

# 目 录

1 工程概况.....	错误! 未定义书签。
2 检测技术标准.....	2
3 检测原理.....	2
4 检测仪器与测线布置.....	3
4.1 检测仪器.....	3
4.2 测线布置.....	3
5 声波 CT 的混凝土质量评价方法.....	5
5.1 声波 CT 的混凝土质量评价方法.....	5
6 检测结果.....	6
6.1 E3 .....	7
6.2 E16 .....	8
6.3 W1 .....	9
6.4 W2 .....	9
6.5 W5 .....	10
6.6 W6.....	错误! 未定义书签。
6.7 W9.....	错误! 未定义书签。
6.8 W15.....	错误! 未定义书签。
6.9 W17.....	错误! 未定义书签。
6.10 W19.....	错误! 未定义书签。
7 结论: .....	11

## 2 检测技术标准

本次检测工作主要执行的技术标准为：

《建筑结构检测技术标准》（GB/T50344-2004）

《超声波法检测混凝土缺陷技术规程》（CECS21:2000）

## 3 检测原理

声波 CT 的工作原理与医学 CT 类似，医学 CT 是利用 X 射线穿透人体，通过射线强度衰减的观测对人体组织成像。声波 CT 是利用声波穿透混凝土，通过声波走时和能量衰减的观测对混凝土的内部结构成像。声波在穿透混凝土时，其速度快慢与介质的弹性模量、剪切模量、密度有关。介质密度大、强度高的其模量大，波速高、衰减小；破碎疏松介质的波速低、衰减大；波速可作为混凝土强度和内部缺陷评价的定量指标。

根据弹性理论，弹性模量  $E$  与纵波速度  $V_p$  的平方成正比，剪切模量  $\mu$  与横波速度  $V_s$  的平方成正比。

$$E = \rho V_p^2 \quad \mu = \rho V_s^2 \quad \text{式中 } \rho \text{ 为介质密度}$$

国内外对纵、横波速与混凝土抗压强度之间的相关关系有很多专门的研究和系统的试验。根据大量的试验数据回归，抗压强度与波速呈幂指数关系。不同地区由于使用骨料与砂的差异，幂指数中待定常数的数值会略有差异，但差异不大。

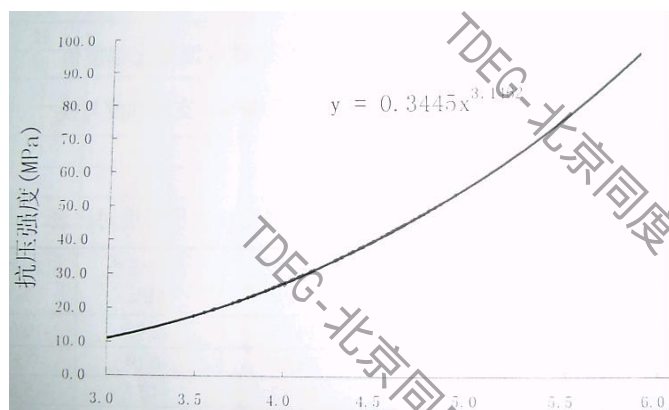


图1 混凝土抗压强度与波速的试验关系

波速可以作为混凝土抗压强度和缺陷评价的定量指标，用于混凝土浇

筑质量的评价。强度与波速的对应关系可以通过现场的试块强度与波速试验数据来确定。声波 CT 特别适用于研究工程介质力学强度的分布，在工程检测中常被用来探查混凝土强度、空洞、不密实区等结构缺陷。声波 CT 具有分辨率高、可靠性好、图像直观的特点，已被越来越广泛地应用于工程结构检测和工程病害诊断中。

## 4 检测仪器与测线布置

### 4.1 检测仪器

本次检测采用北京同度工程物探技术有限公司开发的声波 CT 检测仪，BCT 仪器系统。该套仪器包括主机与检波器电缆。采样频率最大 1.25Mhz，16 位 A/D；检波器串有 16、32 通道，频带为 20-16Khz，检波器间距 10cm。目前的指标处同类仪器最高水平。



图 2 BCT 检测系统主机与检波电缆

分析软件采用北京同度工程物探技术有限公司自主开发的工程 CT 分析软件系统。具有走时读取、延时校正、射线追踪、速度计算等模块。

### 4.2 测线布置

对于每个检测的钢管柱选取一个截面。在截面上布设检测排列。接收点、激发点的布设间距为 10cm，具体见图 3。在接收点布设好之后，激发点依次激发形成一系列纪录。

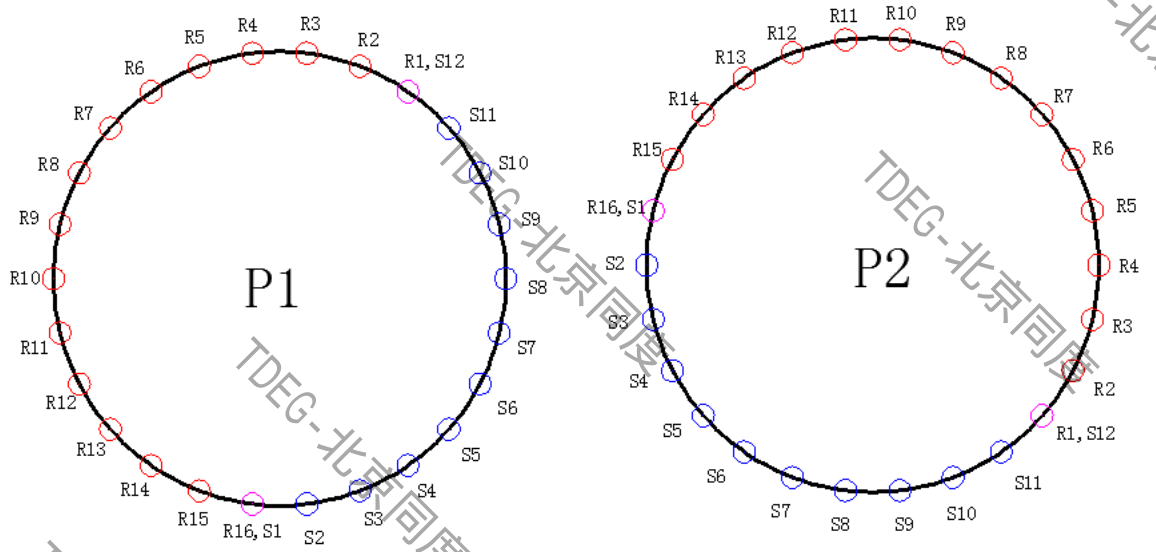


图 3. 观测系统图，R 为接收点位置，S 为激发点位置

从激发点到检波点构成了穿过检测区域的射线。在 CT 计算中,每个检测面的射线密度和正交性代表着计算结果的可靠性, 密度过低或者正交性过小的区域其计算结果可信度降低。此次检测的射线密度和射线正交性均满足条件。

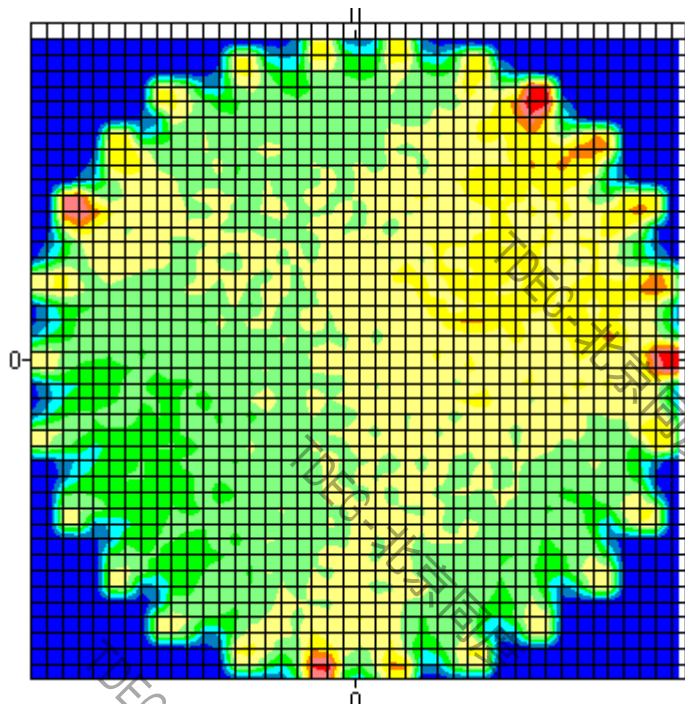


图 4. CT 截面的射线密度分布图

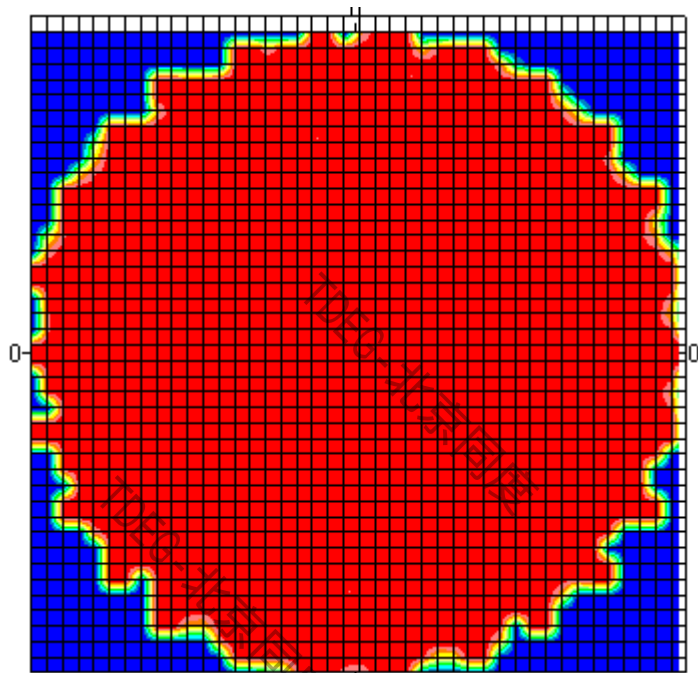


图 5. CT 截面的射线正交性分布图

## 5 声波 CT 的混凝土质量评价方法

### 5.1 声波 CT 的混凝土质量评价方法

根据前述研究，声波速度可以作为混凝土浇筑质量评价的依据。混凝土的波速是分布参数，不同部位波速不同，因而需要选定几项统计参数作为混凝土质量评价的指标。根据目前的研究结果与实际应用的方便，通常选择下列 3 个参数作为混凝土质量评价的定量指标。它们分别为平均波速  $V_a$ 、波速离散度  $R_b$  以及内部缺陷。

#### (1) 平均波速

梁板的平均波速  $V_a$  是表征平均强度的重要指标；它用来衡量平均强度是否达到设计标准。平均波速计算公式如下：

$$V_a = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M V_j$$

其中  $V_j$  为 CT 剖面内单元节点位置的波速， $M$  为剖面内单元节点总数。

#### (2) 波速离散度

波速离散度  $R_b$  定义为速度均方差与平均波速的比值，它是表征梁板浇筑质量离散性大小的重要指标。离散度大表示浇筑质量不均匀，混凝土密

实性差异较大，受力时易造成应力集中。反之，离散度小说明浇筑质量均一。CT 剖面的波速的离散度由下式计算：

$$R_b = \frac{\sigma}{V_a} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (V_j - V_a)^2}{M}}$$

### (3) 结构缺陷

结构缺陷是指混凝土结构内部存在的疏松、脱空区，在 CT 图像中表现为波速低于 2000m/s 的异常区，它在混凝土内形成薄弱面，使承载力降低。

## 6 检测结果

现场柱按自北向南次序编号，分别为 1、2、3、4...；钢管柱有两排，西排的编号前冠以“W”前缀，东排的冠以“E”前缀。钢管柱编号与位置关系如下表。本次检测指定了 9 根钢管柱。

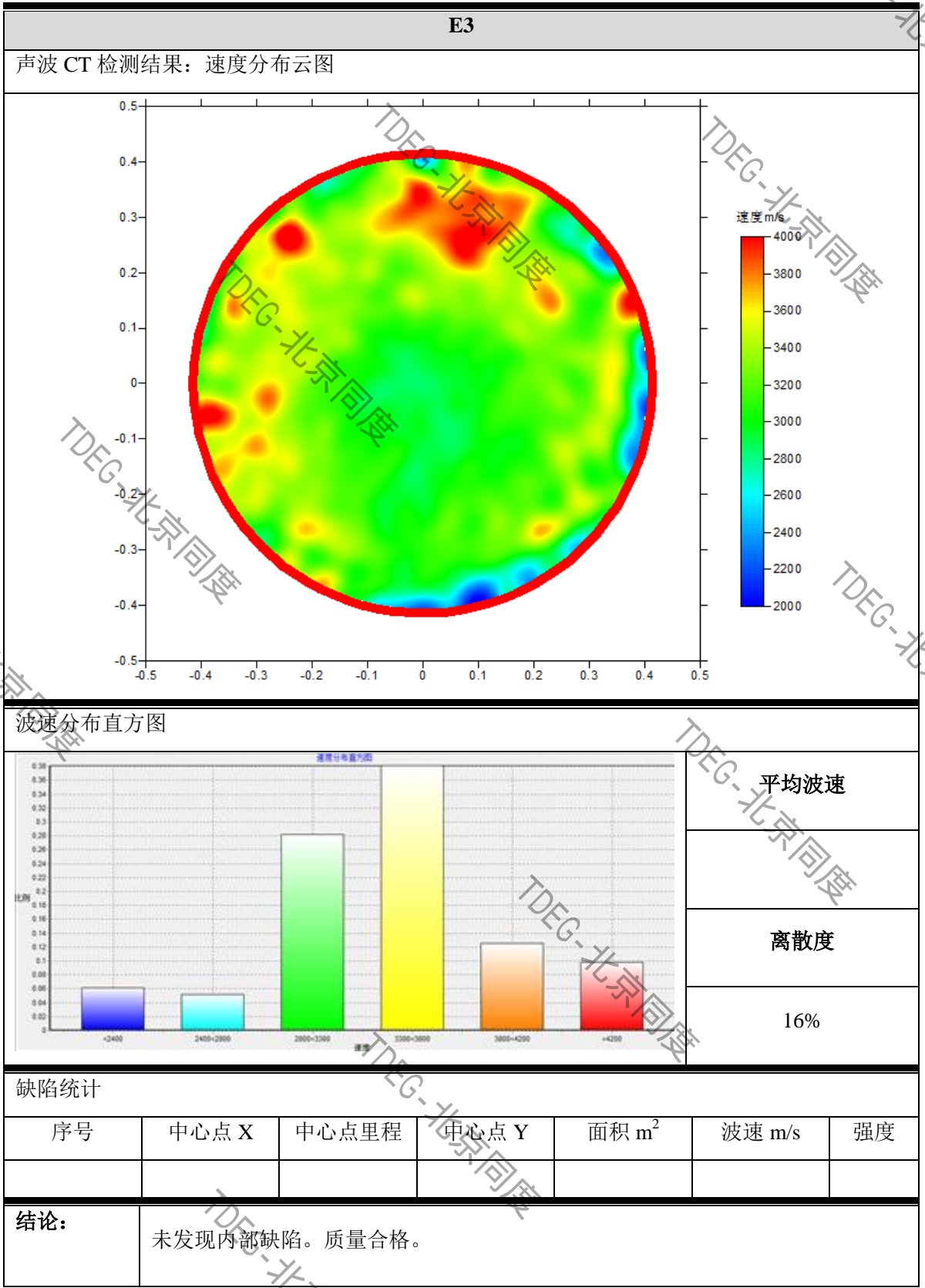
钢管柱编号与位置对应表

表 1

编号	横向轴号	纵向轴号
E3	11 轴	B 轴
E16	1/8 轴	B 轴
W5	9 轴	C 轴
W6	8 轴	C 轴
W9	5 轴	C 轴
W15	1/9 轴	C 轴
W17	1/7 轴	C 轴
W19	1/5 轴	C 轴

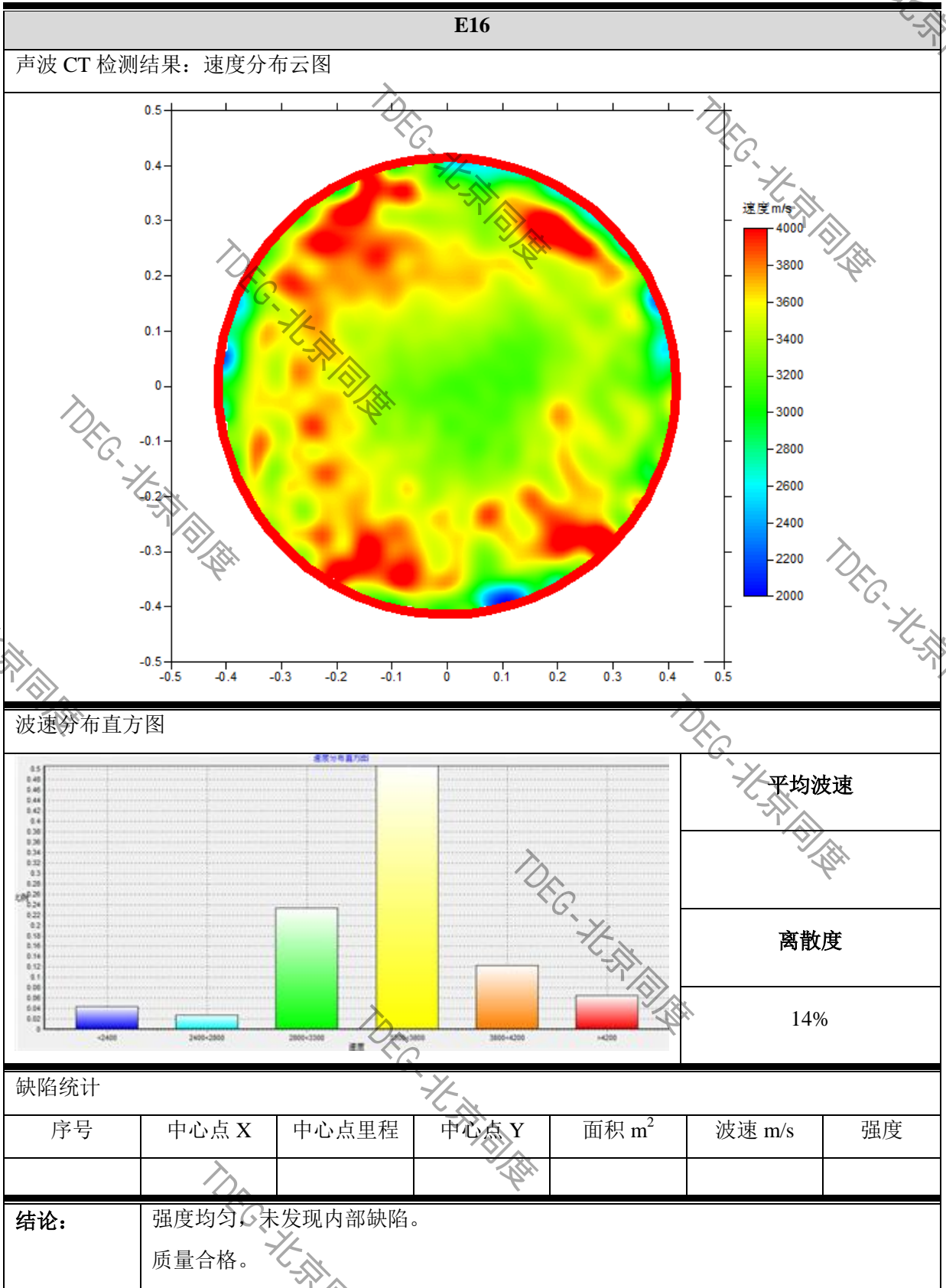
钢管柱混凝土强度的评价有同期试样的实验数据，本次检测的重点是混凝土的内部缺陷。现分述各钢管柱混凝土质量的检测结果。其中 CT 截面图的方位下方为北，上方为南，左东右西。

## 6.1 E3



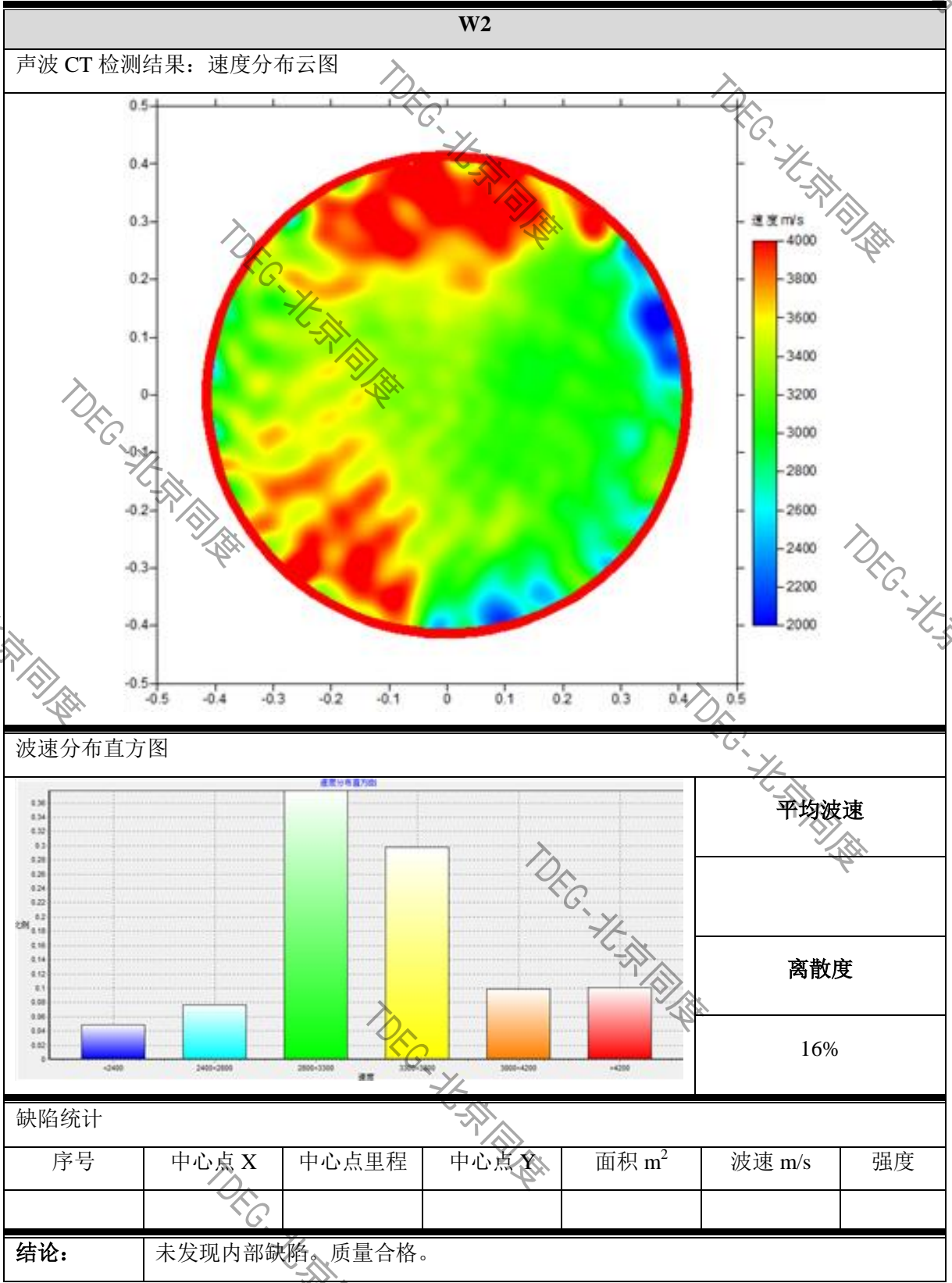


## 6.2 E16

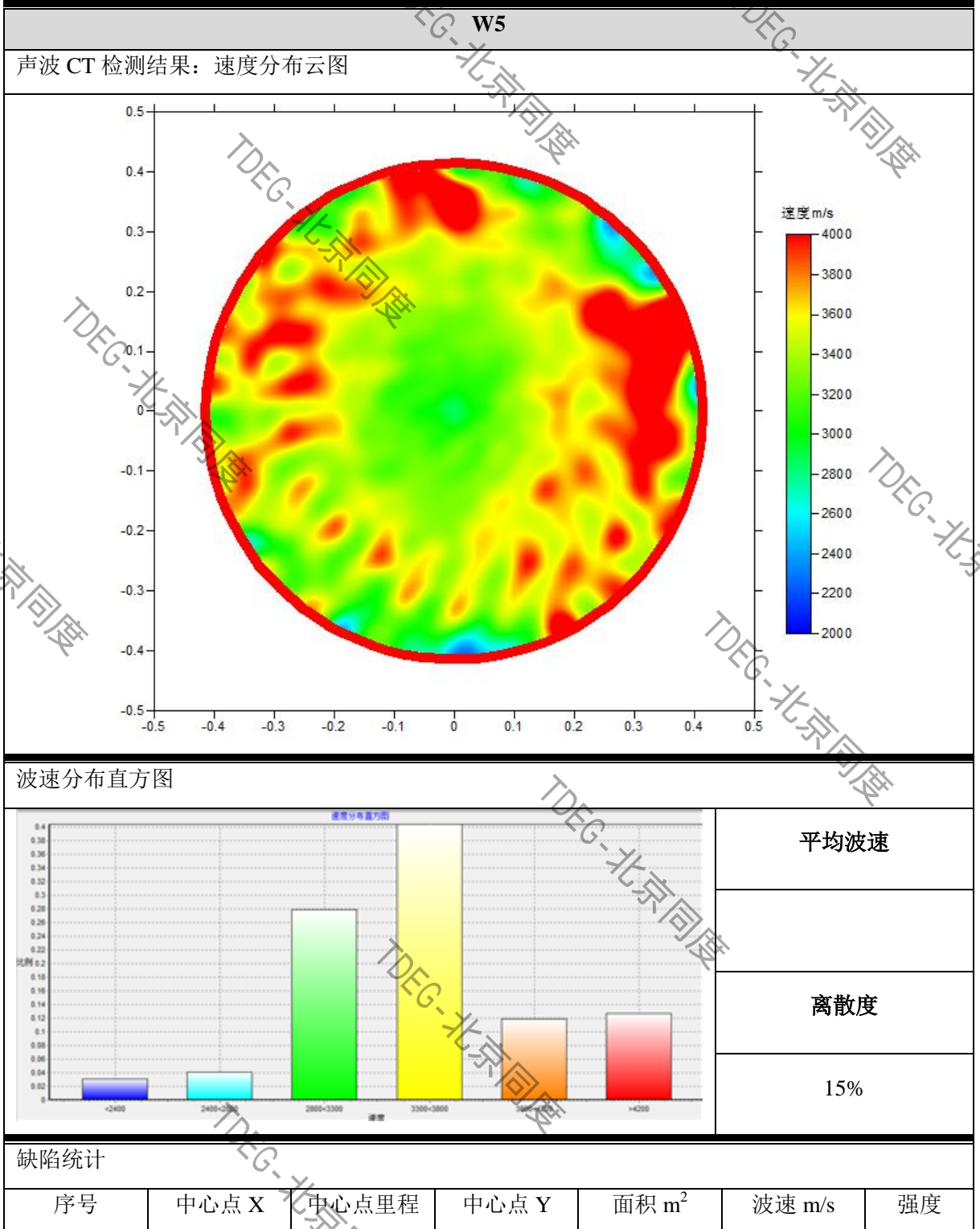




### 6.3 W2



## 6.4 W5



结论:	强度均匀, 未发现内部缺陷。质量合格。					

## 7. 结论:

本次使用声波 CT 技术检测了 9 根钢管混凝土柱, 管内混凝土较均匀。  
检测结果均为合格。