



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

公路装配式钢筋混凝土箱涵
设计施工技术规范

Design and Construction Technical Specification of Highway
Prefabricated Reinforced Concrete Box Culvert
(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

征求意见稿

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

公路装配式钢筋混凝土箱涵 设计施工技术规范

Design and Construction Technical Specification of Highway
Prefabricated Reinforced Concrete Box Culvert

主编单位：中交第二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

征求意见稿

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2018〕015 号）的要求，中交第二公路勘察设计研究院有限公司主编单位承担《公路装配式钢筋混凝土箱涵设计施工技术规程》（以下简称“本规程”）的制订工作。

本规程的主要内容是：

本规程是基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本规程提出的应用条件。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。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由中交第二公路勘察设计研究院有限公司主编单位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），或中交第二公路勘察设计研究院有限公司主编单位（地址：武汉市经济技术开发区创业路 18 号，邮编：430056，电子邮箱：zhchunhua@qq.com），以便修订时参考。

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这些专利的责任。

主 编 单 位： 中交第二公路勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位： 建华建材集团

主 编： 余顺新

主要参编人员：

主 审： 刘新生

参与审查人员：

征求意见稿

目 录

1	总则	- 1 -
2	术语和符号	- 2 -
2.1	术语	- 2 -
2.2	符号	- 3 -
3	基本规定	- 5 -
3.1	应用原则	- 5 -
3.2	结构类型	- 6 -
4	材料	- 7 -
4.1	混凝土	- 7 -
4.2	钢筋	- 7 -
4.3	垫层材料	- 7 -
4.4	密封材料	- 8 -
4.5	水泥砂浆	- 8 -
4.6	回填材料	- 8 -
5	结构设计	- 9 -
5.1	一般规定	- 9 -
5.2	作用及作用组合	- 9 -
5.3	荷载效应分析	- 10 -
5.4	持久状况承载能力极限状态设计	- 11 -
5.5	持久状况正常使用极限状态设计	- 11 -
5.6	短暂状况构件的应力计算	- 11 -
5.7	斜交端部设计	- 12 -
6	构造规定	- 13 -
6.1	一般构造	- 13 -
6.2	洞身设计构造	- 13 -
6.3	洞口构造	- 14 -
6.4	连接构造	- 15 -
7	构件预制	- 17 -
7.1	预制场地	- 17 -
7.2	浇筑	- 17 -
7.3	标志	- 17 -
7.4	存放	- 18 -
8	施工	- 19 -
8.1	构件运输	- 19 -
8.2	地基处理	- 19 -
8.3	垫层施工	- 19 -
8.4	安装	- 20 -

8.5	防水施工	- 20 -
8.6	回填	- 20 -
9	质量检验评定	- 21 -
9.1	一般规定	- 21 -
9.2	材料检验	- 21 -
9.3	预制构件检验.....	- 21 -
9.4	地基处置检验.....	- 22 -
9.5	安装检验	- 22 -
9.6	回填质量控制及检验.....	- 23 -

1 总则

1.0.1 为规范公路装配式钢筋混凝土箱涵的设计和施工，保障工程质量，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 本规程适用于各等级公路新建及改扩建公路的装配式钢筋混凝土箱涵的设计和施工。

1.0.3 公路装配式钢筋混凝土箱涵的设计施工除了满足本规程的规定外，还应符合国家和行业现行有关标准及规范的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 装配式钢筋混凝土箱涵（简称箱涵） Prefabricated Reinforced Concrete Box Culvert

一种采用工厂制造和现场装配施工方式，用于下穿路基的人行、车行及过水等的钢筋混凝土箱形构造物。

2.1.2 单片式箱涵 One Piece Box Culvert

洞身为无分片整体箱型断面的钢筋混凝土涵洞。

2.1.3 门式箱涵 Portal Box Culvert

顶板和两面侧墙预制成门式截面，底板单独预制或现浇的钢筋混凝土涵洞。

2.1.4 U形箱涵 U-shape Box Culvert

侧墙和底板整体预制形成U形截面，顶板单独预制的钢筋混凝土涵洞。

2.1.5 两构式箱涵 Two-pieces Box Culvert

箱涵截面分为两片分别进行预制（可左右分片或上下分片），现场拼装成箱型的钢筋混凝土涵洞。

2.1.6 节段 Segment

箱涵沿纵向按规定长度划分的具有完整截面形状的结构分段。

2.1.7 顶板 Top Slab

箱涵截面上按整体受力特征划分的独立顶部板式构件。

2.1.8 侧墙 Side Wall

箱涵截面上设置于两侧的墙体构件。

2.1.9 底板 Bottom Slab

设置于箱涵截面底部连接侧墙的板式构件。

2.1.10 牛腿 Corbel

涵洞侧墙外挑短悬臂条状部件。

2.1.11 平接缝 Flat Joint

箱涵节段或构件拼装中对应的平面对接缝。

2.1.12 企口缝 Tongue and Groove Joint

相邻两个洞身节段一侧凸榫与另一侧凹槽拼接的连接缝。

2.1.13 承插端 Grooved Edge

企口凹槽端。

2.1.14 插口段 Tongue Edge

企口凸榫端。

2.1.15 湿接缝 Wet Joint

采用现浇混凝土两构式箱涵左右分片连成整体的接缝。

2.1.16 现浇带 Cast-in-place Stripe

部分现浇箱涵在完成洞身预制部分的拼装后以现浇混凝土将洞身连成整体的部分。

2.2 符号

2.2.1 材料性能有关符号

f_{ck} —— 混凝土轴心抗压强度标准值；
 f_{td} —— 混凝土轴心抗拉强度标准值；
 f_{cd} —— 混凝土轴心抗压强度设计值；
 f_{td} —— 混凝土轴心抗拉强度设计值；
 E_c —— 混凝土弹性模量；
 f_{sk} —— 普通钢筋抗拉强度标准值；

f_{sd} —— 普通钢筋抗拉强度设计值；
 f'_{sd} —— 普通钢筋抗压强度设计值；
 E_s —— 钢筋弹性模量。

2.2.2 作用与作用效应有关符号

S —— 作用组合的效应设计值；
 C —— 结构满足正常使用要求的裂缝、挠度限值。
 R —— 结构构件承载力设计值；
 q_v —— 填土重力对涵洞的竖向压力强度；
 q_H —— 填土重力对涵洞的水平压力强度；
 q_v' —— 车辆荷载引起的竖向压力强度；
 q_H' —— 车辆荷载引起的水平压力强度；
 γ —— 土的重力密度；
 H —— 路面至涵洞顶的填土高度；
 h —— 设计路面或填土顶面至箱涵计算截面处的填土高度；
 D —— 洞的外形宽度；
 B_g —— 沟谷宽度；
 α —— 沟谷横向坡度；
 ΣG —— 布置在涵洞顶部路面车轮的总重力；
 a —— 车辆荷载在涵洞顶面的横向分布宽度；
 b —— 车辆荷载在涵洞顶面的纵向分布宽度。

2.2.3 计算系数及其他有关符号

γ_0 —— 结构重要性系数；
 ξ —— 静土压力系数；
 φ —— 土的内摩擦角；
 K —— 向土压力系数；
 L —— 企口插口斜坡长度；
 t —— 企口插口斜坡高度；
 r_1 —— 弧面连接的凸面半径；
 t_1 、 t_2 、 t_3 —— 台阶式连接的凸齿尺寸。

3 基本规定

3.1 应用原则

3.1.1 公路装配式钢筋混凝土箱涵在工程项目中应满足功能要求、安全可靠、经济合理，同时应遵循因地制宜、因材制宜以及便于施工和养护的原则。

3.1.2 公路装配式钢筋混凝土箱涵的设计基准期为 100 年；设计年限应符合以下规定：

1. 高速公路和一级公路上：不应低于 50 年；
2. 二级公路、三级公路和四级公路上：不应低于 30 年。

条文说明：装配式钢筋混凝土箱涵的设计基准期及设计年限与常规涵洞相同，参照《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60-2015）1.0.3和1.0.4。

3.1.3 施工现场有较高环境保护要求或施工工期受限时可优先选用装配式钢筋混凝土箱涵。

3.1.4 公路装配式钢筋混凝土箱涵的布设应符合现行《公路涵洞设计规范》（JTG/T D65-04）要求。

3.1.5 公路装配式钢筋混凝土箱涵宜采用标准化跨径。标准跨径规定如下：1.5m、2.0m、2.5m、3.0m、4.0m、5.0m。

条文说明：考虑到预制构件的运输及吊装，装配式箱涵跨径不宜太大，最大跨径不大于5.0m，标准跨径参考自《公路涵洞设计规范》（JTG/T D65-04）3.2.2。

3.1.6 公路装配式钢筋混凝土箱涵可用作过水涵洞或人、车通行涵洞。涵洞过水时，应根据现行《公路涵洞设计规范》（JTG/T D65-04）进行水文和水力计算；涵洞作为人、车通道时净空应满足以下要求：

1. 涵洞用作人行通道时，净高应大于或等于 2.2m，净宽应大于或等于 4.0m；
2. 涵洞用作畜力车及拖拉机通道时，净高应大于或等于 2.7m，净宽应大于或等于 4.0m；
3. 涵洞用作农用汽车通道时，净高应大于或等于 3.2m，净宽应根据交通量和通行农业机械的类型选用，且应大于或等于 4.0m；

3.1.7 过水箱涵应按水流或排水方向设置纵坡,箱身节段采用倾斜安装时涵底纵坡不宜大于 4%。涵底纵坡大于 4%时,应采取防滑措施。

3.2 结构类型

3.2.1 按洞身断面预制构件组成,公路装配式钢筋混凝土箱涵可设计成单片式和多片式,多片式包含门式箱涵,U 形箱涵和两构式箱涵(上下分片/左右分片),如图 3.2.1 所示。

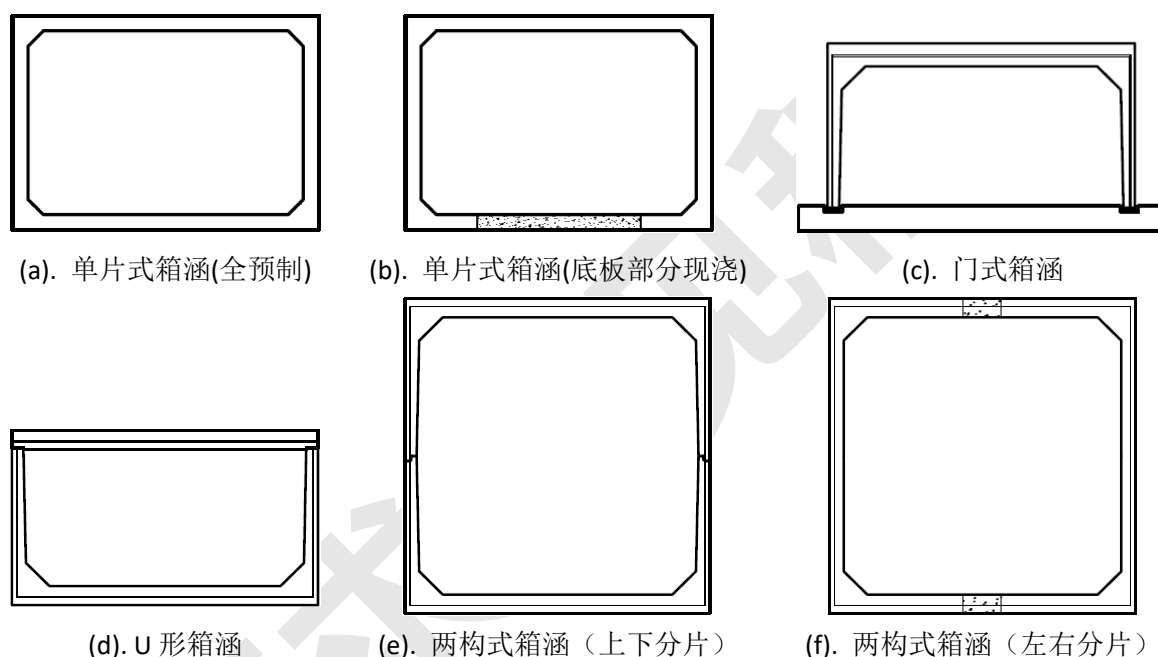


图 3.2.1 箱涵类型示意图

3.2.2 按洞身连接方式,公路装配式钢筋混凝土箱涵可分为整体式箱涵(如图 3.2.1(a)、(b)、(f))和拼块式箱涵(如图 3.2.1(c)、(d)、(e)),整体式包含全预制(如图 3.2.1(a))和部分预制(如图 3.2.1(b)、(f))两种形式。

3.2.3 按回填土高度,回填土高度小于 0.5m 的钢筋混凝土箱涵为明涵,回填土高度大于或等于 0.5m 的钢筋混凝土箱涵为暗涵。

3.2.4 整体式箱涵可用于小跨径涵洞;门式箱涵可用于净高较小的涵洞;两构式箱涵可用于尺寸较大,起吊能力受限的情况,其中对整体性要求较高的涵洞可选用左右分片的形式。

4 材料

4.1 混凝土

4.1.1 公路装配式钢筋混凝土箱涵所使用的混凝土强度标准值 (f_{ck} 、 f_{tk})、强度设计值 (f_{cd} 、 f_{td}) 和弹性模量 (E_c) 应按现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362) 规定采用。

4.1.2 公路装配式钢筋混凝土箱涵洞身所使用的混凝土强度等级不应小于 C40。

4.1.3 洞口及其他构件采用预制形式时, 其混凝土强度等级不应小于 C40; 采用现浇形式时, 其混凝土强度等级不应小于 C30。

条文说明: 混凝土强度等级的限制综合参考了安徽省地方标准《装配式钢筋混凝土通道设计规程》(DB 34/T 2833—2017)、湖南省地方标准《预制装配式钢筋混凝土涵洞》(DB43/T 757-2013)、《城市综合管廊工程技术规范》(GB50838-2015) 以及《预制混凝土箱涵》(JC/T 2456-2018)。总体上预制混凝土构件限制最低强度等级为C40, 现浇混凝土构件限制最低强度等级为C30。对于部分现浇箱涵, 为保障洞身结构材料属性均匀, 其现浇部分要求与预制部分混凝土强度等级保持一致。

4.2 钢筋

4.2.1 公路装配式钢筋混凝土箱涵所使用的普通钢筋的抗拉强度标准值 (f_{sk})、抗拉强度设计值 (f_{sd})、抗压强度设计值 (f'_{sd}) 和弹性模量 (E_s) 应按现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362) 规定采用。

4.2.2 公路装配式钢筋混凝土箱涵主体结构、基础配筋宜选用 HPB300、HRB400 及 HRB500; 吊环钢筋宜选用 HPB300 的普通钢筋制作, 严禁以冷加工钢筋代替。

4.3 垫层材料

4.3.1 公路装配式钢筋混凝土箱涵垫层所使用的混凝土强度等级不应小于 C25。

4.3.2 公路装配式钢筋混凝土箱涵垫层所使用的砂砾的粒径不宜大于 50mm, 含泥量不宜超过 5%, 含砂量不宜超过 40%。

4.4 密封材料

4.4.1 公路装配式钢筋混凝土箱涵密封材料应具有弹性和防渗透性。低温条件下密封材料应具有良好的抗冻、耐寒、耐腐蚀性能。

4.4.2 密封材料可采用沥青麻絮、弹性橡胶、遇水膨胀橡胶等。

4.4.3 防水卷材可采用 SBS 改性沥青防水卷材等。

4.5 水泥砂浆

4.5.1 用于节段接缝和构件较缝的水泥砂浆强度等级不应低于 M7.5。

4.6 回填材料

4.6.1 回填材料应选用透水性好的非粘性土。

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 公路装配式钢筋混凝土箱涵应按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别设计。

5.2 作用及作用组合

5.2.1 填土的重力对涵洞的竖向和水平压力强度，可按式计算：

$$q_v = K\gamma H \quad (5.2.1-1)$$

$$q_H = \xi\gamma h \quad (5.2.1-2)$$

式中，

γ ——土的重力密度（ kN/m^3 ）；

H ——路面至涵洞顶的填土高度（ m ）；

h ——设计路面或填土顶面至箱涵计算截面处的填土高度（ m ）；

ξ ——静土压力系数，按下式计算：

$$\xi = 1 - \sin\varphi \quad (5.2.1-3)$$

φ ——土的内摩擦角（ $^\circ$ ）；

K ——竖向土压力系数，见表5.2.1，对经久压实路提取1.0。

表5.2.1 竖向土压力系数 K

坡度 α （ $^\circ$ ）	$0 < B_g/D \leq 3$			$3 < B_g/D \leq 10$			$B_g/D > 10$ 或 $\alpha = 0^\circ$		
H/D	$0.1 \leq H/D < 1$	$1 \leq H/D < 10$	$H/D \geq 10$	$0.1 \leq H/D < 1$	$1 \leq H/D < 10$	$H/D \geq 10$	$0.1 \leq H/D < 1$	$1 \leq H/D < 10$	$H/D \geq 10$
30	1.10	1.15	1.04	1.25	1.30	1.15	1.50	1.60	1.30
60	1.04			1.15	1.20	1.04			
90				1.10	1.15	1.04			

注：D—涵洞的外形宽度（ m ）； B_g —沟谷宽度（ m ）； α —沟谷横向坡度（ $^\circ$ ）；H—涵顶填土高度（ m ）。

条文说明：竖向土压力系数 K 取值办法参考自《公路涵洞设计规范》（JTG/T D65-04）。关于竖向土压力系数，其他国家也有所规定。美国AASHTO规范中称之为土-结构相互作用修正系数。AASHTO规范中对上埋式和沟埋式两种施工方法提出了不同的修正系数计算公式。澳大利亚规范AS1597.2中关于该系数的规定与美国一致。通过抽取部分尺寸

进行计算比较得到，总体上中国规范与美国、澳洲规范相比略微趋于保守，计算结果偏安全。为了保持中国规范整体的系统性，此处竖向土压力系数依据《公路涵洞设计规范》。

5.2.2 公路装配式钢筋混凝土箱涵设计应采用车辆荷载。车辆荷载技术指标按现行《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）中规定取用。

5.2.3 车辆荷载引起的土压力可按式计算：

$$\text{竖向压力强度} \quad q'_v = \frac{\sum G}{ab} \quad (5.2.3-1)$$

$$\text{水平压力强度} \quad q'_H = \xi q'_v \quad (5.2.3-2)$$

式中，

$\sum G$ ——布置在涵洞顶部路面车轮的总重力（kN）；
 a ——车辆荷载在涵洞顶面的横向分布宽度（m）；
 b ——车辆荷载在涵洞顶面的纵向分布宽度（m）。

5.2.4 计算涵洞顶上汽车荷载引起的竖向土压力时，车轮按其着地面积的边缘向下作30°角分布。当几个车轮的压力扩散线相重叠时，扩散面积以最外边的扩散线为准。

5.2.5 汽车荷载冲击系数应取0.3，填土厚度大于0.5m时不计冲击力。

5.2.6 作用在公路装配式钢筋混凝土箱涵上的车辆荷载、结构自重、填土重力及温度作用应按不同极限状态，依据现行《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）的规定进行组合。

5.3 荷载效应分析

5.3.1 公路装配式钢筋混凝土箱涵应分别按正常使用极限状态和承载能力极限状态的设计要求进行荷载效应分析，计算箱涵各结构构件的内力及变形情况。

5.3.2 公路装配式钢筋混凝土箱涵可按框架进行设计、计算，框架的轴线以构件混凝土断面的重心轴线为准。进行超静定结构内力效应分析时，可按全截面考虑。

5.3.3 整体式箱涵现浇连接处连接按刚性连接计算；门式箱涵侧墙底部与底板连接处、U形箱涵顶板与侧墙连接处、两构式箱涵（上下分片）侧墙中段连接处按铰接计算。

5.3.4 箱涵的顶板、底板和侧墙可按偏心受压构件设计、配筋，其中顶板和底板也可按受弯构件设计、配筋（不计轴向力的影响），二者取最不利工况控制设计。

5.3.5 明箱涵体内外的温度变化值顶板可按±10°考虑，暗涵可不考虑。

5.4 持久状况承载能力极限状态设计

5.4.1 持久状况承载能力极限状态设计应对箱涵抗弯承载力和抗剪承载力进行验算。

条文说明：《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362-2018）

5.1.1提到“必要时尚应对结构进行抗倾覆和滑移的验算”。箱涵在施工工程中，两侧填土要求对称填筑，两侧填土高度基本一致，产生自平衡效应，产生滑移和倾覆的可能性很低。故箱涵的承载能力极限状态设计中可不进行抗倾覆和滑移验算。

5.4.2 箱涵的承载能力极限状态验算应根据公式 5.4.2 进行：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (5.4.2)$$

式中，

γ_0 ——结构重要性系数，对于高速公路、一级公路、二级公路、国防公路及城市附近交通繁忙公路箱涵取1.0；对于三级公路和四级公路箱涵取0.9；

S ——作用组合的效应设计值；

R ——结构构件承载力设计值。

5.4.3 箱涵洞身构件的承载力强度计算应依据现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）进行验算。

5.5 持久状况正常使用极限状态设计

5.5.1 持久状况正常使用极限状态设计应对箱涵的裂缝宽度和挠度进行验算。

5.5.2 箱涵洞身构件的最大裂缝宽度值应依据现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）进行计算，并应符合其最大裂缝宽度限值要求。

5.5.3 箱涵顶板的长期挠度值应依据现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）进行计算，其值不应超过计算跨径的 1/600。

5.6 短暂状况构件的应力计算

5.6.1 公路装配式钢筋混凝土箱涵预制构件在进行短暂状况设计时，应依据现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）计算其在制作、运输及安装等施工阶段由自重、施工荷载等引起的正截面和斜截面的应力，并应符合其规定。

5.6.2 施工阶段应对箱涵预制构件的吊装、运输进行验算，构件在吊装、运输时，构件重力应乘以动力系数 1.2（对结构不利时）或 0.85（对结构有利时），并可视构件具体情况作适当增减。

5.7 斜交端部设计

5.7.1 斜交箱涵端部设计宜优先选用斜交正做，场地受限时可采取斜交斜做。

5.7.2 箱涵与道路斜交角度不宜大于 30° 。斜交角度大于 30° 的斜交斜做箱涵端部应采用现浇方式建造，并进行特殊设计。

5.7.3 斜交端部可按以下原则进行设计：

1. 斜交角度小于 30° 的箱涵可采用斜交转正交理论进行计算；
2. 斜交角度大于 30° 箱涵可采用三维有限元建模方式进行计算。

条文说明：斜交转正交计算理论即将斜交框架箱涵按结构尺寸换算成正交框架箱涵，在同样的受力条件下计算结构的弯矩和变形情况。随着斜交角度的增大，弯矩朝钝角方向移动，斜交转正交计算理论的计算结果可能产生较大偏差，此时可采用三维有限元模型进行分析。

6 构造规定

6.1 一般构造

6.1.1 公路装配式钢筋混凝土箱涵一般由洞身、洞口等组成。洞身应采用装配式结构及机械化、工厂化施工。

6.1.2 应根据预制构件的运输和安装的需要，在预制构件上应设置吊环，必要时还应设置翻转吊环。

6.1.3 吊环构造要求应符合现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）的要求。

6.1.4 洞身预制节段长度的确定应兼顾考虑经济性、运输尺寸限制以及安装设备的起重能力。

6.1.5 洞身底部宜设置砂砾和混凝土组合垫层，砂砾压实厚度不应小于 400mm，混凝土层厚度不应小于 150mm，强度等级不应低于 C25。垫层宽度应超出洞身外边线不少于 500mm。

6.1.6 置于非岩石地基上的装配式钢筋混凝土箱涵，应每隔 4~6m 设置一道沉降缝，具体位置应根据涵底纵坡、地基土变化情况、填土高度和洞身分段位置而定。

条文说明：本条参考自《公路涵洞设计规范》（JTG/T D65-4）8.1.3，此外沉降设置位置增加考虑洞身分段的位置。沉降缝贯穿整个混凝土箱涵断面（包括基础），部分洞身节段间接缝可视作沉降缝，基础位置应与洞身沉降缝一致。

6.2 洞身设计构造

6.2.1 明涵应在洞身顶部预留钢筋，并设置厚度不小于 80mm 的混凝土现浇层。

条文说明：明涵顶部设置混凝土现浇层是为了减小可能出现的洞身不均匀沉降对路面产生的损害。

6.2.2 明涵洞身节段顶板应设置牛腿并安置搭板。

6.2.3 洞身内壁刚性连接角隅处宜设倒角并配置防劈裂钢筋，倒角尺寸可按以下尺寸设置：

1. 洞身净跨径小于 2m, 倒角宽、高分别为 150mm;
2. 洞身净跨径大于或等于 2m 且小于 3m, 倒角宽、高分别为 200mm;
3. 洞身净跨径大于或等于 3m, 倒角宽、高分别为 300mm。

6.2.4 箱涵洞身最小混凝土保护层厚度应符合现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁设计规范》(JTG 3362) 的相关规定。

6.2.5 箱涵各构件(顶板、底板或侧墙)验算截面最小配筋百分率应按以下方法规定:

1. 当构件按偏心受压构件计算时, 全部纵向钢筋的配筋百分率不应小于 0.5, 当混凝土强度等级 C50 及以上时, 不应小于 0.6; 同时一侧钢筋的配筋百分率不应小于 0.2。
2. 当构件按受弯构件计算时, 构件一侧受拉钢筋的配筋百分率不应小于 $45f_{td}/f_{sd}$, 同时不应小于 0.2。

6.2.6 箱涵主钢筋直径不应小于 10mm, 钢筋间距不应大于 200mm, 同时各主钢筋间横向净距和层与层之间的竖向净距不应小于 30mm, 并不小于钢筋直径。

条文说明: 箱涵各构件同时视作板结构, 本条参考自《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362-2018) 9.1.12和9.3.3。

6.2.7 箱涵内应在垂直于主钢筋方向设置分布钢筋, 分布钢筋直径不应小于 8mm, 间距不应大于 200mm。

6.2.8 斜交箱涵顶板斜交区域的配筋可按以下方式进行配置:

1. 斜交角度小于 15° 时, 顶板斜交区域的配筋可采用扇形布置;
2. 斜交角度为 $15^\circ \sim 30^\circ$ 时, 锐角侧弯矩进行适当增加后进行配筋, 斜交区域配筋可采用扇形布置;
3. 斜交角度大于 30° 时, 根据受力情况设置相应的加强钢筋。

6.3 洞口构造

6.3.1 公路装配式钢筋混凝土箱涵洞口构造应符合现行《公路涵洞设计规范》(JTG/T D65-4) 的规定。

6.3.2 翼墙为预制时, 可采用悬臂式挡土墙或扶壁式挡土墙形式。

6.3.3 公路装配式钢筋混凝土箱涵洞口形式可采用八字式洞口或一字墙式洞口。当箱涵斜交角大于或等于 30° 时, 宜采用八字式洞口。

条文说明：斜角角度大于或等于 30° 时，斜交箱涵的整体扭矩较大，不推荐采用一字墙。

6.3.4 过水公路装配式钢筋混凝土箱涵洞口宜优先选用八字墙式洞口。

6.4 连接构造

6.4.1 洞身节段间连接设计可设计为平接和凹槽式企口连接。，并应保证节段之间的密贴。

6.4.2 凹槽式企口插口宜为斜坡（如图 6.4.2），插口斜坡长度 L 和斜坡高度 t 宜为 80mm 和 20mm。

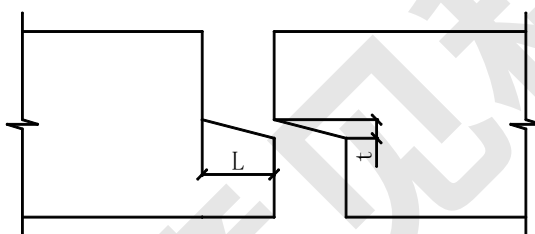


图 6.4.2 凹槽式企口示意图

6.4.3 两构式箱涵（上下分片）洞身分片之间的连接可做为弧面连接或台阶式连接（如图 6.4.3）。弧面连接的凸面半径 r_1 宜为 1.5~3.0m；台阶式连接凸齿宽度 t_1 、 t_2 宜均匀设置，凸齿长度 t_3 不宜小于 8cm。

条文说明：弧面连接形式及凸面半径建议值参考自《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362-2018）9.8.3。台阶式连接的形式及尺寸参考自美国常用涵身竖向分片连接形式。

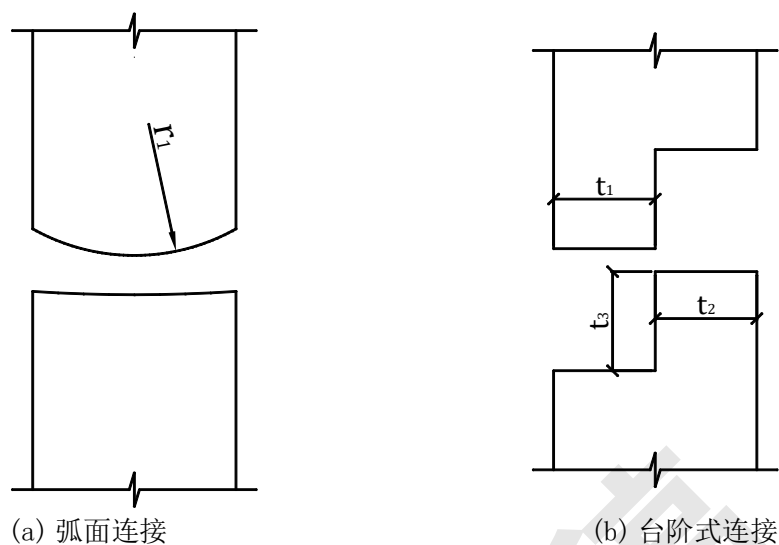


图 6.4.3 涵身竖向分片连接示意图

6.4.4 两构式箱涵（左右分片）洞身分片之间的连接处应预留钢筋，现浇湿接缝连接成整体。

6.4.5 门式箱涵底板对应侧墙墙角处应设置预留凹槽，洞身完成拼装后以水泥砂浆将预留凹槽填充密实。

6.4.6 箱涵预制节段之间、分片式箱涵洞身分片之间接缝应按以下要求采取密封措施：

1. 平接缝内应采用沥青麻絮或橡胶等密封材料密实填塞；
2. 企口缝、竖向分片、U 型箱涵顶板与侧墙连接之间应采用橡胶密封材料密实填塞；
3. 应在构件外侧节段接缝位置两侧至少 200mm 范围内设置防水卷材。

7 构件预制

7.1 预制场地

7.1.1 预制场位置的选定应结合工程建设的自然社会环境、构件数量需求和分布情况等因素综合确定。

7.1.2 预制场的规模应根据模板数量、养生及存储面积等计算确定。

7.1.3 预制场布置应根据浇筑、养生、存储及运输需要进行统筹规划。

7.1.4 预制场的地基应根据地质条件和使用分区进行硬化处理，构件浇筑区、构件存放区台座下地基应加强处治。

7.2 浇筑

7.2.1 箱涵的预制模板应采用专门设计制造的定型模板。模板应具备足够的强度、刚度和稳定性。

7.2.2 箱涵的正式预制前应制定合理的预制、存放、运输等实施方案，并进行场地、设备、材料和工艺等工前检查和试验。

7.2.3 混凝土的浇筑，应按一定厚度、顺序和方向分层进行。浇筑时应保持必要的连续性，允许间歇时间应通过试验确定。

7.2.4 混凝土浇筑时宜采用振动台或附着式振捣器振捣，必要时配合插入式振捣器振捣，应严格控制插入深度和间距。

7.2.5 构件浇筑后宜采用封闭养生棚蒸养，蒸养温度应通过试验合理确定。

7.3 标志

7.3.1 预制件完成预制后，在出厂前应在预制件表面标明预制件的生产企业名称和商标、预制件生产日期、构件尺寸、构件重量、构件编号等信息。从而辅助预制生产的信息化管理。

7.4 存放

7.4.1 预制件堆放场地应坚实平整。预制件应按规格进行分批堆放并采取有效的安全防护措施防止构件在存放过程中发生损坏。

7.4.2 构件存放时应针对不同尺寸的构件限定允许最大堆放层数。

征求意见稿

8 施工

8.1 构件运输

- 8.1.1 箱涵构件运输前，应进行运输通道的检查和修整。
- 8.1.2 箱涵构件运输的机械、设备、车辆、工具、材料等应进行工前和定期检查。
- 8.1.3 运输吊装应在预制构件达到设计强度 90%后进行。
- 8.1.4 箱涵构件在起吊与运输过程中，应轻起轻落，严禁碰撞。

8.2 地基处理

- 8.2.1 基坑开挖前应根据围护结构的类型、工程水文地质条件、施工工艺和地面荷载等因素制定施工方案。
- 8.2.2 质地不均匀可能产生不均匀沉降的地基，应将基坑开挖至质地均匀坚实的位置，或依据现行《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）对不良地基进行地基处理。
- 8.2.3 地基处理后应对地基承载能力进行检验。基底填料厚度、粒径级配、压实度等应满足现行《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）的相关要求。

8.3 垫层施工

- 8.3.1 应根据 6.1.5 要求设置组合垫层。
- 8.3.2 垫层宽度应比洞身外侧宽度没边至少宽 50cm。
- 8.3.3 砂砾垫层应分层摊铺压实，压实度应达到 95%以上。
- 8.3.4 混凝土垫层施工应严格控制平整度，混凝土垫层上两侧宜每隔 3m 设置标高控制点。

8.4 安装

- 8.4.1 箱涵预制节段进行安装前应先将垫层清理干净，混凝土垫层达到设计强度 90% 后方可进行预制节段安装。
- 8.4.2 安装过程中应采取相应措施保障安装的精度。
- 8.4.3 箱涵涵底设有纵坡时，箱涵预制节段宜自下游向上游方向依次安装。
- 8.4.4 洞身预制节段采用企口连接时，应按照先承插端后插口端的顺序依次安装。
- 8.4.5 部分现浇涵洞应在现浇带混凝土浇筑前对结合面进行拉毛处理。
- 8.4.6 洞身现浇部分的浇筑应由低处像高处进行，浇筑完后应及时对混凝土进行养生。

8.5 防水施工

- 8.5.1 箱涵防水施工前应对洞身表面进行清理，确保干净、干燥。
- 8.5.2 填缝材料应填塞密实饱满。
- 8.5.3 接缝内侧及外侧应清理干净，进行拉毛处理后以水泥砂浆进行填充。
- 8.5.4 接缝外侧铺设防水卷材前应沿接缝涂刷防水涂料，防水涂料的涂刷应均匀，不得有流淌、皱折、鼓泡等现象。

8.6 回填

- 8.6.1 台背回填应在箱涵拼装及接缝防水处理完成之后，且垫层混凝土、洞身混凝土现浇部分以及水泥砂浆达到设计强度的 90% 后进行。
- 8.6.2 回填应分层水平对称填筑，压实厚度应小于 200mm。填筑应在结构物两侧同时进行，两侧高差应小于 200mm，并严密监测结构变形。
- 8.6.3 涵洞外侧 50cm 范围内宜采用小型压实设备压实，50cm~200cm 范围内宜采用轻型压路机，重型压路机距涵洞的安全距离应不小于 200cm。
- 8.6.4 回填区底部应设置排水盲沟。

9 质量检验评定

9.1 一般规定

9.1.1 公路装配式钢筋混凝土箱涵工程质量检验评定包含洞身各部分构件、洞口、基础、回填等分项工程。

9.1.2 涵洞现场施工土建部分参照现行《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1）执行。

9.1.3 验收表式采用现行《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1）中分项工程质量检查评定表。

9.2 材料检验

9.2.1 钢筋的安装应保证足够的设计强度等级和设计根数。受力钢筋表面不得有裂纹或其他损伤，钢筋表面无铁锈及焊渣。钢筋的安装应符合表 9.2.1 的规定。

表 9.2.1 钢筋安装质量标准

项次	项目		允许偏差（mm）	检查方法
1	受力钢筋间距	两排以上排距	±5	每构件检查2个断面
		同排	±10	
2	箍筋间距		±10	每构件检查5个间距
3	钢筋骨架尺寸	长	±10	抽查骨架总数的30%
		宽、高	±5	
4	弯起钢筋位置		±20	每个骨架抽查30%
5	保护层厚度		±5	每构件沿模板周边检查8处

9.2.2 箱涵的混凝土强度应保证足够的设计强度等级，混凝土的骨料粒径要求、添加剂使用标准、水质要求等应满足现行建材行业标准《预制混凝土箱涵》（JC/T 2456）的相关要求。

9.3 预制构件检验

9.3.1 箱涵预制件应在明显的部位清晰的标注生产单位、型号、生产日期等信息，应对预制构件的缺陷类型进行说明，并提出对应缺陷的处理方案。

9.3.2 箱涵预制件的尺寸应符合表 9.3.2 的规定。

表 9.3.2 箱涵预制件质量标准

项次	项目	允许偏差 (mm)	检查方法
1	单块构件长度	-20, +10	抽验30%, 每块构件检查2次
2	构件标准宽度、高度	±20	抽验30%, 每块构件检查2次
3	壁厚	0, +10	检查端部及中部的较小值
4	接口尺寸	0, -5	抽验30%, 每块构件检查3次
5	预埋螺栓孔位置	≤5	抽验30%, 每块构件检查3点
6	预留钢筋间距	±10	抽验10%
7	预留钢筋长度	≥设计值	抽验10%

9.3.3 箱涵在预制场内以及运输至施工现场后, 应对预制件的外观进行检查, 箱涵内、外表面应保持平整, 不应有明显的粘皮、塌落、露筋、空鼓、端面碰伤等, 局部蜂窝麻面面积不应超过表面面积的 1%, 局部凹坑深度不应大于 5mm。

9.4 地基处置检验

9.4.1 对地基是否具有足够的地基承载力和压实度进行检验。检验基础的坡度和平面线形是否与设计一致, 确定允许的误差范围。

9.4.2 地基应按表 9.4.2 进行实测:

表 9.4.2 地基实测项目

项次	检查项目	规定值	检查方法
1	地基承载力	达到设计要求	箱涵轴线投影下的地基每 6m 测一处, 且不少于 6 处
2	垫层宽度及厚度	达到设计要求	尺量: 沿涵洞方向每 6m 测一处, 且不少于 3 处
3	垫层压实度	达到设计要求	在各层抽取不少于 3 处进行检测
4	垫层平整度	偏差不得超过 5mm	每 10m 检查 2 处, 每处检查 3 次

9.5 安装检验

9.5.1 箱涵构件的安装应确保箱涵外壁顺直, 接缝平整, 填缝饱满, 无空鼓、裂缝及脱落现象。

9.5.2 箱涵接缝防水措施应按设计规定执行, 确保箱涵接缝无漏水渗水现象。

9.5.3 箱涵主体安装应满足表 9.5.3 的质量控制规定。

表 9.5.3 箱涵安装控制标准

项次	项目	允许偏差 (mm)	检查方法
1	轴线偏位	≤ 20	检查 2 处
2	安装环间隙	≤ 20	检查 3~5 处
3	长度	+100, -50	检查中心线
4	净宽	± 20	检查 3~5 处
5	净高	± 20	检查 3~5 处
6	相邻节段轮廓线企口	≤ 10	每接缝检查 2~4 处

9.6 回填质量控制及检验

9.6.1 预制箱涵的回填区范围应大于设计规定，检验时应沿涵洞方向每 6m 检测 1 处，且不少于 3 处。

本规程用词用语说明

为准确地掌握技术规程条文，对执行规程严格程度的用词特做如下规定：

1. 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
2. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；表示有选择，在一定条件下可以这样做时，采用“可”。