

团体标准

钢管桁架预应力混凝土叠合板

技术标准

Technical standard for prestressed concrete composite slab
with grouted steel pipe lattice girders

T/FJKS 002-2024

主编单位：福建省建筑设计研究院有限公司

中建海峡建设发展有限公司

华侨大学建筑设计院（泉州）有限责任公司

厦门上城建筑设计有限公司

批准部门：福建省勘察设计协会

实施日期：2025年1月1日

前 言

本标准是根据福建省勘察设计协会《关于协会标准修订的通知》（闽设协科〔2024〕001号）的要求，由福建省建筑设计研究院有限公司会同勘察、设计、施工、检测、科研院所和高校等单位在原《钢管桁架预应力混凝土叠合板技术规程》T/FJKS 002-2022的基础上修订完成。

标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内和国外有关先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本标准。

本标准的主要技术内容是：1.总则；2.术语和符号；3.材料；4.钢管桁架；5.设计计算；6.设计构造；7.BIM 及信息识别技术应用；8.构件制作与运输；9.施工安装；10.质量验收。

本次修订的主要内容包括：

- 1.增加椭圆形钢管作为钢管桁架的上弦；
- 2.增加相邻预制底板的接缝形式；
- 3.增加梁板一体化、一房（间）一板的内容；
- 4.补充预制底板与支承梁的连接做法；
- 5.调整部分附录内容。

本标准的某些内容涉及“一种预应力混凝土桁架叠合板”（ZL201620264464.8）及“一种预应力混凝土桁架叠合板及其制作方法”（ZL201610198541.9）的专利。涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与本标准主编单位及专利权人协商处理。除此之外，部分内容仍有可能直接或间接涉及其他专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由福建省勘察设计协会负责管理，由福建省建筑设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送标准编制组（地址：福建省福州市鼓楼区洪山园路华润置地中心A座，邮政编码：350001），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：福建省建筑设计研究院有限公司

中建海峡建设发展有限公司

华侨大学建筑设计院（泉州）有限责任公司

厦门上城建筑设计有限公司

本标准参编单位：福州市建设工程造价管理站

厦门合立道工程设计集团股份有限公司

中元(厦门)工程设计研究院有限公司

北京华巨建筑规划设计院有限公司

厦门佰地建筑设计有限公司

建发房地产集团有限公司

福州大学

福建建工集团有限责任公司

福建建泰建筑科技有限责任公司

福建七建建筑设计有限公司

中建四局建设发展有限公司

福建地矿建设集团公司

福建省二建建设集团有限公司

泉州市建筑产业化有限责任公司

福建省五建装配式建筑有限公司

中科博能（福建）工程设计集团有限公司

嘉博联合设计股份有限公司

福建福大建筑规划设计研究院有限公司

厦门中建东北设计院有限公司

福建省工大工程设计有限公司

山东万斯达科技股份有限公司

福建泽祉科技有限公司

本规程主要起草人员：林緘光 罗贤亮 许毓晓 何 波 卢伟煌

廖文彬 施建日 潘家惠 林征宇 郭天祥

陆 坚 肖 伟 陈国春 赖艳芳 黄秋来

丁立群 王志峰 张树传 沈为民 陈宇峰
方 禹 张智辉 曾祥源 赖木火 郑艺杰
张 涛 尤文进 黄跃森 陈育新 谢金木
张惠展 陈国林 吴鸿志 苏文章 隋 章
危金进 刘天乐 张树辉 孙滢雪 杨紫斌
黄海峰 陈明如 叶高沈 鲁 磊 吴昌国
邱英辉 黄翔淮

本规程主要审查人员：林功丁 翁锦华 彭伙水 郭文坤 胡贤忠
钱钧珑 陈跃辉

目次

1 总则	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	3
3 材料	5
3.1 混凝土及灌浆材料.....	5
3.2 钢筋和钢材.....	5
4 设计计算.....	7
4.1 一般规定.....	7
4.2 短暂设计状况	8
4.3 持久设计状况.....	11
5 构造规定.....	14
5.1 一般规定.....	14
5.2 钢管桁架及钢筋布置	14
5.3 拼缝构造.....	17
5.4 支座构造.....	19
6 BIM 及信息识别技术应用	23
6.1 BIM 技术应用	23
6.2 信息识别技术应用.....	23
7 构件制作与运输.....	24
7.1 一般规定.....	24
7.2 钢管桁架制作及检验.....	24
7.3 构件制作.....	26
7.4 构件检验.....	28
7.5 构件运输与堆放.....	30

8 施工安装.....	31
8.1 一般规定.....	31
8.2 构件安装.....	31
8.3 叠合层施工.....	33
9 质量验收.....	34
9.1 一般规定.....	34
9.2 构件进场检验.....	35
9.3 叠合板质量验收.....	36
本标准用词说明.....	38
引用标准名录.....	39
附：条文说明.....	40

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Materials	5
3.1	Concrete and Grout.....	5
3.2	Steel Reinforcement and Steel.....	5
4	Grouted Steel Tube Truss.....	7
4.1	Grouted Steel Tube Truss Manufacture and Dimension.....	7
4.2	Grouted Steel Tube Truss Quality Inspection.....	8
4	Design and Calculation.....	7
4.1	General Requirements	7
4.2	Design of Transient Situation	8
4.3	Design of Persistent Situation	11
5	Detailing Requirements	14
5.1	General Requirements	14
5.2	Grouted Steel Tube Truss and Steel Bar Arrangement.....	14
5.3	Joint Detailing Requirements	17
5.4	End Detailing Requirements.....	19
6	Application of BIM and Information Recognition Technology.....	23
6.1	Application of BIM.....	23
6.2	Application of Information Recognition Technology.....	23
7	Manufacture and Transportation.....	24
7.1	General Requirements	24
7.2	Grouted Steel Tube Truss Manufacture and Quality Inspection.....	24

7.3 Prestressed Concrete Slab Manufacture	26
7.4 Quality Inspecting	28
7.5 Transporting and Storage	30
8 Construction.....	31
8.1 General Requirements	31
8.2 Erection	31
8.3 Casting.....	33
9 Acceptance	34
9.1 General Requirements	34
9.2 Factory Inspection	35
9.3 Quality Acceptance	36
Explanation of Wording in This Standard	38
List of Quoted Standards	39
Addition: Explanation of Provisions	40

1 总 则

1.0.1 为规范钢管桁架预应力混凝土叠合板的应用，贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于福建省环境类别为一类和二 a 类的工业与民用建筑中钢管桁架预应力混凝土叠合板的设计、制作、施工、检验及验收。

1.0.3 钢管桁架预应力混凝土叠合板的设计、制作、施工、检验及验收，除应符合本标准的规定外，尚应符合现行国家有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 灌浆钢管 grouted steel-tube

由空心圆钢管或空心椭圆钢管和内部灌浆材料组成的组合结构。

2.1.2 灌浆钢管桁架 grouted steel-tube truss

由一根上弦灌浆钢管和两侧连续弯折的腹杆钢筋经焊接而成的桁架，本标准中简称“钢管桁架”。

2.1.3 钢管桁架预应力混凝土预制底板 precast prestressed concrete slab with grouted steel tube truss

由灌浆钢管桁架与预应力混凝土板组合形成的预制底板。

2.1.4 叠合层 cast-in-situ concrete composite layer

在预制底板上部配筋并浇筑混凝土的楼板现浇层。

2.1.5 钢管桁架预应力混凝土叠合板 prestressed concrete composite slab with grouted steel tube trusses

在钢管桁架预应力混凝土预制底板上配筋，并现场后浇混凝土叠合层形成的楼板。

2.1.6 胡子筋 beard-shaped steel bars

钢管桁架预应力混凝土预制底板端部伸出的纵向预应力钢筋。

2.1.7 密拼式接缝 tight joint

钢管桁架预应力混凝土叠合板中，相邻预制底板之间不留后浇带、采用密拼方式形成的接缝。

2.1.8 分离式接缝 separate connection

钢管桁架预应力混凝土叠合板中，相邻预制底板之间留有一定宽度的后浇带、采用与叠合层混凝土一起浇筑的接缝。

2.1.9 一房（间）一板 one room, one prefabricated slab

四边有梁或墙围合的仅设置一块预制底板的叠合楼板。

2.2 符 号

2.2.1 材料力学性能

f_{tk} —— 混凝土轴心抗拉强度标准值；

f'_{ck} —— 与各施工阶段的混凝土立方体抗压强度相应的轴心抗压强度标准值；

f'_{tk} —— 与各施工阶段的混凝土立方体抗压强度相应的轴心抗拉强度标准值；

f_{sc} —— 灌浆钢管抗压强度设计值；

f_s —— 钢管强度设计值；

f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值；

f_y —— 普通钢筋抗拉强度设计值；

f_{ykf} —— 腹杆钢筋的屈服强度标准值。

2.2.2 作用和作用效应

M_k —— 各施工阶段在荷载标准组合作用下组合截面弯矩标准值；

N_{p0} —— 构件预加力；

V_k —— 各施工阶段在荷载标准组合作用下组合截面剪力标准值；

V_s —— 叠合板板端剪力设计值；

V_R —— 叠合板板端受剪承载力设计值；

M_{2k} —— 使用阶段荷载标准组合下在计算截面产生的弯矩值；

M_{2Gk} —— 使用阶段自重标准值在计算截面产生的弯矩值；

M_{2Qk} —— 使用阶段可变荷载标准值在计算截面产生的弯矩值。

2.2.3 几何参数

B_s —— 灌浆钢管桁架宽度；

H_s —— 灌浆钢管桁架高度；

P_s —— 腹杆钢筋弯折点之间的中心间距；

l_a —— 受拉钢筋的锚固长度；

l_l —— 受拉钢筋的搭接长度；

α —— 腹杆钢筋垂直桁架方向的倾角；

β —— 腹杆钢筋平行桁架方向的倾角；

e_{p0} —— 预加力作用点至换算截面重心的距离；

A_0 —— 等效组合截面面积；

A_f —— 单肢腹杆钢筋的截面面积；

A_{c1} —— 钢管桁架预应力混凝土叠合板的后浇混凝土叠合层截面面积；

A_{sd} —— 垂直穿过钢管桁架预应力混凝土叠合板板端竖向接缝的所有钢筋面积；

W_{cc} —— 截面混凝土受压边缘弹性抵抗矩；

W_{ct} —— 截面混凝土受拉边缘弹性抵抗矩；

W_{gc} —— 灌浆钢管受压时组合截面灌浆钢管形心处弹性抵抗矩；

W_{gt} —— 灌浆钢管受拉时组合截面灌浆钢管形心处弹性抵抗矩。

3 材料

3.1 混凝土及灌浆材料

3.1.1 钢管桁架预应力混凝土叠合板所用混凝土材料的力学性能指标和耐久性要求应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 及《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

3.1.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板混凝土强度等级不宜低于 C40。叠合层的混凝土强度等级不应低于 C30。

3.1.3 钢管桁架预应力混凝土预制底板宜采用细石混凝土，其细骨料宜采用中砂，粗骨料应采用连续级配，粗骨料宜采用粒径为 5mm~16mm 的碎石。

3.1.4 钢管内灌浆材料宜采用微膨胀自密实高强砂浆，抗压强度标准值不应低于 40MPa。

3.2 钢筋和钢材

3.2.1 钢筋和钢材的力学性能指标应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223、《钢结构通用规范》GB 55006、《钢结构设计标准》GB 50017 和现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114、《混凝土结构成型钢筋应用技术规程》JGJ 366 的有关规定。

3.2.2 钢管桁架中的钢管可采用焊接空心圆形或椭圆形钢管；采用 Q235 或更高强度的钢材，钢材质量等级不应低于 B 级；钢管壁厚不宜小于 1mm，圆形钢管截面的外径或椭圆形钢管截面的短轴外径不应小于 20mm；所用钢管需满足现行国家标准《结构用无缝钢管》GB/T 8162 或《直缝电焊钢管》GB/T 13793 的有关规定。

3.2.3 钢管桁架中的腹杆钢筋宜采用热轧光圆钢筋 HPB300，也可采用冷拔光面钢筋，钢筋直径不应小于 4mm。冷拔光面钢筋的性能应满足现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114、《混凝土结构成型钢筋应用技术规程》JGJ 366 的规定。

3.2.4 钢管桁架预应力混凝土预制底板的受力预应力钢筋宜采用预应力钢丝，直径不应小于 5mm；钢管桁架预应力混凝土预制底板应配置横向水平钢筋，直径也不应小于 4mm。

3.2.5 叠合层内受力钢筋、构造钢筋宜采用热轧带肋钢筋 HRB400，也可采用热轧光圆钢筋 HPB300。

3.2.6 连接用焊接材料应符合现行国家标准《钢结构通用规范》GB 55006、《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661 和现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

4 设计计算

4.1 一般规定

4.1.1 本标准中的钢管桁架预应力混凝土叠合板适用于承受竖向荷载为主的楼屋盖，当楼屋盖中存在较大水平应力、剪应力时不宜采用。

4.1.2 在结构内力与位移计算时，可假定钢管桁架预应力混凝土叠合板在其自身平面内为无限刚性。

4.1.3 结构分析时钢管桁架预应力混凝土叠合板上的作用、作用组合及作用分项系数应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。

4.1.4 钢管桁架预应力混凝土预制底板应进行短暂设计状况下的承载力、挠度和裂缝控制验算。

4.1.5 钢管桁架预应力混凝土叠合板应进行持久设计状况下的承载能力极限状态计算和正常使用极限状态的验算。

4.1.6 钢管桁架预应力混凝土预制底板中预应力钢筋的预应力损失值计算，应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

4.1.7 钢管桁架预应力混凝土预制底板间的接缝方式可以采用密拼式接缝或分离式接缝。

4.1.8 当钢管桁架预应力混凝土预制底板之间采用密拼式接缝时（图 4.1.8），钢管桁架预应力混凝土叠合板可根据预制底板支座构造、长宽比按单向板或双向板设计。对于长宽比不大于 3 的四边支承钢管桁架预应力混凝土叠合板，宜按双向板设计。

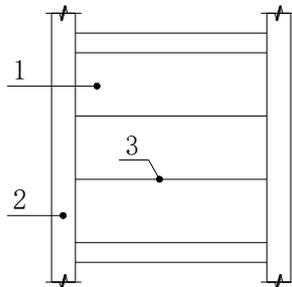


图 4.1.8 叠合板的预制底板密拼式接缝布置示意

1—预制底板；2—梁或墙；3—板侧密拼式接缝

4.1.9 当钢管桁架预应力混凝土预制底板之间采用分离式接缝时（图 4.1.9），钢管桁架预应

力混凝土叠合板一般采用双向板设计，具体接缝做法详本标准第 5.3 节。

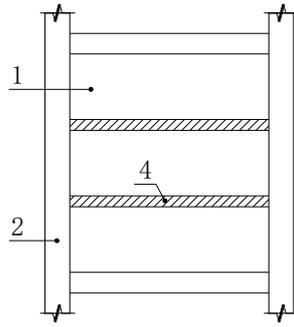


图 4.1.9 叠合板的预制底板分离式接缝布置示意

1—预制底板；2—梁或墙；4—板侧分离式接缝

4.2 短暂设计状况

4.2.1 钢管桁架预应力混凝土预制底板进行脱模验算时，等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和，且不宜小于构件自重标准值的 1.5 倍。其中，动力系数不宜小于 1.2；脱模吸附力应根据构件或模具的实际状况采用，且不宜小于 1.5kN/m^2 。

4.2.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板进行翻转、运输、吊运、安装等短暂设计状况下的施工验算时，应将构件自重标准值乘以动力系数后作为等效静力荷载标准值，动力系数不宜小于 1.5。

4.2.3 钢管桁架预应力混凝土预制底板进行后浇叠合层施工阶段验算时，作用在预制底板上的施工活荷载标准值应按实际情况计算，且取值不宜小于 1.5kN/m^2 。

4.2.4 施工阶段钢管桁架预应力混凝土预制底板两端应设置可靠支撑，跨内临时支撑的布置应满足承载力、挠度和裂缝控制验算要求。当未设跨内临时支撑时，应按单块预制板两端简支进行叠合层混凝土强度未达拆模强度的后浇叠合层施工阶段验算。

4.2.5 钢管桁架预应力混凝土预制底板截面边缘混凝土法向压应力应符合下列规定：

$$\sigma_{cc} \leq 0.8f'_{ck} \quad (4.2.5-1)$$

截面边缘混凝土法向压应力可按下列公式计算：

$$\sigma_{cc} = \sigma_{pcc} + \frac{M_k}{W_{cc}} \quad (4.2.5-2)$$

$$\sigma_{pcc} = \frac{N_{p0}}{A_0} + \frac{N_{p0}e_{p0}}{W_{cc}} \quad (4.2.5-3)$$

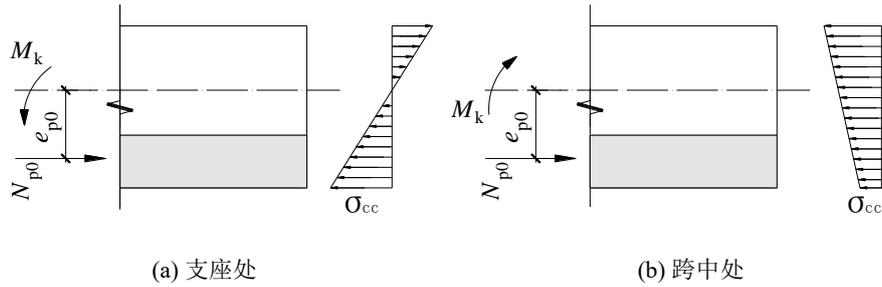


图 4.2.5 钢管桁架预应力混凝土预制底板截面边缘混凝土法向压应力示意

式中：

σ_{cc} ——各施工阶段在荷载标准组合作用下产生的构件正截面边缘混凝土法向压应力；

σ_{pcc} ——由预加力产生的构件正截面边缘混凝土法向压应力；

W_{cc} ——截面混凝土受压边缘弹性抵抗矩，按等效组合截面计算；

A_0 ——等效组合截面面积；

M_k ——各施工阶段在荷载标准组合作用下组合截面弯矩标准值；

N_{p0} ——构件预加力，按国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010—2010 中 10.1.7

条计算；

e_{p0} ——预加力作用点至换算截面重心的距离；

f_{ck} ——与各施工阶段的混凝土立方体抗压强度相应的轴心抗压强度标准值，按国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010—2010 表 4.1.3-1 以线性内插法确定。

注：1 公式（4.2.5-2）、公式（4.2.5-3）中，各项计算值为压应力时取正号，拉应力时取负号；

2 验算跨内支座处预制底板截面边缘混凝土法向压应力时， W_{cc} 宜按不考虑钢管内灌浆材料贡献的等效组合截面计算。

4.2.6 钢管桁架预应力混凝土预制底板截面边缘混凝土法向拉应力应满足下列公式的要求：

$$\sigma_{ct} \leq 1.0f'_{tk} \quad (4.2.6-1)$$

截面边缘混凝土法向拉应力可按下列公式计算：

$$\sigma_{ct} = \sigma_{pct} + \frac{M_k}{W_{ct}} \quad (4.2.6-2)$$

$$\sigma_{pct} = \frac{N_{p0}}{A_0} + \frac{N_{p0}e_{p0}}{W_{ct}} \quad (4.2.6-3)$$

式中：

σ_{ct} ——各施工阶段在荷载标准组合作用下产生的构件正截面边缘混凝土法向拉应力；

σ_{pct} ——由预加力产生的构件正截面边缘混凝土法向拉应力；

W_{ct} ——截面混凝土受拉边缘弹性抵抗矩，按等效组合截面计算；

M_k ——各施工阶段在荷载标准组合作用下组合截面弯矩标准值；

f_{tk} ——与各施工阶段的混凝土立方体抗压强度相应的轴心抗拉强度标准值，按国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010—2010 表 4.1.3-2 以线性内插法确定。

注：公式（4.2.6-2）、公式（4.2.6-3）中，各项计算值为拉应力时取正号，压应力时取负号。

4.2.7 灌浆钢管法向压应力应满足下列公式的要求：

$$\sigma_{gc} \leq 1.3\varphi f_{sc}/2 \quad (4.2.7-1)$$

灌浆钢管法向压应力可按下列公式计算：

$$\sigma_{gc} = \alpha_{Esc}(\sigma_{pcg} + \frac{M_k}{W_{gc}}) \quad (4.2.7-2)$$

$$\sigma_{pcg} = \frac{N_{p0}}{A_0} + \frac{N_{p0}e_{p0}}{W_{gc}} \quad (4.2.7-3)$$

式中：

σ_{gc} ——各施工阶段在荷载标准组合作用下的灌浆钢管法向压应力；

σ_{pcg} ——由预加力产生的构件灌浆钢管形心处法向应力；

W_{gc} ——灌浆钢管受压时组合截面灌浆钢管形心处弹性抵抗矩，按等效组合截面计算；

f_{sc} ——灌浆钢管抗压强度设计值，可按现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的有关规定确定；

α_{Esc} ——灌浆钢管复合弹性模量与混凝土的弹性模量之比，其中灌浆钢管复合弹性模量可按现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的有关规定确定；

φ ——灌浆钢管轴心受压稳定系数，按现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 确定；计算长度取钢管焊接节点距离。

注：公式（4.2.7-2）、公式（4.2.7-3）中，各项计算值为压应力时取正号，拉应力时取负号。

4.2.8 钢管法向拉应力应满足下列公式的要求：

$$\sigma_{gt} \leq 1.1 f_s/2 \quad (4.2.8-1)$$

灌浆钢管法向拉应力可按下列公式计算：

$$\sigma_{gt} = \alpha_E(\sigma_{pcg} + \frac{M_k}{W_{gt}}) \quad (4.2.8-2)$$

$$\sigma_{pcg} = \frac{N_{p0}}{A_0} + \frac{N_{p0}e_{p0}}{W_{gt}} \quad (4.2.8-3)$$

式中：

σ_{gt} ——各施工阶段在荷载标准组合作用下的钢管法向拉应力；

f_s ——钢管强度设计值；

α_E —— 钢管弹性模量与混凝土的弹性模量之比；

σ_{pcg} —— 由预加力产生的构件灌浆钢管形心处法向应力；

W_{gt} —— 灌浆钢管受拉时组合截面灌浆钢管形心处弹性抵抗矩，宜按不考虑钢管内灌浆材料贡献的等效组合截面计算。

注：公式（4.2.8-2）、公式中，（4.2.8-3）中，各项计算值为拉应力时取正号，压应力时取负号。

4.2.9 腹杆钢筋压应力应满足下列公式的要求：

$$\sigma_{sf} \leq \varphi_f f_{ykf} / 2 \quad (4.2.9-1)$$

腹杆钢筋压应力可按下列公式计算：

$$\sigma_{sf} = V_k / (2A_f \sin\alpha \sin\beta) \quad (4.2.9-2)$$

式中：

σ_{sf} —— 各施工阶段在荷载标准组合作用下的腹杆钢筋压应力；

V_k —— 各施工阶段在荷载标准组合作用下组合截面剪力标准值；

φ_f —— 腹杆钢筋的轴心受压稳定系数，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定确定；计算长度取 0.7 倍腹杆钢筋自由段长度；

α —— 腹杆钢筋垂直桁架方向的倾角；

β —— 腹杆钢筋平行桁架方向的倾角；

A_f —— 单肢腹杆钢筋的截面面积；

f_{ykf} —— 腹杆钢筋的屈服强度标准值。

4.2.10 施工阶段跨内无支撑的钢管桁架预应力混凝土预制底板在支座处斜截面抗剪承载力按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定计算。

4.2.11 施工阶段钢管桁架预应力混凝土预制底板挠度验算，应采用荷载效应标准组合，并应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB55001、《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定，截面刚度宜按等效组合截面计算。

4.3 持久设计状况

4.3.1 施工阶段跨内无支撑的钢管桁架预应力混凝土叠合板，应考虑二次叠合受力的影响，按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定进行计算。

4.3.2 钢管桁架预应力混凝土叠合板承载力计算时可变荷载应取施工阶段与使用阶段的较大值。

4.3.3 双向叠合板正截面受弯承载力计算时，两个方向应分别取相应的截面有效高度。均布荷载作用下的双向叠合板承载力计算时，可忽略预制底板之间密拼式整体接缝的影响。

4.3.4 叠合板的正截面受弯承载力、斜截面受剪承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

4.3.5 叠合板正截面受弯承载力计算时，正弯矩区段的混凝土强度等级应按后浇叠合层取用，负弯矩区段的混凝土强度等级应按照计算截面受压区的实际情况取用。

4.3.6 均布荷载作用下的一般钢管桁架预应力混凝土叠合板，在符合本标准第 5.1.3 条的构造规定时，可不对叠合面进行受剪强度验算。

4.3.7 钢管桁架预应力混凝土叠合板板端斜截面受剪承载力应符合下列公式规定：

$$V_s \leq V_R \quad (4.3.7-1)$$

$$V_R = 0.07f_c A_{c1} + 1.65A_{sd}\sqrt{f_c f_y} \quad (4.3.7-2)$$

式中：

V_s —— 叠合板板端剪力设计值；

V_R —— 叠合板板端受剪承载力设计值；

A_{c1} —— 钢管桁架预应力混凝土叠合板的后浇混凝土叠合层截面面积；

A_{sd} —— 垂直穿过钢管桁架预应力混凝土叠合板板端计算截面的所有钢筋面积，包括叠合层内的纵向钢筋、支座处的端部连接钢筋；

f_y —— 钢筋抗拉强度设计值；

f_c —— 叠合层混凝土轴心抗压强度设计值。

4.3.8 承受均布荷载的多跨连续单向叠合板，在正常使用极限状态下的内力计算，跨中截面可按不出现裂缝、支座截面可按出现裂缝的刚度分别进行计算。

4.3.9 承受均布荷载的双向叠合楼板，在正常使用极限状态下的内力计算，宜选择符合实际的方法，充分考虑两个方向的刚度不同。

4.3.10 钢管桁架预应力混凝土叠合板沿平行桁架方向的板底裂缝控制等级宜为二级，按下式公式验算：

$$\sigma_{ck2} - \sigma_{pc} \leq f_{tk} \quad (4.3.10-1)$$

控制截面处抗裂验算边缘的混凝土法向应力按下式计算：

$$\sigma_{ck2} = \frac{M_{2k}}{W_{02}} \quad (4.3.10-2)$$

$$M_{2k} = M_{2Gk} + M_{2Qk} \quad (4.3.10-3)$$

式中：

σ_{ck2} —— 使用阶段按荷载标准组合计算控制截面抗裂验算边缘的混凝土法向应力；

σ_{pc} —— 扣除全部预应力损失后在控制截面处抗裂验算边缘混凝土的法向应力；当为压应力时取正值，计算公式同本标准公式（4.2.5-3）；拉应力时取负值，计算公式同本标准公式（4.2.6-3）；

f_{tk} —— 预制底板混凝土轴心抗拉强度标准值；

M_{2k} —— 使用阶段荷载标准组合下在计算截面产生的弯矩值；

M_{2Gk} —— 使用阶段自重（含叠合板、面层、吊顶等）标准值在计算截面产生的弯矩值；

M_{2Qk} —— 使用阶段可变荷载（当预制底板支撑拆除后，叠合板上存在较大施工荷载时，取两者大值；相应的，自重标准值按实际情况考虑）标准值在计算截面产生的弯矩值；

W_{02} —— 叠合楼板换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩。

4.3.11 钢管桁架预应力混凝土叠合板沿平行桁架方向的板顶、垂直桁架方向的板底及板顶裂缝控制等级为三级，应按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 规定的裂缝宽度限值及相应计算公式进行裂缝宽度验算。

4.3.12 钢管桁架预应力混凝土叠合板挠度验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

5 构造规定

5.1 一般规定

5.1.1 钢管桁架预应力混凝土叠合板的预制底板厚度不应小于 35mm；后浇混凝土叠合层厚度不应小于 60mm 和 1.5 倍预制底板厚度的较大值，同时钢管桁架顶面距叠合板板面的距离需满足铺设板面钢筋及其最小混凝土保护层厚度的要求；预制底板的宽度宜综合考虑运输条件、生产施工效率及排板设计的合理性等因素确定。

5.1.2 钢管桁架预应力混凝土叠合板钢筋的混凝土保护层厚度应满足现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。当钢管桁架预应力混凝土预制底板预应力钢筋保护层厚度为 20mm，叠合板为双向连续板时，满足耐火极限不小于 1.5h 的要求；其他情况详见现行团体标准 T/CECS 722 的有关规定。

5.1.3 钢管桁架预应力混凝土预制底板与后浇混凝土之间的结合面应设置粗糙面，粗糙面应满足现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

5.1.4 当按设计要求需设置现浇板带时，现浇板带的设置及配筋要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 及现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

5.2 钢管桁架及钢筋布置

5.2.1 钢管桁架（图 5.2.1）的尺寸应符合下列规定：

- 1 钢管桁架的设计高度 H_s 不宜小于 70mm；
- 2 钢管桁架设计宽度 B_s 不宜小于 60mm，且宜以 10mm 为模数；
- 3 腹杆钢筋弯折点之间的中心间距 P_s 宜取 200mm；
- 4 钢管桁架宜与预制底板长度相同。

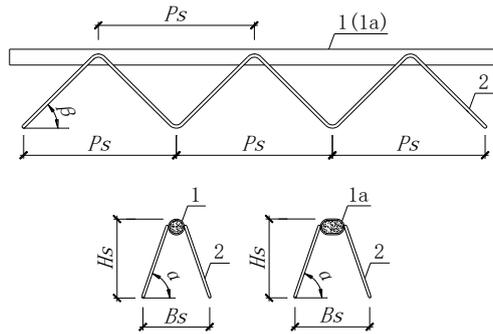


图5.2.1 钢管桁架示意

1—圆形灌浆钢管，1a—椭圆形灌浆钢管；2—腹杆钢筋

5.2.2 钢管桁架的布置应满足下列要求：

- 1 钢管桁架应与预应力钢筋方向一致，沿预制底板的长度方向布置。
- 2 钢管桁架沿长度方向中心线至平行的预制底板板边的距离不宜大于 250mm；钢管桁架的间距不宜大于 600mm。桁架边距及间距大于上述规定时，应提供充分的计算分析。
- 3 腹杆钢筋下表面埋入预制底板混凝土顶面下的深度，不应小于 25mm；钢管桁架上表面露出预制底板混凝土顶面的高度，不应小于 45mm。

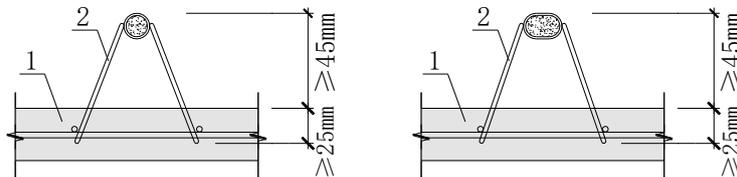


图 5.2.2 钢管桁架埋深示意

1—预制底板；2—钢管桁架

5.2.3 钢管桁架预应力底板的预应力钢筋应按计算配置，预应力钢筋水平净距不应小于其公称直径的 2.5 倍和混凝土粗骨料最大粒径的 1.25 倍，且不应小于 15mm。

5.2.4 钢管桁架预应力混凝土预制底板应配置横向水平分布钢筋，直径不小于 4mm，间距不宜大于 600mm；端部 100mm 长度范围内：

- 1 跨度不大于 3.9m 时，应设置不少于 2 根 $\phi 4$ 的附加横向钢筋或钢筋网片；
- 2 跨度大于 3.9m 时，应设置不少于 3 根 $\phi 4$ 的附加横向钢筋或钢筋网片。

5.2.5 叠合层中垂直于预应力钢筋方向的板底横向钢筋，应紧贴预制底板上表面放置（图 5.2.5）；叠合板按双向板设计时，横向受力钢筋面积应按计算确定；按单向板设计时，预应力筋沿受力方向布置，另一方向应配置分布钢筋；叠合层内板底及板顶钢筋均应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

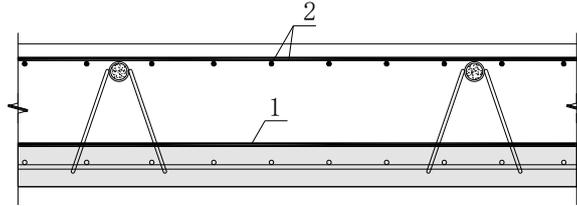


图 5.2.5 叠合层内钢筋放置示意

1—叠合层板底钢筋；2—叠合层板顶钢筋

5.2.6 钢管桁架预应力混凝土预制底板的吊点数量、吊点布置，应根据预制底板大小、重量及起吊方式通过计算确定，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

5.2.7 钢管桁架预应力混凝土预制底板宜采用灌浆钢管桁架兼作吊点，吊装时宜采用专用吊具。采用灌浆钢管桁架兼作吊点时，应满足下列要求：

- 1 吊点应设置在灌浆钢管与腹杆钢筋相交处；
- 2 吊点应对称布置；
- 3 吊点位置应设置明显标识；
- 4 吊点位置腹杆钢筋底部弯折点处应设置不少于 2 根 $\phi 4$ 的横向附加钢筋（图 5.2.7）。

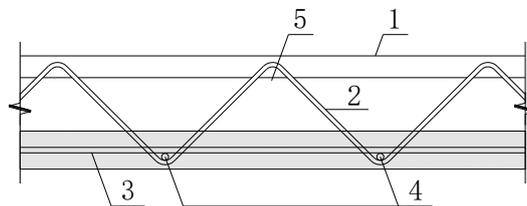


图 5.2.7 吊点位置横向附加钢筋与预制底板内钢筋位置关系示意

1—灌浆钢管；2—腹杆钢筋；3—预应力钢筋；4—附加横向钢筋；5—吊点

5.2.8 楼板洞口宜在钢管桁架预应力混凝土预制底板制作时完成，在后期开洞时，洞口应避免开灌浆钢管桁架位置，并不宜切断预应力钢筋；圆洞孔径或矩形洞口边长不宜大于 130mm，并应符合以下规定：

- 1 开洞未截断预制底板的预应力钢筋且开洞尺寸不大于 90mm 时，可不采取加强措施；
- 2 开洞截断预制底板的预应力钢筋或开洞尺寸在 90mm~130mm 之间时，应采取有效加强措施，可根据等强原则在现浇混凝土叠合层内孔洞四周设置附加钢筋，钢筋直径不应小于 8mm，数量不应少于 2 根，伸出洞边距离应满足受拉搭接长度要求（图 5.2.8）。
- 3 开洞尺寸大于 130mm 时，应有专项设计。

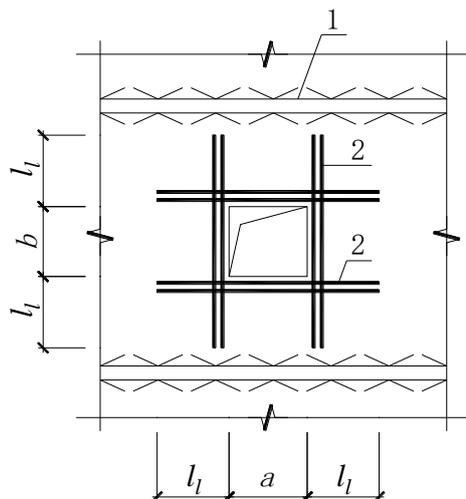


图 5.2.8 预制底板开洞加强措施示意

1—灌浆钢管；2—洞边附加钢筋

5.3 拼缝构造

5.3.1 钢管桁架预应力混凝土预制底板间密拼式接缝宜为紧密接缝，构造形式可采用斜平边、部分斜平边等形式（图 5.3.1）。

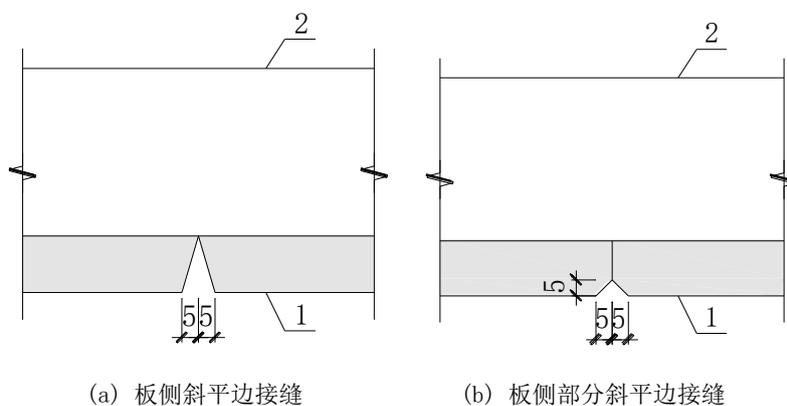


图 5.3.1 钢管桁架预应力底板板侧密拼式接缝构造示意

1—预制底板；2—后浇混凝土叠合层

5.3.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板间密拼式接缝处底板侧边的接缝应采用无机材料嵌缝封闭，嵌缝无机材料宜采用聚合物改性水泥砂浆，聚合物改性水泥砂浆的学性能应符合表 5.3.2 的规定。

表 5.3.2 聚合物改性水泥砂浆物理力学性能

项目	技术指标	试验方法标准
保水率 (%)	≥ 92	现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法》GB/T 17671
凝结时间 (h)	≤ 5	
2h 稠度损失率 (%)	≤ 20	
14d 拉伸粘结强度 (MPa)	≥ 0.6	
28d 收缩率 (%)	≤ 0.12	
质量损失率 (%)	≤ 2	
28d 抗压强度 (MPa)	≥ 20	
抗压强度/抗折强度	≤ 3.0	

5.3.3 钢管桁架预应力混凝土预制底板间分离式接缝的做法要求如下：

1 采用预制底板内的横向水平分布钢筋在接缝侧加密后伸出搭接（图 5.3.3a）；

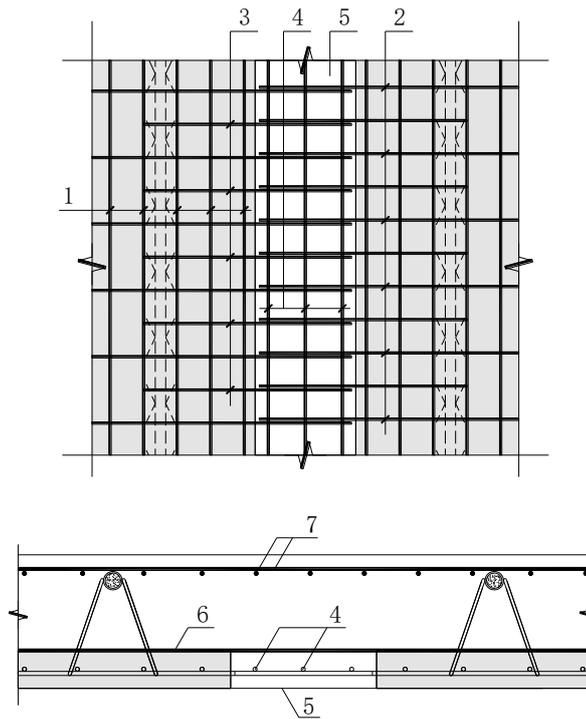


图 5.3.3a 预制底板分离式接缝连接示意一

1—平行于钢管桁架方向的纵向受力预应力钢筋；2—横向水平分布钢筋；3—附加横向水平分布钢筋；
4—后浇带内纵向受力钢筋；5—分离式接缝后浇带；6—预制板面横向受力钢筋；7—叠合层板顶钢筋

2 采用预制底板内设置的横向水平受力普通带肋钢筋伸出在接缝处搭接（图 5.3.3b），
预制底板厚度不宜小于 40mm，钢筋直径不宜大于 8mm，接缝要求详《装配式混凝土结构
技术规程》JGJ 1-2014 第 6.6.6 条的规定；

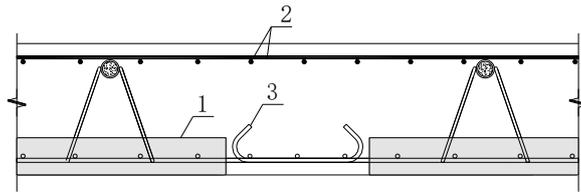


图 5.3.3b 预制底板分离式接缝连接示意二

1—预制底板；2—叠合层板顶钢筋；3—横向水平受力钢筋

3 分离式接缝宽度不宜大于 300mm，与后浇叠合层混凝土一起浇筑；

4 当有特殊要求时，需专项设计。

5.4 支座构造

5.4.1 钢管桁架预应力混凝土预制底板的搁置长度应符合下列规定(图 5.4.1)：

1 搁置在混凝土肋形梁上或混凝土剪力墙内，与肋形梁或剪力墙同时浇筑时，搁置长度不应小于 10mm。

2 搁置在钢梁或预制混凝土梁上的长度不应小于 40mm。

3 搁置在承重砌体墙上的长度不应小于 80mm；当在承重砌体墙上设混凝土圈梁，并利用胡子筋拉结时，搁置长度不应小于 40mm。

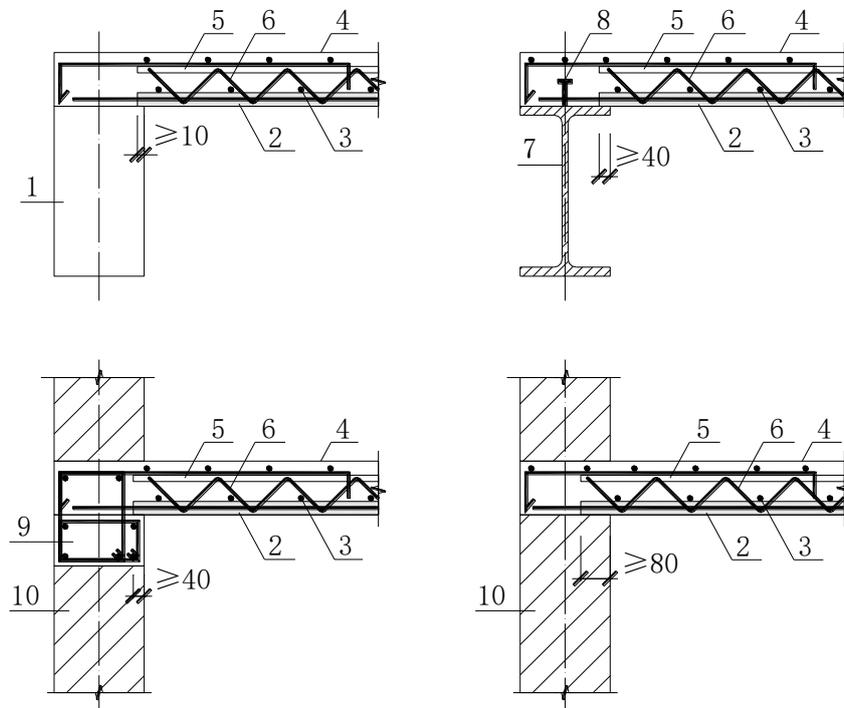


图 5.4.1 板端支座构造示意

1—支承混凝土梁或混凝土墙；2—预制底板；3—板底横向钢筋；4—叠合层；5—灌浆钢管；

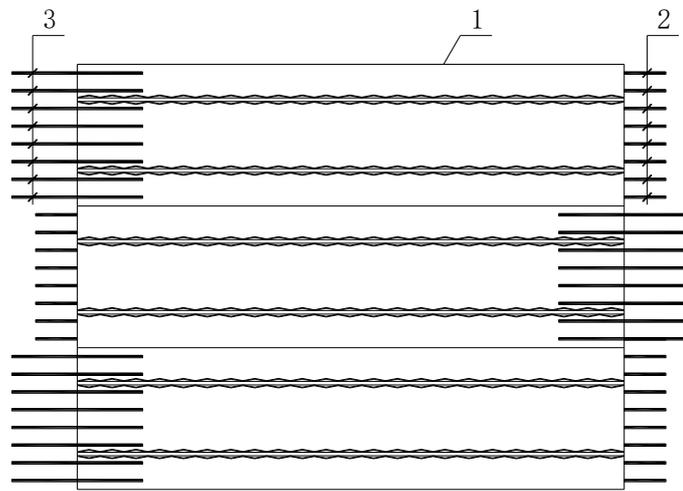
6—腹杆钢筋；7—支承钢梁；8—抗剪连接件；9—混凝土圈梁；10—承重砌体墙

5.4.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板预应力钢筋及端部连接钢筋在支座处的设置与连接构造应符合下列规定：

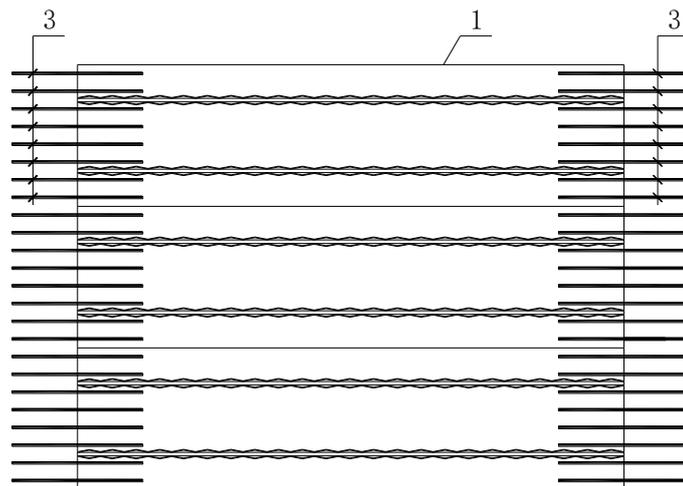
1 一般情况下，钢管桁架预应力混凝土预制底板可仅在一端预留胡子筋，并在不预留胡子筋一端的预制底板上方设置端部连接钢筋，安装时端部连接钢筋宜沿板端交错布置（图 5.4.2a）；

2 当胡子筋影响钢管桁架预应力混凝土预制底板安装施工时，板两端均可不预留胡子筋，并在不预留胡子筋的预制底板上方设置端部连接钢筋（图 5.4.2b）。

3 钢管桁架预应力混凝土预制底板内垂直于桁架方向受力钢筋可选择伸出板端锚入支座或按本标准 5.3.3 要求搭接，也可采取不伸出板端而在预制板面设置端部连接钢筋。



(a) 预制底板一端预留胡子筋



(b) 预制底板两端均不预留胡子筋

图 5.4.2 叠合板设置端部连接钢筋构造示意

1—预制底板；2—胡子筋；3—端部连接钢筋

5.4.3 采用一房（间）一板布置的钢管桁架预应力混凝土预制底板，钢管桁架方向宜为板的主受力方向，预制板内垂直于钢管桁架方向的横向预应力钢筋或普通带肋钢筋可按该方向受力要求确定，也可在预制板面配置横向受力钢筋。预制板内横向受力钢筋最小混凝土保护层厚度需满足相关标准的规定。

当钢管桁架预应力混凝土预制底板与两平行的侧边梁组成梁板一体化预制构件时，钢管桁架及钢筋的布置要求同一房（间）一板的布置要求。

5.4.4 钢管桁架预应力混凝土预制底板预留的胡子筋应伸入板端支座，在支承梁或墙的后浇混凝土中锚固（图 5.4.1）。当钢筋受压时，锚固长度不应小于 $15d$ ，且宜伸过支座中心线；当钢筋受拉时，锚固长度不应小于钢筋锚固长度 l_a 。

5.4.5 在支座处钢管桁架预应力混凝土预制底板顶部设置的端部连接钢筋应满足下列要求：

1 端部连接钢筋可采用热轧带肋钢筋，其截面积应满足承载力要求，且不应小于钢管桁架预应力混凝土预制底板内跨中同方向受力钢筋面积的 $1/3$ ；连接钢筋直径不宜小于 5mm ，间距不宜大于 200mm ；连接钢筋可采用与钢管桁架预应力混凝土预制底板内同向同种类的预应力钢筋，种类不同时钢筋面积应按等强原则进行换算。

2 对于端节点支座，连接钢筋伸入后浇叠合层长度不应小于 l_l ；伸入支座的长度受压时不应小于 $15d$ 且宜伸过支座中心线，受拉时不应小于 l_a [图 5.4.5(a)]。对于中节点支座，搭接钢筋在节点区应贯通，且每侧伸入后浇叠合层长度不应小于 l_l [图 5.4.5(b)]。

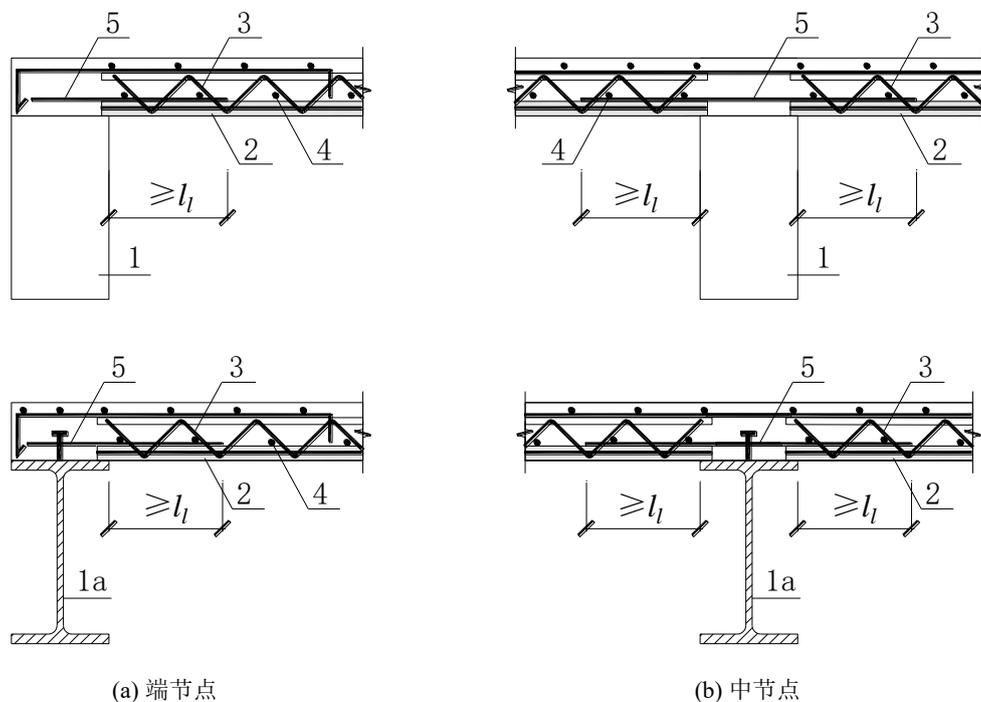


图 5.4.5 无胡子筋板端支座构造示意

1—支承混凝土梁或混凝土墙；1a—钢梁；2—预制底板；3—钢管桁架；4—横向钢筋；5—连接钢筋

3 垂直于端部连接钢筋的方向应布置横向分布钢筋，横向分布钢筋直径不应小于 4mm，间距不大于 250mm。

5.4.6 钢管桁架预应力混凝土预制底板上表面设置的垂直于预应力钢筋方向的横向钢筋在支座处的锚固长度应满足现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

6 BIM 及信息识别技术应用

6.1 BIM 技术应用

6.1.1 钢管桁架预应力混凝土叠合板作为装配式混凝土结构的重要组成部分，在设计、制作、施工及后期运营维护管理等过程中宜采用 BIM 技术。

6.1.2 BIM 模型宜采用统一的数据格式，协同项目的其他模型信息，满足各阶段的信息交流要求，实现专业软件间信息的无损传递，支持的数据格式应包含国际通用的 IFC 数据标准。

6.1.3 BIM 模型的深度宜满足现行国家标准《建筑信息模型应用统一标准》GB/T51212、《建筑信息模型施工应用标准》GB/T51235、《装配式建筑评价标准》GB/T51129 及福建省有关建筑工业化、智能建造评价标准等相关要求。

6.1.4 在建筑的全寿命周期内，各参与方应用的 BIM 模型应具有唯一标识性。

6.1.5 钢管桁架预应力混凝土叠合板深化设计阶段宜应用 BIM 模型对预制底板中的钢筋、连接件、预埋件、机电管线、线盒等进行综合布设检查，并进行用量统计分析。

6.1.6 现场施工前宜进行 BIM 施工模拟，确定构件的临时存放位置、吊运、装配等方案，并形成现场施工阶段的信息化应用文档。

6.2 信息识别技术应用

6.2.1 钢管桁架预应力混凝土预制底板等预制构件宜采用具有自动识别技术的二维信息码或 RFID 标签，结合 BDS 或 GPS 和 GIS 等技术，通过有效识别，完成对预制构件的实时跟踪定位。采用 BIM 和二维码或 RFID 技术的装配式建筑预制构件管理系统，进行信息交互，及时、准确了解项目信息中的问题，进一步提高施工管理效率。

6.2.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板等预制构件上附加的二维信息码或 RFID 标签，内置信息宜包含以下内容：

- 1 项目信息：项目名称、地点，使用部位（楼号、楼层）等；
- 2 设计信息：构件的编号、重量、几何信息、空间定位信息（包含定位尺寸和坐标）、配筋、结构性能等；
- 3 生产信息：构件的生产单位、材料信息、批次、生产人员、质检、生产日期等。

6.2.3 现场安装前宜扫描构件的二维码或 RFID 标签获取相关信息，确认无误后开始安装。

7 构件制作与运输

7.1 一般规定

7.1.1 钢管桁架预应力混凝土预制底板生产企业应具有预应力张拉台座、钢筋加工设备、预应力张拉机具、混凝土搅拌站、输送布料振捣的专用设备、混凝土养护系统、吊运设备和堆放场地，并应符合现行行业标准《工厂预制混凝土构件质量管理标准》JG/T 565 的有关规定。

7.1.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板生产企业应有必要的原材料、半成品、成品的试验和检验能力，并应建立完善的质量管理体系、安全保证体系和检验制度，并宜建立质量可追溯的信息化管理系统。

7.1.3 钢管桁架预应力混凝土预制底板制作前应组织图纸会审，并编制专项制作方案，按设计要求和质量标准进行技术交底。

7.1.4 钢管桁架预应力混凝土预制底板的制作除应符合本标准规定外，尚应符合现行国家有关标准的规定。

7.2 钢管桁架制作及检验

7.2.1 钢管桁架的外形尺寸等应按设计要求并符合本标准第 5 章相关规定。

7.2.2 钢管桁架的原材料进厂时应检查质量证明文件，并按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 和现行行业标准《混凝土结构成型钢筋应用技术规程》JGJ366 的有关规定抽取试件作力学性能和重量、尺寸偏差等检验，检验批次及检验结果应符合国家现行有关标准的规定。

检查数量：按进厂批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

7.2.3 腹杆钢筋在上、下弯弧内直径 D 不应小 $4d$ (d 为腹杆钢筋直径) (图 7.2.3)。

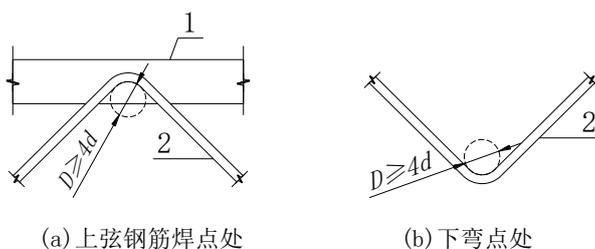


图7.2.3 腹杆钢筋弯弧示意

1—灌浆钢管；2—腹杆钢筋

7.2.4 腹杆钢筋与灌浆钢管之间采用对称焊点焊接，焊接焊点应避开弯弧（图 7.2.4），宜采用自动化设备焊接，不得采用手工焊接，并应满足现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的要求。

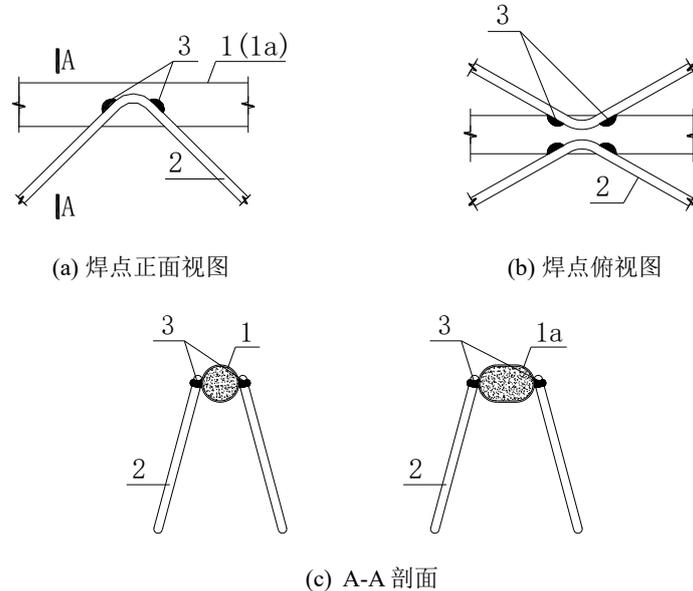


图 7.2.4 腹杆钢筋与钢管焊接示意

1—圆形灌浆钢管，1a—椭圆形灌浆钢管；2—腹杆钢筋；3—焊点

7.2.5 钢管桁架应按批进行外观质量和尺寸偏差检验，一个检验批应为同一设备、同一台班加工的同一规格的钢管桁架。同一检验批的首件必检，加工过程中应进行抽检，抽检次数不应少于 2 次，每次应抽检 1 榀；当抽检合格率不为 100% 时，应全数检查，并剔除不合格品。

7.2.6 钢管桁架的外观质量应符合下列规定：

- 1 除毛刺、表面浮锈和因钢筋调直造成的表面轻微损伤外，钢筋桁架表面不应有影响使用的缺陷。
- 2 焊点处熔化金属应均匀，不应脱落、漏焊，且应无裂纹、多孔性缺陷和明显烧伤现象。

7.2.7 钢管桁架的尺寸偏差和检验方法应符合表 7.2.7 的规定。

表 7.2.7 钢管桁架的尺寸允许偏差和检验方法

项次	检验项目	允许偏差 (mm)	检验方法
1	长度	0, -30	用钢尺或带数字显示的卷尺量上弦钢管长度
2	设计宽度	±7	用钢尺或带数字显示的卷尺量钢管桁架两端，取平均值

3	设计高度	+1, -3	用钢尺或带数字显示的卷尺量钢管桁架两端, 取平均值
4	相邻焊点中心距	±3	用钢尺或带数字显示的卷尺量上弦钢管连续5个焊点中心距, 取平均值

7.2.8 钢管内自密实高强砂浆的灌注应在专用支架上进行, 机械压力灌浆应密实; 环境温度较低时应注意养护; 环境温度低于 5℃或高于 30℃时高强砂浆不得灌浆; 高强砂浆应根据灌注批次留置同条件试块。

7.3 构件制作

7.3.1 钢管桁架预应力混凝土预制底板制作需要在自承载钢筋混凝土预应力长线台座上进行, 台座应具有足够的承载力、刚度及整体稳固性, 应能满足各阶段作业荷载和制作工艺的要求。

7.3.2 制作钢管桁架预应力混凝土预制底板的侧模和端模应在满足生产工艺的基础上具备足够的强度、刚度和整体稳定性。端模应增加标准梳齿定位功能或在模台端部设置预应力钢筋定位装置。

7.3.3 模具拼装应连接牢固、缝隙严密, 模具拼装前应进行表面清理, 与混凝土的接触面不应有划痕、锈渍和氧化层脱落等现象。脱模剂宜采用水溶性隔离剂, 涂刷不宜过厚, 需均匀一致, 不得漏涂, 不应有积液, 脱模剂不得污染钢筋表面。模具拼装完成后, 其尺寸偏差应符合表 7.3.3 的要求。

表 7.3.3 模具安装允许偏差和检验方法

项次	检验项目、内容		允许偏差 (mm)	检验方法
1	长度	≤ 6m	+1, -2	尺量两端模间距, 取其中绝对值较大处
		>6m 且 ≤12m	+2, -4	
2	宽度 (侧模间距)		+2, -4	尺量两侧模任何部位间距
3	模台平整度		3/3m 长度内	用 3m 靠尺和塞尺量
4	对角线差		3	尺量对角线
5	端模和侧模高低差		1	用钢尺量
6	磨具高度		±1	游标卡尺量

7.3.4 钢管桁架预应力混凝土预制底板生产用钢筋应符合下列规定：

1 进入生产现场时，应全数检查外观质量，并按现行国家有关标准的规定抽取试件作屈服强度、抗拉强度、伸长率、弯曲性能和重量偏差检验，检验结果应符合相应标准的规定。

2 预应力钢筋的下料长度应根据台座的长度、锚具、夹具长度等经过计算确定；钢筋的调直与切割应使用专用机械设备，不得采用电弧焊或气焊切断。

3 预应力钢筋的安装、定位和保护层厚度应符合设计要求。

7.3.5 预应力钢筋张拉设备及压力表应定期维护和标定，并应符合下列规定：

1 张拉设备和压力表应配套标定和使用，标定期限不应超过半年。当张拉设备检修后或使用过程中出现反常现象时，应重新标定。

2 压力表的量程应大于张拉工作压力读值，压力表的精确度等级不应低于 1.6 级。

3 标定张拉设备用的试验机或测力计的测力示值不确定度不应大于 1.0%。

4 张拉设备标定时，千斤顶活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致。

7.3.6 预应力钢筋张拉前应将台面清理干净，预应力施工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

7.3.7 预应力筋的张拉控制应力应符合设计及专项方案的要求。

7.3.8 采用应力控制方法张拉时，应校核最大张拉力下预应力筋伸长值。实测伸长值与计算伸长值的偏差应控制在±6%之内。

7.3.9 预应力筋的张拉应符合设计要求，并应符合下列规定：

1 应根据预制构件受力特点、施工方便及操作安全等因素确定张拉顺序；

2 张拉时应采取对称和分级方式，按照校准的张拉力控制张拉精度，以预应力筋的伸长值作为校核；

3 预应力筋张拉时，应从零拉力加载至初拉力后，量测伸长值初读数，再以均匀速率加载至张拉控制力；

4 张拉过程中应避免预应力筋断裂、滑脱、遗漏、绞缠等；

5 预应力筋张拉锚固后，应对实际建立的预应力值与设计给定值的偏差进行控制；应以每工作班为一批，抽查预应力筋总数的 1%，且不少于 3 根。

7.3.10 钢管桁架预应力混凝土预制底板的预应力钢筋张拉完毕，混凝土浇筑前，应对预应力钢筋、普通受力钢筋、横向分布钢筋、灌浆钢管桁架等进行隐蔽工程验收。

7.3.11 钢管桁架预应力混凝土预制底板应连续浇筑，混凝土铺摊均匀，振捣密实，避免漏

振、过振；振捣完成后应及时测量混凝土浇筑厚度；在底板的顶面设置粗糙面，粗糙面可采用拉毛工艺，拉毛工艺应在混凝土初凝前完成。

7.3.12 钢管桁架预应力混凝土预制底板的混凝土宜采用加热养护，养护方法应通过试验确定。宜在常温下预养护 2h~6h，升降温速度不宜超过 20℃/h，最高养护温度不宜超过 70℃。预制构件脱模时的表面温度与环境温度的差值不宜超过 25℃。

7.3.13 预应力钢筋放张应符合设计要求，并应符合下列规定：

1 预应力筋放张时，混凝土立方体抗压强度不应低于设计混凝土强度等级值的 75%，且不应低于 30MPa；当跨度不小于 6.6m 时，预应力筋放张时的混凝土立方体抗压强度不应低于 37.5MPa。

2 放张前，应将限制构件变形的模具拆除。

3 预应力筋宜优先采用整体缓慢放张的方式，不得骤然放张。

4 无法整体放张时，应首先取长线台座中部处预制底板，由预制底板宽度的中间位置向两侧对称交错放张，每次截断钢筋根数不应超过钢筋总根数的 15%；其他位置底板与底板之间的钢筋可由中间向两侧对称互相交错截断。

5 当有设计要求时按设计要求放张。

6 放张后底板端部预应力钢丝与混凝土应牢固粘结，钢筋无滑移现象。

7.3.14 当预应力钢筋全部断开后，可采用专用吊具进行起板，起板脱模后应进行质量检查，检查内容应符合本标准第 7.4.4 条、第 7.4.5 条的规定。检查后，应及时在构件上设置产品标识、吊点位置标识及预制底板安装顺序标识等。

7.4 构件检验

7.4.1 钢管桁架预应力混凝土预制底板的检验应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定。

7.4.2 制作单位在批量生产之前，宜进行首件检验，首件检验应符合现行国家标准《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152 的有关规定。批量生产的钢管桁架预应力混凝土预制底板应根据产品检验批抽样，按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的要求进行结构性能检验。

7.4.3 预应力值检测应符合下列规定：

1 预应力张拉机具及仪表应定期维护和校核，并配套标定、配套使用，标定期限不应超

过半年；

2 检测数量：每一工作班抽查预应力筋总数的 1%，且不得少于 3 根；

3 一个构件中全部钢筋预应力平均值与规定值的偏差为+5%。

7.4.4 钢管桁架预应力混凝土预制底板成品应按表 7.4.4 对外观质量进行检查评定。外观质量不宜有一般缺陷，不应有严重缺陷。对于出现一般缺陷的构件，应进行修补处理，并重新检查评定。对于外观质量合格的和不合格的构件均应记录、编号标识并分区分类码放。

表 7.4.4 钢管桁架预应力底板外观质量评定要求及评定方法

项目	现象	质量评定要求	判定方法
露筋	钢筋未被混凝土完全包裹而外露	预应力钢筋不应有	观察
蜂窝	混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露	不应有	观察
孔洞	混凝土中孔穴深度和长度超过保护层厚度	禁止裂缝贯穿保护层到达构件内部	观察或量度
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	禁止夹渣	观察
疏松	混凝土中局部不密实	不应有	观察
外表缺陷	构件表面麻面、掉皮、起砂、玷污等	不应有	观察
裂缝 1	垂直预应力筋方向，缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	不允许	观察
裂缝 2	平行预应力筋方向，缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	裂缝长度不允许大于底板长度的 50%	观察或量度

7.4.5 钢管桁架预应力混凝土预制底板成品应按表 7.4.5 对外形尺寸进行检查，对超过尺寸允许偏差且影响结构性能和安装、使用功能的部位应经主体结构设计单位认可，制定的技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

表 7.4.5 钢管桁架预应力混凝土预制底板外形尺寸允许偏差及检验方法

检查项目		允许偏差 (mm)	检查方法
长度		±5	用尺量测平行于长度方向的任何部位
宽度		±5	用尺量测平行于宽度方向的任何部位
厚度		±3	用尺量测平行于厚度方向的任何部位
下平面	对角线差	10	用尺量测下表面两个对角线差
	侧向弯曲	$L/750$ 且 ≤ 20	拉线、用尺量测侧向弯曲最大处
	翘曲	$L/750$	用测平尺在下表面两端量测
	表面平整	5	用 2m 靠尺和塞尺量测两点间最大缝隙
预应力	间距	±5	用尺量测

力钢筋	保护层厚度	+5, -3	用尺量测
	外伸长度	+30, -10	用尺或钢筋保护层厚度测定仪量测
灌浆钢管桁架高度		+5, 0	用尺量测

注：L为钢管桁架预应力混凝土预制底板标志跨度。

7.4.6 钢管桁架预应力混凝土预制底板出厂时应提供质量证明文件，质量证明文件应包括以下内容：

- 1 产品合格证；
- 2 与预制底板同批次生产的混凝土标准养护试件强度检验报告；
- 3 预应力张拉记录；
- 4 型式检验的结构性能检验报告；
- 5 采购合同约定的其他检验结果或记录。

7.5 构件运输与堆放

7.5.1 钢管桁架预应力混凝土预制底板混凝土强度达到设计值的100%时，方可进行吊装、出厂和运输。应使用专用吊具，缓起慢落，避免与其他物体碰撞，并应保证起重设备的吊钩位置与构件重心在垂直方向上重合。

7.5.2 堆放场地应平整、排水良好，运输畅通，堆放时预制底板与地面之间应有一定的间隙；垫木应上下对齐、垫实；运输及堆放层数均不应超过15层，并应有防止倾覆的措施；不同型号构件应分别堆放，严禁混放。

7.5.3 钢管桁架预应力混凝土预制底板成品的运输宜选用低平板车、专用运输架，运输前应制定运输方案和应急预案，宜提前选择至少一条以上的可行路线进行运输，在运输过程中应做好成品防护；垫木设置应符合本标准第7.5.2条的规定；应设置柔性垫片避免构件边角部位或链索接触处的混凝土损伤。

7.5.4 钢管桁架预应力混凝土预制底板成品堆放位置和次序、装车位置和次序，应与工程施工进度及次序相衔接，宜采用信息化、数字化的物流和施工方案。

8 施工安装

8.1 一般规定

8.1.1 钢管桁架预应力混凝土预制底板吊装施工前应编制专项施工方案，并对施工人员进行技术交底。

8.1.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板进入施工现场应及时按本标准表 7.4.4、表 7.4.5 进行验收。

8.1.3 施工现场的运输道路和存放场地应平整、坚实，应有排水设施；钢管桁架预应力混凝土预制底板运送到施工现场后需要存放时，应按规格、所用部位、吊装顺序分别存放，并采取可靠的稳定措施。存放场地宜设置在吊装设备的有效起重范围内。

8.1.4 钢管桁架预应力混凝土预制底板卸放、吊装工作范围内不得有障碍物，不应影响运输道路的正常使用的。

8.1.5 安装过程中，应避免在钢管桁架预应力混凝土预制底板上集中堆放施工材料，施工材料自重与施工活荷载之和不应超过设计允许值。

8.2 构件安装

8.2.1 钢管桁架预应力混凝土预制底板的安装应进行支撑设计，就位前应设置好支撑。

1 板端支撑：对于现浇的混凝土肋形梁和剪力墙，在预制底板两端距离支座 500mm 范围内各设置一道；对于钢梁、预制混凝土独立梁、承重砌体墙可不设板端支撑。

2 跨内支撑布置应按计算确定。

3 板端外挑不大于 0.5m。

4 全部支撑需要进行承载力、稳定性计算。

5 支撑顶面应精确抄平，以保证各钢管桁架预应力混凝土预制底板间底面平整；支撑横梁要有足够的刚度并保证平直；应优先选用方木、工字铝、工字钢、矩形铝管、矩形钢管，严禁使用圆钢管。

6 支撑拆除时，后浇混凝土同条件养护的混凝土立方体抗压强度应达到设计值的 100%。

8.2.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板安装的临时支撑应根据支撑专项设计方案设置，并应符合下列规定：

1 宜采用工具式支架和定型模板。

2 首层支架的地基应平整坚实，宜采取硬化措施；支撑架体立杆下宜设置垫块；竖向连续支撑层数不宜少于 2 层且上下层支撑应对准在一条垂直线上。

3 钢管桁架预应力混凝土预制底板边缘，应增设竖向支撑杆件；对泵管、布料机部位的钢管桁架预应力混凝土预制底板底部应进行支撑加固。

4 支架的高宽比不宜大于 3；当高宽比大于 3 时，应加强整体稳固性措施；支架的轴向压缩变形或侧向挠度，不应大于计算高度或计算跨度的 1/1000。

5 临时支撑架体搭设完成后应对其标高及垂直度进行校核。

6 临时支撑架体不得与外防护架相连接。

8.2.3 对高大模撑体系应经专项技术论证并按论证报告采取相应的技术措施，并应遵守国家住房和城乡建设部《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（住房城乡建设部令第 37 号）的有关要求。

8.2.4 钢管桁架预应力混凝土预制底板的搁置长度应符合本标准第 5.4.1 条的规定。

8.2.5 钢管桁架预应力混凝土预制底板吊装前应进行以下准备工作：

1 应按国家现行有关标准的规定和设计方案的要对吊具进行检查，同时应核实现场环境、天气、道路状况等，确认满足吊装施工要求；

2 使用专用吊具，保证每个吊点受力均匀一致；

3 应核对钢管桁架预应力混凝土预制底板的规格和编号，吊装过程应严格按编号顺序进行；

4 现场堆放应符合本规程第 7.5.2 条的规定，并优先采用从运输车辆上直接吊装，避免二次倒运。

8.2.6 钢管桁架预应力混凝土预制底板的吊运应符合下列规定：

1 起吊、移动、就位的全过程中，信号指挥员、司索工、起重机械司机等应保持通信畅通并协调一致，信号不明时不得吊运和安装。

2 在吊运过程中应保持稳定，采用慢起、稳升、缓放的操作方式；预制底板吊装就位后，应及时对安装位置、安装标高、相邻构件平整度、高低差、接缝尺寸等进行校核和调整。

3 每班作业时宜先试吊一次，确认起重设备与吊具工作正常，吊具连接可靠；每次起吊脱离运输车辆或存放点时，应适当停顿，确认起吊系统安全可靠后方可继续提升。

4 应垂直吊运，严禁斜拉、斜吊；吊运的预制底板应及时安装就位，严禁长时间悬停在空中。

- 5 构件与吊具的分离应在定位校准和临时支撑安装完成后进行。
- 6 应在吊装前设置安全区域并派专人值守，禁止无关人员和车辆通行。

8.3 叠合层施工

8.3.1 叠合层混凝土浇筑前应进行下列工作：

- 1 应清除钢管桁架预应力混凝土预制底板上表面疏松的混凝土和浮浆，并清理干净；应在混凝土浇筑前 24h 对节点及叠合面充分浇水湿润，浇筑前 1h 吸干积水。
- 2 应对接缝处采取防止漏浆的措施。
- 3 应按设计要求铺设钢筋，布设电气管、线、盒；并在浇筑混凝土前进行隐蔽验收。

8.3.2 叠合层的混凝土浇筑应符合下列规定：

- 1 混凝土浇筑应布料均衡，布料的堆积高度严格按现浇层厚度加施工活荷载不超过设计要求控制，并采用振动器振捣密实，以确保与预制底板结合成一体。
- 2 浇筑和振捣时，应对模板及支架进行观察和维护，发生异常情况应停止浇筑作业，疏散现场作业人员并按预案程序消除异常因素。
- 3 接缝处混凝土浇筑和振捣，应采取措施防止模板、钢筋、及预埋件移位。
- 4 后浇混凝土浇筑完成后，应及时对其表面标高进行校核。
- 5 同一配合比的混凝土，试件留置应满足现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关要求。

8.3.3 采用泵送混凝土浇筑时，应采取措施防止泵送设备超重或冲击力过大，影响钢管桁架预应力混凝土预制底板及支架的安全。

8.3.4 钢管桁架预应力混凝土预制底板上叠合层的混凝土浇筑后 8h~12h 内，应进行洒水养护或覆盖养护，养护时间不少于 7d。

8.3.5 钢管桁架预应力混凝土预制底板采用密拼时，在接缝处需进行下列工作：

- 1 接缝处应采用毛刷清理干净；
- 2 采用聚合物改性水泥砂浆嵌缝与板底抹平，待干透后检查是否存在干缩缝，若有干缩缝应再补刮一道聚合物改性水泥砂浆；
- 3 聚合物改性水泥砂浆干透后，贴宽度不小于 100mm 的耐碱玻纤网格布一道，涂刷厚度不小于 2mm 的弹性腻子一道。

9 质量验收

9.1 一般规定

9.1.1 钢管桁架预应力混凝土叠合板施工的分项工程、检验批划分和质量验收应符合现行国家标准《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》GB 55032 及《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中有关的分项工程的规定。

9.1.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板施工用的原材料、部品、构配件均应按检验批进行进场验收。

9.1.3 叠合层混凝土浇筑前，应进行钢管桁架预应力混凝土预制底板隐蔽工程验收。隐蔽工程验收应包括下列主要内容：

- 1 板面钢筋、附加钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距；
- 2 预制底板接缝处、支座处的构造做法，包括端部连接钢筋长度、底板外伸胡子筋弯折角度及外伸长度等；
- 3 钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率、搭接长度、锚固方式及锚固长度等；
- 4 预埋件、预留孔洞、预留管线及线盒的规格、数量、位置、加强措施等；
- 5 预制底板顶面粗糙面；
- 6 其他隐蔽项目。

9.1.4 混凝土结构子分部工程施工质量验收时，应提供下列文件和记录：

- 1 工程设计文件、钢管桁架预应力混凝土叠合板安装施工图和加工制作详图；
- 2 钢管桁架预应力混凝土预制底板的主要材料及配件的质量证明文件、进场验收记录和抽样复验报告；
- 3 钢管桁架预应力混凝土预制底板吊装施工记录；
- 4 隐蔽工程验收文件；
- 5 后浇叠合混凝土强度检测报告；
- 6 装配式结构分项工程质量验收文件；
- 7 其他相关文件和记录。

9.2 构件进场检验

I 主控项目

9.2.1 钢管桁架预应力混凝土预制底板进入施工现场时，应检查质量证明文件和标识。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件或质量验收记录。

9.2.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板结构性能检验。

检查数量：按批检查。

检验方法：检查结构性能试验报告。

9.2.3 钢管桁架预应力混凝土预制底板的混凝土外观质量不应有严重缺陷，且不应有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、尺量；检查处理记录。

表 9.2.3 钢管桁架预应力底板外观质量缺陷

项目	现象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	钢筋未被混凝土完全包裹而外露	预应力钢筋有露筋	其他钢筋有少量露筋
蜂窝	混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露	主要受力部位有蜂窝	其他部位有少量蜂窝
孔洞	混凝土中孔穴深度和长度超过保护层厚度	主要受力部位有孔洞	其他部位有少量孔洞
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	主要受力部位有蜂窝夹渣	其他部位有少量夹渣
疏松	混凝土中局部不密实	主要受力部位有疏松	其他部位有少量疏松
外表缺陷	构件表面麻面、掉皮、起砂、玷污等	具有装饰效果的清水混凝土底板有外表缺陷	无装饰效果的清水混凝土底板有外表缺陷
裂缝 1	垂直预应力筋方向，缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	此方向出现裂缝	-
裂缝 2	平行预应力筋方向，缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	形成贯穿裂缝	裂缝长度大于底板长度的 50%但不形成贯穿裂缝

II 一般项目

9.2.4 钢管桁架预应力混凝土预制底板外观质量不应有一般缺陷，对出现的一般缺陷应要求构件生产单位按技术处理方案进行处理，并经重新检查验收，合格后方可使用。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查技术处理方案和处理记录。

9.2.5 钢管桁架预应力混凝土预制底板的尺寸允许偏差和检验方法应符合本规程表 7.4.5 的规定。

检查数量：按批检查，同一规格构件抽检数量不应少于该规格构件数量的 5%且不少于 3 件。

检验方法：观察、尺量；检查处理记录。

9.2.6 钢管桁架预应力混凝土预制底板厚度允许偏差应符合设计要求；当设计无具体要求时，应为 $\pm 3\text{mm}$ 。

检查数量：按楼层、结构缝或施工段划分检验批。同一检验批内，应按有代表性的自然间抽查 10%，且不小于 3 间；对大空间结构，可按纵、横轴线划分检查面，抽查 10%，且不少于 3 面。

检验方法：观察，钢尺检查。

9.2.7 桁架钢管压力灌浆后，钢管孔道内水泥砂浆应饱满、密实。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查压力灌浆记录，检查灌浆材料强度试验报告。

9.3 叠合板质量验收

I 主控项目

9.3.1 钢管桁架预应力混凝土预制底板安装的临时支撑措施应符合设计要求和专项施工方案要求，并应符合现行国家有关标准的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：用经纬仪或吊线和卷尺检查垂直度，用扭力扳手检查扣件螺栓拧紧扭力矩，用水平仪或水平尺检查水平杆高差等。

9.3.2 在浇筑叠合层混凝土之前，应进行钢筋等隐蔽工程验收，其内容包括钢筋品种、规格、数量、位置和连接接头位置以及预埋管、线盒数量、材质、位置等。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，钢尺检查。

9.3.3 叠合层后浇混凝土强度等级应符合设计要求。

检查数量：按批检查。

检验方法：检查混凝土强度试验报告。

9.3.4 混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

9.3.5 钢管桁架预应力混凝土预制底板底部座浆强度应满足设计要求。

检查数量：按批检验，以每层为一检验批；每工作班同一配合比应制作 1 组且每层不应少于 3 组边长为 70.7mm 的立方体试件，标准养护 28d 后进行抗压强度试验。

检验方法：检查座浆材料强度试验报告及评定记录。

II 一般项目

9.3.6 钢管桁架预应力混凝土叠合板安装的尺寸允许偏差及检验方法应符合设计要求，当设计无具体要求时，应符合表 9.3.6 的规定。

检查数量：按楼层、结构缝或施工段划分检验批。同一检验批内，应按有代表性的自然间抽查 10%，且不小于 3 间；对大空间结构，可按纵、横轴线划分检查面，抽查 10%，且不少于 3 面。

表 9.3.6 钢管桁架预应力混凝土叠合板安装允许偏差及检验方法

序号	项目	允许偏差 (mm)	检验方法
1	底板下表面标高	±5	水准仪或拉线、钢尺检查
2	搁置长度	-3, +10	钢尺检查
3	相邻板面高低差	0, +3	钢尺检查
4	下表面平整度	0, +5	2m 靠尺检查
5	底板顶面接缝宽度	0, +3	钢尺检查

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

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做的：

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，在条件允许时首先这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《工程结构通用规范》 GB 55001
- 2 《钢结构通用规范》 GB 55006
- 3 《混凝土结构通用规范》 GB 55008
- 4 《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》 GB 55032
- 5 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 6 《混凝土结构设计标准》 GB/T 50010
- 7 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 8 《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153
- 9 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 10 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 11 《混凝土结构施工规范》 GB 50666
- 12 《钢管混凝土结构技术规范》 GB 50936
- 13 《预应力混凝土用钢丝》 GB/T 5223
- 14 《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1
- 15 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
- 16 《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》 JGJ 114
- 17 《钢管桁架预应力混凝土叠合板技术规程》 T/CECS 722

团体标准

钢管桁架预应力混凝土叠合板技术标准

T/FJKS 002-2024

条文说明

目次

1 总则.....	43
2 术语和符号.....	44
2.1 术语.....	44
3 材料.....	46
3.1 混凝土及灌浆材料.....	46
3.2 钢筋和钢材.....	46
4 设计计算.....	47
4.1 一般规定.....	47
4.2 短暂设计状况.....	48
4.3 持久设计状况.....	51
5 设计构造.....	54
5.1 一般规定.....	54
5.2 钢管桁架及钢筋布置.....	55
5.3 拼缝构造.....	57
5.4 支座构造.....	57
6 BIM 及信息识别技术应用.....	59
6.1 BIM 技术应用.....	59
6.2 信息识别技术应用.....	59
7 构件制作与运输.....	61
7.1 一般规定.....	61
7.2 钢管桁架制作及检验.....	61

7.3 构件制作.....	62
7.4 构件检验.....	64
7.5 构件运输与堆放.....	64
8 施工安装.....	66
8.1 一般规定.....	66
8.2 构件安装.....	66
8.3 叠合层施工.....	67
9 质量验收.....	68
9.1 一般规定.....	68
9.2 构件进场检验.....	68
9.3 叠合板质量验收.....	68

1 总 则

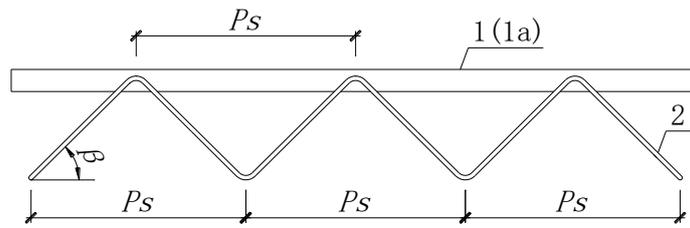
1.0.1 钢管桁架预应力混凝土叠合板具有刚度适中、承载能力适中、自重轻、宽度大、生产效率高、支撑少、方便穿插管线等优点，目前已大量应用于装配式建筑中，并且具有广阔的应用前景，为规范钢管桁架预应力混凝土叠合楼板的设计、制作、施工、检验及验收，制定本标准。

1.0.2 环境类别的划分按照现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 有关规定执行。当建筑处于特殊使用环境，如板底高温（板底表面温度大于 100℃或有生产热源且表面温度经常大于 60℃）、板承受动力荷载、腐蚀性环境等，应按现行国家有关标准进行专门设计。

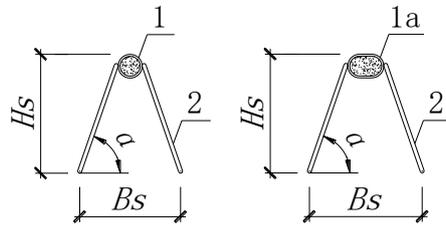
2 术语和符号

2.1 术语

2.1.2 灌浆钢管为注满高强灌浆材料的薄壁圆钢管或椭圆钢管，作为钢管桁架（图1）的上弦；腹杆钢筋为连续弯折钢筋。



(a) 立面图



(b) 剖面图

图1 灌浆钢管桁架

1—圆形灌浆钢管，1a—椭圆形灌浆钢管；2—腹杆钢筋

2.1.3 钢管桁架预应力混凝土预制底板用作叠合板的底板（图2）。钢管桁架预应力混凝土预制底板在制作、施工过程中独立承载，并作为叠合层的永久模板，浇筑混凝土叠合层后形成钢管桁架预应力混凝土叠合板。

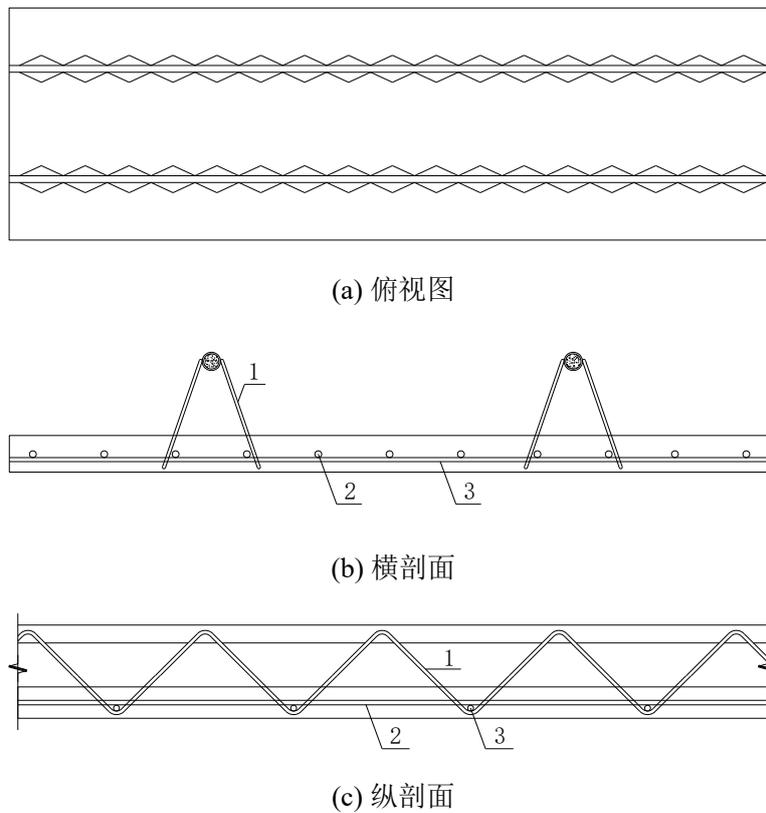


图 2 钢管桁架预应力混凝土预制底板

1—灌浆钢管桁架；2—预应力钢筋；3—横向分布钢筋

2.1.7 钢管桁架预应力混凝土预制底板较薄，预制底板一般仅在一个方向配置受力钢筋（预应力钢筋），在紧贴预制底板上表面的叠合层内配置另一方向的板底横向钢筋，叠合板底横向钢筋的配置与叠合板的受力形式有关，当叠合板为单向受力板时横向钢筋可采用分布筋，分布筋按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定设置；当叠合板为双向受力板时横向钢筋为受力钢筋，应按计算要求确定。为了提高施工安装效率，钢管桁架预应力混凝土预制底板之间一般采用密拼式接缝（图 3）。

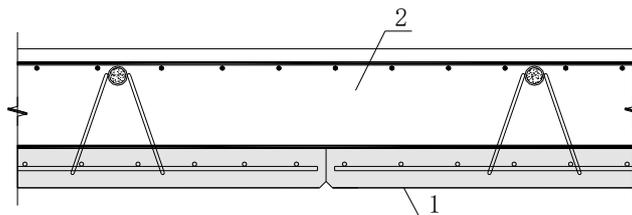


图 3 密拼式接缝

1—预制底板；2—叠合层

3 材料

3.1 混凝土及灌浆材料

3.1.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板内受力钢筋为预应力高强钢筋，因此预制底板混凝土强度等级应相应提高。

3.1.3 钢管桁架预应力混凝土预制底板较薄，为保证底板混凝土质量，专门对底板混凝土骨料做出要求。

3.1.4 灌浆钢管作为钢管桁架预应力混凝土预制底板上弦，承受压力，对施工阶段的承载力和刚度尤其对刚度影响较大，钢管内灌浆材料强度不宜较低。高强砂浆的抗压强度检验应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的有关规定。

3.2 钢筋和钢材

3.2.2 灌浆钢管桁架中的灌浆钢管作为预制底板上弦，在预制底板脱模、运输、吊装、浇筑叠合层等生产及施工阶段主要承受压力，对保证构件的刚度和承载力具有重要作用。

焊接圆钢管为直焊缝钢管，为保证受力，其焊缝强度不应低于管材强度；因 Q235A 钢不宜用于焊接结构，当选用 Q235 级钢时，钢材质量等级不应低于 B 级。

3.2.3 腹杆钢筋为连续弯折的钢筋，与薄壁钢管焊接，腹杆钢筋与薄壁钢管焊接性能对钢管桁架预应力混凝土预制底板的受力性能影响较为关键，为满足在生产、施工过程中的受力要求，腹杆钢筋宜采用热轧光圆钢筋。

冷拔光面钢筋用作腹杆钢筋时，其性能应满足相关规范要求。

4 设计计算

4.1 一般规定

4.1.1 对结构的整体性要求较高且承受较大的水平应力、剪应力的楼板宜采用现浇楼板，如（1）作为上部结构嵌固部位的地下室楼层及其相关平面范围；（2）结构转换层、加强层、连体楼层中承受较大水平力的楼板；（3）平面复杂或开洞较大楼层中连接薄弱的楼板，多塔结构、体型收进结构、悬挑结构中竖向体型突变部位的楼板，斜柱上下端周围楼盖等对结构整体性及传递水平力的要求较高，楼板承受较大的水平应力、剪应力，宜采用现浇楼板。平面复杂或开洞较大的情况判定参见现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 和行业标准《高层建筑混凝土结构设计规程》JGJ 3 的有关规定。结构体型收进或外挑是指上部楼层相对于下部楼层收进或外挑尺寸偏大，不符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定。

当以上部位采用钢管桁架预应力混凝土叠合板时，钢管桁架预应力混凝土预制底板可仅作为施工模板使用，且应进行专项设计。其中当地下室顶板、结构屋面板采用钢管桁架预应力混凝土叠合板时，可适当增大后浇叠合层厚度，并加强叠合板与支承结构的连接。

4.1.2 钢管桁架预应力混凝土叠合板的预制底板与后浇叠合层结合较好，且预制底板较薄、后浇叠合层厚度较大，因此钢管桁架预应力混凝土叠合板的整体性较好，可视为整体。

4.1.3 钢管桁架预应力混凝土叠合板结构设计时，应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 的规定。

4.1.4 短暂设计状况包括钢管桁架预应力底板的制作、脱模、吊运、存放和安装、浇筑叠合层等工况。短暂设计状况应验算预制底板的板底裂缝、挠度、板面混凝土受压、灌浆钢管和腹杆钢筋的强度和稳定性。短暂设计状况可按照现行国家标准《混凝土结构施工规范》GB 50666 的规定进行计算。

4.1.6 钢管桁架预应力混凝土预制底板采用先张法工艺制作，预应力钢筋一般采用长线法台座生产，

端部锚具采用锥塞式锚具时，张拉端锚具变形和预应力筋内缩值可取 5mm。

钢管桁架预应力混凝土预制底板进行运输、吊装等短暂设计状况下的施工验算时，混凝土收缩、徐变引起受拉区纵向预应力筋的预应力损失值 σ_{l5} 可考虑时间的影响。

4.1.8 钢管桁架预应力混凝土叠合板预制底板较薄，预制底板仅在一个方向配置受力钢筋（预应力钢筋），在紧贴预制底板上表面的叠合层内配置另一方向的板底受力钢筋，故钢管桁架预应力混凝土预制底板之间一般采用密拼式接缝。试验研究表明，对于满足双向板支座构造、长宽比的条件下，钢管桁架预应力混凝土预制底板之间采用密拼式接缝可实现内力的连续传递，形成双向受力，可按双向板设计。叠合板按双向板设计时，接缝宜设置于次要受力方向且宜避开最大弯矩截面。

4.2 短暂设计状况

4.2.1 本条规定与现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 一致。

4.2.2 本条规定与现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 一致，不包括后浇叠合层施工阶段。

4.2.3 本条规定与现行国家标准《施工脚手架通用规范》GB 55023 及《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 一致。

4.2.4 预制底板用于钢结构、砌体结构、预制混凝土独立梁时，预制底板两端支承搁置长度满足本标准 5.4.1 条时，钢梁等可作为预制底板端部的可靠支撑，此时可不在底板端部另设支撑。

4.2.5~4.2.9 参考现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666，规定了钢管桁架预应力混凝土预制底板的施工验算方法。

验算状况包括预制底板的脱模、吊装、堆放以及叠合层混凝土浇筑施工等。使用吊环时，应对吊环进行验算并应符合现行国家标准《混凝土设计标准》GB/T 50010 的相关要求。

计算各工况时，截面特性宜按组合截面（图 4）计算。计算跨内截面应力时截面中和轴位置、惯性矩计算见式（1）、式（2）；计算跨内支座处（吊点、支撑处）截面应力时，灌浆钢管受拉，宜偏安全地近似按不考虑钢管中灌浆材料的贡献来考虑，截面中和轴位置、惯性矩计算见式（3）、式（4）。

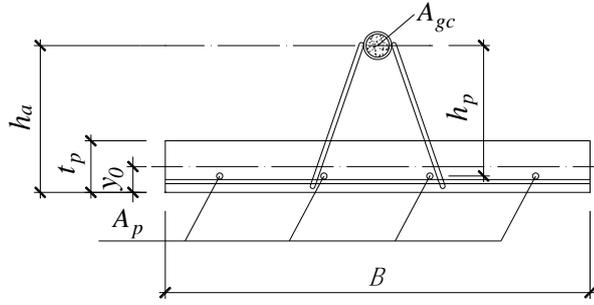


图 4 钢管桁架预应力混凝土预制底板组合截面

$$y_0 = h_a - \frac{Bt_p(h_a - \frac{t_p}{2}) + A_p(\alpha_{Ep} - 1)h_p}{Bt_p + A_p(\alpha_{Ep} - 1) + \frac{1}{4}\alpha_{Esc}\pi D_{gc}^2} \quad (1)$$

$$I_0 = \frac{1}{12}Bt_p^3 + Bt_p(y_0 - \frac{t_p}{2})^2 + A_p(\alpha_{Ep} - 1)[y_0 - (h_a - h_p)]^2 + \alpha_{Esc}\frac{\pi D_{gc}^4}{64} + \alpha_{Esc}\frac{\pi D_{gc}^2}{4}(h_a - y_0)^2 \quad (2)$$

$$y_0 = h_a - \frac{Bt_p(h_a - \frac{t_p}{2}) + A_p(\alpha_{Ep} - 1)h_p}{Bt_p + A_p(\alpha_{Ep} - 1) + \frac{1}{4}\alpha_E\pi[D_{gc}^2 - (D_{gc} - 2t_{gc})^2]} \quad (3)$$

$$I_0 = \frac{1}{12}Bt_p^3 + Bt_p(y_0 - \frac{t_p}{2})^2 + A_p(\alpha_{Ep} - 1)[y_0 - (h_a - h_p)]^2 + \alpha_E\frac{\pi[D_{gc}^4 - (D_{gc} - t_{gc})^4]}{64} + \alpha_E\frac{\pi[D_{gc}^2 - (D_{gc} - 2t_{gc})^2]}{4}(h_a - y_0)^2 \quad (4)$$

式中：

α_{Ep} —— 钢管桁架预应力混凝土预制底板内预应力钢筋与预制底板混凝土的弹性模量之比；

α_{Esc} —— 灌浆钢管复合弹性模量与预制底板混凝土的弹性模量之比，其中灌浆钢管复合弹性模

量按现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 计算；

α_E —— 钢管弹性模量与预制底板混凝土的弹性模量之比；

D_{gc} —— 灌浆钢管外径；

B —— 预制底板宽度；

t_{gc} —— 钢管壁厚；

t_p —— 预制底板厚度；

h_a —— 钢管形心至预制底板下边缘距离；

h_p —— 钢管形心至预应力钢筋形心距离；

y_0 —— 等效组合截面形心至预制底板下边缘距离。

灌浆钢管按一种复合材料来考虑，其弹性模量、抗压强度、轴心受压稳定系数等均可参考现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50396 确定。灌浆钢管复合弹性模量 E_{sc} 的计算公式见式 (5)，抗压强度设计值 f_{sc} 的计算公式见式 (6) ~ 式 (9)，轴心受压稳定系数 φ 的计算公式见式 (10) ~ 式 (11)。

钢管抗拉分项系数近似取 1.1。

$$E_{sc} = \frac{E_s A_g + E_{c1} A_{c1}}{A_{gc}} \quad (5)$$

$$f_{sc} = (1.212 + B\theta + C\theta^2)f_{c1} \quad (6)$$

$$\theta = \frac{f_s A_g}{f_{c1} A_{c1}} \quad (7)$$

$$B' = 0.176f_s/213 + 0.974 \quad (8)$$

$$C' = -0.104f_{c1}/14.4 + 0.031 \quad (9)$$

$$\varphi = \frac{1}{2\bar{\lambda}_{sc}^2} \left[\bar{\lambda}_{sc}^2 + (1 + 0.25\bar{\lambda}_{sc}) - \sqrt{[\bar{\lambda}_{sc}^2 + (1 + 0.25\bar{\lambda}_{sc})]^2 - 4\bar{\lambda}_{sc}^2} \right] \quad (10)$$

$$\bar{\lambda}_{sc} \approx 0.01\lambda_{sc}(0.001f_y + 0.781) \quad (11)$$

式中：

f_{sc} —— 灌浆钢管抗压强度设计值；

f_{c1} —— 灌浆材料轴心抗压强度设计值；

f_s —— 钢管强度设计值；

A_{gc} —— 灌浆钢管组合截面面积： $A_{gc} = A_g + A_{c1}$ ；

A_g —— 钢管截面面积；

A_{c1} —— 灌浆材料截面面积；

θ —— 灌浆钢管的套箍系数；

B' 、 C' —— 截面形状对套箍效应的影响系数；

E_{sc} —— 灌浆钢管复合弹性模量；

E_s —— 钢管弹性模量；

E_{c1} —— 灌浆材料弹性模量；

λ_{sc} —— 灌浆钢管的长细比，等于构件的计算长度除以回转半径；

$\bar{\lambda}_{sc}$ —— 灌浆钢管正则长细比；

f_y —— 钢材的屈服强度。

对于椭圆形钢管，可以按照面积等效折算为圆形钢管，椭圆形钢管等效为圆形钢管的具体折算公式见式（12）和式（13）；其组合截面的中和轴位置、惯性矩等按式（1）～式（4）进行计算。

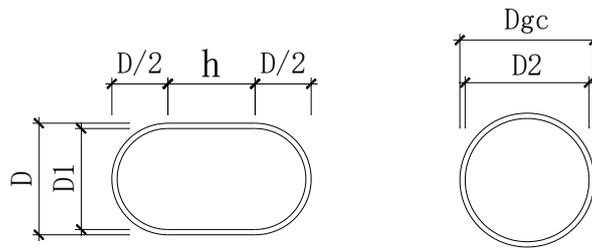


图 5 椭圆形钢管等效圆形钢管计算简图

$$A_g = \frac{\pi}{4} \times (D_{gc}^2 - D_2^2) = A_{g1} = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - D_1^2) + h(D - D_1) \quad (12)$$

$$D_{gc} = \sqrt{(D^2 - D_1^2) + \frac{4h}{\pi}(D - D_1) + D_2^2} \quad (13)$$

4.2.10 斜截面的受剪破坏是脆性破坏，应当避免。当钢管桁架预应力混凝土预制底板支撑于钢梁、预制混凝土独立梁、承重砌体墙时，由于不另设底板端部施工支撑，此时按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 计算不配置弯起钢筋和箍筋的板类受弯构件斜截面受剪承载力，剪力设计值 V_1 按《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2010 附录 H 计算，截面高度 h 为预制底板的厚度。

4.2.11 进行钢管桁架预应力混凝土预制底板的挠度计算时，采用钢管桁架预应力混凝土预制底板的短期刚度，钢管桁架预应力混凝土叠合板的挠度验算按《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2010 第 7 章方法。在钢管桁架预应力混凝土预制底板的制作、运输、堆放、吊装等施工阶段，底板不应出现垂直于预应力钢筋的裂缝，故未列出预制底板的裂缝计算公式。

4.3 持久设计状况

4.3.1 施工阶段如跨中不加临时支撑时，钢管桁架预应力混凝土叠合板为二阶段受力叠合板，应参照《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2010 附录 H 中关于无支撑叠合板的规定进行计算。

4.3.2 因为叠合层混凝土达到设计强度值后仍可能存在施工活荷载，且其产生的荷载效应可能大于使用阶段可变荷载产生的荷载效应，故叠合板承载力计算时应考虑两种荷载效应中的较大值。

4.3.3 双向叠合板中垂直于预应力钢筋方向的受力钢筋放置于预制底板顶面，截面有效高度 h_{02} 为钢筋形心至叠合板上表面距离，明显小于预应力钢筋方向截面有效高度 h_{01} ，因此计算正截面承载力时两个方向应分别取相应的截面有效高度，见图 5。

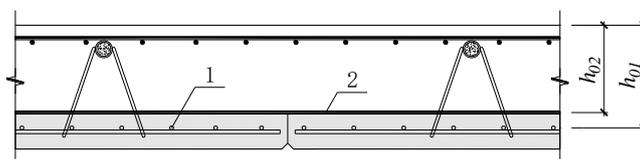


图 6 双向叠合板两个方向截面有效高度示意

1—预应力钢筋；2—垂直于预应力钢筋方向的受力钢筋

试验研究及理论分析表明，均布荷载作用下采用密拼接缝的钢管桁架预应力混凝土双向叠合板发生屈服后，板底塑性铰线走势与现浇板略有差异，两个方向内力有一定影响，但差异不大，因此在内力计算时，可忽略整体式接缝的影响。

4.3.5 本条关于受压区混凝土强度等级的规定，与《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2010 附录 H 一致。

4.3.6 试验研究表明：灌浆钢管桁架形成抗剪销栓，且预制底板上表面设置粗糙面，能够满足叠合面抗剪要求，保证叠合层与预制底板形成整体，共同承载、协调受力。故在均布荷载作用下，不对叠合面进行受剪强度验算。

4.3.7 参考现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 中叠合梁端受剪承载力的规定，提出了钢管桁架预应力混凝土叠合板板端受剪承载力的规定和承载力计算公式。由于钢管桁架预应力混凝土预制板板端无键槽，因此式（4.3.7-2）中仅包含后浇叠合层抗剪项和穿过钢管桁架预应力混凝土叠合板板端竖向接缝的钢筋销栓项。

4.3.8 多跨连续的单向钢管桁架装配式预应力混凝土叠合板预应力钢筋位于板底部，跨中板底不会出现垂直于预应力钢筋的裂缝，故跨中截面按不出现裂缝的刚度来计算；连续板的支座处配置的钢筋为普通钢筋，结构受力时有可能出现裂缝，故支座截面按出现裂缝的刚度来计算。

4.3.9 试验研究及理论分析表明：双向叠合楼板在两个正交方向存在明显的刚度差异，在计算时应合理考虑。考虑两个方向的刚度时，可在预应力方向按不出现裂缝的刚度、非预应力方向按出现裂缝的刚度进行计算。

4.3.10 钢管桁架预应力混凝土叠合板适用一类和二 a 类环境类别，并且底板沿平行灌浆钢管桁架方向施加了预应力，故对叠合楼板沿平行灌浆钢管桁架方向的板底裂缝控制等级定为二级，即一般要求不出现裂缝。

4.3.11 钢管桁架预应力混凝土叠合板沿平行桁架方向的板顶、垂直桁架方向的板底及板顶均未施加预应力，按普通混凝土构件要求，故裂缝控制等级为三级。

4.3.13 由于钢管桁架预应力混凝土叠合板能很好地适用于大跨度楼、屋盖，因此对于大跨度叠合板需要进行楼盖舒适度控制。

5 设计构造

5.1 一般规定

5.1.1 对钢管桁架预应力混凝土叠合板的最小板厚做出了规定，最小底板厚度主要是考虑如下因素：

(1) 混凝土浇筑质量；(2) 施工阶段的承载力、刚度、抗裂性能；(3) 叠合板使用阶段的耐火性能及耐久性能等。

叠合层最小厚度的规定综合考虑了楼板整体性、双向受力性能、叠合板顶面钢筋铺设及其保护层厚度、管线预埋等因素。

根据中国建筑科学研究院有限公司、中国建筑标准设计研究院有限公司、浙江大学、东南大学、兰州大学、华东建筑设计研究院有限公司、福建省建科院施工图审查有限公司等专家研究认定：(1) 《混凝土结构通用规范》GB 550088-2021 第 4.4.4 条第 5 款，是对预制钢筋混凝土实心叠合板的预制底板及后浇混凝土的最小厚度要求，未对预应力混凝土叠合板的预制底板最小厚度进行规定；(2) 本标准关于钢管桁架预应力混凝土预制底板最小厚度的要求，与《混凝土结构通用规范》GB 550088-2021 第 4.4.4 条第 5 款没有冲突，《混凝土结构通用规范》GB 550088-2021 未限制钢管桁架预应力混凝土叠合板的应用。

灌浆钢管桁架和预应力的施加使预制底板在施工阶段具有较大的刚度和承载力，比普通的预制钢筋混凝土底板具有更强的抵御风险的基本能力。

叠合层厚度超过 200mm 时，宜在叠合层中设置轻质材料的减重块，此时预制底板的厚度不应小于 45mm。轻质材料减重块宜在工厂固定于预制底板上，且减重块底面同预制底板上表面紧密接触。减重块应采用 A 级防火材料，不得采用聚苯乙烯泡沫制品和聚氨酯泡沫制品。叠合层内垂直于预应力钢筋的板底横向钢筋可集中布置于减重块之间的现浇肋内。设置减重块的楼盖设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 和现行行业标准《现浇混凝土空心楼盖技术规程》JGJ/T 268 的相关规定。

5.1.2 基于耐火极限要求的耐火保护层厚度系参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 及现行团体标准《钢管桁架预应力混凝土叠合板技术规程》T/CECS 722 确定。当叠合板的端支座为固定支座时，板的边界约束条件可按连续考虑。若预制板底存在抹灰层，计算耐火保护层时，可将抹灰层包括在内。

5.1.3 钢管桁架预应力混凝土预制底板上表面设置粗糙面，以保证结合面受剪承载力满足要求，从而叠合层混凝土与钢管桁架预制底板形成整体协调受力并共同承载。若通过采取其他构造措施满足结合面抗剪承载力要求，粗糙面的面积、凹凸深度可适当减小。

5.1.4 采用钢管桁架预应力混凝土叠合板时，一般情况下预制底板采用密拼的形式，通过调整标准板宽度，实现梁间距范围内预制底板全铺的效果，体现了标准化程度高、施工效率高；因此不建议采用预制底板间设置现浇带的形式，排板到梁附近时若有较窄的宽度需要现浇，可根据设计、施工条件等设置底板侧补空现浇带。

5.2 钢管桁架及钢筋布置

5.2.1 根据试验研究结果，并参考国内外关于钢筋桁架的研究成果，对灌浆钢管桁架外形尺寸做出了规定。当钢管桁架预应力混凝土预制底板架越跨度较大时，相应的需要设置刚度较大的钢管桁架，桁架的上弦——灌浆钢管的截面可选用椭圆形，这样既可增大灌浆钢管的面积，提高桁架刚度，又保证了钢管桁架的上弦底面与预制底板顶面之间的距离，便于设备管线的穿插和安装。

5.2.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板为单向板，灌浆钢管桁架应与预应力钢筋方向一致；在施工阶段沿长边的受力更为不利，故灌浆钢管桁架沿预制底板的长边布置。灌浆钢管桁架至预制底板板边的距离不宜过大，过大时在运输、吊装等阶段对预制底板受力不利，易造成预制底板破损。

对灌浆钢管桁架腹筋埋入预制板深度和上弦钢管的露出高度的规定，主要是考虑了灌浆钢管桁架预制底板的施工阶段以及叠合层施工后使用阶段板的受力性能因素。

5.2.3 预应力钢筋的最小水平净距应根据浇筑混凝土、预应力钢筋锚固及预应力传递性能等要求确定，要求与现行行业标准《预应力混凝土结构设计规范》JGJ 369 一致。预应力钢筋形式主要采用

螺旋肋消除应力钢丝，本条规定与现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 一致。

5.2.4 先张法预应力传递长度范围内局部挤压造成的环向拉应力容易导致构件端部混凝土出现劈裂裂缝，因此端部应采取构造加强措施，以保证自锚端的局部承载力。

5.2.5 当叠合板按单向板受力设计并且板的跨度比较大时，预应力钢筋宜沿受力方向布置，此时从结构受力以及经济性方面考虑是比较合理的方案，但实际工程中也存在一些情况，譬如单向走道板，单向板的跨度较小，若采用预应力筋沿受力方向（短跨方向）布置，布板效率较低，此时也可采用预应力筋沿非受力方向（长跨方向）的布板方案，钢管桁架预应力底板相当于施工模板，叠合层板底横向钢筋为受力钢筋，钢筋面积需要按计算确定，截面有效高度为受力钢筋形心至叠合板上表面的距离。

5.2.7 灌浆钢管桁架兼作吊点，可避免设置吊钩或吊具，提高生产效率，并节约成本。吊装时宜采用专用吊具，常用吊装方式见图 6。施工安全系数 K_c 不应小于 4.0，当腹杆钢筋采用 HPB300、CPB550 类别时，每个吊点承载力标准值可取 15kN。

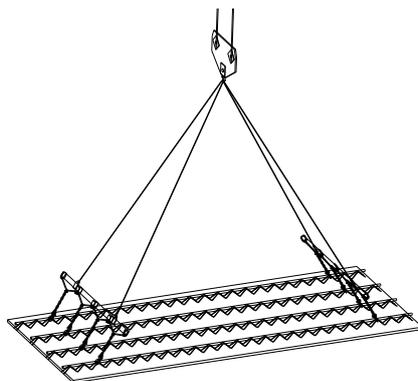


图 7 常用吊装方式示意

5.2.8 叠合楼板严禁在灌浆钢管桁架位置开洞，且开洞宜避免截断预制底板的预应力钢筋。当开洞尺寸较大或截断预制底板的预应力钢筋时，宜优先考虑采用现浇板带，也可在预制底板设计制作阶段采取适当补强措施。对平面尺寸不大且洞口较多的厨房、卫生间等功能房间可采用现浇板。预制底板上的洞口在工厂预留时，洞边附加钢筋及加强钢筋可设置在预制底板内。现场开洞尺寸一般 \leq 130mm，此时附加钢筋设置在叠合层内。

5.3 拼缝构造

5.3.1 因预制底板铺板施工时存在偏差，预制底板之间一般存在缝隙，施工时应控制预制底板之间缝隙，防止漏浆。

5.3.2 为满足叠合板底面钢筋的保护层厚度，预制底板之间的密拼缝宜采用聚合物改性水泥砂浆嵌填，嵌填前底板的侧边表面应采用毛刷清理干净，保证聚合物改性水泥砂浆与预制底板的粘结，待砂浆干透后再进行下一道工序，如有干缩缝再补刮一道。聚合物改性水泥砂浆的“抗压强度/抗折强度”试验方法按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法》GB/T 17671；其余项目的试验方法按现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70。

5.3.3 对于层高较大填缝作业施工难度较大时，也可采用分离式接缝，此时可采用吊模施工，分离式接缝连接段与叠合层混凝土一次浇筑。

5.4 支座构造

5.4.1 叠合板与钢梁之间的抗剪连接件宜采用栓钉，钢梁设计时应避免栓钉的位置与预制底板冲突，并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的相关规定。

搁置在砌体结构的圈梁上时，圈梁应先浇筑，强度达到要求后再安装钢管桁架预应力底板，圈梁顶部混凝土与叠合层现浇混凝土同时浇筑。

5.4.2 生产工艺上，钢管桁架预应力混凝土预制底板一般采用长线法台座生产，留置胡子筋对构件生产效率无明显影响。试验研究表明，对于中间支座处或固定端支座处不留置胡子筋的连续叠合板，破坏时支座处易产生底板与叠合层之间的开裂，故钢管桁架预应力混凝土预制底板预应力钢筋宜在板端预留胡子筋。

当支承梁或剪力墙为现浇时，两端均预留胡子筋会影响铺板施工，可在一端不预留胡子筋，在不预留胡子筋一端预制底板上方设置端部连接钢筋替代胡子筋。

当后浇混凝土叠合层厚度不小于预制板厚度的 1.5 倍与 75mm 的较大值，并且在板端支座处采

取可靠锚固连接措施时，也可在预制底板两端部均不设置胡子筋，在预制底板上方设置端部连接钢筋替代胡子筋。

5.4.4 参考现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1，规定了钢管桁架预应力混凝土预制底板纵向钢筋伸入支座的锚固长度。胡子筋是制作预制底板时，底板端头保留的预应力钢筋。

5.4.5 预制底板的一端未伸出胡子筋时，在支座处采用间接搭接的端部连接钢筋锚入支座。

5.4.6 设置在预制底板上表面垂直于预应力钢筋的受力钢筋可与钢管桁架的腹杆绑扎，锚入支座的要求需符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的规定。

6 BIM 及信息识别技术应用

6.1 BIM 技术应用

6.1.1~6.1.6 BIM (Building Information Modeling) 即建筑信息模型技术, 具有可视化、协调性、模拟性、优化性、可出图性等特点, 是一种应用于工程设计、建造、管理的数据化工具, 通过对建筑的数据化、信息化模型整合, 在项目策划、设计、运输、安装、施工、运行和维护的全生命周期过程中进行共享和传递, 使工程技术人员对各种建筑信息作出正确理解和高效应对, 为建设、设计、施工、监理、运营等各方建设主体提供协同工作的基础, 在提高生产效率、节约成本和缩短工期方面发挥重要作用。

建筑产业现代化的核心要素是建筑工业化与建筑信息化。钢管桁架预应力钢筋混凝土叠合板作为建筑工业化装配式结构的重要组成部分, 在设计、制作、施工及后期运营维护管理等过程中宜优先采用 BIM 技术。

6.2 信息识别技术应用

6.2.1~6.2.3 RFID 标签即电子标签, 是 RFID 的俗称。RFID 是 radio frequency identification (无线电射频识别) 的缩写。

BDS 是北斗卫星导航系统的简称, 是由我国自主建设、独立运行的卫星导航系统, 能为全球用户提供全天候、全天时、高精度的定位、导航和授时服务。定位技术提倡采用我国自主研发的卫星导航系统。

GPS 是由其他国家研发的卫星导航系统。

GIS 是 geographic information system 或 Geo-information system 的缩写, 又称“地理信息系统”。它是一种特定的十分重要的空间信息系统, 是在计算机硬、软件系统支持下, 对整个或部分地球表层(包括大气层)空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的

技术系统。

应用 BIM 和二维码或 RFID 技术的装配式建筑预制构件管理系统，可进行信息交互，及时、准确了解项目信息中的问题，进一步提高施工管理效率。

信息自动识别技术是通过将信息编码进行定义、代码化，并装载于相关的载体中，借助特殊的设备，实现定义信息的自动采集，并输入信息处理系统从而得出结论的识别；是以计算机技术和通信技术为基础的一门综合性技术，是数据编码、数据采集、数据标识、数据管理、数据传输的标准化手段。二维码和 RFID 标签具有抗污能力强、安全性高、信息容量大、可远距离识别等特点。

基于 BIM 技术的装配式建筑预制构件跟踪管理可以实现对预制构件的精细化管理，提高装配式建筑施工的生产效率，将 BIM、GIS、RFID 等技术应用在预制构件的全生命周期环节中，使装配式建筑数字化、信息化、工业化的建造水平不断提高，助力建筑业的转型升级，实现智能建造的目的。

7 制作与运输

7.1 一般规定

7.1.1 钢管桁架预应力混凝土预制底板生产的场所、设备、设施是保证预应力混凝土构件生产和质量的基础设施，必须满足构件制作的技术质量控制要求；对于需要准确计量的设备、工具，必须按有关规定定期进行计量校准和认证。

7.1.2 完善的质量管理体系和制度是质量管理的前提条件，也是企业质量管理水平的体现。质量管理体系中应建立并保持与质量管理有关的文件形成和控制工作程序，该程序应包括文件的编制、审核、批准、发放、变更和保存等。

7.1.3 技术交底包括制定生产工艺方案、生产计划、操作程序、质量控制措施、成品保护、运输与堆放要求等内容。

7.2 钢管桁架制作及检验

7.2.2 钢管桁架对桁架预制底板和桁架叠合板的性能非常重要，对其原材质量需严格要求。本条依据现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 和现行行业标准《混凝土结构成型钢筋应用技术规程》JGJ366 的有关规定制定。质量证明文件包括产品合格证和出厂检验报告，有时两者可以合并。钢管桁架原材进场检验可扩大检验批容量的条件，可根据现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 和现行行业标准《混凝土结构成型钢筋应用技术规程》JGJ366 的有关规定执行。

7.2.3 根据现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 中受拉钢筋弯钩弯弧尺寸的要求，对腹杆钢筋的弯弧尺寸做出了规定。

7.2.4 试验研究和工程实践表明，因施工阶段传递剪力较大，腹杆钢筋与灌浆钢管之间采用单点焊接时容易脱焊，采用两点焊接时，能够满足内力传递要求。

7.2.5~7.2.7 参考现行国家标准《混凝土结构用成型钢筋制品》GB/T29733和现行行业标准《混凝土结构成型钢筋应用技术规程》JGJ366、《钢筋混凝土用钢筋桁架》YB/T4262有关规定，制定钢管桁架的加工质量检验项目及要求的。

结合目前技术和应用上较为成熟的容栅传感测距技术，增加了数显卷尺用于钢管桁架尺寸检验。使用容栅类数字检测仪器进行检验时，如数显卷尺、数显卡尺和数显塞尺，操作方式与传统设备相同，可以提升检验效率和检验结果的准确性。

7.2.8 机械压力灌注高强水泥砂浆时，应使钢管桁架一端高、一端低，从低的一端开始压力注浆，当浆液从高的一端自然溢出后应静置 10min，然后对两端头进行封堵。待高强砂浆强度达到设计要求后，采用观察法从两端头检查注浆是否饱满，注浆饱满的钢管桁架才能用于预制底板的制作。

7.3 构件制作

7.3.1 先张法预应力构件张拉台座受力较大，为保证安全施工应由设计单位进行专门设计计算。工艺流程为采用固定台模先张法预应力工艺。固定台座一般采用自承载钢管混凝土长线台座，其承载力大，刚度大，变形小，整体稳定性好，可保证钢管桁架预应力混凝土预制底板的成品质量与制作施工安全。

7.3.2 两条侧模应平行，端模上为穿插预应力钢丝开的槽必须满足预应力钢丝保护层和间距的设计要求。

7.3.4 预应力钢筋对构件的质量至关重要，进入生产现场时应检查质量证明文件，并按有关标准的规定进行抽样检验。由于预应力筋过度受热会降低力学性能，因此不得采用电弧或气焊切断。

7.3.8 张拉预应力筋的目的是得到设计要求的预应力，而伸长值校核是为了判断张拉质量是否达到设计规定的要求。如果各项参数都与设计相符，一般情况下最大张拉力下预应力筋伸长值的偏差在 $\pm 5\%$ 范围内是合理的，考虑到实际工程的测量精度及预应力筋材料参数的偏差等因素，适当放松了对伸长值偏差的限值，将其最大偏差放宽到 $\pm 6\%$ 。

7.3.9 预应力筋的张拉顺序应使混凝土不产生超应力、构件不扭转或侧弯，因此，对称张拉是一个

重要原则，对张拉比较敏感的结构构件，若不能对称张拉，也应尽量做到逐步渐进地施加预应力。

预应力工程的重要目的是通过配置的预应力筋建立设计要求的准确的预应力值。然而，当张拉阶段出现预应力筋的断裂，可能意味着，其材料、加工制作、安装及张拉等一系列环节中出现了问题。同时，由于预应力筋断裂或滑脱对结构构件的受力性能影响极大，因此，规定应严格限制其断裂或滑脱的数量。先张法预应力构件中的预应力筋不允许出现断裂或滑脱，若在浇筑混凝土前出现断裂或滑脱，相应的预应力筋应予以更换。本条控制的不仅是张拉质量，同时也是对材料、制作、安装等工序的质量要求。

7.3.10 隐蔽工程检查是保证预制构件结构性能满足要求的关键质量控制重要环节，应对钢筋的数量、规格、位置等进行验收。

7.3.11 混凝土浇筑宜采用机械化数控布料。由于底板较薄，数控布料可有效保证底板厚度。振捣时随时检查，侧模不得有松动漏浆、端模不得有跑位，混凝土振捣过程中不应碰触灌浆钢管桁架；对洒落的混凝土应当及时清理，应按照相关标准要求留置开盘鉴定、标养、张拉、脱模、出厂吊装等试块。

7.3.12 预制底板的养护方式有加热养护、蒸汽养护、自然养护等，可根据不同的条件选择不同的养护方式。养护时宜采用温度自动控制装置，严格落实养护制度，严格控制升降温速度和最高温度，并做好温控记录。加热养护可加速混凝土凝结硬化，缩短脱模时间，加快模具的周转，提高生产效率。

7.3.13 先张法构件的预应力是靠粘结力传递的，过低的混凝土强度相应的粘结强度也较低，造成预应力传递长度增加，因此本条规定了放张时的混凝土最低强度值。放张宜采取缓慢放张工艺进行整体放张。

7.3.14 产品标识可包括工程名称、构件编号、构件重量、制作日期、生产单位、质检员、出厂检验合格章、吊点位置、安装方向、安装顺序等基本信息。

7.4 构件检验

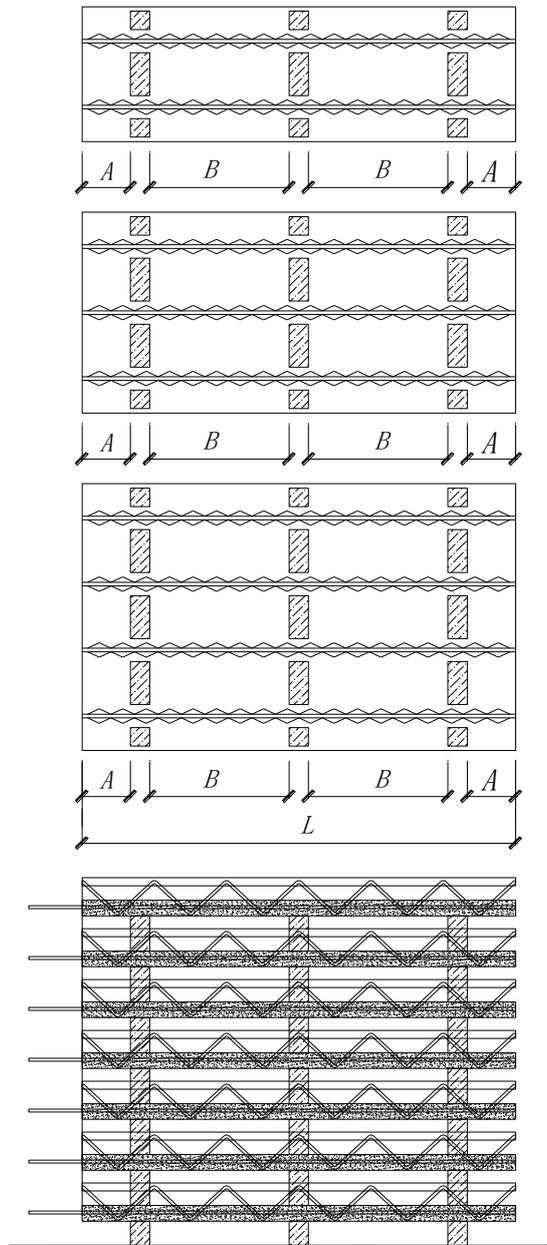
7.4.2 首件检验属于验证性试验，其作用是通过加载试验确定生产的构件合格与否，探讨承载力检验裕量，确定破坏形态，调整和优化生产相关的材料及工艺。

7.4.5 钢管桁架预应力底板的标志跨度 L 指支座中心线之间的距离。

7.5 构件运输与堆放

7.5.1 应采用专用吊具，吊具应具有足够的承载力和刚度，并保证每个吊点均匀受力。

7.5.2 应按照产品品种、规格型号、检验状态分类存放，产品标识应明确、耐久，预埋吊件应朝上，标识应向外。钢管桁架预应力底板多层水平堆放时，构件间垫木应坚实，位置准确。每层构件间的垫块应上下对齐（图7）。堆放层数应根据构件、垫块的承载能力及堆垛的稳定性确定，必要时应设置防倾覆措施。



跨度 L (mm)	垫木到边净距 A (mm)	垫木间净距 B (mm)	跨度 L (mm)	垫木到边净距 A (mm)	垫木间净距 B (mm)
$L \leq 4500$	200	≤ 2000	$6600 < L \leq 7500$	300	≤ 3400
$4500 < L \leq 5400$	200	≤ 2450	$7500 < L \leq 8400$	300	≤ 3850
$5400 < L \leq 6600$	200	≤ 3050	$8400 < L \leq 9000$	300	≤ 4150

图 8 垫木的摆放示意

7.5.3 钢管桁架预应力混凝土预制底板的堆放和运输涉及质量和安全要求，应按设计要求、工程和产品特点制定运输、堆放方案，策划重点控制环节。

8 施工安装

8.1 一般规定

8.1.1 专项施工方案应按规定程序审批，包含施工现场平面布置、钢管桁架叠合板排板布置，场内转运路线、道路条件及吊装方案等；对涉及结构安全和人身安全的内容，应有明确的规定和相应的措施。

8.1.3 钢管桁架预应力混凝土预制底板运输到施工现场后，可根据场地平面布置，分单元合理安排堆放，便于现场吊装施工。构件临时堆放场地可合理布置在吊装机械覆盖范围内，宜从运输车辆上直接吊装，避免二次搬运。预制底板应水平堆放，以避免其产生变形、开裂。

8.2 构件安装

8.2.1 支撑系统应具有足够的强度、刚度和整体稳定性，应能承受结构自重、施工荷载、风荷载、吊装就位产生的冲击荷载等的作用，不得使结构构件产生永久变形。应按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定进行检查与验收。

支撑的设置与施工荷载、后浇混凝土的厚度、板跨度、预制底板厚度、以及预制底板灌浆钢管桁架和预应力钢筋设置等因素有关。钢管桁架预应力混凝土叠合板施工时可分为两种工况：第一种工况，预制底板吊装完成，在预制底板上进行板面钢筋铺设和电气管线安装等作业，可根据施工情况及荷载计算施工免撑的最大间距，在此安全间距内可以进行免撑施工；第二种工况是浇筑混凝土时，在浇筑混凝土之前设置临时支撑，用来承担更大的施工荷载和控制板底平整度。

设置支撑是为了装配式结构构件安装过程中承受施工荷载、保证构件定位准确，控制板底平整度。支撑设计验算可依据这两种工况进行，也可统一按照最不利工况直接计算。

对于超出以上工况的特殊情况，需依据具体情况进行设计验算。

8.2.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板安装采用的临时支撑系统应具有足够的强度、刚度和整体稳

定性，应按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定进行计算、检查与验收。支撑架体标高校核时，应考虑支撑架体自身的变形，支架的轴向压缩变形或侧向挠度应经计算确定。

8.2.4 当底板搁置于砌体墙或预制钢筋混凝土梁上时，安装前应在两端支座上用 10mm 厚 M10 水泥砂浆或不低于砌体砂强度等级的砂浆座浆找平。

8.2.5 吊装施工前，应复核吊装设备和吊具的吊装能力。对焊接类吊具，应进行验算并经验收合格后方可使用。预制构件安装顺序、校准定位及临时固定措施是装配式结构施工的关键工序，应在施工方案中明确规定并遵照执行。吊装作业应符合国家相关规范。

8.2.6 构件正式吊装时，应至少安排两个信号指挥员与起重机械司机沟通。起吊时以下方信号指挥员的发令为准，安装时以上方信号指挥员的发令为准；司索工是指吊装作业中主要从事地面吊具准备、捆绑挂钩、摘钩卸载等工作的工人。司索工的工作质量与整个吊装作业安全关系极大。根据《建筑施工安全检查标准》JGJ 59-2011 规定，起重机作业应设专职信号指挥员和司索工，一人不得同时承担信号指挥和司索作业。

8.3 叠合层施工

8.3.1 对已铺设好的钢筋应进行成品保护，禁止在钢管桁架预应力混凝土预制底板上行走或踩踏，禁止随意扳动、切断灌浆钢管桁架。

8.3.3 叠合层采用泵送混凝土浇筑时，应采取措施避免泵送设备的重量及水平冲击力对安装构件及临时支撑体系造成损害。

8.3.4 冬期施工时，应按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 及现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 等有关冬期施工的要求采取相应措施。

9 质量验收

9.1 一般规定

9.1.1 当装配式混凝土结构工程存在现浇混凝土施工段时，应按现行国家标准《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》GB 55032 及《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定进行其他分项工程和检验批的验收。本标准应按混凝土结构子分部验收，涉及分项工程可明确为模板、钢筋、混凝土、预应力、预制底板、现浇叠合层等分项工程，各分项工程可划分为若干检验批。

9.1.3 在叠合层混凝土浇筑之前进行隐蔽工程验收是为了确保后浇混凝土与预制构件连接构造性能满足设计要求。

9.2 构件进场检验

I 主控项目

9.2.1 质量证明文件应包括：出厂合格证、混凝土强度检验报告、合同要求的其他质量证明文件。应包括预应力施工隐蔽验收记录，如预应力筋数量、品种、规格、张拉应力及实际伸长值过程控制记录等。

9.2.2 钢管桁架预应力混凝土预制底板结构性能检验应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的要求，根据产品检验批抽样。

9.3 叠合板质量验收

I 主控项目

9.3.1 临时固定措施是装配式混凝土结构安装过程中承受施工荷载、保证构件定位、确保施工安全的有效措施。临时支撑是常用的临时固定措施，包括板下的临时竖向支撑、两端支撑构件上设置的临时牛腿等。

9.3.3 装配整体式混凝土结构的后浇混凝土质量控制非常重要，不但要求其于预制构件的结合面紧密结合，还要求其自身浇筑密实，更重要的是要控制混凝土强度指标。当后浇的叠合层和其他现浇结构采用相同强度等级混凝土浇筑时，可采用现浇结构的混凝土试块强度按照现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 相关规定进行评定。