

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

波纹钢结构桥梁设计与施工技术规程

Specification for design and construction of corrugated steel bridge

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction
Standardization

中国工程建设标准化协会标准
Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

波纹钢结构桥梁设计与施工技术规范
Specification for design and construction of corrugated steel bridge

(征求意见稿)

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

发布机构：中国工程建设标准化协会

施行日期：XX 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

XX 北京

前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2017年第一批中国工程建设标准化协会标准（CECS G）>制修订项目编制工作的通知》（中建标公路[2017]36号）的要求，中交第一公路勘察设计研究院有限公司承担《波纹钢结构桥梁设计与施工技术规范》（以下简称“本规程”）的制订工作。

本规程制订的总体思路是：尽量反映我国波纹钢结构桥梁设计与施工技术当前的实际情况，提出合理、适用，可操作性强的标准条文，规范波纹钢结构桥梁设计与施工上的技术要求，为波纹钢结构桥梁在公路工程领域的推广与应用做好技术储备。

本规程是基于通用情况提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本规程相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本规程是由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由主编单位中交第一公路勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本规程日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路8号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或中交第一公路勘察设计研究院主编单位（地址：西安市高新区科技二路63号；邮编：710075；电子邮箱：43011520@qq.com），以便及时修订时参考。

主 编 单 位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位：

主 编：

主要参编人员：

主 审：

参与审查人员：

目 录

1	总则.....	1
2	术语和符号.....	1
2.1	术语.....	1
2.2	符号.....	2
3	材料.....	5
3.1	主体钢材.....	5
3.2	连接件材料.....	5
3.3	耐久防腐材料.....	5
3.4	密封材料.....	7
3.5	结构性回填材料.....	7
3.6	基础、下部结构及附属工程材料.....	7
4	设计.....	8
4.1	一般规定.....	8
4.2	跨径要求.....	8
4.3	波纹钢板件的选择.....	8
4.4	结构性回填.....	9
4.5	结构上的荷载及作用.....	9
4.6	结构设计.....	12
4.7	基础（下部结构）设计.....	13
4.8	防腐设计.....	14
5	施工.....	15
5.1	一般规定.....	15
5.2	施工工艺流程.....	15
5.3	地基处理及回填施工.....	16
5.4	拼装施工.....	17
5.5	防腐控制及处理.....	17
6	质量检验.....	19
6.1	一般规定.....	19
6.2	产品质量检验.....	19
6.3	下部混凝土结构质量检验.....	20
6.4	波纹钢板拼装质量检验.....	21
6.5	回填质量检验.....	22
6.6	波纹钢结构桥梁侧墙及附属工程质量检验.....	22
6.7	波纹钢结构桥梁总体质量检验.....	22
附录 A.	波纹钢板的极限抗力计算方法.....	24
附录 B.	波纹钢结构桥梁截面弯矩计算方法.....	25
附录 C.	波形波纹钢板圆弧拱结构技术参数.....	28

1 总则

1.0.1 为规范公路波纹钢结构桥梁的设计和施工，按照安全、耐久、适用、环保、经济和美观的原则，制定本规程。

1.0.2 本规程规定了公路波纹钢结构桥梁的设计方法、施工技术和质量检测等方面的内容。

1.0.3 本规程适用新建和改扩建各等级公路波纹钢结构拱桥的设计与施工。

1.0.4 公路波纹钢结构桥梁的设计与施工除应符合本规程外，尚应符合现行有关国家标准和行业标准的规定。

征求意见稿

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 波纹钢结构桥梁 corrugated steel bridge

采用波纹钢板拼接而成，单孔标准跨径大于 5m 或连续多孔跨径总长大于 8m 的开口截面结构，周围用结构性回填材料回填压实，以保证填料—结构相互作用，共同承担荷载的构筑物。

2.1.2 开口截面结构 open section structure

截面不封闭的结构，一般为拱式结构，拱脚与下部基础相连接。

2.1.3 波距 pitch

波纹钢板相邻两个波峰或波谷之间的距离。

2.1.4 波深 depth

波纹钢板波峰与波谷之间的垂直高度。

2.1.5 深波形 deep wave

波深在 100mm~149mm 的波形。

2.1.6 大波形 deep wave

波深在 149mm 以上的波形

2.1.7 壁厚 plate thickness

波纹钢板件的厚度(不含镀锌层)。

2.1.8 转角半径 fillet radius

波峰、波谷处内圆半径。

2.1.9 拱顶 crown

波纹钢拱结构断面最高处。

2.1.10 标准跨径 standard span

波纹钢结构安装成型后水平方向对应波谷之间的最大距离。

2.1.11 净矢高 rise

波纹钢结构安装成型后拱顶波谷与拱脚之间的竖向距离。

2.1.12 回填厚度 height of backfill

波纹钢结构顶部波峰波谷之间中性轴到路面顶部之间的竖向距离。

2.1.13 结构性回填 structural backfill

对发挥填料——波纹钢结构相互作用区域进行的回填。

2.1.14 最小回填厚度 minimum height of backfill

满足结构性回填要求时波纹钢结构顶部波峰到路面竖向距离的最小值。

2.2 符号

$H_{\min}$ ——波纹钢结构顶部结构性回填最小回填厚度 (m);

Dh ——波纹钢结构桥梁单孔计算跨径 (m), 参见图 5.4.1;

Dv ——波纹钢结构桥梁单孔计算矢高 (m), 参见图 5.4.1。

S_d ——承载能力极限状态下作用。

γ_0 ——结构重要性系数, 对应于设计安全等级一级、二级和三级分别取 1.1, 1.0 和 0.9;

γ_{Gi} ——永久作用的分项系数;

G_{ki} ——永久作用的标准值;

γ_{Qi} ——汽车荷载的分项系数;

Q_{ki} ——汽车荷载的标准值;

γ_E ——地震作用的分项系数;

Q_k ——地震作用标准值。

γ ——填料的容重 (kN/m^3)

D_h ——波纹钢结构的计算跨度 (m), 参见图 5.1 定义;

D_v ——波纹钢结构的计算矢高 (m), 参下图 5.1 定义;

H ——回填厚度 (m);

G ——每延米填料的重量 (kN/m)

σ_L ——活载扩散到钢波纹结构顶部的压力 (kPa);

q_k ——车道荷载均布荷载标准值 (kN/m);

P_k ——车道荷载集中荷载标准值 (kN);

l ——荷载沿顺桥向扩散后的尺寸 (m), $l=2H\tan\theta$;

w ——荷载沿横桥向扩散后的尺寸 (m), $w=b\times n+2H\tan\theta$;

b ——车道宽度 (m), 应根据《公路工程技术标准》(JTG B01) 规定选取。

n ——车道数;

H ——波纹钢结构顶部以上回填 (含路面结构层) 高度 (m)。

θ ——压力扩散角 ($^\circ$), 取 30° ;

m_f ——横向车道布载系数。

γ_G ——恒载分项系数, 根据表 5.5.1 取 1.2;

T_D ——恒载引起的波纹钢结构的环向压力 (kN/m);

γ_Q ——活载分项系数, 根据表 5.5.1 取 1.4;

T_L ——活载引起的波纹钢结构的环向压力 (kN/m);

A ——每延米波纹钢板截面积 (mm^2/mm);

E_V ——竖向地震作用 (kN/m);

A_V ——地震荷载导致的竖向加速度速率, 取 $2/3$ 水平加速度速率 A_V , 无单位。地震动水平加速度速率, 按表 5.5.5 取值。

f_d ——钢板的抗压强度设计值 (MPa), 根据现行《公路钢结构桥梁设计规范》中相关规定取值;

f_b ——结构极限抗力 (MPa), 可根据附录 A 的规定计算;

T_D ——恒载引起的波纹钢结构的环向压力 (kN/m);

C_S ——考虑填料性质与结构尺寸的土压力折减系数;

A_f ——考虑结构起拱效应的土压力增大系数, 按表 5.5.2 取值;

E_S ——回填材料的弹性模量(MPa)。

T_L ——活载引起的波纹钢结构的环向压力 (kN/m), ;

P ——施工阶段波纹钢结构所受环向压力 (kN/m), 计算包含两部分, 分别为土的重力和汽车荷载(考虑施工机械)引起的推力, 当施工过程中的回填厚度 $H_C < 0.6\text{m}$ 时, 取 $P=0$ 。

P_{pf} ——考虑塑性抵抗系数的波纹钢结构环向压力的设计值 (kN/m) ;

M ——施工阶段波纹钢板截面所受弯矩 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$), 计算方法见附录 B;

M_{pf} ——考虑塑性抵抗系数的波纹钢板截面的设计弯矩 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$),

T_c ——施工过程中汽车荷载 (考虑施工机械) 引起的波纹钢板压力 (kN/m), 应根据实际施工车辆轴重;

ϕ_h ——波纹钢板抗力分项系数, 取 0.7;

A ——波纹钢板材单位长度横截面面积 (mm^2/mm), 对于高强度螺栓连接的波纹钢板, 应扣除螺栓孔截面面积。

f_y ——波纹钢板屈服强度 (MPa);

M_p ——波纹钢板截面可承受的塑性弯矩 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$);

Z ——截面塑性模量 (mm);

T_f ——运营阶段波纹钢结构所受环向压力 (kN/m);

M_f ——施工阶段波纹钢结构截面所受弯矩 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$), 根据附录 B 的规定计算。

3 材料

3.1 主体钢材

- 3.1.1 波纹钢板用钢材型号应根据其受力状态、连接方法和所处环境条件进行合理的选择，应满足《桥梁用结构钢》（GB/T714-2015）的规定。
- 3.1.2 波纹钢板材一般采用低合金高强度结构钢和碳素结构钢，其质量应分别符合现行《低合金高强度结构钢》和《碳素结构钢》的规定。
- 3.1.3 对耐腐蚀性有特殊要求或处于侵蚀性大气环境中的波纹钢结构桥梁，宜采用耐候结构钢，其质量应符合现行《耐候结构钢》的有关规定。
- 3.1.4 钢材表面应符合现行《热轧钢板表面质量的一般要求》的相关规定。
- 3.1.5 钢材应有产品检测报告及质量证明书。

3.2 连接件材料

- 3.2.1 波纹钢结构桥梁连接件采用扭剪型高强度螺栓连接副时，其性能指标应符合现行《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》的要求。
- 3.2.2 高强度螺栓连接副应具有力学性能检测报告。
- 3.2.3 连接件采用碳素结构钢时，其性能应符合现行《碳素结构钢》的规定。
- 3.2.4 波纹钢板与底座之间应采用不等边槽钢或角钢连接，槽钢厚度应大于或等于波纹钢板件的壁厚，内净宽应大于或等于波纹钢板波高的1.2倍。槽钢或角钢材料的性能、外形、重量及允许偏差应符合现行《通用冷弯开口型钢 尺寸 外形 重量及允许偏差》的有关规定。
- 3.2.5 混凝土底座内应预埋地脚锚筋（带肋钢筋），其性能、质量指标等应符合现行《钢筋混凝土用钢第2部分：热轧带肋钢筋》的有关要求。当预埋件采用高强度螺栓时，其性能、质量等指标应符合现行《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》的有关规定。

3.3 耐久防腐材料

3.3.1 波纹钢板及连接件应采用热浸镀锌防腐处理，其防腐性能应符合现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》和《公路涵洞通道用波纹钢管（板）》的有关规定；当采用其它防腐方法代替热浸镀锌处理时，其防腐性能应不低于有关热浸镀锌的防腐要求。

3.3.2 在镀锌防腐基础上可采用涂装或喷涂沥青等非金属覆盖层增强耐久防腐性能。

1. 采用聚氨酯防腐（防水）时，其质量与技术指标、基本性能应符合现行《聚氨酯防水涂料》的规定。

2. 采用沥青涂层防腐（防水）时，宜根据路面要求采用环氧沥青或改性沥青，其性能、质量与技术指标应分别符合现行《环氧沥青防腐涂料》和《公路沥青路面施工技术规范》的规定。

3. 采用土工膜防水时，宜采用环保用高密度聚乙烯土工膜，其性能、质量与技术指标应符合现行《土工合成材料 聚乙烯土工膜》的规定。

3.3.3 采用其它耐久防腐材料时，应满足波纹钢结构桥梁在设计使用年限内的防腐、抗渗基本要求，采用的材料性能、质量与技术指标应符合现行国家或行业标准的有关规定。

3.4 密封材料

3.4.1 波纹钢板连接缝防渗密封材料应根据区域环境和气候条件选取。宜采用具有良好抗冻、耐寒、耐腐蚀、耐老化和隔水性能的材料。可选用天然橡胶、氯丁橡胶或耐候密封胶等。其性能与质量应分别符合现行《天然橡胶》、《氯丁二烯橡胶》和《建筑密封胶分级和要求》的有关规定。

3.4.2 高强度螺栓连接一般采用厌氧胶（螺丝锁固剂）和双组分聚硫密封胶进行密封防渗处理，密封胶的性能、质量与技术指标应符合现行《聚硫建筑密封膏》的有关规定。

3.5 结构性回填材料

3.5.1 结构性回填材料宜优先选用级配较好的砾类土、砂类土或石灰土等低压缩性、易压实的填料。

3.5.2 结构性回填材料不得采用垃圾土、腐殖质土、有机土、盐渍土、泥炭、淤泥、冻土、膨胀土及其它对波纹钢结构存在严重腐蚀性的土。

3.5.3 最终回填厚度无法满足最小回填厚度要求时，可考虑采用 C20 轻质混凝土（发泡混凝土或泡沫水泥轻质土）填料。

3.6 基础、下部结构及附属工程材料

3.6.1 基础、下部结构及附属工程所用钢材、混凝土和砂浆用材料（水泥、细集料、粗集料、水、外加剂、掺合料等）、砌体用料（片石、块石、模板等）的性能、质量技术指标应符合《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）的有关规定。

4 设计

4.1 一般规定

- 4.1.1 波纹钢结构桥梁应根据使用功能和技术等级，考虑因地制宜、就地取材、便于施工等因素进行总体设计。
- 4.1.2 波纹钢结构桥梁线形设计应符合路线设计的总体要求。
- 4.1.3 波纹钢结构桥梁的设计使用年限应满足现行《公路桥涵设计通用规范》的规定。
- 4.1.4 波纹钢结构桥梁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。
- 4.1.5 波纹钢结构桥梁设计应考虑施工、运营管理与养护的要求。

4.2 跨径要求

- 4.2.1 波纹钢结构桥梁跨径应根据洪水流量、壅水高度、冲刷深度、河床地质、建筑界限等条件，按现行《公路桥涵设计通用规范》规定确定。
- 4.2.2 波纹钢结构桥梁净矢高限不能满足桥下净高要求或需增加桥下净高时，可采用墙式钢筋混凝土墩台调整或提高桥下净高。
- 4.2.3 波纹钢结构圆弧拱桥单孔标准化跨径规定为 6m、8m、10m 和 13m，标准化跨径的波纹钢结构桥梁可根据本规程附录 C 的规定执行。

本规程规定的标准化跨径的波纹钢结构桥梁可根据规范直接选取设计基本参数。除标准化跨径外，可根据工程现场实际情况灵活采用其他跨径，采用非标准化跨径时应根据本规程相关条文进行结构验算与设计。

4.3 波纹钢板件的选择

- 4.3.1 波纹钢结构桥梁用波纹钢板件宜采用深波和大波，深波包括 300mm×100mm 和 380mm×140mm 波形，大波包括 400mm×150mm 波形。各种波形的截面图和截面特征参数应根据《冷弯波纹钢管》（GB34567）的规定选取。

4.3.2 波纹钢板原材的物理性能指标应满足表 的规定采用。

名 称	钢板牌号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	断后伸长率 A/%
碳素结构钢	Q235	≥235	≥370	≥26
低合金高强度结构钢	Q355	≥355	≥470	横向≥20、纵向≥22
耐候结构钢	Q235NH	≥235	≥360	≥25
	Q355NH	≥355	≥490	≥22

4.3.3 波纹钢板原材的强度设计值应根据表 的规定采用。

钢牌号	钢材厚度（壁厚） t/mm	抗拉、抗压和抗弯 /N/mm ²	抗剪 /N/mm ²	端面承压（磨平顶紧） /N/mm ²
Q235 钢	≤16	190	110	280
Q355 钢	≤16	275	160	355

4.4 结构性回填

4.4.1 波纹钢结构顶部结构性回填最小厚度 $H_{\min}$ 应根据下式进行取值。

$$H_{\min} = \frac{D_h}{6} \quad (5.4.1)$$

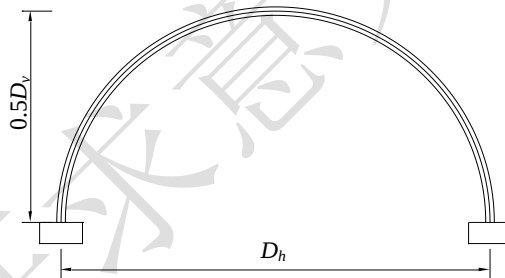


图 5.1 波纹钢结构的有效跨度和有效矢高

4.5 结构上的荷载及作用

4.5.1 作用分类、代表值和作用组合

4.5.1.1 波纹钢结构桥梁上的作用分为永久作用、可变作用和地震作用三种，永久作用包括结构自重及填料重力、桥面铺装、附属设备等附加重力，可变作用包括汽车荷载。

与上覆土恒载相比，钢结构的自重、行人荷载、冰荷载等影响很小，设计时可忽略；由于波纹钢板拱结构受回填土层的保护，外界的风荷载、车辆的制动力、离心力、撞击力等偶然作用一般对结构没有影响，设计时可不考虑。

4.5.1.2 作用的设计值应为作用的标准值或组合值乘以相应的作用分项系数。

4.5.1.3 波纹钢结构桥梁设计应考虑结构上可能同时出现的作用，按承载能力极限状态进行作用组合，取其最不利组合效应进行设计。

4.5.1.4 结构按承载能力极限状态设计时，作用效应组合应采用基本组合或地震组合，作用效应组合考虑的作用及分项系数见表 5.5.1。

(1) 作用基本组合的效应设计值可按式 (5.5.1) 计算：

$$S_d = \gamma_0(\gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k) \quad (5.5.1)$$

(2) 作用地震组合的效应设计值可按式 (5.5.2) 计算：

$$S_d = \gamma_G G_k + \gamma_E E_k \quad (5.5.2)$$

表 5.5.1 作用效应组合考虑的作用及分项系数表

组合方式	作用	分项系数
基本组合	土的重力	1.2
	汽车荷载	1.4
偶然组合	土的重力	1.2
	地震作用	1.0

4.5.2 土的重力

4.5.2.1 作用在波纹钢板结构上每延米填料的重量，可按式 (5.5.3) 计算，如图。

$$G = \gamma D_h(H + 0.1075 D_v) \quad (5.5.3)$$

4.5.2.2 恒载引起的波纹钢结构的环向压力应按式 (5.5.4) 计算。

$$T_D = 0.5(1.0 - 0.1C_S)A_f G \quad (5.5.4)$$

$$C_S = 1000E_S D_v / (EA)$$

表 5.5.2 土压力增大系数

A_f	D_h/D_v					
	≤ 0.6	$= 0.8$	$= 1.0$	$= 1.2$	$= 1.4$	≥ 1.4
$H > 3D_h$	1.62	1.40	1.2	1.10	1.05	1.02
$H = 3D_h$	1.62	1.40	1.25	1.18	1.08	1.02
$H = 2D_h$	1.62	1.40	1.25	1.18	1.08	1.02
$H = 1.8D_h$	1.61	1.40	1.25	1.18	1.08	1.02
$H = 1.6D_h$	1.60	1.39	1.24	1.17	1.08	1.02

$H = 1.4D_h$	1.59	1.38	1.22	1.15	1.08	1.02
$H = 1.2D_h$	1.55	1.34	1.20	1.12	1.07	1.02
$H = D_h$	1.53	1.30	1.19	1.10	1.05	1.02
$H = 0.8D_h$	1.55	1.31	1.19	1.11	1.06	1.03
$H = 0.6D_h$	1.65	1.34	1.2	1.12	1.07	1.04
$H = 0.4D_h$	1.82	1.40	1.23	1.15	1.10	1.05
$H \leq 0.2D_h$	2.28	1.60	1.28	1.20	1.15	1.10

注： A_f 和 D_h/D_v 通过线性内插取值。

4.5.3 汽车荷载

4.5.3.1 波纹钢结构桥梁的汽车荷载应采用车道荷载。

4.5.3.2 桥梁设计车道数应符合表 5.5.3 的规定。横桥向布置多车道汽车荷载时，应考虑汽车荷载的折减，多车道布载系数应符合表 5.5.4 的规定。

表 5.5.3 桥梁设计车道数

桥面宽度 W (m)		设计车道数
车辆单向行驶时	车辆双向行驶时	
$W < 7.0$	$6.0 \leq W < 14.0$	1
$7.0 \leq W < 10.5$		2
$10.5 \leq W < 14.0$		3
$14.0 \leq W < 17.5$	$14.0 \leq W < 21.0$	4
$17.5 \leq W < 21.0$		5
$21.0 \leq W < 24.5$	$21.0 \leq W < 28.0$	6
$24.5 \leq W < 28.0$		7
$28.0 \leq W < 31.5$	$28.0 \leq W < 35.0$	8

表 5.5.4 横向车道布载系数

横向布载车道数 (条)	1	2	3	4	5	6	7	8
横向车道布载系数	1.20	1.00	0.78	0.67	0.60	0.55	0.52	0.50

4.5.3.3 汽车荷载的标准值和扩散方法应符合《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015) 的相关规定，扩散压力按式 (5.5.5) 计算。

$$\sigma_L = [nq_k \times /w + nP_k/(l \times w)] \times m_f \quad (5.5.5)$$

根据《公路工程技术标准》(JTG B01-2014) 4.0.2规定，车道宽度应符合下表的规定：

设计速度 (km/h)	120	100	80	60	40	30	20
车道宽度 (m)	3.75	3.75	3.75	3.50	3.50	3.25	3.00

1.八车道及以上公路在内侧车道仅限小客车通行时，其车道宽度可采用3.5m；

2.以通行中、小型客运车辆为主且设计速度为80km/h及以上的公路。经论证车道宽度可采用3.5m；

3.四级公路采用单车道时，车道宽度应采用3.5m。

4.5.3.4 汽车荷载引起的波纹钢结构的环向压力应按式（5.5.6）计算。

$$T_L = 0.5D_h\sigma_L \quad (5.5.6)$$

4.5.3.5 波纹钢结构桥梁设计时不考虑冲击荷载的影响。

根据《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60-2015）4.3.2 规定,填料厚度（包括路面厚度）大于或等于0.5m的拱桥、涵洞不计冲击力。根据最小回填厚度要求,本规程涉及的最小填料高度均大于0.5m,因此不考虑冲击荷载的影响。

4.5.4 地震作用

抗震设防烈度大于或等于 7 度（0.10g）地区的波纹钢结构桥梁应进行抗震设计，考虑地震作用，其值按式（5.5.7）计算。

$$E_V = A_V \times T_D \quad (5.5.7)$$

表 5.5.5 抗震设防烈度和水平向设计基本地震动加速度峰值

抗震设防烈度	7	8	9
A_H	0.10 (0.15)	0.20 (0.30)	0.40

根据《公路工程抗震规范》JTG B02-2013) 3.5.5 规定，设计基本地震动峰值加速度小于 0.1g 地区的 B 类、C 类、D 类桥梁和其他公路工程构筑物，可不进行抗震设计计算。

4.6 结构设计

4.6.1 内力验算

（1）不考虑地震作用时，波纹钢结构的环向压力应满足式（5.6.1）的要求。

$$\gamma_0(\gamma_G T_D + \gamma_Q T_L) / A < \min(f_d, f_b) \quad (5.6.1)$$

（2）考虑地震作用时，波纹钢结构的环向压力应满足式（5.6.2）的要求。

$$(\gamma_G T_D + \gamma_E E_V) / A < \min(f_d, f_b) \quad (5.6.2)$$

4.6.2 施工过程验算

桥梁在施工过程中，波纹钢板件截面的弯矩与环向压力的内力组合，应满足式(5.6.3)的要求。

$$\left(\frac{P}{P_{pf}}\right)^2 + \left|\frac{M}{M_{pf}}\right| \leq 1.0 \quad (5.6.3)$$

$$P = T_D + T_C$$

$$P_{pf} = \phi_h A f_y$$

$$M_{pf} = \phi_h M_p$$

$$M_p = Z f_y$$

4.6.3 运营阶段验算

波纹钢桥施工完成后的运营阶段,承载能力极限状态下的弯矩和轴向压力的组合效应应满足式(5.6.4)的要求。

$$\left(\frac{T_f}{P_{pf}}\right)^2 + \left|\frac{M_f}{M_{pf}}\right| \leq 1.0 \quad (5.6.4)$$

4.6.4 连接验算

结构设计时应应对波纹钢结构进行螺栓连接验算,连接验算应满足现行《钢结构设计标准》的相关规定。

4.7 基础(下部结构)设计

4.7.1 波纹钢结构桥梁基础的型式应根据水文、地质、地形、荷载、材料、上下部结构形式和施工条件等合理选用。

4.7.2 波纹钢结构桥梁基础不宜采用过大的扩大基础或桩基础。

波纹钢结构桥梁采用过大的扩大基础或桩基础时,可能会导致基础临近土体相对与基础发生沉降,由此产生的下拉力对结构不利。

4.7.3 恒载和活载引起的单侧基础顶面的总荷载可按照式(5.7.1)进行计算。

$$T = T_D + T_L \quad (5.7.1)$$

4.7.4 采用筑堤法施工时，应考虑起拱线以外基础顶面以上土体的附加荷载。

4.7.5 波纹钢结构桥梁基底摩擦力不足以抵抗水平反力时，基础底面可设置竖向剪力键；当水平反力很大时，可在基础之间设置支撑梁。

4.7.6 波纹钢结构桥梁基础应低于冲刷深度，否则应采取相应的防冲刷措施。

4.7.7 波纹钢结构桥梁才采用拱底铺砌时，应在铺砌与基础之间预留沉降缝。

波纹钢结构桥梁基础底部可允许有少量沉降，因此如果采用拱底铺砌时，应在铺砌与基础之间预留施工缝。

4.7.8 波纹钢结构桥梁的基础设计按《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63) 执行。

波纹钢结构桥梁基础设计应满足《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63) 规定的埋深要求，同时应验算地基承载力、抗倾覆及抗滑稳定性。

4.8 防腐设计

4.8.1 防腐设计应遵循预防为主、防护结合，满足使用、兼顾经济的原则。

4.8.2 波纹钢结构桥梁应根据所处的环境条件和使用年限的要求进行防腐设计。

4.8.3 波纹钢结构桥梁的防腐包括波纹钢结构及所有连接配件的防腐。

4.8.4 防腐材料的选用，应符合本规程 4.3 的规定。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 施工方案应根据桥梁跨度、桥位水文地质及工程地质、地形等因素综合确定，确保安全、质量、进度、环保和文明施工。

5.1.2 施工前应做好以下准备工作：

1. 放样。应根据设计文件对桥位处的地形地质、地面标高、桥底坡度、交角及桩号等进行现场核对，同时应特别注意满足净空、排洪、排灌的要求。

2. 应对基础、底座及预埋件、坐标（中线）、高程、跨径等进行全面检查，达到合格要求后方可进行波纹钢板件安装。

5.1.3 应根据跨径和净空大小、河流情况等选择合理的安装方法。

5.1.4 应按进场材料明细表核对进场的波纹钢板件、连接件、防渗密封防水材料、防腐材料等，查验、签认及存档随货同行产品或材料的有效出厂合格证、产品或材料出厂检验报告或质量证明文件。

5.1.5 施工现场应合理安排施工流程。

5.2 施工工艺流程

5.2.1 波纹钢结构桥梁的施工工艺流程见图 6.1。

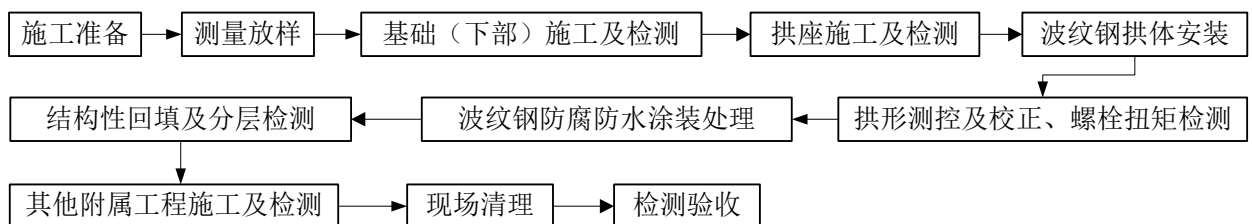


图 6.1 施工工艺流程图

5.3 地基处理及回填施工

5.3.1 地基应满足承载力要求，不能满足时，应根据设计要求进行地基处理。

5.3.2 特殊地区的地基处理应符合现行《公路路基施工技术规范》的规定。

5.3.3 波纹钢结构桥梁基础与地基施工时应满足下列规定：

1. 基础等下部结构施工前，应对测量放样进行复核，确保无误。
2. 基坑开挖前必须采取地面排水和降低地下水位措施，降排水工作应持续到基坑回填施工完毕。
3. 对于开挖深度超过 3m（含 3m）或虽未超过 3m 但地质条件和周边环境复杂的基坑应采取安全可靠的支护措施。
4. 对基坑开挖有安全隐患的范围内不得堆放弃土及建筑材料等，在安全隐患范围以外堆载时，不应超过设计荷载值。
5. 基坑开挖应按设计要求进行尺寸、标高到位后，应核对土质状况，当基底土质与设计不符时，应进行地基处理处理，基底承载力符合要求后应尽快进行基础施工。

5.3.4 波纹钢结构回填施工应满足下列规定：

1. 回填材料应满足本规程 4.5 的规定，施工前应对现场材料进行检测，合格后方可进行施工。
2. 回填区域范围应符合设计规定，回填应保持两侧对称、均衡、水平、分层均匀厚度摊铺压实、逐层向上进行，每层回填厚度不得超过 200mm，分层压实度不得小于 96%。
3. 回填过程中波纹钢结构顶部及两侧一定范围内，应采用小型机械分层静压，避免大型机械重压或强振导致结构变形失控。
4. 回填压实过程中，未达到结构要求的最小回填厚度前严禁施工车辆和机械在其上方作业。
5. 结构性回填全过程中，应确保排水顺畅，并采用防雨雪的遮盖篷布随时对回填层进行严密覆盖，以防雨雪水进入回填中影响工程质量等问题的发生。

5.4 拼装施工

- 5.4.1 波纹钢结构拼装前应进行施工技术交底，认真检查基础及预埋件的位置、坡度、尺寸等，确保正确。
- 5.4.2 波纹钢结构安装前，应对波纹钢板件、连接件、防渗密封防水材料、现场二次防腐材料等，进行检查验收合格。
- 5.4.3 波纹钢板件、连接件等，凡在装卸、运输、安装过程中造成变形、损坏、镀锌层脱落等不得使用，必须更换。
- 5.4.4 波纹钢板的安装机械设备应与施工需要相匹配，数量满足施工进度需求，机械设备的性能应满足安装精度、最大荷载、作业条件和安全生产要求，并对机械设备全面检查符合要求条件后确认使用。
- 5.4.5 波纹钢板拼装时，应按设计图及施工作业指导书进行，根据生产厂家提供的安装部位编号标识图定位板件进行拼装。
- 5.4.6 波纹钢板件连接的高强度螺栓的等级、规格和配套的螺母、钢垫圈，应符合设计规定。
- 5.4.7 波纹钢板搭接缝之间采用防渗密封材料衬垫严密，厚度应能有效填满搭接板之间所有的空隙、长度应与缝长一致、宽度与波纹钢板搭接宽度一致，防渗密封衬垫材料的螺栓孔应与波纹钢板连接孔一致。防渗密封衬垫材料安装时应平整顺直，不得扭曲变形或损坏。

5.5 防腐控制及处理

- 5.5.1 波纹钢结构耐久防腐除了镀锌层外，应根据设计图要求进行二次防腐、防水或涂装，施工应按设计图规定进行。
- 5.5.2 连接处采用聚氨酯防水层防腐（防水）时，宜采用专用机械喷涂，聚氨酯涂层厚度不小于 1.5mm。每一遍喷涂厚度应均匀、无漏喷涂部位，涂层表面应均匀光洁、连续，无肉眼可分辨的小孔、孔隙、裂缝、脱皮及其它缺陷。聚氨酯涂层干燥后再进行下一道防腐层施工。

5.5.3 波纹钢顶部或钢筋混凝土加强层顶面采用环氧沥青或改性沥青涂层防腐(防水)时,宜采用专用机械喷涂,沥青涂层总厚度为 0.5mm~1.0mm。每一遍喷涂厚度应均匀、无漏喷涂部位,涂层表面应均匀光洁、连续,无肉眼可分辨的小孔、孔隙、裂缝、脱皮及其它缺陷。沥青晾干后再进行结构性回填。

征求意见稿

6 质量检验

6.1 一般规定

6.1.1 桥梁的每个结构、构件应检验，另有规定的除外。

6.1.2 工程所使用的材料、半成品、产品必须附有产品质量合格证书，及第三方检验报告。产品上至少应注明：名称、型号、生产日期、外形尺寸和产品执行标准编号等。

6.1.3 波纹钢管（板）安（拼）装，必须按设计图纸、施工规范和有关技术规程实施。

6.2 产品质量检验

6.2.1 波纹钢板件及连接件应符合下列基本要求：

1 波纹钢板件、螺栓、螺母、拱脚连接件型材等产品的质量合格证明文件、标志及检验报告等应齐全、完整。

2 同厂家同工艺同规格同到场批次的波纹钢管节或板片，工点现场随机抽查 5%，按照本标准第 7.2.2 条文的产品实测项目规定的检查项目、检查方法和频率进行质量检验评定。连续抽检 5 批次合格率小于 95%，应当增加抽检频数。

6.2.2 波纹钢板件及连接件实测项目应符合表 7.2.1 的规定。

表 7.2.1 波纹钢（管）板件实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1△	钢板厚度(mm)		不小于设计值	测厚仪：每片抽取不少于 10 点，同一长度、宽度（径向）方向不少于 3 点。
2	波距(mm)		±3	游标卡尺：每片抽取不少于 5 点。
3	波高(mm)		±3	游标卡尺：每片抽取不少于 5 点。
4	波形检测（mm）		3	按附录 B 检查：每片抽取不少于 5 点。
5	波纹钢板件	长度（%）	±1	尺量：每片
6		宽度（%）	±1	尺量：每片
7	镀（涂）层厚度（ μm ）		不小于设计值	测厚仪：每节或每片抽取不少于 10 点，同一长度、宽度（径向）方向不少于 3 点。

8	螺栓孔间距 (mm)	±0.4		尺量：每片抽取不少于 5 个。
9	孔中心到板边长度 (mm)	+5 -0		尺量：每片抽取不少于 5 个。
10	螺栓孔孔径 (mm)	M12	+0.5 -0	游标卡尺：每片抽取不少于 5 个。
		M16		
		M20	+0.7 -0	
		M24		
波形检测可以代替波距、波高检测。				

6.2.3 波纹钢管（板）件及连接件外观质量应符合下列规定：

- 1 切口平直，无明显锯齿状。
- 2 防腐涂层表面光滑、均匀、无滴瘤、无损伤、无破裂、无孔洞，无明显机械划痕。
- 3 波形无明显变形。
- 4 螺栓、螺母、垫圈、管箍、法兰盘、拱脚连接件型材等不应出现生锈和沾染赃物。

6.3 下部混凝土结构质量检验

6.3.1 下部混凝土结构应符合下列基本要求：

- 1 基底处理及地基承载力应满足设计要求。
- 2 地基超挖后严禁回填虚土。

6.3.2 下部混凝土结构实测项目应符合表 7.3.1 的规定。

表 7.3.1 下部混凝土结构实测项目

项次	检 查 项 目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1Δ	混凝土强度 (MPa)		在合格标准内	按现行行业标准规定的方法检查
2	平面尺寸 (mm)		± 50	尺量：长度、宽度各测 3 处
3	基础底面高程 (mm)	土质	± 50	水准仪：测 5 处
		石质	$+50, -200$	
4	基础顶面高程 (mm)		± 30	水准仪：测 5 处
5	轴线偏位 (mm)		≤ 25	全站仪：纵、横向各测 2 点
6	连接件预埋位置 (mm)		≤ 5	尺量：每件测

6.3.3 下部混凝土结构外观质量应符合下列规定：

- 1 表面应无垃圾、杂物。
- 2 混凝土表面不应存在现行行业标准所列的结构混凝土外观质量限制缺陷。

6.4 波纹钢板拼装质量检验

6.4.1 波纹钢板拼装应符合下列基本要求：

1. 不得使用变形的板件。
2. 应对板片、连接件的受损防护镀层进行修复。
3. 波纹钢板应在出厂前进行必要的预拼装。
4. 波纹钢板在拼装完毕之后、回填过程中、施工完毕后都要测量截面的形状。如超出，应重新校正组装。
5. 二次防腐处理前，在搭接的波纹钢板件之间搭接处，应用密封材料进行涂装。
6. 密封材料应具有弹性、不透水性、抗冻耐寒性。

6.4.2 波纹钢板拼装实测项目应符合表 7.4.1 的规定。

表 7.4.1 波纹钢板拼装实测项目

项次	检 查 项 目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	跨径	$\pm 1\%$	尺量：每 5m 测一处，不少于 3 个断面
2	矢高	$\pm 1\%$	尺量：每 5m 测一处，不少于 3 个断面
3△	高强螺栓扭矩	$\pm 10\%$	扭矩扳手：检查 5%，且不少于 2 个
4	工地防腐涂层（mm）	不小于设计值	测厚仪：每桥不少于 10 处。

6.4.3 波纹钢板拼装外观质量应符合下列规定：

1. 线形不应出现反复弯折。
2. 高强螺栓无漏装或未拧紧。
3. 密封材料应均匀、饱满，严禁漏涂。
4. 二次防腐涂层应均匀光滑、连续，无肉眼可分辨的孔隙、裂缝、脱皮及其它缺陷。

6.5 回填质量检验

6.5.1 回填应符合下列基本要求：

1. 回填材料满足设计要求。
2. 回填时应保证相同填料在桥体两侧对称且均衡状态下分层填筑压实。
3. 顶部回填未达到最小回填厚度时，禁止一切重型车辆通行。

6.5.2 回填实测项目应符合表 7.5.1 的规定。

表 7.5.1 回填实测项目

项次	检 查 项 目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	压实度 (%)	≥设计值	灌砂法：每压实层测 2 处
2Δ	两侧分层回填高差 (mm)	≤300	水准仪：每层每侧测 3 处
3	分层压实厚度 (mm)	≤200	尺量：每层每侧测 5 点

6.5.3 回填外观质量应符合下列规定：

1. 波纹钢结构拱体 0.3m 范围内，不得有超过 80mm 的石块、混凝土块、冻土块、高塑性粘土块或其它有害腐蚀材料。
2. 表面应无松散、无坑洼、无碾压轮迹。

6.6 波纹钢结构桥梁侧墙及附属工程质量检验

波纹钢结构桥梁侧墙采用常规圬工结构，砌体、片石混凝土结构的质量检验评定，参考现行行业标准（JTG F80/1）第 6.2 节相关要求，加筋土挡墙结构的质量检验评定，参考现行行业标准（JTG F80/1）第 6.4 节相关要求。波纹钢结构桥梁附属工程的质量检验评定，现行行业标准（JTG F80/1）第 8.12 节相关要求。

6.7 波纹钢结构桥梁总体质量检验

6.7.1 波纹钢结构桥梁总体应符合下列基本要求：

1. 应完成设计文件全部内容。
2. 桥下净空不得小于设计要求。
3. 必要时应进行荷载试验，试验结果应满足设计要求和符合相关技术规范的规定。

6.7.2 波纹钢结构桥梁总体实测项目应满足下表 7.7.1 的要求。

表 7.7.1 总体实测项目

项次	检 查 项 目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	桥面中线偏位 (mm)	≤ 20	全站仪：每 50m 测 1 点，不少于 5 点
2	桥长 (mm)	+300, -100	全站仪或钢尺：检查中心线处
3	桥面高程 (mm)	± 30	尺量：每侧每 50m 测 1 点，且不少于 3 点；两侧起拱线、拱顶处应布置测点
4	跨径 (mm)	$\pm 2\%$	尺量：每 5m 测一处，不少于 3 个断面
5	矢高 (mm)	$\pm 2\%$	尺量：每 5m 测一处，不少于 3 个断面
6	桥面宽度 (mm)	± 10	尺量：每 50m 测一个断面，且不少于 5 个断面

6.7.3 波纹钢结构桥梁总体外观质量应符合下列规定：

1. 内外轮廓线条应顺滑清晰，无突变、明显折变等现象。
2. 侧墙应平直，与路线边坡、线形匹配，棱角分明。
3. 外露混凝土表面平整，颜色一致。
4. 进出口处结构物应衔接紧密顺畅，无缝隙、无阻水现象。

附录A. 波纹钢板的极限抗力计算方法

波纹钢结构屈曲临界应力可根据下式计算。

$$f_b = \begin{cases} \phi_t F_m \left[f_y - \frac{f_y^2}{12E\rho} \left(\frac{KR}{r} \right)^2 \right], & R \leq R_e \\ 3\phi_t \rho F_m E / (KR/r)^2, & R > R_e \end{cases} \quad (\text{A.1})$$

式中：

f_b ——波纹钢板的极限抗力（MPa）；

ϕ_t ——波纹钢材料抗力系数，取 0.7；

F_m ——多跨结构屈曲应力折减系数，单跨结构时取 1，多跨结构时 $F_m = \min(0.85 + \frac{0.3S}{D_h}, 1.0)$ ；

f_y ——波纹钢板材屈服强度（MPa）；

K ——结构与周围土体相对弯曲刚度系数， $K = \lambda[(EI/(E_m R^3))]^{0.25}$ ；

R ——结构的曲率半径（mm）；

R_e ——等效半径（mm）， $R_e = \frac{r}{K} \left(\frac{6E\rho}{f_y} \right)^{0.5}$ ；

E ——波纹钢板材的弹性模量（MPa）；

ρ ——屈曲折减系数， $\rho = \left(1000 \frac{H}{R_c} \right)^{0.5} \leq .50$ ；

r ——波纹钢板材回转半径（mm）；

λ ——计算 K 的一个系数， $\lambda = 1.22 \left[1.0 + 1.6 \left(\frac{EI}{E_m R^3} \right)^{0.25} \right]$ ；

I ——波纹钢板材的惯性矩（mm⁴/mm）；

E_m ——土体弹性模量的修正值， $E_m = E_s \left[1 - \left(\frac{R_c}{R_c + 1000H} \right)^2 \right]$ ；

H ——回填厚度（m）；

R_c ——波纹钢结构顶部的曲率半径（mm）；

E_s ——回填体弹性模量（MPa）；

S ——多跨结构之间的最小间距（m）；

D_h ——波纹钢结构计算跨径（m）。

附录B. 波纹钢结构桥梁截面弯矩计算方法

(1) 施工过程中波纹钢板截面所受弯矩可根据以下方法进行计算。

$$M = M_1 + M_B + M_C$$

$$M_1 = k_{M1} R_B \gamma D_h^3$$

$$M_B = -k_{M2} R_B \gamma D_h^2 H_C$$

$$M_C = k_{M3} R_L D_h L_C$$

M ——波纹钢板截面所受弯矩 (kN·m/m);

M_1 ——回填材料均布力作用下波纹钢结构跨中截面的弯矩 (kN·m/m);

M_B ——由于周边土体的支撑作用, 使波纹钢结构跨中截面弯矩的减小值 (kN·m/m), 为负值;

M_C ——施工机械荷载引起的波纹钢结构跨中截面的弯矩 (kN·m/m);

$$R_B \text{ ——参数, } R_B = \begin{cases} 0.67 + 0.87 \left(\frac{D_v}{2D_h} - 0.20 \right), & 0.207 \frac{D_v}{2D_h} \leq 0.35 \\ 0.80 + 1.33 \left(\frac{D_v}{2D_h} - 0.35 \right), & 0.353 \frac{D_v}{2D_h} \leq 0.50; \\ D_v/D_h, & 0.503 D_v/(2D_h) \end{cases}$$

γ ——结构性回填材料的重度 (kN/m³);

R_L ——施工阶段计算弯矩的参数, $R_L = [0.265 - 0.053 \lg(N_f)] / (H_C/D_h)^{0.75} \leq 0.75$;

D_h ——波纹钢结构计算跨径 (m);

D_v ——波纹钢结构计算矢高 (m);

H_C ——施工过程中波纹钢结构顶部的回填厚度 (m);

L_C ——施工过程中作用于结构上的施工机械 (包括汽车荷载) 的等效荷载值 (kN/m), $L_C = A_C/k_4$;

A_C ——施工过程中的车辆轴重;

$$k_{M1} \text{ ——参数, } k_{M1} = \begin{cases} 0.0046 - 0.001 \lg(N_f), & N_f \leq 5000 \\ 0.0009, & N_f > 5000 \end{cases};$$

$$k_{M2} \text{ ——参数, } k_{M2} = \begin{cases} 0.018 - 0.004 \lg(N_f), & N_f \leq 5000 \\ 0.0032, & N_f > 5000 \end{cases};$$

$$k_{M3} \text{ ——参数, } k_{M3} = \begin{cases} 0.12 - 0.018 \lg(N_f), & N_f \leq 100000 \\ 0.030, & N_f > 100000 \end{cases};$$

N_f ——波纹钢板柔度系数, $N_f = E_s(1000D_h)^3/EI$ 。对于高强度螺栓连接的波纹钢板, 截面惯性矩应扣除螺栓孔面积;

E_s ——结构性回填的弹性模量 (MPa);

E ——波纹钢板的弹性模量 (MPa);

I ——波纹钢板材的惯性矩 (mm^4/mm);

k_4 ——等效线性荷载参数, 按表 B.1 取值;

表 B.1 土压力增大系数

埋深 (m)	k_4		
	每轴双轮	每轴四轮	B.1.1 每轴八轮
B.1.2 0.3	1.3	1.5	2.6
0.6	1.6	2.0	2.8
0.9	2.1	2.7	3.2
1.5	3.7	3.8	4.1
2.1	4.4	4.4	4.5
3.0	4.9	4.9	4.9

(2) 运营阶段波纹钢板截面所受弯矩可根据进行计算。

$$M_f = \alpha_D M_1 + \alpha_D M_D + \alpha_L M_L (1 + \mu);$$

M_{pf} ——波纹钢板截面可承受的极限弯矩 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$);

α_D ——恒载分项系数, 取 1.2;

M_1 ——波纹钢结构在土体均布力作用下跨中截面的弯矩 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$), 按式 (23) 计算;

M_D ——由恒载产生弯矩和 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$), $M_D = -k_{M2} R_B \gamma D_h^2 H_e$;

α_L ——活载分项系数, 取 1.4;

M_L ——由汽车荷载产生弯矩 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$), $M_L = k_{M3} R_U D_h A_L / k_4$;

μ ——车辆活载冲击系数;

k_{M1} , k_{M2} , k_{M3} , k_4 , R_B ——参数;

γ ——结构性回填材料的重度 (kN/m^3);

D_h ——波纹钢结构计算跨径 (m);

H_e ——参数, $H_e = \min(H, D_h/2)$;

R_U ——系数, $R_U = \min[(0.265 - 0.053 \lg N_f) / \left(\frac{H}{D_h}\right)^{0.75}, 1.0]$;

A_L ——跨径长度范围内布置的设计车辆荷载总轴重 (kN);

H ——波纹钢结构顶部的回填厚度 (m);

N_f ——波纹钢板柔度系数。

征求意见稿

附录C. 波形波纹钢板圆弧拱结构技术参数

表 C.1 300mm×110mm 波形波纹钢板圆弧拱结构技术参数

标准跨径(m)	最小填土厚度(m)	最大填土厚度 (m)						
		壁厚 (mm)						
		4	5	6	7	8	9	10
6.0	1.0	14.0	18.0	22.0	25.5	29.5	33.0	37.0
8.0	1.3	10.5	13.0	16.0	18.5	21.5	24.0	27.0
10.0	1.5	8.0	10.5	12.5	14.5	16.5	19.0	21.5
13.0	2.2	—	—	—	—	13.0	15.0	16.5

表 C.2 380mm×140mm 波形波纹钢板圆弧拱结构技术参数

标准跨径(m)	最小填土高度(m)	最大填土高度 (m)					
		壁厚 (mm)					
		5	6	7	8	9	10
6.0	1.0	17.5	21.5	25.0	28.5	32.5	36.0
8.0	1.3	13.0	15.5	18.5	21.5	24.0	27.0
10.0	1.5	10.5	12.5	14.5	17.0	19.0	21.5
13.0	2.2	7.0	9.0	11.0	13.0	15.0	16.5

表 C.3 400mm×150mm 波形波纹钢板圆弧拱结构技术参数

标准跨径(m)	最小填土高度(m)	最大填土高度 (m)			
		壁厚 (mm)			
		5.0	6.0	7.0	8.0
6.0	1.0	18.0	21.5	25.5	29
8.0	1.3	13	16	18.5	21.5
10.0	1.5	10.5	13	14.5	17
13.0	2.2	7.5	9	11	13