

ICS 91.100.30
Q 14
备案号:55965—2016

JC

中华人民共和国建材行业标准

JC/T 2359—2016

预应力混凝土 T 型梁

Prestressed T-section concrete beam

2016-07-11 发布

2017-01-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国水泥制品标准化技术委员会(SAC/TC 197)归口。

本标准负责起草单位：浙江天晟建材集团有限公司、浙江大学、浙江公路水运工程咨询公司。

本标准参加起草单位：苏州混凝土水泥制品研究院、浙江正方交通建设有限公司、衢州兴通桥梁预制有限公司、浙江省交通工程建设集团、同济大学、浙江大学建筑设计研究院、浙江省交通科学研究院、吴江市明港道桥工程有限公司。

本标准主要起草人：申永刚、刘世伟、吴安宁、方剑、王学武、朱刚、陈菊根、王城泉、熊学玉、谢广言、龙晓荣、张利波、毕建华、单光炎、颜东锋、徐发容、宋连锋、徐建武、晁春峰、李玲俊、程时宇。

本标准为首次发布。

预应力混凝土 T 型梁

1 范围

本标准规定了预应力混凝土 T 型梁(以下简称“T 梁”)的分类和标记、原材料、构造要求、质量要求、检验方法、检验规则、产品合格证以及标志、运输和贮存等。

本标准适用于公路、水运、市政工程桥梁建设中采用的预应力混凝土 T 型梁。

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 175 通用硅酸盐水泥

GB/T 700 碳素结构钢

GB 1499.1 钢筋混凝土用钢 第 1 部分:热轧光圆钢筋

GB 1499.2 钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋

GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线

GB 8076 混凝土外加剂

GB/T 14370 预应力筋锚具、夹具和连接器

GB 50010 混凝土结构设计规范

GB/T 50107—2010 混凝土强度检验评定标准

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

CJJ 11 城市桥梁设计规范

JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准

JGJ 63 混凝土用水标准

JGJ/T 152 混凝土中钢筋检测技术规程

JTJ 025 公路桥涵钢结构及木结构设计规范

JTG D62 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范

JTG/T F50 公路桥涵施工技术规范

JT/T 529 预应力混凝土桥梁用塑料波纹管

3 分类和标记

3.1 代号

本标准按荷载等级分为 I 型 T 梁和 II 型 T 梁, I 型指按公路-I 级和城-A 级车道荷载标准设计的 T 梁,代号为 TL/I, II 型指按公路-II 级和城-B 级车道荷载标准设计的 T 梁,代号为 TL/II。

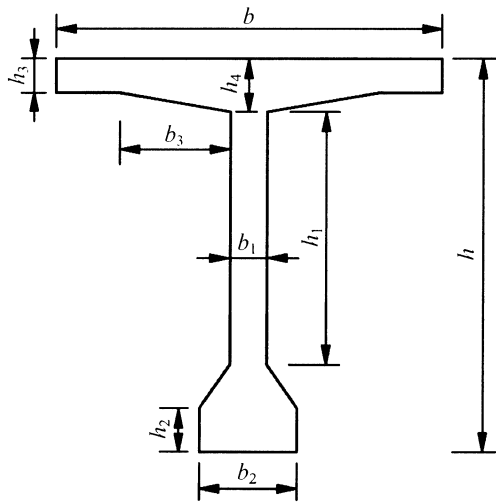
3.2 规格尺寸

3.2.1 T 梁的主要规格尺寸按表 1 选用,其他规格尺寸由供需双方另行约定。

表1 T 梁的主要规格尺寸

标志长度 m	标志宽度 mm	标志高度 mm
20	1 700	1 500
25	1 700	1 750
30	1 700	2 000
35	1 700	2 250
40	1 700	2 500

3.2.2 T 梁跨中截面示意图见图 1。截面各部位尺寸应符合表 2 或设计图纸的规定。



说明：

b ——翼板宽度；	h_1 ——梁肋高度；
b_1 ——梁肋宽度；	h_2 ——马蹄高度；
b_2 ——马蹄宽度；	h_3 ——翼板端部高度；
b_3 ——翼板变截面宽度；	h_4 ——翼板根部高度。
h ——高度；	

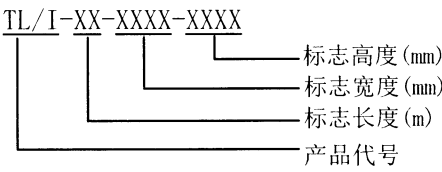
图1 T 梁跨中截面示意图

表2 T 梁跨中截面各部位尺寸

标志长度 m	b mm	b_1 mm	b_2 mm	b_3 mm	h mm	h_1 mm	h_2 mm	h_3 mm	h_4 mm
20	1 700	200	440	600	1 500	850	200	160	250
25	1 700	200	480	600	1 700	1 050	200	160	250
30	1 700	200	500	600	2 000	1 350	200	160	250
35	1 700	200	600	600	2 300	1 650	200	160	250
40	1 700	200	600	600	2 500	1 650	350	160	250

3.3 标记

T 梁的产品型号表示如下：



T 梁按产品代号、标志长度、标志宽度、标志高度和标准编号的顺序标记。

示例：标志长度 30 m，标志宽度 1 700 mm，标志高度 2 000 mm 的 T 梁，承受公路-I 级或城-A 级汽车荷载等级的产品标记为：

TL/ I -30-1700-2000 JC/T 2359—2016

4 原材料

4.1 水泥

水泥质量应符合 GB 175 的规定。水泥应选用强度等级不低于 42.5 的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。当混凝土中采用碱活性骨料时，宜选用含碱量不大于 0.6% 的低碱水泥。

4.2 骨料

4.2.1 细骨料宜采用洁净的中砂，细度模数为 2.6~3.0，其他质量要求应符合 JGJ 52 的规定。

4.2.2 粗骨料应采用连续级配的碎石，质量要求应符合 JGJ 52 的要求。

4.3 水

混凝土拌合和养护用水的质量应符合 JGJ 63 的规定。

4.4 外加剂

外加剂的质量应符合 GB 8076 的规定，不得掺用含氯盐外加剂，其使用应参照 GB 50119 及各外加剂的使用说明执行。

4.5 掺合料

进行混凝土配合比设计时可以加入适当的掺合料，常见的掺合料有粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、石灰石粉、沸石粉等。掺合料使用前应进行试验验证，不应产生有害影响。

4.6 普通钢筋

直径小于等于 12 mm 的普通钢筋应选用热轧 HPB300 级钢筋或以上等级的钢筋，直径大于 12 mm 的普通钢筋宜选用热轧 HRB400 或以上等级的钢筋，所有钢筋性能应符合 GB 1499.1 和 GB 1499.2 的规定。

4.7 预应力筋

预应力筋应采用强度级别不低于 1860 MPa 的低松弛标准型钢绞线，其材质和性能应符合 GB/T 5224 的规定。

4.8 波纹管

预应力钢绞线孔道宜采用金属波纹管或塑料波纹管，金属波纹管的壁厚不宜小于 0.3mm，先简支后连续预应力结构的预留波纹管宜采用塑料波纹管，塑料波纹管应采用专用焊接机进行热熔焊接或采用具有密封性能的塑料结构连接器连接，不得采用胶带纸绑扎连接，且符合 JT/T 529 的要求。

4.9 预应力锚固区钢板

预应力锚固区钢板质量应符合 GB/T 700 的规定。

4.10 预应力筋锚具、夹具和连接器

预应力筋锚具、夹具和连接器应配套使用，同一结构或构件中应采用同一生产厂家的产品，性能应符合 GB/T 14370 的规定。

4.11 压浆料

压浆料质量应符合 JTG/T F50 的规定。

5 构造要求

5.1 混凝土保护层厚度

普通钢筋和预应力管道的最小混凝土保护层厚度应符合设计图纸和 JTG D62 的规定。

5.2 钢筋布置

5.2.1 钢筋的几何尺寸和布置应符合 JTG D62 或 CJJ 11 的规定。

5.2.2 钢筋接头宜采用焊接接头或机械连接接头，具体措施符合 JTG D62 和 JTG/T F50 规定。

5.2.3 预应力筋在 T 梁的锚固位置宜分散均匀对称布置，预应力筋为二层以上布置时，层与层之间的竖向净距不应小于 40 mm 且不小于管道直径的 0.6 倍。

5.2.4 每 50 cm~80 cm 设置一井形定位筋将波纹管固定于钢筋骨架上，波纹管内外表面应清洁，无锈蚀、油污、孔洞和不规则的褶皱，接头应连接牢靠、密合。应对孔道采取防护措施，防止养护用水等杂物进入。

5.2.5 预应力筋的端部按 JTG D62 的规定配置局部承压钢筋。

5.2.6 锚垫板平面应与波纹管孔道轴线垂直。

5.2.7 钢筋成型后的安装允许偏差应符合表 3 要求：

表3 T 梁的钢筋布置允许偏差

单位为毫米

序号	项目及部位		允许偏差
1	受力钢筋间距		±10
2	箍筋、横向水平钢筋、螺旋筋间距		±10
3	钢筋骨架尺寸	长	±10
		宽、高	±5
4	弯起钢筋位置		±20
5	混凝土保护层厚度		±5
6	预应力管道坐标	梁长方向	±30
		梁高方向	±10

表 3 (续)

序号	项目及部位		允许偏差
7	预应力管道间距	同排	10
		上下层	10
8	梁端预应力筋	外伸长度	+10 -5
		内缩值	5

5.3 成型

T 梁顶面混凝土应充分拉毛。

6 质量要求

6.1 外观质量

T 梁的外观质量应符合表 4 的规定。

表4 T 梁的外观质量

序号	项目及部位		质量要求
1	露筋 ^a	任何部位	不允许
2	孔洞 ^b	任何部位	不允许
3	疏松 ^c	任何部位	不允许
4	蜂窝 ^d	预应力筋锚固端、梁肋、马蹄	不允许
		其余部位	每处面积不应超过 0.01 m ² ，总面积不应超过所在面面积的 0.5%，深度不应大于 10 mm，且应修补。
5	麻面 ^e	任何部位	总面积不应超过所在面面积的 1%，深度不应大于 5 mm，且应修补。
6	裂缝 ^f	马蹄底面裂缝 翼板纵向裂缝 侧面竖向裂缝	不允许
		表面收缩及不规则龟裂缝	最大裂缝宽度应不大于 0.15 mm，且应做防水闭合处理。
7	端部缺陷 ^g	梁端预应力筋锚固区	不允许
8	缺棱掉角 ^h	翼板	掉角深度和宽度不应大于 30 mm，长度不应大于 50 mm，且应修补。
		其余部位	不允许
9	外表沾污 ⁱ		不允许

^a 露筋指梁内钢筋未被混凝土包裹而外露的缺陷。
^b 孔洞指混凝土中深度和直径均超过保护层厚度的孔穴。
^c 疏松指混凝土局部振捣不密实，深度超过保护层厚度的缺陷。
^d 蜂窝指混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露的缺陷。
^e 麻面指混凝土表面呈现无数小凹点。
^f 裂缝指从梁混凝土表面延伸至内部的缝隙。
^g 梁端部缺陷指梁端处混凝土疏松、夹渣等缺陷。
^h 缺棱掉角指梁的棱角局部破损的缺陷。
ⁱ 外表沾污指构件表面有油污或其他粘杂物。

6.2 尺寸允许偏差

T 梁的尺寸允许偏差应符合表 5 的规定。

表5 T 梁的尺寸允许偏差

单位为毫米

序号	项 目	允许偏差
1	长 度	+5 -10
2	宽 度	±10
3	高 度	±5
4	翼板、肋板厚度	±5
5	侧向弯曲	小于等于 $^{\circ}L/1\ 750$ 且不大于 20
6	表面平整度	小于等于 5
7	对角线差	小于等于 10
$^{\circ}L$ 为标志长度。		

6.3 力学性能

6.3.1 混凝土抗压强度

混凝土 28 d 抗压强度应不小于设计强度值。

6.3.2 静载抗弯性能

6.3.2.1 T 梁在表 6 所示的正常使用极限弯矩作用下, 跨中截面的挠度和底缘拉应变应不大于表 6 规定。

表6 T 梁跨中截面正常使用极限状态下的静载抗弯性能

标志长度 m	产品代号	标志宽度 mm	标志高度 mm	正常使用极限弯矩 kN·m	跨中挠度 mm	跨中底缘拉应变 $\mu\epsilon$
20	TL/ I	1 700	1 500	1 827	9. 12	169
	TL/ II	1 700	1 500	1 557	7. 77	144
25	TL/ I	1 700	1 700	2 679	14. 74	203
	TL/ II	1 700	1 700	2 307	12. 69	175
30	TL/ I	1 700	2 000	3 678	18. 92	217
	TL/ II	1 700	2 000	3 189	16. 41	188
35	TL/ I	1 700	2 300	4 833	21. 97	227
	TL/ II	1 700	2 300	4 214	19. 16	198
40	TL/ I	1 700	2 500	6 135	26. 98	250
	TL/ II	1 700	2 500	5 376	23. 64	219

6.3.2.2 当 T 梁跨中试验弯矩加载至表 7 中的开裂弯矩时, T 梁不应出现裂缝, 加载至表 7 中的承载能力极限弯矩时, T 梁不应出现下列任何一种情况:

- a) 受拉区混凝土裂缝宽度达到 1.5 mm;
- b) 受拉主筋被拉断;
- c) 受压区混凝土破坏。

表7 T 梁跨中截面的开裂弯矩及承载能力极限弯矩

标志长度 m	产品代号	标志宽度 mm	标志高度 mm	开裂弯矩 kN·m	承载能力极限弯矩 kN·m
20	TL/ I	1 700	1 500	2 598	4 095
	TL/ II	1 700	1 500	2 080	3 406
25	TL/ I	1 700	1 700	3 722	6 092
	TL/ II	1 700	1 700	3 133	5 314
30	TL/ I	1 700	2 000	4 338	8 099
	TL/ II	1 700	2 000	3 671	7 206
35	TL/ I	1 700	2 300	6 553	12 109
	TL/ II	1 700	2 300	5 510	10 716
40	TL/ I	1 700	2 500	9 835	19 413
	TL/ II	1 700	2 500	9 641	19 135

7 检验方法

7.1 混凝土保护层厚度

采用保护层厚度检测仪测量 T 梁的混凝土的保护层厚度, 检验方法应符合 JGJ/T 152。

7.2 混凝土抗压强度

7.2.1 将边长 150 mm 的混凝土立方体试块按照 GB/T 50107—2010 的规定进行制作、养护和检验。对于蒸养的后张板梁, 试件应先随构件同条件蒸养, 再转入标准条件下养护至 28 d。对于掺粉煤灰掺合料的混凝土, 其标准条件下的养护时间按设计要求或 GB 50010 的规定执行。

7.2.2 每片 T 梁制作三组试件。

7.3 钢筋布置

钢筋布置的检验方法见表 8。

表8 T 梁钢筋布置允许偏差的检验方法

单位为毫米

序号	项目及部位		检查方法和频率
1	受力钢筋间距		尺量：2 断面/片
2	箍筋、横向水平钢筋、螺旋筋间距		尺量：5 个间距/片
3	钢筋骨架尺寸	长	尺量：骨架总数的 30%
		宽、高	
4	弯起钢筋位置		尺量：每骨架抽查 30%
5	混凝土保护层厚度		尺量：每片沿模板周边检查 8 处
6	预应力管道坐标	梁长方向	尺量：抽查 30%
		梁高方向	
7	预应力管道间距	同排	尺量：抽查 30%
		上下层	
8	梁端预应力筋	外伸长度	尺量：抽查 30%

7.4 外观质量

外观质量的检验方法见表 9。

表9 T 梁外观质量的检验方法

序号	项目及检验部位		检验方法
1	露筋	任何部位	目测
2	孔洞	任何部位	目测
3	疏松	任何部位	目测
4	蜂窝	预应力筋锚固端 梁肋、马蹄	目测
		其余部位	目测或用百格纸量测
5	麻面	任何部位	目测或用百格纸量测
6	裂缝	马蹄底面裂缝 翼板纵向裂缝 侧面竖向裂缝 表面收缩及不规则龟裂缝	目测和用卷尺量测裂缝长度，刻度放大镜或裂缝观测仪量测裂缝宽度，裂缝深度仪量测裂缝深度。
7	端部缺陷	梁端预应力筋锚固区	目测
8	缺棱掉角	任何部位	目测和用尺量测
9	外表沾污		目测

7.5 尺寸允许偏差

尺寸允许偏差的检验方法见表 10。

表10 T 梁尺寸允许偏差的检验方法

序号	项 目	检验方法
1	长 度	用钢卷尺量测构件端部横截面对称轴线与底面或顶面交点间距离。
2	宽 度	用尺量测横向垂直于构件纵轴线方向的底面部位，端部、 $L/4$ 、跨中、 $3L/4$ 处各量测 1 点。
3	高 度	用尺量测竖向垂直于构件纵轴线方向的侧面部位，端部、 $L/4$ 、跨中、 $3L/4$ 处各量测 1 点。
4	顶板、底板、腹板厚度	用尺量测构件端部处横断面，顶、底、腹板的最小厚度处各测量 1 点。
5	侧向弯曲	沿平行于构件纵轴线方向的侧面拉线，用尺量测侧向弯曲的最大处。
6	表面平整度	用 2 m 靠尺和楔形塞尺，量测靠尺与顶面两点间的最大缝隙值。
7	主筋净保护层厚度	用尺或用钢筋保护层厚度测定仪量测。

7.6 静载抗弯性能

静载抗弯性能试验方法按附录 A 的规定。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

8.2.1 检验项目

包括混凝土保护层厚度、混凝土抗压强度、外观质量、尺寸允许偏差。

8.2.2 批量和抽样

8.2.2.1 混凝土保护层厚度

在外观、尺寸和混凝土抗压强度检验合格的产品中随机抽取 10% 的数量进行混凝土保护层厚度的检验。

8.2.2.2 混凝土抗压强度、外观质量和尺寸允许偏差

逐片检验。

8.2.3 判定规则

8.2.3.1 混凝土保护层厚度

- a) 当抽样产品的混凝土保护层厚度检验合格率大于等于 90% 时，判该批产品的混凝土保护层厚度为合格；

- b) 当抽样产品的混凝土保护层厚度检验合格率小于 90%，但不小于 80% 时，可再随机抽取 10% 的数量进行检验。当两次抽样批总和计算的合格率大于等于 90% 时，判该批产品的混凝土保护层厚度为合格，否则对该批 T 梁的混凝土保护层厚度进行逐片检验。

8.2.3.2 混凝土抗压强度

检查 T 梁混凝土抗压强度的原始记录，若混凝土抗压强度值大于设计强度等级值，判该片 T 梁混凝土抗压强度为合格，否则判为不合格。

8.2.3.3 外观质量

- a) 外观质量符合表 4 规定时，判该片 T 梁外观质量为合格；
- b) 外观质量符合表 4 中第 1、2、3、4、6、7 项规定，其余项经修补、清除能符合相应规定时，判该片 T 梁外观质量为合格；
- c) 外观质量不符合表 4 中第 1、2、3、4、6、7 项中任意一项规定，判该片 T 梁外观质量为不合格。

8.2.3.4 尺寸允许偏差

- a) 尺寸允许偏差符合表 5 规定时，判该片 T 梁尺寸允许偏差为合格；
- b) 尺寸允许偏差符合表 5 中第 2、3、4 项规定，其余项经修补能符合相应规定时，判该片 T 梁尺寸允许偏差为合格；
- c) 尺寸允许偏差不符合表 5 中第 2、3、4 项中任意一项规定，判该片 T 梁尺寸允许偏差为不合格。

8.2.3.5 总判定

T 梁混凝土保护层厚度、混凝土抗压强度、外观质量、尺寸允许偏差全部检验合格，判该片 T 梁为合格，否则判为不合格。

8.3 型式检验

8.3.1 检验条件

下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型鉴定时；
- b) 产品停产一年或以上再恢复生产时；
- c) 设计、工艺、和材料有较大变更，可能影响产品性能时；
- d) 正常生产条件下，每年一次的周期性检验；
- e) 合同规定有结构性能检验时。

8.3.2 检验项目

包括混凝土保护层厚度、混凝土抗压强度、外观质量、尺寸允许偏差、静载抗弯性能等项目，也可由双方协商增加检验项目。

8.3.3 抽样

在同品种、同规格、同型号的检验合格产品中随机抽取 10% 且不少于 1 片的数量进行混凝土保护层厚度、混凝土抗压强度、外观质量和尺寸允许偏差检验，并从中随机抽取一片进行静载抗弯性能检验。

8.3.4 判定规则

8.3.4.1 保护层厚度

按 8.2.3.1 进行检验及合格判定。

8.3.4.2 混凝土抗压强度

按 8.2.3.2 进行检验及合格判定。

8.3.4.3 外观质量

- a) 若抽样外观质量全部符合 8.2.3.3a) 或 8.2.3.3b) 的规定, 则判外观质量为合格。若有一片 T 梁的外观质量不符合 8.2.3.3a) 或 8.2.3.3b) 的规定, 可从同批产品中抽取加倍数量进行复验, 复验产品全部符合 8.2.3.3a) 或 8.2.3.3b) 的规定, 判外观质量为合格。若仍有一片不合格, 则判外观质量为不合格;
- b) 若抽样外观质量不符合表 4 中第 1、2、3、5、6、7 项中任意一项规定, 判外观质量为不合格。

8.3.4.4 尺寸允许偏差

- a) 若抽样尺寸允许偏差全部符合 8.2.3.4a) 或 8.2.3.4b) 的规定, 则判尺寸允许偏差为合格。若有一片 T 梁的尺寸允许偏差不符合 8.2.3.4a) 或 8.2.3.4b) 的规定, 可从同批产品中抽取加倍数量进行复验, 复验产品全部符合 8.2.3.4a) 或 8.2.3.4b) 的规定, 判尺寸允许偏差为合格。若仍有一片不合格, 则判尺寸允许偏差为不合格;
- b) 若抽样尺寸允许偏差不符合表 5 中第 2、3、4 项中任意一项规定, 判尺寸允许偏差为不合格。

8.3.4.5 静载抗弯性能

若 T 梁抽样静载抗弯性能全部符合 6.3.3.2、6.3.3.3 和 6.3.3.4 的规定, 则判静载抗弯性能为合格, 否则可取两根备用梁进行复验, 复验结果仍有一片不合格, 则判静载抗弯性能不合格。

8.3.4.6 总判定

T 梁混凝土保护层厚度、混凝土抗压强度、外观质量、尺寸允许偏差及静载抗弯性能全部检验合格, 判该片 T 梁为合格, 否则判为不合格。

9 产品合格证

出厂时应签发产品合格证, 合格证应包括以下内容:

- a) 合格证编号;
- b) 生产许可证号;
- c) 生产厂名、注册商标;
- d) 混凝土浇筑日期、预应力张拉日期、压浆日期、出厂日期;
- e) 产品代号、型号、规格和数量;
- f) 混凝土、预应力筋、普通钢筋力学性能检验结果;
- g) 混凝土保护层厚度、外观质量和尺寸允许偏差检验评定结果;
- h) 静载抗弯性能检验评定结果;
- i) 检验部门签字、盖章。

10 标志、运输和贮存

10.1 标志

10.1.1 T 梁应有永久性标志，宜设置在距端部 500 mm～1 000 mm 处的梁肋的侧表面。

10.1.2 标志的内容包括生产厂名和注册商标、项目名称、产品标记、生产日期、检验合格标识等。

10.2 运输

10.2.1 吊运工具和设备的使用技术要求，应参照起重吊装的有关规定执行。

10.2.2 采取两点法吊运，吊点位置应符合 T 梁的受力状态，允许偏差为 ± 100 mm，吊索与梁纵轴线的夹角应不小于 45° 。

10.2.3 T 梁的运输应顺高度方向竖立放置，并有防止倾倒的固定措施。装卸梁时，应在支撑稳妥后，方可卸除吊钩。

10.3 贮存

10.3.1 堆放场地应平整夯实，并应具有良好的排水措施。

10.3.2 应按 T 梁型号、项目名称、质量等级和生产日期分别堆放。

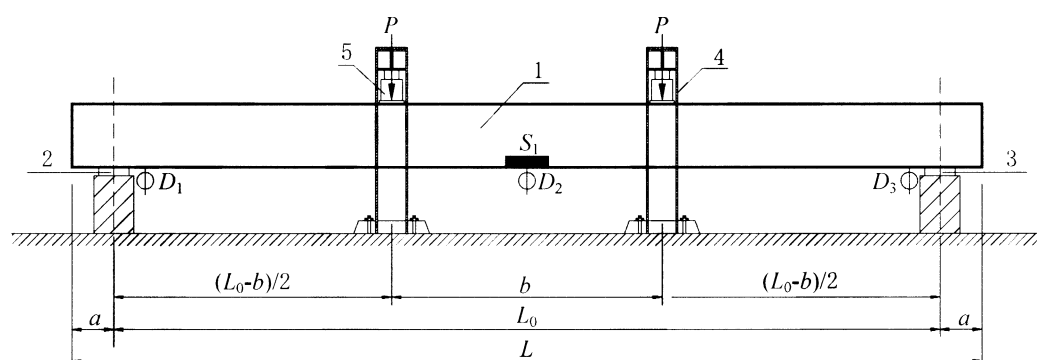
10.3.3 堆放时的支承位置应符合 T 梁的受力情况，标志向外。不宜叠层堆放。

10.3.4 T 梁浇筑龄期满 28 d 后才能出厂。

附 录 A
(规范性附录)
T 梁静载抗弯性能试验方法

A.1 T 梁静载抗弯性能试验加载方式

T 梁静载抗弯性能试验采用简支梁两点对称加载，其试验装置如图 A.1 所示，两点间距为 b ，沿梁跨中截面对称布置，且作用于质心截面。加载点由固定于地基的反力架提供，反力架与试验梁的纵轴线垂直，集中力 P 由千斤顶提供，从而在试验梁 b 区间形成纯弯区。



说明：

- 1——试验 T 梁；
- 2——橡胶支座；
- 3——支墩；
- 4——反力架；
- 5——千斤顶。

- S_1 ——应变测点；
- D_1 、 D_3 ——支座沉降测点；
- D_2 ——跨中挠度测点。

图A.1 T 梁静载抗弯性能试验示意图

A.2 加载点位置

T 梁静载抗弯性能试验示意图中标志长度 L 、跨径 L_0 、支座中心线距端部 a 值参见表 A.1。针对不同跨径的 T 梁，将加载点间距设为定值，取 $b = 2\text{ m}$ 。应变测点 S_1 、支座沉降测点 D_1 、 D_3 以及挠度测点 D_2 均在各测试截面布置两点，沿质心截面对称布置，以两点的平均值作为该测点的实测结果。

表A.1 梁静载抗弯性能试验加载点位置

单位为米

标志长度 L	跨径 L_0	支座中心线距端部 a
20	19.00	0.46
25	24.00	0.46
30	28.90	0.51
35	33.80	0.56
40	38.80	0.56

A.3 控制荷载及实测弯矩计算公式

A.3.1 控制荷载按公式(A.1)计算。

$$P_0 = \frac{2DM_0}{L_0 - b} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

M_0 ——控制弯矩, 单位为千牛米(kN·m);
 P_0 ——控制荷载(考虑加载设备的重量), 单位为千牛(kN);
 L_0 ——跨径, 单位为米(m);
 D ——加载级差;
 b ——两加载点间距。

A.3.2 实测弯矩按公式(A.2)计算。

$$M = \frac{1}{2}P(L_0 - b) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

M ——实测抗弯弯矩, 单位为千牛米(kN·m);
 P ——实际荷载值, 单位为千牛(kN);
 L_0 ——跨径, 单位为米(m);
 b ——两加载点间距。

A.4 静载抗弯性能试验

A.4.1 T梁正常使用状态下的试验控制弯矩参照表6的正常使用极限弯矩。

A.4.2 加载程序:

第一步: 预加载和仪器调零, 预加载值取控制弯矩的70%, 持荷时间不少于10min。

第二步: 预加载卸至零荷载, 并在结构得到充分恢复后, 进入正式加载试验。结构充分恢复的标志是, 实测结构最大变位测点在卸载后变位恢复最后一个10min的增量小于第一个10min增量的15%。

第三步: 正式加载时, 以试验控制弯矩为参照, 每次加载的级差 $D=0.2$, 即按控制弯矩的20%级差施加式A.1所示的集中荷载 P , 使试验T梁跨中区域所受弯矩由零增加至控制弯矩的80%, 每级荷载的持续时间不少于5min, 然后按控制弯矩的10%级差($D=0.1$)继续加载至控制弯矩的100%, 每级荷载的持续时间不少于10min。加载过程中观察混凝土裂缝的产生及发展, 每级加载稳定后测量并记录试验T梁跨中截面的挠度、应变及支点截面的沉降。

A.5 开裂及承载能力极限状态下的抗弯性能试验

A.5.1 T梁的开裂弯矩和承载能力极限弯矩的试验控制值参照表7。

A.5.2 加载程序:

第一步: 预加载和仪器调零, 预加载值取开裂弯矩的50%。

第二步: 按开裂弯矩的20%级差由零加载至开裂弯矩的80%, 每级荷载的持续时间不少于5min, 然后按开裂弯矩的10%级差继续加载至开裂弯矩的100%, 每级荷载的持续时间不少于10min, 观察是否有裂缝出现, 测定并记录裂缝宽度。

第三步: 如果在开裂弯矩的100%时未出现裂缝, 则按开裂弯矩的5%的级差继续加载至裂缝出现, 每级荷载的持续时间不小于10min, 测定并记录裂缝宽度。

第四步：按承载能力极限弯矩的 5% 的级差继续加载至出现 6.3.2.2 所列承载能力极限状态的检验标志之一为止，或施加荷载已达到承载能力极限弯矩的 1.1 倍即可停止加载，每级荷载的持续时间不少于 10 min，观测并记录各项读数。

A.6 抗裂荷载和承载能力极限荷载的确定

A.6.1 抗裂荷载

- a) 当在加载过程中第一次出现裂缝时，取前一级荷载值作为抗裂荷载实测值；
- b) 当在规定的荷载持续时间内第一次出现裂缝时，取本级荷载值与前一级荷载值的平均值作为抗裂荷载实测值；
- c) 当在规定的荷载持续时间结束后第一次出现裂缝时，取本级荷载值作为抗裂荷载实测值。

A.6.2 承载能力极限荷载

- a) 当在规定的荷载持续时间结束后出现 6.3.2.2 所列的情况之一时，取此时的荷载值作为承载能力极限荷载实测值；
- b) 当在加载过程中出现上述情况之一时，取前一级荷载值作为承载能力极限荷载实测值；
- c) 当在规定的荷载持续时间内出现上述情况之一时，取本级荷载值与前一级荷载的平均值作为承载能力极限荷载实测值。

附 录 B
(资料性附录)
T 梁生产工艺

B.1 预制场地与台座

- B.1.1 预制场地应平整、坚实，承载力应满足要求，并应有足够的平面及空间位置以满足施工作业的要求。预制场地应根据地基及气候条件，采取必要的排水措施，防止场地沉陷。
- B.1.2 浇筑预制台座，采用 C30 以上混凝土，厚度不小于 15 cm。台座应坚固、无沉陷，保证底模挠度不大于 2 mm。台座表面应光滑平整，在 2 m 长度上平整度的允许偏差为 2 mm，气温变化大时应设伸缩缝。
- B.1.3 预制台座底模应采用厚度不小于 8 mm 的钢板制作。
- B.1.4 底模的安装应根据预应力、自重和汽车荷载等综合作用设置适当的预拱。

B.2 模板工程

- B.2.1 外模宜采用具有足够强度、刚度和稳定性的厚度，设计按 JTJ 025 有关规定执行，与混凝土接触面需抛光处理，模板端部按设计位置预留张拉孔。
- B.2.2 在内、外膜表面均需刷脱模剂以利于脱模。
- B.2.3 内膜由端头模板内塞入或龙门吊吊入，在模板接缝处粘双面泡沫胶防止漏浆。
- B.2.4 侧模板上应配备足够数量和适宜激振力的附着式震动机。
- B.2.5 拆模时的梁体混凝土强度不应低于 25 MPa，混凝土采用蒸汽养护时，撤除保温设施后至拆模的时间间隔不应少于 2 h，以防止梁体混凝土产生早期裂缝。
- B.2.6 当模板就位后用对拉螺栓连接固定。
- B.2.7 重复使用的模板应经常检查、维修。

B.3 钢筋绑扎

- B.3.1 绑扎钢筋时宜采用胎架或定位架加工钢筋骨架，钢筋骨架的几何尺寸及布置必须符合的要求。保证钢筋纵向平直无弯折，符合规范要求。
- B.3.2 在钢筋骨架与模板之间每隔一定间距(0.5 m 左右)布置垫块，宜用圆饼垫块穿在水平筋上，确保钢筋的混凝土保护层厚度满足 5.1 的要求。保护层垫块数量按不少于 4 个/m²，可按梅花形、八字形布置，严禁在模板安装后再安装垫块，垫块厚度应同保护层厚度同等，垫块混凝土等级与梁板相同。
- B.3.3 预应力钢绞线孔道宜采用金属波纹管或塑料波纹管，每 50 cm~80 cm 设置一井形定位筋将波纹管固定于梁体钢筋上。波纹管内外表面应清洁，无锈蚀、油污、孔洞和不规则的褶皱，接头必须连接牢靠、密合。应对孔道采取防护措施，防止养护用水等杂物进入。

B.4 混凝土浇筑

- B.4.1 浇筑混凝土前试验人员需测得砂石料的含水量，确定施工配合比。填塞好锚垫板前端的压浆孔，以免堵塞孔道影响压浆。

- B.4.2 浇筑混凝土前需检查复核梁体的尺寸、钢筋型号及布置、预埋件及波纹管的位置、模板质量等，确认无误后开始浇筑混凝土。严格控制钢筋保护层厚度。
- B.4.3 浇筑顺序宜采用斜向分段、水平分层的方式从一端向另一端连续浇筑，工艺斜度宜为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ，水平分层厚度宜为 30 cm。
- B.4.4 混凝土入模温度不宜高于 28°C ，当估计混凝土绝热温度不低于 45°C 时，应进行降温处理。应避免模板和新浇混凝土受阳光直射，模板与钢筋温度以及周围温度不宜超过 40°C 。
- B.4.5 浇筑过程中保持振捣，保证混凝土浇筑密实，但需避免振动器碰撞预应力筋的管道、预埋件等。严格控制振捣时间，避免因振捣时间过长而造成的混凝土离析。对于腹板、底板及顶板连接处，两端钢筋稠密部位要加强振捣。生产过程中随时注意检查模板、钢筋及各种预埋件的位置及稳固情况。
- B.4.6 浇筑同时按规定制作相应数量的试块。
- B.4.7 混凝土浇筑完成后，应及时对翼板上表面混凝土进行修整、抹平，待定浆后拉毛。当气候不良时，应加盖防护，但在开始养生前，覆盖物不得接触混凝土面。

B.5 T 梁养护

- B.5.1 在混凝土浇筑完毕后立即进行养护。可采用自然养护和蒸汽养护。
- B.5.2 对于自然养护，可采用喷灌养护，必须对混凝土外露面积及时覆盖和洒水。混凝土的洒水养护时间一般为 7 d，每天洒水次数以能保持混凝土表面经常处于湿润状态为标准。当气温低于 5°C 时，应覆盖保温，不得向混凝土表面洒水。

B.6 预应力张拉

- B.6.1 张拉前需对梁体的混凝土强度、弹性模量(或龄期)、浇筑质量、几何尺寸、孔道通畅等进行检查验收。孔道堵塞需用清孔器疏通，梁端预埋铁板与锚具和垫板接触处的焊渣、毛刺、混凝土残渣等杂质宜使用不含油的压缩空气吹出。
- B.6.2 待梁体混凝土强度和弹性模量(或龄期)达到张拉要求后，进行钢绞线下料、编束、穿束工作，准备张拉设备。采用蒸汽养生时，在养生完成之前不应安装钢绞线。
- B.6.3 宜先编束后整体穿束，穿束时，需将钢绞线端部扎紧，必要时套上穿束器，将穿束器的引线穿过孔道，在前端拉动，后端继续送料，直至梁端露出所需的长度位置。
- B.6.4 安装锚具、夹片。手锤轻敲锚具至构件端部孔道，用钢管穿过钢绞线轻击夹片，使夹片均匀适紧分布在锚环上。
- B.6.5 预应力筋张拉宜采用穿心式双作用千斤顶，整体张拉或放张宜采用具有自锚功能的千斤顶。张拉机具设备应与锚具产品配套使用，宜采用自动化、智能化张拉设备。
- B.6.6 当梁体混凝土强度和弹性模量不低于设计值的 80% 时，进行初始张拉，张拉力作用线与孔道中心线末端的切线重合，张拉力为 $0.1\sigma_{\text{con}}$ (σ_{con} 为锚下张拉控制应力)，同时测量伸长值。
- B.6.7 梁体混凝土强度及弹性模量均不低于设计值的 80% 方可进行终张拉。终拉后的 24 h 内，每端各钢绞线的回缩量不应大于 1 mm。
- B.6.8 预应力筋张拉采用应力控制，伸长值校核的控制措施。实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计要求，设计无规定时，实际伸长值与理论伸长值的差值应控制在 $\pm 6\%$ 以内，否则应暂停张拉，待查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉。
- B.6.9 张拉的顺序： $0 \rightarrow$ 初应力 ($0.1\sigma_{\text{con}}$) $\rightarrow 0.2\sigma_{\text{con}}$ (持荷 5 min) $\rightarrow \sigma_{\text{con}}$ (锚固)。
- B.6.10 预应力筋的张拉顺序应符合设计要求，当设计未规定时，可按照规范 JTG/T F50 的要求张拉。

B. 6. 11 在张拉控制应力达到稳定后锚固钢绞线，千斤顶回油、拆除工具锚，卸下千斤顶，完成本束钢绞线的张拉。

B. 7 压浆及封锚

B. 7. 1 为避免预应力钢绞线锈蚀，在张拉完毕后，应在 48 h 内尽快完成孔道压浆。应采用专用压浆料或专用压浆剂配制的浆液，压浆材料应进行进场检验。孔道压浆机应采用活塞式可连续作业的压浆泵，不得采用风压式压力泵。

B. 7. 2 压浆前应用高压水枪冲洗清洁孔道，冲洗后，应使用不含油的压缩空气将孔道内的所有积水吹出。同时检查灌浆孔、排气孔是否通畅。

B. 7. 3 浆体的水胶比应控制在 0. 26~0. 28 之间，浆体稠度宜控制在 14 s~18 s 之间，强度不应低于构件设计强度。宜采用活塞式压浆泵保证水泥浆使用前始终处于搅动状态，防止沉淀。

B. 7. 4 压浆时浆液温度应在 5℃~30℃之间，压浆过程中及压浆后 48 h 内，梁体及环境温度不得低于 5℃，否则应采取保温措施，并按冬期施工的要求处理，浆液中可适量掺用引气剂，但不得掺用防冻剂。在环境温度高于 35℃时，压浆宜在夜间进行。

B. 7. 5 制浆机的转速应不低于 1000 r/min，搅拌叶的形状应与转速相匹配，叶片的速度范围宜在 10 m/s~20 m/s，并应能满足在规定的时间内搅拌均匀的要求。

B. 7. 6 压浆顺序为先下孔道、后上孔道，并将集中一处的孔道一次压完，以避免串浆。压浆过程应缓慢均匀进行，不得中断。如果孔道无法一次压完，应将相邻未压浆的孔道用压力水冲洗，确保以后压浆畅通。

B. 7. 7 压浆过程中应对施工具体情况进行记录，同时宜采用孔道压浆施工记录仪对施工参数进行监测和记录。

B. 7. 8 压浆后应检查压浆的密实情况，如有不实，应及时进行补压浆处理。压浆过程中，每一工作班组应制作留取不少于三组的立方体标准试件，标准养护 28 d，进行抗压强度试验，作为质量评定的依据。

B. 7. 9 封锚砼浇筑前应进行端部凿毛，将两端锚具周围冲洗干净并凿出预埋钢筋，焊接端头钢筋网后浇筑封锚混凝土。封锚应采用与结构同强度的混凝土并应严格控制封锚后的梁体长度。