天津市工程建设标准 DB

DB/T29-148-2005 J 10594-2005

结构混凝土实体检测技术规程

Technical Specification of Testing structures Concrete Mass

2005-07-04 发布 2005-08-01 实施

天津市建设管理委员会

天津市工程建设标准

结构混凝土实体检测技术规程

Technical Specification of Testing Structures
Concrete Mass

DB/T29-148-2005
J 10594-2005

主编单位：天津港湾工程质量检测中心
批准部门：天津市建设管理委员会
实施日期：2005年8月1日

2005 天 津

天津市建设管理委员会文件

建科教[2005]650号

滕绍华 签发

关于颁布《结构混凝土实体检测技术规程》的通知

各有关单位：

为了规范结构混凝土实体检测技术，提高检测精度和水平，确保混凝土工程质量，天津港湾工程质量检测中心等单位按照我委《关于下达2004年天津市工程建设标准编制计划的通知》要求，编制完成《结构混凝土实体检测技术规程》。经我委组织专家审定委员会审定，现批准《结构混凝土实体检测技术规程》(DB/T29-148-2005)为我市地方工程建设标准。自2005年8月1日起在我市施行。

各相关单位要认真执行本规程，施行过程中如有不明之处及修改意见请及时反馈给天津港湾工程质量检测中心。

本规程由天津港湾工程质量检测中心负责解释。

本规程由天津市建设管理委员会负责管理。

特此通知

二〇〇五年七月一日

主题词： 城乡建设　技术　规程　通知

天津市建设管理委员会办公室　2005年7月4日　印发

前 言

本规程是根据天津市建设管理委员会《2004年工程建设标准编制计划》中的项目编制的，由天津市建设监理协会、天津港湾工程质量检测中心、天津市建设工程质量监督管理总站、天津市建筑工程质量检测中心、天津住宅建设发展集团有限公司、天津第二建筑工程有限公司和天津第六建筑工程有限公司等七个单位编写，天津港湾工程质量检测中心任主编单位。

在编制过程中，编制组认真研究了《混凝土结构设计规范》、《混凝土结构工程施工质量验收规范》、《混凝土质量控制标准》和《混凝土强度检验评定标准》等规程和标准与本规程衔接的相关技术问题，开展了相关的专题试验研究，研究成果经施工实践验证后，编入本规程。因此，本规程是在实践—研究—再实践的基础上编制而成的。

本规程由天津市建设管理委员会负责管理。请各有关单位在使用本规程的过程中，将发现的问题和意见及时函告天津市建设管理委员和本规程的主编单位。

通信地址：天津市河西区大沽南路1474号

联系电话：2834 0305—313、2834 0305—292

电子邮箱：tpei@public.tpt.tj.cn

本规程组织单位、主编单位、参编单位和主要起草人

本规程组织单位：天津建设管理委员会科教处

主编单位：天津港湾工程质量检测中心

参编单位：天津市建设工程质量监督管理总站

天津市建筑工程质量检测中心

天津市建设监理协会

天津住宅建设发展集团有限公司
天津第二建筑工程有限公司
天津第六建筑工程有限公司

主要起草人：贵景齐　张中一　任忠利　虞晓童　刘庆年
刘元春　张兴业　刘亚平　周崇浩　乔成林
张兴业　刘亚平　周崇浩　乔成林　李　波
肖广福　王俊如　祁津勇　付金栋　胥爱华
王学平　门锦春　陈　韬　韩日君　张小平

目　次

1　总则 …… (1)
2　术语 …… (2)
3　基本规定 …… (5)
3.1　一般要求 …… (5)
3.2　收集基本资料 …… (5)
3.3　检测方案 …… (5)
3.4　结构混凝土实体检测方法 …… (6)
3.5　技术能力核查 …… (6)
3.6　编制检测报告 …… (6)
4　混凝土拌合物质量的检测 …… (8)
4.1　组成材料质量的检测 …… (8)
4.2　混凝土配合比的质量检测 …… (9)
5　混凝土生产过程中的质量 …… (11)
5.1　混凝土搅拌前检查 …… (11)
5.2　混凝土搅拌 …… (11)
5.3　混凝土运输 …… (12)
5.4　混凝土浇筑 …… (12)
5.5　季节施工 …… (13)
6　结构混凝土实体质量检测 …… (14)
6.1　一般规定 …… (14)
6.2　表观质量检查 …… (14)
6.3　内部质量检测 …… (14)
6.4　钢管混凝土质量检测 …… (21)
6.5　灌注桩混凝土质量检测 …… (24)
6.6　混凝土裂缝检测 …… (26)
7　结构混凝土实体强度检测 …… (31)

7.1 一般规定 …… (31)
7.2 回弹仪法检测混凝土实体强度 …… (31)
7.3 超声回弹综合法测定结构混凝土实体强度 …… (33)
7.4 钻取芯样试件法测定结构混凝土实体强度 …… (35)
8 混凝土实体质量评估 …… (40)
8.1 混凝土拌合物质量评估 …… (40)
8.2 混凝土表观质量评估 …… (42)
8.3 混凝土内部质量评估 …… (43)
8.4 混凝土实体强度评估 …… (46)
8.5 检测报告 …… (48)
附录 A …… (49)
附录 B …… (52)
附录 C …… (59)
附录 D …… (77)
D.0.1 回弹法测强记录表 …… (77)
D.0.2 超声回弹法测强记录表 …… (78)
D.0.3 超声波测试记录表 …… (79)
D.0.4 芯样强度记录表 …… (80)
附录 E …… (81)
条文说明 …… (83)

1 总 则

1.0.1 为了规范结构混凝土实体检测技术，提高检测精度和水平，确保混凝土工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于天津市行政区域内新建、扩建、改建的建设工程中混凝土强度等级在 C30 及以上的混凝土。

1.0.3 结构混凝土实体检测应符合下列规定：

(1)混凝土预拌厂应具有相应的资质等级及技术质量管理制度；拌合物应采用机械运输方式。

(2)施工单位应具有相应的资质等级控制混凝土材料品质、生产过程和结构中混凝土质量的管理制度。

(3)检测单位应配备必要的检测设备，建立和健全必要的技术质量管理制度，使用本规程的工程检测人员，应通过主管部门认可的专业培训，具有专业操作能力。

1.0.4 本规程的主要质量检验指标是依据国家现行标准《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、《混凝土质量控制标准》GB50164 及《混凝土强度检验评定标准》GBJ107 等有关规定的原则制定。

2 术 语

2.0.1 混凝土实体检测 Concrete Mass Testing

混凝土实体检测是指混凝土拌和物质量的检测，硬化混凝土实体质量检测和混凝土实体强度检测，统称为混凝土实体检测。

2.0.2 检测批 Testing Group

由混凝土强度等级相同、龄期相同及生产工艺条件基本相同的混凝土结构或构件组成。

2.0.3 抽样检验 Sampling Inspecting

从检测批中随机地抽取一定数量混凝土结构或构件组成样本，通过表观检测、计量检测和计数检测等方法，将其检测结果汇总，综合判定样本质量。

2.0.4 测区 Testing Area

测区是指测定混凝土结构或构件质量的基本测量单元。

2.0.5 测点 Testing Point

测点是指在测区内取得检测数据的检测点。

2.0.6 混凝土拌合物 Concrete Mix

按混凝土组成的成分比例配合，经一定搅拌工艺搅拌，使颗粒状骨料均匀地分布于水泥浆体中形成分散体系，在整个施工进程中不能产生组分离析，获得体积稳定，结构密实的混凝土。

2.0.7 坍落度试验 Slump Test

测定混凝土拌合物变形性能或抵抗流动变形性能的方法，称为坍落度试验。

2.0.8 扩展度试验 Expansion Text

测定混凝土拌合物黏度和变形速度的方法，称为扩展度试验。

2.0.9 标准混凝土试件强度

Strength of Standard Concrete Specimen

在混凝土浇筑过程中，按规定的混凝土浇筑数量抽取混凝土拌合物试样，制作边长 150mm 立方体混凝土试件，放于标准养护室养护 28d，按标准试验方法进行抗压强度试验，取得的试验结果称为标准混凝土试件强度。

2.0.10 混凝土推定强度 Calculated Concrete Strength

用非破损或微破损等检测方法，从混凝土结构或构件上测得的原位值，通过事先在实验室内建立的混凝土强度相关关系式，将原位值换算成混凝土强度，称为混凝土推定强度值。

2.0.11 标准芯样试件强度

Strength of Standard Core Specimen

从混凝土结构或构件实体上钻取的芯样试件，制备成直径 Φ100mm×高度 H100mm 的芯样抗压强度试件，按标准试验方法进行抗压强度试验，取得的试验结果相当于边长 150mm 立方体试件强度，因此称为标准芯样试件强度。

2.0.12 非标准芯样试件强度

Strength of Non-Standard Core Specimen

混凝土芯样试件尺寸大于或小于标准芯样试件尺寸，称为非标准芯样试件，取得的混凝土抗压强度值，称为非标准芯样试件强度。

2.0.13 混凝土缺陷 Defect in Concrete

混凝土施工质量中不符合规定要求的检测项目或检测点，按其程度分为严重缺陷和一般缺陷。

2.0.14 混凝土均匀性 Concrete Homogeneity

用超声波法测量混凝土结构或构件时，可测得一系列的测量值，应用数理统计方法计算其声速平均值 m_v、标准差 S_v 和变异系数 δ_v 三个统计参数特征值中，应用声速平均值 m_v 和变异系数 δ_v

两个参数值，综合分析数据离散程度，以此判定的混凝土质量，称为混凝土均匀性。

2.0.15 混凝土非破损检测 Concrete Non-destructive Testing

不破损混凝土结构或构件的检测方法，称为混凝土非破损检测方法。

2.0.16 混凝土微破损检测 Concrete Minor-Damaging Testing

对混凝土结构或构件的既有性能无决定性影响，或虽有暂时影响，可修复至既有性能，称为微破损检测方法。

2.0.17 抗压强度代表值

Representative Value of Compressive Strength

确定一组3个试件强度为代表该组试件强度值，这个强度值称为抗压强度代表值。

2.0.18 表面裂缝检测 Surface Crack Detection

用超声波法检测混凝土表面出现的可见裂缝，称为表面裂缝检测。

2.0.19 深层裂缝检测 Deep Crack Detection

用超声波法检测混凝土表面出现的可见裂缝，其深度已大于500mm，或采用钻取芯样来进行测量称为深层裂缝测量。

3 基本规定

3.1 一般要求

3.1.1 建筑工程在检测前应向检测单位提出委托，委托书中应明确委托项目和检测内容。检测单位负责出具相应的检测方案。

3.1.2 结构混凝土实体检测宜采用抽样检验。

3.1.3 检测完毕后，检测单位应负责出具相应的检测报告。

3.2 收集基本资料

3.2.1 根据委托单位所委托的检测项目和内容，检测单位应按下列内容收集基本资料：

(1)设计图纸；

(2)岩土勘察报告；

(3)施工单位编制的施工组织设计和施工技术方案；搅拌站提供的混凝土原材料材质检验报告和混凝土配合比设计及混凝土强度；

(4)核实施工单位、搅拌站的资质。

3.3 检测方案

3.3.1 根据委托单位委托的检测项目和内容，检测单位应编制检测方案。

3.3.2 检测方案内容：

(1)检测目的；

(2)检测技术依据；
(3)检测项目及内容；
(4)检测方法；
(5)判定标准。

3.4 结构混凝土实体检测方法

3.4.1 结构混凝土实体检测应包括混凝土拌合物质量和结构混凝土实体质量等各项指标的测定方法。

3.4.2 混凝土拌合物质量应以坍落度值、扩展度/坍落度比值和混凝土试件强度表示。检测方法可按现行国家标准:《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》的规定进行。

3.4.3 实体混凝土质量检测应优先采用非破损和微破损相结合的检测方法;也可采用破损的检测方法进行。

3.5 技术能力核查

3.5.1 根据检测项目的要求，对施工单位和搅拌站的技术能力进行核查,其内容可包括:

(1)预拌混凝土搅拌站设备的技术条件和相应的生产能力；
(2)施工单位的机械设备和动力条件,试验检测设备；
(3)施工现场的平面布置和进出场的运行情况；
(4)相关生产条件和记录。

3.6 编制检测报告

3.6.1 检测报告可包括以下内容:

(1)工程概况；

(2)检测目的及依据；
(3)检测项目及方法；
(4)检测结果分析；
(5)检测结果评估。

4 混凝土拌合物质量的检测

4.1 组成材料质量的检测

4.1.1 水泥

(1)配制混凝土用的水泥应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB175 和《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》GB1344 及《中热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥》GB200 等的规定。

(2)使用前应对水泥的安定性和 3d 强度进行复验,并按复验结果使用。

4.1.2 细骨料

(1)配制混凝土的细骨料,应符合现行国家行业标准《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》JGJ52 的规定;

(2)细骨料使用前应作细度模量和含泥量复验。配制高强度和高性能混凝土的细骨料应增加含泥块量的复验;

(3)使用海砂或含有氯化物的外加剂配制混凝土时,应检测氯离子含量;

(4)用于配制预防碱骨料反应混凝土的细骨料,应增加碱活性复验。

4.1.3 粗骨料

(1)配制混凝土用的粗骨料应符合现行国家行业标准《普通混凝土碎石或卵石质量标准及检验方法》JGJ53 的规定,用于配置泵送混凝土的粗骨料应符合现行国家行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T10 的规定,用于配置高强混凝土的粗骨料尚应符合《高强混凝土结构技术规程》CECS104 的有关规定;

(2)粗骨料使用前应作筒压强度、含泥量及针片状含量复验;

(3)用于配置预防碱骨料反应混凝土的粗骨料应增加碱活性复验。

4.1.4 外加剂

(1)配制混凝土用的外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB119 和《混凝土外加剂标准》GB8076 和相应的环境保护规定;

(2)外加剂使用前应作水泥的适应性试验。

4.1.5 掺合料

(1)用于配制混凝土的掺合料(粉煤灰、磨细矿渣粉和硅灰等)应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB1596 和《用于混凝土和砂浆中粒化高炉矿渣微粉》GB31 等相关规程的规定。

(2)配制混凝土的掺合料应作细度复验。

(3)使用粉煤灰的掺合料应增加烧失量复验。用于高强度、高性能混凝土还应增加需水比的复验。

4.2 混凝土配合比的质量检测

4.2.1 混凝土配合比设计应符合国家现行行业标准《普通混土配合比设计规程》JGJ55 的有关规定。

4.2.2 混凝土配合比使用前应作混凝土抗压强度、坍落度、扩展度和含气量的试验。

4.2.3 泵送混凝土坍落度的"经时"损失应采用同配合比外加剂调整,掺加量须经试验确定。严禁随意加水。

4.2.4 浇筑免振混凝土、钢管混凝土时,应以混凝土的扩展度作为稠度的控制指标。

4.2.5 高性能混凝土应进行下列项目的试验:

(1)每立方米混凝土的氯离子含量；

(2)处于潮湿和有盐碱侵蚀环境中每立方米混凝土中的含碱总量。

5 混凝土生产过程中的质量检测

5.1 混凝土搅拌前的检查

5.1.1 应对混凝土预拌厂进行检查,其内容如下:

(1)核实计量认证的合格证书;

(2)检查组成混凝土原材料的检验试验报告;

(3)核实生产能力和设备的技术状态。

5.1.2 应对施工现场进行检查,其内容如下:

(1)检查施工方案中规定的混凝土技术条件,能否满足设计和相关规范的要求;

(2)核实试验检测人员和监理人员的资质及能力;

(3)检查试验设备的技术状态。

5.2 混凝土搅拌

5.2.1 在混凝土搅拌过程中,应对搅拌站进行抽查:

(1)混凝土组成材料的配合比例;

(2)混凝土用粗细骨料的含水量;

(3)混凝土坍落度和扩展度;

(4)混凝土的出机温度

5.2.2 搅拌站应按现场所划分的检测批,留置混凝土试件。

(1)抗压强度试件不应少于3组;

(2)C50以上强度等级混凝土,应根据设计要求,留置混凝土劈裂强度试件、收缩试验试件和混凝土弹性模量试件。

(3)有抗渗要求的混凝土,还应制作混凝土抗渗性能试件。

5.3 混凝土运输

5.3.1 混凝土拌合物运输应优先采用混凝土搅拌运输车。

5.3.2 混凝土拌合物的运输频率应由施工单位和搅拌站根据工程需求决定。

5.4 混凝土浇筑

5.4.1 当混凝土拌合物运至浇筑地点时，检测人员应进行下列工作：

(1)观察搅拌运输车内混凝土拌合物质量状态；

(2)检测混凝土拌合物的坍落度和扩展度。

5.4.2 在混凝土浇筑过程中，检测人员应进行下列工作：

(1)从第一辆搅拌运输车到达浇筑地点后算起，应连续测定5辆车内混凝土拌合物的坍落度和扩展度。当测定的混凝土拌合物稠度稳定后，应每隔2h测定一次；

(2)当配合比设计的混凝土坍落度值小于160mm时，可不作扩展度检测。当配合比设计的混凝土坍落度值大于160mm时，应作坍落度和扩展度检测。

(3)测定混凝土拌合物的凝结时间

5.4.3 现场制作验收混凝土抗压强度试件的数量应符合现行国家标准：《混凝土强度检验评定标准》GBJ107的规定。

5.4.4 每个强度等级的混凝土均应留置同条件养护试件，留置试件数量应按现行国家标准：《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204的规定。

5.5 季节施工

5.5.1 混凝土冬期施工应按现行国家行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ104 的有关规定进行检测。

5.5.2 混凝土夏期施工应检查以下措施：

(1)有缓凝要求时，混凝土内应掺入适量的缓凝剂；

(2)混凝土原材料应有防暴晒和控制原材料温度的设施；

(3)风力在 4 级以上时，浇筑地点应有挡风设施；

(4)应备有突降暴雨的设施；

(5)混凝土浇筑完毕后，应覆盖塑料薄膜和土工织布，保持表面相对湿度在 95%以上。

5.6.3 应检测混凝土入模温度，不宜大于 35℃。

6 结构混凝土实体质量检测

6.1 一般规定

6.1.1 检测混凝土结构和构件质量的检测方法应包括：

(1)用视感方法检查混凝土表观质量；

(2)用超声波法、取芯法、电磁感应法，或其它非破损及微破损等检测方法检测混凝土空洞、不密实区域、结合面质量、混凝土裂缝及钢筋保护层和钢筋排列等内部质量。

6.1.2 检测前应对检测仪器的各项技术参数和标准状态进行校准和率定。

6.1.3 测试数据应记录于规定的表格内。

6.1.4 应用数理统计方法整理分析测试数据。

6.2 表观质量检查

6.2.1 用目测和简易的测试工具检查混凝土表观缺陷尺寸、面积和深度。

6.2.2 测定的数据应记录于测试表格，测定的表观缺陷必要时还应描绘于简图。

6.3 内部质量检测

6.3.1 混凝土均匀性检测

(1)检测混凝土均匀性宜采用超声波法测定；

(2)检测步骤：

1)被确定测试的混凝土结构或构件上应布置超声波测点，测点数不宜少于30个；

2)测点应按矩形网格或正方形网格布置，每一个网格的面积不宜小于20cm×20cm，测点间的间距不宜小于30cm，测点可按座标方法编号；

3)布置测点时，应避开与声波传播方向相一致的主钢筋；

4)有缺陷的表观测点，应修整；并在测点上涂抹耦合剂；

5)测量结构或构件的厚度应精确至1.0%；

6)根据测试对象的特征、厚度选择换能的类型和频率；

7)按附录A规定的方法测定声时初读数T_0；

8)测试时，在测点上涂抹耦合剂，并应将“发射”和“接受”两个换能器分别耦合在同一轴线两端对应的测点位置，进行检测；

9)在测试过程中，当出现下列情况时：

①前后两个测点声时值的相对误差大于15%；

②首波振幅值小于3mm；

③接收讯号的波形不规则。

应重复测量三次，将三次测得的数据记录于测试表格，并标记于简图。

(3)数据处理

1)混凝土声速V可按下式计算：

$$V=L/(T\pm T_0) \tag{6.3.1}$$

式中：L — 测距(两个换能器之间的距离)(m)；

T — 声时(s)

T_0 — 声时初读数(s)。

2)按附录B所示的方法计算声速平均值m_v、标准值s_v和变异系数δ_v三个统计特征值。

6.3.2 检测混凝土空洞和不密实区域

(1)在混凝土均匀性的测定中，当出现下列情况时，可按混凝土空洞和不密实区域进行检测：

1)被判定为可疑值测点和警告值的测点，并能描绘成一个平面几何图形；

2)表观质量较差的区域；

3)对施工质量有怀疑的区域。

(2)应根据结构或构件中的测试条件，选择测试方法。

1)当混凝土结构或构件具有两个相互平行测试面时，可采用对测法、斜测法和汇交法测试。如图 6.3.2—1 所示：

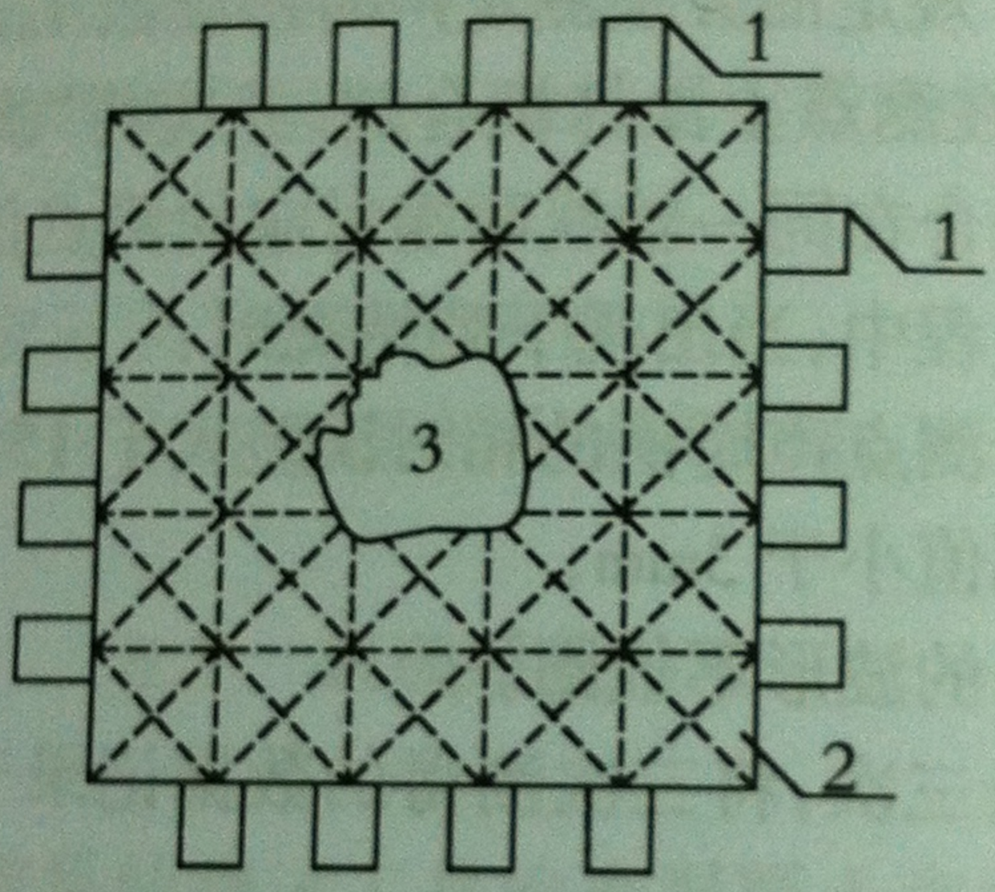


图 6.3.2—1　对测法、斜测法和汇交法测试示意图

图示：1 换能器　　2 混凝土　　3 空洞

2)当测距大于 3m，或只有一个测试面时，可在测试面的适当位置钻取一个 ϕ40mm 或 ϕ50mm 的测试孔，其深度可根据构件厚度而定。用平面换能器按放于混凝土表面，柱状换能器放入测试孔内进行平面换能器和柱状换能器联合测试，如图 6.3.2—2 所示：

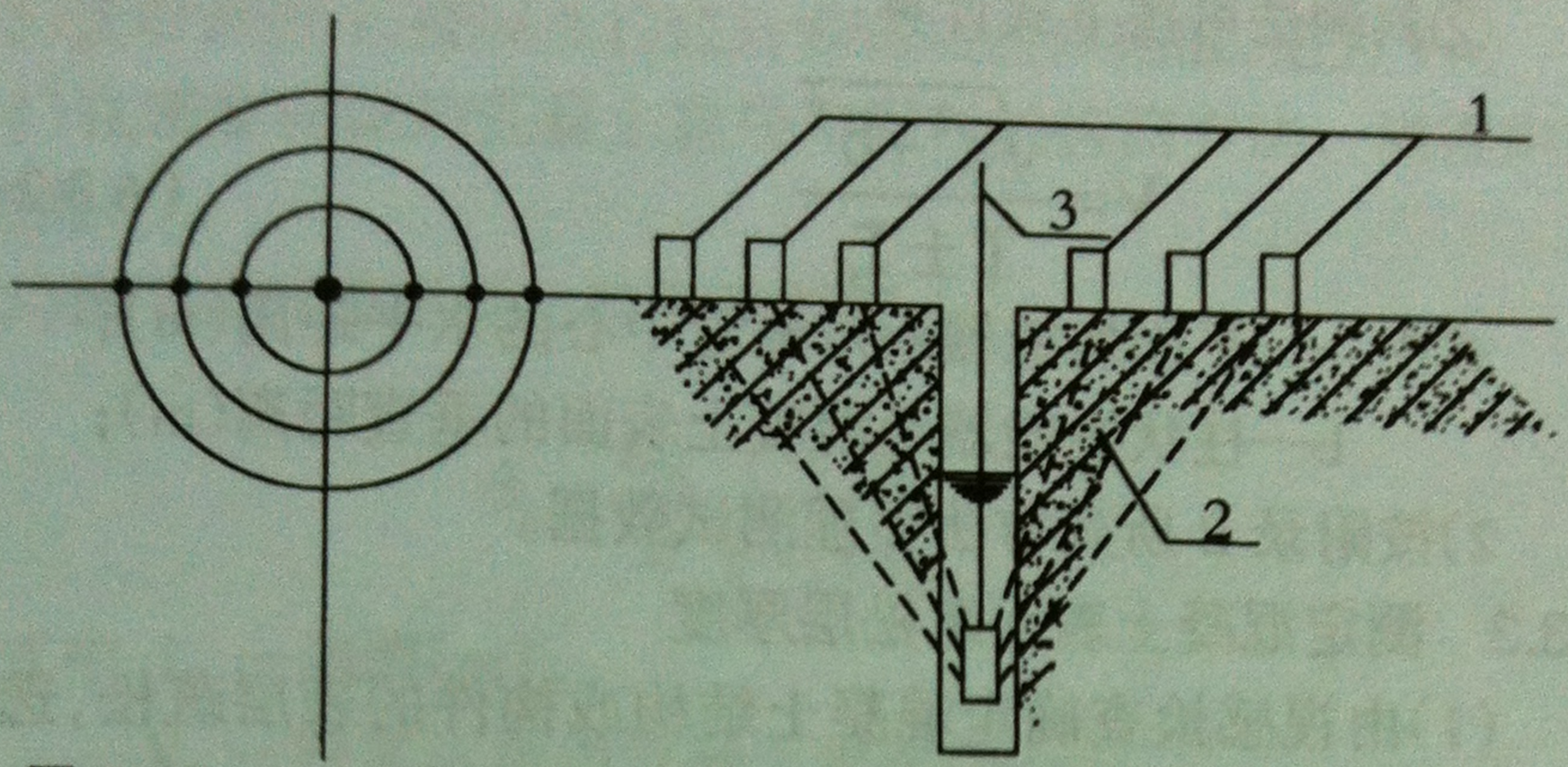


图 6.3.2—2　平面振动式换能器和柱状换能器联合使用示意图

图示:1 平面换能器　2 混凝土　3 柱状换能器

①检测方法:

A 应在测试孔内注水;

B 应在测试孔内悬放柱状换能器。平面换能器安放于混凝土表面的测点,呈斜测状态。测点间距不宜大于 100mm。

②可疑区域确定

A 当出现可疑值时,应重复测试 3 次,确认为可疑点或警告点;

B 以可疑点或警告点为基准,在其周围扩大 2~3 倍内加密测点,测定可疑区域。

(3)数据整理

1)计算混凝土声速值 V:

①对测法可按下式计算:

$$V=\frac{S}{T\pm T_0} \qquad (6.3.2—1)$$

式中:S—测试距离(m);

T—声时(s);

T_0—声时初读数(s)。

②斜测法可按下式计算：

$$V=\frac{\sqrt{a^2+b^2}}{T\pm T_0} \qquad (6.3.2\text{—}2)$$

式中：a—平面换能器距声测管中心的水平距离(m)；

b—柱状换能器距混凝土表面的垂直距离(m)；

2)按附录 B 所列方法整理测试数据。

6.3.3 测定混凝土表面疏松层厚度

(1)由视感检查确定混凝土结构或构件的表层疏松，选择有代表性部位布置测区，其数量不宜少于 3 个。

(2)每个测区内的测点，不宜少于 10 个。

(3)在布置测点时，应注意下列事项：

1)测试面应平整、干燥和无裂缝；

2)测点间的联线，不宜与主钢筋平行。

(4)检测

1)将“发射”和“接收”两个换能器耦合在同一测试面，间距为 100mm；

2)固定“发射”换能器或“接收”换能器，按等距离移动另一换能器呈直线移动。如图 6.3.3—1 所示：

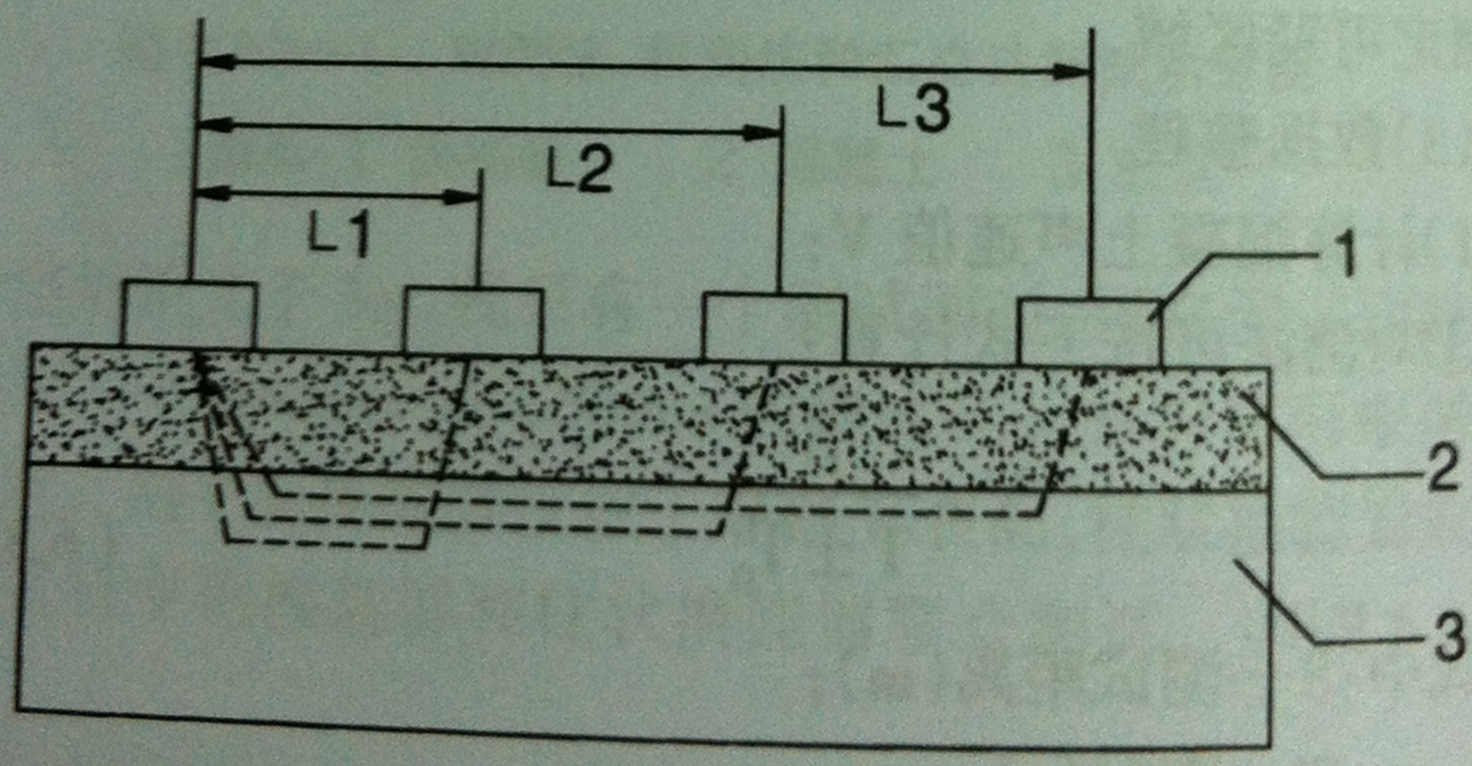


图 6.3.3—1 表面疏松层厚度测试示意图

图示：1 换能器 2 疏松层 3 混凝土

3)读取声时 T,按(6.3.1)式计算疏松层声速值,记为 V_1。

4)在密实区域的混凝土表层用同样的检测方法,测得声速值,记为 V_0。

5)按下式计算混凝土疏松层厚度 d_L:

$$d_L = \frac{L_a}{2}\sqrt{\frac{v_1 - v_0}{v_1 + v_0}}$$

式中:L_a —测距(m);

V_0 —密实区域内混凝土声速(m/s);

V_1 —疏松层声速值(m/s);

6.3.4 结合面质量的检测

(1)检测混凝土结合面质量前,应查明结合面位置、走向及表观质量,描绘于简图。

(2)测试方法应根据结合面的测试条件确定。

1)当结合面两侧均有测试面时(立面结合),可按下列方法测试:

①超声波测点应跨越结合面两侧布置,测点连线的夹角 α 相等。如图 6.3.4—1(a)所示:

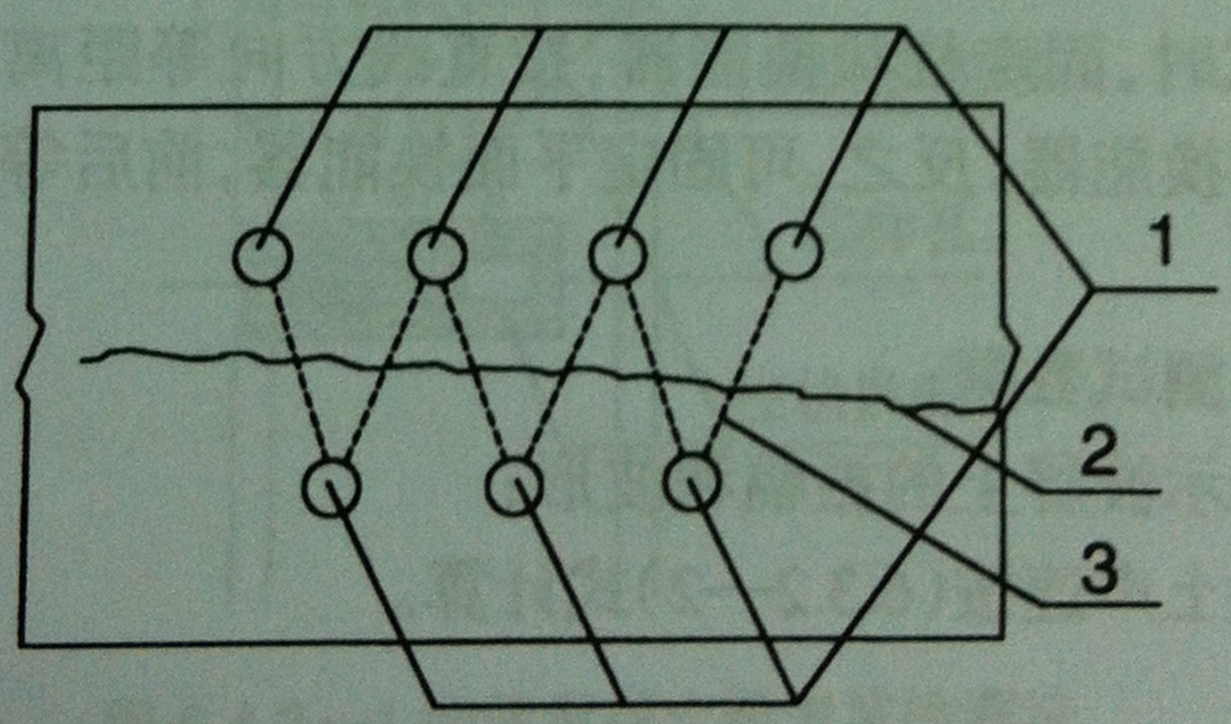


图 6.3.4—1(a) 斜测法示意图(结合面平面图)

图示:1 换能器 2 结合面 3 声通路

②布置超声波测点时，应避开与平行方向相一致的钢筋和预埋铁件。

③测点间的间距可根据结构或构件的尺寸而定，一般宜控制在100mm~250mm。

2）当结合面只具有一个测试面时（平面结合），可按下列方法测试。

①从结合面上钻取一个Φ50mm钻孔，其深度为构件厚度的2/3；

②在钻孔内置放一个柱状换能器。在结合面的上层平面上按放一个平面换能器进行测试，如图6.3.4—(b)所示：

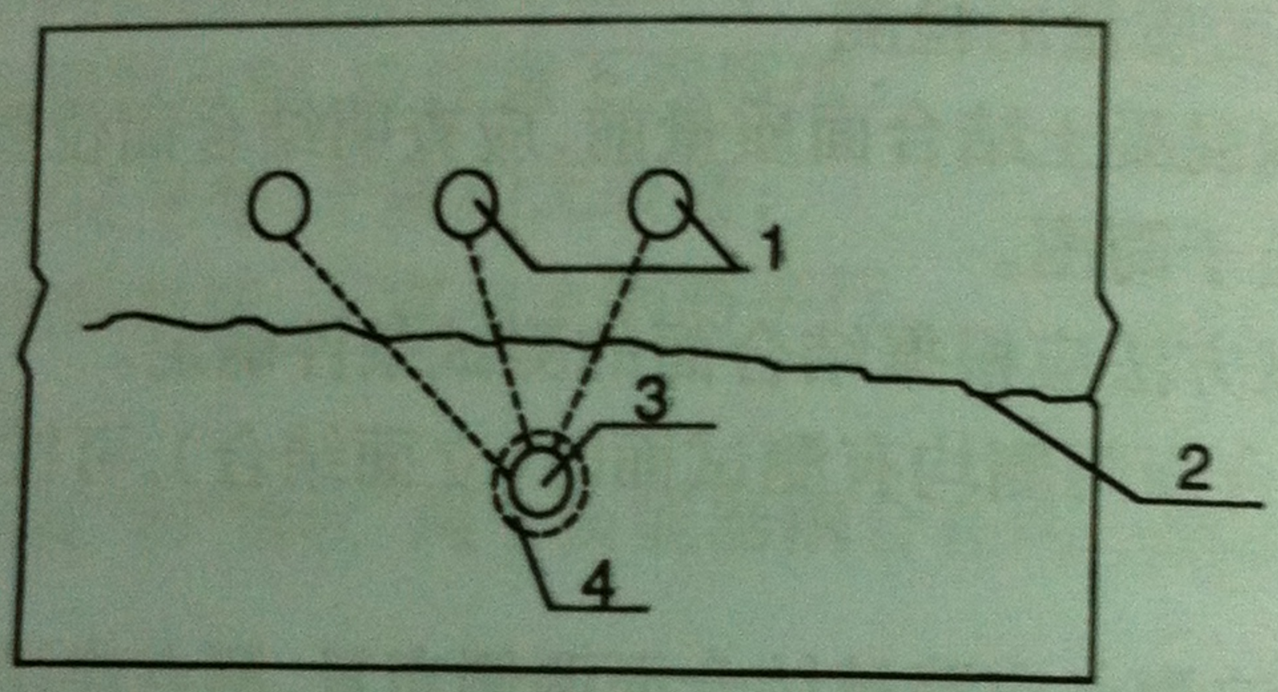


图6.3.4—2(b) 钻孔斜测法示意图（结合面立面图）

图示：1 平面换能器　2 结合面　3 柱状换能器　4 测试钻孔

③测试时，固定柱状换能器，按直线方向等距离（100mm）左右移动平面换能器。反之，可固定平面换能器，前后等距离移动柱状换能器。

④记录测试数据；

⑤描绘示波屏上的振幅和波形；

⑥混凝土声速按(6.3.2—2)式计算。

6.4 钢管混凝土质量的检测

6.4.1 检测钢管核心混凝土的质量宜采用小锤敲击、超声波法、取芯法和“超声取芯”相结合的测试方法。

6.4.2 检测步骤：

(1)小锤敲击法

1)可用小锤敲击包裹核心混凝土的钢管壁，用听觉分辨钢管与核心混凝土结合质量；

2)应将检测结果描绘于钢管混凝土展开图；

3)分析展开图的检测结果。

(2)超声波法

1)应根据小锤敲击法确定的可疑区域进行超声波法检测；

2)超声波法检测宜采用对测法、钻孔法和“超声取芯”相结合的测试方法，如图 6.4.2—1 所示：

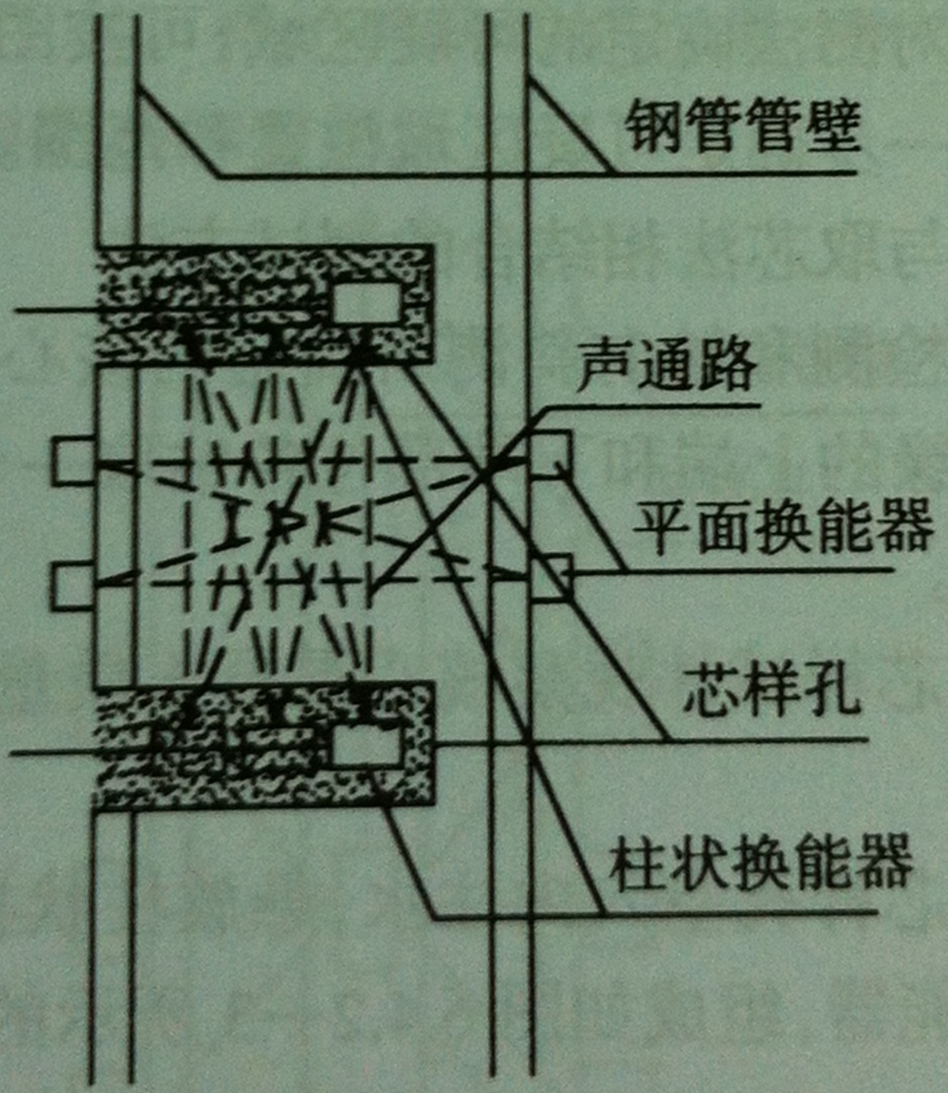


图 6.4.2—1 钢管混凝土超声波检测法

3)布置测点：测量钢管实际周长，再将钢管等分成四等份或八等份(见图 6.4.2—2 所示)：

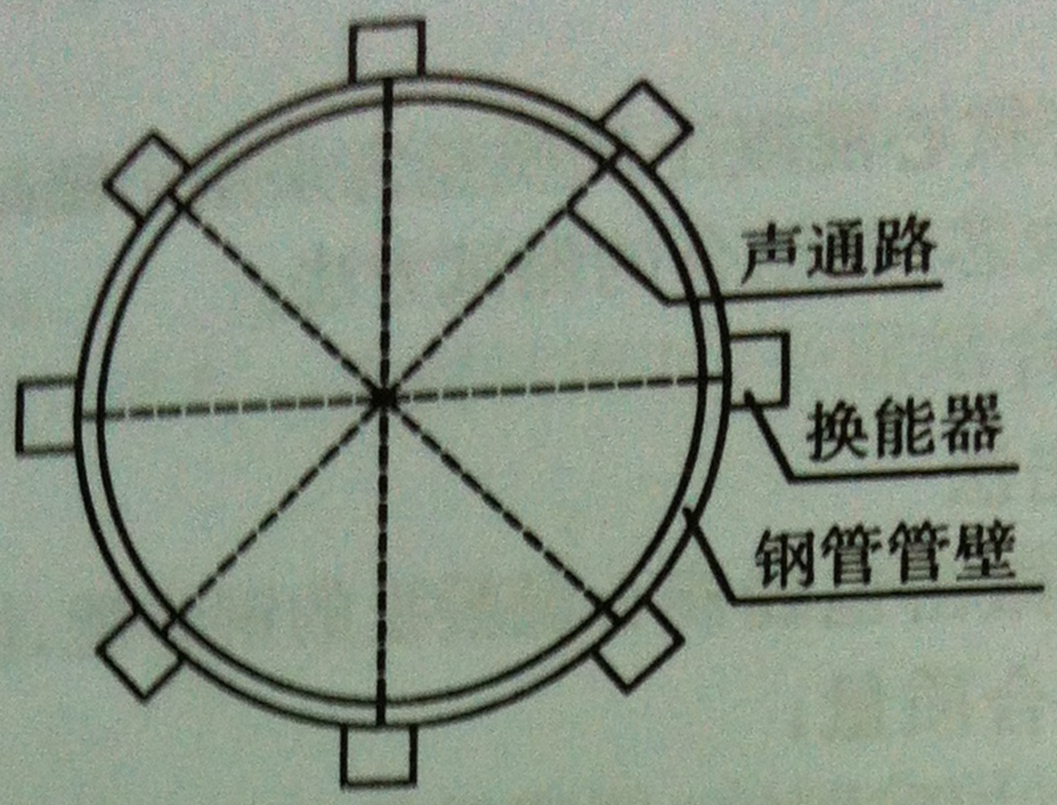


图 6.4.2—2　超声波法测点布置示意图

4)检测：

①检测时先作径向对测，在钢管壁每一等分点上安放一个“接收”换能器，通过圆心，与另一侧安放的“发射”换能器相对称，逐点对测，读取声时值、振幅和频率值，记录于测试表格。

②根据径向对测法确定的可疑区域，可按图 6.4.2—1 所示的斜向测试方法进一步确定可疑区域位置和范围。

③超声波法与取芯法相结合的测试方法

A 通过径向检测和轴向斜测所确定的核心混凝土缺陷可疑区域，可在其边缘的上端和下端部位各钻取一个Φ50mm 芯样试件进行验证试验。

A)从钻取的芯样试件观察核心混凝土质量和钢管的黏结质量；

B)在钻取的芯样孔空穴内注水，悬放柱状换能器，在钢管壁外侧安放平面换能器，组成如图 6.4.2—3 所示的斜测法和对测法进行检测：

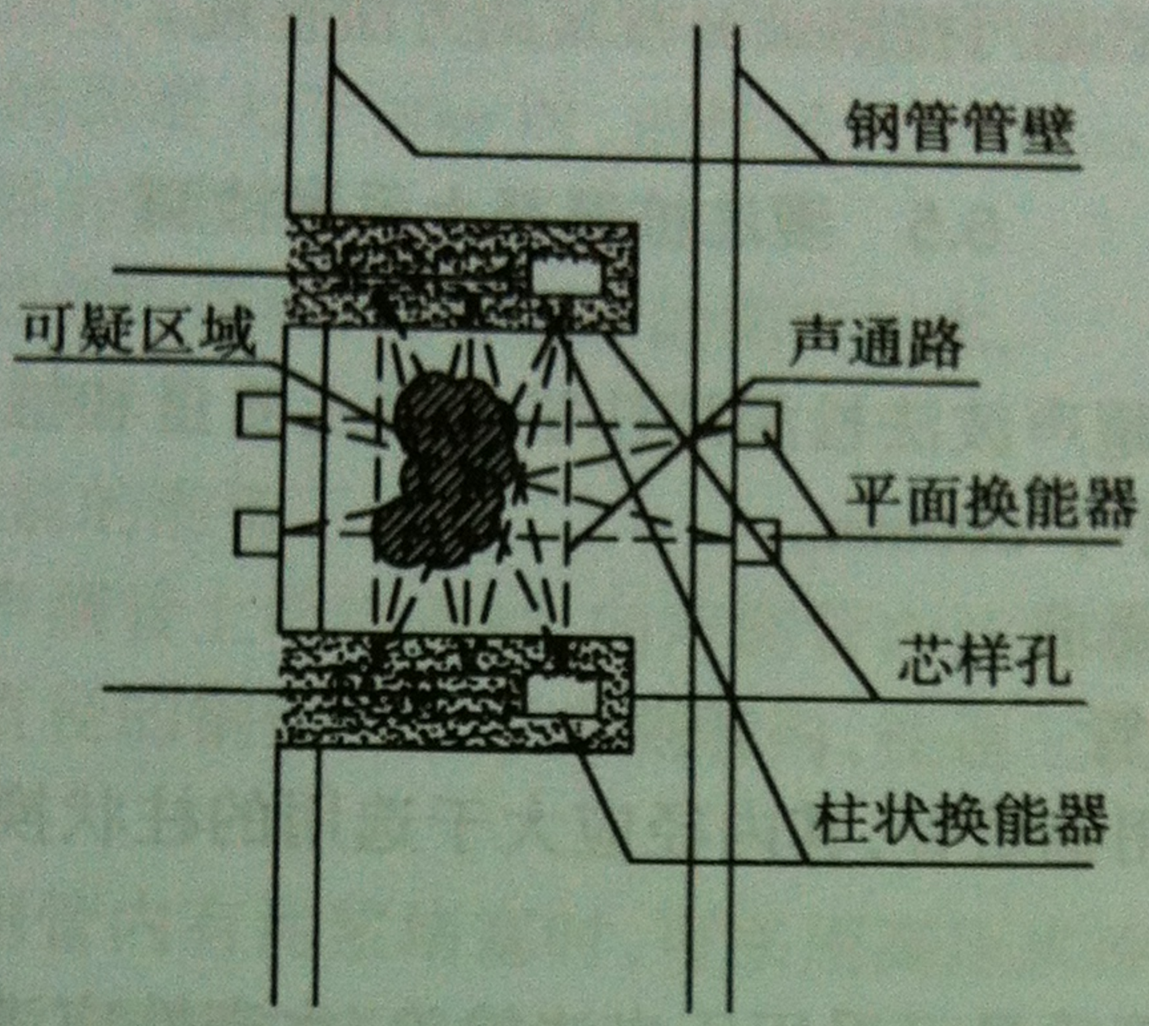


图 6.4.2—3　可疑区域测定法

B 当有条件时，可在核心混凝土的顶端中央，钻取一个Φ50mm 芯样试件一个，长度与柱的高度相同，将柱状换能器悬放于芯样空穴内，注水。将平面换能器安置于钢管壁，组成如图 6.4.2—4 所示的斜测法和对测法。

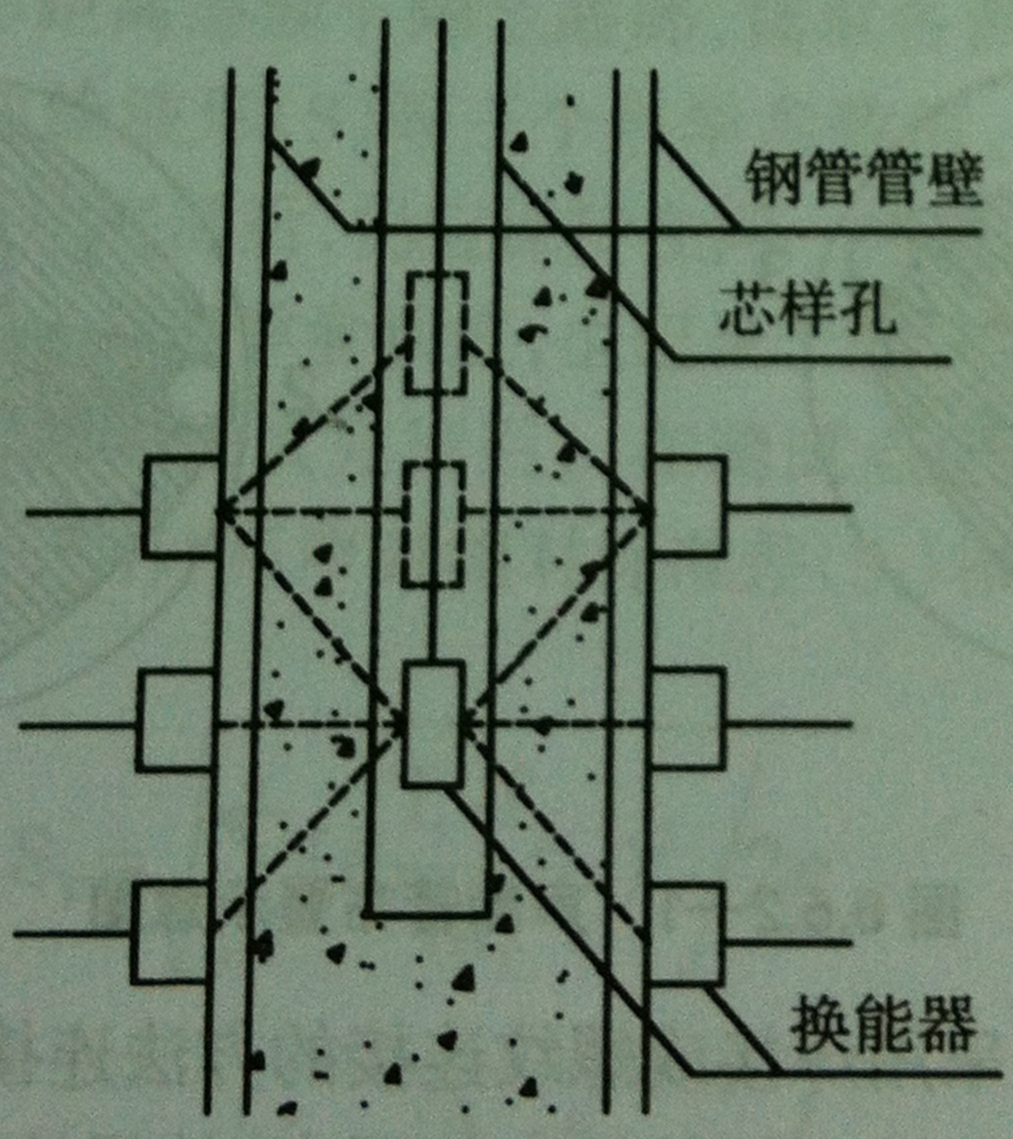


图 6.4.2—4　柱状换能器与平面换能器组成的对测和斜测法示意图

6.4.6 测试数据可按附录 B 规定的方法整理。

6.5 灌注桩混凝土质量检测

6.5.1 采用超声波法检测灌注桩混凝土质量和桩身的完整性，其直径不宜小于 600mm。

6.5.2 技术要求

(1)声测管

1)宜选用钢质管，其内径应大于选用的柱状换能器直径 1.5 倍。

2)声测管质量可采用压水法检验，水密性应满足 1.0MPa 水压下不漏水。

3)声测管的上端应加盖帽，末端应封闭。

(2)预埋声测管

1)桩径在 600mm~2000mm 时，应埋设 3 根声测管；桩径大于 2000mm 时，应埋设 4 根声测管。埋设位置如图 6.5.2—1 所示：

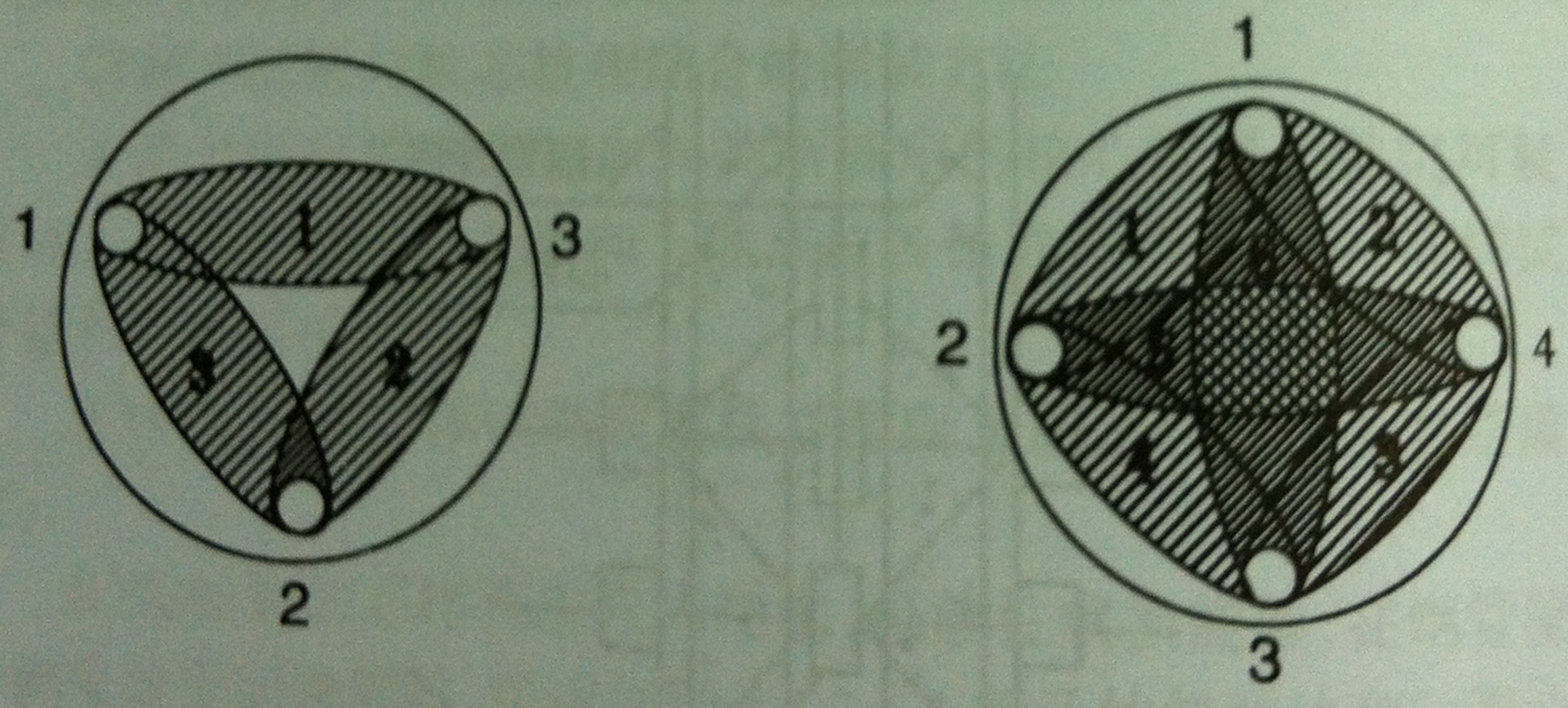


图 6.5.2—1 声测管布置示意图

2)声测管可采用焊接或螺纹连接的方法连接。

3)声测管应焊接在钢筋笼内侧固定，并保持平行。

3、换能器

1)换能器应采用柱状换能器,其频率宜在25KHz~50KHz。

2)当桩的深度大于30m时,或桩径大于1.5m时,可选用装有前置放大器的换能器。

3)换能器的电缆线,应有清晰的测距标志。

6.5.3 测试方法

(1)测试前的准备工作:

1)旋开声测管上端的盖帽,向声测管内注满清水,用一个与换能器相同直径的钢锥吊放于声测管内,往返三次,清除管壁上的杂质;

2)当声测管内有泥浆堵塞时,可采用高压水冲洗,或用抽真空的方法清除声测管内堵塞的泥浆;

3)悬放换能器时,应安装扶正器。

(2)测试

1)将两根声测管编为1组(见图6.5.2—1),分组进行测试;

2)根据两个换能器的按放位置,分为对测法和斜测法两种;

3)检测应将,“发射”和“接收”两个换能器放在声测管顶部的同一标高,按等距离逐渐下降至底部,读取各测点的声时值(t)、振幅值(A)并描绘波形(S)等三个声学参数值,记录于测试表格内。当换能器抵达底部后,仍应保持在同一标高,再逐渐上升至顶部,读取各测点三个声学参数值,也记录于测试表格内。

4)每组检测管测试完毕后,在测试点中随机抽取10%—20%,可按下式分别计算声时相对标准差(S_T)和振幅相对标准差(S_A):

$$S_T=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left[\left(\frac{T_i-T_{ji}}{m_T}\right)^2\right]\Big/2n} \qquad (6.5.3—1)$$

$$S_A=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left[\left(\frac{A_1-A_{ji}}{m_A}\right)^2\right]\Big/2n} \qquad (6.5.3—2)$$

式中：m_A、m_T—可按下式计算：

$$m_T=\frac{T_i+T_{ji}}{2} \qquad (6.5.3—2(a))$$

$$m_A=\frac{A_i+A_{ji}}{2} \qquad (6.5.3—2(b))$$

式中：A_i — 第 i 个测点的振幅值(m)；

A_{ji}— 第 J 次 i 个测点振幅值(m)；

T_i — 第 i 个测点声时值(s)；

T_{ji}— 第 J 次 i 个测点声时值(s)；

n — 测点数。

当测得的声时相对标准差大于 5%或振幅相对标准差大于 10%时，应查明原因，并进行复测。

6.5.4 在测试过程中若发现声时值异常或振幅值异常及波形异常时，应重复测量三次，证实测试无错误，应将该测点的数值记录于测试表格内，并绘于简图。

6.5.5 当确定为异常值的测点，应在其周围加密测点，测定其范围及性质。

6.6 混凝土裂缝检测

6.6.1 检测混凝土裂缝前应作下列工作：

（1）检查混凝土结构或构件可见裂缝周围的混凝土表观质量。

（2）审核原材料品质鉴定报告、混凝土配合比设计书、混凝土浇筑和养护记录等施工日志。

（3）检查裂缝内有无积水和异物。

（4）调查混凝土结构或构件的施工荷载、使用荷载和环境条

件(包括温度和湿度变化)。

(5)调查混凝土裂缝发现的时间及开裂过程中变化等有关资料。

(6)必要时应校核设计图纸和计算书。

(7)布置裂缝测区和测点:

1)每一条裂缝的测区不宜少于3个;

2)每一个测试区内的测点不宜少于6个。

6.6.2 检测

(1)裂缝宽度

1)塞尺测量:将塞尺插入裂缝缝隙内,读取塞尺上所标量值,即为裂缝宽度。

2)目测放大镜测量:将5倍或10倍目测放大镜跨裂缝置放,读取裂缝宽度值。

3)将探测裂缝宽度测量仪的传感器跨越裂缝,读取裂缝宽度值。

4)数据整理

①将同一条裂缝上测得的最大宽度值,即为裂缝宽度代表值。

②应将测得的裂缝宽度、长度及走向描绘于简图。

(2)裂缝深度

1)当可见裂缝仅有一个测试面时,且预估裂缝深度≤500mm时,可采用下列方法测试:

①将超声仪的"接收"和"发射"两个换能器置放于质量良好的混凝土表面(见图6.2.2—2(a)),以两个换能器边缘的间距为100mm、150mm、200mm、250mm…作等距离移动,读取声时值T_1、T_2、T_3、T_4…绘制声时值—换能器间距坐标图,如图6.6.2—1所示:

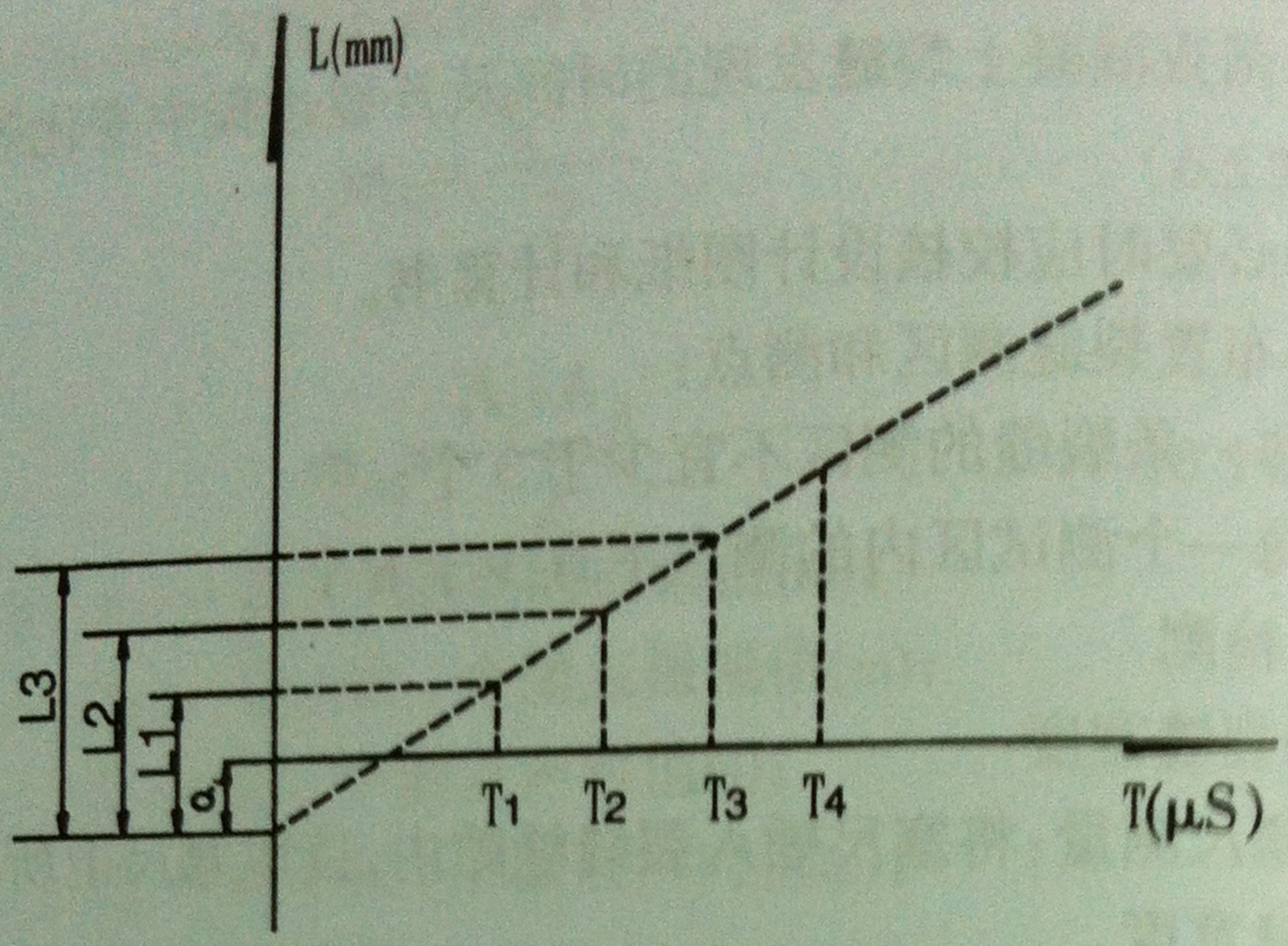


图 6.6.2—1　声时值—换能器间距坐标图

②根据声时值—换能器间距坐标图，建立一元直线方程：

$$T_i=bL_i-a \qquad (6.6.2-1)$$

式中：T_i—第 i 点的声时值(s)；

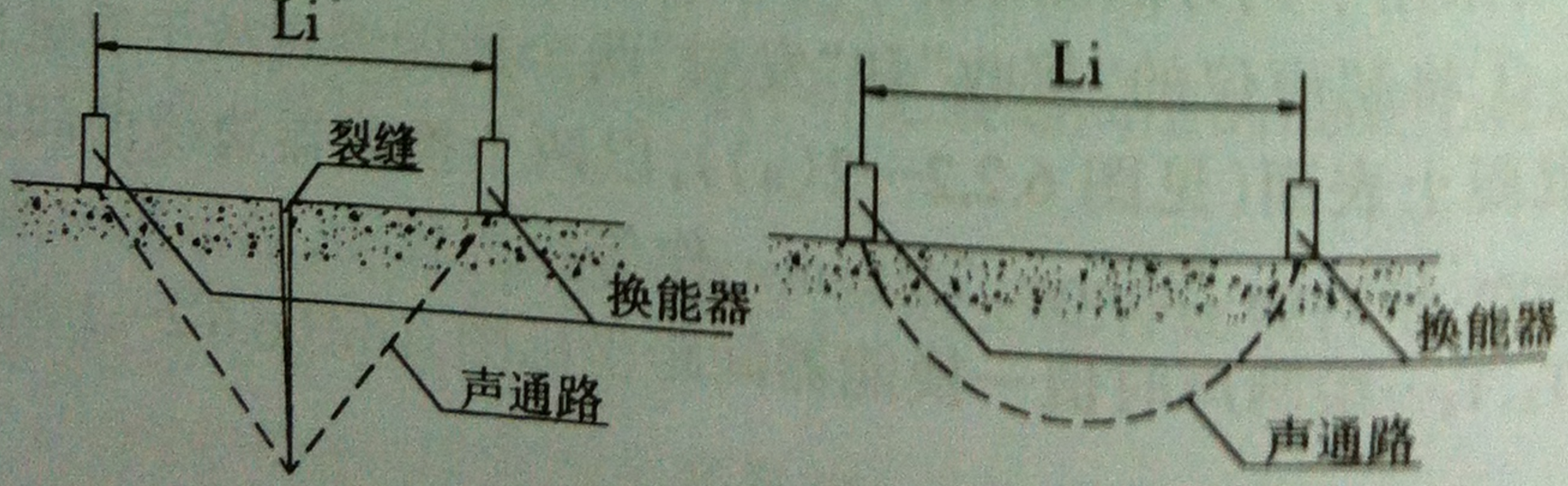
L_i—第 i 点的距离(m)；

a—截距；

b—回归系数。

此时测定的声时为质量良好混凝土的声时值，称为 T_i。

③将“接收”和“发射”两个换能器跨越于裂缝两侧，测距为 L_i，测定的声时称为有缝时混凝土声时值，称为 T_{di}。（见图 6.2.2—2(a)）



(a)有裂缝的声通路　　(b)无裂缝的声通路

6.2.2—2 裂缝深度检测示意图

裂缝深度 d_k 可按下式计算：

$$T_i=bL_i-a \qquad (6.6.2—2)$$

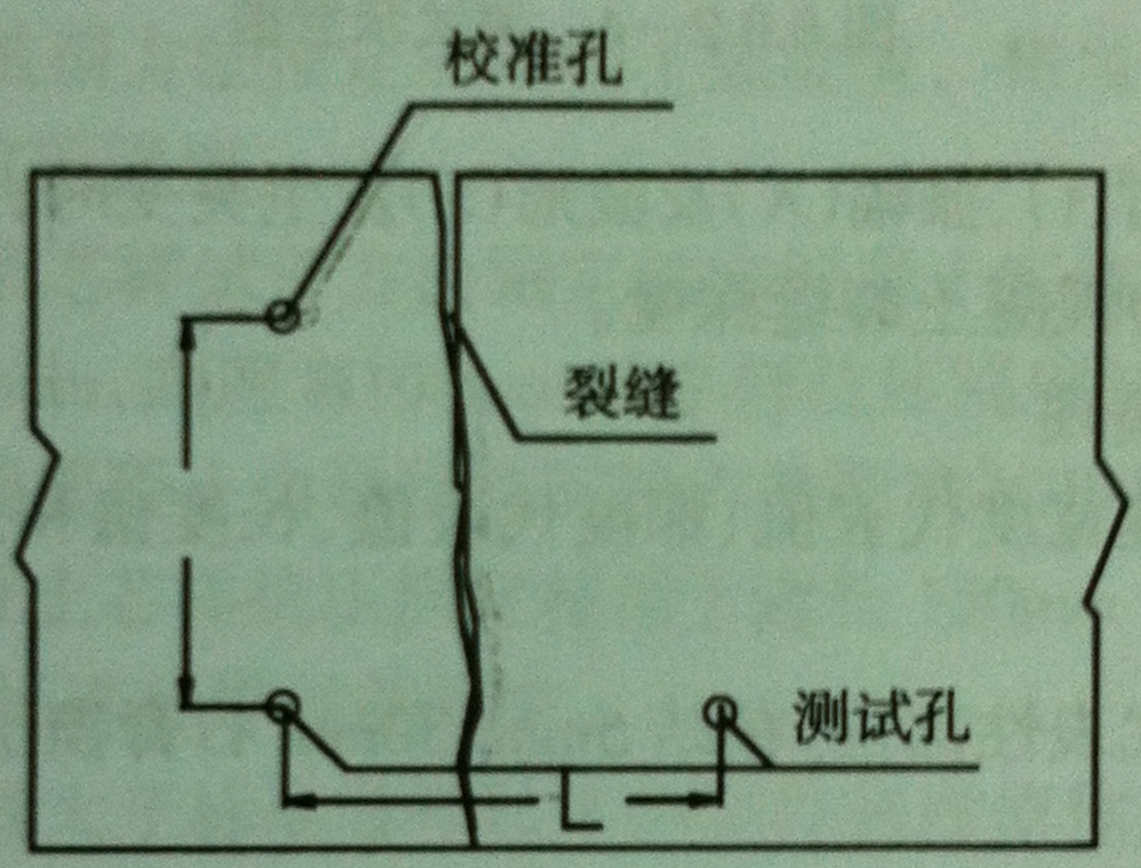
式中：L_i —跨裂缝的两个换能器的间距（m）；

T_{ik} —经裂缝底部折射后的声时值（s）；

T_i —无裂缝时两个换能器间距的声时值（s）。

2）当估算的裂缝深度>500mm 时，可采用超声波法和钻取芯样试件相结合的测试方法。

①垂直于裂缝走向的两侧各 500mm 处钻取芯样孔 1 个，作为测试孔；同时在裂缝一侧距测试孔 1m 处钻一校准孔，深度为 500mm 如图 6.6.2—3 所示：



6.6.2—3 测试孔校准孔位置示意图

②钻取的芯样孔径应为柱状换能器直径的 1.5 倍，孔内应保持清洁，不得混有泥浆等杂质。

③选用柱状换能器频率应为 20KHz~50KHz；换能器电缆线应标出距离标志，一般为 250mm~500mm。

④测试孔中应注满水。

⑤将“发射”和“接收”两个换能器分别悬放于两个测试孔中，以同一高程等距离从上至下同步移动，读取声时、振幅和换能器所处深度，如图 6.6.2—4 所示：

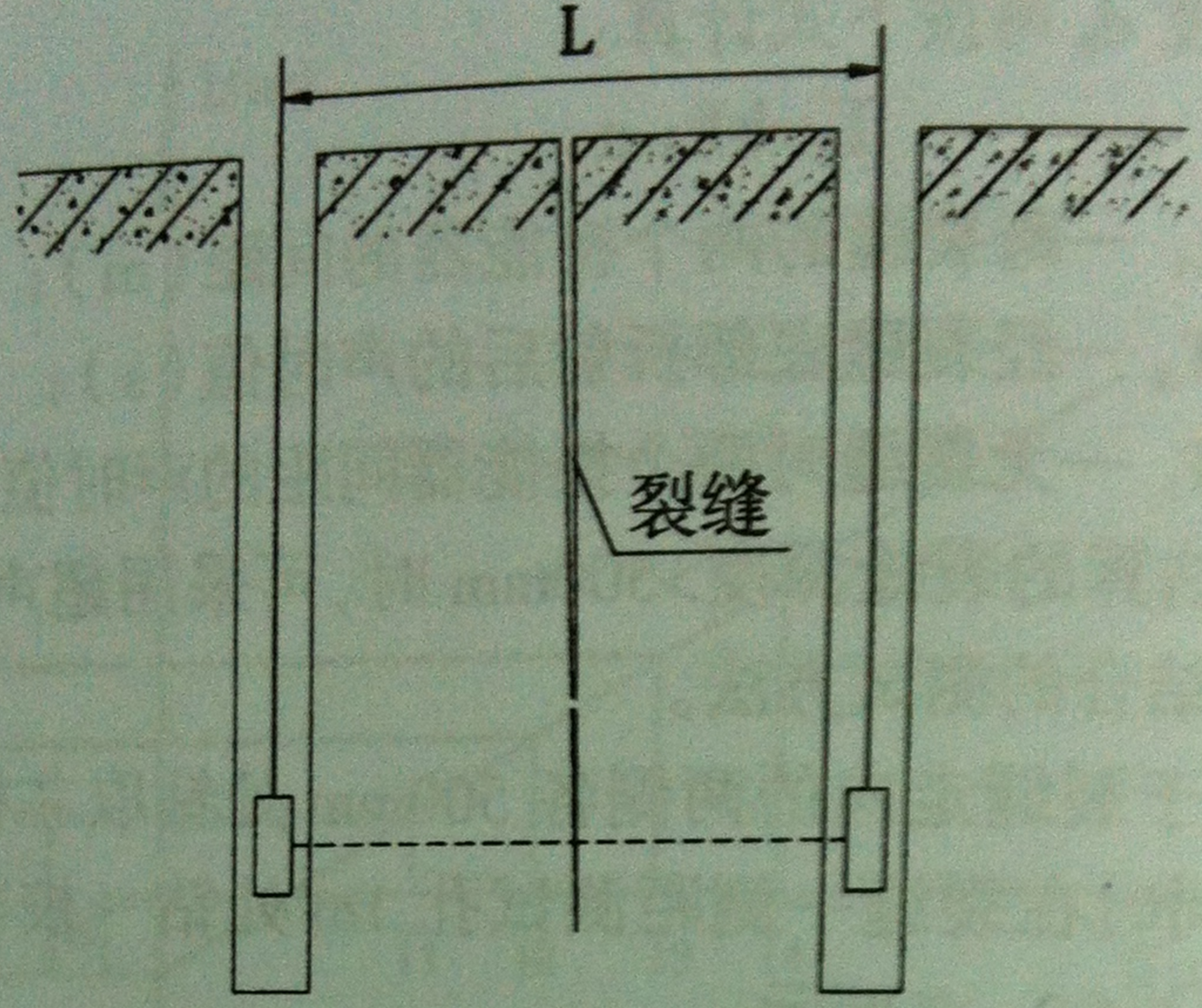


图 6.6.2—4　测试示意图

B)当声时(t)、振幅(A)及波形(S)发生突变时,换能器所处位置的距离即为混凝土裂缝深度。

6.6.3　数据整理

1、将裂缝宽度代表值、深度代表值、长度值和走向标于结构简图。

2、选取代表性部位,粘结 5mm×30mm 石膏楔子,观察裂缝的发展状态。

7 结构混凝土实体强度检测

7.1 一般规定

7.1.1 检测结构混凝土实体强度可采用回弹仪法、超声回弹综合法及其它非破损测试方法;或钻取芯样试件的微破损方法。

7.1.2 用回弹仪法和超声回弹综合法等非破损方法检测结构混凝土实体强度,应在试验室内按照附录 C 规定方法,建立混凝土强度相关关系式作为换算混凝土实体强度的依据。

7.1.3 用非破损方法推定的混凝土强度值,相当于边长 150mm 立方体试件抗压强度。

7.1.4 用钻取芯样试件方法测定结构混凝土实体强度,应制备成直径 Φ100mm,高度 H100mm 的芯样抗压强度试件,按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081 规定方法测定的混凝土芯样抗压强度相当于边长 150mm 立方体试件抗压强度,称为标准芯样试件强度。

7.1.5 小于或大于标准芯样尺寸的试件强度值称为非标准芯样强度值。

7.1.6 用非破损方法推定的混凝土强度,必要时用标准芯样试件强度进行修正。

7.2 回弹仪法检测混凝土实体强度

7.2.1 应根据回弹仪的冲击能量分为下列三种类型的混凝土回弹仪:

1、中型回弹仪:冲击能量为 2.207J,适用于检测强度等级为 C10~C45 普通混凝土。

2、高强度混凝土回弹仪：冲击能量为 9.8J，适用于检测混凝土强度等级为 C50~C80 的高强度混凝土。

3、重型混凝土回弹仪：冲击能量为 29.8J，适用于检测大体积混凝土和粗骨料粒径大于 50mm 的混凝土。

7.2.2 测定混凝土强度的回弹仪，应优先采用示值系统为指针式的直读式混凝土回弹仪；也可使用经鉴定认可的混凝土回弹仪。

7.2.3 混凝土回弹仪检测结构混凝土实体强度，不应用于表层与内部质量有明显差异的混凝土结构或构件。

7.2.4 应用混凝土回弹仪检测混凝土强度时，应按下列方法检查混凝土回弹仪的标准状态：

(1)检查混凝土回弹仪弹击拉簧处于自由状态时，弹击锤与弹击杆碰撞瞬间，弹击起跳点应位于指针刻度尺的“0”位置。

(2)进行率定值“R_N”测试，其结果应符合表 7.2.4—1 所示的标准：

率定值 R_N　　表 7.2.4—1

回弹仪型号	中型	高强度型	重型
率定值 R_N	80±2	80±1	63±1

(3)当混凝土回弹仪检验结果不符合标准状态时，不宜在工程中应用。

7.2.5 测区、测点应满足下列要求

(1) 测区数不应少于 3 个，相邻两测区的间距不宜大于 2.0m；

(2)测点应避开钢筋和铁制预埋件；

(3)当仅具有单面测试条件的混凝土结构或构件时，测区不宜小于边长 200mm 的正方形面积；当具有双面测试条件的混凝土结构或构件时，测区不宜小于边长 150mm 的正方形面积；

(4)测区表面应清洁、平整、干燥、不宜有饰面层、粉刷层、浮

浆、油垢、蜂窝和麻面等表观缺陷。

7.2.6　检测

（1）中型混凝土回弹仪应遵照国家现行行业标准：《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23（J115）规定的方法检测。

（2）应用高强度混凝土回弹仪和重型混凝土回弹仪检测混凝土结构和构件强度，其回弹值 R_N 可不进行碳化深度的修正。

7.2.7　混凝土结构或构件测区回弹值的平均值 m_R 换算成混凝土强度时，宜优先采用专用测强公式。当无专用测强公式时，可根据混凝土回弹仪类型，按通用强度公式进行换算：

1、中型混凝土回弹仪：

$$f_{cuR}=0.025m_R^{2.02} \qquad (7.2.7—1)$$

2、高强度混凝土回弹仪：

$$f_{cuR}=0.79e^{0.048R_N} \qquad (7.2.7—2)$$

3、重型混凝土回弹仪：

$$f_{cuR}=0.77e^{0.04R_N} \qquad (7.2.7—3)$$

7.2.8　根据混凝土测区回弹值平均值 mR 换算成的混凝土强度值 f_{cuR}，还应按下式推定结构混凝土实体强度值 f_{cuRe}：

$$f_{cuRe}=f_{cuR}(1-t\delta_c) \qquad (7.2.7—4)$$

式中：t —正态分布概率度。对于专用测强公式，t=0.5；对于通用强度换算公式，t=1.0；

δc—剩余变异系数。对于专用测强公式，δc 可自行求得；对于通用强度换算公式，取 δc=0.14。

7.3　超声回弹综合法测定结构混凝土实体强度

7.3.1　在混凝土均匀性的测试结果中，选择具有代表性的高声速区、中声速区和低声速区进行布置超声回弹法测区（简称测区）。

7.3.2 选择测区应符合下列要求：

(1)每一个构件不应少于3个测区；

(2)每一个测区应由一个矩形网格或正方形网格组成，网格边长150mm~200mm。

(3)每一个测区由4个超声波测点和16个回弹值测点组成。

7.3.3 测区声速平均值 m_v 和回弹平均值 m_R 两个参数的计算方法：

(1)超声波声速平均值 m_v 参数的计算：

$$m_v=\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}v_i \qquad (7.3.3-1)$$

式中 v_i—第 i 点的声速值(m/s)。

(2)回弹平均值 m_R 的计算按本章第7.2节规定方法计算。

7.3.4 超声回弹综合法不宜用于遭受冻害、化学腐蚀、损伤层、埋有块石的混凝土及被超声波法测试判为均匀性不合格的混凝土。

7.3.5 检测

(1)超声回弹综合法检测用的超声波检测仪应按本规程第六章规定的方法调试至标准状态；

(2)超声回弹综合法检测用的混凝土回弹仪应按本规程第七章规定的方法调试至标准状态；

(3)混凝土声速的测试按第六章规定的方法进行；

(4)混凝土回弹值的测试按第七章规定的方法进行。

7.3.6 将声速平均值 m_v 和混凝土回弹值 m_R 两个参数值换算成测区混凝土强度时，应优先采用专用混凝土强度公式。当无专用混凝土强度公式时，可按下列通用混凝土强度公式换算：

(1)中型混凝土回弹仪：

$$f_{cu\,(VR)}=0.008m_v^{1.72}m_R^{1.57} \quad (7.3.6\text{—}1)$$

(2)高强度混凝土回弹仪：

$$f_{cu\,(VR)}=0.033m_v^{0.27}m_R^{0.88} \quad (7.3.6\text{—}2)$$

(3)重型混凝土回弹仪：

$$f_{cu\,(VR)}=0.022m_v^{1.99}m_R^{1.19} \quad (7.3.6\text{—}3)$$

7.3.7 当测区混凝土强度值确定后，还应按下式推定混凝土强度值 $f_{cu(VR)e}$：

$$f_{cu\,(VR)\,e}=f_{cu\,(VR)}(1-t\delta_c) \quad (7.3.7\text{—}1)$$

式中：t —正态分布概率度。对于专用强度公式，取 t=0.5；对于通用强度公式，取 t=1.0；

δc—剩余变异系数，对于专用强度公式，可自行求得；对于通用强度公式，取 δc=0.14。

7.4 钻取芯样试件法测定结构混凝土实体强度

7.4.1 一般规定

(1)取芯机

1)宜采用轻便型取芯机；

2)主轴空载转速具有 850r/min 和 480r/min 两挡，径向跳动不宜大于 0.1mm；

3)具有水冷却系统，水压保持在 0.01MPa。

(2)钻头

1)宜选用人造金刚石薄壁钻头；

2)钻头胎体不得有肉眼可见裂缝、少角、缺边、倾斜和喇叭口变形等缺陷。

3)切口宽度可控制在 2.0mm~4.0mm。

4)钻头对胎体的同心度偏差不得大于 0.3mm，钻头的径向跳

动不宜大于 1.5mm。

5)钻取芯样试件的钻头,其直径不宜小于粗骨料最大粒径的2倍。

(3)切割机

1)宜选用手动或自动式岩石切割机;

2)线速度可控制在 0.7~0.8r/min.

3)进刀速度可控制在 8~12r/min。

4)水冷却系统,水压可保持在 0.01MPa。

(4)芯样试件端面磨平机,处理芯样试件端面平整。

(5)钢筋位置及保护层厚度测试仪(磁感应仪),探测钢筋间距误差不应大于 3mm。

7.4.2 检测

(1)用钢筋保护层测试仪测定的钢筋间距,应标于混凝土结构或构件表面。

(2)芯样应在钢筋保护层测试仪确定的钢筋间距中钻取。

(3)对于校核非破损检测所推定的混凝土抗压强度时,应在其推定的混凝土强度平均值邻近测区内钻取。

7.4.3 混凝土芯样抗压强度试件

(1)钻取的芯样试件,应按表 7.4.3—1 规定的直径和数量制备试件;

芯样试件数量　　表 7.4.3-1

芯样直径(mm)	100	70	55
数量(个)	1	3	5

(2)制备芯样抗压强度试件的高度宜与芯样直径相等。当高度小于或大于试件直径时,应对其强度结果进行修正。

(3)抗压强度试件的测量:

1)直径:用游标卡尺测量芯样试件的中部、顶面和底面两个

相互垂直的直径，计算其算术平均值，精确至 1.0mm；

2)高度：用钢板尺测量试件顶面相互垂直的两个直径端部至底面的高度，计算其算术平均值，精确至 1.0mm；

3)垂直度：用游标量角器测量两个端面与母线的夹角，精确至 0.1°；

4)平整度：用钢板尺或角尺紧贴在试件端面，用塞尺测量与试件端面的间隙，精确至 1.0mm。

(4)抗压强度试件上下两个端面的修整

1)芯样抗压强度试件上下两个端面宜用高强砂浆、硫磺砂浆或 107 胶水泥浆进行修整，厚度不宜超过 1.5mm；

2）修整完毕的芯样试件移至标准养护室内养护 24 小时，再移放至 20°C±3°C 的水中养护 48 小时，取出作抗压强度试验。

(5)抗压强度试验

1）按现行国家标准：《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081 规定的方法测定芯样试件的抗压强度。

2)芯样试件抗压强度测试值应按下式计算：

$$f_{cur}=1.273\frac{N}{\phi^2}\times\eta_A\times\eta_K \qquad (7.4.3\text{—}1)$$

式中：f_{cur} —芯样混凝土抗压强度测试值(MPa)；

N —极限荷载(N)；

ϕ —芯样直径(mm)；

η_A —不同高径比芯样试件强度换算系数，可按表 7.4.3—2 中选取。

η_A 值　　表 7.4.3-2

高径比	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
η_A	0.90	0.95	1.00	1.04	1.07

η_K —修正系数。小芯样试件强度换算成标准芯样试件强度的修正系数，η_K=1.12；大于标准芯样试件强度不予修正。

(6)芯样试件强度代表值的计算：

1)当采用1个芯样抗压强度试件时，其测试值即为抗压强度代表值。

2)当采用3个芯样抗压强度试件时，应按下列方法确定芯样试件强度代表值。

①以3个芯样抗压强度试件测试值的算术平均值作为芯样强度代表值；

②当3个芯样抗压强度试件测试值中出现最大值或最小值与中间值相差超过15%时，取中间值为芯样强度代表值；

③当3个芯样抗压强度试件的测试值中，出现的最大值和最小值与中间值相差均超过15%时，该钻取的芯样试件强度无代表值。

3)当采用5个芯样抗压强度试件时，其抗压强度代表值按下列步骤确定：

①剔除5个芯样抗压强度试件中的最小值或最大值，可按下式计算剩余芯样抗压试件强度平均值：

$$m_{f_{cu_o}}=\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{n}f_{cui}\ (i=1,2,3,4) \qquad (7.4.3\text{—}2)$$

②计算t值

$$t=\frac{m_{f_{cu_o}}-f_{cumin}}{\frac{m_{f_{cu_o}}\times 6}{100}\sqrt{1+\frac{1}{n_o-1}}} \qquad (7.4.3\text{—}3)$$

式中：$m_{f_{cu_o}}$—剔除最小值或最大值后剩余芯样的强度平均值(MPa)；

f_{cumin}—芯样试件强度最小值(MPa)；

n_o—剩余芯样数。

③芯样试件抗压强度代表值的确定：

A当$t\leqslant 2.4$时，以原5个芯样试件强度的算术平均值为强度代表值；

B 当 t>2.4 时，对剩余 4 个芯样强度值再按 7.4.3—2 式进行计算。若检验结果 t≤2.9 时，则以 4 个芯样试件强度的算术平均值为强度代表值；

C 当 t>2.9 时，则该芯样无强度代表值。

4）当判定芯样强度无代表值时，应在原结构或构件再钻取芯样试件进行抗压强度试验。

7.4.4 标准芯样试件强度代表值应按下式换算成标准混凝土试件强度 f_{cue}

$$f_{cue}=f_{cur}/k_o \qquad (7.4.4—1)$$

式中：f_{cur} —混凝土芯样试件抗压强度测试值(MPa)。

k_o —换算系数按表 7.4.4—1 选取：

k_o 值　　表 7.4.4—1

强度等级	≤C20	C25～C30	C35～C45	C50～C60
k_o	0.82	0.85	0.88	0.90

8 结构混凝土实体质量评估

8.1 混凝土拌合物质量评估

8.1.1 测定现场混凝土拌合物质量应采用混凝土稠度试验和混凝土试件试验等测试方法。

8.1.2 混凝土稠度试验中的混凝土坍落度等级和允许偏差应按现行国家标准:《混凝土质量控制标准》GB50164 规定的控制标准控制。如表 8.1.2 所示:

混凝土坍落度等级的划分和控制标准　　表 8.1.2

级别	名称	坍落度（mm）	
		设计值	允许偏差
T1	低塑性混凝土	10～40	±10
T2	塑性混凝土	50～90	±20
T3	流动性混凝土	100～150	±30
T4	大流动性混凝土	≥160	±40

8.1.3 当采用泵送混凝土施工时，应采用流动性混凝土和大流动性混凝土。

(1)当采用流动性混凝土作为泵送混凝土时,其拌合物的坍落度值应按表 8.1.2 所示的标准控制。

(2)当采用大流动性混凝土作为泵送混凝土时,应作扩展度试验和坍落度试验,并按表 8.1.3 所示标准控制:

大流动性混凝土拌合物的流动性标准　　表 8.1.3

坍落度（mm）	扩展度（mm）	扩展度/坍落度
160～200	240～525	1.5～2.5
201～240	525～600	2.5～2.7

8.1.4　当搅拌运输车至浇筑现场时，应测定混凝土拌合物的稠度：

(1)当出现的坍落度值，不符合表 8.1.2 中的规定或坍落度值与扩展度值的比值均大于表 8.1.3 所示控制值，且离析，可“拒收”。

(2)当出现的坍落度值，不符合表 8.1.2 中的规定或坍落度与扩展度比值均小于表 8.1.3 所示控制值，并经研究分析是受“经时”损失影响，可采用同混凝土配合比的外加剂调整至泵送混凝土的技术要求。

8.1.5　混凝土留置试件的强度，应按现行国家标准：《混凝土强度检验评定标准》GBJ107—87 的规定进行评定。

(1)按非数理统计方法评定混凝土强度时，其试件强度组数不应少于 3 组，且能同时满足下列两式要求：

$$M_{fcu} \geqslant 1.15 f_{cu \cdot k} \qquad (8.1.5\text{—}1a)$$

$$f_{cu \cdot min} \geqslant 0.95 f_{cu \cdot k} \qquad (8.1.5\text{—}1b)$$

式中：f_{cu} —混凝土立方体试件抗压强度平均值(MPa)；

$f_{cu.k}$ —混凝土立方体抗压强度标准值(MPa)；

$f_{cu.min}$ —同一检测批混凝土立方体试件强度最小值(MPa)。

(2)按数理统计方法判定混凝土试件强度时，其试件强度组数不应少于 10 组，应能同时满足下列两式要求：

$$m_{fcu} - \lambda_1 s_{fcu} \geqslant 0.9 f_{cu \cdot k} \qquad (8.1.5\text{—}2a)$$

(8.1.5—2b)

$$f_{cu,min} \geqslant \lambda_2 f_{cu,k}$$

式中：$m_{f_{cu}}$——混凝土立方体试件强度平均值(MPa)；

$s_{f_{cu}}$——同一检测批混凝土立方体试件抗压强度的标准差(MPa)。当 $s_{f_{cu}}$ 的计算值小于 $0.06f_{cu,k}$ 时，取 $s_{f_{cu}}=0.06f_{cu,k}$。

λ_1、λ_2——合格判定系数，按表 8.2.6—1 取值：

混凝土合格判定系数　　表 8.1.5-1

试件组数	10～14	15～24	≥25
λ_1	1.70	1.65	1.60
λ_2	0.90	0.85	

8.2　混凝土表观质量评估

8.2.1　混凝土结构或构件的表观质量应由建设、监理、施工和检测等单位等共同检查，并按现行国家标准：《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 规定的表 8.2.1 标准进行评定。

混凝土结构或构件表观质量缺陷评定表

表 8.2.1

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	构件内钢筋未被混凝土包裹而外露	纵向受力钢筋有露筋	其它钢筋有少量露筋
蜂窝	混凝土表面缺少水泥浆而形成石子外露	构件主要受力部位有蜂窝	其它部位有少量蜂窝
孔洞	混凝土中孔穴深度和长度均超过保护层厚度	构件主要受力部位有空洞	其它部位有少量孔洞
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	构件主要受力部位有夹渣	其它部位有少量夹渣
疏松	混凝土中局部不密实	构件主要受力部位有疏松	其它部位有少量疏松
裂缝	缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	构件主要受力部位有 影响结构性能或使用功能的裂缝	其它部位有少量不影响结构性能或使用功能的裂缝
连接部位缺陷	构件连接处混凝土缺陷及连接钢筋、连接件松动	连接部位有影响结构传力性能缺陷	连接部位有基本不影响结构构件传力性能的缺陷
外形缺陷	缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平、飞边凸肋等	清水混凝土构件有影响使用功能或装饰效果的外观缺陷	其它混凝土构件有不影响使用功能的外形缺陷
外表缺陷	构件表面麻面、掉皮、起砂、沾污等	具有重要装饰效果的清水混凝土构件有外表缺陷	表面混凝土构件有不影响使用功能的外表缺陷

8.2.2 对已确认为严重缺陷的混凝土结构或构件，当对其缺陷进行处理后，应重新组织验收。

8.3 混凝土内部质量评估

8.3.1 用超声波法检测混凝土结构或构件的内部质量，可按下列步骤进行判定：

(1)混凝土均匀性

1)按附录 B 所示的方法计算混凝土结构或构件的混凝土声速平均值 m_v、标准差 s_v 和变异系数 δ_v 三个统计特征值参数。

2）当混凝土声速平均值 m_v 和变异系数 δ_v 两个参数值应能

同时满足下列两式要求时，可判定混凝土均匀性合格，反之则判定为不合格：

$$m_v \geqslant 3500(m/s) \tag{8.3.1—1}$$

$$\delta_v \geqslant 5.0\% \tag{8.3.1—2}$$

(2)混凝土内部质量缺陷鉴别

1)从混凝土结构或构件上测定的声速最小值 v_{min}，可按下列方法鉴别混凝土内部质量缺陷的可疑点和警告点。

①按下式鉴别混凝土内部质量缺陷可疑点：

$$v_{min} \leqslant m_v - \eta_1 s_v \tag{8.3.1—3}$$

②按下式鉴别混凝土内部质量缺陷警告点：

$$v_{min} \leqslant m_v - \eta_2 s_v \tag{8.3.1—4}$$

式中：v_{min} — 超声波在混凝土结构或构件中声速最小值(m/s)；

η_1、η_2 — 修正系数，可在表 8.3.1 查得：

η_1、η_2 值　　表 8.3.1

测点(个)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
η_1	1.28	1.64	1.83	1.96	2.05	2.13	2.19	2.24	2.29	2.32
η_2	2.18	2.56	2.74	2.87	2.96	3.00	3.04	3.09	3.13	3.17

2)对判定为可疑值和警告值的测点，应分析原因，按测点编号描绘于简图中，记录于测试表格。

(3)可疑范围的确定

1)当可疑测点是孤立点时，应在其附近周围加补测点，确定缺陷区域；

2)当相邻测点均为可疑点时，将其连接成平面几何面积，即为缺陷区域；

3）单个测点是警告点时，则可判定该测点混凝土内部有缺

陷。

(4)缺陷性质的判定：

1)将测试的数值描绘于简图，分析形成低声速区域的原因可初步推断为混凝土不密实区域，如图 8.3.1 所示：

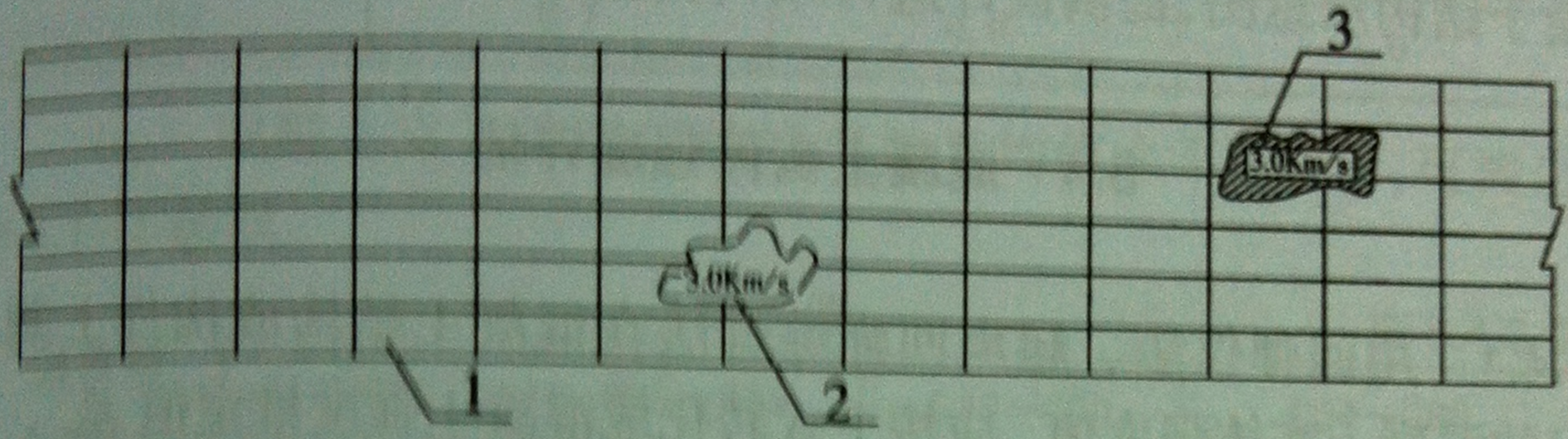


图 8.3.1　不密实区域的范围和空洞的位置

1 混凝土　2 空洞　3 不密实区域

2)将缺陷区域测得的数据按下式估算混凝土空洞直径 D：

$$D=\frac{L_0}{2}\sqrt{\left(\frac{T_{max}}{m_T}\right)^2-1} \qquad (8.3.1\text{—}5)$$

式中：L_0 —测距(m)；

T_{max}—声时最大值(s)；

m_T —声时平均值(s)。

3)用平测法测定的混凝土可疑区域，可按下式计算混凝土损伤层厚度 d_L：

$$d_L=\frac{L_a}{2}\sqrt{\frac{v_1-v_0}{v_1+v_0}} \qquad (8.3.1\text{—}6)$$

式中：L_a — 测距(cm)；

V_1 — 无损伤层混凝土测点声速(m/s)；

V_0 — 有损伤层混凝土测点声速(m/s)。

4)必要时可钻取芯样试件验证。

8.3.2 当混凝土结构或构件上出现可见裂缝时，应按下列步骤进行判定：

(1)根据设计图纸绘制混凝土结构或构件的示意图；

(2)将测定的每一条可见裂缝应标明其宽度、深度和走向，描绘于结构示意图，提供设计进行结构安全性验算。

8.4 混凝土实体强度评估

8.4.1 用回弹仪法、超声回弹综合法在混凝土结构或构件上测定的混凝土实体强度值，应按下式转化成混凝土强度推定值 f_{cue}，

$$f_{cue}=f_{cu(N)}(1-t\delta_C) \qquad (8.4.1—1)$$

式中：$f_{cu(N)}$—回弹仪法、超声回弹综合法等非破损检测方法测定的混凝土强度值(MPa)；

t —概率密度，对专用混凝土强度相关关系式 t=0.5；对通用混凝土强度相关关系式 t=0.1；

δ_C —剩余变异系数，对专用混凝土强度相关关系式，可自行求得；对通用混凝土强度相关关系式 δ_C=0.14。

8.4.2 混凝土强度判定：

(1)检测批判定：当测区数 n≥5 时，应能同时满足下列两式时，可判为初步合格，反之可判为初步不合格。

$$m_{f_{cue}}-S_{f_{cue}} \geqslant f_{cu\cdot k} \qquad (8.4.2—1)$$

$$f_{cuemin} \geqslant f_{cu\cdot k}-\eta_c(\sigma_0) \qquad (8.4.2—2)$$

式中：$m_{f_{cue}}$—同一检测批测区强度平均值(MPa)；

$S_{f_{cue}}$ —同一检测批测区强度标准差(MPa)；

f_{cuk} —混凝土立方体抗压强度标准值(MPa)；

f_{cuemin} —混凝土立方体抗压强度最小值(MPa)；

η_c —系数，按表 8.4.2—1 选取：

η_c 值　　表 8.4.2-1

测区数量（个）	5～9	10～19	≥20
η_c	0.7	0.9	1.0

σ_0 - 混凝土立方体强度的标准差平均值水平(MPa)，可按表 8.4.1-2 选取。

σ_0 值　　表 8.4.2-2

强度等级	≤C20	C25～C35	C35～C50	C50～C80
(σ_0)(MPa)	3.5	4.5	5.5	6.0

2)单个构件判定：当构件内的测区数：n=3~4 个时，应能同时满足下列两式，可判为合格，反之则判为不合格。

$$m_{f_{cuc}} \geqslant f_{cu\cdot k} + \eta_D \qquad (8.4.2—3)$$

$$f_{cucmin} \geqslant f_{cu\cdot k} - 0.5\eta_D \qquad (8.4.2—4)$$

式中：η_D— 系数，取值与表 8.4.2—2 值相同。

(2)混凝土强度合格判定复验规定：

1)当混凝土强度初步判定为不合格时，可用取芯法修正后进行复验。

2）芯样抗压强度试件的位置应在非破损方法推定的测区强度平均值的邻近测区内，其数量不宜少于 5 个。

3)芯样试件应按本规程 7.4.4 条规定的方法换算成标准立方体试件强度值。

4)芯样校核步骤：

①应按下式计算校核系数：

$$\psi=\frac{m_{f_{cuve}}}{m_{f_{cue}}} \qquad (8.4.2—5)$$

式中：ψ —校核系数；

f_{cuve} —非破损测区强度平均值(MPa)；

f_{cue} —芯样试件标准强度平均值(MPa)。

②根据校核系数逐个修正非破损方法推定的测区强度推定值：

$$f_{cuc}=f_{cu(N)i}\times\psi \qquad (8.4.2—6)$$

式中：f_{cuc} —混凝土强度推定值(MPa)；

$f_{cu(N)i}$ —第 i 个用非破损方法推定的测区强度值(MPa)；

ψ —校核系数。

③应以修正后推定的测区强度值作为检测批和单个构件的强度代表值进行混凝土强度合格判定。

④当复验的样本仍出现不合格时，应在剩余的混凝土结构或构件中，再抽取 30%组成新的样本，进行混凝土强度再复验合格判定。

⑤当再复验的结果中仍出现不合格时，应检测剩余的全部结构或构件，按单个构件逐个判定。

8.5 检测报告

8.5.1 检测报告应按 3.6 节规定的内容编写。

8.5.2 编写的检测报告应向建设单位(监理)、设计单位和施工单位征求意见，必要时可组织有关专家评审。

附录A 超声波检测仪器的校验和维护

A.1 校 验

A.1.1 操作人员应熟悉仪器使用说明书，了解其操作方法。

(1)电源电压是否符合仪器要求；

(2)“接收”和“发射”二个换能器的电缆线高频插头与仪器连接的标志有无错误；

(3)电源开关是否位于“关”的位置。

A.1.3 仪器应按下列步骤进行调试：

(1)接通电源，仪器预热 10min；

(2)调节“辉度”、“聚焦”和“扫延”等旋钮，使示波屏上扫描基线清晰稳定；

(3)调节基线上下和左右等旋钮，将基线移至适于观察位置；

(4)缓慢调节“扫延”旋钮，或“游标”脉冲，显示的数字应符合十进制。

A.1.4 校验仪器标准状态：

(1)将常用的平面振动换能器连接于超声波检测仪，换能器悬挂于如图 A.1.4 所示的校验装置；

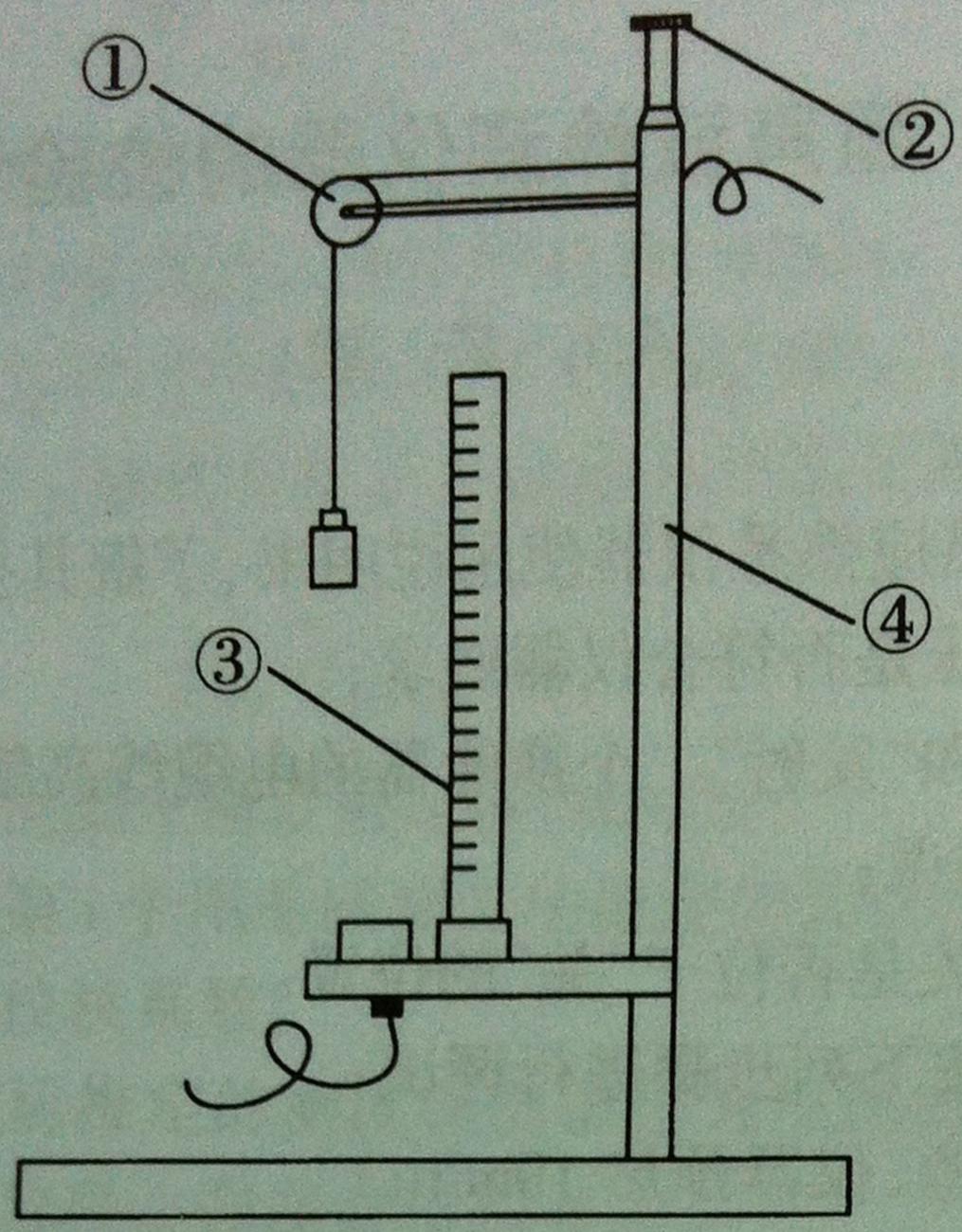


图 A.1.4 超声仪检验

①定滑轮 ②螺栓 ③刻度尺 ④支架

(2)将二个换能器的辅射面相互对准,轻拉上挂于定滑轮中的电缆线,使其间距为 25cm、50cm、100cm、150cm、……,读取相应声时值 T_1、T_2、T_3、T_4、……。同时测量空气温度 T;

(3)按下式计算空气声速测量值:

$$V_c = \frac{L}{T_c} \tag{A.1.4-1}$$

式中:Vc ——空气声速测量值(m/s);

L ——测距(cm);

Tc ——声时(s)。

(4)按下式计算空气声速计算值 Vo:

$$V_o = 331.4\sqrt{1+0.00367T^0} \tag{A.1.4-2}$$

式中：T℃——大气温度(℃)。

(1) 按下式计算空气声速测量值 Vc 与空气声速计算值 Vo 间的误差：

$$B_r = \frac{V_o - V_c}{V_o} \times 100\% \tag{A.1.4-3}$$

(2)判定标准：

$$B_r \leqslant \pm 0.5\% \tag{A.1.4-4}$$

可认为合格，反之则认为不合格。

A.2 维 护

A.2.1 当发现仪器工作不正常时，仪器应停止工作。

A.2.2 根据故障现象，结合电路工作原理，分析故障所在部位，进行维修。

A.2.3 仪器工作完毕后，应放于通风和干燥环境，每隔 3 个月通电 2h。

附录 B　测试数据的统计分析

B.1　统计特征值

B.1.1　在一个检测批中，取得一批测试数据：x_1、x_2、x_3、……、x_n，对其数据进行整理时，一般采用：

（1）用平均值 m_x 观察这个检测批的平均水平。平均值 m_x 可用下式计算：

$$m_x = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad \text{(B.1.1-1)}$$

式中：m_x —平均值；

n —测试数据总量(个)；

x_i —第 i 个测试数据(i=1、2、3、……、n)。

（2）用标准差 s_x 观察检测批中数据波动。标准差 Sx 按下式计算：

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - m_x)^2} \qquad \text{(B.1.1-2)}$$

（3）用变异系数 δ_x 观察检测批中数据的相对波动。变异系数 δ_x 按下式计算：

$$\delta_x = \frac{s_x}{m_x} \qquad \text{(B.1.1-3)}$$

B.1.2　平均值 m_x、标准差 s_x 和变异系数 δ_x，统称为统计特征值。

B.2　异常数据判别

B.2.1　在检测过程中含有粗大误差的测量数据称为异常数据，通常应从测量列中剔除。但在非破损方法测量过程中，这种异常数据也可能正是混凝土缺陷的重要信息。此时应在其周围加密测点，以确定缺陷范围。

B.2.2 异常数据的判别：

(1)将测量列中的数据按大小顺序排列：$x_{(1)} \leqslant x_{(2)} \leqslant \cdots\cdots \leqslant x_{(n)}$。

(2)计算剩余误差 υ。将测量列中最小值(或最大值)与平均值之差的绝对值。即：

$$\upsilon=|x(1)-mx| \text{或} \upsilon=|x(n)-mx| \tag{B.2.2-1}$$

(3)异常数据的鉴别：

$$\upsilon>Za \tag{B.2.2-2}$$

式中：Za——鉴别值。

B.2.3 常用鉴别值 Za 的确定准则

(1)3σ 准则。即

$$Za=3\sigma \tag{B.2.3-1}$$

判别式：

$$\upsilon>3\sigma \tag{B.2.3-2}$$

式中：σ——测量值的总体标准差，通常须通过大样本才能算得。对于服从正态分布的偶然误差，其误差值落在±3σ 以外的概率只有 0.0027，因此在测量列中发现有大于 3σ 误差值，可认为该测点为异常数据。

(2)肖维勒准则

在 n 次重复测量中，每一正常的不含有粗大误差的测量值，其出现的频率，理论上应为 1/n。异常数据的出现频率应小于 1/n。用超声波法判别混凝土缺陷时，由于有缺陷的混凝土声速降低，所以只检查最小值。因此将混凝土声速最小值定为肖维勒准则判定混凝土缺陷可疑值，出现的频率小于 1/n，即有：

$$P=1/n \tag{B.2.3-3}$$

$$\eta_1=\Phi^{-1}1/4n \tag{B.2.3-4}$$

式中：P ——声速最小值的出现概率；

Φ^{-1}——标准正态分布的反函数符号；

η_1——标准正态分布中，概率为 1/n 的反函数。

因此，鉴别值：

$$Za=\eta_1 s_x \tag{B.2.3-5}$$

判别式：

$$\upsilon>\eta_1 s_x \tag{B.2.3-6}$$

或将判别式改写为：

$$m_x-x_{min}>\eta_1 s_x \tag{B.2.3-7}$$

或

$$x_{min}<m_x-\eta_1 s_x \tag{B.2.3-8}$$

对应于不同的样本容量 n，中的 η_1 列于表 B.2.3-1。

η_1 值　　表 B.2.3-1

N	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
P=1/n	0.100	0.050	0.033	0.025	0.020	0.017	0.014	0.013	0.011	0.010
$\eta_1=\Phi^{1}1/n$	1.28	1.64	1.83	1.96	2.05	2.13	2.19	2.24	2.29	2.32

(3)格罗布斯准则

鉴别值：$Za=\eta_2 s_x$ (B.2.3-9)

判别式：$\upsilon>\eta_2 s_x$ (B.2.3-10)

式中：η_2—修正系数。

当判别混凝土缺陷时，将格罗布斯准则定为警告值，其判别式可改写为：

$$m_x-x_{min}>\eta_2 s_x \tag{B.2.3-11}$$

或

$$x_{min}<m_x-\eta_2 s_x \tag{B.2.3-12}$$

取置信水平 $\alpha=0.05$，式中的 η_2 可从表 B.2.3-2 中查得。

η_2 值　　表 B.2.3-2

n	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
η_2	2.18	2.56	2.74	2.87	2.96	3.00	3.04	3.09	3.13	3.17

[实例]:在钢筋混凝土柱中测得混凝土声速值列于表 B.2.3-3，试判定有无缺陷可疑值和警告值。

混凝土声速测试结果　　表 B.2.3-3

混凝土声速(km/s)							
3.32*	3.24*	3.38*	3.42*	3.57*	3.66*	3.85*	4.02*
4.08*	4.24*	4.35	4.44	4.44	4.44	4.40	4.44
4.29	4.47	4.44	4.44	4.55	4.60	4.60	4.60
4.52	4.49	4.47	4.50	4.48	4.51	4.50	4.53
4.41	4.41	4.61	4.61	4.54	4.39	4.38	4.55
4.71	4.83	4.78					
测点 n=43		m_v=4.31km/s		S_v=0.40km/s		V_{min}=3.24km/s	

解：

计算步骤：

(1)计算序号 1：

将表 B.2.3-3 中的统计值填入表 B.2.3-4，按 $m_v-\eta_1 s_v$ 和 $m_v-\eta_2 s_v$，分别计算可疑值和警告值的界限值。将 V_{min} 与界限值比较，当 V_{min}<界限值时，定该 V_{min} 值为可疑值或警告值。

表 B.2.3-4

计算序号	混凝土声速(km/s)				$m_v-\eta_1 s_v$	判定	$m_v-\eta_2 s_v$	判定	检出值
	测点	m_v	S_v	V_{min}					
1	43	4.31	0.40	3.24	4.31-1.92×0.40=3.54	<	4.31-2.90×0.40=3.15	>	-
2	42	4.33	0.38	3.32	4.33-1.93×0.38=3.60	<			
3	41	4.36	0.36	3.38	4.36-1.95×0.36=3.66	<			
4	40	4.38	0.31	3.42	4.38-1.96×0.31=3.77	<			
5	39	4.41	0.26	3.57	4.41-1.97×0.26=3.90	<			
6	38	4.44	0.226	3.66	4.44-1.98×0.23=3.98	<			

续表 B.2.3.4

7	37	4.46	0.187	3.85	4.46-1.99×0.19=4.08	<			
8	36	4.47	0.159	4.02	4.47-2.00×0.16=4.15	<			
9	35	4.49	0.140	4.08	4.49-2.00×0.14=4.21	<			
10	34	4.50	0.123	4.24	4.50-2.01×0.12=4.26	<			
11	33	4.51	0.118	4.29	4.51-2.02×0.12=4.27	>			

(1)计算序号 2:

捡出第 1 个 V_{min} 后,对剩余 42 个数据中的 V_{min} 再作判定,计算方法与计算序号 1 相同。

(1)在表 B.2.3-3 结果中,检出可疑值 10 个,它们是 3.24、3.32、3.38、3.42、3.57、3.66、3.85、4.02、4.08 和 4.2km/s。没有检出警告值。将可疑值在表 B.2.3-3 中用 * 标出。

(2)如此逐个进行,直至不出现可疑值为止,计算结果列于表 B.2.3-4。在判别异常数据时,不能同时剔除两个或两个以上数据,只能剔除其中数值最大或最小的那一个,然后对其余的数据中用新的判别式进行第二次判别,直至不存在异常数据为止。

B.2.4 t 检验法:

在 n 个测量值中,如怀疑其中的最小值(或最大值)x_k 是人为粗大误差构成的测值,考虑其剔除时,可通过 t 检验来判断 x_k 和余下的(n-1)个测值是否来自同一正态母体的两个子样。

设子样 1:x_k,其母体均值和标准差为 m_{k1}、s_{x1};设子样 2:(n-1)个剩余测值,其母体均值和标准差为 m_{x2}、s_{x2},且有 s_{x1} s_{x2}。如两个子样来自同一正态母体,则应有假设 $H_0: s_{x1}=s_{x2}$。成立,此时由两个子样信息构成的统计量 t:

$$t=\frac{m_{x1}-m_{x2}}{\sqrt{(n_1-1)s_{x1}^{\ 2}+(n_2-1)s_{x2}^{\ 2}}}\sqrt{\frac{n_1n_2(n_1+n_2-2)}{n_1+n_2}} \qquad \text{(B.2.4-1)}$$

式中:m_{x1}、m_{x2}——分别为子样 1、2 的样本均值;

s_{x1}、s_{x2} ——分别为子样 1、2 的样本标准差;

n_1、n_2 ——分别为子样 1、2 的样本容量。

应服从自由度 $\upsilon = n_1+n_2-2$ 的学生 t 分布。从学生 t 分布表中可查得置信水平为 α 时的临界值 。

当$|t|>t_a$ 时，原假设 H_0 被否定，$m_{x1} \neq m_{x2}$。即可认为 x_k 与余下(n-1)个测值是来自两个不同正态母体的子样，最小值(或最大值) x_k 系人为粗大误差构成的测值，应予剔除。

英国混凝土协会技术报告中，根据 t 检测法提出一个芯样强度的剔除原则，当一组芯样个数：$n \geqslant 4$ 时，按下式计算 t 值：

$$t=\frac{\text{余数平均值}-\text{最小值（或最大值）}}{\frac{\text{余数平均值}\times 6}{100}\times\sqrt{1+\frac{1}{n-1}}} \tag{B.2.4-2}$$

按表 B.2.5-1 查 A(或 B)作为临界值。规定当$|t|>$A(或 B)时，剔除该最小值(或最大值)，用余数平均值作为该组芯样强度的代表值。

临界值 A、B　　表 B.2.5-1

芯样数量 n		4	5	6	7	8
临界值	A	2.9	2.4	2.1	2.0	1.9
	B	4.3	3.2	2.8	2.6	2.5

此方法是将最小值(或最大值)x_k 和余下的(n-1)个测值视为两个子样，其样本信息分别为：

子样 1：$n_1=1$；$m_{x1}=x_k$；$s_{x1}=0$

子样 2：$n_2=n-1$；$m_{x2}=\frac{1}{n-1}\sum_{i\neq k}^{n} x_i$；

设正常情况下芯样强度的变异系数为 6%，则有 $s_{x2}=m_{x2}\times 6\%$，据此即从(B.2.5-1)式中推导出(B.2.5-2)式。

临界值 A、B 则分别为 $\alpha=0.10$ 和 $\alpha=0.05$ 时的 t_a。

本规程采用了英国混凝土协会技术报告中的芯样强度剔除原则，规定当芯样数量 n=5 时采用此方法。临界值仅采用 $\alpha=0.10$ 时的 ，即临界值 A。

[实例]:在混凝土梁的构件上钻取一个 φ55mm 的芯样,制备成 5 个高径比为 1.0 的芯样抗压强度试件,测得抗压强度值列于表 B.2.4-2。

芯样强度结果　　表 B.2.4-2

编号	1	2	3	4	5
抗压强度(MPa)	34.2	37.2	40.2	42.8	44.4

分析 5 个芯样强度值时,首先考核最小值,34.2MPa 是否含有粗大误差,其步骤如下:

(1)取出 34.2MPa,计算余数平均值 mx:

$$m_x = \frac{1}{4}(37.2+40.2+42.8+44.4)MPa = 41.15\text{MPa}$$

(2)代入(B.2.5-2)式:

$$t = \frac{41.15-34.2}{\frac{41.15}{100}\times 6\times\sqrt{1+\frac{1}{5-1}}} = \frac{6.95}{\frac{41.15}{100}\times 6\times 1.12} = \frac{6.95}{2.765} = 2.51$$

(3)判别:当 n=5 时,本规程规定的临界值为 2.4,t=2.51>2.4,应判最小值 34.2MPa 为粗大误差。剔除 34.2MPa 后,用相同方法重新判断剩余 4 个数据中是否还存在其它粗大误差。

(4)取出 37.2MPa,计算余数平均值 mx:

$$m_x = \frac{1}{3}(40.2+42.8+44.4)MPa = 42.47MPa$$

(5)代入(B.2.5-2)式:

$$t = \frac{42.47-37.2}{\frac{42.47}{100}\times 6\times\sqrt{1+\frac{1}{4-1}}} = \frac{15.27}{\frac{42.47}{100}\times 6\times 1.15} = \frac{5.27}{2.93} = 1.80$$

(6)判别当 n=4 时,本规程的临界值为 2.9,t=1.80<2.90。判定无粗大误差。此时,剔除 34.2MPa 后的 4 个芯样平均值 41.15MPa,即为该组 φ55mm 芯样的强度代表值。

附录C　建立混凝土强度曲线方法

C.1　仪器设备

C.1.1　超声波检测仪和换能器应符合附录A1.4条规定的标准状态。

C.1.2　回弹仪应符合第7.2.4条规定的标准状态。

C.2　混凝土试件制作

C.2.1　混凝土试件应按中型回弹仪、高强度混凝土回弹仪和重型回弹仪规定的尺寸制作。

(1)中型回弹仪可制作边长150mm立方体试件；

(2)高强度混凝土回弹仪可制作边长200mm立方体试件；

(3)重型回弹仪可制作边长250mm立方体试件。

C.2.2　建立混凝土强度曲线的混凝土试件，其试验龄期可按3d、7、14、28、60、90、180和360d，每个龄期的混凝土试件不宜少于2组；

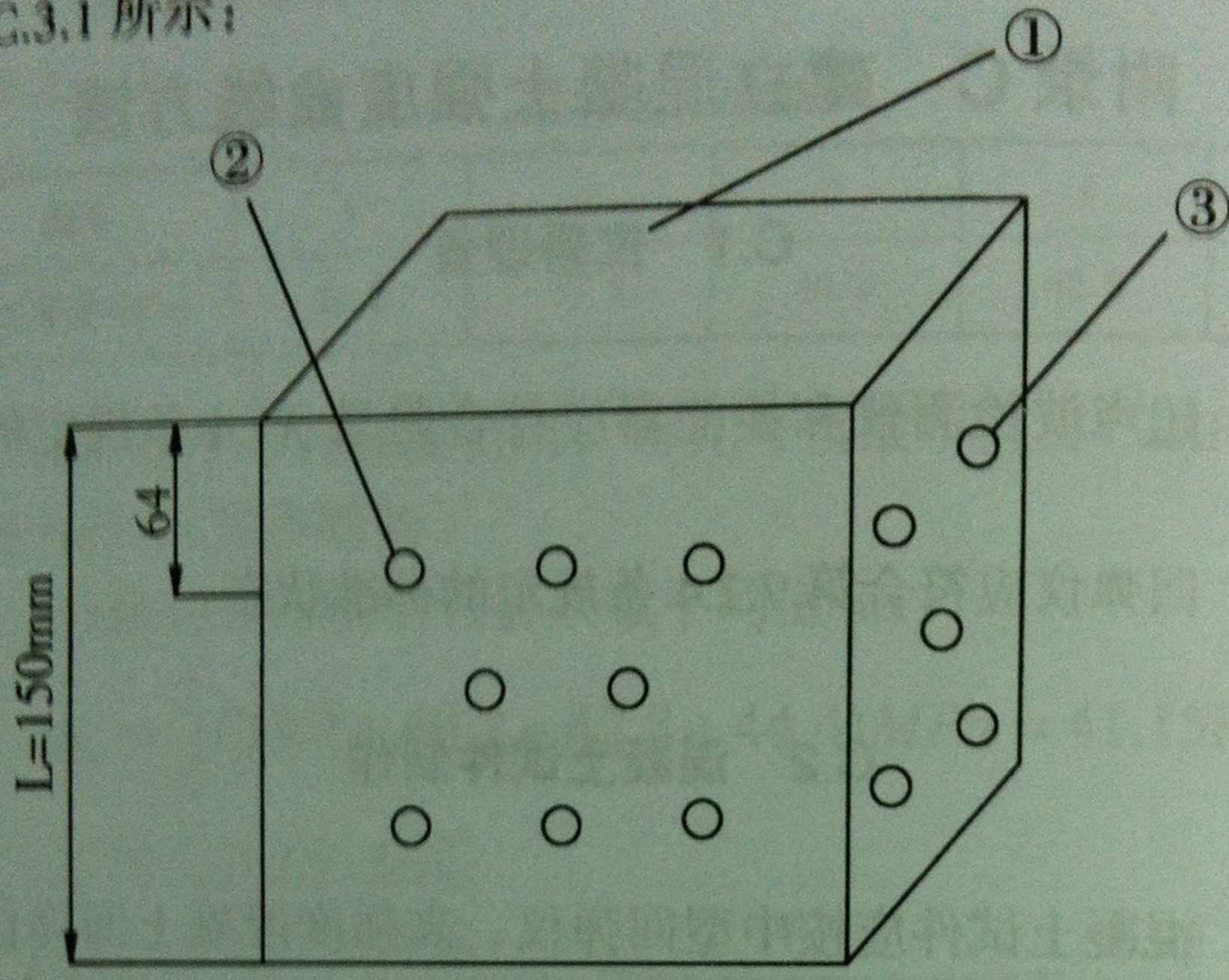
C.2.3　当制作高强度混凝土回弹仪或重型回弹仪的混凝土试件，当无条件时，也可采用取芯法制作混凝土芯样抗压强度试件方法。

C.3　试件测试

C.3.1　测量声时值：

(1)应采用对测的方法，两个测试面应与浇筑方向垂直；

(2)在每个相对称的测试面上布置5个相对称的超声测点，如图C.3.1所示：



图C.3.1　测点布置

①浇注面　　②回弹测点　　③超声波测点

3)声时平均值mv参数可按下式计算：

$$m_v = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5} V_i \qquad (C.3.1)$$

式中：Vi——第i个测点声速值(m/s)。

C.3.2　测量回弹值

(1)应采用对测的方法测量回弹值，测试面与浇筑方向垂直；

(2)在每个测试面上应布置8个回弹值测点，两个测试面共计16个测点，如图C.3.1所示；

(3)回弹平均值m_R参数的计算；

将两个测试面上的16个回弹测试值，舍弃3个最大值和3个最小值，剩余10个回弹测试值应按下式计算回弹测试点平均值m_R参数：

$$m_R = \frac{1}{10}\sum_{i=1}^{10} R_i \tag{C.3.2}$$

式中：Ri——第 i 个回弹测点值。

C.3.3 数据整理

(1)将混凝土试件上测得回弹平均值 m_R、声速平均值 m_v，与此相应的抗压强度值，填入表 C.3.3 的表格：

实测数据

表 C.3.3

序号 i	1	2	3	--------	n
超声声速 (m/s)	m_{v1}	m_{v2}	m_{v3}	--------	m_{vn}
回弹值	m_{R1}	m_{R2}	m_{R3}	--------	m_{Rn}
抗压强度 (MPa)	f_{cu1}	f_{cu2}	f_{cu3}	--------	f_{cun}

(2)按表中所示数据，分别计算：

1)回弹仪混凝土强度曲线；

2)超声回弹综合法混凝土强度曲线。

C.4 计算回弹仪混凝土强度曲线

C.4.1 可按一元线性回归方程计算回弹仪混凝土强度曲线。

C.4.2 建立回弹仪混凝土强度曲线应优先采用

(1)直线型：$f_{cu}=a+bm_R$ (C.4.2-1)

(2)幂函数型：$f_{cu}=am_R^b$ (C.4.2-2)

(3)指数函数型：$f_{cu}=ae^{bmR}$ (C.4.2-3)

C.4.3 计算方法

(1)对直线型：

$$\hat{y}=b_0+b_x \tag{C.4.3}$$

令：$f_{cu}=\hat{y}$；$a=b_0$；$x=m_R$

代入(C.4.3)式，可化为：

$$f_{cu}=a+bm_R$$

(2)幂函数型和指数函数型应化为直线型进行计算：

1)幂函数型：$\hat{y}=ax^b$

对 $\hat{y}=ax^b$ 两边取对数，可化为：

$$\log\hat{y}=\log a+b\log x$$

令：$\log\hat{y}=f_{cu}$；$\log a=a$；　$m_R=\log x$

代入(C.4.3)式，可化为：

$$f_{cu}=a+bm_R$$

2)指数函数型：$\hat{y}=ae^{bm_R}$

对 $\hat{y}$ 两边取自然对数，可化为：

$$\ln\hat{y}=\ln a+b\ln m_R$$

令：$\ln\hat{y}=f_{cu}$；$\ln a=a$；$x=\ln m_R$

代入(C.4.3)式，可化为：

$$f_{cu}=a+bm_R$$

C.4.4　计算步骤

(1)将表 C.3.3 中实测数据填入表 C.4.4-1 中：

实测数据初步整理　　表 C.4.4-1

序号(i)	f_{cu}	m_R	f_{cu}^2	m_R^2	$f_{cu}\cdot m_R$
1	f_{cu1}	m_{R1}	$f_{cu}^2{}_1$	m_{R1}^2	$f_{cu1}\cdot m_{R1}$
2	f_{cu2}	m_{R2}	$f_{cu}^2{}_2$	m_{R2}^2	$f_{cu2}\cdot m_{R2}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	f_{cun}	m_{Rn}	$f_{cu}^2{}_n$	m_{Rn}^2	$f_{cun}\cdot m_{Rn}$
总和	$\sum_{i=1}^{n} f_{cui}$	$\sum_{i=1}^{n} m_{Ri}$	$\sum_{i=1}^{n} f_{cui}^2$	$\sum_{i=1}^{n} m_{Ri}^2$	$\sum_{i=1}^{n} f_{cui}m_{Ri}$

(2)将表 C.4.4-1 初步整理的实测数据结果，填入表 C.4.4-2 进行一元线性回归计算。

一元线性回归的综合计算结果　　表 C.2.3-2

$n=$	$\Sigma f_{cu}=$	$m_{f_{cu}}=\Sigma y/n$	$m_R=\Sigma m_{Ri}/n$
$\Sigma f_{cu}^2=$	$(\Sigma f_{cu})^2/n=$	$\Sigma m_R^2=$	$\Sigma f_{cu}\Sigma m_R/n=$
$Lf_{cu}=\Sigma f_{cu}^2-(\Sigma f_{cu})^2/n=$	$Lm_R \cdot m_R=\Sigma m_R^2-(\Sigma m_R)^2/n=$	$\Sigma f_{cu} \cdot m_R=$	
$Lf_{cu} \cdot m_R=\Sigma f_{cu} \cdot m_R-\Sigma f_{cu}\Sigma m_R/n=$	$b=\dfrac{L_{fcu \cdot m_R}}{L_{m_R \cdot m_R}}$	$a=m_{f_{cu}}-bm_R$	

(3)根据表 C.4.4-2 计算确定的 a 和 b 回归系数,代入回归方程式复原,成原函数式:

对直线式:令 $a=b_0$,复原得: $f_{cu}=a+bm_R$

对幂函数式:令 $a=\log^{-1}a$,复原得 $f_{cu}=am_R^2$

对指数函数式:令 $a=\ln^{-1}a$,复原得: $f_{cu}=ae^{bmR}$

(4)分析回归方程的测试精度方法,一般采用:

1)相关系数 ,计算方法如下:

$$\gamma=\sqrt{1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{cui}-\hat{f}_{cui})^2}{L_{f_{cui}}}}$$

对于一元线性回归方程,其相关关系数 的计算,还可写作:

$$\gamma=\sqrt{\frac{bL_{f_{cu} \cdot m_R}}{L_{f_{cu} \cdot f_{cu}}}}$$

或

$$\gamma=\frac{L_{f_{cu} \cdot m_R}}{\sqrt{L_{m_R \cdot m_R} L_{m_R \cdot m_R}}}$$

2)剩余标准差 Se 的计算：

略(见规程)

(5)回归方程的误差分析：

1)平均相对误差 e 的计算：

$$e=\pm\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{f_{cui}}{f_{cui}^{\wedge}}-1\right|\times100\%$$

2)相对标准误差 的计算：

$$e_{\gamma}=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{f_{cui}}{f_{cui}^{\wedge}}-1\right)^{2}}\times100\%$$

C.5 计算超声回弹法混凝土强度曲线

C.5.1 可按二元线性回归方程进行计算：

$$y=bo+b_{1x1}+b_{2x2}$$

C.5.2 计算步骤

(1)将表 C.3.3 中的实测数据进行计算；

(2)推荐采用相关关系式

$$f_{cu}=am_R^{b1}m_v^{b2} \qquad (C.5.1\text{-}1)$$

进行计算：

将(C.5.1-1)式两边取对数

$$\log f_{cu}=\log a+b_1\log m_R+b_2\log m_v$$

令：$\log f_{cu}=f_{cu}$；$bo=a$；$x_1=\log m_R$；$x_2=\log m_v$

化为二元线性方程：$y=b_o+b_{1x1}+b_{2x2}$ (C.2.4-2)

(3)将实测数据按上述规则进行转换，并按表 C.5.2-2 的形式进行初步整理：

实测数据初步整理

表 C.5.1-1

序号(i)	x_1 =logm_R	x_2 =logm_v	y =log mf_{cu}	x_1^2	x_2^2	y^2	x_1y	x_2y
1	x_{11}	x_{21}	y_1	x_{11}^2	x_{21}^2	y_1^2	$x_{11}y_1$	$x_{21}y_1$
2	x_{12}	x_{22}	y_2	x_{12}^2	x_{22}^2	y_2^2	x_{12} y_2	x_{22} y_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	x_{1n}	x_{2n}	y_n	x_{1n}^2	x_{2n}^2	y_n^2	x_{1n} y_n	x_{2n} y_n
总和	$\sum_{i=1}^{n} x_{1i}$	$\sum_{i=1}^{n} x_{2i}$	$\sum_{i=1}^{n} y_i$	$\sum_{i=1}^{n} (x_{1i})^2$	$\sum_{i=1}^{n} (x_{2i})^2$	$\sum_{i=1}^{n} (y_i)^2$	$\sum_{i=1}^{n} x_{1i}y_i$	$\sum_{i=1}^{n} x_{2i}y_i$

(4)将表 C.5.2-1 中的初步整理结果，填入表 C.5.2-2 进行计算。

二元线性回归综合计算

表 C.5.2-2

$n=$	$\Sigma y=$	$m_y=\Sigma y/n$	$\Sigma x_1=$
$m_{x1}=\Sigma x_1/n$	$\Sigma x_2=$	$m_{x2}=\Sigma x_2/n$	
$L_{yy}=\Sigma (y-m_y)^2=\Sigma y^2-(\Sigma y)^2/n$		$L_{12}=L_{21}=\Sigma (x_1-m_{x1})(x_2-m_{x2})=\Sigma x_1 x_2-\Sigma x_1 x_2/n$	
$L_{11}=\Sigma (x_1-m_{x1})^2=\Sigma x_1^2-(\Sigma x_1)^2/n$		$L_{1y}=\Sigma (x_1-m_{x1})(y-m_y)=\Sigma x_1 y-\Sigma x_1 \Sigma y/n$	
$L_{22}=\Sigma (x_2-m_{x2})^2=\Sigma x_2^2-(\Sigma x_2)^2/n$		$L_{2y}=\Sigma (x_2-m_{x2})(y-m_y)=\Sigma x_2 y-\Sigma x_2 \Sigma y/n$	

(5)建联立方程，求解 b_0、b_1、b_2

$$L_{11}+L12b2=L_{1y}$$

$$L_{21}b_1+L_{22}b_2=L_{2y}$$

$$b_0=m_y-b_1m_{x1}-b_2m_{x2}$$

(6)根据已确定的 b_0、b_1、b_2 复原成：

$$f_{cu}=am_R^{b1}m_v^{b2}$$

C.5.3 分析二元非线性回归方程测试精度：

(1)复相关系数 R 的计算：

$$R=\sqrt{1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{cui}-\hat{f}_{cui})^2}{\sum_{i=1}^{n}f_{cui}^{\ 2}-\frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n}\hat{f}_{cui})^2}}$$

(2)剩余标准差 s_e 的计算

$$s_e=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{cui}-\hat{f}_{cui})^2}{n-k-1}}$$

式中:k——自变量个数,对二元回归方程而言,k=2。

C.5.4 回归方程误差分析:

(1)平均相对误差 e 的计算:

$$e=\pm\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{f_{cui}}{\hat{f}_{cui}}-1\right|\times100\%$$

(2)相对标准误差 e_r 的计算:

$$e_r=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(\frac{f_{cui}}{\hat{f}_{cui}}-1)^2}\times100\%$$

C.6 实 例

C.6.1 计算回弹仪混凝土强度专用曲线

(1)建立的条件:

1)选用与工程相同的原材料;

2)水灰比可按 0.40、0.50、0.60、0.70 和 0.80 等 5 个不同水灰比配制不同混凝土强度;

3)试件尺寸为边长 150mm 立方体抗压强度试件;

4)标准养护：3d、7d、14d、28d、60d 和 90d；

5)测量试件上的回弹值 m_R 和相应的抗压强度值 。

(2)计算步骤

1)从试件上测得的抗压强度值 f_{cu} 和回弹值 m_R 等数据，并列于表 C.6.1。

实测数据　　表 C.6.1

龄期(d)	水灰比									
	0.40		0.50		0.60		0.70		0.80	
	f_{cu}	m_R	f_{cu}	m_R	f_{cu}	m_R	f_{cu}	m_R	f_{cu}	m_R
3	37.5	38.3	32.3	32.5	23.7	28.3	15.8	22.3	10.0	21.0
7	41.1	41.0	29.0	30.8	26.3	32.9	21.9	27.0	14.4	22.8
14	43.0	43.4	33.3	32.5	34.0	33.0	22.6	30.0	11.2	22.0
28	45.2	44.3	37.9	31.5	34.4	31.1	29.8	31.3	17.5	24.0
60	47.3	50.8	40.7	35.7	37.8	36.0	30.0	31.8	19.7	26.5
90	51.3	51.1	41.6	39.9	40.1	38.5	36.4	37.7	41.0	35.2

2)根据表 C.6.1 所列实测数据，拟建立一元线性回归方程：

$$f_{cu}=a+bm_R$$

3)将表 C.6.1 内实测数据，填入一元线性回归方程计算表 C.6.1-1 进行计算：

一元线性回归计算　　表 C.6.1-1

序号	$x=m_R$	$y=f_{cu}$	$x^2=m_R^2$	$y^2=f_{cu}^2$	$xy=m_R \cdot f_{cu}$
1	21.0	10.0	441.0	100.0	210.0
2	22.8	14.4	519.8	207.4	328.3
3	27.0	21.9	729.0	479.6	591.3
4	30.0	22.6	900.0	510.8	678.0
5	31.3	29.8	979.7	888.0	932.7
6	33.0	34.0	1089.0	1156.0	1122.0
7	36.0	37.8	1296.0	1428.0	1360.0
8	22.3	15.8	497.3	249.6	352.3
9	28.3	23.7	800.9	561.7	670.7
10	31.8	30.0	1011.2	900.0	954.0
11	31.1	34.4	967.2	1183.4	1069.8
12	32.9	26.3	1082.4	691.7	865.3
13	37.7	36.4	1421.3	1325.0	1372.3
14	38.5	40.1	1482.3	1608.0	1543.9
15	35.2	41.0	1239.0	1681.0	1443.2
16	26.5	19.7	702.3	388.1	522.1
17	30.8	29.0	948.6	841.0	893.2
18	32.5	33.3	1056.3	1108.9	1082.3
19	31.5	37.9	992.3	1436.4	1193.9
20	35.7	40.7	1274.5	1656.5	1453.0
21	39.9	41.6	1592.0	1730.6	1659.8
22	32.5	32.3	1056.3	1043.3	1049.8
23	38.3	37.5	1466.9	1406.3	1436.3
24	41.0	41.1	1681.0	1689.2	1685.6

续表 C.6.1-1

25	43.4	43.0	1883.6	1849.0	1866.2
26	44.3	45.2	1962.5	2043.0	2002.4
27	50.8	47.3	2580.6	2237.3	2402.8
28	51.1	51.3	2611.2	2631.7	2621.4
29	22.0	11.2	484.0	125.4	246.4
30	24.0	17.5	576.0	366.3	420.0
总和	Σ1003.2	Σ946.8	Σ35324.2	Σ33464.0	Σ34029.3

4）将表 C.6.1-2 内总和计算结果列入表 C.6.1-2 计算 a 和 b 的回归系数。

一元线性回归方程计算表　　表 C.6.1-3

n=30　　Σm_R=1063.2　　m_{mR}=1063.2/30=33.4

$\sum f_{cu}$ =946.8　　$m_{f_{cu}}$ =946.8/30=31.6

Σm_{mR}^2=35324.2　　$(\Sigma m_{mR})^2/30$=1006410.2/30=33547.0

$\sum f_{cu}^2$ =33464.0　　$(\sum f_{cu})^2/30$=896430.2/30=29881.0

$\Sigma m_R \sum f_{cu}$ =34029.3　　$\sum m_R \cdot f_{cu}/30$=949829.8/30=31661.0

$L_{fcu\ fcu} = \sum f_{cu}^2 - (\sum f_{cu})^2/30$=33464.0-29881.0=3583.0

$L_{mRmR}=\Sigma m_R^2-(\Sigma m_R)^2/30$=35324.2-33547.0=1777.2

$L_{mR\ fcu}=\Sigma m_R\ fcu^2-\Sigma m_R \cdot \sum f_{cu}/30$=34029.3-31661.0=2368.3

$$b=\frac{L_{mRfcu}}{L_{mRmR}}=\frac{2368.3}{1777.2}=1.33$$

$a=m_{fcu}-bm_{mR}$=31.6-1.33×33.4=-12.8

因此得一元线回归方程表达式：y=1.33x-12.8　即 f_{cu} =1.33$_{mR}$-12.8

(2)分析测试精度

1)计算相关系数；

2)按表 C.6.1-3 所规定的内容进行演算剩余标准差 se：

剩余标准差的演算　　表 C.6.1-3

序号	m_R	f_{cu}	$f_{cu}^{\wedge}=1.33\ m_R-12.8$	$(f_{cu}-f_{cu}^{\wedge})^2$	备注
1	21.0	10.0	15.1	26.01	※
2	22.8	14.4	17.5	9.61	
3	27.0	21.9	23.1	1.44	
4	30.0	22.6	27.1	20.25	※
5	31.3	29.8	28.8	1.0	
6	33.0	34.0	31.1	8.41	
7	36.0	37.8	35.1	7.29	
8	22.3	15.8	16.9	1.21	
9	28.3	23.7	24.8	1.21	
10	31.8	30.0	29.5	0.25	
11	31.1	34.4	28.6	33.64	※
12	32.9	26.3	31.0	22.09	※
13	37.7	36.4	37.3	0.81	
14	38.5	40.1	38.4	2.89	
15	35.2	41.0	34.0	49.00	※
16	26.5	19.7	22.4	7.29	
17	30.8	29.0	28.2	0.64	
18	32.5	33.3	30.4	8.41	
19	31.5	37.9	29.1	77.44	※
20	35.7	40.7	34.7	36.00	※

续表 C.6.1-3

21	39.9	41.6	40.3	1.69	
22	32.5	32.3	30.4	3.61	
23	38.3	37.5	38.1	0.36	
24	41.0	41.1	41.7	0.36	
25	43.4	43.0	44.9	3.61	
26	44.3	45.2	46.1	0.81	
27	50.8	47.3	54.8	56.25	※
28	51.1	51.3	55.2	15.21	※
29	22.0	11.2	16.5	28.09	※
30	24.0	17.5	19.1	2.56	
Σ				427.44	

注：表中有※者表示实测与计算得到的回归直线有显著偏离。

将表 C.6.1-3 代入剩余标准误差 se：

$$s_e=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{cui}-f_{cui}^{\wedge})^2}{n-k-1}}=\sqrt{\frac{427.44}{30-1-1}}=\sqrt{15.27}=3.91(\text{MPa})$$

从表 C.6.1-3 中 10 个带※的数据的偏差平方和为 363.98 占全部 30 个数据偏差平方和的 85%，且这 10 个带※数据位于高低强度的两端和中间，所以应该考虑用一元非线性方程来进行拟合试算。

C.6.2 计算超声—回弹法混凝土强度曲线。

(1)建立条件应与建立回弹仪法测强曲线相似。

(2)计算步骤：

1)从试件上测得的抗压强度值 、回弹值 m_R 和混凝土声速值 m_v 等数据列于表 C.6.2-1。

实测数据　　表 C.6.2-1

龄期(d)	水灰比											
	0.40			0.50			0.60			0.80		
	f_{cu}	m_R	m_v	f_{cu}	m_R	m_v	f_{cu}	m_R	m_v	f_{cu}	m_R	m_v
3	31.7	31.2	4.95	26.9	25.8	4.84	19.4	19.7	4.90	14.2	21.0	4.51
7	40.0	35.7	4.98	32.2	29.1	5.05	25.4	24.9	4.98	21.2	26.5	4.80
14	43.0	38.0	5.12	36.6	31.5	5.07	30.6	28.5	5.05	25.9	26.4	4.98
28	43.5	38.5	5.15	40.2	34.1	5.17	34.2	29.7	5.10	28.6	28.4	4.96
60	48.2	40.9	5.14	45.2	35.8	5.11	39.4	33.2	5.14	30.2	31.9	5.03
90	53.2	40.8	5.15	48.1	36.8	5.13	39.8	33.5	5.18	36.3	31.4	5.13

2)根据表 C.6.2-1 所列实测数据,拟建立回弹值 m_R、超声波速度值 m_v 与抗压强度值 之间的二元非线性回归方程:

$$f_{cu}=am_R^{b1}\cdot m_v^{b2}$$

3)将 $f_{cu}=am_R^{b1}\cdot m_v^{b2}$ 的等式左右取对数,转化成:

$$\log f_{cu}=\log a+b_1\log m_R+b_2\log m_v$$

令:$y=\log f_{cu}$;$b_0=\log a$;$x_1=\log m_R$;$x_2=\log m_v$。

整理得:$y=b_0+b_{1x1}+b_{2x2}$

按二元线性回归方程计算。

4)将表 C.6.2-1 中的测试数据,取其对数,填入二元线性回归方程计算表 C.6.2-2 中进行运算。

二元线性回归方程计算表

表 C.6.2-2

序号	$y=\log f_{cu}$	$x_1=\log m_R$	$x_2=\log m_v$	$y^2=(\log f_{cu})^2$	$x_1^2=(\log m_R)^2$	$x_2^2=(\log m_v)^2$	$x_1y=\log f_{cu}\times\log m_R$	$x_2y=\log f_{cu}\times\log m_v$	$x_1x_2=\log m_R\times\log m_v$
1	1.501	1.494	0.694	2.253	2.232	0.482	2.242	1.042	1.037
2	1.430	1.412	0.685	2.045	1.994	0.469	2.019	0.980	0.967
3	1.288	1.294	0.690	1.659	1.674	0.476	1.667	0.889	0.893
4	1.152	1.322	0.654	1.327	1.748	0.428	1.523	0.753	0.865
5	1.602	1.553	0.698	2.566	2.412	0.487	2.488	1.118	1.084
6	1.508	1.464	0.703	2.274	2.143	0.494	2.208	1.060	1.029
7	1.405	1.396	0.698	1.974	1.949	0.487	1.961	0.981	0.974
8	1.326	1.423	0.681	1.758	2.025	0.464	1.887	0.903	0.969
9	1.633	1.580	0.709	2.667	2.496	0.503	2.580	1.158	1.120
10	1.563	1.498	0.705	2.443	2.244	0.497	2.341	1.102	1.056
11	1.486	1.455	0.704	2.208	2.117	0.496	2.162	1.046	1.024
12	1.413	1.422	0.697	1.997	2.002	0.485	2.009	0.985	0.991
13	1.638	1.585	0.712	2.683	2.512	0.507	2.596	1.166	1.129
14	1.604	1.533	0.714	2.573	2.350	0.510	2.459	1.145	1.095
15	1.534	1.473	0.708	2.353	2.170	0.501	2.260	1.086	1.443
16	1.456	1.453	0.795	2.120	2.111	0.483	2.116	1.012	1.010
17	1.683	1.612	0.711	2.832	2.599	0.506	2.713	1.197	1.146
18	1.655	1.554	0.708	2.739	2.415	0.501	2.572	1.172	1.100
19	1.595	1.521	0.711	2.544	2.313	0.506	2.426	1.134	1.081
20	1.480	1.504	0.702	2.190	2.262	0.493	2.226	1.039	1.056
21	1.726	1.611	0.712	2.979	2.595	0.507	2.781	1.229	1.147
22	1.682	1.566	0.710	2.829	2.452	0.504	2.634	1.194	1.112
23	1.600	1.525	0.715	2.560	2.326	0.511	2.440	1.144	1.090
24	1.560	1.497	0.710	2.434	2.241	0.504	2.335	1.108	1.063
Σ	36.520	35.747	16.826	56.007	53.402	11.801	54.645	25.643	25.081

5）将表 C.6.2-2 的演算结果填入二元线性回归方程综合计算表 C.6.2-3 继续运算，求出回归系数 a、b_1 和 b_2。

二元线性回归方程综合计算　　表 C.6.2-3

n= 24	Σy=36.520	$m_y=\Sigma y/24$=1.5217
Σx_1=35.747		$m_{x1}=\Sigma x_1/24$=1.4895
Σx_2=16.826		$m_{x2}=\Sigma x_2/24$=0.7011

$L_{yy}=\Sigma y^2-(\Sigma y)^2/24 = 56.007-(36.520)^2/24 =0.4357$

$L_{11}=\Sigma x_1^2-(\Sigma x_1)^2/24= 53.407-(35.747)^2/24=0.1583$

$L_{22}=\Sigma x_2^2-(\Sigma x_2)^2/n =11.807-(16.826)^2/24=0.00457$

$L_{21}=L_{12}=\Sigma x_1x_2-\Sigma x_1\Sigma x_2/n=25.081-35.747\times16.826/24=0.01937$

$L_{1y}=\Sigma x_1y-\Sigma x_1\Sigma y/n=54.645-35.747\times36.520/24=0.2500$

$L_{2y}=\Sigma x_2y-\Sigma x_2\Sigma y/n=25.643-16.826\times36.520/24=0.0394$

联立方程：

$$L_{11}b_1+L_{12}b_2=L_{1y}$$

$$L_{21}b_1+L_{22}b_2=L_{2y}$$

$$b_0=m_y-b_1m_{x1}-b_2m_{x2}$$

按表 C.6.2-3 中的数据代入得：

$$0.15836b_1+0.01937b_2=0.2500$$

$$0.01937b_1+0.00457b_2=0.0394$$

$$b_0=1.5217-1.489b_1-0.7011b2$$

解方程得：

$$b_0=-2.917;b_1=1.086;b_2=4.023$$

二元线性方程的表达式为：

$$y=-2.917+1.086x_1+4.023x_2$$

复原成原方程：

令：$a=\log^{-1}b_0=\log^{-1}-2.917=0.0012$

得二元非线性原方程为：

$$f_{cu}^{\wedge}=0.0012_{mR}{}^{1.086}{}_{mv}{}^{4.023}$$

6）将实测得的抗压强度值 、声速值 m_v 和回弹值 m_R 以及二元回归方程 $f_{cu}^{\wedge}=0.0013_{mR}{}^{1.086}{}_{mv}{}^{4.023}$ 的演算结果列于表 C.6.2-4，并按

表中数据进行复相关系数和剩余标准差的计算。

复相关系数和剩余标准差的计算 表 C.6.2-4

序号	m_R	m_v	f_{cu}	$f_{cu}^{\wedge}=0.0012m_R^{1.086}m_v^{4.023}$	$(f_{cu}-f_{cu}^{\wedge})^2$	f_{cu}^2
1	31.2	4.95	31.7	31.3	0.16	1004.9
2	25.8	4.84	26.9	23.3	12.96	723.6
3	19.7	4.90	19.4	18.3	1.21	376.4
4	21.0	4.51	14.2	14.0	0.04	201.6
5	35.7	4.98	40.0	37.2	7.84	1600.0
6	29.1	5.05	32.2	31.5	0.49	1036.8
7	24.9	4.98	25.4	25.1	0.09	645.2
8	26.5	4.80	21.2	23.2	4.00	449.4
9	38.0	5.12	43.0	44.5	2.25	1849.0
10	31.5	5.07	36.6	34.9	2.89	1339.6
11	28.5	5.05	30.6	30.8	0.04	936.4
12	26.4	4.98	25.9	26.8	0.81	670.8
13	38.5	5.15	43.5	46.2	7.29	1892.3
14	34.1	5.17	40.2	41.1	0.81	1616.0
15	29.7	5.10	34.2	33.5	0.49	1169.6
16	28.4	4.96	28.6	28.5	0.01	818.0
17	40.9	5.14	48.2	48.9	0.49	2323.2
18	35.8	5.11	45.2	41.4	14.44	2043.0
19	33.2	5.14	39.4	39.0	0.16	1552.4
20	31.9	5.03	30.2	34.3	16.81	912.0
21	40.8	5.15	53.2	49.2	16.00	2830.2
22	36.8	5.13	48.1	43.3	23.04	2313.6
23	33.5	5.18	39.8	40.7	0.81	1584.0

①复相关系数R计算：

$$R=\sqrt{1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{cui}-f_{cui}^{\wedge})^2}{\sum_{i=1}^{n}f_{cui}^{\ 2}-\frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n}f_{cui})^2}}=\sqrt{1-\frac{113.14}{31205.7-\frac{(834)^2}{24}}}=\sqrt{1-\frac{113.14}{2224.2}}$$

$$=\sqrt{1-0.051}=\sqrt{0.949}=0.97$$

②计算剩余标准差 S_e：

$$s_e=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{cui}-f_{cui}^{\wedge})^2}{n-k-1}}=\sqrt{\frac{113.14}{24-3}}=\sqrt{5.39}=2.32(\text{MPa})$$

计算剩余变异系数：

$$\delta_e=\frac{s_e}{\sum_{i=1}^{n}f_{cui}/n}=\frac{2.32}{834.0/24}=0.067=6.7\%$$

7)通用和专用测强曲线的强度误差值应符合下列规定：

①通用测强曲线：平均相对误差 $\delta\leqslant\pm14.0\%$

相对标准差 $e_r\leqslant17.0\%$

②专用测强曲线：平均相对误差 $\delta\leqslant\pm12.0\%$

相对标准差 $e_r\leqslant14.0\%$

附录 D 测试记录表格

D.0.1 回弹法测强记录表

回弹法测强记录表

工程名称　　浇筑日期：　年　月　日

构件名称　　测试日期：　年　月　日

测区	回弹值								平均值	角度修正	碳化深度（mm）	强度推定值（MPa）	说明
	1	2	3	4	5	6	7	8					
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													

检测单位　　试验者　　记录者　　审核者

D.0.2 超声回弹法测强记录表

超声回弹法测强记录表

浇筑日期：　年　月　日

工程名称

测试日期：　年　月　日

构件名称

测区	回弹值								回弹平均值	声时（μ）		声速平均值（m/s）	强度推定值（MPa）	说明
	1	2	3	4	5	6	7	8		单个值	平均值			
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

检测单位　　试验者　　记录者　　审核者

D.0.3 超声波测试记录表

超声波测试记录表

工程名称　　浇筑日期：　年　月　日

构件名称　　测试日期：　年　月　日

测点编号	测距（m）	声速（m/s）	振幅（mm）	频率（Hz）	描述

D.0.4 芯样强度记录表

芯样强度记录表

构件名称：　　测试日期：　年　月　日

浇筑日期：　年　月　日

工程名称					
芯样部位		长度（cm）		数量（个）	

测量试件尺寸记录表

试件编号	试件尺寸（mm）				说明
	直径	高度	垂直度	不平整度	
1					
2					
3					
4					
5					

混凝土配合比

强度等级	水泥用量（Kg/M³）	用水量（Kg/M³）	水灰比	外加剂		掺合物		配合比
				品种	掺量	品种	掺量	

外观描述：

试件编号	1	2	3	4	5	均值
极限荷载（KN）						
抗压强度（MPa）						
强度代表值						

检测单位　　试验者　　记录者　　审核者

附录E　本规程用词说明

E.0.1　执行本规程有关条文时，对于要求严格程度用词说明如下：

(1)表示很严格，非这样做不可得用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

(2)表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(3)表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词：

正面词可采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

E.0.2　条文中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为：“应按…执行”或“应符合…要求或规定”。

天津市工程建设标准

结构混凝土实体检测技术规程

DB/T29-148-2005

J 10594-2005

条文说明

目 次

1 总则 …… (87)
2 术语 …… (89)
3 基本规定 …… (90)
4 混凝土拌合物质量的检测 …… (92)
5 混凝土生产过程中的质量检测 …… (94)
6 结构混凝土实体质量检测 …… (96)
7 结构混凝土实体强度检测 …… (98)
8 混凝土实体质量评估 …… (99)

1 总 则

浇筑混凝土结构或构件已逐步形成由预拌混凝土工厂生产混凝土拌合物和工程企业浇筑的分工负责局面，这样就需要建立适应这种局面的混凝土质量检测体系。结构混凝土实体检测技术规程就是为混凝土工程质量检测体系奠定基础的一本规程。基次目的，结构混凝土实体检测应由混凝土拌合物质量检测和结构中硬化混凝土质量检测两部分组成，成为混凝土工程质量检测体系。

检测混凝土拌合物质量，一般采用坍落度试验，用坍落度的试验来反映混凝土拌合物的质量。业已证实，坍落度试验与混凝土拌合物的屈服值具有良好的相关关系。基于目前我国泵送混凝土技术获得了较快的发展，大流动性混凝土拌合物的稠度用坍落度试验就不怎么灵敏了，需要探求新的测试技术来反映大流动性混凝土拌合物质量，实属必需。基于此，根据混凝土流变学理论，以宾汉姆体模型为依据，测定模型中两个流变学参数，即直线与应力轴的交点值σ_y，称为屈服值；直线的斜率 η，称为塑性黏度(变形速度)值。前者用坍落度试验完成；后者可用坍落度试验的试样，待其塌陷稳定后，测定扁平圆形直径的最大值和最小值，求二值平均值，即位扩展度值。由此可见，扩展度值是反映作用应力与流变速度之间关系的参数。从实验中证实，当混凝土的塑性黏度越大，变形时间越长，越不容易流动。基于宾汉姆体模型理论，通过金皇大厦、信达广场两座超高层建筑物为实验场地，研究测定大流动性混凝土拌合物的屈服值和塑性黏度两个参数的方法。试验结果证实，采用坍落度试验测定屈服值和坍落度试验完毕后试样塌陷稳定后的扩展度，根据扩展度和坍落度比值控制大流动性混凝土质量是可行的。

结构中硬化混凝土质量的检测，一般采用非破损方法或微破损方法测定结构中硬化混凝土的物理力学特性，通过数理统计方法，将这些物理力学特性数据转化成推断结构中混凝土缺陷和混凝土强度。用非破损方法或微破损方法检测结构中混凝土实体质量的技术发展较快，各国根据自己的国情，制订了规程和标准，在推广和应用。但在实用中亦存在不少问题，其焦点是测试误差。

基于上述分析，必须规范这些检测结构混凝土实体检测技术的测试方法，缩减测试误差，提高测试精度和技术水平，保证混凝土工程质量的检测。

鉴于本规程是天津市工程建设标准，因此适用于天津市行政区域内的工程建设。关于混凝土强度等级限于 C30 以上的混凝土，主要是考虑规程的特点和它的经济效益。

1.0.3　条的条文建立于天津工程建设标准基本形成商品混凝土和施工企业的分工负责的生产局面，为能适应这种局面，所以对搅拌站和施工企业提出了相应的规定和要求。

本规程的主要技术指标取自《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》GB500204、《混凝土质量控制标准》GB50164 及《混凝土强度检验评定标准》GBJ10 等标准和规范，目的是协调这些规范和标准相互衔接。

2 术语

本节所给予的术语可分为两类：一类为混凝土实体检测，这类术语与有关标准一致，如检测批；另一类是本规程检测用的专用术语。从本标准的角度赋予其涵义，但涵义不一定是术语的定义，如高强度回弹议。

3 基本规定

3.1 一般要求

本节用的条文概括了规程的共性，即：

（1）工程检测由委托方委托有检测能力的检测单位承担。检测能力是指检测人员素质和检测设备精度。

（2）检测方法是以数理统计为基础的抽样检验，抽样就是在划分的检测批中抽取一定数量的构件组成样本，用样本质量推测检测批质量。为能保证样本质量，在抽取样本时要保证随机性、科学性和代表性。样本容量一般为检测批总量的 30% 。

（3）检测步骤如下：

1）初检：在检测批中随机抽取 30%混凝土结构或构件组成样本，进行初步检测。

2）复检：当初步检测完毕后，出现有不合格的混凝土结构或构件，应在剩余的混凝土构件总数中再抽取 30%的混凝土结构或构件组成复检样本进行复检。

3）全检：当复检完毕后，在复检样本中仍出现不合格者，则检测全部剩余混凝土构件。按单个构件判定方法进行逐个判定。

3.2 收集基本资料

本节是检测前的准备工作，对检测对象必须有一个基本了解，做到有的放矢。

3.3 检测方案的内容

本节是根据委托方对检测项目的要求，结合收集到的基本资料进行分析，在这基础上编制检测方案。检测方案是检测的技术依据，是判定混凝土工程质量的依据。

3.4 实体混凝土检测方法

本规程中指的实体混凝土检测方法是指混凝土拌和物质量的检测方法和硬化混凝土质量的检测方法以及它们的各自标准。

3.5 技术能力核查

本节为实施总则中 1.0.3 的条文具体化。

3.6 编制检测报告

本节是对编制检测报告的要求。

4 混凝土拌合物质量的检测

4.1 组成材料质量的检测

4.1.1 水泥进入搅拌站时，应根据水泥厂的产品合格证检查其品种，强度等级，尽快按批量进行复验。其质量标准应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB175 和《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》GB1344 及《中热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥》GB200 等的规定，这是强制性条文，应严格执行。

作为检测机构应强调其使用条件。安定性和强度等级是水泥的重要指标，复验后的数据可作为检测判定的依据。使用 3d 强度推定 28d 强度，国内外已确认并列入水泥规范。而且具有时效性，易于推行。因此确定对这两项指标进行抽验。是能满足施工要求。

4.1.2 细骨料的质量指标应满足现行国家行业标准：《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》JGJ52 的规定。

细骨料的细度模量和含泥量是影响砼强度及性能的重要因素。因此定为检测的指标。细骨料中泥块含量对高强、高性能砼的影响较大，故配制高强、高性能砼时，增加泥块含量的抽测。

4.1.3 粗骨料的质量指标应满足现行国家行业标准：《普通混凝土碎石或卵石质量标准及检验方法》JGJ53 的规定。用于配置泵送混凝土应遵守《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T10 的规定；用于配置高强混凝土尚应遵守《高强混凝土结构技术规程》CECS104 的有关规定。

粗骨料的筒压强度、含泥量、针片状含量对强度较高的砼质量具有较大影响，因此强调了作粗骨料的筒压强度、含泥量、针片

状含量的抽测。

4.1.4　外加剂的质量应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB119 和《混凝土外加剂标准》GB8076 等和有关环境保护的规定外，与水泥和其他外加剂是否相容，对砼的施工性能具有较大影响，故规定必须作相容性试验。

4.1.5　掺合料的质量指标除应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》（GB1596）、《用于混凝土和砂浆中粒化高炉矿渣微粉》（GB31）等相关规程的规定外，细度与其活性关系较密切，对混凝土的拌合物性能和耐久性均具有一定影响。故应对细度进行抽验。同样粉煤灰还应作烧失量抽验。粉煤灰需水比影响混凝土的水灰比，故在对水灰比要求严格的高强、高性能混凝土用粉煤灰要抽验需水比。

4.1.6　混凝土中氯离子和碱含量的大小对砼的耐久性具有较大影响，应抽测这两项指标。

4.2　混凝土配合比的确定方法

4.2.1　混凝土配合比设计应遵照国家现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55 的规定。

4.2.2　混凝土的抗压强度、塌落度和含气量指标是设计、施工和混凝土耐久性能的要求，大流动度混凝土的扩展度与塌落度的比值是本规程中衡量混凝土工作性能的重要指标，所以塌落度超过 160mm 的混凝土还应作扩展度检验。

4.2.3　混凝土的塌落度受“经时”损失较大时，会影响泵送。为确保混凝土水灰比不变，可采用同配合比的外加剂调整，其掺量应经试验确定。

4.2.4　免振混凝土和钢管混凝土均需借助混凝土的重力作用和流动能力达到浇筑密实，而流动能力的主要指标是混凝土的扩展度。

5 混凝土生产过程中的质量检测

本章是对混凝土生产过程中质量的检测，目的是能掌握混凝土拌合物在生产过程中质量的变化，及时将混凝土拌合物调整到符合标准；其次，按照《混凝土强度检验评定标准》在混凝土浇筑地点制作混凝土试件评定混凝土强度。

5.1 节，混凝土搅拌前检查，分二条编写。

（1）检查搅拌站：

1）核实搅拌站计量器具的认证和技术状态，生产设备的运行状态。

2）原材料的鉴定报告与现场应用的原材料是否相符；原材料的储存量能否满足施工的需求。

（2）检查施工企业：

1）施工方案中对混凝土质量的要求与相关规范的一致性。

2）施工人员的技术素质和检验设备的技术状态。

5.2 节，测定混凝土拌合物的稠度，制作一定数量的混凝土力学性能试件。目的是当判定混凝土强度不合格时，或出现混凝土质量事故时，可作分析用。

5.3 节，混凝土运输，推荐采用混凝土搅拌运输车，目的是使混凝土拌和物不离析，保证浇筑质量。

5.4 节，本节的内容主要对混凝土实体检测人员的要求，如测定混凝土坍落度、扩展度的间隔时间和对制作混凝土试件的要求等。对施工人员的要求在现行行业标准：《混凝土泵送施工技术规程》JTJ/T10 已作详细规定，在条文中不再赘述。

5.6 节，季节施工一节，对冬期施工我国已制定相应的规程，只要按照规程的规定施工即可。

夏季施工目前尚无规程可遵循，参照美国标准 ACI 对夏季施工的要求，制订了 5.6.2 条的夏季施工的措施。

6 结构混凝土实体质量检测

1、混凝土实体质量检测分类和测试方法：

结构混凝土实体质量是指混凝土结构或构件的表观质量和内部质量。表观质量检测可采用视感检查和应用简易的测试工具，对出现的可见缺陷进行测试。测试结果应描绘于结构示意图上，作为判断混凝土表观缺陷的依据。内部质量是用混凝土超声波检测仪探测混凝土内部缺陷，其结果可供设计对工程质量的验算依据。

2、探测混凝土内部缺陷的方法：

超声波法检测混凝土内部缺陷在国内外是一种较为成熟的检测方法，并根据自己的国情制订了相应的标准和规范。

超声波法检测混凝土内部缺陷的基本原理，是由超声波仪产生的声波，在混凝土内传播。当若遇到缺陷时，声波就会产生绕射、反射、折射和散射等物理现象。这些物理现象就会出现声时值延长、振幅缩减（振动能量损耗）和波形不正常等三个声学参数的变化，依据这三个声学参数的变化，即可综合分析和判断混凝土内部缺陷的性质。

混凝土缺陷的检测方法是根据检测原理制定的，如对测法、斜测法和汇交法。通过这三种测试方法可从缺陷的不同位置、不同角度进行反复检测，将测得的测试数据进行统计分析，以此推定混凝土的缺陷。必要时可用取芯法验证。

混凝土缺陷是在检测混凝土均匀性过程中发现，所以在检测混凝土均匀性时，应注意上述三个声学参数的变化，识别缺陷可疑值和警告值。用粗大误差的鉴别方法，鉴别缺陷值。

3、特殊混凝土构件的检测方法：

灌注桩混凝土和钢管混凝土检测具有一定的特殊性，因为这些混凝土均属于隐蔽工程，不能直接用视感观察来分辨。如灌注桩用预埋声测管组成超声波测点；钢管混凝土，在钢管上布置混凝土测点，达到测定实体混凝土质量。

4、超声波法检测混凝土裂缝实质上是裂缝深度的检测，根据超声波仪检测的能力将裂缝深度划为深层裂缝和浅层裂缝。

7　结构混凝土实体强度检测

我国现行国家标准:《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204—2002 中规定:“对混凝土结构安全的重要部位进行结构实体检验,它包括混凝土强度、钢筋保护层厚度等。”因此须进行结构混凝土实体强度的检测。

目前,检验结构混凝土实体强度的方法较多,现被建设部、交通部和水利部认可采用的方法是取芯法、回弹仪法和超声回弹综合法等非破损或微破损检测方法。在国际标准中已确认结构混凝土强度是以芯样强度为代表。在我国回弹仪法和超声回弹综合法均被订为国家行业标准(推荐性规程),用这两种方法推定的混凝土强度,可作为检验混凝土强度的依据。

取芯法中的轻便型取芯机和切割机是天津港湾工程研究所和天津市建筑仪器厂共同研制而成,因此对这两种技术要求写入了本规程的条文。芯样试件强度是按国际标准规定,并经我们试验研究证实,亦写入本规程:

1)标准芯样试件强度:Φ100mm(直径)×100mm(高度)的芯样试件强度,相当于边长 150mm 立方体试件强度。

2)不同高径比的换算系数。经天津港湾工程研究所和河海大学共同试验研究取得的换算系数亦列入了本规程。

3)根据超高层建筑钢筋密集的特点,将小芯样试件(Φ55mm)亦列入了本规程。

4)考虑混凝土生产技术水平的发展和提高,将高强度回弹仪和重型回弹仪的应用亦列入了本规程。

8 结构混凝土实体质量评估

结构混凝土实体质量评估分为混凝土拌合物质量评估、结构混凝土实体质量评估和结构混凝土实体强度的评估三部分。结构混凝土实体质量又分为表观质量和内部质量，统称为结构混凝土质量评估。

（1）混凝土拌合物质量评估

1）本规程所指的混凝土拌合物质量是指泵送混凝土的流动性和大流动性混凝土，质量指标是坍落度和扩展度。实践证明，当坍落度值≤160mm 时，可用坍落度值表示。当坍落度值≥160mm 时，用坍落度值表示就不够灵敏了，须测定扩展度值。测定方法是当坍落度值测定完毕后，试样塌陷稳定后，用量尺测量其试样扩展直径的最大值和最小值，计算二值的平均值，即为扩展度值。用扩展度和坍落度的比值控制混凝土拌合物的稠度。

2）混凝土试件强度评定

混凝土试件强度的评定按国家现行标准：《混凝土强度检验评估标准》GBJ107—87 规定的方法评定，作为混凝土拌合物的质量依据。

（2）结构混凝土实体质量评估

1）表观质量评估按国家现行标准：《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 规定的标准评估。

2）内部质量评估

①本条的编制的依据是：

A 总结了天津港湾工程研究所 40 多年来混凝土缺陷检测技术的室内研究成果和工程检测经验；

B 根据近 30 多年来天津港湾工程研究所参与国家建委制订的《混凝土非破损检测技术研究》课题的研究成果；

C 结合青岛红星大坞、山海关船厂大坞、葛洲坝水利枢纽工程和天津国际大厦超高层等混凝土工程的检测经验 。

D 参考了 1969 年由琼斯(R·Jone)和格瓦洛(I·Fǎcǎoru)应国际材料结构试验室协会无损试验委员会(RILEM/NDTI)的要求编写的《超声波法进行混凝土质量检验》(建议)。

E 参考了国际混凝土非破损检测技术协会召开的国际学术会议中,有关对混凝土非破损检测技术的成果。

②在本节中提出了混凝土均匀性的判定标准,采用了平均声速值 mv 和变异系数 δv 两个参数衡量混凝土的离散程度,即混凝土的均匀性。

③在鉴别混凝土缺陷时,采用了:

A 肖维纳准则判为混凝土缺陷可疑值;

B 用格罗布斯准则判为混凝土缺陷警告值。

(3)结构混凝土实体强度评估

1)结构混凝土实体强度检测采用非破损方法或微破损方法,在国际标准中规定,结构混凝土实体强度是以芯样试件强度为代表。

2)我国建设部编制的回弹仪法和超声回弹法推定的混凝土强度相当于边长 150mm 立方体试件强度,允许测试误差 14%。

3)天津港湾工程研究所和河海大学对结构混凝土实体强度进行了较为系统的研究,提出了规程中混凝土强度的判定方法。