

DB13

河北省地方标准

DB13/T 2480—2017

桥梁预应力孔道注浆 密实质量检测技术规程

2017 - 03 - 29 发布

2017 - 06 - 01 实施

河北省质量技术监督局 发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由石家庄市质量技术监督局提出。

本标准起草单位：河北道桥工程检测有限公司、石家庄市标准化协会。

本标准主要起草人：常英、毛国栋、李勇刚、张志强、杨丽萍、王世松、张峰辉、于琳、靳冬妹、魏春辉、郑建交、郑硕、杨翔思、范威、程小玲、刘翠。

桥梁预应力孔道注浆密实质量检测技术规程

1 范围

本标准规定了桥梁预应力孔道注浆密实质量检测的术语、定义和符号、基本规定、检测方法和注浆质量评价。

本标准适用于桥梁有粘结预应力孔道注浆密实质量的检测，其它有粘结预应力构件的孔道注浆密实质量检测可参照使用。

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

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。

3.1.2

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质量的方法。

3.1.3

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质量的方法。

3.1.4

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质量进行定量检测的方法。

3.1.5

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质量进行定量检测的方法。

3.1.6

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质量的相对指标。

3.1.7

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_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；

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 检测流程

桥梁预应力孔道注浆质量检测流程详见附录A。

4.2 检测前准备工作内容

4.2.1 调查工程现场，收集工程设计图纸、制孔工艺、注浆材料、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。

4.2.2 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。检测方案不仅限于下列内容：

（检测概况；检测目的；检测依据；检测项目和选用的检测方法；检测的数量；检测人员和设备；检测工作进度；检测中的安全措施；检测中的环保措施；所需要的配合工作）

4.2.3 检测时间应在注浆材料强度达到设计强度的80%后进行。

4.3 检测选用原则

本规程所涉及的检测方法包括冲击弹性波定性检测法、冲击回波定位检测法、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规定的适用范围确定。

表1 检测方法一览表

检测方法		适用范围
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，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
	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，适用于在冲击回波传播方向只有一束且厚度不超过80cm构件内的预应力孔道
X射线法		验证判定预应力孔道各位置处注浆密实性，适用于具有两个相对检测面且厚度不超过80cm构件内的预应力孔道
内窥镜法		验证判定预应力孔道各位置处注浆密实性，适用于可钻孔的预应力孔道

注：对于桥梁预应力孔道注浆质量检测，应首先采用冲击弹性波定性检测法进行检测，当孔道注浆缺陷指标超出规定标准时，应采用冲击回波定位检测法进行检测，必要时可采用X射线法或内窥镜法进一步验证。

4.4 抽检方式和频率

4.4.1 抽检方式

随机抽检，当预制梁（板）或预应力孔道有下列情况之一时，应优先抽检：

- 注浆过程中注浆机出现故障或注浆材料发生初凝；
- 注浆过程中发生堵塞；
- 曲率半径较小；
- 其他认为有必要检测的情况。

4.4.2 抽检频率

对于新建桥梁抽检频率见表2，对于已运营桥梁，根据实际情况确定。

表2 新建桥梁抽检频率一览表

施工方式	单位	抽检频率	备注
预制	片	$\geq 10\%$ 且 ≥ 3	受检梁（板）所有孔道均应检测
现浇	束	$\geq 5\%$ 且 ≥ 5	/

注：当以综合注浆指数 I_f 判定注浆密实质量等级Ⅲ、Ⅳ类占抽检总数的50%及以上时，应采用冲击弹性波定性检测法双倍抽检。若仍出现上述情况时，则应全检。

5 检测方法和要求

5.1 冲击弹性波定性检测法

5.1.1 检测仪器与设备

5.1.1.1 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。

5.1.1.2 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 $2\mu s$ ，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。

5.1.1.3 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。

5.1.1.4 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) 应通过强力磁座与两端外露的预应力钢束相耦合。

5.1.1.5 激振设备应符合下列规定：

- a) 应采用适宜的激振锤进行激振检测；
- b) 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。

5.1.2 现场检测技术

5.1.2.1 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，详见附录 B.1；
- b) 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。

5.1.2.2 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；
- b) 连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。

5.1.2.3 传感器安装应符合下列规定：

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。

5.1.2.4 激振时应符合下列规定：

激振方向应与预应力钢束走向平行。

5.1.2.5 检测工作应遵守下列规定：

- 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；
- 每次激振采集数据前，应对检测系统进行归零标定；
- 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。
- 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速度及传播时间进行标定；
- 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。

5.1.3 检测数据分析与判定

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。全长衰减法检测结果以全长衰减法分项注浆指数 I_{EA} 来量化表达。全长波速法检测结果以全长波速法分项注浆指数 I_{PV} 来量化表达。

传递函数法检测结果以传递函数法分项注浆指数 I_{TF} 来量化表达。冲击弹性波定性检测结果以综合注浆指数 I_f 量化表达：

$$I_f = (I_{EA} \cdot I_{PV} \cdot I_{TF})^{1/3} \dots\dots\dots (1)$$

冲击弹性波定性检测结果采用综合注浆指数 I_f 进行判定见表3：

表3 综合注浆指数判定一览表

指标	范围	孔道质量
I_f	≥ 0.98	注浆密实或基本密实
I_f	$0.90 \leq \text{且} < 0.98$	注浆存在缺陷
I_f	$0.85 \leq \text{且} < 0.90$	注浆存在明显缺陷。
I_f	< 0.85	注浆存在严重缺陷

5.2 冲击回波定位检测法

5.2.1 检测仪器与设备

5.2.1.1 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。

5.2.1.2 信号采集及处理仪应符合下列规定：

- 数据采集装置的模-数转换器不得低于 16bit；
- 采样间隔应不大于 $2\mu s$ ，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。

5.2.1.3 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。

5.2.1.4 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) 应通过手持方式与混凝土构件表面相耦合。

5.2.1.5 激振设备应符合下列规定：

- a) 冲击回波定位检测时，宜根据被测构件厚度按表 4 规定选择适宜的激振锤进行激振检测；
- b) 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4 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Dxx	D10	D17	D17	D30
备选激振锤型号Dxx	D6、D17	D10	D30	D50
注：Dxx中D为激振锤名称代号，xx为激振锤直径，单位mm。				

5.2.2 现场检测技术

5.2.2.1 检测前准备工作应符合下列规定：

- a) 填写冲击回波定位检测现场记录表，详见附录 B. 2；
- b) 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；
- c) 采用打磨机将构件表面打磨规则平整，并清除表面浮浆。

5.2.2.2 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；
- b) 连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。

5.2.2.3 传感器安装应符合下列规定：

传感器前端应与构件表面密切接触，避免点接触或线接触。

5.2.2.4 激振时应符合下列规定

激振方向应与构件表面垂直。

5.2.2.5 检测工作应遵守下列规定：

- a) 冲击回波定位检测时，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；
- b) 每次激振采集数据前，应对检测系统进行归零标定；
- c) 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；
- d) 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速度及传播时间进行标定；
- e) 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。

5.2.3 检测数据分析与判定

5.2.3.1 冲击回波定位检测法，即等效波速法。检测结果以实际传播时间 t 来量化表达。冲击回波定位检测结果采用冲击回波实际传播时间 t 进行判定见表 5：

表5 实际传播时间 t 判定一览表

指标	范围	测点质量
t	$< t_z$	存在较大偏差，应重新检测分析并对 t_z 进行复核
t	$t_z \leq \text{且} < \frac{3t_z + t_w}{4}$	注浆密实或基本密实
t	$\frac{3t_z + t_w}{4} \leq \text{且} < \frac{t_z + t_w}{2}$	注浆存在缺陷
t	$\frac{t_z + t_w}{2} \leq \text{且} < t_w$	注浆存在严重缺陷。
t	$> t_w$	测点处注浆存在缺陷，且此处混凝土也存在浇筑不密实、空洞等内部缺陷。

5.2.3.2 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孔道的最长注浆缺陷长度及累计注浆缺陷长度。

5.3 X射线法

5.3.1 检测仪器与设备

5.3.1.1 检测系统包括 X 射线机、感光胶片、增感屏和专用附件等。

5.3.1.2 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 0.35~0.50MPa。

5.3.1.3 感光胶片应符合下列规定：

感光性能良好。面积应不小于40cm×20cm。

5.3.2 现场检测技术

5.3.2.1 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。

5.3.2.2 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。

5.3.2.3 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。

5.3.3 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。

5.4 内窥镜法

5.4.1 检测仪器与设备

5.4.1.1 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。

5.4.1.2 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。

5.4.1.3 蛇形软管应符合下列规定：

- a) 应柔软可弯且不宜被折断；
- b) 软管长度应不少于2m。

5.4.2 现场检测技术

5.4.2.1 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。

5.4.2.2 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。

5.4.2.3 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) 钻孔过程中应避开构件内的普通钢筋；
- 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。

5.4.3 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。

6 检测评价

6.1 等级判定

桥梁预应力孔道注浆密实质量采用综合注浆指数 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6规定。

表6 桥梁预应力孔道注浆密实质量等级判定表

密实质量等级	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	特征
I 类	$I_f \geq 0.98$	/	/	密实或基本密实
II 类	$0.90 \leq I_f < 0.98$	$0.3\text{m} \leq L_{\max} < 1.5\text{m}$	$2\% \leq \beta < 7\%$	轻微缺陷，宜局部处治
III 类	$0.85 \leq I_f < 0.90$	$1.5\text{m} \leq L_{\max} < 3.0\text{m}$	$7\% \leq \beta < 12\%$	明显缺陷，应局部处治
IV 类	$I_f < 0.85$	$L_{\max} \geq 3.0\text{m}$	$\beta \geq 12\%$	严重缺陷，应整体处治

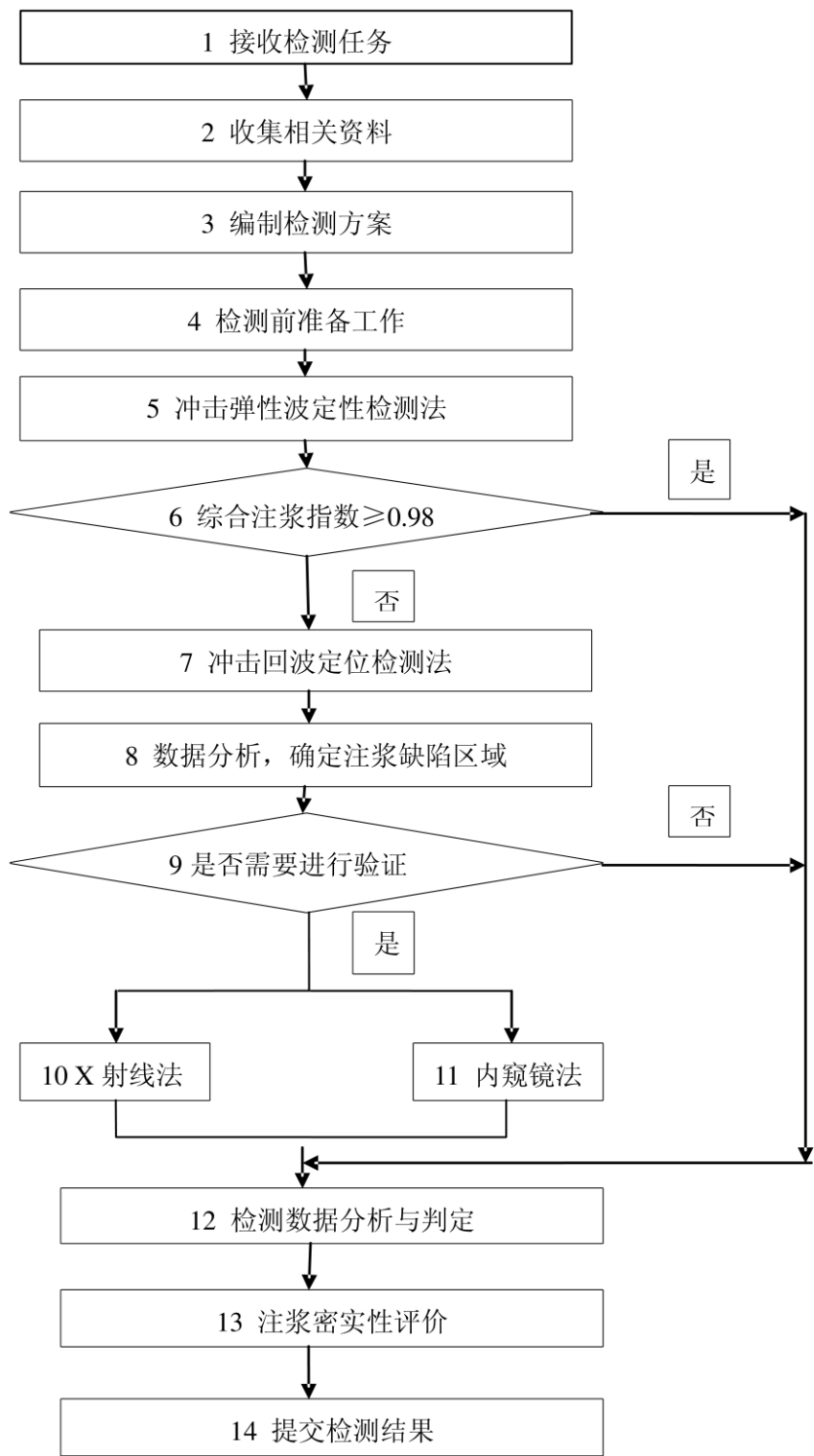
6.2 检测报告

6.2.1 检测报告应用词规范，结论明确。

6.2.2 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、注浆质量评价等。

附录 A
(规范性附录)
桥梁预应力孔道注浆密实质量检测流程图

A.1 桥梁预应力孔道注浆密实质量检测流程如图A.1所示：



图A.1 桥梁预应力孔道注浆密实质量检测流程图

附 录 B
(资料性附录)

桥梁预应力孔道注浆密实质量检测现场记录表

B.1 桥梁预应力孔道注浆密实质量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质量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				结构形式			
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质量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质量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				结构形式			
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	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质量 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质量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			结构形式		
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质量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质量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				结构形式			
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	保存照片名	缺陷长度 (m)
检测部位示意图							
备注							

检测：

复核：
