

ICS 75.140
E 43

DB 14

山 西 省 地 方 标 准

DB 14/T 1109—2015

**桥梁预应力孔道注浆密实性无损检测
技术规程**

2015 - 12 - 30 发布

2016 - 01 - 30 实施

山西省质量技术监督局

发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和符号.....	1
4 基本规定.....	3
5 常用检测方法.....	4
6 注浆密实性评价.....	8
附录 A（规范性附录） 桥梁预应力孔道注浆密实性无损检测流程图.....	10
附录 B（资料性附录） 桥梁预应力孔道注浆密实性无损检测现场记录表.....	11
参考文献.....	15

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由山西省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：山西省交通科学研究院、桥梁工程防灾减灾山西省重点实验室、黄土地区公路建设与养护技术交通行业重点实验室、四川升拓检测技术股份有限公司、内蒙古自治区交通建设工程质量监督局。

本标准主要起草人：韩之江、谢立安、刘志华、汪永强、吴佳晔、张勇、张俊光、刘永、支守根、丁亚会、乔文庭、于晓光、哈图、王志勇、路正明、赵雷、何国花、寇伟、毛敏、陈栋栋、申雁鹏、郭文龙、吕立宁、卢鹏、赵文溥、汪贤安、刘建勋、郑彪、王磊、郭学兵、王望春、赵学峰、刘媛媛、傅莉、赵芳。

桥梁预应力孔道注浆密实性无损检测技术规程

1 范围

本标准规定了桥梁预应力孔道注浆密实性无损检测的术语、定义和符号、基本规定、常用检测方法和注浆密实性评价。

本标准适用于公路桥梁有粘结预应力孔道注浆密实性的无损检测，其它铁路桥梁、市政桥梁及有粘结预应力构件孔道注浆密实性的无损检测可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GJB 1805-1993 数据采集设备通用规范

JJG 338-2013 电荷放大器

JB/T 6822-1993 压电加速度传感器

3 术语、定义和符号

3.1 术语、定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

注浆缺陷

有粘结预应力孔道内无注浆材料，或影响注浆材料发挥其作用的不密实区及空洞等。

3.1.2

冲击回波法

在构件表面利用瞬时机械冲击产生低频的应力波，应力波传播到结构内部，遇到波阻抗有差异的界面（如构件底面或缺陷表面）时被反射回来，并在构件表面、内部缺陷表面和构件底部之间来回反射产生纵波共振，通过测试冲击弹性波引起的振动主频率来确定构件厚度及其内部缺陷位置的方法。

3.1.3

冲击弹性波定性检测法

利用外露的预应力钢束两端分别进行激振和接收信号，通过分析信号传播过程中能量、波速及频率等参数的变化，定性判定预应力孔道整体注浆密实性的方法。

3.1.4

冲击回波定位检测法

沿预应力孔道方向，以扫描形式逐点进行激振和接收信号，通过分析信号传播过程中预应力孔道及构件对面处反射信号的传播时间，定量判定预应力孔道各位置处注浆密实性的方法。

3.1.5

X射线法

利用X射线透射性能对预应力孔道各位置处注浆密实性进行定量检测的方法。

3.1.6

内窥镜法

借助光学仪器内窥镜对预应力孔道各位置处注浆密实性进行定量观测的方法。

3.1.7

综合注浆指数

冲击弹性波定性检测法得到的用于反映预应力孔道整体注浆密实性的相对指标。

3.1.8

黑度

X射线法得到的用于反映被检测构件密实性对应的色度。

3.1.9

最长注浆缺陷长度

预应力孔道内单个注浆缺陷的最大连续长度。

3.1.10

注浆不密实度

预应力孔道内累计注浆缺陷长度占孔道总长的比值，常用百分数表示。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

I_T ——综合注浆指数；

I_{EA} ——全长衰减法分项注浆指数；

I_{PV} ——全长波速法分项注浆指数；

I_{TF} ——传递函数法分项注浆指数；

L ——预应力孔道总长；

L_{max} ——最长注浆缺陷长度；

L_{sum} ——累计注浆缺陷长度；

t ——冲击回波实际传播时间；

t_z ——正常混凝土区域无预应力孔道位置处冲击回波的标定传播时间；

t_w ——正常混凝土区域预应力孔道未注浆位置处冲击回波的标定传播时间；

β ——注浆不密实度。

4 基本规定

4.1 检测方法及选定原则

4.1.1 本规程所涉及的检测方法包括冲击回波法、X射线法、内窥镜法。检测方法应根据检测目的和工程需要按表1规定的检测内容确定。

表1 检测方法一览表

检测方法		检测内容
冲击回波法	冲击弹性波定性检测法	定性判定预应力孔道整体注浆密实性
	冲击回波定位检测法	定量判定预应力孔道各位置处注浆密实性
X射线法		验证判定预应力孔道各位置处注浆密实性
内窥镜法		验证判定预应力孔道各位置处注浆密实性

4.1.2 对于桥梁预应力孔道注浆密实性无损检测，应首先采用定性法进行检测，当孔道注浆缺陷指标超出规定标准时，应采用定量法进行检测，必要时可采用内窥镜法进一步验证。

4.2 检测仪器与设备

检测仪器设备中的计量器具应定期进行检定。

4.3 检测方式与数量

4.3.1 抽检方式

4.3.1.1 对于预制的预应力混凝土梁（板）桥，应采用随机方式抽取预制梁（板）；对于现浇的预应力混凝土梁（板）桥，应采用随机方式抽取预应力孔道。

4.3.1.2 当预制梁（板）或预应力孔道有下列情况之一时，应优先抽检：

- a) 注浆过程中注浆机出现故障或注浆材料发生初凝。
- b) 注浆过程中发生堵塞。
- c) 曲率半径较小。
- d) 其它认为有必要检测的情况。

4.3.2 抽检数量

4.3.2.1 对于新建桥梁：

- a) 装配式预应力混凝土梁（板）桥，定性抽检梁（板）数不应少于预制梁（板）总数的10%，且每座桥梁不应少于3片。每片受检梁（板）的所有预应力孔道均应进行检测。
- b) 现浇预应力混凝土梁（板）桥，预应力孔道抽检数不应少于孔道总数的5%，且不应少于5束。
- c) 当以综合注浆指数 I_f 判定注浆密实性等级III、IV类占抽检总数50%及以上时，应采用定性法双倍抽检。若仍出现上述情况时，则应全检。
- d) 如工程建设相关单位有检测方法选用和检测频率规定时，依其规定执行。

4.3.2.2 对于已建成桥梁，根据实际情况确定。

4.4 检测前的准备

4.4.1 调查工程现场，收集工程设计图纸、制孔工艺、注浆资料、施工记录等，了解预应力孔道位置走向、注浆工艺及注浆过程中出现的异常情况。

4.4.2 依据检测目的和调查结果合理选用检测方法，编制检测方案。

4.4.3 检测时间应在注浆材料强度达到设计强度的 80%后进行。

4.5 检测流程

桥梁预应力孔道注浆密实性无损检测流程详见附录A。

5 检测报告

5.1.1 检测报告应用词规范，结论明确。

5.1.2 检测报告应包括工程概况、检测原因、检测日期、检测目的、检测依据、检测方法、检测仪器设备、抽检方式、抽检数量、检测数据分析与判定、注浆密实性评价。

6 常用检测方法

6.1 冲击回波法

6.1.1 适用范围

6.1.1.1 冲击弹性波定性检测法用于对预应力孔道整体注浆密实性的定性判定，适用于孔道两端裸露出预应力锚具和钢束端部的预应力孔道。

6.1.1.2 冲击回波定位检测法用于对预应力孔道各位置处注浆密实性的定量判定，应满足下述条件：

- a) 在冲击回波传播方向只有一束的预应力孔道。
- b) 孔道走向及位置能够测定的预应力孔道。
- c) 测试表面规则平整或可打磨成规则平整构件内的预应力孔道。
- d) 厚度不超过 80cm 构件内的预应力孔道。

6.1.2 工作原理

6.1.2.1 冲击弹性波定性检测法：包括全长衰减法、全长波速法与传递函数法。

- a) 全长衰减法：根据冲击弹性波在传播过程中的能量衰减来判定预应力孔道整体的注浆密实性。若孔道整体注浆密实性较好，则能量在传播过程中逸散多、衰减大、振幅比小；相反，若孔道整体注浆密实性较差，则能量在传播过程中逸散少、衰减小、振幅比大。检测结果以全长衰减法分项注浆指数 I_{EA} 来量化表达。
- b) 全长波速法：根据冲击弹性波在传播过程中的波速大小来判定预应力孔道整体的注浆密实性。若孔道整体注浆密实性较好，则波速在传播过程中接近混凝土波速；相反，若孔道整体注浆密实性较差，则波速在传播过程中接近钢绞线波速。检测结果以全长波速法分项注浆指数 I_{PV} 来量化表达。
- c) 传递函数法：根据冲击弹性波在传播过程中的频率变化来判定预应力孔道端部的注浆密实性。若接收端频率大于激振端频率，则接收端孔道注浆密实性较差；若激振端频率明显偏高或偏低，则激振端孔道注浆密实性也较差。检测结果以传递函数法分项注浆指数 I_{TF} 来量化表达。
- d) 冲击弹性波定性检测结果以综合注浆指数 I_f 来量化表达：

$$I_f = \sqrt[3]{I_{EA} \cdot I_{PV} \cdot I_{TF}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

I_f ——综合注浆指数；

I_{EA} ——全长衰减法分项注浆指数；

I_{PV} ——全长波速法分项注浆指数；

I_{TF} ——传递函数法分项注浆指数。

6.1.2.2 冲击回波定位检测法，即等效波速法。根据冲击回波在构件中的传播时间来判定测点处预应力孔道的注浆密实性。若测点处孔道注浆密实性较好，则传播时间接近构件混凝土的传播时间；相反，若测点处孔道注浆密实性较差，则传播时间将大于构件混凝土的传播时间。检测结果以实际传播时间 t 来量化表达。

6.1.3 检测仪器与设备

6.1.3.1 检测系统包括信号采集及处理仪、放大器、传感器、激振设备和专用附件等。

6.1.3.2 信号采集及处理仪应符合下列规定：

- a) 数据采集装置的模-数转换器不得低于 16bit。
- b) 采样间隔应不大于 $2\mu\text{s}$ ，可调。
- c) 单通道采样点应不少于 8192 点。
- d) 应符合 GJB 1805-1993 的规定。

6.1.3.3 放大器应符合下列规定：

- a) 宜选用电荷放大器，可调，线性度良好。
- b) 放大器应具有滤波功能。
- c) 放大器的频响范围应宽于传感器的频响范围。
- d) 放大器应符合 JJG 338-2013 的规定。

6.1.3.4 传感器应符合下列规定：

- a) 传感器应选用压电式加速度传感器，其频响范围应覆盖整个测试信号的频带范围，宜在 25kHz 以上。
- b) 传感器应符合 JB/T 6822-1993 的规定。
- c) 冲击弹性波定性检测时，应通过强力磁座与两端外露的预应力钢束相耦合。
- d) 冲击回波定位检测时，可通过手持方法与混凝土构件表面相耦合。

6.1.3.5 激振设备应符合下列规定：

- a) 冲击弹性波定性检测时，应采用激振锥进行激振检测。
- b) 冲击回波定位检测时，宜根据被测构件厚度按表 2 规定选择激振锤进行激振检测。当对检测结果有怀疑时，可换用备选激振锤再次进行激振检测。

表 2 冲击回波定位检测时激振锤选择一览表

构件厚度 b	$b \leq 20\text{cm}$	$20\text{cm} < b \leq 40\text{cm}$	$40\text{cm} < b \leq 60\text{cm}$	$b > 60\text{cm}$
首选激振锤型号 D_{xx}	$D10$	$D17$	$D17$	$D30$
备选激振锤型号 D_{xx}	$D6$ 、 $D17$	$D10$	$D30$	$D50$
注： D_{xx} 中D为激振锤名称代号，xx为激振锤直径，单位mm。				

6.1.4 现场检测技术

6.1.4.1 检测前准备工作应符合下列规定：

- a) 填写冲击弹性波定性检测现场记录表或冲击回波定位检测现场记录表，详见附录 B.1 或附录 B.2，做好现场检测记录。

- b) 对于冲击弹性波定性检测,应在预应力孔道两端预应力锚具和钢束端部裸露状态下进行,预应力锚具和出露的预应力钢束端部应清洁、干净。
- c) 对于冲击回波定位检测,应依据设计图纸、施工记录,描绘出被测预应力孔道走向及位置。
- d) 对于冲击回波定位检测,应采用打磨机将构件表面打磨规则平整,并清除表面浮浆。

6.1.4.2 检测系统设置应符合下列规定:

- a) 根据现场实际情况选择合适的放大器、传感器及激振设备,联接检测系统并进行设备自检,确认整个检测系统处于正常工作状态。
- b) 对于冲击弹性波定性检测,应将激振端信号接入 Ch0 端,接收端信号接入 Ch1 端,并正确设置系统 DVC 文件。

6.1.4.3 传感器安装应符合下列规定:

- a) 对于冲击弹性波定性检测,传感器轴线应与预应力钢束走向平行。
- b) 对于冲击回波定位检测,传感器前端应与构件表面密切接触,避免点接触或线接触。

6.1.4.4 激振时应符合下列规定:

- a) 对于冲击弹性波定性检测,激振方向应与预应力钢束走向平行。
- b) 对于冲击回波定位检测,激振方向应与构件表面垂直。

6.1.4.5 检测工作应遵守下列规定:

- a) 对于冲击弹性波定性检测,应在预应力孔道两端分别激振检测,即交替原激振端与接收端,使原接收端成为新的激振端并接入 Ch0 端,原激振端成为新的接收端并接入 Ch1 端。
- b) 对于冲击回波定位检测,应沿预应力孔道走向逐点检测,测点间距宜为 10cm,激振点与测点间距宜为 5cm。
- c) 每次激振采集数据前,应对检测系统进行归零标定。
- d) 每次保存数据前,应对测试信号进行判断,当自动采集波形起振明显、无毛刺时,方可保存。
- e) 梁(板)检测前,应对该梁场梁(板)正常混凝土区域无预应力孔道位置处及预应力孔道未注浆位置处冲击回波的传播波速及传播时间进行标定。如现场无法标定,可采用经验值。
- f) 当噪声较大时,应采用信号增强技术重新进行检测,提高信噪比;当信号一致性较差时,应分析原因,排除人为和检测仪器等干扰因素,重新进行检测。

6.1.5 检测数据分析与判定

6.1.5.1 冲击弹性波定性检测结果采用综合注浆指数 I_f 进行判定:

- a) 若综合注浆指数 $I_f \geq 0.98$ 时,则预应力孔道注浆密实或基本密实。
- b) 若综合注浆指数 $0.90 \leq I_f < 0.98$ 时,则预应力孔道注浆存在缺陷。
- c) 若综合注浆指数 $0.85 \leq I_f < 0.90$ 时,则预应力孔道注浆存在明显缺陷。
- d) 若综合注浆指数 $I_f < 0.85$ 时,则预应力孔道注浆存在严重缺陷。

6.1.5.2 冲击回波定位检测结果采用冲击回波实际传播时间 t 与正常混凝土区域无预应力孔道位置处及预应力孔道未注浆位置处冲击回波的标定传播时间 t_z 、 t_w 间的相对关系进行判定:

- a) 若 $t < t_z$,则测试结果存在较大偏差,应重新检测分析并对 t_z 进行复核。

- b) 若 $t_z \leq t < \frac{3t_z + t_w}{4}$,则预应力孔道测点处注浆密实或基本密实。

- c) 若 $\frac{3t_z + t_w}{4} \leq t < \frac{t_z + t_w}{2}$,则预应力孔道测点处注浆存在缺陷。

d) 若 $\frac{t_z + t_w}{2} \leq t \leq t_w$ ，则预应力孔道测点处注浆存在严重缺陷。

e) 若 $t > t_w$ ，则不仅预应力孔道测点处注浆存在缺陷，而且此处混凝土也存在浇筑不密实、空洞等内部缺陷。

6.1.5.3 通过冲击回波定位检测判定结果，得出各测区注浆缺陷长度和预应力束的累计注浆缺陷长度。

6.2 X射线法

6.2.1 适用范围

X射线法一般作为验证方法，用于对预应力孔道各位置处注浆密实性的验证判定，应满足下述条件：

- a) 具有两个相对检测面的预应力孔道。
- b) 厚度不超过 80cm 构件内的预应力孔道。

6.2.2 检测仪器与设备

6.2.2.1 检测系统包括 X 射线机、感光胶片、增感屏和专用附件等。

6.2.2.2 X 射线机应符合下列规定：

- a) 最大管电压应不小于 250kV。
- b) 最大管电流应不小于 5mA。
- c) 工作压力宜为 0.35MPa ~0.50MPa。

6.2.2.3 感光胶片应符合下列规定：

- a) 感光性能良好。
- b) 面积应不小于 40cm×20cm。

6.2.3 现场检测技术

6.2.3.1 检测前准备工作应符合下列规定：

填写X射线法检测现场记录表，详见附录B.3，做好现场检测记录。

6.2.3.2 拍摄时应符合下列规定：

- a) X 射线束应处于水平方向。
- b) 焦距应根据几何不清晰度及透照区大小按实际情况确定，通常情况下可采用 60cm。
- c) 曝光时间应不少于 10min。

6.2.3.3 检测工作应遵守下列规定：

- a) 感光胶片应布设增感屏。
- b) 检测人员必须做好安全防护工作。
- c) 检测时必须疏散现场其他人员，远离放射源。
- d) 检测时还必须遵循 X 射线使用时的其它说明与要求。

6.2.4 检测数据分析与判定

X射线法检测结果采用预应力孔道区域黑度与周围实体混凝土区域黑度间的相对关系进行判定：

- a) 若预应力孔道区域黑度明显高于周围实体混凝土区域黑度，表明该区域注浆密实性较差。
- b) 若预应力孔道区域黑度接近或低于周围实体混凝土区域黑度，表明该区域注浆密实性较好。

6.3 内窥镜法

6.3.1 适用范围

内窥镜法用于对预应力孔道各位置处注浆密实性的验证判定，适用于可钻孔的预应力孔道。

6.3.2 检测仪器与设备

6.3.2.1 检测系统包括内窥镜探头、蛇形软管、笔记本电脑和专用附件等。

6.3.2.2 内窥镜探头应符合下列规定：

- a) 图像分辨率应不低于 720×756 像素。
- b) 探头直径应不大于 6mm。

6.3.2.3 蛇形软管应符合下列规定：

- a) 应柔软可弯且不易被折断。
- b) 软管长度应不少于 2m。

6.3.3 现场检测技术

6.3.3.1 检测前准备工作应符合下列规定：

填写内窥镜法检测现场记录表，详见附录B.4，做好现场检测记录。

6.3.3.2 拍摄时应符合下列规定：

- a) 应对缺陷区域两端及中部分别进行拍摄。
- b) 应从不同角度进行拍摄。
- c) 拍摄结果必须较全面地反映注浆缺陷情况。

6.3.3.3 检测工作应遵守下列规定：

- a) 应在检测部位对应的预应力孔道上半部分位置钻孔，且钻孔过程中不得损伤预应力钢束。
- b) 钻孔过程中应避免构件内的普通钢筋。
- c) 采用内窥镜法拍摄时，应量测缺陷区域长度。
- d) 检测完成后应及时封堵钻孔，并对钻孔部位进行修饰，使梁（板）外观质量完好。

6.3.4 检测数据分析与判定

内窥镜法检测结果直观可靠，成像清晰可见，可直接采用拍摄图像及量测缺陷区域长度进行判定。

7 注浆密实性评价

7.1 密实性等级分类

桥梁预应力孔道注浆密实性等级分类见表3规定。

表 3 桥梁预应力孔道注浆密实性等级分类表

密实性等级	特征
I 类	孔道注浆密实或基本密实，可正常使用，不需处理
II 类	孔道注浆存在缺陷，宜进行局部处治
III 类	孔道注浆存在明显缺陷，应进行局部处治
IV 类	孔道注浆存在严重缺陷，应进行整体处治

7.2 密实性等级判定

桥梁预应力孔道注浆密实性采用综合注浆指数 I_f 、最长注浆缺陷长度 L_{\max} 、注浆不密实度 β 三项指标综合判定，按最不利状况取用，见表4规定。其中注浆不密实度 β 按下式计算：

$$\beta = \frac{L_{\text{sum}}}{L} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

β ——注浆不密实度；

L ——预应力孔道总长（m）；

L_{sum} ——累计注浆缺陷长度（m）。

表4 桥梁预应力孔道注浆密实性等级判定表

密实性等级	综合注浆指数 I_f	最长注浆缺陷长度 L_{\max}	注浆不密实度 β
I类	$I_f \geq 0.98$	/	/
II类	$0.90 \leq I_f < 0.98$	$0.3\text{m} \leq L_{\max} < 1.5\text{m}$	$2\% \leq \beta < 7\%$
III类	$0.85 \leq I_f < 0.90$	$1.5\text{m} \leq L_{\max} < 3.0\text{m}$	$7\% \leq \beta < 12\%$
IV类	$I_f < 0.85$	$L_{\max} \geq 3.0\text{m}$	$\beta \geq 12\%$

附录 A
(规范性附录)
桥梁预应力孔道注浆密实性无损检测流程图

桥梁预应力孔道注浆密实性无损检测流程如图A.1所示：

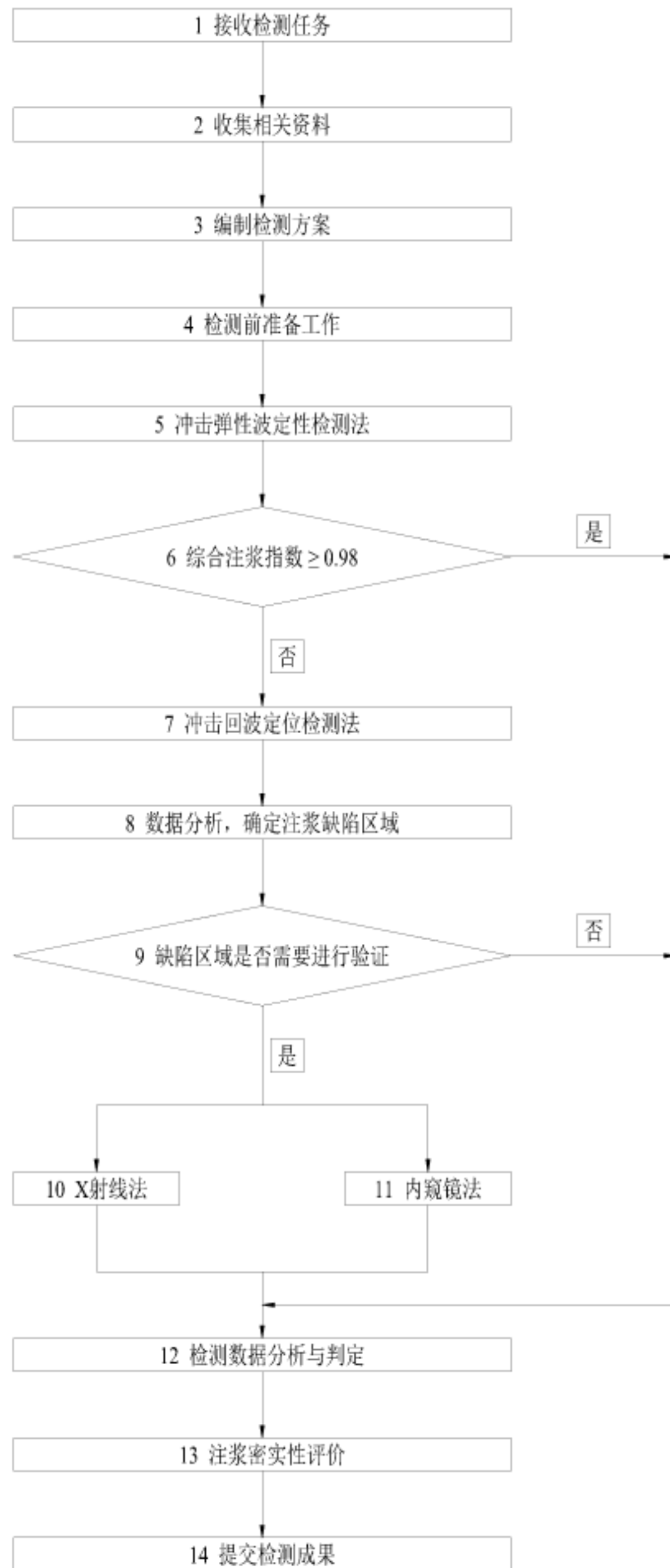


图 A.1 桥梁预应力孔道注浆密实性无损检测流程图

附 录 B
(资料性附录)

桥梁预应力孔道注浆密实性无损检测现场记录表

B.1 桥梁预应力孔道注浆密实性冲击弹性波定性检测现场记录表如表B.1所示:

表 B.1 桥梁预应力孔道注浆密实性冲击弹性波定性检测现场记录表

试验记录编号: XXX

第 页 共 页

工程名称				结构型式			
委托单位				施工单位			
检测单位				检测日期			
设备名称(编号)				检测依据			
梁(板)编号				注浆龄期			
梁(板)长度				注浆工艺			
孔道编号	孔道长度 (m)	孔道直径 (mm)	钢束数量	0 端	1 端	保存文件名	初判结果
检测部位 示意图							
备 注							

检测:

复核:

B.2 桥梁预应力孔道注浆密实性冲击回波定位检测现场记录表如表B.2所示：

表 B.2 桥梁预应力孔道注浆密实性冲击回波定位检测现场记录表

试验记录编号：XXX

第 页 共 页

工程名称				结构型式			
委托单位				施工单位			
检测单位				检测日期			
设备名称（编号）				检测依据			
梁（板）编号				注浆龄期			
梁（板）长度				注浆工艺			
孔道编号	孔道长度 (m)	孔道直径 (mm)	钢束数量	检测部位	检测方向	保存文件名	缺陷长度 (m)
检测部位示意图							
备注							

检测：

复核：

B.3 桥梁预应力孔道注浆密实性X射线法检测现场记录表如表B.3所示：

表 B.3 桥梁预应力孔道注浆密实性 X 射线法检测现场记录表

试验记录编号：XXX

第 页 共 页

工程名称			结构型式		
委托单位			施工单位		
检测单位			检测日期		
设备名称（编号）			检测依据		
梁（板）编号			注浆龄期		
梁（板）长度			注浆工艺		
孔道编号	孔道长度 (m)	孔道直径 (mm)	钢束数量	检测部位	保存胶片名
检测部位 示意图					
备注					

检测：

复核：

B.4 桥梁预应力孔道注浆密实性内窥镜法检测现场记录表如表B.4 所示：

表 B.4 桥梁预应力孔道注浆密实性内窥镜法检测现场记录表

试验记录编号：XXX

第 页 共 页

工程名称				结构型式		
委托单位				施工单位		
检测单位				检测日期		
设备名称（编号）				检测依据		
梁（板）编号				注浆龄期		
梁（板）长度				注浆工艺		
孔道编号	孔道长度 (m)	孔道直径 (mm)	钢束数量	检测部位	保存照片名	缺陷长度 (m)
检测部位示意图						
备注						

检测：

复核：

参 考 文 献

- [1] JTG D62-2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
 - [2] JTG/T F50-2011 公路桥涵施工技术规范
 - [3] DL/T 5424-2009 水电水利工程锚杆无损检测规程
 - [4] CECS 253: 2009 基桩孔内摄像检测技术规程
-