
建筑业 10 项新技术(2010 年版)

安徽天润建工集团有限公司 整理

2016 年 11 月 21 日

目 录

1、地基基础和地下空间工程技术.....	1
1.1 灌注桩后注浆技术.....	1
1.2 长螺旋钻孔压灌桩技术.....	1
1.3 水泥粉煤灰碎石桩（CFG桩）复合地基技术.....	2
1.4 真空预压法加固软土地基技术.....	2
1.5 土工合成材料应用技术.....	3
1.6 复合土钉墙支护技术.....	4
1.7 型钢水泥土复合搅拌桩支护结构技术.....	4
1.8 工具式组合内支撑技术.....	5
1.9 逆作法施工技术	5
1.10 爆破挤淤法技术	6
1.11 高边坡防护技术.....	7
1.12 非开挖埋管技术	8
1.13 大断面矩形地下通道掘进施工技术.....	9
1.14 复杂盾构法施工技术.....	9
1.15 能化气压沉箱施工技术.....	10
1.16 双聚能预裂与光面爆破综合技术.....	11
2.混凝土技术	12
2.1 高耐久性混凝土	12
2.2 高强高性能混凝土.....	13
2.3 自密实混凝土技术.....	14
2.4 轻骨料混凝土	15
2.5 纤维混凝土	16
2.6 混凝土裂缝控制技术.....	17
2.7 超高泵送混凝土技术.....	19
2.8 预制混凝土装配整体式结构施工技术.....	20
3.钢筋及预应力技术	20
3.1 高强钢筋应用技术.....	20
3.2 钢筋焊接网应用技术.....	21
3.3 大直径钢筋直螺纹连接技术.....	21
3.4 无粘接预应力技术.....	22
3.5 有粘接预应力技术.....	23
3.6 索结构预应力施工技术.....	23
3.7 建筑用成型钢筋制品加工与配送.....	24
3.8 钢筋机械锚固技术.....	25
4.模板及脚手架技术	25
4.1 清水混凝土模板技术.....	25
4.2 钢（铝）框胶合板模板技术.....	26
4.3 塑料模板技术	27
4.4 组拼式大模板技术.....	28

4.5 早拆模板施工技术.....	29
4.6 液压爬升模板技术.....	30
4.7 大吨位长行程油缸整体顶升模板技术.....	31
4.8 贮仓筒壁滑模托带仓顶空间钢结构整体安装施工技术.....	32
4.9 插接式钢管脚手架及支撑架技术.....	33
4.10 盘销式钢管脚手架及支撑架技术.....	34
4.11 附着升降脚手架技术.....	35
4.12 电动桥式脚手架技术.....	36
4.13 预制箱梁模板技术.....	37
4.14 挂篮悬臂施工技术.....	38
4.15 隧道模板台车技术.....	39
4.16 移动模架造桥技术.....	41
5. 钢结构技术	41
5.1 深化设计技术	41
5.2 厚钢板焊接技术	42
5.3 大型钢结构滑移安装施工技术.....	43
5.4 钢结构与大型设备计算机控制整体顶升与提升安装施工技术.....	43
5.5 钢与混凝土组合结构技术.....	44
5.6 住宅钢结构技术	44
5.7 高强度钢材应用技术.....	45
5.8 大型复杂膜结构施工技术.....	45
5.9 模块式钢结构框架组装、吊装技术.....	46
6. 机电安装工程技术	46
6.1 管线综合布置技术.....	46
6.2 金属矩形风管薄钢板法兰连接技术.....	47
6.3 变风量空调系统技术.....	48
6.4 非金属复合板风管施工技术.....	49
6.5 大管道闭式循环冲洗技术.....	50
6.6 薄壁金属管道新型连接方式.....	50
6.7 管道工厂化预制技术.....	51
6.8 超高层高压垂吊式电缆敷设技术.....	52
6.9 预分支电缆施工技术.....	55
6.10 电缆穿刺线夹施工技术.....	55
6.11 大型储罐施工技术.....	56
7. 绿色施工技术	58
7.1 基坑施工封闭降水技术.....	58
7.2 施工过程水回收利用技术.....	59
7.3 预拌砂浆技术	60
7.4 外墙体自保温体系施工技术.....	61
7.5 粘贴保温板外保温系统施工技术.....	61
7.6 现浇混凝土外墙外保温施工技术.....	63
7.7 硬泡聚氨酯喷涂保温施工技术.....	64
7.8 工业废渣及（空心）砌块应用技术.....	65
7.9 铝合金窗断桥技术.....	65

7.10 太阳能与建筑一体化应用技术.....	66
7.11 供热计量技术.....	67
7.12 建筑外遮阳技术	67
7.13 植生混凝土	67
7.14 透水混凝土	68
8.防水技术	69
8.1 防水卷材机械固定施工技术.....	69
8.2 地下工程预铺反粘防水技术.....	73
8.3 预备注浆系统施工技术.....	74
8.4 遇水膨胀止水胶施工技术.....	75
8.5 丙烯酸盐灌浆液混凝土裂隙渗漏治理及地基基础防渗施工技术.....	76
8.6 聚乙烯丙纶防水卷材与非固化型防水粘结料复合防水施工技术.....	78
8.7 聚氨酯防水涂料施工技术.....	79
9.抗震、加固与改造技术	81
9.1 消能减震技术	81
9.2 建筑隔震技术	81
9.3 混凝土结构粘贴碳纤维、粘钢和外包钢加固技术.....	82
9.4 钢绞线网片聚合物砂浆加固技术.....	83
9.5 结构无损拆除与整体移位技术.....	83
9.6 无粘结预应力混凝土结构拆除技术.....	84
9.7 深基坑施工监测技术.....	86
9.8 结构安全性监测（控）技术.....	86
9.9 开挖爆破监测技术.....	87
9.10 隧道变形远程自动监测系统.....	87
9.11 一机多天线GPS变形检测技术	88
10.信息化应用技术	89
10.1 虚拟仿真施工技术.....	89
10.2 高精度自动测量控制技术.....	90
10.3 施工现场远程监控管理工程远程验收技术.....	90
10.4 工程量自动计算技术.....	91
10.5 工程项目管理信息化实施集成应用及基础信息规范分类编码技术	92
10.6 建设工程资源计划管理技术.....	93
10.7 项目多方协同管理信息化技术.....	94
10.8 塔式起重机安全监控系统应用技术.....	94

注：第 1、4、6 项“※”下的子项技术，主要适用于房建外的其他土木领域。

1、地基基础和地下空间工程技术

1.1 灌注桩后注浆技术

1. 主要技术内容

灌注桩后注浆是指在灌注桩成桩后一定时间,通过预设桩身内的注浆导管及与之相连的桩端、桩侧处的注浆阀注入水泥浆。注浆目的一是通过桩底和桩侧后注浆加固桩底沉渣(虚土)和桩身泥皮,二是对桩底和桩侧一定范围的土体通过渗入(粗颗粒土)、劈裂(细粒土)和压密(非饱和松散土)注浆起到加固作用,从而增大桩侧阻力和桩端阻力,提高单桩承载力,减少桩基沉降。

在优化注浆工艺参数的前提下,可使单桩承载力提高 40%~120%,粗粒土增幅高于细粒土,桩侧、桩底复式注浆高于桩底注浆;桩基沉降减小 30%左右。可利用预埋于桩身的后注浆钢导管进行桩身完整性超声检测,注浆用钢导管可取代等承载力桩身纵向钢筋。

2. 技术指标

根据地层性状、桩长、承载力增幅和桩的使用功能(抗压、抗拔)等因素,灌注桩后注浆可采用桩底注浆、桩侧注浆、桩侧桩底复式注浆等形式。主要技术指标为:

(1) 浆液水灰比:地下水位以下 0.45~0.65,地下水位以上 0.7~0.9。

(2) 最大注浆压力:软土层 4~8MPa,风化岩 10~16MPa。

(3) 单桩注浆水泥量: $G_c = a_p d + a_s n d$,式中桩端注浆量经验系数 $a_p = 1.5 \sim 1.8$,桩侧注浆量经验系数 $a_s = 0.5 \sim 0.7$, n 为桩侧注浆断面数, d 为桩径(m)。

(4) 注浆流量不宜超过 75L/min。

实际工程中,以上参数应根据土的类别、饱和度及桩的尺寸、承载力增幅等因素适当调整,并通过现场试注浆和试桩试验最终确定。设计施工可依据现行《建筑桩基技术规范》JGJ94 进行。

3. 适用范围

灌注桩后注浆技术适用于除沉管灌注桩外的各类泥浆护壁和干作业的钻、挖、冲孔灌注桩。

4. 已应用的典型工程

北京首都国际机场 T3 航站楼。目前该技术应用于北京、上海、天津、福州、汕头、武汉、宜春、杭州、济南、廊坊、龙海、西宁、西安、德州等地数百项高层、超高层建筑桩基工程中,经济效益显著。

1.2 长螺旋钻孔压灌桩技术

1. 主要技术内容

长螺旋钻孔压灌桩技术是采用长螺旋钻机钻孔至设计标高,利用混凝土泵将混凝土从钻头底压出,边压灌混凝土边提升钻头直至成桩,然后利用专门振动装置将钢筋笼一次插入混凝土桩体,形成钢筋混凝土灌注桩。后插入钢筋笼的工序应在压灌混凝土工序后连续进行。与普通水下灌注桩施工工艺相比,长螺旋钻孔压灌桩施工,由于不需要泥浆护壁,无泥皮,无沉渣,无泥浆污染,施工速度快,造价较低。

2. 技术指标

(1) 混凝土中可掺加粉煤灰或外加剂,每方混凝土的粉煤灰掺量宜为 70~90kg。

(2) 混凝土中粗骨料可采用卵石或碎石,最大粒径不宜大于 30mm。

(3) 混凝土塌落度宜为 180~220mm。

(4) 提钻速度:宜为 1.2~1.5m/min。

(5) 长螺旋钻孔压灌桩的充盈系数宜为 1.0~1.2。

(6) 桩顶混凝土超灌高度不宜小于 0.3~0.5m。

(7) 钢筋笼插入速度宜控制在 1.2~1.5m/min。

3. 适用范围

适用于地下水位较高，易塌孔，且长螺旋钻孔机可以钻进的地层。

4. 已应用典型工程

在北京、天津、唐山等地 10 多项工程中应用，受到建设单位、设计单位和施工单位的欢迎，经济效益显著，具有良好的应用前景。

1.3 水泥粉煤灰碎石桩（CFG 桩）复合地基技术

1. 主要技术内容

水泥粉煤灰碎石桩复合地基是由水泥、粉煤灰、碎石、石屑或砂加水拌合形成的高粘结强度桩（简称 CFG 桩），通过在基底和桩顶之间设置一定厚度的褥垫层以保证桩、土共同承担荷载，使桩、桩间土和褥垫层一起构成复合地基。桩端持力层应选择承载力相对较高的土层。水泥粉煤灰碎石桩复合地基具有承载力提高幅度大，地基变形小、适用范围广等特点。

2. 技术指标

根据工程实际情况，水泥粉煤灰碎石桩可选用水泥粉煤灰碎石桩常用的施工工艺包括长螺旋钻孔、管内泵压混合料成桩、振动沉管灌注成桩及长螺旋钻孔灌注成桩三种施工工艺。主要技术指标为：

(1) 桩径宜取 350~600mm。

(2) 桩端持力层应选择承载力相对较高的地层。

(3) 桩间距宜取 3~5 倍桩径。

(4) 桩身混凝土强度满足设计要求，通常不小于 C15。

(5) 褥垫层宜用中砂、粗砂、碎石或级配砂石等，不宜选用卵石，最大粒径不宜大于 30mm。厚度 150~300mm，夯填度不大于 0.9。

实际工程中，以上参数根据场地岩土工程条件、基础类型、结构类型、地基承载力和变形要求等条件或现场试验确定。

对于市政、公路、高速公路、铁路等地基处理工程，当基础刚度较弱时宜在桩顶增加桩帽或在桩顶采用碎石+土工格栅、碎石+钢板网等方式调整桩土荷载分担比例，提高桩的承载能力。

设计施工可依据现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79 进行。

3. 适用范围

适用于处理黏性土、粉土、砂土和已自重固结的素填土等地基。对淤泥质土应按当地经验或通过现场试验确定其适用性。就基础形式而言，既可用于条形基础、独立基础，又可用于箱形基础、筏形基础。采取适当技术措施后亦可应用于刚度较弱的基础以及柔性基础。

4. 已应用的典型工程

哈大铁路客运专线工程、京沪高铁工程。在北京、天津、河北、山西、陕西、内蒙古、新疆以及山东、河南、安徽、广西等地区多层、高层建筑、工业厂房、铁路地基处理工程中广泛应用，经济效益显著，具有良好的应用前景。

1.4 真空预压法加固软土地基技术

1. 主要技术内容

真空预压法是在需要加固的软黏土地基内设置砂井或塑料排水板，然后在地面铺设砂垫层，其上覆盖不透气的密封膜使软土与大气隔绝，然后通过埋设于砂垫层中的滤水管，用真空装置进行抽气，将膜内空气排出，因而在膜内外产生一个气压差，这部分气压差即变成作用于地基上的荷载。地基随着等向应力的增加而固结。抽真空前，土中的有效应力等于土的自重应力，抽真空

一定时间的土体有效应力为该时土的固结度与真空压力的乘积值。

2. 技术指标

- (1) 密封膜内的真空度应稳定地保持在 80KPa 以上。
- (2) 砂井或塑料排水板深度范围内土层的平均固结度一般应大于 85%。
- (3) 滤水管的周围应填盖 100~200mm 厚的砂层或其他水平透水材料。
- (4) 所需抽真空设备的数量, 以一套设备可抽真空的面积为 1000~1500m² 确定。
- (5) 当地基承载力要求更高时可联合堆载、强夯等综合加固。
- (6) 预压后建筑物使用荷载作用下可能发生的沉降应满足设计要求。

3. 适用范围

适用于软弱黏土地基的加固。在我国广泛存在着海相、湖相及河相沉积的软弱黏土层。这种土的特点是含水量大、压缩性高、强度低、透水性差。该类地基在建筑物荷载作用下会产生相当大的变形或变形差。对于该类地基, 尤其需大面积处理时, 譬如在该类地基上建造码头、机场等, 真空预压法是处理这类软弱黏土地基的较有效方法之一。

4. 已应用的典型工程

日照港料场、黄骅港码头、深圳福田开发区、天津塘沽开发区、深圳宝安大道、广州港南沙港区、越南胡志明市电厂等。

1.5 土工合成材料应用技术

1. 主要技术内容

土工合成材料是一种新型的岩土工程材料, 大致分为土工织物、土工膜、特种土工合成材料和复合型土工合成材料四大类。特种土工合成材料又包括土工垫、土工网、土工格栅、土工格室、土工膜袋和土工泡沫塑料等。复合型土工合成材料则是由上述有关材料复合而成。土工合成材料具有过滤、排水、隔离、加筋、防渗和防护等六大功能及作用。目前国内已经广泛应用于建筑或土木工程的各个领域, 并且已成功地研究、开发出了成套的应用技术, 大致包括:

- (1) 土工织物滤层应用技术。
- (2) 土工合成材料加筋垫层应用技术。
- (3) 土工合成材料加筋挡土墙、陡坡及码头岸壁应用技术。
- (4) 土工织物软体排应用技术。
- (5) 土工织物充填袋应用技术。
- (6) 模袋混凝土应用技术。
- (7) 塑料排水板应用技术。
- (8) 土工膜防渗墙和防渗铺盖应用技术。
- (9) 软式透水管和土工合成材料排水盲沟应用技术。
- (10) 土工织物治理路基和路面病害应用技术。
- (11) 土工合成材料三维网垫边坡防护应用技术等。
- (12) 土工膜密封防漏应用技术(软基加固、垃圾场、水库、液体库等)。

2. 技术指标

符合现行国家标准《土工合成材料应用技术规范》GB50290 及相关标准要求。土工合成材料应用各类工程不仅能很好地解决传统材料和传统工艺难于解决的技术问题, 而且均取得了显著的经济效益, 工程造价大多可降低 15% 以上。

3. 适用范围

土工合成材料应用技术的适用范围十分广泛。可在所有涉及岩土工程领域的各种建筑工程或土木工程中应用。

4. 已应用的典型工程

青藏铁路工程、长江防波堤、重庆加筋岸壁、京沪铁路客运专线。

1.6 复合土钉墙支护技术

1. 主要技术内容

复合土钉墙是将土钉墙与一种或几种单项支护技术或截水技术有机组合成的复合支护体系，它的构成要素主要有土钉、预应力锚杆、截水帷幕、微型桩、挂网喷射混凝土面层、原位土体等。

复合土钉墙直呼具有轻型，机动灵活，适用范围广，支护能力强，可作超前支护，并兼备支护、截水等效果。在实际工程中，组成复合土钉墙的各项技术可根据工程需要进行灵活的有机结合，形式多样，复合土钉墙是一项技术先进、施工简便、经济合理、综合性能突出的基坑支护技术。

2. 技术指标

(1) 复合土钉墙中的预应力锚杆指：锚索、锚杆机锚管等。

(2) 复合土钉墙中的止水帷幕形成方法有：水泥土搅拌法、高压喷射注浆法、灌浆法、地下连续墙法、微型桩法、钻孔咬合桩法、冲孔水泥土咬合桩法等。

(3) 复合土钉墙中的微型桩是一种广义上的概念，构件或做法如下：

①直径不大于 400mm 的混凝土灌注桩，受力筋可为钢筋笼或型钢、钢管等。

②作为超前支护构件直接打入土中的角钢、工字钢、H 形钢等各种型钢、钢管、木桩等。

③直径不大于 400mm 的预制钢筋混凝土圆桩，边长不大于 400mm 的预制方桩。

④在止水帷幕中插入型钢或钢管等劲性材料等。

(3) 土钉墙、水泥土搅拌桩、预应力锚杆、微型桩等按《建筑基坑支护技术规程》JGJ120、《基坑土钉支护技术规程》CECS96 等现行技术标准设计施工。

3. 适用范围

(1) 开挖深度不超过 15m 的各种基坑。

(2) 淤泥质土、人工填土、砂性土、粉土、黏性土等土层。

(3) 多个工程领域的基坑及边坡工程。

4. 已应用的典型工程

北京奥运媒体村、深圳的长城盛世家园二期(深 14.2~21.7m)、赛格群星广场基坑(深 13m)、捷美中心(深 16.0m)、广州地铁新港站(深 9~14.1m)、上海西门广场、华敏世纪广场等一批深 8~10m 处于厚层软土中的基坑等。

1.7 型钢水泥土复合搅拌桩支护结构技术

1. 主要技术内容

型钢水泥土复合搅拌桩支护结构同时具有抵抗侧向土水压力和阻止地下水渗漏的功能。其主要技术内容是：通过特制的多轴深层搅拌机自上而下将施工场地原位土体切碎，同时从搅拌头处将水泥浆等固化剂注入土体并与土体搅拌均匀，通过连续的重叠搭接施工，形成水泥土地下连续墙；在水泥土硬凝之前，将型钢插入墙中，形成型钢与水泥土的复合墙体。

该技术的特点是：施工时对邻近土体扰动较少，故不至于对周围建筑物、市政设施造成危害；可做到墙体全长无缝施工、墙体水泥土渗透系数 k 可达 10^{-7} cm/s，因而具有可靠的止水性；成墙厚度可低至 550mm，故围护结构占地和施工占地大大减少；废土外运量少，施工时无振动、无噪声、无泥浆污染；工程造价较常用的钻孔灌注排桩的方法约节省 20%~30%。

2. 技术指标

(1) 型钢水泥土搅拌墙的计算与验算应包括内力和变形计算、整体稳定性验算、抗倾覆稳定性验算、坑底抗隆起稳定性验算、抗渗流稳定性验算和坑外土体变形估算。

(2) 型钢水泥土搅拌墙中三轴水泥土搅拌桩的直径宜采用 650mm、850mm、1000mm；内插的型钢宜采用 H 型钢。

(3) 水泥土复合搅拌桩 28d 无侧限抗压强度标准值不宜小于 0.5MPa。

(4) 搅拌桩的入土深度宜比型钢的插入深度深 0.5~1.0m。

(5) 搅拌桩体与内插型钢的垂直度偏差不应大于 1/200。

(6) 当搅拌桩达到设计强度，且龄期不小于 28d 后方可进行基坑开挖。

主要参照标准有：《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T199 及《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 等。

3. 适用范围

该技术主要用于深基坑支护，可在粘性土、粉土、砂砾土使用，目前国内主要在软土地区有成功应用。

4. 已应用的典型工程

上海静安寺下沉式广场、国际会议中心、地铁陆家嘴车站、地铁 2 号线龙东路延伸段、上海梅山大厦、天津地铁二、三号线工程、天津站交通枢纽工程。

1.8 工具式组合内支撑技术

1. 主要技术内容

工具式组合内支撑技术是在混凝土内支撑技术的基础上发展起来的一种内支撑结构体系，主要利用组合式钢结构构件截面灵活可变、加工方便、适用性广的特点，可在各种地质情况和复杂周边环境使用。该技术具有施工速度快、支撑形式多样、计算理论成熟、可拆卸重复利用、节省投资等优点。

2. 技术指标

(1) 标准组合件跨度 8m, 9m, 12m 等。

(2) 竖向构件高度 3m, 4m, 5m 等。

(3) 受压杆件的长细比不应大于 150，受拉杆件的长细比不应大于 200。

(4) 构件内力监测数量不少于构件总数量 15%。

3. 适用范围

适用于周围建筑物密集，相邻建筑物基础埋深较大，施工场地狭小，岩土工程条件复杂或软弱地基等类型的深大基坑。

4. 已应用典型工程

北京国贸中心、广东工商行业务大楼、广东荔湾广场、广东金汇大厦。

1.9 逆作法施工技术

1. 主要技术内容

(1) 施工原理：逆作法是建筑基坑支护的一种施工技术，它通过合理利用建（构）筑物地下结构自身的抗力，达到支护基坑的目的。逆作法是将地下结构的外墙作为基坑支护的挡墙（地下连续墙）、将结构的梁板作为挡墙的水平支撑、将结构的框架柱作为挡墙支撑立柱的自上而下作业的基坑支护施工方法。根据基坑支撑方式，逆作法可分为全逆作法、半逆作法和部分逆作法三种。逆作法设计施工的关键是节点问题，即墙与梁板的连接，柱与梁板的连接，它关系到结构体系能否协调工作，建筑功能能否实现。

(2) 技术特点：节地、节材、环保、施工效率高，施工总工期短。

2. 技术指标

(1) 逆作法施工技术总体上应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB5007、《地

建筑工程逆作法技术规程》JGJ165 的相关规定。

(2) 竖向立柱的沉降，应满足主体结构的受力和变形要求。

3. 适用范围

适用于建筑群密集，相邻建筑物较近，地下水位较高，地下室埋深大和施工场地狭小的高(多)层地上、地下建筑工程，如地铁站、地下车库、地下厂房、地下贮库、地下变电站等。

4. 已应用的典型工程

上海环球金融中心裙房工程、上海世博地下变电站、北京百货大楼新楼、北京地铁天安门东站、广州国际银行中心等。

※ ※ ※ ※ ※

1.10 爆破挤淤法技术

1. 主要技术内容

爆破挤淤处理软土地基实质上是地基处理的置换法，即通过爆炸作用将填料沉入淤泥并将淤泥挤出，使地基达到设计承载力和满足地基在一定时间内的沉降要求的施工工艺，其主要技术为：在堆石体前沿淤泥中的适当位置埋置药包群，爆后堆石体前沿向淤泥底部坍塌，形成一定范围和厚度的“石舌”，所形成的边坡形状呈梯形。当继续填石时，由于“石舌”上部的淤泥在爆炸瞬间产生的强大冲击力的作用下，产生超孔隙水压力，冲击作用使土的结构发生破坏，扰乱了正常的排水通道，土体的渗透性变差，超孔隙水压力难以消散，土体的强度降低，承载能力在短时间内丧失，因此抛石可以很容易地挤开这层淤泥并与下层“石舌”相连，形成完整的抛填体，如图 1.10 所示。采用爆炸和抛填循环作业，就可用石方置换掉抛填方向前方一定范围内一定数量的淤泥，达到软基处理的目的。

2. 技术指标

(1) 线药量 q_L 计算

$$q_L = q_0 L_H H_{mw}$$

$$H_{mw} = H_m + \gamma_w H_w / \gamma_m$$

式中： q ——线药量 (kg/m)，即单位布药长度上分布的药量；
 q_0 ——单耗 (kg/m³)，即爆除单位体积淤泥所需药量，一般为 (0.6~1.0) kg/m³；
 L_H ——爆破挤淤填石一次推进水平距离 (m)；
 H_{mw} ——计入覆盖水深的折算淤泥厚度 (m)；
 H_m ——置换淤泥厚度 (m)；
 γ_w ——水重度 (kN/m³)；
 γ_m ——淤泥重度 (kN/m³)；
 H_w ——覆盖水深，即泥面以上的水深。

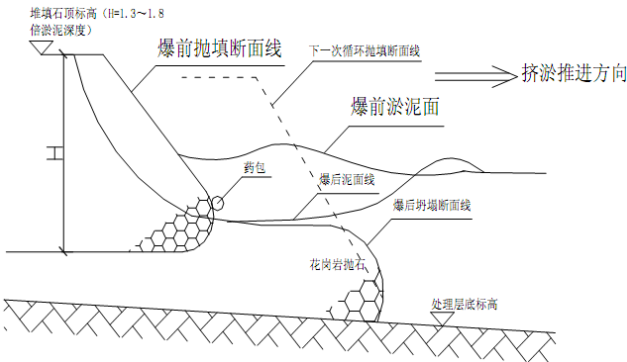


图 1.10 爆破挤淤布药与爆前、爆后断面示意图

(2) 一次爆破挤淤填石药量 Q_1 计算

$$Q_1 = q_1 L_L$$

式中: Q_1 ——一次爆破挤淤填石药量 (kg);

L_L ——爆破挤淤填石一次的布药线长度 (m)。

(3) 单孔药量 q_1 计算

$$q_1 = Q_1 / m$$

式中: q_1 ——单孔药量 (kg);

M ——一次布药孔数。

(4) 爆破挤淤的药包埋深计算

$$h_u = 0.45 H_{mw}$$

式中: h_u ——药包埋深 (m), 指药包中心在水面以下深度。

(5) 石料应使用不易风化石料, 粒径应大于 30cm。

(6) 堆填石料范围: 一次处理淤泥宽度沿线; 高度为 1.3~1.8 倍淤泥深度。

(7) 爆破安全震动速度及水中冲击波安全距离可参照《爆破安全规程》GB6722 之规定进行。

3. 适用范围

爆破挤淤重在“挤”, 必须地处开阔地带, 保证在爆炸后抛填体的重力作用下淤泥可以被挤出待处理地基范围, 并且不会对环境造成污染和破坏。主要适用于港口工程的防波堤、护岸、码头等基础处理, 公路铁路房建等地处海滩、河滩等开阔地带的地基处理。爆破挤淤法处理软土地基适宜深度为 3~25m。

4. 已应用的典型工程

海军 16642 工程防波堤、连云港西大堤、大连港东区围堤、浙江嵊泗中心渔港防波堤、珠海电厂陆域围堤、广东汕头华能电厂、深港西部通道等。

1.11 高边坡防护技术

1. 主要技术内容

(1) 对于自然高边坡: 通过在坡体内施工预应力锚索、系统锚杆(土钉)或注浆加固对边坡进行处治。系统预应力锚索为主动受力, 单根锚索设计锚固力可高达 3000KN, 是高边坡深层加固防护的主要措施。系统锚杆(土钉)对边坡防护的机理相当于螺栓的作用, 是一种对边坡进行中浅层加固的手段。根据滑动面的埋深确定边坡不稳定块体大小及所需锚固力, 一般多用预应力锚(索)杆有针对性的进行加固防护。为防治边坡表面风化、冲蚀或弱化, 主要采取植物防护、砌体封闭防护、喷射(网喷)混凝土等作为坡面防护措施。

(2) 对于堆积体高边坡: 对集体高边坡的加固主要采取浅表加固、混凝土贴坡挡墙加预应力锚索固脚、浅表排水和深层排水降压的加固处理等技术。浅表加固采用中空注浆土锚管加拱形骨架梁混凝土对边坡浅层滑移变形进行加固处理; 边坡开挖切脚采用混凝土贴坡挡墙加预应力锚索进行加固; 在边坡治理采用浅表排水和深层排水降压相结合进行处置地表水和地下水的排放等。

2. 技术指标

(1) 对于自然边坡: 根据边坡高度、岩体性状、构造及地下水的分布, 判断潜在滑移面的位置。选择适宜的计算方法确定所需的锚固力并给出整体安全系数。采用加固防护措施提高边坡的稳定性。主要技术指标为:

1) 锚索锚固力: 500~3000KN。

2) 锚杆锚固力: 100~500KN。

3) 喷射混凝土: 强度不低于 C20。

4) 锚(索)杆固定方式: 可采用机械固定、灌浆(胶结材料)固定、扩张基底固定方式, 根据粘结强度确定锚固力设计值。

在实际工程中, 要结合边坡坡度、高度、水文地质条件、边坡危害程度合理选择防护措施, 提高地层软弱结构面、潜在滑移面的抗剪强度, 改善地层的其它力学性能, 并加固危岩, 将结构与地层形成共同工作的体系, 提高边坡稳定性。

(2) 对于堆积体高边坡:

1) 土锚管注浆: 土锚管灌注 M20 的水泥净浆, 水灰比 0.8:1, 注浆压力 0.3MPa 以内。

2) 在拱形骨架梁主梁、中空注浆土锚管相间布置, 间距 1.0m, 坡面按 1.4m×1.4m 交错布置。

3) 坡面出现塌滑的区域, 坡面按 1.0m×1.0m 交错布置, 在拱形骨架梁主梁布置位置, 按 1.0m 间距相间布置中空注浆土锚管。

4) 对已开挖的坡面全部进行拱形骨架梁混凝土护坡支护。

5) 预应力锚索锚固力: 500~3000KN。

6) 浅表排水花管直径为 50~100mm。

7) 在堆积体岩体内部设置永久深层排水降压平洞。

3. 适用范围

(1) 高度大于 30m 的岩质高陡边坡、高度大于 15m 的土质边坡、水电站侧岸高边坡、船闸、特大桥桥墩下岩石陡壁、隧道进出口仰坡等。

(2) 适用于 50~300m 堆积体高边坡加固。

4. 已应用的典型工程

三峡永久船闸高边坡、李家峡水电站侧岸边坡、小浪底水利枢纽高边坡、宜昌下涝溪特大桥桥墩下岩石陡壁锚固、大连港矿石码头高边坡、京福国道、京珠高速、小湾水电站、溪洛渡水电站等。

1.12 非开挖埋管技术

1. 主要技术内容

(1) 顶管法: 直接在松软土层或富水松软地层中敷设中、小型管道的一种施工方法。施工时无须挖槽, 可避免为疏干和固结土体而采用降低地下水位等辅助措施, 从而大大加快施工进度。短距离、小管径类地下管线工程施工, 广泛采用顶管法。近几十年, 中继接力顶进技术的出现使顶管法已发展成为可长距离顶进的施工方法。顶管法施工包括的主要设备有: 顶进设备、顶管机头、中继环、工程管及吸泥设备; 设计的主要内容是顶力计算; 施工技术主要包括顶管工作坑的开挖、穿墙管及穿墙技术、顶进与纠偏技术、陀螺仪激光导向技术、局部气压与冲泥技术及触变泥浆减阻技术。

(2) 定向钻进穿越: 根据图纸所给的入土点和出土点设计出穿越曲线, 然后按照穿越曲线利用穿越钻机先钻出导向孔、再进行扩孔处理, 之后利用泥浆的护壁及润滑作用将已预制试压合格的管段进行回拖, 完成管线的敷设施工。其主要技术包括:

1) 根据套管允许的曲率半径、工作场地及岩土工程条件, 确定定向钻进的顶角、方位角、工具面向角、空间坐标, 设计出定向钻进的轨迹草图。

2) 导向孔钻进是采用射流辅助钻进方式, 通过定向钻头的高压泥浆射流冲蚀破碎旋转切削成孔的, 以斜面钻头来控制钻孔方向。通过钻机调整钻进参数, 来控制钻头按设计轨迹钻进。

3) 将导向孔孔径扩大至所铺设的管径以上, 减少敷设管线时的阻力。

4) 用分动器将要敷设的管线与回扩头进行连接, 在钻杆旋转回拉牵引下, 将管线回拖入已

成型的轨迹孔洞。

2. 技术指标

(1) 顶管法的技术指标应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268、《顶进施工法用钢筋混凝土排水管》JC/T640 的规定。

(2) 定向钻进穿越技术中，控制点的位置确定、钻机拖拉力的计算和钻机的选择按规范《油气输送管道穿越工程施工规范》GB50424 的要求执行。

3. 适用范围

(1) 顶管法适用于直接在松软土层或富水松软地层中敷设中、小型管道。

(2) 定向钻进穿越法适合的地层条件为岩石、砂土、粉土、黏性土。对仅在出土点或入土点侧含有卵砾石等不适和定向钻施工的地层条件时，在采取得当措施后也可进行定向钻进穿越施工。

4. 已应用的典型工程

浙江镇海穿越甬江的顶管工程、上海穿越黄浦江的顶管工程、西气东输穿越黄河顶管工程等。

1.13 大断面矩形地下通道掘进施工技术

1. 主要技术内容

大断面矩形地下通道掘进施工技术是利用矩形隧道掘进机在前方掘进，而后将分节预制好的混凝土结构在土层中顶进、拼装形成地下通道结构的非开挖法施工技术。

矩形隧道掘进机在顶进过程中，通过调节后顶主油缸的推进速度或调节螺旋输送机的转速，以控制搅拌舱的压力，使之与掘进机所处地层的土压力保持平衡，保证掘进机的顺利顶进，并实现上覆土体的低扰动；在刀盘不断转动下，开挖面切削下来的泥土进入搅拌舱，被搅拌成软塑状态的扰动土；对不能软化的天然土，则通过加入水、粘土或其他物质使其塑化，搅拌成具有一定塑性和流动性的混合土，由螺旋输送机排出搅拌舱，再由专用输送设备排出；隧道掘进机掘进至规定行程，缩回主推油缸，将分节预制好的混凝土管节吊入并拼装，然后继续顶进，直至形成整个地下通道结构。

大断面矩形地下通道掘进施工技术施工机械化程度高，掘进速度快，矩形断面利用率高，非开挖施工地下通道结构对地面运营设施影响小，能满足多种截面尺寸的地下通道施工需求。

2. 技术指标

地下通道最大宽度 6.9m；地下通道最大高度 4.3m。

3. 适用范围

能适应 N 值在 10 以下的各类黏性土、砂性土、粉质土及流砂地层；具有较好的防水性能，最大覆土层深度为 15m；通过隧道掘进机的截面模数组合，可满足多种截面大小的地下通道施工需求。

4. 已应用的典型工程

上海轨道交通 6 号线浦电路车站、8 号线中山北路车站、4 号线南浦大桥车站等。

1.14 复杂盾构法施工技术

1. 主要技术内容

复杂盾构法施工技术为复杂地层、复杂地面条件下的盾构法施工技术，或大断面（洞径大于 10m）、异型断面形式（非单圆形）的盾构法施工技术。

“盾”是指保持开挖面稳定性的刀盘和压力舱、支护围岩的盾型钢壳，“构”是指构成隧道衬砌的管片和壁后注浆体。由于盾构施工技术对环境影响很小而被广泛的采用，得到了迅速的发展。盾构机主要是用来开挖土砂围岩的隧道机械，由切口环、支撑环及盾尾三部分组成。就断面

形状可分为单圆形、双圆形及异型盾构。所谓盾构施工技术，是指使用盾构机，一边控制开挖面及围岩不发生坍塌失稳，一边进行隧道掘进、出渣，并在盾构机内拼装管片形成衬砌、实施壁后注浆，从而在不扰动围岩的基础上修筑地下工程的方法。

选择盾构型式时，除考虑施工区段的围岩条件、地面情况、断面尺寸、隧道长度、随到线路、工期等各种条件外，还应考虑开挖和衬砌等施工问题，必须选择能够安全而且经济地进行施工的盾构型式。根据盾构头部的结构，可将其大致分为闭胸式和敞开式。闭胸式盾构与可分为土压平衡式盾构和泥水加压式盾构；敞开式盾构又可分为全面敞开式和部分敞开式盾构。

2. 技术指标

(1) 承受荷载

设计盾构时需要考虑的荷载如：垂直和水平土压力、水压力、自重、上覆荷载的影响、变向荷载、开挖面前方土压力及其他荷载。

(2) 盾构外径

所谓盾构外径，是指盾壳的外径，不考虑超挖刀头、摩擦旋转式刀盘、固定翼、壁后注浆用配管等突出部分。

(3) 盾构长度

盾构本体长度指壳板长度的最大值，而盾构机长度则指盾构的前端到尾端的长度。盾构总长系指盾构前端至后端长度的最大值。

(4) 刀盘扭矩

刀盘扭矩可进行简便计算：

$$T = a \cdot D_3$$

式中：T——装备扭矩（KN·m）；

D——盾构外径（m）；

a——扭矩系数（土压平衡式盾构 $a=8\sim3$ ；泥水加压式盾构 $a=9\sim5$ ）。

(5) 总推力

盾构的推进阻力组成包括：盾构四周外表面和土之间的摩擦力或粘结阻力（F1）；推进时，口环刃口前端产生的贯入阻力（F2）；开挖面前方阻力（F3）；变向阻力（曲线施工、蛇形修正、变向用稳定翼、挡板阻力等）（F4）；盾尾内的管片和壳板之间的摩擦力（F5）；后方台车的牵引阻力（F6）。以上各种推进阻力的总和（ ΣF ），须对各种影响因素仔细考虑，要留出必要的富余量。

3. 适用范围

适用于各类土层或松软岩层中隧道的施工。

4. 已应用的典型工程

2006年北京地铁10号线在穿越三元桥临楼地段，盾构双线调至净距1.70m；2010年北京地铁9号线军一东区间盾构机在湖泊下砾岩层中掘进；2003年上海率先采用双圆形盾构机施工M8线地铁区间；上海外滩观光隧道实现了城市复杂地层近距离叠交隧道施工。

1.15 能化气压沉箱施工技术

1. 主要技术内容

智能化气压沉箱施工技术是指在沉箱下部设置一个气密性高的钢筋混凝土结构工作室，并向工作室注入压力与刃口处地下水压力相等的压缩空气，使在无水的环境下进行无人化远程遥控挖土排土，箱体在本身自重以及上部荷载的作用下沉到指定深度后，在沉箱结构面底部浇筑混凝土底板，形成地下沉箱结构的新型施工技术。

智能化气压沉箱在施工中，利用气体压力平衡箱体外水压力，沉箱底土体在无水状态下进行

无人化远程遥控开挖,通过远程监视系统,沉箱在下沉过程中可以直接辨别并较方便地处理地下障碍物,同时避免了坑底隆起和流砂管涌现象。相比常规的沉井施工方法,智能化气压沉箱施工方法由于气压反力的作用,箱体容易纠偏和控制下沉速度,可以防止突沉、超沉,且周边地层沉降小,对环境的影响小;相比地下连续墙施工方法,可显著减少围护结构的插入深度,具有可观的经济性。

2. 技术指标

(1) 无排气环保螺旋机出土速度: $16\text{m}^3/\text{h}$ 。

(2) 远程遥控自动挖掘机,铲斗容量 $0.15\sim 0.2\text{m}^3$,并配有专门的远程监视系统。

(3) 减摩泥浆:钠基膨润土、纯碱、CMC,密度 $1.05\sim 1.08\text{g}/\text{cm}^3$,黏度 $30\sim 40\text{S}$ 。

(4) 配有专门的人员生命保障系统(包括医疗舱、减压舱等),工作室在有人状态下氧气含量保持 $19\%\sim 23\%$,气压小于 0.4MPa ,人员在高压常压环境之间转换有专门操作规程并有各种故障的应急预案,防止减压病的发生。

3. 适用范围

智能化气压沉箱施工技术可适用于软土、黏土、砂性土和碎(卵)石类土及软硬岩等各种地质条件,适合在城市建筑密集区,周边环境复杂,地表沉降要求高,对周边建筑保护力度大的区域进行深基坑建设,以及旧城改造区域障碍物较多时采用,并可以向大深度、大面积的方向发展,满足城市地下空间的开发需求。目前开挖深度可达 40m 。

4. 已应用典型工程

智能化气压沉箱施工技术在上海市轨道交通 7 号线工程 12A 标(浦江南浦站~浦江耀华站)区间中间风井工程得到应用。风井结构为全埋地下四层结构,平面尺寸为 $25.24\text{m}\times 15.6\text{m}$,深度约 29m ,地下一层设外挂风道。沉箱施工过程中采用无人化智能化新技术和新设备使整个挖土、出土流程实现了无人化遥控施工,有效地控制周围地基的沉降,保护了周边建筑物的安全,而且坑底无隆起和流砂管涌,工程质量良好。

1.16 双聚能预裂与光面爆破综合技术

1. 主要技术内容

双聚能预裂与光面爆破综合技术是将聚能爆破应用于预裂爆破和光面爆破的最新爆破技术。该项新技术能最大限度提高药柱爆炸的成缝能量,比普通预裂与光面爆破扩大孔距 $2\sim 3$ 倍,同时也减小了对保留岩体的爆破危害并提高了保留岩体的稳定性和安全度,提高了半孔残留率,爆后没有爆破再生裂隙。该项新技术不仅节能环保还可以降低施工成本 50% 以上。

2. 技术指标

(1) 采用双聚能预裂与光面爆破综合技术施工宜使用双聚能预裂与光面爆破专用装置。可按《双聚能预裂与光面爆破综合技术施工工法》(国家一级工法)施工。

(2) 采用“双聚能预裂与光面爆破综合技术”可以达到以下技术指标:

- 1) 根据爆破岩石的力学特性和岩石的结构构造预裂或者光面爆破孔距可以增大 $2\sim 3$ 倍。
- 2) 保留岩体的建基面以下 40cm 范围内,爆后波速最大衰减只有 4% ,远低于国家规范要求。
- 3) 半孔残留率远高于国家规范要求并且爆后残留半孔没有爆破再生裂隙。
- 4) 施工成本降低 50% 以上。
- 5) 节省能源消耗 $50\sim 60\%$ 、造孔矽尘大量减少有利于环境保护。

3. 适用范围

适用于水利水电、矿山、交通、房屋建筑、风电、核电等建筑行业各种岩性岩石的轮廓控制爆破设计与施工。

4. 已应用的典型工程

在水利水电行业应用广泛,并且取得良好经济效益和社会效益。

2. 混凝土技术

2.1 高耐久性混凝土

高耐久性混凝土是通过原材料的质量控制和生产工艺的优化,并采用优质矿物微细粉和高效减水剂作为必要组分来生产的具有良好施工性能,满足结构所要求的各项力学性能,耐久性非常优良的混凝土。

1. 主要技术内容

(1) 原材料和配合比的要求

1) 水胶比 (W/B) ≤ 0.38 。

2) 水泥必须采用符合现行国家标准规定的水泥,如硅酸盐水泥,普硅硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥,不得选用立窑水泥。

3) 粗骨料的压碎指标值 $\leq 10\%$, $D_{\max} \leq 25\text{mm}$, 采用 15~25mm 和 5~15mm 二级配合, 饱和吸水率 $< 2.0\%$, 且无碱活性。

4) 采用优质矿物微细粉和高效减水剂是高耐久性混凝土的特点。矿物微细粉宜采用硅粉、粉煤灰、磨细矿渣及天然沸石粉等,所用的矿物微细粉应符合国家有关标准,且宜达到优品级。矿物微细粉等量取代水泥的最大量一般为,硅粉 $\leq 10\%$, 粉煤灰 $\leq 30\%$, 矿渣 $\leq 50\%$, 天然沸石粉 $\leq 10\%$, 复合微细粉 $\leq 50\%$ 。

5) 配合比设计强度应符合以下公式:

$$f_{cu,o} > f_{cu,k} + 1.645\sigma$$

式中: $f_{cu,o}$ ——混凝土配置强度 (MPa);

$f_{cu,k}$ ——混凝土强度标准值 (MPa);

σ ——强度标准差,无统计数据时,商品混凝土可取 5.5~6.5MPa。

(2) 耐久性设计的要求

1) 处于常规环境的混凝土结构,满足所处的环境条件下服役年限提出的要求。

如抗碳化耐久性要求

$$W/B \leq \left(\frac{5.83C}{a \times \sqrt{t}} + 38.3 \right) \%$$

式中: W/B——水胶比;

C——钢筋保护层厚度 (cm);

a——碳化区分系数,室内 1.7, 室外 1.0;

t——结构设计使用年限。

2) 对于处于严酷环境的混凝土结构的耐久性,应根据工程所处环境条件,应按《混凝土结构耐久性设计规范》GB50467 进行耐久性设计,考虑的环境劣化因素有:

① 抗冻害耐久性要求: a) 根据不同冻害地区确定最大水胶比; b) 不同冻害地区的耐久性指数 k; c) 受除冰盐冻融循环作用时,应满足单位剥蚀量的要求; d) 处于有冻害环境的,必须掺入引气剂,引气量应达到 4%~5%。

② 抗盐害的耐久性要求: a) 根据不同盐害环境确定最大水胶比; b) 抗 Cl^- 的渗透性、扩散性,应以 56d 龄期, 6h 总导电量 (库仑) 确定,一般情况下,氯离子渗透性应属非常低范围 (≤ 800 库仑); c) 混凝土表面裂缝宽度符合规范要求。

③ 抗硫酸盐腐蚀的耐久性要求: a) 用于硫酸盐侵蚀较为严重的环境,水泥中的 $\text{C}_3\text{A} < 5\%$; $\text{C}_3\text{S} < 50\%$; b) 根据不同硫酸盐腐蚀环境,确定最大水胶比; c) 胶砂试件的膨胀率 $< 0.34\%$ 。

④抑制碱—骨料反应有害膨胀的要求：a) 混凝土中碱含量 $<3.0\text{ kg/m}^3$ ；b) 在含碱环境下，要采用非碱活性骨料。

2. 技术指标

(1) 工作性

坍落度 $\geq 200\text{mm}$ ；扩展度 $\geq 550\text{mm}$ ；倒筒时间 $\leq 15\text{s}$ ；无离析泌水现象；黏聚性良好；2h 坍落度损失小于 30%，具有良好的充填模板和钢筋通过性能。

(2) 力学性能

抗压强度等级 $\geq \text{C40}$ ；体积稳定高，收缩小，弹性模量与同强度等级的普通混凝土基本相同。

(3) 耐久性

按主要技术内容中的耐久性技术指标控制，结合工程情况也可参照《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T193 中提出的指标进行控制；耐久性试验方法可采用《普通混凝土长期性能和耐久性性能试验方法标准》GB/T50082 规定的方法，主要有：

盐冻试验方法；

抗氯离子渗透性试验方法；

抗硫酸盐腐蚀试验方法；

碱含量计算方法；

骨料碱活性检验方法；

骨料碱——碳酸盐反应活性检验方法；

矿物微细粉抑制碱——硅反应效果检验方法。

也可参考中国工程建设标准化协会标准《高性能混凝土应用技术规程》CECS207。

3. 适用范围

高性能高耐久性混凝土适用于各种混凝土结构工程，如港口、海港、码头、桥梁及高层、超高层混凝土结构。

4. 已应用的典型工程

杭州湾大桥、山东东营黄河公路大桥、武汉武昌火车站、广州珠江新城西塔工程、湖南洞庭湖大桥等。

2.2 高强高性能混凝土

本节高强高性能混凝土（简称 HS-HPC）是强度等级超过 C80 的 HPC，其特点是具有更高的强度和耐久性，用于超高层建筑底层柱和梁，与普通混凝土结构具有相同的配筋率，可以显著地缩小结构断面，增大使用面积和空间，并达到更高的耐久性。

1. 主要技术内容

HS-HPC 的水胶比 $\leq 28\%$ ，用水量 $\geq 200\text{kg/m}^3$ ，胶凝材料用量 $650\sim 700\text{kg/m}^3$ ，其中水泥用量 $450\sim 500\text{kg/m}^3$ ，硅粉及矿物微细粉用量 $150\sim 200\text{kg/m}^3$ ，粗骨料用量 $900\sim 950\text{kg/m}^3$ ，细骨料用量 $750\sim 800\text{kg/m}^3$ ，采用聚羧酸高效减水剂或氨基磺酸高效减水剂。HS-HPC 用于钢筋混凝土结构还需要掺入体积含量 2.0~2.5% 的纤维，如聚丙烯纤维、钢纤维等。

2. 技术指标

(1) 工作性：新拌 HS-HPC 混凝土的工作性直接影响该混凝土的施工性能。其最主要的特点是粘度大，流动性慢，不利于超高泵送施工。

混凝土拌合物的技术指标主要是坍落度、扩展度和倒坍落度筒混凝土流下时间（简称倒筒时间），坍落度 $\geq 240\text{mm}$ ，扩展度 $\geq 600\text{mm}$ ，倒筒时间 $\leq 10\text{s}$ ，同时不得有离析泌水现象。

(2) HS-HPC 的配比设计强度应符合以下公式：

$$f_{cu,0} = 1.15 f_{cu,k}$$

(3) HS-HPC 应具有更高的耐久性, 因其内部结构密实, 孔结构更加合理。

HS-HPC 的抗冻性、碳化等方面的耐久性可以免检, 如按照《高性能混凝土应用技术规程》CECS207 标准检验, 导电量应在 500 库仑以下; 为满足抗硫酸盐腐蚀性应选择低 C3A 含量($<5\%$)的水泥; 如存在潜在碱骨料反应的情况下, 应选择非碱活性骨料。

(4) HS-HPC 自收缩及其控制

1) 自收缩与对策

当 HS-HPC 浇筑成型并处于密闭条件下, 到初凝之后, 由于水泥继续水化, 吸取毛细管中的水分, 使毛细管失水, 产生毛细管张力, 如果此张力大于该时的混凝土抗拉强度, 混凝土将发生开裂, 称之自收缩开裂。水灰比越低, 自收缩会越严重。

一般可以控制粗细骨料的总量不要过低, 胶凝材料的总量不要过高; 通过掺加钢纤维可以补偿其韧性损失, 但在侵蚀环境中, 钢纤维不适用; 需要掺入有机纤维, 如聚丙烯纤维或其他纤维; 采用外掺 5% 饱水超细沸石粉的方法, 以及充分地养护等技术措施可以有效的控制 HS-HPC 的自收缩和自收缩开裂。

2) 自收缩的测定方法

参照《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082 和中国工程建设标准化协会标准《高性能混凝土应用技术规程》CECS207 进行。

HS-HPC 的早期开裂、自收缩开裂及长期开裂的总宽度要低于 0.2mm。普通混凝土的应变达到 3‰时, 其承载能力仍保持一半以上。若 HS-HPC 的应变也处于 3‰时, 实际承载力已近于 0, 这就意味着在这种情况下, 在 HS-HPC 中只观察到裂缝形成, 然后是迅速的破坏。

3. 适用范围

适用于对混凝土强度要求较高的结构工程。

4. 已应用的典型工程

国内广州珠江新城西塔项目工程已大量应用 HS-HPC, 国外超高层建筑及大跨度桥梁也大量应用了 HS-HPC。

2.3 自密实混凝土技术

1. 主要技术内容

自密实混凝土(Self-Compacting Concrete, 简称 SCC), 指混凝土拌合物不需要振捣仅依靠自重即能充满模板、包裹钢筋并能够保持不离析和均匀性, 达到充分密实和获得最佳的性能的混凝土, 属于高性能混凝土的一种。自密实混凝土技术主要包括自密实混凝土流动性、填充性、保塑性控制技术; 自密实混凝土配合比设计; 自密实混凝土早期收缩控制技术。

(1) 自密实混凝土流动性、填充性、保塑性控制技术

自密实混凝土拌合物应具有良好流动性、填充性和保水性。通过骨料的级配控制以及高效减水剂来实现混凝土的高流动性、高填充性。其测试方法主要有 U 型槽法、L 型槽法、倒坍落度筒法等。自密实混凝土工作性的控制技术是一个关键。

(2) 配合比设计

自密实混凝土配合比设计与普通混凝土不同, 有全算法、固定砂石法等。配合比设计时, 应注意以下几点:

1) 单位体积用水量宜为 155~180kg。

2) 水胶比根据粉体的种类和掺量有所不同, 按体积比宜取 0.8~1.15。

3) 根据单位体积用水量和水胶比计算得到单位体积粉体量。单位体积粉体量宜为 0.16~0.23。

4) 自密实混凝土单位体积浆体量宜为 0.32~0.40。

(3) 自密实混凝土早期收缩

由于自密实混凝土水胶比较低、胶凝材料用量较高,使得混凝土早期的收缩较大,尤其是早期的自收缩。主要包括自收缩的收缩机理、计算公式及检测技术等方面。

2. 技术指标

(1) 原材料的技术要求

1) 胶凝材料

水泥选用较稳定的普通硅酸盐水泥;掺合料是自密实混凝土不可缺少的组成部分之一,一般常用的有粉煤灰、磨细矿渣、硅粉、矿粉等。胶凝材料总量不少于 $500\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2) 细骨料

砂的含泥量和杂质,会使水泥浆与骨料的粘结力下降,需要增加用水量和增加水泥用量,所以砂必须符合规范技术。砂率在 45% 以上,最高可到 50%。

3) 粗骨料

粗骨料的粒径一般以小于 20mm 为宜,尽可能选用圆形且不含或少含针、片状颗粒的骨料。

4) 外加剂

自密实混凝土具备的高流动性、抗离析性、间隙通过性和填充性这四个方面都需要以外加剂的手段来实现。因此对外加剂的主要要求为:与水泥的相容性好;减水率大;缓凝、保塑。

(2) 工作性技术指标

坍落度: $S_{1f} \geq 250\text{mm}$;

坍落扩展度: $L_{sf} \geq 700\text{mm}$;

填充性: $\Delta G \leq 5\text{mm}$;

抗离析性: $\Delta h \leq 7\%$;

流动性: $L_f \geq 700\text{mm}$;

黏聚性: 两 h 内满足以上各项指标要求。

3. 适用范围

自密实混凝土适用于浇筑量大,浇筑深度、高度大的工程结构;配筋密实、结构复杂、薄壁、钢管混凝土等施工空间受限制的工程结构;工程进度紧、环境噪声受限制、或普通混凝土不能实现的工程结构。

4. 已应用的典型工程

北京恒基中心过街通道工程、江苏润扬长江大桥、广州珠江新城西塔、苏通大桥承台。

2.4 轻骨料混凝土

1. 主要技术内容

轻骨料混凝土 (Lightweight aggregate concrete) 是指采用轻骨料的混凝土,其表观密度不大于 $1900\text{kg}/\text{m}^3$ 。所谓轻骨料是为了减轻混凝土的质量以及提高热工效果为目的而采用的骨料,其表观密度要比普通骨料低。人造轻骨料又称为陶粒。

轻骨料混凝土具有轻质、高强、保温和耐火等特点,并且变形性能良好,弹性模量较低,在一般情况下收缩和徐变也较大。

轻骨料混凝土应用于工业与民用建筑及其他工程,可减轻结构自重、节约材料用量、提高构件运输和吊装效率、减少地基荷载及改善建筑物功能等。

轻骨料混凝土按其在建筑工程中的用途不同,分为保温轻骨料混凝土、结构保温轻骨料混凝土和结构轻骨料混凝土。此外,轻骨料混凝土还可以用作耐热混凝土,代替窑炉内衬。

2. 技术指标

(1) 轻骨料 (陶粒) 性能:

粗骨料的级配和最大粒径:粉煤灰陶粒最大粒径为 20mm;天然轻骨料为 40mm;其他陶粒为

30mm；不同用途的轻骨料混凝土对骨料级配的要求如表 2. 4。

不同用途的轻骨料的级配							表 2. 4
用途	筛孔尺寸/mm						最大粒径
	5	10	15	20	25	30	
保温及结构保温用	不小于 90		0~70		—	不大于 10	不宜大于 30
结构用	不小于 90	30~70	—	不大于 10	—	—	不宜大于 20

注：1. 不允许含有超过最大粒径 2 倍的颗粒；2. 采用自然级配时，其空隙率不大于 50%。

(2) 制备技术

匀质性控制技术是制备泵送轻骨料混凝土的关键，通过控制最大粗骨料粒径，提高水泥浆体黏度，大掺量粉煤灰可有效提高轻骨料混凝土的均质性，可配制出性能优良的大流态轻骨料混凝土。

(3) 泵送技术

轻骨料混凝土易分层离析，坍落度损失快以及轻骨料在压力作用下会吸收混凝土中的水分而导致堵泵等问题。因此，1) 优选轻骨料是配制良好可泵性轻骨料混凝土的重要环节，2) 在满足强度要求的前提下，大量掺入粉煤灰，以增大胶凝材料用量，增加混凝土拌合物的黏聚性，改善混凝土拌合物流动性和保水性，并能一定程度上防止轻骨料上浮；3) 选择合适的混凝土外加剂；4) 混凝土搅拌前，宜将骨料浸湿。

3. 适用范围

轻骨料混凝土利用其保温、减轻结构自重等特点，适用于桥梁、高层建筑、大跨度结构等工程。

4. 已应用的典型工程

武汉天河机场新航站楼、武汉世茂锦绣长江 2 号楼、济南邮电大厦实验楼。

2.5 纤维混凝土

纤维混凝土是指掺加短钢纤维或合成纤维作为增强材料的混凝土，钢纤维的掺入能显著提高混凝土的抗拉强度、抗弯强度、抗疲劳特性及耐久性；合成纤维的掺入可提高混凝土的韧性，特别是可以阻断混凝土内部毛细管通道，因而减少混凝土暴露面的水分蒸发，大大减少混凝土塑性裂缝和干缩裂缝。

1. 主要技术内容

(1) 原材料

1) 水泥：钢纤维混凝土应采用普通硅酸盐水泥和硅酸盐水泥；合成纤维混凝土优先采用普通硅酸盐水泥和硅酸盐水泥，根据工程需要，选择其他品种水泥；

2) 骨料：钢纤维混凝土不得使用海砂，粗骨料最大粒径不宜大于钢纤维长度的 2/3；喷射钢纤维混凝土的骨料最大粒径不宜大于 10mm；

3) 纤维：纤维的长度、长径比、表面性状、截面性能和力学性能等应符合国家有关标准的规定，并根据工程特点和制备混凝土的性能选择不同的纤维。

(2) 配合比

纤维混凝土的配合比设计应注意以下几点：

1) 钢纤维混凝土中的纤维体积率不宜小于 0.35%，当采用抗拉强度不低于 1000MPa 的高强异形钢纤维时，钢纤维体积率不宜小于 0.25%；各类工程钢纤维混凝土的钢纤维体积率选择范围应参照国家与有关标准。控制混凝土早期收缩裂缝的合成纤维体积率宜为 0.06%~0.12%。

2) 纤维混凝土的最大胶凝材料用量不宜超过 550kg/m³；喷射钢纤维混凝土的胶凝材料用量不宜小于 380kg/m³。

(3) 混凝土制备

纤维混凝土的搅拌应采用强制式搅拌机；宜先将纤维与水泥、矿物掺合料和粗细骨料投入搅拌机干拌 60s~90s，而后再加水 and 外加剂搅拌 120~180s，纤维体积率较高或强度等级不低于 C50 的纤维混凝土宜取搅拌时间范围上限。当混凝土中钢纤维体积率超过 1.5% 或合成纤维体积率超过 0.2% 时，宜延长搅拌时间。

2. 主要技术指标

(1) 纤维要选择合适的掺量，合成纤维会使混凝土强度降低，在同时满足抗裂性能和力学性能的前提下确定掺量，一般积率不超过 0.12%。

(2) 钢纤维或合成纤维掺量过多时，都会使坍落度损失增加，选择合适的掺量和调整配合比，使纤维的掺入对混凝土工作性不产生负面的影响；

(3) 纤维混凝土的轴心抗压强度、受压和受拉弹性模量、剪变模量、泊松比、线膨胀系数以及合成纤维轴心抗拉强度标准值和设计值可按《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定采用。纤维体积率大于 0.15% 的合成纤维混凝土的上述指标应经试验确定。

3. 适用范围

适用于对抗裂、抗渗、抗冲击和耐磨有较高要求的工程。

4. 已应用的典型工程

常州大酒店地下车库工程、湖北巴东长江大桥桥面、广州白云国际机场、江苏宜兴水利大坝混凝土等。

2.6 混凝土裂缝控制技术

混凝土裂缝控制与结构设计、材料选择、施工工艺等多个环节相关，其中选择抗裂性较好的混凝土是控制裂缝的重要途径。本技术主要是从混凝土材料角度出发，通过原材料选择、配比设计、试验比选等选择抗裂性较好的混凝土，并提及施工中需采取的一些技术措施等。

1. 主要技术内容

(1) 原材料要求

1) 水泥必须采用符合现行国家标准规定的普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥，水泥比表面积宜小于 $350\text{m}^2/\text{kg}$ ；水泥碱含量应小于 0.6%。水泥中不得掺加窑灰。水泥的进场温度不宜高于 60°C ；不应使用温度大于 60°C 的水泥拌制混凝土。

2) 应采用二级或多级级配粗骨料，粗骨料的堆积密度宜大于 $1500\text{kg}/\text{m}^3$ ，紧密密度的空隙率宜小于 40%。骨料不宜直接露天堆放、暴晒，宜分级堆放，堆场上方宜设罩棚。高温季节，骨料使用温度不宜大于 28°C 。

3) 应采用聚羧酸系高性能减水剂，并根据不同季节、不同施工工艺分别选用标准型、缓凝型或防冻型产品。高性能减水剂引入混凝土中的碱含量（以 $\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$ 计）应小于 $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ ；引入混凝土中的氯离子含量应小于 $0.02\text{kg}/\text{m}^3$ ；引入混凝土中的硫酸盐含量（以 Na_2SO_4 计）应小于 $0.2\text{kg}/\text{m}^3$ 。

4) 采用的粉煤灰矿物掺合料，应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB1596 的规定。粉煤灰的级别不应低于 II 级，且粉煤灰的需水量比应不大于 100%，烧失量应小于 5%。严禁采用 C 类粉煤灰和 II 级以下级别的粉煤灰。

5) 采用的矿渣粉矿物掺合料，应符合《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T18046 的规定。矿渣粉的比表面积应小于 $450\text{m}^2/\text{kg}$ ，流动性比应大于 95%，28d 活性指数不宜小于 95%。

(2) 配合比要求

1) 混凝土配合比应根据原材料品质、混凝土强度等级、混凝土耐久性以及施工工艺对工作性的要求，通过计算、试配、调整等步骤选定。

2) 混凝土最小胶凝材料用量不应低于 $300\text{kg}/\text{m}^3$ ，其中最低水泥用量不应低于 $220\text{kg}/\text{m}^3$ 配制

防水混凝土时最低水泥用量不宜低于 $260\text{kg}/\text{m}^3$ 。混凝土最大水胶比不应大于 0.45。

3) 单独采用粉煤灰作为掺合料时, 硅酸盐水泥混凝土中粉煤灰掺量不应超过胶凝材料总量的 35%, 普通硅酸盐水泥混凝土中粉煤灰掺量不应超过胶凝材料总量的 30%。预应力混凝土中粉煤灰掺量不得超过胶凝材料总量的 25%。

4) 才能能够矿渣粉作为掺合料时, 应采用矿渣粉和粉煤灰复合技术。混凝土中掺合料总量不应超过胶凝材料总量的 50%, 矿渣粉掺量不得大于掺合料总量的 50%。

5) 配制的混凝土除满足抗压强度、抗渗等级等常规设计指标外, 还应考虑满足抗裂性指标要求。有条件时, 使用温度——应力试验机进行抗裂混凝土配合比的优选。

(3) 施工要求

1) 大体积混凝土施工前, 宜对施工阶段混凝土浇筑体的温度、温度应力及收缩应力进行计算, 确定施工阶段混凝土浇筑体的温升峰值, 里表温差及降温速率的控制指标, 制定相应的温控的技术措施。

一般情况下, 温控指标宜不大于下列数值:

混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值为 40°C ; 混凝土浇筑体的里表温差 (不含混凝土收缩的当量温度) 为 25°C ; 混凝土浇筑体的降温速率为 $2.0^{\circ}\text{C}/\text{d}$; 混凝土浇筑体表面与大气温差为 20°C 。

2) 超大体积混凝土施工, 应按设计要求留置变形缝, 当设计无规定时, 宜采用下列方法:

后浇带施工: 后浇带的设置和施工应符合现行国家有关规范的规定; 跳仓法施工: 底板分段长度不宜大于 40m, 侧墙和顶板分段长度不宜大于 16m。跳仓间隔施工的时间不宜小于 7d, 跳仓接缝处按施工缝的要求设置和处理。

3) 在高温季节浇筑混凝土时, 混凝土入模温度应小于 30°C , 应避免模板和新浇筑的混凝土直接受阳光照射。混凝土入模前模板和钢筋的温度以及附近的局部气温均不应超过 40°C 。混凝土成型后应及时覆盖, 并应尽可能避开炎热的白天浇筑混凝土。

4) 在相对湿度较小、风速较大的环境下浇筑混凝土时, 应采取适当挡风措施, 防止混凝土失水过快, 此时应避免浇筑有较大暴露面积的构建。雨期施工时, 必须有防雨措施。

5) 混凝土养护期间应注意采取保温措施, 防止混凝土表面温度受环境因素影响 (如暴晒、气温骤降等) 而发生剧烈变化。养护期间混凝土浇筑体的里表温度不宜超过 25°C 、混凝土浇筑体表面与大气温差不宜超过 20°C 。大体积混凝土施工前应制定严格的养护方案, 控制混凝土内外温差满足设计要求。

6) 混凝土的拆模时间需考虑拆模时的混凝土强度外, 还应考虑到拆模时的混凝土温度不能过高, 以免混凝土接触空气时降温过快而开裂, 更不能在此时浇凉水养护。混凝土内部开始降温以前以及混凝土内部温度最高时不得拆模。

一般情况下, 结构或构件混凝土的里表温差大于 25°C 、混凝土表面与大气温差大于 20°C 时不宜拆模。大风或气温急剧变化时不宜拆模。在炎热和大风干燥季节, 应采取逐段拆模、边拆边盖的拆模工艺。

2. 技术指标

工作性、强度、耐久性等满足设计要求, 抗裂性与所使用的试验方法有很大关系, 主要有以下方法:

(1) 圆环抗裂试验

见《混凝土结构耐久性设计与施工指南》CCES01 附录 A1。

(2) 平板法

见《混凝土结构耐久性设计与施工指南》CCES01 附录 A2。

(3) 平板诱导试验

见《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082 规定的方法 9: 早期抗裂试

验。

3. 适用范围

适用于各种混凝土结构工程，如工业与民用建筑、隧道、码头、桥梁及高层、超高层混凝土结构等。

4. 已应用的典型工程

北京地铁、天津地铁、中央电视台新办公楼、红沿河核电站安全壳、润扬长江大桥等。

2.7 超高泵送混凝土技术

超高泵送混凝土技术一般是指泵送高度超过 200m 的现代混凝土泵送技术，近年来，随着经济和社会发展，泵送高度超过 300m 的建筑工程越来越多，因而超高泵送混凝土技术已成为超高层建筑施工中的关键技术之一。超高泵送混凝土技术是一项综合技术，包含混凝土制备技术、泵送参数计算、泵送机械选定与调试、泵管布设和过程控制等内容。

1. 主要技术内容

混凝土制备与性能要求

(1) 原材料的选择

应选择 C2S 含量高的水泥，对于提高混凝土的流动性和减少塌落度损失有显著的效果；粗骨料宜选用连续级配，应控制针片状含量，而且要考虑最大粒径与泵送管径之比；细骨料选用中砂，细砂会使混凝土变得干涩，而粗砂容易使混凝土离析；采用性能优良的矿物掺合料，如矿粉、硅粉和一级粉煤灰等，可使混凝土获得良好的工作性；外加剂应优先选用减水率高、保塑时间长的聚羧酸型泵送剂，泵送剂应与水泥和掺合料有良好的相容性。

(2) 混凝土的制备

通过优化设计和工艺措施，使制备的混凝土具有较好的和易性，流动性高，虽黏度较小，但无离析泌水现象，因而有较小的流动阻力，易于泵送。

(3) 泵送设备的选择和泵管的布设

泵送设备的选定应参照《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T10 中规定的技术条件来进行，首先要进行泵送参数的验算，包括混凝土输送泵的型号和泵送能力，水平管压力损失、垂直管压力损失、特殊管的压力损失和泵送效率等。

(4) 泵送施工的过程控制

混凝土的性能是能否顺利泵送的第一关，应对到场的混凝土进行塌落度、扩展度和含气量的检测，如出现不正常情况，及时采取应对措施；泵送过程中，要实时检查泵车的压力变化、泵管有无漏水、漏浆情况，连接件的状况等，发现问题及时处理。

2. 技术指标

(1) 混凝土拌合物的工作性良好，无离析泌水，塌落度一般在 180~200mm，泵送高度超过 300m 的，塌落度宜 >240mm，扩展度 >600mm，倒锥法混凝土下落时间 <15s。

(2) 硬化混凝土物理力学性能符合设计要求。

(3) 混凝土的输送排量、输送压力和泵管的布设要依据准确的计算，并制定详细的实施方案，并进行模拟高程泵送试验。

3. 适用范围

超高泵送混凝土适用于泵送高度大于 200m 的各种超高层建筑。

4. 已应用的典型工程

上海金茂大厦，泵送高度 382.5m，一次泵送 174m³；北京中国国际贸易中心三期 A 阶段工程，一次泵送高度 330m；上海环球金融中心，C60 混凝土泵送高度 289.55m，C50 混凝土泵送高度为 344.3m，C40 混凝土泵送高度为 492m；广州珠江新城西塔工程，C80 混凝土泵送高度为 410m，C90 混凝土泵送高度为 167m。

2.8 预制混凝土装配整体式结构施工技术

1. 主要技术内容

预制混凝土装配整体式结构施工，指采用工业化生产方式，将工厂生产的主体构配件（梁、板、柱、墙以及楼梯、阳台等）运到现场，使用起重机械将构配件吊装到设计指定的位置，再用预留插筋孔压力注浆、键槽后浇混凝土或后浇叠合层混凝土等方式将构配件及节点连成整体的施工方法。具有建造速度快、质量易于控制、节省材料、降低工程造价、构件外观质量好、耐久性好以及减少现场湿作业，低碳环保等诸多优点。尤其预应力叠合梁、叠合板组成的楼盖结构，更具有承载力大、整体性好、抗裂度高、减少构件截面、减轻结构自重和节省钢筋等特点，完全符合“四节一环保”的绿色施工标准。其主要结构形式有：预制预应力混凝土装配整体式框架结构；预制预应力混凝土装配整体式剪力墙结构；预制预应力混凝土叠合梁、板、楼盖结构；预制钢筋混凝土框架结构；预制钢筋混凝土剪力墙结构等。

2. 技术指标

安装施工及质量验收应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《钢筋混凝土装配整体式框架节点与连接设计规程》CECS43、《预制预应力混凝土装配整体式框架技术规程》JGJ224、《预制预应力混凝土装配整体式框架结构梁柱节点键槽式施工工法》（国家一级工法）的相关规定。

3. 适用范围

各种结构类型的适用范围按照相应的标准、规程执行，其中：预制预应力混凝土装配整体式框架结构主要应用于抗震设防烈度 7 度及以下地区一般工业与民用建筑；预制预应力混凝土叠合板可用于抗震设防烈度不超过 8 度的一般工业与民用建筑楼盖和屋盖。

4. 已应用的典型工程

南京审计学院国际学术交流中心、南京金盛国际家居广场、苏州万科金域缇香住宅小区、哈尔滨香坊区洛克小镇小高层住宅等。

3. 钢筋及预应力技术

3.1 高强钢筋应用技术

1. 主要技术内容

高强钢筋是指现行国家标准《中的规定的屈服强度为 400MPa 和 500MPa 级的普通热轧带肋钢筋（HRB）和细晶粒热轧带肋钢筋（HRBF）。普通热轧钢筋（HRB）多采用 V、Nb 或 Ti 等微合金化工艺进行生产，其工艺成熟、产品质量稳定，钢筋综合性能好。细晶粒热轧钢筋（HRBF）通过控轧和控冷工艺获得超细组织，从而在不增加合金含量的基础上提高钢材的性能，细晶粒热轧钢筋焊接工艺要求高于普通热轧钢筋，应用中应予以注意。经过多年的技术研究、产品开发和市场推广，目前 400MPa 级钢筋已得到一定应用，500MPa 级钢筋开始应用。

高强钢筋应用技术主要有设计应用技术、钢筋代换技术、钢筋加工及连接锚固技术等。

2. 技术指标

400MPa 和 500MPa 级钢筋的技术指标应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2 的规定，设计及施工应用指标应符合《混凝土结构设计规范》GB50010、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《混凝土结构工程施工规范》（新编）及其他相关标准。钢筋直径为 6~50mm，400MPa 级钢筋的屈服强度标准值为 400N/mm²，抗拉强度标准值为 540N/mm²，抗压强度设计值为 360N/mm²；500MPa 级钢筋的屈服强度标准值为 500N/mm²，抗拉强度标准值为 630N/mm²，抗压强度设计值为 435N/mm²；对有抗震设防要求的结构，建议采用带后缀的

“E”的抗震钢筋。

3. 适用范围

400MPa 和 500MPa 级钢筋可应用于非抗震的和抗震设防地区的民用与工业建筑和一般构筑物,可用作钢筋混凝土结构构件的纵向受力钢筋和预应力混凝土构件的非预应力钢筋以及用作箍筋和构造钢筋等,相应结构梁板墙的混凝土强度等级不宜低于 C25,柱不宜低于 C30。

4. 已应用的典型工程

400MPa 级钢筋在国内高层建筑、大型公共建筑、工业厂房、水电工程、桥梁工程以及构筑物等得到大量应用。比较典型的工程有:长江三峡水利枢纽工程、北京奥运工程、上海世博工程、苏通长江公路大桥等。500MPa 级钢筋用于河南郑州华林都是家园、河北建设服务中心。京津城际铁路无渣轨道板等多项工程。

3.2 钢筋焊接网应用技术

1. 主要技术内容

钢筋焊接网是一种在工厂用专门的焊机焊接成型的网状钢筋制品。纵、横向钢筋分别以一定间距相互垂直排列,全部交叉点均用电阻点焊,采用多头点焊机用计算机自动控制生产,焊接前后钢筋的力学性能几乎没有变化。

目前主要采用 CRB550 级冷轧带肋钢筋和 HRB400 级热轧钢筋制作焊接网,焊接网工程应用较多、技术成熟。主要包括钢筋调直切断技术、钢筋网制作配送技术、布网设计与施工安装技术等。

采用焊接网可显著提高钢筋工程质量,大量降低现场钢筋安装工时,缩短工期,适当节省钢材,具有较好的综合经济效益,特别适用于大面积混凝土工程。

2. 技术指标

钢筋焊接网技术指标应符合《钢筋混凝土用钢筋焊接网》GB/T1499.3 和《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ114 的规定。冷轧带肋钢筋的直径宜采用 5~12mm,强度标准值为 550N/mm²;热轧钢筋的直径宜为 6~16mm,屈服强度标准值为 400N/mm²。焊接网制作方向的钢筋间距宜为 100、150、200mm,与制作方向垂直的钢筋间距宜为 100~400mm,焊接网的最大长度不宜超过 12m,最大宽度不宜超过 3.3m。焊点抗剪力不应小于试件受拉钢筋规定屈服力值的 0.3 倍。

3. 适用范围

冷轧带肋钢筋焊接网广泛适用于现浇钢筋混凝土结构和预制构件的配筋,特别适用于房屋的楼板、屋面板、地坪、墙体、梁柱箍筋笼以及桥梁的桥面铺装和桥墩防裂网。高速铁路中的双块式轨枕配筋、轨道板底座及箱梁顶面铺装层配筋。此外可用于隧洞衬砌、输水管道、海港码头、桩等的配筋。

HRB400 级钢筋焊接网由于钢筋延性较好,除用于一般钢筋混凝土板类结构外,更适合于抗震设防要求较高的构件(如潜力强底部加强区)配筋。

4. 已应用的典型工程

国内应用焊接网的各类工程数量较多,应用较多地区为珠江三角洲、长江下游(含上海)和京津等地。如北京百荣世贸商城、深圳市市民中心工程等。

3.3 大直径钢筋直螺纹连接技术

1. 主要技术内容

钢筋直螺纹连接技术是指在热轧带肋钢筋的端部制做出直螺纹,利用带内螺纹的连接套筒对接钢筋,达到传递钢筋拉力和压力的一种钢筋机械连接技术。目前主要采用滚轧直螺纹连接和镦粗直螺纹连接方式。技术的主要内容是钢筋端部的螺纹制作技术、钢筋连接套筒生产控制技术、钢筋接头现场安装技术。

2. 技术指标

钢筋连接工程中，机械连接接头的性能应符合《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ107 的规定，其中接头试件的抗拉强度应符合该标准中表 3.0.5 的规定：

接头的抗拉强度表 3.0.5

接头等级	I 级	II 级	III 级
抗拉强度	$f_{mst}^0 \geq f_{stk}$ 断于钢筋 或 $f_{mst}^0 \geq 1.10 f_{stk}$ 断于接头	$f_{mst}^0 \geq f_{stk}$	$f_{mst}^0 \geq 1.25 f_{yk}$

注： f_{mst}^0 ——接头试件实际抗拉强度

f_{stk} ——接头试件中钢筋抗拉强度实测值

f_{yk} ——钢筋抗拉强度标准值

接头试件的变形性能应符合该标准中表 3.0.7 的规定。

3. 适用范围

钢筋直螺纹机械连接技术可广泛应用于 HRB335、HRB400 和 500MPa 级钢筋的连接，用于抗震和非抗震设防的各类土木工程结构物、构筑物。不同等级的钢筋接头的应用于结构的不同部位，接头的应用应符合《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ107 的规定。

4. 已应用的典型工程

苏通长江大桥、杭州湾跨海大桥、北京地铁、上海地铁、首都博物馆新馆、国家游泳中心、国家体育馆、国家大剧院、首都机场 T3 航站楼等工程。

3.4 无粘接预应力技术

1. 主要技术内容

无粘结预应力筋由单根钢绞线涂抹建筑油脂外包塑料套管组成，它可象普通钢筋一样配置于混凝土结构内，待混凝土硬化达到一定强度后，通过张拉预应力筋并采用专用锚具将张拉力永久锚固在结构中。其技术内容主要包括材料及设计技术、预应力筋安装及单根钢绞线张拉锚固技术、锚头保护技术等，详细内容请见《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ92。

2. 技术指标

无粘结预应力技术用于混凝土楼盖结构可用较小的结构高度跨越大跨度，对平板结构适用跨度为 7~12m，高跨比为 1/40~1/50；对密肋楼盖或扁梁楼盖适用跨度为 8~18m，高跨比为 1/20~1/28。在高层或超高层楼盖建筑中采用该技术可在保证净空的条件下显著降低层高，从而降低总建筑高度，节省材料和造价；在多层大面积楼盖中采用该技术可提高结构性能、简化梁板施工工艺、加快施工速度、降低建筑造价。

施工工艺：

安装梁或楼板模板→放线→下部非预应力钢筋铺放、绑扎→铺放暗管、预埋件→安装无粘结筋张拉端模板(包括打眼、钉焊预埋承压板、螺旋筋、穴模及各部位马凳筋等)→铺放无粘结筋→修补破损的护套→上部非预应力钢筋铺放、绑扎→自检无粘结筋的矢高、位置及端部状况→隐蔽工程检查验收→浇灌混凝土→混凝土养护→松动穴模、拆除侧模→张拉准备→混凝土强度试验→张拉无粘结筋→切除超长的无粘结筋→安放封端罩、端部封闭。

3. 适用范围

该技术可用于多、高层房屋建筑的楼盖结构、基础底板、地下室墙板等，以抵抗大跨度或超长度混凝土结构在荷载、温度或收缩等效应下产生的裂缝，提高结构、构件的性能，降低造价。也可用于筒仓、水池等承受拉应力的特种工程结构。

4. 已应用的典型工程

首都国际机场、北京百荣世贸商城、上海浦东国际机场、广东花都机场等多座航站楼，国家

体育场、浙江黄龙体育中心等各类建筑和特种工程。

3.5 有粘接预应力技术

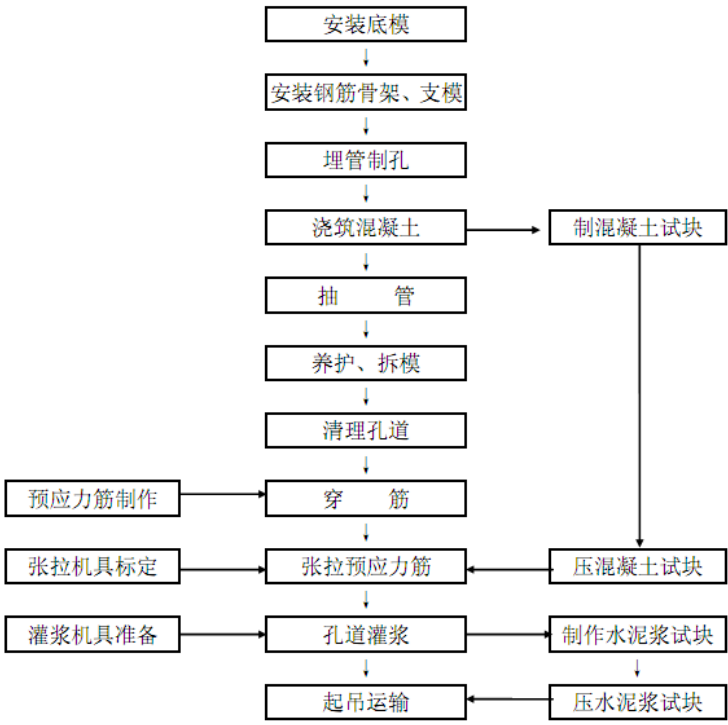
1. 主要技术内容

有粘结预应力技术采用在结构或构件中预留孔道,待混凝土硬化达到一定强度后,穿入预应力筋,通过张拉预应力筋并采用专用锚具将张拉力锚固在结构中,然后在孔道中灌入水泥浆。其技术内容主要包括材料及设计技术、成孔技术、穿束技术、大吨位张拉锚固技术、锚头保护及灌浆技术等。

2. 技术指标

扁管有粘结预应力技术用于平板混凝土楼盖结构,适用跨度为 8~15m,高跨比为 1/40~1/50;圆管有粘结预应力技术用于单向或双向框架梁结构,适用跨度为 12~40m,高跨比为 1/18~1/25。在高层楼盖建筑中采用扁管技术可在保证净空的条件下显著降低层高,从而降低总建筑高度,节省材料和造价;在多层、大面积框架结构中采用有粘结技术可提高结构性能、节省钢筋和混凝土材料,降低建筑造价。

施工工艺:



注：对于块体拼装构件，还应增加块体验收、拼装、立缝灌浆和连接板焊接等工序。

3. 适用范围

该技术可用于多、高层房屋建筑的楼板、转换层和框架结构等,以抵抗大跨度或重荷载在混凝土结构中产生的效应,提高结构、构件的性能,降低造价。该技术可用于电视塔、核电站安全壳、水泥仓等特种工程结构。该技术还广泛用于各类大跨度混凝土桥梁结构。

4. 已应用的典型工程

首都国际机场 T3 航站楼,上海虹桥交通枢纽;唐山会展、深圳会展等大量会展建筑楼盖;秦山、田湾、岭澳二期核电站安全壳。

3.6 索结构预应力施工技术

1. 主要技术内容

以索作为主要结构受力构件而形成的结构称为索结构,索结构可分为索桁架、索网、索穹顶、张弦梁、悬吊索和斜拉索等,索结构一般通过张拉或下压建立预应力。其主要技术包括拉索材料及制作技术、拉索节点及锚固技术、拉索安装及张拉技术、拉索防护及维护技术等。

2. 技术指标

拉索采用高强度材料制作,作为主要受力构件,其索体性能应符合《建筑工程用索》(新编)和《桥梁缆索用热镀锌钢丝》GB/T17101、《预应力混凝土用钢绞线》GB/T5224、《重要用途钢丝绳》GB8918等相关标准。拉索采用的锚固装置应满足《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T14370及相关钢材料标准。拉索的静载破断荷载一般不小于索体标准破断荷载的95%,破断延伸率不小于2%,拉索的使用应力一般在0.4~0.5倍标准强度。当有疲劳要求时,拉索应按规定进行疲劳试验。

3. 适用范围

可用于大跨度建筑工程的屋面结构、楼面结构等,可以单独用索形成结构,也可以与网架结构、桁架结构、钢结构或混凝土结构组合形成杂交结构,以实现大跨度,并提高结构、构件的性能,降低造价。该技术还可广泛用于各类大跨度桥梁结构和特种工程结构。

4. 已应用的典型工程

国家体育馆屋盖、济南奥体中心体育馆屋盖、常州体育中心屋盖、北京工业大学羽毛球馆屋盖;河南省体育中心游泳跳水馆、北京安福大厦等。

3.7 建筑用成型钢筋制品加工与配送

1. 主要技术内容

建筑用成型钢筋制品加工与配送是指在固定的加工厂,利用盘条或直条钢筋经过一定的加工工艺程序,由专业的机械设备制成钢筋制品供应给项目工程。钢筋专业化加工与配送技术主要包括:

- (1) 钢筋制品加工前的优化套裁、任务分解与管理。
- (2) 线材专业化加工——钢筋强化加工,带肋钢筋的开卷矫直,箍筋加工成型等。
- (3) 棒材专业化加工——定尺切断,弯曲成型,钢筋直螺纹加工成型等。
- (4) 钢筋组件专业化加工——钢筋焊接网,钢筋笼,梁,柱等。
- (5) 钢筋制品的科学管理、优化配送。

钢筋专业化加工主要由经过专门设计、配置的钢筋专用加工机械完成。主要有钢筋冷拉机、钢筋冷拔机、冷轧带肋钢筋成型机、钢筋冷轧扭机、钢筋调直切断机、钢筋切断机、钢筋弯曲机、钢筋弯箍机、钢筋网成型机、钢筋笼成型机、钢筋连接接头加工机械及其他辅助设备。

2. 技术优势及特点

该项技术的最大优势是坚持以人为本,减轻劳动者作业强度,提高作业效率,提高钢筋加工制品质量,减小材料损耗,降低能耗和排放,降低工程施工成本,提高施工企业核心竞争能力,满足绿色建筑施工的发展要求。其技术特点是:

- (1) 作业效率高,可满足大规模工程建设中钢筋加工的需求。
- (2) 走钢筋加工专业化、工厂化之路,可实现施工现场钢筋装配作业。
- (3) 降低施工成本、提高工程质量。
- (4) 节省资源、保护环境。
- (5) 转变钢筋工程施工管理模式,与国际接轨,走专业化施工分包道路。

3. 适用范围

钢筋机械、钢筋加工工艺的发展是和建筑结构、施工技术的发展相辅相成的,我国钢筋制品加工成型与配送已经开始起步,最终将和预拌混凝土行业一样实现商品化。该项技术广泛适用于

各种混凝土结构的钢筋工程加工、施工，特别适用于大型工程的现场钢筋加工，适用于集中加工短途配送的钢筋专业加工。

4. 已应用的典型工程

建筑用成型钢筋制品加工与配送成套技术已通过专业公司推广应用于多项大型工程。在秦山、田湾、岭澳等核电站大量应用。

3.8 钢筋机械锚固技术

1. 主要技术内容

钢筋的锚固是混凝土结构工程中的一项基本技术。钢筋机械锚固技术为混凝土结构中的钢筋锚固提供了一种全新的机械锚固方法，将螺帽与垫板合二为一的锚固板通过直螺纹连接方式与钢筋端部相连形成钢筋机械锚固装置。其作用机理为：钢筋的锚固力由钢筋与混凝土之间的粘结力和锚固板的局部承压力共同承担（原理见图 3.8）或全部由锚固板承担。

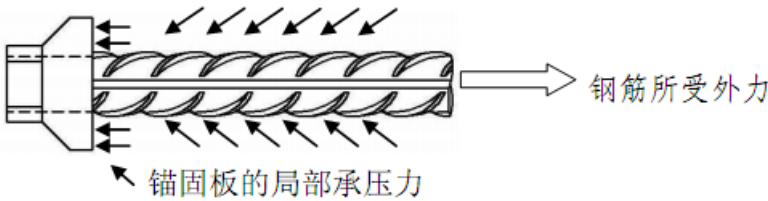


图 3.8 带锚固板钢筋的受力机理示意图

2. 技术指标

该技术相比传统的钢筋机械锚固技术，在混凝土结构中应用钢筋锚固板，可减少钢筋锚固长度 40% 以上，节约锚固钢筋 40% 以上；在框架节点中应用钢筋锚固板，可节约锚固用钢材 60% 以上；锚固板与钢筋端部通过螺纹连接，安装快捷，质量及性能易于保证；锚固板具有锚固刚度大、锚固性能好、方便施工等优点，有利于商品化供应；几种新型的混凝土框架顶层端节点与中间层端节点钢筋机械锚固的构造形式，可大大简化钢筋工程的现场施工，避免了钢筋密集拥堵，绑扎困难的问题，并可改善节点受力性能和提高混凝土浇筑质量。

3. 适用范围

该技术适用于混凝土结构中热轧带肋钢筋的机械锚固，主要适用范围有：用钢筋锚固板代替传统弯筋，可用于框架结构梁柱节点；代替传统弯筋和箍筋，用于简支梁支座；用于桥梁、水工结构、地铁、隧道、核电站等混凝土结构工程的钢筋锚固；用作钢筋锚杆（或拉杆）的紧固件等。

4. 已应用的典型工程

钢筋机械锚固技术在核电站工程、水利水电、房屋建筑等领域得到较为广泛地应用；如：浙江三门 AP1000 核电站、秦山核电二期扩建、方家山核电站等；深圳万科第五园工程、怀来建设局综合楼等。

4. 模板及脚手架技术

4.1 清水混凝土模板技术

清水混凝土模板是按照清水混凝土技术要求进行设计加工，满足清水混凝土质量要求和表面装饰效果的模板。

1. 主要技术内容

(1) 清水混凝土模板特点

1) 清水混凝土工程是直接利用混凝土成型后的自然质感作为饰面效果的混凝土工程，分为普通清水混凝土、饰面清水混凝土和装饰清水混凝土。清水混凝土表面质量的最终效果取决于清

水混凝土模板的设计、加工、安装和节点细部处理。

2) 模板表面的特征: 平整度、光洁度、拼缝、孔眼、线条、装饰图案及各种污染物均拓印到混凝土表面上。因此, 根据清水混凝土的饰面要求和质量要求, 清水混凝土模板更重视模板选型、模板分块、面板分割、对拉螺栓的排列和模板表面平整度。

(2) 清水混凝土模板设计

1) 模板设计前应对清水混凝土工程进行全面深化设计, 妥善解决好对饰面效果产生影响的的关键问题如: 明缝、蝉缝、对拉螺栓孔眼、施工缝的处理、后浇带的处理等。

2) 模板体系选择: 选取能够满足清水混凝土外观质量要求的模板体系, 具有足够的强度、刚度和稳定性; 模板体系要求拼缝严密、规格尺寸准确、便于组装和拆除, 能确保周转使用次数要求。

3) 模板分块原则: 在起重荷载允许的范围内, 根据蝉缝、明缝分布设计分块, 同时兼顾分块的定型化、整体化、模数化、通用化。

4) 面板分割原则: 应按照模板蝉缝和明缝位置分割, 必须保证蝉缝和明缝水平交圈、竖向垂直。

5) 对拉螺栓孔眼排布: 应达到规律性和对称性的装饰效果, 同时还应满足受力要求。

6) 节点处理: 根据工程设计要求和工程特点合理设计模板节点。

(3) 清水混凝土模板施工特点

模板安装时遵循先内侧、后外侧, 先横墙、后纵墙, 先角模后墙模的原则。吊装时注意对面板保护, 保证明缝、蝉缝的垂直度及交圈。模板配件紧固要用力均匀, 保证相邻模板配件受力大小一致, 避免模板产生不均匀变形。

2. 技术指标

(1) 饰面清水混凝土模板表面平整度: 2 mm;

(2) 普通清水混凝土模板表面平整度: 3 mm;

(3) 饰面清水混凝土相邻面板拼缝高低差: ≤ 0.5 mm;

(4) 相邻面板拼缝间隙: ≤ 0.8 mm;

(5) 饰面清水混凝土模板安装截面尺寸: ± 3 mm;

(6) 饰面清水混凝土模板安装垂直度 (层高不大于 5m): 3 mm。

3. 适用范围

体育场馆、候机楼、车站、码头、剧场、展览馆、写字楼、住宅楼、科研楼、学校等, 桥梁、筒仓、高耸构筑物等。

4. 已应用的典型工程

北京联想研发中心、北京华贸中心、郑州国际会展中心、西安浐灞生态行政中心、山东博物馆、锦州国际会展中心、广州亚运城综合体育馆等。

4.2 钢 (铝) 框胶合板模板技术

1. 主要技术内容

钢 (铝) 框胶合板模板是一种模数化、定型化的模板, 具有重量轻、通用性强、模板刚度好、板面平整、技术配套、配件齐全的特点, 模板面板周转使用次数 30~50 次, 钢 (铝) 框骨架周转使用次数 100~150 次, 每次摊销费用少, 经济技术效果显著。

(1) 钢 (铝) 框胶合板模板设计

1) 钢 (铝) 框胶合板模板由标准模板、调节模板、阴角模、阳角模、斜撑、挑架、对拉螺栓、模板夹具、吊钩等组成。

2) 钢框胶合板模板分为实腹和空腹两种, 以特制钢边框型材和竖肋、横肋、水平背楞焊接成骨架, 嵌入 12~18mm 厚双面覆膜木胶合板, 以拉铆钉或螺钉连接紧固。面板厚 12~15mm, 用

于梁、板结构支模；面板厚 15~18mm，用于墙、柱结构支模。详见《钢框胶合板模板技术规程》JGJ96

3) 铝框胶合板模板：以空腹铝边框和矩形铝型材焊接成骨架，嵌入 15~18mm 厚双面覆膜木胶合板，以拉铆钉连接紧固，模板厚 120mm，模板之间用夹具或螺栓连接成大模板。铝框胶合板模板也分为重型和轻型两种，其中重型铝框胶合板模板用于墙、柱；轻型铝框胶合板模板用于梁、板。

(2) 钢（铝）框胶合板模板施工

- 1) 根据工程结构设计图，分别对墙、梁、板进行配模设计，编制模板工程专项施工方案；
- 2) 对模板和支架的刚度、强度和稳定性进行验算；
- 3) 计算所需的模板规格与数量；
- 4) 制定确保模板工程质量和安全施工等有关措施；
- 5) 制定支模和拆模工艺流程；
- 6) 对面积较大的工程，划分模板施工流水段。

2. 技术指标

(1) 模板面板：应采用酚醛覆膜竹（木）胶合板，表面平整。

(2) 模板面板厚度：12mm、15mm、18mm。

(3) 模板厚度：实腹钢框胶合板模板 55~120mm，空腹钢框胶合板模板 120mm，铝框胶合板模板 120mm。

(4) 标准模板尺寸：600×2400mm、600×1800mm、600×1200mm、900×2400mm、900×1800mm、900×1200mm、1200×2400mm。

3. 适用范围

可适用于各类型的公共建筑、工业与民用建筑的墙、柱、梁板以及桥墩等。

4. 已应用的典型工程

北京成中大厦、中国人民大学仁达科教中心、国家体育场（鸟巢）、上海杨浦大桥桥墩、贵阳花果园立交桥桥墩、武汉阳逻电厂主厂房等。

4.3 塑料模板技术

1. 主要技术内容

塑料模板是以聚丙烯等硬质塑料为基材，加入玻璃纤维、剑麻纤维、防老化助剂等增强材料，经过复合层压等工艺制成的一种工程塑料，可锯、可钉、可刨、可焊接、可修复，其板材镶于钢框内或钉在木框上，所制成的塑料模板能代替木模板、钢模板使用，既环保节能，又能保证质量，施工操作简单，节约成本，减轻工人劳动强度，减少钢材、木材用量，此材料最后还能回收利用。

塑料模板表面光滑、易于脱模、重量轻、耐腐蚀性好，模板周转次数多、可回收利用，对资源浪费少，有利于环境保护，符合国家节能环保要求。

(1) 塑料模板设计技术

1) 塑料模板的钢框可采用 80×80×8 角钢做边肋、8 号槽钢做竖肋、5 号槽钢做横肋焊接而成。塑料板材镶于钢框内，采用螺栓连接或拉铆连接。钢框与钢框之间采用销板、U 形卡或专用卡具连接。

2) 塑料模板的边框尺寸可根据板材设计为 1200×3000mm、1200×2400mm，600×3000mm，600×2400mm，600×1800mm 等，另配有调节模板、阴角模、阳角模、斜撑、挑架、对拉螺栓和模板夹具等。

3) 塑料模板的木框可采用 100mm×100mm 木方做边肋、50×100mm 木方做竖肋、2 根 10 号槽钢做背楞。塑料板材同木框采用钉钉方式连接。

4) 当塑料模板用于水平结构支模时，支撑架上的纵梁采用 100×100mm 木方、横梁采用 50

×100mm 木方。

(2) 塑料模板施工技术

1) 根据工程结构设计图, 分别对墙、柱、梁、板进行配模设计, 计算所需的塑料模板和配件的规格与数量。

2) 编制模板工程专项施工方案。

3) 对模板和支架的刚度、强度和稳定性进行验算。

4) 制定确保模板工程质量、施工安全和塑料模板管理等有关措施。

5) 制定支模和拆模工艺流程。

2. 技术指标

以天然纤维增强再生塑料复合板为例:

(1) 静曲强度: $\geq 33\text{MPa}$;

(2) 弯曲弹性模量: 纵向大于 1300MPa , 横向大于 1100MPa ;

(3) 耐酸性: 10%HCL 溶液中浸泡 48h 无明显变化;

(4) 耐碱性: 饱和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液中浸泡 48h 无明显变化;

(5) 耐水性: 常温浸水 72h, 质量增重小于 0.5%;

长度变化小于 0.1%; 宽度变化小于 0.1%;

(6) 表面耐磨: 小于 $0.08\%/100\text{r}$, 密度: 小于 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$;

(7) 耐燃性: 氧指数大于 45。

3. 适用范围

可适用于各类型公共建筑、工业与民用建筑的墙、柱、梁、板及土木工程现浇混凝土结构等。

4. 已应用的典型工程

北京圣华原小区 9 号楼、天津市塘沽开发区滨海立交桥、香港西九龙高层住宅、唐山市翡翠城住宅工程、张家口城市气源工程炼焦车间等。

4.4 组拼式大模板技术

组拼式大模板是一种单块面积较大、模数化、通用化的大型模板, 具有完整的使用功能, 采用塔吊进行垂直水平运输、吊装和拆除, 工业化、机械化程度高。组拼式大模板作为一种施工工艺, 施工操作简单、方便、可靠, 施工速度快, 工程质量好, 混凝土表面平整光洁, 不需抹灰或简单抹灰即可进行内外墙面装修。

1. 主要技术内容

(1) 组拼式大模板设计

1) 组拼式大模板由标准模板、调节模板、背楞、芯带、钢楔、上接模、下包模、阴角模、阳角模、斜撑、挑架、外挂架、对拉螺栓、模板夹具、吊钩等组成。

2) 组拼式大模板标准板的构造: 面板采用 5~6 mm 厚钢板, 边肋采用 8 mm 厚扁钢、矩形钢管或设有夹具连接凹槽的特制边框等, 竖肋采用槽钢或矩形钢管。组拼时模板背楞设在外侧, 背楞材料通常选用 10 号槽钢; 当背楞与模板合二为一时, 背楞通常设计为横肋, 背楞材料与竖肋及边肋相适应。

3) 在一项工程中, 阴角模应设计为同一种规格的、标准的、等边的角模, 不但施工中使用方便, 重要的是减少了大量异型的、不等边的角模, 降低了工程成本, 减少资源浪费。

4) 标准单元板和调节模板的对拉螺栓孔均应设置在固定位置, 有利于大模板的制作、安装和维修工作。

5) 外挂架的挂钩与挂架立杆之间应设计为多孔螺栓连接, 以适应外挂架平台的高度调节; 挂钩螺栓的钩头应设计为圆盘式, 确保外挂架的挂钩安全连接。

(2) 组拼式大模板施工

1) 编制组拼式大模板专项施工方案, 确定施工流水段的划分, 绘制配模平面图, 计算所需的模板规格与数量。

2) 配模时, 大模板宽度规格的选用依据为墙面净尺寸——2 个角模边长, 当墙面较长时, 可分为 2~3 块配模; 根据塔吊起重力矩, 计算出距塔吊最远处的起重量, 建筑物最远处的模板宽度不超过计算宽度。

3) 进行测量放线和楼面抄平, 必要时在模板底边范围内做好找平层抹灰带, 局部不平可临时加垫片, 进行砂浆勾缝处理。

4) 绑扎墙体钢筋, 对偏离墙体边线的下层插筋进行校正处理; 在墙角、墙中及墙高度上、中、下位置设置控制墙面截面尺寸的铁撑脚或钢筋撑。

5) 安装门窗洞口模板, 预埋木盒、铁件、电器管线、接线盒、开关盒等, 合模前必须通过隐蔽工程验收。

6) 大模板就位安装按照配模图对号入座, 模板之间采用螺栓或卡具连接; 大模板经靠尺检查并调整垂直后, 紧固对拉螺栓。

7) 安装阴角模、阳角模和电梯井筒模。

2. 技术指标

(1) 新浇筑混凝土对模板最大侧压力: 60kN/m^2 ;

(2) 组拼式大模板厚度: 85mm、86mm (另设背楞); 100mm、106mm (背楞与模板合二为一);

(3) 组拼式大模板宽度: 600mm、900mm、1200mm、1500mm、1800mm、2400mm、3000mm 等;

(4) 组拼式大模板高度: 根据结构工程的层高和楼板厚度选用。

(5) 其余详见《建筑工程大模板技术规程》JGJ74。

3. 适用范围

可适用于各类型的公共建筑、住宅建筑的墙体、柱子及桥墩等。

4. 已应用的典型工程

国家游泳中心、金汉王厂房、中关村环保科技示范园、成都第二长途电信枢纽工程、合肥滨湖世纪城、西安首创国际 5-8 号楼、武汉万科城 H.G 楼等。

4.5 早拆模板施工技术

早拆模板施工技术是指利用早拆支撑头、钢支撑或钢支架、主次梁等组成的支撑系统, 在底模拆除时的混凝土强度要求符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 表 4.3.1 规定时, 保留一部分狭窄底模板、早拆支撑头和养护支撑后拆, 使拆除部分的构件跨度在规范允许范围内, 实现大部分底模和支撑系统早拆的模板施工技术。

1. 主要技术内容

(1) 早拆模板及支撑设计

1) 早拆模板可以采用覆膜竹(木)胶合板模板、钢(铝)框胶合板模板、塑料模板和塑料(玻璃钢)模壳等。

2) 支撑系统由早拆支撑头、钢支撑或钢支架、主次梁和可调底座等组成。

3) 早拆柱头有螺杆式升降头、滑动式升降头和螺杆与滑动相结合的升降头三种形式, 宜推广螺杆与滑动相结合的升降头。

4) 主次梁可以选用木工字梁、工字形钢木组合梁、矩形钢木组合梁、几字形钢木组合梁、矩形钢管和冷弯型钢等。

5) 支撑系统可以采用独立式钢支撑、插接式支架、盘销式支架、门式支架等。

(2) 早拆模板施工

1) 应根据工程结构平面设计图进行配模设计, 编制模板工程施工组织设计和施工图, 并对模板和主次梁的刚度和强度进行验算, 对钢支撑或支架立杆的间距和稳定性进行计算。

- 2) 计算出所需的模板、钢支撑或支架和主次梁的规格与数量。
- 3) 制定确保质量和安全施工等有关措施。
- 4) 制定支模和拆模工艺流程, 早期拆模时间。
- 5) 对面积较大的工程, 可采取“小流水段”施工方法。

2. 技术指标

- (1) 早拆模板成套技术可以大量节省模板一次投入量, 减少模板配置量的 $1/3 \sim 1/2$;
- (2) 可以缩短施工工期 50% 左右, 加快施工速度, 提高工效 30% 以上;
- (3) 可以延长模板使用寿命, 节省施工费用 20% 以上。

3. 适用范围

早拆模板技术可适用于各种类型的公共建筑、住宅建筑的楼板以及桥梁、隧道等工程的结构顶板施工。

4. 已应用的典型工程

天津嘉海嘉悦园、天津金摇篮商厦、北京国家大剧院、京德顺生态嘉园、北京林业大学宿舍楼等。

4.6 液压爬升模板技术

爬模装置通过承载体附着或支承在混凝土结构上, 当新浇筑的混凝土脱模后, 以液压油缸或液压升降千斤顶为动力, 以导轨或支承杆为爬升轨道, 将爬模装置向上爬升一层, 反复循环作业的施工工艺, 简称爬模。目前国内应用较多的是以液压油缸为动力的爬模。

1. 主要技术内容

(1) 爬模设计

1) 采用液压爬升模板施工的工程, 必须编制爬模专项施工方案, 进行爬模装置设计与工作荷载计算。

2) 采用油缸和架体的爬模装置由模板系统、架体与操作平台系统、液压爬升系统、电气控制系统四部分组成。

3) 根据工程具体情况, 爬模技术可以实现墙体外爬、外爬内吊、内爬外吊、内爬内吊等爬升施工。

4) 模板优先采用组拼式全钢大模板及成套模板配件。也可根据工程具体情况, 采用钢框(铝框)胶合板模板、木工字梁槽钢背楞胶合板模板等; 模板的高度为标准层层高, 模板之间以对拉螺栓紧固。

5) 模板采用水平油缸合模、脱模, 也可采用吊杆滑轮合模、脱模, 操作方便安全; 所有模板上都应带有脱模器, 确保模板顺利脱模。

(2) 爬模施工

1) 爬模组装需从已施工 2 层以上的结构开始。楼板需要滞后 4~5 层施工。

2) 液压系统安装完成后应进行系统调试和加压试验, 确保施工过程中所有接头和密封处无渗漏。

3) 混凝土浇筑宜采用布料机均匀布料, 分层浇筑, 分层振捣; 在混凝土养护期间绑扎上层钢筋; 当混凝土脱模后, 将爬模装置向上爬升一层。

4) 一项工程完成后, 模板、爬模装置及液压设备可继续在其它工程通用, 周转使用次数多。

5) 爬模可节省模板堆放场地, 对于在城市中心施工场地狭窄的项目有明显的优越性。爬模的施工现场文明, 在工程质量、安全生产、施工进度和经济效益等方面均有良好的保证。

2. 技术指标

- (1) 液压油缸额定荷载 50kN、100kN、150kN; 工作行程 150~600mm。
- (2) 油缸机位间距不宜超过 5m, 当机位间距内采用梁模板时, 间距不宜超过 6m。

(3) 油缸布置数量需根据爬模装置自重及施工荷载进行计算确定, 根据《液压爬升模板工程技术规程》JGJ195 规定, 油缸的工作荷载应小于额定荷载 1/2。

(4) 爬模装置爬升时, 承载体受力处的混凝土强度必须 $>10\text{MPa}$, 并应满足爬模设计要求。

3. 适用范围

适用于高层建筑剪力墙结构、框架结构核心筒、桥墩、桥塔、高耸构筑物等现浇钢筋混凝土结构工程的液压爬升模板施工。

4. 已应用的典型工程

广州珠江城 (71 层)、北京 LG 大厦 (31 层)、苏通大桥 (300m 高桥塔)、上海环球中心 (97 层)、外滩中信城 (47 层) 等。

4.7 大吨位长行程油缸整体顶升模板技术

整体钢平台采用大吨位长行程油缸的顶升模板装置能适应复杂多变的核心筒结构施工, 满足平均 3d 一层的工期要求、保证全过程施工安全和施工质量。

1. 主要技术内容

(1) 大吨位长行程油缸顶升模板装置由动力及控制系统、支撑系统、钢平台系统、吊架系统、模板系统和垂直交通系统组成。

1) 动力系统由双向液压大行程油缸、支撑大梁端部的小油缸及整套液压油路组成; 控制系统由集中控制台、开度仪、压力传感器和相关数据线组成, 所有动作均提前编程并输入电脑。

2) 钢平台需涵盖所有结构变化范围, 钢平台需设计有足够的平面刚度, 能承受上部整层的施工材料堆载、施工机具堆载和下部的挂架荷载、模板荷载以及所有的施工活荷载。平台下所有变化范围内设置吊架及模板滑动的轨道钢梁。钢平台下留空一层, 可保证在混凝土浇筑完成后立即插入钢筋工程作业, 大大缩短了标准层施工时间。

3) 钢模板全部随钢平台整体顶升, 减少了模板周转的用工和机械使用时间, 较大的提高了功效。

4) 由于竖向构件先行施工, 可以利用钢平台作为墙体测量控制中转, 大大提高了测量放线的功效。

(2) 钢平台、吊架及大钢模板在地面进行预拼装; 顶升模板装置现场安装后进行调试。

(3) 顶升模板施工时, 每个工作面均有封闭、可靠的操作架和防护架, 每个独立工作面内均设置有上下的爬梯通道, 底部设置有兜底密闭防护, 平台上内外均设防护钢网, 平台上墙体部位留槽位置两边均设置有防护栏杆和挡脚板, 整个顶模操作空间非常安全, 见图 4.7。



图 4.7 大吨位长行程油缸顶升模板

2. 技术指标

1) 液压双作用油缸行程 5m; 额定顶升荷载 300t、额定提升荷载 35t; 顶升有效行程 5000mm; 顶升速度 100mm/min; 油缸内径 400mm; 活塞杆直径 300mm。

2) 通过液控与电控两套系统协同工作, 实现主油缸同步运行误差可达到 1mm 内。

3) 能保证平均 3 天一层, 最快 2 天一层的施工速度。

4) 恒荷载: 桁架自重、吊架恒荷载 1.92kN/m, 模板恒荷载 5.76kN/m。

5) 施工荷载: 顶升模板平台施工荷载为 1.5kN/m², 钢筋堆载取 500kg/m², 悬吊走道活荷载为 1.0kN/m²。

6) 风荷载: 取相当于地面八级风速, 其基本风压换算为 0.2kN/m²。在风力大于 8 级时, 采取临时加固措施。

3. 适用范围

高层建筑钢筋混凝土核心筒工程。

4. 已应用的典型工程

广州珠江新城西塔 (103 层), 采用 3 台大行程油缸顶升模板施工; 深圳京基金融中心工程 (98 层), 采用 4 台大行程油缸顶升模板施工。

4.8 贮仓筒壁滑模托带仓顶空间钢结构整体安装施工技术

该项施工技术是利用钢结构同滑模装置同时安装, 在贮仓筒壁采用滑升模板施工的同时, 将仓顶空间钢结构整体托带上升, 直至到达钢结构安装标高, 当筒壁混凝土滑模施工完成, 钢结构也就位完成。既节省了大直径贮仓滑模装置的平台结构材料, 也解决了仓顶空间钢结构安装难题, 是滑模施工与空间钢结构安装一体化施工、共同双赢的做法。

1. 主要技术内容

(1) 滑模托带空间钢结构安装施工设计技术

1) 一体化施工时由筒壁滑模装置和仓顶钢结构两大部分组成。

2) 滑模装置由模板系统、操作平台系统、提升系统、施工精度控制系统、水电配套系统组成。

(2) 滑模托带空间钢结构安装施工技术

1) 应根据工程结构设计图进行滑模配置设计, 编制一体化施工组织设计及施工图。制定一体化施工的工艺流程和工艺要点, 确保平稳同步滑升。

2) 计算出滑模配置所需模板、支架、配件的规格和数量。

3) 计算仓顶钢结构重量和滑模施工的各项荷载, 确定提升设备的配置数量。根据《滑动模板工程技术规范》GB50113 规定, 滑模托带施工的千斤顶和支承杆的承载能力应有较大安全储备。

2. 技术指标

(1) 液压千斤顶额定荷载: 100KN、60KN。

(2) 安全系数: ≥ 2.5 。

(3) 混凝土的出模强度: 0.2~0.4MPa。

(4) 施工中应保持被托带结构同步平稳提升, 相邻两个支承点之间的允许升差值不得大于 20mm, 且不得大于相邻两个支座距离的 1/400, 最高点和最低点升差值应小于托带结构的最大允许偏差, 并不得大于 40mm。

3. 适用范围

适用于大型钢筋混凝土贮仓筒壁滑模施工与仓顶钢结构整体安装施工。

4. 已应用的典型工程

河南省瑞平石龙水泥 (5000t/d) 孰料生产线孰料库、山东山水集团水泥 (5000t/d) 孰料生产线孰料库等工程。

4.9 插接式钢管脚手架及支撑架技术

插接式钢管脚手架及支撑架适应性强，除搭设一些常规脚手架外，还可搭设悬挑结构、悬跨结构、整体移动、整体吊装架体等。

1. 主要技术内容

(1) 插接式钢管脚手架设计

1) 基本组件为：立杆、横杆、斜杆、底座等。

2) 功能组件为：顶托、承重横杆、用于安装踏板的横杆、踏板横梁、中部横杆、水平杆上立杆。

3) 连接配件为：锁销、销子、螺栓。

4) 其特征是沿立杆杆壁的圆周方向均匀分布有四个 U 型插接耳组，横杆端部焊接有横向的 C 型或 V 型卡，斜杆端部有销轴。

5) 连接方式：立杆与横杆之间采用预先焊接于立杆上的 U 型插接耳组与焊接于横杆端部的 C 型或 V 型卡以适当的形式相扣，再用楔形锁销穿插其间的连接形式；立杆与斜杆之间采用斜杆端部的销轴与立杆上的 U 型卡侧面的插孔相连接；根据管径不同，上下立杆之间可采用内插或外套两种连接方式，见图 4.9。



图 4.9 插接式脚手架节点

6) 节点的承载力由扣件的材料、焊缝的强度决定，并且由于锁销的倾角远小于锁销的摩擦角，受力状态下，锁销始终处于自锁状态。

7) 架体杆件主要承重构件采用低碳合金结构钢，结构承载力得到极大的提高。该类产品均热镀锌处理。

(2) 插接式钢管脚手架施工

1) 根据工程结构设计图、施工要求、施工目的、服务对象及施工现场条件，编制脚手架或模板支撑架专项施工方案及施工图。制定脚手架或模板支撑架施工工艺流程和工艺要点。

2) 对设计方案进行详细的结构计算，确保脚手架或模板支撑架的稳定性。

3) 根据专项施工方案对所需材料进行统计。

2. 技术指标

(1) 立杆规格为： $\phi 48 \times 2.7$ ， $\phi 60 \times 3.2$ ，材质 Q345B；横杆规格为： $\phi 48 \times 2.7$ ，材质为 Q345B；

(2) $\phi 48$ 立杆套管插接长度不小于 150mm， $\phi 60$ 立杆套管插接长度不小于 110mm；

(3) 脚手架安装后的垂直偏差应控制在 3/1000 以内；

(4) 底座丝杠外露尺寸不得大于规定要求；

(5) 应对节点承载力进行校核，确保节点满足承载力要求，保证结构安全；

(6)表面处理：热镀锌。

3. 适应范围

可广泛应用于建筑结构及市政桥梁工程的脚手架及模板支撑系统、装修工程及钢结构安装工程、航空、船舶工业维修，还可作为临时看台、临时人行天桥、临时大屏幕等临时设施的支撑结构。

4. 已应用的典型工程

国家游泳中心钢结构安装工程及内外膜结构安装工程、首都机场 T3 航站楼装修工程、中国科技新馆钢结构安装工程、京承高速 15 标桥梁工程、北京 2008 年奥运会五棵松棒球场临时看台工程、济南自行车馆钢结构安装等。

4.10 盘销式钢管脚手架及支撑架技术

1. 主要技术内容

(1) 盘销式钢管脚手架的立杆上每隔一定距离焊有圆盘，横杆、斜拉杆两端焊有插头，通过敲击楔型插销将焊接在横杆、斜拉杆的插头与焊接在立杆的圆盘锁紧，见图 4.10。



图 4.10-1 盘销式脚手架节点

(2) 盘销式钢管脚手架分为 $\phi 60$ 系列重型支撑架和 $\phi 48$ 系列轻型脚手架两大类；

1) $\phi 60$ 系列重型支撑架的立杆为 $\phi 60 \times 3.2$ 焊管制成(材质为 Q345、Q235)；立杆规格有：1m、2m、3m，每隔 0.5m 焊有一个圆盘；横杆及斜拉杆均采用 $\phi 48 \times 3.5$ 焊管制成，两端焊有插头并配有楔型插销；搭设时每隔 1.5m 搭设一步横杆。

2) $\phi 48$ 系列轻型脚手架的立杆为 $\phi 48 \times 3.5$ 焊管制成（材质为 Q345）；立杆规格有：1m、2m、3m，每隔 1.0m 焊有一个圆盘；横杆及斜拉杆均为采用 $\phi 48 \times 3.5$ 焊管制成，两端焊有插头并配有楔型插销；搭设时每隔 2.0m 搭设一步横杆。

(3) 盘销式钢管脚手架一般与可调底座、可调托座以及连墙撑等多种辅助件配套使用。

(4) 盘销式钢管脚手架的主要特点：

1) 安全可靠。立杆上的圆盘与焊接在横杆或斜拉杆上的插头锁紧，接头传力可靠；立杆与立杆的连接为同轴心承插；各杆件轴心交于一点。架体受力以轴心受压为主，由于有斜拉杆的连接，使得架体的每个单元近似于格构柱，因而承载力高，不易发生失稳。

2) 搭拆快、易管理，横杆、斜拉杆与立杆连接，用一把铁锤敲击楔型销即可完成搭设与拆除，速度快，功效高。全部杆件系列化、标准化，便于仓储、运输和堆放。

3) 适应性强，除搭设一些常规架体外，由于有斜拉杆的连接，盘销式脚手架还可搭设悬挑结构、跨空结构、整体移动、整体吊装、拆卸的架体。

4) 节省材料、绿色环保，由于采用低合金结构钢为主要材料，在表面热浸镀锌处理后，与其他支撑体系相比，在同等荷载情况下，材料可以节省 1/3 左右，产品寿命可达 15 年，节省相

应的运输费、搭拆人工费、管理费、材料损耗等费用。

2. 技术指标

(1) 盘销式钢管脚手架目前尚无相应的安全技术规程，以容许荷载法设计架体。脚手架或模板支撑架应用前必须编制专项施工方案，确保架体稳定。

(2) 盘销式脚手架以验算立杆允许荷载确定搭设尺寸。以 $\phi 60$ 系列重型支撑架为例，步距 1.5m、立杆间距 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ ，3 步架（5m 高）极限承载力值 834.3kN，单根立杆允许荷载为 104kN；5 步架（8m 高）极限承载力值 752.0kN，单根立杆允许荷载为 94kN；8 步架（12.5m 高）极限承载力值 759.8kN，单根立杆允许荷载为 94kN。

(3) 表面处理：热镀锌。

3. 适用范围

(1) $\phi 60$ 系列重型支撑架可广泛应用于公路、铁路的跨河桥、跨线桥、高架桥中的现浇盖梁及箱梁的施工，用作水平模板的承重支撑架。

(2) $\phi 48$ 系列轻型脚手架适用于直接搭设各类房屋建筑的外墙脚手架；梁板模板支撑架；船舶维修、大坝、核电站施工用的脚手架；各类钢结构施工现场拼装的承重架；各类演出的舞台架、灯光架、临时看台、临时过街天桥等。

4. 已应用的典型工程

北京第七界花博会展馆工程、北京西六环高架桥、京承高速三期高架桥、北京 2008 奥运会火炬实验台、上海 F1 赛场看台。

4.11 附着升降脚手架技术

附着升降脚手架是一种用于高层和超高层的外脚手架。它只需搭设 4-5 层的脚手架，随主体结构施工逐层爬升，也可随装修作业逐层下降。附着升降脚手架的基本原理是利用建筑物已浇筑混凝土的承载力将脚手架和专门设计的升降机构分别固定在建筑结构上，当升降时解开脚手架同建筑物的约束而将其固定在升降机构上，通过升降动力设备实现脚手架的升降，升降到位后，再将脚手架固定在建筑物上，解除脚手架同升降机构的约束。如此循环逐层升降。

1. 主要技术内容

(1) 附着升降脚手架设计

- 1) 附着升降脚手架主要由架体系统、附墙系统、爬升系统三部分组成。
- 2) 架体系统由竖向主框架、水平承力桁架、钢管扣件构架等组成。
- 3) 附墙系统由预埋螺栓、连墙装置、导向装置等组成。
- 4) 爬升系统电控系统、爬升动力设备、附墙承力装置，架体承力装置等组成。
- 5) 爬升动力设备可以采用电动葫芦、电动螺杆或液压千斤顶。
- 6) 附着升降脚手架有可靠的防坠落装置，能够在提升动力失效时迅速锁定在导轨或其它附墙点上。
- 7) 附着升降脚手架有可靠的防倾导向装置。
- 8) 附着升降脚手架有可靠的荷载控制系统或同步控制系统，并采用无线控制技术。

(2) 附着升降脚手架施工

- 1) 应根据工程结构设计图、塔吊附壁位置、施工流水段等确定附着升降脚手架的平面布置，编制施工组织设计及施工图。制定附着升降脚手架施工工艺流程和工艺要点。
- 2) 根据提升点处的具体结构形式确定附墙方法。
- 3) 根据专项施工方案计算所需材料。

2. 技术指标

- (1) 架体高度不应大于 5 倍楼层高；架体宽度不应大于 1.2m；
- (2) 两提升点直线跨度不应大于 8m，曲线或折线不应大于 5.4m；

- (3) 架体全高与支承跨度的乘积不应大于 110m^2 ;
- (4) 架体悬臂高度不应大于 6m 和 $2/5$ 架体高度;
- (5) 每点的额定提升荷载为 100KN 。

3. 适用范围

附着升降脚手架适用于高层或超高层建筑的结构施工和装修作业;对于 16 层以上,结构平面外檐变化较小的高层或超高层建筑施工推广应用附着升降脚手架;附着升降脚手架也适用桥梁高墩、特种结构高耸构筑物施工的外脚手架。

4. 已应用的典型工程

北京银泰中心、天津君临大厦、上海中远两湾城、广州珠江新城等。

4.12 电动桥式脚手架技术

电动桥式脚手架(附着式电动施工平台)是一种大型自升降式高空作业平台。它可替代脚手架及电动吊篮,用于建筑工程施工,特别适合装修作业。电动桥式脚手架仅需搭设一个平台,沿附着在建筑物上的三角立柱通过齿轮齿条传动方式实现升降,平台运行平稳,使用安全可靠,且可节省大量材料,见图 4.12。



图 4.12 电动桥式脚手架

1. 主要技术内容

(1) 电动桥式脚手架设计技术

- 1) 电动桥式脚手架由驱动系统、附着立柱系统、作业平台系统三部分组成。
- 2) 驱动系统由钢结构框架、电动机、防坠器、齿轮驱动组、导轮组、智能控制器等组成。
- 3) 附着立柱系统由带齿条的立柱标准节、限位立柱节和附墙件等组成。
- 4) 作业平台由三角格构式横梁节、脚手板、防护栏、加宽挑梁等组成。
- 5) 在每根立柱的驱动器上安装两台驱动电机,负责电动施工平台上升、下降。
- 6) 防坠限位开关:在每一个驱动单元上都安装了独立的防坠装置,当平台下降速度超过额定值时,能阻止施工平台继续下坠,同时启动防坠限位开关切断电源。
- 7) 当平台沿两个立柱同时升降时,附着式电动施工平台配有智能水平同步控制系统,控制平台同步升降。
- 8) 电动桥式脚手架还有最高自动限位、最低自动限位、超越应急限位等智能控制。

(2) 电动桥式脚手架施工技术

- 1) 采用电动桥式脚手架应根据工程结构图进行配置设计,绘制工程施工图,合理确定电动桥式脚手架的平面布置和立柱附墙方法,根据现场基础情况确定合理的基础加固措施。编制施工

组织设计并计算出所需的立柱、平台等部件的规格与数量。

2) 在整个机械使用期间严格按维修使用手册要求执行, 如果出售、租赁机器, 必须将维修使用手册转交给新的用户。

3) 电动桥式脚手架维修人员需获得专业认证资格。

2. 技术指标

- (1) 平台最大长度: 双柱型为 30.1m, 单柱型为 9.8m;
- (2) 最大高度为 260m, 当超过 120m 时需采取卸荷措施;
- (3) 额定荷载: 双柱型为 36KN, 单柱型为 15KN;
- (4) 平台工作面宽度为 1.35m, 可伸长加宽 0.9m;
- (5) 立柱附墙间距为 6m;
- (6) 升降速度为 6m/min。

3. 适用范围

电动桥式脚手架主要用于各种建筑结构外立面装修作业, 已建工程的外饰面翻新; 结构施工中砌砖、石材和预制构件安装; 玻璃幕墙施工、清洁、维护等。也适用桥梁高墩、特种结构高耸构筑物施工的外脚手架。

4. 已应用的典型工程

北京奥运会游泳馆工程、合肥滨湖世纪城等。

※ ※ ※ ※ ※

4.13 预制箱梁模板技术

1. 主要技术内容

预制箱梁模板具有精度高、结构简单、整体缩放自如、脱模容易、操作简单, 可以整体吊装或拖拉到制梁台位上, 待预制混凝土达到脱模强度后整体或反段脱模, 将内模拖拉出已预制成型的箱梁内腔, 操作人员安装及调试方便, 劳动强度低, 生产效率高。

(1) 预制箱梁模板设计技术

按梁体结构、跨度、梁场布置对预制箱梁模板进行总体结构设计、模板整体受力分析, 模拟内模运动轨迹对模板脱模机构进行设计。

内模整体结构、连接件、内模支撑系统、液压系统、脱模机构、轨道系统以及内模分节设计, 确保箱梁预制后可整体或分段从梁端拖出。

外模整体结构、走行方式、外模支撑系统、整平机轨道、振动器的布置、爬梯、护栏等设计。

(2) 预制箱梁模板构造

1) 预制箱梁模板由外模、端模、底模和内模组成, 见图 4.13。



图 4.13 预制箱梁模板

- 2) 外模有固定式和沿台座纵向移动式两种。
- 3) 端模在结构上分外包端、端包外两种。每个端模为便于运输分四段，现场连接成整体。
- 4) 底模分为固定式底模及带活动段底模，固定式底模用于采用提梁机提梁场合，带活动段底模用于移梁机移梁场合。
- 5) 内模按结构形式分为主梁上置式、主梁下置式和无梁式。按脱模方式分为分段脱模和整体脱模两种。按自动化程度分机械脱模模式和液压脱模模式。液压内模主要由模板、主梁、支撑千斤、托架、液压控制系统等部分组成。

2. 技术指标

- (1) 实际轮廓与设计轮廓面任意点法向误差 $\leq 2\text{mm}$;
- (2) 模板面弧度一致，错台、间隙误差 $\leq 0.5\text{mm}$;
- (3) 模板制造长度及宽度误差 $\pm 1\text{mm}$;
- (4) 平面度误差 $\leq 2\text{mm}/2\text{m}$;
- (5) 模板安装总长度偏差 $\pm 10\text{mm}$;
- (6) 底模板中心线与设计位置偏差 $\leq 2\text{mm}$;
- (7) 桥面板中心线与设计位置偏差 $\leq 10\text{mm}$;
- (8) 腹板中心线与设计位置偏差 $\leq 10\text{mm}$;
- (9) 横隔板中心位置偏差 $\leq 5\text{mm}$;
- (10) 模板倾斜度 $\leq 3\%$;
- (11) 模板周转次数：50 次以上;

3. 适用范围

预制箱梁模板应用于公路及铁路桥梁中。

4. 已应用的典型工程

京津唐客运专线、哈大铁路、京沪铁路、郑西铁路、武广铁路客运专线、广州地铁四号线、海南东环线、杭州湾跨海大桥、合宁高速铁路等工程。

4.14 挂篮悬臂施工技术

挂篮悬臂施工技术是指从已建成的桥墩开始，沿桥梁跨径方向两侧对称进行逐段现浇梁段，待每段梁段混凝土达到设计强度后，通过张拉预应力束将各段连成整体，再移动挂篮浇筑下一段梁至全桥结束。挂篮是悬臂浇筑施工中的主要工艺设备。其优点主要有：在施工期间不影响桥下的水陆交通，不用或少用支架，节省施工费用，降低工程造价，适应性强、利用率高、加快施工进度、缩短工期，在施工中便于对各个节段的施工误差进行调整保证悬臂浇筑施工的精度。

1. 主要技术内容

(1) 挂篮设计技术

挂篮悬臂施工方法，可根据工程具体情况选择挂篮类型。目前常用的结构形式有：菱形桁架式、三角形桁架式两种。

1) 菱形桁架挂篮的上部结构为菱形，具有结构简单、自身荷载轻、受力合理和一次移动到位等特点。菱形挂篮净空大，便于钢筋，模板等的安装操作，为施工提供了宽阔的作业空间，是挂篮进一步轻型化、整体化发展的一种结构形式。

2) 三角形挂篮的上部结构为三角形，由于重心低，相对较稳定。具有一定的通用性，只要改变主桁梁的间距即可适应悬灌梁的不同宽度。

(2) 挂篮系统组成

挂篮一般由承重系统、悬吊系统、行走系统、锚固系统、模板系统、液压系统、工作平台等基本组成，见图 4.14。



图 4.14 挂篮悬臂施工

2. 技术指标

- (1) 挂篮自重按最大节段重量的 30%~36%进行设计。
- (2) 施工荷载（模板、振动力、人员、机具）分项系数 1.4。
- (3) 抗倾覆稳定系数大于 2.0。
- (4) 挂篮行走时的冲击系数大于 1.2。
- (5) 前后横梁和外模的刚度取为 1/400，内模刚度为 1/300，整体刚度为 1/600。

3. 适用范围

适用于越岭高速公路、高速铁路、城市高架和跨海大桥修建大跨度预应力混凝土连续梁桥、连续刚构桥、斜拉桥等工程，特别是在桥墩较高、桥跨较长或桥下净空受到限制的情况，具有较好的推广应用前景。

4. 已应用的典型工程

广东虎门大桥辅航道桥、南京长江二桥北汊桥、京九铁路泰和赣江特大桥、黄石长江公路大桥、建德洋安大桥、湖南株洲湘江大桥、浉口左线引桥 1 号桥、京津城际、哈大高速铁路跨沈大高速路大桥等工程。

4.15 隧道模板台车技术

隧道模板台车是铁路、公路隧道混凝土二次衬砌一次成型设备，根据用户提供的隧道断面设计制造。隧道模板台车，是以电动机驱动行走机构带动台车行走，利用液压油缸和螺旋千斤顶调整模板到位及收模的隧道混凝土成型的机器。它具有成本较低、结构可靠、操作方便、衬砌速度快、隧道成型面好等优点，见图 4.15。



图 4.15 隧道模板台车

1. 主要技术内容

(1) 隧道模板台车设计

1) 模板台车由模板总成、托架总成、平移机构、门架总成、行走机构、侧向液压油缸、侧向支撑千斤顶及门架支撑千斤顶等组成。

2) 模板总成：模板由两块顶模，两块边模构成横断面，顶模之间通过螺栓连接成整体，边模与顶模通过铰销连接，模板之间均由螺栓连接而成。模板上开有品字型工作舱，顶部设有注浆装置，供操作及检查用。

3) 托架总成：托架主要承受浇筑的上部混凝土重量及模板自重，它上承模板，下通过液压油缸和支撑千斤顶传力于门架。托架由两根纵梁，多根横梁及立柱组成。

4) 平移机构：平移机构前后各一套，支撑在门架边横梁上。平移小车上的液压油缸与托架纵梁连接，通过油缸的伸缩调整模板的竖向定位及脱模。水平方向上的油缸用来调整模板的衬砌中心与隧道中心是否重合。

5) 门架总成：门架是整个台车的主要承载构件，由横梁、立柱、纵梁通过螺栓连接而成，各横梁及立柱间通过连接梁及斜拉杆连接。液压台车的门架由钢板或型钢组焊而成。整个门架保证有足够的强度、刚度和稳定性。

6) 行走机构：液压台车的主、从行走机构各两套，铰接在门架纵梁上。主动行走机构由 Y 系列电机驱动减速器减速后，再通过链条传动减速。

7) 侧向液压油缸：侧向液压油缸主要为模板脱模和伸模，同时起支撑模板的作用。

8) 托架支撑千斤顶：主要为改善浇筑混凝土时托架纵梁的受力条件，保证托架的可靠和稳定。

9) 门架支撑千斤顶：连接在门架纵梁下面，台车工作时，顶在轨道面上，承受台车和混凝土的重量，改善门架纵梁的受力条件，保证台车工作时门架的稳定。

10) 液压系统采用三位六通手动换向阀进行换向，实现油缸的伸缩。左右侧向油缸各采用一个换向阀控制，四个竖向油缸各一个换向阀控制，平移油缸各一个换向阀控制。竖向油缸采用螺纹自锁油缸保证施工浇筑时竖向油缸工作的可靠性。

(2) 隧道模板台车施工

1) 每项工作循环前要校对钢轨是否平直，钢轨中心距与隧道中心线是否一致。

2) 液压系统应无泄漏现象，液压油应清洁。

3) 定期检查行走机构、行走电机、液压电机的工作是否正常。

4) 每次立模时，要切实安装好所有撑地螺旋千斤顶，否则，施工过程中会造成模板变形或偏移。

5) 钢模板台车行走时，下模板下端与地面间不得有风管、水管等障碍物，严防台车行走时有拖带现象。

6) 混凝土浇注时，左右模板应对称浇注，保证台车受力平衡，两侧混凝土面高差不得大于 500mm。当混凝土达到脱模强度后，应及时脱模。

7) 用浇注口灌注顶模过程中，要随时观察混凝土是否注满，注满后要及时停止灌注。否则会造成模板变形。

2. 技术指标

(1) 实际轮廓与设计轮廓面任意点法向误差 $\leq 2\text{mm}$;

(2) 工作窗板面与模板面弧度一致，错台、间隙误差 $\leq 0.5\text{mm}$;

(3) 模板台车整体轮廓半径误差 $\pm 10\text{mm}$;

(4) 模板台车外轮廓表面纵向直线度误差 $\leq 1\text{mm}/2\text{m}$;

(5) 模板台车前后端轮廓误差 $\leq 2\text{mm}$;

(6) 电力总功率：18kw 左右;

(7) 台车行走速度：3~8m/min;

(8) 混凝土浇筑速度: 不高于 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

3. 适用范围

广泛使用在公路、铁路、地铁及水利隧道工程中。

4. 已应用的典型工程

长吉线高速公路樱桃湾隧道、衡阳至炎陵高速公路 10 标云阳山左洞隧道、温州绕城隧道、贵阳绕城隧道、安化至耒溪段公路北斗坡隧道、湖南通道县吉利至桥头隧道、秦岭公路隧道、武广高速铁路、南水北调工程、北京 5 号线地铁等。

4.16 移动模架造桥技术

移动模架造桥技术是现浇混凝土桥梁的主要施工方法之一。

1. 主要技术内容

(1) 移动模架造桥技术的特点

不占用临时用地, 周转次数多; 施工周期短, 施工安全可靠; 现场文明整洁, 施工中不需要中断桥下交通。见图 4.16。

(2) 移动模架设计

1) 移动模架造桥机有“上行式”和“下行式”两种, 它们的结构由主梁承重系统, 支承系统, 吊架系统, 移动系统和模板系统五大部分组成。

2) 主梁采用箱形断面, 全部采用钢板焊接而成, 标准节段每 9m 分段, 节段之间采用高强度螺栓连接, 便于安装、存放、运输, 吊架采用型钢焊接成桁架, 通过精压螺纹钢将箱梁底篮固定, 使构件小型化, 标准化, 便于加工、安装、运输、存放; 底篮在桥轴线处采用销接处理, 便于分开通过墩身; 上行式移动模架支撑系统采用钢管柱与墩顶预埋件螺栓连接, 降低成本消耗; 下行式移动模架采用托架的结构, 托架的牛腿直接支撑于承台上, 托架分别置于墩身两侧。

3) 主梁承重系统采用箱型断面, 受力性能好、刚度大、变形小, 采用简支梁的两点受力方式, 受力明确, 施工控制方便; 整个连续箱梁的载荷全部通过墩顶支撑传至地基, 充分利用自身的有利条件, 避免复杂的软基对施工中的梁体结构产生影响。

2. 技术指标

(1) 现浇桥梁最小曲线半径: 1000m;

(2) 运输条件: 满足公路、铁路车辆限界; 单件重小于 15t;

(3) 动力条件: 液压油缸;

(4) 驱动方式: 380V; 50Hz; 50kN;

(5) 施工周期: 7~12d/跨;

(6) 整机自重: 一般为 500t~800t;

(7) 行走及横移时最大风力 6 级。

3. 适用范围

移动模架造桥技术适用于滩涂、峡谷高墩身、城市高架桥等场地的连续梁或简支梁的现浇混凝土桥梁施工。在高速公路桥梁建设和城市高架桥施工中得到广泛的应用。

4. 已应用的典型工程

东海跨海大桥、润扬长江大桥, 南昆线打埂大桥, 内昆线李子沟特大桥等工程。

5. 钢结构技术

5.1 深化设计技术

1. 主要技术内容

深化设计是在钢结构工程原设计图的基础上,结合工程情况、钢结构加工、运输及安装等施工工艺和其他专业的配合要求进行的二次设计。其主要技术内容有:使用详图软件建立结构空间实体模型或使用计算机放样制图,提供制造加工和安装的施工用详图、构件清单及设计说明。

施工详图的内容有:①构件平、立面布置图,其中包括各构件安装位置和方向、定位轴线和标高、构件连接形式、构件分段位置、构件安装单元的划分等;②准确的连接节点尺寸,加劲肋、横隔板、缀板和填板的布置和构造、构件组件尺寸、零件下料尺寸、装配间隙及成品总长度;③焊接连接的焊缝种类、坡口形式、焊缝质量等级;④螺栓连接的螺孔直径、数量、排列形式,螺栓的等级、长度、初拧终拧参数;⑤人孔、手孔、混凝土浇筑孔、吊耳、临时固定件的设计和布置;⑥钢材表面预处理等级、防腐涂料种类和品牌、涂装厚度和遍数、涂装部位等;⑦销轴、铆钉的直径加工长度及精度,数量级安装定位等。

构件清单的主要内容有:构件编号、构件数量、单件重量及总重量、材料材质等。构件清单尚应包括螺栓、支座、减震器等所有成品配件。

设计说明的主要内容有:原设计的相关要求、应用规范和标准、质量检查验收标准、对深化设计图的使用提供指导意见。

深化设计贯穿于设计和施工的全过程,除提供加工详图外,还配合制定合理的施工方案、临时施工支撑设计、施工安全性分析、结构变形分析与控制、结构安装仿真等工作。该技术的应用对于提高设计和施工速度、提高施工质量、降低工程成本、保证施工安全有积极意义。

2. 技术指标

通过深化设计满足钢结构加工制作和安装的设计深度需求。使用计算机辅助设计,推动钢结构工程的模数化、构件和节点的标准化,计算机自动校核、自动纠错、自动出图、自动统计,提高钢结构设计的水平和效率。深化设计应符合原设计人设计意图和国家标准与技术规程,并经原施工图设计人审核确认。

3. 适用范围

适用于各类建筑钢结构工程,特别适用于大型工程及复杂结构工程。

4. 已应用的典型工程

该技术在钢结构工程中已得到普遍应用,比较典型的工程,如:国家体育场、国家体育馆、首都国际机场 T3 航站楼、深圳市民中心等。

5.2 厚钢板焊接技术

1. 主要技术内容

在高层建筑、大跨度工业厂房、大型公共建筑、塔桅结构等钢结构工程中,应用厚钢板焊接技术的主要内容有:①厚钢板抗层状撕裂 Z 向性能级别钢材的选用;②焊缝接头形式的合理设计;③低氢型焊接材料的选用;④焊接工艺的制定及评定,包括焊接参数、工艺、预热温度、后热措施或保温时间;⑤分层分道焊接顺序;⑥消除焊接应力措施;⑦缺陷返修预案;⑧焊接收缩变形的预控与纠正措施。

2. 技术指标

焊后做焊缝的超声波探伤,焊缝质量达到国家验收合格标准,并扩大焊缝周围母材的检测,不允许母材出现裂纹、层状撕裂、淬硬等现象。板厚大于或等于 40mm,且承受沿板厚方向拉力作用的焊接时,应有 Z 向性能保证,可根据《厚度方向性能钢板》GB/T5313 的规定选取 Z 向性能等级。

3. 适用范围

适用于高层建筑钢结构、大跨度工业厂房、大型公共建筑、塔桅结构等工程厚度 40mm 以上的钢板焊接。

4. 已应用的典型工程

近年来,厚钢板尤其是 Q390、Q420、Q460 高强厚钢板的应用已越来越普遍,比较典型的工程,如:国家体育场首次应用了国产 100/110mm 厚 Q460E-35 高强厚钢板、国家游泳中心应用了国产 Q420 钢厚板、新保利大厦应用了进口 Q420 钢厚板等。

5.3 大型钢结构滑移安装施工技术

1. 主要技术内容

大跨度空间结构与大型钢构件在施工安装时,为加快施工进度、减少胎架用量、节约大型设备、提高焊接安装质量,可采用滑移施工技术。滑移技术是在建筑物的一侧搭设一条施工平台,在建筑物二边或跨中铺设滑道,所有构件都在施工平台上组装,分条组装后用牵引设备向前牵引滑移(可用分条滑移或整体累积滑移)。结构整体安装完毕并滑移到位后,拆除滑道实现就位。

滑移可分为结构直接滑移、结构和胎架一起滑移、胎架滑移等多种方式。牵引系统由卷扬机牵引、液压千斤顶牵引与顶进系统等。

2. 技术指标

结构滑移设计时要对滑移工况进行受力性能验算,保证结构的杆件内力与变形符合规范和设计要求。滑移牵引力要正确计算,当钢与钢面滑动磨擦时,磨擦系数取 0.12~0.15;当滚动磨擦时,滚动轴处磨擦系数取 0.1;当不锈钢与四氟聚乙烯板之间的滑靴摩擦时,磨擦系数取 0.08。滑移时要确保同步,位移不同步应小于 50mm,同时应满足结构安全的要求。

3. 适用范围

适用于大跨度网架结构、平面立体桁架(包括曲面桁架)及平面形式为矩形的钢结构屋盖的安装施工、特殊地理位置的钢结构桥梁。特别是由于现场条件的限制,吊车无法直接安装的结构。

4. 已应用的典型工程

国家体育馆,奥林匹克五棵松篮球馆、重庆江北机场、郑州会展中心、厦门太古二、三期飞机维修库等。

5.4 钢结构与大型设备计算机控制整体顶升与提升安装施工技术

1. 主要技术内容

计算机控制整体顶升与提升技术是一项先进的钢结构与大型设备安装技术,它集机械、液压、计算机控制、传感器监测等技术于一体,解决了传统吊装工艺和大型起重机械在起重高度、起重重量、结构面接、作业场地等方面无法克服的难题。采用该技术施工安全可靠、工艺成熟、技术先进、经济效益显著。该技术采用“柔性钢绞线承重、液压油缸集群、计算机控制同步提升”的原理。提升或顶升施工时应用计算机精确控制各点的同步性。

2. 技术指标

提升或顶升方案的确定,必须同时考虑承载结构(永久的或临时的)和被提升钢结构或设备本身的强度、刚度和稳定性。要作施工状态下结构整体受力性能验算,并计算各项、提点的作用力,配备千斤顶。对于施工支架或下部结构及地基基础应验算承载能力与整体稳定性,保证在最不利情况下足够的安全性。施工时各作用点的不同步值应通过计算合理选取。

提升方式选择的原则,一是力求降低承载结构的高度,保证其稳定性,二是确保被提升钢结构或设备在提升中的稳定性和就位安全性。确定提升点的数量与位置的基本原则是:首先保证被提升钢结构或设备在提升过程中的稳定性;在确保安全和质量的前提下,尽量减少提升点数;提升设备本身承载能力符合设计要求。提升设备选择的原则是:能满足提升中的受力要求,结构紧凑、坚固耐用、维修方便、满足工程需要(如行程、提升速度、安全保护等)。

3. 适用范围

(1) 体育场馆、剧院、飞机库、钢天桥(廊)等大跨度屋盖与钢结构,具有地面拼装条件,

又有较好的周边支承条件时，可采用整体顶升与提升技术。

(2) 电视塔钢桅天线、电站锅炉等超高构件的整体提升。

(3) 大型龙门起重机主梁、锅炉等大型设备的整体提升。

4. 已应用的典型工程

国家图书馆主体钢结构(10800t)整体提升、首都国际机场 A380 飞机维修库屋盖钢结构(10500t)整体提升、深圳市民中心大屋盖、广州新电视塔、东方锅炉厂 130mm×4200mm 数控液压卷板机安装、海洋石油工程(青岛)有限公司 800t×185m 龙门起重机(4750t)整体提升等。

5.5 钢与混凝土组合结构技术

1. 主要技术内容

型钢与混凝土组合结构主要包括钢管混凝土柱，十字、H 型、箱型、组合型钢骨混凝土柱，箱型、H 型钢骨梁、型钢组合梁等。钢管混凝土可显著减小柱的截面尺寸，提高承载力；钢骨混凝土承载能力高，刚度大且抗震性能好；组合梁承载能力高且高跨比小。

钢管混凝土施工简便，梁柱节点采用内环板或外环板式，施工与普通钢结构一致，钢管内的混凝土可采用高抛免振捣混凝土，或顶升法施工钢管混凝土。关键技术是设计合理的梁柱节点与确保钢管内浇筑混凝土的密实性。

钢骨混凝土除了钢结构优点外还具备混凝土结构的优点，同时结构具有良好的防火性能。其关键技术是如何合理解决梁柱节点区钢筋的穿筋问题，以确保节点良好的受力性能与加快施工进度。

组合梁是在钢梁上部浇筑混凝土，形成混凝土受压、钢结构受拉的截面合理受力形式，充分发挥钢与混凝土各自的受力性能。组合梁施工时，钢梁可作为模板的支撑。组合梁设计时要确保钢梁与混凝土结合面的抗剪性能，又要充分考虑钢梁各工况下从施工到正常使用各阶段的受力性能。

2. 技术指标

钢管混凝土设计时应遵循《钢管混凝土结构设计规程》CECS28 的要求。型钢混凝土设计时应遵循《型钢混凝土组合结构技术规程》JGJ138 的要求。

3. 适用范围

钢管混凝土特别适合应用于高层、超高层建筑的柱及其他有重载承载力设计要求的柱；钢骨混凝土适合于高层建筑外框柱及公共建筑的大柱网框架与大跨度梁设计；组合梁适用于结构跨度较大而高跨比又有较高要求的楼盖结构。

4. 已应用的典型工程

深圳地王大厦、深圳世贸中心大厦(招商大厦)、国家体育馆、上海世贸中心大楼、法门寺合十舍利塔等。

5.6 住宅钢结构技术

1. 主要技术内容

采用钢结构作为住宅的主要承重结构体系，对于低密度住宅以采用冷弯薄壁型钢结构体系为主，墙体为墙柱加石膏板，楼盖为 C 型格栅加轻板；对于多层住宅以钢框架结构体系，楼板宜采用混凝土楼板，墙体为预制轻质板或轻质砌块。多层钢结构住宅的另一个方向是采用带钢板剪力墙或与普钢混合的轻钢结构；对于高层住宅，则以钢框架与混凝土筒体组合构成的混合结构或以带钢支撑的框架结构。

2. 技术指标

对于低层冷弯薄壁型钢住宅体系，其总结构用钢量为 22~25kg/m²，开间尺寸为 3.3~4.8m；

多层钢框架住宅体系,其钢结构用钢量为 $35\sim 40\text{kg}/\text{m}^2$,开间尺寸以 $3.3\sim 4.5\text{m}$ 为宜;高层钢框架混合结构或带钢支撑钢框架体系,其钢结构用钢量为 $50\text{kg}/\text{m}^2$ 左右,开间尺寸为 $3.3\sim 7.2\text{m}$ 为宜。

3. 适用范围

冷弯薄壁型钢可广泛应用于低层住宅(1~3层)的建设;钢框架结构可广泛应用于多层住宅(4~7层)的建设;钢与混凝土混合结构或带钢支撑框架结构可应用于高层住宅(9~24层)的建设。钢结构住宅建设要以产业化为目标做好墙板的配套工作,以试点工程为基础做好钢结构住宅的推广工作。

4. 已应用的典型工程

武汉世纪家园高层住宅项目,都江堰幸福家园逸苑钢结构住宅小区,北京金宸公寓等。

5.7 高强度钢材应用技术

1. 主要技术内容

对承受较大荷载的钢结构工程,选用更高强度级别的钢材,可减少钢材用量及加工量,节约资源,降低成本。国家标准规定的低合金高强度结构钢有Q295、Q345、Q390、Q420、Q460五个牌号,桥梁用结构钢有Q235q、Q345q、Q370q、Q420q四个牌号,高层建筑结构用钢有Q235GJ、Q345GJ、Q235GJZ、Q345GJZ四个牌号。而目前钢厂供货及工程设计使用较多的是Q345强度等级钢材,很少使用Q390及以上更高强度等级钢材,还大有提高使用高强度级别钢材的空间。

2. 技术指标

钢厂供货品种及规格:轧制钢板的厚度为 $6\sim 120\text{mm}$,宽度为 $1500\sim 3600\text{mm}$,长度为 $6000\sim 18000\text{mm}$;低合金高强度结构钢的机械性能和化学成分,详见《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带》GB/3274;高层建筑结构用钢的机械性能和化学成分,详见《高层建筑结构用钢板》YB4104;桥梁结构钢的机械性能和化学成分,详见《桥梁用结构钢》GB/T714。使用高强度钢材时注意选用匹配的焊接材料和焊接工艺,并经过工艺评定检验。

3. 适用范围

适用于高层建筑、大型公共建筑、大型桥梁等结构用钢、摩擦型钢桩、其它承受较大荷载的钢结构。

4. 已应用的典型工程

国家体育场、国家游泳中心、中央电视台新址、新保利大厦、广州新电视塔、法门寺合十舍利塔等。

5.8 大型复杂膜结构施工技术

1. 主要技术内容

膜结构工程属较新的结构体系,按受力体系可分为整体张拉式膜结构、骨架式膜结构、骨架支承张拉式膜结构、索系支承式膜结构和空气支承膜结构五种基本类型。按照膜材性质划分为织物类和薄膜类膜结构两类膜结构。该技术主要包括以下几个方面:膜结构优化及深化设计技术;膜结构加工制作技术;膜结构安装技术;膜材及膜结构质量检查技术。

2. 技术指标

通过找形分析、裁剪设计等深化设计过程将膜结构优化为受力最优状态的空间曲面,符合设计要求;采取合理的施工技术进行膜结构安装,保证施工质量满足《膜结构技术规程》CECS158及国家相关标准的要求。

3. 适用范围

适用于各类膜结构施工。

4. 已应用的典型工程

国家体育场采用了 45000m²ETFE 单层张拉膜屋面和 55000m²PTFE 膜声学吊顶，国家游泳中心采用了 10 万 m²ETFE 膜气枕用于屋面和维护结构。上海体育场、上海世博轴、上海 F1 国际赛车场、青岛颐中体育场、长沙世界之窗剧场、深圳欢乐谷中心、广州海洋世界海豚馆等。

5.9 模块式钢结构框架组装、吊装技术

1. 主要技术内容

模块式钢结构组装、吊装技术是指：将大型超高钢结构框架分割成若干个框架单元（模块）分别在地面进行各个框架单元（模块）的组装，在符合吊装能力的前提下，将框架内的设备和部分管道预先安装到位，减少了高空施工作业，然后选用符合工况条件的大型起重机分别进行各个框架单元（模块）的吊装就位。其技术特点是：

（1）用分段立体式地面低空组装，减少了散装大型钢结构高空组装测量时受风载荷和温度而引起的测量误差。

（2）采用分段立体式模块以框架单元地面组装减少了大量的高空作业量和组装吊装的难度。

（3）模块框架单元地面组装减少了大量的脚手架搭设，只需搭设少量简易脚手架或设置操作性爬梯或挂篮。

（4）模块框架单元地面组装降低了大量的高空作业所形成的安全施工控制难度及安全风险。

（5）采用模块框架单元地面组装可以多个框架单元同时进行组装，扩大了施工作业面，缩短了组装周期，有利于工程总进度的控制。

2. 技术指标

满足《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205；《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236；《建筑地基处理技术规范》JGJ79。

3. 适用范围

适用于钢结构框架总体高度较高（50m 以上），且采用四根或六根主立柱独立布置的大型超高钢结构框架。不适用于施工场地较小的工程。

4. 已应用典型工程

上海高桥分公司炼油厂 140 万 t/年延迟焦化装置工程中 90.16m 高的焦炭塔塔架安装工程；上海赛科石油化工有限公司 60 万 t/年聚乙烯装置中 52.9~96.4m 高的八座钢结构框架安装工程。

6. 机电安装工程技术

6.1 管线综合布置技术

1. 主要技术内容

管线综合布置技术是依靠计算机辅助制图手段，在施工前模拟机电安装工程施工完后的管线排布情况。即在未施工前先根据所施工的图纸在计算机上进行图纸“预装配”，有条件的可以采用 3D（三维图）直观的反映出设计图纸上的问题，尤其是在施工中各专业之间设备管线的位置冲突和标高重叠。

根据模拟结果，结合原有设计图纸的规格和走向，进行综合考虑后再对施工图纸进行深化，从而达到实际施工图纸深度。应用“管线综合布置技术”极大缓解了机电安装工程中存在的各种专业管线安装标高重叠，位置冲突的问题。不仅可以控制各专业和分包的施工工序，减少反工，还可以控制工程的施工质量与成本。

2. 技术特点

(1) 快速完善施工详图设计和节点设计

“管线综合布置技术”各专业的施工单位和人员提前熟悉图纸。通过提前审图这一过程，使施工人员了解设计的意图，掌握管道内的传输介质及特点，弄清管道的材质、直径或截面大小、强电缆与线槽（架、管）的规格、型号、弱电系统的敷设要求，清晰各楼层净高、管线安装敷设的位置和有吊顶时能够使用的宽度及高度、管道井的平面位置及尺寸，特别是风管截面尺寸及位置、保温管道间距要求、无压管道坡度、强弱电桥架的间距等等。

(2) 控制各专业或各分包的施工工序

管线综合布置技术在未施工前先根据所要施工的图纸进行图纸“预装配”，通过“预装配”的过程就把各个专业未来施工中的交汇问题全部暴露出来。提前解决这些问题，为将来施工中安排施工工序打下良好基础，因此可合理安排整个工程各专业或各分包的施工穿插及顺序。

(3) 预先核算计算，应用综合支吊架。

综合支吊架的最大的优点是不同专业的管线使用一个综合支架，减少支架的使用，合理利用了空间，同时降低了成本。只有采用管线综合布置技术才能更好地进行综合支架的选择和计算。

(4) 施工动态控制

由于图纸制作、处理、审核全在现场，使与机电工程有关的管理及施工人员（包括甲方、监理、总包、劳务分包等），均通过图纸对所涉及的专业内容（各专业图纸的综合图、机电样板的汇总报审图、与土建的交接图、方案附图、洽商附图、报验图及工程管理用图等）进行管理调整，及时掌握变更的状况。

3. 适用范围

适用于多专业或多分包单位施工的建筑机电安装工程管理，尤其适用于机电工程总承包管理。同时也适用于市政工程中的道路桥梁的配套管线工程。

4. 已应用的典型工程

北京东方广场工程、奥运射击馆、北京首都机场 T3 航站楼工程等。

6.2 金属矩形风管薄钢板法兰连接技术

金属矩形风管薄钢板法兰风管制作、安装技术与传统角钢法兰连接技术相比，具有工艺先进、产品质量稳定，制作、安装生产效率高，成型质量好，操作人员工种少（省去焊接、油漆工种），减少环境污染，降低操作劳动强度，缩短施工周期，加快工程建设进度等特点。

金属矩形风管薄钢板法兰连接技术，根据加工形式的不同有所区别：法兰与风风管壁为一体的形式，称之为“共板法兰风管”、“无法兰风管”或叫“TDC 法兰风管”；另一种则是“组合式法兰”风管（又称之为 TDF 法兰），其薄钢板法兰用专用组合法兰机制作成法兰的形式，根据风管长度下料后，插入制作好的风风管壁端部，再用铆（压）接连为一体。

1. 主要技术内容

薄钢板法兰风管有两种构造形式：经过专用机械加工风管与法兰同为一体及采用镀锌板制作的法兰条与风管本体采用铆接形成的风管，第二种是第一种补充和加强形式。风管间的连接采用弹簧夹式、插接式或顶丝卡紧固等方式。薄钢板法兰风管的制作，可采用单机设备分工序完成风管制作；也可采用在计算机控制下，通过自动生产线将材料类型选择、剪切下料、风管板面连接形式及法兰成形、折方等工序顺序自动完成。自动化流水线使用镀锌板卷材，根据风管需要连续进行管材下料到半成品加工完成，全部工序只需 30 秒钟即可完成，实现了直风管加工和风管配件下料的自动化。异形风管可采用数控等离子切割设备下料，工序简单、操作时间短，下料准确。设备的配套使用实现了直风管加工和风管配件下料的自动化。

2. 技术指标

金属矩形风管薄钢板法兰连接技术的技术指标应符合国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243，《通风管道技术规程》JGJ141 以及《薄钢板法兰风管制作与安装》07K133 中

的有关规定。

3. 适用范围

适用于工作压力不大于 1500Pa 的通风及空调系统中风管长边尺寸不大于 2000mm 的金属矩形风管的制作连接。

4. 已应用典型工程

上海金茂大厦、北京东方广场、北京中国银行大厦、首都博物馆、中国大剧院、北京奥体中心等工程。

6.3 变风量空调系统技术

变风量系统是一种通过改变进入空调区域的送风量来适应区域内负荷变化的全空气空调系统。主要用于办公和其他商用建筑的舒适性空调。

变风量空调系统运行成功与否，取决于空调系统设计是否合理、变风量末端装置的性能优劣以及控制系统的整定和调试。其中合理的系统设计是基础，末端装置的性能优劣是关键，控制系统调试是重点难点。

1. 主要技术内容

(1) 变风量空调系统基本构成

变风量空调系统有各种类型，它们均由四个基本部分构成：变风量末端装置、空气处理及输送设备、风管系统及自动控制系统。图 6.3 显示了变风量空调系统四个基本部分的构成、作用与相互关系。

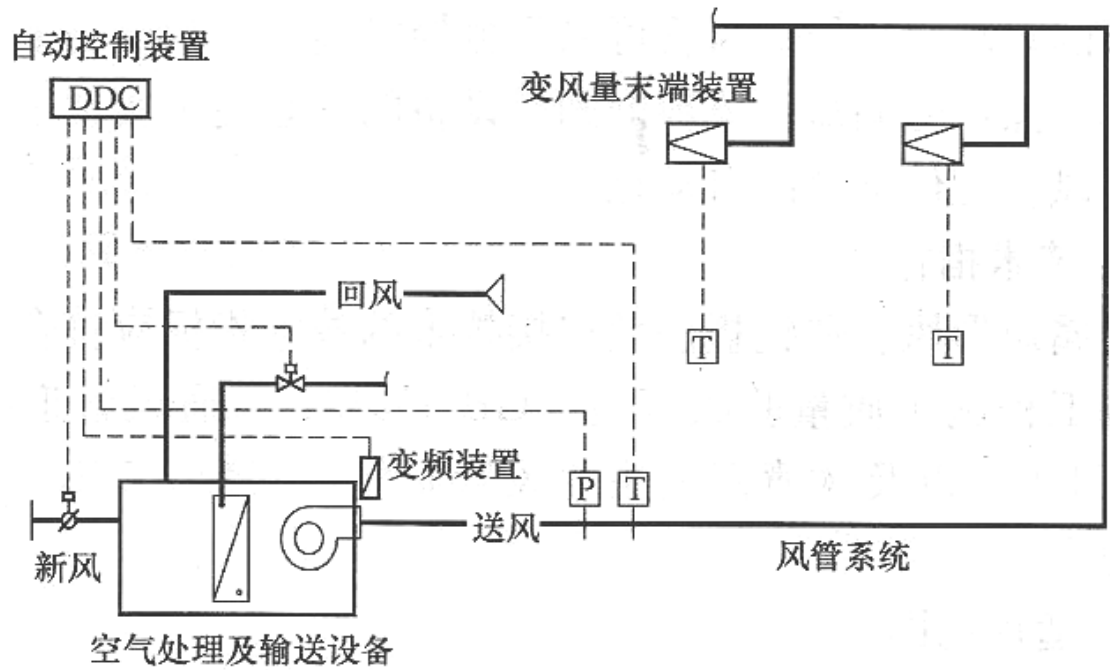


图 6.3 变风量空调系统基本构成

(2) 技术特点

变风量空调系统融合了定风量系统与风机盘管系统的优点，又克服了它们各自的不足，形成其独特的特点，见表 6.3-1。

全空气变风量空调系统优点、缺点 表 6.3-1

系统优点	1. 区域温度可控，所采用的比例调节方式的控制质量优于风机盘管机组的双位调节，所采用的风量调节方法的节能性也远胜于定风量系统的再热调节方法。 2. 部分负荷时，采用变频装置调节风机转速，大大降低了风机能耗；
------	--

	3. 保持定风量空调系统空气过滤效率高、室内空气品质好、室内相对湿度低、热舒适性好的特点；通过改变新风比还可利用室外低温新风进行自然冷却，并可实现低温送风； 4. 系统可以无水管进入空调区域。减少系统泄露可能性，提高系统使用、维护的安全性。
系统缺点	1. 因大量使用变风量末端装置及其控制设备，初投资较大 2. 风量调节时，区域内新风量分配可能会不均匀 3. 末端装置内置风机和调节风阀可能会产生噪声； 4. 设计、施工、管理较复杂； 5. 末端装置较小风量时室内气流分布状况较差。

2. 技术指标

变风量空调系统的技术指标应符合表 6.3-2。

变风量空调系统技术指标

表 6.3-2

设计方面	《公共建筑节能设计标准》GB50185 《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019
施工方面	《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243 《智能建筑工程质量验收规范》GB50339

3. 适用范围

变风量空调系统适用于负荷变化较大的建筑物、多区域控制的建筑物及公用回风通道的建筑物。

4. 已应用的典型工程

上海西郊国宾馆、中国电信上海信息枢纽大楼、厦门国际银行大厦、深圳华为公司、新加坡大使馆、杭州大剧院等。

6.4 非金属复合板风管施工技术

1. 主要技术内容

按复合板材质的不同, 非金属复合板风管主要有机制玻镁复合板风管、聚氨酯复合板风管、酚醛复合板风管、玻纤复合板风管。

机制玻镁复合板风管是以玻璃纤维为增强材料, 氯氧镁水泥为胶凝材料, 中间复合绝热材料或不燃轻质结构材料, 采用机械化生产工艺制成三层(多层)结构的机制玻镁复合板。在施工现场或工厂内切割成上、下、左、右四块单板, 用专用无机胶粘剂组合粘接工艺制作成通风管道。

酚醛铝箔复合板风管与聚氨酯铝箔复合板风管同属于双面铝箔泡沫类风管, 风管内外面表面覆贴铝箔, 中间层为聚氨酯或酚醛泡沫绝热材料。

玻纤复合板风管是以玻璃棉板为基材, 外表面复合一层玻璃纤维布复合铝箔(或采用铝箔与玻纤布及阻燃牛皮纸复合而成), 内表面复合一层玻纤布(或覆盖一层树脂涂料)而制成的玻纤复合板为材料, 经切割、粘合、胶带密封和加固制成的通风管道。

复合板板材的制作均采用机械化生产工艺一次成型复合制成。生产效率高, 板材质量得到有效保证。

复合板风管具有外观美观、重量轻、施工方便、效率高、漏风小、不需要外保温的特点, 一般在现场制作, 以避免损坏。

2. 技术指标

非金属复合板风管制作安装均应符合国家有关的规范、规程: 《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243、《通风管道技术规程》JGJ141、《非金属及复合风管》JG/T258、《复合玻纤板风管》JC/T591、《机制玻镁复合板风管制作与安装》09CK134。

3. 适用范围

按中间复合绝热材料或不燃轻质结构材料的不同,机制玻镁复合板风管适用于工业与民用建筑中工作压力 $\leq 3000\text{Pa}$ 的通风、空调、洁净及防排烟中的风管。

(1) 聚氨酯复合板风管适用于工作压力 $\leq 2000\text{Pa}$ 的空调系统、洁净系统及潮湿环境。

(2) 酚醛复合板风管适用于工作压力 $\leq 2000\text{Pa}$ 的空调系统及潮湿环境。

(3) 玻纤复合板风管适用于工作压力 $\leq 1000\text{Pa}$ 的下的空调通风管道系统。

4. 已应用的典型工程

复合板风管比较典型的工程有首都体育馆(机制玻镁复合板风管)、500 千伏静安(世博)输变电站(机制玻镁复合板风管)、解放军 309 医院工程(玻纤复合板风管)、北京疾病预防控制中心中央实验室(聚氨酯复合板风管)、南京国际展览中心(酚醛复合板风管)。

6.5 大管道闭式循环冲洗技术

管道在施工过程中,管道内难免落进砂、砾石、砖块、电焊条、电焊渣等杂物,残存在管道内壁的底层,而管道内壁因氧化、腐蚀而残存在管道壁面的氧化铁皮等,在管网投入运行前,必须将这些杂质清除掉,而最好的、即环保、又节能的方法就是采用闭式循环冲洗法,能够清除掉管内一切杂物。

1. 主要技术内容

(1) 闭式循环冲洗管道的原理

利用水在管内流动的动力和紊流的涡旋及水对杂物的浮力,迫使管内杂质在流体中悬浮、移动,从而使杂质随流体带出管外或沉积于除污短管内清除掉。这种向管内注水,脏水循环、排掉;再换水,清水循环、排掉;再换水,净水循环,再排掉等循环过程称为闭式循环冲洗。

(2) 严格计算选择杂质的悬浮速度、启动速度和移动速度,最终确定冲洗速度。

(3) 设计冲洗系统主管、支管及连通管,计算冲洗长度,在冲洗长度处安设除污短管,便于冲洗时沉积杂物。

(4) 根据管网各项技术参数,计算系统能量损耗。

(5) 最终确定冲洗速度、最大冲洗长度和冲洗用水泵及设备。一般选择 1m/s 速度冲洗最经济。

(6) 连通安装冲洗系统。

2. 技术指标

冲洗最终质量,应按设计要求标准执行,无设计要求时,应按《城镇直埋供热管道工程技术规程》CJJ/T81 规定。

3. 适用范围

闭式循环冲洗技术,适用城市供热管网,供水管网和一切可用水冲洗管道的工业、民用管网的冲洗。

4. 已应用的典型工程

唐山市新区、市区供热管网及各支线供热管网、北京阜成线供热管网及厦门机场空调冷却循环水管道、赛格广场、涿州热电厂等工程。

6.6 薄壁金属管道新型连接方式

给水管道中,取代镀锌钢管和塑料管道的薄壁不锈钢管道和薄壁铜管的应用已越来越广泛,连接方式也越来越多,除焊接和粘接以外,机械密封式连接的种类最多。因机械密封式连接无套丝作业、无焊接施工、无粘接作业,污染少,连接快速简便,发展前景好。

1. 主要技术内容

(1) 铜管接卸密封式连接

1) 卡套式连接: 是一种较为简便的施工方式, 操作简单, 掌握方便, 是施工中常见的连接方式, 连接时只要管子切口的端面能与管子轴线保持垂直, 并将切口处毛刺清理干净, 管件装配时卡环的位置正确, 并将螺母旋紧, 就能实现铜管的严密连接, 主要适用于管径 50mm 以下的半硬铜管的连接。

2) 插接式连接: 是一种最简便的施工方法, 只要将切口的端面能与管子轴线保持垂直并去除毛刺的管子, 用力插入管件到底即可, 此种连接方法是靠专用管件中的不锈钢夹固圈将钢壁禁锢在管件内, 利用管件内与铜管外壁紧密配合的“O”型橡胶圈来实施密封的。主要适用于管径 25mm 以下的铜管的连接。

3) 压接式连接: 是一种较为先进的施工方式, 操作也较简单, 但需配备专用的且规格齐全的压接机械。连接时管子的切口端面与管子轴线保持垂直, 并去除管子的毛刺, 然后将管子插入管件到底, 再用压接机械将铜管与管件压接成一体。此种连接方法是利用管件凸缘内的橡胶圈来实施密封的。主要适用于管径 50mm 以下的铜管的连接。

(2) 薄壁不锈钢管机械密封式连接

1) 卡压式连接: 配管插入管件承口(承口“U”形槽内带有橡胶密封圈)后, 用专用卡压工具压紧管口形成六角型而起密封和紧固作用的连接方式。

2) 卡凸式螺母型连接: 以专用扩管工具在薄壁不锈钢管端的适当位置, 由内壁向外(径向)辊压使管子形成一道凸缘环, 然后将带锥台形三元乙丙密封圈的管插进带有承插口的管件中, 拧紧锁紧螺母时, 靠凸缘环推进压缩三元乙丙密封圈而起密封作用。

3) 环压式连接: 环压连接是一种永久性机械连接, 首先将套好密封圈的管材插入管件内, 然后使用专用工具对管件与管材的连接部位施加足够大的径向压力使管件、管材发生形变, 并使管件密封部位形成一个封闭的密封腔, 然后再进一步压缩密封腔的容积, 是密封材料充分填充整个密封腔, 从而实现密封。同时将管件嵌入管材是管材与管件牢固连接。

2. 技术指标

应按设计要求的标准执行; 无设计要求时, 按《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242 执行。

3. 适用范围

可以广泛地应用于给水、热水、饮用水、排水采暖等管道系统中。

4. 已应用的典型工程

卡压式连接比较典型的工程有: 北京人民大会堂冷热水工程、财政部办公楼直饮水工程、上海汤臣花园热水工程、上海 F1 国际赛车场冷热水工程、大庆 36000 户人家直饮水工程。

卡凸式连接比较典型的工程有: 上海世博会中国馆, 还有北京广安贵都大酒店(五星)、广州白云宾馆、广州亚运城、杭州千岛湖别墅等等。

6.7 管道工厂化预制技术

现代建筑机电安装正朝着工厂化和装配化方向发展, 其基本特点是将全部工作分为预制和装配两个部分。

工厂化预制的优越性在于既不受天气影响, 也不受土建和设备安装条件的限制, 待现场条件具备时, 即可将预制好的管段及组合件运至现场进行安装。这对于缩短施工周期, 加快施工进度, 减少高空作业和高空作业辅助设施的架设, 保证施工质量和安全, 提高技术水平和平衡施工力量等都具有十分重要的意义。

1. 主要技术内容

民用建筑管道工厂化预制的內容主要有: 图纸深化、现场测量、绘制单线图、绘制加工图、备料、划线、下料、加工、组装、检验、编号、分期分批运至安装现场。

工厂化预制主要有以下几项工作：深化设计、材料供应、预制加工、运输配送、现场安装，以及辅助并穿插在全过程中的质量控制和安全监控。

(1) 深化设计

以设计院提供的设计图纸为依据，按照国家法律、法规和标准规范的规定，进行深化设计，并在取得现场工程师认可后，绘制预制加工图。

(2) 材料供应验收

按照业主或招标文件要求，与现场测绘，同时选择合格的、符合业主或招标文件要求的合格供应厂商，及时收集资料及时送审，经确认后及时订货。

(3) 预制加工

管段加工图经确认后，交付给预制加工厂，由其按图进行加工。预制加工过程中，质量检验人员依据国家规范、设计要求、施工深化图以及预制加工图，对加工后的成品和半成品及时进行质量检验。

(4) 运输配送

根据施工进度计划，组织、协调现场分送、吊运准备工作，并踏勘预制组装件现场安装部位，配备必要的起重设备或协调现场原有的起重设备。

(5) 现场安装

根据进度计划将加工基地配送到现场的预制管线，按施工图进行合理的分配、排列；并根据规范要求先行制作支吊架，再将半成品管线安装到位；

2. 技术指标

(1) 加工图要点

1) 准确性：应严格按照施工深化图、单线图以及现场实测尺寸绘制。

2) 简要性：图纸要清晰、明确，分段合理（由主到次，由大到小，由系统到楼层依次拆分）。

3) 加工管段：管段编号、配件编号、口径标注、尺寸标注要逐一对应，不得混乱；所生成的材料明细表应与加工图一一对应，一目了然。

4) 可追溯性：加工图审定后，应存档，对有修改的部分，应重新绘制加工图修改版，并再次存档备查。

(2) 预制加工场配备说明

预制加工基地尽可能选择在施工现场附近，加工基地一般设置有生活区、加工区、仓库区和办公区，各区域面积根据工程规模、类别、预制加工量而定。

3. 适用范围

本技术适用于大、中型民用建筑工程、工业工程、石油化工工程的管道安装

4. 已应用典型工程

上海环球金融中心、上海通用汽车改造工程、上海国际博览中心 10、11 号馆、上海 X-2 国金中心等工程。

6.8 超高层高压垂吊式电缆敷设技术

1. 主要技术内容

在超高层供电系统中，有时采用一种特殊结构的高压垂吊式电缆，这种电缆不管有多长多重，都能靠自身支撑自重，解决了普通电缆在长距离的垂直敷设中容易被自身重量拉伤的问题。它由上水平敷设段、垂直敷设段、下水平敷设段组成，其结构为：电缆在垂直敷设段带有 3 根钢丝绳，并配吊装圆盘，钢丝绳用扇形塑料包覆，并与三根电缆芯绞合，水平敷设段电缆不带钢丝绳。吊装圆盘为整个吊装电缆的核心部件，由吊环、吊具本体、连接螺栓和钢板卡具组成，其作用是在电缆敷设时承担吊具的功能并在电缆敷设到位后承载垂直段电缆的全部重量，电缆承重钢丝绳与吊具连接采用锌铜合金浇铸工艺。

(1) 施工要点:

1) 吊装工艺选择: 利用多台卷扬机吊运电缆, 采用自下而上垂直吊装敷设的方法。

2) 对每个井口的尺寸及中心垂直偏差进行测量, 并安装槽钢台架。

3) 设计穿井梭头, 用以扶住吊装圆盘, 让其顺利穿过井口。

4) 吊装设备布置: 吊装卷扬机布置在电气竖井的最高设备层或以上楼面, 除吊装最高设备层的高压垂吊式电缆外, 还要考虑吊装同一井道内其他设备层的高压垂吊式电缆。

5) 架设专用通讯线路, 在电气竖井内每一层备有电话接口。指挥人、主吊操作人、放盘区负责人还必须配备对讲机。

6) 电气竖井内光线弱, 要设置临时照明。

7) 电缆盘架设: 电缆盘至井口应设有缓冲区和下水平段电缆脱盘后的摆放区, 面积大约 30~40 m²。架设电缆盘的起重设备通常从施工现场在用的塔吊、汽车吊、履带吊等起重设备中选择。

8) 吊装过程: 选用有垂直受力锁紧特性的活套型网套, 同时为确保吊装安全可靠, 设一根直径 12.5mm 保险附绳, 当上水平段电缆全部吊起, 将主吊绳与吊装圆盘连接, 同时将垂直段电缆钢丝绳与吊装圆盘连接。当吊装圆盘连接后, 组装穿井梭头。在吊装过程中, 在电气竖井井口安装防摆动定位装置, 可以有效的控制电缆摆动。将上水平段电缆与主吊绳并拢, 并用绑扎带捆绑, 应由下而上每隔 2m 捆绑, 直至绑到电缆头, 吊运上水平段和垂直段电缆。吊装圆盘在槽钢台架上固定后, 还要对其辅助吊挂, 目的是使电缆固定更为安全可靠。在吊装圆盘及其辅助吊索安装完成后, 电缆处于自重垂直状态下, 将每个楼层井口的电缆用抱箍固定在槽钢台架上。水平段电缆通常采用人力敷设。在桥架水平段每隔 2m 设置一组滚轮。

2. 技术指标

(1) 采用的标准规范

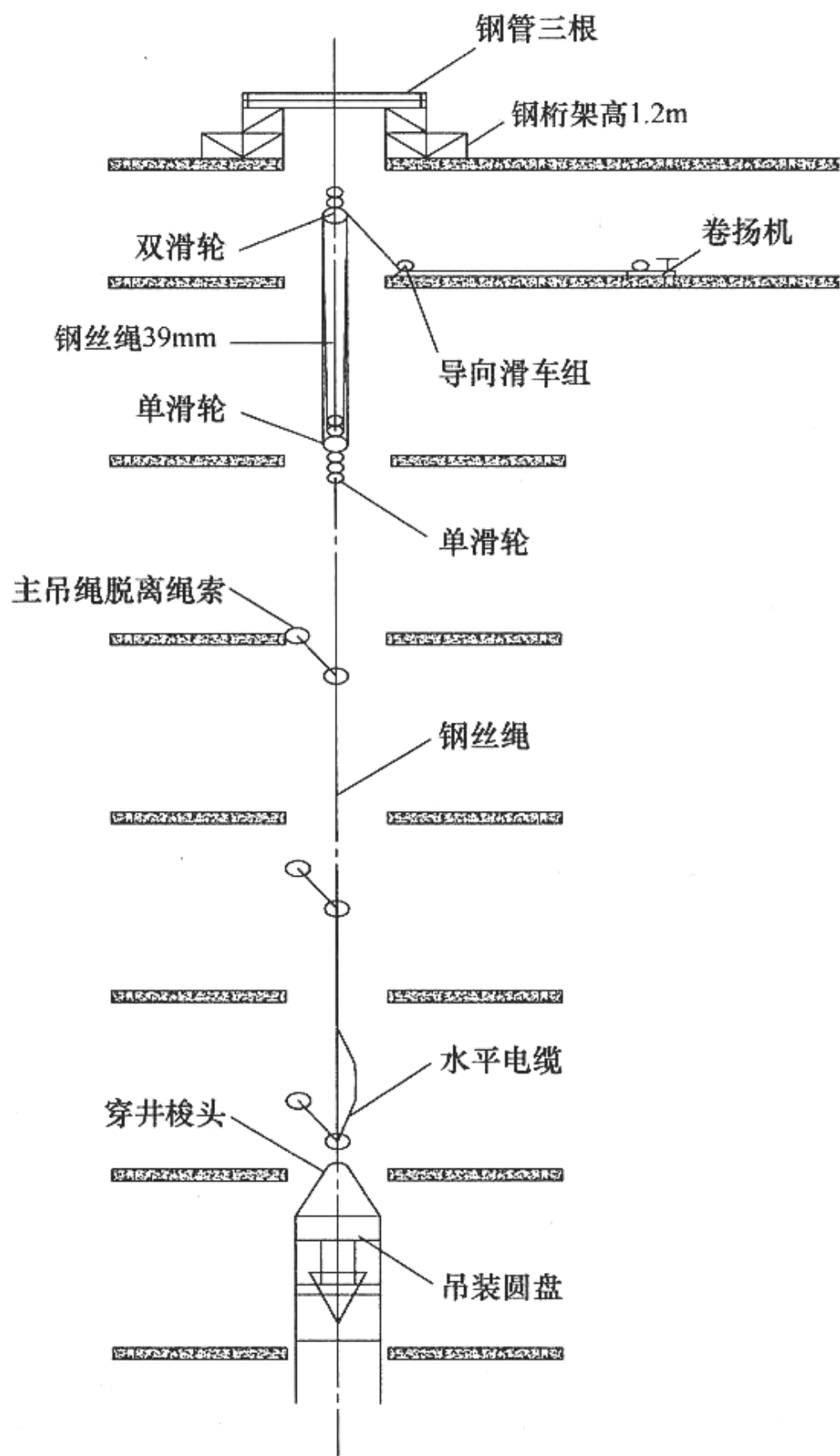
《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB50168、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB50303、《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB50150、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ33、《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46。

(2) 技术要求

1) 电缆型号、电压及规格应符合设计要求。核实电缆生产编号、订货长度、电缆位号, 做到敷设准确无误;

2) 电缆外观无损伤, 电缆密封应严密;

3) 电缆应做耐压和泄漏试验, 试验标准应符合国家标准和规范的要求, 电缆敷设前还应应用 2.5kV 摇表测量绝缘电阻是否合格。



6.8 卷扬机分段提升示意图

3. 适用范围

适用于在超高层建筑电气竖井内的高压垂吊式电缆敷设,尤其适用于长距离大截面电缆垂直敷设。

4. 已应用的典型工程

上海环球金融中心。

6.9 预分支电缆施工技术

1. 主要技术内容

(1) 技术特点: 分支电缆是近年来的一项新技术产品, 该产品根据各个具体建筑的结构特点和配电要求, 将主干电缆、分支线电缆、分支连接体三部分进行特殊设计与制造, 产品到现场经检查合格后可直接安装就位, 极大地缩短了施工周期、减少了材料费用和施工费用, 更好地保证了配电的可靠性。预分支电缆由三部分组成: 主干电缆、分支线、起吊装置, 并具有三种类型: 普通型、阻燃型、耐火型。预分支电缆是高层建筑中母线槽供电的替代产品, 具有供电可靠、安装方便、占用建筑面积小、故障率低、价格便宜、免维修等优点, 目前已广泛应用于中高层建筑采用电气竖井垂直供电的系统和隧道、机场、桥梁、公路等供电系统。

(2) 施工技术: 采用预分支电缆技术时, 应先行测量建筑电气竖井的实际尺寸(竖井高度、层高、每层分支接头位置等), 同时结合实际配电系统安装的位置量身定制, 为避免因楼层功能改变引起容量的变动, 宜将预分支电缆的干线和支线截面均放大一级, 特殊情况还应预留分支线以供备用。

(3) 预分支电缆的安装: 预分支电缆可以吊装或放装, 采用放装(从上往下或从未端开始施放), 用户需要向制造厂家提出, 电缆在出厂复绕时要逆向复绕。无论是吊装还是放装, 安装时每一楼层都要有专人监护, 以免电缆刮伤。在电缆提升前应先安装钢丝网套, 钢丝网套安装时要用扎紧线与电缆扎紧, 其扎紧线应位于网套的末端。在电缆全部吊好后应及时将电缆固定在安装支架上, 以减少网套承受的拉力, 从而避免因拉力过大使电缆外护套拉坏。

2. 技术指标

《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB50168、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB50303、《预制分支电力电缆安装》标准图集 00D101-7。

3. 适用范围

适用于中高层建筑交流额定电压为 0.6/1kV、中小负荷的配电线路。

4. 已应用典型工程

杭州西湖文化广场环球中心、宁波万豪大酒店。

6.10 电缆穿刺线夹施工技术

1. 主要技术内容

(1) 技术特点: 电缆穿刺线夹施工技术, 是一种新型的电缆连接器技术, 是代替分线箱、T 接箱最佳的产品, 施工时无需截断主电缆, 可在电缆任意位置做分支, 不需要对导线和线夹做特殊处理, 操做简单、快捷, 与常规接线方式相比, 免去了剥除绝缘层、搪锡或压接端子、绝缘包扎等工序, 减少了绝缘层、电线头等施工垃圾, 降低了常规做法难以避免的环境污染, 节省人工和安装费用。

(2) 施工工艺: 一般穿刺分支接头结构多采用绝缘线芯穿刺线夹工艺制作, 穿刺分支电缆的绝缘穿刺线夹具有力矩螺母和穿刺结构, 力矩螺母用于保证恒定的接触压力, 确保良好的电气接触, 并同穿刺结构一起使安装简便可靠。绝缘穿刺线夹的使用对干线的机械性能和电气性能影响小。

(3) 施工方法：采用电缆穿刺线夹施工时，首先在主线电缆上确定好分支线的位置，并在确定的部位剥去 200~500mm 外护套，将主线电缆芯线分叉，无需剥去电缆芯线内护层（绝缘层），将分支线直接插入具有防水功能的支线帽内（无需剥去绝缘层），再将线夹固定在主线电缆分支芯线处，在连接处用手拧紧线夹螺母，最后用套筒板手套固定线夹按顺时针拧紧线夹上的力矩螺母，当穿刺刀片与金属导体的接触达到最佳效果时力矩螺母便会自动断离，如图 6.10 所示，不需要对导线和线夹做特殊处理。

穿刺线夹安装示意图			
步骤一	步骤二	步骤三	步骤四
			
将支线插入线夹支线帽	将线夹固定在主线的连接处然后用手拧紧线夹螺母，	用板手加固定线夹下端用另一板手顺时针拧力矩螺线	拧至力矩螺母断离

图 6.10 穿刺线夹安装示意图

2. 技术指标

《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB50168、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB50303、产品技术标准。

3. 适用范围

适用于中高层建筑 1kV 电系统绝缘电缆的分支连接。分支连接适用于 1.5~400mm² 铜、铝导体的绝缘电缆。

4. 已应用典型工程

北京四季青服装交易中心工程、浙江建设综合大厦（元茂大厦）等。

※ ※ ※ ※ ※

6.11 大型储罐施工技术

(一) 液压提升（顶升）倒装大型储罐技术

1. 主要技术内容

液压提升（顶升）倒装大型储罐技术是近年较广泛采用的新工艺，按液压机具的不同可分成液压提升倒装法和液压顶升倒装法两种。它采用在罐体内圆周均布若干个液压千斤顶（液压提升缸），通过自动控制液压系统向千斤顶（提升缸）同时供油，使各千斤顶（液压缸）同步上升，带动罐壁起升，循环重复这一过程，即可最终完成罐体吊装。

2. 技术指标

液压提升（顶升）倒装大型储罐的方案设计及选用应遵循国家的相关标准、规范的规定。施工原理是：在罐内布置高压油泵站，液压油经高压油管进入千斤顶使柱塞推动顶柱上升，提升（顶升）力通过胀圈、托板等传至已组装焊接完毕的上部罐体，将罐体顶升到一定高度，再组装焊接下一圈壁板，依此往复进行，直至全部罐壁组焊完毕。整个工装机具包括液压千斤顶（提升缸）系统、自控操作系统和液压站及管路系统。为提高罐壁的刚度，需设置胀圈。为了操作自动化，在液压提升（顶升）系统上要装自控阀、液压限位器、报警装置等。在罐体外要设操作控制台，用以控制液压千斤顶（提升缸）的起升和回缩。

使用这种方法吊装的特点是：

- (1) 在罐体内布设液压提升（顶升）系统，对罐外周边场地、环境要求不高。

- (2) 液压系统可采用计算机控制，自动化水平高，操作简单、可靠。
- (3) 罐体上升同步、平稳，行程、高度可控。
- (4) 施工环境好、劳动强度低，施工速度快、工作效率高。
- (5) 施工安全，由于液压系统有反向自锁功能，不会因停电或其它突然状况而造成事故。
- (6) 液压千斤顶（提升油缸）起重能力大，采用不同的数量组合，就可以实现所需要的提升（顶升）负荷。

3. 适用范围

适用于大型金属立式圆柱形储罐的倒装施工。

4. 已应用典型工程

深圳新鸿光油库 2 台 20000m³拱顶油罐安装工程、九江石化总厂成品罐安装工程 3 台 30000m³浮顶罐液压提升、大连石化公司新增原油库 100000m³油罐安装等。

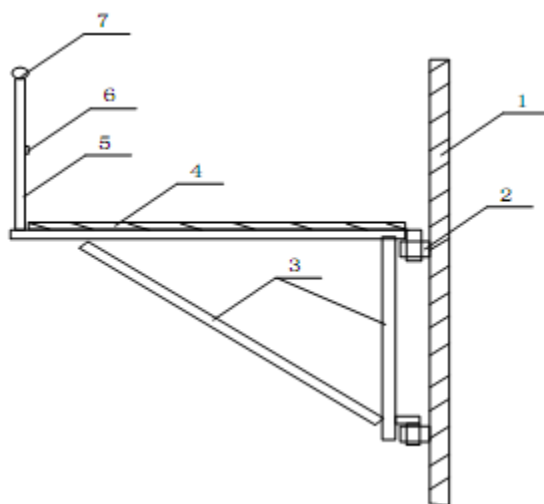
(二) 大型储罐内置悬挂平台正装法施工技术

1. 主要技术内容

大型储罐正装法施工，罐体组装按照自下而上的顺序进行。首先进行罐体的定位放线，铺设焊接底板；然后对壁板进行精确下料预制，在底板边缘板上焊接好工装件，用精确组合法组装第一圈壁板，调整壁板圆弧度、垂直度和上口水平度并用斜支撑固定，焊接立缝；安装内置悬挂平台和壁板专用组装卡具，组装第二圈壁板并依次焊接立缝、横缝（埋弧自动横焊）；提升内置悬挂平台，自下而上依次安装各层壁板；第二圈壁板焊接完成后可同时安装浮盘装配式操作平台，在平台上组装浮顶船舱；壁板和浮盘安装结束后，开始安装中央排水系统、导向管、密封装置等附件；最后进行充水试压、浮盘升降试验和基础沉降试验。

(1) 悬挂平台安装设置

悬挂平台由三角架、平台梁、平台板、防护栏杆、安全网和焊接在壁板上的挂耳组成（结构见图 6.11）。悬挂平台的三角架按 3m 一个沿罐壁圆周设置。平台亦分为 3m 一段，焊接固定于三角架上。



1—壁板；2—挂耳；3—三角架；4—平台板；5—栏杆；6—护腰；7—扶手

图 6.11 悬挂平台结构图

(2) 内置悬挂平台安装

组装第二圈壁板前，在第一圈壁板内侧安装悬挂平台，以供第二圈壁板组装焊接用，安装位置在第一圈壁板内侧 2/3 高度处，同时安装好防护栏杆和安全网。在靠近罐人孔处搭设斜梯，以供人上下操作平台，在浮顶施工时，将浮顶下面的斜梯拆除，浮顶上面的斜梯逐层搭设。

(3) 内置悬挂平台提升

在第三圈壁板组装前,进行内置悬挂平台的提升。提升时,将若干个手动葫芦按每 3m 距离沿罐壁圆周布置半圈(或 1/3 圈,依据罐周长而定,一般不超过 30 个),葫芦吊钩悬挂于第二圈壁板上部吊耳上,由指挥人员统一指挥,各葫芦同时同步缓缓拉升,直至壁板 2/3 高度处进行就位。就位时,注意将所有三角架支腿均插于挂耳内,避免漏挂。就位后,加装一节斜梯至平台。

2. 技术指标

符合《立式圆筒形钢制焊接储罐施工及验收规范》GB50128、《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《现场设备工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236。

3. 适用范围

适用于石油化工行业和港口储运行业的容积为 10000m³ 以上的大型储罐施工。

4. 已应用的典型工程

营口港墩台山原油贮运工程(2 台 50000m³ 储罐)、营口仙人岛一期工程(6 台 100000m³ 及 4 台 50000m³ 储罐)、南京炼油厂 20000m³ 储罐工程、天津汇鑫油库工程(3 台 50000m³ 储罐)、中国兵器华锦集团储运项目营口仙人岛场站工程(4 台 100000m³、2 台 50000m³ 和 5 台 30000m³ 储罐)。

7. 绿色施工技术

7.1 基坑施工封闭降水技术

1. 主要技术内容

基坑施工封闭降水技术是指采用基坑侧壁帷幕或基坑侧壁帷幕+基坑底封底的截水措施,阻截基坑侧壁及基坑底面的地下水流入基坑,同时采用降水措施抽取或引渗基坑开挖范围内的现存地下水的降水方法。

在我国南方沿海地区宜采用地下连续墙或护坡桩+搅拌桩止水帷幕的地下水封闭措施。北方内陆地区宜采用护坡桩+旋喷桩止水帷幕的地下水封闭措施。河流阶地地区宜采用双排或三排搅拌桩对基坑进行封闭同时兼做支护的地下水封闭措施。

2. 技术指标

(1) 封闭深度:宜采用悬挂式竖向截水和水平封底相结合,在没有水平封底措施的情况下要求侧壁帷幕(连续墙、搅拌桩、旋喷桩等)插入基坑下卧不透水土层一定深度,深度情况应满足下式计算:

$$L = 0.2h_w - 0.5b$$

式中: L——帷幕插入不透水层的深度;

h_w——作用水头;

b——帷幕厚度。

(2) 截水帷幕厚度:满足抗渗要求,渗透系数宜小于 1.0×10⁻⁶cm/s。

(3) 基坑内井深度:可采用疏干井和降水井,若采用降水井,井深度不宜超过截水帷幕深度;若采用疏干井,井深应插入下层强透水层。

(4) 结构安全性:截水帷幕必须在有安全的基坑支护措施下配合使用(如注浆法),或者帷幕本身经计算能同时满足基坑支护的要求(如地下连续墙)。

3. 适用范围

本技术适用于有地下水存在的所有非岩石地层的基坑工程。

4. 已应用的典型工程

天津地区中钢天津响螺湾项目、北京地区朔黄大厦工程、协和医院门诊楼及手术科室楼工程、太原名都工程、深圳地铁益田站、广州地铁越秀公园站基坑工程、河北曹妃甸首钢炼钢区地下管廊工程。

7.2 施工过程水回收利用技术

(一) 基坑施工降水回收利用技术

1. 主要技术内容

基坑施工降水回收利用技术,一般包含两种技术:一是利用自渗效果将上层滞水引渗至下层潜水层中,可使大部分水资源重新回灌至地下的回收利用技术;一是将降水所抽水体集中存放,用于生活用水中洗漱、冲刷厕所及现场撒水控制扬尘,经过处理或水质达到要求的水体可用于结构养护用水、基坑支护用水,如土钉墙支护用水、土钉孔灌注水泥浆液用水,以及混凝土试块养护用水、现场砌筑抹灰施工用水等的回收利用技术。

2. 技术指标

(1) 基坑涌水量

$$Q_0 = \frac{1.336K_1(2H-S)}{\lg R_0/r_0}$$

式中: Q_0 ——基坑涌水量 (m^3/d), 按照最不利条件下的计算最大流量;

K ——含水层渗透系数 (m/d);

H ——含水层厚度 (m);

S ——降深 (m);

R_0 ——影响半径 (m), $R_0 = 2S\sqrt{HK_1}$;

r_0 ——基坑换算半径 (m)。

(2) 降水井出水能力

$$q_0 = \frac{l_1 d}{\alpha'} \times 24$$

式中: q_0 ——单井渗水量 (m^3/d);

l_1 ——进水管高度 (m);

d ——进水管直径 (m);

α' ——与含水层渗透系数有关经验系数 (经验系数取值范围 30~130)。

(3) 现场生活用水量

$$q_1 = P_1 N_1 K_2$$

式中: q_1 ——现场生活用水量 (m^3/d);

P_1 ——生活区居民人数;

N_1 ——生活区昼夜生活用水定额 ($\text{m}^3/(\text{人} \cdot \text{d})$);

K_2 ——生活区用水不均衡系数; 取 2.5。

(4) 现场洒水控制扬尘用水量

$$q_2 = K_3 S t$$

式中: q_2 ——现场洒水控制扬尘用水量 (m^3/d);

K_3 ——用水定量; 取 $0.15\text{m}^3/\text{km}^2$;

S ——施工现场洒水控制扬尘面积 (km^2);

t ——每天洒水次数。

(5) 施工砌筑抹灰用水量为

$$q_3 = K_4 \sum \frac{Q_i N_i}{T_1 t} K_5$$

式中: q_3 ——施工砌筑抹灰用水量 (m^3/d);
 K_4 ——未预计的施工用水系数; 取 1.15;
 K^5 ——用水不均衡系数; 取 1.5;
 Q_i ——每天施工工程量;
 N_i ——每 m^3 砖砌体耗水量 ($0.2 \sim 0.22 \text{m}^3$);
每 m^2 抹灰耗水量 ($0.01 \sim 0.015 \text{m}^3$)。

(6) 基坑降水回收利用率

$$R = K_6 \frac{Q_1 + q_1 + q_2 + q_3}{Q_0} \times 100\%$$

式中, Q_1 ——回灌至地下的水量 (根据地质情况及试验确定);
 K_6 ——损失系数; 取 $0.85 \sim 0.95$ 。

3. 适用范围

适用于在地下水面埋藏较浅的地区。

4. 已应用的典型工程

北京清华大学环境能源楼工程、威盛大厦工程、中关村金融中心等。

(二) 雨水回收利用技术与现场生产废水利用技术

1. 主要技术内容

(1) 雨水回收利用技术是指在施工过程中将雨收集后, 经过雨水渗蓄、沉淀等处理, 集中存放, 用于施工现场降尘、绿化和洗车, 经过处理的水体可用于结构养护用水、基坑支护用水, 如土钉墙支护用水、土钉孔灌注水泥浆液用水, 以及混凝土试块养护用水、现场砌筑抹灰施工用水等的回收利用技术。

(2) 现场生产废水利用技术是指将施工生产、生活废水经过过滤、沉淀等处理后循环利用的技术。

2. 技术指标

施工现场用水应有 20% 来源于雨水和生产废水等回收。

3. 适用范围

适用于工业与民用建筑的施工工程。

4. 已应用的典型工程

北京市西城区月坛街道汽南社区、怀柔龙山新新小镇别墅区, 北海团城。

7.3 预拌砂浆技术

1. 主要技术内容

预拌砂浆是指由专业生产厂生产的, 用于建设工程中的各类砂浆拌合物, 预拌砂浆分为干拌砂浆和湿拌砂浆两种。

湿拌砂浆是指由水泥、细骨料、矿物掺合料、外加剂和水以及根据性能确定的其他组分, 按一定比例, 在搅拌站经计量、拌制后、运至使用地点, 并在规定时间内使用完毕的拌合物。

干混砂浆是指由水泥、干燥骨料或粉料、添加剂以及根据性能确定的其他组分, 按一定比例, 在专业生产厂经计量、混合而成的混合物, 在使用地点按规定比例加水或配套组分拌和使用。

2. 技术指标

预拌砂浆应符合《预拌砂浆》JG/T2003 等国家现行相关标准和应用技术规程的规定。

3. 适用范围

适用于需要应用砂浆的工业与民用建筑。

4. 已应用的典型工程

广州国际金融中心 (珠江新城西塔)、广州市新电视塔、武汉摩尔城等工程。

7.4 外墙体自保温体系施工技术

1. 主要技术内容

墙体自保温体系是指以蒸压加气混凝土、陶粒增强加气砌块和硅藻土保温砌块（砖）等制成的蒸压粉煤灰砖、蒸压加气混凝土砌块和陶粒砌块等为墙体材料，辅以节点保温构造措施的自保温体系。即可满足夏热冬冷地区和夏热冬暖地区节能 50%的设计标准。

2. 技术指标

主要技术性能参见表 7. 4，其它技术性能参见《蒸压加气混凝土砌块》GB/T11968 和《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ17 的标准要求。

轻质保温墙体材料自保温体系技术要求 表 7. 4

项目		指标
干体积密度（kg/m ³ ）		475～825
抗压强度 （MPa）	B05 级	3. 5
	B06 级	5. 0
	B07 级	5. 0
	B08 级	7. 5
导热系数（w/m·k）		0. 12～0. 2
体积吸水率（%）		15～25

3. 适用范围

适用范围为夏热冬冷地区和夏热冬暖地区外墙、内隔墙和分户墙。适用于高层建筑的填充墙和低层建筑的承重墙。

4. 已应用的典型工程

广州发展中心大厦、广州凯旋会、北京丰台的世嘉丽晶小区、中国建筑文化中心、科技部节能示范楼、京东方生活配套楼等。

7.5 粘贴保温板外保温系统施工技术

（一）粘贴聚苯乙烯泡沫塑料板外保温系统

1. 主要技术内容

粘贴保温板外保温系统施工技术是指将燃烧性能符合要求的聚苯乙烯泡沫塑料板粘贴于外墙外表面，在保温板表面涂抹抹面胶浆并铺设增强网，然后做饰面层的施工技术（图 7. 5-1）。聚苯板与基层墙体的连接有粘结和粘锚结合两种方式。保温板为模塑聚苯板（EPS 板）或挤塑聚苯板（XPS 板）。

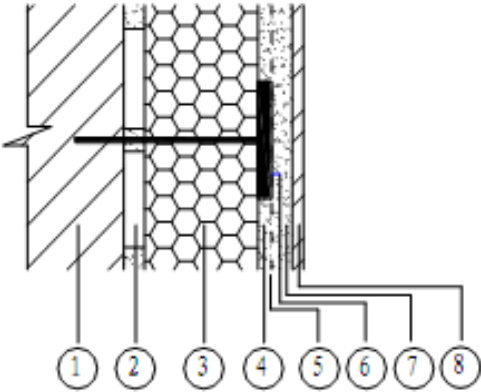


图 7. 5-1 粘贴保温板外保温系统示意图

①混凝土墙,各种砌体墙②聚苯板胶粘剂③模塑或挤塑聚苯乙烯泡沫板④抹面砂浆⑤耐碱玻璃纤维网格布或镀锌钢丝网⑥机械锚固件⑦抹面砂浆⑧涂料、饰面砂浆或饰面砖等

2. 技术指标

系统应符合《外墙外保温工程技术规程》JGJ144,《膨胀聚苯板薄抹灰外墙保温体系》JG/T149标准要求。

3. 适用范围

该保温系统适用于新建建筑和既有房屋节能改造中各种形式主体结构的外墙外保温,适宜在严寒、寒冷地区和夏热冬冷地区使用。

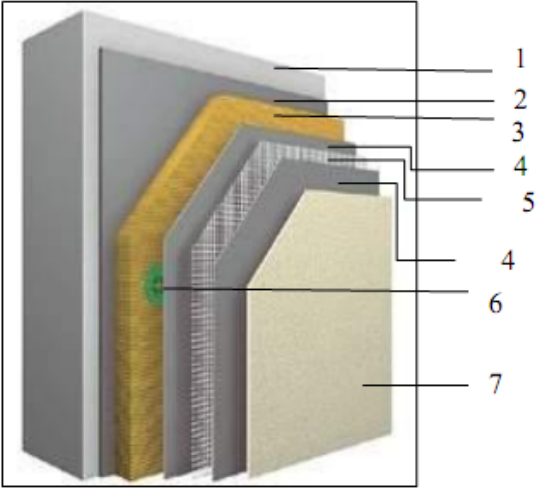
4. 已应用的典型工程

北京龙祥家园、北京漪龙台公寓。

(二) 粘贴岩棉(矿棉)板外保温系统

1. 主要技术内容

外墙外保温岩棉(矿棉)施工技术是指用胶粘剂将岩(矿)棉板粘贴于外墙外表面,并用专用岩棉锚栓将其锚固在基层墙体,然后在岩(矿)棉板表面抹聚合物砂浆并铺设增强网,然后做饰面层,其特点是防火性能好。基本构造如图 7.5-2。



①基层墙体②胶粘剂③岩(矿)棉④抹面胶浆⑤增强网⑥锚栓⑦外饰面

图 7.5-2 岩(矿)棉外保温系统基本构造

2. 技术指标

该系统应符合《外墙外保温工程技术规程》JGJ144 和《建筑用岩棉、矿渣棉绝热制品》GB/T19686 要求。技术指标参见表 7.5。

岩(矿)棉保温板外保温系统技术要求 表 7.5

项目	性能要求
抗冲击强度, J	普通型 ≥ 2 加强型 ≥ 10
吸水量, g/m ²	≤ 1000 , 当 ≤ 500 时可不做耐冻融测试
耐冻融, kPa	30 次冻融循环后表面无裂纹、空鼓、起泡、剥离现象。抹面胶浆与岩棉板之间的拉伸粘结强度 ≥ 80 , 或断裂在岩棉板内
水蒸气渗透当量空气层厚度, m	带有全部保护层的系统水蒸气渗透当量空气层厚度 S_d 值 ≤ 1
耐候性, kPa	80 次热-雨及 5 次正负温循环后表面无裂纹、粉化、剥落现象。抹面胶浆与岩棉板之间的拉伸粘结强度 ≥ 80 , 或断裂在岩棉板内
抗风压	动态风荷载试验值不小于工程项目的风荷载设计值

3. 适用范围

该保温系统适用于低层、多层和高层建筑的新建或既有建筑节能改造的外墙保温，适宜在严寒、寒冷地区和夏热冬冷地区使用。

4. 已应用的典型工程

天津华琛散热器厂节能示范楼工程。

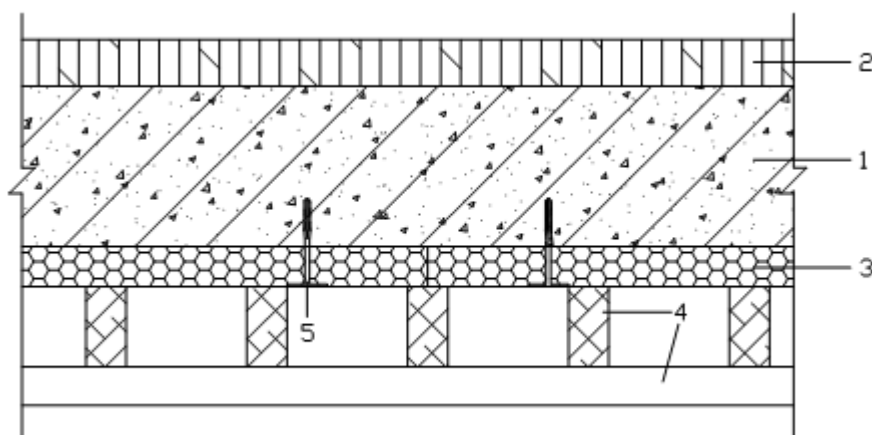
7.6 现浇混凝土外墙外保温施工技术

（一）TCC 建筑保温模板施工技术

1. 主要技术内容

TCC 建筑保温模板体系是一种保温与模板一体化保温模板体系。该技术将保温板辅以特制支架形成保温模板，在需要保温的一侧代替传统模板，并同另一侧的传统模板配合使用，共同组成模板体系。模板拆除后结构层和保温层即成型。

TCC 体系在施工中的如图 7.6 所示：



①混凝土墙体②无需保温一侧普通模板及支撑③保温板④TCC 保温模板支架⑤锚栓

图 7.6 TCC 建筑保温模板体系构造图

2. 技术指标

保温材料为 XPS 挤塑聚苯乙烯板，保温性能和厚度符合设计要求，燃烧性能等技术性能《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》符合 GB/T10801.2 要求；

安装精度要求：同普通模板，见《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204。

3. 适用范围

适用于有节能要求的新建剪力墙结构建筑工程。

4. 已应用的典型工程

上海锦绣满堂住宅小区。

（二）现浇混凝土外墙外保温施工技术

1. 主要技术内容

现浇混凝土外墙外保温施工技术是指在墙体钢筋绑扎完毕后，浇灌混凝土墙体前，将保温板置于外模内侧，浇灌混凝土完毕后，保温层与墙体有机的结合在一起。聚苯板可以是 EPS，也可以是 XPS。当采用 XPS 时，表面应做拉毛、开槽等加强粘结性能的处理，并涂刷配套的界面剂。按聚苯板与混凝土的连接方式不同可分二种：

（1）有网体系：外表面有梯形凹槽和带斜插丝的单面钢丝网架聚苯板（EPS 或 XPS），在聚苯板内外表面及钢丝网架上喷涂界面剂，将带网架的聚苯板安装于墙体钢筋之外，用塑料锚栓穿过聚苯板与墙体钢筋绑扎，安装内外大模板，浇灌混凝土墙体，拆模后有网聚苯板与混凝土墙体连接成一体。

(2) 无网体系：采用内表面带槽的阻燃型聚苯板（EPS 或 XPS），聚苯板内外表面喷涂界面剂，安装于墙体钢筋之外，用塑料锚栓穿过聚苯板与墙体钢筋绑扎，安装内外大模板，浇灌混凝土墙体，拆模后聚苯板与混凝土墙体连接成一体。

2. 技术指标

(1) 系统应符合《外墙外保温工程技术规程》JGJ144 和《现浇混凝土复合膨胀聚苯板外墙外保温技术要求》JG/T228 要求。

(2) 保温板与墙体必须连接牢固，安全可靠，有网体系、无网体系板面附加锚固件可用塑料锚栓，锚入墙内长度不得小于 50mm。

(3) 保温板与墙体的自然粘结强度，EPS 板 $\geq 0.10\text{MPa}$ ，XPS 板 $\geq 0.20\text{MPa}$ 。

(4) 有网体系板与板之间垂直缝表面钢丝网之间应用火烧丝绑扎，间距 $\leq 150\text{mm}$ ，或用附加网片左右搭接。钢丝网和火烧丝应注意防锈。

(5) 无网体系板与板之间的竖向高低槽应用保温板胶粘剂粘结。

3. 适用范围

该保温系统适用于适用于低层、多层和高层建筑的现浇混凝土外墙，适宜在严寒、寒冷地区和夏热冬冷地区使用。

4. 已应用的典型工程

北京玉渊潭公寓建筑面积、北京大屯 220 号院。

7.7 硬泡聚氨酯喷涂保温施工技术

1. 主要技术内容

外墙硬泡聚氨酯喷涂施工技术是指将硬质发泡聚氨酯喷涂到外墙外表面，并达到设计要求的厚度，然后作界面处理、抹胶粉聚苯颗粒保温浆料找平，薄抹抗裂砂浆，铺设增强网，再做饰面层。基本构造如图 7.7。

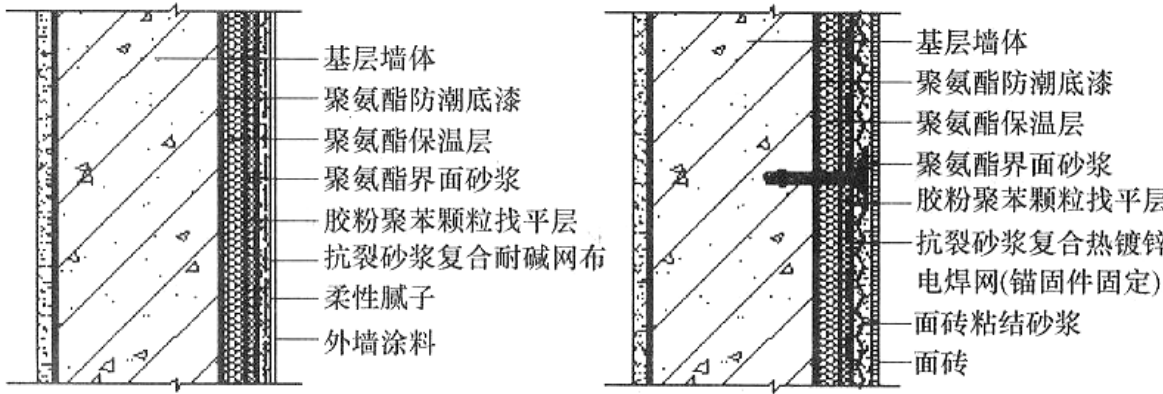


图 7.7 外墙硬泡聚氨酯喷涂系统基本构造

2. 技术指标

该系统技术指标参见表 7.7 规定。

外墙喷涂硬泡聚氨酯系统技术要求 表 7.7

试验项目		性能指标	
耐候性		不得出现开裂、空鼓或脱落。抗裂防护层与保温层的拉伸粘结强度不应小于 0.1MPa，破坏界面应位于保温层。	
浸水 1h 吸水量, g/m^2		≤ 1000	
抗冲击强度, J	C 型	普通型（单网）	3 冲击，合格
		加强型（双网）	10 冲击，合格
	T 型	3 冲击，合格	

抗风压值	不小于工程项目的风荷载设计值
耐冻融	严寒及寒冷地区 30 次循环、夏热冬冷地区 10 次循环表面无裂纹、空鼓、起泡、剥离现象
水蒸气湿流密度, g/(m ² h)	≥0.85
不透水性	试样防护层内侧无水渗透
耐磨损, 500L 砂	无开裂, 龟裂或表面保护层剥落、损伤
系统抗拉强度(C 型), MPa	≥0.1 并且破坏部位不得位于各层界面
饰面砖粘结强度(T 型, MPa(现场抽测))	≥0.4
抗震性能(T 型)	设防烈度等级地震作用下面砖饰面及外保温系统无脱落

3. 适用范围

适用于抗震设防烈度≤8 度的多层及中高层新建民用建筑和工业建筑, 也适用于既有建筑的节能改造工程。

4. 已应用的典型工程

北京西二旗居住区 S12 号工程; 北京金都杭城。

7.8 工业废渣及(空心)砌块应用技术

1. 主要技术内容

工业废渣及(空心)砌块应用技术是指将工业废渣制作成建筑材料并用于建设工程。工业废渣应用于建设工程的种类较多, 本节介绍两种, 一是磷铵厂和磷酸氢钙厂在生产过程中排出的废渣, 制成磷石膏标砖、磷石膏盲孔砖和磷石膏砌块等; 二是以粉煤灰、石灰或水泥为主要原料, 掺加适量石膏、外加剂、颜料和集料等, 以坯料制备、成型、高压或常压养护而制成的粉煤灰实心砖。

粉煤灰小型空心砌块是以粉煤灰、水泥、各种轻重集料、水为主要组分(也可加入外加剂等)拌合制成的小型空心砌块, 其中粉煤灰用量不应低于原材料重量的 20%, 水泥用量不应低于原材料重量的 10%。

2. 技术指标

磷石膏砖技术指标参照《蒸压灰砂空心砖》JC/T637 的技术性能要求; 粉煤灰小型空心砌块的性能应满足《粉煤灰混凝土小型空心砌块》JC/T862 的技术要求; 粉煤灰砖的性能应满足《粉煤灰砖》JC239 的技术要求。

3. 适用范围

磷石膏砖可适用于砌块结构的所有建筑的非承重墙外墙和内填充墙; 粉煤灰小型空心砌块适用于一般工业与民用建筑, 尤其是多层建筑的承重墙体及框架结构填充墙。

4. 已应用的典型工程

贵州开磷磷业有限公司建材厂试验楼、贵州六盘水凉都大花园。

7.9 铝合金窗断桥技术

1. 主要技术内容

隔热断桥铝合金的原理是在铝型材中间穿入隔热条, 将铝型材断开形成断桥, 有效阻止热量的传导, 隔热铝合金型材门窗的热传导性比非隔热铝合金型材门窗降低 40~70%。中空玻璃断桥铝合金门窗自重轻、强度高, 加工装配精密、准确, 因而开闭轻便灵活, 无噪声, 密度仅为钢材的 1/3, 其隔音性好。

断桥铝合金窗指采用隔热断桥铝型材、中空玻璃、专用五金配件、密封胶条等辅件制作而成

的节能型窗。主要特点是采用断热技术将铝型材分为室内、外两部份，采用的断热技术包括穿条式和浇注式两种，其构造如图 7.9。

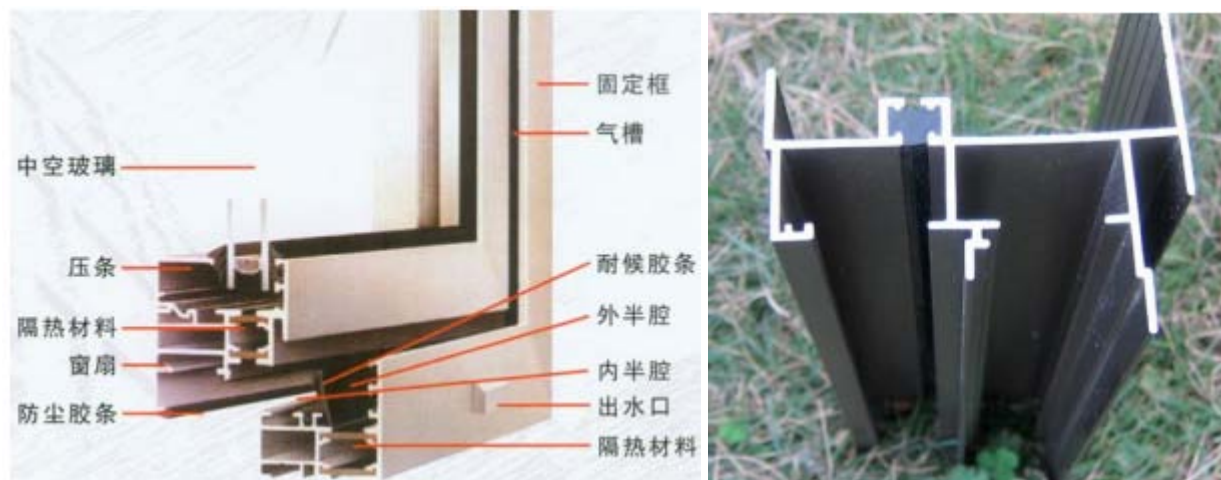


图 7.9 断热型材（穿条式和浇注式）

2. 技术指标

断桥铝合金窗应符合相关地区节能设计标准要求及《铝合金窗》GB/T8479 标准要求。

铝合金窗受力构件应经试验或计算确定。未经表面处理的型材最小实测壁厚 $\geq 1.4\text{mm}$ 。

3. 适用范围

适用于各类形式的建筑物外窗。

4. 已应用的典型工程

北京上地工贸园，中银大厦等。

7.10 太阳能与建筑一体化应用技术

1. 主要技术内容

“建筑太阳能一体化”是指在建筑规划设计之初，利用屋面构架、建筑屋面、阳台、外墙及遮阳等，将太阳能利用纳入设计内容，使之成为建筑的一个有机组成部分。

“太阳能与建筑一体化”分为太阳能与建筑光热一体化和光电一体化。

太阳能与建筑光热一体化是利用太阳能转化为热能的利用技术，建筑上直接利用的方式有：①利用太阳能空气集热器进行供暖；②利用太阳能热水器提供生活热水；③基于集热-储热原理的间接加热式被动太阳房；④利用太阳能加热空气产生的热压增强建筑通风。

太阳能与建筑光电一体化是指利用太阳能电池将白天的太阳能转化为电能由蓄电池储存起来，晚上在放电控制器的控制下释放出来，供室内照明和其他需要。光电池组件有多个单晶硅或多晶硅单体电池通过串并联组成，其主要作用是把光能转化为电能。

2. 技术指标

(1) 太阳能与建筑光热一体化，按《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》GB50364 和《太阳能供热采暖工程技术规范》GB50495 技术要求进行。

(2) 太阳能与建筑光电一体化按《民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范》JGJ203 技术要求进行。

3. 适用范围

适用于太阳辐射总量在 $5000\text{MJ}/\text{m}^2$ 的青藏高原、西北地区、华北地区、东北大部，以及云南、广东、海南的部分低纬度地区。

太阳能与建筑光电一体化宜建小区式发电厂。

4. 以应用的典型工程

乌鲁木齐市华源·博瑞新村以太阳能真空管为组件的屋顶和外挂墙壁，进行热水供应，小区路灯和地下车库照明采用 LED 灯；清华大学建筑学院教学楼。

7.11 供热计量技术

1. 主要技术内容

供热计量技术是对集中供热系统的热源供热量、热用户的用热量进行计量。包括热源和热力站热计量、楼栋热计量和分户热计量。

热源和热力站热计量应采用热量计量装置进行计量，热源或热力站的燃料消耗量、补水量、耗电量应分项计量，循环水泵电量宜单独计量。

2. 技术指标

供热计量方法按《供热计量技术规程》JGJ173 进行。

3. 适用范围

适用于我国所有采暖地区。

4. 已应用的典型工程

天津市和河南省等省市均进行了计量收费工作。

7.12 建筑外遮阳技术

1. 主要技术内容

建筑遮阳是将遮阳产品安装在建筑外窗、透明幕墙和采光顶的外侧、内侧和中间等位置，以遮蔽太阳辐射：夏季，阻止太阳辐射热从玻璃窗进入室内；冬季，阻止室内热量从玻璃窗逸出，因此，设置适合的遮阳设施，节约建筑运行能耗，可以节约空调用电 25%左右；设置良好遮阳的建筑，可以使外窗保温性能提高约一倍，节约建筑采暖用能 10%左右。

根据遮阳产品的安装的位置分为外遮阳，内遮阳，中间遮阳，中置遮阳。

2. 技术指标

影响建筑遮阳性能的指标有抗风荷载性能、耐雪荷载性能、耐积水荷载性能、操作力性能、机械耐久性能、热舒适和视觉舒适性能等，产品技术性能指标见《建筑遮阳通用要求》JG/T274；施工时应符合《建筑遮阳工程技术标准》（新编）。

3. 适用范围

建筑遮阳型式的确定，应综合考虑地区气候特征、经济技术条件、房间使用功能等因素，以满足建筑夏季遮阳、冬季阳光入射、冬季夜间保温，以及自然通风、采光、视野等要求。适合于我国严寒、寒冷、夏热冬冷、夏热冬热地区的建筑工业与民用建筑。

4. 已应用的典型工程

上海沪上生态家、北京神华集团办公楼等。

7.13 植生混凝土

1. 主要技术内容

植生混凝土是以多孔混凝土为基本构架，内部是一定比例的连通孔隙，为混凝土表面的绿色植物提供根部生长、吸取养分的空间，是一种植物能直接在其中生长的生态友好型混凝土。基本构造由多孔混凝土、保水填充材料、表面土等组成。主要技术内容可分为多空混凝土的制备技术、内部碱环境的改造技术及植物生长基质的配制技术、植生喷灌系统、植生混凝土的施工技术等。

2. 技术指标

（1）护堤植生混凝土

主要材料组成：碎石或碎卵石、普通硅酸盐水泥、矿物掺合料（硅粉、粉煤灰、矿粉）、水、

高效减水剂。

护堤植生混凝土主要是利用模具制成的包含有大孔的混凝土模块拼接而成,模块含有的大孔供植物生长;或是采用大骨料制成的大孔混凝土,形成的大孔供植物生长;强度范围在 10MPa 以上;混凝土密度 1800~2100kg/m³;混凝土空隙率不小于 15%,必要时可达 30%。

(2) 屋面植生混凝土材料组成:轻质骨料、普通硅酸盐水泥、硅粉或粉煤灰、水、植物种植基。主要是利用多孔的轻骨料混凝土作为保水和根系生长基材,表面敷以植物生长腐殖质材料;混凝土强度 5~15MPa 之间;屋顶植生混凝土密度 700~1100kg/m³;屋顶植生混凝土空隙率 18%~25%。

(3) 墙面试植生混凝土材料组成:天然矿物废渣(单一粒径 5~8mm)普通硅酸盐水泥、矿物掺合料、水、高效减水剂。主要是利用混凝土内部形成庞大的毛细管网络,作为为植物提供水分和养分的基材;混凝土强度 5~15MPa 之间;墙面试植生混凝土密度 1000~1400kg/m³;混凝土空隙率 15%~22%。

3. 适用范围

适用于屋顶绿化,市政工程坡面机构以及河流两岸护坡等表面的绿化与保护。

4. 已应用的典型工程

镇江水环境处理“生态堤-滨江带-湿地系统的修复和污染控制”的生态堤。

7.14 透水混凝土

1. 主要技术内容

透水混凝土是既有透水性又有一定强度的多孔混凝土,其内部为多孔堆聚结构。透水的原理是利用总体积小于骨料总空隙体系的胶凝材料部分地填充粗骨料颗粒之间的空隙,及剩余部分空隙,并使其形成贯通的孔隙网,因而具有透水效果。

(1) 透水混凝土的制备

透水混凝土在满足强度要求的同时,还需要保持一定的贯通孔隙来满足透水性的要求,因此在配制时除了选择合适的原材料外,还要通过配合比设计和制备工艺以及添加剂来达到保证强度和孔隙率的目的。

透水混凝土由骨料、水泥、水等组成,多采用单粒级或间断粒级的粗骨料作为骨架,细骨料的用量一般控制在总骨料的 20%以内;水泥可选用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥;掺合料可选用硅灰、粉煤灰、矿渣微细粉等。

投料时先放入水泥、掺合料、粗骨料,再加入一半的水用量,搅拌 30s;然后加入添加剂(外加剂、颜料等),搅拌 60s;最后加入剩余水量,搅拌 120s 出料。

(2) 透水混凝土的施工

透水混凝土的施工主要包括摊铺、成型、表面处理、接缝处理等工序。可采用机械或人工方法进行摊铺;成型可采用平板振动器、振动整平辊、手动推拉辊、振动整平梁等进行施工;表面处理主要是为了保证提高表面观感,对已成型的透水混凝土表面进行修整或清洗;透水混凝土路面接缝的设置与普通混凝土基本相同,缩缝等距布设,间距不宜超过 6m。

(3) 透水混凝土养护、维护

透水混凝土施工后采用覆盖养护,洒水保湿养护至少 7d,养护期间要防止混凝土表面孔隙被泥沙污染。混凝土的日常维护包括日常的清扫、封堵孔隙的清理。清理封堵孔隙可采用风机吹扫、高压冲洗或真空清扫等方法。

2. 技术指标

透水混凝土的技术指标分为拌合物指标和硬化混凝土指标。

(1) 拌合物:坍落度(5~50mm);凝结时间(初凝不少于 2h);浆体包裹程度(包裹均匀,手攥成团,有金属光泽)。

(2) 硬化混凝土：强度（C15～C30）；透水性（不小于 1mm/s）；孔隙率（10%～20%）。

(3) 抗冻融循环：一般不低于 D100。

3. 适用范围

透水混凝土一般多用于市政道路、住宅小区、城市休闲广场、园林景观道路、商业广场、停车场等路面工程。

4. 已应用的典型工程

奥运公园透水混凝土路面工程、上海世博园透水混凝土地面工程、郑州国际会展中心透水混凝土路面工程。

8. 防水技术

8.1 防水卷材机械固定施工技术

（一）聚氯乙烯（PVC）、热塑性聚烯烃（TPO）防水卷材机械固定施工技术

1. 主要技术内容

机械固定即采用专用固定件，如金属垫片、螺钉、金属压条等，将聚氯乙烯（PVC）或热塑性聚烯烃（TPO）防水卷材以及其它屋面层次的材料机械固定在屋面基层或结构层上。机械固定包括点式固定方式和线性固定方式。固定件的承载能力和布置，根据实验结果和相关规定严格设计。

聚氯乙烯（PVC）或热塑性聚烯烃（TPO）防水卷材的搭接是由热风焊接形成连续整体的防水层。焊接缝是因分子链互相渗透、缠绕形成新的内聚焊接链，强度高于卷材且与卷材同寿命。

（1）点式固定

点式固定即使用专用垫片和螺钉对卷材进行固定，卷材搭接时覆盖住固定件，如图 8.1-1 所示。

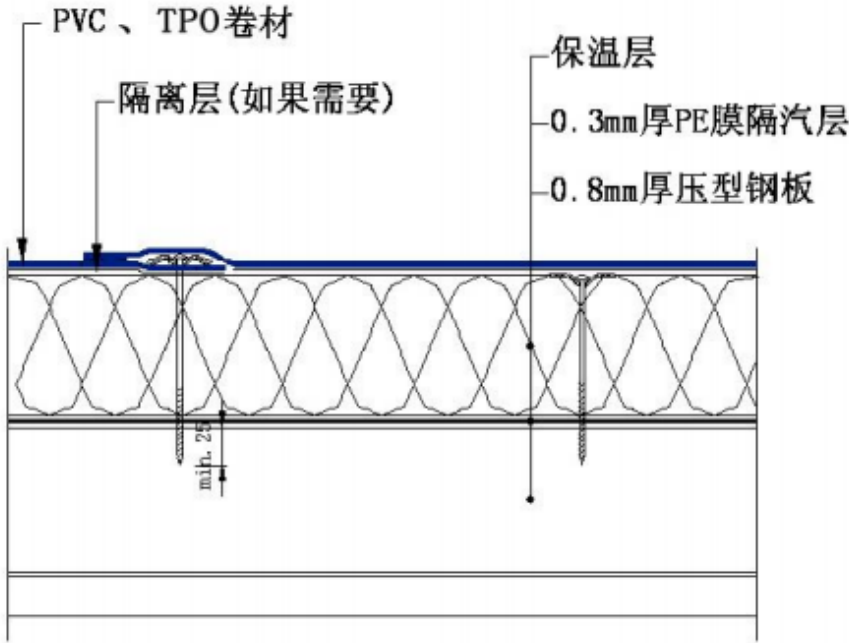


图 8.1-1 点式固定示意图

（2）线性固定

线性固定即使用专用压条和螺钉对卷材进行固定，使用防水卷材覆盖条对压条进行覆盖，如图 8.1-2 所示。

基层、隔汽层以及保温板等材料与点式固定相同。

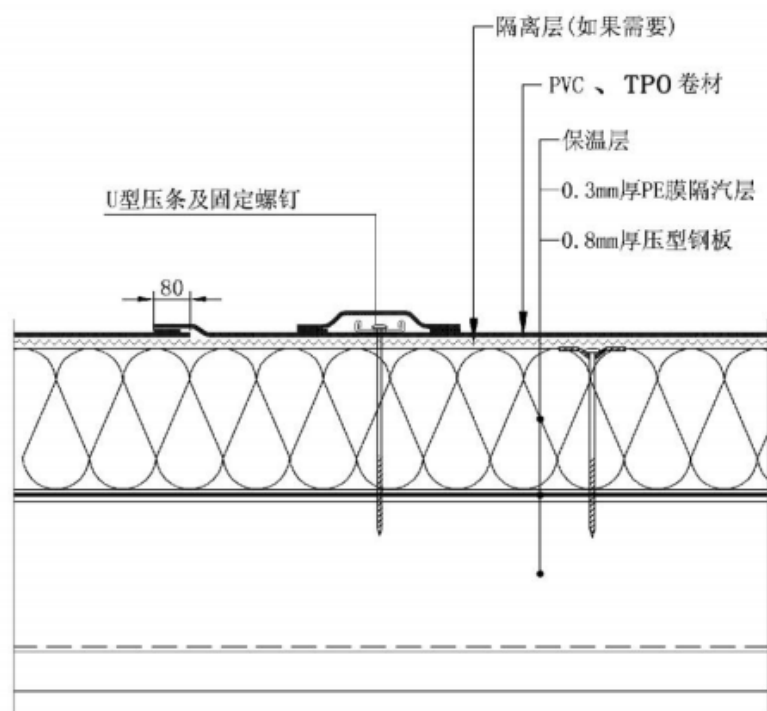


图 8.1-2 线性固定示意图

2. 技术指标

(1) 当固定基层为混凝土结构时，其厚度应不小于 60mm，强度等级不低于 C25；当固定基层为钢板时，其厚度一般要求为 0.8mm，不得小于 0.63mm。

(2) 聚氯乙烯（PVC）防水卷材的物理化学性能应满足表 8.1-1 要求、热塑性聚烯烃（TPO）防水卷材物理性能指标应满足表 8.1-2 要求。

聚氯乙烯（PVC）防水卷材物理性能 表 8.1-1

项 目		指 标
厚度/（mm）		2.0
拉力/（N/50mm）		≥1000
最大力伸长率/%		≥10
热处理尺寸变化率/%		≤1.0
低温弯折性		-25℃无裂纹
抗穿孔性		不透水
不透水性		不透水
接缝抗剪强度		6.0 或卷材破坏
热老化处理	外观	无起泡、裂纹、粘结和孔洞
	拉力保持率/%	≥80
	伸长率保持力/%	
	低温弯折性	-20℃无裂纹
耐化学侵蚀	拉力保持率/%	≥80
	伸长率保持力/%	
	低温弯折性	-20℃无裂纹
人工气候加速老化	拉力保持率/%	≥80
	伸长率保持力/%	
	低温弯折性	-20℃无裂纹

热塑性聚烯烃（TPO）防水卷材物理性能

表 8.1-2

项 目	指 标
不透水性	通过
抗拉强度（双向）/MPa	≥ 800
加强层断裂时的伸长率/%	≥ 20
抗静载荷强度（EPS & 混凝土）/kg	≥ 25
抗冲击力（EPS & 混凝土）/mm	≥ 10
抗撕裂强度 L/T, N	$\geq 800/500$
搭接剥离强度/(N/50mm)	≥ 100
搭接剪力强度/(N/50mm)	≥ 800
抗紫外线性能	通过
低温弯折度/°C	≤ -45
外耐火性	B _{ROOF} (t1)
阻燃性	E
耐根穿刺性	通过

3. 适用范围

聚氯乙烯（PVC）防水卷材、热塑性聚烯烃（TPO）防水卷材机械固定技术的应用范围广泛，可以在低坡大跨度或坡屋面的新屋面及翻新屋面中使用，特别在大跨度屋面中该技术的经济性和施工速度都有明显优势。主要应用于厂房、仓库和体育场馆等屋面防水工程。

4. 已应用的典型工程

该技术已经在国内外得到大量应用。其中国内较典型的工程包括：五棵松体育馆、上汽依维柯红岩商用车项目新建厂房一期、新中国国际展览中心、广州丰田扩能项目厂房、大连英特尔芯片工厂等屋面防水工程。

（二）三元乙丙（EPDM）防水层无穿孔机械固定施工技术

1. 主要技术内容

无穿孔增强型机械固定系统是轻型、无穿孔的三元乙丙（EPDM）防水层机械固定施工技术。该系统采用将增强型机械固定条带（RMA）用压条或垫片机械固定在轻钢结构屋面或混凝土结构屋面基面上，然后将宽幅三元乙丙橡胶防水卷材（EPDM）粘贴到增强型机械固定条带（RMA）上，相邻的卷材用自接缝搭接带粘结而形成连续的防水层。构造见图 8.1-3 所示。

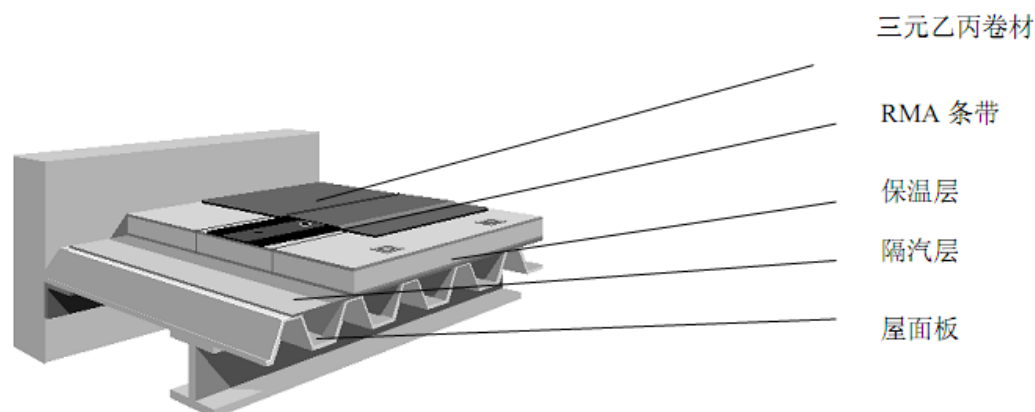


图 8.1-3 无穿孔增强型机械固定系统构造

在安装和固定完保温板与隔汽层之后，按照风荷载设计的要求固定条带（RMA），条带（RMA）

的间距根据屋面不同分区、不同的风荷载设置。然后将三元乙丙卷材粘接到预制了搭接带的条带（RMA）上，在节点以及女儿墙转角处做机械固定，以减小结构变形对这些部位的影响。轻钢屋面可直接固定，混凝土屋面须预钻孔。

选择该系统的前提是基层必须要具有足够的抗拔能力。

抗风荷载性能是直接关系到屋面机械固定系统质量的关键。

三元乙丙卷材耐候性、抗紫外线性能优异、使用寿命长、回收利用简单并且不含任何增塑剂，可有效减少屋面防水层的更新频率，降低了回收和再生产带来的环境污染问题，环保节能。在达到使用寿命年限后可简单的回收利用，对资源保护有积极的影响。

2. 技术指标

根据风速、建筑物所在区域、建筑物规格、基层类型、屋面结构层次等因素，计算机械固定密度，并在屋面不同部位，分别设计边区、角区和中区，按不同密度进行固定。对于机械固定系统性能非常重要的一个指标是系统的抗风荷载性能，是系统成与败的关键。风荷载与机械固定密度设计的步骤：

风荷载的计算方法有多种，以下为同时考虑到屋面正压力与负压力的计算：

（1）风揭力计算 W（帕）

$$W = Q_{ref} \times C_e \times (C_{pe} + C_{pi})$$

式中：Q_{ref}——瞬时风速风压=空气密度/2×风速³；

C_e——暴露系数（由建筑物所在区域决定，海边、农村、郊区和市区）；

C_{pe}——负压力系数（风经过屋面时带来的压力）；

C_{pi}——正压力系数（室内压力）。

（2）紧固件抗拉拔力 R（N）

紧固件设计抗拔值=屋面系统抗拔力试验值×修正系数/安全系数

紧固件的抗拉拔力不是一个简单的单个紧固件的抗拉拔力值，而是整个系统的抗拉拔力值，其计算方法是在屋面系统抗风揭力实验中，任一元件失败而断定系统失效时紧固件的受力数值。

（3）紧固件密度 n(个/m²)

紧固件密度：n=W/R，计算出每平 m 卷材需要的紧固件数量。

（4）建筑物情况

按照建筑物的尺寸、高度和坡度确定不同风荷载区域：例如角区、边区和中区，屋面受风力影响递减。

（5）条带（RMA）布置

在屋面不同的分区条带（RMA）布置的间距为：

$$I = 1/(n \times e)$$

式中：I——表示条带（RMA）或机械固定间距（m）；

N——表示每平 m 紧固件数量；

E——表示紧固件间距。

但最大间距 I 不能大于 2.5m。如果是钢屋面，条带的固定在满足风荷载设计要求的同时还须垂直于波峰方向固定，以减轻屋面受力；混凝土屋面无固定方向的要求。

增强型机械固定条带（RMA）的技术要求 表 8.1-3

项目	增强型三元乙丙	搭接带（两边）
基本材料	三元乙丙橡胶	合成橡胶
厚度/mm	1.52	0.63
宽度/mm	245	76

三元乙丙橡胶防水卷材物理性能指标 表 8.1-4

项目	指标
厚度/mm	1.5±10%
断裂拉伸强度/(N/mm ²)	≥9
延伸率/%	≥450
撕裂强度/(KN/m)	≥35
低温弯折/℃	≤-45
抗紫外线性能	无裂纹
臭氧老化/(40℃×168h)	无裂纹
尺寸稳定性/%	≤1
吸水性/%	≤1

3. 适用范围

轻钢屋面、混凝土屋面工程防水。

4. 已应用的典型工程

该技术已在成都英特尔、北京卡夫饼干厂、苏州齐梦达芯片厂、天津空客 A320 总装厂、沈阳宝马等多个项目屋面防水工程中应用。

8.2 地下工程预铺反粘防水技术

1. 主要技术内容

包括材料及施工两部分：

地下工程预铺反粘防水技术采用的材料是高分子自粘胶膜防水卷材。该卷材系在一定厚度的高密度聚乙烯卷材上涂覆一层非沥青类高分子自粘胶层和耐候层复合制成的多层复合卷材。其特点是具有较高的断裂拉伸强度和撕裂强度，胶膜的耐水性好，一二级防水工程单层使用时也可达到防水要求。采用预铺反粘法施工时，在卷材表面的胶粘层直接浇筑混凝土，混凝土固化后，与胶粘层形成完整连续的粘接。这种粘接是由液态混凝土与整体合成胶相互勾锁而形成。高密度聚乙烯主要提供高强度；自粘胶层提供很好的粘接性能，可以承受结构产生的裂纹影响；耐候层既可以使卷材在施工时可适当外露，同时提供不粘的表面供工人行走，使得后道工序可以顺利进行。

该卷材采用全新的施工方法进行铺设：卷材使用于平面时，将高密度聚乙烯面朝向垫层进行空铺；卷材使用于立面时，将卷材固定在支护结构面上，胶粘层朝向结构层，在搭接部位临时固定卷材。防水卷材施工后，不需铺设保护层，可以直接进行绑扎钢筋、支模板、浇注混凝土等后续工序施工。

混凝土浇注过程中，未凝固混凝土与卷材的耐候层和胶粘层接触、作用，在混凝土固化后卷材与混凝土之间形成牢固连续的粘接，实现对结构混凝土直接的防水保护，防止防水层局部破坏时，外来水在防水层和结构混凝土之间窜流。该技术在提高防水层对结构保护可靠性的同时大幅度降低可能发生的漏水维修难度和费用。

2. 技术指标

主要物理性能指标 表 8.2

项目	指 标	国标要求
1	拉伸强度	500N/50mm
2	延伸率	400%
3	无处理条件下与混凝土粘接	2.0N/mm
4	热老化后于混凝土粘接	1.5N/mm
5	紫外热老化后于混凝土粘接	1.5N/mm

6	低温弯折性	-25℃
7	热老化后的低温弯折性	-23℃
8	耐热性, 70℃, 2h	无位移、流淌、滴落
9	钉杆撕裂强度	400N
10	侧向窜水	0.6MPa
11	低温开裂循环	无要求

3. 适用范围

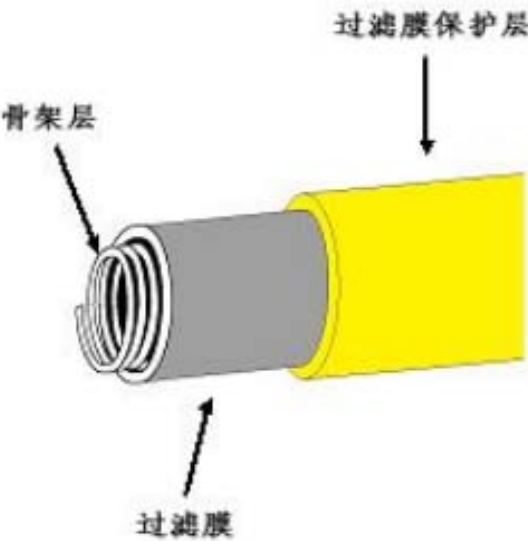
适用于地下工程底板及侧墙外防内贴法防水。

4. 已应用的典型工程

北京地铁十号线农展馆站、北京地铁四号线知春路站、北京 LG 大厦、北京宝洁研发中心、上海联合利华研发中心、上海陶氏化工研发大楼、大连奥林匹克广场、无锡机场候机楼、南京光进湖别墅等地下防水工程。

8.3 预备注浆系统施工技术

1. 主要技术内容



预备注浆系统是地下建筑工程混凝土结构接缝防水施工技术。混凝土结构施工时，将具有单透性、不易变形的注浆管预埋在接缝中，当接缝渗漏时，向注浆管系统设定在构筑物外表面的导浆管端口中注入灌浆液，即可密封接缝区域的任何缝隙和孔洞，并终止渗漏。与传统的接缝处理方法相比，不仅材料性能优异、安装简便，而且节省工期和费用，并在不破坏结构的前提下，确保接缝处不渗漏水，是一种先进、有效的接缝防水措施。

当采用普通水泥、超细水泥或者丙烯酸盐化学浆液时，系统可用于多次重复注浆。利用这种先进的预备注浆系统可以达到“零渗漏”效果。如果构筑物将来出现渗漏，可重复注浆管系统也可以提供完整的维护方案。

预备注浆系统是由注浆管系统、灌浆液和注浆泵组成。注浆管系统由注浆管、连接管及导浆管、固定夹、塞子、接线盒等组成。注浆管分为一次性注浆管和可重复注浆管两种。

8.3 注浆管结构示意图

2. 技术指标

(1) 硬质塑料、橡胶管或螺纹管骨架注浆管的主要物理性能应符合表 8.3-1 的要求。

硬质塑料、橡胶管或螺纹管骨架注浆管的主要物理性能 表 8.3-1

序号	检测项目	指标
1	注浆管外径, mm	10~40
2	注浆管内径, mm	≥6
3	骨架与外层编织布之间应完整	不得有松开和脱离现象
4	抗压强度（变形）, 20℃, 80mm 长的试件 20kg/min 后	管内径变形小于 2mm
5	出浆孔间距, mm	≤30

(2) 不锈钢弹簧管骨架注浆管的主要物理性能应符合表 8.3-2 的要求。

不锈钢弹簧管骨架注浆管的主要物理性能

表 8.3-2

序号	检测项目	指标
1	注浆管外径, mm	10~40
2	注浆管内径, mm	≥6
3	骨架与外层编织布之间应完整	不得有松开和脱离现象
4	外径变形 30%的压力, N/mm	≥70
5	滤布渗透系数 K20, cm/s	≥0.003
6	等效孔径 O_{95} , mm	<0.074

3. 适用范围

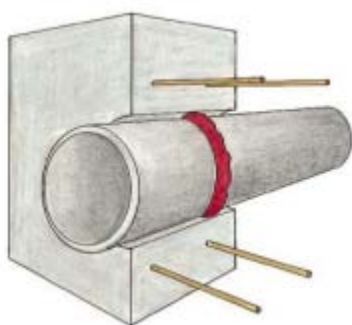
主要应用于地铁、隧道、市政工程、水利水电工程、建（构）筑物。可以在施工缝、后浇带、新旧混凝土接触部位使用。

4. 已应用的典型工程

北京地铁、国家大剧院、上海地铁、深圳地铁、成都地铁、厦门翔安海底隧道、杭州大剧院等。

8.4 遇水膨胀止水胶施工技术

1. 主要技术内容



遇水膨胀止水胶是一种单组份、无溶剂、遇水膨胀的聚氨酯类无定型膏状体，用于密封结构接缝和钢筋、管、线等周围的渗漏。具有双重密封止水功能，当水进入接缝时，它可以利用橡胶的弹性（以压缩应力止水）和遇水膨胀体积增大（以膨胀压止水）填塞缝隙，起到止水作用。

遇水膨胀止水胶独特的性能优势，使其在实际工程应用中具有非常广范的适用范围。无定型膏状，确保它可以适合不规则的基面接缝防水，且施工简便、可操作性强，是各种接缝部位，尤其是不同材质之间、操作空间小施工难度高、潮湿、桩头等部位的密封止水。与水接触，它的膨胀倍率可

达原始体积的 220%以上。可在垂直面施工，不下垂；耐久性好，化学稳定性优异。

8.4 遇水膨胀止水胶在穿墙管周围施工示意图

2. 技术指标

遇水膨胀止水胶的主要物理性能应符合表 8.4 的要求。

遇水膨胀止水胶的主要物理性能

表 8.4

序号	项 目		指 标	
			PJ220	PJ400
1	固含量, %		≥85	
2	密度, g/cm ³		规定值±0.1	
3	下垂度 (50±2) °C, mm		≤2	
4	表干时间, h		≤24	
5	7d 拉伸粘结强度, Mpa		≥0.4	≥0.2
6	低温柔性 (-20±2) °C, 2h		无裂纹	
7	拉伸性能	拉伸强度, Mpa	≥0.5	
8		断裂伸长率, %	≥400	

9	体积膨胀倍率, %		≥220	≥400
10	长期浸水体积膨胀倍率保持率, (28d) %		≥90	
11	抗水压力, MPa		1.5 不渗水	2.5 不渗水
12	实干厚度 (48h), mm		≥2	
13	VOC, g/L		≤200	
	苯, g/kg		≤0.1	
	甲苯, 二甲苯, g/kg		≤50	
	游离甲苯二异氰酸酯 (TDI), g/kg		≤5	
14	溶剂浸泡后体积膨胀倍率保持率 ^a , (3d) %	5% Ca(OH) ₂	≥90	
		5% NaCl	≥90	
a 此项根据地下水性质由供需双方商定执行				

3. 适用范围

主要应用于地铁、隧道、市政工程、水利水电工程、建（构）筑物。可以在施工缝、后浇带、新旧混凝土接触面、穿墙管（盒）、桩头和立柱等部位使用。

4. 已应用的典型工程

国家大剧院、北京地铁、上海地铁、深圳地铁、杭州地铁、成都地铁、厦门翔安海底隧道、杭州大剧院、国华电力、宁夏水处理厂。

8.5 丙烯酸盐灌浆液混凝土裂隙渗漏治理及地基基础防渗施工技术

1. 主要技术内容

第二代丙烯酸盐化学灌浆液是一种新型防水堵漏材料，它用一种新的交联剂，替换了第一代丙烯酸盐化学灌浆液中的交联剂 N，N-次甲基双丙烯酰胺，浆液中不含有酰胺基团的化合物，更符合环保的要求。同时添加了促使丙烯酸盐化学灌浆液的凝胶在水中膨胀的成分，进一步提高了防渗效果。

丙烯酸盐灌浆液是一种防渗堵漏材料，它可以灌入混凝土的细微孔隙中，生成不透水的凝胶，充填混凝土的细微孔隙，达到防渗堵漏的目的。

(1) 丙烯酸盐灌浆液用于混凝土裂缝、施工缝防渗堵漏的施工技术

1) 工艺流程：布置灌浆孔→检查嵌缝、埋嘴效果→选择浆液浓度和凝胶时间→确定灌浆压力→灌浆。

2) 灌浆孔的布置：当裂缝深度小于 1m 时，只须骑缝埋设灌浆嘴和嵌缝止漏就可以灌浆了。灌浆嘴的间距宜为 0.3~0.5m，在上述范围内选择裂缝宽度大的地方埋设灌浆嘴；当裂缝深度大于 1m 时，除骑缝埋设灌浆嘴外和嵌缝止漏外，还须在缝的两侧布置穿过缝的斜孔。穿缝深度视缝的宽度和灌浆压力而定，缝宽或灌浆压力大，穿缝深度可以大些，反之应小些。孔与缝的外露处的距离以及孔与孔的间距宜为 1~1.5m。

3) 垂直裂缝的灌浆次序，应是自下而上，先深后浅；水平裂缝的灌浆次序，应是自一端到另一端。如果压水资料表明，某些孔、嘴进水量较大，串通范围较广，应优先灌浆。

4) 灌浆时，除已灌和正在灌浆的孔、嘴外，其它孔、嘴均应敞开，以利排水排气。当未灌孔、嘴出浓浆时，可以将其封堵，继续在原孔灌浆，直至原孔在设计压力下不再吸浆或吸浆量小于 0.1L/min，再换灌临近未出浓浆和未出浆的孔、嘴。一条缝最后一个孔、嘴的灌浆，应持续到孔、嘴内浆液凝胶为止。

(2) 丙烯酸盐灌浆液用于不密实混凝土防渗堵漏的施工技术

1) 工艺流程：布置灌浆孔→检查嵌缝、埋嘴效果→选择浆液浓度和凝胶时间→确定灌浆压力→灌浆。

2) 灌浆孔的布置: 采取分序施工, 逐步加密, 最终孔距 0.5m 左右。孔深应达到混凝土厚度的 $3/4 \sim 4/5$ 。

3) 灌浆工艺

尽可能采用双液灌浆。因为这类灌浆, 外漏渗径短, 浆液的凝胶时间短, 采用单液灌浆容易堵泵、堵管, 不仅浆液浪费大, 且难以达到防渗堵漏的效果。每一孔段灌浆前都要做好充分准备, 确保一旦灌浆开始, 就能顺利进行到底, 灌至孔内浆液凝胶结束。

(3) 丙烯酸盐灌浆液用于坝基防渗帷幕的施工技术

1) 应用方式

丙烯酸盐灌浆用于坝基防渗帷幕可以有三种方式: 纯丙烯酸盐灌浆帷幕、水泥—丙烯酸盐灌浆复合(混合)帷幕、补强帷幕。

①当经过水泥灌浆试验证明, 水泥对该部位不具有可灌性, 而该部位的透水性又超过坝基防渗要求时, 应设计纯丙烯酸盐灌浆帷幕。

②当经过水泥灌浆试验证明, 水泥对该部位具有一定的可灌性, 但该部位细微裂隙发育, 水泥灌浆时压水透率 Q 值大, 水泥灌浆单耗小的坝段, 水泥灌浆后, 应设计一排丙烯酸盐灌浆帷幕, 形成水泥—丙烯酸盐灌浆复合(混合)帷幕。

③当水泥灌浆后, 通过灌浆资料分析和效果检查, 发现局部部位水泥灌浆时吸水不吸浆, 或达不到防渗标准, 针对局部设计丙烯酸盐灌浆补强帷幕。

2) 丙烯酸盐灌浆帷幕的设计

对于纯丙烯酸盐灌浆帷幕、水泥—丙烯酸盐灌浆复合(混合)帷幕, 应和水泥灌浆一样, 采用分序施工, 逐步加密。补强帷幕则只须在需要补强的部位和深度布置灌浆孔。

3) 工艺流程: 布置钻孔→分段阻塞(或用孔口封闭器)→选择浆液浓度和凝胶时间→确定灌浆压力→灌浆→封孔→效果检查。

单液灌浆:

第一批混合的浆量以满足管路和孔段占浆量再加开始 10min 的吸浆量为限, 以后每批混合浆量以满足 10min 的吸浆量为限。

当 $Q \leq 5\text{L/min}$ 时, 凝胶时间为 50~60min;

当 $5\text{L/min} \leq Q \leq 10\text{L/min}$ 时, 凝胶时间为 40~50min;

当 $Q > 10\text{L/min}$ 时, 凝胶时间为 30~40min。

双液灌浆:

凝胶时间短于 30min 的一定要采用双液灌浆; 凝胶时间长于 30min 的尽量采用双液灌浆, 可以提高浆液的利用率, 减少弃浆, 还可以提高灌浆质量, 降低劳动强度。

当 $Q \leq 5\text{L/min}$ 时, 凝胶时间为 35~45min;

当 $5\text{L/min} \leq Q \leq 10\text{L/min}$ 时, 凝胶时间为 25~35min;

当 $Q > 10\text{L/min}$ 时, 凝胶时间为 15~25min。

4) 施工灌浆

①盛浆容器应采用塑料或不锈钢制品;

②用反循环法, 回浆管进风, 进浆管敞开, 用风将孔内的积水吹出来;

采用双液灌浆时, 将泵的输入管分别与 A、B 液连接; 采用单液灌浆时, 在 A 液中再加入等体积的 B 液搅拌均匀, 将泵的输入管与混合液连接, 从进浆管进浆, 回浆管出浓浆时, 关闭回浆管, 记录孔容占浆, 尽快升到设计压力;

③每 5min 记录一次进浆量, 直至灌浆结束;

④灌浆应连续进行, 只有在邻孔串漏的情况下才可以采用间歇灌浆;

⑤在设计灌浆压力下, 应灌至连续 3 个读数小于 0.02L/min 时即可结束。对于有涌水的孔段或地下水流速较大的部位, 应灌至孔内浆液凝胶。待最后一批混合的浆液胶凝 1h 后, 才可松开

阻塞器、拔管、扫孔和进行下一工序。

⑥封孔：全孔丙烯酸盐灌浆结束后，应通过扫孔的办法将孔内的凝胶清除并冲洗干净，然后用水泥进行压力灌浆封孔。

⑦效果检查：丙烯酸盐灌浆结束 3d 后即可进行效果检查。

2. 技术指标

丙烯酸盐灌浆液及其凝胶主要技术指标应满足表 8.5-1、表 8.5-2 要求：

丙烯酸盐灌浆液物理性能			表 8.5-1
序号	项目	技术要求	备注
1	外观	不含颗粒的均质液体	
2	密度/（g/cm ³ ）	≤1.20	
3	黏度/（mPa·s）	≤5	
4	PH 值	6.0~9.0	
5	胶凝时间	可调	
6	毒性	实际无毒	按我国食品安全性毒理学评价程度和方法为无毒

丙烯酸盐灌浆液凝胶后的性能			表 8.5-2
序号	项目名称	技术要求	
		I 型	II 型
1	渗透系数/（cm/s）	<1×10 ⁻⁶	<1×10 ⁻⁷
2	固砂体抗压强度/KPa	≥200	≥400
3	抗挤出破坏比降	≥300	≥600
4	遇水膨胀率/%	≥30	

3. 适用范围

矿井、巷道、隧洞、涵管止水；混凝土渗水裂隙的防渗堵漏；混凝土结构缝止水系统损坏后的维修；坝基岩石裂隙防渗帷幕灌浆；坝基砂砾石孔隙防渗帷幕灌浆；土壤加固；喷射混凝土施工。

4. 已应用的典型工程

北京地铁机场线、北京地铁 10 号线、上海长江隧道、向家坝水电站、丹江口水电站、大岗山水电站、湖南省筱溪水电站等工程。

8.6 聚乙烯丙纶防水卷材与非固化型防水粘结料复合防水施工技术

1. 主要技术内容

聚乙烯丙纶是由上下两层长丝丙纶无纺布和中间芯层线性低密度聚乙烯一次加工复合而成的防水卷材。

非固化型防水粘结料是由橡胶、沥青改性材料和特种添加剂制成的弹塑性膏状体，与空气长期接触不固化的防水材料。

施工时先将非固化型防水粘结料涂刮于基面上，然后将聚乙烯丙纶防水卷材粘贴在上部，卷材与卷材之间也采用非固化型防水粘结料粘结，从而形成复合防水层。特点是冷施工、环保，并可在低温及潮湿基面上施工。

聚乙烯丙纶防水卷材与非固化型防水粘结料复合提高并强化了防水功能。非固化型防水粘结料可吸收基层开裂产生的拉应力，适应基层变形能力强，并可以自愈合。虽然卷材是满粘，但同时又达到了空铺的效果，既不窜水，又能够适应基层开裂变形的需求。

2. 技术指标

聚乙烯丙纶防水卷材的物理化学性能应满足表 8.6-1 要求,非固化型防水粘结料的物理化学性能应满足表 8.6-2 要求。

聚乙烯丙纶防水卷材物理性能		表 8.6-1
项 目		指标
断裂拉伸强度/(N/cm)	常温	≥60
	60℃	≥30
扯断伸长率/%	常温	≥400
	-20℃	≥10
撕裂强度/N		≥20
不透水性 (0.3MPa, 30min)		无渗漏
低温弯折温度/℃		≤-20
加热伸缩量/mm	延伸	2
	收缩	4
热空气老化 (80℃ ³ 168h)	断裂拉伸强度保持率/%	≥80
	扯断伸长率保持率/%	≥70
耐碱性(质量分数为 10%的 Ca(OH) ₂ 溶液, 常温×168h)	断裂拉伸强度保持率/%	≥80
	扯断伸长率保持率/%	≥80
人工气候老化	断裂拉伸强度保持率/%	≥80
	扯断伸长率保持率/%	≥70
粘结剥离强度 (片材与片材)	N/mm (标准试验条件)	≥1.5
	浸水保持率 (常温×168h) /%	≥70
复合强度 (表层与芯层) /(N/mm)		≥1.2

非固化型防水粘结料物理性能		表 8.6-2
序号	项目	指标
1	外观	黑色粘稠状
2	固体含量/%	≥99
3	耐热度/℃	≥80
4	不透水性 (0.1MPa, 30min)	不透水
5	粘结强度/MPa	≥0.3
6	低温柔度/℃	-20
7	延伸性, 无处理/mm	≥30

3. 适用范围

适用于建筑、轨道交通、隧道、泳池、桥梁等防水和防渗工程。

4. 已应用典型工程

金沟河热力工程隧道、北京格莱瑞服饰生产研发综合楼、石景山办事处办公楼、房山滨河家园、怀柔生态技术展示中心等防水工程。

8.7 聚氨酯防水涂料施工技术

1. 主要技术内容

聚氨酯防水涂料是通过化学反应而固化成膜,分为单组分和双组分两种类型。单组分聚氨酯防水涂料为聚氨酯预聚体,在现场涂覆后经过与水或空气中湿气的化学反应,固化形成高弹性防水涂膜。

双组分聚氨酯防水涂料由甲、乙两个组分组成，甲组分为聚氨酯预聚体，乙组分为固化组分，现场将甲、乙两个组分按一定的配合比混合均匀，涂覆后经反应固化形成高弹性防水涂膜。

聚氨酯防水涂料可采用喷涂、刮涂、刷涂等工艺施工。施工时需分多层进行涂覆，每层厚度不应大于 0.5mm，且相邻两层应相互垂直涂覆。

聚氨酯防水涂膜的特点：

- (1) 涂膜致密、无接缝，整体性强，在任何复杂的基面均易施工。
- (2) 涂层具有优良的抗渗性、弹性及低温柔性。
- (3) 具有较好的耐腐蚀性。
- (4) 涂料固化成膜易受环境温度、湿度影响。
- (5) 对基层平整度要求较高。

2. 技术指标

聚氨酯防水涂料的物理力学性能应符合《聚氨酯防水涂料》GB/T19025 的要求。产品按拉伸性能分为 I、II 两类。

单组分聚氨酯防水涂料物理力学性能表 8.7-1

序号	项目	I	II
1	拉伸强度/MPa	≥ 1.9	≥ 2.45
2	断裂伸长率/%	≥ 550	≥ 450
3	撕裂强度/(N/mm)	≥ 12	≥ 14
4	低温弯折性/℃	≤ -40	
5	不透水性/0.3MPa, 30min	不透水	
6	固体含量/%	≥ 80	
7	表干时间/h	≤ 12	
8	实干时间/h	≤ 24	
9	加热伸缩率/%	≤ 1.0	
		≥ -4.0	
10	潮湿基面粘结强度/MPa	≥ 0.5	

双组分聚氨酯防水涂料物理力学性能 表 8.7-2

序号	项目	I	II
1	拉伸强度/MPa	≥ 1.9	≥ 2.45
2	断裂伸长率/%	≥ 450	≥ 450
3	撕裂强度/(N/mm)	≥ 12	≥ 14
4	低温弯折性/℃	≤ -35	
5	不透水性/0.3MPa, 30min	不透水	
6	固体含量/%	≥ 90	
7	表干时间/h	≤ 8	
8	实干时间/h	≤ 24	
9	加热伸缩率/%	≤ 1.0	
		≥ -4.0	
10	潮湿基面粘结强度/MPa	≥ 0.5	

3. 适用范围

非外露防水工程。

4. 已应用的典型工程

已应用于北京、杭州、郑州、武汉等地铁的明挖车站、北京后现代城、北京积水潭医院、北京乔波滑雪场、吉林国家粮食储备库、石家庄万达广场、杭州新绿园小区、杭州丽江公寓、湖北

十堰东风汽车总部办公楼、南宁国际会展中心等防水工程。

9. 抗震、加固与改造技术

9.1 消能减震技术

1. 主要技术内容

消能减震技术是将结构的某些构件设计成消能构件，或在结构的某些部位装设消能装置。在风或小震作用时，这些消能构件或消能装置具有足够的初始刚度，处于弹性状态，结构具有足够的侧向刚度以满足正常使用要求；当出现大风或大震作用时，随着结构侧向变形的增大，消能构件或消能装置率先进入非弹性状态，产生较大阻尼，大量消耗输入结构的地震或风振能量，使主体结构避免出现明显的非弹性状态，且迅速衰减结构的地震或风振反应（位移、速度、加速度等），保护主体结构及构件在强地震或大风中免遭破坏或倒塌，达到减震抗震的目的。

消能部件（消能构件或消能装置及其连接件）按照不同“构件型式”分为消能支撑、消能剪力墙、消能支承或悬吊构件、消能节点、消能连接等。

消能部件中的消能器（又称阻尼器）分为速度相关型如黏滞流体阻尼器、黏弹性阻尼器、黏滞阻尼墙、黏弹性阻尼墙；位移相关型如金属屈服型阻尼器、摩擦阻尼器等，和其它类型如调频质量阻尼器（TMD）、调频液体阻尼器（TLD）等。

采用消能减震技术的结构体系与传统抗震结构体系相比，具有大震安全性、经济性和技术合理性。

2. 技术指标

建筑结构消能减震设计方案，应根据建筑抗震设防类别、抗震设防烈度、场地条件、建筑结构和建筑使用要求，与采用抗震设计的设计方案进行技术、经济可行性的对比分析后确定。采用消能减震技术结构体系的计算分析应依据《建筑抗震设计规范》GB50011 进行，设计安装做法应遵循国家建筑标准设计图集《建筑结构消能减震（振）设计》09SG610-2，其产品应符合《建筑消能阻尼器》JG/T209 的规定。

3. 适用范围

消能减震技术主要应用于高层建筑，高耸塔架，大跨度桥梁，柔性管道、管线（生命线工程），既有建筑的抗震（或抗风）性能的改善等。

4. 已应用的典型工程

江苏省宿迁市建设大厦、北京威盛大厦等新建工程，以及北京火车站、北京展览馆、西安长乐苑招商局广场 4 号楼等加固改造工程。

9.2 建筑隔震技术

1. 主要技术内容

基础隔震系统是通过在基础和上部结构之间，设置一个专门的橡胶隔震支座和耗能元件（如铅阻尼器、油阻尼器、钢棒阻尼器、粘弹性阻尼器和滑板支座等），形成高度很低的柔性底层，称为隔震层。通过隔震层的隔震和耗能元件，使基础和上部结构断开，将建筑物分为上部结构、隔震层和下部结构三部分，延长上部结构的基本周期，从而避开地震的主频带范围，使上部结构与水平地面运动在相当程度上解除了耦连关系，同时利用隔震层的高阻尼特性，消耗输入地震动的能量，使传递到隔震结构上的地震作用进一步减小，提高隔震建筑的安全性。目前除基础隔震外，人们对层间隔震的研究和应用也越来越多。

隔震技术已经系统化、实用化，它包括摩擦滑移系统、叠层橡胶支座系统、摩擦摆系统等，其中目前工程界最常用的是叠层橡胶支座隔震系统。这种隔震系统，性能稳定可靠，采用专门的

叠层橡胶支座作为隔震元件，是由一层层的薄钢板和橡胶相互叠置，经过专门的硫化工艺粘合而成，其结构、配方、工艺需要特殊的设计，属于一种橡胶厚制品。目前常用的橡胶隔震支座有：天然橡胶支座、铅芯橡胶支座、高阻尼橡胶支座等。

2. 技术指标

采用隔震技术后的上部结构地震作用一般可减小 3~6 倍，地震时建筑物上部结构的反应以第一振型为主，类似于刚体平动，其地震反应很小，结构构件和内部设备都不会发生破坏或丧失正常的使用功能，在内部工作和生活的人员不仅不会遭受伤害，也不会感受到强烈的摇晃，强震发生后人员无需疏散，房屋无需修理或仅需一般修理。从而保证建筑物的安全甚至避免非结构构件如设备、装修破坏等次生灾害的发生。

建筑隔震设计方案，应根据建筑抗震设防类别、抗震设防烈度、场地条件、建筑结构方案和建筑使用要求，与采用抗震设计的设计方案进行技术、经济可行性的对比分析后确定。采用隔震技术结构体系的计算分析应依据《建筑抗震设计规范》GB50011 进行，设计安装做法应遵循《建筑结构隔震构造详图》03SG610-1，其产品应符合《建筑隔震橡胶支座》JG118 的规定。

3. 适用范围

建筑隔震技术主要应用于重要的建筑，一般指甲、乙类等特别重要的建筑；有特殊性使用要求的建筑；传统抗震技术难以达到抗震要求的或有更高抗震要求的某些建筑；也可用于抗震性能不满足要求的既有建筑的加固改造。

4. 已应用的典型工程

北京三里河七部委联合办公楼、北京地铁复八线、福建省防震减灾中心大楼、昆明新机场等。

9.3 混凝土结构粘贴碳纤维、粘钢和外包钢加固技术

1. 主要技术内容

混凝土结构粘贴碳纤维和粘钢加固技术是采用专门配置的改性环氧胶粘剂将碳纤维片材或钢板粘贴在结构构件表面（多为构件受拉区），形成复合受力体系，使两者协同工作，以提高结构构件的抗弯、抗剪、抗拉承载能力，达到对构件进行加固补强的目的。

外包钢加固法是在钢筋混凝土梁、柱四周包型钢的一种加固方法，可分为干式和湿式两种。湿式外包钢加固法，是在外包型钢与构件之间采用改性环氧树脂化学灌浆等方法进行粘结，以使型钢与原构件能整体共同工作。干式外包钢加固法的型钢与原构件之间无粘结（有时填以水泥砂浆），不传递结合面剪力，与湿式相比，干式外包钢法施工更方便，但承载力的提高不如湿式外包钢法有效。

2. 技术指标

粘贴碳纤维、粘钢和外包钢加固的设计计算和结构胶的要求应符合《混凝土结构加固设计规范》GB50367 和《建筑抗震加固技术规程》JGJ116 的规定，关于钢材、焊缝设计及其施工的要求应符合现行国家标准规范《钢结构设计规范》GB50017 的规定。

3. 适用范围

粘贴碳纤维加固技术适用于钢筋混凝土受弯、轴心受压、大偏心受压及受拉构件，粘钢加固技术适用于钢筋混凝土受弯、大偏心受压和受拉构件的加固，二者均不适用于素混凝土构件，包括纵筋配筋率低于现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 规定的最小配筋率的构件的加固。被加固的混凝土结构构件其现场实测混凝土强度等级不得低于 C15、混凝土表面正拉粘结强度不得低于 1.5MPa，长期使用的环境温度不应高于 60℃。

外包钢加固技术适用于需要提高截面承载能力和抗震能力的钢筋混凝土梁、柱结构的加固。

4. 已应用的典型工程

粘贴碳纤维、粘钢和外包钢加固技术在北京火车站、北京工人体育场、中国国家博物馆等加固改造工程均有应用。

9.4 钢绞线网片聚合物砂浆加固技术

1. 主要技术内容

钢绞线-聚合物砂浆加固技术是一项新型加固技术，它是在被加固构件进行界面处理后，将钢绞线网片敷设于被加固构件的受拉部位，再在其上涂抹聚合物砂浆。其中钢绞线是受力的主体，在加固后的结构中发挥其高于普通钢筋的抗拉强度；聚合物砂浆有良好的渗透性、对氯化物和一般化工品的阻抗性好，粘结强度和密实程度高，它一方面起保护钢绞线网片的作用，另一方面将其粘结在原结构上形成整体，使钢绞线网片与原结构构件变形协调、共同工作，以有效提高其承载能力和刚度。

钢绞线网片-聚合物砂浆加固技术除加固效果优异外，与传统加固技术相比，具有良好的环保、耐久、耐高温、防腐、防火性能，施工快捷方便，现场环境污染小，且由于加固层厚度薄，加固后不显著增加结构自重，对建筑物的外观风貌和使用空间及功能没有影响。

2. 技术指标

钢绞线网片-聚合物砂浆加固的材料和设计计算应符合《混凝土结构加固设计规范》GB50367和《建筑抗震加固技术规程》JGJ116 的要求。其中配制聚合物砂浆用的聚合物乳液环保检验参照《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB50325 进行，总挥发性有机化合物应 $<200\text{g/L}$ ；游离甲醛应 $<0.5\text{g/kg}$ 。钢绞线网片-聚合物砂浆加固施工可参考北京市地方标准《钢绞线网片-聚合物砂浆加固混凝土结构施工及验收规程》DB11/T645 进行。

3. 适用范围

钢绞线网片-聚合物砂浆加固技术适用于砌体结构砖墙、钢筋混凝土结构梁、板、柱和节点的加固。

4. 已应用的典型工程

该技术应用的主要项目有北京工人体育馆改扩建工程、中国国家博物馆改扩建工程、厦门郑成功纪念馆加固工程、厦门特区纪念馆加固工程等。

9.5 结构无损拆除与整体移位技术

1. 主要技术内容

无损性拆除是通过金刚石切割工具在高速运转下对钢筋混凝土磨削，并依靠冷却水带走产生的粉屑，最终形成切割面，来实现构件分离的一种拆除方式。可以根据结构特点和周边场地状况，选用高空吊拆、分块切割、整体转运的施工方法。无损性拆除不存在振动，对保留结构无冲击，不会产生微裂纹破坏，不影响结构受力和使用寿命，同时它具有低噪音、无污染、无振动、效率高的特点。

(1) 无损性拆除静态切割施工方案的设计

考虑到待拆除构件的类型较多，单一的拆除方式不仅效率低、成本高，也不可能完成多样的拆除工作。因此在进行方案设计时需结合几种金刚石切割工具的优点，进行有针对性的选择。

1) 针对板厚薄且切割距离不长的楼板或楼梯可以选用金刚石手持锯对其进行分离，它可进行单人操作，不需要电源，可多台同时作业，方便快捷，施工效率高。

2) 针对截面宽度较小的如密肋梁可以选用金刚石薄壁钻进行分离，它使用简单灵活、施工速度快，虽受钻头直径的影响，切割面积小，但针对截面宽度小的梁效率特别高。

3) 针对厚度薄、切割距离长且要求精度高的楼板及墙体可以选用大型长导轨金刚石圆盘锯进行分离，它受轨道的控制，切割位置十分准确，精度较高，虽安装较繁琐，并受锯片直径限制切割深度不大，但在进行薄板长距离切割时优势十分明显。

4) 针对梁柱及截面厚度较大的墙板等大型构件选用金刚石绳锯进行分离，金刚石绳锯具有

切割速度快、功率大等特点，不受混凝土形状和位置的限制，但安装较为复杂，在进行大截面的构件切割时具有优势。

(2) 无损性拆除吊运方案的设计

在确定了拆除方法后，吊运方案的选择也十分重要。可以根据场地情况选择履带吊或其他起重机械作为转运工具，根据起重机械的回转半径和吊装能力来确定构件的分块大小。梁一般以一跨为一个吊运单元，个别跨度较大的梁以半跨为一个吊运单元，采用双索双圈吊篮式拴系法；柱以一层高为一个吊运单元，采用单索双股穿孔拴系法；板通过计算自身受力状况确定不同面积为一个吊运单元，采用四点起吊法。

(3) 无损性拆除施工工艺流程

分析原结构图纸→确定拆除顺序→放线确定拆除范围→搭设临时支撑→钻吊装孔→起重机械就位→切割→吊运→转运清理

2. 技术指标

(1) 金刚石绳锯

绳索的变向是通过导向轮的组合安装来实现的，施工过程中导向轮的安装与主动驱动轮中的位置关系应巧妙的设计，以满足切割要求。

绳索切割线速度不低于 18m/s。

金刚石绳索的质量标准应满足切割过程中最大张拉强度的要求。

(2) 金刚石圆盘锯

切割锯片与切割深度的关系见表 9.5

切割锯片与切割深度的关系				表 9.5
锯片直径 mm	400	600	700	1200
切割深度 mm	150	250	300	500

轨道安装偏差控制在 3mm 以内，锯片固定完成后检查调整锯片与切割面的垂直度。平行于墙体切割楼板时，距离墙边最小切割距离为 30mm。

(3) 金刚石薄壁钻

孔位偏差：采用十字画线法确定钻孔中心，孔位偏差不超过 3mm。

利用连续钻孔进行切割时，钻孔采用 $\Phi 89\text{mm}$ 或 $\Phi 108\text{mm}$ 孔径施工，1m 长度方向上布置钻孔数为 10~12 个。切割直线偏差小于 20mm。

3. 适用范围

适用于各类钢筋混凝土结构民用建筑的局部结构拆改及有保留原有结构要求的工程施工。

4. 已应用的典型工程

为满足 2008 年奥运会的需要，国家奥林匹克体育中心体育场对原有结构进行了拆除、改造，拆除部分主要集中在看台及看台与高架平台的连廊部分。原看台最高处 44 步，最低处 31 步，此次改造仅保留下部 20 步看台，其上的柱、梁、楼板及折线形看台板全部拆除。柱拆除方量约 250m^3 ，梁拆除方量 1700m^3 ，楼板拆除面积约 1000m^2 ，看台板拆除面积约 3600m^2 。通过多种切割工具的组合和合理的施工组织，无损性拆除技术的应用效果非常好。

9.6 无粘结预应力混凝土结构拆除技术

1. 主要技术内容

无粘结预应力混凝土拆除是指将已张拉完、端头处理完的无粘结预应力混凝土梁、板中的无粘结预应力筋切断，然后再进行梁、板混凝土的拆除。其技术内容主要包括卸荷架搭设、确定预应力钢筋的位置、人工剔凿找出预应力钢筋、对预应力钢筋进行临时固定并放张卸锚、在指定范围进行砼切除、预应力筋重新张拉、封头。

2. 技术指标

- (1) 符合《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ92。
- (2) 工艺流程：搭设卸荷架→探测确定预应力筋位置→剔凿除预应力筋→放张卸锚、混凝土切除→预应力筋端部加固处理（浇混凝土及附加钢筋）→预应力筋重新张拉→封头
- (3) 确定预应力钢筋的位置：在支撑系统搭设完成后，要参考原有结构预应力施工图纸，并结合一些探测仪器如雷达探测仪等，确定预应力钢筋的准确位置以及预应力节点的位置，并做出标记。

1) 预应力混凝土改造，先将需要拆除构件的每根预应力钢筋所在位置剔凿三个洞口，其中第一洞口1和第三洞口3位置在拟拆除的构件的边缘，中间洞口2位置在拟拆除的构件中间。第一洞口1、第三洞口3剔凿完成后，第一洞口1、第三洞口3处的预应力筋用临时固定锚具固定住，在中间洞口2处采用热熔法将预应力筋切断。如图9.6-1所示。

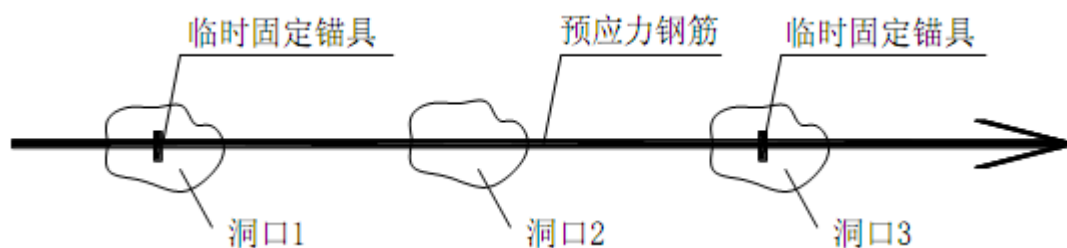


图 9.6-1 预应力筋的切断示意图

2) 根据不同情况采用不同的开洞和临时固定方法。然后可以采用气割的方法将洞口内的预应力钢筋切断，将预加应力慢慢释放掉，烧断前必须在该预应力筋张拉端作可靠的防护，在洞口处预应力筋切断放张后，还需重新进行张拉，恢复开洞位置周边结构中的预应力状态，张拉力按照原有结构预应力的张拉力进行。必须注意的是由于预应力筋放张和重新张拉时，张拉端混凝土强度很难满足施工要求且预应力筋出端面处位置难以保证理想状态，因此在张拉之前必须对预应力筋端部进行加固处理，以满足混凝土局部承压的要求。

3) 在梁中的预应力钢筋为集团束方式布置的，每梁中布有多根预应力筋在原结构混凝土中，在梁端位置，该预应力钢筋集团束都位于梁的中上端。由于预应力重新张拉需要将预应力钢筋分散开处理，所以这就需要在混凝土拆除完毕后重新浇注一部分混凝土安放承压板，并配置一定数量的附加钢筋，以承担预应力钢筋局部承压的作用。此部分混凝土强度达到85%以后，就可以对预应力钢筋再次张拉，张拉控制应力按照原结构的要求进行。加上锚具尺寸和混凝土保护层厚度，第一次浇注的混凝土至少需要300mm，其余部分混凝土第二次浇注或分若干次浇注混凝土。如图9.6-2所示。

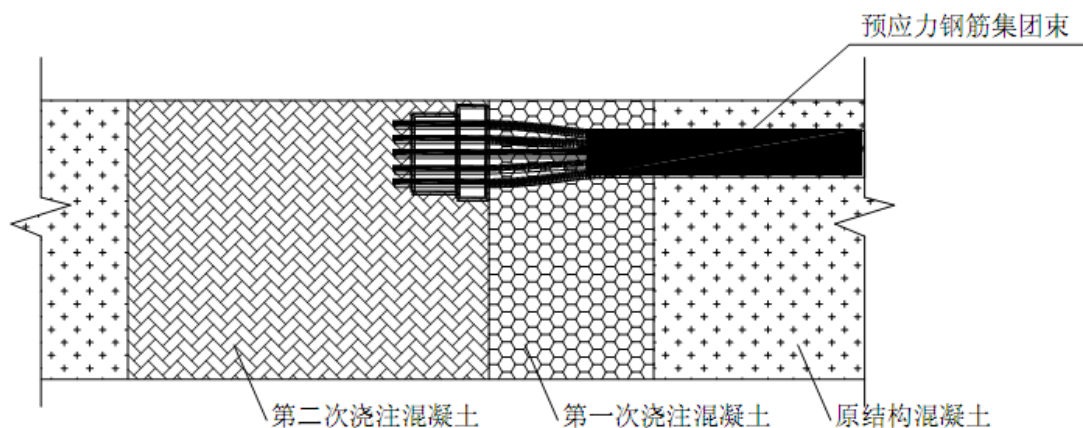


图 9.6-2 预应力混凝土结构示意图

3. 适用范围

由于建筑物用途的改变而需要对已建成或正在施工的无粘结预应力结构进行改造的工程。

4. 已应用的典型工程

该技术在北京市华贸中心商贸广场工程中成功应用。北京华贸中心商贸广场是北京市 60 项重点工程之一。总建筑面积 186280m^2 ，工程结构形式为框架—剪力墙结构。由于使用功能的改变，对地下一层～地上六层局部顶板的无粘结预应力结构进行改造。

9.7 深基坑施工监测技术

1. 主要技术内容

通过在工程支护（围护）结构上布设凸球面的钢制测钉作为位移监测点，使用全站仪定期对各点进行监测，根据变形值判定是否采取何种措施，消除影响，避免进一步变形发生危险。监测方法可分为基准线法和坐标法

在墙顶水平位移监测点旁布设围护结构的沉降监测点，布点要求间隔 $15\sim 25\text{m}$ 布设一个监测点，利用高程监测的方法对围护结构墙顶进行沉降监测。

基坑围护结构沿垂直方向水平位移的监测：用测斜仪由下至上测量预先埋设在墙体内测斜管的变形情况，以了解基坑开挖施工过程中基坑支护结构在各个深度上的水平位移情况，用以了解、推算围护体变形。

临近建筑物沉降监测：利用高程监测的方法来了解临近建筑物的沉降，从而了解其是否发生会引起不均匀沉降。

基准点的布设：在施工现场沉降影响范围之外，布设 3 个基准点为该工程临近建筑物沉降监测的基准点。临近建筑物沉降监测的监测方法、使用仪器、监测精度同建筑物主体沉降监测。

2. 技术指标

（1）变形报警值：水平位移报警值：按一级安全等级考虑，最大水平位移 $\leq 0.14\% H$ ；按二级安全等级考虑，最大水平位移 $\leq 0.3\% H$ 。

（2）地面沉降量报警值：按一级安全等级考虑，最大沉降量 $\leq 0.1\% H$ ；按二级安全等级考虑，最大沉降量 $\leq 0.2\% H$ 。

（3）监测报警指标一般以总变化量和变化速率两个量控制，累计变化量的报警指标一般不宜超过设计限值。若有监测项目的数据超过报警指标，应从累计变化量与日变量两方面考虑。

3. 适用范围

用于深基坑钻、挖孔灌注桩、地连墙、重力坝等围（支）护结构的变形监测。

4. 已应用的典型工程

深圳中航广场工程、上海万达商业中心等。

9.8 结构安全性监测（控）技术

1. 主要技术内容

结构安全性监测（控）技术是指，通过对结构安全控制参数进行一定期间的量值及变化进行监测，并根据监测数据评估判断或预测结构安全状态，必要时采取相应控制措施以保证结构安全。监测参数一般包括定位、变形、应力应变、荷载、温度、结构动态参数等。

监测系统包括传感器、数据采集传输系统、数据库、状态分析评估与预测显示软件等。

结构安全监测（控）过程一般分为施工期间监测与使用期间监测，施工期间的监测主要以控制结构在施工期间的安全和施工质量为主，使用期间的监测主要监测结构损伤累积和灾害等突发事件引起结构的状态变化，根据监测数据评估结构状态与安全性，以采取相应的控制或加固修复措施。

2. 技术指标

监测技术指标主要包括传感器及数据采集传输系统的测试稳定性和精度,其稳定性指标一般以监测期间内最大漂移小于工程允许的范围,测试精度一般满足结构状态值的5%以内要求。监测、测试点布置与数量满足工程监测的需要,并满足《建筑结构检测技术标准》GB/T50344等国家现行测试、测量等规范标准要求。

构件及结构的安全性质量应满足《钢结构设计规范》GB50017,《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205,《混凝土结构设计规范》GB50010,《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204等现行国家规范标准要求。

3. 适用范围

大跨度钢结构,大跨度预应力混凝土结构,索膜结构,复杂超规范的新型结构,施工质量控制要求高与有重要影响的结构,桥梁结构,隧道等。

4. 已应用的典型工程

国家体育场钢结构,五棵松体育馆钢结构,国家大剧院钢结构,上海卢浦大桥,深圳会展中心钢结构,上海大剧院,上海东方明珠塔,2010年上海世博会建筑钢结构与索膜结构,中国航海博物馆结构等。

9.9 开挖爆破监测技术

1. 主要技术内容

在爆破作业中爆破震动对基础、建筑物自身、周边环境物均会造成一定的影响,无论从工程施工的角度还是环境安全的需要,均要对爆破作业提出控制,将爆破引发的各类效应量,列为控制和监测爆破影响的重要项目。

爆破监测的主要项目主要包括:①爆破质点振动速度;②爆破动应变;③爆破孔隙动水压力;④爆破水击波、动水压力及涌浪监测;⑤爆破有害气体、空气冲击波及噪声监测。

振动速度传感器、应变计、渗压计、水击波传感器、脉动压力传感器等分别与各类数据采集分析装置组成监测系统;对有害气体的分析可采用有毒气体检测仪;空气冲击波及噪声监测可采用专用的爆破噪音测试系统或声级计。

2. 技术指标

爆破监测在具体实施中应符合《爆破安全规程》GB6722;《作业场所空气中粉尘测定方法》GB5748;《水电水利工程爆破安全监测规程》DL/T5333。

3. 适用范围

适用于市政工程、海港码头、铁路、公路、水利水电工程中的岩石类基坑开挖爆破中。

4. 已应用的典型工程

三峡水利枢纽三期上游围堰拆除工程、小浪底水利枢纽的左右岸开挖工程、秦山核电站大型基坑开挖爆破、重庆轻轨三号线江北机场站工程、南水北调丹江口水库加高工程。

9.10 隧道变形远程自动监测系统

1. 主要技术内容

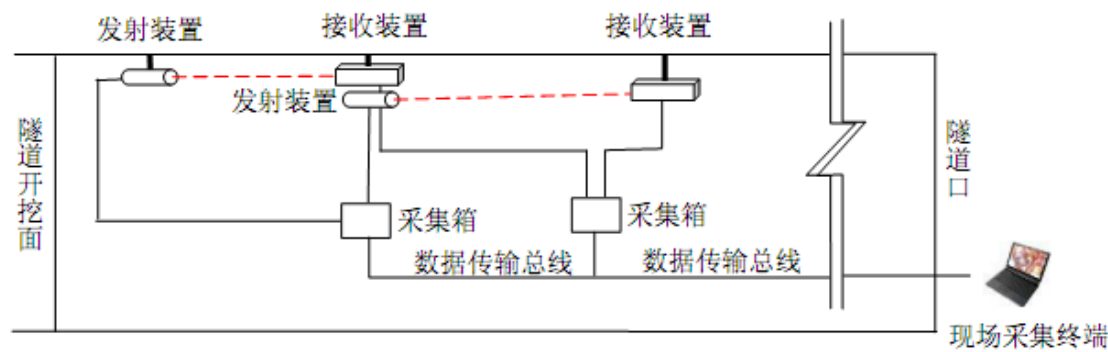
隧道监控量测是新奥法的三大核心之一,对评价隧道施工方法的可行性、设计参数的合理性,为了解隧道变形特性及其结构安全状态等提供准确、及时的依据,对隧道二次衬砌的施作时间具有决定性意义。因此,它既是保障隧道建设成功的重要手段,也是隧道运营安全的重要保障。

本系统是针对大量隧道变形监测需求开发一种简便、高精度的自动隧道变形监测系统。可对施工中或营运中隧道结构变形进行远程网络化自动监测,提供实时数据分析及预警功能,可为施工或营运安全提供有效保障,同时可有效降低测量人员的劳动强度,减少出入危险施工环境的次数。

本系统通过激光、图像传感器接收靶构成测试部件，通过现场采集仪进行数据采集，经由现场数据总线连接多个采集仪与洞口采集中心交换数据，洞口采集中心数据支持本地分析查看和通过网络发布至数据服务器，构成网络化自动测试系统，系统应用示意图见图 9.10-1、图 9.10-2。



图 9.10-1 隧道变形监测系统应用示意图



图图 9.10-2 隧道变形监测系统监测断面示意图

隧道变形监测系统通过在隧道内或洞口固定点设置激光定位器，测试点设置接收靶，激光定位器光斑投射至接收靶面，接收装置图像传感器采集激光光斑图像，通过特定图像处理算法计算出光斑的位置坐标，测试坐标值与初始坐标值比较，可求得测点位水平及垂直移值。测点位置同时设置激光定位器指向下一接收装置，可实现级联。测试数据通过现场总线传输至洞口监测计算机，数据通过有线或无线网络可传输至 WEB 服务器，实现广域的结构安全监测管理。

2. 技术指标

- 量程：60mm×100mm(可扩展)
- 精度：±0.5mm
- 总线：485 总线
- 电源：6VDC（300mA），12VDC(300mA)

3. 适用范围

适用于隧道施工及运营过程中结构变形的自动化监测。

4. 已应用的典型工程

该系统在武广客运专线浏阳河隧道下穿机场高速公路暗挖段、贵广铁路小高寨隧道进行现场试用。

9.11 一机多天线 GPS 变形检测技术

1. 主要技术内容

GPS 测量平差后控制点的平面位置精度为 1~2mm, 高程精度为 2~3mm, 完全满足边坡或滑坡体监测精度要求。可以在监测点上建立无人值守的 GPS 观测系统, 通过软件控制, 实现实时监测和变形分析、预报, 但由于每个监测点上都需要安装 GPS 接收机, 设备费用非常昂贵。一机多天线 GPS 技术可以利用一台 GPS 主机控制多个 GPS 天线, 从而实现多个监测点共用 1 台接收机, 并采用 GPRS 通讯, 数据无线传输到控制中心, 实现了系统的无人看守、自动运行, 最终使得在监测的总体费用与传统方式相近的基础上, 监测成果更加实时可靠。

2. 技术指标

《全球定位系统 (GPS) 测量规范》CH2001; 《混凝土大坝安全监测技术规程》DL5178。

3. 适用范围

大型边坡、滑坡体变形监测、大坝变形监测、大桥变形监测等领域。

4. 已应用的典型工程

小浪底水利枢纽大坝变形监测、小湾水电站边坡变形监测、重庆开县巨坪滑坡体变形监测、浦东新区海堤防汛墙位移监测。

10. 信息化应用技术

10.1 虚拟仿真施工技术

1. 主要技术内容

虚拟仿真施工技术是虚拟现实和仿真技术在工程施工领域应用的信息化技术。虚拟仿真技术在工程施工中的应用主要有以下几方面:

- (1) 施工工件动力学分析: 如应力分析、强度分析;
- (2) 施工工件运动学仿真: 如机构之间的连接与碰撞
- (3) 施工场地优化布置: 如外景仿真、建材堆放位置,
- (4) 施工机械的开行、安装过程;
- (5) 施工过程结构内力和变形变化过程跟踪分析;
- (6) 施工过程结构或构件及施工机械的运动学分析;
- (7) 施工过程动态演示和回放。

2. 技术指标

虚拟仿真施工主要包含以下技术体系:

(1) 三维建模技术

运用三维建模和建筑信息模型 (BIM) 技术, 建立用于进行虚拟施工和施工过程控制、成本控制的施工模型。该模型能将工艺参数与影响施工的属性联系起来, 以反应施工模型与设计模型之间的交互作用, 施工模型要具有可重用性, 因此必须建立施工产品主模型描述框架, 随着产品开发和施工过程的推进, 模型描述日益详细。通过 BIM 技术, 保持模型的一致性及模型信息的可继承性, 实现虚拟施工过程各阶段和各方面的有效集成。

(2) 仿真技术

计算机仿真是应用计算机对复杂的现实系统经过抽象和简化形成系统模型, 然后在分析的基础上运行此模型, 从而得到系统一系列的统计性能。基本步骤为: 研究系统→收集数据→建立系统模型→确定仿真算法→建立仿真模型→运行仿真模型→输出结果, 包括数值仿真、可视化仿真和虚拟现实 VR 仿真。

(3) 优化技术

优化技术将现实的物理模型经过仿真过程转化为数学模型以后, 通过设定优化目标和运算方法, 在制定的约束条件下, 使目标函数达到最优, 从而为决策者提供科学的、定量的依据。它使用的方法包括: 线性规划、非线性规划、动态规划、运筹学、决策论和对策论等。

(4) 虚拟现实技术

虚拟建造是在虚拟环境下实现的，虚拟现实技术是虚拟建造系统的核心技术。虚拟现实技术是一门融合了人工智能、计算机图形学、人机接口技术、多媒体工业建筑技术、网络技术、电子技术、机械技术等高新技术的综合信息技术。目的是利用计算机硬件、软件以及各种传感器创造出一个融合视觉、听觉、触觉甚至嗅觉，让人身临其境的虚拟环境。操作者沉浸其中并与之交互作用，通过多种媒体对感官的刺激，获得对所需解决问题的清晰和直观的认识。

3. 适用范围

工业与民用建筑、市政工程、土木工程施工方案编制。

4. 已应用典型工程

上海正大广场，广州珠江新城西塔项目。

10.2 高精度自动测量控制技术

1. 主要技术内容：

应用工程测量与定位信息化技术，建立特殊工程测量处理数据库，解决大型复杂或超高建筑工程中传统测量方法难以解决的测量速度、精度、变形等技术难题，实现对工程施工进度、质量、安全的有效控制。

2. 技术指标

(1) 建立或应用测量机器人（智能全站仪）建筑测量的成套技术与工艺。

(2) 建立或应用智能全站仪大仰角三维坐标测量修正模型。

(3) 应用信息技术进行超高结构建筑垂直度偏差和轴线偏差控制。

(4) 建立特殊复杂工程测量信息化处理数据库。

3. 适用范围

适用于大型复杂或特殊复杂工程施工过程中的测量变形等监测。

4. 已应用典型工程

上海环球金融中心项目，中央电视台新台址项目。

10.3 施工现场远程监控管理工程远程验收技术

1. 主要技术内容

利用远程数字视频监控系统 and 基于射频技术的非接触式技术或 3G 通信技术对工程现场施工情况及人员进出场情况进行实时监控，通过信息化手段实现对工程的监控和管理。该技术的应用不但要能实现现场的监控，还要具有通过监控发现问题，能通过信息化手段整改反馈并检查记录的功能。

工程项目远程验收是应用远程验收和远程监控系统，通过视频信息随时了解和掌握工程进展，远程协调与指挥工作能够实现将施工现场的图像、语音通过网络传输到任何能上网的地点，实现与现场完全同步、实时的图像效果，通过视频语音通讯客户端软件，对工程项目进行远程验收和监控，并能实现将现场图像实时显示并存储下来。

2. 技术指标

(1) 远程视频图像监控：监控用户可以通过网络察看每个监控摄像机采集的施工现场实时动态图像，远程调节监控摄像头的光圈、焦距和景深，控制云台的旋转。

(2) 多画面显示：远程监控端能够多画面循环显示，也能进行单画面和多画面显示方式切换，对画面可以放大和缩小。

(3) 远程视频图像存储：监控用户可以将远程视频图像存储在本地计算机硬盘上，能够对记录下的影像资料进行检索、回放、定位、快放和慢放等操作。

(4) 用户权限控制：为了系统的安全性和保密性，系统可以对用户的级别进行严格的控制，赋予不同级别用户不同的权限，所有用户只能在授权范围内进行监控操作。

(5) 现场作业人员管理：利用基于射频技术的人员身份识别系统实现现场作业人员的进出场管理和现场作业人员的统计分析。

(6) 远程监控和视频采集

将建筑工程现场的局部细节，以及施工面的视频图像实时记录在视频媒体介质上，通过网络将实时采集的视频图像传输到远程质量验收管理系统中。具有视频采集、传输管理、应用存储、远程访问管理、质量验收应用等具体功能。

(7) 图档管理

本工程相关图纸进行管理（主要是电子图纸），完成电子图纸的导入和管理，并进行图纸管理和整个验收系统的集成，实现在远程验收时随时可以调出相应的图纸作为验收参考和备案依据的功能。

(8) 验收报表

主要用来处理相应的验收报表，实现报表的维护、填写等功能，并实现本分系统和整个远程验收系统的集成和其它分系统的交互。验收报表子系统严格按照《建设工程监理规范》GB50319、《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300、《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《建设工程文件归档整理规范》GB/T50328 等各项规范规定，包括国家和地方相应的法律法规和标准规定的标准性报表，并可根据企业和工程特点自定义项目报表。

(9) 多媒体交互

在工程质量验收时，验收中心人员与现场人员远程实时交互通信，形成联动协作的音视频同步系统和文字等的交流，提高质量验收的效率与验收部位的准确性。

(10) 知识中心

具有收集工程验收相应规程规范、企业标准等功能，为验收过程中的相关人员提供知识支持。

3. 适用范围

大型房建、土木工程、市政工程、大型超高钢结构工程。

4. 已应用典型工程

广州珠江新城西塔项目，中央电视台新台址项目、天津市快速环路西北半环、上海环球金融中心项目等。

10.4 工程量自动计算技术

1. 主要技术内容

工程量和钢筋量的计算是工程建设过程中的重要环节，其工作贯穿项目招投标、工程设计、施工、验收，结算的全过程。其特点是工作量大、内容繁杂，需要技术人员作大量细致、重复的计算工作。工程量自动计算技术是建立在二维或三维模型数据共享基础上，应用于建模、工程量统计、钢筋统计等过程，实现砌体、混凝土、装饰、基础等各部分的自动算量。

(1) 基于三维模型和建筑信息模型(BIM)技术，进行建模。

(2) 可自动识别电子版设计文档，快速识别出轴网、柱、梁、墙、门窗、柱钢筋、梁钢筋、墙钢筋、板钢筋。

(3) 可以在三维立体可视化的环境中实现整个建模和计算过程，通过系统提供的可视化修改查询工具，对模型的所有细节信息进行控制。

(4) 以构件作为操作对象，系统工程量和钢筋工程量可以通过构件几何尺寸直接读取，实现构件交接处的自动扣减，如墙体计算中自动扣减门、窗、洞口的面积，算梁混凝土体积时自动扣减柱所占的长度等。

- (5) 自动套取定额，提供完整的换算信息。
- (6) 开放的完整的报表系统，实现工程量的自动分类汇总及报表输出。

2. 技术指标

- (1) 应用一套以上工程量自动计算软件。
- (2) 该软件要满足《建设工程工程量清单计价规范》GB50500。
- (3) 该软件应适应全国各地的不同定额和计算规则。

3. 适用范围

适用于工业与民用建筑项目中招投标、工程设计、施工、验收，结算全过程的砌体、混凝土、装饰、基础等各部分的工程量自动计算，以及钢筋统计等。

4. 已应用的典型工程

解决工程量和钢筋量的自动计算和统计的软件，已在全国普及应用。应用三维建模和建筑信息模型 BIM 技术的工程量自动统计软件，也在大型工程中应用。

10.5 工程项目管理信息化实施集成应用及基础信息规范分类编码技术

工程项目管理信息化实施或集成应用技术是指用信息化手段实现对项目的业务处理与管理，或进一步用系统集成的方法将项目管理的各业务处理与管理信息系统模块进行应用流程梳理整合或数据交换整合，形成覆盖项目管理主要业务的集成管理信息系统，实现项目管理过程的信息化处理和业务模块间的有效信息沟通。

统一的基础信息规范分类和编码技术是有效实施工程项目管理信息化及集成应用的基础。工程项目管理信息化的实施从过去的单项业务处理过程应用发展到管理信息系统应用或集成应用，必须首先实现工程基础信息的规范，才能使工程项目管理信息化和集成化处理有据可依。

1. 主要技术内容

(1) 工程项目管理信息化实施及集成应用主要技术内容包括以下模块：项目办公事务管理（与业主、监理、设计、分包分供单位、上级机构、地方政府的沟通）；项目进度计划管理（支持与 P3、Project 进度管理软件的集成）；材料的采购计划与入库、限额领料与出库，盘点及周转材料的管理；设备管理（包括租赁及内部调拨）；工程承包合同的计量与支付、劳务合同的结算与支付；项目成本管理与核算，相关报表自动生成；项目施工组织设计、技术方案、工法及档案管理；项目质量与安全管理（管理过程的及时有效记录及审批过程的可追溯管理）；工程项目管理的动态数据实时传输、实时监控和分析预警管理。

(2) 工程项目管理集成信息规范分类编码是通过将项目施工生产和管理过程中涉及的各类信息进行统一的面向信息共享的信息分类与编码，实现信息的畅通和共享。

(3) 上述内容的管理信息系统开发应用或集成处理应用。

2. 技术指标

(1) 按管理信息系统分模块应用时，至少应用技术内容中的（1）项中的 3 个模块或以上。

(2) 集成应用时，用该技术开发的工程项目管理软件系统，要实现在对各功能模块的单独应用基础上的集成化，实现对项目的全过程管理、流程化控制，实现企业与项目部之间的内部协同。

(3) 成本管理应该是项目实施过程管理信息化的核心管理内容，结合企业的特点和实际已经形成的成本控制体系，系统可以根据项目管理方式的特点以及工程专业要求灵活编制预算成本，处理成本发生和成本变更实现多级控制，应做到成本数据和责任可以追根溯源，围绕与成本有关的各个环节，进行成本的预算、计划、控制、核算、结算及统计分析，实现成本、合同、信息、工程资料等业务细节处理，系统自动汇集出成本盘点报表，资金支付表单及目前工作所需的各种成本管理统计报表，提高成本统计质量，降低劳动强度。

(4) 集成处理可以是应用集成或数据集成，集成处理时必须采用规范化的基础信息分类编

码技术。

(5) 基础信息规范分类技术指标

项目基本信息、投标信息、合同信息、质量信息、成本信息、分包信息、进度信息、健康安全及环境信息、劳动力及人力资源信息、材料信息、机械设备信息、技术信息、资金信息、风险信息、法定程序文件信息、资料管理信息。

(6) 基础信息编码技术指标

1) 数据元的分类：按照层群码分类或面群码分类法进行编码的分类和对象的标识。

2) 数据元的描述：包括数据元编号规则、数据元名称、数据元定义、数据元类型、数据格式、计量单位等。

3) 数据元的值域：数据元在系统运作中呈现为值，并在信息交换等功能中得到共享。数据元通常有一个允许值的集合，这个允许值的集合被称之为值域。代码集是数据元值域代码的集合，代码集包括代码标识、代码、名称。码是代码表中对应代码名称的具体代码取值，名称指代某属性允许值的描述。值域代码集是可扩展的，值域代码集中，代码应按照一定的规则进行编码。

4) 数据元集合：以数据元集合的形式形成基础信息的编码。

3. 适用范围

各类工程建设项目。

4. 已应用的典型工程

央视新台址项目、广州珠江新城西塔等工程项目。

10.6 建设工程资源计划管理技术

该技术以管理的规范化为基础、管理的流程化为手段、项目财务成本处理的透明化为目标实现对建设工程资源的有效管理。

建设行业的管理基础是工程项目，无论管理面多宽、链条长短，最终都要落实到工程项目管理这一层级上来，因此如何实现各级管理层次对工程项目主要人、财、物等资源的分权管理，明确各方的责、权、利，实现项目管理的透明化，保障项目的工期，保障项目的投资成效，是建设工程项目管理技术的核心。

1. 主要技术内容

(1) 梳理和优化各层级管理工程项目的流程。

(2) 编制组织机构、项目、人员（角色）、物料、科目标准，规范统一编码体系。

(3) 搭建建设工程项目资源计划管理应用技术平台，在平台上运行的内容至少包括：项目行政办公管理、项目营销管理、合同管理、计划进度管理、采购管理、物资管理、财务管理、人力资源管理等内容。

(4) 进行系统设置、业务静态数据的初始化，保证财务动态数据的正确性。

(5) 数据并行、切换、共享的处理。

(6) 与其他系统的接口或数据交换。

2. 技术指标

(1) 通过资源计划管理实现工程项目管理的业务财务一体化，保证工程项目的各种采购合同、进场、出库、库存、应收、应付、资产、债权、债务数据的一致性。

(2) 通过工程项目的预算成本、计划成本、实际成本的对比分析，实现项目成本处于实时监控状态。

(3) 实现工程项目的规范化、流程化管理，各级管理者按照设定的流程根据角色实现审核审批管理。

(4) 实现工程项目管理主要资源的准入控制。对人员的进出与调配、客商档案的建立、物资设备的增加、财务科目的变更等建立标准的准入机制。

(5) 有助于实现工程项目的生命周期管理。实现项目立项、执行、竣工、结算、财务决算、关闭的过程节点控制。

(6) 竣工管理各类操作人员的个性化界面，操作界面简洁，只显示权限内的工作和任务。

3 适用范围

该技术适用于各层级对工程项目主要经济指标的管控及所有工程项目。

4 已应用的典型工程

该项技术已经在部分大、中、小工程项目管理中成功应用。

10.7 项目多方协同管理信息化技术

项目多方协同管理信息化技术是以 Internet 为通信工具，以现代计算机技术、大型服务器和数据库技术、存储技术为支撑，以协同管理理念为基础，以协同管理平台为手段，将工程项目实施的多个参与方（投资、建设、管理、施工等各方）、多个阶段（规划、审批、招投标、施工、分包、验收、运营等）、多个管理要素（人、财、物、技术、资料等）进行集成管理的技术。

项目多方协同管理信息化技术是工程项目管理信息化技术应用领域最前沿的技术。

1. 主要技术内容

(1) 建设适应协同管理需求的基础网络环境，也可以租用商业基础网络环境或使用系统产品提供商的网络设施（服务器系统）。

(2) 建立适应项目多方管理需求的协同管理平台，在协同管理平台上定制项目协同管理的结构、角色、权限，按机构及角色与权限实现对项目的系统管理。

(3) 购置、定制满足项目管理职能的应用软件模块，在协同管理平台上进行项目管理应用模块使用的单点登录、数据交换、应用集成等系统集成。

(4) 建立以任务为核心的项目多方系统管理与信息互通系统，按任务实现项目的协同管理。

(5) 建立统一的多方信息资源库，集成项目参与方的相关信息和工程项目管理知识；

(6) 提供项目管理各方在网上异地进行协同设计管理、施工管理及对相关资源信息综合管理的功能。

2. 技术指标

(1) 基础网络系统可以是企业 VPN 网或企业局部网并实现与 Internet 相连，也可以租用或采用托管方式的网络系统，无论哪种方式均需具有足够的网络安全保障；

(2) 协同管理平台需具有符合要求的安全认证、权限管理、与同类平台的互信连接、信息化办公、资料处理型应用模块定制等基本功能；

(3) 软件系统主要功能不仅能满足项目管理职能的要求，而且为项目参与方提供项目信息的单一入口，可以满足项目多方进行信息交流、协同工作、实时传送和共享数据信息等要求，能实现项目业主、监理、总包、设计、分包、供应商之间的协同管理。

(4) 协同管理平台应具有项目管理应用系统单点登录、数据交换、应用集成等系统集成整合支持工程。

3. 适用范围

适用于建设项目实施过程中的多方协同管理，更能满足工程项目的单方管理。

4. 已应用的典型工程

已在武广高铁武汉车站等大型交通建设项目、水利工程中应用；以任务为中心的项目多方协同管理系统已经在宁波来福士广场等多个工程项目中应用。

10.8 塔式起重机安全监控系统应用技术

1. 主要技术内容

塔式起重机是机械化施工中必不可少的关键设备。由于建筑业的快速发展,建筑起重机在用数量急剧上升,目前已达二十多万台。在起重机众多事故中违章操作、超载所引发的事故占 60% 以上。国际上早在 1998 黏就全面实施了安全监控管理,并列入了强制性标准,使事故下降了 80% 以上。

建筑起重机安全监控系统由工作显示系统、专用传感器、数据通信传输系统、安全软硬件、工作机构等组成。监控系统的应用可以从根本上改变塔机的管理方式,做到事先预防事故,变单一的行政管理、间歇性检查式的管理为实时的、连续的科技信息化管理;变被动管理为主动管理,最终达到减少乃至消灭塔机因违章操作和超载引起的事故的目的。

(1) 主要功能

1) 记录塔机工作全过程。管理者可适时掌握数据,作为对塔机检查、大修和事故判定的依据。

2) 判断司机的操作指令,能自动拒绝执行超出塔机能力范围的指令,同时发出声光报警并将相应工作参数数据记入违章档案。

3) 显示塔机工作参数,使司机能直观地了解塔机的工作状态,正确操作,避免误操作和超载。

4) 利用 GPRS 远程无线传输和 Internet 技术,实现在联网的计算机上,实时查看塔机的工作参数,对塔机工作参数及状态分析统计,实现塔机安全管理全覆盖,知道维修保养和适时更换易损件。

(2) 关键技术

1) 高精度力传感器匹配及传感器在不同起重量、不同机构特性、不同温度条件下稳定工作,重复精度满足要求的解决方案。

2) 变幅、起升、回转,倾角传感器可靠测距,消除积累误差,保证重复精度的技术。

3) 系统抗电磁干扰、宽温幅、抗粉尘、抗潮湿、抗老化技术。

4) 系统适应于不同型号、不同形式的塔机普适性技术。

5) 集远程数据传输、大容量数据管理、GPRS 定位、多层低用户服务等内容的塔机监控网络平台集成技术。

2. 技术指标

(1) 实时监测和显示建筑起重机工作参数和适用范围

工作幅度: 3~200m

起重量: 0.3~80t

起重力矩: 0.9~2400t·m

起升高度: 0~400m

回转角度: $\pm 540^\circ$

行走距离: 0~800m

起重量显示精度: $\pm 3\%$

力矩显示精度: $\pm 5\%$

测距精度: $\pm 0.3\text{m}$

回转角度: $\pm 5^\circ$

仰俯角度: $\pm 1^\circ$

记录贮存工作循环次数: 16000 次

(2) 反馈控制参数

当起重量达到额定起重量 90%时报警,超过额定荷载 3%时停止起升机构上升的运动;当起重力矩达到额定起重力矩 90%时报警,超过额定起重力矩 5%时停止上升和向大幅度方向运动。限制起升、变幅、回转、行走的位移,当位移接近最大位移和最小位移的规定值时,报警并强迫换为低速运转,达到极值时,停止向危险方向的运动。连续记录每一个工作循环的全部工作参数并贮存数据,最大贮存量为 16000 个工作循环。

(3) 远程管理平台

除塔机基本参数外,另外提供吊钩速度、负荷率、力矩比等参数实时显示,超载自动弹出显示。可按照塔机名称、日期、起重量等多种方式进行统计分析,支持打印。具有 24h 专业数据服务器,容量 1 万台,保存数据 180d。提供政府管理机构、公司集中管理客户、现场管理客户多

种层次塔机管理服务。

(4) 工作环境

系统工作温度：-20~60℃ 工作湿度：95%（不结霜）

抗群脉冲干扰等级：2000V 防护等级：IP43

工作电压：2 相 220V50/60Hz 允许电压波动：-15%~+10%

3. 适用范围

适用于各种型号的塔式起重机，包括动臂变幅式、小车变幅式起重机。

应用领域为：建筑施工企业，起重机租赁企业，政府技术监督，建设行业管理部门，起重机设计、生产、维修、保养单位，标准研究与归口管理单位，大专院校教学，突发事件应急管理部门等。

4. 已应用的典型工程

在俄罗斯、沙特、土耳其、乌克兰、香港、天津、广东、宁夏等多个地区应用，安全管理效果十分显著。