

DBJT45

广西壮族自治区交通运输行业指南

DBJT45/T 014—2020

公路钢波纹管涵洞设计施工技术指南

Technical guide for design and construction of highway steel
corrugated pipe culverts

2020 - 07 - 27 发布

2020 - 08 - 20 实施

广西壮族自治区交通运输厅

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 总则	5
5 基本规定	5
5.1 应用原则	5
5.2 适用条件	5
5.3 结构类型	6
5.4 附属设施	7
5.5 布设基本要求	7
5.6 水力水文计算	7
6 材料	8
6.1 主结构材料	8
6.2 连接件材料	8
6.3 焊接材料	8
6.4 密封材料	8
6.5 防腐材料	8
6.6 附属结构材料	9
6.7 结构性回填材料	9
7 结构设计	10
7.1 一般规定	10
7.2 作用	10
7.3 结构内力计算	11
7.4 结构验算	12
8 构造规定	16
8.1 洞身构造	16
8.2 洞口构造	18
8.3 进出口沟床加固及防护设计	19
9 地基	19
9.1 管基	19
9.2 沉降要求	20
9.3 地基处理	20
10 耐久性设计	21

10.1	一般规定	21
10.2	涂层与内衬的选择	21
11	施工	22
11.1	施工流程	22
11.2	地基、管基施工	23
11.3	装卸与运输	23
11.4	涂层损坏的修复	23
11.5	洞身安装	23
11.6	回填	24
11.7	洞口	25
12	质量检验评定标准	25
12.1	一般规定	25
12.2	材料检验	25
12.3	安装检验	25
12.4	外观检查	26
12.5	形状检验	26
12.6	施工监督与控制	26
12.7	质量验收	26
12.8	质量验收标准	27
13	运营检查、维护与修复	27
附录 A (资料性附录)	钢波纹管涵洞的类型与功能	28
附录 B (资料性附录)	波纹截面图及截面特征参数	29
附录 C (资料性附录)	设计总流程图	34
附录 D (资料性附录)	接缝强度试验方法	36
附录 E (资料性附录)	广西土壤类型表	38

前 言

本指南按照GB/T 1.1—2009给出的规定起草。

本指南由广西壮族自治区交通运输厅提出并宣贯。

本指南由广西交通运输标准化技术委员会归口。

本指南起草单位：广西交通设计集团有限公司、中交第二公路勘察设计研究院有限公司、广西新恒通高速公路有限公司、衡水益通管业股份有限公司。

本指南主要起草人：熊劲松、余顺新、陈开群、王志宏、蓝日彦、夏飞、赵敏、何廷全、龙起其、黄云、赖增伟、卢傲、徐龙旺、冯学茂、杨文志、段宝山、梁岚、牛晋涛、唐武、刘洪林、杨泓全、许全胜、井立江。

公路钢波纹管涵洞设计施工技术指南

1 范围

本指南规定了公路钢波纹管涵洞设计施工技术的术语和定义、总则、基本规定、材料、结构设计、构造规定、地基、耐久性设计、施工、质量检验评定标准、运营检查、维护与修复。

本指南适用于广西境内新建与改扩建公路工程中钢波纹管涵洞的设计与施工。采用钢波纹管管型结构的通道以及市政、水利、林业、建筑等其他行业中应用钢波纹管涵洞的可参照执行。

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，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 470 锌锭
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 706 热轧型钢
- GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 1230 钢结构用高强度垫圈
- GB/T 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 2518 连续热镀锌钢板及钢带
- GB/T 12467.1 金属材料熔焊质量要求
- JB/T 3223 焊接材料质量管理规程
- JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- JT/T 791 公路涵洞通道用波纹钢管（板）
- JTG B01 公路工程技术标准
- JTG C30 公路工程水文勘测设计规范
- JTG D60 公路桥涵设计通用规范
- JTG D64 公路钢结构桥梁设计规范
- JTG/T D65-04 公路涵洞设计细则
- JTG/T F50 公路桥涵施工技术规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- Q/CR 9211 铁路钢桥制造规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

埋置式结构 buried structures

周边及拱顶采用结构性回填材料填筑，形成回填材料与结构物相互作用共同承担荷载的构造物。

3.2

闭口结构 structures with closed conduit

横截面是封闭式的结构物，如圆形、椭圆形、梨形等。

3.3

圆管 round pipe

圆形或长短轴之比不大于1.1的椭圆形钢管。

3.4

水平（竖直）椭圆形管 horizontally/vertically elliptical pipe

长轴为水平（竖直）方向且长短轴之比大于1.1的椭圆形钢管。

3.5

管拱 pipe-arch

由至少三种半径的弧形组成且拱底半径大于拱顶和拱侧半径的闭口结构。

3.6

拱顶 crown

钢波纹管结构横断面的最高点或附近的一段区域。

3.7

拱底 invert

钢波纹管结构横断面的最低点或附近的一段区域。

3.8

拱腋 haunch

钢波纹管结构横断面位于起拱线与管基顶部之间的部分。

3.9

拱肩 shoulder

钢波纹管结构横断面位于拱顶与起拱线之间的部分。

3.10

起拱线 spring line

钢波纹管结构横断面水平方向最外侧点的连线。

3.11

管基 bedding

天然地基或换填后的地基上与管底外形相适应的一定厚度的垫层。

3.12

地基 foundation

支撑管基的土层或岩石。

3.13

波纹钢板 corrugated steel plate

采用热轧钢板，按照规定的尺寸，经过波形轧制及冷弯加工而制成的一种波形板材。

3.14

螺旋形钢波纹管 helical corrugated steel pipe

钢板或钢带经加工制成的表面具有螺旋形波纹的钢管。

3.15

环形钢波纹管 annular corrugated steel pipe

钢板或钢带经加工制成的表面具有环形波纹的钢管。

3.16

钢波纹结构板 corrugated steel structural plate

波纹钢板经型弧加工制成的具有一定曲率的板件。

3.17

钢波纹结构板长度 length of corrugated steel structural plate

曲面钢波纹结构板的环向弧长。

3.18

钢波纹结构板宽度 width of corrugated steel structural plate

曲面钢波纹结构板的纵向宽度。

3.19

波距 corrugation pitch

波纹剖面相邻两个波峰之间的距离。

3.20

波高 corrugation depth

波纹剖面波峰与波谷之间的垂直高度。

3.21

壁厚 plate thickness

波纹剖面的钢板厚度（不含镀锌层）。

3.22

圆管内径 inner diameter

从钢波纹圆管内量测的波谷之间的内圆直径。

3.23

孔径 span

钢波纹管涵洞安装成形后水平方向对应截面中心线之间的最大距离。

3.24

矢高 rise

钢波纹管涵洞安装成形后竖向对应截面中心线之间的最大距离。

3.25

预留变形量 **camber**

为补偿结构管基工后沉降在结构施工时预留的反向变形值。

3.26

结构性回填土 **engineered soil**

钢波纹管结构周围按规定方法分层填筑和压实的、材料特性和级配符合一定要求的回填土，以保证结构稳定性和发挥土-结构相互作用。

3.27

结构性回填区 **structural backfill**

钢波纹管结构周围结构性回填土的包络范围。

3.28

填土厚度 **depth/height of fill**

从结构拱顶波纹剖面中性轴到路面或地面之间的竖向距离（参见图4）。

3.29

受控低强度材料（CLSM） **controlled low strength material**

用集料、胶凝材料、水和添加剂按一定配比拌合的流动性填料。

3.30

最小填土厚度 **minimum depth of soil cover**

保证土与结构共同作用所需要的拱顶最小填土厚度（参见图4）。

3.31

环向压力 **circumferential compressive force /ring compression**

回填材料和外荷载在结构壁内产生的单位长度上的周向压力。

3.32

土拱作用 **arching**

钢波纹管结构之上或周围邻近土体之间发生相对位移时产生的竖向压力的传递效应。

3.33

管沟法 **trench installation**

在原有地面开挖管沟，再安装管涵结构并回填的施工方法。

3.34

设计使用年限 **design working/service life**

在正常设计、正常施工、正常使用和正常养护条件下，结构或构件不需进行大修或更换，即可按其预定目的使用的年限。

3.35

耐久性裕量 **durability allowance**

结构耐久性设计时考虑腐蚀、磨蚀等因素需要在结构计算所需的基材厚度基础上增加的额外厚度。

3.36

防护涂层 protective coating

设计用于使钢波纹管结构材料免遭环境侵蚀的防护层。防护层的类型包括镀铝、镀锌、高分子聚合材料、沥青和环氧树脂材料等。

3.37

作用 action

施加在结构上的集中力或分布力（直接作用，也称为荷载）和引起结构外加变形或约束变形的原因（间接作用）。

4 总则

4.1 本指南涉及的钢管（板）、配件材料及加工应符合国家和行业有关产品标准的要求。

4.2 广西地区公路钢波纹管涵洞的设计及施工除应符合本指南的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准及规范的规定和要求。

5 基本规定

5.1 应用原则

5.1.1 钢波纹管涵洞设计应综合考虑公路等级、重要性程度、地形地貌、地质、进出口排水条件、路基填高、材料运输、施工条件、养护因素等特征条件，合理布设钢波纹管涵洞结构，并遵循安全、适用、经济、耐久的原则，做到因地制宜、因材制宜、满足功能、方便施工及养护管理。

5.1.2 钢波纹管涵洞布设应符合路线线形的要求，结构应能适应施工和使用的整体刚度要求。

5.1.3 钢波纹管涵洞为柔性埋置式结构，适用于多种地基条件，特别适用于地基承载力较低，或有较大沉降与变形的地基。钢波纹管涵洞的类型与功能选用参见附录 A。

5.1.4 钢波纹管涵洞的钢板厚度选择应与波形相适应，避免产生局部屈曲。波纹截面特征参数的确定参见附录 B。

5.1.5 钢波纹管涵洞所用钢板及配件整体应具有足够的耐腐蚀与耐磨蚀能力，设计和施工应考虑适当的耐久性裕量。

5.2 适用条件

5.2.1 涵洞布设时，下列情况宜优先考虑钢波纹管涵洞：

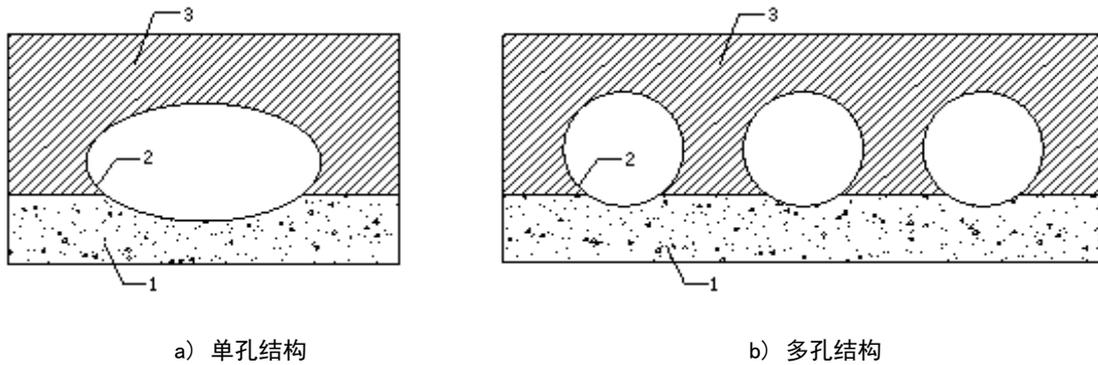
- a) 山区公路：涵洞不适合选用圬工结构，或浇筑混凝土使用的原材料缺乏、施工用水困难、建筑材料运输不便时；
- b) 高填方路段：选用拱涵或盖板涵地基承载力不满足要求，地基处理难度大、费用高或施工质量难以保证时；
- c) 不良地质条件：软弱地基、膨胀土、岩溶区、采空区等不良地质条件，地基沉降量较大可能对结构造成破坏时；
- d) 特殊地区：人力资源缺乏或高危险等工程，或砂石资源缺乏地区，水泥、钢材等运距较远的边远地区；
- e) 快修工程：施工工期紧迫的应急抢险、救灾等工程；
- f) 原有结构物改扩建：既有桥梁、涵洞的加固、接长。

5.2.2 涵洞布设时，下列情况不宜选用钢波纹管涵洞，如需设置应进行特殊设计：

- a) 陡坡涵；
- b) 沿海中度、重度腐蚀环境下和雨量大且水流砂石含量大的地区。

5.3 结构类型

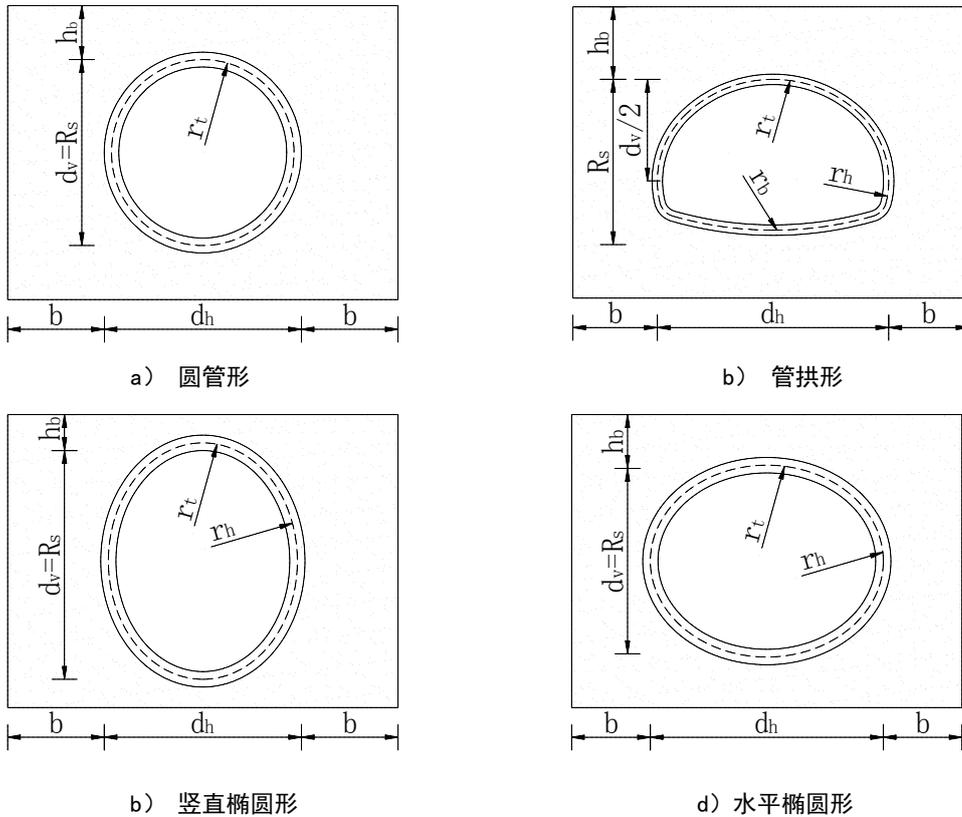
5.3.1 钢波纹管涵洞其结构组成如图 1 所示。



注：1—管基；2—钢波纹结构；3—回填材料。

图1 钢波纹管涵洞典型横断面

5.3.2 钢波纹管涵洞根据截面形状可分为圆管形、管拱形、竖直椭圆形、水平椭圆形等，如图 2 所示。



注： d_h —结构的有效跨径； d_v —结构的竖向计算直径； R_s —结构的有效矢高； h_b —拱顶以上结构性回填区高度； b —结构单侧结构性回填区宽度； r_t —结构拱顶曲率半径； r_h —结构拱腋曲率半径； r_b —结构拱底曲率半径。

图2 钢波纹管涵洞尺寸详图

5.4 附属设施

5.4.1 河沟纵坡较陡、泥石流地区，或人烟稀少、清淤不便的地区，宜根据地形条件和植被情况在进水口设置防堵栅栏。

5.4.2 对冲刷严重的结构，应在洞身底部内壁一定高度范围全长设置内衬进行防护处理。内衬顶部应高于常水位 0.2 m~0.5 m。

5.5 布设基本要求

5.5.1 钢波纹管涵洞设计标准孔径、洪水频率、设计使用年限应符合 JTG B01 的规定。

5.5.2 钢波纹管涵洞斜交时宜采取斜交正做的方式。当采用斜交洞口时，应进行端部特殊设计。

5.5.3 当涵底纵坡 > 6% 时，应对结构进行分段加固，限制其位移。

5.5.4 涵洞沿曲线布设或分岔布设时，可以通过弯头、三通等构造连接成整体结构。

5.6 水力水文计算

5.6.1 涵洞勘测及水力水文计算方法及要求应符合 JTG C30、JTG/T D65-04 的相关规定。

5.6.2 钢波纹管涵洞的糙率可根据结构形式按表 1、表 2、表 3 内插取值（按直径）。钢波纹管涵洞采用混凝土内衬时，糙率取 0.013~0.014。

表1 螺旋形钢波纹管涵结构的糙率 n_h

波距×波深 (mm×mm)	直径 (mm)				
	750	1 000	1 250	1 500	2 000
68×13	0.018	0.019	0.02	0.021	0.024
75×25	0.021	0.022	0.023	0.024	0.027
125×25	—	—	0.022	0.023	0.025

表2 环形钢波纹管涵结构的糙率 n_h

波距×波深 (mm×mm)	直径 (mm)							
	750	1 000	1 250	1 500	2 000	2 500	3 000	≥4 000
75×25	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.027	0.027
125×25	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025	0.024
150×50	0.025	0.025	0.025	0.025	0.024	0.023	0.023	—

表3 拼装钢波纹管结构的糙率 n_h

波距×波深 (mm×mm)	直径或等代直径 (mm)				
	2 500	3 000	4 000	5 000	≥6 000
150×50	0.034	0.034	0.034	0.033	0.033
175×65	0.034	0.034	0.034	0.033	0.033
200×55	0.034	0.034	0.033	0.033	0.033
230×64	0.034	0.034	0.033	0.033	0.033
300×110	0.030~0.040				
380×140	0.031~0.045				
400×150	0.032~0.048				

6 材料

6.1 主结构材料

6.1.1 螺旋钢波纹管采用连续热镀锌钢板及钢带时，其性能、尺寸、外形、重量及允许偏差应符合 GB/T 2518 的规定，且厚度的下偏差应不小于零。

6.1.2 环形钢波纹管、拼装钢波纹管的材料采用碳素结构钢时，其性能应符合 GB/T 700 的要求，其尺寸、外形、重量及允许偏差应符合 GB/T 709 的规定，且厚度的下偏差应不小于零。

6.1.3 环形钢波纹管、拼装钢波纹管的材料采用低合金高强度结构钢时，其性能应符合 GB/T 1591 的要求，其尺寸、外形、重量及允许偏差应符合 GB/T 709 的规定，且厚度的下偏差应不小于零。

6.2 连接件材料

6.2.1 管箍、法兰盘的材料采用碳素结构钢时，其性能应符合 GB/T 700 的要求，其尺寸、外形、重量及允许偏差应符合 GB/T 709 的规定。

6.2.2 法兰盘的材料采用角钢时，其性能应符合 GB/T 700 的要求，尺寸、重量、允许偏差应符合 GB/T 706 的规定。

6.2.3 连接件采用高强度螺栓、螺母时，强度等级应不低于 8.8 级，其力学性能指标应符合 GB/T 1231 的规定。

6.2.4 高强度螺栓、螺母规格为 M12、M16、M20、M24，螺栓长度宜为 30 mm~70 mm。

6.2.5 结构用高强度垫圈应符合 GB/T 1230 的规定，其力学性能指标应符合 GB/T 1231 的规定。

6.3 焊接材料

采用的型号应符合 GB/T 12467.1 的要求；焊接材料的质量应符合 JB/T 3223 的要求。

6.4 密封材料

6.4.1 密封材料应具有弹性、防渗透性和耐腐蚀性，并应填塞紧密。对于密封要求较高的项目，则应选择与板片粘结力强、使用年限长、耐久性高的密封材料。

6.4.2 密封材料可采用聚乙烯发泡材料、天然橡胶、氯丁橡胶、EVA 泡沫板或耐候密封胶等。

6.5 防腐材料

6.5.1 常用的金属涂层符合以下要求：

- a) 热浸镀锌应采用 GB/T 470 规定的 1 号锌或 0 号锌，钢表面处理的最低等级为 Sa 2.5，热浸镀锌层技术质量应符合表 4 的规定；
- b) 当采用静电喷涂等其他防腐方法代替热浸镀锌时，应有实验验证资料，其防腐性能不低于表 4 规定的热浸镀锌方法的相应要求。

6.5.2 金属涂层质量要求见表 4。

表4 金属涂层质量要求

项 目	要 求
单面附着量	热浸镀锌螺旋波纹钢管和管箍 $\geq 300 \text{ g/m}^2$ ，或镀锌层平均厚度 $\geq 42 \mu\text{m}$ ，最小厚度 $\geq 32 \mu\text{m}$ ；环形波纹钢管、波纹钢板件、法兰盘 $\geq 600 \text{ g/m}^2$ ，或镀锌层平均厚度 $\geq 84 \mu\text{m}$ ，最小厚度 $\geq 62 \mu\text{m}$ ；螺栓、螺母 $\geq 350 \text{ g/m}^2$ ，或镀锌层平均厚度 $\geq 50 \mu\text{m}$ ，最小厚度 $\geq 36 \mu\text{m}$
镀锌层附着性	镀锌层应与金属结合牢固，经锤击试验不剥离，不凸起
外观质量	锌层应均匀完整、颜色一致，无漏镀缺陷，表面光滑，不允许有流挂、滴瘤或结块等现象

6.5.3 金属涂层的表面补充涂装、喷涂沥青时，符合以下要求：

- a) 当采用涂装时，涂装材料的品种、规格、性能等应符合 JT/T 722 的规定。涂装的总厚度应 $>0.12\text{ mm}$ ，表面应均匀光滑、连续，无肉眼可分辨的小孔、空间、孔隙、裂缝、脱皮及其他缺陷；
- b) 当采用喷涂沥青时，沥青材料的制备和施工应符合国家相关环保政策和规定的要求。沥青涂层应均匀光滑、连续，无肉眼可分辨的孔隙、裂缝、脱皮及其他缺陷，厚度应 $\geq 1\text{ mm}$ 。

6.6 附属结构材料

附属结构所用砂、石料、混凝土等材料应符合 JTG/T D65-04 的规定。

6.7 结构性回填材料

6.7.1 结构性回填材料应具有良好的透水性，并不得含有腐蚀性化学物质。结构性回填材料一般包括结构性回填土和受控低强度材料。其中结构性回填土宜优先采用砾类土、砂类土，或采用砾石、碎石与细粒土的混合料；当细粒土的成分为黏性土或粉土时，所掺入的石料体积应占总体积的 $2/3$ 以上。受控低强度材料则用集料、胶凝材料、水和添加剂按一定配比（见 6.7.6）拌合而成。

6.7.2 结构物 0.3 m 范围内，结构回填材料粒径不得超过钢波纹管波高的 $1/2$ 且不得含有尖角石块。

6.7.3 结构性回填土按表 5 进行分类。

表5 结构性回填土的分类

类型	粒径	描述	简称符号
I	粗	级配良好的砾石或砂砾	GW
		级配较差的砾石或砂砾	GP
		级配良好的砂或砾质砂	SW
		级配较差的砂或砾质砂	SP
II	中等	含粘土的砾石或砂砾	GC
		含粘土的砂或砾质砂	SC
		粉砂或粉质砾砂	SM

6.7.4 结构性回填土的容重常用实验确定，无实验资料时按表 6 取用。

表6 结构性回填土的容重

种类	容重 (kN/m^3)
砾石	22.0
粗粒土（颗粒状）	22.0
碎石土	22.0
细粒砂土	20.0

6.7.5 不同类型结构性回填土的压缩模量按表 7 线性内插取值。

表7 结构性回填土的压缩模量

类型	标准普氏压实度 (%)	压缩模量 E_s (MPa)
I	85	6
	90	12
	95	24
	100	30
II	85	3
II	90	6
	95	12
	100	15

6.7.6 受控低强度材料:

- a) 受控低强度材料是用集料、胶凝材料、水和添加剂按一定配比拌合的流动性填料。集料为细骨料或粗骨料或二者皆有；胶凝材料主要为水泥、粉煤灰；添加剂有引气剂、早强剂等；
- b) 受控低强度材料是一种具有高流动性，在自重作用下无需或仅需少许振捣，可自行填充而形成的具有一定强度、自密实结构的回填材料，其 28 d 抗压强度为 0.6 MPa~3.0 MPa。在实际运用中，可按集料、粉煤灰、水泥和水以 72%：8%：3%：17%（按质量）的配比进行配合比试验，其 28 d 抗压强度控制在 0.6 MPa~1.1 MPa。受控低强度材料一般仅用于管沟法施工时空受限的情况，且不得用作管基，可参照混凝土类似的方法浇筑。

7 结构设计

7.1 一般规定

- 7.1.1 根据使用条件和环境要求，公路钢波纹管涵洞可按附录 C 的流程图进行设计。
- 7.1.2 钢波纹管涵洞应按承载能力极限状态进行设计，对结构承载力、塑性铰、连接件进行验算。
- 7.1.3 承载能力极限状态设计可按附录 C 中图 C.2 进行设计。
- 7.1.4 对于孔径 > 10 m 的钢波纹管涵洞，建议同时采用有限元法等数值计算方法对结构设计进行校核。
- 7.1.5 波形选择应与孔径相匹配，板厚根据计算确定。选用钢板的厚度宜 ≤ 10 mm，应 ≤ 12 mm。

7.2 作用

7.2.1 承载能力极限状态的设计作用符合以下规定：

- a) 永久作用应考虑结构顶部所有恒载；
- b) 可变作用应分别考虑施工阶段的施工车辆荷载及运营阶段的车辆荷载；
- c) 地震作用应符合 JTG B01 的规定。

7.2.2 按承载能力极限状态进行作用效应组合，取最不利效应组合 E_d 进行设计， E_d 应根据不同阶段计算：

- a) 对于结构承载力验算、连接件验算或运营阶段的塑性铰验算：
 - 1) 运营阶段的永久作用与可变作用组合，按式 (1) 计算：

$$E_d = (\gamma_G G, \gamma_Q Q) \dots\dots\dots (1)$$

- 2) 运营阶段的永久作用与地震作用组合，按式 (2) 计算：

$$E_d = (\gamma_G G, \gamma_E E_u) \dots\dots\dots (2)$$

b) 对于施工阶段塑性较验算，应取施工阶段的永久作用和可变作用组合，按式（3）计算：

$$E_d = (\gamma_G G, \gamma_Q Q_C) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

E_d ——设计作用组合效应；

$\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_E$ ——永久作用、可变作用、地震作用的组合系数，按JTG D60的规定取值；

G ——永久作用；

Q ——运营阶段的可变作用；

Q_C ——施工阶段的可变作用；

E_v ——竖向地震作用。

7.3 结构内力计算

7.3.1 钢波纹管涵洞中由永久作用产生的管壁压力应按式（4）、式（5）计算：

$$(\gamma_G G) = \gamma_G F_G = \gamma_G \times 0.5k_f W(1 - 0.1C_S) \dots\dots\dots (4)$$

$$C_S = \frac{E_S d_v}{EA} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

F_G ——永久作用产生的每延米管壁压力标准值（kN/m）；

k_f ——土压力增大系数，可按表8取用；

W ——拱上填土每延米的重量（kN/m）；

C_S ——考虑回填土性质与结构尺寸的轴向刚度参数；

E_S ——土体压缩模量；（MPa）；

E ——波纹钢材料的弹性模量；（MPa）；

A ——单位宽度波纹钢截面面积（mm²/mm）。

注：计算施工阶段的永久作用产生的内力时，应按当前施工阶段回填高度计算。

7.3.2 土压力增大系数 k_f 取值见表 8。

表8 k_f 系数取值表

H/d _h	d _h /d _v					
	≤0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	≥1.6
0.0	3.23	1.95	1.33	1.26	1.21	1.16
0.05	3.00	1.84	1.31	1.25	1.19	1.14
0.1	2.70	1.74	1.30	1.23	1.18	1.12
0.2	2.25	1.60	1.26	1.20	1.14	1.10
0.4	1.82	1.41	1.22	1.15	1.10	1.05
0.6	1.50	1.35	1.20	1.15	1.07	1.03
0.8	1.55	1.31	1.19	1.11	1.05	1.02
1.0	1.53	1.31	1.18	1.10	1.04	1.02
1.2	1.55	1.33	1.20	1.12	1.07	1.02

表 8 k_f 系数取值表 (续)

H/d _h	d _h /d _v					
	≤0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	≥1.6
1.4	1.59	1.38	1.22	1.15	1.08	1.02
1.6	1.60	1.39	1.24	1.17	1.08	1.02
1.8	1.61	1.40	1.25	1.18	1.08	1.02
≥2.0	1.62	1.40	1.25	1.18	1.08	1.02

注：H和d_h/d_v不能通过查表得到时，通过线性内插取值。

7.3.3 钢波纹管涵洞中由可变作用产生的管壁内力应按式 (6)、式 (7) 计算：

$$(\gamma_Q, Q) = \gamma_Q F_Q = \min(\gamma_Q 0.5d_h p_Q m_f, \gamma_Q 0.5l_1 p_Q m_f) \dots\dots\dots (6)$$

$$p_Q = \frac{A_L}{l_1 l_t} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

F_Q ——可变作用产生的每延米管壁压力标准值 (kN/m)；

p_Q ——可变作用产生的管顶压力 (kPa)；

m_f ——多车道折减系数，按JTG D60取值；

A_L ——跨径长度范围内布置的设计车辆荷载总轴重 (kN)；

l_1, l_t ——沿车道横向和纵向扩散至结构顶部的尺寸 (m)，按JTG D60的规定计算。

7.3.4 施工阶段可变作用产生的管壁压力 ($\gamma_Q Q$) 计算方法与运营阶段相同，采用施工临时机械或施工车辆计算。

7.3.5 钢波纹管涵洞仅考虑竖向地震作用，地震作用产生的管壁压力按式 (8) 计算：

$$(\gamma_E, E_u) = \gamma_E F_u = \gamma_E F_G A_v / g \dots\dots\dots (8)$$

式中：

F_u ——竖向地震作用产生的管壁压力标准值 (kN/m)；

F_G ——永久作用产生的管壁压力标准值 (kN/m)；

A_v ——竖向设计基本地震动峰值加速度，见表9；

g ——重力加速度。

7.3.6 竖向设计基本地震动峰值加速度 A_v 见表 9。

表9 竖向设计基本地震动峰值加速度 A_v

抗震设防烈度	7	8	9
A_v	0	0.10 g~0.17 g	0.25 g

7.4 结构验算

7.4.1 承载能力极限状态下，结构承载力验算应符合式（9~14）要求：

$$\phi_c \min(R_u, f_y) \geq \frac{F}{A} \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{当 } r \leq r_e \text{ 时, } R_u = k_3 \left[f_y - \frac{(f_y k_5 r)^2}{12 E i^2 k_6} \right] \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{当 } r > r_e \text{ 时, } R_u = \frac{3 k_3 k_6 E}{[k_5 R / i]^2} \dots\dots\dots (11)$$

$$r_e = \left(\frac{6 E k_6}{f_y} \right)^{0.5} \frac{i}{k_5} \dots\dots\dots (12)$$

$$k_5 = k_7 \left(\frac{E I}{E_{sm} r^3} \right)^{0.25} \dots\dots\dots (13)$$

$$k_6 = \left(\frac{H + H'}{r_t} \right)^{0.5} \leq 1.0 \dots\dots\dots (14)$$

式中：

ϕ_c ——抗压承载力的材料抗力系数，取0.8；

R_u ——钢波纹结构设计抗压承载力(MPa)；

F ——运营阶段波纹钢截面压力组合值，取组合值 $(\gamma_G G, \gamma_Q Q)$ 、 $(\gamma_G G, \gamma_E E_u Q)$ 的最大值；

A ——单位宽度波纹钢截面面积 (mm^2/mm)；

I ——单位宽度波纹管截面惯性矩 (mm^4/mm)；

r ——波纹钢结构的曲率半径 (mm)；

r_e ——等效半径 (mm)；

k_3 ——结构屈曲应力折减系数，对于单跨结构，取1；对于多跨结构，取 $k_3 = 0.85 + 0.3 S_m / d_h$ ， > 1 时取1；

f_y ——波纹钢材料的屈服强度 (MPa)；

k_5 ——波纹钢结构管壁与相邻土体的相对刚度系数；

i ——波纹截面的回转半径 (mm)；

k_6 ——从管顶到管侧土体刚度变化的系数；

S_m ——多跨结构之间的最小横向净间距； (mm)；

E_{sm} ——土体平均压缩模量的修正值 (MPa)，对于结构的两侧和下半部分，分别取 $E_{sm} = E_s$ 、

$$E_{sm} = E_s \left[1 - \left(\frac{r_t}{r_t + H + H'} \right)^2 \right]；$$

H ——填土高度 (mm)；

H' ——起拱线至拱顶之间竖直距离的一半 (mm)；

r_t ——结构拱顶处曲率半径 (mm)；

k_7 ——计算管壁相对刚度的系数，对于除且的 $R_s < d/2$ 且 $d < d_h/0.4$ 的圆拱结构之外的所有结构上半部分， $k_7 = 1.22 \left[1.0 + 1.6 \left(\frac{EI}{E_{sm} r_t^3} \right)^{0.25} \right]$ ；其余情况下，取 $k_7 = 1.22$ 。

注：结构管壁应根据两条对称的半径线分上、下两部分验算结构承载力，从竖直线到半径线的夹角

$$\theta_0 = 1.6 + 0.2 \log \left(\frac{EI}{E_{sm} r_t^3} \right) \text{ 为分界点。}$$

7.4.2 承载力极限状态下，塑性铰验算应符合下列要求：

a) 施工阶段，见式（15）计算：

$$\left(\frac{P}{\phi_{hc} N_s} \right)^2 + \left| \frac{M}{\phi_{hc} M_p} \right| \leq 1.0 \dots\dots\dots (15)$$

b) 运营阶段，见式（16~30）计算：

$$\left(\frac{F}{\phi_h N_s} \right)^2 + \left| \frac{M_f}{\phi_h M_p} \right| \leq 1.0 \dots\dots\dots (16)$$

$$N_s = A f_y \dots\dots\dots (17)$$

$$M_p = W_{pl} f_y \dots\dots\dots (18)$$

$$M_f = |\gamma_G M_1 + \gamma_G M_B| + \gamma_Q M_c (1 + \mu) \dots\dots\dots (19)$$

$$M = M_1 + M_B + M_C \dots\dots\dots (20)$$

$$M_1 = k_{M1} k_{M4} \gamma d_h^3 \dots\dots\dots (21)$$

$$M_B = -k_{M2} k_{M4} \gamma d_h^2 \dots\dots\dots (22)$$

$$M_C = k_{M3} k_{M5} d_h F_1 \dots\dots\dots (23)$$

$$k_{M1} = \begin{cases} 0.0046 - 0.001 \log(N_F), N_F \leq 5000 \\ 0.0032, N_F > 5000 \end{cases} \dots\dots\dots (24)$$

$$k_{M2} = \begin{cases} 0.018 - 0.004 \log(N_F), N_F \leq 5000 \\ 0.0032, N_F > 5000 \end{cases} \dots\dots\dots (25)$$

$$k_{M3} = \begin{cases} 0.120 - 0.018 \log(N_F), N_F \leq 100000 \\ 0.030, N_F > 100000 \end{cases} \dots\dots\dots (26)$$

$$k_{M4} = \begin{cases} 0.67 + 0.87\left(\frac{d_v}{2d_h} - 0.20\right), 0.20 \leq \frac{d_v}{2d_h} \leq 0.35 \\ 0.80 + 1.33\left(\frac{d_v}{2d_h} - 0.35\right), 0.35 < \frac{d_v}{2d_h} \leq 0.50 \\ \frac{d_v}{d_h}, \frac{d_v}{2d_h} > 0.50 \end{cases} \dots\dots\dots (27)$$

$$k_{M5} = \frac{[0.265 - 0.053 \log(N_F)]}{(H_c / d_h)^{0.75}} \leq 1.0 \dots\dots\dots (28)$$

$$F_1 = \frac{F_{ax}}{k_4} \dots\dots\dots (29)$$

$$N_F = \frac{E_s d_h^3}{EI} \dots\dots\dots (30)$$

式中：

ϕ_{hc} ——施工阶段塑性铰的材料抗力系数，取0.9；

ϕ_h ——运营阶段塑性铰的材料抗力系数，取0.85；

N_s ——每延米波纹钢截面的轴向抗压承载力标准值（kN/m）；

M_p ——每延米波纹钢截面的塑性抗弯承载力标准值（kN·m/m）；

M_t ——运营阶段每延米波纹钢截面的弯矩组合值（kN·m/m）；

P ——施工阶段每延米波纹钢截面的最不利推力组合值，取组合值 $(\gamma_G G, \gamma_Q Q_c)$ （kN/m）；

M ——施工阶段每延米波纹钢截面的弯矩组合值（kN·m/m）；

M_t ——填土至拱顶高度时，填土产生的每延米波纹钢截面弯矩标准值（kN·m/m）；

M_B ——拱顶至高度填土产生的每延米波纹钢截面弯矩标准值（kN·m/m）；

M_C ——施工活载产生的每延米波纹钢截面弯矩标准值（kN·m/m）；

W_{pl} ——每延米波纹钢截面的塑性截面模量（m³/m）；

H_C ——实际填土高度，对于运营阶段，指最终填土高度；对于施工阶段，指当前填土高度；

H_e ——有效填土高度，对于运营阶段，取 H 和 $d_h/2$ 的较小值；对于施工阶段，取该阶段的填土高度；

F_t ——活载的等效线荷载，对于运营阶段，指车辆荷载的等效线荷载；对于施工阶段，指施工车辆的等效线荷载（kN/m）；

F_{ax} ——车辆的最不利轴重（kN）；

k_4 ——计算等效线荷载的系数，见表9；

N_F ——计算波纹钢结构弯矩的弹性系数。

7.4.3 用于计算等效线荷载的 k_4 值见表 10。

表10 用于计算等效线荷载的 k_d 值

填土厚度 m	(m)		
	每轴理论双轮	每轴理论四轮	每轴理论八轮
0.6	1.65	1.95	2.81
0.9	2.34	2.61	3.22
1.5	3.69	3.75	4.03
2.1	4.41	4.40	4.51
3.0	4.82	4.82	4.82
4.5	6.62	6.62	6.62
6.0	8.42	8.42	8.42
≥9.0	12.02	12.02	12.02

7.4.4 每轴理论轮数应按表 11 确定。

表11 每轴理论轮数

轴重类型	每轴理论轮数
单轴，每轴双轮	2
单辆，每轴四轮	4
双轴，每轴双轮	4
双轴，每轴双轮或四轮	8
三轴，每轴双轮或四轮	8
相邻车道的轴重	8

7.4.5 承载能力极限状态下，纵向螺栓连接验算应符合式 (31) 的要求：

$$\phi_j R_{bs} \geq E_d \dots\dots\dots (31)$$

式中：

ϕ_j ——连接件的材料抗力系数。 R_{bs} 由试验数据得到时，取0.7； R_{bs} 无试验数据时，取1.0；

R_{bs} ——纵向螺栓接缝的承载力。根据生产商提供的试验数据确定时，接缝强度试验方法应符合附录D的有关规定；无试验数据时，可根据JTG D64的规定计算。

8 构造规定

8.1 洞身构造

8.1.1 钢波纹整体管涵洞：

- a) 螺旋形钢波纹管可采用工厂咬口方式连接或平行式连接；
- b) 环形钢波纹管可采用轴向法兰盘连接或采用半圆管节翻边连接。

8.1.2 钢波纹拼装管涵洞：

- a) 板分片尺寸应由母材尺寸及镀锌、吊装、运输和拼装条件确定；
- b) 波纹钢板件纵、环向均应错缝搭接，环向搭接长度应≥50mm，纵向搭接长度应≥100mm，并应满足相关标准要求；

- c) 纵向螺栓用于钢波纹板片连接成环,一般布置于钢板波峰及波谷处,沿涵洞纵向可单排或多排。多排时不应超过 4 排,排距应大于 3 倍螺栓孔径并符合相关规范要求;
- d) 波纹管内外两面和紧固连接件等均应进行防腐处理,接缝应进行密封防水防腐处理。

8.1.3 设置钢波纹管涵洞应满足最小填土厚度要求,并进行结构物承载力验算。其最小填土厚度定义见图 3。

a) 采用波距 < 380 mm 的钢波纹板时,其结构最小填土厚度按式 (32) 计算:

$$\max = \begin{cases} (i) 600\text{mm} \\ (ii) d_h \times \sqrt{d_h / d_v} / 6 \\ (iii) 400\text{mm} \times (d_h / d_v)^2 \end{cases} \dots\dots\dots (32)$$

b) 采用波距 ≥ 380 mm 的钢波纹板时,其结构最小填土厚度按式 (33) 计算:

$$\min = \begin{cases} \max = \begin{cases} (i) 600\text{mm} \\ (ii) d_h \times \sqrt{d_h / d_v} / 6 \\ (iii) 400\text{mm} \times (d_h / d_v)^2 \end{cases} \\ 1500\text{mm} \end{cases} \dots\dots\dots (33)$$

式中:

d_h 、 d_v ——分别为波纹管涵洞的有效跨径和竖向尺寸(见图3)。

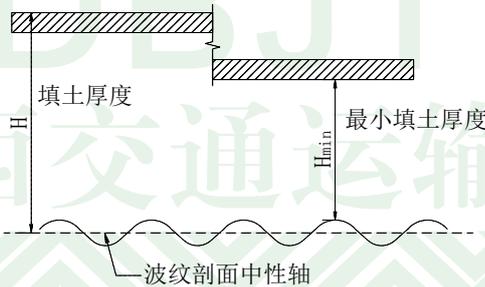
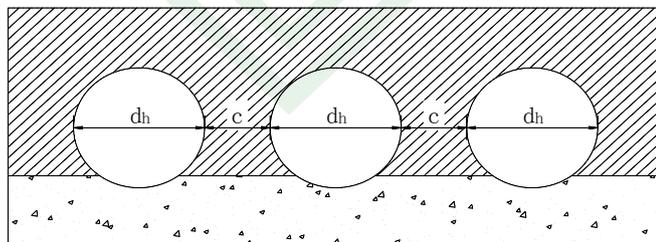


图3 填土厚度与最小填土厚度的定义

8.1.4 当钢波纹管涵洞的填土厚度小于规定的最小厚度时,不应有施工车辆通行。若施工阶段有不超过设计荷载的施工车辆通行时应满足最小填土厚度要求;如有超过设计荷载的施工车辆通行,应对结构进行验算。

8.1.5 多孔涵洞并列设置时,如图 4 所示,C 值应满足表 12 的规定。



注: d_h —结构的有效跨径 (mm); c —结构间最小净距 (mm)。

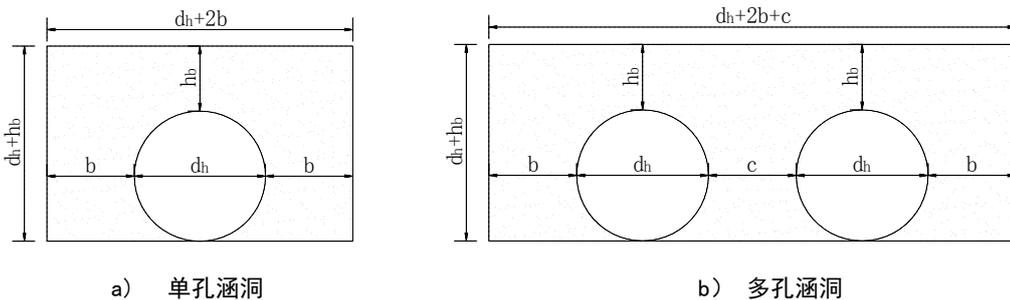
图4 多孔涵洞并列设置最小净距要求

表12 多孔涵洞并列设置的最小净距 c

d_h (mm)	$d_h \leq 600$	$600 < d_h \leq 3\,000$	$3\,000 < d_h \leq 8\,000$	$8\,000 < d_h \leq 12\,000$	$d_h > 12\,000$
c (mm)	600	800	1\,000	1\,200	由极限状态设计或数值分析确定

8.1.6 结构性回填范围（如下图 5 所示）满足以下规定：

- a) 单孔涵洞的结构性回填宽度应从结构两侧边缘分别向外延伸不小于表 13 中的长度；
- b) 多孔涵洞的结构性回填宽度应从外侧涵洞边缘向外延伸不小于表 13 中的长度，并包含相邻结构之间间隙；
- c) 结构性回填区的高度应为结构的最小填土厚度与结构的有效矢高之和。



注： d_h —结构的有效跨径； h_h —拱顶以上结构性回填区高度； b —结构单侧结构性回填区宽度； c —结构间最小净距（mm）。

图5 结构性回填范围示意图

表13 波纹管单管结构回填的最小横向宽度 b

d_h (mm)	$d_h \leq 600$	$600 < d_h \leq 3\,000$	$3\,000 < d_h \leq 8\,000$	$8\,000 < d_h \leq 12\,000$	$d_h > 12\,000$
b (mm)	600	$d_h/2$ 但不小于 800	$d_h/3$ 但不小于 1\,500	$d_h/3$ 但不小于 3\,000	$d_h/3$ 但不小于 5\,000

注：对于竖向尺寸较大的竖直椭圆形，取 $d_h = d_v$ 。

- 8.1.7 对于多圆弧组成的截面，管壁任意位置处的曲率半径均不得小于拱顶曲率半径的 0.2 倍。
- 8.1.8 对于高填方钢波纹管涵洞，应根据涵洞坡度及地基沉降量设置预留变形量，其值为涵长的 0.5%~1%，涵洞中心高程应小于进水口高程。

8.2 洞口构造

8.2.1 钢波纹管涵洞应根据地质、地形、路基边坡等因素合理选用洞口形式。有条件时可优先采用削竹式、簸箕式等轻型洞口形式，也可采用八字墙式、一字墙式等常规形式，如图 6 所示。

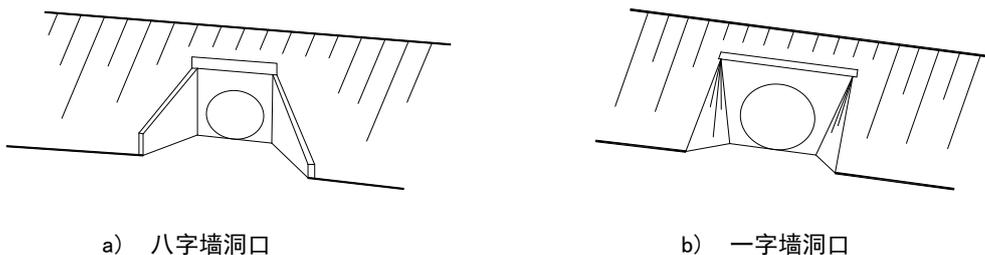
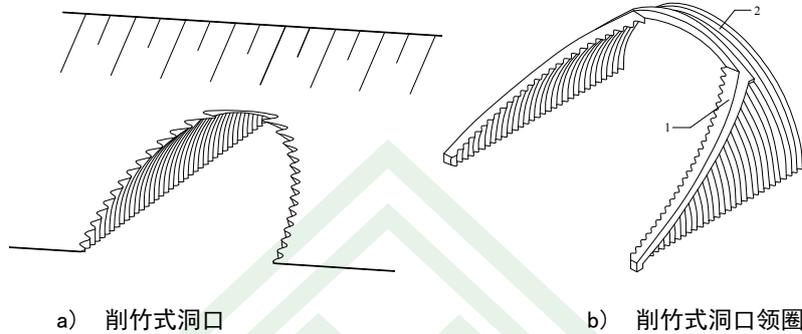


图6 常规钢筋混凝土洞口

8.2.2 削竹式洞口适用于涵洞管径与沟宽基本一致的波纹管涵洞，洞口宜采用混凝土领圈进行加固，如图7所示。



注：1—钢筋混凝土领圈；2—波纹管洞口管节图。

图7 削竹式洞口及领圈

8.2.3 簸箕式洞口宜在工厂轧制成型，端部与洞身采用螺栓或管箍连接，适用于需集纳和扩散水流的涵洞，如图8所示。

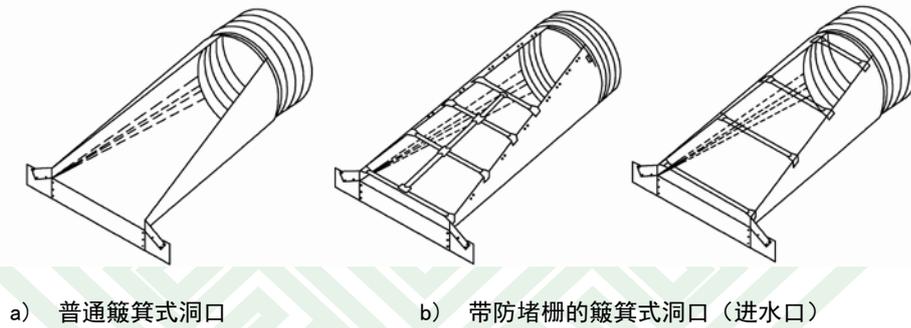


图8 簸箕式洞口

8.2.4 当洞口为混凝土端墙时，宜采用锚栓将波纹管管节与端墙墙体予以锚固。

8.3 进出口沟床加固及防护设计

8.3.1 钢波纹管涵洞进出口沟床加固及防护应按照 JTG/T D65-04 的规定执行。

8.3.2 钢波纹管涵洞洞口应设置拦水设施，防止水流对管基的冲刷、淘蚀。

8.3.3 钢波纹管涵洞内水流速较大时，削竹式洞口应对边坡迎水面进行铺砌加固，并设置截水墙和趾部锚固措施。

9 地基

9.1 管基

9.1.1 管基材料宜采用级配良好的砂砾、碎石，最大粒径不宜超过 50 mm，且不应超过波高的 1/2。

9.1.2 不同地基条件下管基的最小厚度与宽度应满足表 14 的要求。

表14 管基的最小厚度与宽度

地基条件		最小厚度	最小宽度
优质土地基		可直接将地基作为管基	
一般性土地基	跨径<900 mm	200 mm	2 d_h
	跨径=900 mm~2 000 mm	300 mm	
	跨径>2 000 mm	0.2 d_h	
岩石地基		200 mm~400 mm, 但当填土厚度>5 m时, 填土每增高1.0 m, 其厚度增加 40 mm	2 d_h
软土地基		0.3 d_h ~0.5 d_h 或 500 mm 以上	2 d_h ~3 d_h
注: 优质土地基指天然地基符合管基的材料性能要求。			

9.2 沉降要求

- 9.2.1 钢波纹管涵洞地基的沉降量不得小于两侧结构回填区的地基沉降量。
- 9.2.2 钢波纹管涵洞的工后沉降应与路基沉降相同。

9.3 地基处理

- 9.3.1 当地基承载力不满足要求时, 应先进行地基处理, 处治方案同该路段的路基, 处理完成后再填筑管基。
- 9.3.2 钢波纹管涵洞不应直接置于混凝土基础和岩石地基等刚性基础上, 应在管身与地基之间设置砂砾垫层或其他适宜材料, 使其紧密相贴。
- 9.3.3 膨胀土地区涵洞管基以下应增设防水土工布隔水处理, 基础顶部的涵底两侧可增设透水盲管进行渗排水处理。
- 9.3.4 当采空区、岩溶发育区上覆盖层较薄时, 应按该路段路基设计要求进行处理, 满足地基变形及承载力要求后方可进行管基施工。
- 9.3.5 当涵洞纵向位于岩石地基与土质地基的强弱变化区时, 应在分界处长度为 4 d_h 的范围内进行换填, 换填材料宜为砂砾。
- 9.3.6 对于管拱形涵洞, 拱腋区域地基承载力需单独验算, 当不满足要求时, 应采用级配良好的粗砂或砂砾换填, 并充分压实, 以满足承载力要求, 如图 9 所示。

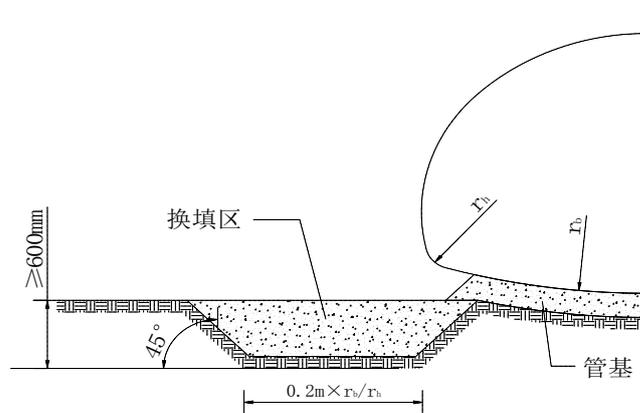


图9 管拱拱腋地基的加固

10 耐久性设计

10.1 一般规定

10.1.1 耐久性设计应遵循预防为主、防护结合的原则，根据涵洞环境条件、材质、施工条件和维护管理条件等，经综合比较确定耐久性措施。

10.1.2 钢波纹管涵洞应按表 15、表 16 进行腐蚀与磨蚀等级划分，无实测电阻率值时可按表 17 参照取值。

表15 腐蚀等级

腐蚀等级	pH值	电阻率 ($\Omega \cdot m$)
1 (无腐蚀)	$5.5 < pH$	> 100
2 (轻度腐蚀)	$4.5 < pH \leq 5.5$	$50 < \text{电阻率} \leq 100$
3 (中度腐蚀)	$3.5 < pH \leq 4.5$	$20 < \text{电阻率} \leq 50$
4 (重度腐蚀)	$pH \leq 3.5$	≤ 20

表16 磨蚀等级

磨蚀等级	推移质描述	预期流速 (m/s)
1 (无磨蚀)	无推移质 (如雨水管、蓄水系统、开口结构)	—
2 (轻度磨蚀)	少量砂、砾推移质	0~1.5
3 (中度磨蚀)	中等砂、砾推移质	1.5~4.6
4 (重度磨蚀)	大量砂、砾和岩石推移质	> 4.6

表17 常见填料的标准电阻率参考值

类别	名称	电阻率 近似值 ($\Omega \cdot m$)	不同情况下电阻率的变化范围	
			一般地区	地下水含盐碱区
泥土	粘土	60	30~100	10~30
	砂质粘土	100	30~300	10~30
	黄土	200	100~200	30
	含砂粘土、砂土	300	100~1 000	30~100
	上层红色风化粘土、下层红色页岩	500 (30%湿度)	—	—
砂土	砂、砂砾	1 000	250~1 000	—
	砂层深度 $>10m$ 、位于多岩石基底层软质粘土	1 000	—	—
	砾石、碎石	5 000	—	—

10.2 涂层与内衬的选择

10.2.1 钢波纹管涵洞的耐久性设计应根据腐蚀等级和磨蚀等级，按表 18 选择使用涂层和内衬，涂层质量应符合 6.5 的要求。

表18 波纹钢涵洞涂层与内衬的选择

涂层（内衬）类型 与使用条件	无腐蚀	轻度腐蚀/ 中度腐蚀	重度腐蚀	无磨蚀/ 轻度磨蚀	中度磨蚀	重度磨蚀
[1] 锌涂层，有底拱，正常流时结构与水接触、	√	√	×	√	×	×
[2] 锌涂层+沥青涂层	√	√	√	√	×	×
[3] 锌涂层+沥青涂层+塑料内衬	√	√	√	√	√	×
[4] 锌涂层+混凝土拱底内衬	√	√	×	√	√	√
[5] 锌涂层+沥青涂层+混凝土拱底内衬	√	√	√	√	√	√

注：表中√表示适用，×表示不适用。

10.2.2 非金属涂层和内衬的附加使用年限可按表 19 取用。

表19 非金属涂层和内衬的附加使用年限

涂层	水侧		土侧附加年限（年）
	附加年限（年）	最大磨蚀等级	
沥青涂层	2~20	2	25~50
沥青涂层+塑料内衬	10~30	3	25~50
底拱采用混凝土内衬	25~75	4	—

10.2.3 当钢波纹管涵洞的计算使用年限低于设计使用年限要求时，应采用增加钢板厚度或增设其他防腐涂层等措施。

10.2.4 当结构性回填材料周围的天然土壤具有腐蚀性时，应采取措施避免腐蚀性元素渗入从而对结构产生侵蚀，否则应在计算使用年限中考虑天然土壤条件。广西天然土壤条件参见附录 E。

11 施工

11.1 施工流程

钢波纹管涵洞的施工流程如下图10所示。

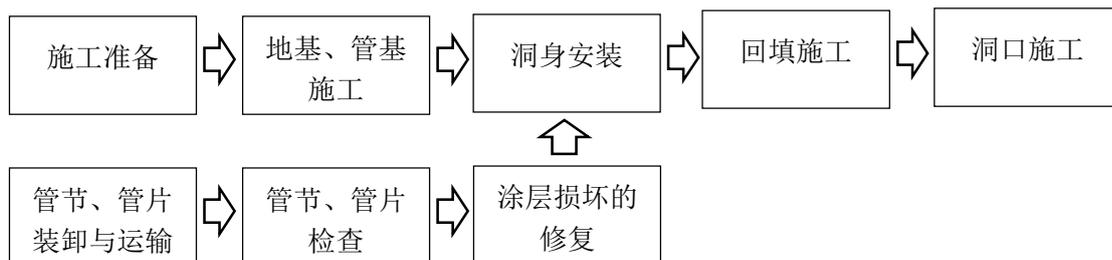


图10 施工流程图

11.2 地基、管基施工

11.2.1 施工前应清除钢波纹管涵洞结构性回填区范围内植被、有机土壤、松散沉积物。

11.2.2 钢波纹管涵洞结构性回填区范围内的地基应予以压实，并按设计要求铺筑管基，管基表面应与涵洞底部填充密实。

11.3 装卸与运输

11.3.1 钢波纹管或钢波纹板件在装卸与运输过程中应避免其表面涂层被破坏。

11.3.2 吊运过程中应保持钢管水平，吊点设置于 1/4 管节处，吊索与钢管之间的夹角宜 $\geq 45^\circ$ 。不应在波纹钢管上焊接或栓接吊耳作为吊点。

11.3.3 钢波纹管或钢波纹板件采用套叠方式运输时，应防止钢管或板件翻滚、碰撞及滑移。

11.4 涂层损坏的修复

对于涂层脱落或镀锌后焊接的区域，应清除表面附着物后进行修补。

11.5 洞身安装

11.5.1 螺旋钢波纹管应符合以下要求：

- a) 螺旋钢波纹管每节的长度由吊装、运输、安装条件确定；
- b) 螺旋钢波纹管采用工厂咬口方式连接时，咬口应确保管体强度和防渗，咬口间最小间距和相应的最少螺旋波纹数量应符合表 20 的规定；
- c) 螺旋钢波纹管采用平行式、螺旋式管箍连接时，其管箍形式和宽度应符合表 20 的规定，管箍钢板厚度不应小于螺旋钢波纹管钢板厚度。

表20 螺旋钢波纹管咬口及管箍连接要求

波距×波高 (mm)	咬口最小间距 (mm)	咬口间螺旋波纹 最少数量 (个)	管箍 形式	管箍最小宽度 (mm)
68×13	610	6	1~2片箍	410
75×25	533	7	2~3片箍	430
125×25	750	6	2~3片箍	410

11.5.2 环形钢波纹管符合以下要求：

- a) 环形钢波纹管每节的长度由吊装、运输、安装条件确定；
- b) 环形钢波纹圆管（内径 ≤ 2000 mm）整体采用轴向法兰盘连接时，法兰盘、管节的焊接工艺及焊接质量应符合 Q/CR 9211 的要求。法兰盘圆周边均匀布设单排螺栓孔，孔位、孔距根据设计确定。互相拼接的两个法兰盘的连接孔应对应；
- c) 环形钢波纹圆管（内径 750 mm~1 500 mm）轴向采用左右（或上下）半圆管节翻边连接时，螺栓孔应对应，纵向采用单排均布；
- d) 环形钢波纹圆管（内径 750 mm~1 500 mm）采用外套与管体相同波形的管箍进行轴向拼接时，管箍沿管轴向的长度应不小于 5 个波距，管箍内径为环形波纹钢圆管管节的外径。

11.5.3 拼装式钢波纹管符合以下要求：

- a) 钢波纹板件长度和宽度根据钢板尺寸及吊装、运输和拼装条件确定；
- b) 板件加工时，根据设计的弧长、波形参数等计算确定螺栓孔位和螺栓数量；

- c) 板件的拼装应按安装图纸或施工作业书进行，必要时可以利用支撑装置来维持设计截面的形状；
- d) 板件安装精度应满足要求，板件的几何位置及搭接的内外层次序不得搞错：板件搭接的内外层次序应有利于涵洞内的流水流向出口。对于内底部有衬砌的管涵，可按大小圈安装板片；
- e) 板件拼装时，板件之间应采用搭接，并用高强度螺栓连接，不得采用焊接。板件环向搭接的重叠部分边缘至螺栓孔中心距离应 $>40\text{ mm}$ ，轴向搭接螺栓孔边缘距离视波距大小而定；波纹钢板搭接应结合紧密，在同一位置不得重叠 4 张以上的波纹钢板。在波纹钢板连接处可用衬垫或填充物来减小空隙；
- f) 钢板拼装完毕后，应在纵向和横向连接处各自随机选取螺栓总数的 5%，用扭矩计量器检查，若超出预紧力扭矩范围的螺栓数大于所检查螺栓数的 10%，则应对全部螺栓重新进行拼装；
- g) 安装处水位较高时，应采取锚固措施防止钢波纹结构在回填过程中上浮。

11.5.4 拼装式钢波纹管安装方法及步骤如下：

- a) 施工前准备；
- b) 安装前检查：钢波纹管涵底部平整度、标高；确定涵管的位置、中心轴线；
- c) 拼装底板：以中心轴线的中点为基准，第一张波纹板定位，以此为起点每拼装完成一个环形圈各向两侧延伸，直至二端。第二张板叠在（搭接部分）第一张板上，对正连接孔。螺栓由内向外插入孔位，对面（外侧）套上垫圈旋上螺母，用套筒扳手预紧螺母；
- d) 拼装环形圈：由下向上顺次拼装。搭接部分上板覆盖下板，圆周向连接采用阶梯形，即上面二块板的叠缝错位，连接孔对正后，用螺栓由内向外插入孔位，用套筒扳手预紧螺母。两侧波纹板对称安装。圆周向拼装满三波纹板时，要测定一次截面形状，达到标准后才能继续拼装；达不到标准应及时调整。圆周向拼装到环形圈合拢时，测定截面形状，采用定位拉杆固定，调整预紧螺栓，拼装顶部第一块波纹板；
- e) 拧紧螺栓：钢波纹管涵洞（通道）拼装全部完成后，应先检查钢波纹管涵洞（通道）的线形，再用定扭气动扳手按预定扭矩紧固所有螺栓，保证波纹的重叠部分紧密嵌套在一起；
- f) 螺栓检查：按 11.5.3 中 f) 的规定进行螺栓检查；
- g) 密封防水：钢波纹管涵外圈搭接处用预紧力扭矩符合要求后，可用专用密封材料封填，以防波纹板连接处渗水。

11.6 回填

11.6.1 结构性回填材料宜优先采用优质的砾类土和砂类土。

11.6.2 回填料粒径应符合 6.7.2 的规定。

11.6.3 对于结构物管底部楔形部、多孔结构物各孔间的回填区，填料可用人工作业或“水密法”施工，并用振荡器振实。

11.6.4 结构物两侧保持对称均匀、分层摊铺、逐层压实，每层厚度宜为 150 mm，其压实度应 $\geq 96\%$ ，夯实高度差应小于一层夯实厚度，由偏土压引起的结构物变形应采取措施消除，校正截面形状后重新实施夯实。

11.6.5 在回填夯实过程中，从结构物外边缘向外 2.0 m 以内的范围内，应严格控制除夯实机械以外的重型机械的运行。夯实侧面时，夯实机械应与结构物的长度方向平行行驶；夯实结构物上方回填土时，应垂直于结构物长度方向行驶。

11.6.6 从钢波纹管涵洞顶部到最小填土厚度（见 8.1.3）以内的范围，应按结构性回填部分的要求进行施工：分层摊铺、逐层压实，每层厚度宜为 150 mm，其压实度应 $\geq 96\%$ 。

11.6.7 结构顶部填土应符合 JTG/T F50-2011 的最小填土高度要求、并进行结构承载力验算后，方可允许车辆通行。

11.6.8 夯实土层时,应使夯实机械垂直于结构物长度方向行驶,在最小填土高度范围内,不准许夯实机械以外的重型机械在结构物上方通行,不应堆放重物。

11.6.9 结构外侧 60 cm 范围内宜采用手持式振动压实机、60 cm~200 cm 范围内宜采用轻型沟槽压路机施工,重型压路机施工设备 (>12 t) 的安全距离应 ≥ 2 m。

11.6.10 涵顶路基填筑不宜采用强夯施工,避免对钢波纹管涵洞造成冲击影响。如需强夯,应针对项目情况编制强夯专用方案。

11.7 洞口

11.7.1 采用八字墙、一字墙等洞口型式时,宜在路基填筑完成后再进行砌筑。

11.7.2 进出水口的沟床应整理顺直,使上下游水流稳定畅通。

12 质量检验评定标准

12.1 一般规定

12.1.1 钢波纹管涵洞分部工程质量检验包含洞身各部分构件、洞口、基础、回填等分项工程。

12.1.2 钢波纹管涵洞质量检验,除满足本章的规定外,还应符合 JTG F80/1 的要求。

12.2 材料检验

12.2.1 钢波纹管和钢波纹板件及配件出厂前,应按 JT/T 791 的规定进行验收,并附有产品质量合格证书。

12.2.2 安装前钢波纹管、波纹钢板件及配件应逐件与设计图纸对照检查,包括钢波纹管(板)的质量、钢板厚度、镀锌层厚度、波形的几何尺寸等。涂层脱落的波纹管(板)需要进行修复,损坏、变形过大的应更换。

12.2.3 钢波纹管及板件的尺寸允许偏差应符合表 21 的规定。

表21 波纹钢管及板件的尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	壁厚 t (mm)	不小于设计值
2	波距 l (mm)	± 3
3	波深 d (mm)	± 3
4	管节长度 L_p (%)	± 2
5	跨径 d_k (%)	± 2
6	钢波纹板件长度 L_L (%)	± 1
7	钢波纹板件宽度 L_w (%)	± 1

12.3 安装检验

12.3.1 地基、管基应按表 22 进行实测。

表22 地基、管基实测项目

项次	检查项目	规定值	检查方法
1	地基承载力	满足设计要求	波纹板管涵轴线投影下的地基每6m测1处，且不少于6处
2	地基压实度	满足设计要求	压实度评定试验：每5m测1处，且不少于3处
3	涵底纵坡	满足设计要求	高程测量每6m测1处，且不少于2处
4	管基宽度及厚度	满足设计要求	尺量：沿涵洞方向每6m测1处，且不少于3处

12.3.2 钢波纹涵洞安装实测项目应满足表23的规定。

表23 安装实测项目控制标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	管涵内径 (mm)	$\pm 1\% d_n$	尺量：每5m测1处，且不少于3处，测相互垂直两个方向
2	底面高程 (mm)	± 10	水准仪：测洞口、中点和其他四分区附近5处
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	满足设计要求	按涂刷遍数检查，全部

12.4 外观检查

钢波纹管涵洞连接完成后，应在进行涵管侧面及涵管顶部填土前进行外观检查。检查包括以下内容：

- a) 涵管连接应平顺，法兰盘螺栓连接应紧固可靠；
- b) 管节防水胶条不应遗漏和漏水；
- c) 二次防腐涂层应均匀足厚，不应漏涂；

12.5 形状检验

12.5.1 钢波纹管涵洞在拼装完成后、回填过程中以及回填完成后都要检测截面的形状变化。

12.5.2 拼装完毕后在开始回填之前应检测截面大小，若其大小超过设计形状的1%，则应拧开螺栓校正形状后重新拼装。

12.5.3 每填筑1/5管的拱高（不大于1m）时，应检查一次结构几何尺寸。最大变形量不得大于最终容许变形量的1.25倍，超出变形范围应及时修正调整。

12.5.4 路面施工完成后构造物的最终允许变形不应超过表24规定的数值。

12.6 施工监督与控制

12.6.1 整管的钢波纹管涵洞，应在地基、管基、拱腋、起拱线和最小填土厚度等施工阶段对相应项目进行检查。

12.6.2 拼装的钢波纹管涵洞，还应在组装和安装各个阶段进行检查，根据检查情况书面授权进行下一阶段施工。

12.6.3 涵洞工程完成后，应按照JTG F80/1的规定进行自检、评定，满足要求后，方可申请交工验收。

12.7 质量验收

钢波纹管涵洞质量验收除应符合本章规定外，还应符合JTG/T F50和JTG F80/1的规定。

12.8 质量验收标准

12.8.1 钢波纹管、波纹钢板件及配件出厂前应按 6.1 执行。

12.8.2 钢波纹管涵洞实测项目及质量检验标准见表 24。

表24 钢波纹管涵洞施工质量标准

项目		规定值或允许偏差
填筑完成后 截面形状变化 (%)	波形68 mm×13 mm、75 mm×25 mm、125 mm×25 mm	5
	波形150 mm×50 mm、175 mm×65 mm	4
	波形200 mm×55 mm、230 mm×64 mm	3
	波形300 mm×110 mm、380 mm×140 mm、400 mm×150 mm	2
涵管长度 (mm)		+100, -50
管基宽度、厚度		不小于设计值
相邻管节底面错台(mm)	孔径≤1 m	3
	孔径>1 m	5

13 运营检查、维护与修复

13.1 钢波纹管涵洞应定期检查，可以每年或每半年进行 1 次，过水结构应在暴雨之后进行检查。采用目测的方法，并以景物照片或录像形式加以记录。

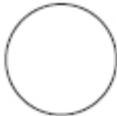
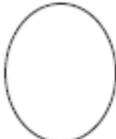
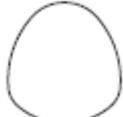
13.2 管养部门或单位应定期对钢波纹管涵洞进行环境评估和结构评估，可以每年或每两年进行 1 次。环境评估包括土侧侵蚀、水侧侵蚀、水侧磨蚀和堵塞状况的评估，结构评估包括形状检测、接缝检测、螺栓孔撕裂、过度变形、管底抬高、管端抬高、管端变形和端墙损坏的评估。

13.3 管养部门或单位应根据对环境和结构进行综合评估、检查的结果，拟定合理可行的维修加固方案。

附 录 A
(资料性附录)
钢波纹管涵洞的类型与功能

表A.1给出了钢波纹管涵洞的类型与功能。

表A.1 钢波纹管涵洞的类型与功能

结构名称	结构形式	功能与应用
圆形 Round		涵洞、雨水管、下水道、车行或人行通道，在各种功能状况下均使用良好，尤其是埋深较大的情况下。
竖向椭圆 Vertical Ellipse		涵洞、雨水管、下水道、车行或人行通道，埋深较大时使用较好。
梨形 Pear-shaped Pipe		在最小覆土厚度的情况下可作人行、机动车和自行车通道使用。
管形拱 Pipe-Arch		净空较小，具有水力优势，可作涵洞、下水道、立交桥、雨水管。
横向椭圆 Horizontal Ellipse		路基较低、地基土较差时宜选用。

附录 B
(资料性附录)

波纹截面图及截面特征参数

表B.1~表B.10分别给出了不同规格的波纹截面图及截面特征参数。

表 B.1 68 mm×13 mm 波纹截面图及截面特征参数

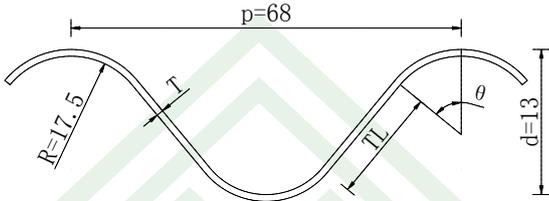
波形代号: B						
						
规定壁厚 T mm	截面积 A mm ² /mm	切线长度 TL mm	正切角度 θ °	惯性矩 I mm ⁴ /mm	截面模量 W mm ³ /mm	回转半径 r mm
1.3	1.408	19.524	27.303	27.87	3.90	4.449
1.6	1.733	19.324	27.402	34.54	4.73	4.464
2.0	2.167	19.053	27.537	43.62	5.82	4.487
2.7	2.926	18.569	27.781	60.18	7.67	4.535
3.2	3.469	18.215	27.961	72.62	8.97	4.575
4.0	4.338	17.635	28.263	93.81	11.04	4.650
4.2	4.555	17.487	28.341	99.38	11.56	4.671

表 B.2 75 mm×25 mm 波纹截面图及截面特征参数

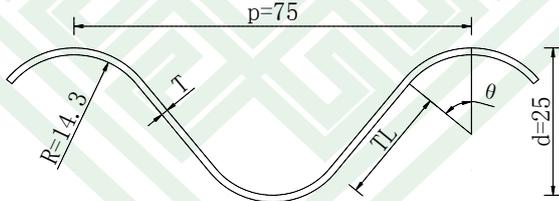
波形代号: C						
						
规定壁厚 T mm	截面积 A mm ² /mm	切线长度 TL mm	正切角度 θ °	惯性矩 I mm ⁴ /mm	截面模量 W mm ³ /mm	回转半径 r mm
1.6	1.986	22.831	45.016	145.88	10.97	8.570
2.0	2.485	22.389	45.315	183.60	13.60	8.596
2.7	3.359	21.593	45.863	251.12	18.13	8.647
3.2	3.984	21.006	46.275	300.66	21.32	8.687
4.0	4.988	20.031	46.974	382.51	26.38	8.757
4.2	5.239	19.780	47.158	403.51	27.64	8.776

表 B.3 125 mm×25 mm 波纹截面图及截面特征参数

波形代号: D						
规定壁厚 T mm	截面积 A mm ² /mm	切线长度 TL mm	正切角度 θ °	惯性矩 I mm ⁴ /mm	截面模量 W mm ³ /mm	回转半径 r mm
1.6	1.756	21.243	33.244	138.74	10.43	8.889
2.0	2.195	20.767	33.424	174.10	12.90	8.905
2.7	2.965	19.906	33.753	236.83	17.10	8.938
3.2	3.514	19.268	34.001	282.43	20.03	8.965
4.0	4.395	18.200	34.425	356.99	24.62	9.013
4.2	4.615	17.923	34.536	375.94	25.75	9.025

表 B.4 150 mm×50 mm 波纹截面图及截面特征参数

波形代号: F						
规定壁厚 T mm	截面积 A mm ² /mm	切线长度 TL mm	正切角度 θ °	惯性矩 I mm ⁴ /mm	截面模量 W mm ³ /mm	回转半径 r mm
2.0	2.478	48.218	44.173	717.58	27.60	17.016
3.0	3.720	47.170	44.515	1 084.74	40.93	17.075
4.0	4.965	46.098	44.870	1 458.63	54.02	17.141
5.0	6.211	45.000	45.240	1 840.13	66.91	17.213
6.0	7.460	43.875	45.624	2 230.13	79.65	17.290
7.0	8.711	42.720	46.025	2 629.50	92.26	17.375
8.0	9.964	41.533	46.445	3 039.13	104.80	17.465
9.0	11.220	40.311	46.884	3 459.93	117.29	17.561
10.0	12.479	39.051	47.345	3 982.81	129.76	17.662

表 B.5 175 mm×65 mm 波纹截面图及截面特征参数

波形代号: L						
规定壁厚 T mm	截面积 A mm ² /mm	切线长度 TL mm	正切角度 θ °	惯性矩 I mm ⁴ /mm	截面模量 W mm ³ /mm	回转半径 r mm
4.0	5.237	40.140	53.974	2 716.55	78.74	22.775
5.0	6.554	38.487	54.581	3 420.09	97.72	22.844
6.0	7.874	36.759	55.228	4 135.35	116.49	22.916
7.0	9.199	34.946	55.923	4 863.30	135.09	22.994
8.0	10.526	33.034	56.673	5 604.94	153.56	23.075
9.0	11.858	31.004	57.490	6 361.28	171.93	23.161
10.0	13.195	28.831	58.388	7 133.33	190.22	23.251

表 B.6 200 mm×55 mm 波纹截面图及截面特征参数

波形代号: G						
规定壁厚 T mm	截面积 A mm ² /mm	切线长度 TL mm	正切角度 θ °	惯性矩 I mm ⁴ /mm	截面模量 W mm ³ /mm	回转半径 r mm
2.0	2.361	33.838	44.680	899.39	31.56	19.517
3.0	3.544	32.171	45.187	1 356.36	46.77	19.563
4.0	4.729	30.414	45.734	1 819.24	61.67	19.614
5.0	5.915	28.548	46.328	2 288.80	76.29	19.671
6.0	7.103	26.552	46.980	2 765.85	90.68	19.733
7.0	8.293	24.393	47.705	3 251.17	104.88	19.799
8.0	9.486	22.023	48.526	3 745.58	118.91	19.871

表 B.7 230 mm×64 mm 波纹截面图及截面特征参数

波形代号: H						
规定壁厚 T mm	截面积 A mm ² /mm	切线长度 TL mm	正切角度 θ °	惯性矩 I mm ⁴ /mm	截面模量 W mm ³ /mm	回转半径 r mm
3.0	3.542	48.425	42.772	1793.16	53.53	22.501
4.0	4.725	47.085	43.094	2402.72	70.67	22.551
5.0	5.909	45.706	43.429	3019.50	87.52	22.605
6.0	7.094	44.283	43.781	3644.30	104.12	22.665
7.0	8.281	45.733	44.153	4240.32	120.72	22.725

表 B.8 300 mm×110 mm 波纹截面图及截面特征参数

波形代号: I						
规定壁厚 T mm	截面积 A mm ² /mm	切线长度 TL mm	正切角度 θ °	惯性矩 I mm ⁴ /mm	截面模量 W mm ³ /mm	回转半径 r mm
4.0	5.238	54.037	56.660	7911.51	138.80	38.863
5.0	6.553	51.962	57.151	9925.92	172.62	38.919
6.0	7.870	49.800	57.670	11956.88	206.15	38.978
7.0	9.189	47.539	58.223	14005.36	239.41	39.039
8.0	10.511	45.166	58.813	16072.34	272.41	39.103
9.0	11.836	42.661	59.448	18158.81	305.19	39.170
10.0	13.163	40.000	60.137	20265.75	337.76	39.238

表 B.9 380 mm×140 mm 波纹截面图及截面特征参数

波形代号: J						
规定 壁厚 T mm	截面积 A mm ² /mm	切线 长度 TL mm	正切 角度 θ °	惯性矩 I mm ⁴ /mm	截面 模量 W mm ³ /mm	回转半径 r mm
5.0	6.477	108.351	50.276	15 117.75	208.52	48.313
6.0	7.776	107.051	50.469	18 194.44	249.24	48.373
7.0	9.076	105.736	50.665	21 291.06	289.67	48.435
8.0	10.377	104.403	50.866	24 408.55	329.85	48.500
9.0	11.679	103.053	51.070	27 547.88	369.77	48.567
10.0	12.983	101.686	51.279	30 710.01	409.47	48.636

表 B.10 400 mm×150 mm 波纹截面图及截面特征参数

波形代号: K						
规定 壁厚 T mm	截面积 A mm ² /mm	切线 长度 TL mm	正切 角度 θ °	惯性矩 I mm ⁴ /mm	截面 模量 W mm ³ /mm	回转半径 r mm
5.0	6.533	111.355	51.446	17 576.93	226.80	51.871
6.0	7.843	110.000	51.642	21 150.36	271.16	51.931
7.0	9.154	108.628	51.842	24 745.40	315.23	51.993
8.0	10.466	107.238	52.045	28 362.99	359.03	52.057

附录 C
(资料性附录)
设计总流程图

图C.1、图C.2分别给出了钢波纹管涵洞设计总流程图、洞身结构承载能力极限状态设计流程图。

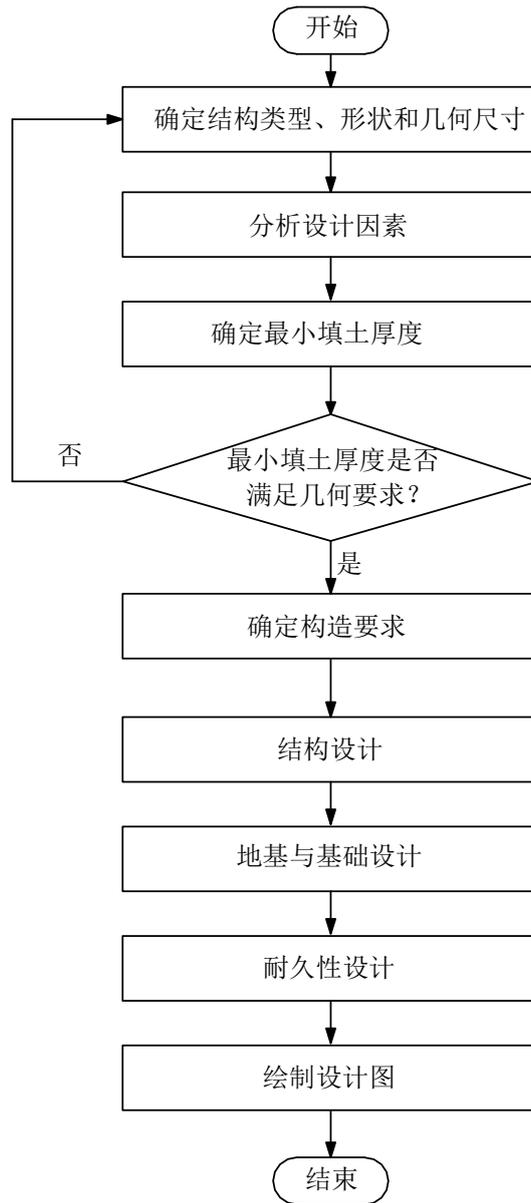


图 C.1 钢波纹管涵洞设计总流程图

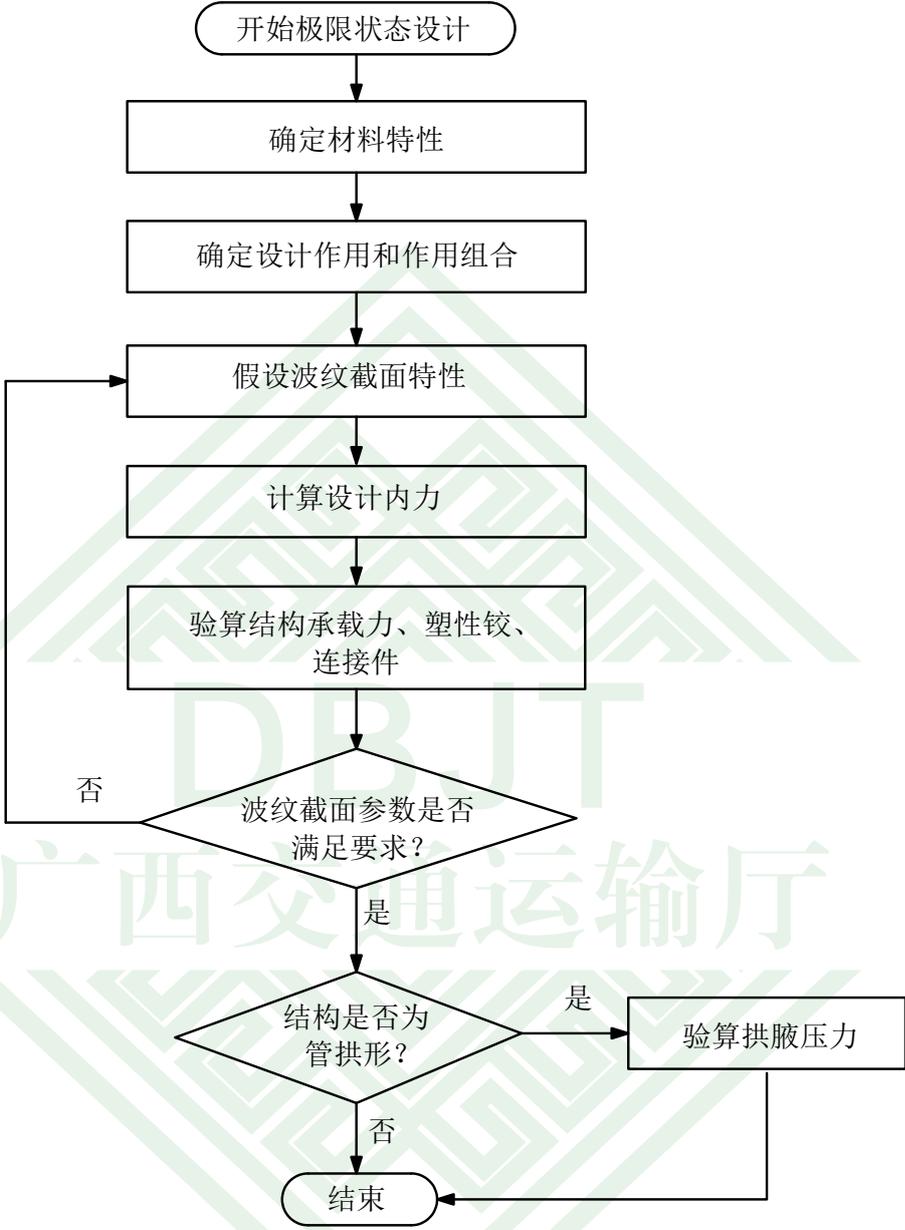


图 C.2 洞身结构承载能力极限状态设计流程图

附录 D
(资料性附录)
接缝强度试验方法

D.1 一般规定

生产商或供应商应提供纵向螺栓接缝的受压试验结果，以确定在设计中使用的公称接缝强度。设计中用到的波纹型号、板厚和螺栓布置的不同组合均需进行试验。

D.2 试验样本

- D.2.1 试验样本的型号、材料、参数和螺栓布置等应和实际使用的波纹钢拼装结构一致。
- D.2.2 应根据不同波纹参数、板厚和螺栓布置分别进行试验，每组试验样本不少于3个，每个样本的纵向接缝均贯穿板长。
- D.2.3 样本不应有保护涂层。
- D.2.4 每个样本应至少包含2个完整波形，且互相拼接的钢波纹板波数应相同。
- D.2.5 应在样本两端垂直于波纹板平面焊接2块互相平行的矩形平钢板作为承压面，平钢板从样本焊缝端部向外分别延伸至少30 mm。焊缝方向与纵向螺栓接缝平行，且延伸出最外侧螺栓的距离不应大于纵向螺栓间距的一半。
- D.2.6 样本的长度应保证在允许位移内，波纹钢板不会接触对面的平钢板或焊缝。

D.3 试验方法

- D.3.1 试验仪器应能匀速加载，且装备有不小于样本尺寸的垫板，试验过程中样本不允许发生水平滑动。当仪器不能同时记录荷载和挠度时，应在两端平钢板处沿样本纵向中心线各装配1块精确度为0.1 mm的千分表。
- D.3.2 试验中施加的荷载不应偏心。当有可靠经验时，应分为20级匀速加载。如果缺乏经验支持，则应先进行试加载。当可以自动加载时，波纹钢板可以每分钟变形不超过5 mm的速度连续加载，并自动记录荷载下的相应位移。

D.4 公称接缝强度

- D.4.1 样本的接缝强度取以下三者的最小值：
 - a) 样本破坏时的荷载；
 - b) 接缝位移达到波高或40 mm时的荷载；
 - c) 破坏位移的1/3时对应的荷载的3倍。
- D.4.2 公称纵向接缝强度应取3次试验结果的平均值，且3次结果的最小值不偏离最大值的10%，试验过程中不允许出现螺栓剪断。

D.5 结果报告

试验结果应包含以下内容：

- a) 样本的产品合格证和数量；
- b) 对试验过程详细准确的描述；
- c) 波纹型号和波纹钢板板厚；
- d) 螺栓类型、尺寸和布置以及强度标号；
- e) 螺栓孔的成孔方法以及螺栓孔尺寸；
- f) 每次试验的荷载-位移关系图；
- g) 每次试验的破坏形式；
- h) 每次试验的极限荷载和相应的位移；
- i) 位移等于波高或 40 mm 时对应的荷载；
- j) 每种波纹型号/螺栓布置对应的公称接缝强度；
- k) 每个试验样本破坏后的照片。



DBJT
广西交通运输厅

附 录 E
(资料性附录)
广西土壤类型表

表E.1给出了广西地区的土壤类型。

表 E.1 广西土壤类型表

土类	分布地区		主要成分	PH 值	
砖红壤	北海市和合浦、钦州、防城的南部		成土母质主要为花岗岩、砂页岩风化物、第四纪红土及浅海沉积物；原生矿物分解彻底，脱硅富铝化程度高	4.5~5.5	
赤红壤	大致分布在海拔 350m 以下的平原、低丘、台地		成土母质有花岗岩、砂页岩风化物及第四纪红土	4.0~5.5	
红壤	除钦州、北海、防城三市外，其他市均有分布		成土母质有花岗岩、砂页岩风化物及第四纪红土	4.0~6.0	
黄壤	广泛分布在桂西北、桂东北、桂中的山地		成土母质为砂页岩及花岗岩风化物	4.5~5.5	
黄棕壤			成土母质有砂页岩及花岗岩，具有较弱的富铝化特征	—	
紫色土	主要分布在桂东南、桂南、桂东北和右江南岸及南宁盆地等有紫色岩分布的地区		土层较薄，矿质养分一般比较丰富	土壤反应从强酸至石灰性均有，以酸性为主	
石灰岩土	黑色石灰土		速效性磷、钾含量较丰富，质地多为粘壤土至粘土，自然肥力较高	—	
	棕色石灰土		分布在石峰林间封闭或半封闭的圆形、串珠状或长条状洼地	—	
	黄色石灰土		分布在桂中一带石山峰山地	—	
	红色石灰土	红色石灰土	主要分布在桂林市	—	呈微酸至中性反应
		复钙红粘土	主要分布在百色市	—	6.5~8.0
硅质白粉土	主要分布在柳州、南宁、河池市等地的岩溶地区		成土母质为硅质岩类，质地为粉沙质粘壤土至粉沙质土壤土，石砾含量多	5.0~6.0	
冲积土	几乎有河流的地方都有冲积土分布，如右江、郁江、浔江、红水河、柳江、黔江、桂江、南流江及其大小支流沿岸呈带状分布		沉积物的性质受流域内母岩、母质性质的影响	有的呈酸性反应，也有的呈中性及石灰性反应，以酸性至中性为多，约占 91.14%，石灰性仅占 8.86%	
酸性硫酸盐土	分布在长有红树林的滨海海滩上		泥土稀烂，大部分为淤泥质，具亚铁反应。质地多为粘土或壤土	—	
水稻土	主要分布在江河冲积阶地、平原和三角洲及盆地、山间谷地、滨海滩地等		水稻土起源于各种母质和土壤，在人们长期种植水稻条件下，母质受人为活动和自然因素的双重影响，经过水耕熟化和氧化还原过程，形成水稻土	—	