

交通行业推荐标准

公路钢管混凝土拱桥设计规范

宣贯交流

四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院

2015年11月 成都

汇报提纲



一、编制背景

二、主要内容

三、关键技术

四、使用注意

一、编制背景

1、发展概况

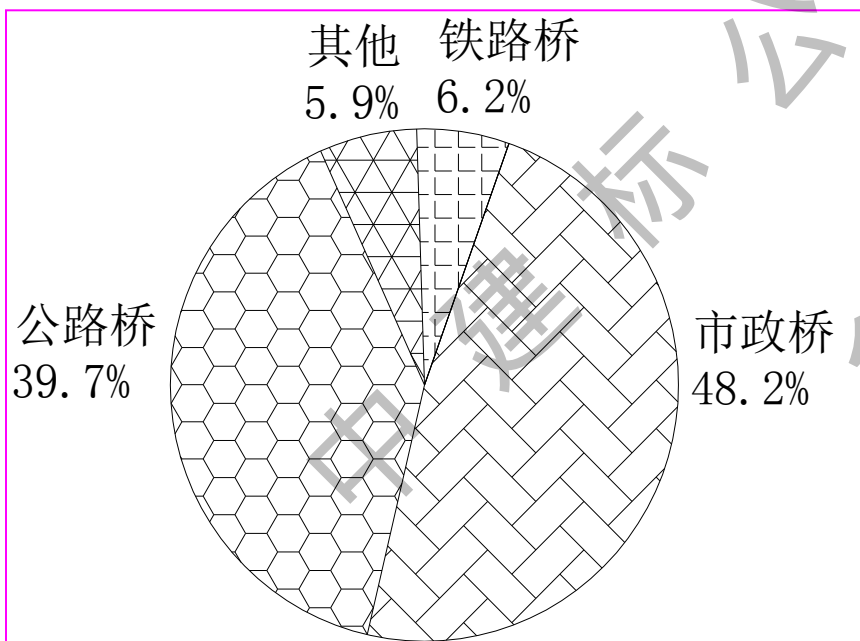
- (1) 1930-1940年前苏联，建造了公路和铁路钢管混凝土拱桥。
- (2) 1990年，中国建成了第一座拱桥-四川旺苍东河大桥。
- (3) 2015年6月，跨度 ≥ 50 米，已建成400座， ≥ 100 米的179座。
 ≥ 200 米的有38座。
- (4) 2005年-460米巫山长江大桥；2013年-主跨530米合江长江一桥。
- (5) 在建主跨507米合江长江三桥，钢管混凝土系杆拱桥。
- (6) 钢筋混凝土板、钢桥面板、叠合桥面板到钢-混凝土组合桥面板。



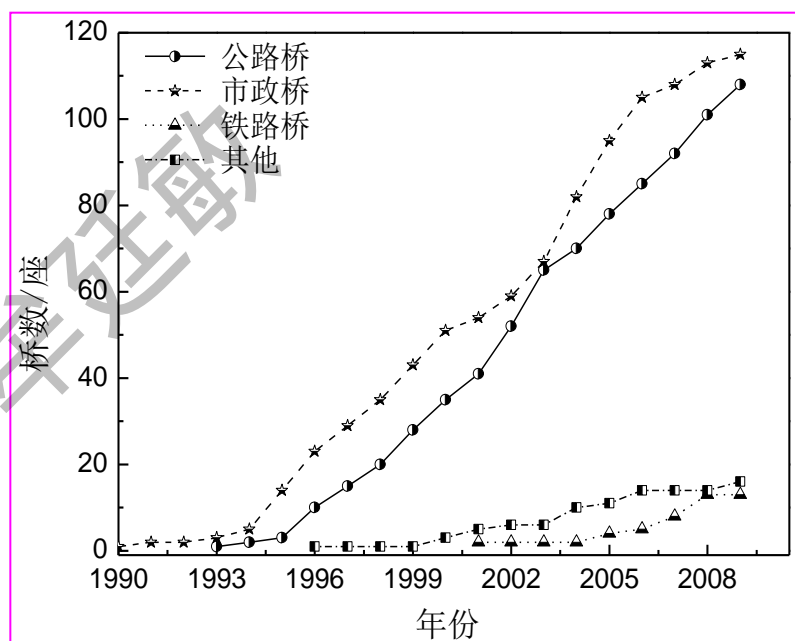
一、编制背景

2、建设规模

已超过400座，18座/年，而钢筋混凝土拱桥和钢拱桥（7座/年、2座/年）；公路与市政钢管混凝土拱桥约占88%。是在没有规范的基础上建造的，规范颁布已十分必要。



行业分布比例



各行业钢管混凝土拱桥数目增长趋势

一、编制背景

3、依托工程

巫山桥、合江桥、孔雀河桥、成都府南河桥等。

4、科技成果

国家、部、省等资助，20多年来的科技成果支撑，大量桥梁建设经验。

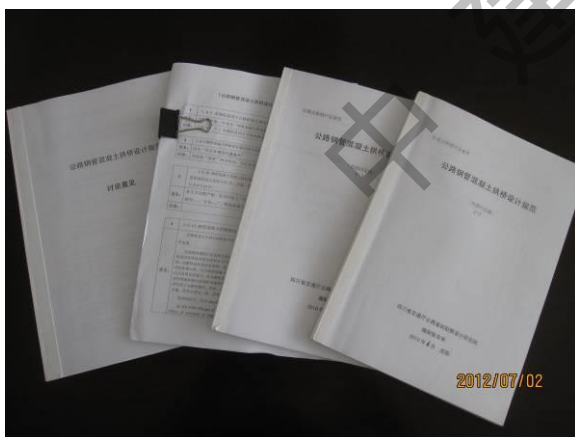
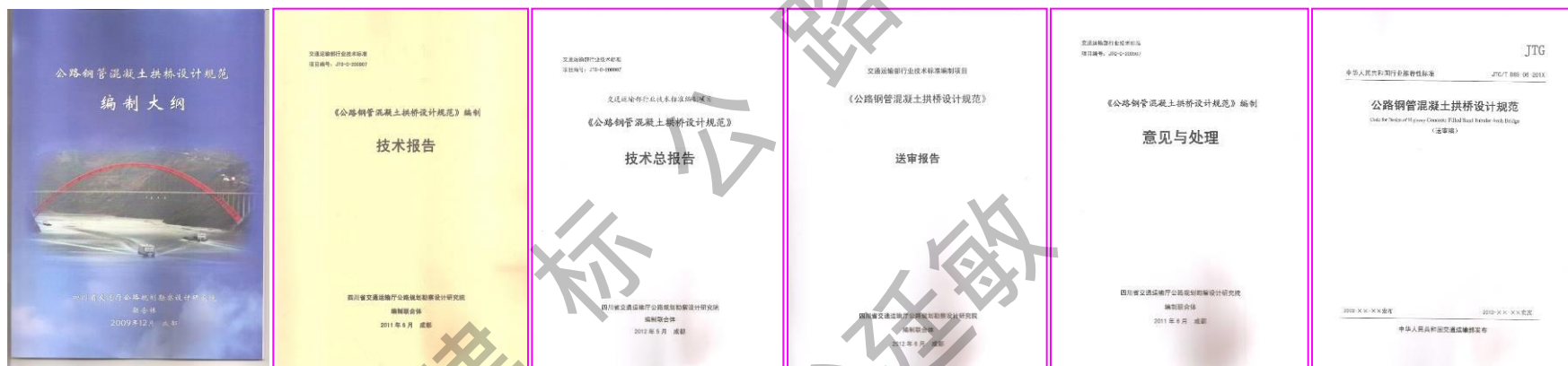
研究成果涉及计算理论、结构构造、施工工艺、材料、质量控制过程与竣工质量检查等。

序号	课题名称	任务来源	验收时间
1	钢管混凝土焊接桁架节点疲劳试验研究	工程配套资助	1996年04月
2	化学自应力钢管混凝土在桥梁工程中的试验研究	四川省交通厅	2008年03月
3	大跨度钢管混凝土拱桥无收缩混凝土制备技术研究	四川省交通厅	2005年04月
4	大型钢管混凝土拱桥的光纤监测系统研究	西部研究中心	2004年12月
5	脱空缺陷对钢管混凝土性能的影响	四川省交通厅	2008年12月
6	钢管混凝土拱桥抗震理论研究	福建省交通厅	2004年05月
7	受压钢管混凝土传力行为研究	自费科研项目	2008年12月
8	钢管混凝土抗风性能研究	自费科研项目	2012年10月
9	钢管混凝土拱桥横向稳定性研究	自费科研项目	2008年04月
10	巫山长江大桥设计成套技术研究	四川省交通厅	2005年10月
11	钢管混凝土拱桥设计、施工、养护关键技术研究	西部研究中心	2007年12月
12	桥梁高性能混凝土制备与应用技术研究	四川省交通厅	2010年04月
13	钢-混凝土组合结构在桥梁工程的应用试验研究	建设部科技司	2007年10月
14	钢-混凝土组合正交异性桥面板的技术开发与应用	四川省交通厅	2015年08月
15	特大跨钢管混凝土拱桥吊杆风振和车振耦合性能	四川省交通厅	2015年08月
16	四川合江长江一桥建造关键技术研究	自立项目研究	2015年09月

一、编制背景

5、编制过程

法律法规和编制文件→制定大纲→经验和成果→专题研究→形成报告→编制讨论→征求意见稿→送审稿→总校稿→报批稿（共IV版）。



汇报提纲

一、编制背景

二、主要内容

三、关键技术

四、使用注意

二、主要内容

目次

1 总则	1
2 术语和符号	3
2.1 术语	3
2.2 符号	4
3 材料	7
3.1 钢材	7
3.2 连接材料	8
3.3 混凝土	8
3.4 钢管混凝土	10
4 计算基本规定	14
4.1 一般规定	14
4.2 作用及作用效应组合	15
4.3 主拱内力计算	17
5 承载能力极限状态计算	22
5.1 一般规定	22
5.2 单管受压构件	22
5.3 组合受压构件	27
5.4 轴心受拉构件	32
5.5 受剪构件	33
5.6 节点承载力计算	33
5.7 节点及连接疲劳验算	35
5.8 吊索和系杆索计算	37
5.9 主拱稳定性分析	37
6 正常使用极限状态计算	40
6.1 一般规定	40
6.2 主拱变形及预拱度设置	40
6.3 动力特性	41
7 施工过程计算	42
7.1 一般规定	42
7.2 主拱钢管节段安装成拱	42
7.3 主拱管内混凝土灌注	43

- 1 -

公路钢管混凝土拱桥设计规范 (JTG/T D65-06—2015)

7.4 拱上结构安装	44
8 总体设计及构造	45
8.1 总体设计	45
8.2 主拱	48
8.3 横撑	54
8.4 拱上立柱	55
8.5 吊索	57
8.6 系杆索	58
8.7 桥面系构造	58
8.8 辅助结构	59
9 附属结构	61
9.1 防排水构造	61
9.2 检修养护设施	61
10 防腐构造与涂装	62
附录 A 钢管混凝土徐变系数	63
附录 B 钢管混凝土本构关系	64
附录 C 钢管混凝土构件应力计算	66
附录 D 钢—混凝土组合桥面板	68
本规范用词用语说明	70

- 2 -

二、主要内容

规范关键词:公路、钢管混凝土拱桥、设计。

公路 → 行驶汽车荷载, 交通组成复杂, 有疲劳! 有损伤!

钢管混凝土拱桥 → 不同于钢管混凝土柱, 施工分期形成受力截面, 初应力高; 不竖直, 且混凝土灌注量大, 有脱空; 空中有接头, 质量控制难; 吊索断裂, 桥面坍塌多次, 风险高; 施工逐节段形成, 体系转换多;

设计 → 规定了主要内容为术语、符号; 设计与计算需要的材料参数, 构件与结构计算方法, 体系稳定与正常状态, 主拱及相关结构与构造参数等。

因此, 该规范应突出的特点, 充分体现钢管混凝土桥梁用于行驶汽车, 充分研究施工过程与受力行为特点, 充分研究我国钢结构桥梁加工制造特点, 提出针对性强的技术条款。

贯穿规范的主线, 统一理论、组合构件、钢结构的完整性、非线性影响等

二、主要内容

计算特点：①承载能力极限计算、应力法计算等方法,研究了成拱过程的验算方法；②研究了节点疲劳性能及验算方法；③研究了温度荷载的作用形式；④研究了冲击性能的作用；⑤强调了强度、刚度、稳定与动力性能综合计算与评价要求,并计入几何、材料、初应力、脱粘等初始缺陷的影响。

构造特点：①引入了完整性的概念设计,强化细节构造要求；②根据实际工程调查,主张合理、先进、易于施工的结构构造,放弃复杂、多次造成工程质量事故的构造；③强化桥面板的整体性能要求；④钢管内混凝土性能要求；⑤吊索与系杆索的耐久性设计；⑥相应的主拱、桥面梁、系杆索、吊索等结构的合理构造。

施工特点：①充分考虑施工特点,制订了脱空、初应力折减系数；②制订了成拱的吊装、转体、大节段提升等安装计算,制订了主管内混凝土制备与灌注工艺要求。

汇报提纲

一、编制背景

二、主要内容

三、关键技术

四、使用注意

三、关键技术

1、总则

1.0.2→本规范设计适用于圆形钢管混凝土截面的公路拱桥。

1.0.5→设计，应提出施工方法、步骤和体系转换，其主拱成拱工艺涉及结构设计计算、安装计算等，且施工技术为建设拱桥的关键。

1.0.6→施工阶段计算，钢管内混凝土强度低于80%，按照钢结构计算，高于80%时，按钢管混凝土截面计算。

1.0.8→施工阶段计算，钢结构构造细节，应满足完整性设计。钢管在制造或服役期形成的局部缺陷，在恶劣环境中，急速恶化扩展，造成病害。钢结构构造连接设计不合理、或钢管焊接连接工艺粗造，造成局部缺陷，影响桥梁完整性和寿命。

1.0.9→未涉及部分，应执行相关规范要求。

三、关键技术

2、术语

2.1.2 钢管混凝土拱桥→主拱为钢管混凝土构件的拱桥

2.1.3 自密实补偿收缩混凝土→具有高流动度、不离析、均匀和稳定等特性，浇筑时依靠其自重流动，无需振捣而达到密实，硬化时依靠膨胀剂及反应水作用，使混凝土微量膨胀而补偿收缩的混凝土。

2.1.4 组合弹性轴压模量→ 钢管混凝土构件组合截面在轴心受压且其纵向名义应力与应变呈线性关系时，名义压应力与压应变的比值。

2.1.7 约束效应系数设计值→ 反映钢管混凝土组合截面的几何特征和组成材料的物理特性的综合参数设计值。

2.1.8 钢管初应力→钢管混凝土构件内混凝土达到设计强度前空钢管的应力。

2.1.9 脱空率 →脱空截面积与钢管混凝土组合截面积的比值。

三、关键技术

2.1.10 初应力折减系数→反映钢管初应力对钢管混凝土承载能力影响的程度。

2.1.11 脱空折减系数→反映钢管内混凝土脱空率对钢管混凝土承载能力影响的程度。

2.1.12 单管主拱→横截面为单根钢管混凝土的主拱。

2.1.13 哑铃型主拱→横截面为两根竖向排列的钢管混凝土通过连接钢板组成的主拱。

2.1.14 桁式主拱→上下钢管混凝土通过支管连接组成桁式受力结构的主拱。

2.1.16 组合受压构件→由两肢或两肢以上的钢管混凝土主管通过连接件组合形成受压截面的构件。

2.1.17 完整性设计→在钢管材质、荷载、构造、制造、安装、维护等设计时，既规定构件强度和刚度，又规定构件损伤容限和抗断裂要求，保证达到设计使用目标，具有系统性、整体性和综合性特点。

三、关键技术

3、材料

3.1.1→根据结构的重要性、荷载特征、应力状态、连接方式、环境条件等因素确定钢管强度和质量等级。钢材常用强度等级为Q235、Q345、Q390，钢材质量等级应根据使用环境温度选用B级或B级以上。

3.1.3→钢管宜采用卷制焊接直缝管。当钢管径厚比不满足卷制要求时，可采用螺旋焊接管或无缝钢管。**卷制焊接直缝管制造精度高、质量可靠、成本较低。**

3.1.6→钢管强度设计值，壁厚一般小于35mm。

钢 材		抗拉、抗压和抗弯	屈服强度	抗剪
强度等级	厚度 (mm)	f_{sd}	f_y	f_{vd}
Q235	≤ 16	215	235	125
	16~40	205	225	120
Q345	≤ 16	310	345	180
	16~35	295	325	170
Q390	≤ 16	350	390	205
	16~35	335	370	190

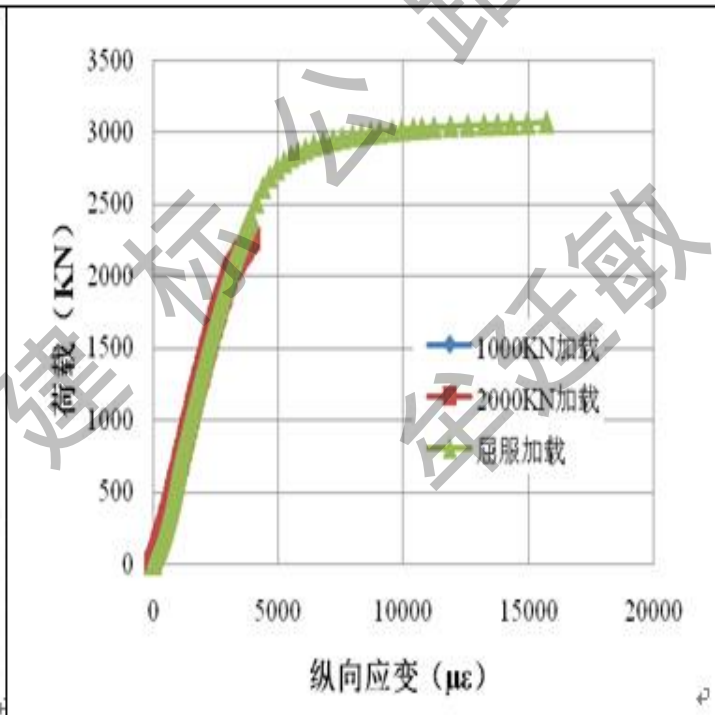
三、关键技术

3、材料

3.3.1→钢管内灌注的混凝土应采用自密实补偿收缩混凝土，其强度等级宜为C30~C80。四川现在已经应用到C100建成磨刀溪桥。



C100 钢管混凝土试验图



C100 钢管混凝土的荷载变形曲线



三、关键技术

3、材料

3.3.2→钢内混凝土自密实补偿收缩混凝土要求。

1 力学性能：应满足设计要求。

2 体积稳定性能：密闭环境下混凝土自由膨胀率应控制在 $2\times 10^{-4}\sim 6\times 10^{-4}$ ，其稳定收敛期应小于60d。

3 工作性能：满足表中要求。

4 外加剂选择：应掺加高效减水剂和膨胀剂。选用的高效减水剂应具有保塑、缓凝的功能，减水率应大于25%，且制备的混凝土拌和物含气量应小于2.5%。选用膨胀剂应对混凝土工作性能影响小、膨胀性能稳定，水中限制膨胀率7d大于0.05%、空气中21d大于0%。

泵送灌注时间 (h)	坍落度 (cm)		扩展度 (cm)		U型箱 填充高度 (cm)	v型漏斗通 过时间(s)	T ₉₀ 时间 (s)	初凝时 间(h)	终凝时 间(h)
≤6	入泵 20~26	3h: ≥18	入泵 50~65	3h: ≥40	≥30 无障碍	10~25	5~20	12~18	14~20
≤10		5h: ≥18		5h: ≥40				16~22	18~24



三、关键技术

3.4.1 钢管混凝土构件应满足下列要求：

- 1 钢管外径不宜小于 300mm，也不宜大于 1500mm；
- 2 钢管混凝土主拱的主管壁厚不宜小于 10mm；横撑、立柱等采用钢管混凝土时，钢管壁厚不宜小于 8mm；
- 3 钢管径厚比（ D/t ）不宜大于 90，其中卷制焊接钢管径厚比（ D/t ）不宜小于 40；
- 4 含钢率 α_s 宜取值为 0.04~0.20，其值应按式（3.4.1-1）计算。

$$\alpha_s = \frac{A_s}{A_c} \dots\dots\dots (3.4.1-1)$$

式中： α_s —— 钢管混凝土截面含钢率；

A_s —— 钢管混凝土钢管的截面面积（ m^2 ）；

A_c —— 钢管内混凝土的截面面积（ m^2 ）。

- 5 约束效应系数标准值 ξ 不宜小于 0.6，其值应按式（3.4.1-2）计算。

$$\xi = \frac{A_s f_y}{A_c f_{ck}} \dots\dots\dots (3.4.1-2)$$

式中： ξ —— 钢管混凝土的约束效应系数标准值；

A_s —— 钢管混凝土钢管的截面面积（ m^2 ）；

f_y —— 钢材的屈服强度（MPa）；

A_c —— 钢管内混凝土的截面面积（ m^2 ）；

f_{ck} —— 混凝土轴心抗压强度标准值（MPa）。

3.4.4→钢管混凝土弹性模量应采用组合弹性轴压模量。
统一理论→ E_{sc}

钢材牌号 [Ⓐ]		Q235 [Ⓐ]		Q345 [Ⓐ]					Q390 [Ⓐ]			
混凝土强度等级		C30 [Ⓐ]	C40 [Ⓐ]	C40 [Ⓐ]	C50 [Ⓐ]	C60 [Ⓐ]	C70 [Ⓐ]	C80 [Ⓐ]	C50 [Ⓐ]	C60 [Ⓐ]	C70 [Ⓐ]	C80 [Ⓐ]
α_s [Ⓐ]	0.04 [Ⓐ]	2.89 [Ⓐ]	3.57 [Ⓐ]	3.06 [Ⓐ]	3.50 [Ⓐ]	3.98 [Ⓐ]	4.45 [Ⓐ]	4.89 [Ⓐ]	3.36 [Ⓐ]	3.81 [Ⓐ]	4.24 [Ⓐ]	4.65 [Ⓐ]
	0.05 [Ⓐ]	3.11 [Ⓐ]	3.79 [Ⓐ]	3.31 [Ⓐ]	3.74 [Ⓐ]	4.22 [Ⓐ]	4.69 [Ⓐ]	5.14 [Ⓐ]	3.62 [Ⓐ]	4.06 [Ⓐ]	4.49 [Ⓐ]	4.91 [Ⓐ]
	0.06 [Ⓐ]	3.32 [Ⓐ]	4.00 [Ⓐ]	3.55 [Ⓐ]	3.99 [Ⓐ]	4.46 [Ⓐ]	4.93 [Ⓐ]	5.38 [Ⓐ]	3.87 [Ⓐ]	4.31 [Ⓐ]	4.75 [Ⓐ]	5.16 [Ⓐ]
	0.07 [Ⓐ]	3.53 [Ⓐ]	4.21 [Ⓐ]	3.79 [Ⓐ]	4.23 [Ⓐ]	4.70 [Ⓐ]	5.17 [Ⓐ]	5.62 [Ⓐ]	4.12 [Ⓐ]	4.57 [Ⓐ]	5.00 [Ⓐ]	5.41 [Ⓐ]
	0.08 [Ⓐ]	3.75 [Ⓐ]	4.43 [Ⓐ]	4.03 [Ⓐ]	4.47 [Ⓐ]	4.95 [Ⓐ]	5.42 [Ⓐ]	5.86 [Ⓐ]	4.38 [Ⓐ]	4.82 [Ⓐ]	5.25 [Ⓐ]	5.67 [Ⓐ]
	0.09 [Ⓐ]	3.96 [Ⓐ]	4.64 [Ⓐ]	4.27 [Ⓐ]	4.71 [Ⓐ]	5.19 [Ⓐ]	5.66 [Ⓐ]	6.10 [Ⓐ]	4.63 [Ⓐ]	5.07 [Ⓐ]	5.51 [Ⓐ]	5.92 [Ⓐ]
	0.10 [Ⓐ]	4.17 [Ⓐ]	4.85 [Ⓐ]	4.51 [Ⓐ]	4.95 [Ⓐ]	5.43 [Ⓐ]	5.90 [Ⓐ]	6.35 [Ⓐ]	4.88 [Ⓐ]	5.32 [Ⓐ]	5.76 [Ⓐ]	6.17 [Ⓐ]
	0.11 [Ⓐ]	4.39 [Ⓐ]	5.07 [Ⓐ]	4.76 [Ⓐ]	5.19 [Ⓐ]	5.67 [Ⓐ]	6.14 [Ⓐ]	6.59 [Ⓐ]	5.14 [Ⓐ]	5.58 [Ⓐ]	6.01 [Ⓐ]	6.43 [Ⓐ]
	0.12 [Ⓐ]	4.60 [Ⓐ]	5.28 [Ⓐ]	5.00 [Ⓐ]	5.44 [Ⓐ]	5.91 [Ⓐ]	6.38 [Ⓐ]	6.83 [Ⓐ]	5.39 [Ⓐ]	5.83 [Ⓐ]	6.27 [Ⓐ]	6.68 [Ⓐ]
	0.13 [Ⓐ]	4.81 [Ⓐ]	5.49 [Ⓐ]	5.24 [Ⓐ]	5.68 [Ⓐ]	6.15 [Ⓐ]	6.62 [Ⓐ]	7.07 [Ⓐ]	5.64 [Ⓐ]	6.08 [Ⓐ]	6.52 [Ⓐ]	6.93 [Ⓐ]
	0.14 [Ⓐ]	5.03 [Ⓐ]	5.71 [Ⓐ]	5.48 [Ⓐ]	5.92 [Ⓐ]	6.40 [Ⓐ]	6.87 [Ⓐ]	7.31 [Ⓐ]	5.89 [Ⓐ]	6.34 [Ⓐ]	6.77 [Ⓐ]	7.19 [Ⓐ]
	0.15 [Ⓐ]	5.24 [Ⓐ]	5.92 [Ⓐ]	5.72 [Ⓐ]	6.16 [Ⓐ]	6.64 [Ⓐ]	7.11 [Ⓐ]	7.55 [Ⓐ]	6.15 [Ⓐ]	6.59 [Ⓐ]	7.03 [Ⓐ]	7.44 [Ⓐ]
	0.16 [Ⓐ]	5.45 [Ⓐ]	6.13 [Ⓐ]	5.96 [Ⓐ]	6.40 [Ⓐ]	6.88 [Ⓐ]	7.35 [Ⓐ]	7.80 [Ⓐ]	6.40 [Ⓐ]	6.84 [Ⓐ]	7.28 [Ⓐ]	7.69 [Ⓐ]
	0.17 [Ⓐ]	5.67 [Ⓐ]	6.35 [Ⓐ]	6.21 [Ⓐ]	6.64 [Ⓐ]	7.12 [Ⓐ]	7.59 [Ⓐ]	8.04 [Ⓐ]	6.65 [Ⓐ]	7.10 [Ⓐ]	7.53 [Ⓐ]	7.95 [Ⓐ]
	0.18 [Ⓐ]	5.88 [Ⓐ]	6.56 [Ⓐ]	6.45 [Ⓐ]	6.89 [Ⓐ]	7.36 [Ⓐ]	7.83 [Ⓐ]	8.28 [Ⓐ]	6.91 [Ⓐ]	7.35 [Ⓐ]	7.79 [Ⓐ]	8.20 [Ⓐ]
	0.19 [Ⓐ]	6.10 [Ⓐ]	6.78 [Ⓐ]	6.69 [Ⓐ]	7.13 [Ⓐ]	7.60 [Ⓐ]	8.07 [Ⓐ]	8.52 [Ⓐ]	7.16 [Ⓐ]	7.60 [Ⓐ]	8.04 [Ⓐ]	8.45 [Ⓐ]
0.20 [Ⓐ]	6.31 [Ⓐ]	6.99 [Ⓐ]	6.93 [Ⓐ]	7.37 [Ⓐ]	7.85 [Ⓐ]	8.32 [Ⓐ]	8.76 [Ⓐ]	7.41 [Ⓐ]	7.86 [Ⓐ]	8.29 [Ⓐ]	8.71 [Ⓐ]	

三、关键技术

4 计算基本规定

钢管混凝土结构计算理论：

→钢筋混凝土理论，即应力叠加理论

→极限平衡理论，即套箍约束理论

→统一理论

根据合理性、实用性、准确性等论证，在满足安全，采用统一理论。

统一理论：钢管混凝土构件的工作性能，随着材料的物理参数、构件几何参数和截面形式、应力状态的改变而改变，变化是连续的、相关的，计算是统一的。 具体内容为：把钢管混凝土视为统一的一种组合材料，用构件的整体几何特性（全截面和抵抗矩等）和钢管混凝土的组合性能指标，来计算构件的承载力，不再区分为钢管和混凝土。

但建立统一理论时，为了清楚和直观的表达其内容，应用了套箍理论的基本概念和参数计算方法等，建立完整的计算体系。

三、关键技术

4 计算基本规定

4.1.1 钢管混凝土拱桥应进行强度、刚度、稳定验算和动力性能分析，并应符合下列规定：↵

1 钢管混凝土主拱应采用静力方法计算内力和累计变形。按照极限承载能力公式，对单管主拱进行单管受压构件的强度验算；对哑铃型主拱进行组合受压构件的强度验算；对桁式主拱进行单肢和组合受压构件的强度验算。↵

2 钢管混凝土拱桥整体稳定与动力特性，应建立全桥空间模型进行分析，包括主拱、桥面系、吊杆、立柱、系杆等全桥各构件。↵

3 计算主拱稳定安全系数时，当主拱跨径大于 300m 时，还应计入材料、几何非线性影响。↵

4.1.2 钢管混凝土拱桥的结构分析（静力、稳定、动力），可采用平面或空间有限元法。下承式刚架系杆拱桥的计算模型应包括下部结构。↵

4.1.3 钢管混凝土拱桥的承载力计算应计入钢管初应力和混凝土脱空的影响。↵

4.1.4 钢管混凝土拱桥主拱截面尺寸、主管和支管规格、拱轴线形等几何参数应综合优化确定。↵

4.1.5 钢管混凝土拱桥，当桥面梁（板）为连续结构时，桥面梁（板）内力计算应计入吊索和主拱的影响。↵

三、关键技术

4.2.2 钢管混凝土主拱的活载冲击系数 μ ，可按式(4.2.2)计算。当计算结果 $\mu < 0.05$ 时，取 $\mu = 0.05$ 。

$$\mu = \frac{18}{40 + L_0} \quad (4.2.2)$$

式中 L_0 ——主拱的净跨径(m)。

4.2.5 计算单管主拱截面的温差效应时，可采用图4.2.5a的温度梯度曲线；计算哑铃型或桁式主拱上、下主管的温差效应时，可采用图4.2.5b的温度梯度曲线。温度 T_1 、 T_2 应按表4.2.5取值。

表 4.2.5 温度 T_1 、 T_2 表

钢管表面涂层	单管主拱		哑铃型或桁式主拱	
	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_1 (°C)	T_2 (°C)
深色 (红色、灰色等)	12	6	8	0
浅色 (白色、银白色等)	8	6	5	0



图 4.2.5 温度梯度曲线图

三、关键技术

4.3.1→单圆管混凝土主拱，宜采用梁单元计算；哑铃型钢管混凝土主拱，宜采用组合构件的梁单元计算；桁式主拱可采用桁式梁单元或将主拱简化为组合构件的梁单元进行计算。组合构件梁单元指结构计算时，将哑铃型的主管及连接板或桁式的主管及支管视为一个梁单元进行模拟。桁式梁单元指将桁式主拱的上、下主管及支管分别视为梁单元，主管和支管以刚性节点连接。

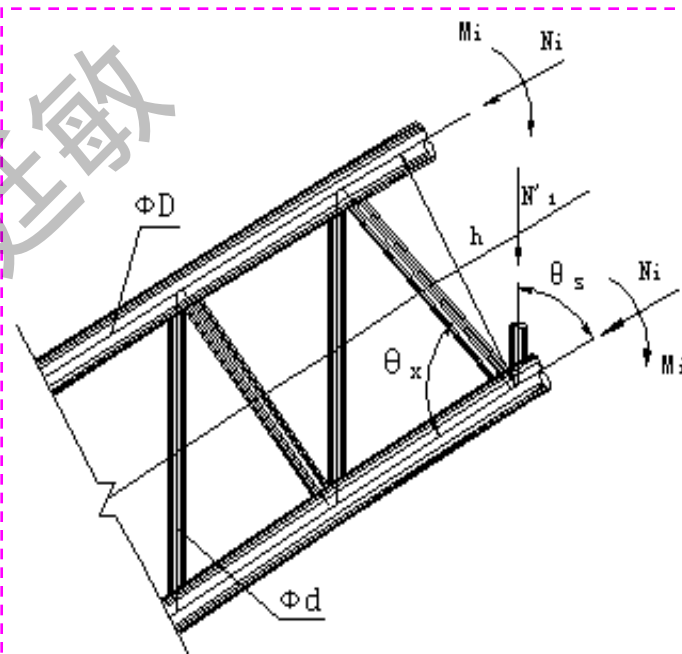
4.3.2 桁式主拱组合内力计算

1. 当桁式主拱按桁式梁单元建模计算时，其主拱的组合内力应按式(4.3.2-1)、

(4.3.2-2)计算：

$$\text{组合轴力: } N = \sum(N_i + N'_i \cos \theta) \dots \dots \dots (4.3.2-1)$$

$$\text{组合弯矩: } M = \Delta N \times h/2 + \sum M_i + \sum N'_i \times h/2 \times \cos \theta \dots \dots \dots (4.3.2-2)$$



三、关键技术

2. 当桁式主拱按组合构件梁单元直接计算主拱内力时，其参数按下列要求计算。↵

1) · 主拱组合截面抗弯惯性矩应计入支管的影响，其值按式（4.3.2-3）计算：↵

$$I_g = \frac{\frac{1}{2} \times h^2 \times L_0^2 \times A_x \times A_f \times (\sin \theta_s \times \sin 2\theta_s + \sin \theta_x \times \sin 2\theta_x)}{L_0^2 \times A_f \times (\sin \theta_s \times \sin 2\theta_s + \sin \theta_x \times \sin 2\theta_x) + \frac{E_{sc}}{E_s} \times 4\pi^2 \times h^2 \times A_{sc}} \dots (4.3.2-3) \quad \leftarrow$$

2) · 桁式主拱按组合构件梁单元建模计算时，桁式主拱组合构件计算的组合面积

ΣA_x 为各主弦钢管混凝土面积之和；↵

3) · 桁式主拱按组合构件梁单元建模计算时，桁式主拱组合构件计算弹性模量 E_x 为主钢管混凝土弹性模量的平均值。↵

三、关键技术

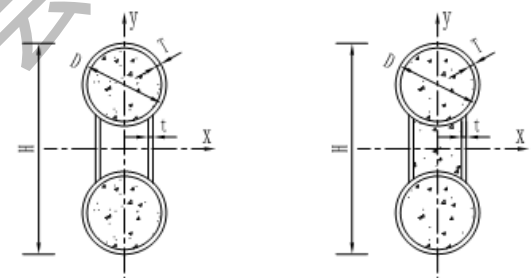
哑铃型主拱截面组合受力面积: $A_{sc}' = 2A_{sc} + A_{sf}$ (4-2)

哑铃型主拱截面组合抗弯惯性矩: $I_{sc}' = 2I_{sc} + \frac{A_{sc}(H-D)^2}{2} + I_{sf}$ (4-3)

哑铃型主拱截面组合抗压弹性模量: $E_{sc}' = \frac{2E_{sc}A_{sc} + E_{sf}A_{sf}}{A_{sc}'}$ (4-4)

哑铃型主拱截面腹腔内无混凝土时的组合密度: $\gamma_{sc}' = \frac{2\gamma_{sc}A_{sc} + \gamma_{sf}A_{sf}}{A_{sc}'}$ (4-5)

哑铃型主拱截面腹腔内灌混凝土时的组合密度: $\gamma_{sc}' = \frac{2\gamma_{sc}A_{sc} + \gamma_{sf}A_{sf} + \gamma_c A_{cf}}{A_{sc}' + A_{cf}}$ (4-6)



a) 腹腔内不灌注混凝土 b) 腹腔内灌注混凝土

4.3.3→哑铃型，腹腔内的混凝土不应计，而仅计算其自重的影响。

4.3.7·钢管混凝土拱桥设计时，主拱截面的偏心距宜满足下列要求：

单管主拱: $e_0 / r \leq 1.55$ (4.3.7-1)

哑铃型主拱: $e_0 / i \leq 1.70$ (4.3.7-2)

桁式主拱: $e_0 / h \leq e_b$ (4.3.7-3)

三、关键技术

5.1.1→钢管混凝土单管主拱应进行单管受压构件承载力验算；哑铃型主拱应进行组合受压构件承载力验算；桁式主拱应分别进行单管受压构件和组合受压构件承载力验算。

5.2.4 钢管混凝土构件钢管初应力折减系数 K_p 应按式 (5.2.4-1) 计算：

$$K_p = 1.0 - 0.15\omega \quad (5.2.4-1)$$

式中： ω ——钢管初应力度，按式 5.2.4-2 计算， ω 不应超过 0.65。

$$\omega = \frac{\sigma_0}{f_{sd}} \quad (5.2.4-2)$$

σ_0 ——钢管初应力 (MPa)，取主拱钢管截面初应力的最大值；

f_{sd} ——钢材的强度设计值 (MPa)。

钢管混凝土拱桥是自架设体系，形成钢管混凝土拱前，钢管已被安装成拱，承受自重和管内逐级混凝土重量，产生初始应力。试验证明，钢管初应力对钢管混凝土构件的极限承载能力和变形有影响。

三、关键技术

5.2.5→钢管混凝土承载能力极限状态验算时，应计入钢管内混凝土的脱空影响，脱空折减系数取值0.95，并应符合下列要求。

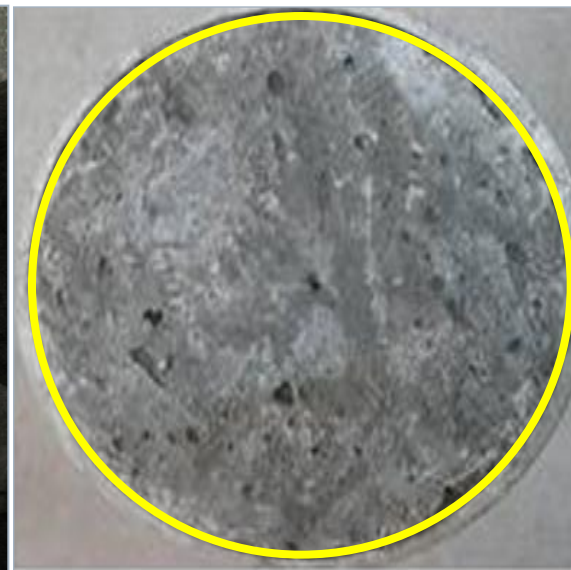
- 1 当钢管混凝土球冠型脱空率大于0.6%，或脱空高度大于5mm时，应对钢管内混凝土脱空缺陷进行修补灌注。
- 2 钢管混凝土主拱不得出现周边均匀型脱空的缺陷。



小直径界面密贴



大直径界面脱空

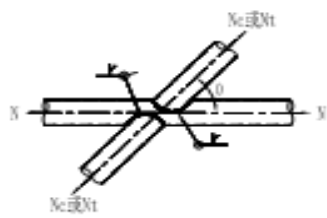
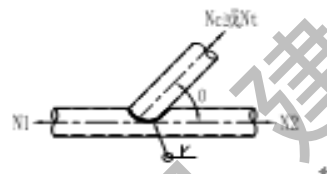
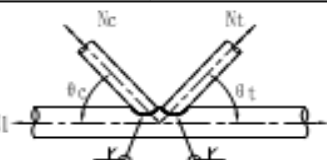


大直径界面脱空

三、关键技术

5.6.1 空心主管的节点承载力应按表 5.6.1 计算。

表 5.6.1 节点承载力（支管承载力限值）

序号	节点形式	节点承载力		适用范围
		支管受压时	支管受拉时	
1	 X 型节点	$N_c = \frac{5.45}{(1 - 0.81\beta)\sin\theta} \phi_a T^2 f_{sd}$	$N_t = 0.78 \left(\frac{D}{T}\right)^{0.2} N_c$	$0.2 \leq \beta \leq 1.0$ $D/T \leq 100$ $d/t \leq 60$ $\theta \geq 30^\circ$
2	 T 型和 Y 型	$N_c = \frac{11.51}{\sin\theta} \left(\frac{D}{T}\right)^{0.2} \phi_a \phi_s T^2 f_{sd}$	当 $\beta \leq 0.6$ 时 $N_t = 1.4 N_c$ 当 $\beta > 0.6$ 时 $N_t = (2 - \beta) N_c$	
3	 N 和 K 型节点	$N_c = \frac{11.51}{\sin\theta_c} \left(\frac{D}{T}\right)^{0.2} \phi_a \phi_s T^2 f_{sd}$	$N_t = \frac{\sin\theta_c}{\sin\theta_t} N_c$	

三、关键技术

5.6.2 桁式主拱，其受压支管的构造要求应满足下列要求：

1 受压支管径厚比宜满足表 5.6.2-1 的要求。

表 5.6.2-1 受压支管径厚比限值

钢材牌号	径厚比
Q235	$d/t \leq 40$
Q345	$d/t \leq 35$
Q390	$d/t \leq 25$



2 受压支管径厚比不满足表 5.6.2-1 要求时，其承载力应按表 5.6.2-2 的系数折减。

表 5.6.2-2 受压支管承载力折减系数

钢材 强度等级	径厚比						
	30	35	40	45	50	60	70
Q235	1.0	1.0	1.0	0.98	0.93	0.88	0.82
Q345	1.0	1.0	0.96	0.88	0.86	0.82	0.78
Q390	0.98	0.88	0.85	0.78	0.76	0.73	0.70



三、关键技术

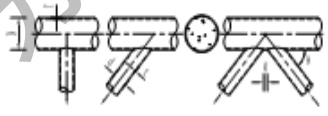
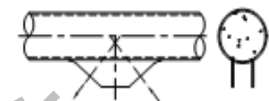

5.7.1 对管—管相贯、管—板连接和管—管对接三类焊接接头的细节构造，应进行节点疲劳验算。

5.7.2 疲劳荷载应采用等效的车道荷载，集中荷载为 $0.7P_k$ ，均布荷载为 $0.3q_k$ 。 P_k 和 q_k 应按现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG-D60) 取值。疲劳荷载应加载在最不利的荷载位置，并按规定计算疲劳荷载的冲击系数作用。

5.7.3 疲劳验算所采用的应力幅 $\Delta\sigma$ 应为构件在疲劳荷载作用下的名义应力 ($\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$) 最大变化幅度，疲劳验算应按公式 (5.7.3) 计算：

$$\Delta\sigma = |\sigma_{max} - \sigma_{min}| \leq [\sigma_a] \quad (5.7.3)$$

5.7.4 节点及连接疲劳容许应力幅应满足表 5.7.4 的要求。

类别	节点及连接构造形式	加工质量要求	疲劳容许应力幅 $[\sigma_a]$ (MPa)	检验部位和内容
1.	T、Y、K、N 相贯管节点 	采用相贯线切割机开制相贯线坡口，全熔透焊缝连接。焊趾处需焊后修磨。超声波探伤 B 级检验 I 级合格。	50.	非连接处支管正截面应力。
2.	板—管焊接节点 	管—板 T 型接头采用坡口全熔透焊缝。节点板两端打磨匀顺，打磨范围及要求参见现行《铁路钢桥设计规范》(TB10002.2)。	80.	按常规方法验证焊接接头处应力。
3.	受拉空心圆管对接  (仅限吹管杆件)	环焊缝单面全熔透对接接头，内设钢衬环。	50.	接头处正截面应力。



三、关键技术

5.9.2 对跨径大于300m的钢管混凝土拱桥，使用阶段应计入几何、材料非线性影响。

1 材料非线性的影响采用修正钢管混凝土主拱轴压刚度的方式计入，主拱修正轴压刚度(EA)应按式(5.9.2)计算：

$$EA = 0.85E_{sc}A_{sc} \quad (5.9.2-1)$$

式中： E_{sc} ——钢管混凝土组合弹性轴压模量(MPa)；

A_{sc} ——钢管混凝土的组合截面面积(m²)。

2 几何非线性影响中应计入主拱的初始缺陷，主拱最大横向偏位值应符合式(5.9.3)的要求：

$$\delta = \frac{L}{5000} \quad (5.9.2-2)$$

式中： δ ——主拱最大横向偏位值(cm)；

L ——主拱的净跨径(cm)。

3 计入非线性影响的主拱非线性稳定安全系数不应小于1.75。钢管混凝土本构关系应按附录B执行。



三、关键技术

6.1.1 正常使用极限状态的计算，应采用作用的短期效应组合、长期效应组合。

6.1.2 正常使用极限状态的计算，钢管混凝土构件应进行变形验算。钢管混凝土构件采用应力叠加法验算强度时，应按附录 C 执行。

6.1.3 非钢管混凝土构件的应力、变形、裂缝等应按相关规范的规定验算。

6.2.3 钢管混凝土主拱应设置预拱度，计算预拱度值应为恒载累计变形、钢管混凝土徐变挠度和 1/2 活载挠度之和；预拱度计入非线性影响后，可按公式 (6.2.3) 计算。对于主拱跨径小于 50m 的拱桥，主拱预拱度宜设置在 (1/400~1/600) L 范围内。

$$\delta_s = K_y \delta_j \quad (6.2.3)$$

式中 δ_s ——主拱设计预拱度值 (m)；

δ_j ——主拱计算预拱度值 (m)；

K_y ——预拱度非线性修正系数。主跨 50~100m，取 1.05；主跨 100~150m，取 1.11；主跨 150~220m，取 1.16；主跨 220~340m，取 1.20；主跨大于 340m，取 1.25。

三、关键技术

6.3.1 主拱跨径大于或等于 150m 或宽跨比小于或等于 1/20 的钢管混凝土拱桥，应计算桥梁动力特性。当设有人行道时，宜使结构频率避开人感频率，人感频率范围可取 2.5~3.5Hz。当有可靠研究资料和桥梁具体要求时，宜单独确定人感频率范围。

6.3.2 主跨跨径大于或等于 150m 的中承式或下承式钢管混凝土拱桥，应按现行《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T D60-01) 的要求，对主拱、吊索、桥面梁和施工过程进行抗风验算。

7.1 一般规定

7.1.1 应按钢管节段安装成拱、主拱管内混凝土灌注、拱上结构安装三个阶段进行主拱施工过程计算。

7.1.2 各阶段所形成的结构体系应进行内力、稳定和抗风性能分析，并应验算体系中构件的强度、刚度、稳定和抗风性能。

7.2 主拱钢管节段安装成拱

7.2.1 根据桥位地形地貌、水文地质和运输条件等因素，主拱钢管节段安装可采用斜拉扣挂、转体施工、大节段提升等方法。

三、关键技术

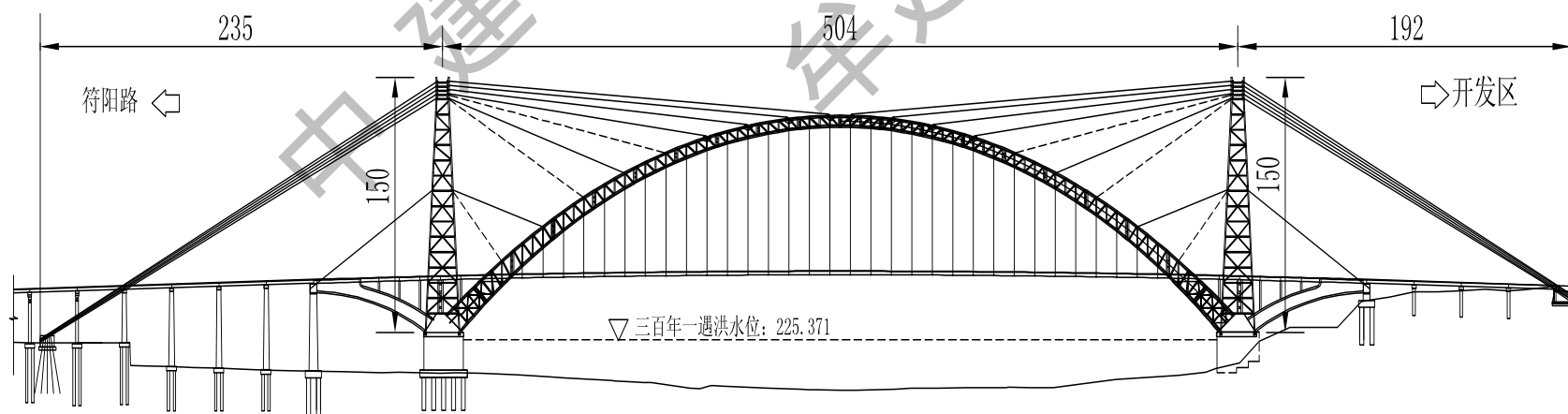
7.2.2 主拱钢管节段安装成拱阶段，应以形成的结构体系为计算模型，验算该体系中构件的强度、刚度、稳定性能和抗风性能，并应满足下列要求：

1 主拱应按钢结构进行内力计算和结构验算。

2 采用斜拉扣挂法安装主拱时，应按不同的施工阶段分别对扣索、锚索、扣塔、锚碇体系进行结构分析和强度、刚度、稳定和抗风性能验算。

3 采用转体施工法安装主拱时，应对扣索、锚索、扣塔、转盘体系、牵引体系、锚碇体系、转体过程中主拱等构件进行结构分析和强度、刚度、稳定和抗风性能验算。

4 采用大节段提升法安装主拱时，应对提升支架、基础、提升系统等进行结构分析和强度、刚度、稳定和抗风性能验算。



三、关键技术

7.2.3· 主拱安装应进行线形拟合设计，主拱合龙后应满足设计线形要求。

7.2.4· 主拱空钢管节段制造、安装成拱的控制线形应满足：

1· 主拱制造线形应为主拱设计线形与预拱度之和；

2· 主拱成拱的线形应为主拱制造线形与空钢管成拱后一次落架的自重挠度之差；

3· 主拱安装线形应为主拱制造线形与节段安装线形调整值之和；

4· 节段安装线形调整值的计算应以主拱成拱理论线形为控制目标，根据安装结构体系在安装过程中主拱线形变化量，进行主拱成拱线形拟合计算，来确定节段安装线形调整值。



三、关键技术

7.2.5 主拱成拱线形拟合应按下列规定计算：

1. 主拱节段安装过程中的挠度 d_y 应按式 7.2.3-1 计算：

$$d_y = d_{y1} + d_{y2} \cdots \cdots (7.2.3-1)$$

式中·· d_{y1} ——节段安装过程中产生的累计挠度 (m)；

d_{y2} ——解除扣索或支点产生的挠度 (m)。

2. 主拱节段安装线形调整值 δ_e 应按式 7.2.3-2 计算：

$$\delta_e = D_y - d_y \cdots \cdots (7.2.3-2)$$

式中·· D_y ——主拱成拱一次落架时的自重挠度 (m)；

d_y ——主拱节段安装过程中的挠度 (m)。

三、关键技术

7.3.1 主拱管内混凝土灌注应遵循两岸对称的原则一次性灌注，横向灌注顺序应遵循上下游均衡的原则。

7.3.2 主拱合龙后，钢管内混凝土灌注顺序应通过加载计算来确定，并符合以下规定：

1 当对主拱各主管进行初应力验算时，应只计入钢管成拱阶段及浇注管内混凝土阶段产生的应力总和；主管的最大初应力 σ_0 不应大于 $0.65 f_{sd}$ ；

2 主拱灌注完成后，轴线最大横向偏位不应大于 $L/4000$ ；

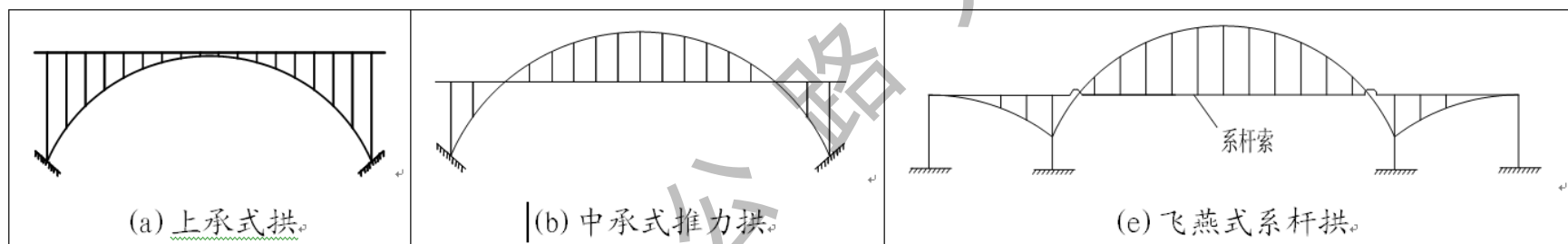
3 对哑铃型主拱，腹腔混凝土的灌注应在主管内混凝土灌注完成后进行。

7.3.3 宜在主管混凝土达到设计强度且龄期大于4天后，再灌注下一根主管。



三、关键技术

8.1.1→应根据桥位地形、地质、水文条件和使用要求，合理选择钢管混凝土拱桥结构体系。



三、关键技术

8.1.2 总体布置应符合以下规定：

1 采用单管主拱的拱桥，其跨径不宜大于 80m；采用哑铃型截面的拱桥，其跨径不宜大于 150m；跨径大于 150m，宜采用桁式主拱；跨径大于 300m，宜采用变截面桁式主拱。主拱截面形式包括单管、哑铃型和桁式（图 8.1.2）。

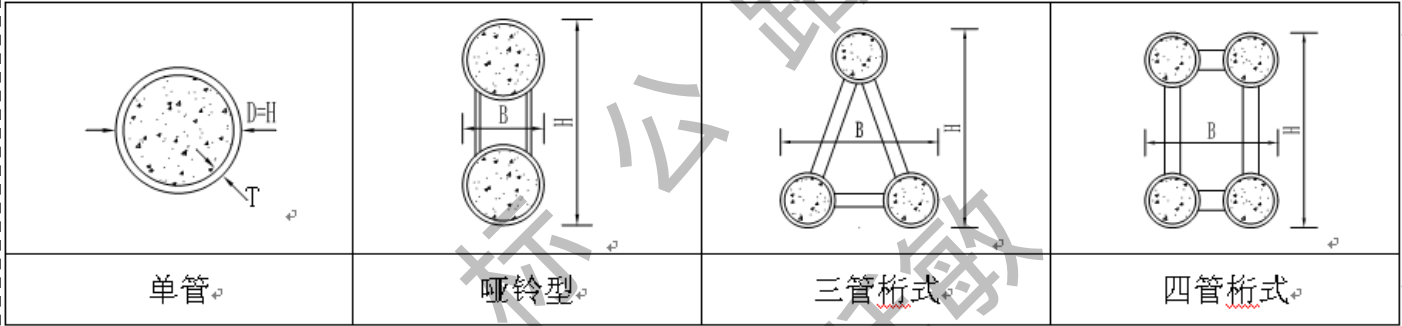


图 8.1.2 钢管混凝土主拱常用截面形式

2 主拱矢跨比取值范围宜为：上承式为 $1/4 \sim 1/6$ ，中承式为 $1/3.5 \sim 1/5$ ，下承式为 $1/4.5 \sim 1/5.5$ 。一般取小值。

3 拱轴线宜采用抛物线或悬链线。当采用悬链线拱轴线时，上承式的拱轴系数 m 宜为 $1.2 \sim 2.8$ ，中承式的拱轴系数不宜大于 1.9，下承式的拱轴系数不宜大于 1.5。

4 飞燕式钢管混凝土拱桥，边跨宜采用钢筋混凝土结构。边、中跨跨径比宜为 $0.18 \sim 0.30$ ；中跨矢跨比为 $1/3.5 \sim 1/4.5$ 。注意飞燕边拱刚度。

三、关键技术

8.1.8 钢结构损伤控制原则宜符合下列要求：

- 1 针对静力或疲劳要求选择焊缝形式，焊接应可操作和可检测；
- 2 构造细节设计应满足传力简洁、无死角、易于安装和维护；
- 3 根据荷载、环境、细节等因素，宜进行抗疲劳与抗断裂的损伤分析评估；
- 4 根据钢管结构焊接应力、焊接变形与焊接收缩量控制目标，宜确定制造和焊接工艺；
- 5 钢管的维护应满足钢管损伤监测和维修的需要。

8.1.9 钢结构损伤控制技术应符合下列要求：

- 1 材料及焊接接头韧性和强度应采用等组配或低组配；
- 2 制定焊接接头焊后处理工艺；
- 3 减小焊缝数量和尺寸；
- 4 制定焊接接头的焊接顺序、间隙控制、预热等措施；
- 5 控制焊接裂纹、夹渣、未溶合、咬边等缺陷；
- 6 制定涂装工艺实施技术操作指南。

三、关键技术

8.2.1 单管与哑铃型主拱应符合以下规定：

- 1 吊索穿过主管处，主管内应设置环向加劲肋，加劲肋的数量与板厚应满足主管集中受力要求；吊索锚具宜置于主管之外。
- 2 哑铃型主拱，钢腹板的厚度及加劲肋设置应满足下列要求：
 - 1) 当钢腹板计算高度与钢腹板厚之比(h/δ)小于 50 时，可不设置竖向加劲肋。
 - 2) 当钢腹板计算高度与钢腹板厚之比(h/δ)为 50~140 时，应设置竖向加劲肋，其间距不应大于 2m。
 - 3) 当钢腹板计算高度与钢腹板厚之比(h/δ)大于 140 时，宜选用桁式主拱。



三、关键技术

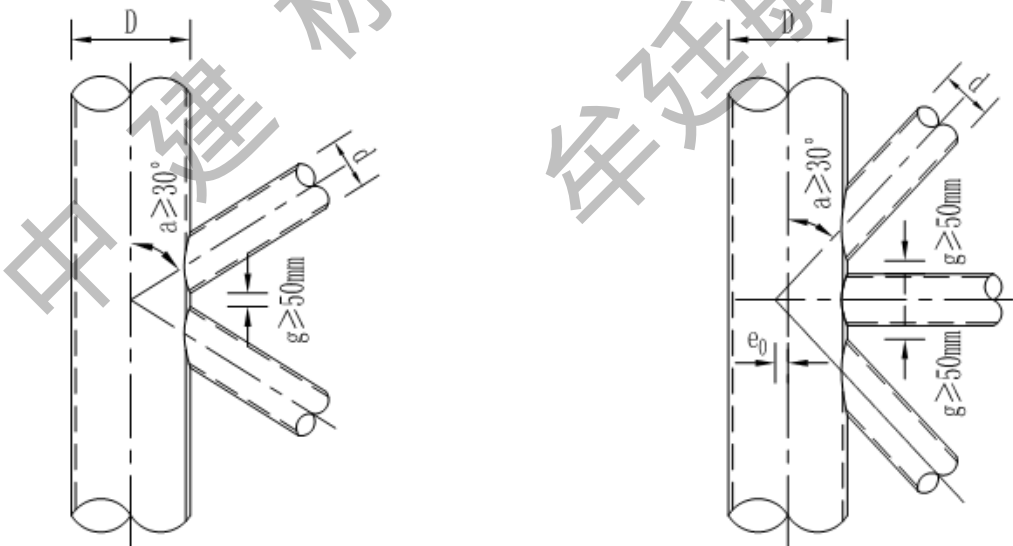
8.2.2 设有斜支管的 Y、K、N 形节点构造应符合下列规定：

1 主、斜支管轴线间夹角 α 不宜小于 30° 。

2 斜支管轴线交点与主管轴线的偏心距 e_0 不宜大于 $D/4$ ，超过时应计入偏心弯矩的影响，偏心弯矩应按式（8.2.2-1）计算。

$$M = \Delta N \times e_0 \dots\dots\dots (8.2.2-1)$$

3 K 型节点或 N 型节点支管间的间隙 g 不应小于 50mm。



三、关键技术

8.2.3→设有直支管的桁式构造宜符合下列规定：

- 1 支管中心距离不宜大于主管中心距的4倍；
- 2 单根支管面积不宜小于单根主管面积的1/4；
- 3 支管的长细比不宜大于单根主管长细比的1/2。

直支管一般用于主拱桁片间主管的横向连接构造，或拱上立柱采用钢管混凝土桁式结构时，主管间距相对较小的纵桥向连接构造。



三、关键技术

8.2.4 桁式构造几何参数宜符合以下规定：

- 1 节间间距与主桁高度之比宜为 $0.5 \sim 1.5$ ；
- 2 支管与主管直径比 d/D 宜为 $0.30 \sim 0.80$ ；
- 3 主管径厚比 D/T 宜为 $24.0 \sim 90.0$ ；
- 4 支管与主管壁厚比 t/T 宜为 $0.25 \sim 1.00$ 。

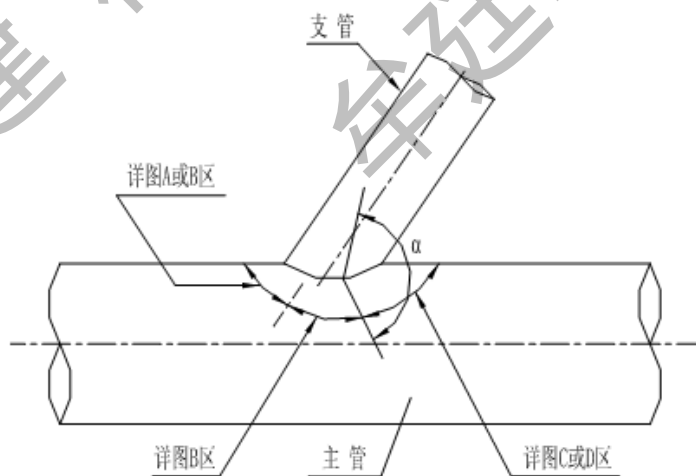
8.2.5 管节点及连接件的抗疲劳构造应符合以下规定：

- 1 桁式主拱的主管与支管同时应满足 $d/D \geq 0.4$ 、 $T/t \geq 1.0$ 、 $D/T \geq 40$ 的要求；
- 2 细长空管杆件长度与钢管直径之比不应大于 40；
- 3 支管与主管间相贯焊接节点，不应采用加劲肋板或插入式节点板的连接形式。
- 4 板—管节点不应采用插入式焊缝连接支管的构造形式。
- 5 相贯焊接的 K 型节点，相贯焊缝与纵、环焊缝不应相交，焊缝间净距不应小于 50mm。
- 6 支管相贯线和坡口应采用相贯线切割机完成，焊接接头根部间隙应控制在 6mm 以内，焊缝宜采用全熔透焊缝形式，焊趾处应进行修磨。

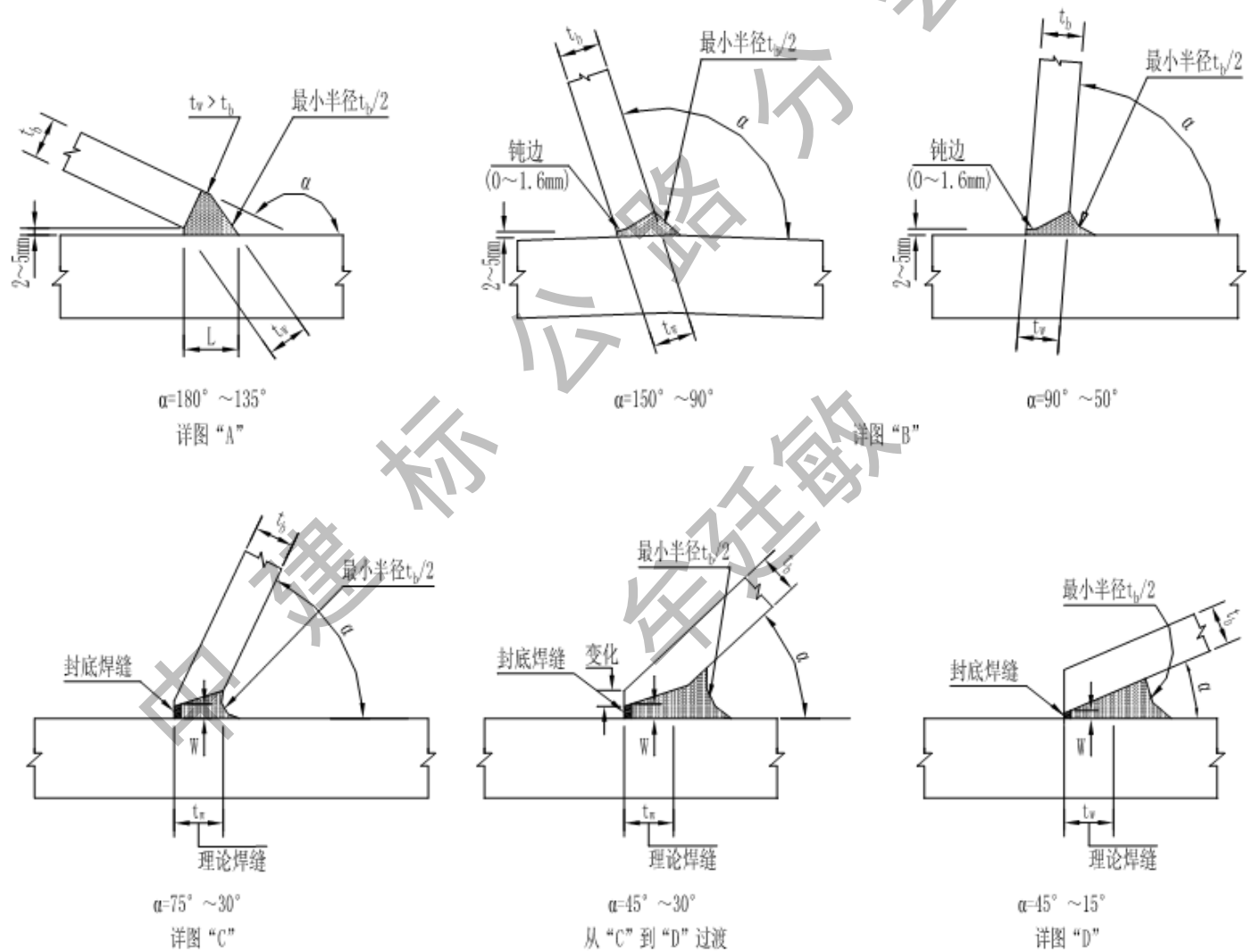
三、关键技术

8.2.6 焊接接头应符合以下规定：

- 1 焊接接头不应采用间断、超间隙和塞焊的焊缝。
- 2 不得选择 T 形、或十字形焊接接头。
- 3 应控制焊接缺陷、焊接应力、焊接变形、焊接收缩量，并提出相应的制造和焊接质量要求。
- 4 桁式主拱的相贯连接接头，其相贯线坡口应采用相贯线切割机成型，支管全熔透焊缝坡口形式可按图 8.2.6-1 所示设置。



三、关键技术



三、关键技术

5. 钢管对接接头应采用全熔透焊缝，管端坡口可采用图 8.2.6-2 的形式。

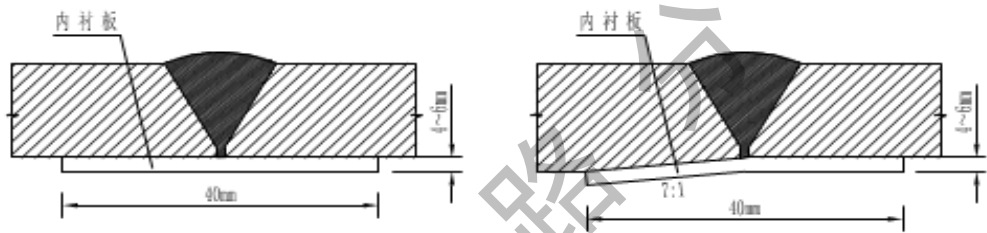


图 8.2.6-2 钢管对接坡口形式

6. 主管采用直缝焊接管时，对环焊缝、纵焊缝和节点的相贯焊缝，应按图 8.2.6-3 所示的要求避让焊缝交叉。

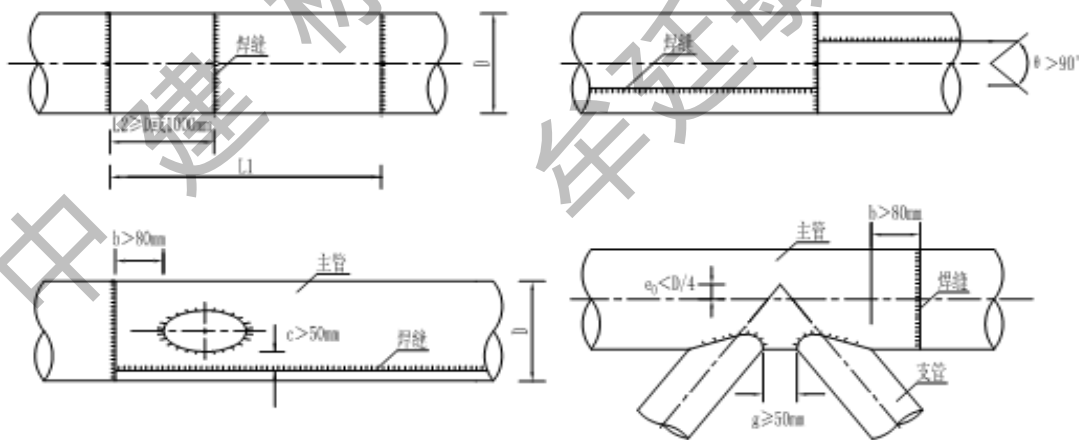


图 8.2.6-3 钢管错缝布置要求

三、关键技术

7· 焊接接头应合理配置焊缝韧性和强度，宜采用焊接材料与结构钢材强度等组配或低组配。

8· 相贯线焊缝的焊趾应修磨圆顺，修磨方法宜采用砂轮打磨；打磨区的修磨深度宜为 0.5~0.8mm，修磨方位应符合图 8.2.6-4 要求。

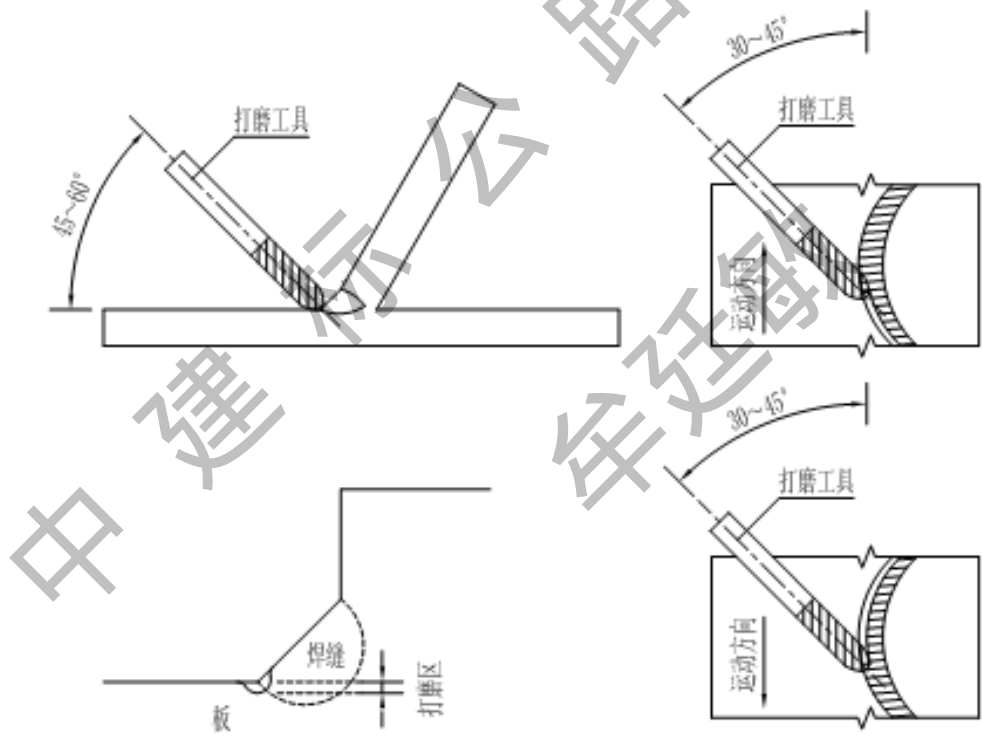


图 8.2.6-4 焊缝修磨方位图

三、关键技术

8.2.8 主拱接头应符合以下规定：

1 主拱节段应采用焊接对接接头。当主拱主管直径大于 600mm 时，宜采用内法兰作临时连接（图 8.2.8-1）。

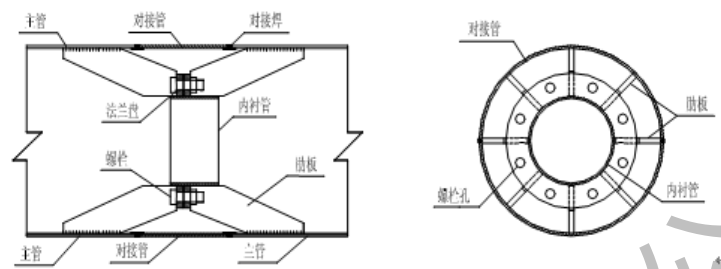
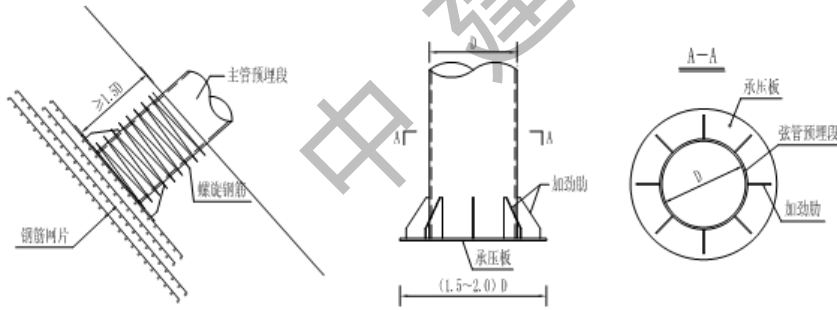


图 8.2.8-1 内法兰构造形式

2 主拱与拱座的连接构造，宜将钢管插入拱座预埋，预埋管与主拱节段宜采用焊接对接接头。预埋深度不得小于 1.5 倍主管直径，预埋钢管底部应设置承压板，其下应设置不少于三层钢筋网，在钢管周边应设置分布环向钢筋、焊钉或 PBL 剪力键等锚固构造。承压板与管壁间，应按构造要求设置带孔加劲肋板（图 8.2.8-2）。



(a) 主拱主管预埋构造 (b) 预埋主拱主管段构造

图 8.2.8-2 主拱与拱座的连接一般构造

3 主拱施工时，可根据截面形式和结构特点的需要，主拱拱脚可设计为直接固结的连接形式，或先临时铰连接，合龙后再固结的形式。拱脚临时铰可采用转轴铰或销轴铰，其构造形式如图 8.2.8-3、图 8.2.8-4 所示。

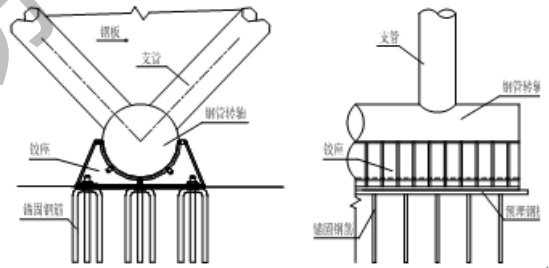


图 8.2.8-4 转轴铰一般构造示意图（钢板加劲肋未示）

4 主拱合龙连接应采用焊接对接接头。主拱合龙应快速准确对位，宜单独设置合龙段及满足瞬时合龙的构造措施，桁式主拱合龙构造如图 8.2.8-5 所示。

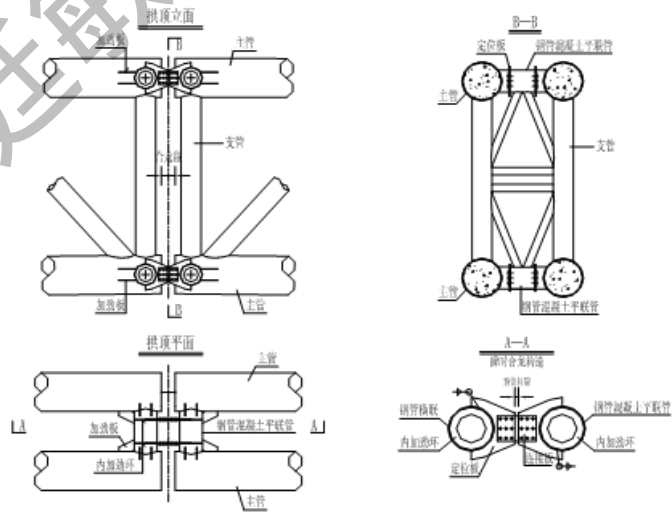


图 8.2.8-5 桁式主拱合龙构造

三、关键技术

8.5 吊索

8.5.1→吊索应采用平行钢丝成品索或钢绞线成品索，钢丝或钢绞线应采用环氧喷涂、环氧填充或镀锌的防腐处理。吊索应设置耐候性的防护外套。

8.5.4→中下承式拱桥设计时，最短吊索的自由长度宜满足纵向位移需要。当不能满足要求时，应采用限制短吊索横梁纵向位移、横梁与桥面梁（板）间设置滑板支座、增加索体锚固端自由转动幅度等措施。

8.5.5→当吊索长度大于30m时，宜提高吊索的抗拉刚度。



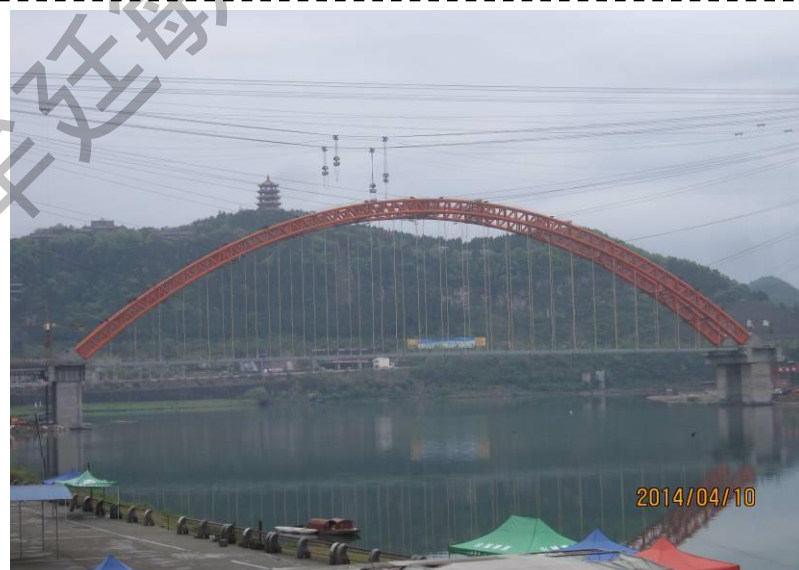
三、关键技术

8.6 系杆索

8.6.1→系杆索必须采用平行钢丝成品索或钢绞线成品索，其钢丝或钢绞线可采用环氧喷涂、环氧填充或镀锌的防腐处理，系杆索不应外露，应设具有耐候性的防护装置。

8.6.4→系杆索的位置设计应综合考虑主拱结构、桥面系高程、锚固位置及更换索体的工艺要求等因素。

8.6.5→系杆索及锚具构造，必须满足检查、维护及可更换的需要



三、关键技术

8.7.1 上承式钢管混凝土拱桥，可采用简支或连续结构体系的桥面梁（板）。↵

8.7.2 中、下承式钢管混凝土拱桥的桥面梁（板）必须采用连续结构体系，连续结构体系的主纵梁应满足两倍吊索跨度的承载能力要求。对于桥面梁（板）与吊杆横梁分离的结构体系，主纵梁应设在吊杆横梁的吊杆对应位置处。↵

8.7.3 桥面梁（板）可采用钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土、钢或钢—混凝土组合等结构；对于跨径大于 300m 的钢管混凝土拱桥，宜采用钢或钢—混凝土组合结构桥面梁（板）。↵

8.7.4 钢—混凝土组合结构桥面梁（板）的构造应符合附录 D 要求。↵

目 次

1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	3
3 总则.....	7
4 术语和符号.....	7
4.1 术语.....	7
4.2 符号.....	8
5 材料.....	13
5.1 底钢板与剪力键.....	13
5.2 混凝土.....	15
6 基本规定.....	19
6.1 一般规定.....	19
6.2 计算规定.....	21
7 承载能力极限状态计算.....	24
7.1 一般规定.....	24
7.2 正弯矩截面抗弯承载能力.....	25
7.3 负弯矩截面抗弯承载能力.....	28
7.4 抗冲切承载能力.....	29
7.5 斜截面抗剪承载能力.....	30
7.6 剪力键计算.....	32
8 正常使用极限状态计算.....	38
8.1 一般规定.....	38
8.2 挠度与预拱度.....	39
8.3 裂缝宽度.....	40
8.4 动力特性.....	43
9 施工计算.....	44
9.1 一般规定.....	44
9.2 计算原则.....	44
9.3 强度与刚度.....	45
10 构造.....	47
10.1 一般规定.....	47
10.2 底钢板与剪力键.....	48
10.3 钢筋.....	50
10.4 混凝土板.....	52
10.5 耐久性.....	52
11 施工.....	54
11.1 钢结构.....	54
11.2 混凝土.....	56
12 质量验收.....	58

ICS 93.040

四川省地方标准

DB

P 28

DB 51/T 1991—2015

钢-混凝土组合桥面板技术规程

Technical Specification for Steel-Cohcrete
Composite Bridge Deck

2015-07-08 发布

2015-10-01 实施

四川省质量技术监督局 发布



四川省公路规划勘察设计研究院
Sichuan Province Communications Department Highway Planning,
Survey, Design And Research Institute

汇报提纲

一、编制背景

二、主要内容

三、关键技术

四、使用注意



四、使用注意

(1) 填补了空白

该规范合理的体现了公路桥梁结构、施工、承受活荷载的特点，保证了桥梁使用及施工安全。计算理论、结构构造、养护与维修、管结构制造工艺等指标提出了明确要求成为国内外第一本钢管混凝土的桥梁行业规范。

已经结束建造400余座拱桥而没有规范支撑的现状。

(2) 效益显著

规范编制过程中，用于指导了跨度从150米到530米的四座钢管混凝土拱桥的计算、设计，施工与验证，规范的实行，规范行业设计市场，节约材料、提高桥梁安全度、耐久性，减少社会影响，提高市场竞争力。

(3) 鉴于该规范制订，而国内外参考资料不多，需要跟踪实施过程中反馈意见的积累；同时，钢管混凝土拱桥建设规模大、数量多、速度快。因此，钢管混凝土桥梁建设中的任何问题，都愿意一道共同探讨。



谢谢大家！