈钢材料应符合《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280、《耐热钢钢板和钢带》GB/T 4238、《结构用不锈钢无缝钢管》GB/T 14975、《不锈钢棒》GB/T 1220 的规定。

**3.5.3** 木材的强度、弹性模量应符合《木结构设计规范》GB 50005 的规定。

**3.5.4** 玻璃与主体结构可采用中性硅酮结构胶连接，应符合《硅酮建筑密封胶》GB/T 14683、《建筑用硅酮结构密封胶》GB/T 16776 的规定。

**3.5.5** 热铸锚头铸体材料应选用低熔点锌铜合金。其中，锌含量为  $(98 \pm 0.2)\%$ ，技术条件不应低于《锌锭》GB/T 470 的规定；铜含量为  $(2 \pm 0.2)\%$ ，技术条件不应低于《阴极铜》GB/T 467 的规定。

**3.5.6** 冷铸锚头铸体材料的配比应由试验确定。

## 4 玻璃悬索桥设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 玻璃悬索桥设计采用以分项系数表达的极限状态设计方法。

4.1.2 主跨跨度小于 100m 或以镀锌钢丝绳为主缆时，主体结构设计使用年限为 30 年；主跨跨度大于等于 100m 时，主体结构的设计使用年限为 50 年。

4.1.3 主体结构和可更换部件的设计使用年限不应低于表 4.1.3 的规定

表 4.1.3 玻璃悬索桥设计使用年限

类别	桥梁类型	主体结构	可更换部件		
			吊索、抗风缆	桥面玻璃	栏杆、伸缩装置、支座等
1	主跨 $L \geq 100\text{m}$	50 年	20 年	8 年或玻璃有裂纹、或磨损严重时	15 年
2	主跨 $L < 100\text{m}$ 或主缆为钢丝绳	30 年			

4.1.4 设计安全等级为一级，结构重要性系数 $\gamma_0$ 取 1.1。

4.1.5 应根据所处环境条件和设计使用年限进行耐久性设计。混凝土结构应符合《混凝土结构耐久性设计规范》GB 50476 的要求；钢结构防腐设计应符合《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》JT/T 722 的要求。

4.1.6 应与周围环境协调，选择一项或多项内容开展景观设计。

## 4.2 岩土工程勘察

**4.2.1** 玻璃悬索桥设计和施工前必须进行岩土工程勘察。

**4.2.2** 工程勘察前应取得下列图纸和资料:

- 1 工程设计总平面图。
- 2 工程规模、结构类型、基础形式、尺寸、荷载等资料。

**4.2.3** 应对地基作岩土工程评价,为选择地基方案及基础设计提供工程地质依据和必要的设计参数,并提出相应建议。

**4.2.4** 工程勘察应进行下列工作:

1 查明不良地质作用的特征、成因、分布范围、发展趋势,评价其对拟建场地的影响,提出防治措施或建议。

2 查明场地范围内岩土层的类型、年代、成因、分布范围及其物理、力学性质。

3 查明对工程有影响的地表水体的分布、水位、水深、水质以及地表水与地下水的补排关系等,分析地表水体对工程可能造成的危害。

4 查明地下水的埋藏条件,提供场地的地下水类型、勘察时水位、水质、岩土渗透系数、地下水位变化幅度等,根据需要分析评价其对工程的影响。

5 判定水、土对建筑材料的腐蚀性。

6 对场地的地震效应进行评价,提供抗震设计所需参数。

7 在季节性冻土地区,应提供场地土的标准冻结深度。

**4.2.5** 勘探点的布置应符合下列规定:

1 对于索塔,每个基础勘探点不应少于2个;对于锚碇,每个基础勘探点不应少于1个。

2 当相邻勘探点揭示的地层变化较大,影响基础设计和施工方案的选择时,应适当增加勘探点数量。

#### 4.2.6 勘探孔深度应符合下列要求:

1 当拟采用天然地基时,勘探孔深度应能控制地基主要受力层,且应超过地基变形计算深度。

2 当拟采用桩基时,勘探孔深度应穿透桩端平面以下压缩层厚度,且不应小于 5m;嵌岩桩的勘探孔应深入预计嵌岩面以下(3~5)倍桩径,并应穿过溶洞、破碎带,达到稳定地层。

4.2.7 采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2;当勘探孔总数少于 3 个时,每个勘探孔均应取样或进行原位测试。

#### 4.2.8 勘察报告应重点分析评价下列内容:

1 地基基础方案分析评价,提供设计所需的岩土参数,对设计与施工中的岩土工程问题提出建议。

2 当拟采用桩基时,提出桩型、桩端持力层和施工方法的建议;提供计算单桩承载力、桩基变形验算的岩土参数,评价成(沉)桩可能性,论证桩的施工条件及其对周边环境的影响;当桩身周围有液化土层分布时,应评价液化土层对基桩设计的影响,提供相应参数;当桩身周围存在可能产生负摩阻力的土层时,应分析其对桩基承载力的影响。

3 对在河床中设索塔的悬索桥,应提供抗冲刷计算所需的岩土参数。

### 4.3 总体设计

**4.3.1** 玻璃悬索桥总平面布置应符合规划要求，并结合当地环境特征、交通状况、人流集散方向等因素进行设计。

**4.3.2** 桥位宜选择在环境条件较好的区域，并宜避开抗震不利区域，不应选在抗震危险区域。

**4.3.3** 玻璃悬索桥可由锚碇、索塔、缆索系统、主梁及附属结构五大部分组成，缆索系统应包括主缆、抗风缆、索夹、吊索、主索鞍、散索鞍及防护系统等。

**4.3.4** 玻璃悬索桥可采用单跨、双跨、多跨等布置形式，主梁宜采用简支体系（图 4.3.4）。

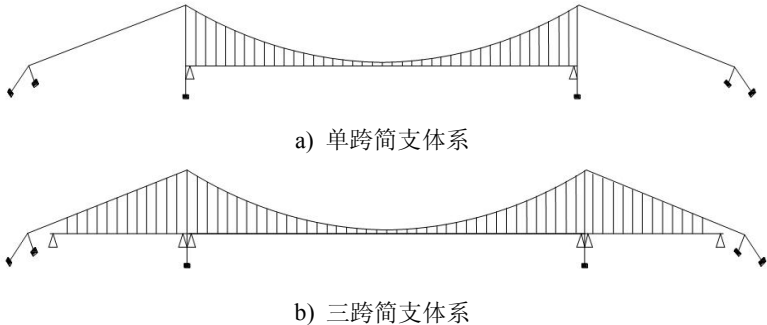


图 4.3.4 玻璃悬索桥结构体系示意图

**4.3.5** 主缆垂跨比应考虑经济性和全桥结构刚度的需要，宜在 1/9~1/11 的范围内确定，桥面直接固定在主缆上的玻璃悬索桥垂跨比除外。

**4.3.6** 桥面纵向坡度宜小于 4%。

**4.3.7** 玻璃悬索桥上部结构在人群荷载作用下的最大竖向挠度不应超过计算跨径的 1/400。

**4.3.8** 玻璃悬索桥的抗风设计应符合《公路桥梁抗风设计规范》JTG/T D60-01 的要求；玻璃悬索桥的抗震检算应符合《公路悬索

桥设计规范》JTG/T D65-05 的要求。特殊情况应进行专题研究。

## 4.4 荷载及组合

4.4.1 玻璃悬索桥设计采用的作用分类应符合表 4.4.1 的规定。

表 4.4.1 作用分类

编号	作用分类	作用名称
1	永久作用	结构重力（包括结构附加重力）
2		预加力
3		混凝土收缩及徐变作用
4		基础变位作用
5		土的重力
6		土侧压力
7	可变作用	人群荷载
8		风荷载
9		雪荷载
10		温度影响作用
11		施工荷载
12	地震作用	地震作用

4.4.2 作用组合应按下列原则取其最不利效应进行设计：

1 只有在结构上可能同时出现的作用，才进行组合。当结构或结构构件需做不同受力方向的验算时，则应以不同方向的最不利的作用组合效应进行计算。

2 人群荷载与雪荷载作用不同时考虑。

3 当可变作用的出现对结构或构件产生有利影响时，该作用不应参与组合。

4 施工阶段作用的组合，应按计算需要及结构所处条件而定，结构上的施工人员和施工机具设备、桥面堆载、临时配重、施工期风荷载等均应作为可变作用。

**4.4.3** 按承载能力极限状态设计时，作用的基本组合应根据下式进行组合：

$$S_{ud} = \gamma_0 S \left( \sum_{i=1}^m \gamma_{G_i} G_{ik}, \gamma_{Q_1} Q_{1k}, \psi_c \sum_{j=2}^n \gamma_{Q_j} Q_{jk} \right) \quad (4.4.3)$$

式中： $S_{ud}$ ——承载能力极限状态下作用基本组合的效应设计值；

$S(\cdot)$ ——作用组合的效应函数；

$\gamma_0$ ——结构重要性系数，取 1.1。

$\gamma_{G_i}$ ——第  $i$  个永久作用的分项系数，应按表 4.4.3 的规定采用；

$G_{ik}$ ——第  $i$  个永久作用的标准值；

$\gamma_{Q_1}$ ——基本可变作用效应的分项系数，取  $\gamma_{Q_1}=1.4$ ；

$Q_{1k}$ ——基本可变作用的标准值；

$\gamma_{Q_j}$ ——第  $j$  个其他可变作用效应的分项系数。除风荷载外的其他可变作用的分项系数取  $\gamma_Q=1.4$ ，风荷载的分项系数取  $\gamma_{Q_j}=1.1$ ；

$Q_{jk}$ ——第  $j$  个其他可变作用的标准值；

$\psi_c$ ——在作用效应组合中其他可变作用效应的组合值系

数，取 $\psi_c=0.75$ 。

表 4.4.3 永久作用的分项系数

编号	作用类别	永久作用分项系数	
		对结构的承载能力不利时	对结构的承载能力有利时
1	结构重力（包括结构附加重力）	1.2	1.0
2	预加力	1.2	1.0
3	混凝土收缩及徐变作用	1.0	1.0
4	土的重力	1.2	1.0
5	土侧压力	1.4	1.0
6	基础变位作用	1.0	1.0

4.4.4 按正常使用极限状态设计时，作用的标准组合应根据下式进行组合：

$$S_{fd} = S \left( \sum_{i=1}^m G_{ik}, \psi_{f1} Q_{1k}, \sum_{j=2}^n \psi_{qj} Q_{jk} \right) \quad (4.4.4)$$

式中： $S_{fd}$ ——标准组合的效应设计值；

$\psi_{f1}$ ——人群荷载系数，取 1.0；

$\psi_{qj}$ ——第  $j$  个可变作用的系数，风荷载 $\psi_q=0.75$

温度影响作用 $\psi_q=0.8$ ，其余可变作用 $\psi_q=1.0$ 。

$\psi_{qj} Q_{jk}$ ——第  $j$  个可变作用的标准值。

4.4.5 结构常用材料容重可按表 4.4.5 取值。

表 4.4.5 常用材料的容重

序号	材料种类	容重 (kN/m <sup>3</sup> )
1	钢、铸钢	78.5
2	玻璃	25.0
3	钢筋混凝土	25.0~26.0
4	混凝土或片石混凝土	24.0

注：含筋量（以体积计）小于等于 2% 的钢筋混凝土，其容重采用 25kN/m<sup>3</sup>；大于 2% 的采

用  $26\text{kN/m}^3$ ;

**4.4.6** 人群荷载标准值应按下列规定取值:

- 1 设计桥面板、桥面系和吊索时, 取  $3.5\text{kN/m}^2$ 。
- 2 整体结构计算时, 不应小于  $2\text{kN/m}^2$ 。

**4.4.7** 风荷载应按《公路桥梁抗风设计规范》JTG/T D60-01 的规定计算, 基本风速值应按 50 年重现期取值, 特殊情况应按 100 年重现期取值。

**4.4.8** 雪荷载应按《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定执行。

**4.4.9** 温度作用、施工荷载等其他作用应按《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的规定执行。

## 4.5 结构设计

**4.5.1** 玻璃悬索桥结构设计, 除进行静力计算外, 尚应进行动力特性分析, 抗风、抗震、稳定性计算, 确保强度、刚度和稳定性满足要求。

**4.5.2** 结构计算图示、几何特性、边界条件应反映实际结构受力状况和受力特性。

**4.5.3** 主跨跨度小于 200m 的玻璃悬索桥静力计算可采用弹性理论, 主跨跨度大于等于 200m 时宜采用有限位移理论及空间结构分析模型。

**4.5.4** 应根据设计成桥线形和结构重力计算主缆的无应力长度、空缆线形、鞍座预偏量、索股初始张力、主缆索夹位置和吊索的无应力长度。

**4.5.5** 应根据施工阶段索塔内力及变形确定鞍座顶推量, 明确相应的主缆线形、主梁的空间位置等。

4.5.6 施工阶段的抗风和抗震应按《公路悬索桥设计规范》JTG/T D65-05 的规定执行。

4.5.7 索塔的结构计算和构造应符合《公路悬索桥设计规范》JTG/T D65-05 的要求。

4.5.8 主缆设计应符合下列要求：

1 玻璃悬索桥宜采用双主缆，桥面直接固定在主缆上的玻璃悬索桥可采用多根主缆。

2 主缆可采用平行钢丝束主缆和钢丝绳主缆，应根据主缆的受力及施工方法等要求进行选取。

3 主缆用镀锌高强钢丝直径  $d_w$  宜在 4.5mm~5.5mm 内。

4 主缆宜采用预制平行索股法（PPWS 法）架设，索股中的钢丝数量可采用 91 丝、127 丝等。主缆索股宜排列成正六边形，如图 4.5.8 所示。

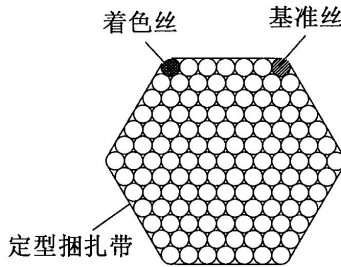


图 4.5.8 索股断面

5 主缆施工方法采用预制平行索股法（PPWS 法）时，一般截面空隙率  $V_c$  宜为 18%~20%，索夹内截面空隙率  $V_c$  宜为 16%~18%。

6 在永久作用、可变作用、温度作用效应组合下，高强度钢

丝主缆承载力计算应满足式(4.5.8-1)的要求,钢丝绳主缆承载力计算应满足式(4.5.8-2)的要求。



$$(4.5.8-1)$$

$$\gamma_0 N_d \leq f'_{dd} \quad (4.5.8-2)$$

式中:  $\sigma_d$ ——主缆钢丝应力设计值 (MPa) ;

$N_d$ ——主缆轴向拉力设计值 (N) ;

$f_{dd}$ ——主缆钢丝的抗拉强度设计值 (MPa) ,  $f_{dd} = \frac{f_k}{\gamma_R}$  ;

$f'_{dd}$ ——钢丝绳最小破断拉力设计值 (N) ,  $f'_{dd} = \frac{f'_k}{\gamma_R}$  ;

$f_k$ ——主缆钢丝的抗拉强度标准值 (MPa) ;

$f'_k$ ——主缆钢丝绳最小破断力 (N) ;

$\gamma_R$ ——主缆材料强度分项系数。

7 应对主缆线形和长度、锚头进行检算,并符合《公路悬索桥设计规范》JTG/T D65-05 的规定。

#### 4.5.9 吊索设计应符合下列要求:

1 吊索宜采用镀锌高强钢丝、镀锌钢丝绳及钢拉杆三种类型。

2 吊索与主缆的连接、吊索与主梁的销接连接处应设置调节构造 (图 4.5.9) 。

3 吊索下料制造前,应根据实际空缆线形对吊索的无应力长度进行修正。

4 高强度钢丝吊索承载力计算应满足式(4.5.9-1)的要求,钢

丝绳吊索承载力计算应满足式(4.5.9 -2)的要求。

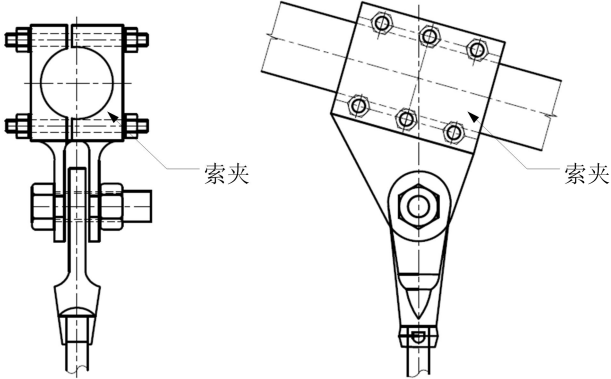


图 4.5.9-1 吊索与主缆连接方式

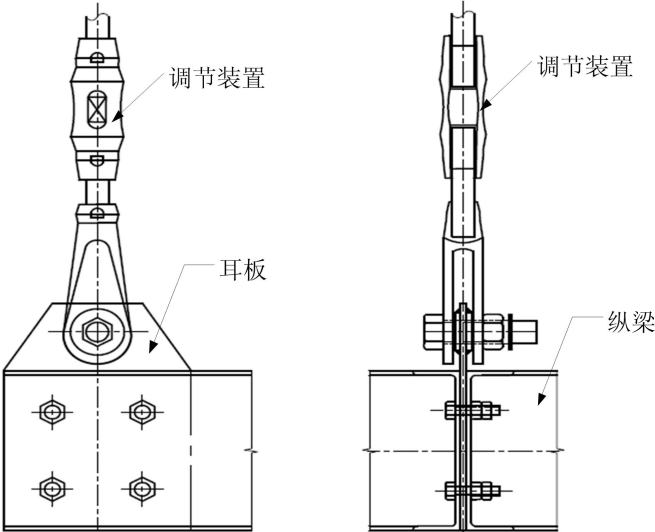


图 4.5.9-2 吊索与主梁连接方式

$$\frac{\gamma_0 N_d}{A} \leq f_{dd} = \frac{f_k}{\gamma_R} \quad (4.5.9-1)$$

$$\gamma_0 N_d \leq f'_{dd} = \frac{f'_k}{\gamma_R} \quad (4.5.9-2)$$

式中： $N_d$ ——吊索轴向拉力设计值（N）；

$A$ ——高强度钢丝吊索的截面面积（ $\text{mm}^2$ ）；

$\gamma_R$ ——吊索材料强度分项系数，取 2.2。

#### 4.5.10 抗风缆设计应符合下列要求：

- 1 抗风缆宜采用镀锌高强钢丝及镀锌钢丝绳两种类型。
- 2 抗风缆与桥面夹角宜在  $30^\circ$  左右。
- 3 抗风缆的设计荷载宜按最大静阵风荷载计算，且验算主缆承载能力时应计入抗风缆设计荷载。

4.5.11 索鞍可分为主索鞍、散索鞍、散索套及转索鞍，其结构形式、计算和构造应符合《公路悬索桥设计规范》JTG/T D65-05 的规定。

#### 4.5.12 索夹应符合下列要求：

1 主缆在吊索处应设置索夹，索夹的长度、螺杆的数量应根据吊索索力、吊索处主缆的倾角进行分类设计。

2 索夹可采用铸造、焊接或冷压成型等制造工艺。

3 索夹耳板中心平面应与索夹轴向竖直中心平面重合，吊索索力中心线宜通过索夹中部。

#### 4 结构计算

1) 索夹内孔设计直径  $d_c$  应按式 (4.5.12-1) 确定。

$$d_c = \sqrt{\frac{d_w^2 \times n_{\text{tot}}}{1 - V_c}} \quad (4.5.12-1)$$

式中： $d_w$ ——主缆的钢丝直径（mm）；

$n_{\text{tot}}$ ——单根主缆中的钢丝总根数；

$V_c$ ——主缆在索夹内的设计孔隙率。

2) 吊索索夹的抗滑移系数应满足式（4.5.12-2）的要求。

$$K_{\text{fc}} = \frac{F_{\text{fc}}}{N_c} \geq 3 \quad (4.5.12-2)$$

式中： $K_{\text{fc}}$ ——索夹抗滑系数；

$N_c$ ——主缆上索夹的下滑力（N）， $N_c = N_h \sin \phi$

$N_h$ ——吊索拉力（N），按作用标准值计算；

$\phi$ ——索夹在主缆上的安装倾角，按同类索夹中的最大值计算；

$F_{\text{fc}}$ ——索夹抗滑摩阻力（N）， $F_{\text{fc}} = k \mu P_{\text{tot}}$

$k$ ——紧固压力分布不均匀系数，取 2.8；

$\mu$ ——摩擦系数，取 0.15；

3) 索夹上悬杆总的设计夹紧力  $P_{\text{tot}}$  应按式（4.5.12.3）计算：

$$P_{\text{tot}} = n_{\text{cb}} P_{\text{b}}^c \quad (4.5.12-3)$$

式中： $n_{\text{cb}}$ ——索夹上安装的螺杆总根数；

$P_{\text{b}}^c$ ——索夹上单根螺杆夹紧力（N）。

#### 4.5.13 锚碇及锚固设施设计应符合下列要求：

1 锚碇结构形式应根据地形、地质、主缆力、经济性等选择，宜采用重力式锚碇（图 4.5.13）；稳定性应满足表 4.5.13 的要求。

- 2 锚固系统可采用预应力锚固系统和型钢拉杆锚固系统。
- 3 锚碇设计除应符合本标准规定外，尚应符合《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62 的规定。

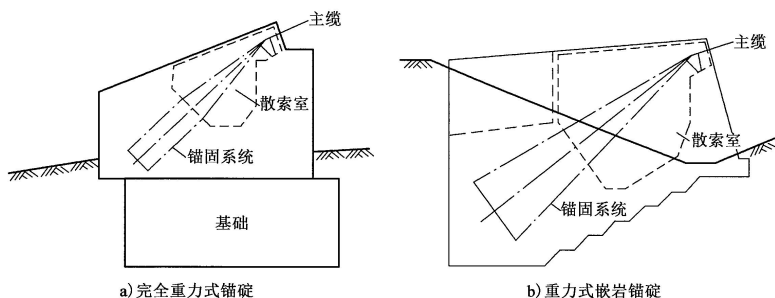


图 4.5.13 重力式锚碇

表 4.5.13 锚碇抗倾覆和抗滑动稳定性系数

作用组合		验算项目	稳定性系数
使用阶段	永久作用、人群和温度的标准效应组合	抗倾覆 $K_0$	2.0
	永久作用、地震作用的标准值效应组合	抗滑动 $K_a$	2.0
施工阶段各种作用的标准效应组合		抗倾覆 $K_0$	1.2
		抗滑动 $K_a$	1.6

4 锚碇的其他构造要求及结构计算应符合《公路悬索桥设计规范》JTG/T D65-05 的规定。

#### 4.5.14 主梁设计应符合下列要求：

- 1 主梁宜采用工字钢、槽钢及角钢等型钢组合钢桁架，设计应符合《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D62 的规定。
- 2 主梁计算应考虑施工阶段及成桥阶段状态，并应满足强度、刚度、稳定性等的相关要求。

3 主梁结构应进行整体计算和局部计算,应根据实际情况进行必要的组合。

4 吊索与主梁的连接构造和主梁支承结构应进行局部检算,所受作用应由整体计算得出。

5 主梁的外形应考虑抗风要求,必要时可设置风嘴或导流板。

## 4.6 桥面玻璃

4.6.1 玻璃板孔洞及边缘均应进行机械磨边和倒棱,磨边宜细磨,倒棱宽度不宜小于 1.0mm。

4.6.2 夹层玻璃的单片厚度相差不宜大于 3mm,且夹层胶片厚度不应小于 0.76mm。

4.6.3 玻璃板面挠度不应大于其跨度的 1/200。

4.6.4 玻璃之间的接缝宽度不应小于 6mm,采用的密封胶的位移能力应大于玻璃板缝位移量计算值。

4.6.5 玻璃与主体结构的连接可采用中性硅酮结构胶,并应定期检查连接部位胶体的老化情况。应避免尖锐物体直接接触玻璃。

4.6.6 玻璃强度应取夹层玻璃的单片玻璃计算。

4.6.7 作用在夹层玻璃单片上的荷载应按下式计算:

$$q_i = \frac{t_i^3}{t_e^3} q \quad (4.6.7)$$

式中:  $q_i$ ——分配到第  $i$  片玻璃上的荷载基本组合设计值

(N/mm<sup>2</sup>);

$t_i$ ——第  $i$  片玻璃的厚度 (mm);

$t_e$ ——夹层玻璃的等效厚度 (mm) ;

$q$ ——作用在玻璃上荷载基本组合设计值 (N/mm<sup>2</sup>) 。

**4.6.8** 夹层玻璃的等效厚度  $t_e$  应按下式计算:

$$t_e = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3 + \cdots + t_n^3} \quad (4.6.8)$$

式中:  $t_e$ ——夹层玻璃的等效厚度 (mm) ;

$t_1, t_2, \cdots, t_n$ ——分别为各单片玻璃的厚度 (mm),  $n$  为夹层玻璃的层数。

**4.6.9** 夹层玻璃中的单层玻璃的最大应力可用有限元方法计算或按下式计算:

$$\sigma_i = \frac{6mq_i a^2}{t_i^2} \quad (4.6.9)$$

式中:  $\sigma_i$ ——第  $i$  片玻璃的最大应力 (N/mm<sup>2</sup>) ;

$q_i$ ——作用于第  $i$  片玻璃上的荷载基本组合设计值 (N/mm<sup>2</sup>) ;

$a$ ——矩形玻璃板短板边长 (mm) ;

$t_i$ ——玻璃的厚度 (mm) ;

$m$ ——弯矩系数, 可根据玻璃板短板与长边的长度之比按表 4.6.9 取值。

表 4.6.9 四边支承玻璃板的弯矩数  $m$

$a/b$	0.00	0.25	0.33	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65
$m$	0.1250	0.1230	0.1180	0.1115	0.1000	0.0934	0.0868	0.0804
$a/b$	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	—
$m$	0.0742	0.0683	0.0628	0.0576	0.0528	0.0483	0.0442	—

注:  $a/b$  是玻璃板短边与长边的长度之比。

**4.6.10** 桥面夹层玻璃的最大挠度应按等效单片玻璃计算。计算桥面夹层玻璃的刚度时，应采用夹层玻璃的等效厚度。

**4.6.11** 在垂直于玻璃平面的荷载作用下，单片玻璃的最大挠度，可用有限元方法计算或按下列公式计算：

$$d_f = \frac{\mu q a^4}{D} \quad (4.6.11-1)$$

$$D = \frac{Et_c^3}{12(1-\nu^2)} \quad (4.6.11-2)$$

式中： $d_f$ ——在垂直于桥面玻璃的荷载标准组合值作用下最大挠度（N/mm<sup>2</sup>）；

$q$ ——垂直于该片桥面玻璃的荷载标准组合值（N/mm<sup>2</sup>）；

$\mu$ ——挠度系数，可根据玻璃短边与长边的长度之比按表 4.6.12 选用；

$D$ ——玻璃的刚度（N/mm）；

$E$ ——玻璃的弹性模量，可按  $0.72 \times 10^5$ （N/mm<sup>2</sup>）取值；

$\nu$ ——泊松比，可按 0.2 取值。

**表 4.6.11 四边支承板的挠度系数 $\mu$**

$a/b$	0.00	0.20	0.25	0.33	0.50	0.55	0.60	0.65
$\mu$	0.01302	0.01297	0.01282	0.01223	0.01013	0.00940	0.00867	0.00796
$a/b$	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	—
$\mu$	0.00727	0.00663	0.00603	0.00547	0.00496	0.00449	0.00406	—

注： $a/b$  是玻璃板短边与长边的长度之比。

## 4.7 人致振动及舒适性

**4.7.1** 玻璃悬索桥应进行人致振动舒适度验算。对于竖向舒适度，应分别验算频率处于（1.25~3）Hz 的竖向模态；对于侧向舒适度，应分别验算频率处于（0.5~1.2）Hz 的侧向模态。

**4.7.2** 在人致振动舒适度分析时，行人密度不宜低于 1.5 人/m<sup>2</sup>，步行荷载模型应根据行人密度应按附录 A 的规定进行计算。

**4.7.3** 玻璃悬索桥结构的阻尼比宜取 0.40%~0.55%。

**4.7.4** 步行荷载的加载方向应按结构振型确定，按照使结构振动最不利的方向进行（图 4.7.4）。

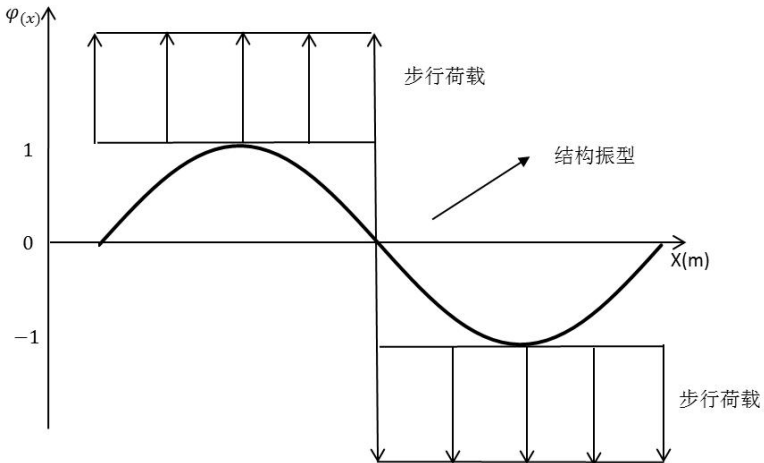


图 4.7.4 步行荷加载方向

**4.7.5** 玻璃悬索桥人致振动可按附录 B 的方法进行分析。

**4.7.6** 行人舒适度评价等级应高于表 4.7.6 中的 CL3 等级，宜达到 CL1 等级。

**表 4.7.6 行人舒适度评价标准**

舒适度等级	舒适度评价	竖向峰值加速度限值 (m/s <sup>2</sup> )	侧向峰值加速度限值 (m/s <sup>2</sup> )
CL1	最佳	$[0, 0.25 \cdot f^{0.78})$	$[0, 0.1)$
CL2	合格	$[25 \cdot f^{0.78}, \min(0.5 \cdot f^{0.5}, 0.7))$	$[0.1, 0.15 \cdot f^{0.5})$
CL3	不合格	$[\min(0.5 \cdot f^{0.5}, 0.7), \infty)$	$[0.15 \cdot f^{0.5}, \infty)$

**4.7.7** 当舒适度不能满足要求时，可通过提高结构刚度或提高结构阻尼的措施来改善玻璃悬索桥的人致振动舒适度。

**4.7.8** 在玻璃悬索桥竣工后，应进行人致振动舒适度测试，测试方法应符合附录 C 的规定。

## 4.8 附属设施

**4.8.1** 支座及伸缩装置应符合下列要求：

1 主梁梁端应设置支座及伸缩装置，其技术规格应根据桥梁整体计算分析综合确定，并应满足主梁各向位移和转角的要求。

2 支座及伸缩装置设计应考虑温度变化及竖向荷载引起的水平位移。

3 支座及伸缩装置应设置防排水设施。

**4.8.2** 防腐措施应符合下列要求：

1 主缆、吊索应进行防腐设计，主缆出入塔顶鞍座罩及锚室处应设置缆套及密封装置。

2 锚室内应根据需要做除湿系统,锚碇周围应设置防排水设施。

**4.8.3** 防护栏杆设计应符合下列要求:

1 栏杆高度不应小于 1.20m。

2 作用在栏杆扶手上的竖向荷载取 1.20kN/m; 水平向外荷载取 2.50kN/m。两者应分别计算。

3 栏杆构件间的最大净间距不得大于 0.10m, 且不宜采用横线条栏杆或实体栏杆。

**4.8.4** 照明设施应符合下列要求:

1 需要时可设置景观照明, 但必须服从功能性照明的要求, 工作电压不应高于 36 V。

2 各通道及锚室内应设置照明系统。

**4.8.5** 可根据需要设置下列检修设施:

1 在索塔设置爬梯、塔顶设置检修平台及安全栏杆。

2 在锚碇处设置检修通道、检修门等。

3 主梁检查车。

**4.8.6** 全桥应设置避雷系统, 设计应符合《桥梁防雷技术规范》GB/T 31067 的规定。

**4.8.7** 应按相关要求设置桥涵标示、路线指示牌和应急疏散设施等。

## 5 玻璃栈道设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 玻璃栈道设计应采用以分项系数表达的极限状态设计方法。

**5.1.1** 玻璃栈道设计使用年限为 50 年。

**5.1.2** 玻璃栈道设计安全等级不应低于二级，结构重要性系数不应低于 1.0。

**5.1.3** 玻璃栈道设计应根据使用功能、建设条件、景观等要求，对栈道使用材料、结构体系等进行综合设计。

**5.1.4** 玻璃栈道设计应根据所处环境条件和设计使用年限进行耐久性设计，并应符合《混凝土结构耐久性设计规范》GB 50476 的要求。

### 5.2 岩土工程勘察

**5.2.1** 玻璃栈道设计和施工前必须进行岩土工程勘察。岩土工程勘察可根据工程需要分阶段进行，包括选址勘察和详细勘察。

**5.2.2** 选址勘察应以搜集资料、工程地质测绘和现场调查为主。

**5.2.3** 选址勘察应重点分析评价下列内容：

1 不良地质作用的分布范围及其影响。特别对崩塌、滑坡不良地质作用的调查、分析和评价。

2 拟建场地的稳定性和工程建设的适宜性。

**5.2.4** 详细勘察前应取得下列图纸和资料:

1 工程设计总平面图。

2 工程规模、结构类型、基础形式、尺寸、荷载、栈道位置标高等设计要求。

**5.2.5** 应对崖壁岩体作出岩土工程评价,为结构设计提供工程地质依据和必要的设计参数,并提出相应建议。

**5.2.6** 玻璃栈道勘察应进行下列工作:

1 查明不良地质作用的特征、成因、分布范围、发展趋势;评价其对拟建场地的影响,提出防治措施的建议。

2 查明场地范围内岩土层的类型、年代、成因、分布范围,及其物理、力学性质。

3 对场地的地震效应进行评价,提供抗震设计所需参数。

**5.2.7** 详细勘察应以工程地质测绘和现场调查为主,辅以必要的室内试验工作。并应符合下列规定:

1 工程地质测绘和调查的范围,应包括场地及其附近地段。

2 测绘比例尺可选用 1:500~1:2000,条件复杂时,比例尺应适当放大;对工程有重要影响的地质体,如崩塌、滑坡、断层、软弱夹层等,可采用放大比例尺表示。

3 查明地形、地貌特征及与地层、构造、不良地质作用的关系,划分地貌单元。

4 查明岩石的年代、成因、性质、厚度和分布,应鉴定岩层的风化程度。

5 查明岩体结构类型、各种结构面的产状和性质,评价岩体完整程度。

6 查明岩溶、崩塌、滑坡等不良地质作用的形成、分布、形

态、规模、发育程度及其对工程的影响。

7 应采取岩石试样，进行饱和单轴抗压强度试验和剪切试验，每种岩石不少于 6 组。

### 5.3 总体设计

**5.3.1** 玻璃栈道宜选取山体岩体完整性 II 级及以上，且表面应平整，无较大裂隙，俯视及远眺视野开阔的地段，应避开地质不良地段。

**5.3.2** 玻璃栈道主体可采用混凝土结构、钢结构。

**5.3.3** 悬挑梁悬挑长度不宜大于 3m，超过 3m 时应设支撑构件。悬挑梁处于中等风化岩石地段时应增加锚固深度。

**5.3.4** 悬挑梁抗震等级不宜低于三级，抗震设计应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

### 5.4 荷载及组合

**5.4.1** 永久荷载应包括结构构件、围护构件、面层及装饰、固定设备、长期储物的自重以及其他按永久荷载考虑的荷载。

**5.4.2** 人群荷载标准值不应低于  $3.5\text{kN/m}^2$ 。

**5.4.3** 基本风压、基本雪压和基本气温应按《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取值；基本风压应取 100 年重现期的风压值，并应考虑风荷载局部体形系数。

**5.4.4** 玻璃栈道结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载组合，并应取各自最不利的组合进行设计。

**5.4.5** 对于承载能力极限状态，应按荷载的基本组合计算荷载组合的效应设计值，并应按下式进行设计：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (5.4.5)$$

式中： $\gamma_0$ ——结构重要性系数； $\gamma_0$ 不应小于 1.0；

$S_d$ ——荷载基本组合的效应设计值，应按《建筑结构荷载规范》GB50009 中基本组合的公式确定；

$R_d$ ——结构构件抗力的设计值，应按相关建筑结构设计规范的规定确定。

**5.4.6** 对于正常使用极限状态，应根据不同的设计要求，采用荷载的标准组合，并应按下式进行设计：

$$S_d \leq C \quad (5.4.6)$$

式中： $S_d$ ——荷载标准组合的效应设计值，应按《建筑结构荷载规范》GB 50009 中荷载的标准组合的公式确定；

$C$ ——结构或结构构件达到正常使用要求的规定限值，比如变形、裂缝、自振频率的限值，应按各有关建筑结构设计规范的规定采用

**5.4.7** 荷载基本组合的效应设计值和荷载标准组合的效应设计值  $S_d$  具体表达式，及分项系数应符合《建筑结构荷载规范》GB 50009 的要求。

## 5.5 结构设计

**5.5.1** 混凝土悬挑梁根部截面尺寸不宜小于 250mm×400mm，钢结构悬挑梁可采用方钢管或 H 钢，截面高度不宜小于 250mm。

**5.5.2** 混凝土悬挑梁应进行受弯承载力和斜截面受剪承载力检

算，并应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 的要求。

**5.5.3** 钢结构悬挑梁应进行抗弯强度、抗剪强度、折算应力、局部承压强度、整体和局部稳定的检算，并应符合《钢结构设计标准》GB 50017 的要求。

**5.5.4** 正常使用极限状态下悬挑梁的竖向位移最大值不应大于  $L/300$ 。

注： $L$  为悬挑梁计算长度，为实际长度的 2 倍。

**5.5.5** 悬挑梁的锚固端嵌岩深度不宜小于 500mm，纵向受力钢筋锚固长度应满足受拉钢筋抗震锚固长度要求，钢筋锚固长度可从岩洞外边算起，且植入岩体的长度不宜小于 500mm；锚固岩层应为未风化岩，嵌岩深度应除去外层强风化岩层厚度。

**5.5.6** 嵌固岩体应满足局部承压、抗剪等各项承载力要求。钢筋锚固应满足抗拔承载力要求，拉拔试验应在施工现场进行。

## 5.6 栈道玻璃

**5.6.1** 栈道玻璃应符合本标准第 4.6 节的规定。

## 5.7 附属设施

**5.7.1** 伸缩缝应符合下列要求：

1 混凝土结构伸缩缝宽度不应大于 80mm，钢结构伸缩缝宽度不应大于 100mm。

2 伸缩缝最大间距，混凝土结构不应大于 30m，钢结构不应大于 50m。

3 山体存在较明显竖向裂隙处应设伸缩缝。

**5.7.2 防护栏杆应符合下列要求:**

1 临空侧防护栏高度不应低于 1.2m, 栏杆踢脚板离地高度不应大于 0.1m。

2 栏杆宜采用垂直栏杆或栏板, 杆件或栏板净距不应大于 0.1m。

3 防护栏杆主体构件可采用钢筋混凝土结构或钢结构, 水平向外荷载取 2.5kN/m。

4 栏板采用玻璃材质时, 应采用双层夹层钢化玻璃, 单片玻璃厚度不应小于 6mm, 胶片厚度不宜小于 1.14mm, 并应根据玻璃厚度调整胶片厚度。

**5.7.3 照明设施应符合下列要求:**

1 照明设施宜采用集中控制, 并按建筑使用条件和天然采光状况采取分区、分组控制措施。

2 当设置柱式照明灯具时, 灯具高度宜大于 2.5m, 不宜超过 3m。

**5.7.4 防雷设施应符合《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的要求。**

**5.7.5 配套附属设施必须符合应急疏散及服务功能要求。**

## 6 施工及验收

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 施工单位应具备相应的施工资质。

**6.1.2** 施工现场应具有健全的质量管理体系、相应的施工技术标准、施工质量检验制度和综合施工质量水平评定考核制度。施工现场质量管理可按《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300的要求进行检查记录。

**6.1.3** 未实行监理的工程，建设单位应履行监理职责。

**6.1.4** 玻璃悬索桥和玻璃栈道的施工质量控制应符合下列规定：

1 主要材料、半成品、成品、建筑构配件、器具和设备应进行进场检验。凡涉及到安全、节能、环境保护和主要使用功能的重要材料、产品，应按各专业工程施工规范、验收规范和设计文件等规定进行复验，并应经监理工程师检查认可。

2 各施工工序应按施工技术标准进行质量控制，每道施工工序完成后，经施工单位自检符合规定后，才能进行下道工序施工。各专业工种之间的相关工序应进行交接检验，并应记录。

3 对于监理单位提出检查要求的重要工序，应经监理工程师检查认可，才能进行下道工序施工。

**6.1.5** 施工单位应按照经过审批的设计文件进行施工。发生设计变更及工程洽商应按国家现行有关规定程序办理设计变更与工程洽商手续，并形成文件。严禁按未经批准的设计变更进行施工。

**6.1.6** 施工组织设计应按其审批程序报批。施工中需要修改或补

充时，应履行原审批程序。施工组织设计编制应符合《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502 的要求。对于危险性较大的分部分项工程，施工单位应编制专项方案，按照有关规定进行审批和专家论证，并严格遵照执行。

**6.1.7** 施工单位在施工前应进行安全隐患识别，针对安全隐患制定相应的安全措施和应急预案。施工中必须建立技术与安全交底制度。作业前，主管施工技术人员必须向作业人员进行安全与技术交底，并形成文件。

**6.1.8** 外购构件进场时必须有可追溯的产品标识，必须有出厂质量合格证或试验报告。进场时应按批号分批验收。

**6.1.9** 施工过程中，应及时对成桥结构线形及内力进行监控，确保符合设计要求。

**6.1.10** 工程质量验收应在施工单位自检的基础上，按照检验批、分项工程、分部工程（子分部工程）、单位工程顺序进行。单位工程完成且经监理工程师预验收合格后，应由建设单位按相关规定组织工程验收。各项单位工程验收合格后，建设单位应按相关规定及时组织竣工验收。

**6.1.11** 当专业验收规范对于工程中的验收项目未作出相应规定时，应由建设单位组织监理、设计、施工等相关单位制定专项验收要求。涉及安全、节能、环境保护等项目的专项验收要求应由建设单位组织专家论证。

## 6.2 施工准备

**6.2.1** 施工前应根据玻璃悬索桥和玻璃栈道的构造和施工特点，有计划地做好技术、劳动力、构件加工、特殊机械设备的设计制作和必要的试验等施工准备工作。

**6.2.2** 施工现场应对自然危石进行清理，采取安全保护措施后方可进行施工。如需进行山体加固，应编制加固方案并组织专家进行论证。

**6.2.3** 工程施工使用的材料、产品和设备，应符合国家现行有关标准、设计文件和施工方案的规定。原材料、半成品和成品进场时，应对其规格、型号、外观和质量证明文件进行检查，并应按现行有关规定进行检验和复验，复验应为见证取样送检。材料进场后，应按种类、规格、批次分开贮存与堆放，并应标识明晰。贮存与堆放条件不应影响材料品质。

**6.2.4** 符合下列条件之一时，可按相关专业验收规范的规定调整抽样复验、试验数量，调整后的抽样复验、试验方案应由施工单位编制，并报监理单位审核确认。

1 同一项目中由相同施工单位施工的多个单位工程，使用同一生产厂家的同品种、同规格、同批次的材料、构配件、设备；

2 同一施工单位在现场加工的成品、半成品、构配件用于同一项目中的多个单位工程；

3 在同一项目中，针对同一抽样对象已有检验成果可以重复利用。

**6.2.5** 开工前，建设单位应组织设计单位、勘察单位向施工单位移交现场测量控制桩、水准点，并形成文件。施工单位应结合实

际情况，制定施工测量方案，建立测量控制网。

**6.2.6** 开工前，应将工程划分为单位（子单位）、分部（子分部）、分项工程和检验批，作为施工控制的基础。

### **6.3 索塔基础、锚碇工程施工**

**6.3.1** 基坑施工应符合下列规定：

**1** 基坑顶面应设置防止地面水流入基坑的设施，基坑顶有动荷载时，坑顶边与动荷载间应留有不小于 1m 宽的护道。动荷载过大时宜增宽护道或采用加固措施。遇工程地质和水文地质不良时应采取加固措施。

**2** 基坑开挖时，对不同地质的岩层选择适当的开挖方法。采用人工风镐配合机械开挖的方式，必要时可采用小药量爆破，但必须通知监理单位及设计单位，提前做好措施，防止扰动基岩岩体和锚区周围岩体。

**3** 在开挖过程中注意边坡岩质不均匀和地质突变的影响。施工过程中发现异常情况时，应立即停止施工并报监理工程师，采取应急措施。

**4** 基坑坑壁坡度不易稳定并有地下水影响，或放坡开挖场地受到限制，或放坡开挖工程量大，应根据设计要求进行支护。设计无要求时，应结合实际情况选择适宜的支护方案。

**5** 当基坑有地下水时，地下水位以上部分可以放坡开挖；地下水位以下部分，若土质易坍塌或水位在基坑底以上较高时，应采用加固或降地下水位等方法开挖。

**6** 基坑开挖直至基础完成，应连续施工。

7 对基坑开挖全过程应进行施工监测。通过对在基坑周围的观测点进行周期性的监测，转化为三维坐标。针对发现的不稳定因素，采取防范措施，以基坑监测结果指导基坑开挖施工。基坑开挖不得超挖和欠挖。

8 基坑开挖完成后，应会同设计、勘测单位实地验槽。

### 6.3.2 索塔基础施工应符合下列规定：

1 基坑底为非黏性土或干土时，应将其润湿，再浇筑一层厚 200mm~300mm 的混凝土垫层，垫层顶面不得高于基础底面设计高程。

2 基坑面为岩石时，应加以润湿，铺一层厚 20mm~30mm 的水泥砂浆，然后在水泥砂浆凝结前浇筑基础混凝土。

3 基础混凝土应在整个水平截面范围内水平分层进行浇筑。

### 6.3.3 锚碇工程施工应符合下列规定：

1 基坑开挖完成后首先施工一层 100mm 厚的素混凝土垫层，作为锚碇基础的底模。

2 大体积混凝土施工应符合现行《大体积混凝土施工规范》GB 50496 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

3 型钢锚固体体系中的钢构件应由工厂制作，现场应进行成品检验，确认符合设计要求。

4 预应力锚固体体系施工应符合现行《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的有关要求。锚头应安装防护套，并注入保护性油脂。加工件应进行超声波或磁粉探伤检查，不应有设计不允许的裂纹。

5 预埋件的（锚固体体系）安装，采取加工定位钢支架的形式固定预埋索管，预埋索管与前后锚板焊接。前期可通过图纸计算

出前后锚板或者索管的三维坐标值，再推导出定位支架的位置，通过安装定位支架来控制锚固系统的准确性。锚固系统安装完以后应进行复测，当存在偏差时，应按设计要求进行调整。

## 6.4 索塔施工

**6.4.1** 索塔施工应符合现行《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ2 的要求。

**6.4.2** 索塔施工时，应设置登高安全通道、安全网、临边护栏等安全防护装置。

**6.4.3** 索塔施工应选择天顶法或测距法等测量方法，测量方案编制、仪器选择和精度评价等应经过论证。

**6.4.4** 倾斜式索塔施工时，必须对各个施工阶段索塔的强度与变形进行计算，并及时设置相应的支撑结构。

**6.4.5** 塔顶钢框架的安装必须在索塔上横系梁施工完毕，且达到设计强度后方可进行。

**6.4.6** 索塔完工后，必须测定裸塔倾斜度、跨距和塔顶标高，作为主缆线形调整的依据。

## 6.5 主缆施工

**6.5.1** 主缆索股牵引应符合下列规定：

- 1 牵引过程中应对索股施加反拉力。
- 2 牵引最初几根时，宜压低牵引速度，注意检查牵引系统运转情况，对关键部位进行调整后方能转入正常架设工作。
- 3 牵引过程中发现绑扎带连续两处被绷断时，应停机修补。

若发现索股扭转、散丝、鼓丝等，应及时处理。

4 索股锚头牵引到位，在卸下锚头前须把索股临时固定，防止滑移。索股后端宜施加反拉力。

5 索股两端的锚头引入锚固系统前，须将索股理顺，对鼓丝段进行梳理，不许将其留在锚跨内。

### 6.5.2 索股整形入鞍应符合下列规定：

1 在索鞍区段内的索股从六边形断面整理呈矩形，其钢丝在矩形断面内的排列，应符合既能顺利入鞍槽又使空隙率最小的原则。整形过程应在索股处于无应力状态下使用专用的整形器进行。整形完毕的索股方能放入鞍槽，并用木块楔紧。整形时应保持钢丝平顺，不能交叉、扭转，不允许损伤钢丝。索股入鞍后，调整索股上的标记点与设计位置基本吻合。

2 索股横移时，须将索股从猫道滚筒上提起，确认全跨径的索股已离开猫道滚筒后，才能横向移到索鞍的正上方。横移时拽拉力不宜过大，施工人员不允许站在索股下方。

### 6.5.3 索股线形调整应符合下列规定：

1 索股锚头入锚后应进行临时锚固。索股的抬高量宜为200mm~300mm，并做好编号标志。

2 垂度调整应在夜间温度稳定时进行。温度稳定的条件为：长度方向索股的温差不应大于2℃，横截面索股的温差不应大于1℃。

3 绝对垂度调整应测定基准索股下缘的标高及跨长、塔顶标高及变位、主索鞍预偏量、散索鞍预偏量、主缆垂度和标高、气温、索股温度等值后经计算决定其调整量。基准索股标高必须连续三天在夜间温度稳定时进行测量，三次测出结果误差在容许范

围内时取三次的平均值作为该基准索股的标高。

3 相对垂度调整应按与基准索股若即若离的原则进行调整。

4 垂度调整允许误差:基准索股中跨跨中为 $\pm 1/20000$ 跨径;边跨跨中为中跨跨中的2倍;上下游基准索股高差10mm;一般索股(相对于基准索股)-5mm,10mm。

5 调整好的索股不得在鞍槽内滑移。

**6.5.4** 索力的调整以设计提供的数据为依据,其调整量应根据调整装置中测力计的读数和锚头移动量双控确定。实际拉力与设计值之间的允许误差为设计锚固力的3%。

**6.5.5** 紧缆工作应分两步进行,并应符合下列规定:

1 预紧缆应在温度稳定的夜间进行。预紧缆时宜把主缆全长分为若干区段分别进行,以免钢丝的松弛集中在一处。索股上的绑扎带采用边紧缆边拆除的方法,不宜一次全部拆除。预紧缆完成处必须用不锈钢带捆紧,保持主缆的形状,不锈钢带的距离可为5m~6m,预紧缆目标空隙率宜为26%~28%。

2 正式紧缆宜用专用的紧缆机把主缆整成圆形。其作业可以在白天进行。正式紧缆的方向宜向塔柱方向进行。当紧缆点空隙率达到设计要求时,在靠近紧缆机的地方打上两道钢带,其间距可取100mm,带扣放在主缆的侧下方。紧缆点间的距离约1m。

3 正式紧缆质量控制应符合下列规定:

1) 空隙率应符合设计要求,空隙率偏差为 $\pm 2\%$ 。

2) 不圆度(即紧缆后主缆横径与竖径之差)不宜超过主缆设计直径的5%。

## 6.6 索鞍、索夹、吊索安装

**6.6.1** 索鞍安装应选择在白天连续完成。索鞍安装时应根据设计提供的预偏量就位，主梁架设、桥面铺装过程中按设计提供的数据逐渐顶推到永久位置。顶推前应确定滑动面的摩擦系数，严格掌握顶推量，确保施工安全。

**6.6.2** 索夹安装应符合下列规定：

1 索夹安装前，须测定主缆的空缆线形，提交给设计及监理单位，对原设计的索夹位置进行确定。然后在温度稳定时在空缆上放样定出各索夹的具体位置并编号，并清除索夹位置处主缆表面的油污及灰尘，涂上防锈漆。

2 索夹在运输和安装过程中应进行保护。

3 索夹安装方法应根据索夹结构形式、施工设备和施工人员经验确定。当索夹在主缆上精确定位后，即可紧固索夹螺栓。

4 紧固同一索夹螺栓时，应保证各螺栓受力均匀，并按三个荷载阶段（即索夹安装时、钢梁吊装后、桥面铺装后）对索夹螺栓进行紧固。索夹位置要求安装精确，纵向误差不应大于 10mm。记录每次紧固的数据存档，并交有关部门检查。

**6.6.3** 吊索安装应符合下列规定：

1 吊索运输、安装过程中不得受损伤。

2 吊索安装时应采取防止吊索扭转的措施。

3 将吊索运至相应位置，调整吊索的位置，慢慢移动至索夹处，暂停卷扬机，用索夹两端事先准备好的手拉葫芦连接到耳板下方，提升吊索，解除提升钢丝绳，通过两端的手拉葫芦把吊索锚头的位置调整好，安装连接销和保险销。

## 6.7 主梁施工

**6.7.1** 主梁制作、安装施工应符合现行《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的要求。

**6.7.2** 索夹、吊索安装完毕，并完成各项吊装设备安装及检查工作后，方可安装主梁。

**6.7.3** 主梁安装宜从中跨跨中对称向索塔方向进行。

**6.7.4** 吊装过程中应观察索塔变位情况，应根据设计要求和实测塔顶位移量分阶段调整索鞍偏移量。

**6.7.5** 安装合龙段前，必须根据实际的合龙长度，对合龙段长度进行修正。

## 6.8 玻璃栈道施工

**6.8.1** 玻璃栈道施工应采取安全防护措施。

**6.8.2** 自然危石清理后方可进入施工程序。

**6.8.3** 应按照设计要求和岩石级别开凿相应尺寸梁洞，进行锚固施工。固锚岩层不应有强风化岩，嵌岩深度应除去外层强风化岩层。岩体风化较大地段应按照设计要求增加锚固深度。

**6.8.4** 锚固胶没有达到规范允许的强度时，严禁扰动。养生达到条件后，按设计要求进行抗拉拔试验。

## 6.9 钢结构、玻璃结构、木结构、附属结构施工

**6.9.1** 钢结构工程施工应符合现行《钢结构工程施工规范》GB 50755 和《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的要求。

**6.9.2** 木结构工程施工应符合现行《木结构工程施工规范》GB 50772 的要求，施工质量应符合《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206 的要求。

**6.9.3** 玻璃结构工程施工应符合现行《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 的要求，并应符合下列规定：

- 1 进场材料必须符合质量要求，不得有设计不允许的瑕疵。
- 2 安装尺寸误差应符合相关标准规定，严禁强力组装。
- 3 玻璃安装完毕后应采取保护措施。

**6.9.4** 附属结构工程施工应符合设计文件和现行《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的要求。

## **6.10 验 收**

**6.10.1** 玻璃悬索桥和玻璃栈道工程施工质量应按下列要求进行验收：

- 1 工程质量验收均应在施工单位自检合格的基础上进行；
- 2 参加景区玻璃栈道与玻璃悬索桥工程质量验收的各方人员应具备相应的资格；
- 3 检验批的质量应按主控项目和一般项目验收；
- 4 对涉及结构安全、节能、环境保护和主要使用功能的试块、试件及材料，应在进场时或施工中按规定进行见证检验；
- 5 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理单位进行验收，并形成验收文件，验收合格后方可继续施工；
- 6 对涉及结构安全、节能、环境保护和使用功能的重要分部工程，应在验收前按规定进行抽样检验；

7 工程的观感质量应由验收人员现场检查，并应共同确认。

**6.10.2** 玻璃悬索桥和玻璃栈道施工质量验收合格应符合下列规定：

- 1 符合工程勘察、设计文件的要求；
- 2 符合本标准和相关专业验收标准规范的规定。

**6.10.3** 工程质量验收的划分应符合下列规定：

1 施工前，应由施工单位会同建设单位、监理单位将工程划分为单位工程、分部工程、分项工程和检验批，作为施工质量检查、验收的基础。

2 分部工程、分项工程和检验批应按下列原则划分：

- 1) 分部工程可按专业性质、工程部位确定；
- 2) 当分部工程较大或较复杂时，可按材料种类、施工特点、施工程序、专业系统及类别将分部工程划分为若干子分部工程。
- 3) 分项工程可按主要工种、材料、施工工艺、设备类别进行划分。
- 4) 检验批可根据施工、质量控制和专业验收的需要，按工程量、施工段、变形缝进行划分。

3 工程的分部（子分部）工程、分项工程划分宜按现行《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的规定执行。规范未规定时，施工单位应在开工前会同建设单位、监理单位共同确定。

**6.10.4** 工程质量验收应符合下列规定：

1 工程质量验收除应执行本标准规定外，尚应符合现行《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 和《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的有关规定，以及相关专业验收规范的规

定。

2 工程采用的主要材料、半成品、成品、构配件、器具和设备应按相关专业质量标准进行验收和按规定进行复验，并经监理工程师检查认可。凡涉及结构安全和使用功能的，监理工程师应按规定进行平行检测、见证取样检测并确认合格。

3 各分项工程完成后应进行自检、交接检验，并形成文件。经监理工程师检查签认后，方可进行下一个分项工程施工。

4 隐蔽工程在隐蔽前，应由施工单位通知监理工程师和有关单位进行隐蔽验收，确认合格后，形成隐蔽验收文件。

5 检验批合格质量应符合下列规定：

1) 主控项目的质量经抽样检验均应合格；

2) 一般项目的质量经抽样检验合格。当采用计数抽样时，除有专门要求外，一般项目的合格点率应达到 80%及以上，且不合格点最大偏差值不得大于规定允许偏差值的 1.2 倍，并不得有严重缺陷。

3) 具有完整的施工操作依据、质量验收记录。

6 分项工程质量验收合格应符合下列规定：

1) 所含检验批的质量均应验收合格；

2) 所含检验批的质量验收记录应完整。

7 分部工程质量验收合格应符合下列规定：

1) 所含分项工程的质量均应验收合格；

2) 质量控制资料应完整；

3) 有关安全、节能、环境保护和主要使用功能的抽样检验结果应符合相应规定；

4) 观感质量应符合要求。

**8** 单位工程质量验收合格应符合下列规定：

- 1) 所含分部工程的质量均应验收合格；
- 2) 质量控制资料应完整；
- 3) 所含分部工程中有关安全、节能、环境保护和主要使用功能的检验资料应完整；
- 4) 影响桥梁安全使用和周围环境的参数指标应符合规定；
- 5) 观感质量应符合要求。

**6.10.5** 工程质量验收程序和组织应符合下列规定：

**1** 隐蔽工程由专业监理工程师负责验收。

**2** 检验批应由专业监理工程师组织施工单位项目专业质量检查员、专业工长等进行验收。

**3** 分项工程应由专业监理工程师组织施工单位项目专业技术负责人等进行验收。关键分项工程及重要部位应由建设单位项目负责人组织总监理工程师、专业监理工程师、施工单位项目负责人和技术质量负责人、设计单位专业设计人员等进行验收。

**4** 分部工程应由总监理工程师组织专业监理工程师、施工单位项目负责人和项目技术质量负责人等进行验收。

勘察、设计单位项目负责人和施工单位技术、质量部门负责人应参加地基与基础分部工程的验收。

设计单位项目负责人和施工单位技术、质量部门负责人应参加主体结构工程的验收。

**5** 单位工程中的分包工程完工后，分包单位应对所承包的工程项目进行自检，并应按本标准规定的程序进行验收。验收时，总包单位应派人参加。分包单位应将所分包工程的质量控制资料整理完整，并移交给总包单位。

6 单位工程完工后，施工单位应组织有关人员进行自检。总监理工程师应组织各专业监理工程师对工程质量进行竣工预验收。存在施工质量问题时，应由施工单位整改。整改完毕后，由建设单位项目负责人组织建设单位项目技术质量负责人、有关专业设计人员、总监理工程师和专业监理工程师、施工单位项目负责人参加工程验收。

7 工程竣工验收应由建设单位组织验收组进行。验收组应由建设、勘察、设计、施工、监理与设施管理等单位的有关负责人组成，亦可邀请有关方面专家参加。工程竣工验收应在各分项工程、分部工程、单位工程质量验收均合格后进行。当设计规定进行桥梁功能、荷载试验时，必须在荷载试验完成后进行。

8 工程竣工验收时可抽检单位工程的质量情况。

**6.10.6** 当玻璃悬索桥和玻璃栈道施工质量不符合要求时，应按下列规定处理：

1 经返工或返修的检验批，应重新进行验收；

2 经有资质的检测机构检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收；

3 经有资质的检测机构检测鉴定达不到设计要求、但经原设计单位核算认可能够满足安全和使用功能的检验批，可予以验收；

4 经返修或加固处理的分项、分部工程，当满足安全及使用功能时，可按技术处理方案和协商文件的要求予以验收。

**6.10.7** 经返修或加固处理仍不能满足安全或重要使用要求的分部工程及单位工程，不得通过验收。

**6.10.8** 工程质量控制资料应齐全完整。当部分资料缺失时，应委托有资质的检测机构按有关标准进行相应的实体检验或抽样试

验。

**6.10.9** 工程竣工验收时，应提供下列文件和记录：

- 1 工程开工、竣工报告及批复文件；
- 2 工程设计变更文件、竣工图纸及相关设计文件；
- 3 施工现场质量管理检查记录；
- 4 工程施工总结；
- 5 有关工程质量控制资料核查记录
- 6 有关安全及功能的检验和见证检测项目检查记录；
- 7 有关观感质量检验项目检查记录；
- 8 单位工程质量验收记录
- 9 单位工程所含各分部工程质量验收记录；
- 10 分部工程所含各分项工程质量验收记录；
- 11 分项工程所含各检验批质量验收记录；
- 12 强制性条文检验项目检查记录及证明文件；
- 13 隐蔽工程检验项目检查验收记录；
- 14 原材料、成品质量合格证明文件、中文标志及性能检测

报告；

- 14 不合格项的处理记录及验收记录；
- 15 重大质量、技术问题实施方案及验收记录；
- 16 其他有关文件和记录。

**6.10.10** 玻璃悬索桥和玻璃栈道工程质量验收记录应符合下列规定：

1 施工现场质量管理检查记录、分项工程检验批验收记录、分项工程验收记录、分部（子分部）工程验收记录、单位工程验收记录可按《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关

规定执行；

**2** 单位（子单位）工程观感检查记录、单位（子单位）工程质量控制资料核查记录、单位（子单位）工程安全和功能检验资料核查及主要功能抽查记录可按《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的有关规定执行。

## 7 检测与评定

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 对使用中的既有玻璃悬索桥和玻璃栈道应按本章规定进行检测评定。

**7.1.2** 玻璃悬索桥和玻璃栈道的检测评定分为因养护工作而进行的检测评定和核实结构承载能力而进行的检测评定。

**7.1.3** 玻璃悬索桥和玻璃栈道养护检测应包括经常性检查、定期检测和特殊检测，并进行技术状况评定。

**7.1.4** 有下列情况下之一时，应对既有玻璃悬索桥和玻璃栈道进行承载能力的检测和评定：

1 现行《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 规定的结构定期检测和特殊检测；

2 使用荷载发生改变；

3 遭受自然灾害后可能对结构安全产生影响；

4 其他影响结构安全的因素。

**7.1.5** 核实玻璃悬索桥和玻璃栈道结构承载能力的检测与评定时，应进行资料调查、现场检测和理论计算分析，必要时还应现场载荷试验，主要内容包括：

1 结构检测评定；

2 结构检算；

3 结构承载能力评定。

**7.1.6** 结构进行载荷试验前，应对结构进行检测，并对结构的承

载能力进行检算。

**7.1.7** 有下列情况下之一时，应对结构应进行荷载试验：

1 结构检算的承载能力不满足要求，需借助荷载试验确定结构的实际承载能力的结构。

2 结构检算难以判定承载能力，需借助荷载试验确定实际承载能力的结构。

3 结构体系复杂需进行荷载试验的结构。

4 竣工验收要求进行荷载试验的结构。

**7.1.8** 玻璃悬索桥和玻璃栈道的承载能力评定应综合考虑结构检测结果及结构耐久性状况，能反映结构的实际状况，进行结构承载能力评定。

**7.1.9** 对玻璃悬索桥和玻璃栈道的检测与评定，尚应按国家现行有关标准的规定执行。

## 7.2 玻璃悬索桥检测

**7.2.1** 玻璃悬索桥的养护检测应按《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 的规定执行，未作规定的应按《公路桥涵养护规范》JTG H11 的有关规定执行。

**7.2.2** 玻璃悬索桥结构检测应包括结构几何参数检测、构断面测量、结构线形与变位检测、索塔基础变位检测、材料强度检测、构件耐久性检测、涂层厚度检测、索力检测及结构自振频率检测。必要时，可进行结构构件性能的实荷检验或结构的动力测试。

**7.2.3** 结构几何参数检测应包括下列内容：

1 玻璃悬索桥的跨径、宽度、净空、拱矢高；玻璃栈道的长

度、宽度、净空；

- 2 结构构件的长度与截面尺寸；
- 3 结构检算需采用的其他几何参数。

**7.2.4** 玻璃悬索桥结构断面测量应符合下列规定：

- 1 玻璃悬索桥单跨测量断面不得少于 5 个；
- 2 玻璃悬索桥索塔的测量断面不宜少于 3 个，截面突变处应布设测量断面。

**7.2.5** 结构线形与变位检测应符合下列规定：

1 玻璃悬索桥应测定塔顶变位、桥面结构纵向线形及主缆线形。玻璃栈道应测桥面结构纵向线形。

2 塔顶的水平变位可采用悬挂垂球方法测量或采用极坐标法进行平面坐标测量。

3 结构纵向线形应按现行《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 规定的方法执行。

4 玻璃悬索桥主缆线形宜在索夹位置处的主缆顶面布设测点，测量时应记录现场温度、风向和风速。

5 结构变位对桥梁结构安全的影响应按现行《公路桥梁技术状况评定标准》JTG/T H21 的规定进行评定；当结构变位对结构的安全或正常使用功能有影响时，应对结构的承载能力进行检算评定。

**7.2.6** 索塔基础变位检测应包括基础的沉降、位移和转角，测点不得少于 4 个。受冲刷或淤积影响的索塔基础，应检测冲刷深度或淤积高度。

**7.2.7** 构件材料强度检测应包括下列内容：

- 1 混凝土构件抗压强度检测可采用下列方法：

1) 混凝土抗压强度宜采用超声回弹综合法、回弹法进行检测。

2) 当被测混凝土不适合采用超声回弹综合法、回弹法时，必要时采用钻芯法，相应操作应按《钻芯法检测混凝土强度技术规程》CECS 03 的规定执行。

2 钢构件钢材抗拉强度检测可采用下列方法：

1) 钢材力学性能检测应优先采用在结构中切取试样直接试验的方法，若无法切取试样也可采用表面硬度法等非破损或者微破损法进行检测，宜按《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的规定执行。

2) 当工程尚有与结构同批的钢材时，可以将其加工成试件，进行钢材力学性能检验；当工程没有与结构同批的钢材时，可在构件上截取试样。

**7.2.8 构件损伤检测应包括下列内容：**

1 钢筋混凝土构件及截面的缺陷检测，宜按《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 和《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS 21 的规定执行。

2 钢结构构件缺陷检测应包括钢材涂装与腐蚀、构件变形等项目，宜按《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的规定执行。

3 拉索、吊索、系索的缺陷检测宜按《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的规定执行。

4 钢梁杆件缺损宜按《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 的规定执行。

**7.2.9 结构或构件耐久性的检测应包括下列内容：**

1 钢筋混凝土碳化深度的检测，应按现行国家标准《混凝土

结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的规定执行。

2 钢筋混凝土中钢筋锈蚀的检测应根据测试条件和要求选择剔凿检测法、电化学测定法或者综合分析判定法，电化学测定方法和综合分析方法判定方法宜配合剔凿检测进行验证。检测方法应按《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 和《混凝土结构耐久性评定标准》CECS 220 的规定执行。

3 钢筋混凝土中氯离子含量的检测应按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的规定执行。

4 混凝土电阻率的检测应按《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的规定执行。

5 钢筋混凝土构件钢筋保护层厚度的检测应按国家现行标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 和《混凝土中钢筋检测技术规程》JGJ/T 152 的规定执行。

6 混凝土构件裂缝检测包括裂缝表面特征和裂缝深度，检测数量宜为全数普查，特殊情况下也可采用随机抽样方式进行。裂缝表面特征检测应包含裂缝部位、长度、开展方向、起始点、裂缝表面宽度等并绘制裂缝分布图；裂缝深度应按现行《混凝土结构现场检测技术标准》GB / T 50784 和《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS21 规定的方法进行检测，处于变化发展中的裂缝应进行监测。

7 钢结构构件检测应包括钢材表面锈蚀情况、涂层厚度，检测应按现行《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的规定执行。

**7.2.10** 支座的检测应按《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的规定执行。

**7.2.11** 附属结构及设施检测应按《城市桥梁检测与评定技术规

范》CJJ/T 233 的规定执行。

**7.2.12** 拉索、吊索、系索索力检测应按《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的规定执行。

**7.2.13** 钢结构连接包括焊接、螺栓（铆钉）连接、高强螺栓连接，现场检测应按《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定执行。

**7.2.14** 结构自振频率检测及实测自振频率评价玻璃悬索桥与玻璃栈道的刚度变化应按《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的规定执行。

### 7.3 玻璃栈道检测

**7.3.1** 玻璃栈道的养护检测应按《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 和《公路桥涵养护规范》JTG H11 的规定执行。

**7.3.2** 玻璃栈道结构检测应包括地质及结构使用环境调查、材料强度检测、构件损伤检测、结构构件尺寸检测、结构构件变形检测、节点连接检测、结构耐久性检测、附属结构检测、钢结构连接检测。

**7.3.3** 地质及结构使用环境调查应包括下列内容：

1 对玻璃栈道所处的地质情况应进行调查；地质条件复杂或者调查资料不足时，宜进行工程地质勘查并应符合现行有关标准的要求。勘查时不应对自然环境造成不利影响。

2 结构的使用环境调查包括使用期间气象条件及工作环境调查，应包括气温、湿度、干湿交替及冻融情况、腐蚀性物质等其他影响因素。

- 7.3.4** 构件材料强度的检测应按本标准第 7.2.7 条的规定执行。
- 7.3.5** 构件损伤应按本标准第 7.2.8 条的规定执行。
- 7.3.6** 混凝土构件的尺寸检测应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定执行。对于受到环境侵蚀和灾害影响的构件，其截面尺寸应在损伤最严重部位量测。钢结构构件的尺寸检测应按《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定执行。
- 7.3.7** 混凝土构件和钢构件变形检测应按《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的规定执行，观测操作应符合《建筑变形测量规程》JGJ/T 8 的规定。
- 7.3.8** 采用锚杆进行施工的节点连接，应对锚杆锚入岩体深度、锚固抗拉拔力进行检测。
- 7.3.9** 结构耐久性的检测应按本标准第 7.2.9 条的规定执行。
- 7.3.10** 支座的检测应按本标准第 7.2.10 条的规定执行。
- 7.3.11** 附属结构的检测应按本标准第 7.2.11 条的规定执行。
- 7.3.12** 钢结构连接现场检测应按本标准第 7.2.13 条的规定执行。

## 7.4 评 定

- 7.4.1** 玻璃悬索桥和玻璃栈道的养护技术评定应按《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 的规定执行，未作规定的应按《公路桥涵养护规范》JTG H11 的有关规定执行。
- 7.4.2** 玻璃悬索桥与玻璃栈道结构承载能力的评定应考虑构件缺陷和损伤程度及耐久性状况的影响。
- 7.4.3** 玻璃悬索桥与玻璃栈道结构构件承载能力的评定应包括持久状况下承载能力极限状态和正常使用状况下极限状态。

**7.4.4** 玻璃悬索桥和玻璃栈道承载力能力评定时，应以构件的几何尺寸、变位、材料强度、缺损程度的检测结果为依据，并考虑耐久性评定状况；建立的结构实体检算模型应能反映结构的整体，通过整体检算结果对结构承载能力进行评定，必要时还应结合荷载试验评定结果综合评定。

**7.4.5** 玻璃悬索桥与玻璃栈道结构检算应符合下列规定：

1 结构检算模型的建立，除原设计结构模型外，应根据结构及构件缺损检测评定结果和耐久性评定状况进行模型修正，结构的整体响应与检测结果吻合。

2 结构承载能力检算采用的可变作用中的人群荷载，应符合本标准第 4 章的规定。

3 结构检算应包括结构的整体稳定性、控制截面和薄弱部位的检算。检算时应考虑空间效应，同时考虑施工过程中的不利影响。

4 玻璃悬索桥结构的检算应按《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定执行；对玻璃构件应按《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 的规定执行。

5 玻璃栈道结构应重点对悬挑梁的受弯、受剪和受扭承载力及挠度进行检算；玻璃构件应按《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 的规定执行。

6 温度作用宜按现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的规定采用。栏杆水平承载力检算时，栏杆上的荷载应按本标准第 4 章的规定执行。

7 除本条 1~6 款规定的检算外，应按《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 和《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 的

规定执行。

**7.4.6** 玻璃悬索桥和玻璃栈道承载能力的评定应按《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的规定执行。当未做规定时应按《公路桥梁承载能力检测评定规程》JTG/T J21、《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 和《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 的规定执行。

**7.4.7** 静力荷载试验应符合下列规定：

1 玻璃悬索桥与玻璃栈道的静力试验应在封闭交通的情况下进行。

2 静力试验前应做好安全防护措施。

3 试验桥跨应选择受力不利、存在缺陷对结构影响较大的桥跨，并针对结构主要控制截面进行荷载试验。

4 静力试验测点布置和试验加载工况应能反应结构或构件受力的最不利特征。

**7.4.8** 静力荷载试验方法，可按本标准附录 D 的规定执行。

**7.4.9** 动力荷载试验方法，可按本标准附录 E 的规定执行。

## 8 运营安全管理

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 本章适用于河北省景区内竣工验收合格并交付使用的玻璃悬索桥和玻璃栈道的运营安全管理。

**8.1.2** 玻璃悬索桥和玻璃栈道的营运管理应按《质量管理体系 要求》GB/T 19001 的要求，建立相应的服务质量管理体系，保证营运安全、科学、规范地进行。

**8.1.3** 玻璃悬索桥和玻璃栈道安全设施和管理应符合《旅游娱乐场所基础设施管理及服务规范》GB/T 26353 和《旅游景区服务指南》GB/T 26355 的规定。

**8.1.4** 景区运营必须落实责任主体，责任主体单位应当具备法律、法规和相关国家标准或地方标准规定的安全运营条件，并负责建立健全景区运营安全管理制度。

**8.1.5** 管理、养护单位必须明确负责玻璃悬索桥及玻璃栈道养护管理工作的分管行政领导和具体技术人员。

**8.1.6** 景区管理从业人员应按国家有关规定进行培训。

**8.1.7** 应建立健全技术档案管理制度，推行电子信息管理，技术资料应由专人专柜保管。

### 8.2 安全管理措施

**8.2.1** 玻璃悬索桥、玻璃栈道护栏应安全可靠，应在危险处应加装防护装置。

**8.2.2** 景区玻璃悬索桥、玻璃栈道的出入口处应设有指示牌，标明道路的通行方向和地点，告知游客通行时应注意的事项。

**8.2.3** 危险处应设有醒目的警示牌。警示牌和指示牌上应包含中文及一种以上的外文翻译。指示牌和警示牌标注和说明应符合现行《标志用公共信息图形符号》GB/T 10001.1 和 GB/T 10001.2 标准的规定。

**8.2.4** 玻璃悬索桥、玻璃栈道应保持洁净，应及时清扫树叶、沙土及影响游客通行的杂物。

**8.2.5** 严禁尖锐物体直接接触玻璃。

**8.2.6** 玻璃悬索桥和玻璃栈道在遭遇台风、大暴雨、雷电、山洪泥石流和冰雪等自然灾害时，应临时封闭。灾情结束后，应组织专业技术人员检查确认无危险后，方可重新开放。

**8.2.7** 玻璃悬索桥和玻璃栈道应严格控制进入人数，每平方米人流量不宜超过 3 人或设计最大人流量。

**8.2.8** 在游客人数超过规定人数时，应安排专人对人员流量进行控制；出口、入口、标识标牌处增派工作人员，并结合游客中心广播进行安全疏导。

**8.2.9** 未经许可，玻璃栈道上严禁自行车、手推车等车辆通行。

### **8.3 风险管控**

**8.3.1** 玻璃悬索桥和玻璃栈道入口处应设置必要的安检设备，对进入项目的人员进行安全检查。严禁携带危险物品和易燃易爆物品进入。

**8.3.2** 严禁游客以齐步、跳跃等危险方式通行，管理人员应在线

路两端标明危险通行方式并提前告知游客。

**8.3.3** 在各主要路口、观景台和游客主要集聚区等区域设置全方位视频网络监控系统。随时掌握游客流量和信息，预防和追踪各类事件的发生。

**8.3.4** 玻璃悬索桥和玻璃栈道管理人员应加强巡回检查，常规巡查应在每天运营前、运营中和关闭后进行检查；重点巡查一周一次，要督促游客自觉遵守通行的有关规定，确保人员人身财产安全。

## 8.4 检测维护

**8.4.1** 玻璃悬索桥和玻璃栈道检查分为经常性检查、定期检测和特殊检测。

**8.4.2** 经常性检查应符合下列要求：

1 经常性检查包括下列项目：

- 1) 玻璃悬索桥或玻璃栈道的外观检查，其主要内容包括：
  - a 玻璃的平整性、裂纹、透视度和表面磨损；
  - b 主要部位的污秽、破损、缺失、撞坏、断裂、脱漆等；
  - c 泄水孔（管）损坏、堵塞、渗漏；
  - d 伸缩缝是否堵塞、破损、失效；
  - e 墩台、立柱、锥坡、挡墙、护坡的开裂、坍塌、沉降。
  - f 玻璃栈道悬挑梁、玻璃悬索桥主缆、吊索等主受力构件是否锈蚀、开裂、破损；

g 玻璃与主体结构连接部位胶体的老化情况。

- 2) 玻璃栈道和玻璃悬索桥结构异常变化，如变形、沉降、位移等。
- 3) 岩体的裂缝、位移、风化等影响岩体稳定性以及岩体上附着物（如树木、花草、砂石等）位移、脱落等情况。
- 4) 各种警示标志、监控探头等附属设施完好情况。

2 经常性检查分为常规巡查和重点巡查，以目测方式并配以简单工具进行。如遇汛期或冰雪天气，应增加检查频次。

3 对巡查发现的普通病害，由巡查管理工程师估算缺损范围和养护工程量，提出相应维修措施，列入小修保养计划，由管护队根据轻重缓急组织维修；对重大安全隐患应及时上报景区管理部门，根据情况及时处置。

#### 8.4.3 定期检查应符合下列要求：

1 定期检查包括下列项目：

- 1) 桥面系：玻璃、伸缩缝、排水系统、护栏等；
- 2) 上部结构：玻璃悬索桥的主梁、主缆、吊索、索夹、锚头、索鞍等；玻璃栈道的主梁、横梁、横向联系等；
- 3) 下部结构：玻璃悬索桥的索塔、锚碇和玻璃栈道的悬挑梁，及支座、盖梁、墩身、台帽、台身、翼墙、锥坡及沟壑冲刷情况等。

2 定期检测主要以目测结合仪器检测方式进行。检测周期宜为每年一次。

3 定期检测由具有相应资质的专业检测机构进行。

4 检测结束后，应写出检测报告，分析存在的问题及原因，解决的措施，提出评定结构技术状况等级的建议。

#### **8.4.4 特殊检测应符合下列要求:**

- 1 特殊检测应采用仪器设备进行检测, 并辅以理论计算分析。检测评定应依据国家相关标准和设计要求进行。
- 2 特殊检测由具有相应资质和能力的专业检测机构进行。
- 3 检测结束后, 应写出检测报告, 分析存在的问题及原因, 提出解决方案和措施。

#### **8.4.5 依据检查结果, 玻璃悬索桥或玻璃栈道结构技术状况类别分为一至五类:**

- 1 一类: 技术状况处于完好或良好状态, 仅需对其进行日常保养维护;
- 2 二类: 技术状况处于良好或较好状态, 仅需对其进行小修保养;
- 3 三类: 技术状况处于较差状态, 个别重要构件有轻微缺损或部分次要构件有较严重缺损, 但尚能维持正常使用;
- 4 四类: 技术状况处于很差状态, 部分重要构件有较严重缺损或部分次要构件有严重缺损, 直接影响到结构使用;
- 5 五类: 由于自然灾害或不可抗力力量造成部分结构断裂、崩塌、完全损坏等状况。

#### **8.4.6 玻璃悬索桥或玻璃栈道维护维修管理应符合下列要求:**

- 1 维护维修分为小修保养、中修维护、大修加固和改建、重建工程:
  - 1) 对技术状况为一、二类的结构应及时进行日常保养或小修保养, 防止出现明显病害;
  - 2) 对技术状况为三类的结构应及时进行中修维护, 防止病害加快扩展, 影响结构安全营运;

3) 对技术状况为四类的结构,应及时采取管理措施,保证安全,并依据检测和论证分析结果,安排大修加固;

4) 对技术状况为五类的结构,应立即组织有资质的专业检测机构检测鉴定,聘请有资质的工程设计单位(或原设计单位)重新设计,进行重建或改建。

2 小修保养的主要内容包括:

1) 沟壑处浆砌块石勾缝;

2) 更换达到使用寿命的桥面玻璃;

3) 更换固定玻璃的金属配件等;

4) 更换木扶手及相关的配件;

5) 结构表面清洗、标志牌加色油漆等;

6) 护栏维修、表面加漆等;

7) 排水沟清理、疏通;

8) 桥面泄水孔(管)堵塞、损坏等清理修理;

9) 更换接部位老化的胶体;

10) 其他需维修的项目。

3 对个别处轻微缺损的重要构件和较严重缺损的部分次要构件应进行中修维护。中修维护后,结构技术状况应恢复至一类状况。

4 对较严重缺损的部分重要部件和严重缺损的部分次要构件应进行大修加固。大修加固后,结构技术状况应恢复至二类及以上状况。

5 对部分严重损坏应重建或改建,重建或改建的结构完工后,结构技术状况应达到一类状况。

## 8.5 应急管理

**8.5.1** 突发事件应急处置应在当地政府统一领导下进行，遇到重大自然灾害和突发事件，景区主管部门立即向上级政府部门汇报，并启动应急预案，积极稳妥地开展应急救援和处置。

**8.5.2** 当遭遇气象灾害（热带风暴、雷暴大风、暴雨、雹灾、冰雪等）、地质灾害和地震灾害（崩塌、崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、火山、地面沉降等）时，玻璃悬索桥和玻璃栈道应临时封闭，应采取下列措施：

**1** 遇到气象灾害后，应进行检查。如有发现灾损，应及时整理。特别注意显示牌、照明、通讯、航空障碍灯、避雷设施等是否有损伤。

**2** 遇到地质灾害和地震灾害后，应立即明灾情，确定毁坏部位及程度，尽快处理。

待灾情结束后，组织专业技术人员进行检查，确认无危险后方可重新开放。

**8.5.3** 突发事件应急处置应在当地市、县政府统一领导下进行，由景区主管部门具体负责。

**8.5.4** 管护部门应制定预防和处置因重大自然灾害和突发事件而引起的坍塌事故和重大人员伤亡的应急预案，明确信息上报，分级响应，交通运输、物资准备、通信保障、抢险救援、事故调查等工作职责和程序。应急预案应上报景区主管部门备案。

## 附录 A 步行荷载模型

**A.0.1** 对于  $n$  个随机行人组成的行人流的模拟, 应等效为  $n'$  个完全同步的行人组成的理想行人流, 即为行人流等效人数, 可按式 (A.0.1-1) 和式 (A.0.1-2) 计算。

1 行人密度  $d < 1.0$  人/m<sup>2</sup>:

$$n' = 10.8\sqrt{\xi \times n} \quad (\text{个}) \quad (\text{A.0.1-1})$$

2 行人密度  $d \geq 1.0$  人/m<sup>2</sup>:

$$n' = 1.85\sqrt{n} \quad (\text{个}) \quad (\text{A.0.1-2})$$

**A.0.2** 竖向荷载模型应按式 A.0.2 所示均布谐波荷载  $p_v(t)$  [N/m<sup>2</sup>] 计算。

$$p_v(t) = 280 \cos(2\pi f_s t) \times \psi \times \frac{n'}{S} \quad (\text{A.0.2})$$

式中:  $f_s$ ——所分析竖弯模态的频率 (Hz);

$n'$ ——行人流等效人数 (个);

$S$ ——加载面积 (m<sup>2</sup>);

$\psi$ ——考虑步频接近基频变化范围临界值的概率而引进的折减系数, 按图 A.0.2 取值。

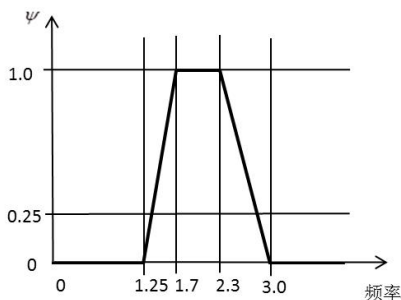


图 A.0.2 折减系数 $\psi$  (竖向)

**A.0.3** 侧向荷载模型应按式 A.0.3 所示均布谐波荷载  $P_h(t)$  [N/m<sup>2</sup>] 计算。

$$p_h(t) = 35 \cos(2\pi f_s t) \times \psi \times \frac{n'}{S} \quad (\text{A.0.3})$$

式中： $f_s$ ——所分析侧弯模态的频率 (Hz)；

$n'$ ——行人流等效人数 (个)；

$S$ ——加载面积 (m<sup>2</sup>)；

$\psi$ ——考虑步频接近基频变化范围临界值的概率而引进的折减系数，按图 A.0.3 取值。

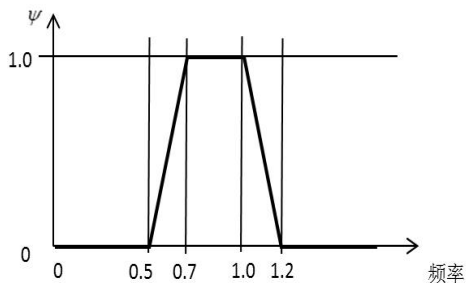


图 A.0.3 折减系数 $\psi$  (侧向)

## 附录 B 玻璃悬索桥人致振动计算分析方法

### B.0.1 单自由方法

1 玻璃悬索桥主梁结构的每一阶模态都用一等效的单自由度系统来替代，并用该系统计算某动力荷载下的加速度响应。

2 单自由度系统共振时的最大加速度  $a_{\max}$  [m/s<sup>2</sup>]可由式 (B.0.1-1) 计算：

$$a_{\max} = \frac{P^*}{M^*} \cdot \frac{\pi}{\delta} = \frac{P^*}{M^*} \cdot \frac{1}{2\zeta} \quad (\text{B.0.1-1})$$

式中： $P^*$ ——该模态广义步行荷载幅值 (N)，按式 (B.0.1-2) 计算；

$M^*$ ——按同一振型 $\varphi(x)$ 计算的模态质量 (kg)，按式 (B.0.1-3) 计算；

$\zeta$ ——该模态阻尼比；

$\delta$ ——模态阻尼对数衰减率。

$$P^* = \int_0^L b(x) \cdot \frac{P_{v/h}(t)}{\cos(2\pi f_s t)} \cdot |\varphi(x)| \cdot dx \quad (\text{B.0.1-2})$$

式中： $b(x)$ ——主梁人行道宽；

$\varphi(x)$ ——模态位移 (m)；

$P_{v/h}(t)$ ——行人谐波荷载。

$$M^* = \int_0^L \bar{m}(x) \cdot \varphi^2(x) \cdot dx \quad (\text{B.0.1-3})$$

式中： $\bar{m}(x)$ ——玻璃悬索桥主梁线质量 (kg/m)。

## B.0.2 时域分析方法

对于玻璃悬索桥结构的每一阶模态，将行人谐波荷载  $P_{v/h}(t)$  加载在结构对应的有限元模型上，进行时域分析得到结构最大加速度  $a_{\max}$  [m/s<sup>2</sup>]，分析时长  $t$  应能保证主梁加速度响应可以达到峰值。

## 附录 C 舒适度测试方法

**C.0.1** 玻璃悬索桥的舒适度测试应包括以下内容：

- 1 识别关键固有频率；
- 2 测试单人荷载作用下的响应；
- 3 测试一小群人荷载作用下的响应；
- 4 测试连续移动人行荷载作用下的响应；

**C.0.2** 舒适度测试中的每种测试应至少进行 5 次以上测量，并取其平均值。

**C.0.3** 测试时应采用节拍器等措施，使行人的步频接近关键固有频率，并实现同步。

**C.0.4** 人群荷载模式应符合下列规定：

- 1 桥面宽度不大于 2.5m 时，采用 10 个行人进行测试；
- 2 桥面宽度大于 2.5m 时，采用 15 个行人进行测试。

## 附录 D 静力荷载试验

### D.0.1 仪器设备应符合下列规定：

1 桥梁检测仪器设备应满足测量准确度、分辨力、量程及动态响应的性能要求，以及气候环境、机械环境和电磁环境的适应性要求。

2 检测仪器设备应在检定或校准有效期内。检测仪器设备检定或校准时，宜按检测仪器的实际布设情况，将传感器、导线、信号适调仪组成的模拟测量系统进行整体检定或校准。检测前应对仪器设备检查调试；当检测辅助用仪器设备对现场检测的质量、安全有影响时，应对其功能进行检查。

D.0.2 荷载试验控制截面和测试内容宜根据桥梁的结构形式按表 D.0.2 选定；不同试验加载工况下产生内力或变位最不利效应值的点，应选定为该控制截面的控制测点。

表 D.0.2 控制截面和测试内容

结构形式	控制截面和测试内容		
	应力测试	位移测试	附加测试
玻璃悬索桥	中跨和边跨最大正弯矩截面，塔身最大弯矩截面，主缆索力	中跨跨中，边跨最大正弯矩截面，主塔塔顶水平纵桥向	中跨和边跨四分点挠度，主梁纵向漂移，吊索索力
玻璃栈道	悬挑梁根部及截面突变位置	悬挑梁根部及截面突变位置	—

**D.0.3** 荷载试验的控制荷载应按本标准第 4.4.6 条规定的人群荷载标准值采用；当设计另有规定时，应从其规定。对于体系复杂的结构形式，其控制荷载宜通过内力或变位计算值与设计值核验后确定。

**D.0.4** 静力荷载试验加载应按人群荷载设计值沿桥跨均匀布置；加载条件受限时，可按静力等效均布力或多点集中力布置，但应确保结构局部受力安全。

**D.0.5** 现场荷载试验的测量方法和仪器使用条件及试验资料整理可按《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的规定执行。

**D.0.6** 现场荷载试验宜选择昼夜温差小的时段进行试验，加载过程分级进行，避免对结构造成损坏，影响做好结构安全或正常使用。

**D.0.7** 现场检测必须做好安全防护措施。

**D.0.8** 现场试验的其他规定可按《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T233 和《公路桥梁承载能力检测评定规程》JTG/T J21 的规定执行。

**D.0.9** 试验结果评定应符合下列规定：

1 当结构变位或应变校验系数大于 1 时，应查明原因；当结果无误时，桥梁结构的承载能力应评定为不满足要求。结构变位或应变校验系数应按式（D.0.9-1）计算。

$$\xi = \frac{S_{e,m}}{S_{e,c}} \quad (\text{D.0.9-1})$$

式中： $\xi$ ——结构变位或应变校验系数；

$S_{e,m}$ ——试验荷载作用下控制测点的弹性变位或应变实测值；

$S_{e,c}$ ——试验荷载作用下控制测点的弹性变位或应变计算值。

2 当测点的相对残余变位或相对残余应变大于 20% 时，应查明原因；当结果无误时，桥梁结构的承载能力应评定为不满足要求。测点的相对残余变位或相对残余应变应按式 (D.0.9-2) 计算：

$$S'_p = \frac{S_p}{S_t} \times 100\% \quad (\text{D.0.9-2})$$

式中： $S'_p$ ——测点的相对残余变位或相对残余应变(%)；

$S_p$ ——试验荷载作用下控制测点的残余变位或残余应变实测值；

$S_t$ ——试验荷载作用下控制测点的总变位或总应变实测值。

3 索塔地基与基础的评定应符合：试验荷载作用下，索塔的沉降、水平位移及倾斜满足上部结构检算要求，卸载后变位基本恢复，可评定地基与基础在试验荷载作用下能正常工作；否则应进一步进行探查、简算。

## 附录 E 动力荷载试验

**E.0.1** 结构动力荷载试验的控制截面应根据结构振型特征和动力响应最大的原则确定。

**E.0.2** 动力试验工况荷载和加载位置可采用动力荷载试验效率进行控制。动力荷载试验效率应按式 (E.0.2) 计算：

$$\eta_d = \frac{S_{\text{dyn}}}{S_k} \quad (\text{E.0.2})$$

式中： $\eta_d$ ——动力荷载试验效率，其值宜取高值，但不得大于 1；

$S_{\text{dyn}}$ ——在动力试验的实际工况荷载作用下，控制截面的最大内力或变位计算值；

$S_k$ ——控制荷载作用下，控制截面的最不利内力或变位计算值。

**E.0.3** 结构动力测试试验可采用跳梁法、跑梁法，并应符合下列规定：

1 人群跳动激振天桥试验时，跳动位置可按所测结构的振型确定；

2 群跑步或步行激振天桥试验时，应以不同的步速匀速通过桥梁。

**E.0.4** 动力放大系数应根据试验中不同速度下记录的动应变或动变位曲线进行分析，并按下列公式计算：

$$\mu_{\text{dyn}} = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ds}}} - 1 \quad (\text{E.0.4-1})$$

$$\mu_{\text{dyn}} = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{mean}}} - 1 \quad (\text{E.0.4-2})$$

$$S_{\text{mean}} = \frac{S_{\text{max}} + S_{\text{min}}}{2} \quad (\text{E.0.4-3})$$

式中： $\mu_{\text{dyn}}$  —— 动力放大系数；

$S_{\text{ds}}$  —— 静态人群荷载作用下测点的最大变位或应变值；

$S_{\text{max}}$  —— 动态人群荷载作用下测点的最大变位或应变值  
(波峰值)；

$S_{\text{min}}$  —— 动态人群荷载作用下测点的最小变位或应变值(同  
周期的波谷值)。

**E.0.5** 结构刚度变化情况应根据实测自振频率值与基准频率值的比较进行评价。

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对于要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应按……执行”或“应符合……的规定”。

## 引用标准名录

- 1 《木结构设计规范》 GB 50005
- 2 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 3 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 4 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 5 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 6 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 7 《建筑照明设计标准》 GB 50034
- 8 《建筑物防雷设计规范》 GB 50057
- 9 《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153
- 10 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 11 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 12 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 13 《无障碍设计规范》 GB 50763
- 14 《重要用途钢丝绳》 GB 8918
- 15 《一般工程用铸造碳钢件》 GB/T 11352
- 16 《质量管理体系 要求》 GB/T 19001
- 17 《旅游娱乐场所基础设施管理及服务规范》 GB/T 26353
- 18 《旅游景区服务指南》 GB/T 26355
- 19 《结构用不锈钢无缝钢管》 GB/T 14975
- 20 《桥梁缆索用热镀锌钢丝》 GB/T 17101
- 21 《一般用途钢丝绳》 GB/T 20118

- 22 《粗直径钢丝绳》 GB/T 20067
- 23 《桥梁防雷技术规范》 GB/T 31067
- 24 《工程岩体试验方法标准》 GB/T 50266
- 25 《建筑结构检测技术标准》 GB/T 50344
- 26 《混凝土结构耐久性设计规范》 GB/T 50476
- 27 《建筑施工组织设计规范》 GB/T 50502
- 28 《钢结构现场检测技术标准》 GB/T 50621
- 29 《混凝土结构现场检测技术标准》 GB/T 50784
- 30 《城市桥梁工程施工与质量验收规范》 CJJ 2
- 31 《城市桥梁设计规范》 CJJ 11
- 32 《城市桥梁养护技术标准》 CJJ 99
- 33 《建筑玻璃应用技术规程》 JGJ 113
- 34 《混凝土结构后锚固技术规程》 JGJ 145
- 35 《公路工程抗震设计规范》 JTG B02
- 36 《公路桥涵设计通用规范》 JTG D60
- 37 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》 JTG D62
- 38 《公路桥涵地基与基础设计规范》 JTG D63
- 39 《公路钢结构桥梁设计规范》 JTG D64
- 40 《城市桥梁检测与评定技术规范》 CJJ/T 233
- 41 《重型机械通用技术条件 铸钢件》 JB/T 5000.6
- 42 《大型低合金钢铸件》 JB/T 6402
- 43 《混凝土中钢筋检测技术规程》 JGJ/T 152
- 44 《公路桥梁抗风设计规范》 JTG/T D60-01
- 45 《公路悬索桥设计规范》 JTG/T D65-05
- 46 《公路桥梁技术状况评定标准》 JTG/T H21

**47** 《公路桥梁承载能力检测评定规程》 JTG/T J21

**48** 《冶金设备制造通用技术条件 锻件》 YB/T 036.7