

目 录

1. 编制依据	2
2. 工程概况	2
3. 质量目标	3
4. 混凝土配合比设计及材料	3
4.1 混凝土的强度	3
4.2 砼配合比要求	3
4.3 砼材料要求	3
5. 砼的运输	4
6. 砼的浇筑	5
6.1 施工准备	5
6.2 施工条件	6
6.3 混凝土浇筑	6
6.3.1 工艺流程	6
6.3.2 浇筑过程	6
6.3.3 底板混凝土的浇筑	7
6.3.4 柱砼的浇筑	9
6.3.5 剪力墙砼浇筑	10
6.3.6 梁、板混凝土浇筑	11
6.3.6 楼梯砼的浇筑	12
6.3.7 构造柱、圈梁砼浇筑	12
6.3.8 后浇带砼浇筑	12
7. 泵送砼施工	14
7.1 泵送混凝土对原材料的要求	14
7.2、泵送混凝土的配合比要求	15
7.3、泵送混凝土供应	15
7.4、混凝土泵送能力验算	16
7.5、泵管的布置	17
7.6、泵送混凝土的浇筑	18
8. 砼试块和养护	19
8.1 砼试块的制作	19
8.2 砼养护	19
8.3 测温	19
9 质量保证措施	20

10、成品保护	22
11、安全文明施工	23
11.1、塔吊使用主要安全措施	23
11.2、砼泵送设备的主要安全措施	23
11.3、墙、柱、梁砼浇筑安全要求	24
11.4、洞口安全防护措施	24
12. 环保措施	24
附一	26
底板混凝土裂缝计算	26

WWW.ZHULONG.COM

1. 编制依据

- 1.1 ****CBD 中心五星级酒店、4# 写字楼工程施工合同文本
- 1.2 北京****设计工程有限公司工程设计图纸
- 1.3 《混凝土结构施工及验收规范》（GBJ50204-2002）
- 1.4 《建筑施工高空作业安全技术规程》（JGJ80-91）
- 1.5 《建筑机械使用安全技术规程》（JGJ33-86）
- 1.6 《钢筋混凝土高层建筑设计及施工规范》（JGJ3-91）
- 1.7 《钢筋机械连接通用技术规程》（JGJ107-96）
- 1.8 《混凝土强度检验评定标准》（GBJ107-87）
- 1.9 《建筑工程施工现场安全管理标准》
- 1.10 《建筑工程冬期施工规程》（JGJ 104-97）
- 1.11 《中国建筑第八工程局企业技术标准》ZJQ08-SGJB 204-2003

2. 工程概况

项 目	内 容
工程名称	呼市****CBD 五星级酒店及 4#写字楼
工程地址	内蒙古自治区呼和浩特市中山西路 1#
建设单位	****集团（内蒙古）有限公司
设计单位	北京****设计工程有限公司
监理单位	
质量监督单位	
施工总包	
质量目标	确保“草原杯”；争取“鲁班奖”。
总承包范围	五星级酒店、4#写字楼
建筑面积	230000 平方米、地下室 36000 平方米
建筑层数	五星级酒店地下 3 层、地上 26 层，4# 写字楼地下 3 层、地上 26 层
建筑总高度	五星级酒店 99.3 米，4# 写字楼 95.4 米
主要结构形式	框架、框架—核心筒

工程结构为框架—核心筒结构，底板为筏板基础，底板厚度为 1100、900 两种；地下室核心筒、剪力墙较多，最大 1200×1000 独立柱。由于施工现场狭窄，本工程在现场不设置砼搅拌站，砼均采用业主供应商品砼，本工程在酒店地下室结构施工以后浇

带为界分成六个流水段， ± 0.00 以上 1-7 层结构施工设置五个流水段；7 层以上结构施工设置三个流水段；4# 写字楼地下、地上部分均设置 3 个施工段。

3. 质量目标

分项合格率为 100%，优良率为 95%，砼外观光洁度均匀一致，外观平整，在内蒙古草原杯评比中力争前三名。

4. 混凝土配合比设计及材料

4.1 混凝土的强度

各部位砼强度等级

序号	结构部位	砼强度等级	备注
1	基础垫层	C15	
2	基础底板、反梁	C35P10	
3	地下室一七层独立柱	C60	
4	地下室-地上七层的内墙、墙连柱	C50	
5	地下室外墙、消防水池、中水池	C50P10	
6	地下室-地上七层各层板、梁、楼梯等	C40	
7	各层构造柱、圈梁	C20	
地下室外墙、底板、人防顶板、水池壁及一层室外楼面均为防水砼，抗渗等级为 P10。			

4.2 砼配合比要求

商品砼由搅拌站根据所选用的水泥品种、砂石级配、含泥量 and 外加剂等 进行混凝土试配，得出优化配合比，并把试配结果报送到项目经理部，由项目总工程师审核，报监理审查认可。砼外加剂的性能或种类，必须符合内蒙古建委所规定批准使用的品种和生产厂家，并报监理工程师认可后方准使用。

4.3 砼材料要求

(1) 水泥:

a) 水泥选用乌兰水泥厂生产的水泥，标号为 P.O.425R、P.O.525R、的普通硅酸盐水泥。

b) 砼进场时必须有质量证明书及复试试验报告，并对其品种、标号、包装、出厂日期等检查验收。

(2) 砂:

选用质地坚硬、级配良好的 II 区中砂，混凝土低于 C30 时，含泥量不大于 5%，高

于 C30 时不大于 3%，细度模数为 2.6，对于砂、石的含水率，搅拌站根据实际所用砂、石的具体情况在砼配合比水的用量中已作出调整。

(3) 石子:

粒径 0.5-2.5cm 的级配机碎石，混凝土低于 C30 时，含泥量不大于 2%，高于 C30 时不大于 1%

(4) 混凝土外加剂：选用绿色环保产品，无污染、无氨类。防冻液掺量为 4.5%，泵送型防水剂掺量为 9%，并且严格控制碱含量，按设计要求掺入胶砂。

(5) 砼的供应:

砼均由商品砼搅拌站供应，砼原材料计量要准确。并由呼和浩特市建筑工程质量检测试验中心重点对砼的质量进行监控，以确保工程质量。

混凝土坍落度由搅拌站根据季节、气温、运输路径等条件试配确定，泵送砼坍落度控制在 $16 \pm 3\text{cm}$ ；塔吊吊斗下灰时，坍落度不大于 18cm，水灰比不宜大于 0.5，初凝时间控制在 7-11 小时。对防水砼和普通砼不同强度等级、不同品种的砼同时使用时，应专车专供，并在罐车前挡风玻璃上贴上标识，以防出现差错。

5、砼的运输

a 由于砼是商品砼，场外运输是采用砼搅拌运输车，由商品砼搅拌站运至现场。在运输过程中，考虑施工现场所处闹市区易发生堵车现象，因此砼加缓凝剂并考虑途中失水的情况，而且要通过计算来确定每次浇筑所需配备的运输车台数，来确保现场砼浇筑要连续进行，避免出现在施工过程中出现的自然施工缝。场内砼运输采用塔吊和砼地泵来完成垂直和水平运输，使砼运输到砼的浇筑面。

b 混凝土运输罐车到达率必须保证每台地泵至少有一台罐车等待浇筑，现场与搅拌站必须保持密切联系，随时根据浇筑进度及道路情况调整车辆密度，并设专人管理指挥，以免车辆相互拥挤阻塞。

c 季节施工：在风雨或暴热天气运输砼，罐车、地泵及泵管上要加遮盖，以防进水、水分蒸发或砼温度过高。冬期施工砼要注意保温，以保证砼入模温度大于 5°C 。

d 质量要求：商品砼送到工地后对其检查，如砼拌合物出现坍落度过小、过大、离析或分层现象，则应对砼进行处理：倒掉或退回。同时检测砼的坍落度，所测坍落度应符合施工要求，其允许偏差应符合规定，并且运到浇筑地点时温度夏季最高不宜超过 35°C ；冬季最低不低于 10°C 。如果砼送到现场时，砼坍落度过小，不允许往砼内加水，

根据厂家、搅拌站要求及坍落度实际损失情况，加少量的 FS-H 减水剂（往减水剂 FS-H 粉剂中加入 40% 水，稀释后形成 FS-H 溶液。每往 6m³ 砼罐车内加入 1kg 的 FS-H 溶液，则增加 1 个坍落度）。

6. 砼的浇筑

6.1 施工准备

a 砼申请：浇筑砼前，预先与搅拌站办理商品砼委托及申请，委托单的内容包括：混凝土强度等级、方量、坍落度、初凝终凝时间、是否加抗冻剂以及浇筑时间等。

b 机具和人员：施工前，一切施工用的机具、人员准备充分。机具有：尖锹、平锹、混凝土吊斗、插入式振捣棒、木抹子、铝合金长刮杠、塔吊。所有机具均应在浇筑砼前进行检查，同时配备专职技工，随时检修。在混凝土浇筑期间，要保证水、电、照明不中断。为了防备临时停水停电，事先应在现场准备一定数量的人工拌和捣固用工具，以防出现意外施工缝。

如停电，则及时与公司联系，随时调发电车开进现场发电。如果停水，则由搅拌站用砼罐车运水到现场，以保证砼浇筑、洗泵、养护等的用水。

机械设备数量表

序号	设备名称	型号	单位	数量	性能
1	固定式塔吊	HF6015	台	1	60 米臂长
2	固定式塔吊	H30/30C	台	1	60 米臂长
3	固定式塔吊	R54/16	台	1	50 米臂长
3	混凝土地泵	90m ³ /h	台	3 (2)	柴油泵
4	砼振捣棒	φ 50、φ 70	台	10、10	2.2kW
5	砼平板振捣器	2.2kW	台	5	楼板的浇筑
6	砼罐车	6m ³ /辆	辆	26	随时增加

五星级酒店：混凝土工：70 人，电工：2 人，试验工：2 人，架子工 10 人，钢筋工 8 人，木工 8 人。

4 # 写字楼：混凝土工：60 人，电工：2 人，试验工：2 人，架子工 10 人，钢筋工 4 人，木工 4 人。

6.2 施工条件

1、对于已浇下层砼墙、柱根部，在支设本层墙柱模板前，要清除水泥、薄膜和松动石子以及软弱混凝土层，并将墙柱内的渣土用高压空气清理干净。

2、浇筑混凝土施工段的模板、钢筋、预埋件及管线等全部安装完毕，检查和控制模板、钢筋、保护层和预埋件等的尺寸、规格、数量和位置，其偏差值应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》的规定。检查模板支撑的稳定性以及接缝的密合情况，浇筑前应将模板内的垃圾、泥土等杂物及钢筋上的油污清理干净，并检查钢筋的砼垫块或塑料卡是否垫好，柱子模板应在清除杂物及积水后再封闭。并办完隐、预检手续。

3、依据定位墙、柱控制线和施工平面图校核各楼层墙、柱轴线及边线；门窗洞口位置线是否在规范允许范围内。

4、浇筑混凝土用的架子及马道已支搭完毕，泵管已搭设完毕并经检查合格。

5、水泥、砂、石及外加剂等经检查符合标准要求，试验室已下达混凝土配合比通知单。通知砼搅拌站运送砼，根据浇筑的部位、时间的不同，来确定罐车的台数，并合理安排罐车行走路线，保证砼的连续供应，砼的连续浇筑。

6、振捣器等机具经检验试运转正常。

7、检查安全设施、劳力配备是否妥当，能否满足浇筑速度要求。

8、工程责任师根据施工方案对操作班组进行全面施工技术交底。

6.3 混凝土浇筑

6.3.1 工艺流程

作业准备 → 商品砼运送到现场 → 砼运送到浇筑部位底板、柱、梁、板、剪力墙、楼梯砼浇筑与振捣 → 养护

6.3.2 浇筑过程

a) 在浇筑底板、墙、柱、梁、楼板时，现场采用地泵和布料管输送砼到各个部位；只在砼方量小，又不方便使用地泵和布料管的地方使用塔吊和吊斗运送砼。泵送砼时必须保证砼泵连续工作，如果发生故障，停歇时间超过 45 分钟或砼出现离析现象，应立即用压力水或其他方法冲洗管内残留的砼。

b) 砼浇筑与振捣的要求

I、混凝土自吊斗口或布料管口下落的自由倾落高度不得超过 2m，浇筑高度如超过 2m 时必须用溜管伸到墙、柱的下部，浇筑砼。

II、浇筑砼时要分段分层连续进行，浇筑层高度根据结构特点、钢筋疏密决定，控

制在一次浇筑 500mm 高。

III、使用插入式振捣棒应快插慢拔，插点要均匀排列，逐点移动，顺序进行，不得遗漏，做到均匀振实。移动间距不大于振捣作用半径的 1.5 倍（一般为 30-40cm）。振捣上一层时应插入下层 5cm，以消除两层间的接缝。

IV、浇筑混凝土要连续进行。如就餐时间或其它原因，由两班人员换班，现场不得中断。如果必须间歇，其间歇时间应尽量缩短，并应在前层混凝土初凝前，将次层混凝土浇筑完毕。

V、浇筑砼时应派木工、钢筋工随时观察模板、钢筋、预埋孔洞、预埋件和插筋等有无移动，变形或堵塞情况，发现问题应立即处理并应在已浇筑的混凝土初凝结前修正完好。

6.3.3 底板混凝土的浇筑

1、混凝土浇筑

1) 本工程基础底板混凝土厚度为 900mm，采用分段分层的方法进行浇筑。此种方法适用于厚度不太大，而长度较大的结构。混凝土从底层开始浇筑，进行一段距离后回来浇筑第二层。根据混凝土泵送时自然形成的 1: 6-10 坡度分层浇筑。

2) 为了保证底板混凝土的整体性，在施工缝连接处不出现薄弱点，后浇带处采用两层钢丝网封堵，一层网片为细钢丝网，另一层为钢板网，利用钢筋进行加固，即可保证混凝土之间的有效连接，还可视为模板使用。断面作成齿形，同时设置加强钢筋，确保该断面处的有效结合。

3) 在每个浇筑带的前后、中部布置三道振捣点，通过混凝土的振动流淌达到均匀铺摊的要求。为防止混凝土集中堆积，先振捣出料口处混凝土，形成自然流淌坡度，然后全面振捣，严格控制振捣时间、移动间距和插入深度。

4) 振动棒的振捣要做到快插慢拔。快插是为了防止先将表面混凝土振实而与下面混凝土发生分层、离析现象；慢拔是为了防止使混凝土填满振动棒抽出时所造成的空洞。振动棒插点要均匀排列，采用“行列式”或“交错式”的次序移动，但不得混用，以免造成混乱而发生漏振。每一插点要掌握好振捣时间，过短不易振捣，过长可能引起混凝土产生离析现象。每点振捣时间视混凝土表面呈水平不再显著下沉，不再出现气泡，表面泛出灰浆为准。

5) 基础梁与底板一起浇筑，高出底板 1100mm，外墙施工缝留在高出基础梁 30cm 处。底板混凝土的浇筑，应根据整体连续浇筑的要求，结合结构尺寸的大小、钢筋疏密、混

凝土供应条件等具体情况,采用斜面分层法,长方形底板宜从短边开始,沿长边推进浇筑,分段(块)分层法。施工时从底层一端开始浇筑混凝土,进行到一定距离后浇筑第二层,如此依次向前浇筑其它各层;斜面分层法适用于结构的长度和厚度都较大的工程,振捣工作应从浇筑层的底层开始,逐渐上移,以保证分层混凝土之间的施工质量。

6)对于有预留洞、预埋件和钢筋太密的地方(尤其是基础梁丁字点和十字交叉点),应预先制定措施,确保顺利布料和振捣密实。在浇筑混凝土时,应经常观察,当发现混凝土有不密实等现象,应立即采取措施予以纠正。

7)泌水处理:预先在四周外模檐口留设泄水孔。在浇筑混凝土前清理顺畅,以使混凝土表面泌水排出。当混凝土浇筑尾声时,将混凝土泌水排集到模板边,使之缩小为水潭,然后用泵将水抽出或用人工将水淘出。

8)底板混凝土养护采用综合蓄热法,以保温保湿的方法为主。混凝土表面搓平后,及时覆盖塑料布一层、阻燃草帘二层。塑料布之间搭接不少于100mm,遇有钢筋头周围再覆盖一层塑料布,将混凝土表面盖严,防止混凝土暴露,减少水分的损失。控制混凝土表面温度和内部温度,使其温差不超过25℃。

9)在混凝土终凝前,由抹灰工用木抹子对混凝土表面产生的微裂纹进行二次抹压,以消除混凝土表面裂缝。

2、底板混凝土的振捣

1)、严禁有过振和漏振现象,振捣时间以观察混凝土表面无气泡、混凝土不再下沉、表面泛浆为准。

2)、混凝土下料分层进行,振捣时应插入下层50mm交叉振捣,确保混凝土振捣后无隔离层;使用振捣棒振捣时应快插慢拔。

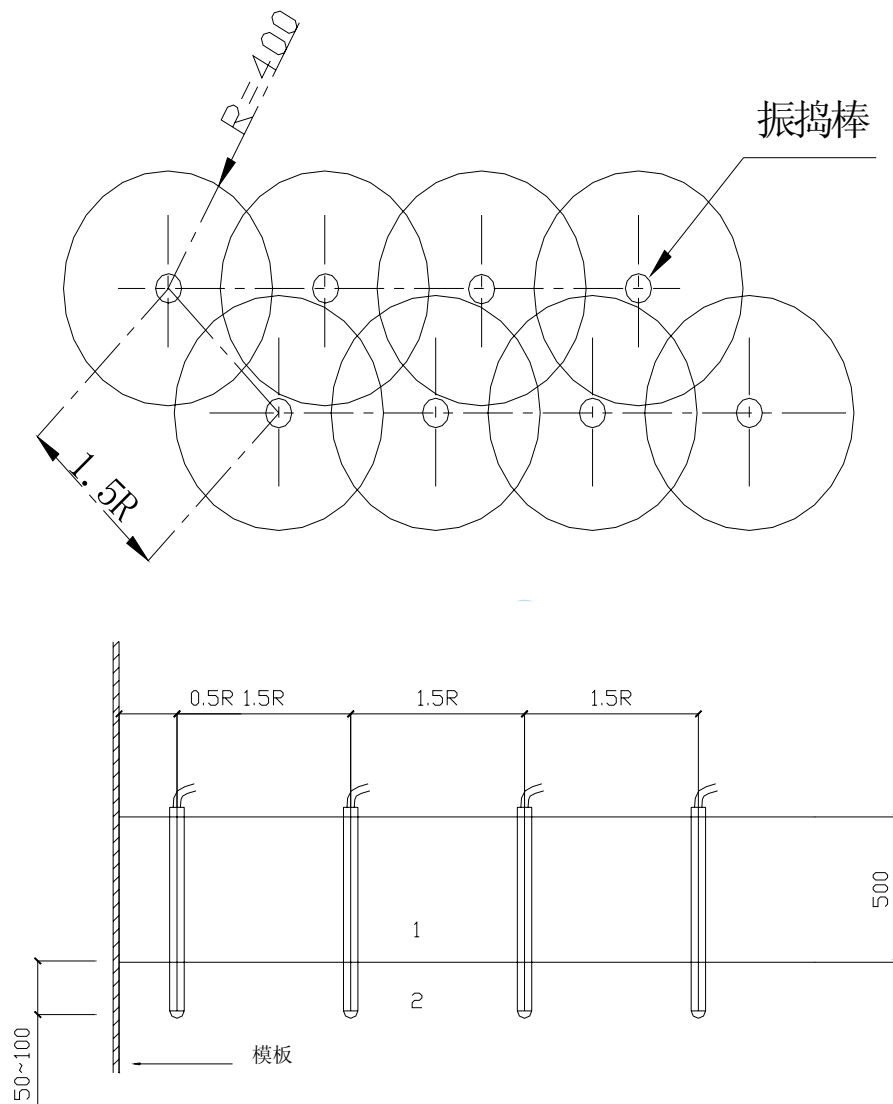
3)、振捣棒插入时应垂直于表面,严禁斜插,防止振捣棒穿到钢筋网片的另一侧,拔不出振捣棒。

4)、混凝土的供应必须以现场混凝土浇筑速度为准,保证混凝土施工不间断,不出现施工缝。

5)、浇筑混凝土时应派木工、钢筋工随时观察模板、钢筋、预留孔洞、预埋件、和插筋等有无移动、变形、漏浆、涨模情况,发现问题应立即汇报和处理,并应在已浇筑的混凝土初凝结前修正完毕。

6)、底板混凝土标高的控制:在柱子或墙钢筋上弹出50cm或100cm线,然后在各

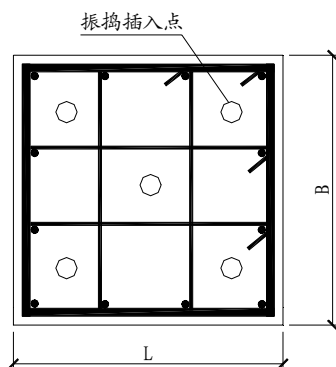
柱子或墙之间拉线形成控网，用钢卷尺测量控制线到混凝土表面的距离来控制板混凝土表面的标高。



底板混凝土浇注时振捣棒使用原则

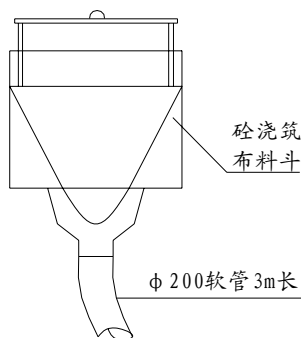
6.3.4 柱砼的浇筑

a) 柱浇筑前在底部先铺垫与混凝土配合比相同减石子砂浆，并使底部砂浆厚度为 50mm。柱砼分层浇筑，每层浇筑柱砼的厚度为 50cm，振捣棒不得触动钢筋和预埋件，振捣棒插入点要均匀，防止多振或漏振。（见下图）



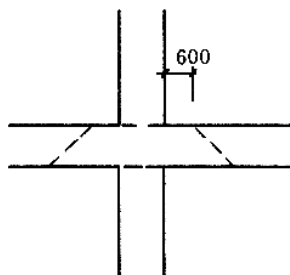
框架柱振捣插入点布置图

b) 柱高在 2m 之内，可在柱顶直接下灰浇筑，超过 2m 时应在布料管上接一软管，伸到柱内，保证砼自由落体高度不得超过 2m。下料时使软管在柱上口来回挪动，使之均匀下料，防止骨浆分离。（见下图）



砼吊斗侧立面图

c) 柱子混凝土一次浇筑到梁底或板底，且高出梁底或板底 3cm（待拆模后，剔凿掉 2cm，使之漏出石子为止）。由于柱和梁（或板）砼强度等级不同，在浇筑梁、板砼时，先浇筑柱头处 C60 的混凝土，且在混凝土初凝前再浇筑 C40 梁、板砼。（见下图）



梁、柱不同强度等级混凝土交界面处理

注：图中交界面倾角为 45°

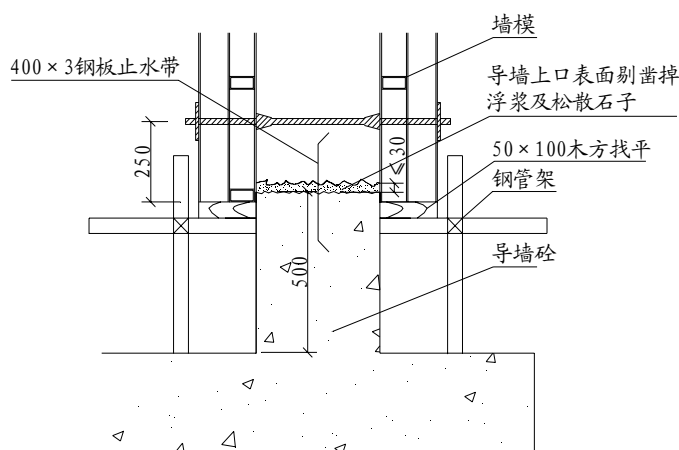
d) 浇筑完后应随时将伸出的搭接钢筋整理到位。

6.3.5 剪力墙砼浇筑

a) 由于墙、暗柱砼强度等级相同，墙、暗柱砼可同时浇筑。外墙距底板 300 高处设

置施工缝，在施工缝处设置 400×3 通长的钢板止水带。墙体砼一次浇筑到梁底（或板底），且高出梁底或板底 3cm（待拆模后，剔凿掉 2cm，使之漏出石子为止）施工缝处设置凹槽。

b) 当墙体砼浇筑方量较大时，采用泵送砼输送。当方量较小时（ 10m^3 以内），采用塔吊入模。墙浇筑砼前，先在底部均匀浇筑 50mm 厚与墙体混凝土成分相同的水泥砂浆。砂浆放入 2m^3 吊斗内，并用铁锹入模，不应用吊斗直接灌入模内。使接浆尽量粘结在水平钢筋上。（见下图）



外墙导墙上口处理示意图

c) 浇筑墙体砼应连续进行，内外墙砼浇筑分别按照自身的浇筑顺序进行，每层浇筑厚度控制在 50cm 左右，上下层的间隔时间不应超过 2h，预先安排好混凝土下料点位置和振捣棒操作人员数量、振捣插入点位置。

d) 振捣棒移动间距小于 40cm，

每一振点的延续时间以表面呈现浮浆为度，为使上下层混凝土结合成整体，振捣棒应插入下层混凝土 5cm。振捣时注意钢筋密集及洞口部位，为防止出现漏振，须在洞口两侧同时振捣，振捣棒应距洞边 30cm 以上，下灰高度也要大体一致，大洞口的洞底模板应开口，并在此处浇筑振捣。

e) 墙上口找平：墙体砼浇筑完后，将上口甩出的钢筋加以整理，用木抹子按标高线添减砼，将墙上表面砼找平，高低差控制在 10mm 以内。

6.3.6 梁、板混凝土浇筑

a) 梁、板砼应同时浇筑，浇筑方法由一端开始用“赶浆法”即先浇筑梁，根据梁高分层浇筑成阶梯形，当达到板底位置时再与板的砼一起浇筑，随着阶梯形不断延伸，梁

板混凝土浇筑连续向前进行。浇筑与振捣必须紧密配合，第一层下料慢些，梁底充分振实后再下第二层料，保持水泥浆沿梁底包裹石子向前推进，每层均应振实后再下料，梁底及梁帮部位要注意振实，振捣时不得触动钢筋及预埋件。

b) 梁柱节点钢筋较密时，浇筑此处混凝土时用小粒径石子同强度等级的砼用塔吊吊斗浇筑，并用 $\phi 30$ 振捣棒振捣。

c) 浇筑板混凝土的虚铺厚度应略大于板厚，用振捣器垂直浇筑方向来回拖动振捣，并用铁插尺检查混凝土厚度，振捣完毕后用木刮杠刮平，浇水后再用木抹子压平、压实。施工缝处或有预埋件及插筋处用木抹子抹平。浇筑板砼时不允许用振捣棒铺摊砼。

6.3.6 楼梯砼的浇筑

a) 楼梯间竖墙砼随结构剪力墙一起浇筑砼。踢板和平台梁后做。

b) 楼梯段砼自下而上浇筑，先振实底板混凝土，达到踏步位置时再与踏步混凝土一起浇捣，不断连续向上推进，并随时用木抹子将踏步上表面抹平。

c) 施工缝位置：楼梯砼宜连续浇筑完；多层楼梯的施工缝应留置在楼梯梁部位（

6.3.7 构造柱、圈梁砼浇筑

a) 构造柱砼浇筑前，先构造柱两侧的砖墙或砌块墙砌筑完毕，在构造柱其他侧面支设模板，再浇筑构造柱砼，构造柱砼应分层浇筑，每一层厚度控制在 50cm。构造柱振捣要密实，每一振点的延续时间，以表面呈现浮浆和不再沉落为度（为使上下层砼结合成整体振捣器宜插入下层砼 5cm）。要注意不要碰撞各种埋件。

b) 圈梁砼浇筑前，要支设梁侧模板，检查钢筋、模板的位置是否准确，浇筑圈梁砼时从一端开始向另一端浇筑。圈梁、构造柱砼方量较小，只能采用人工送料，用 $\phi 48 \times 3.5$ 钢管搭设操作平台，塔吊运送的砼临时堆放在操作平台上，工人再用铁锹入模。因此每次每罐砼将要浇筑完后，再提下一车，控制砼罐车进场速度，防止砼罐车等待时间过长而砼不能使用。

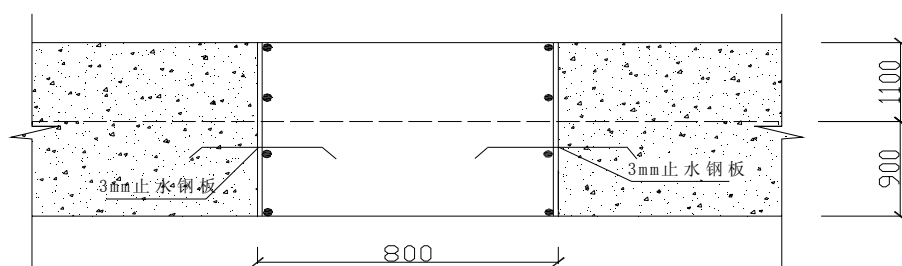
6.3.8 后浇带砼浇筑

a) 本工程施工缝分为两种，施工后浇带和沉降后浇带，施工后浇带在结构砼浇筑完 28 天后浇筑，沉降后浇带在结构砼浇筑后 6 周后浇筑。

b) 后浇带砼采用无收缩水泥配置的比原砼高一级的微膨胀砼。

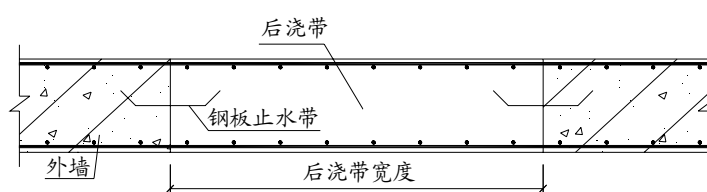
c) 各个结构部位后浇带的设置

I、底板后浇带：底板厚度有 1100 和 900 两种，后浇带留置按下图。



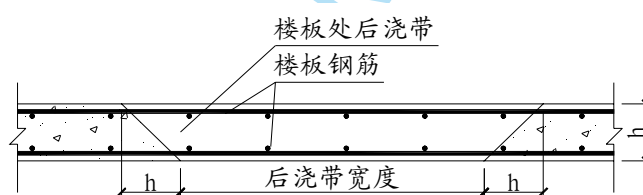
基础梁和底板后浇带

II、地下室外墙后浇带按下图设置



地下室外墙后浇带详图

III、梁、板后浇带按下图设置



楼面结构后浇带详图

d) 由于后浇带搁置时间较长，为了控制其锈蚀程度，影响其受力性能，故采用在钢筋上刷水泥浆保护，在底板后浇带两侧砌筑两皮砖，并覆盖竹胶板和塑料薄膜，防止垃圾及雨水和施工用水进入后浇带；后浇带两侧梁板要加设支撑，并同时布设水平安全网（详见模板施工方案）。

e) 在浇筑后浇带砼之前，应清除垃圾、水泥薄膜，剔除表面上松动砂石、软弱混凝土层及浮浆，同时还应加以凿毛，用水冲洗干净并充分湿润不少于 24h，残留在混凝土表面的积水应予清除，并在施工缝处铺 30mm 厚与混凝土内成分相同的一层水泥砂浆，然后再浇筑砼。

f) 后浇带在底板、墙位置处砼要分层振捣，每层不超过 50cm，混凝土要细致捣实，使新旧混凝土紧密结合。

g) 在后浇带砼达到设计强度之前的所有施工期间，后浇带跨的梁板的底模及支撑均不得拆除。

7、泵送砼施工

本工程在地下室施工阶段采用 3 台 HBTWL90D 混凝土泵，地上施工阶段采用 2 台 HBTWL90D 混凝土泵。混凝土泵的输送能力为 $90\text{m}^3/\text{h}$ ，理论最大出口压力为 18Mpa。

7.1 泵送混凝土对原材料的要求

对泵送混凝土除了满足设计规定的强度、耐久性外，还要求满足管道输送的要求，即要求有良好的可泵性，混凝土拌合物具有能顺利通过管道、不离析、不泌水、不阻塞和粘滞性良好的性能。故用于泵送施工工艺的混凝土拌合物，其材料及配合比除满足普通规定外，还要满足下述要求：

1 水泥

选用普通硅酸盐水泥，配置出的混凝土保水性较好，泌水性较小，满足泵送混凝土要求的粘滞性。

2 粗骨料

粗骨料的粒径、级配和形状对混凝土拌合物的可泵性有着十分重要的影响。泵送高度在 50m 以内时，碎石粒径为 0.5-2.5cm。粗骨料采用连续级配，针片状颗粒含量不宜大于 10%。

3 细骨料

细骨料对混凝土拌合物的可泵性也有很大影响。混凝土拌合物能在输送管中顺利流动，主要是粗骨料被包裹在砂浆中，而有砂浆直接与管壁接触起到润滑作用。宜选用中砂、细度模数为 2.6，并有良好的级配。

4 水

配置泵送混凝土所用的水，应符合国家现行标准《混凝土拌合物用水标准》（JGJ63-89）的规定。

5 掺合物

泵送混凝土中常用的掺合物为粉煤灰，掺入混凝土拌合物中，能使泵送混凝土的流动性显著增加，且能减少混凝土拌合物的泌水和干缩，大大改善混凝土的泵送性能。

6 外加剂

泵送混凝土掺用的外加剂，应符合国家现行标准《混凝土外加剂》（GB8076-87）、《混凝土外加剂应用技术规范》（GBJ119-88）、《混凝土泵送剂》和《预拌混凝土》的有关规定。

7.2、泵送混凝土的配合比要求

泵送混凝土的配合比，除了必须满足混凝土设计强度和耐久性的要求外，应使混凝土满足可泵性要求。

泵送混凝土的坍落度，可按国家现行标准《混凝土结构施工及验收规范》的规定选用。对不同泵送高度，入泵时混凝土的坍落度、混凝土入泵时的坍落度允许误差及混凝土经时坍落度损失值按下表选用。

泵送混凝土坍落度选用值

坍落度 (mm)	170
坍落度允许误差 (mm)	± 30

混凝土经时坍落度损失值

大气温度 (°C)	10-20	20-30	30-35
混凝土经时坍落度损失值 (mm) (掺粉煤灰, 经时 1h)	5-25	25-35	35-50

泵送混凝土的水灰比宜为 0.4-0.6，本工程为 0.6。

7.3、泵送混凝土供应

泵送混凝土的供应包括拌制和运送。根据施工进度需要，编制泵送混凝土供应计划，在施工过程中，加强通讯联络和调度，确保连续均匀供给混凝土。避免混凝土坍落度损失过大，影响混凝土的泵送。

1、泵送混凝土的拌制

混凝土各种原材料的质量应符合配合比设计要求，并应根据原材料情况的变化及时调整配合比。拌制泵送混凝土，应严格按设计配合比对各种原材料进行计量。搅拌时其投料次序按规定执行，粉煤灰宜与水泥同步；外加剂的添加应符合配合比设计要求，且宜滞后于水和水泥，泵送混凝土搅拌的最短时间，应按国家现行标准执行。

2、泵送混凝土运送

泵送混凝土的运送采用混凝土搅拌运输车，混凝土搅拌运输车的数量根据所选用混凝土泵的输量决定。

$$Q_1 = Q_{max} * \alpha * \eta$$

式中 Q_1 —每台混凝土泵的实际平均输出量 (m^3/h) ;

Q_{\max} —每台混凝土泵的最大输出量 (m^3/h) ;

α —配管条件系数。可取 0.8-0.9;

η —作业效率。根据混凝土搅拌车向混凝土泵供料的间断时间、拆装混凝土输送管和布料停歇等情况, 可取 0.5-0.7。

则: $Q_1=60 \times 0.85 \times 0.6=30.6\text{m}^3/\text{h}$

当混凝土泵连续作业时, 每台混凝土所需配备的混凝土搅拌运输车台数, 可按下列式计算:

$$N_1 = \frac{Q_1}{60V_1} \left(\frac{60L_1}{S_0} + T_1 \right)$$

式中 N_1 —混凝土搅拌运输车台数 (台);

Q_1 —每台混凝土泵的实际平均输出量 (m^3/h) ;

V_1 —每台混凝土搅拌车容量 (m^3) ;

S_0 —混凝土搅拌运输平均行车速度 (km/h) ;

L_1 —混凝土搅拌车往返距离 (km) ;

T_1 —每台混凝土搅拌运输车总计停歇时间 (min)。

则:

$$N_1 = \frac{Q_1}{60V_1} \left(\frac{60L_1}{S_0} + T_1 \right) = \frac{30.6}{60 \times 6} \left(\frac{60 \times 40}{25} + 30 \right) = 11(\text{辆})$$

总计:

$$3 \times 11 = 33 (\text{辆})$$

7.4、混凝土泵送能力验算

根据混凝土泵的最大出口压力、配管情况、混凝土性能指标和输出量按下式计算:

$$L_{\max} = P_{\max} / \Delta P_H$$

$$\Delta P_H = \frac{2}{\gamma_0} \left[K_1 + K_2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) V_2 \right] \alpha_2$$

$$K_1 = (3.00 - 0.01S_1) * 10^2 = (3.00 - 0.01 * 170) * 10^2 = 130$$

$$K_2 = (4.00 - 0.01S_1) * 10^2 = (4.00 - 0.01 * 170) * 10^2 = 230$$

式中 L_{\max} —混凝土泵的最大水平输送距离 (m) ;

P —混凝土泵的最低出口压力 (Pa/m) ;

ΔP_H —混凝土在水平输送管内流动每米产生的压力损失 (Pa/m) ;

γ_0 —混凝土输送管半径 (m) ;

K_1 —粘着系数 (Pa) ;

K_2 —速度系数 (Pa/m/s) ;

S_1 —混凝土坍落度;

t_2/t_1 —混凝土泵分配阀切换时间与活塞推压混凝土时间之比。一般取 0.3;

V_2 —混凝土拌合物在输送管内的平均流速 (m/s) ;

α_2 —径向压力与轴向压力之比, 对普通混凝土取 0.90。

则:

$$\Delta P_H = \frac{2}{\gamma_0} \left[K_1 + K_2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) V_2 \right] \alpha_2 = \frac{2}{0.0625} [130 + 230(1 + 0.3) * 2.04] * 0.9 = 21310 \text{ Pa/m}$$

混凝土泵的最大水平输送距离按 120m, 最大垂直输送距离按 $50 \times 4\text{m}$, 弯管水平换算长度按 24m, 软管水平换算长度按 20m, 共计 364m。

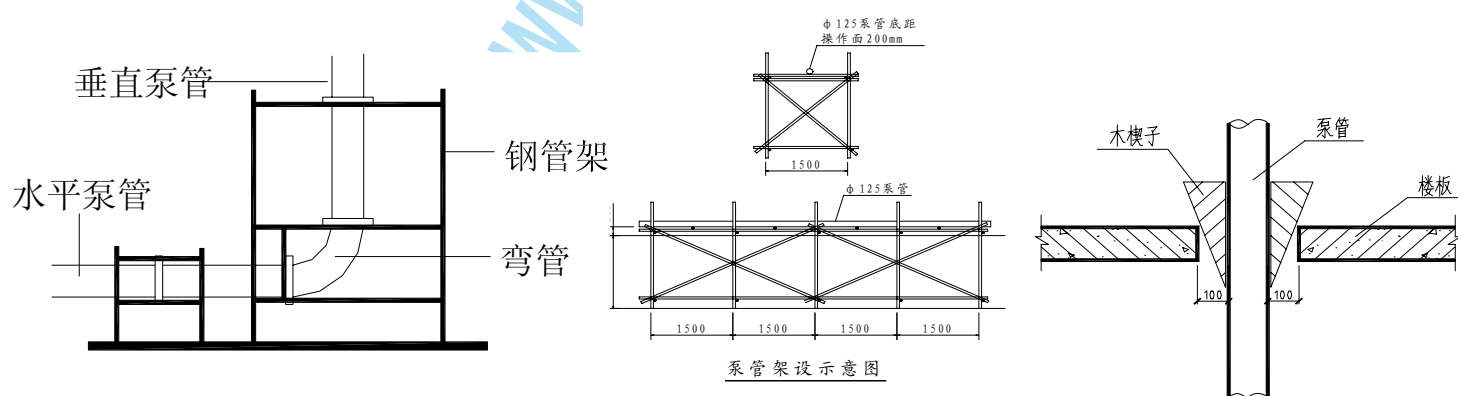
因 $L_{\max} = P_{\max} / \Delta P_H$, 则 $P_{\max} = L_{\max} * \Delta P_H = 364\text{m} * 21310\text{Pa/m} = 7.76\text{MPa}$

故 $7.76\text{MPa} < \text{混凝土泵理论低压值 } 10.8\text{MPa}$

满足使用要求。

7.5、泵管的布置

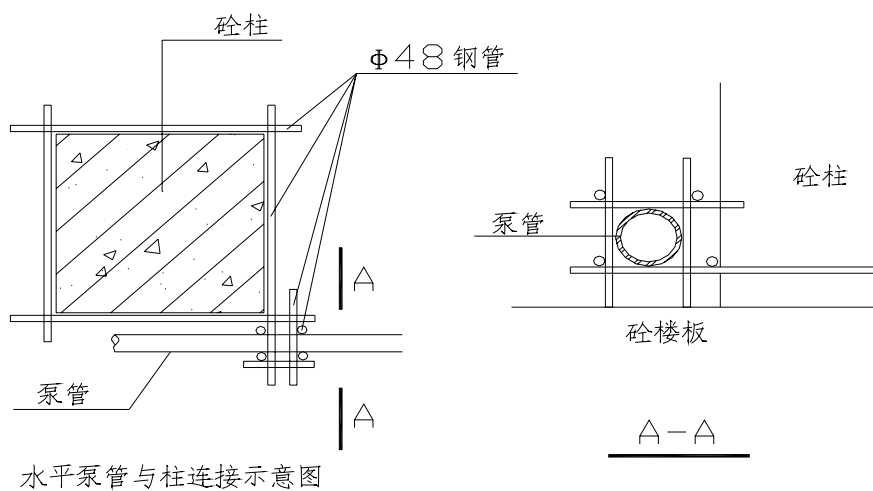
1、底板混凝土浇筑时, 两台地泵均布置在基坑南侧位置, 一台泵布置在基坑东侧。泵管沿护坡壁延伸到底板面的高度, 并用钢管将泵管架起, 用扣件将钢管架固定牢固。在泵管经过的底板钢筋上, 均架设钢管架, 使泵管架设在钢管架上, 严禁铺设在钢筋上。
(底板或楼板上泵管架见下图)



2、地下室结构部件混凝土浇筑时, 一台 (或二台同时使用) 地泵泵布设位置同底板, 泵管直接延伸到结构楼面上, 并用泵管架架设牢固。

3、地上结构部件混凝土浇筑时, 一台 (或二台同时使用) 地泵泵布设位置同底板,

泵管从一层楼面沿 5/C 轴和 15/C 轴处的工艺洞伸到所用的结构楼面上。泵管穿过工艺洞处，用木楔楔紧并在使用的楼面上用泵管架架设牢固。并在垂直转角和水平转角处泵管架与预埋在楼板的钢筋固定牢固。泵管架在一层和施工层楼层的垂直转角和水平转角处必须与楼板埋件固定，在其它楼层处为每隔一层固定一次，以此保证泵管固定牢固（详见附图）。



7.6、泵送混凝土的浇筑

由于本工程每层的建筑面积较大，现场按 9 个流水段分别施工。在浇筑底板地下室结构混凝土时现场设置 3 台地泵，浇筑其他结构部位时现场设置 2 台地泵同时浇筑。

1、泵送混凝土的浇筑顺序

- a) 将混凝土输送管接到最远端，混凝土应由远而近浇筑；
- b) 在浇筑墙体混凝土时，上下层之间的混凝土浇筑间歇时间，不得超过混凝土初凝时间。

2、泵送混凝土的布料方法

- a) 在浇筑竖向结构混凝土时，布料设备的出口离模板内侧面不应小于 50mm，并且不向模板内侧面直冲布料，也不得直冲钢筋骨架。
- b) 浇筑水平结构混凝土时，不得在同一处连续布料，应在 2-3m 范围内水平移动布料。且垂直于模板。
- c) 混凝土浇筑分层厚度为 500mm。当水平结构的混凝土浇筑厚度超过 500mm 时，按 1:6 坡度分层浇筑，且上层混凝土要超前覆盖下层混凝土 500mm 以上。

有预留洞、预埋件和钢筋密集的部位，选用小直径的振捣棒，确保顺利布料和振捣

密实。在浇筑混凝土时，经常观察，当发现混凝土有不密实等现象，应立即采取措施。

水平结构的混凝土表面，要用木抹子磨平搓毛两遍以上，防止产生裂缝。

8. 砼试块和养护

8.1 砼试块的制作

结构混凝土的强度等级必须符合设计要求。用于检查结构构件混凝土强度的试件，应在混凝土的浇筑地点随机抽取。取样与试件留置应符合下列规定：

- 1 每拌制 100 盘且不超过 100m^3 的同配合比的混凝土，取样不得少于一次；
- 2 每工作班拌制的同一配合比的混凝土不足 100 盘时，取样不得少于一次；
- 3 当一次连续浇筑超过 1000m^3 时，同一配合比的混凝土每 200m^3 取样不得少于一次；
- 4 每一楼层、同一配合比的混凝土，取样不得少于一次；
- 5 每次取样应至少留置一组标准养护试件，同条件养护试件的留置组数应根据实际需要确定。

对有抗渗要求的混凝土结构，其混凝土试件应在浇筑地点随机取样。同一工程、同一配合比的混凝土，取样不应少于一次，留置组数可根据实际需要确定。

（防水混凝土连续浇筑混凝土量为 500m^3 以下时，应留两组抗渗试块，每增加 $250 \sim 500\text{m}^3$ 应增留两组，一组在标准情况下养护，另一组在现场相同条件下养护，龄期不少于 28 天，不多于 90 天。）

同条件试块的组数根据实际需要确定，不少于 3 组，针对冬期施工，增设两组同条件试块，一组用于检查受冻前的砼强度；另一组用于测定冬转常温养护 28 天的砼试块强度。

8.2 砼养护

各部位砼浇筑完毕拆除模板后，往墙上涂刷养护液进行养护；水平结构的梁、板在表面浇水湿润，必要时在其上面盖塑料布或阻燃草帘子，防止水分蒸发过快而使砼失水，常温下浇水养护不少于 7 天。砼的养护要派专人进行，特别是前三天要养护及时。

a) 砼柱的养护：采用保水养护的方法：用塑料布包裹柱子及采用刷养护剂进行养护。

b) 砼强度达到 1.2Mpa 以后，始允许操作人员在上行走，进行一些轻便工作，但不得有冲击性操作。

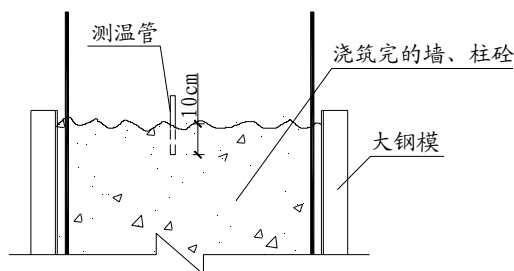
8.3 测温

a) 温度测定期限为从砼入模开始到拆除保温层为止。

b) 混凝土冬期施工测温包括：大气温度、入模温度和养护温度。

c) 在墙、柱、梁、板等部位分别绘制测温点布置图，包括测温点的部位、深度和

编号，并定期测温。



混凝土冬期施工测温项目和次数

测温项目	测温次数
室外气温及环境温度	每昼夜测 4 次（8 点 14 点 20 点 2 点）
混凝土出罐、入模温度	每 2h 测一次
混凝土达到受冻临界强度前温度	每 2h 测一次
混凝土达到受冻临界强度后温度	每 6h 测一次

混凝土冬期施工测温点布置

部位	设置数量	深度
梁	每 3m 长设置 1 个，且每跨至少设置 2 个	孔深 1/3 梁高
楼板	每 15m ² 设置 1 个，每间至少设置 1 个	孔深 1/2 板厚
墙	纵横墙交接处设 1 个，每 3m 长设 1 个	孔深 20cm
柱	每根柱设 2 个	孔深 15cm

利用 $\phi 15\text{mm}$ 镀锌钢管作为测温管，下端用防水胶带封闭。将测温管点焊固定在墙、柱、梁、板内附加钢筋上。测温前，管内注入适量机油，上口用棉花塞紧，将测温管插入砼中，按测温孔编号顺序进行，温度计插入测温孔后，堵塞住孔口，留置在孔内 3-5min，然后迅速从孔中取出，使温度计与视线成水平，仔细读数，并记入测温记录表，同时将测温孔用塑料薄膜和阻燃草帘覆盖好。

9 质量保证措施

1、商品混凝土所用的水泥、水、骨料、外加剂等必须符合规范规定，检查出厂合格证或试验报告是否符合质量要求。且不定期派人去搅拌站抽查。

2、检测混凝土在浇筑地点的坍落度，混凝土坍落度损失值控制在规范允许的范围

混凝土坍落度与要求坍落度之间的允许偏差

要求坍落度	允许偏差 (mm)
50-90	± 20
>90	± 30

3、在浇筑混凝土时，工人要挂牌操作，严格控制下料的厚度，一次下料不能过厚，浇筑墙、柱砼时每层下料厚度控制在 50cm，要按顺序振捣，以防少振或漏振。保证浇筑出的砼面光滑、密实，不会出现蜂窝。对于墙、柱根部及易发生质量通病部位的振捣要派专人监督控制质量，在浇筑墙、柱根部前，要先接浆，底部浇筑砼分层薄一些，增加振捣密实度。

4、钢筋塑料保护卡要与钢筋连接牢固，责任师和质检员要对各个部位的垫块或塑料保护卡进行检查，防止出现垫块或塑料保护卡位移、漏放，钢筋紧贴模板造成漏筋。

5、支设模板前要及时涂刷脱模剂并严格控制拆模时间，拆模不要过早，防止构件表面混凝土易粘附在模板上造成麻面脱皮。

6、在钢筋较密的部位混凝土要细致振捣，振捣密实，防止未经振捣就继续浇筑上层混凝土。

7、柱接头模板要具有足够的刚度，且支设此部位模板时要严格控制端面尺寸，以保证梁、柱连结处端面尺寸满足规范允许偏差范围。

8、模板穿墙螺栓要紧固可靠，浇筑时防止混凝土冲击洞口模板，在浇筑洞口两侧砼时要两侧浇筑振捣要对称、均匀，防止洞口移位变形。

9、允许偏差（比规范提高一个等级）

现浇混凝土结构的允许偏差

项次	项目	允许偏差 (mm)
1	轴线位置：(1) 基础	12
	(2) 独立基础	8
	(3) 墙、柱、梁	5
	(4) 剪力墙	3
2	垂直度：(1) 层间：5m 及 5m 以下	5
	5m 以上	8

		(2) 全高	H/1000 但不大于 30
3		标高: (1) 层高 (2) 全高	± 8 ± 20
4		截面尺寸	+5, -3
5		表面平整度 (2m 长度上)	5
6		预埋设施中心线位置: (1) 预埋件 (2) 预埋螺栓 (3) 预埋管	8 3 3
7		预留洞中心线位置	12
8	电梯井	井筒长宽对定位中心线 井筒全高垂直度	+20, 0 H/1000 且不大于 30

10、成品保护

1、在浇筑砼过程中,为了防止钢筋位置的偏移,在人员主要通道处的梁、板钢筋上铺设钢跳板,操作工人站立在钢跳板上,避免踩踏梁板、楼梯的钢筋和弯起钢筋,不碰动预埋件和插筋。

2、在交叉作业时,严禁操作人员用重物冲击模板,不允许在梁或楼梯踏步模板吊帮上蹬踩,保护模板的牢固和严密。

3、地下室结构施工阶段正处冬期施工阶段,在拆除墙、柱、梁、板模板时,砼强度必须达到受冻临界强度 4Mpa 方可拆模。

4、拆模时,对各部位模板要轻拿轻放,注意钢管或撬棍不要划伤混凝土表面及棱角,不要使用锤子或其他工具剧烈敲打模板面。用塔吊吊装模板靠近墙、柱时,要缓慢移动位置,避免模板撞击砼墙、柱。

5、冬期施工阶段,在已浇筑的楼板上覆盖塑料薄膜和阻燃草帘时,要注意对楼板砼的保护,要从一端随着压光随着覆盖塑料薄膜和阻燃草帘,避免踏出脚印。

6、已拆除模板及其支架的结构,应在混凝土达到设计强度后,才允许承受全部计算荷载。施工中不得超载使用,严禁堆放过量建筑材料。当承受施工荷载大于计算荷载时,必须经过核算加设临时支撑。

7、独立柱及突出墙面的柱角、楼梯踏步、楼梯横梁、处于通道或运输工具所能到达的墙阳角、门窗洞口等处各个阳角均用竹胶板包起来,利用墙体模板支设时留出的

穿墙孔用铅丝绑扎固定，防止各个阳角被碰掉或碰坏。

8、在浇筑完墙、柱等纵向结构构件混凝土后，要派工人及时进行清扫，以保证楼面平整与清洁。

11、安全文明施工

11.1、塔吊使用主要安全措施

a 塔吊装、拆、顶升必须是有资质单位和有证操作人员。安、顶、拆按照原厂的规定和安全要求进行。

b 塔吊的“四限位、两保险”必须齐全、可靠。安全部门和信号工经常检查吊具、绳索的磨损程度，安全部门做好检查记录。

c 当风力达四级以上时不得安、顶和拆卸作业。

d 夜间施工时塔吊的转臂上装有灯光和指示信号，以保证一定的能见度和促进操作人员的安全警惕性。

e 塔吊起吊东西时要派责任心强的有证信号工指挥，不得无人指挥或乱指挥。

f 起重臂下严禁站人。

g 机械设备防护罩不得随意拆卸。

11.2、砼泵送设备的主要安全措施

a 泵车操作工必须是经培训合格的有证人员，严禁无证操作。

b 泵管的质量应符合要求，对已经磨损严重及局部穿孔现象的泵管不准使用，以防爆管伤人。

c 泵管架设的支架要牢固，转弯处必须设置井字式固定架。泵管转弯宜缓，接头密封要严。

d 泵车料斗内的砼保持一定的高度，防止吸入空气造成堵管或管中气锤声和造成管尾甩伤人的现象。

e 泵车安全阀必须完好，泵送时先试送，注意观察泵的液压表和各部位工作正常后加大行程。在砼坍落度较小和开始启动时使用短行程。检修时必须卸压后进行。

f 当发生堵管现象时，立即将泵机反转把砼退回料斗，然后正转小行程泵送，如仍然堵管，则必须经拆管排堵处理后开车，不得强行加压泵送，以防发生炸管等事故。

g 砼浇筑结束前用压力水压泵时，泵管口前面严禁站人。

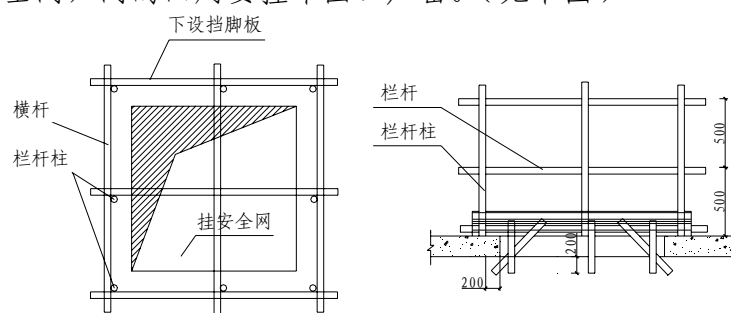
11.3、墙、柱、梁砼浇筑安全要求

a 在进行墙、柱、梁砼浇筑时，搭设的脚手架每步高度不大于 1.8m，且加斜撑，上铺脚手板。上端防护高度不小于 1.2m，设置两道水平防护栏杆。操作架上严禁出现单板、探头和飞跳板，必要时操作工人系挂安全带。

b 操作架上严禁超量堆放砼材料，堆放量每平方米不得超过 120kg。

11.4、洞口安全防护措施

a 150×150cm 以上的洞口，四周必须搭设围护架，并设双道防护栏杆，洞口中间支挂水平安全网，网的四周要挂牢固、严密。（见下图）



洞口防护架示意图

b 楼板、屋面和平台等面上短边尺寸为 25-250 的洞口，必须设坚实盖板并能防止挪动移位。

c 墙面等处的竖向洞口，凡落地的洞口应绑防护栏杆，下设挡脚板。低于 800mm 的竖向洞口，应加设 1.2m 高的临时护栏。

d 电梯井口必须设不低于 1.2m 的金属防护门，井内首层和首层以上每隔 10m 设一道水平安全网，安全网应封闭严密。未经项目技术部批准，电梯井内不得做垂直运输通道和垃圾通道。

e 洞口必须设置照明装置和安全标志。

12. 环保措施

a 噪音的控制：现场沿基坑四周用红白相间的 $\phi 48$ 钢管围挡，外侧满挂密目网，基坑北、东两侧采用降噪隔音屏，设置隔音屏，以降低浇筑基础底板砼过程中产生的噪音；并现场施工的操作工人在施工时，要有意识地控制说话的音量，以避免人为产生的噪音，减小噪音对周边居民的影响。

b 砼泵、砼罐车噪声排放的控制：加强对混凝土泵、砼罐车操作人员的培训及责任心教育，保证混凝土泵、砼罐车平稳运行、协调一致，禁止高速运行。要求商品砼供应

商加强对砼泵的维修保养，及时进行监控，对超过噪声限制的砼泵及时进行更换。

c 水的循环利用：现场设置洗车池和沉淀池、污水井，罐车在出现场前均要用水冲洗，以保证市政交通道路的清洁，减少粉尘的污染。沉淀后的清水再用做洗车水重复使用。

d 根据平面布置图，施工全现场铺设 100mm 厚 C15 砼硬化，以确保降低施工现场扬尘污染。

e 本工程砼内所掺的外加剂采用 FS-H 缓凝剂、FDY 防冻液，均不含有氯盐、氨等，避免对钢筋和大气的不利影响。

WWW.ZHULONG.COM

附一

底板混凝土裂缝计算

在大体积混凝土浇筑前，根据施工拟采用的防裂措施和现有的施工条件，先计算混凝土的水泥水化热的绝热最高温升值、各龄期收缩变形值、收缩当量温差和弹性模量，然后通过计算，估量可能产生的最大温度收缩应力，如不超过混凝土的抗拉强度，则表示所采取的防裂施工措施能够有效的控制和预防裂缝的出现，如果超过混凝土的抗拉强度，则可采取措施调整混凝土的入模温度、降低水化热温升值、降低混凝土的内外温差、改善施工操作工艺和混凝土拌合物性能等技术措施重新计算，直至计算的应力在允许的范围内。

1. 混凝土的水化热绝热温升值

$$T(t) = CQ \times (1 - e^{-mt}) / c \cdot \rho$$

$$T(3) = 300 \times 250 \times (1 - 2.718 - 0.3 \times 3) / 0.96 \times 2400 = 19.3^\circ\text{C}$$

$$T_{\max} = 300 \times 334 / 0.96 \times 2400 = 43.5^\circ\text{C}$$

$T(t)$ —— 混凝土浇筑完 t 段时间，混凝土的绝热温升值 ($^\circ\text{C}$)

C —— 每立方米混凝土的水泥用量 (kg)

Q —— 每千克水泥水化热 (J/kg)

c —— 混凝土的热比，一般由 0.92—1.00，取 0.96 ($\text{J/kg} \cdot \text{K}$) ρ —— 混凝土的质量密度，取 2400 kg/m^3

e —— 常数， $e=2.718$

m —— 与水泥品种、浇筑时与温度有关的经验系数，一般为 0.2-0.4

t —— 混凝土浇筑后至计算时的天数

2. 各龄期混凝土的收缩变形值

$$\begin{aligned} \varepsilon_y(t) &= \varepsilon_{0y} (1 - e^{-0.1t}) \sum M_i = 3.24 \times 10^{-4} \times (1 - e^{-0.1t}) \\ &\times 1.25 \times 1.35 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.93 \times 0.54 \times 1.2 \times 1.0 \times 0.9 \\ &= 2.965 \times 10^{-4} \times (1 - e^{-0.1t}) \end{aligned}$$

式中 $\varepsilon_y(t)$ —— 各龄期 (d) 混凝土的收缩相对变形值

ε_{0y} —— 标准状态下最终收缩值 (即极限收缩值) 取 3.24×10^{-4}

M_i ——考虑各种非标准条件的修正系数。

查表得: $M_1=1.25$ $M_2=1.35$ $M_3=1.0$ $M_4=1.0$ $M_5=1.0$

$M_6=0.93$ $M_7=0.54$ $M_8=1.2$ $M_9=1.0$ $M_{10}=0.9$

3. 各龄期混凝土收缩当量温差

$$T_y(t) = -\varepsilon_y(t) / \alpha$$

式中 $T_y(t)$ ——各龄期 (d) 混凝土收缩当量温差

α ——混凝土的线膨胀系数, 取 1.0×10^{-5}

$$\varepsilon_y(30) = 0.768 \times 10^{-4} \quad T_y(30) = 7.68^\circ\text{C}; \quad \varepsilon_y(27) = 0.702 \times 10^{-4} \quad T_y(27) = 7.02^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon_y(24) = 0.633 \times 10^{-4} \quad T_y(24) = 6.33^\circ\text{C}; \quad \varepsilon_y(21) = 0.562 \times 10^{-4} \quad T_y(21) = 5.62^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon_y(18) = 0.488 \times 10^{-4} \quad T_y(18) = 4.88^\circ\text{C}; \quad \varepsilon_y(15) = 0.413 \times 10^{-4} \quad T_y(15) = 4.13^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon_y(12) = 0.335 \times 10^{-4} \quad T_y(12) = 3.35^\circ\text{C}; \quad \varepsilon_y(9) = 0.255 \times 10^{-4} \quad T_y(9) = 2.55^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon_y(6) = 0.173 \times 10^{-4} \quad T_y(6) = 1.73^\circ\text{C}; \quad \varepsilon_y(3) = 0.088 \times 10^{-4} \quad T_y(3) = 0.88^\circ\text{C}$$

各龄期混凝土的综合温度及总温差

$$T(6) = 2.02 + 1.73 - 0.88 = 2.87^\circ\text{C}$$

$$T(9) = 2.82 + 2.55 - 1.73 = 3.64^\circ\text{C}$$

$$T(12) = 2.90 + 3.35 - 2.55 = 3.70^\circ\text{C}$$

$$T(15) = 2.38 + 4.13 - 3.35 = 3.16^\circ\text{C}$$

$$T(18) = 1.67 + 4.88 - 4.13 = 2.42^\circ\text{C}$$

$$T(21) = 1.41 + 5.62 - 4.88 = 2.15^\circ\text{C}$$

$$T(24) = 0.70 + 6.33 - 5.62 = 1.41^\circ\text{C}$$

$$T(27) = 1.14 + 7.02 - 6.33 = 1.83^\circ\text{C}$$

$$T(30) = 1.23 + 7.68 - 7.02 = 1.89^\circ\text{C}$$

底板的总温差

$$T = T(6) + T(9) + T(12) + T(15) + T(18) + T(21) + T(24) + T(27) + T(30)$$

$$= 2.87 + 3.64 + 3.70 + 3.16 + 2.42 + 2.15 + 1.41 + 1.83 + 1.89$$

$$= 23.07^\circ\text{C}$$

4. 各龄期混凝土弹性模量

$$E(t) = E(0) (1 - e^{-0.09t})$$

式中 $E(t)$ ——混凝土从浇筑至计算时的弹性模量 (N/mm^2); 计算温度应力时, 一般

取平均值。

$E(0)$ ——混凝土的最终弹性模量 (N/mm^2)

$$E(3) = 0.260 \times 105 \times (1 - e^{-0.09 \times 3}) = 0.0616 \times 105 \text{ N/mm}^2$$

$$E(6) = 0.260 \times 105 \times (1 - e^{-0.09 \times 6}) = 0.1080 \times 105 \text{ N/mm}^2$$

$$E(9) = 0.260 \times 105 \times (1 - e^{-0.09 \times 9}) = 0.1443 \times 105 \text{ N/mm}^2$$

$$E(12) = 0.26 \times 105 \times (1 - e^{-0.09 \times 12}) = 0.1716 \times 105 \text{ N/mm}^2$$

$$E(15) = 0.26 \times 105 \times (1 - e^{-0.09 \times 15}) = 0.1924 \times 105 \text{ N/mm}^2$$

$$E(18) = 0.26 \times 105 \times (1 - e^{-0.09 \times 18}) = 0.2080 \times 105 \text{ N/mm}^2$$

$$E(21) = 0.26 \times 105 \times (1 - e^{-0.09 \times 21}) = 0.2210 \times 105 \text{ N/mm}^2$$

$$E(24) = 0.26 \times 105 \times (1 - e^{-0.09 \times 24}) = 0.2300 \times 105 \text{ N/mm}^2$$

$$E(27) = 0.26 \times 105 \times (1 - e^{-0.09 \times 27}) = 0.2371 \times 105 \text{ N/mm}^2$$

$$E(30) = 0.26 \times 105 \times (1 - e^{-0.09 \times 30}) = 0.2430 \times 105 \text{ N/mm}^2$$

5. 各龄期混凝土的应力松弛系数

考虑荷载持续时间和龄期的影响，查得混凝土各龄期的应力松弛系数为：

$$S(3) = 0.186 \quad S(6) = 0.208 \quad S(9) = 0.214$$

$$S(12) = 0.215 \quad S(15) = 0.233 \quad S(18) = 0.252$$

$$S(21) = 0.301 \quad S(24) = 0.524 \quad S(27) = 0.570$$

$$S(30) = 1.00$$

6. 混凝土的温度收缩应力

混凝土因外约束引起的温度、收缩应力可按以下简化公式计算

$$\alpha = E(t) \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot S(t) \cdot R / (1 - \nu)$$

式中 ΔT ——混凝土的最大综合温差 ($^{\circ}\text{C}$)， $\Delta T = T(t) + T_0 - T_h$

T_0 ——混凝土的入模温度 ($^{\circ}\text{C}$)

T_h ——混凝土浇筑后达到稳定时的温度，一般根据历年气象资料取当年平均气温；当大体积混凝土结构暴露在室外且未回填时， ΔT 值混凝土水化热最高温升值（包括浇灌入模温度）与当地月平均最低温度之差进行计算。

$S(t)$ ——考虑徐变影响的松弛系数，一般取 0.3~0.5

R ——混凝土的外约束系数，当为岩石地基时， $R=1$ ；当为滑动的垫层时， $R=0$ ；一般地基取 0.25~0.50

ν ——混凝土的泊松比，可采用 0.15~0.20

6.1. 底板水平阻力应力计算

地基水平阻力系数 CX 值计算，根据场地情况取 $CX1=4.0 \times 10^{-2} \text{N/mm}^2$ 。

6.2. 各台阶温度差和收缩引起的温度应力

a. 6 天(第一台阶降温，自第六至第三十天温差和收缩引起的应力)：

根据公式 $\sigma_{\max} = \sum \Delta \sigma_i = -\sum E_i(t) \alpha \Delta T_i(t) (1 - 1/(ch\beta L/2)) S(t)$ 和

$\beta = (CX/H E_i(t))^{1/2}$ 可求得：

当 $t=6$ $\beta = (4.0 \times 10^{-2} / (2200 \times 0.108 \times 105))^{1/2} = 4.23 \times 10^{-5}$

$\beta L/2 = 4.23 \times 10^{-5} \times 98200/2 = 2.076$

则可得到 $ch\beta L/2 = 4.052$

$\sigma(6) = 0.108 \times 105 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 2.87 \times (1 - 1/4.052) \times 0.208$
 $= 0.0485 \text{Mpa}$

b. 当 $t=9$ $\beta = (4.0 \times 10^{-2} / (2200 \times 0.1443 \times 105))^{1/2} = 3.66 \times 10^{-5}$

$\beta L/2 = 3.66 \times 10^{-5} \times 98200/2 = 1.797$

则可得到 $ch\beta L/2 = 3.099$

$\sigma(9) = 0.1443 \times 105 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 3.64 \times (1 - 1/3.099) \times 0.214$
 $= 0.0763 \text{Mpa}$

c. 当 $t=12$ $\beta = (4.0 \times 10^{-2} / (2200 \times 0.1716 \times 105))^{1/2} = 3.36 \times 10^{-5}$

$\beta L/2 = 3.36 \times 10^{-5} \times 98200/2 = 1.650$

则可得到 $ch\beta L/2 = 2.700$

$\sigma(12) = 0.1716 \times 105 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 3.70 \times (1 - 1/2.700) \times 0.215$
 $= 0.0860 \text{Mpa}$

d. 当 $t=15$ $\beta = (4.0 \times 10^{-2} / (2200 \times 0.1924 \times 105))^{1/2} = 3.17 \times 10^{-5}$

$\beta L/2 = 3.17 \times 10^{-5} \times 98200/2 = 1.556$

则可得到 $ch\beta L/2 = 2.477$

$\sigma(15) = 0.1924 \times 105 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 3.16 \times (1 - 1/2.477) \times 0.233$
 $= 0.0844 \text{Mpa}$

e. 当 $t=18$ $\beta = (4.0 \times 10^{-2} / (2200 \times 0.208 \times 105))^{1/2} = 3.05 \times 10^{-5}$

$\beta L/2 = 3.05 \times 10^{-5} \times 98200/2 = 1.498$

则可得到 $ch\beta L/2=2.350$

$$\begin{aligned}\sigma(18) &= 0.208 \times 105 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 2.42 \times (1 - 1/2.350) \times 0.252 \\ &= 0.0730 \text{Mpa}\end{aligned}$$

f. 当 $t=21$ $\beta=(4.0 \times 10^{-2}/(2200 \times 0.221 \times 105))^{1/2}=2.96 \times 10^{-5}$

$$\beta L/2=2.96 \times 10^{-5} \times 98200/2=1.453$$

则可得到 $ch\beta L/2=2.255$

$$\begin{aligned}\sigma(21) &= 0.221 \times 105 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 2.15 \times (1 - 1/2.255) \times 0.301 \\ &= 0.0798 \text{Mpa}\end{aligned}$$

g. 当 $t=24$ $\beta=(4.0 \times 10^{-2}/(2200 \times 0.230 \times 105))^{1/2}=2.900 \times 10^{-5}$

$$\beta L/2=2.900 \times 10^{-5} \times 98200/2=1.424$$

则可得到 $ch\beta L/2=2.197$

$$\begin{aligned}\sigma(24) &= 0.230 \times 105 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 1.41 \times (1 - 1/2.197) \times 0.524 \\ &= 0.0925 \text{Mpa}\end{aligned}$$

h. 当 $t=27$ $\beta=(4.0 \times 10^{-2}/(2200 \times 0.237 \times 105))^{1/2}=2.86 \times 10^{-5}$

$$\beta L/2=2.86 \times 10^{-5} \times 98200/2=1.404$$

则可得到 $ch\beta L/2=2.160$

$$\begin{aligned}\sigma(27) &= 0.237 \times 105 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 1.83 \times (1 - 1/2.160) \times 0.570 \\ &= 0.1330 \text{Mpa}\end{aligned}$$

i. 当 $t=30$ $\beta=(4.0 \times 10^{-2}/(2200 \times 0.243 \times 105))^{1/2}=2.82 \times 10^{-5}$

$$\beta L/2=2.82 \times 10^{-5} \times 98200/2=1.385$$

则可得到 $ch\beta L/2=2.122$

$$\begin{aligned}\sigma(30) &= 0.243 \times 105 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 1.89 \times (1 - 1/2.122) \times 1.0 \\ &= 0.243 \text{Mpa}\end{aligned}$$

j. 总降温产生的最大拉应力

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= 0.0485 + 0.0763 + 0.0860 + 0.0844 + 0.0730 + 0.0798 + 0.0925 \\ &+ 0.133 + 0.243 = 0.9165 \text{Mpa}\end{aligned}$$

混凝土 C35，取 $R_f=1.8/0.9165=1.96>1.15$ ，满足抗裂条件。