

中华人民共和国行业标准

铁路装配式小桥涵技术规则

TBJ 107—92

1 9 9 2 北 京

关于发布《铁路特殊土路基设计规则》 等六个铁路工程建设标准规范的通知

铁建函 [1992] 276 号

《铁路特殊土路基设计规则》(TBJ35—92)、《铁路装配式小桥涵技术规则》(TBJ107—92)、《铁路程控数字交换通信工程设计规定》(TBJ36—92)、《铁路隧道喷锚构筑法技术规则》(TBJ108—92)、《铁路钢桥高强度螺栓连接施工规定》(TBJ214—92)、和《铁路光缆数字通信工程施工规定》(TBJ215—92)，经审查批准，现予发布，自 1992 年 9 月 1 日起施行。

本规范由部建设司负责解释。

铁 道 部

一九九二年六月四日

编 制 说 明

本规则是根据铁道部铁基[1986]1316号文件的通知，由我院负责主编，铁道部第二十工程局参加，共同编制而成的。

在编制过程中，编制单位开展了以规范内容为对象的专题研究，进行了广泛的调查，并会同西南交通大学、铁道部科学研究院进行了必要的科学试验，总结吸收了国内外的经验，并通过多种途径征求了全国各有关单位的意见，经部审查和协调后定稿。

本规则共分总则、基本规定、构件设计、构件连接设计、抗震设计和抗震措施、构件预制、构件安装等七章，另有三个附录。

我国在铁路建设中采用装配式桥涵已有近四十年的历史，有许多设计、施工方面的经验需要总结。近年来又有许多新技术在发展，还有许多科学试验课题需要研究。在执行本规则的过程中，希各单位结合工程实践和研究成果，总结经验，积累资料。如发现需要修改和补充之处，请将意见和有关资料寄铁道部第一勘测设计院（甘肃兰州和政路 75 号，邮政编码 730000）并抄送铁道部建设司标准科情所（北京丰台北路 24 号燕丰饭店内，邮政编码 100071），供今后修订时参考。

铁道部第一勘测设计院

一九九一年七月

目 录

第一章	总则.....	1
第二章	基本规定.....	2
第三章	构件设计.....	3
第四章	构件连接设计.....	4
第五章	抗震设计和抗震措施.....	7
第六章	构件预制.....	9
第七章	构件安装	12
附录一	优先数和优先数系	15
附录二	模数数列	18
附录三	本规则用词说明	20
附加说明	21
《铁路装配式小桥涵技术规则》条文说明	23

主 要 符 号

- A_g —— 每个吊环钢筋的截面总面积，对双肢吊环，按两个截面积计算；
- a —— 矩形柱截面的长边长度；
- b —— 矩形柱截面的短边长度；
- d —— 圆柱直径；
- $F_{\text{横}}$ —— 接头处横桥方向的水平地震力；
- $F_{\text{顺}}$ —— 接头处顺桥方向的水平地震力；
- G —— 构件自重；
- g —— 重力加速度；
- H —— 柱或构架的高度；
- H_1 —— 涵节高度或圆涵外径；
- h —— 杯形基础杯口的高度；
- h_0 —— 杯形基础柱坑底的厚度，即柱坑底至基底的高度；
- h_1 —— 杯形基础柱坑的深度，即杯形接头杯口至坑底的高度；
- K —— 计算吊环强度时的综合安全系数；
- K_{h} —— 水平地震系数；
- L —— 构件长度；
- M_o —— 基顶最大弯矩；
- M_a —— 对平行于矩形柱截面长边的中性轴的基顶弯矩；
- M_b —— 对平行于矩形柱截面短边的中性轴的基顶弯矩；
- m_b —— 接头以上的恒载质量与活载质量之和；
- m_d —— 接头以上的恒载质量；
- N_1 —— 杯形接头中，柱的轴向压力和柱底冲切破坏锥体范围内的基底反力之差；
- n —— 受力吊环的个数；

- t ——杯形基础杯口的厚度；
- α ——杯形基础杯口顶面以下 **500mm** 的柱表面处至基底边缘的连线与竖直线的夹角；
- σ_s ——吊环钢筋的拉应力；
- $[\sigma_s]$ ——钢筋的容许拉应力；
- $[\sigma_w]$ ——混凝土弯曲受压及偏心受压的容许应力；
- τ_c ——计算剪应力；
- $[\tau_c]$ ——混凝土的容许剪应力。

第一章 总 则

第 1.0.1 条 为促进铁路装配式小桥涵设计的标准化、系列化、提高铁路装配式小桥涵施工的工厂化、机械化水平,制定本规则。

第 1.0.2 条 本规则为国家铁路网中标准轨距铁路装配式小桥涵设计、施工的准则。适用于采用预制预应力混凝土构件、预制钢筋混凝土构件和预制混凝土块件,进行现场装配的小跨度桥梁墩台和涵洞,以及由装配式小跨度桥梁组成的大中桥。

专为工业企业服务的标准轨距铁路和标准轨距地方铁路的装配式小桥涵工程,也可参照本规则执行。

第 1.0.3 条 装配式小桥涵结构必须是几何不变体系。要求构造简单,受力明确,便于制造、运送和安装。

第 1.0.4 条 装配式小桥涵构件的最大尺寸和重量应结合起重、运输工具的能力、道路状况和建筑限界要求确定。应简化构件类型和减少接头数量。

第 1.0.5 条 装配式小桥涵在可能受到撞击、磨损、腐蚀、冻结或冰压力的作用时,构件的相应部位应有足够的防护、加强措施。在上述作用严重的环境中,不宜采用装配式小桥涵。

第 1.0.6 条 装配式小桥涵的设计施工,除应按本规则执行外,尚应符合国家和铁道部现行有关标准规范的规定。

第二章 基本规定

第 2.0.1 条 装配式墩台应检算强度、稳定性和墩台顶的弹性水平位移。混凝土砌块式墩台还应检算墩台身合力偏心；钢筋混凝土和预应力混凝土墩台计算中应考虑振动、温差及混凝土收缩等影响，还应检算局部稳定和抗裂性。

第 2.0.2 条 预制构件应按运送、安装时的实际受力状况，检算其强度及抗裂性。检算时，构件的自重应计入冲击力；运送时冲击系数采用 1.5，安装时冲击系数采用 1.2。

第 2.0.3 条 标准设计的装配式小桥涵构件截面尺寸宜按优先数和优先数系选用（见附录一）。

第 2.0.4 条 标准设计的砌块式装配结构（包括空心砌块）的标志尺寸宜符合模数数列的规定（见附录二）。

注：砌块、构配件等的设计尺寸称为构造尺寸，构造尺寸与缝隙尺寸之和为标志尺寸。

第 2.0.5 条 当装配式桥梁墩台本身为超静定结构时，在有可能发生不均匀沉陷的地基上，不宜采用分离式基础，如采用分离式基础，设计时应考虑由于基础不均匀沉陷而产生的内力。

第 2.0.6 条 设计装配式空心墩台顶帽或轻型墩台帽梁时，应计入活载冲击力，其值采用支座冲击力公式计算。

第 2.0.7 条 构件预制工厂厂址应根据砂石料源、水源、电源条件、结合桥涵分布、构件预制工程量、运输方式、运输距离、工厂规模等因素，经过技术、经济比较选定。

第三章 构件设计

第 3.0.1 条 编制装配式小桥涵的标准图和通用图时，构件设计应注意通用性和互换性，以尽量减少构件类型。

第 3.0.2 条 钢筋混凝土构件的混凝土标号不宜小于 250 号。对于不易更换的重要受力构件或处于易受撞击、磨损环境者，其混凝土标号不应小于 300 号。构件表面应抹平压实，构件棱角除接头截面外，均应切角。

第 3.0.3 条 构件设计时应标注构件型号及重量，并标明吊点和堆放支点位置。两对称面配筋不同而外观又不易分辨的构件还应标注安装部位(上、下、前、后等)。

第 3.0.4 条 预制构件的吊环，应采用 A3 钢筋制作，严禁使用冷加工钢筋。吊环埋入混凝土的深度不应小于 $30d$ 加半圆钩，并应焊接或绑扎在主筋上。未和主筋牢固连接时，应检算吊环钢筋与混凝土的粘结力。吊环位置要布置合理，使吊环及构件受力均匀，吊装时构件平稳。吊环强度按下式计算：

$$\sigma_s = \frac{KG}{nA_s} < [\sigma_s] \quad (3.0.4)$$

式中 σ_s ——吊环钢筋的拉应力(MPa)；

G ——构件自重(N)；

n ——受力吊环个数，当一个构件上设有三个以上吊环时，仍按三个吊环计算，即 $n \leq 3$ ；构件有二个以上吊环而受力不均匀时，应按每个吊环的实际受力情况分别计算；

A_s ——每个吊环钢筋的截面总面积(mm²)。对双肢吊环，按两个截面面积计算；

$[\sigma_s]$ ——钢筋的容许应力(MPa)；

K ——综合安全系数，取 $K=2.6$ (自重冲击系数已考虑在内)。

第四章 构件连接设计

第 4.0.1 条 预制构件的连接形式应根据结构的受力特性和施工条件选定。一般可采用钢筋插孔接头、杯形接头、焊接接头、现浇接头(湿接头)、扣环接头、高强度螺栓接头和预应力接头等。接头应满足强度、刚度、稳定性和耐久性的要求,便于装配,安全可靠。必要时应通过实验分析来确定接头的设计、施工方法。

第 4.0.2 条 当柱与梁式构件间的连接选用钢筋插孔接头(见图 4.0.2)时,应检算插孔钢筋的抗拔、抗剪强度。抗拔强度可按钢筋锚入混凝土的情况计算;接头的全部剪力由钢筋承受。

插孔钢筋一般采用螺纹钢筋,插孔形状一般设计为倒圆台形,下孔直径不宜小于 80mm。

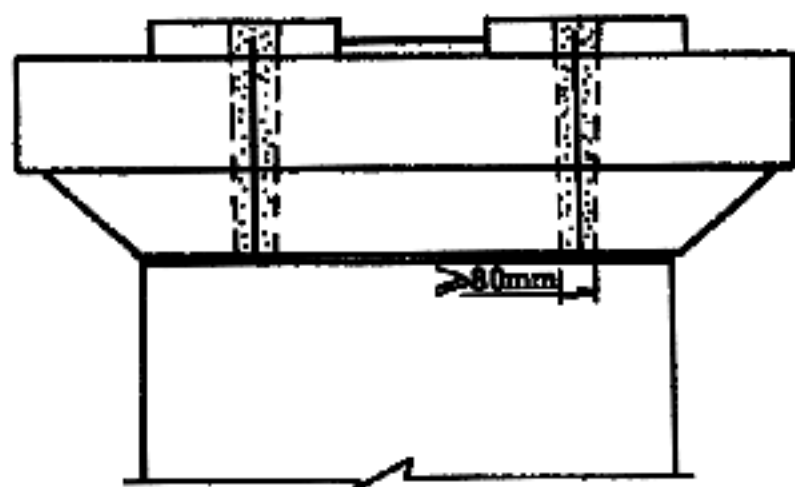


图 4.0.2 钢筋插孔接头

第 4.0.3 条 当柱与基础间选用杯形接头(见图 4.0.3)时,柱坑锚固深度应按下式计算:

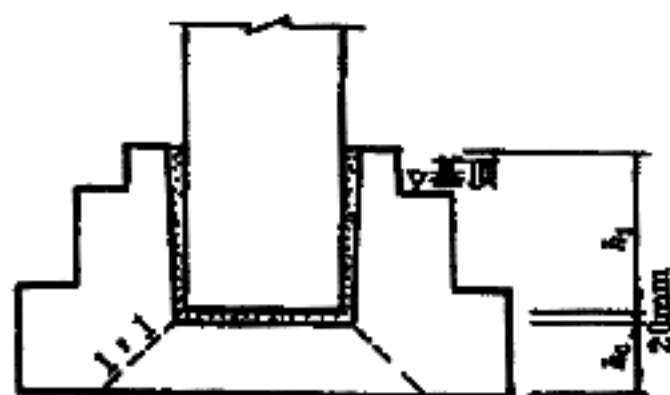


图 4.0.3 杯形接头

一、矩形柱

$$h_1 = \sqrt{\frac{6M_b}{[\alpha_w]b}} \text{ 或 } h_1 = \sqrt{\frac{6M_s}{[\alpha_w]a}}, \text{ 取其较大者; 且 } h_1 \geq 1.4a \quad (4.0.3-1)$$

式中 h_1 ——柱坑的深度, 即杯口至柱坑底的高度(m);
 a ——矩形柱截面长边长度(m);
 b ——矩形柱截面短边长度(m);
 M_s ——对平行于长边的中性轴的基顶弯矩(MN·m);
 M_b ——对平行于短边的中性轴的基顶弯矩(MN·m);
 $[\alpha_w]$ ——混凝土弯曲受压及偏心受压的容许应力(MPa)。

二、圆柱

$$h_1 = \sqrt{\frac{7.6M_s}{[\alpha_w]d}}, \text{ 且 } h_1 \geq 1.4d \quad (4.0.3-2)$$

式中 M_s ——顺桥与横桥方向基顶弯矩中的较大值(MN·m);
 d ——圆柱直径(m)。

第 4.0.4 条 杯形接头柱坑基底冲切应按下列式计算:

一、矩形柱

$$\tau_c = \frac{0.8N_1}{(a+b+2h_0)h_0} \leq [\tau_c] \quad (4.0.4-1)$$

二、圆柱

$$\tau_c = \frac{1.6N_1}{\pi(d+h_0)h_0} \leq [\tau_c] \quad (4.0.4-2)$$

式中 τ_c ——计算剪应力(MPa);
 $[\tau_c]$ ——混凝土的容许剪应力(MPa);
 N_1 ——柱的轴向压力和柱底冲切破坏锥体范围内的基底反力之差(MN);
 h_0 ——柱坑底厚度, 即坑底至基底的高度(m);
其余符号意义同前。

第 4.0.5 条 杯形接头杯口处构造应符合下列要求(见图 4.0.5);

- 一、厚度 $t \geq 500\text{mm}$;
- 二、高度 $h \leq 500\text{mm}$;
- 三、杯口和坑壁周围应设置构造钢筋加固。

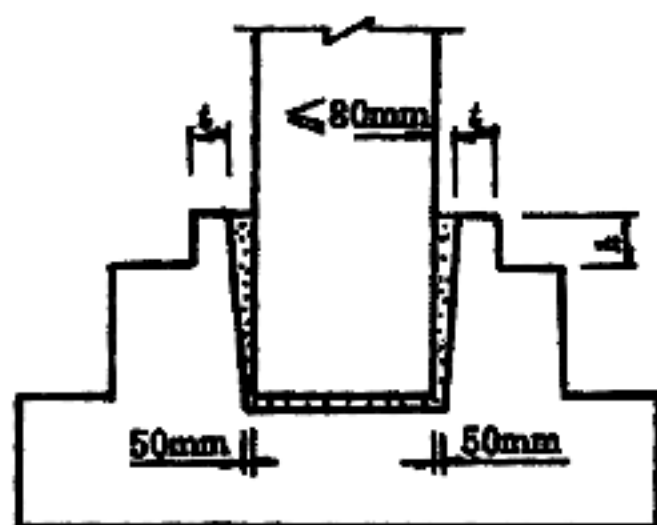


图 4.0.5

第 4.0.6 条 杯形接头杯口顶面以下 500mm 的柱表面处至基底边缘的连线与竖直线的夹角 α (见图 4.0.6), 对于混凝土圬工不应大于 45° , 否则应采取配筋或加厚基础措施。

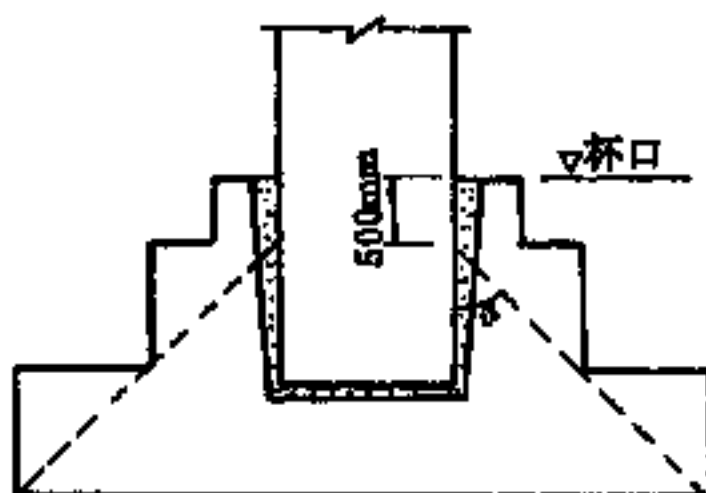


图 4.0.6

第 4.0.7 条 填塞接头的小石子混凝土标号宜比预留孔所在构件的混凝土标号提高一级, 可采用半干硬性微膨胀混凝土或掺加适量复合膨胀剂的混凝土。

第五章 抗震设计和抗震措施

第 5.0.1 条 地震区装配式小桥涵应合理地选择结构形式、构件尺寸和配置纵向钢筋与箍筋,以避免剪切先于弯曲破坏、混凝土的压溃先于钢筋的屈服、钢筋的锚固粘结先于构件破坏。

第 5.0.2 条 地震区装配式小桥涵结构的各构件之间的连接应符合下列要求:

- 一、构件节点的强度不应低于其连接构件的强度;
- 二、预埋件的锚固强度不应低于连接件的强度;
- 三、各构件的连接应能保证结构需要的整体性。

第 5.0.3 条 由砌块组成的装配式小桥不宜用于 9 度地震区。

第 5.0.4 条 地震区装配式小桥钢筋混凝土构件的标号不宜低于 300 号,纵向钢筋宜采用 A5、T20MnSi 螺纹钢筋,箍筋宜采用 A3 钢筋。

第 5.0.5 条 地震区桥涵施工时,不宜以强度等级较高的钢筋代替原设计中的钢筋,如必须代换钢筋时,应按钢筋总拉力设计值相等的原则进行代换。

第 5.0.6 条 柱顶与帽梁间钢筋插孔接头的水平地震力应按下列下式计算:

一、顺桥方向

$$F_H = 1.5K_h \cdot m_d \cdot g \quad (5.0.6 - 1)$$

式中 F_H ——接头处顺桥方向的水平地震力(kN);

K_h ——水平地震系数,按《铁路工程抗震设计规范》(GBJ111—87)规定采用;

m_d ——接头以上的恒载质量(t);

g ——重力加速度(m/s^2)。

二、横桥方向

$$F_{ht} = 1.5K_h \cdot m_b \cdot g \quad (5.0.6 - 2)$$

式中 F_{ht} ——接头处横桥方向的水平地震力(kN)；

m_b ——接头以上的恒载与规定计入的活载之和(t)；I、II级铁路活载只计入50%，其余各级铁路不计活载。

第5.0.7条 地震区的装配式小桥涵结构中，柱的尺寸和钢筋应符合下列规定：

一、矩形截面的短边长度不应小于300mm，短边长度与长边长度之比不应小于0.4。

二、纵向钢筋的截面配筋率(钢筋截面积与混凝土全截面积之比)不应小于1%，也不宜大于6%。

三、纵向钢筋的接头应采用焊接接头，但在同一截面上钢筋接头的数目不应多于每隔一根一个接头。沿钢筋的纵轴方向相邻的接头间距不应小于600mm。箍筋直径不应小于8mm。

四、柱两端横向钢筋加密区长度和最大间距除剪力要求外按表5.0.7采用。

柱两端横向钢筋加密区长度和最大间距 表5.0.7

地震烈度	最大间距	布置长度
7度	柱截面短边长度的1/4、150mm或纵筋直径的8倍，取其较小者。	①柱上端与帽梁底面连接处和柱下端与基础顶面连接处的截面分别为上、下端的连接面。每端从连接面起500mm、柱体净高的1/6或截面长边尺寸，取其较大者，为横向钢筋的加密区长度。 ②对刚性接头，横向钢筋的加密区应从连接面起向连接构件(如承台或杯形基础)方向延伸不小于柱截面长边尺寸的1/2或400mm，取其较大者。 ③柱的净高与截面高度之比小于4的柱，加密区为柱的全高。
8度、9度	柱截面短边长度的1/4、100mm或纵筋直径的6倍，取其较小者。	

第六章 构件预制

第 6.0.1 条 水泥品种宜采用不小于 425 号的硅酸盐水泥、普通水泥。当构件要求高强、耐冻、抗磨或要求缩短制造周期时,宜采用不小于 325 号的快硬水泥。一般不得使用火山灰水泥及粉煤灰水泥。

第 6.0.2 条 厂制钢筋混凝土构件所用粗骨料的最大粒径,不得超过板厚的 $1/2$ 和构件截面最小尺寸的 $1/4$; 同时也不得大于钢筋最小净距的 $3/4$ 。最大粒径不得超过 100mm。

第 6.0.3 条 构件模板设计应尽量减少类型符合系列标准化要求,以提高通用性、互换性,增加使用次数。模板应接合严密,拆装方便。模板的尺寸偏差、强度、刚度应能保证构件的预制精度。

第 6.0.4 条 根据预制构件批量大小,可分别采用钢模或木模。钢模基本钢材可采用 A3。钢模设计、安装、拆除、维修保养和质量要求,可参照铁道部现行的《铁路组合钢模板技术规则》执行。

第 6.0.5 条 构件混凝土应采用机械振实。一般采用小功率高频附着式振动器和低频振动台,条件许可时也可采用插入式振动器。

第 6.0.6 条 对一般的竖立灌注涵节,内模为整体时应设提升锥坡;外模分片连结,应注意防止强振下松动。内外模板间应有控制壁厚的措施。

第 6.0.7 条 对采用机械振实的厂制构件,混凝土坍落度宜控制为 10~20mm。

第 6.0.8 条 混凝土应分层灌注,逐层振实,首次开动振动器之前,第一层混凝土应有一定数量或一定厚度。

第 6.0.9 条 预制构件应根据地形和设备条件,分别选用适当的养护方式。为了缩短施工周期,批量厂制构件可采用快硬混凝土和加热养护。构件加热养护后,不得骤然降温或暴晒,必须继续

做好补充养护。

第 6.0.10 条 预制构件拆模后,除按设计要求标明构件型号、重量、吊点、支点位置外,还应标明灌注日期和安装方位,划出轴线和立柱埋置线。对砂浆或小石子混凝土结合部位应拉毛、凿毛,预留孔位置不准者,必须修凿改正。构件堆放时,应考虑到安装、运输次序。

第 6.0.11 条 构件预制的容许偏差应符合表 6.0.11 的规定。

构件预制的容许偏差

表 6.0.11

序号	项 目		容许偏差(mm)	备 注	
1	长 度	板、梁	+10 —5		
		柱	+5 —10		
		块体	±5		
2	截面尺寸	梁、柱、块体		±5	
		板	宽	±5	
			厚	+4 —2	
		对角线差		10	
3	表面平整	板、梁、柱和块体的表面		5	用 2m 靠尺检查
4	侧向弯曲	梁、柱		$L/750$ 且不大于 20	L 为构件长度 (mm)
		板、块体		$L/1000$ 且不大于 20	
5	预埋件	螺栓中心线位置		5	
		螺栓外露长度		+10 —5	
		其它预埋件中心线位置		10	
6	预留孔	孔中心的位置		10	
		孔的尺寸		+10 0	
7	预应力构件	预留孔道的位置		3	

注:表中“板”指板式构件,不包括涵洞盖板;“梁”指梁式构件,不包括桥跨结构,下同。

第 6.0.12 条 矩形涵和圆涵涵节预制的容许偏差应符合表 6.0.12 的规定。

第七章 构件安装

第 7.0.1 条 构件安装前,应根据构件大小、重量、运输车辆和起吊设备的类型,检查、整修通往工点的便道,确保构件及设备的顺利运入。

第 7.0.2 条 工点场地的布置,应考虑吊机行走和操作范围、构件堆放、安装顺序、车辆运输方便、节约占地面积和人员操作安全等因素,合理安排。

第 7.0.3 条 构件运输和堆放应符合下列规定:

一、构件运输时的混凝土强度,除有明确规定者外,不应低于设计标号的 70%。

二、构件的支承位置和方法应符合原设计要求,或经验算其受力情况,不应引起混凝土的超应力和开裂变形。

第 7.0.4 条 构件装配前应作好以下准备工作:

一、对经检验合格出厂的构件,应进行丈量验收。

二、对插孔钢筋和预埋件应严格整形除锈。

三、复查基底的处理情况,复测基底或基顶的尺寸、中线、高程,设置装配过程所需的控制桩。

四、清刷、湿润构件的结合部位。

第 7.0.5 条 构件起吊时,应符合下列规定:

一、起吊点应符合设计规定位置。

二、起吊绳索与水平面所成的角度不应小于 60° 。对于较小夹角,应经过检算或采用吊架起吊。

第 7.0.6 条 基础构件装配应在检验合格的地基上,按设计方位、高程和构件设计位置依次进行,一般从墩台或涵洞中心向四周或两端砌置,对双层或多层叠砌构件,宜采有先试安装,压平,调整砂浆,再正式安装就位的方法,即两次就位法施工。每层正位后,立即进行竖向砂浆或小石子混凝土填实,在装配过程中,严禁碰

第七章 构件安装

第 7.0.1 条 构件安装前,应根据构件大小、重量、运输车辆和起吊设备的类型,检查、整修通往工点的便道,确保构件及设备的顺利运入。

第 7.0.2 条 工点场地的布置,应考虑吊机行走和操作范围、构件堆放、安装顺序、车辆运输方便、节约占地面积和人员操作安全等因素,合理安排。

第 7.0.3 条 构件运输和堆放应符合下列规定:

一、构件运输时的混凝土强度,除有明确规定者外,不应低于设计标号的 70%。

二、构件的支承位置和方法应符合原设计要求,或经验算其受力情况,不应引起混凝土的超应力和开裂变形。

第 7.0.4 条 构件装配前应作好以下准备工作:

一、对经检验合格出厂的构件,应进行丈量验收。

二、对插孔钢筋和预埋件应严格整形除锈。

三、复查基底的处理情况,复测基底或基顶的尺寸、中线、高程,设置装配过程所需的控制桩。

四、清刷、湿润构件的结合部位。

第 7.0.5 条 构件起吊时,应符合下列规定:

一、起吊点应符合设计规定位置。

二、起吊绳索与水平面所成的角度不应小于 60° 。对于较小夹角,应经过检算或采用吊架起吊。

第 7.0.6 条 基础构件装配应在检验合格的地基上,按设计方位、高程和构件设计位置依次进行,一般从墩台或涵洞中心向四周或两端砌置,对双层或多层叠砌构件,宜采有先试安装,压平,调整砂浆,再正式安装就位的方法,即两次就位法施工。每层正位后,立即进行竖向砂浆或小石子混凝土填实,在装配过程中,严禁碰

撞。

第 7.0.7 条 涵身及墩台身构件装配应在基础构件的接缝砂浆或小石子混凝土达到设计规定的强度后进行。

接头和接缝所用的砂浆或小石子混凝土,必须按照设计要求配制。

第 7.0.8 条 装配式涵洞应从线路中心向上下游两端依次进行涵节安装。

第 7.0.9 条 墩台构件的装配应符合下列规定;

一、墩台构件的装配宜采用两次就位法,利用构件上的划线和测量仪器严格控制中线、高程和垂直度。

二、构件安装就位后应采取临时固定措施,以保证构件稳定。

构件安装的容许偏差

表 7.0.12

序号	项 目		容许偏差 (mm)
1	杯形基础	轴线偏移	10
		杯底安装高程	0 —10
2	柱或构架	轴线偏移	5
		垂直度	$H \leq 5m$ 5
			$H > 5m$ 10
3	墩台高程	支承垫石	0 —15
		每片混凝土梁一端 两支承垫石高差	3
		每孔混凝土梁一端 两支承垫石高差	5
		无支座梁垫石 顶面高差	5
4	板 块	邻块间表面高差	5

注: H 为柱或构架高度。

三、构件安装就位后,必须经过校正无误,方可填实接头砂浆或小石子混凝土,所有嵌缝或插孔混凝土均应逐层插捣密实,并指定专人负责养生。

第 7.0.10 条 装配式涵洞、墩台均应在接头、接缝达到设计规定强度后,才能按规定要求进行路基缺口回填或架梁。

第 7.0.11 条 装配桥涵构件时,必须遵守有关安全规定。当高度在 **2m** 及以上时,应遵守高处作业的有关规定。六级及以上大风时应停止吊装及装配作业。

第 7.0.12 条 构件安装的容许偏差,应符合表 **7.0.12** 的规定。

附录一 优先数和优先数系

本附录系根据有关的国家标准，结合铁路装配式桥涵设计、施工的特点和需要编制的。

优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 或 $\sqrt[80]{10}$ ，且项值中含有 10 的整数幂的理论等比数列导出的一组近似等比的数列。各数列分别用符号 **R5**、**R10**、**R20**、**R40** 和 **R80** 表示，称为 **R5** 系列、**R10** 系列、**R20** 系列、**R40** 系列和 **R80** 系列。

优先数系中的任一个项值均为优先数。

优先数系的基本系列和补充系列见附表 1.1 和附表 1.2。

优先数系基本系列

附表 1. 1

基本系列 (常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40	
1. 00	1. 00	1. 00	1. 00	1. 0000
			1. 06	1. 0593
		1. 12	1. 12	1. 1220
			1. 18	1. 1885
		1. 25	1. 25	1. 2589
			1. 32	1. 3335
		1. 40	1. 40	1. 4125
			1. 50	1. 4962
		1. 60	1. 60	1. 5849
			1. 70	1. 6788
1. 60	1. 60	1. 80	1. 80	1. 7783
			1. 90	1. 8836
		2. 00	2. 00	1. 9953
			2. 12	2. 1135
		2. 24	2. 24	2. 2387
			2. 36	2. 3714
		2. 50	2. 50	2. 5119
			2. 65	2. 6607
		2. 80	2. 80	2. 8184
			3. 00	2. 9854
2. 50	2. 50	3. 15	3. 15	3. 1623
			3. 35	3. 3497
		3. 55	3. 55	3. 5841
			3. 75	3. 7584
		4. 00	4. 00	3. 9811
			4. 25	4. 2170
		4. 50	4. 50	4. 4668
			4. 75	4. 7315
		5. 00	5. 00	5. 0119
			5. 30	5. 3088
4. 00	4. 00	5. 60	5. 60	5. 6234
			6. 00	5. 9566
		6. 30	6. 30	6. 3096
			6. 70	6. 6834
		7. 10	7. 10	7. 0795
			7. 50	7. 4989
		8. 00	8. 00	7. 9433
			8. 50	8. 4140
		9. 00	9. 00	8. 9125
			9. 50	9. 4406
10. 00	10. 00	10. 00	10. 00	10. 0000

优先数系的补充系列 R80

附表 1.2

1.00	1.60	2.50	4.00	6.30
1.03	1.65	2.58	4.12	6.50
1.06	1.70	2.65	4.25	6.70
1.09	1.75	2.72	4.37	6.90
1.12	1.80	2.80	4.50	7.10
1.15	1.85	2.90	4.62	7.30
1.18	1.90	3.00	4.75	7.50
1.22	1.95	3.07	4.87	7.75
1.25	2.00	3.15	5.00	8.00
1.28	2.06	3.25	5.15	8.25
1.32	2.12	3.35	5.30	8.50
1.36	2.18	3.45	5.45	8.75
1.40	2.24	3.55	5.60	9.00
1.45	2.30	3.65	5.80	9.25
1.50	2.36	3.75	6.00	9.50
1.55	2.43	3.87	6.15	9.75

选用优先数为构件截面尺寸时,可按下列步骤进行:

一、先根据受力需要或其他要求拟定截面的初步尺寸。

二、选定合理的系列。只要能满足要求,就应遵循“先疏后密”的原则,尽可能选用基本系列。选择的顺序是,R5、R10、R20、R40。仅在参数分级很细或基本系列中的优先数不能适应实际情况时,方可采用补充系列。

三、从选定的系列中选用与初步拟定的尺寸相近的优先数,作为构件截面的新尺寸。也可用截面积和抗弯截面模量相近的原则选取优先数作为构件截面的新尺寸。

四、对新确定的构件截面进行检算。

五、如截面尺寸还需修改,另行选用原定的系列中的优先数再对构件截面进行检算,直至满足要求为止。

附录二 模数数列

本附录系根据有关的国家标准和铁道行业标准结合铁路装配式桥涵设计、施工的特点和需要编制的。

表中基本模数数列和扩大模数数列 **M**、**3M**、**5M**、**10M**、**15M**、**30M**、**40M**、**60M** 主要用于装配式桥涵砌块边长、间距和总轮廓等的标志尺寸,必要时数列可以延长。

分模数 **1/10M**、**1/5M**、**1/2M** 的数列,主要用于缝隙、构造细节、构配件的截面等处。

模 数 数 列 (mm)

附表 2

基本模数	扩 大 模 数							分 模 数		
M	3M	5M	10M	15M	30M	40M	60M	$\frac{1}{10}M$	$\frac{1}{5}M$	$\frac{1}{2}M$
100	300	500	1000	1500	3000	4000	6000	10	20	50
100	300							10		
200		500						20	20	
300	600							30		
400	900							40	40	
500		1000	1000					50		50
600	1200							60	60	
700	1500	1500		1500				70		
800	1800							80	80	
900		2000	2000					90		
1000	2100							100	100	100
1100	2400							110		
1200		2500						120	120	
1300	2700							130		
1400	3000	3000	3000	3000	3000			140	140	
1500	3300							150		150
1600		3500						160	160	
1700	3600							170		
1800	3900							180	180	
1900		4000	4000			4000		190		
2000	4200							200	200	200
2100	4500	4500		4500				220		
2200	4800							240		
2300		5000	5000							250
2400	5100							260		
2500	5400							280		
2600		5500						300	300	
2700	5700							320		
2800	6000	6000	6000	6000	6000		6000	340		
2900	6300									350
3000		6500						360		
3100	6600							380		
3200	6900							400	400	
3300		7000	7000							450
3400	7200									500
3500	7500	7500		7500						550
3600		8000	8000			8000				600
		8500								650
		9000	9000	9000	9000					700
		9500								750
		10000	10000							800
				10500						850
			11000							900
			12000	12000	12000	12000	12000			950
					15000					1000
						16000				
						18000	18000			
						20000				
						21000				
						24000	24000			
						27000				
							28000			
						30000	30000			
							32000			
						33000				
						36000	36000			

附录三 本规则用词说明

执行本规则条文时,对于要求严格程度的用词说明如下,以便在执行中区别对待。

1.表示很严格,非这样作不可的用词;

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

2.表示严格,在正常情况下均应这样作的用词;

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

3.表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样作的用词;

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

附加说明

本规则主编单位、参加单位和 主要起草人名单

主 编 单 位： 铁道部第一勘测设计院

参 加 单 位： 铁道部第二十工程局

主要起草人： 李正扬 黎少蒲 陈 勉
陈演武 王永清 郑建秋

《铁路装配式小桥涵技术规则》

条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题以及在执行中应注意的事项等予以说明。为了减少篇幅,只列条文号,未抄录原条文。

第 1.0.1 条 我国在铁路建设中采用装配式桥涵已有近四十年的历史。七十年代以来,已开始在铁路干线上大量采用,并建成了由装配式桥梁组成的特大桥。装配式桥涵种类繁多,具有省材料、缩短工期、便于工厂化制造、机械化施工,便于进行质量控制等优点,在适宜的条件下采用,有较高的社会、经济效益,今后将会得到更广泛的应用。为此有必要制定相应的标准,以统一一些重要的原则,作为设计、施工的依据。

本规则中的“小桥涵”系指涵洞和跨度 $\leq 16\text{m}$ 的小跨度桥梁。由装配式小跨度桥梁组成的大中桥也应按本规则设计和施工。

第 1.0.3 条 所谓几何不变体系是指在外力作用下,不考虑材料的变形时,几何形状及位置能保持不变的结构。

装配式小桥涵是由若干预制构件在现场装配而成的,为了桥涵的稳定和安全并便于设计、制造、运送及安装,构件必须构造简单,受力明确,通过接头构成一个几何不变体系的整体。

第 1.0.4 条 装配式桥涵的构件一般选择适宜地点,集中预制,然后分送各工点,因此,在设计构件最大尺寸和重量时,应考虑运输工具的载重能力,道路状况和建筑限界要求,同时还应考虑施工单位所用吊机的起吊能力。为了便于管理及互换,节约模板,应尽可能简化构件类型。接头是一个薄弱环节,尽量减少接头数量,既可以减少现场的装配工作量,又能更好保证结构的整体性。

第 1.0.5 条 装配式墩台多数采用钢筋混凝土构件,保护层只有数厘米,不如实体墩台耐撞、耐磨,也不易根据具体情况进行补强。因此在有可能受到撞击、磨损、腐蚀、冻结或冰压力的环境中采用装配式墩台时,应采取可靠的防护加强措施,如加设破冰棱、分水尖、防护套及提高混凝土标号、选用抗腐蚀混凝土、加大保护层厚度等,以避免装配式墩台、涵洞直接承受流石、流木、流冰的撞击、磨损和环境水的侵蚀。

第 1.0.6 条 本规则是针对装配式小跨度桥梁墩台和涵洞的特点编制的,没有概括设计、施工的一般性内容。装配式小桥涵的设计施工,除应按本规则执行外,尚应符合《铁路桥涵设计规范》(TBJ2—85)、《铁路工程抗震设计规范》(GBJ111—87)、《铁路桥涵施工规范》(TBJ203—86)、《铁路混凝土及砌石工程施工规范》(TBJ210—86)和《铁路桥涵工程质量评定验收标准》(TBJ415—87)的要求。

第 2.0.2 条 装配式小桥涵的预制构件在运送及安装过程中的受力状况往往与运营状态的受力状态不同,因此构件设计还必须按运送、安装的实际受力情况进行检算。如预制墩柱,运营状态为受压杆件,但在运送、装吊过程中,系由垫木或吊环临时支承,构件变成了受挠杆件,因此,墩柱除按压杆检算外,同时还要根据支撑或吊环位置按受挠杆件加以检算。垫木或吊环位置,直接影响着受挠杆件的内力,应予合理选定。

关于构件运送,安装检算时的冲击系数(或称动力系数),本规则规定:在构件自重计算中,应计入冲击系数,运送时采用 1.5,安装时采用 1.2。自重冲击系数的规定与《铁路桥涵设计规范》(TBJ2—85)和建工部门的规定是一致的。

第 2.0.3 条 优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 或 $\sqrt[80]{10}$,且项值中含有 10 的整数幂的理论等比数列导出的一组近似等比数列。例如以 $\sqrt[5]{10}$ 为公比, a 为 10 的整数幂,那么 $a, a\sqrt[5]{10}, a(\sqrt[5]{10})^2, a(\sqrt[5]{10})^3, a(\sqrt[5]{10})^4, 10a$ 就是符合上述要求的一组等比

数列。

取 $a=10$, 用经过圆整的数值代替精确计算值, 可得到 10, 16, 25, 40, 63, 100。

a 取 10 的不同次整数幂, 此数列可以向两个方向延伸, 这就是优先数系中的 **R5** 系列。数列中每五项数值增大 10 倍。以 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 和 $\sqrt[80]{10}$ 为公比时, 还可以形成分级更细的 **R10**、**R20**、**R40** 和 **R80** 系列。数列中分别以每 10 项、20 项、40 项、80 项, 其数值增大 10 倍。它适用于各种量值的分级, 在确定产品的参数和参数系列时, 具有显著的优点, 被广泛地采用。其基本系列和补充系列见附录一。

关于优先数和优先数系, 有三个国际标准: **ISO03—1973**、**ISO17—1973** 和 **ISO497—1973**。我国现行的国家标准 **GB321—80** 中, 也有详尽的规定。作为一项基础标准, 已在许多部门和专业广泛应用。

优先数和优先数系具有很多优点。它是一种经济合理的数值分级制度, 是统一和简化的基础。一种产品往往同时在不同场合由不同人员设计和制造, 产品的一个参数常常影响到与其有配套关系的一系列产品的有关参数。如果没有一个共同遵守的选用数据的准则, 势必造成同一种产品的尺寸参数杂乱无章, 品种规格过于繁多, 无法经济地组织生产, 也不利于使用和维修。

优先数系是国际上统一的数值分级制度, 可用于能用数值表示的各种量值的分级。凡是在取值上具有一定程度的自由选择余地的参数系列, 都可选用优先数系。它为技术经济上的统一、简化和产品参数的协调提供了基础。

按优先数选定的参数和系列, 在标准化发展过程中(从企业标准发展到部标准、国家标准等), 可望保持不变, 这在技术上经济上都有很大的意义。

优先数系是等比数列, 故任意个优先数的积和商仍为优先数。它还具有广泛的适应性。优先数系中包含有各种不同公比的

系列,因而可以满足较密和较疏的分级要求。由于较疏系列的项值包含在较密的系列之中(**R10**中有**R5**的项值,**R20**中有**R10**、**R5**的项值等),故随着生产的发展,必要时可以插入中间值使较疏的系列变为较密的系列,而原来的项值保留不变。在参数范围很宽时,从制造和使用的需要量和经济性考虑,在不同的参数区间需要采用公比不同的系列时,可分段选用最适宜的基本系列和派生系列,以构成复合系列。在参数取值受到特殊限制时,还可采用化整值系列。我国机械、冶金等部门采用优先数系以来,统一、简化了产品规格、增加了产品的通用性,在技术上和经济上都收到了很大成效。在铁路工程上,除轨距、限界、桥梁跨度等有明确规定外,其它不少尺寸往往是根据需要确定的,或是根据计算结果加以调整得来的,带有一定的任意性。较小的尺寸,如构件截面的边长,常按**2cm**一级或**5cm**一级扩大;较大的尺寸,如构件长度、高度等则常按**10cm**一级或**50cm**一级扩大。这样,虽然遵照同样规范,承受同样的外力,但由不同设计人员计算设计出的图纸,在尺寸上有数厘米甚至更大的差异,是很常见的。采用优先数系,给设计人员提供一种合理的、可供共同遵守的选用数据的准则,是十分重要的。在装配式结构的设计中,采用优先数系的意义,尤为重大。其主要优点有:

1. 采用优先数和优先数系,可以使参数、尺寸分级比例合理。例如截面边长为**20cm**,增加**5cm**,相对差为**25%**;当边长为**80cm**时,增加**5cm**,相对差仅为**6.25%**。而优先数系是等比数列,即是一种相对差不变的数列,不会造成尺寸分级过疏过密的不合理现象。

2. 可以简化、统一构件的规格,减少构件类型和模板种类。以铁道部某两册通用图为例,有三种构件都是矩形截面,采用**5cm**进级,共有**53**种截面,最小的尺寸为**40cm×30cm**,最大的为**100cm×75cm**(详见附表 2.0.3—1)。如果边长采用优先数系中的**R20**系列,在不降低(个别接近)截面面积 **A** 和抗弯截面模量 **W**

的前提下,对原截面的边长进行调整,就可统一为 **23** 种截面(详见附表 **2.0.3—2**),截面种类减少了 **56.6%**。截面较原截面增加的面积,多数不超过 **5%**,只有个别截面超过 **10%**,最大者为 **12.7%**。抗弯截面模量 **W** 除两个截面减小 **0.3%** 外,其余均有所增大,最大者增大 **33.3%**。虽然调整后混凝土用量略有增加,但统一、简化构件规格的成果所带来的其它方面的优越性,是十分明显的。如果没有这一选用数据的共同准则,将会造成尺寸、规格种类过多,给设计、施工造成许多不便。

3. 在进行个别工程(或产品)设计时,各种参数如采用优先数,则在条件成熟时,该设计纳入同类工程(或产品)的标准设计系列的可能性会大大增加。

4. 如果标准设计的某些局部或全部尺寸按同一公比的优先数系放大或缩小,则这些局部或整体具有几何相似性。由几何相似和力学相似项间存在的函数关系,有可能在标准设计中根据相似设计的原理,简化一部分标准设计的工作量。

5. 增加了钢模板的利用率和通用性。采用优先数系的构件制造的钢模板,将提高其适用性,即使个别工点的设计,其中许多模板和设备也将有可能被再次利用。更有利于纳入标准设计系列。这对降低铁路工程的成本,提高经济效益的作用,是显而易见的。

当然,并不是在所有的领域都适于使用优先数和优先数系。例如,在砌块式工程中,砌块尺寸就以采用模数制为宜,简括地说,尺寸或参数为相加(相减)关系时,宜采用模数制;尺寸或参数为相乘相除关系时,宜采用优先数系。

本条规定了标准设计的装配式小桥涵构件截面尺寸宜按《优先数和优先数系》的规定选用。现举例如下:

[例]根据计算的结果初步拟定某装配式桥墩矩形柱的截面尺寸约为 **60cm×42cm**,试确定其正式采用的截面尺寸。

根据各种因素确定选用 **R20** 系列(见说明表 **2.0.3—1~2**)。

选用 **63cm×40cm** 为新截面尺寸,并对此新截面进行检算,结

果能满足要求。如选用较小的 $50\text{cm} \times 45\text{cm}$ 或 $63\text{cm} \times 35.5\text{cm}$ 截面进行检算,则均不能满足要求。故确定此柱正式采用的截面尺寸为 $63\text{cm} \times 40\text{cm}$ 。

某通用图采用的截面

说明表 2.0.3—1

截面 编号	A (cm)	B (cm)	$s=A \cdot B$ (cm^2)	$W=A^2B/6$ (cm^3)	截面 编号	A (cm)	B (cm)	$s=A \cdot B$ (cm^2)	$W=A^2B/6$ (cm^3)
1	40	30	1200	8000	28	75	50	3750	46875
2	40	35	1400	9333	29	75	55	4125	51563
3	45	30	1350	10125	30	75	60	4500	56250
4	45	35	1575	11813	31	75	65	4875	60938
5	45	45	2025	15188	32	75	70	5250	65625
6	50	30	1500	12500	33	80	50	4000	53333
7	50	35	1750	14538	34	80	60	4800	64000
8	50	40	2000	16667	35	80	70	5600	74667
9	50	45	2250	18750	36	85	40	3400	48167
10	50	50	2500	20833	37	85	45	3825	54188
11	55	45	2475	22688	38	85	50	4250	60208
12	55	50	2750	25208	39	85	55	4675	66229
13	60	35	2100	21000	40	90	45	4050	60750
14	60	40	2400	24000	41	90	50	4500	67500
15	60	45	2700	27000	42	90	55	4950	74250
16	60	50	3000	30000	43	90	60	5400	81000
17	60	55	3300	33000	44	95	45	4275	67688
18	65	35	2275	24646	45	95	50	4750	75208
19	65	40	2600	28167	46	95	60	5700	90250
20	65	45	2925	31688	47	95	65	6175	97771
21	65	50	3250	35208	48	100	50	5000	83333
22	65	55	3575	38729	49	100	55	5500	91667
23	70	40	2800	32667	50	100	60	6000	100000
24	70	45	3150	36750	51	100	65	6500	108333
25	70	50	3500	40833	52	100	70	7000	116667
26	70	55	3850	44917	53	100	75	7500	125000
27	70	60	4200	49000					

优先数系截面

说明表 2.0.3—2

A (cm)	B (cm)	$s=A \cdot B$ (cm ²)	$W=A^2B/6$ (cm ³)	R20 系列 所取代的截面
40	31.5	1260	8400	1
45	31.5	1418	10631	2 3
50	31.5	1575	13125	4 6
50	35.5	1775	14792	7
50	40	2000	16667	8
50	45	2250	18750	9 5
63	35.5	2237	23483	13
63	40	2520	26460	10 11 14 18
63	50	3150	33075	16 20
71	40	2840	33607	23 12 15 19
71	50	3550	42008	17 21 22 24 25
80	45	3600	48000	36
80	50	4000	53333	26 28 33
80	56	4480	59733	27 29
80	63	5040	67200	30 31 34
90	45	4050	60750	37 40
90	50	4500	67500	38 41 44
90	63	5670	85085	32 35 43
100	50	5000	83333	39 42 45 48
100	56	5600	93333	49
100	63	6300	105000	46 47 50
100	71	7100	118333	51 52
100	80	8000	133333	53

第 2.0.4 条 国家标准《建筑模数协调统一标准》(GBJ2—86)及其前身《建筑统一模数制》(GBJ2—73)为建工部门长期采用,对于协调建筑尺寸,起了重要的作用。混凝土砌块式装配桥涵的尺寸协调问题与建筑业非常相近。为了统一和协调砌块式桥涵的尺寸,规定了用于装配式桥涵的模数数列(见附录二)。但本规则采用的模数数列与 GBJ2—86 的模数数列略有不同,即扩大模数部分作了一些改动,取消了 6M、12M 系列,增加了 5M、10M、40M 系列。

所作的改动主要考虑了铁路桥涵建筑的习惯现状等具体情况

和与《建筑模数协调统一标准》(GBJ2—86)的协调。在装配式桥涵修建中采用模数数列,可改变砌块尺寸零乱现象,减少砌块种类,便于砌块和模板互换,预计能收到一定的经济效益。

第 2.0.5 条 基础发生不均匀沉陷,对超静定结构的内力影响甚大,因此设计超静定结构时,在有可能发生不均匀沉陷的地基上,不宜采用分离式基础;如采用分离式基础,设计时应考虑由于基础不均匀沉陷而产生的内力。

第 2.0.6 条 设计装配式墩台的顶帽或帽梁时,应计入活载冲击力,其值按支座冲击力公式计算,即按《铁路桥涵设计规范》(TBJ2—85)第 3.3.5 条、第 8.2.5 条的规定办理。

第 2.0.7 条 按照构件预制厂的性质和特征,可分为固定式和临时式两种类型。前者一般生产成本较低,后者多属临时组建,成本较高。可根据新建装配式桥涵的分布、工厂规模,以及砂石料、水电来源等因素,综合比选,合理确定预制厂的类型和厂址。

经济的运输距离,视交通条件、运输方式、设备状况和管理效率等情况而不同,这方面还缺少大量统计分析资料。铁道部二十工程局根据青藏线 100 余座小桥涵、平东线 40 多座小桥涵构件预制的实践认为:利用汽车运输,在路面条件较好的情况下,构件的供应半径不宜大于 80km。国外资料介绍,工业建筑的预制构件的运输距离,在 50~200km 之间。

第 3.0.1 条 除了适应具体地形、地质条件或特殊需要的个别设计外,装配式小桥涵通用图或标准图应力求减少构件类型,以简化施工、节约模板、便于构件和模板的通用和互换。

第 3.0.2 条 装配式桥涵构件混凝土标号除强度要求外,主要取决于耐久性要求。桥涵构件截面较小,暴露面较大,标号低的混凝土容易风化,发生剥蚀、酥裂,耐久性较差,而且桥梁墩台及涵洞一旦建成,就很难加固或更换构件,所以构件混凝土标号,一般不宜小于 250 号,而对于难以更换或加固的重要受力构件,或处于可能发生碰撞或磨损等不利条件下的构件,混凝土标

号不应小于 **300** 号。钢筋混凝土主要依靠保护层的厚度和密实程度来保护钢筋免遭锈蚀。保护层提供了高碱性环境，使钢筋表面有一层稳定的保护层，保护层混凝土中的高碱性物质（主要是氢氧化钙）同大气中的二氧化碳可以发生化学反应，即所谓“碳化”，使混凝土碱度降低，当保护层混凝土碳化到钢筋表面时，钢筋就具备了锈蚀的前提。为了保证钢筋混凝土构件在使用年限内的安全，保护层应随着混凝土标号和环境条件的不同有合适的厚度。我国建筑部门的研究人员曾对 **70** 多个工程，**120** 多个构件的混凝土碳化与钢筋锈蚀情况作了调查研究，**200** 号混凝土 **45** 年自然碳化平均深度为 **23mm**，另外根据 **200** 号矿渣水泥混凝土暴露五年实测碳化深度估计 **50** 年平均碳化深度约为 **25.5mm**。《混凝土结构设计规范》**1986** 年第二次送审稿对梁、柱的混凝土保护层厚度作了如下规定：**200** 号混凝土为 **45mm**，**250~300** 号混凝土为 **35mm**，**350** 号混凝土为 **25mm**；对板、墙的保护层厚度规定：**200** 号混凝土为 **35mm**，**250~300** 号混凝土为 **25mm**，**350** 号混凝土为 **15mm**。

铁路桥涵的使用年限一般大于建筑部门所估用的 **50** 年，且绝大多数处于室外不利的自然环境下，构件所需的保护层厚度应大于上列数字。《铁路桥涵设计规范》第 **5.4.2** 条规定：混凝土保护层厚度不得小于 **30mm**，也不大于 **50mm**，为了不过多的增加保护层厚度，应适当提高混凝土标号，以保证构件的耐久性。

棱角部位混凝土不易振捣密实，加之面临双向暴露，其碳化速度比平面部位快 **40%~80%**，为了消除这个弱点，故在条文中强调，应将棱角切角，构件表面应抹平压密，以提高构件混凝土保护层密实程度。

第 3.0.3 条 构件起吊位置和堆放的支点位置的变化对构件受力状况有很大影响。不按规定支点位置堆放，有时甚至会使构件产生破坏，所以应标明起吊点和堆放支点位置。

为预防构件在装配过程中放错部位、上下颠倒、造成事故，特

别对那些两面配筋不同而外观又不易分辨的构件，必须在明显处标明安装部位(上、下、前、后)。制作时的型号标注应与设计图纸一致，且应标注在统一的位置，以便于识别和查验。

第 3.0.4 条 吊装是装配式桥涵的构件搬运、安装过程中的重要作业。吊环的安全关系到人身、构件和机具的安全，甚至关系到安装的成败。但是，铁路桥涵设计规范对吊环材料要求和强度安全系数的取值均未作规定，本次主要参照我国建工部门长期沿用的计算方法作了统一规定。

参照《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ10—74)第 226 条的规定，可写出下式：

$$KG \leq n A_g R_g \quad (\text{说明 3.0.4—1})$$

式中 K ——安全系数，不应小于 4；

G ——构件重量(kg)；

n ——吊环个数，不大于 3；

A_g ——钢筋截面积(cm^2)，双肢钢筋应计两个钢筋截面；

R_g ——钢筋受拉设计强度(kg/cm^2)。

参照《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)第 7.9.8 条的规定，可写出下式：

$$G/(nA_g) \leq 50$$

实际即：

$$G/(nA_g) \leq f_t/K \quad (\text{说明 3.0.4—2})$$

式中 f_t ——钢筋抗拉强度设计值(N/mm^2)；

K ——安全系数，取 $K=4.23$ ；

其余符号意义同前，但 G 的单位为 N ， A_g 的单位为 mm^2 。

(说明 3.0.4—1)式和(说明 3.0.4—2)式实质上是一样的，但 f_t 与 R_g 取值不同，安全系数 K 的取值也不相同，GBJ10—89 的安全系数包括了构件自重荷载分项系数 1.3，吸附作用引起的超载系数 1.2，钢筋弯折后引起应力集中系数 1.4，动力系数 1.5，钢筋角度影响系数 1.4。

根据 f_t 和 $[\alpha_k]$ 的比例关系，作如下推导：

$$[\alpha_k] = 130 \text{ MPa},$$

$$f_t = 210 \text{ N/mm}^2 = 210 \text{ MPa},$$

$$f_t = \frac{210}{130} [\alpha_k] = 1.615 [\alpha_k]$$

代入(说明 3.0.4—2)式，得

$$G/(nA_s) \leq \frac{1.615 [\alpha_k]}{4.23} \text{ 或 } \frac{2.619G}{nA_s} \leq [\alpha_k]$$

写成与《铁路桥涵设计规范》一致的形式，即：

$$\sigma_s = KG/(nA_s) \leq [\alpha_k]$$

式中 K ——综合安全系数，取 $K=2.6$ 。

第 4.0.1 条 接头是装配式桥梁墩台结构中的薄弱环节，因此除满足强度、刚度、稳定性和耐久性的要求外，还要注意在施工中便于装配，安全可靠。接头形式应根据结构的受力特性和施工条件选定，力求构造简单，受力明确。受力复杂的接头，其应力难以掌握时，应通过实验分析来确定设计和施工方法。

常用的接头形式有钢筋插孔接头，杯形接头、焊接接头、现浇接头(即湿接头)、扣环接头、高强度螺栓接头和预应力接头等。钢筋插孔接头多用于柱与梁式构件的联接，但一般不用于承受较大弯矩的截面。杯形接头主要用于柱和基础的连接，可承受较大的弯矩。以上两种接头安装较为方便。焊接接头一般在焊接完成后，即可承受较大荷载，但对焊接工艺要求较高，设计时宜避免出现仰焊焊缝，且应考虑到施工现场的供电条件。现浇接头和扣环接头适用情况较广。施工时先将构件端部预留钢筋焊接或绑扎后，再灌注接头混凝土，需要养护到一定强度后方可承受荷载。高强度螺栓接头连接方便，但对接头制造工艺要求较高。预应力接头使用得当时可充分发挥材料的性能，承受较大的荷载。

钢筋插孔接头和杯形接头，曾在新菏线跨京广线特大桥和青藏线希格段装配式小桥涵中大量采用。青藏线希格段修建装配式

桥涵共 326 座，其中柱式桥台 40 座，刚架桥台、壁板式桥台各 2 座，厚壁空心圆端形桥墩 11 座，刚架桥墩 2 座，矩形涵洞 117 座，圆形涵洞 187 座，曾两次进行调查回访。第一次是 1978 年 9 月(建成后)选点 25 座，第二次是 1980 年 9 月(通车后)选点 40 座，逐个进行了调查与分析，并由施工人员介绍了当时施工情况及问题，一致认为：青藏线希格段的拼装桥涵，通过施工运营的考验，接头牢固，结构安全，符合强度、刚度及稳定性方面的要求。1988~1989 年，西南交通大学、铁道部科学研究院和铁道部第一勘测设计院对钢筋插孔接头和杯形接头进行了试验分析。本规则在此试验的基础上提出了设计规定。

第 4.0.2 条 当柱与梁式构件间选用钢筋插孔接头时，应检算插孔钢筋的抗拔、抗剪能力。抗拔强度可按钢筋完全锚入混凝土的情况计算。按最不利的荷载位置，使一柱柱顶受拉，以计算插孔钢筋的拉应力；节点的全部剪力由钢筋承受，不考虑混凝土的剪应力或粘结力。

插孔钢筋一般采用螺纹钢筋。插孔形状一般设计为倒圆台形，考虑到制造、装配定位误差，同时为了保证捣实，倒圆台下孔的直径不宜小于 80mm。

第 4.0.3 条 一、关于杯形基础立柱的合理埋深，有以下资料可供参考：

1.《工业与民用建筑地基基础设计规范》(TJ7—74)第 118 条规定了柱的插入深度 H_1 (毫米)如说明表 4.0.3。

说明表 4.0.3

矩形或工字形柱				单肢管柱	双肢柱
$k < 500$	$500 \leq k < 800$	$800 \leq k < 1000$	$k \geq 1000$		
$H_1 = (1 \sim 1.2)k$	$H_1 = k$	$H_1 = 0.9k \geq 800$	$H_1 = 0.8k \geq 1000$	$H_1 = 1.5D \geq 500$	$H_1 = (\frac{1}{9} \sim \frac{2}{9})k_A$ $= (1.5 \sim 1.8)k_B$

表中 k 为柱截面长边尺寸， D 为管柱的外直径， k_A 为双肢柱

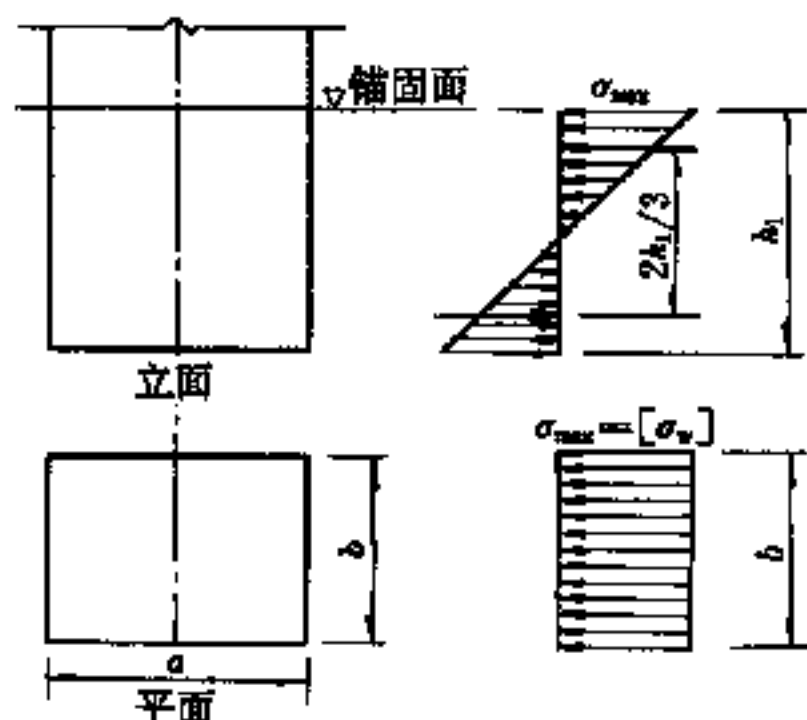
整个截面长边尺寸， h_B 为双肢柱整个截面短边尺寸。

2. 美国预应力混凝土学会编制的《装配式预应力混凝土构件结点构造图集》的杯形连接规定，柱埋深为柱宽的 1.5 倍。

3. 西南交通大学、铁道部科学研究院西南研究所和铁道部第一勘测设计院所作的“拼装式桥梁墩台接头试验研究报告”指出，按固端计算的埋深，在静力作用下为 $1.25a$ ，考虑铁路荷载为重复荷载的特点，为保证安全，建议采用 $1.4a$ 。其中 a 为矩形柱长边的长或圆柱的直径。

二、关于柱的埋深和基顶弯矩间的关系，参照《铁路工程设计技术手册·桥梁地基和基础》中类似情况的假定，推导如下：

1. 矩形柱



说明图 4.0.3—1

$$\sigma_{\max} = [\sigma_w]$$

$$M_b = \frac{1}{2} \sigma_{\max} \frac{h_1}{2} \cdot \frac{2}{3} h_1 b = \frac{1}{6} h_1^2 b [\sigma_w]$$

$$h_1 = \sqrt{\frac{6M_b}{[\sigma_w]b}}$$

$$\text{另一方向: } h_1 = \sqrt{\frac{6M_s}{[\sigma_w]a}}$$

式中 h_1 ——柱坑锚固深度，即基础顶至柱坑底的高度(m)；
 M_a ——对平行于 a 边的中性轴的基顶弯矩(MN·m)；
 M_b ——对平行于 b 边的中性轴的基顶弯矩(MN·m)；
 $[\sigma_w]$ ——混凝土弯曲受压及偏心受压的容许应力(MPa)；
 a ——矩形柱截面长边长度(m)；
 b ——矩形柱截面短边长度(m)。

2. 圆柱

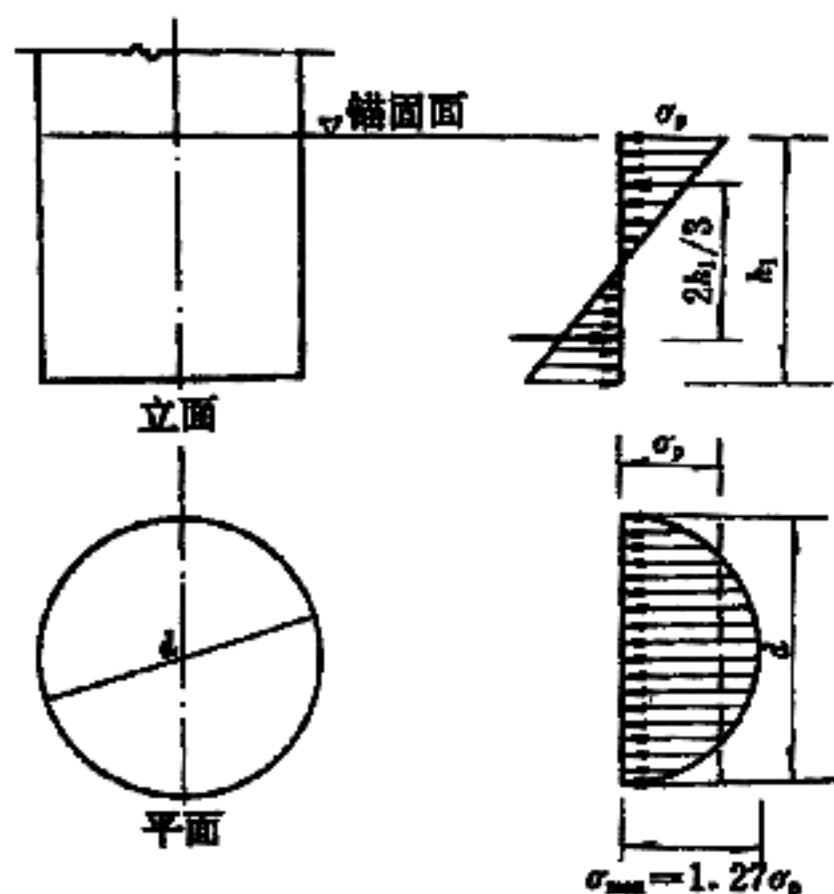
$$\sigma_{\max} = [\sigma_w]$$

$$M = \frac{1}{2} \sigma_p \frac{h_1}{2} \cdot \frac{2}{3} h_1 d$$

$$\sigma_p = \frac{\sigma_{\max}}{1.27}$$

$$M = \frac{1}{6} h_1^2 \cdot d \cdot \frac{\sigma_{\max}}{1.27} = \frac{h_1^2 \cdot d}{7.6} [\sigma_w]$$

$$h_1 = \sqrt{\frac{7.6M}{[\sigma_w]d}}$$



说明图 4.0.3—2

式中 M ——顺桥与横桥方向基顶弯矩的较大值(MN·m)；

d ——圆柱直径(m)。

根据以上资料，条文中规定了柱坑的深度计算公式(4.0.3—1)和(4.0.3—2)，且规定必须同时满足 $h_1 \geq 1.4a$ (或 d)。

三、西南交通大学、铁道部科学研究院、铁道部第一勘测设计院所作“装配式桥梁墩台接头试验”研究成果表明，对于杯形接头，当矩形截面长边与短边之比 $a/b=1.4\sim 1.8$ 时，用不小于 $1.4a$ 作为控制埋深的条件之一是适宜的。从以往建成的装配式桥梁墩台来看，在 $a/b=2.0$ 时，也使用过杯形接头，例如新荷线跨京广铁路立交特大桥的 107 个桥墩(第 66~69 号墩和 228~330 号墩，跨度 $L_p=8m$)，都是双柱墩，立柱为矩形截面，长边 $a=100cm$ ，短边 $b=50cm$ ， $a/b=2.0$ ，柱与基础为杯形接头连接， $h_1=1.2a$ ，1983 年开始施工，1985 年竣工。

1990 年到现场调查回访时，这些接头功能正常，未出现问题。70 年代青藏线采用的柱式桥台，立柱长短边比 $a/b=1.25\sim 1.78$ ，柱下端为杯形接头， $h_1=1.1a\sim 1.8a$ ，接头未进行过维修，未见病害，迄今仍在正常发挥作用。可以认为，在边长比 $a/b=1.4\sim 2.0$ 时，按 4.0.3 条规定设计的杯形接头是可靠的。板式构件按固端计算的合理埋深，目前尚无试验资料。

第 4.0.4 条 杯形基础基底一般不设抗冲剪的钢筋，抗冲抗剪全部由基底混凝土承受。基底冲切公式有两种形式：一种是假定沿柱的周边垂直向下冲切，另一种是假定按 1:1 向下扩散，形成冲切破坏锥体。

国内外有关资料如下：

一、《铁路工程设计技术手册·桥梁地基和基础》在桩与承台座板的联结方式中对圆柱(桩)列出下列公式：

$$\tau_c = \frac{N_1}{\pi d h_0}$$

式中 N_1 ——冲切力；

d ——圆柱直径；

h_0 ——基底厚度。

本公式是按沿柱的周边垂直冲切列出的。

二、《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)采用下列基底冲切公式：

$$F_l \leqslant 0.6 f_t u_m h_0$$

式中 F_l ——柱所承受的轴向力设计值减去柱底冲切破坏锥体范围内的基底反力；

f_t ——混凝土抗拉强度设计值；

u_m ——距局部荷载或集中反力作用面积周边 $h_0/2$ 处的周长；

h_0 ——柱坑基底厚度，即坑底至基底的高度。

三、美国钢筋混凝土建筑法规(ACI 318—83)对非预应力板和基础，列出下列冲切公式：

$$V_c = (2 + 4/\beta_c) \sqrt{f'_c} b_o d$$

但要求

$$V_c \geqslant 4 \sqrt{f'_c} b_o d$$

式中 V_c ——混凝土所提供的抗剪强度；

f'_c ——混凝土抗压强度；

b_o ——距集中荷载作用面积周边不小于 $d/2$ 的临界截面周长；

d ——板的有效高度(从最外受压纤维到纵向受拉钢筋形心的距离)；

β_c ——柱长边与短边之比。

四、苏联《混凝土和钢筋混凝土结构设计规范》(СНП 2.03.01—84)的冲切公式：

$$F \leqslant \alpha R_m U_m h_0$$

式中 F ——冲切力；

α ——系数，对各类混凝土分别取值；

普通混凝土 1.0，

细颗粒混凝土 0.85,

轻混凝土 0.80;

R_{a} ——混凝土轴心抗拉强度;

U_{m} ——冲切时在截面有效高度范围内形成的锥体上下底周长的算术平均值;

其余符号意义同前。

在确定 U_{m} 及 F 值时,假定沿锥体侧面发生冲切,冲切力作用的面积为锥体顶面,锥体侧面与水平线的夹角为 45° 。

五、日本国有铁路混凝土结构设计标准(1974年)在板的计算中明确规定:分布于接触面并向下外四周各加 $1/2$ 板厚。

六、《钢筋混凝土装配式建筑》(匈牙利 L·莫克、E·栾凯著)规定:杯形基础底板可能被力 V 冲切坏,冲切锥体按 $1:1$ 向下扩散。

$$V \leqslant (2f_{\text{b}} + 2f_{\text{a}})Z_{\text{g}}[\tau_{\text{c}}]$$

式中 f_{a} , f_{b} 为控制剪力的底板平面尺寸,即柱底截面尺寸加底板厚另加两倍柱底砂浆垫层厚度, Z_{g} 为底板厚。

本公式反映了匈牙利的标准。

综上所述,除《桥梁地基和基础》中桩与承台的冲切公式外,我国《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)、美国、苏联、日本、匈牙利的有关规定有两个共同点:

1. 冲切形成的破坏锥体是从柱底按 $1:1$ 向下向外扩散的。

2. 承受冲切面积为距柱边 $h_0/2$ 的周长乘以底板的有效厚度。

西南交大、铁道科学研究院西南研究所和铁道部第一勘测设计院所作的杯形基础基底冲切破坏试验表明,其破坏形态是将基底混凝土冲成一个扩散角约 45° 的截头锥体,与上述第 1 点相符,第 2 点也可以正确反映冲切破坏面的面积。

本条中的(4.0.4—1)式和(4.0.4—2)式,是根据以上两点经过试验验证的结论和有关资料导出的容许应力法的表达式。

第 4.0.5 条 《建筑设计手册》(1971 年版)标明:杯形基

础的杯口壁厚与阶高的比值，当 $t/h \geq 0.65$ 时，杯口可以不配筋。冶金建筑研究院所做的单柱基础的杯口试验证明是可行的（见冶金建筑情报资料 7002 号）。桥涵的荷载大于建筑结构，且为反复荷载，故规定 $t/h \geq 1$ ，且杯壁厚 $\geq 500\text{mm}$ ，为了保证杯口的整体性，杯口及坑壁应用构造钢筋加固。

第 4.0.6 条 西南交通大学、铁道部科学研究院西南研究所和铁道部第一勘测设计院所作的“拼装式桥梁墩台接头试验研究报告”提出：杯形基础的刚性角采用 45° ，刚性角的起算点采用基顶以下 300mm 是偏于安全的。考虑到接头试验研究报告是静载试验，而铁路为反复荷载，为安全计，规定 α 角的起算点为杯口顶面以下 500mm 的杯壁面处。钢筋混凝土基础应按强度进行检算，可不考虑刚性角 α 。

第 4.0.7 条 填塞接头的细石子混凝土系现场施工，受气候及工艺水平影响很大，故规定混凝土标号应比预留孔所在构件的混凝土标号提高一级。

半干硬性微膨胀混凝土或掺加复合膨胀剂的混凝土的特点是在潮湿条件下能产生适度的体积膨胀，提高混凝土的密实性，消除接头的细微裂纹。普通混凝土由于干缩作用，存在着大量的微裂纹，成为水和有害气体侵入的通道，在受力过程中也是诱发混凝土内部裂纹连通扩展的因素。我国从七十年代开始，已有几种膨胀水泥提供使用，如明矾石膨胀水泥。近年来研制成功的复合膨胀剂，已在北京兆龙饭店制作游泳池，在国家科技情报中心楼作为混凝土后浇缝，在京广铁路大瑶山隧道作为喷锚材料，均取得良好的效果。

掺加复合膨胀剂的混凝土早期膨胀稳定，强度稳定，与其它膨胀混凝土相比，复合膨胀剂混凝土的特点是干缩小，强度高，抗冻性能良好。

第 5.0.1 条 地震区装配式小桥涵应合理地选择结构形式，在水文及结构条件允许时，宜采用各式涵洞以代替小桥。

钢筋混凝土构件抗震性能是比较好的，但如处理不当，将会出现危险性极大的脆性破坏，如构件剪切破坏、混凝土压碎、钢筋锚固部分拉脱（粘结破坏），为防止发生这些破坏，故规定：地震区装配式小桥涵应合理地配置纵筋与箍筋，以避免剪切先于弯曲破坏，混凝土的压溃先于钢筋的屈服、钢筋的锚固粘结先于构件破坏。

第 5.0.2 条 本条引自《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)，其目的是通过合理处理连接强度以发挥各构件的强度、变形能力，从而获得整个结构良好的抗震性能。

第 5.0.3 条 国内外多次地震表明，施工缝是一个薄弱环节。海城地震，位于 9 度地震区的大石桥镁矿专用线上的赵家桥，四个桥墩，有三个在混凝土施工缝处严重断裂；唐山地震，混凝土桥墩、台，在施工缝处断裂的震害更为普遍，因此 9 度地震区不宜采用由砌块组成的装配式小桥墩台。

第 5.0.4 条 《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)第 2.5.1 条规定：混凝土的强度等级，当抗震等级为一级的框架梁、柱和节点，不宜低于 C30。美国建筑规范 ACI318—83 附表 A 规定：在强烈地震区，混凝土压力强度 f_c' 不应小于 3000 磅/英寸² (21.1 MPa)，相当于要求用 300 号以上的混凝土。美国《公路桥梁标准规范》将混凝土分为八级，其中 A 级用于所有的上部构造和多筋的下部构造如板、梁、大梁、立柱等，A 级混凝土的最小抗压强度为 4000 磅/英寸² (28.1 MPa)，相当于要求用 400 号以上的混凝土。考虑到铁路装配式桥涵建筑物的安全，直接影响铁路运输的畅通无阻，在地震灾害发生后，影响到抗震救灾工作的顺利进行，一旦发生破坏，不容易在短期内修复，同时为避免混凝土的压溃先于钢筋的屈服，因此规定：地震区装配式小桥钢筋混凝土构件的标准不宜低于 300 号。

为与《铁路桥涵设计规范》取得一致，地震区纵向钢筋宜采用 A5、T20MnSi 螺纹钢筋，箍筋宜采用 A3 钢筋。

第 5.0.5 条 钢筋混凝土结构施工中，往往因缺乏设计规定的钢筋型号而采用另外的钢筋代替。对于地震区来说，不宜以强度较高的钢筋代替原设计的钢筋，如必须代换钢筋时，应按钢筋总拉力设计值相等的原则进行代换，不应以总面积相等的原则进行代换，以免造成薄弱部位的转移和混凝土发生脆性破坏。

第 5.0.6 条 柱顶与帽梁间钢筋插孔接头，类似桥梁支座锚螺栓的受力情况，为了防止插孔钢筋被剪断，应比照《铁路工程抗震设计规范》第 4.1.1 条桥梁支座锚螺栓所用的水平地震力计算公式验算插孔钢筋的抗剪强度，即采用超载系数 1.5，以提高保证率。

抗震检算时列车活载计算应符合《铁路工程抗震设计规范》第 4.1.4 条的规定。

第 5.0.7 条 《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)第 6.3.5 条规定：柱截面的宽度不宜小于 300mm。美国 ACI318—83 附录 A 抗震设计特殊规定 A4.1“在经过几何中心的直线上所量得的截面最短尺寸不得小于 12 英寸，截面最短尺寸与相垂直尺寸之比不得小于 0.4。”我国装配式钢筋混凝土双柱桥墩通用图立柱截面横向最小尺寸为 400mm，横向尺寸与纵向尺寸之比最小为 0.5，与上述规定基本一致。

美国 ACI318—83 附录 A 抗震设计特殊规定 A4.3.1 规定：纵向钢筋截面配筋率不小于 0.01，且不大于 0.06。美国公路桥梁抗震设计准则 8.4.1 条规定：纵向配筋面积应不小于 0.01，也不大于 0.06 倍的毛截面积 A_g ，参考以上资料，本规则规定纵向钢筋的截面配筋率应不小于 1%，不大于 6%。

《建筑抗震设计规范》第 6.1.17 条规定：框架梁、柱和抗震墙底部加强部位应采用焊接，二级的其它部位及三级的底层柱底和抗震墙底加强部位宜采用焊接。美国公路桥梁抗震设计准则规定：钢筋可采用焊接接头，条件是一个截面中每层纵向配筋只准间隔地接头而相邻纵筋的接头应保持距离大于 24 英寸(610mm)。本

规则规定，纵向钢筋的接头应采用焊接接头，但在同一截面上钢筋接头的数目不应多于每隔一根一个接头。沿钢筋的纵轴方向相邻的接头间距不应小于 600mm。

《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)表 8.4.10—1 规定：箍筋最大间距当抗震等级为一级时，取纵向钢筋直径的 6 倍或 100mm，两者中的较小值；当抗震等级为二级时，取纵向钢筋直径的 8 倍或 100mm，两者中的较小值；当抗震等级为三级四级时，其纵向钢筋直径的 8 倍或 150mm，两者中的较小值。箍筋加密区长度取矩形截面长边尺寸、层间柱净高的 1/6 或 500mm，三者中的最大值。

美国 ACI318—83 附录 A 对高烈度区 A4.4 条规定：横向钢筋间距应不小于(a)构件最小尺寸的 1/4 及(b)4 英寸。……横筋应从节点面起……，布置长度 L_0 不小于(a)构件深度，(b)构件净跨长的 1/6 及(c)18 英寸。对中等烈度区 A9.5.1 规定：从节点面量起的长度 L_0 拉筋最大间距不得小于(a)所箍纵筋直径的 8 倍，(b)拉筋直径的 24 倍，(c)构架构件最小截面尺寸的一半及(d)12 英寸。布置长度 L_0 应不小于(a)构件净跨长的 1/6，(b)构件最大截面尺寸及(c)18 英寸。美国公路桥梁抗震设计准则 8.4.1E 条对 C 和 D 类抗震桥梁规定：箍筋的横向配筋应在柱顶和柱脚的一定长度内，此长度等于柱截面的最大尺寸或 1/6 柱的净高，且不小于 18 英寸，配筋最大间距不得大于杆件最小尺寸的 1/4 或 4 英寸(102mm)。8.3 条对于 B 类抗震桥梁规定：柱顶底端处横向配筋的间距按 8.4.1E 条的要求，但最大间距可增加至 6 英寸(152mm)。对于刚性接头，8.4.3 条柱的连结中规定：横向配筋应从柱连接面进入相连杆件，深度为柱截面最大尺寸的 1/2，并不小于 15 英寸(381mm)。《建筑抗震设计规范》第 6.3.9 条对箍筋加密区长度也作了类似规定。参照以上规定，本规则制定了柱两端横向钢筋加密区长度和最大间距如表 5.0.7。至于横向钢筋用量，美国 ACI318—83 附录 A 及美国公路桥梁抗震设计准则都要求：

桥梁既要符合抗剪强度要求，防止柱断梁塌，也要在柱端加密箍筋，增加延性，保证混凝土表层受震剥落后柱体仍不丧失原有承载能力。日本，新西兰，美国等国家的现行抗震规范都把延性看成与强度同等重要的因素。所谓延性，是指一个构件或结构体系在强度没有降低的情况下，能通过较大的非弹性变形来耗散地震能量的能力。为了提高延性，其有效途径是增加构件配箍率。因为箍筋可以约束混凝土的横向变形，使混凝土的抗压性能大大改善，从而提高结构的延性。

美国公路桥梁抗震设计准则 8.4.1D 条对柱端塑性铰处的配箍率作了补充规定(美国 ACI318—83 也有类似规定)，由于缺乏验证资料，没有直接引入本规范。兹摘要如下，供参考。

(1)圆柱螺旋筋的体积比 P_s ：

$$P_s = 0.45 \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \frac{f_c'}{f_{yh}}$$

$$P_s = 0.12 \frac{f_c'}{f_{yh}}$$

两者取其中较大值；

(2)矩形柱的箍筋总面积 A_{sh} ：

$$A_{sh} = 0.30a \cdot h_c \frac{f_c'}{f_{yh}} \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0.12a \cdot h_c \frac{f_c'}{f_{yh}}$$

两者取其中较大值。

式中 a ——箍筋的竖向间距以英寸计，最大 4 英寸 (102mm)；

A_c ——柱的核心面积；

A_g ——柱的全面积；

A_{sh} ——箍筋包括补充横拉筋的总面积，以英寸²计，间距 a 英寸，横穿核心尺寸 h_c 英寸。注意矩形柱要计算两个主轴方向；

f_c' ——规定混凝土压强以磅/英寸²计；

f_{yk} ——箍筋的屈服强度以磅/英寸²计；

h_c ——在所考虑的方向，柱的核心尺寸以英寸计；

P_s ——螺旋配筋对混凝土核心(螺旋筋外至外)的体积比，即配箍率。

由于柱端塑性铰区混凝土表层受震剥落，在设计横筋时，应防止横筋末端松开。横筋可以采用单一或重迭的箍筋，也可采用与箍筋直径、间距相同的横拉筋，为了把横筋端部弯进核心，妥善锚固，箍筋端部应具有 10 倍直径长延伸直段的 135°弯钩，包住纵向钢筋；横拉筋两个端部用不同弯钩勾住纵筋，一端为带有 10 倍直径长延伸直段的 135°弯钩，另一端为带有至少 6 倍直径长延伸段的 90°弯钩，沿纵向钢筋设置横拉筋时，不同弯钩应交替使用。螺旋筋不得简单搭接，应全强度搭焊。

第 6.0.1 条 装配式桥涵构件的混凝土标号一般不小于 250 号。根据各水泥品种的特性和缩短制造周期的需要，本条规定了宜优先选用不小于 425 号的硅酸盐水泥、普通水泥，当构件要求快硬、高强、耐冻、抗磨时宜采用不小于 325 号的快硬水泥，避免使用抗磨、耐冻性能差的火山灰水泥及在干燥环境下不得使用的粉煤灰水泥。本条规定与《铁路混凝土及砌石工程施工规范》(TBJ210—86)第 2.1.2 条，第 2.1.8 条的规定一致。

第 6.0.2 条 混凝土粗细骨料必须通过试验、计算，选择最佳级配。粗骨料最大粒径的选择特别重要。其它条件相同时，在一定范围内，粗骨料粒径较大，愈易生产强度较高的混凝土。但是，为防止在浇注断面尺寸较小、钢筋较密的构件时由于粗骨粒堆集而影响混凝土质量，有必要对粗骨料的粒径加以限制。《铁路混凝土及砌石工程施工规范》(TBJ210—86)第 2.3.6 条规定：粗骨料最大粒径不得超过板厚的 1/2 和结构截面最小尺寸的 1/4，同时不得超过钢筋最小间距的 3/4，最大粒径不得超过 100mm。装配式桥涵构件一般截面不大，钢筋布置较密，为保证构件质

其是振动器和振动梁与模板连接部位，必须加强，以免受振走样。

第 6.0.7 条 《铁路混凝土及砌石工程施工规范》(TBJ210—86)第 5.6.2 条规定滑模施工时混凝土的坍落度宜为 10~30mm。对采用机械振实的厂制构件，为了加快模板周转，提高混凝土质量，根据工程单位的经验，坍落度可控制在 10~20mm。

第 6.0.8 条 混凝土应分层灌注振实。在开动附着式振动器前，模内第一层混凝土必须达到一定数量，避免模板受振走样。根据工程部门经验，第一层混凝土最少应达到构件混凝土数量的 2/5，或 200mm。

第 6.0.9 条 在需要缩短模板使用周期时，使用快硬混凝土是加快预制构造批量生产的有效措施。一般采用快硬水泥，高标号硅酸盐水泥和普通水泥，即可满足 24h 的生产周期，较小的构件也可在一天内多次周转生产。

预制构件应根据设备条件和自然条件选用适当的养护方式，强度一般可以达到设计强度的 50%~80%。在加热养护后，还应继续作好补充养护，保证构件达到设计强度。不得将刚经过加热养生的构件置于强烈阳光照射下。也不得置于冰冻或暴雨中，应喷水使构件保持潮湿状态。尤其在冬季，必须使构件在室内停留一定天数，完成养护，才可移至堆放场地。

第 6.0.10 条 构件型号、重量、灌注日期、支点及吊点标志、均系安排存放、运输和装配的必要资料，应在拆模后立即标明。构件型号及支吊点标志应与设计资料一致。第 3.0.3 条提及的两对称面配筋不同而外观又不易分辨的构件必须在脱模后立即标注出安装方位。构件轴线，埋置线的标注及砂浆或小石子混凝土接触面的拉毛或凿毛，为安装工作所需要，宜与型号标注等工作一同完成。

第 6.0.11 条 关于预制构件的容许偏差，《铁路桥涵设计规范》(TBJ2—85)中未列入此内容，《铁路桥涵施工规范》

其是振动器和振动梁与模板连接部位，必须加强，以免受振走样。

第 6.0.7 条 《铁路混凝土及砌石工程施工规范》(TBJ210—86)第 5.6.2 条规定滑模施工时混凝土的坍落度宜为 10~30mm。对采用机械振实的厂制构件，为了加快模板周转，提高混凝土质量，根据工程单位的经验，坍落度可控制在 10~20mm。

第 6.0.8 条 混凝土应分层灌注振实。在开动附着式振动器前，模内第一层混凝土必须达到一定数量，避免模板受振走样。根据工程部门经验，第一层混凝土最少应达到构件混凝土数量的 2/5，或 200mm。

第 6.0.9 条 在需要缩短模板使用周期时，使用快硬混凝土是加快预制构造批量生产的有效措施。一般采用快硬水泥，高标号硅酸盐水泥和普通水泥，即可满足 24h 的生产周期，较小的构件也可在一天内多次周转生产。

预制构件应根据设备条件和自然条件选用适当的养护方式，强度一般可以达到设计强度的 50%~80%。在加热养护后，还应继续作好补充养护，保证构件达到设计强度。不得将刚经过加热养生的构件置于强烈阳光照射下。也不得置于冰冻或暴雨中，应喷水使构件保持潮湿状态。尤其在冬季，必须使构件在室内停留一定天数，完成养护，才可移至堆放场地。

第 6.0.10 条 构件型号、重量、灌注日期、支点及吊点标志、均系安排存放、运输和装配的必要资料，应在拆模后立即标明。构件型号及支吊点标志应与设计资料一致。第 3.0.3 条提及的两对称面配筋不同而外观又不易分辨的构件必须在脱模后立即标注出安装方位。构件轴线，埋置线的标注及砂浆或小石子混凝土接触面的拉毛或凿毛，为安装工作所需要，宜与型号标注等工作一同完成。

第 6.0.11 条 关于预制构件的容许偏差，《铁路桥涵设计规范》(TBJ2—85)中未列入此内容，《铁路桥涵施工规范》

(TBJ203—86)中,亦只有与拱、桩、涵节成品有关的内容,无针对装配式桥涵构件规定。而明确规定预制构件制造的容许偏差,作为设计、施工、验收的依据,是十分必要的。

公差的范围是根据制作及安装时的偏差数据的统计分析取得的。公差范围过宽,会造成安装困难,相应增加工地上修凿时间和费用,甚至影响桥涵结构的受力状况,危及结构的安全使用,也会使建筑物的外观受到影响。公差过严,会提高对模板制造工艺的要求。使构件的成本提高。

第 6.0.12 条 预制涵节尺寸的容许偏差除长度、直径、壁厚与《铁路桥涵施工规范》(TBJ203—86)第 9.1.8 条一致外。参照国外建筑规范的有关条文,规定端面偏离正交平面的容许偏差为 $h/450$ 。这是为了避免涵节端面过度偏离正交平面。这一规定的目的是对涵节端面的倾斜量进行控制,避免安装时涵节上下缝隙相差太大,影响安装。根据以往装配式涵洞的制造与安装实践,对此做出明确规定是必要的。

第 7.0.1 条 把构件从堆放场送往工地,一般以公路运输为主。而从正式公路岔出的便道,往往由于坡陡、弯急、路面差、而成为运输中的控制因素。所以,应在施工调查的基础上,按照构件大小、重量、车辆和起吊设备的吨位、回转半径以及装载净空限界等检查便道的建筑标准,作相应的整修,以满足构件和安装设备顺利进场的要求。

第 7.0.2 条 工点场地布置直接关系到施工效率与安全。应根据工点实际地形、可用场地面积、构件堆放装配顺序、吊机操作特征等因素妥善布置场地,以减免干扰,保证安全高效率地组织安装。

第 7.0.3 条 构件运输时要求的混凝土强度,与支承位置、道路状况等有关,需根据检算结果确定。条文中规定的“不应低于设计标号的 70 ”,是经过检算不控制时的最低要求。

构件在运输车辆上的支承位置和支承方法决定了构件运输中

的受力状况，构件在车辆上既要求固定，又要求一端有适当的移动余地，以适应起动、刹车、颠簸、转弯等情况，避免碰撞损伤。对大量构件，应对每种构件制定明确的堆放和运输规定。

第 7.0.5 条 起吊绳索的承载能力随着吊索与水平面所成的夹角大小而变化。当起吊重量不变时，吊索与水平面的夹角越小，吊索受力越大。此角度过小时，吊索所受的力将大大超过对其起吊能力的估计，易发生事故。所以本条作了吊索与水平面所成角度不应小于 60° 的规定。

第 7.0.12 条 本条构件安装的允许偏差主要摘自国家标准《钢筋混凝土工程施工及验收规范》(GBJ204—83)表 5.3.10 的规定，其中墩台高程一栏引用了《铁路桥涵工程质量评定验收标准》(TBJ415—87)表 7.1.7 中相应项目的数值。