NICO TECHNICAL LEARNING SERIES

مجموعه آموزش فنی ابزار دقیق

LEVEL 2 — PROFESSIONAL ENGINEERING

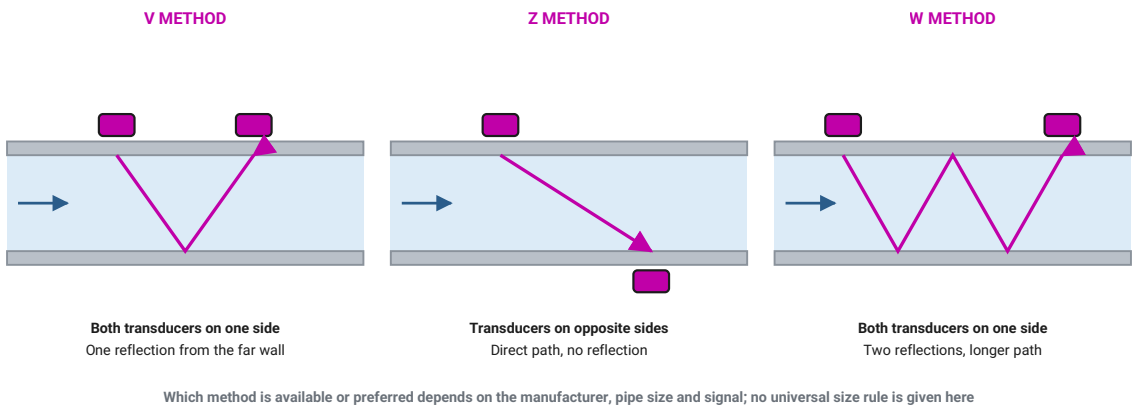
NICO
شرکت نیکان صنعت خاورمیانه

راهنمای مهندسی انتخاب، نصب و راه‌اندازی فلومتر التراسونیک

Transit-Time، Doppler، Inline و Clamp-on — از Process Data تا Commissioning

Engineering Guide to Ultrasonic Flowmeter Selection, Installation and Commissioning

انتخاب فلومتر التراسونیک (Ultrasonic Flowmeter) برای یک خط واقعی از کجا شروع می‌شود؟ Process Data، Transit-Time یا Doppler، Inline یا Clamp-on، داده‌های لوله، روش V Method، Z Method و W Method، Coupling، Full Pipe، Signal Quality، سه مورد کاربردی، ماتریس عیب‌یابی و چک‌لیست راه‌اندازی.



شکل ۱ — آرایش‌های مسیر صوتی V Method، Z Method و W Method در فلومتر کلمپی

شماره سند	بازنگری	سطح محتوا	تاریخ انتشار
NICO-EDU-FLW-L2-012-FA	Rev00	LEVEL 2	November 2026 — **آبان ۱۴۰۵**

این راهنما برای مهندس ابزار دقیق، مهندس راه‌اندازی، کارشناس نگهداری و تعمیرات، مهندس فرآیند، تیم EPC و کارشناس خرید نوشته شده است و یک پرسش مهندسی را پاسخ می‌دهد: **برای یک خط واقعی، فلومتر التراسونیک (Ultrasonic Flowmeter) از چه نوعی انتخاب شود و چگونه نصب و راه‌اندازی و راستی‌آزمایی شود؟** نوع سند «راهنمای مهندسی انتخاب و نصب» است و مفاهیم پایه (اصل Transit-Time و Doppler) از سطح ۱ (NICO-EDU-FLW-L1-011-FA) فرض می‌شود.

پس از مطالعه این راهنما خواهید توانست:

1. برگهٔ داده‌های فرآیند و لوله را برای استعلام و انتخاب کامل کنید و موارد نامعلوم را با برچسب مبنا ثبت کنید.
2. Transit-Time یا Doppler و Inline یا Clamp-on را با معیار شرطی و بدون ادعای برتری مطلق انتخاب کنید.
3. هندسهٔ لوله، جنس، لاینر و رسوب را بررسی کنید و روش V Method، Z Method یا W Method را بشناسید.
4. محل و جهت نصب، آماده‌سازی سطح، Coupling و کنترل Full Pipe را مستند و اجرا کنید.
5. Sound Velocity، Signal Quality و صفر جریان را در راه‌اندازی بسنجید و نتیجه را با مرجع مقایسه کنید.
6. از ماتریس عیب‌یابی و چک‌لیست راه‌اندازی برای ده نشانهٔ رایج استفاده کنید.

NOTE — برچسب مبنای ادعاها

هر قاعدهٔ عددی یا اجرایی در این سند با یکی از برچسب‌های MANUFACTURER PRACTICE | ENGINEERING RECOMMENDATION | ASSUMPTION | REQUIRES VERIFICATION مشخص شده است. هیچ جملهٔ سند «الزام استاندارد» معرفی نشده است، چون متن کامل استانداردها خوانده نشده و فقط عنوان، ویرایش و دامنهٔ آن‌ها از فهرست رسمی تأیید شده است.

1 برگهٔ داده‌های فرآیند و لوله

بیشتر مشکلات راه‌اندازی فلومتر التراسونیک از داده‌های ناقص یا حدسی شروع می‌شود. جدول ۱ فهرست حداقل داده‌هایی است که پیش از استعلام، انتخاب و نصب باید جمع شود. هر مورد نامعلوم باید با وضعیت «ثبت نشده — لازم برای انتخاب نهایی» نوشته شود و اگر حدس زده می‌شود، با برچسب ASSUMPTION مشخص شود.

جدول ۱ — برگهٔ حداقل داده‌های فرآیند، لوله و نصب برای فلومتر التراسونیک

دسته	داده	چرا لازم است؟
سیال	نام سیال و ترکیب (Composition)	Sound Velocity و تضعیف صوت را تعیین می‌کند
	فاز (Phase): مایع، دوفازی یا گاز	فلومتر مایع و گاز طراحی متفاوت دارند؛ گاز از دامنهٔ این راهنما بیرون است
	چگالی (Density) و گرانروی (Viscosity)	تبدیل به دبی جرمی و رفتار الگوی جریان
	سرعت صوت مورد انتظار	مقایسهٔ مقدار اندازه‌گیری‌شده در راه‌اندازی

دسته	داده	چرا لازم است؟
	ذرات معلق و حباب (Solids، Bubbles)	انتخاب Transit-Time یا Doppler و اعتبار سیگنال
شرایط	Q_{min}، Q_{normal}، Q_{max}	محدودهٔ سرعت، Turndown و تطبیق با محدودهٔ مدل
	فشار کاری و فشار طراحی	رتبهٔ فشار Inline و بررسی پر بودن لوله
	دمای کاری و طراحی	دمای مجاز Transducer و Coupling؛ اثر بر سرعت صوت
	تغییرات فرآیندی (راه‌اندازی، شست‌وشو، توقف)	دورهٔ خالی یا نیمه‌پر بودن لوله
لوله	قطر بیرونی (OD) و ضخامت دیواره	قطر داخلی و هندسهٔ مسیر صوتی
	شمارهٔ Schedule یا استاندارد ساخت	مقدار اسمی ضخامت؛ مقدار واقعی باید اندازه‌گیری شود
	قطر داخلی واقعی (ID)	مساحت و دبی؛ مهم‌ترین ورودی اندازه‌ای
	جنس لوله	سرعت صوت و تضعیف در دیواره
	لاینر و پوشش داخلی	قطر مؤثر و عبور یا قطع صوت
	رنگ، زنگ و پوشش بیرونی	کیفیت تماس Coupling و آماده‌سازی سطح
	عمر لوله، رسوب و خوردگی	تغییر ضخامت مؤثر و تضعیف سیگنال
خط	طول مستقیم بالادست و پایین‌دست	الگوی جریان؛ مقدار لازم را سازنده تعیین می‌کند
	شیر، زانو، کاهنده، تی	منبع اغتشاش و حباب
	پمپ و تزریق مواد	ضربان، حباب و چرخش جریان (Swirl)
	جهت و ارتفاع خط (افقی، عمودی، نقطهٔ بالا)	پر بودن لوله و تجمع هوا یا رسوب
الزامات	دقت لازم و Turndown	مقایسه با دقت و دامنهٔ مدل در شرایط مرجع
	خروجی و ارتباط (Pulse Output، 4–20 mA، Modbus)	اتصال به سیستم کنترل
	تغذیه (شبکه، باتری، 24 VDC)	سازگاری نصب دائم یا موقت
	منطقهٔ خطرناک (Hazardous Area)	گواهی تجهیز و نصب
	نوع نصب: Inline **یا** Clamp-on	فهرست داده‌های تکمیلی هر نوع

دسته	داده	چرا لازم است؟
	دائم یا موقت (Permanent، Temporary)	روش بستن، حفاظت و مستندسازی

IMPORTANT — اسمی یا واقعی؟

ضخامت Schedule یک مقدار اسمی است و لولهٔ نصب‌شده، به‌ویژه خط قدیمی، ممکن است متفاوت باشد. قطر داخلی و ضخامت برای مدل‌های Clamp-on باید در محل اندازه‌گیری و ثبت شود. ENGINEERING RECOMMENDATION

2 انتخاب Transit-Time

اصل Transit-Time انتخاب پیش‌فرض برای مایع نسبتاً تمیز است که صدا از آن به Transducer مقابل می‌رسد: آب شهری و صنعتی، آب خنک‌کاری، بسیاری از مایعات فرآیندی تمیز. سه پرسش تعیین‌کننده است: آیا سیال همگن و بدون حباب یا ذرات زیاد است؟ آیا لوله در همهٔ نقاط کار پر است؟ و آیا سیگنال با جنس و ضخامت لولهٔ موجود به‌اندازهٔ کافی قوی است؟ هیچ غلظت جهانی برای حباب یا ذرهٔ مجاز وجود ندارد؛ مقدار قابل‌تحمل را سازندهٔ همان مدل تعیین می‌کند. MANUFACTURER PRACTICE

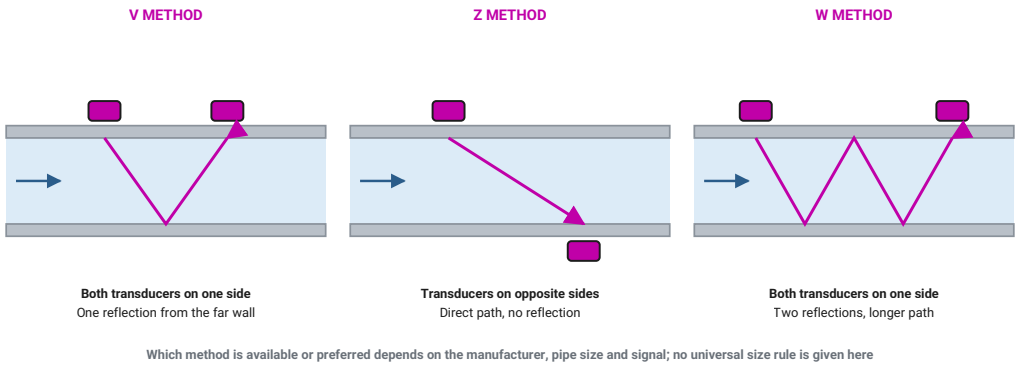
3 انتخاب Doppler

اصل Doppler وقتی مطرح می‌شود که سیال خود بازتابنده دارد: پساب، دوغاب رقیق، آب حاوی ذرات یا حباب پراکنده. در این حالت مقدار و توزیع بازتابنده‌ها اهمیت دارد و مقدار اندازه‌گیری‌شده نمایندهٔ سرعت بازتابنده‌ها در ناحیهٔ دیده‌شده است. برای مایع بسیار تمیز Doppler معمولاً انتخاب مناسبی نیست. چون بعضی مدل‌های Transit-Time نیز برای سیال‌های دارای ذره ساخته شده‌اند، تصمیم نهایی باید بر پایهٔ داده‌های سیال و ارزیابی کاربرد توسط سازنده گرفته شود، نه صرفاً نام اصل اندازه‌گیری.

4 Inline یا Clamp-on: معیارهای تصمیم

دو آرایش نصب پاسخ‌های متفاوتی به یک مسئله‌اند و هیچ‌کدام در همهٔ موارد برنده نیست. جدول ۲ معیارها را شرطی بیان می‌کند: هر ستون می‌گوید «در چه شرایطی معمولاً» و برای تصمیم نهایی داده‌های سازنده و ارزیابی میدانی لازم است. فرم کلی مسیر صوتی در Clamp-on در شکل ۱ دیده می‌شود: دو Transducer روی یک سمت لوله (آرایش V Method یا W Method) یا روی دو سمت مقابل (آرایش Z Method).

NICO
شرکت نیکان صنعت خاورمیانه



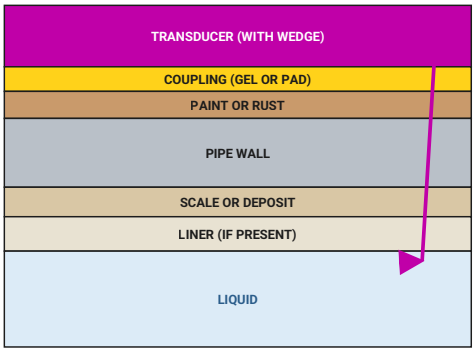
شکل ۱ — آرایش‌های مسیر صوتی V Method، Z Method و W Method در فلومتر کلمپی؛ روش قابل‌استفاده و ترجیحی را سازنده و اندازهٔ لوله تعیین می‌کنند

جدول ۲ — معیارهای تصمیم Inline و Clamp-on (بیان شرطی)

معیار	Inline	Clamp-on
امکان باز کردن خط	مناسب است اگر توقف و نصب قطعهٔ خطی قابل‌قبول باشد	مناسب است اگر خط را نمی‌توان باز کرد یا اندازه‌گیری موقت لازم است
وضعیت لوله	وابستگی کمتر به رنگ، زنگ و رسوب بیرونی؛ وابسته به قطعهٔ جدید	سیگنال به جنس، ضخامت، لاینر، رسوب و آماده‌سازی سطح حساس است
سیال خورنده یا خطرناک	Transducer یا پورت‌ها در معرض سیال‌اند؛ سازگاری جنس لازم است	Transducer با سیال تماس ندارد؛ مزیت عملی برای بعضی سرویس‌ها
قطر لوله	در قطرهای مختلف عرضه می‌شود؛ هزینه و وزن را باید از پیشنهاد واقعی دید	برای قطر بزرگ جذاب است؛ مسیر طولانی‌تر به شرایط سیگنال حساس است
دقت و بازتولیدپذیری	طبق برگهٔ مدل و کالیبراسیون کارخانه	طبق برگهٔ مدل و کیفیت داده‌های لوله و نصب؛ نباید «کمتر» یا «بیشتر» فرض شود
نگهداری و اثبات عملکرد	بازبینی سیگنال و تنظیمات؛ بازرسی مکانیکی قطعه	بازبینی Coupling، بست‌ها و موقعیت Transducer ها

5 هندسهٔ لوله: قطر، ضخامت، بیضی‌شدگی و رسوب

مساحت جریان از قطر داخلی به‌دست می‌آید و قطر داخلی از رابطهٔ $ID = OD - 2 \times t - 2 \times t_L$ که t ضخامت دیوارهٔ فلزی و t_L ضخامت لاینر یا پوشش داخلی است. OD در میدان از محیط لوله و یک متر نواری قابل‌تعیین است (محیط تقسیم بر عدد pi) و ضخامت با ضخامت‌سنج فراصوتی اندازه‌گیری می‌شود. بیضی‌شدگی (Ovality)، ضخامت غیریکنواخت، خوردگی داخلی و رسوب هر دو مقدار را نامطمئن می‌کنند؛ اندازه‌گیری در چند نقطه و ثبت میانگین و پراکندگی روش محافظه‌کارانه است.



شکل ۲ — لایه‌های بین Transducer و سیال: Coupling، رنگ یا زنگ، دیوارهٔ لوله، رسوب و لاینر؛ هر لایه صدا را تضعیف یا منحرف می‌کند

6 جنس لوله و لولهٔ لایندار

سرعت صوت و تضعیف آن به جنس دیواره بستگی دارد. فولاد کربنی، فولاد زنگ‌نزن و بسیاری از لوله‌های پلاستیکی معمولاً با مدل‌های Clamp-on تجربه شده‌اند، اما چدن، بتن و مواد متخلخل می‌توانند صدا را بیشتر پراکنده کنند و سازنده باید قابل‌استفاده بودن آن‌ها را تأیید کند MANUFACTURER PRACTICE. اگر لوله لاینر دارد (ملات سیمانی، رزین، لاستیک یا پوشش دیگر)، دو خطر وجود دارد: لاینر قطر مؤثر را کوچک می‌کند و اگر بین لاینر و دیواره فاصلهٔ هوایی باشد، عبور صدا ممکن است به‌کلی قطع شود. بنابراین لاینر باید در برگهٔ داده ثبت و با سازنده بررسی شود؛ در صورت تردید، گزینهٔ Inline یا تغییر محل نصب مطرح می‌شود.

7 روش‌های نصب V، Z و W

در شکل ۱ سه آرایش دیده می‌شود. در V Method هر دو Transducer در یک سمت لوله‌اند و صدا یک بار از دیوارهٔ مقابل بازتاب می‌شود. در Z Methodها Transducer در دو سمت مقابل‌اند و صدا مستقیم می‌رود؛ مسیر کوتاه‌تر است و در لوله‌های بزرگ یا میرا کننده مفید است. در W Method صدا دو بار بازتاب می‌شود و مسیر طولانی‌تر و حساسیت بیشتر به اختلاف زمان فراهم می‌کند، ولی تضعیف هم بیشتر است. هیچ جدول عمومی قطر-روش وجود ندارد؛ هر سازنده قطر و جنس مناسب هر آرایش را تعیین می‌کند MANUFACTURER PRACTICE.

8 فاصلهٔ Transducerها و بسامد

فاصلهٔ محوری بین دو Transducer (Transducer Spacing) از داده‌های لوله، سرعت صوت در دیواره و در سیال و آرایش مسیر محاسبه می‌شود. دستگاه معمولاً مقدار را پس از واردکردن داده‌ها اعلام می‌کند و نصاب باید آن را با دقت اندازه بگیرد و علامت بزند. خطا در این فاصله مسیر صدا را جابه‌جا می‌کند و کیفیت سیگنال را کاهش می‌دهد. جدول عمومی فاصله در این سند داده نمی‌شود، چون به هر مدل و پیکربندی وابسته است. بسامد کار نیز بسته به اندازهٔ لوله، جنس و سیال توسط سازنده تعیین می‌شود و در این سند حد عددی برای آن اعلام نمی‌شود.

9 Coupling و آماده‌سازی سطح

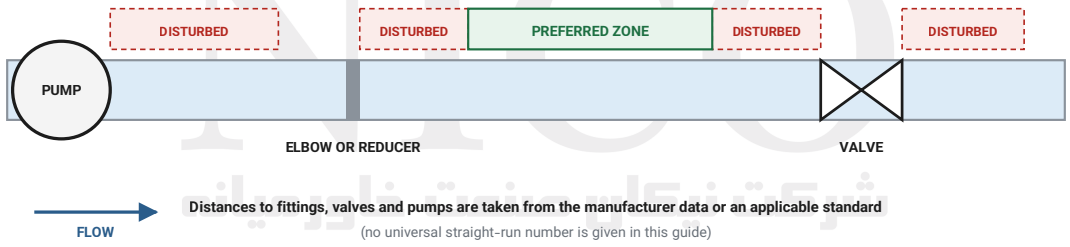
Coupling لایهٔ واسطی (ژل، گریس یا پد) است که فاصلهٔ هوایی بین Transducer و دیواره را پر می‌کند؛ هوا صدا را تقریباً به‌کلی منعکس می‌کند. آماده‌سازی سطح پیش از نصب شامل زدودن رنگ سست، زنگ و رسوب، صاف‌کردن ناهمواری، تمیزکاری و خشک‌کردن، و سپس مالیدن لایهٔ یکنواخت ژل بدون حباب است. ژل باید برای دمای لوله مناسب باشد و در نصب دائم با گذشت زمان بازبینی یا تعویض شود. بست‌ها باید فشار را یکنواخت نگه دارند ENGINEERING RECOMMENDATION.

COMMON MISTAKE – ژل زیاد یا حباب در ژل

لایهٔ ضخیم یا حباب‌دار ژل صدا را ضعیف می‌کند؛ افزودن ژل بیشتر معمولاً مشکل سیگنال را حل نمی‌کند. سطح را دوباره تمیز و لایهٔ نازک یکنواخت اعمال کنید و فشار بست را بررسی کنید.

10 محل نصب در خط

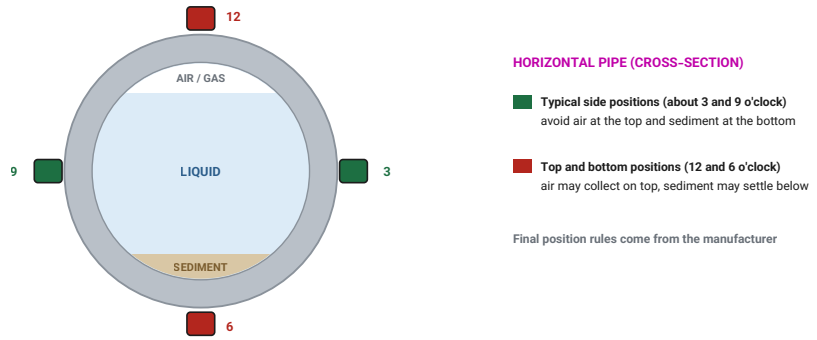
محل نصب باید جریانی پایدار، پر و بدون اغتشاش به‌دست دهد. محل مناسب دور از پمپ، شیر، زانو، کاهنده، نقطهٔ تزریق و هر منبع حباب یا چرخش جریان (Swirl) است؛ دور از جوش، فلنج و اتصال‌های غیرمعمول؛ در قسمتی از لوله که رسوب یا لاینر مشکوک ندارد و دسترسی برای نصب و بازبینی ممکن است. فاصلهٔ لولهٔ مستقیم (Straight Run) لازم را فقط از برگهٔ فنی همان مدل یا استاندارد معتبر بگیرید؛ در این راهنما عدد جهانی ارائه نمی‌شود REQUIRES VERIFICATION.



شکل ۳ — محل مناسب نصب بین منابع اغتشاش: پمپ، زانو یا کاهنده و شیر؛ طول‌ها از دادهٔ سازنده گرفته می‌شود و در این شکل عددی نیامده است

11 لولهٔ افقی و عمودی

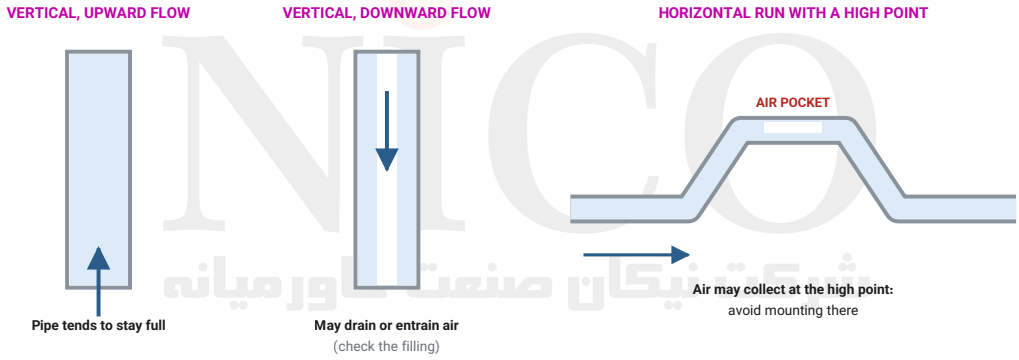
در لولهٔ افقی هوا یا گاز در بالا جمع می‌شود و رسوب در پایین ته‌نشین می‌شود؛ بنابراین نصب Transducerها روی بالا یا پایین لوله معمولاً نامطلوب است و موقعیت کنار لوله و تقریباً هم‌سطح محور (حدود ساعت ۳ و ۹ در مقطع) ترجیح داده می‌شود ENGINEERING RECOMMENDATION. اگر مدل شما موقعیت دیگری را در برگهٔ نصب خود الزام می‌کند، دستور سازنده برتری دارد. در لولهٔ عمودی جریان رو به بالا کمک می‌کند لوله پر بماند؛ جریان رو به پایین ممکن است لوله را خالی یا هوا را وارد کند و باید بررسی شود.



شکل ۴ — موقعیت Transducer روی مقطع لولهٔ افقی: کنار لوله مناسب‌تر و بالا و پایین لوله به‌علت هوا و رسوب نامطلوب‌تر است

12 تأیید Full Pipe و الگوی جریان

پر بودن لوله را فقط از «پر به‌نظر رسیدن» نتیجه نگیرید. روش‌های ساده: بررسی نقشه برای نقطه‌های بالای خط و خروجی‌های آزاد، دیدن فشار کاری و مقایسه با فشار بخار سیال، بررسی توقف و راه‌اندازی پمپ، نصب یک Vent Valve یا مشاهدهٔ شیشهٔ مشاهده اگر موجود باشد، و استفاده از تشخیص داخلی دستگاه (هشدار لوله خالی یا کیفیت سیگنال). دستگاه معمولاً اگر لوله خالی باشد مقدار نامعتبر یا هشدار می‌دهد، اما لوله‌ای که فقط تا حدی پر است ممکن است عدد ظاهراً معقول ولی نادرست تولید کند.



شکل ۵ — جهت جریان و پر ماندن لوله: جریان رو به بالا، جریان رو به پایین و نقطهٔ بالای خط افقی

الگوی جریان (Flow Profile) توزیع سرعت در مقطع است. در جریان آرام، توزیع با جریان آشفته فرق دارد و رابطهٔ سرعت متوسط مسیر و سرعت متوسط مقطع به عدد رینولدز (Reynolds Number) بستگی پیدا می‌کند. بعضی مدل‌ها این اثر را جبران می‌کنند و بعضی نمی‌کنند؛ در سرعت‌های بسیار کم یا سیال‌های گرانرو باید روش جبران و محدودهٔ اعتبار آن از سازنده پرسیده شود. بررسی کمّی در سطح ۳ آمده است.

13 بررسی Sound Velocity و Signal Quality

دو شاخص تشخیصی در راه‌اندازی بیش از بقیه مفیدند. نخست Sound Velocity: مقدار اندازه‌گیری‌شده یا محاسبه‌شده در دستگاه را با مقدار انتظار برای همان سیال و دما مقایسه کنید. برای آب در دمای اتاق مقدار انتظار حدود 1480 m/s است ASSUMPTION ؛ اختلاف چشمگیر نشانهٔ سیال یا داده‌های اشتباه، حباب یا سیگنال نامناسب است و باید علت‌یابی شود. دوم

Signal Quality: شاخص‌هایی مثل دامنهٔ سیگنال، نسبت سیگنال به نویز، تعداد پالس‌های معتبر یا نوسان اختلاف زمان. نام و مقیاس این شاخص‌ها بین سازندگان فرق دارد و حد قبول عمومی وجود ندارد؛ باید از دفترچهٔ همان مدل خوانده شود MANUFACTURER PRACTICE.

14 صفر جریان

برای بررسی صفر، جریان را واقعاً قطع کنید و از آب‌بندی کامل شیرها مطمئن شوید؛ نشتی کوچک از Block Valve همان‌قدر می‌تواند صفر را جابه‌جا کند که خطای دستگاه. اگر در صفر واقعی مقدار غیرصفر دیده شد، نخست علل بیرونی (نشتی شیر، همرفت، حباب، سیگنال ضعیف) را بررسی کنید و فقط وقتی صفر واقعی اثبات شد و دفترچه اجازه می‌دهد، تنظیم انحراف صفر (Zero Offset) را اعمال کنید. تنظیم صفر برای پنهان‌کردن مشکل نصب راه درستی نیست.

15 سرعت، سایزینگ و محدودهٔ اندازه‌گیری

سایزینگ در فلومتر التراسونیک یعنی تطبیق سرعت جریان در لولهٔ موجود با محدودهٔ مدل. رابطهٔ پایه همان رابطهٔ سطح ۱ است:

$$v = Q / A,\ A = (pi / 4) \times ID^2$$

v	سرعت متوسط جریان	m/s
Q	دبی حجمی (Q_{min}، Q_{normal}، Q_{max})؛ برای تبدیل m³/h به m³/s بر ۳۶۰۰ تقسیم می‌شود	m³/s
A	مساحت مقطع جریان	m²
ID	قطر داخلی (پس از کسر ضخامت و لاینر)	m

سرعت در سه نقطهٔ Q_{min}، Q_{normal} و Q_{max} محاسبه و با محدودهٔ سرعت مدل در برگهٔ سازنده مقایسه می‌شود. حد جهانی سرعت (بیشینه یا کمینه) وجود ندارد REQUIRES VERIFICATION: در سرعت بسیار کم اختلاف زمان کوچک است و نویز اثر نسبی بزرگ‌تری دارد، و در سرعت بالا اغتشاش، حباب و حد دستگاه مطرح می‌شود. محاسبهٔ عددی مورد الف (جدول ۵ و شکل ۶) در ادامه آمده است. مساحت با مجذور قطر تغییر می‌کند و از همین رو خطای قطر در دبی تقریباً دو برابر می‌شود؛ شکل ۷ این اثر را برای مورد الف نشان می‌دهد.

16 لوله‌های بزرگ

در لوله‌های بزرگ (مثلاً ۳۰۰، ۶۰۰ یا ۱۰۰۰ میلی‌متر) فلومتر Clamp-on از قطع و بازکردن خطی بزرگ پرهیز می‌کند، ولی مسیر صدا درون سیال طولانی‌تر و تضعیف بیشتر است و تأثیر رسوب، جنس و لاینر بزرگ‌تر می‌شود. الگوی جریان بیشتر به طول لولهٔ مستقیم حساس می‌شود و دسترسی (داربست، ریل نصب) باید برنامه‌ریزی شود. انتخاب Inline بزرگ هم هزینه، وزن و توقف نصب دارد. هیچ ادعای قطعی «ارزان‌تر» برای یکی از دو گزینه داده نمی‌شود؛ مقایسه باید بر پایهٔ پیشنهاد واقعی و ارزیابی هزینهٔ چرخهٔ عمر انجام شود. محاسبهٔ مورد ب در ادامه آمده است.

17 آب، پساب و کاربردهای دیگر

برای آب خام، آب خنک‌کاری، آب فرآیندی و آب آشامیدنی، پرسش‌های اصلی عبارت‌اند از: مقدار گل‌ولای و مواد معلق، حباب یا گاز حل‌شده که آزاد می‌شود، رسوب و شیمی آب، و دمای لوله. اگر نتیجهٔ اندازه‌گیری مبنای فروش یا صورت‌حساب رسمی آب است، الزامات مترولوژی قانونی کشور و استانداردهای کنتور آب (ISO 4064-1، OIML R 49) باید جداگانه بررسی شوند؛ این سند هیچ تأییدیه یا انطباقی را ادعا نمی‌کند.

در پساب، ذرات معلق، حباب، چربی و رسوب در طول زمان تغییر می‌کنند. انتخاب بین Transit-Time و Doppler باید بر پایهٔ مشخصات واقعی پساب (غلظت ذرات، حباب، پر بودن لوله) و ترجیحاً ارزیابی میدانی انجام شود. در پساب، ثبت شاخص سیگنال همراه دبی به‌اندازهٔ خود دبی اهمیت دارد، چون تغییر شرایط سیال را پیش از رسیدن به خطای بزرگ نشان می‌دهد.

18 اندازه‌گیری انرژی و گاز: حدود این راهنما

اندازه‌گیری انرژی حرارتی (Heat Meter) علاوه بر دبی به دمای رفت و برگشت و خواص سیال نیاز دارد و دستگاه‌های مخصوص با مدارک مترولوژی خود دارد؛ استاندارد مرتبط در این حوزه EN 1434 است و ویرایش آن برای هر پروژه باید راستی‌آزمایی شود REQUIRES VERIFICATION. فلومتر التراسونیک گاز دستهٔ جداگانه‌ای است (مانند ISO 17089-1 برای گاز در انتقال مالکیت) و در این راهنما فقط به‌عنوان مرز دامنه آمده است؛ مبانی آن در سطح ۳ بررسی می‌شود.

19 خطاهای رایج نصب

سیزده خطای زیر را بیشترین موارد گزارش‌شده در راه‌اندازی می‌دانیم؛ هر کدام با پیامد و روش پیشگیری آمده است.

جدول ۳ — خطاهای رایج نصب و راه‌اندازی فلومتر التراسونیک

ردیف	خطا	پیامد	پیشگیری
۱	ورود قطر اسمی به‌جای قطر واقعی	مساحت و دبی نادرست	اندازه‌گیری OD و ضخامت در محل
۲	ضخامت دیوارهٔ نامعلوم یا حدسی	قطر داخلی و مسیر صوتی نادرست	ضخامت‌سنجی چندنقطه‌ای
۳	نادیده‌گرفتن لاینر یا پوشش	قطر مؤثر و قطع احتمالی صدا	ثبت در برگهٔ داده و تأیید سازنده
۴	نصب روی سطح رنگ‌خورده یا زنگ‌زده	سیگنال ضعیف و ناپایدار	آماده‌سازی سطح
۵	هوا یا حباب در Coupling	افت یا قطع سیگنال	لایهٔ نازک و فشار یکنواخت
۶	فاصلهٔ اشتباه بین Transducerها	مسیر خارج از نقطهٔ بهینه	اندازه‌گیری دقیق و علامت‌گذاری
۷	نصب بالا یا پایین لولهٔ افقی	هوا یا رسوب روی مسیر	موقعیت کنار لوله
۸	نصب نزدیک پمپ، شیر یا زانو	اغتشاش و حباب	رعایت فاصلهٔ سازنده
۹	لولهٔ نیمه‌پر	مساحت واقعی کمتر و مقدار بیش از واقع	تأیید Full Pipe
۱۰	سیال یا Sound Velocity اشتباه در تنظیمات	هندسهٔ مسیر نادرست	مقایسه با مقدار انتظار

ردیف	خطا	پیامد	پیشگیری
۱۱	جهت جریان برعکس	علامت دبی معکوس	بررسی علامت Upstream و Downstream
۱۲	نصب روی جوش یا اتصال	مسیر و تماس نامنظم	انتخاب بخش صاف لوله
۱۳	اعتماد به عدد پایدار بدون مقایسه	خطای ثابت بدون شناسایی	مقایسه با مرجع و ثبت Signal Quality

20 ماتریس عیب‌یابی

جدول ۴ ده نشانهٔ رایج را به علت محتمل، بررسی مهندسی و اقدام اصلاحی پیوند می‌دهد. ترتیب بررسی از ساده‌ترین و ارزان‌ترین است: داده‌های ورودی، سطح و Coupling، محل نصب، و بعد خود دستگاه.

جدول ۴ — ماتریس عیب‌یابی فلومتر التراسونیک

Symptom	Possible Cause	Engineering Check	Corrective Action
بدون سیگنال یا سیگنال ضعیف	Coupling ضعیف، لوله خالی، لاینر، رسوب	بازبینی ژل، سطح، Full Pipe، داده‌های لوله	تمیزکاری، نصب مجدد، تغییر آرایش یا محل
مقدار ناپایدار	حباب، اغتشاش، سیگنال ضعیف، ضربان پمپ	روند Signal Quality، محل نصب نسبت به پمپ و شیر	تغییر محل، حذف حباب، تنظیم میرایی طبق دفترچه
مقدار بیش از واقع	لوله نیمه‌پر، قطر داخلی بزرگ‌تر از واقع، ضریب نادرست	مقایسه ID، پر بودن خط، ورودی‌ها	اصلاح داده‌ها و بررسی Full Pipe
مقدار کمتر از واقع	قطر داخلی کوچک‌تر از واقع، رسوب، سیگنال از مسیر نامناسب	اندازه‌گیری ID، بررسی لاینر و رسوب	اصلاح داده‌ها و بازنصب
مقدار غیرصفر در جریان صفر	نشتی شیر، همرفت، انحراف صفر	آب‌بندی شیرهای ایزوله، بازبینی سیگنال	تثبیت صفر واقعی، سپس Zero Offset طبق دفترچه
علامت دبی معکوس	جهت Transducerها یا تعریف جهت برعکس	تطبیق علامت Upstream و Downstream	تغییر جهت نصب یا تنظیم جهت
Sound Velocity **متفاوت از انتظار**	سیال یا دمای متفاوت، حباب، داده‌های اشتباه	مقایسه با مقدار مرجع سیال و دما	اصلاح تنظیم سیال و بررسی حباب
افت لحظه‌ای مقدار	عبور هوا، لوله خالی گذرا	ثبت زمان با رویداد فرآیندی	حذف منبع هوا یا تغییر محل
افت تدریجی سیگنال	خشک‌شدن Coupling، شل‌شدن بست، رسوب	بازبینی دوره‌ای ژل و بست	تعویض ژل، سفت‌کردن بست، تمیزکاری
اختلاف با فلومتر مرجع	داده‌های لوله، محل، کالیبراسیون مرجع، دینامیک فرآیند	مقایسه در همان شرایط و زمان	تفکیک خطای مرجع و اصلاح ورودی‌ها

21 مورد الف: خط آب تمیز با فلومتر Clamp-on از نوع Transit-Time

مثال محاسباتی — انتخاب، سایزینگ و تنظیم برای خط آب WORKED EXAMPLE

داده‌ها (فرض آموزشی): آب تمیز در دمای حدود 20 °C، لولهٔ فولاد کربنی افقی بدون لاینر، OD برابر 219.1 mm و ضخامت 8.18 mm از ابعاد نوعی لولهٔ NPS 8 (ASSUMPTION؛ مقادیر باید در محل اندازه‌گیری شوند REQUIRES VERIFICATION). دبی‌ها: Q_{min} = 40 m³/h، Q_{normal} = 150 m³/h، Q_{max} = 250 m³/h.

گام ۱ — قطر داخلی: ID = OD - 2 × t = 219.1 - 2 × 8.18 = 202.74 mm.

گام ۲ — مساحت: $A = (pi / 4) \times ID^2 = (pi / 4) \times 0.20274^2 = 0.03228$ m².

گام ۳ — سرعت در سه نقطه: $v = Q / (3600 \times A)$؛ نتیجه در جدول ۵ و شکل ۶ آمده است. نسبت $Q_{max} / Q_{min} = 6.25$ است و محدودهٔ مدل باید این Turndown را در سرعت‌های محاسبه‌شده پوشش دهد.

گام ۴ — محل و آرایش: بخش مستقیم و افقی خط پس از رعایت فاصلهٔ سازنده از پمپ و شیر؛ Transducerها کنار لوله (حدود ساعت ۳ و ۹) ENGINEERING RECOMMENDATION؛ آرایش V Method یا Z Method طبق دفترچه و اندازهٔ لوله.

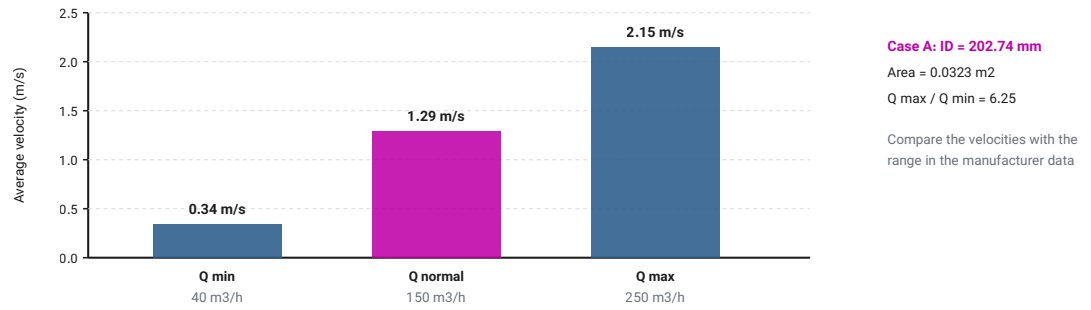
گام ۵ — ورودی‌های پیکربندی: OD، ضخامت، جنس لوله (فولاد کربنی)، نبود لاینر، سیال آب، دمای کاری و Sound Velocity مورد انتظار (حدود 1480 m/s، ASSUMPTION).

گام ۶ — راستی‌آزمایی: مقایسهٔ Sound Velocity اندازه‌گیری‌شده با مقدار مورد انتظار؛ ثبت Signal Quality؛ اثبات Full Pipe؛ بررسی صفر جریان؛ مقایسه با مرجع مستقل (منحنی پمپ، فلومتر دیگر یا حجم‌سنجی مخزن).

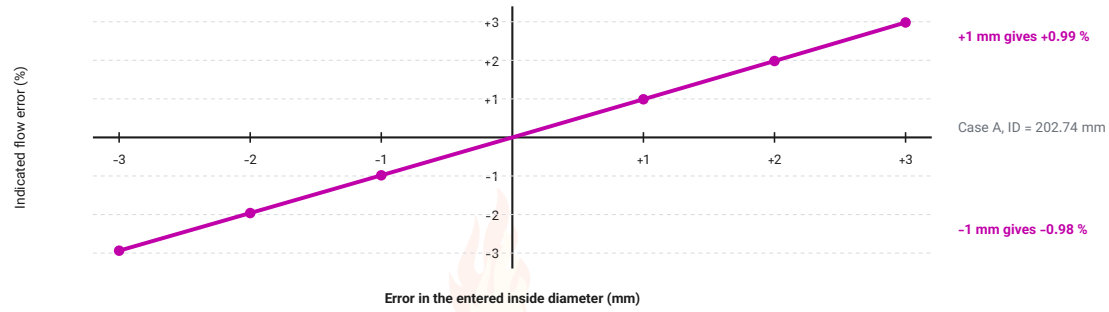
> **با ورودی‌های بالا قطر داخلی 202.74 mm، مساحت 0.03228 m² و سرعت‌ها 0.34 m/s، 1.29 m/s و 2.15 m/s به‌دست می‌آید. اگر قطر داخلی ورودی فقط 1 mm بیشتر باشد، دبی نشان‌داده‌شده +0.99 % خطا می‌گیرد؛ و اگر ضخامت دیواره 1 mm کمتر وارد شود (یعنی قطر داخلی 2 mm بیشتر)، خطا +1.98 % است — با علامت قراردادی نشان‌داده‌شده در شکل ۷. اعداد ورودی فرضی‌اند.**

جدول ۵ — سرعت متوسط در سه نقطهٔ کاری، مورد الف (قطر داخلی 202.74 mm)

نقطهٔ کاری	Q (m³/h)	Q (m³/s)	v (m/s)
Q_{min}	40	0.01111	0.34
Q_{normal}	150	0.04167	1.29
Q_{max}	250	0.06944	2.15



شکل ۶ — سرعت متوسط در Q_{min}، Q_{normal} و Q_{max} برای مورد الف؛ برای مقایسه با محدودهٔ سرعت مدل در برگهٔ سازنده



شکل ۷ — اثر خطای قطر داخلی واردشده بر دبی نشان‌داده‌شده در مورد الف؛ خطای 1 mm حدود 1 % دبی را جابه‌جا می‌کند

22 مورد ب: خط آب بزرگ — Clamp-on یا Inline؟

FIELD SCENARIO B

خط آب خام با لولهٔ بزرگ

«خط آب خام، OD برابر 1016 mm، ضخامت 12.7 mm (فرض)، دبی از 600 m³/h تا 4000 m³/h؛ توقف خط دشوار است و دسترسی محدود.»

تحلیل مهندسی: قطر داخلی 990.6 mm، مساحت 0.7707 m² و سرعت‌ها 0.22 m/s، 0.79 m/s و 1.44 m/s به‌دست می‌آید. در Q_{min} سرعت کم است و باید با کمینهٔ سرعت مدل مقایسه شود REQUIRES VERIFICATION. خطای 1 mm در ضخامت، قطر داخلی را 2 mm تغییر می‌دهد و دبی را حدود 0.40 %؛ اثر نسبی قطر بزرگ کم است، ولی شرایط دیواره (رسوب، لاینر سیمانی احتمالی) و طول مسیر صدا مهم‌ترند. **گزینه‌ها:** Clamp-on خط را باز نمی‌کند و برای توقف‌ناپذیر بودن مناسب است؛ Inline با توقف و نصب قطعهٔ خطی مسیر صوتی معلوم‌تری می‌دهد. هیچ‌یک «برنده» اعلام نمی‌شود: تصمیم بر پایهٔ ارزیابی سازنده برای این سیال و لوله، هزینهٔ واقعی نصب و توقف، و بازرسی دیواره است. **موارد باز:** جنس و وضعیت لاینر، دمای سیال، طول لولهٔ مستقیم، مدارک مترولوژی مورد نیاز، دسترسی به لوله.

23 مورد پ: پساب — Transit-Time یا Doppler؟

FIELD SCENARIO C

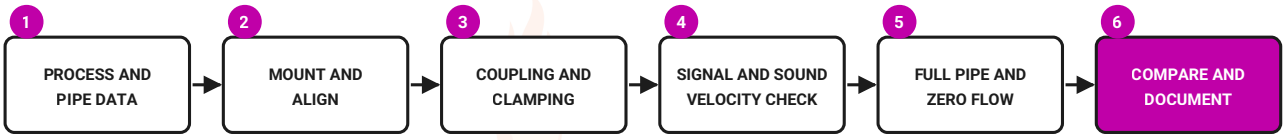
خط انتقال پساب با ذرات و حباب

«خط پساب، قطر داخلی حدود 600 mm (فرض)، دبی از 250 m³/h تا 1400 m³/h؛ ذرات و حباب نامعلوم و متغیر.»

تحلیل مهندسی: مساحت 0.2827 m² و سرعت‌ها 0.25 m/s، 0.79 m/s و 1.38 m/s. غلظت ذرات و حباب نامعلوم است و حد عددی برای انتخاب نمی‌توان داد؛ بنابراین توصیهٔ محافظه‌کارانه ارزیابی میدانی با فلومتر قابل‌حمل و ثبت Signal Quality در هر دو اصل (اگر مدل پشتیبانی کند) است. اگر سیگنال Transit-Time پایدار باشد، همین گزینه می‌تواند بهتر عمل کند؛ اگر سیگنال ناپایدار یا قطع‌شونده باشد، Doppler یا مدل ویژهٔ سیال حاوی ذره بررسی می‌شود.

موارد باز: طیف ذرات و حباب، رسوب در طول زمان، Full Pipe در دبی کم، شرایط محل و ایمنی نصب.

24 چک‌لیست راه‌اندازی



Do not skip to step 6: a stable number is not proof of a correct number

شکل ۸ — توالی راه‌اندازی: داده‌ها، نصب، Coupling، کنترل سیگنال، Full Pipe و صفر جریان، مقایسه و مستندسازی

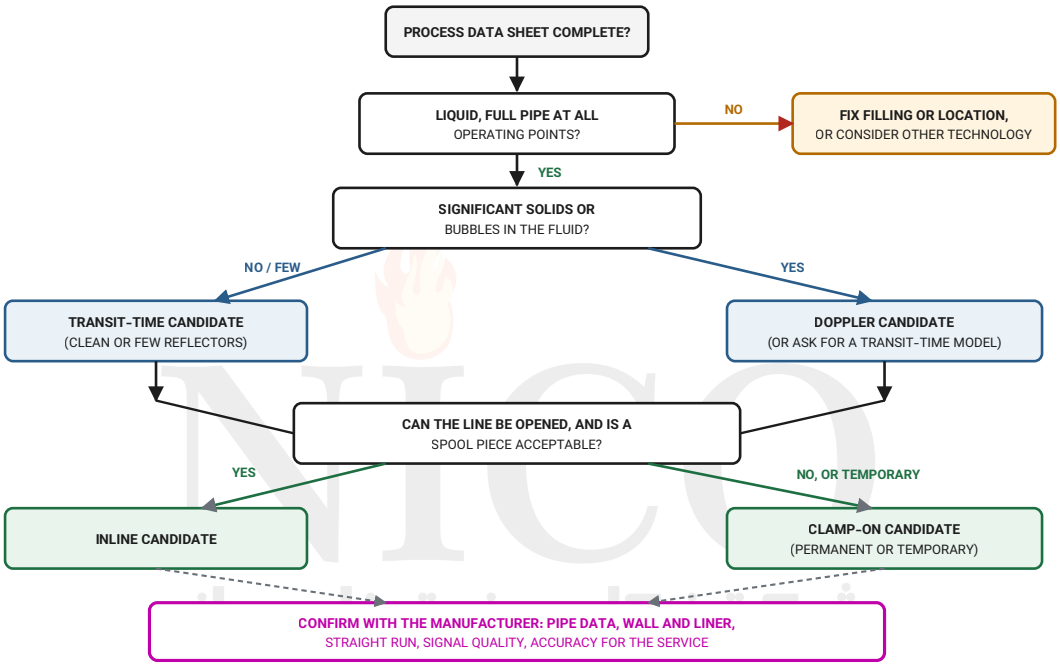
- ☐ برگهٔ داده‌های جدول ۱ کامل و موارد نامعلوم با برچسب مبنا ثبت شده است.
- ☐ OD، ضخامت و جنس لوله در محل اندازه‌گیری و ثبت شده و لاینر یا پوشش مشخص است.
- ☐ محل نصب از نظر فاصلهٔ سازنده تا پمپ، شیر و زانو، و جهت و ارتفاع خط تأیید شده است.
- ☐ سطح پاک‌سازی شده، Coupling بدون حباب اعمال و بست‌ها یکنواخت سفت شده است.
- ☐ فاصلهٔ Transducerها با مقدار دستگاه تطبیق و علامت‌گذاری شده است.
- ☐ Sound Velocity اندازه‌گیری‌شده با مقدار انتظار مقایسه و اختلاف توضیح داده شده است.
- ☐ Signal Quality ثبت و آستانهٔ هشدار طبق دفترچه تنظیم شده است.
- ☐ Full Pipe اثبات شده و منبع هوا بررسی شده است.
- ☐ صفر جریان در شرایط جداسازی واقعی بررسی و نتیجه ثبت شده است.

NICO
شرکت نیکان صنعت خاورمیانه

- ☐ مقایسه با مرجع مستقل در حداقل یک نقطهٔ کاری انجام و اختلاف ثبت شده است.
- ☐ پیکربندی (ورودی‌های لوله و سیال، خروجی‌ها) پشتیبان‌گیری و در سند راه‌اندازی ثبت شده است.
- ☐ برنامهٔ بازبینی دوره‌ای Coupling، بست و Signal Quality تعریف شده است.

25 فلوچارت انتخاب

شکل ۹ تصمیم‌ها را به ترتیب نشان می‌دهد: ابتدا کامل بودن داده و پر بودن لوله، سپس بازتابنده‌ها و اصل اندازه‌گیری، بعد امکان باز کردن خط و آرایش نصب، و در پایان تأیید سازنده. شکل پیشنهاددهندهٔ «کاندید» است و جایگزین ارزیابی مهندسی نیست.



شکل ۹ — فلوچارت انتخاب: داده و Full Pipe، Transit-Time یا Doppler، Inline یا Clamp-on و تأیید سازنده

جمع‌بندی نکات کلیدی

- انتخاب بر پایهٔ برگهٔ داده‌های فرآیند و لوله انجام می‌شود، نه نام فناوری؛ هر مورد نامعلوم باید برچسب مبنا بخورد.
- Transit-Time برای مایع نسبتاً تمیز و Doppler برای سیال دارای بازتابنده مطرح است؛ حد عددی ذره و حباب را سازنده می‌دهد.
- Inline و Clamp-on هیچ‌کدام برتری مطلق ندارند؛ تصمیم با داده‌های لوله، دسترسی و ارزیابی سازنده گرفته می‌شود.
- خطای قطر داخلی تقریباً دو برابر در دبی اثر می‌کند؛ 1 mm خطا در مورد الف حدود 1 % دبی را جابه‌جا می‌کند.
- Full Pipe، محل نصب، Coupling و Signal Quality پیش از اعتماد به عدد باید بررسی شوند؛ عدد پایدار دلیل صحت نیست.
- صفر را فقط پس از جداسازی واقعی تنظیم کنید و نتیجه را با مرجع مستقل مقایسه و ثبت کنید.

26 پرسش‌های متداول

› انتخاب فلومتر التراسونیک از کجا شروع می‌شود؟

از برگهٔ داده‌های فرآیند و لوله (جدول ۱): سیال، دبی‌های Q_{min} تا Q_{max}، قطر و ضخامت واقعی لوله، جنس، لاینر، ذرات و حباب، و امکان باز کردن خط.

› Transit-Time یا Doppler را چگونه انتخاب کنیم؟

Transit-Time برای مایع نسبتاً تمیز و Doppler برای سیال حاوی ذره یا حباب پراکنده مطرح می‌شود. غلظت‌های مجاز را فقط سازندهٔ همان مدل تعیین می‌کند.

› Inline بهتر است یا Clamp-on؟

هیچ‌کدام در همهٔ موارد بهتر نیست. Inline وقتی توقف و نصب قطعهٔ خطی ممکن است و Clamp-on وقتی خط را نمی‌توان باز کرد یا اندازه‌گیری موقت لازم است مطرح می‌شود؛ هر دو به داده‌های لوله و ارزیابی سازنده نیاز دارند.

› برای فلومتر کلمپی چه داده‌هایی از لوله لازم است؟

قطر بیرونی، ضخامت دیواره، جنس، وجود لاینر یا پوشش داخلی و وضعیت رسوب. قطر اسمی کافی نیست و ضخامت اسمی Schedule ممکن است با واقعیت فرق کند.

› فاصلهٔ بین Transducerها را از کجا بیاورم؟

دستگاه پس از وارد کردن داده‌های لوله و سیال مقدار را محاسبه و اعلام می‌کند. جدول عمومی وجود ندارد و باید از دستگاه یا دفترچهٔ همان مدل گرفته شود.

› چرا سیگنال ضعیف یا ناپایدار است؟

علل رایج: Coupling ضعیف یا حبابی، سطح رنگ‌خورده یا زنگ‌زده، لوله خالی یا نیمه‌پر، حباب و ذرات زیاد، لاینر یا رسوب و محل نزدیک به پمپ یا شیر. ماتریس جدول ۴ ترتیب بررسی را نشان می‌دهد.

NICO
شرکت نیکان صنعت خاورمیانه

چگونه بفهمیم لوله پر است؟

از نقشهٔ خط، نقطه‌های بالای مسیر، فشار نسبت به فشار بخار، Vent Valve و تشخیص داخلی دستگاه استفاده کنید؛ «پر به‌نظر رسیدن» کافی نیست.

فلومتر التراسونیک برای آب و فاضلاب چه تفاوتی دارد؟

آب تمیز معمولاً شرایط آسان‌تری برای Transit-Time دارد؛ فاضلاب ذره، حباب و رسوب متغیر دارد و انتخاب اصل اندازه‌گیری باید بر پایهٔ ارزیابی میدانی باشد.

برای لوله‌های بزرگ چه باید در نظر گرفت؟

طول مسیر صدا، وضعیت دیواره و لاینر، دسترسی، طول لولهٔ مستقیم و مقایسهٔ واقعی هزینهٔ Inline با Clamp-on. ادعای کلی «ارزان‌تر» برای یکی داده نمی‌شود.

فلومتر التراسونیک چگونه کالیبره یا راستی‌آزمایی می‌شود؟

راستی‌آزمایی میدانی با مرجع مستقل (حجم‌سنجی، فلومتر مرجع یا منحنی پمپ) و کالیبراسیون کارخانه‌ای هر دو ممکن‌اند. جزئیات کالیبراسیون و عدم‌قطعیت در سطح ۳ آمده است.

آیا برای صورت‌حساب رسمی آب مناسب است؟

پاسخ به مقررات مترولوژی قانونی کشور و تأییدیهٔ مدل بستگی دارد. این راهنما چنین تأییدیه‌ای نمی‌دهد و استانداردهای کنتور آب باید جداگانه بررسی شوند.

برای گاز و بخار هم قابل‌استفاده است؟

فلومتر التراسونیک گاز دستهٔ جداگانه‌ای است و این راهنما فقط مایع را بررسی می‌کند؛ مرز دامنه در سطح ۳ با استانداردهای مربوط معرفی شده است.

27 استانداردها و منابع

جدول زیر وضعیت راستی‌آزمایی هر منبع را نشان می‌دهد. «راستی‌آزمایی» یعنی عنوان، ویرایش و دامنه از فهرست رسمی یا فروشگاه استاندارد دیده شده است؛ هیچ‌یک از متن‌های کامل خوانده نشده‌اند و بنابراین هیچ جمله‌ای در این سند «الزام استاندارد» معرفی نشده است.

1. ISO/TR 12765 — Measurement of fluid flow in closed conduits — Methods using transit-time ultrasonic flowmeters
   گزارش فنی (ویرایش ۱۹۹۸)؛ عنوان و وضعیت جاری از فهرست BSI تأیید شد؛ متن آن خوانده نشده؛ مبنای مفهوم Transit-Time.
2. ISO 17089-1:2019 — Measurement of fluid flow in closed conduits — Ultrasonic meters for gas — Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement
   عنوان، ویرایش دوم و دامنهٔ گاز از فهرست SIS؛ فقط مرز دامنه؛ متن خوانده نشده.
3. API MPMS Chapter 5.8 — Measurement of Liquid Hydrocarbons by Ultrasonic Flow Meters
   فهرست فروشگاه، ویرایش ۲۰۲۵ را جاری نشان می‌دهد؛ مرتبط فقط با هیدروکربن مایع؛ متن خوانده نشده.
4. ISO 4064-1:2014 — Water meters for cold potable water and hot water — Part 1: Metrological and technical requirements
   عنوان از فهرست استاندارد تأیید شد؛ مرتبط فقط با الزامات مترولوژی کنتور آب، نه روش نصب Clamp-on؛ اصلاحیه‌های بعدی بررسی نشده است.
5. OIML R 49 — Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water
   فهرست OIML موجود است؛ ویرایش جاری REQUIRES VERIFICATION؛ فقط برای بررسی مقررات مترولوژی قانونی.

NICO
شرکت نیکان صنعت خاورمیانه

6. EN 1434 — Heat meters

استاندارد اندازه‌گیری انرژی حرارتی؛ ویرایش و بخش‌ها REQUIRES VERIFICATION؛ فقط مرز دامنه.

7. ASME B36.10M — Welded and Seamless Wrought Steel Pipe

منبع ابعاد اسمی لوله در مورد الف به‌عنوان فرض؛ ویرایش REQUIRES VERIFICATION؛ در عمل اندازه‌گیری میدانی ترجیح دارد.

28 تولیدکنندهٔ فلومتر التراسونیک و انتخاب مدل صنعتی

پس از روشن شدن نوع اندازه‌گیری، مرحلهٔ بعد انتخاب مدل و تأمین‌کننده است. اگر در حال بررسی خرید فلومتر التراسونیک، مقایسهٔ قیمت یا ارزیابی تولیدکننده و سازندهٔ آن هستید، جدول ۱ تکمیل‌شده را همراه نقشهٔ خط و شرایط فرآیند برای هر تأمین‌کننده بفرستید و از او بخواهید نوع پیشنهادی (Transit-Time یا Doppler، Inline یا Clamp-on)، محدودهٔ سرعت، شرایط مرجع دقت، فاصلهٔ مستقیم لازم، روش راه‌اندازی و مدارک را به‌صورت مکتوب اعلام کند. مقایسهٔ قیمت فقط پس از یکسان شدن این مفروضات معنا دارد.

این راهنما هیچ مدل فلومتر التراسونیک NICO را معرفی نمی‌کند و هیچ مشخصهٔ محصولی ادعا نمی‌کند. فناوری‌های دبی ثبت‌شده در این مجموعه الکترومغناطیسی (MAG20)، کوریولیس (CMF55) و روتامتر (MTR25 و GTR25) هستند؛ اطلاعات هر مدل را فقط از برگهٔ فنی رسمی NICO بگیرید. مثال‌های عددی آموزشی‌اند و ابعاد لوله در محل باید اندازه‌گیری شود.

منابع مرتبط NICO

پیش‌نیاز و گام بعدی

- فلومتر التراسونیک چیست و چگونه دبی را اندازه می‌گیرد؟ — NICO-EDU-FLW-L1-011-FA
- مهندسی پیشرفتهٔ اندازه‌گیری دبی با التراسونیک: Multipath، Flow Profile و عدم‌قطعیت — NICO-EDU-FLW-L3-013-FA
- دبی جرمی و حجمی چه تفاوتی دارند؟ — NICO-EDU-FLW-L1-008-FA

مشخصات، محدودهٔ کاربرد و تأییدیهٔ هر مدل باید از برگهٔ فنی رسمی NICO گرفته شود.

NICO
شرکت نیکان صنعت خاورمیانه