

DB63

青海省地方标准

DB63/T 2172—2023

公路小桥涵波纹钢加固设计规范

2023-10-09 发布

2023-11-09 实施

青海省市场监督管理局 发布

目 次

前言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 总体要求 4

5 构件及材料 4

 5.1 构件 4

 5.2 防渗及防腐材料 4

 5.3 填充及回填材料 4

 5.4 其他材料 4

6 设计 5

 6.1 下部结构及基础 5

 6.2 内衬波纹钢管（拱）结构 6

 6.3 防渗及防腐 9

 6.4 填充、回填及减载板 9

 6.5 洞口及附属设施 10

附录 A（资料性）波纹钢管（拱）结构参数..... 10

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、青海蓝图公路勘测设计有限责任公司、中国建筑第二工程局有限公司、中交一公局第三工程有限公司。

本文件主要起草人：金生光、李元庆、韩馨、孟建章、赵瑞利、周品、马志成、陈燕芳、刘蓉、吴小琴、宋方华、韩昌花、李炎、袁乾龙、赵振华、常亮、冯国梁。

本文件由青海省交通运输厅监督实施。

公路小桥涵波纹钢加固设计规范

1 范围

本文件规定了公路小桥涵波纹钢加固工程设计的术语和定义、总体要求、构件及材料、设计等技术内容。

本文件适用于公路小桥涵采用波纹钢加固工程设计。

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 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋
- GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋
- JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范
- JTG/T 3365-02 公路涵洞设计规范
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG 5210 公路技术状况评定标准
- JTG D60 公路桥涵设计通用规范
- JTG/T H21 公路桥梁技术状况评定标准
- JTG/T J21 公路桥梁承载能力检测评定规程
- JTG/T J22 公路桥梁加固设计规范
- DB 63/T 1735 波纹钢板拱桥设计规程
- DB 63/T 2083 公路波纹钢管涵洞通道设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

波纹钢加固

采用波纹钢管（拱）结构恢复小桥涵原有技术状况或提升承载能力的加固措施。

3.2

植筋

以专用的结构胶黏剂将钢筋锚固于基材中。

[来源：JTG/T J22-2008，2.1.5]

3.3

内衬管（拱）加固

小桥涵孔内增设波纹钢板管（拱），使其与原梁板（拱）共同受力的加固措施。

4 总体要求

- 4.1 设计应遵循“安全、耐久、环保、经济、适用”原则。
- 4.2 波纹管加固前，应对小桥涵按 JTG/T H21、JTG/T J21 和 JTG 5210 进行技术状况和承载能力评定。
- 4.3 波纹管加固后的小桥涵应满足结构安全、排洪和通行能力要求。
- 4.4 加固设计应维持原小桥涵安全等级，恢复承载能力的应维持原设计荷载；需提高承载能力或延长原设计使用年限的小桥涵加固，应通过论证确定加固设计荷载；有抗震要求时应进行抗震能力设计。
- 4.5 跨径为 5.0 m~6.0 m 的小桥和涵洞，宜采用桥涵下内衬波纹钢管加固；小桥跨径大于或等于 8.0 m 时，宜采用桥下内衬波纹钢板拱加固。
- 4.6 采用波纹钢管（拱）加固时，原小桥交角宜为 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 、原涵洞交角宜为 $0^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。
- 4.7 小桥涵加固前应对原小桥涵上（下）部结构、混凝土裂缝、粘贴钢板、粘贴纤维复合材料等缺陷预处理或病害修复，应符合 JTG/T J22 规定。
- 4.8 新增混凝土基础、下部墩台身、拱座等的钢筋布置满足承载能力要求。
- 4.9 小桥涵加固分类，见表 1。

表1 小桥涵加固分类

加固的小桥涵分类	小桥涵长度及跨径	
	多孔跨径总长度 L/m	单孔跨径 L_k/m
小桥（梁板式小桥、拱式小桥）	$8 \leq L \leq 30$	$5 \leq L_k < 20$
涵洞（拱涵、盖板涵）	—	$L_k < 5$
管涵、箱涵	不论管径或跨径大小、孔数多少，均为涵洞	

5 构件及材料

5.1 构件

- 5.1.1 波纹管构件主要包括直径 3.0 m 及以下的分节整装螺旋波纹钢管、分节整装环形波纹钢管和直径（跨径）大于 3.0 m 的拼装管（拱）用波纹钢板件。
- 5.1.2 波纹钢管（板）用钢板或钢带、波纹管的波形、波纹钢板件标准长度和宽度、分节整装波纹钢管的节段长度、连接件（管箍、法兰、高强度螺栓连接副）及管体焊接（管箍连接件、环形波纹钢管的管体和法兰）等，应符合 DB 63/T2083 规定，波纹钢管（拱）结构参数见附录 A。

5.2 防渗及防腐材料

管箍、法兰连接和波纹钢板拼装管（拱）接缝密封垫，外壁与土体接触面防腐层材料，波纹钢管内壁防腐涂装材料等，应符合 DB 63/T2083 规定。

5.3 填充及回填材料

- 5.3.1 自密实混凝土填充材料应符合 JTG/T3650 规定。
- 5.3.2 波纹钢管结构周围的回填材料，应符合 DB 63/T 2083 规定。

5.4 其他材料

- 5.4.1 地基处理、松铺垫层、混凝土减载板等材料，应符合 DB 63/T 2083 规定。
- 5.4.2 波纹钢板拱结构基础、墩台身及拱座混凝土材料，应符合 JTG/T 3650 和 JTG/T 3365-02 规定。

5.4.3 混凝土用热轧光圆钢筋和热轧带肋钢筋的性能，应分别符合 GB/T 1499.1 和 GB/T 1499.2 规定。

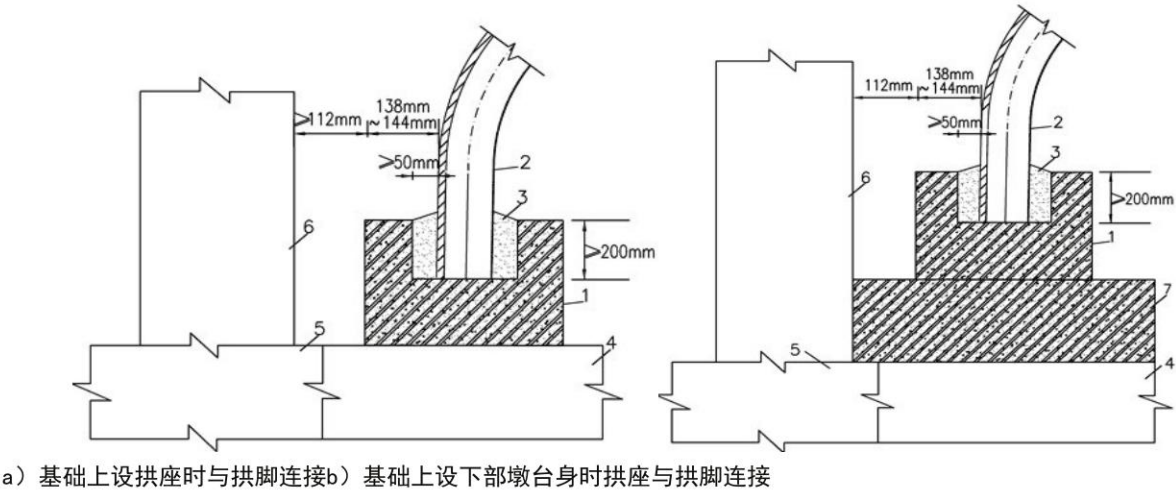
6 设计

6.1 下部结构及基础

6.1.1 下部结构

6.1.1.1 拱座应符合下列规定：

- a) 波纹钢板拱脚与拱座采用铰接连接（见图 1）；
- b) 拱座沿横桥向通长、水平布置于新增混凝土基础上（见图 1 分图 a）或下部墩台身顶（见图 1 分图 b）；
- c) 拱座混凝土和拱脚灌注混凝土强度等级不低于 C40；
- d) 拱座宽度不小于 45 cm、高度不小于 40 cm；
- e) 拱座预留凹槽底面与波纹钢板拱脚处切线垂直。



标引序号说明：

- 1——钢筋混凝土拱座；
- 2——波纹钢板拱结构（最大截面宽度174 mm）；
- 3——灌注混凝土；
- 4——新增混凝土基础；
- 5——原小桥基础；
- 6——原小桥下部结构（墩台身）；
- 7——新增实体墙式墩（台）身。

图1 波纹钢板基础（下部结构）拱座与拱脚铰接连接示意图

6.1.1.2 墩台身应符合下列规定：

- a) 波纹钢板拼装半圆弧拱或箱型拱结构加固后高度不满足要求时，新增混凝土基础上设置实体墙式混凝土墩台身（见图 1 分图 b）至要求高度；
- b) 新增实体墙式墩台身混凝土强度等级不低于 C30，结构尺寸根据小桥结构、跨径等确定，且不小于波纹钢板拱座宽度；
- c) 小桥墩台身混凝土植筋符合 JTG/T J22 规定，并与新增钢筋混凝土墩台身连接成整体。

6.1.2 基础

6.1.2.1 基础应符合下列规定：

- a) 小桥采用内衬波纹钢板拱结构加固时，根据地基承载力并结合原小桥基础形式综合考虑设置新增波纹钢板拱基础；
- b) 沿小桥基础侧面衔接新增条形钢筋混凝土浅基础，混凝土强度等级不低于 C30；
- c) 小桥基础侧面混凝土植筋符合 JTG/T J22 规定，并与新增钢筋混凝土基础连接成整体；
- d) 新增钢筋混凝土基础上设钢筋混凝土拱座时（见图 1 分图 a），基础宽度不小于 60 cm；基础上设钢筋混凝土墩台身时，基础襟边宽度不小于 20 cm；
- e) 基础的基底埋深、地基与基础计算，地基承载力、基础沉降和稳定性计算，软土或软弱地基处理、湿陷性黄土地基处理等设计符合 JTG 3363 规定；
- f) 冻结线等于或大于规定基底埋深时，基底埋入冻结线以下 0.25 m；当冻结较深时，基底至冻结线处的地基土换填粗颗粒材料；
- g) 地基承载力不满足要求时，加深地基或采用换填处理，换填厚度根据下卧土层的承载力计算确定，且不小于 50 cm；
- h) 基础呈水平设置，基底纵坡较大时，结合地形设置成台阶形的水平分段，分段长度（错台位置）与波纹钢板拱脚处接缝（环缝）位置一致。

6.1.2.2 小桥和拱涵下全面积范围内的地基设计和地基上设置的松铺砂砾垫层和松铺厚度，应符合 DB63/T 2083 规定。

6.2 内衬波纹钢管（拱）结构

6.2.1 钢筋混凝土小桥涵内衬波纹钢管（拱）结构加固体截面形式见图 2。

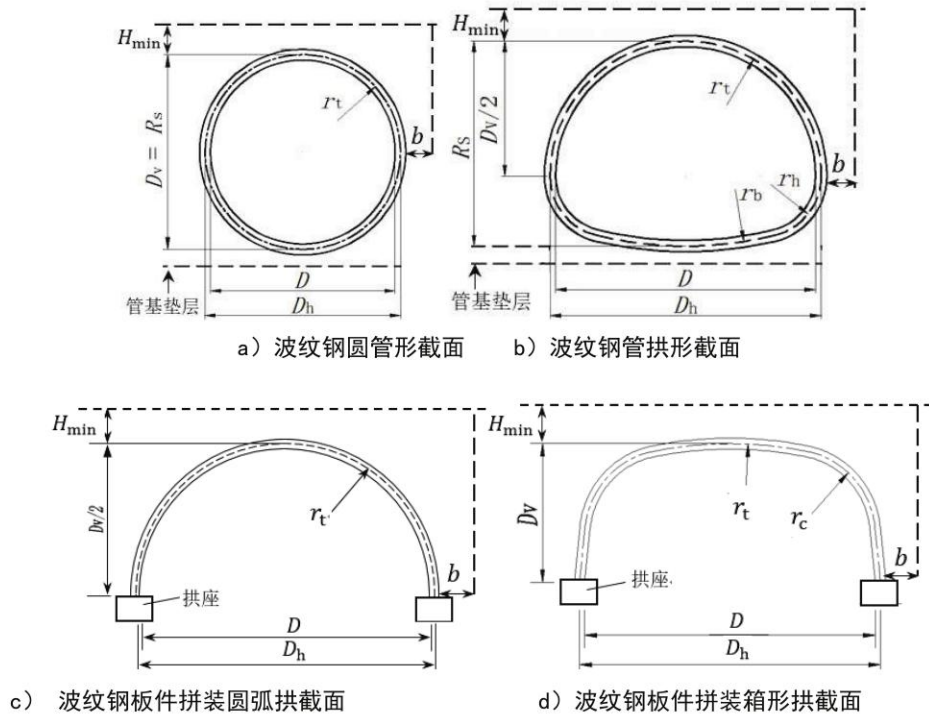


图2 波纹钢管（拱）加固体截面形式示意图

标引符号说明：

D ——波纹管（拱）跨径（直径）；

——管（拱）侧至原桥涵墩台身的距离；

D_h ——计算跨径（波纹中性轴处计算）；

D_v ——计算矢高（波纹中性轴处计算）；

H_{min} ——波纹管（拱）顶至原桥涵板（拱）底面距离；

——计算矢高（波纹中性轴处计算）；

——管拱形底部半径；

——箱形拱拱肩半径；

——管拱拱脚半径；

——波纹管（拱）顶部半径。

图 2 波纹管（拱）加固体截面形式示意图（续）

6.2.2 内衬波纹管结构加固时应符合下列规定：

- a) 波纹管直径、壁厚等参数见附录 A；
- b) 直径不大于 3.0 m 时采用分节整装波纹管（圆管形）结构；直径大于 3.0 m 时采用波纹钢板件拼装管（圆管形或管拱形）结构；
- c) 净高、净宽比 1：1~1：1.2 时，采用圆管形波纹管加固结构；不满足时采用管拱形波纹管加固结构；
- d) 波纹钢板件拼装管纵缝连接高强度螺栓规格及数量见表 2；环缝采用单排螺栓连接，高强度螺栓规格与纵缝连接螺栓相同；
- e) 波纹管距原小桥或涵台身（管涵管壁）及顶面最小距离不小于 15 cm；
- f) 波纹管加固体结构位于中度或严重磨蚀环境时，管体底部埋置于洞口标高以下深度不小于 30 cm，管内底部铺砌后的截面空间满足最大过水能力要求。

表2 波纹钢板件拼装管接缝连接高强度螺栓规格及数量

结构类型	波距×波高 $Y \times A$ /mm	跨径或直径 D /mm	螺栓规格 (公称直径)	纵缝高强度螺栓数量，不少于/个	
				波峰处	波谷处
波纹钢板件 拼装管	200×55	3000≤ D ≤5000	M16	2	2
			或M20	1	2
	400×150	5000< D ≤6000	M16	3	3
注1：拼装管纵缝接缝连接强度计算的螺栓规格或螺栓数量大于表列规格或数量时，采用计算值；计算小于表列规格或数量时，采用表列值。					
注2：环缝采用与纵缝连接的同规格高强度螺栓单排连接。					

6.2.3 内衬波纹钢板拱结构加固时应符合下列规定：

- a) 波纹钢板圆弧拱和箱形拱结构的跨径、半径、矢高、壁厚等参数见附录 A；
- b) 拱上加劲肋板按 DB 63/T 1735 规定设置；
- c) 拱的拼装接缝连接纵缝高强度螺栓规格及数量见表 3；

- d) 拱顶距原小桥板（拱）顶和原墩台身的距离不小于 25 cm；
- e) 拱下空间（高度）不足时，按 6.1.1.2 设置实体墙式墩台身。

表3 波纹钢板拼装拱接缝连接高强度螺栓规格及数量

结构类型	波距×波高 $\lambda \times d$ /mm	跨径 D /mm	螺栓规格 (公称直径)	纵缝高强度螺栓数量，不少于/个	
				波峰处	波谷处
波纹钢板件 拼装拱	400×150	$8000 < D \leq 10000$	M16	3	3
		$8000 \leq D \leq 13000$	M20	3	3
		$13000 < D \leq 16000$	M24或M27	3	3
		> 16000	M30	3	3
注1：拼装拱的纵缝接缝连接强度计算的螺栓规格或螺栓数量大于表列规格或数量时，采用计算值；小于表中值时，采用表中值。					
注2：环缝采用与纵缝连接的同规格高强度螺栓单排连接。					

6.2.4 内衬波纹钢管（拱）加固结构体设计计算应符合下列规定：

- a) 按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。按承载能力极限状态设计时，对持久设计状况和短暂设计状况采用作用的基本组合，对地震设计状况采用作用的地震组合；按正常使用极限状态设计时，根据不同的设计要求，采用作用的频遇组合或准永久组合。作用的组合方法按 JTG D60 的规定确定；
- b) 考虑永久作用、可变作用和地震作用。永久作用主要为波纹钢管（拱）上填充（回填）后产生的作用，以及其他可视为永久作用的荷载；可变作用主要为车辆荷载和施工阶段的临时荷载；
- c) 当内衬波纹钢管（拱）加固结构按承载力极限状态设计时，承载能力极限状态满足公式（1）的要求；
- d) 当内衬波纹钢管（拱）加固结构按正常使用极限状态设计时，采用荷载的标准值组合计算变形分析：
 - 1) 波纹钢管（拱）加固结构的压力和变形,采用简化法和有限元法进行分析（简化法分析：基于解析而仅依据轴力、弯矩的最大值及管（拱）顶部挠度的计算式进行设计；有限元法：当波纹钢管（拱）结构直径或跨径大于 3.0 m，或矢跨比小于 0.3，进行有限元分析），
 - 2) 变形控制，波纹钢管（拱）周围填充（回填）后的管（拱）顶上拱（下挠）量按表 4 控制；
- e) 有抗震要求的小桥涵波纹钢加固时，应进行竖向地震作用的组合效应验算，地震作用设计状况满足公式（2）的要求；
- f) 波纹钢管（拱）加固结构体上的作用（恒载、汽车荷载、车辆冲击荷载、施工设备重力荷载、竖向地震作用、作用及分项系数、作用的组合和结构重要性系数等参数、作用最不利组合效应）和波纹钢管（拱）结构应力、极限抗力（屈曲）、弯矩和轴力组合效应、施工过程结构刚度及内力组合、管拱形拱脚处极限状态压力、有限元分析等结构计算，应符合 DB 63/T2083 规定。

$$\gamma_0 S_d \leqslant R_d \dots\dots\dots (1)$$

式中：

γ_0 ——结构重要性系数，安全等级为一级时取1.1、二级时取1.0；
 S_d ——不考虑地震作用时，荷载组合的效应设计值；
——结构的承载力设计值。

$$S_E \leq \frac{R_d}{\gamma_{RE}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：
 S_E ——考虑多遇地震作用时，荷载和地震作用组合的效应设计值；
 R_d ——结构的承载力设计值；
 γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，基础取0.9、波纹钢管（拱）结构取0.85。

表4 波纹钢管（拱）结构施工过程中变形分析控制值

波纹钢管（拱）类型	螺旋波纹钢管	环形波纹钢管	波纹钢板件拼装管或拱
波纹钢管（拱）波纹参数 () /mm	68×13、75×25、 76.2×25.4	200×55	400×150
管（拱）周围填充（回填）后管（拱） 顶上拱（下挠）量 D_v (mm/%)	≤3.0	≤2.5	≤2.0
注1: D_v为波纹钢管（拱）计算矢高（波峰至波谷的1/2处计算）。 注2: 管（拱）顶上拱（下挠）量以200×55波形、管直径2.0 m、D_v为2055 mm、上拱或下挠量50 mm示例计算： $50/2055 \times 100 = 2.43 \% \leq 2.5 \%$。			

6.2.5 波纹钢板件拼装管（拱）高强度螺栓连接强度及扭矩应符合 DB63/T 2083 规定。

6.3 防渗及防腐

- 6.3.1 波纹钢管（拱）连接防渗密封垫、镀锌防腐、涂装防腐、内壁防磨蚀等设计，应符合 DB 63/T2083 规定。
- 6.3.2 波纹钢管（拱）外壁填充混凝土的部位和波纹钢管涵洞内壁设置防磨蚀层的部位，不应在镀锌层表面设置涂装防腐层。

6.4 填充、回填及减载板

- 6.4.1 波纹钢板拱加固体填充层应符合下列规定：
- a) 波纹钢板件拼装拱结构加固体采用钢混叠合板拱形式，拱上设置自密实钢筋混凝土拱圈层；
 - b) 混凝土强度等级，拱跨径大于 10 m 时不低于 C40、拱跨径小于或等于 10 m 时不低于 C30，波纹钢拱背波峰以上的厚度不小于 25 cm；
 - c) 拱形钢筋网单层布置于距波纹钢板拱背波峰以上 10 cm。直径不小于 20 mm 的热轧带肋钢筋以纵桥向主筋布置、间距 200 mm；直径 10 mm 的热轧光圆钢筋以横桥向布置、间距 300 mm。钢筋网（主筋）两端与拱座预埋钢筋连接；
 - d) 钢筋混凝土拱圈层与原小桥板（拱）顶之间的剩余空间，采用强度等级不低于 C25 的自密实混凝土或微膨胀混凝土填充。
- 6.4.2 波纹钢管加固体与原涵台身、涵顶、小桥板（拱）底的空间，采用强度等级不低于 C20 的自密

实混凝土或微膨胀混凝土填充。

6.4.3 明涵拆除盖板时的波纹钢管加固体回填层及减载板应符合下列规定：

- a) 波纹钢管两侧及管顶分层回填，分层厚度不大于 15 cm、压实度不小于 95 %；
- b) 管顶路面结构层下减载板设置符合 DB63/T 2083 规定。

6.5 洞口及附属设施

小桥涵洞口拆除重建、修复和防护（调治构造物）等附属设施设计，应满足排水等功能要求。

附 录 A

（资料性）

波纹钢管（拱）结构参数

A.1 内衬波纹钢管加固体结构参数，见表 A.1。

表A.1 波纹钢管加固体结构参数

波纹钢管类型	波纹钢管（拱）波纹参数 （波距×波高或波深）/mm	直径 D /mm	波纹钢管壁厚 t /mm
分节整装 螺旋波纹钢管	68×13	1.00	1.6
		1.25	2.0
		1.50	3.0
		2.00	4.0
	75×25、76.2×25.4	1.00	1.6
		1.25	2.0
		1.50	2.5
		2.00	3.0
分节整装 环形波纹钢管	200×55	2.50	4.0
		3.00	5.0
波纹钢板件 拼装管	200×55	1.50	3.0
		2.00	3.5
		2.50	4.0
	400×150	3.00	4.0
		4.00	5.0
		5.00	6.0

A.2 内衬波纹钢板件拼装拱加固体结构参数，见表 A.2。

表A.2 波纹钢板件拼装拱加固体结构参数

原小 跨径 m	圆弧拱		箱形拱			波纹钢板件 壁厚 t /mm
	拱半径 $\frac{r_c}{m}$	矢高	拱顶半径 $\frac{r_t}{m}$	拱肩半径 $\frac{r_s}{m}$	矢高	

	圆弧拱		箱形拱			
6.0	<3.0	<3.0	5.5~7.0	1.25	2.0~2.5	6.0~6.5
8.0	<4.0	<4.0	7.5~8.0	1.25	2.6~3.0	6.5~7.0
10.0	<5.0	<5.0	8.5~9.5	1.25	3.1~3.5	7.0~8.0
13.0	<6.5	<6.5	10.5~12.5	1.25	3.6~4.0	8.0~9.0
16.0	<8.0	<8.0	13.0~15.0	1.25	4.1~4.5	9.0~10.0
注1：波纹钢板件波形为波距400 mm、波高或波深150 mm。						
注2：矢高为波纹钢板拱脚至拱顶波峰之间的垂直距离。						