ICS 93.040
P28
备案号：

DB63

青　海　省　地　方　标　准

DB 63/T　　—2019

波纹钢板拱桥施工技术规程

Technical specification for construction
of corrugated steel arch bridge

（报批稿）

2019－XX－XX 发布　　2019－XX－XX 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　施工准备 3
5　施工测量 4
6　材料及构件 5
7　施工 6
8　安全施工与环境保护 12

前　　言

本标准按照GB/T 1.1－2009给出的规则起草。

本标准由青海省交通运输标准化专业技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：正平路桥建设股份有限公司、青海省公路建设管理局、青海正通土木工程试验检测有限公司、青海蓝图公路勘察设计有限责任公司、青海路拓工程设施制造有限公司、海东正平管廊设施制造有限公司、苏交科集团股份有限公司。

本标准起草人：王建良、孙海秀、孙 伟、沈建青、汪正芸、李元庆、郑太勇、韩　馨、彭有宏、董金梅、马海明、胡玉兵、李 云。

波纹钢板拱桥施工技术规程

1 范围

本标准规定了公路波纹钢板拱桥的施工准备、施工测量、材料及构件、施工工序、基础及下部结构施工、波纹钢板拱安装、现场二次防腐、防渗、结构性回填、线形控制、其他附属工程和安全与环保等施工的具体要求。

本标准适用于新建和改（扩）建各等级公路的波纹钢板拱桥施工。

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 1228 钢结构用高强度大六角头螺栓

GB/T 1229 钢结构用高强度大六角螺母

GB/T 1230 钢结构用高强度垫圈

GB/T 2518 连续热镀锌钢板及钢带

JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件

JTG C10 公路勘测规范

JTG F10 公路路基施工技术规范

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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

波纹钢板

采用符合规定要求厚度和性能的热轧钢板为板材，按照规定的尺寸和参数的波形轧制及冷弯成型、增加其结构刚度的一种波形板状材料。

3.2

波纹钢板件

波纹钢板经环向加工制成的具有一定曲面的波纹板件。

3.3

加劲肋板

在拱顶（箱形拱含拱肩）背面增设与主体结构相同波纹和壁厚的波纹钢板件，形成组合截面，以增强主体结构的抗弯承载能力。

3.4

波纹钢板件长度

曲面波纹钢板件的弧长。

3.5

波纹钢板件宽度

曲面波纹钢板件的投影宽度。

3.6

波距

波纹钢板相邻两个波峰（或波谷）之间的距离。

3.7

波高或波深

波纹钢板波峰与波谷之间的垂直高度。

3.8

波纹圆弧半径

波纹钢板波峰、波谷处内圆半径。

3.9

深波形

波高或波深大于等于140mm的波形。

3.10

壁厚

波纹钢板的厚度(不含镀锌层等防腐层)。

3.11

圆弧拱

由一种半径的圆弧组成的开口结构，一般指半圆拱和矢高小于半径的圆弧拱。

3.12

箱形拱

截面近乎矩形、拱顶较为平坦的特殊多圆弧拱，并且波纹钢板拱的曲率半径大于0.2倍拱顶半径的波纹钢板拱结构。

3.13

拱顶

波纹钢板拱横断面的最高点及附近等一段区域。

3.14

拱肩

波纹钢板拱结构断面上位于拱顶与起拱线之间的部位。

3.15

拱檐

波纹钢板拱背两端口边缘上采用钢筋与波纹钢板拱连接、浇筑混凝土并伸出拱边缘的帽檐。

3.16

起拱线

波纹钢板拱桥横断面上水平方向最外侧点的连线。

3.17

标准跨径（净跨径）

波纹钢板拱桥水平方向内侧的最大净距离。

3.18

矢高

波纹钢板拱安装成型后拱顶与起拱线之间竖向对应波峰与波谷之间的距离。

3.19

不等边槽钢

拱座上连接波纹钢板拱脚的由长边和短边组成的槽钢。

3.20

结构性回填

对发挥土体—波纹钢相互作用的回填区域进行的土体回填。

3.21

减载板

为降低波纹钢板拱桥结构的弯矩，在拱顶以上一定位置设置的钢筋混凝土板结构。

3.22

最小填土厚度或范围

确保波纹钢板拱桥的稳定性和发挥土—钢相互作用所需的拱顶最小填土高度或范围。

4 施工准备

4.1 波纹钢板拱桥施工前，应由设计单位向施工单位进行技术交底。施工单位应对设计施工图进行复核，当有疑议或有问题时，应及时向设计单位、工程建设单位申报澄清或纠正。

4.2 在工程开工前，应根据设计进行现场复查及施工环境等调查。波纹钢板拱桥所处的地形、地质、水文、地面标高、桥下坡度、交角位置及桩号等是否与设计相符。同时应特别注意是否满足净空、排洪或排灌等要求。若需工程变更设计时，应按工程建设单位有关规定办理变更设计。

4.3 根据设计和现场复查结果，结合建设单位有关施工管理规定，施工单位应组织编制实施性施工组织设计并报批。根据实施性施工组织设计研究编制施工技术可行、安全环保、经济合理的专项施工技术方案（包括冬季和雨季施工）并报批。对于施工技术复杂的工程，应进行施工技术方案比选，以确保技术可行、安全可靠、利于环保、经济合理。

4.4 应结合工程规模、现场条件，以确保工程质量及工期、安全生产、环境保护、高寒地区冻土保护等为主要控制要素，合理规划施工平面布置。施工临时设施（包括防洪防汛设施）、“四通一平”等应能满足正常施工。

4.5 应根据工程建设管理单位的有关规定，建立工地试验室。试验检测人员和试验检测仪器应能满足施工需求，试验检测仪器应通过国家法定计量检定机构检定合格。

4.6 应在开工前，根据设计或相关现行国家标准及行业标准的有关规定，选择试验合格的材料。对需进行土工试验、原材料试验、配合比试验及验证的项目，在开工前应完成试验、验证报批工作。

4.7 波纹钢板拱桥各分项工程施工前，在所使用的材料、构件等进场时，应按检验批次对其品种、型号或规格、性能、质量技术指标等进行检验合格。检验频率应符合相关现行国家标准、行业标准或与本标准相关联标准。

4.8 对不同品种、型号或规格、用途的材料及构件，应分别分类标识并妥善安全存放。对需防水防潮、防污染的材料、构件，应有其相应的保护（防护）措施。

4.9 施工机械设备的工作性能或技术性能、安全性能、功率、最大荷载、配备数量与匹配性等，应满足工程质量、安全作业和施工作业环境条件要求，并应在施工前对施工机械设备检查及验收合格。生产工（器）具、辅助材料等，应匹配、且满足施工技术条件等要求。

4.10 应在施工前，配备足够数量且合格的安全帽、安全带、安全绳、安全网、安全护栏、安全标识等，并配备其他劳动防护用品。

4.11 施工作业人员及其数量的配备，应满足施工作业体能、作业环境条件、施工进度计划等需求。高海拔地区施工时，施工作业人员应能适应高寒缺氧等气候环境要求。施工作业人员进场后，在开工前应进行岗前培训、质量技术交底、安全和环保施工交底。

5 施工测量

5.1 施工前应根据公路等级、波纹钢板拱结构形式、跨径及精度要求等，制定施工测量方案，确定控制测量等级和测量方法。

5.2 施工前由设计单位对控制性测量桩点进行现场交桩，并应对桩点采取有效保护措施。施工过程中应对测量控制网（点）进行不定期的检测和定期复测，定期复测周期一般不宜超过 3 个月。当发现测量控制点有问题时，应立即进行局部或全面复测及纠正。根据具体施工的需要可对控制测量点进行加密。加密控制性桩点应编号绘于标示图上，并注明坐标、高程，相互间的距离、角度等，以便于测量应用。

5.3 在进行施工放样时，应首先对波纹钢板拱各墩台控制里程桩号、基础坐标、设计高程等数据进行复核计算，核对计算结果与设计所提供数据是否相符，确认无误后再施测。

5.4 平面和高程控制测量，应符合 JTG/T F50 的有关规定。

5.5 施工放样测量需设置临时控制点时，其精度应符合相应等级的精度要求，并应与相邻控制点闭合。

5.6 施工测量应贯穿于整个施工过程之中，除对各分项工程进行准确测量放样外，在施工过程中，还应随时进行其监测，并做好测量记录和相应的评定。发现问题及时处理，各分项工程规定值或限差应符合 JTG/T F50 的有关规定。

5.7 对波纹钢板拱结构的安装部分，应对安装的平面位置、高程以及相对尺寸进行复测，其误差应符合 JTG/T F50 的有关规定。
5.8 各分项工程施工完成后的测量，应按照 JTG F80/1 等相关验收标准要求的检查项目进行检查。
5.9 工程完工后，应配合交（竣）工验收进行交（竣）工测量。
5.10 波纹钢板拱桥的施工测量，除应符合本标准的规定外，还应符合 JTG C10 的有关规定。

6 材料及构件

6.1 一般规定

6.1.1 波纹钢板拱桥主体结构的材料、连接件、构件、防腐材料及防腐、接缝防渗密封材料、施工现场二次防腐及防水材料、结构性回填材料、基础和下部结构材料、附属工程材料等，有关型号或规格、性能、质量技术指标等，应符合设计规定要求。
6.1.2 当设计对有关材料或构件的性能、质量技术指标等未作详细规定时，所采用的材料或构件的有关规格、型号、性能、质量技术指标等，应符合国家或行业的相关现行标准的有关规定。
6.1.3 对外购的主体结构材料、构件（如波纹钢板件、金属连接件、现场二次防腐及防水、防渗密封材料等），应有随货同行到场的产品或材料有效出厂合格证、出厂检验报告或质量证明文件。

6.2 波纹钢板件、构件及防腐

6.2.1 波纹钢板件几何尺寸、波纹参数的允许偏差应符合表 1 的规定。

表1 波纹钢板件几何尺寸、波纹参数允许偏差

单位：mm

项 目	尺寸或参数	允许偏差	检验方法和频率
波纹钢板件厚度(壁厚)	设计值	不小于设计值	游标卡尺：随机抽取总数 1 %，每件检查不少于 8 点
波 距	400	±3	钢尺：随机抽取总数 1 %，每件检查不少于 3 点
波 高	150	±3	钢尺：随机抽取总数 1 %，每件检查不少于 3 点
波纹钢板件长度	设计值	±30	钢尺：随机抽取总数 1 %，每件检查不少于 3 点
波纹钢板件宽度	设计值	±15	钢尺：随机抽取总数 1 %，每件检查不少于 3 点

6.2.2 波纹钢板件连接的螺栓孔采用标准圆孔 ，其孔径与偏差应符合表 2 的规定。

表2 波纹钢板件螺栓连接的标准孔型尺寸及允许偏差

单位：mm

螺栓公称直径	M16	M20	M22	M24	M27	M30
标准圆孔直径	17.5	22	24	26	30	33
标准圆孔直径允许偏差	＋0.43	＋0.52	＋0.52	＋0.52	+0.84	+0.84

6.2.3 波纹钢板件和高强度螺栓、螺母、钢垫圈、不等边槽钢等金属连接件，出厂前均应经热浸镀锌防腐处理，并应符合表 3 的要求。

表3　热浸镀锌质量要求

项目	质量要求	
单面镀锌附着量	波纹钢板件≥600 g/m²、或镀锌层平均厚度≥84 μm	试验方法和评判标准：GB/T 2518
	螺栓、螺母、钢垫圈、不等边槽钢与其他金属连接件≥350 g/m²、或镀锌层平均厚度≥50 μm	
镀锌层附着性	镀锌层应与金属件结合牢固，经锤击试验不剥离、不凸起	
外观质量	镀锌层应均匀完整、颜色一致，无漏镀缺陷、破损，表面光滑，不允许有流挂、滴瘤或结块现象	
镀锌层均匀性	镀锌层应均匀，无金属铜的红色沉积物	
镀锌层耐盐雾性	耐盐雾性试验后，基材不应出现腐蚀现象	

6.2.4　波纹钢板件连接用高强度螺栓配套组合件，应符合表 4 的规定。

表4　高强度螺栓连接副组合

类别	螺栓	螺母	垫圈
形式尺寸	按 GB/T 1228 规定	按 GB/T 1229 规定	按 GB/T 1230 规定
性能等级	8.8 S	8 H	35 HRC～45 HRC
	10.9 S	10 H	35 HRC～45 HRC

7　施工

7.1　一般规定

7.1.1　波纹钢板拱桥施工前，应对坐标（中线）、高程等进行现场复核。

7.1.2　施工现场的波纹钢板件、构件、其他材料的储存及其位置，施工机械设备及其工作位置和进出路线等，应满足施工要求。

7.1.3　应对临时拱支架或支撑（如有）、吊机等临时结构和波纹钢板拱结构本身在不同受力状态下的强度、刚度及稳定性进行复核检查。

7.1.4　波纹钢板件出厂前，应严格按照设计进行试拼装。根据设计对整座桥的所有每一片波纹钢板件进行统一的安装部位编号标识，并随货同行安装部位编号标识图和安装图或安装说明书。

7.2　施工工序

波纹钢板拱桥的施工工艺流程，见图 1。

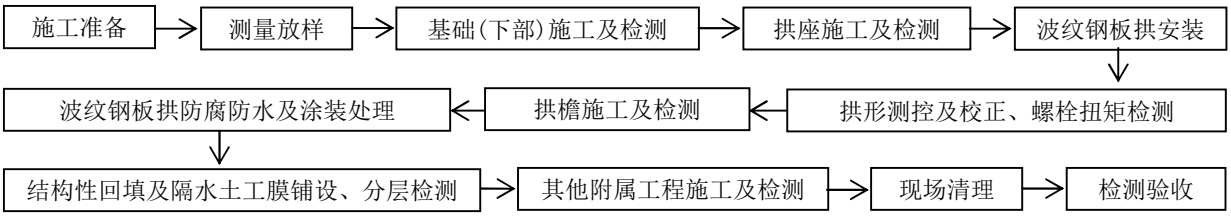

图1　波纹钢板拱桥施工工艺流程示意图

7.3 基坑施工

7.3.1 基坑施工前，应对测量放样进行复核，确保无误。

7.3.2 基坑开挖前,应做好防洪（防汛）、排水等设施，基坑顶面应设置防止地面水流入基坑的设施，并对基坑集水采取降排水措施。

7.3.3 基坑开挖边坡坡度应满足安全施工要求，开挖深度≥3 m 的基坑或开挖深度＜3 m 的地质不良基坑，应采取安全可靠的边坡（坑壁）加固支护（防护）措施。 基坑开挖过程中的边坡（坑壁）加固支护（防护），应符合 JTG/T F50 的有关规定。

7.3.4 基坑顶有动荷载时，坑顶边与动荷载间应留有不小于 1.0 m 宽的护道，如动荷载过大宜增宽护道或采用加固措施。如工程地质和水文地质不良，应采取加固措施。

7.3.5 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安全适宜的支护方案。

7.3.6 基坑开挖线以外 2.0 m 范围不得有堆积物或堆积土石方，基坑周围并设置安全防护栏等安全设施。

7.3.7 基坑开挖直至基础完成，应连续施工。不得使基底浸水和长期暴露。

7.3.8 基坑地基承载力、密实（压实度）及其范围检验，必须满足设计要求,并符合下列规定：

a) 当地基承载力容许值不能满足设计要求时，应根据地基土的种类、强度和密度、地质特征、地下水位等因素进行分析，按照设计要求，结合现场情况，以安全、适用、技术可靠、施工方便、环境保护等为原则，采取适宜的处理方法。地基处理的范围至少应宽出基础之外 1.0 m。确保地基处理至承载力、密实（压实度）等满足设计要求。

b) 对于黄土地基，可分析采用换填法、挤密桩法、振冲挤密法、重锤夯实法、强夯法，以及其他适宜的处理方法。

c) 对于沙漠土地基，可分析采用换填法、挤密桩法、振冲挤密法、水坠法和基底周围加固法，以及其他适宜的处理方法。

d) 属细粒土或特殊土类的饱和软弱粘土层、粉砂土层及湿陷性黄土、膨胀土和粘土及季节性冻土，强度低，稳定性差，处理时应视该类土的处治深度、含水量等情况 ，按基底的要求采取固结处理，以满足设计要求。

7.3.9 基坑冬季和雨季施工、围堰施工、降排水、地基处理与检验等，应符合 JTG/T F50 和 JTG F80/1 的有关规定。

7.3.10 冻土地基施工应符合以下规定：

a) 基础不应置于季节冻融土层上，并不得直接与冻土接触。

a) 基础的基底位于多年冻土层(即永冻土)上时，基底之上应设置隔温层或保温层材料，且铺筑范围应宽出基础外缘不小于 1.0 m。

b) 按保持冻结原则设计的明挖基础，其多年平均地温等于或高于-1 ℃时，应在冬季施工；多年平均地温低于-1 ℃时，可在其他季节施工，但应避开高温季节，并应按下列规定处理：

   1) 应搭设遮阳、防雨棚；
   2) 严禁地表水流入基坑；
   3) 冻层内的地下水和冻土本身的融化水或基坑有融化水应及时排除；
   4) 施工期间如有明水，应在距基坑顶边缘 10 m 之外修筑排水沟，并将水引向远离基坑位置排出；
   5) 施工前做好充分准备，组织快速施工。基坑开挖、地基处理、地基检测至基础施工应连续，且在基坑冻土大面积解冻前的时间内完成。施工完成的基础应立即回填封闭，不宜间歇。必须间歇时，应采用保温材料加以覆盖，防止热量侵入；

6) 可根据地区施工经验，将基础基底至冻结线处的冻胀土换填为粗粒土，其中小于 0.074 mm 的颗粒宜小于 5 %；
7) 冻土地区的基坑应及时回填,宜采粗粒土类材料，在地基冻结前回填覆盖，并夯填密实。

7.4 基础、下部结构施工

7.4.1 基础、下部结构钢筋混凝土施工、钢管桩及桩上钢结构施工，应符合 JTG/T F50 和 JTG F80/1 的有关规定。
7.4.2 基础施工完成后，在结构性范围内的基坑回填，应符合本标准第 7.9 条的规定。在结构性回填范围以外的回填，应符合 JTG/T F50、JTG F10 和 JTG F80/1 的有关规定。

7.5 拱座施工

7.5.1 在拱座施工前，应对拱座下的基础或墩台进行测量复核，并准确计算和测量放样，确保拱座坐标、高程、跨径等准确无误。
7.5.2 拱座钢筋和混凝土施工，应符合设计、JTG/T F50 和 JTG F80/1 的有关规定。
7.5.3 拱座上预埋的槽钢锚筋或螺栓及与槽钢的连接、预埋的拱脚处后浇混凝土钢筋，应检查合格。
7.5.4 槽钢上的螺栓孔与波纹钢板件波峰中心线的螺栓孔应对应一致。
7.5.5 混凝土拱座横桥向应水平，横桥向中心线应与拱座、拱脚槽钢平行。
7.5.6 槽钢底面应与波纹钢板拱脚处切线垂直。箱形拱和矢高大于拱半径的圆弧拱拱脚槽钢安装向拱内倾斜的角度应与设计相符。矢高与半径相等的圆弧拱的拱脚槽钢安装应水平。
7.5.7 当拱座上预埋槽钢需接长焊接时，应符合 JTG/T F50 的有关规定。施工现场焊接后，对焊接处的镀锌层损坏部位，应进行冷喷锌等防腐处理。

7.6 波纹钢板拱安装

7.6.1 波纹钢板拱安装前，应对各项安装施工准备工作全面进行检查，确保符合安装施工条件要求。
7.6.2 波纹钢板件、连接件（槽钢、螺栓连接副、密封条）等，凡在装卸、运输、安装过程中造成变形、损坏、镀锌层脱落等，应处理合格。
7.6.3 波纹钢板件安装前，必须对基础、拱座及预埋件、坐标（中线）、高程、槽钢（控制跨径）及槽钢螺栓孔位置、槽钢角度等进行全面检查，发现问题应及时处理。
7.6.4 波纹钢板拱安装，应严格按照设计文件、专项施工技术方案、波纹钢板件生产厂家提供的安装图或安装说明书等规定要求，进行波纹钢板拱安装。
7.6.5 当现场安装场地、安装吊装设备能力、安全、质量等能满足要求时，可对跨径小于或等于 10 m 的波纹钢板拱采用整体拱或一片波纹钢板宽度的整环拱的吊装方法安装，可对跨径大于 10 m 的波纹钢板拱采用一片波纹钢板宽度的整环拱的吊装方法安装，否则波纹钢板件应采用分片安装方法安装。
7.6.6 波纹钢板拱（拱肩、拱顶）背面波纹钢板件加劲肋板安装，应采用与主拱结构相同波形和壁厚的波纹钢板件、利用主拱高强度螺栓，在主拱安装的同时，按照设计施工图和安装图或安装说明书同步安装加劲肋板。其他加筋肋安装施工，应符合设计施工图的规定。
7.6.7 波纹钢板件连接缝之间的防渗密封垫螺栓孔，应与波纹钢板连接孔一致。密封垫厚度应能填满搭接板之间所有的空隙、长度应与缝长一致、宽度与波纹钢板件搭接宽度一致（拱下不得宽出板的搭接宽度）。密封垫应平整顺直、严密，不得加厚衬垫或漏衬、扭曲变形或损坏。
7.6.8 高强度螺栓连接应符合以下规定：
a) 波纹钢板件采用高强度螺栓连接时，均不得采用焊接连接。
b) 波纹钢板件连接安装的一副高强度螺栓连接副，由一个螺栓、一个螺母和两个凸凹钢垫片组成，使用组合应符合表 4 的规定。

c) 现场安装时，螺栓应能自由穿入波纹钢板件的螺栓孔，不得强行穿入。若螺栓不能自由穿入时，严禁强行将螺栓打入螺栓孔而损伤螺纹，可采用铰刀或锉刀修整螺栓孔，不得采用气割扩孔，扩孔数量应征得设计同意，修整后或扩孔后的孔径不应超过螺栓直径的 1.2 倍，否则应更换螺栓孔符合要求的波纹钢板件重新安装。

d) 钢垫片的凸面朝向波谷、凹面朝向波峰、平整面与螺杆两端的螺帽接触套装于螺杆上，拧紧的螺帽应位于拱顶(背)面。高强度螺栓应在波纹钢板件安装精度调整后进行拧紧。

e) 螺栓施拧用的扭矩扳手使用前应进行校正，其扭矩相对误差不得大于±5 %；校正用的扭矩扳手和检查终拧后扭矩用的扳手，其扭矩相对误差均不得大于±3 %。

f) 螺母施拧应分初拧和终拧，初拧扭矩可取终拧扭矩的 70 %。螺栓初拧和终拧扭矩值应符合表 5 的规定。

g) 螺栓拧紧应采用合理的施拧顺序，螺栓每拧一遍时，边拧边对拧过的螺母涂画每拧一遍相同的颜色标记。螺栓连接副的初拧、终拧应在 24 小时内完成。

h) 螺栓连接紧固后应进行下列质量检查：

   1) 检查终拧颜色标记，同时用约 0.3 kg 重小锤敲击螺母对螺栓进行逐个检查，以防漏拧；

   2) 螺栓终拧扭矩的检测，按一片板件的端头（短边）搭接缝（含槽钢螺栓连接）为一个连接节点、一道纵桥向搭接缝为一个连接节点计算一孔（跨）的螺栓连接节点数，对每个连接节点的螺栓终拧扭矩按 25 %抽查，且每个连接节点抽查不应少于 5 个螺栓；

   3) 检查时，先在螺杆端面和螺母上画一直线，然后将螺母拧松约 60 °；再用检查用的扭矩扳手重新拧紧，使螺杆端面和螺母上的两线重合，测得此时的扭矩在表 4 规定的螺栓对应值范围内为合格；

   4) 若发现有不符合规定或终拧后的扭矩不合格时，应再扩大 1 倍的检查数量；若仍有不合格者，则整个节点的螺栓应重新施拧。超过扭矩要求的螺栓必须更换，不得重复使用；

   5) 螺栓终拧后的扭矩检查，宜在螺栓终拧 1 小时以后 24 小时之前完成。

表5 波纹钢板拱安装高强度螺栓扭矩值

螺栓性能等级	施拧分级	螺栓公称直径 mm					
		M16	M20	M22	M24	M27	M30
		螺栓施拧扭矩 N.m					
8.8 S	初拧	120～150	230～280	300～360	380～470	560～690	760～930
	终拧	170～210	330～400	420～520	550～670	800～990	1090～1320
10.9 S	初拧	140～180	280～340	380～460	490～600	700～860	960～1170
	终拧	200～250	390～490	540～660	700～860	1010～1240	1360～1670

7.6.9 波纹钢板拱安装过程中，通常以脚手架或临时支撑装置等方法来维持螺栓终拧前拱的设计截面形状。纵桥向每一环波纹钢板拱安装完成后，应在分离脚手架或临时支撑条件下测定一次截面形状，达到设计截面形状再继续拼装下一环拱，否则应及时调整。纵桥向每一环拱的波纹钢板件拼装合拢时，测定截面形状采用定位拉杆固定，调整预紧螺栓，拼装顶部波纹钢板件。

7.6.10 波纹钢板拱安装完成、螺栓扭紧后，安装质量应符合表 6 的规定。拱形截面形状变化超过表 6 规定值时，应拧开螺栓校正形状后重新安装。

表6　波纹钢板拱安装质量标准

项 目	规定值或允许偏差
拱形截面形状变化与设计之差 %	±1
轴线偏位 mm	≤10
拱圈高程 mm	±20
拱圈宽度 mm	±50
跨径 mm	±20
注1：拱圈高程指波纹钢板拱桥的拱顶处横桥向左、中、右三点波峰上的高程。 注2：拱圈宽度指波纹钢板拱的拱脚、拱肩、拱顶横桥向的宽度。	

7.7　防腐、防水施工

7.7.1　波纹钢板拱除镀锌防腐层外，安装完成后需进行现场二次防腐、防水或涂装。在进行二次防腐、防水或涂装前，对拱背所有螺母采用螺丝锁固剂处理；对螺母及垫片与周围，采用双组分聚硫密封胶或其他符合要求的密封胶进行密封防渗处理合格。

7.7.2　波纹钢板拱背（顶）面、高强度螺栓接缝及连接缝处，采用聚氨酯防水（防腐）时，涂层厚度宜大于 1.5 mm。波纹钢板拱顶面与土壤接触面的防腐处理，应符合设计规定的组合防腐要求。

7.7.3　当波纹钢板拱顶面如有轻质混凝土（发泡混凝土或泡沫水泥轻质土）回填层、钢筋混凝土加强层时，应在其层面上喷涂环氧沥青或改性沥青防水层，涂层总厚度宜大于 1.0 mm。沥青层晾干后方可进行结构性回填。

7.7.4　现场二次防腐处理，宜采用专用机械喷涂，每一遍喷涂厚度应均匀、无漏喷涂部位，涂层表面应连续、均匀光洁、无肉眼可分辨的小孔、孔隙、裂缝、脱皮及其他缺陷。每一涂层干燥后再进行下一层喷涂施工。

7.7.5　波纹钢板拱腹（外露面）、钢管桩及其下部钢结构等，采用涂装防腐时，普通型涂装总干膜厚度不小于 210 μm、长效型涂装总干膜厚度不小于 240 μm；波纹钢板拱干湿交替区域或水下区域部位的涂装总干膜厚度应不小于 450 μm。涂装工艺、质量等应符合 JT/T 722 有关规定。

7.8　拱檐施工

波纹钢板拱上的拱檐钢筋混凝土施工，应符合设计要求和 JTG/T F50、JTG F80/1 等有关规定。

7.9　结构性回填施工

7.9.1　波纹钢板拱属于柔性结构，必须依赖土与结构之间的相互作用发挥其承载能力，结构性回填必须严格遵守设计和本标准的规定。

7.9.2　拱座上的波纹钢板拱脚处后浇混凝土施工，在波纹钢板拱安装完成验收合格后进行，施工应符合 JTG/T F50、JTG F80/1 等有关规定。

7.9.3　结构性回填前，应在波纹钢板件加劲肋板的端头采用 2.5 mm～3.0 mm 厚的环保用高密度聚乙烯土工膜搭封处理，土工膜搭接宽度不小于 10 cm，并采用耐候胶或其它粘贴胶牢固粘接，以避免回填土等进入波纹钢板件加劲肋与主拱之间填塞于波谷内。

7.9.4　结构性回填区域范围应符合设计规定，应严格遵循“四随”原则（随时挖运、随时卸料、随时平整、随时压实）进行回填。

7.9.5 波纹钢板拱侧和拱上回填，均应始终保持对称、均衡、水平、分层、均匀摊铺厚度、均匀压实、逐层向上回填的原则。每层压实厚度不得超过 200 mm。拱上回填到最后 2 层～3 层时，按设计纵坡调整回填层纵坡至最后一层满足设计纵坡要求。

7.9.6 波纹钢板拱外侧拱脚以下的结构性回填区分层压实度不得小于 95 %、拱脚以上的结构性回填区分层压实度不得小于 96 %。分层厚度和分层压实度检测频率以拱顶以下每层 4 处/每拱侧、拱顶以上每层 4 处/1000 m^2进行控制。

7.9.7 严禁波纹钢板拱侧回填区域范围内、拱顶偏载回填，并不得集中堆土或堆积重物。波纹钢板拱两侧结构性回填区域范围内及拱上的回填高度差不得超过 200 mm，有偏土压引起的波纹钢板拱变形时应采取措施消除，校正截面形状后重新回填。

7.9.8 在结构性回填压实过程中，回填料不得直接倾倒于波纹钢板拱上，应分层倾倒在波纹钢板拱两侧 1.5 m 以外后采用小型机具往拱上分层上料。拱侧面回填压实时，压实机械应与波纹钢板拱的横桥向方向平行行驶；压实拱上方回填土时，应顺纵桥向方向行驶。

7.9.9 回填过程中，大型或重型机械必须远离波纹钢板拱结构，从波纹钢板拱外侧边缘向外 2.0 m 以内的范围，应严格控制除压实机械以外的重型机械靠近，以减少对波纹钢板拱两侧的偏载横向压力。结构性回填施工全过程应严防施工机械等碰撞波纹钢板拱结构。

7.9.10 在波纹钢板拱顶上结构性回填压实厚度小于 60 cm 时，不宜采用大型或重型压实机械、振动压实，拱顶上回填到 100 cm 以上时，方可振动压实及通行车辆。波纹钢板拱顶达到规定的最小回填厚度之前，在无充分保护的情况下，应禁止除压实机械以外的重型机械或车辆在拱的上方通行。

7.9.11 在结构性回填到跨中拱顶以上 20 cm 左右时，按 2 %横坡平整满铺一层 2.5 mm～3.0 mm 厚的环保用高密度聚乙烯土工膜隔水层。土工膜总宽度不小于桥宽、总长度应不小于（延伸到）结构性回填范围两端头以外各 10.0 m。土工膜不得有破损或在施工过程中破损，土工膜搭接连接宽度不小于 5.0 cm，搭接接缝采用便于排水的高压低的方法、并采用耐候胶或其他胶牢固粘接，防止水从土工膜渗入侵蚀波纹钢板拱。

7.9.12 波纹钢板拱上采用轻质混凝土（发泡混凝土或泡沫水泥轻质土）结构性回填施工，应符合设计要求。

7.9.13 路面结构层的沥青路面层下设钢筋混凝土刚性基层减载板或采用水泥混凝土路面作为波纹钢板拱桥减载板的施工，应符合设计施工图的有关规定。

7.9.14 结构性回填的侧墙（加筋土挡土墙、波纹钢板挡土墙、混凝土挡土墙、片石混凝土挡土墙、浆砌片块石挡土墙等）施工，应在波纹钢板拱侧及拱上与结构性回填同步对称、均衡、防偏载施工，应分别符合计施工图和 JTG F10、 JTG/T F50 等有关规定。

7.9.15 波纹钢板拱侧、拱上结构性回填过程中，应分拱脚至拱肩、拱肩至拱顶和拱顶～拱上 50 cm、50 cm～100 cm、100 cm～200 cm、200 cm 以上的各个阶段监测拱形截面变化，任何方向上的截面变形不得超过 2.0%。路面施工完成后，波纹钢板拱截面的最终允许变形值不超过设计值的±2.0 %。在结构性回填及路面施工各阶段过程中，当变形量超出限值要求时，应立即停止施工，查明原因，采取适当措施将变形量减小到规定范围内。

7.9.16 结构性回填全过程中，应确保拱下排水顺畅、流水畅通。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土中影响工程质量等问题发生。

7.9.17 波纹钢板拱及周围 20 m 范围内，严禁强夯、冲击碾压等强振动性的机械作业。

7.10 其他附属工程施工

7.10.1 波纹钢板拱桥相关的进出口构造、护栏构造、锥坡、排水、河床加固及防护等施工和质量检查与质量标准，应符合设计和 JTG/T F50、JTG F10、JTG F80/1 等有关规定。

7.10.2　当波纹钢板拱跨径较大或不阻断交通通行、作业现场不能满足机械安装时，采用拱支架法安装施工时，应符合 JTG/T F50 的有关规定。

8　安全施工与环境保护

公路波纹钢板拱桥安全施工与环境保护，按照 JTG/T F50 和 JTG F10 的有关规定执行。