

DB63

青 海 省 地 方 标 准

DB63/T 2084—2022

公路波纹钢管涵洞通道施工技术规范

2022-12-30 发布

2023-03-01 实施

青海省市场监督管理局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 1

5 构件及材料 2

 5.1 一般规定 2

 5.2 构件要求 2

 5.3 材料要求 3

6 涵洞通道施工 4

 6.1 施工工艺流程 4

 6.2 施工准备 4

 6.3 地基、基础及垫层施工 5

 6.4 波纹钢管安装 5

 6.5 外壁防渗及防腐施工 7

 6.6 结构性回填 8

 6.7 内壁防腐及防磨蚀施工 10

 6.8 洞口构筑物及附属工程施工 10

 6.9 现场恢复 11

7 工程交工 11

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由青海省交通运输标准化专业技术委员会提出。

本文件由青海省交通运输厅归口。

本文件起草单位：正平路桥建设股份有限公司、青海路拓工程设施制造集团有限公司、青海省交控建设工程集团有限公司、海东正平管廊设施制造有限公司、中国建筑第二工程局有限公司。

本文件主要起草人：宋其忠、韩馨、刘琴、李元庆、谈耀荣、谢占奎、石向锋、任发伟、杨玉萍、俞艳贤、彭有宏、肖华、马海明、杨慧、刘军辉、曾佑理。

本文件由青海省交通运输厅监督实施。

公路波纹钢管涵洞通道施工技术规范

1 范围

本文件规定了公路波纹钢管涵洞通道工程施工的术语和定义、总则、构件及材料、涵洞通道施工、工程交工等内容。

本文件适用于公路波纹钢管涵洞通道工程施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 3323.1 焊缝无损检测 射线检测 第1部分：X和伽玛射线的胶片技术
- GB/T 3323.2 焊缝无损检测 射线检测 第2部分：使用数字化探测器的X和伽玛射线技术
- GB 50661 钢结构焊接规范
- JTJ 034 公路路面基层施工技术规范
- JTG/T 3610 公路路基施工技术规范
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG/T 3651 公路钢结构桥梁制造和安装施工规范
- JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
- JTG/T F30 公路水泥混凝土路面施工技术细则
- JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JTG F90 公路工程施工安全技术规范
- DB 63/T 1851 公路波纹钢板挡土墙施工技术规范
- DB 63/T 2083 公路波纹钢管涵洞通道设计规范
- DB 63/T 2085 公路波纹钢管涵洞通道质量检验规范

3 术语和定义

DB63/T 2083界定的术语和定义适用于本文件。

4 总则

- 4.1 波纹钢管涵洞通道施工方案应根据施工现场位置的地质条件、结构特点、施工工艺、安全、环保等因素确定。
- 4.2 施工危险性较大的工程，应按 JTG F90 规定制定专项施工方案。
- 4.3 特殊地基应现场核查，结合设计文件制定特殊地基处理专项施工方案。

4.4 冬期、雨期施工和节能环保施工应符合 JTG/T3650 和 JTG F90 规定。

5 构件及材料

5.1 一般规定

5.1.1 构件及材料进场检验批应符合下列规定：

- a) 波纹钢管（板件），以同一生产厂家（同一料源）的同一规格（直径、波形）、同一出厂批（编）号，按分节整装波纹钢管 50 节、波纹钢板件 100 片为一检验批组批抽样检验，不足 50 节或不足 100 片为一检验批；
- b) 波纹钢管箍，以同一生产厂家（同一料源）的同一规格（直径、波形）、同一出厂批（编）号，50 个为一检验批组批抽样检验，不足 50 个为一检验批；
- c) 高强度螺栓连接副，以同一生产厂家的同一直径、性能等级、材料、炉号、螺纹规格，按螺栓、螺母、钢垫片各 3000 件（套）为一检验批组批抽样检验，不足 3000 件（套）亦为一检验批；
- d) 防渗密封、防腐（防磨蚀）喷涂材料，以同一生产厂家的同一品种（规格）、同一出厂批（编）号为一检验批组批抽样检验；
- e) 地基换填材料、管基基层材料、结构性回填材料和通道内路面结构层以下过渡层填筑材料，分别以同一料源（料场）为一检验批组批抽样检验；
- f) 水泥混凝土材料和钢筋的质量检验批符合 JTG/T3650 规定、通道内基础材料和沥青路面结构层材料的质量检验批分别符合 JTG/T F20 和 JTGF40 规定、水泥混凝土路面材料和减载板材料的质量检验批符合 JTG/TF30 规定、波纹钢板挡墙材料的质量检验批符合 JTG/T 3650 规定 DB 63/T1851 规定。

5.1.2 外购的构件及材料，应具有出厂检验合格证、检验报告等质量证明文件，有下列情况之一的应视为不合格：

- a) 变形、磨损或破损，外观有其他严重质量缺陷；
- b) 螺栓连接副、管箍等连接构件不配套或缺失；
- c) 品种（种类）、规格（型号）与设计文件不相符；
- d) 检验合格证、检验报告等质量证明文件缺失或无法证明其质量；
- e) 出厂批（编）号与出厂检验合格证、检验报告等质量证明文件不相符；
- f) 检验合格证、检验报告等质量证明文件与实物（体）不相符。

5.1.3 分节整装波纹钢管管体、法兰和管箍等焊接连接的焊缝检测分别以每一检验批抽取 20 % 的焊缝进行复检和评定，不合格时不准许使用。焊缝内部缺陷检测、外观质量检查及评定应符合下列规定：

- a) 采用超声波探伤检测时全部检测，检测设备、工艺要求及缺陷评定符合 GB 50661 规定；
- b) 无条件采用超声波探伤或对超声波检测结果有异议时，采用射线检测验证，检验批内的检查数量按 5 % 焊缝抽检，射线检测技术符合 GB/T 3323.1 或 GB/T 3323.2 规定；
- c) 焊缝符合 GB 50661 规定的检验等级 B 级、评定等级 II 级、焊缝外观一级及焊缝缺陷评定要求。

5.2 构件要求

5.2.1 分节整装波纹钢管（法兰）和波纹钢板件质量，应符合 DB 63/T 2085 的质量要求。

5.2.2 波纹钢管箍连接件质量应符合表 1 规定。

表 1 管箍连接件尺寸及螺栓孔允许偏差

波距×波高 ($l \times d$) mm	规定值或允许偏差/mm							检查方法 和频率
	管箍		焊接件			螺栓孔允许偏差		
	宽度	壁厚	边宽	边厚	长度	螺栓规格	孔径误差	
68×13	≥408 (≥6个波距)	≥管体壁厚	±1.5	±0.5	≥272 (≥4个波距)	M12	>12、≤15.0	卡尺量：每 一检验批 随机抽取1 个管箍测1 处/项
						M16	>16、≤19.0	
75×25	≥450 (≥6个波距)	≥管体壁厚	±1.5	±0.5	≥300 (≥4个波距)	M16	>16、≤19.0	
76.2×25.4	≥456 (≥6个波距)	≥管体壁厚	±1.5	±0.5	≥305 (≥4个波距)	M16	>16、≤19.0	

5.2.3 高强度螺栓连接副性能配套组合及质量应符合表 2 规定。

表 2 高强度螺栓连接副质量

检查项目		螺栓连接副的规定值或允许偏差			检查方法和频率
		螺栓	螺母	钢垫片	
组合 1	性能等级	8.8 S	8 H	—	洛氏硬度计检测硬度、卡尺量尺寸：每一组合的检验批抽检不少于 5 套/项
	硬度（洛氏）/HRC	24~31	30	35~45	
	尺寸（直径、长度等）/mm	符合设计要求		不小于设计尺寸	
组合 2	性能等级	10.9 S	10 H	—	
	硬度（洛氏）/HRC	33~39	32	35~45	
	尺寸（直径、长度等）/mm	符合设计要求		不小于设计尺寸	
注：组合1和组合2不准许混合使用。					

5.2.4 波纹钢管箍和高强度螺栓连接副镀锌防腐层厚度应符合表 3 规定。

表 3 波纹钢管箍和高强度螺栓镀锌层厚度

检查项目		规定值或允许偏差			检查方法和频率
		镀锌层厚度		镀锌量/g/m ²	
		平均厚度 /μm	最小厚度/μm		
单面镀锌 附着量	波纹钢管箍	≥42	32	≥300	磁性测厚仪检测：每一 检验批抽检 5%，每件 （套）检查 3 处，取平均 值及最小值
	高强度螺栓连接副 （螺栓、螺母、钢垫片）	≥50	36	≥350	

5.3 材料要求

5.3.1 地基换填材料宜选用级配良好的砂砾混合料、砂质土、碎石土等，质量应符合 JTG/T 3650 规定。

5.3.2 地基上松铺管基垫层宜选用砂砾，质量应符合表 4 规定。

表 4 管基砂砾垫层质量

检查项目	定值或允许偏差	检查方法和频率
最大粒径/mm	≤波纹钢管的波深 0.5 倍，且≤50.0	筛分法试验：每检验批随机

小于 0.075 mm 颗粒（粉黏粒）含量/%	≤5.0	抽检 2 次/项
-------------------------	------	----------

5.3.3 结构性回填宜采用砾类土、砂类土等填料，质量应符合表 5 规定。高液限的细粒土或黏性土、高液限粉土、盐渍土、膨胀土、含冰块土（冻结土）、泥炭、淤泥、草皮土、树（草）根土等以及对波纹钢结构产生严重腐蚀性的土不准许使用。

表 5 结构性回填材料质量

检查项目	定值或允许偏差	检查方法和频率
最大粒径/mm	≤波深 0.5 倍、且≤50	筛分法试验：每检验批随机抽检 2 次/项
填料含泥量和小于 0.075 mm 颗粒（粉黏粒）含量/%	≤5	
液限/%	<50（多年冻土区<32）	液塑限仪：每检验批随机抽检 2 次
塑性指数	<26（多年冻土地区<12）	
膨胀率	≤3	自由膨胀率试验，每检验批随机抽检 2 次
盐渍土易溶盐含量/%	≤0.3	化学滴定分析：每检验批随机抽检 2 次

5.3.4 防渗密封、防腐（防磨蚀）喷涂材料的质量和其他材料质量，应符合 DB 63/T 2083 规定或 5.1.1 f) 规定的相应标准质量要求。

6 涵洞通道施工

6.1 施工工艺流程

施工工艺流程见图 1。

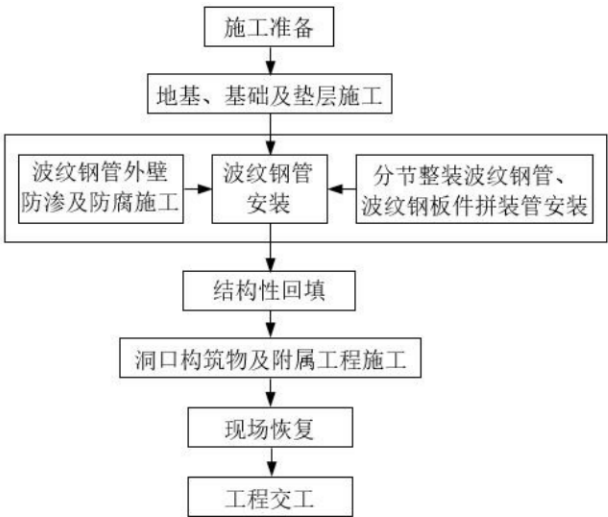


图 1 波纹管涵洞通道施工工艺流程图

6.2 施工准备

6.2.1 施工前，应根据设计文件对波纹管涵洞通道所处路段的地形、地质、水文、地面标高、平面位置等进行现场复查；施工测量及放样应符合设计文件和 JTG/T 3650 规定。

6.2.2 测试仪器、临建设施、安全防护及防汛设施等施工前的准备，应符合 JTG/T 3650 规定。

6.2.3 进场检验合格的波纹钢管、波纹钢板件、波纹钢管箍、螺栓连接副、涂装防腐材料、结构性回填料、其他材料等数量，应能满足施工进度计划需求。

6.2.4 波纹钢管（板件）、构件连接件、防腐防渗密封等材料，应按不同品种、规格、型号、用途等安全储存，分类标识，防变形、防磨损、防火、防污染。

6.2.5 开工前的进场构件及材料检验应符合本文件第5章规定，并按以下规定完成相关试验工作：

- a) 减载板混凝土和通道内水泥混凝土路面的配合比试验及验证等，应符合 JTG/T F30 规定；
- b) 通道内路面基层试验及验证等，应符合 JTJ 034 规定；
- c) 通道内沥青路面的配合比试验及验证等，应符合 JTG F40 规定；
- d) 洞口构筑物及其他混凝土的配合比试验及验证等，应符合 JTG/T 3650 规定；
- e) 结构性回填材料和通道内路面结构层以下过渡层填筑材料土工试验等，应符合 JTG 3610 规定。

6.2.6 应配备足够的高强度螺栓连接副施拧的扭矩扳手，所用扭矩扳手的扭矩误差不应超过使用扭矩值的 $\pm 5\%$ ，高强度螺栓扭矩检查所用扭矩扳手的误差不准许超过使用扭矩值的 $\pm 3\%$ 。施拧和检查用的扳手应在施工前进行检定和校正。

6.2.7 施工机械设备配置应满足施工进度需求，机械设备的功率、技术性能应满足最大荷载、作业条件、安装精度及安全生产要求，并经验收合格后使用。

6.3 地基、基础及垫层施工

6.3.1 地基施工应符合下列规定：

- a) 涵洞通道地基的基坑开挖、降排水、边坡支（防）护、截排地表水和导排地下水等施工符合 JTG/T 3650 和 JTG F90 规定；
- b) 对管基和结构性回填范围区域的地基压实或换填处理，并满足设计文件要求；
- c) 多年冻土、盐渍土、湿陷性黄土、岩石、软土地基及结构性回填范围区地基处理符合设计文件、JTG/T 3610 和 JTG/T 3650 规定；
- d) 管拱形的拱脚处地基加固处理符合设计文件要求；
- e) 洞口地基处理符合设计文件和 JTG/T 3650 规定；
- f) 非岩石地基的管基预拱度值应符合设计文件要求。预拱度为波纹钢管中心处结构底中部的的设计高程与连接洞口的直线计算的高程之差（涵洞中心高程应不高于进水口高程）。可将波纹钢管上游半段设置为接近水平，下游半段设置为比设计纵坡稍陡坡度形成预拱度。

6.3.2 洞口防水冲刷混凝土枕梁施工、洞口构筑物基础施工符合设计文件和 JTG/T 3650 规定。

6.3.3 在合格地基表面松铺一层管基的级配砂砾垫层。

6.3.4 施工质量控制应符合下列规定：

- a) 涵洞通道地基的基底检验、洞口混凝土枕梁和构筑物基础质量符合 JTG/T 3650 规定；
- b) 垫层松铺厚度、宽度、长度符合设计文件要求；
- c) 地基及松铺垫层质量的基本要求、实测项目和外观质量符合 DB 63/T 2085 规定。

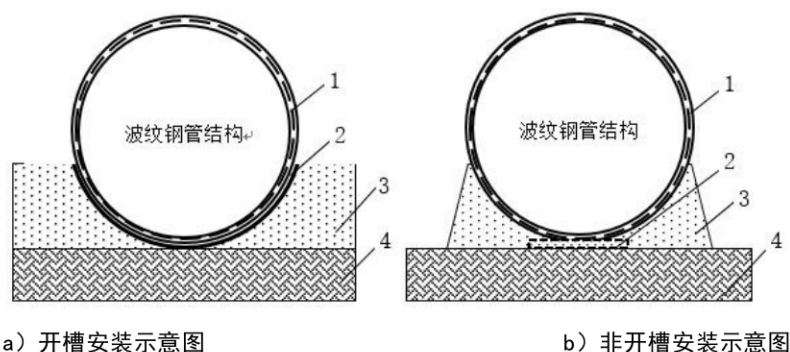
6.4 波纹钢管安装

6.4.1 运输及装卸应符合下列规定：

- a) 运输车辆具备牢固捆扎、防磨损设施；采用大直径管内套装小直径管、同规格板件层叠等方式运输时，采取捆绑、固定和防磨损措施；
- b) 采用小型吊机装卸时，吊装设备具备吊装作业的安全性能和满足吊装荷载能力等基本要求；
- c) 不应在管体上焊接或栓接吊耳作为吊点。可在管节长度的 1/4 处（两端）波谷内牢固捆绑用织物包裹钢丝绳吊装（装卸）；
- d) 吊装（装卸）过程中保持管体水平，吊索与管体之间的夹角不宜小于 45° 。

6.4.2 分节整装波纹钢管安装应符合下列规定：

- a) 波纹钢管安装方法根据施工条件、安全作业、方便操作等因素确定。可采用汽车吊、倒链等机械设备吊装作业，人工安装；
- b) 安装施工前对地基、管基松铺垫层检查验收合格，并进行准确测量放线和设置安装定位标志。
- c) 在合格地基上的结构性回填层上采用开槽法松铺砂砾垫层安装波纹钢管，见图 2 分图 a)，或在合格的平面地基上非开槽松铺砂砾垫层安装波纹钢管，见图 2 分图 b)：
 - 1) 开槽安装：地基上的结构性回填层回填至波纹钢管直径的 0.3~0.4 倍厚度时，测量中轴线开挖管槽，槽的弧形与波纹钢管弧形一致，槽底（地基）预拱度符合设计文件和 6.3.1f) 规定，槽内松铺管基垫层上安装波纹钢管；
 - 2) 非开槽安装：地基预拱度符合设计文件要求，测量放线中轴线和垫层宽度与长度，按 6.3.3 松铺管基垫层后安装波纹钢管；
- d) 螺旋波纹钢管管箍连接安装：
 - 1) 管箍连接密封垫安装于管体接头的端头面与管箍内侧之间，密封垫不皱折、不破损；
 - 2) 管体端头对合缝位于密封垫宽度的 1/2 处，管体两个端头应分别不少于 3 个波峰扣入管箍的波谷内。管箍扣合严密后，对合焊接件上安装设计文件规定的规格与性能等级配套的高强度螺栓连接副，螺栓的安装及施拧符合 JTG/T 3650 规定；
- e) 环形波纹钢管法兰连接安装：
 - 1) 防渗密封垫螺栓孔对应于法兰盘螺栓孔平整顺直安装，不准许扭曲、变形、缺边或损坏；
 - 2) 法兰盘对合后安装设计文件规定的规格与性能等级配套的高强度螺栓连接副，螺栓的安装及施拧符合 JTG/T 3650 规定。



标引序号说明：

- 1—波纹钢管；
- 2—管基松铺垫层；
- 3—管侧楔形部位结构性回填；
- 4—地基。

图 2 开槽与非开槽安装波纹钢管示意图

6.4.3 波纹钢板件拼装管安装应符合下列规定：

- a) 波纹钢板件安装：
 - 1) 波纹钢板件拼装管安装方法、安装前的地基及松铺垫层检验、测量放线、开槽或非开槽安装方式，见 6.4.2 c)，
 - 2) 按照设计文件和生产厂家提供的波纹钢板编号标识图对应安装部位定位安装，确保拼装波纹钢管各部位的半径和波纹钢板件的曲率一致，
 - 3) 从管的下游端口向上游端口延伸拼装，从管底、管侧到管顶呈台阶式拼装安装，板件搭接采用外环套内环安装，搭接板管内侧边顺流水方向、管外板端头顺流水方向，
 - 4) 板件侧边纵缝采用通缝连接、板件端头环缝与纵缝呈“T”形缝，错缝搭接连接处不应重叠四层及以上板件；
- b) 管外侧顶面的波纹钢板加劲肋板安装，采用与管体结构相同波形和壁厚的波纹钢板件、利用管体接缝连接的高强度螺栓，在管体安装的同时，按照设计文件或生产厂家提供的安装说明书同步安装加劲肋板；
- c) 防渗密封垫安装：
 - 1) 不准许在密封垫上开挖螺栓孔以外的孔或扩大螺栓孔，
 - 2) 板件接缝搭接面之间可采用液体胶粘贴防渗密封垫，并与板件边缘齐平；螺栓钢垫片与板件之间的防渗垫粘贴于螺栓孔周围并对齐螺栓孔，
 - 3) 板件的波峰与波谷搭接面之间缝隙较大或三块板件接缝重叠搭接面等缝隙较大时，根据实际缝隙加贴不同厚度密封垫，并能紧密填充连接缝之间所有的缝隙；
- d) 螺栓安装：
 - 1) 波纹钢板件拼装管均采用高强度螺栓连接，不准许焊接连接，
 - 2) 板件拼装搭接接缝对合后随即安装设计文件规定的规格与性能等级配套的高强度螺栓连接副，螺帽和螺母与板件接缝连接处的密封垫之间均对应波谷波峰安装凸凹形钢垫片，且螺母（螺栓丝扣端头）均位于波纹钢管外侧；
 - 3) 安装过程中，通常以脚手架或临时支撑装置等方法维持螺栓终拧前管的截面设计形状，管体在分离脚手架或临时支撑条件下测定截面形状。

6.4.4 安装施工质量控制应符合下列规定：

- a) 防渗密封垫的厚度不小于 5 mm、宽度和长度接缝搭接（对合）面一致、螺栓孔径不大于螺栓公称直径；
- b) 连接管箍密封垫宽度不小于管箍宽度、接头重叠搭接长度不小于 50 mm；
- c) 密封垫粘贴严密、平整顺直、牢固，不应有脱离、扭曲、变形、缺边、受损或破坏；
- d) 波纹钢板件拼装管以每一环缝连接安装拼装螺栓初拧完成并成型管状后，对每一环管体进行安装检查，发现变形或不合格时，采用定位拉杆固定、调整预紧螺栓等措施及时调整校正截面设计形状。螺栓终拧合格后，再重复检查，并使截面形状（直径）控制在 $\pm 1\%$ 以内，不符合要求时，拧开螺栓校正截面形状后重新调整安装；
- e) 性能等级配套的高强度螺栓安装、施拧、终拧扭矩及扭矩检查符合 JTG/T 3651 规定；安装过程中，高强度螺栓按设计文件规定扭矩的 $\pm 10\%$ 控制终拧扭矩，或按 JTG/T 3651 规定计算终拧扭矩的 $\pm 10\%$ 控制终拧扭矩。施拧超过扭矩要求的螺栓应更换后废弃；
- f) 波纹钢管安装质量的基本要求、实测项目和外观质量符合 DB 63/T 2085 规定。

6.5 外壁防渗及防腐施工

6.5.1 外壁防渗施工应符合下列规定：

- a) 波纹钢管体管箍连接、法兰连接和拼装管板件搭接连接缝（环缝、纵缝）的防渗密封垫接缝（缝隙）处，可采用人工刮涂设计规定厚度及宽度的聚氨酯防渗水（MPU 类）涂层；
- b) 法兰缝隙和拼装管的管体外壁外露螺栓、螺帽、钢垫片、防渗垫及周围缝隙，采用硅酮密封胶（SR 类）或双组分聚硫密封胶人工刮涂防渗处理；
- c) 接缝处聚氨酯防渗水涂层表面，采用人工粘贴路桥用塑性体改性沥青防水卷材。

6.5.2 外壁防腐施工应符合下列规定：

- a) 施工前对波纹钢管外壁、内壁表面进行清洁处理，清理时不应对镀锌层、接缝处等造成划痕或损伤。清理合格（镀锌防腐层表面和接缝处无灰尘和其他附着物等）后 4 h 内完成喷涂施工；
- b) 根据波纹钢管结构特点和喷涂材料的性能等，确定喷涂工艺方法、喷涂顺序、多遍喷涂层间隔时间和喷涂环境温度等；
- c) 对双组分或多组分的涂装材料，按生产厂家产品说明书严格控制配制比例和稀释剂，按配合比准确计量，并根据有效时间确定每次配制的用量。配制后、使用前充分搅拌均匀；
- d) 采用专用喷涂机械高压无气喷涂工艺，调整喷涂工艺参数且稳定后可大面积喷涂：
 - 1) 多遍喷涂时，前一遍和后一遍“纵横交叉”喷涂（后一遍喷涂宜垂直于前一遍喷涂方向）；
 - 2) 应在已喷涂前一遍涂层干燥后 12 h 内进行后一遍喷涂或按产品说明书要求间隔时间喷涂；
 - 3) 每一遍连续喷涂、先后搭压（接槎）宽度不小于 100 mm，接槎应平整。
- e) 雨雪天、大风沙、扬尘或气温低于 0℃ 时，不准许防腐喷涂施工；
- f) 波纹钢管外壁喷涂防腐层表面包裹环保用高密度聚乙烯土工膜加强防腐时，采用人工将土工膜以“螺旋形”接缝搭接包裹。

6.5.3 施工质量控制应符合下列规定：

- a) 波纹钢管连接接缝和外壁螺栓的缝隙处涂层厚度及宽度符合设计规定，缝隙填充密实、表面平整。防水卷材粘贴平顺、牢固；
- b) 喷涂防腐层过程中应随时测试喷涂厚度，同一喷涂材料层的总干膜平均厚度均匀；每一层喷涂层应均匀完整、表面平整光滑、颜色一致；
- c) 外壁包裹土工膜时，接缝搭接宽度不小于 50 mm，包裹严密、平整；
- d) 外壁防渗及防腐质量的基本要求、实测项目和外观质量符合 DB 63/T 2085 规定。

6.6 结构性回填

6.6.1 结构性回填前，应对波纹钢管涵洞、通道管体及外壁防腐进行质量验收合格。

6.6.2 回填前，应测量涵洞通道的任一断面的任意方向的截面形状（直径或跨径）与设计之差不超过 $\pm 1\%$ 。6.6.3 回填材料的含水量应控制在最佳含水量的 $\pm 3\%$ 以内。除防冻胀土和隔断层填料外，回填料中小于 0.5 mm 颗粒含量超过 20% 时，含水量应控制在最佳含水量的 $\pm 2\%$ 以内。

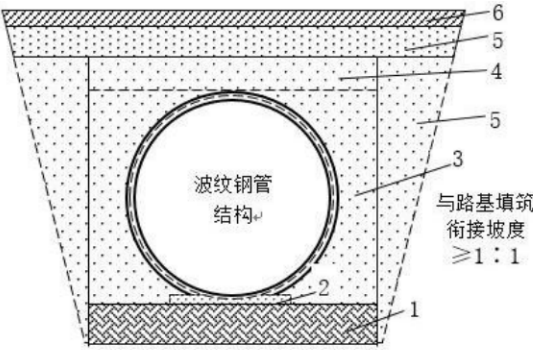
6.6.4 管径不大于 2.0 m 时，宜在管内安装一排竖向临时支撑；管径大于 2.0 m 时，宜在管内安装竖向和横向临时支撑。临时支撑点与波纹钢管内壁之间，宜采用分节段通长木条支撑。管顶部以上路基回填完成后可拆除管内临时支撑。

6.6.5 波纹管两侧结构性回填衔接于洞口构筑物的边坡挡墙施工（见 6.8.1）与回填同步施工。

6.6.6 波纹管侧结构性回填与路基衔接填筑的坡比不陡于 1：1（见图 3）。

6.6.7 回填施工应符合下列规定：

- a) 开槽法（见图 2 分图 a）安装的波纹管两侧下部回填与开槽，见 6.4.2 c）；
- b) 非开槽的平面地基上（见图 2 分图 b）安装的波纹管下方两侧楔形部位或双管（多管）之间等不易压实部位的回填，采用砂砾料回填，“水密法”密实并用振荡器振实；
- c) 波纹管两侧和管顶结构性回填，采用同步、对称、均衡、水平、分层、均匀摊铺厚度、均匀压实、逐层向上回填的工艺方法；
- d) 根据不同的回填土质、不同的压实机具和要求的压实度确定每层压实厚度，且最大分层压实厚度不大于 15 cm；
- e) 结构性回最小填层顶面设有防水层时，按设计厚度和平面尺寸铺设平整，并设 1%~2%横坡。防水层顶面进行填筑时，防止其受损或破坏，机械车辆等不在防水层上作业，从防水层两端将回填料预留松铺层以上的填料向前推移至防水层上平整压实；
- f) 结构性回填层与岩石路基衔接过渡段填筑符合设计文件规定；
- g) 管侧结构性回填与路基衔接部分填筑和管顶最小填土厚度以上的路基填筑（见图 3）施工符合 JTG/T 3610 规定。



标引序号说明：

- 1—地基；
- 2—管基松铺垫层；
- 3—管侧结构性回填层范围；
- 4—管顶结构性回填最小厚度层；
- 5—路基填筑层；
- 6—路面结构层。

图 3 波纹管两侧及管顶结构性回填示意图

6.6.8 结构性回填层中的减载板施工，应符合设计文件和 JTG/T F30 规定。

6.6.9 回填变形控制应符合下列规定：

- a) 回填施工全过程防止施工机械等碰撞波纹管结构；
- b) 距波纹管结构外侧边缘 2.0 m 范围内，采用小型压实机械或夯实机具进行作业，并应控制除压实机具以外的大型或重型机械、载货车辆等靠近，以减小对管体两侧偏载横向压力；

- c) 管体两侧外侧边缘 2.0 m 范围外回填时, 压实机械应与涵洞通道的长度方向平行行驶; 管顶部以上回填压实时, 压实机械应垂直于涵洞通道长度方向行驶;
- d) 管体两侧及管顶部以上回填过程中的高度差应不超过 20 cm, 不准许集中堆土或堆积重物, 不准许偏载回填造成波纹钢管截面变形;
- e) 管顶回填层中无减载板时, 通行重型施工机械(载重车辆)时的管顶结构性回填最小厚度应符合设计文件规定;
- f) 结构性回填完成前, 20.0 m 范围内不应有强夯、冲击碾压等强振动性的机械作业。

6.6.10 施工质量控制应符合下列规定:

- a) 分层压实厚度不大于 15 cm, 分层压实度不小于 96%; 每层压实到位、平整密实、无死角, 无坑槽积水、排水顺畅;
- b) 减载板施工质量符合 JTG/T F30 规定;
- c) 回填过程中和回填完成后的波纹钢管体截面变形不超过设计形状孔径(直径)的 $\pm 2\%$;
- d) 结构性回填(包括洞口挡墙)施工质量的基本要求、实测项目和外观质量符合 DB 63/T 2085 规定。

6.7 内壁防腐及防磨蚀施工

6.7.1 涵洞通道内壁防腐施工应符合下列规定:

- a) 结构性回填完成后按设计文件进行涵洞内壁防腐施工;
- b) 施工前对波纹钢管内壁镀锌层表面进行清洁处理;
- c) 涵洞非流水面和通道内壁波纹钢镀锌层外露面的防腐层喷涂施工符合设计文件规定, 喷涂工艺见 6.5.2。

6.7.2 涵洞内壁防磨蚀施工应符合下列规定:

- a) 结构性回填完成后按设计文件进行涵洞内壁防磨蚀施工;
- b) 防磨蚀施工过程中对波纹钢管和镀锌层加强保护;
- c) 从涵洞出口方向逐渐向进口方向涂(铺)装防磨蚀层;
- d) 流水面的防磨蚀层涂料喷涂施工符合设计文件规定, 喷涂工艺见 6.5.2;
- e) 钢筋(钢丝)网和混凝土铺装施工符合设计文件和 JTG/T 3650 规定;
- f) 混凝土防磨蚀层表面应平整, 保温保湿养生时间不少于 7d。

6.7.3 施工质量控制应符合下列规定:

- a) 喷涂防腐层过程中随时测试喷涂厚度, 同一喷涂材料层的总干膜平均厚度均匀; 每一层喷涂层均匀完整、表面平整光滑、颜色一致;
- b) 防磨蚀层的钢筋(钢丝)网和混凝土铺装施工质量符合 JTG/T 3650 规定, 洞口处标高与涵洞内的混凝土防磨蚀层衔接平顺、不积水;
- c) 内壁防腐及防磨蚀施工质量的基本要求、实测项目和外观质量符合 DB 63/T 2085 规定。

6.8 洞口构筑物及附属工程施工

6.8.1 洞口构筑物施工应符合下列规定:

- a) 洞口挡墙与结构性回填同步施工;
- b) 洞口构筑物工程施工符合设计文件和 JTG/T 3650 规定;

c) 洞口边坡波纹钢板挡土墙施工符合设计文件和 DB 63/T 1851 规定。

6.8.2 通道内附属工程施工应符合下列规定：

- a) 通道内附属工程施工在结构性回填完成并检验合格后进行；
- b) 施工过程中对波纹钢管体及内壁采取防污染、刮擦、碰撞等保护措施；
- c) 路面结构层底面以下至波纹钢管内壁之间的砂砾过渡层填筑施工，分层填筑、分层静压；
- d) 路面施工，符合设计文件、JTG/T F20、JTG/T F30 和 JTG F40 规定；
- e) 防撞墙、人行道、路缘石、排（过）水沟渠（沟）等施工符合设计文件、JTG/T 3650 和 JTG/T 3610 规定。

6.8.3 洞口外的防护栏、截（排）水沟、急流槽、消力池、跌水（跌井）、导流坝、防堵栅栏等附属工程施工符合设计文件、JTG/T 3610 和 JTG/T 3650 规定。

6.8.4 施工质量控制应符合下列规定：

- a) 洞口构筑物的边坡挡墙施工质量符合 JTG/T 3610 规定；洞口波纹钢板挡墙施工符合 DB 63/T 1851 规定；
- b) 通道内路面结构层下的过渡层分层压实厚度不大于 15 cm，压实度大于或等于 95 %；
- c) 通道内的路面施工质量分别符合 JTG/T F20、JTG/T F30 和 JTG F40 规定；
- d) 通道内的防撞墙和洞外等附属工程施工质量分别符合 JTG/T 3650 和 JTG/T 3610 规定；
- e) 洞口构筑物及附属工程施工质量的基本要求、实测项目和外观质量符合 DB 63/T 2085 规定。

6.9 现场恢复

6.9.1 施工结束时，应清除波纹钢管涵洞通道内外污染物，并清理处置施工垃圾。

6.9.2 施工结束后，应及时对施工临时占（用）地、临时道路（涵洞）、材料堆放地及机械设备停放地等进行恢复。

6.9.3 原属性为农田或草原地的，应复耕或恢复草甸植被。

6.9.4 占用的河沟（渠）应清理疏通，保持原河沟（渠）宽度、流向及流速。

6.9.5 施工现场恢复后，应尽量保持原有地形地貌和景观。

7 工程交工

涵洞通道工程施工，应按 DB 63/T 2085 规定进行自检、评定，完工后申请交工验收。工程交工应符合 JTG/T 3650 规定。