جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور
سازمان نقشه‌برداری کشور

کالیبراسیون شاخص انوار متریکی و بارکدی

دستورالعمل شماره

STD01-O01CY0004D

آخرین ویرایش: ۳۰-۱۱-۱۴۰۱

سازمان نقشه‌برداری کشور http://www.ncc.gov.ir

اداره کل نظارت، کنترل فنی و استاندارد گروه استانداردسازی

اردیبهشت ۱۴۰۲

پیشگفتار

برای عملیات ترازیابی دقیق با دستگاه‌های اپتیکی و رقومی، استفاده از شاخص‌های انوار الزامی است و یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد بحث در ترازیابی دقیق، تعیین خطای درجه‌بندی شاخص‌های انوار است. درجه‌بندی شاخص‌های انوار تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد و میزان خطای درجه‌بندی شاخص انوار در عملیات کالیبراسیون مشخص می‌گردد. تنها دستگاه کالیبراسیون در کشور در سال ۱۳۶۷ خورشیدی از شرکت سوکیشا تهیه و در سازمان نقشه‌برداری کشور نصب گردید. سرویس کالیبراسیون شاخص‌ها توسط کارشناسان آموزش‌دیده در خارج کشور انجام شد... متأسفانه بعد از بازنشستگی این همکاران، تنظیم دستگاه بدون ارائه مستندات مورد لزوم کالیبراسیون بر عهده اداره کل زمینی قرار گرفت.

اکنون نیاز به کالیبراسیون شاخص‌های انوار، موجب گردید که دستورالعمل کالیبراسیون تدوین گردد و به‌عنوان مستندی برای عملیات تنظیم و سرویس شاخص‌های انوار مورد استفاده قرار گیرد. در دستورالعمل تهیه‌شده، روش‌های مختلف عملیات کالیبراسیون با دستگاه‌های مختلف کالیبراسیون مرور می‌شود.

اردیبهشت ۱۴۰۲

تهیه و کنترل دستورالعمل «کالیبراسیون شاخص انوار متریکی و بارکدی»

اعضای گروه تهیه‌کننده:

سیاوش عربی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد نقشه‌برداری
ابراهیم مالکی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی نقشه‌برداری
قاسم مظلومی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی نقشه‌برداری
علی طالبی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی نقشه‌برداری

اعضای گروه نظارت:

فرخ توکلی	سازمان نقشه‌برداری کشور	دکتری نقشه‌برداری

اعضای گروه تأییدکننده (کمیته تخصصی):

لیلا کریمی دهکردی	سازمان نقشه‌برداری کشور	دکتری نقشه‌برداری
شمس الملوک علی‌آبادی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناس ارشد ریاضی
رقیه فتحی الماس	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناس ارشد سنجش‌ازدور
حمیدرضا سیدین بروجنی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناس ارشد گردشگری
هما درزی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی
مهدی سعیدی انجیله	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی نقشه‌برداری
شهره صیفی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناس نقشه‌برداری
حمیده چراغی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد ژئودزی
مریم صارمی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی
عطیه ثقه مجتهدی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی نقشه‌برداری

ویراستار

حسن نظری	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی نقشه‌برداری

فهرست مطالب

پیشگفتار.....أ

مقدمه.....ذ

فصل اول ۱

۱-۲-تعاریف کلی..... ۲

فصل دوم ۷

۲-۱-شرایط آزمایشگاه کالیبراسیون..... ۸

۲-۲-عوامل موثر در تعیین خطای کالیبراسیون شاخص..... ۸

۲-۳-شرایط و روش کلی کالیبراسیون..... ۸

۲-۴-حذف خطای صفر شاخص..... ۹

فصل سوم ۱۱

۳-۱-مشخصات دستگاه کالیبراسیون..... ۱۲

۳-۲-تجهیزات جهت کالیبراسیون شاخص انوار..... ۱۳

۳-۲-۱-صفحه مخصوص کنترل خطای صفر شاخص..... ۱۳

۳-۲-۲-متر استاندارد..... ۱۴

۳-۳-قطعات دستگاه کالیبراسیون:.....۱۶

۳-۳-۱-شاسی.....۱۶

۳-۳-۲-پایه نگهدارنده میکروسکوپ ها..... ۲۳

۳-۳-۳-میکروسکوپ‌ها..... ۲۴

۳-۳-۴-سیستم روشنایی دستگاه..... ۲۷

فصل چهارم ۲۹

۴-۱- اندازه گیری خطای یک دور چرخش ورنیه میکروسکوپ‌های دستگاه کالیبراسیون :..... ۳۰

۴-۱-۱-روش قرائت و ثبت مشاهدات ورنیه میکروسکوپ..... ۳۰

۴-۱-۲-روش تنظیم تارM رتیکول برای مشاهده اعداد ۰ ، ۵ و ۱۰ درجه بندی داخلی.....۳۲
۴-۱-۲-۱-اندازه گیری فاصله بین اعداد ۰ و ۵ درجه بندی داخلی.....۳۲
۴-۱-۲-۲- اندازه گیری فاصله بین اعداد ۵ و ۱۰ درجه بندی داخلی.....۳۳
۴-۲-روش قرائت ورنیه برای مشاهده اعداد شروع و پایان بازها (اعداد ۰ ، ۵ و ۱۰)درجه بندی داخلی.....۳۴
۴-۲-۱- قرائت ورنیه شروع (مبدا) بازه درجه بندی داخلی.....۳۴
۴-۲-۲- قرائت ورنیه پایان بازه درجه بندی داخلی.....۳۵
۴-۳- اندازه گیری خطای تارهای رتیکول میکروسکوپ دستگاه.....۳۶
۴-۳-۱- قرائت تار سمت چپ متر استاندارد.....۳۸
۴-۳-۲- قرائت تار وسط متر استاندارد.....۳۹
۴-۳-۳- قرائت تار سمت راست متر استاندارد:.....۴۱
۴-۴- فرم ثبت اندازه گیری تارهای رتیکول میکروسکوپهای دستگاه.....۴۲
۴-۵-کنترل فاصله بین مراکز میکروسکوپ‌ها از یکدیگر.....۴۳
۴-۵-۱-قرارگیری دقیق متر استاندارد زیر میکروسکوپ‌ها.....۴۳
۴-۶-قرار دادن مراکز فلش تار رتیکول M بر روی مرکز علامت + و قرائت آنها.....۴۵
۴-۷- فرم ثبت اندازه گیری فاصله بین میکروسکوپ‌های چپ و راست دستگاه.....۴۶
فصل پنجم **۴۹**
۵-۱-روش کلی انجام این کنترل.....۵۰
۵-۲-فرم ثبت اندازه گیری فاصله بین میکروسکوپهای چپ و راست دستگاه.....۵۶
۵-۳-حذف خطای صفر شاخص در آزمایشگاه.....۵۹
۵-۳-۱-روش اندازه گیری خطا صفر شاخص.....۶۰
۵-۳-۲- روش تنظیم صفرشاخص.....۶۱
فصل ششم **۶۳**
۶-۱- محاسبه خطای کالیبراسیون شاخص.....۶۴

۶-۱-۱- تبدیل مشاهدات به فایل ورودی برنامه..... ۶۴
۶-۱-۲- ایجاد فایل ورودی برای شاخصهای اپتیکی ۲ لبه..... ۶۴
۶-۱-۳- نام فایل ورودی مشاهدات کالیبراسیون و آدرس قرار گیری آن در رایانه..... ۶۶
۶-۲- فایل خروجی از پردازش مشاهدات کالیبراسیون..... ۶۶
۶-۲-۱- نام فایل خروجی پردازش مشاهدات کالیبراسیون و آدرس قرار گیری آن در رایانه..... ۶۶
۶-۲-۲- معرفی محتویات فایل خروجی از برنامه محاسباتی کالیبراسیون..... ۶۶
۶-۳- تعداد دفعات قرائت هر شاخص..... ۶۸
۶-۴- مقایسه نتایج کالیبراسیون جدید و قبلی شاخص..... ۶۸
فصل هفتم ۶۹
۷-۱- مشاهدات کنترل دستگاه کالیبراسیون..... ۷۰
۷-۲- مشاهدات کنترل شاخص انوار ۱۰۴۶B:..... ۷۳
۷-۳- فایل ورودی مشاهدات کالیبراسیون..... ۷۸
۷-۴- فایل خروجی از برنامه محاسبات کالیبراسیون :..... ۷۸

فهرست اشکال

شکل۱- نمایی از شاخص اپتیکی..... ۳

شکل ۲- قسمتی از شاخص انوار بارکدی مخصوص سری di ni که بلوکهای ۲ سانتیمتری آن توسط یک متر فلزی نمایش داده شده است..... ۴

شکل۳- نمایی از پیچ تنظیم صفر..... ۱۰

شکل ۴- ابعاد جانمایی دستگاه به صورت پلان..... ۱۲

شکل ۵- ابعاد جانمایی دستگاه به صورت سه بعدی..... ۱۳

شکل ۶- صفحه مخصوص کنترل صفر شاخص نصب شده روی دیوار..... ۱۴

شکل ۷-تیغه شیشه ای روی متر استاندارد..... ۱۴

شکل ۸- متر استاندارد در زیر دستگاه کالیبراسیون..... ۱۵

شکل ۹- دماسنج دقیق سنسوری عقربه ای..... ۱۵

شکل ۱۰- نمایی از دستگاه کالیبراسیون در آزمایشگاه واقع در سازمان نقشه برداری..... ۱۶

شکل ۱۱- صفحه و پیچهای اتصالی شاسی زیرین به ستونک سمت راستی دستگاه ، غلطک و پیچ قفل حرکت عرضی شاسی..... ۱۷

شکل ۱۲- صفحه و پیچهای اتصالی شاسی زیرین به ستونک سمت چپی دستگاه ، غلطک و پیچ حرکت عرضی شاسی..... ۱۷

شکل ۱۳- نمایی از بالای بخش زیرین و بالایی شاسی که شاخص روی آن قرار می گیرد..... ۱۸

شکل۱۴- نمای جانبی از بخش بالای شاسی جهت استقرار شاخص..... ۱۹

شکل۱۵- نمایی از بخش بالای شاسی و شاخص مستقر شده در آن..... ۱۹

شکل ۱۶- پیچ حرکت در حالت سریع شکل ۱۷- پیچ حرکت در حالت کند ۲۰

شکل ۱۸- نمایی از بخشهای بالای شاسی مربوط به شاخص و متر استاندارد..... ۲۱

شکل ۱۹- استقرار متر استاندارد بین گیره ها..... ۲۲

شکل۲۰- بالا کشیدن محل متر استاندارد به سمت بالا..... ۲۲
شکل۲۱ –نمای فوقانی میکروسکوپ..... ۲۳
شکل ۲۲-نمای جانبی میکروسکوپ..... ۲۴
شکل۲۳- تارها و درجه بندی داخلی میکروسکوپ..... ۲۵
شکل۲۴- فواصل بین تارهای داخلی میکروسکوپ..... ۲۶
شکل۲۵-ورنیه..... ۲۷
شکل ۲۶- فرم ثبت اندازه گیری یک دور چرخش ورنیه میکروسکوپها..... ۳۱
شکل ۲۷- اندازه گیری عدد ۰ درجه بندی داخلی..... ۳۳
شکل ۲۸- اندازه گیری عدد ۵ درجه بندی داخلی..... ۳۳
شکل ۲۹- اندازه گیری عدد ۱۰ درجه بندی داخلی..... ۳۴
شکل ۳۰- قرائت عدد ورنیه معادل ۹۷ میکرومتر..... ۳۵
شکل ۳۱- قرائت عدد ورنیه معادل ۴ میکرومتر..... ۳۵
شکل ۳۲- تارهای حک شده روی تیغه شیشه ایی متر استاندارد ، با فواصل mm ۱ از یکدیگر..... ۳۶
شکل ۳۳- قرار دادن تار میلیمتری متر استاندارد روی درجه بندی های داخلی میکروسکوپ..... ۳۷
شکل۳۴- قرار دادن تار رتیکول L۱ روی اولین تار سمت چپ، تار متر استاندارد..... ۳۸
شکل ۳۵- قرائت عدد ورنیه معادل ۴ میکرومتر..... ۳۹
شکل۳۶- قرار دادن تار رتیکولM روی تار وسط متر استاندارد..... ۳۹
شکل ۳۷- قرائت عدد ورنیه معادل ۹۷ میکرومتر..... ۴۰
شکل۳۸- قرار دادن تار رتیکول R۱ روی آخرین تار سمت راست، تار متر استاندارد..... ۴۱
شکل ۳۹- هم امتداد سازی به کمک مماس کردن خط عمودی علامت + بر لبه تار رتیکولM..... ۴۴
شکل ۴۰- قرار دادن مرکز علامت +بین درجه های تقسیماتی داخلی میکروسکوپ..... ۴۵
شکل ۴۱- قرار دادن مراکز فلش تار رتیکول M بر روی مرکز علامت +..... ۴۵
شکل ۴۲- فرم ثبت اندازه گیری فاصله بین میکروسکوپهای چپ و راست دستگاه..... ۴۷
شکل ۴۳- جداسازی پایه های نگهدارنده شاخص از بدنه..... ۵۰

شکل۴۴- علامت گذاری بدنه شاخص انوار بارکدی.....۵۲

شکل۴۵- نمایی از تقسیمات یک شاخص اپتیکی که لبه های عمودی تار رتیکول و تقسیمات شاخص نسبت به هم دوران دارد (هم امتداد نیستند).....۵۳

شکل ۴۶- نمایی از تقسیمات یک شاخص اپتیکی که به کمک پیچهای دوران پایه نگهدارنده شاخص در دستگاه، لبه های عمودی تقسیمات شاخص و تار رتیکول هم امتداد شده اند.....۵۳

شکل ۴۷- نمایی از تقسیمات یک شاخص بارکدی و اپتیکی که به کمک پیچهای دوران پایه نگهدارنده شاخص در دستگاه، لبه های عمودی تقسیمات شاخص و تار رتیکول هم امتداد شده اند.....۵۴

شکل ۴۸- قراردادن لبه تقسیمات شاخص اپتیکی بین درجه بندی های داخلی میکروسکوپ.....۵۵

شکل ۴۹- قراردادن مرکز فلش تار رتیکول M بر روی تقسیمات شاخص اپتیکی.....۵۵

شکل ۵۰- قراردادن مرکز فلش تار رتیکول M بر روی تقسیمات شاخص بارکدی.....۵۶

شکل ۵۱- فرم ثبت اندازه گیری فاصله بین میکروسکوپهای چپ و راست دستگاه.....۵۸

شکل ۵۲- صفحه نصب شده روی دیوار شکل ۵۳ – تکیه دادن کف شاخص به صفحه.....۶۰

شکل ۵۴- فنر اتصالی نوار انوار به بالای بدنه شاخص شکل ۵۵- پیچ تنظیم صفر شاخص ..۶۰

شکل ۵۶- فایل ورودی.....۶۴

شکل ۵۷-نمونه ای از فایل خروجی، پردازش مشاهدات کالیبراسیون.....۶۷

مقدمه

یکی از تصحیحات مهم در ترازیابی دقیق، تصحیح کالیبراسیون شاخص انوار است. کلاً مشاهدات ترازیابی دقیق بر اساس دو نوع سیستم اندازه‌گیری اپتیکی (متریکی) و رقومی انجام می‌شود. در این سیستم‌ها، مشاهدات از روی شاخص‌هایی که با تقسیمات سانتیمتری مدرج شده‌اند صورت می‌گیرد. لذا خطای تقسیم‌بندی این شاخص‌ها بر روی اندازه‌گیری اثر مستقیم و قابل توجهی دارد. به همین دلیل کنترل خطای درجه‌بندی و صفر شاخص دارای اهمیت بسیار زیادی است. در این نوشتار سعی شده تا حد امکان ضمن معرفی و آشنا نمودن مخاطبان محترم با دستگاه کنترل و تنظیم (کالیبراسیون) شاخص انوار سیستم اپتیکی موجود در سازمان نقشه‌برداری، روش مشاهدات و تنظیم شاخص‌های اپتیکی با دستگاه کالیبراسیون را تا حد امکان تشریح نماییم. روش اندازه‌گیری و تجهیزات موردنیاز برای کالیبراسیون که در این بخش به آن اشاره می‌شود مختص شاخص انوار مدرج اپتیکی (یک یا دو لبه) است.

لازم به ذکر است که بر اساس یکی از بندهای موجود در جلد اول دستورالعمل‌های همسان‌سازی نقشه‌برداری (نشریه ۱- ۱۱۹) تحت عنوان ژئودزی و ترازیابی، بعضی از شاخص‌های بارکدی که فواصل لبه‌های بارکد آن قابل تشخیص و به‌صورت مضرب‌هایی از سانتیمتر تعیین‌شده باشد (مانند شاخص بارکدی سری DINI از کارخانه زایس و تریمبل که در این سیستم کدها روی این شاخص به‌صورت الگوهای ۲ سانتی‌متر پیاده‌سازی شده‌اند) می‌توان برای کنترل شاخص و تعیین درجه‌بندی از دستگاه کالیبراسیون متریکی نیز استفاده نمود.

فصل اول

تعاریف

۱-۲-تعاریف کلی

ترازیابی: به مجموعه عملیاتی گفته می‌شود که منجر به تعیین ارتفاع نقاط نسبت به یک سطح مبنا می‌شود. ارتفاع از طریق اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع بین دو شاخص و اعمال تصحیحات لازم و سرشکنی، تعیین می‌گردد.

دهنه (Setup): اندازه‌گیری کامل بین دو شاخص انوار. معمولاً انتقال ارتفاع بین دو ایستگاه، با توجه به فاصله آن‌ها، با یک دهنه امکان‌پذیر نمی‌باشد.) البته حتی اگر فاصله نقاط به‌اندازه کافی کوتاه باشد که با یک دهنه نیز انتقال ارتفاع امکان‌پذیر باشد به دلیل خطای صفر در شاخص‌های انوار، حداقل طی ۲ دهنه انتقال ارتفاع باید صورت گیرد).

شاخص انوار ترازیابی: یکی از مهم‌ترین تجهیزات جهت انجام عملیات ترازیابی، شاخص می‌باشد. شاخص ترازیابی درواقع یک نوع خط کش مدرج یا بارکدی است و ترازیابی بر اساس اندازه‌گیری ارتفاع خط دید ترازیاب روی شاخص انجام می‌شود. لذا دقت درجه‌بندی آن‌ها تأثیر مستقیم بر روی دقت مشاهدات ترازیابی دارد. شاخص‌ها در دو نوع اپتیکی و رقومی (بارکددار) در بازار ارائه می‌شوند که غیر از بخش درجه‌بندی آن‌ها، کاملاً مشابه هستند.

شاخص انوار شامل قسمت‌های زیر است:

۱-بدنه: بدنه آن‌یک تکه (غیر تاشو و غیر کشویی) و از جنس معمولاً آلومینیومی است و ارتفاع آن در دو نوع، ۲ متر و ۳ متر، در بازار موجود است. معمولاً برای ترازیابی در فضاهای باز از نوع ۳ متری و در فضاهای بسته که محدودیت ارتفاعی دارند از نوع ۲ متری استفاده می‌شود.

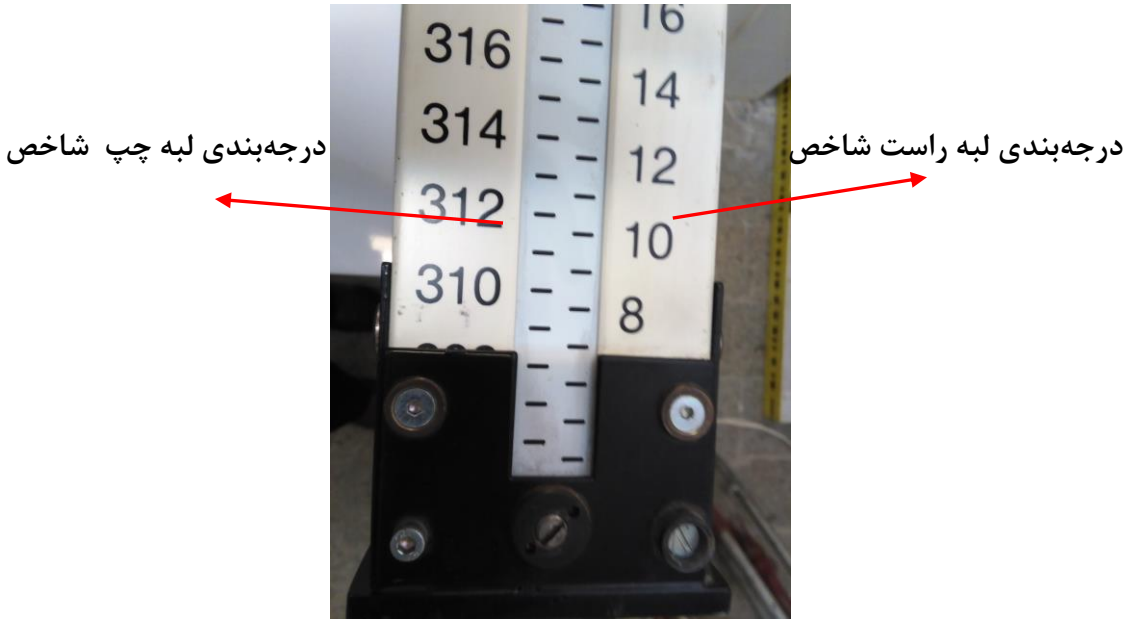
۲- پایه‌های نگه‌دارنده: روی شاخص ۲ عدد پایه نصب‌شده که ارتفاع این پایه‌ها به کمک تجهیزات پیش‌بینی‌شده روی آن، به‌صورت کشوی قابل تنظیم می‌باشد. با تغییر ارتفاع این پایه‌ها می‌توان شاخص را در حالت تراز ثابت نگه داشت.

۳- ترازهای کروی: ۲ عدد تراز کروی برای عمود کردن شاخص پشت بدنه پیش‌بینی‌شده است. توسط پایه‌های نگه‌دارنده و این ترازها، شاخص عمود می‌شود.

۴- نوار مدرج انوار: برای افزایش دقت درجه‌بندی شاخص و حداقل نمودن تأثیر تغییرات دمای جو (خطای دمایی) بر روی مشاهدات ترازیابی، درجه‌بندی این نوع شاخص بر روی نواری از جنس آلیاژ انوار انجام می‌گیرد. این نوار در بالا توسط یک فنر و در پایین توسط پیچی روی بنه کاملاً تنظیم می‌شود. روش درجه‌بندی شاخص انوار اپتیکی و رقومی کاملاً متفاوت است لذا در دو بخش جداگانه توضیح داده می‌شوند:

الف- نوار مدرج انوار اپتیکی: درجه‌بندی نوار انوار این نوع شاخص‌ها در ۲ سری (در لبه‌های چپ و راست نوار) با فواصل یک سانتیمتری با دقت‌های بسیار بالایی روی نوار انوار شاخص، انجام می‌گیرد. مقدار درجه‌بندی‌های شاخص دو

لبه روی بدنه و روبروی درجه‌بندی‌ها، هر ۲ سانتیمتر (تقسیمات زوج) مشخص‌شده است. مدرج‌های سمت چپ و راست، دارا یک شیفت دقیق استاندارد معادل 3.01550 متر است. مبدأ این درجه‌بندی‌ها در لبه‌های چپ و راست شاخص، کف شاخص است. مقدار مبنای کف شاخص در درجه‌بندی‌های سمت راست، 0 و در درجه‌بندی‌های سمت چپ، به مقدار 3.01550 متر می‌باشد. لذا درجه‌بندی‌های چپ و راست روبروی یکدیگر قرار تمی گیرند. (شکل ۱)



شکل ۱- نمایی از شاخص اپتیکی

در ترازیابی‌های دقیق، از این دو سری درجه‌بندی جهت تعیین اختلاف ارتفاع در هر دهنه استفاده می‌شود. لذا به این شاخص‌ها اصطلاحاً شاخص‌های دو لبه نیز گفته می‌شود.

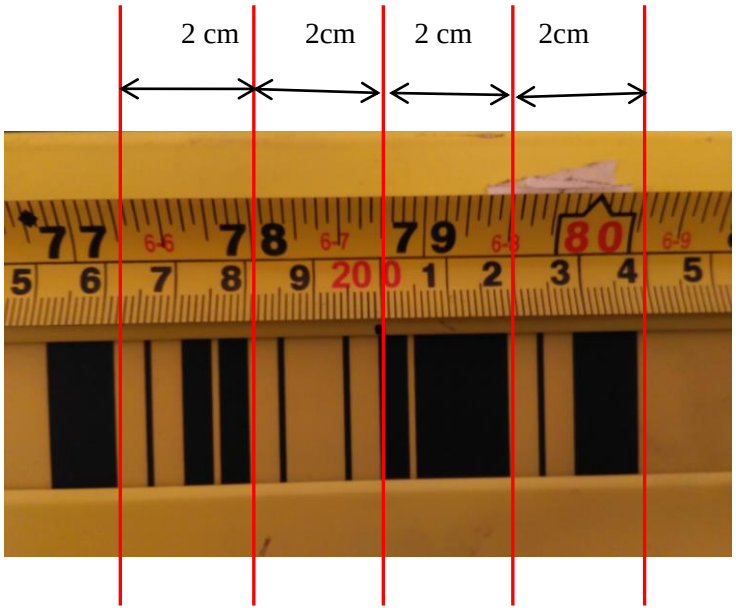
دلایل انجام ۲ سری درجه‌بندی روی شاخص اپتیکی عبارت‌اند از:

- اندازه‌گیری ۲ بار اختلاف ارتفاع هر دهنه در هر استقرار ترازیاب.
- افزایش دقت مشاهدات هر دهنه.
- کنترل خطای انسانی در حین ترازیابی.

تمام درجه‌بندی‌های سمت چپ و راست، طی بازه‌هایی (فواصل یک متری بین درجه‌بندی‌ها) که توسط سازنده دستگاه کالیبراسیون مشخص‌شده کنترل می‌شوند. ضریب انبساط طولی نوار انوار نوع اپتیکی، در

حدود $\alpha_{optic} = \kappa_1 \times 10^{-5}$ متر بر درجه سانتی‌گراد، است. مقادیر k_1 مضربی از ضریب انبساط طولی نوار انوار است که توسط کارخانه سازنده برای هر شاخص دقیقاً به دست می‌آید

ب- نوار انوار بارکدی: درجه‌بندی نوار انوار این نوع شاخص‌ها توسط بارکدهای (خطوط سیاه و سفید) با دقت‌های بسیار بالایی انجام می‌گیرد. شاخص‌های انوار بارکدی تاکنون توسط چند شرکت بزرگ تجهیزات نقشه‌برداری ساخته‌شده است که هرکدام از این سازنده‌ها به شکل خاص شاخص را درجه‌بندی نموده‌اند. یکی از این نوع شاخص‌ها توسط شرکت زایس (سری *Dini*) انجام‌گرفته است که در این نوع شاخص خاص، بارکدها به‌صورت بلوک‌های ۲ سانتیمتری در پی هم آورده می‌شوند؛ یعنی مانند این است که شاخص با فواصل ۲ سانتیمتری درجه‌بندی‌شده است. چون این ۲ سانتیمتر مضربی از ۱۰۰ سانتیمتر است لذا امکان کنترل این نوع درجه‌بندی نیز با دستگاه کالیبراسیون اپتیکی امکان‌پذیر می‌باشد. (شکل ۲)



شکل ۲- قسمتی از شاخص انوار بارکدی مخصوص سری dini که بلوک‌های ۲ سانتیمتری آن توسط یک متر فلزی نمایش داده‌شده است

ضریب انبساط طولی شاخص‌های بارکدی، در حدود $\alpha_{digital} = \kappa_2 \times 10^{-6}$ متر بر درجه سانتی‌گراد، است. مقدار $k2$ مضربی از ضریب انبساط طولی نوار انوار است که توسط کارخانه سازنده برای هر شاخص دقیقاً به دست می‌آید. مقایسه ضریب انبساط طولی نوار انوار دو نوع اپتیکی و رقومی، نشان‌دهنده آن است که شاخص‌های بارکددار بسیار کمتر از نوع اپتیکی تحت تأثیر خطای دمایی قرار می‌گیرند.

شاخص مبنا: به شاخصی گفته می‌شود که عاری از خطاهای درجه‌بندی و صفر باشد.

خطای صفر شاخص: اختلاف بین قرائت و فاصله طولی درجه‌بندی‌های نوار انوار از کف شاخص.

آزمایشگاه: مکانی است مسقف و عایق‌بندی حرارتی شده که دستگاه در آن نصب و عملیات کالیبراسیون شاخص در آن انجام می‌شود.

دهنه (Setup): اندازه‌گیری کامل بین دو شاخص انوار.

کالیبراسیون شاخص انوار: عبارت است از تعیین خطای درجه‌بندی شاخص انوار.

دستگاه کالیبراسیون: به دستگاهی اطلاق می‌شود که به کمک آن می‌توان خطای درجه‌بندی شاخص را تعیین نمود. این دستگاه شامل، بدنه و تجهیزات جانبی خاصی است که باید روی فونداسیون که مخصوص آن ساخته‌شده نصب گردد.

فصل دوم

آزمایشگاه کالیبراسیون

۲-۱-شرایط آزمایشگاه کالیبراسیون

این مکان باید دارای شرایط خاصی باشد که این شرایط عبارت‌اند از:

- انتخاب مکانی مناسب برای آزمایشگاه کالیبراسیون: محل آزمایشگاه باید دور از تردد وسایل نقلیه سبک و سنگین بوده و مستقیماً بر روی سطح زمین واقع بوده و تجهیزات دستگاه از گردوخاک محفوظ باشند.
- عایق‌بندی حرارتی آزمایشگاه: دیوارها و بازشوهای آن کاملاً عایق‌بندی حرارتی شده و با کمک سیستم‌های گرما و سرما ساز مناسب آزمایشگاه در دمای (۲۰/۵ ± ۰) درجه سانتی‌گراد ثابت گردد.
- ممنوعیت تردد به آزمایشگاه در حین کالیبراسیون.

ابعاد و مقاومت بتن و آرماتوربندی آن با توجه به نوع اندازه‌گیری که در کالیبراسیون انجام می‌شود از اهمیت خاصی برخوردار است لذا باید فونداسیون با توجه به مقدار مقاومت خاک بستر آن و بر اساس دستورالعمل سازنده دستگاه انجام گیرد.

۲-۲-عوامل مؤثر در تعیین خطای کالیبراسیون شاخص

عوامل مؤثر در تعیین خطای کالیبراسیون شاخص عبارت‌اند از:

۱-آزمایشگاه و شرایط آن.

۲-دقت دستگاه که شامل:

دقت اسمی دستگاه که از طرف سازنده اعلام می‌شود،

دقت در نصب دستگاه

دقت اپراتورهای که اندازه‌گیری‌ها را به عهده‌دارند،

۳-روش اندازه‌گیری.

۲-۳-شرایط و روش کلی کالیبراسیون

عملیات کالیبراسیون شاخص در طی ۲ مرحله توسط سه عامل (دو نفر برای قرائت هم‌زمان میکروسکوپ چپ وراست و یک نفر نیز به‌عنوان نویسنده) به‌صورت زیر انجام می‌گیرد.

۱- حمل شاخص‌ها به آزمایشگاه: جهت هم‌دما شدن نوار شاخص انوار، حداقل ۲۴ ساعت قبل از کالیبراسیون، شاخص‌ها به آزمایشگاه که دمای آن (۲۰/۵ ± ۰) درجه سانتی‌گراد ثابت گردیده منتقل می‌شوند.

۲-کنترل و تنظیم دستگاه کالیبراسیون: پیش از اندازه‌گیری بر روی شاخص‌ها، صحت خود دستگاه نیز باید کنترل شود که این کنترل به دو صورت زیر انجام می‌شود.

الف-کنترل‌های دوره‌ای: قسمت‌های مختلف دستگاه به‌طور دوره‌ای، هر ۶ ماه یک‌بار، کنترل می‌شود. این کنترل‌ها شامل موارد زیر است:

- تراز، انحراف افقی و لقی قطعات الحاقی شاسی و قاب‌های نگه‌دارنده میکروسکوپ‌ها
- کنترل ریل متصل به شاسی
- روغن و گریس کاری قطعات متحرک دستگاه

ب-کنترل قبل از مشاهدات کالیبراسیون: به ازای هر ۴ عدد شاخص یک‌بار باید قبل از کالیبراسیون شاخص‌ها، دستگاه در آن تاریخ خاص باید بر اساس دستورالعمل سازنده آن، کنترل شود؛ که روش آن مفصلاً توضیح داده خواهد شد.

۳- اندازه‌گیری درجه‌بندی‌های شاخص: پس از اندازه‌گیری خطاهای دستگاه، شاخص موردنظر بر روی ریل بدنه و در جای مخصوص آن نصب و سنسور دماسنج به نوار انوار آن متصل و اندازه‌گیری‌های لازم انجام می‌شود. روش کار مفصلاً توضیح داده خواهد شد.

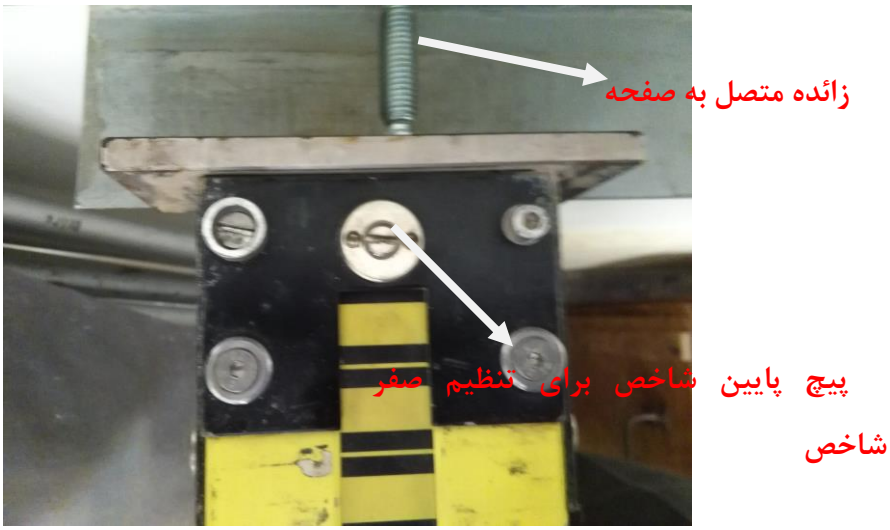
۴-حذف خطای صفر شاخص: یکی از مهم‌ترین خطاهای دستگاهی در مشاهدات ترازیابی این خطا است که اثر مستقیمی بر مشاهدات ترازیابی دارد. این خطا را می‌توان با دو روش، ۱- حذف خطا در آزمایشگاه کالیبراسیون ۲- انجام مشاهدات ترازیابی با تعداد دهنه‌های زوج، حذف نمود.

۳-۳-حذف خطای صفر شاخص

یکی از مهم‌ترین بخش‌های هر شاخص انوار، نوار انوار مدرج شده یا بارکدی آن است. این نوار توسط فنری در بالا و پیچی در پایین آن، به بدنه شاخص کاملاً متصل شده است. جون قرائت ارتفاعی ترازیاب بر اساس درجه‌بندی‌های نوار انوار می‌باشد، لذا تنظیم این نوار و حذف خطای صفر آن از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. برای حذف این خطا به دو روش زیر اقدام می‌شود:

۱-حذف خطای در آزمایشگاه کالیبراسیون: در این روش یک شاخص را به‌عنوان مبنای کار در نظر گرفته و بقیه شاخص‌ها را با آن تنظیم می‌کنند. این روش بعد مفصلاً توضیح داده خواهد شد.

۲-قرائت زوج دهنه: در این روش مشاهدات بین نقاط به صورتی انجام می‌شود که تعداد دهنه‌های ترازیابی بین هر دونقطه، زوج باشد زیرا با این عمل شاخص عقبی که در دهنه ابتدایی روی ایستگاه واقع‌شده در دهنه پایانی نیز روی ایستگاه بعدی قرار می‌گیرد؛ یعنی خطای مشاهدات اختلاف ارتفاع در هر دهنه فرد در دهنه زوج بعدی آن، کاملاً خنثی می‌شود.



شکل ۳- نمایی از پیچ تنظیم صفر

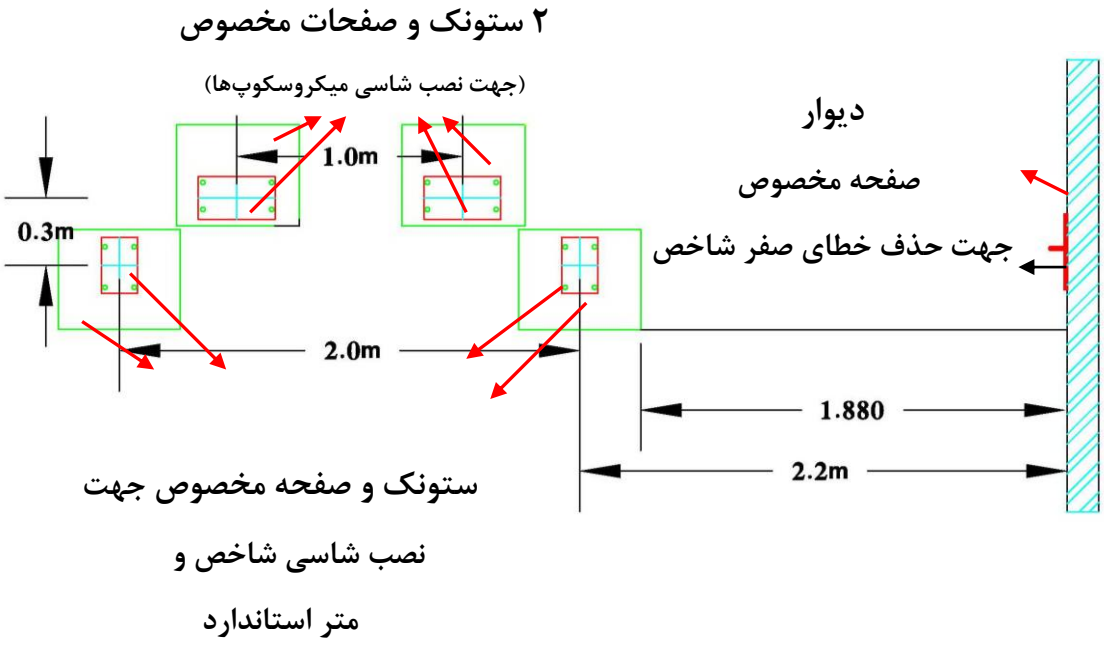
فصل سوم

دستگاه کالیبراسیون شاخص ترازیابی

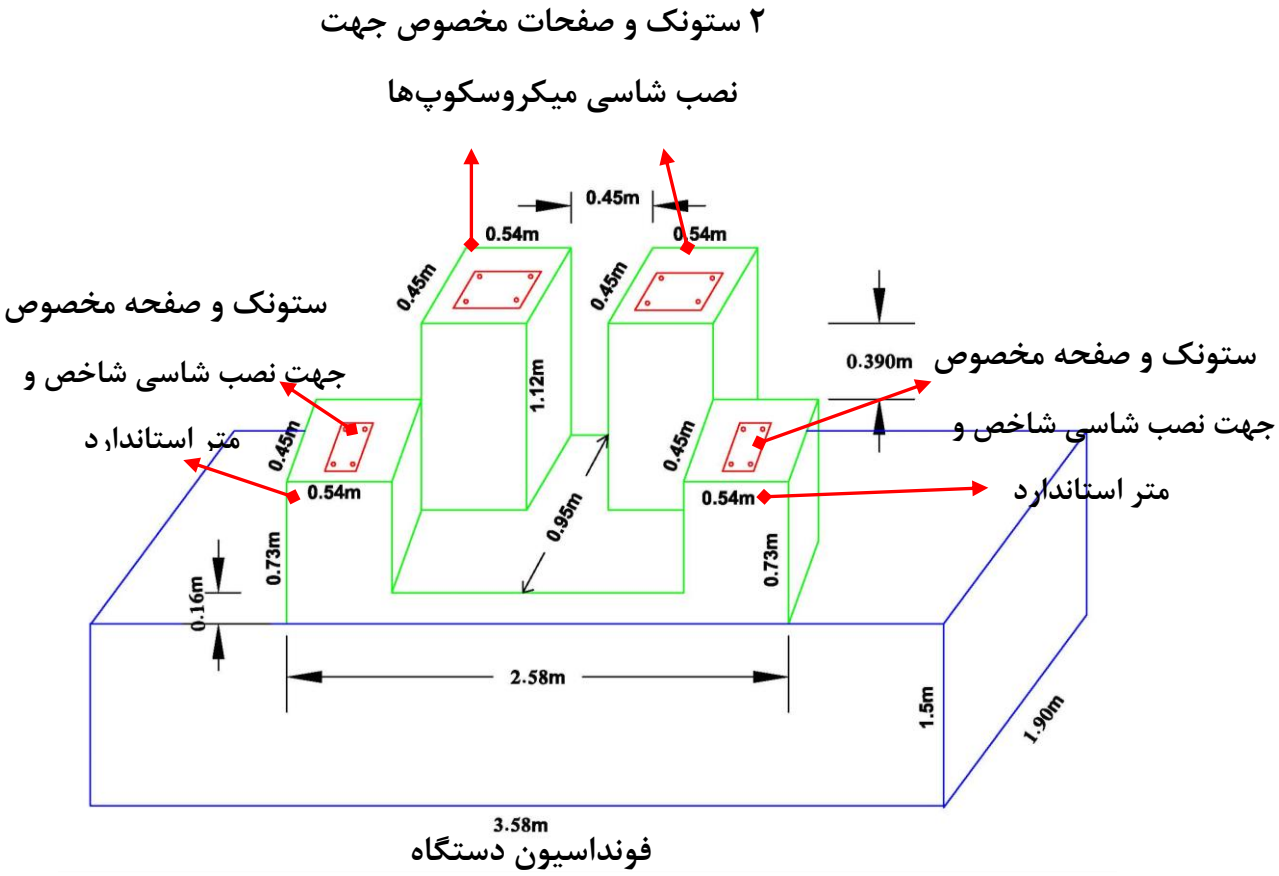
۳-۱-مشخصات دستگاه کالیبراسیون

دستگاه کالیبراسیون به دستگاهی اطلاق می‌شود که به کمک آن می‌توان خطای درجه‌بندی شاخص را تعیین نمود. دقت دستگاه‌های کالیبراسیون برحسب نوع آن‌ها متفاوت است. دقت دستگاه کالیبراسیون شاخص انوار متریکی موجود در سازمان نقشه‌برداری حدود $10\mu m$ است.

این دستگاه شامل، بدنه و تجهیزات جانبی خاصی است که باید روی ستونک‌هایی که بر فونداسیونی در آزمایشگاه متکی شده است، نصب گردد. تعداد این ستونک‌ها ۴ عدد بوده که ارتفاع آن‌ها دو به دو مساوی و امتداد آن‌ها نیز دو به دو موازی است. فاصله این دو امتداد موازی به‌قدری است که ستونک‌هایی که میکروسکوپ‌ها بر روی آن‌ها قرار می‌گیرند مانعی جهت حرکت عرضی شاسی برای قرائت شاخص و متر استاندارد نباشند دستگاه موجود در سازمان ابعاد و امتداد ستونک‌ها مطابق جزئیات در پلان و سه بعدی (شکل‌های ۴ و ۵) انجام شده است.



شکل ۴- ابعاد جانمایی دستگاه به‌صورت پلان



شکل ۵- ابعاد جانمایی دستگاه به‌صورت سه بعدی

۳-۲-تجهیزات جهت کالیبراسیون شاخص انوار

۳-۲-۱-صفحه مخصوص کنترل خطای صفر شاخص

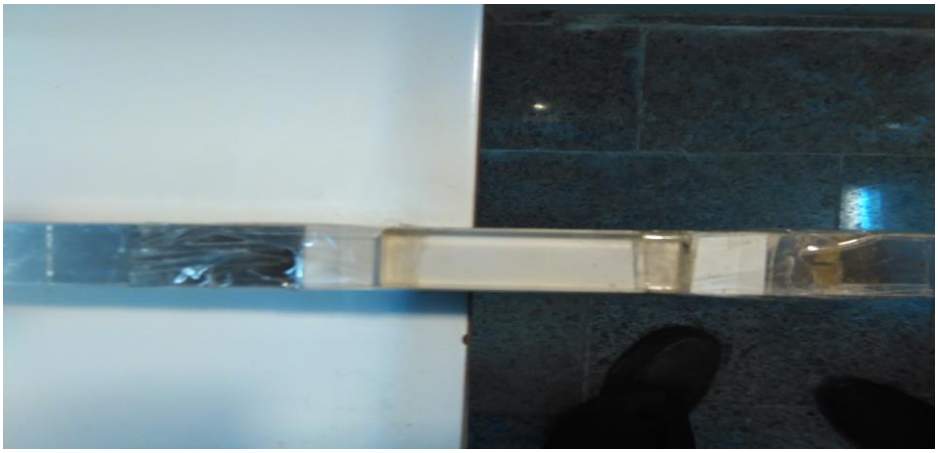
این صفحه در امتداد بدنه دستگاه و در فاصله حدوداً ۲ متری و در ارتفاع مناسب از میکروسکوپ سمت راست و بروی محلی ثابت (مانند دیوار یا ستون) به‌گونه‌ای نصب می‌شود که بتوان کف شاخص را به بخش برجسته صفحه کاملاً تکیه داد. (شکل ۶)

شکل ۶- صفحه مخصوص کنترل صفر شاخص نصب‌شده روی دیوار

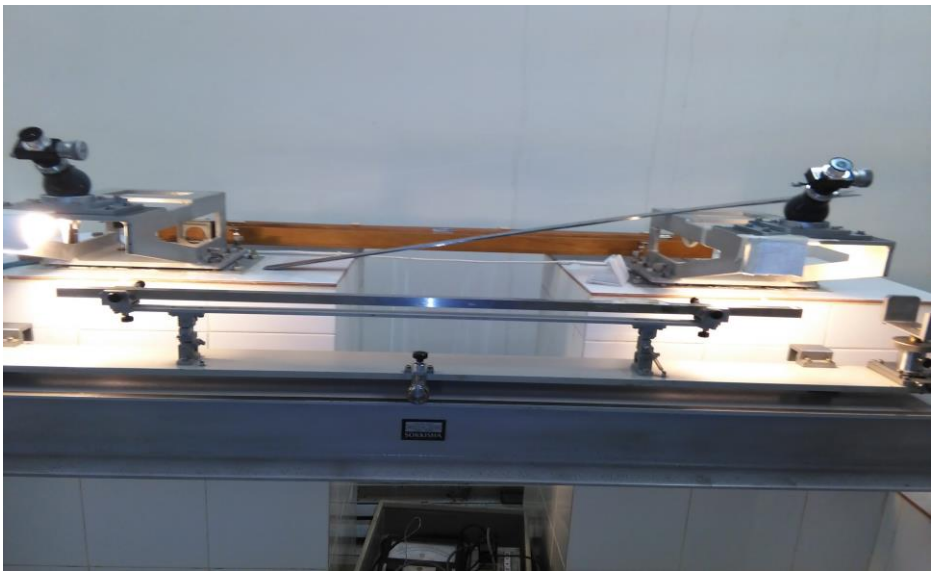
۳-۲-۲-متر استاندارد

این متر از آلیاژ خاص و مخصوص دستگاه‌های کالیبراسیون می‌باشد و قسمت مهمی از اجزای سیستم کالیبراسیون است. این متر دارای ۲ علامت (+) در ابتدای و انتهایی آن است که فاصله مراکز بین دو علامت دقیقاً یک متر است.

از این دو علامت برای کنترل فواصل میکروسکوپ‌های دستگاه کالیبراسیون استفاده می‌شود. همچنین یک تیغه کوچک از جنس شیشه نیز بر روی قسمتی از بدنه متر استاندارد نصب‌شده است که روی این تیغه نیز سه عدد تار موازی حک شده است. فاصله این سه عدد تار، دو به دو دقیقاً یک میلی‌متر است. از این سه عدد تار نیز برای کنترل فواصل تارهای رتیکول میکروسکوپ‌ها استفاده می‌شود. (شکل ۷ و ۸)

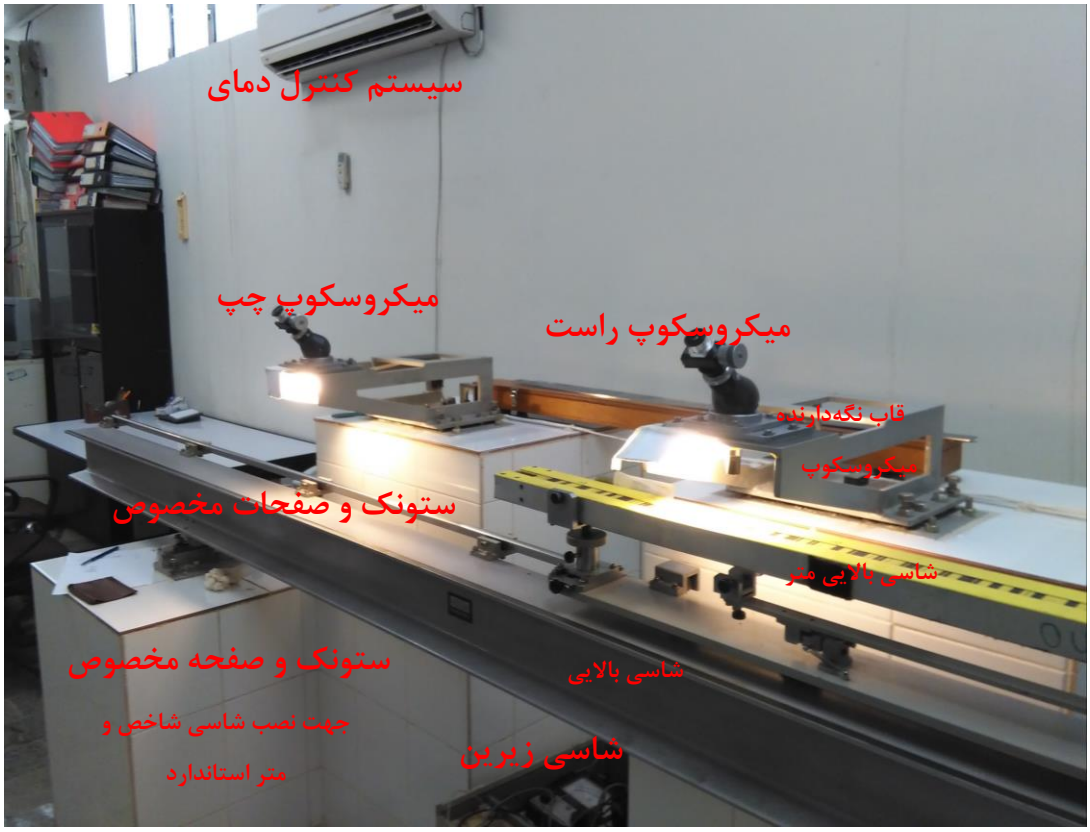


شکل ۷-تیغه شیشه‌ای روی متر استاندارد



شکل ۸- متر استاندارد در زیر دستگاه کالیبراسیون

شکل ۹- دماسنج دقیق سنسوری عقربه‌ای



شکل ۱۰- نمایی از دستگاه کالیبراسیون در آزمایشگاه واقع در سازمان نقشه‌برداری

۳-۳-قطعات دستگاه کالیبراسیون:

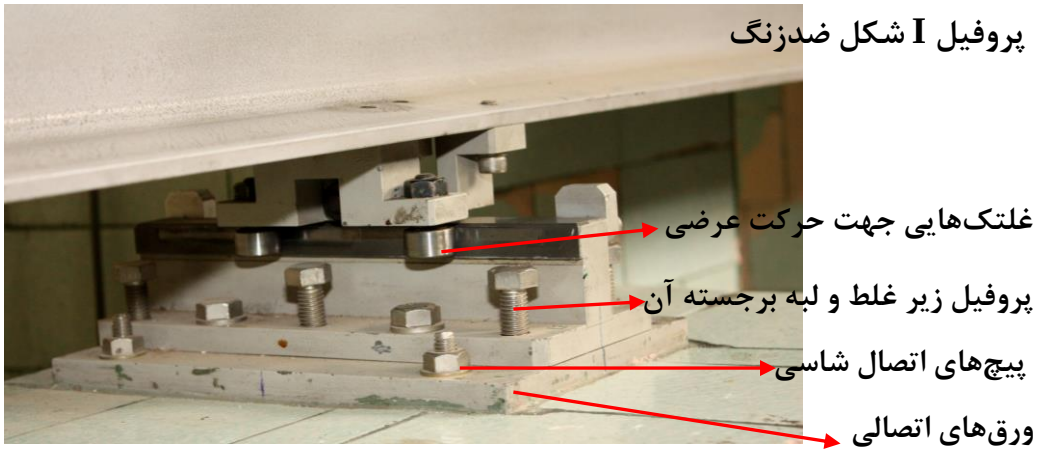
۳-۳-۱-شاسی

این قسمت دستگاه خود به بخش‌های زیر تقسیم می‌شود.

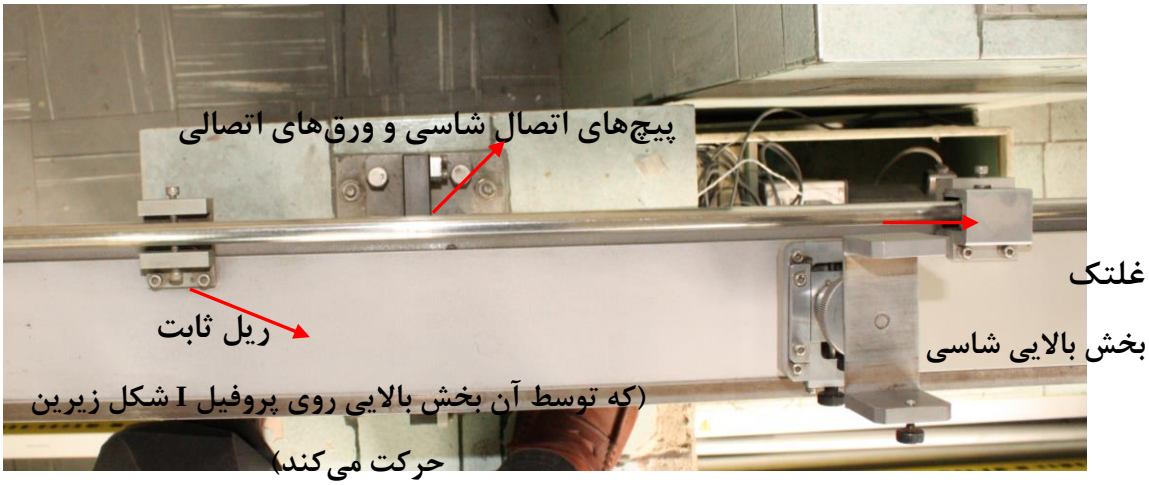
الف-محل استقرار شاخص و متر استاندار: این بخش خود نیز به دو قسمت زیرین و بالایی تقسیم بندی می‌شود.

بخش زیرین: این بخش خود شامل یک پروفیل فولادی ضدزنگ I شکل بوده که بر روی دو ستونک بالا آمده از فونداسیون، توسط پیچ‌ها و صفحات اتصالی به‌صورت طولی کاملاً ثابت شده است. حرکت به‌صورت عرضی برای شاسی با غلتک‌هایی که بر روی آن تعبیه شده امکان‌پذیر بوده و با یک پیچ قفل بروی غلتک سمت راست دستگاه در محل دلخواه ثابت می‌شود. البته با وجود لبه برجسته پروفیل زیر غلتک، هرگونه حرکت طولی از شاسی گرفته می‌شود. جزئیات پیچ قفل حرکت عرضی و اتصال شاسی زیرین به ستونک در Detail-1 (شکل ۱۱ تا ۱۳) دیده می‌شود.

شکل ۱۱- صفحه و پیچ‌های اتصالی شاسی زیرین به ستونک سمت راستی دستگاه، غلتک و پیچ قفل حرکت عرضی شاسی



شکل ۱۲- صفحه و پیچ‌های اتصالی شاسی زیرین به ستونک سمت چپی دستگاه، غلتک و پیچ حرکت عرضی شاسی



شکل ۱۳- نمایی از بالای بخش زیرین و بالایی شاسی که شاخص روی آن قرار می‌گیرد

ب- بخش بالایی: این بخش خود به دو قسمت تقسیم می‌گردد این دو قسمت عبارت‌اند از:

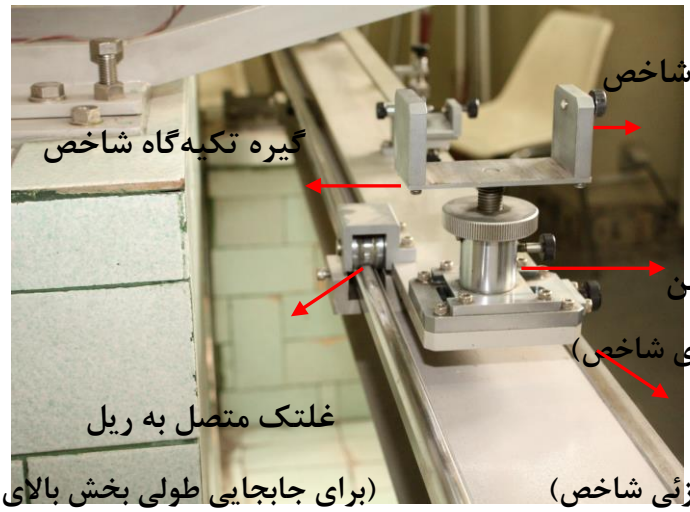
-محل قرارگیری شاخص: این بخش شامل قسمت‌های مختلفی ازجمله:

۱- غلتک متصل به ریل ثابت شاسی زیرین که با وجود این غلتک امکان حرکت طولی شاخص زبر میکروسکوپ‌ها امکان پذیر است.

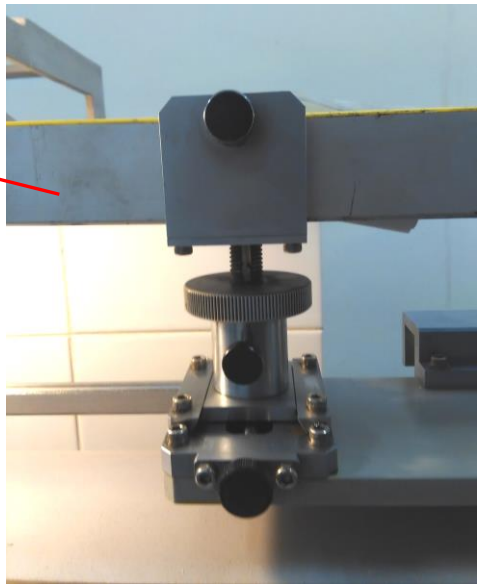
۲- پیچ حرکت سریع و کند.

۳- دو تکیه‌گاه که شاخص توسط گیره و پیچ‌های روی آن تنظیم و مستقر می‌شود.

برای وضوح و تنظیم تصاویر روی شاخص (درجه‌بندی و بارکدها) پیچ‌هایی روی هر تکیه‌گاه نصب‌شده است که توسط این پیچ‌ها می‌توان در جهت‌های مختلف، بالا و پایین (ایجاد وضوح تصویر)، عقب و جلو (ایجاد دوران جزئی شاخص برای موازی کردن امتداد درجه‌بندی‌ها با تارهای میکروسکوپ) تنظیمات لازم جهت اندازه‌گیری روی شاخص را انجام داد (شکل‌های ۱۴ تا ۱۷)



شکل ۱۴- نمای جانبی از بخش بالای شاسی جهت استقرار شاخص

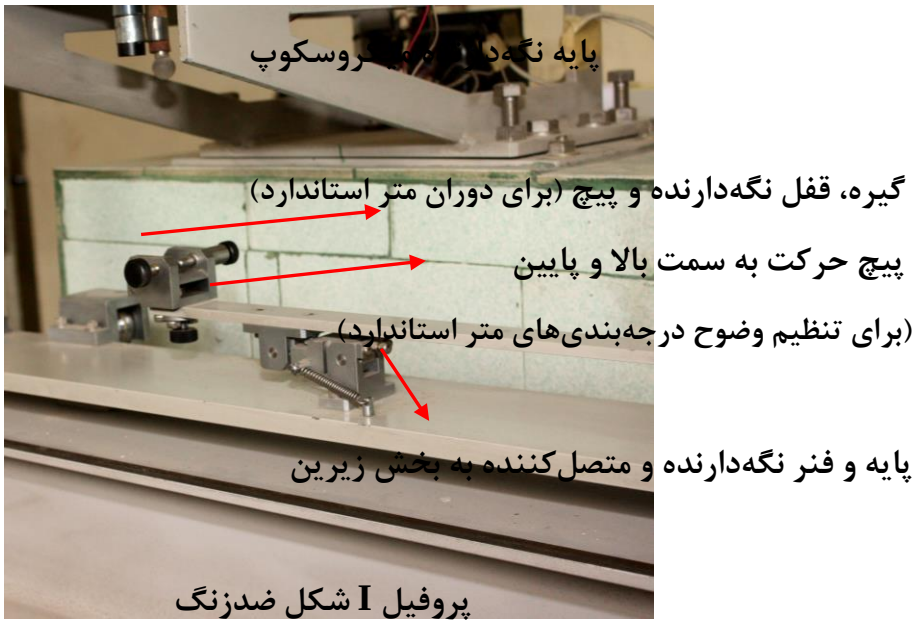


شکل ۱۵- نمایی از بخش بالای شاسی و شاخص مستقر شده در آن

شکل ۱۶- پیچ حرکت در حالت سریع

شکل ۱۷- پیچ حرکت در حالت کند
پیچ تنظیم دقیق در تصویر دیده نمی‌شود

-محل قرارگیری متر استاندارد: این بخش‌بر روی بخش متحرک مربوط به شاخص واقع شده است. پیچ‌هایی نیز جهت تنظیم محل متر استاندارد، دوران و حرکت به سمت بالا و پایین برای وضوح درجه‌بندی‌های متر استاندارد در این بخش دستگاه در نظر گرفته شده است که با آن می‌توان تنظیمات لازم را انجام داد. (شکل ۱۸)



شکل ۱۸- نمایی از بخش‌های بالای شاسی مربوط به شاخص و متر استاندارد

توجه: نگهداری و جابجایی متر استاندارد باید با دقت و حساسیت بسیاری انجام گیرد زیرا دقت مشاهدات دستگاه به متر استاندارد بسیار وابسته است.

استقرار متر استاندارد و آماده‌سازی جهت مشاهدات مربوط به آن، طی مراحلی به‌صورت زیر انجام می‌شود:

۱-با دقت و حساسیت بسیار متر استاندارد را در بین گیره‌های مربوطه قرار دهید، بدین‌صورت که درجه‌بندی صفر متر استاندارد زیر میکروسکوپ سمت راست قرار گیرد،

۲-با شل کردن قفل حرکت شاسی زیرین، امتداد طولی شاسی زیرین را زیر دو میکروسکوپ قرار دهید. (شکل‌های ۱۰ و ۱۱)

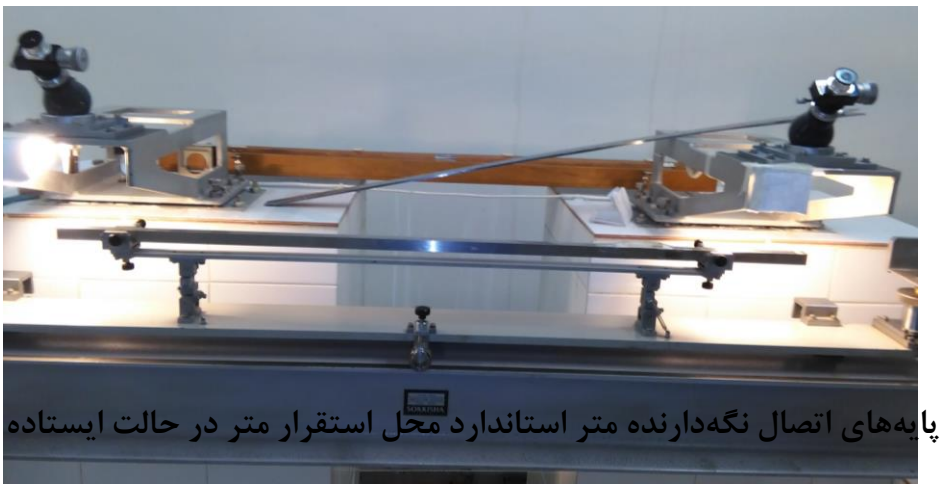
۳-پیچ حرکت طولی را به میزان ۹۰ درجه بچرخانید تا متر استاندارد را با حرکت سریع زیر میکروسکوپ مورد نظر قرار داد. (شکل ۱۶)

۴-با دست پایه‌ای که متر استاندارد بر روی آن قرار گرفته به سمت بالا بکشید. (شکل ۲۰)

۵-پیچ حرکت طولی را به میزان ۹۰ درجه بچرخانید تا متر استاندارد را از حالت حرکت سریع به حالت کند تبدیل شده و با حرکت پیچ دقیق (شکل ۱۶)، متر استاندارد را دقیقاً زیر میکروسکوپ موردنظر تنظیم کنید. (شکل ۱۷)

۶-با پیچی که حرکت به سمت بالا و پایین را برای متر استاندارد امکان پذیر می‌سازد، درجه‌بندی‌هایی که باید اندازه‌گیری شوند را واضح سازید.

۱-با حرکت پیچ‌هایی که روی گیره نگه‌دارنده متر استاندارد است، امتداد درجه‌های متر استاندارد را با امتداد مراکز میکروسکوپ‌ها هم امتداد کرده و مشاهدات لازمه را انجام دهید.



شکل ۲۰- بالا کشیدن محل متر استاندارد به سمت بالا

۳-۳-۲-پایه نگه‌دارنده میکروسکوپ‌ها

میکروسکوپ‌ها بر روی دو قاب مشابه هم به صورتی نصب می‌شوند که مراکز میکروسکوپ‌ها به فاصله یک متری از هم بوده و امتداد میکروسکوپ‌ها دقیقاً موازی امتداد شاسی ثابت مخصوص شاخص و متر استاندارد باشد. این قاب‌ها توسط صفحه‌ها و پیچ‌هایی به دو ستونک اختصاص یافته آن‌ها متصل می‌شود. در شکل‌های (۲۱ تا ۲۲) نماهایی مختلفی از پایه نگه‌دارنده میکروسکوپ‌ها دیده می‌شود.

شکل ۲۱ –نمای فوقانی میکروسکوپ

شکل ۲۲-نمای جانبی میکروسکوپ

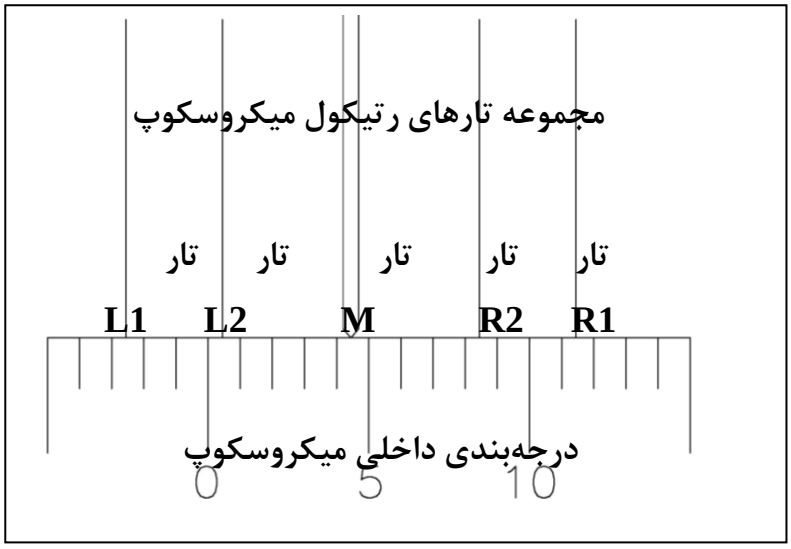
۳-۳-۳-میکروسکوپ‌ها

کنترل و مشاهدات این دستگاه توسط دو عدد میکروسکوپ صورت می‌گیرد.

این میکروسکوپ‌ها با دقت بسیار زیادی به‌موازات شاسی نگه‌دارنده شاخص و متر استاندارد بر روی دو قاب متصل به ستونک‌هایی، به فاصله مراکز یک متری نصب شده‌اند.

به‌طور خلاصه هر میکروسکوپ دارای تجهیزات زیر می‌باشد:

- **عدسی چشمی وضوح تار رتیکول:** با چرخاندن عدسی چشمی می‌توان تارهای رتیکول میکروسکوپ را واضح نمود.
- **تارهای رتیکول میکروسکوپ:** با عدسی چشمی علاوه بر دیدن تصویر اشیای مورد نظر (مانند درجه‌بندی‌های شاخص و متر استاندارد)، یک سری درجه بندی که شامل ۲ میلی‌متر با تقسیمات دهم میلی‌متری و تارهای رتیکول، نیز قابل رؤیت است. شکل ۲۳، نمایی از این تارها همراه با درجه بندی داخلی میکروسکوپ دیده می‌شود.



شکل ۲۳- تارها و درجه‌بندی داخلی میکروسکوپ

تارهای رتیکول که بالای درجه‌بندی‌ها قرار گرفته را به کمک ورنیه می‌توان جابجا نمود ولی درجه‌بندی‌ها در محل خود کاملاً ثابت هستند.

این مجموعه تار شامل ۴ عدد تار تکی و یک تار دوبل فلش دار ( ) است. برای استفاده از این تارها آن‌ها را به‌صورت زیر نام‌گذاری می‌کنیم.

تار دوبل فلش دار وسطی، M

تارهای که در سمت راست تار M قرارگرفته‌اند تارهای راست (R1 و R2)

تارهای که در سمت چپ تار M قرارگرفته‌اند تارهای چپ (L1 و L2)

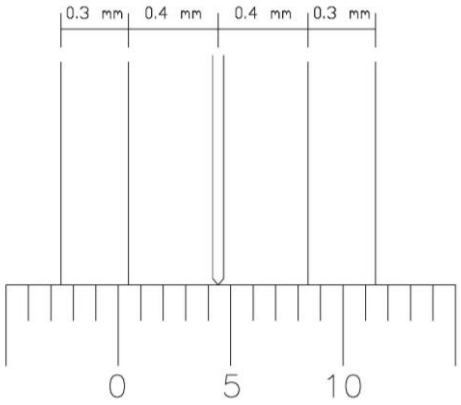
فواصل این مجموعه تارها از یکدیگر به‌صورت زیر است:

فاصله تار L1 تا L2، 0.3 میلی‌متر است.

فاصله تار L2 تا M، 0.4 میلی‌متر است.

فاصله تار M تا R2، 0.4 میلی‌متر است.

فاصله تار R2 تا R1، 0.3 میلی‌متر است.



شکل ۲۴- فواصل بین تارهای داخلی میکروسکوپ

- **پیچ دوران تار رتیکول:** زیر عدسی چشمی یک پیچ نسبتاً بلندی تعبیه شده که با شل کردن این پیچ و دوران بخش متصل به آن، می‌توان تارهای میکروسکوپ را تنظیم نمود. برای مشاهدات کنترلی دستگاه که بر اساس متر استاندارد است و پیش از اندازه‌گیری درجه‌بندی‌های شاخص انجام می‌گیرد، می‌توان با استفاده از این پیچ دوران، انحراف بسیار جزئی باقی‌مانده پس از هم امتداد کردن متر استاندارد و میکروسکوپ‌ها را از بین برد. برای اعمال تصحیح انحراف مزبور از درجه‌بندی‌های ابتدایی و انتهایی روی متر استاندارد و پیچ دوران تار استفاده می‌شود.

توجه: در هنگام مشاهدات درجه‌بندی شاخص که بعد از کنترل روزانه دستگاه انجام می‌گیرد، از دوران تار میکروسکوپ اکیداً خودداری شود و هم امتداد سازی درجه‌بندی‌های شاخص و تارهای میکروسکوپ فقط به‌توسط پیچ‌های تعبیه شده بر روی گیره‌های نگه‌دارنده شاخص است انجام گیرد.

- **ورنیه:** همان‌گونه که گفته شد دقت تقسیمات درجه‌بندی‌های داخلی یک‌دهم میلی‌متر است لذا برای افزایش دقت مشاهدات درجه‌بندی‌ها، دستگاه به‌وسیله ای به نام ورنیه مجهز شده است. ورنیه مزبور یک استوانه مدرج صد قسمتی بوده که در کنار یک نشانه حرکت می‌کند و با این ورنیه می‌توان تارهای رتیکول را جابجا نمود. چون با هر دور چرخش کامل ورنیه، تار رتیکول به‌اندازه یک‌دهم میلی‌متر جابجا می‌شود، لذا با کمک ورنیه دقت اندازه‌گیری دستگاه تا حد میکرومتر (یک میلیونیم متر) افزایش می‌یابد. (شکل ۲۵)

شکل ۲۵-ورنیه

۳-۳-۴-سیستم روشنایی دستگاه

به کمک لامپ‌های کم‌مصرف کوچک که روی پایه‌های نگه‌دارنده و بالاتر از عدسی شیئی قرار می‌گیرد، روشنایی دستگاه حاصل می‌شود.

فصل چهارم

کنترل و تنظیم دستگاه کالیبراسیون

نخست پیش از اندازه‌گیری بر روی شاخص‌ها باید از صحت دستگاه کالیبراسیون، تحت شرایط آزمایشگاهی، اطمینان حاصل کرد که این کنترل طی مراحل زیر انجام می‌گیرد:

۴-۱- اندازه‌گیری خطای یک دور چرخش ورنیه میکروسکوپ‌های دستگاه کالیبراسیون:

در این مرحله کنترل درجه‌بندی ورنیه میکروسکوپ‌های چپ و راست، انجام می‌شود. با قرار دادن تار وسطی (M) رتیکول روی قسمت‌های از تقسیمات درجه‌بندی‌های داخلی میکروسکوپ و قرائت و ثبت آن‌ها در فرم خاص (شکل ۲۶) این خطای کنترل می‌شود. در ضمن توضیح فرم مخصوص (شکل ۲۶) که اندازه‌گیری‌ها در آن ثبت می‌شود،

۴-۱-۱-روش قرائت و ثبت مشاهدات ورنیه میکروسکوپ

بخش‌های مختلف فرم ثبت اندازه‌گیری یک دور چرخش ورنیه میکروسکوپ‌ها و روش ثبت آن‌ها

بر اساس شماره‌گذاری‌های مشخص‌شده در این فرم (شکل ۲۶) بخش‌های مختلف این فرم به‌صورت زیر می‌باشد:

۱- چپ / راست: در این قسمت مشخص می‌شود که کدام‌یک از دو میکروسکوپ مشاهده‌شده است.

۲- تاریخ: تاریخ مشاهدات به شمسی ثبت می‌شود

۳-زمان شروع مشاهدات

۴- دمای اتاق: دمای اتاق در شروع و پایان مشاهدات باید با دماسنج دقیق اندازه‌گیری شده باشد.

۵ تا ۸ - مشاهدات 0 و 5 و 10: توضیحات بعد داده می‌شود.

۹ - مقدار n، طبق فرم از اختلاف اعداد 5 و 0، در مرحله محاسبات به دست می‌آید.

۱۰ - میانگین مقدار n، طبق فرم از اختلاف اعداد 5 و 0، در مرحله محاسبات به دست می‌آید.

۱۱- مقدار n: طبق فرم از اختلاف اعداد 5 و 10، در مرحله محاسبات به دست می‌آید.

۱۲- میانگین مقدار n: طبق فرم از اختلاف اعداد 5 و 10، در مرحله محاسبات به دست می‌آید.

۱۳- میانگین دمای شروع و پایان اتاق.

۱۴- $\overline{n}_L$: متوسط خطای یک دور ورنیه میکروسکوپ چپ

۱۵- $\bar{t}$: دمای متوسط اتاق

۱۶- $\overline{n}_R$: متوسط خطای یک دور ورنیه میکروسکوپ راست

میکرومتر( ) اندازه گیری یک دور میکرومتر میکروسکوپ

۱

تاریخ ۲

مقیاس 1mm		اندازه گیری			
زمان	دما	5^+	0^+	$n_1=5^+-0^+$	ملاحظات
۳	۴	۶	۵	۹	
	۴				
$\bar{t}_1=$ ۱۳				$\bar{n}_1=$ ۱۰	

میکرومتر( ) اندازه گیری یک دور میکرومتر میکروسکوپ

مقیاس 1mm		اندازه گیری			
زمان	دما	10^+	5^+	$n_2=10^+-5^+$	ملاحظات
	۴	۸	۷	۱۱	
	۴				
$\bar{t}_2=$ ۱۳				$\bar{n}_2=$ ۱۲	

$\bar{n}_L=\frac{\bar{n}_{1L}+\bar{n}_{2L}}{2}=$ ۱۴ , $\bar{t}=\frac{\bar{t}_1+\bar{t}_2}{2}=$ ۱۵ , $\bar{n}_R=\frac{\bar{n}_{1R}+\bar{n}_{2R}}{2}=$ ۱۶

سازمان نقشه برداری کشور N.C.C

عامل قرائت

شکل ۲۶- فرم ثبت اندازه‌گیری یک دور چرخش ورنیه میکروسکوپ‌ها

برای توضیح در خصوص مشاهدات 0 و ۵ و 10 نخست با توجه به درجه‌بندی‌های داخلی میکروسکوپ طبق یک قرارداد تعیین و بر اساس آن، روش مشاهده بیان می‌شود.

قرارداد تعیین اعداد 0 و ۵ و 10: به تصاویر (۲۷ تا ۲۹) که درجه‌بندی‌های داخلی با فواصل ۰,۱ میلی‌متری و تار M رتیکول در حالت‌های مختلفی آورده شده است، توجه شود.

در تصویر ۲۴، تارM بر روی ۰,۵ میلی‌متر مدرج قبل از عدد 0 آمده که این مشاهده مبین عدد 0 (شماره ۵) فرم مذکور است. در تصویر ۲۵، تارM بر روی مدرج عدد 5، آمده که این مشاهده مبین عدد 5 (شماره ۶ و ۷) فرم مذکور است. در تصویر،۲۶ تار M بر روی ۰,۵ میلی‌متر بعد از عدد 10 آمده که این مشاهده مبین عدد 10 (شماره ۸) فرم مذکور است.

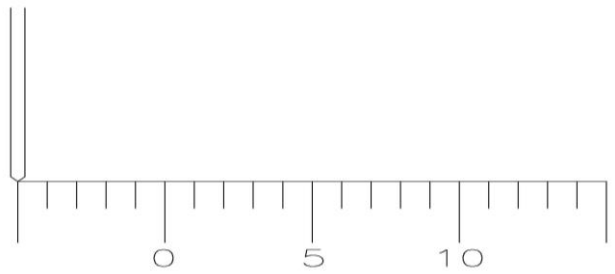
فواصل بین درجه‌بندی‌های داخلی به میزان ۰,۱ میلی‌متر و درجه‌بندی‌های ورنیه دستگاه به میزان ۰,۰۰۱ میلی‌متر است لذا با هر دور چرخش کامل ورنیه تار رتیکول به‌اندازه یک واحد درجه‌بندی داخلی دستگاه میکروسکوپ جابجا می‌شود. ولی مرسوم است که این اعداد مشاهداتی از ورنیه،، به واحد دهم میلی‌متر در فرم‌ها ثبت شود.

۴-۱-۲-روش تنظیم تار M رتیکول برای مشاهده اعداد 0، 5 و 10 درجه‌بندی داخلی

با توجه به تصاویر (۲۷ تا ۲۹)، به کمک ورنیه بین اعداد 0، 5 و 5، 10 در دو مرحله جداگانه اندازه‌گیری می‌شود.

۴-۱-۲-۱-اندازه‌گیری فاصله بین اعداد 0 و 5 درجه‌بندی داخلی

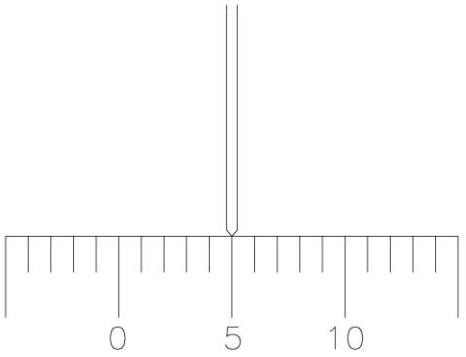
نخست به کمک ورنیه نوک فلش تار M را اولین درجه (۵ دهم میلی‌متر قبل از عدد 0) قرار دهید (شکل ۲۷) و از روی ورنیه مقدار آن را قرائت نمایید. این قرائت باید ۱۰ بار انجام گیرد، سپس با چرخاندن ۱۰ دور ورنیه، تار M را روی عدد 5 قرار دهید (شکل ۲۷) و مقدار آن از روی ورنیه قرائت نمایید. این قرائت نیز باید ۱۰ بار انجام گیرد. در این حالت عدد 0 مبدأ و عدد 5 پایان این بازه مشاهداتی است. روش قرائت از روی ورنیه بعد توضیح داده می‌شود.



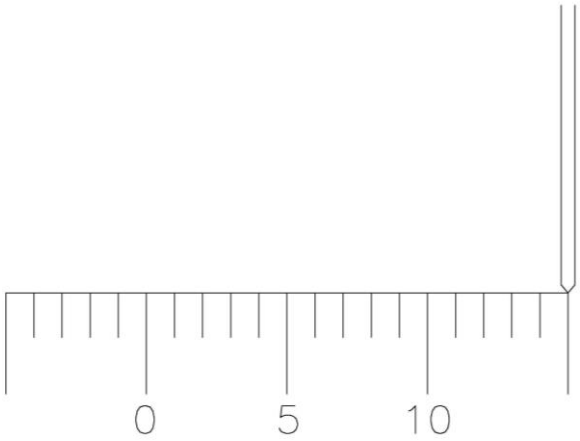
شکل ۲۷- اندازه‌گیری عدد 0 درجه‌بندی داخلی

۴-۱-۲-۲- اندازه‌گیری فاصله بین اعداد 5 و 10 درجه‌بندی داخلی

نخست به کمک ورنیه نوک فلش تار M را روی عدد 5 قرار دهید (شکل ۲۸) و از روی ورنیه مقدار آن را قرائت نمایید. این قرائت نیز باید ۱۰ بار انجام گیرد، سپس با چرخاندن ۱۰ دور ورنیه، تار M را روی درجه پایانی (۵ دهم میلی‌متر بعد از عدد 10) قرار دهید (شکل ۲۸) و مقدار آن از روی ورنیه قرائت نمایید. این قرائت نیز باید ۱۰ بار انجام گیرد. در این حالت عدد 5 مبدأ و عدد 10 پایان این بازه مشاهداتی است. روش قرائت از روی ورنیه بعد توضیح داده می‌شود.



شکل ۲۸- اندازه‌گیری عدد 5 درجه‌بندی داخلی



شکل ۲۹- اندازه‌گیری عدد 10 درجه‌بندی داخلی

۴-۲-روش قرائت ورنیه برای مشاهده اعداد شروع و پایان بازه‌ها (اعداد 0، 5 و 10) درجه‌بندی داخلی

۴-۲-۱- قرائت ورنیه شروع (مبدأ) بازه درجه‌بندی داخلی

برای قرائت ورنیه مبدأ بازه‌های **0 و 5** (عدد **0** در شکل ۲۷)، **5 و 10** (عدد **5** در شکل ۲۸) با توجه به محل قرارگیری صفر ورنیه نسبت به نشانه دو حالت زیر به وجود می‌آید:

الف-صفر ورنیه بالاتر از نشانه ورنیه قرار گیرد: اگر پس از تنظیم تار M روی مبدأ بازه، عدد قرائت‌شده روی نشانه ورنیه کمتر از 0 ورنیه بود (شکل ۳۰) مقدار اختلاف عدد نشانه و 0 ورنیه به‌صورت عدد منفی ذکر می‌شود. به‌طور مثال اگر عدد جلوی نشانه ورنیه ۹۷ میکرومتر باشد عدد قرائت مبدأ، منفی سه ($97-100=-3$) میکرومتر می‌شود، یعنی -0.03 دهم میلی‌متر خواهد شد.

شکل ۳۰- قرائت عدد ورنیه معادل ۹۷ میکرومتر

ب-صفر ورنیه پایین‌تر از نشانه ورنیه قرار گیرد: اگر پس از تنظیم تار M روی مبدأ بازه، عدد قرائت‌شده روی نشانه ورنیه بالاتر از 0 ورنیه بود (شکل ۳۱) مقدار اختلاف عدد نشانه و 0 ورنیه به‌صورت عدد مثبت ذکر می‌شود. به‌طور مثال اگر عدد جلوی نشانه ورنیه ۴ میکرومتر باشد، عدد قرائت مبدأ، مثبت چهار $(4-0=4)$ میکرومتر می‌شود یعنی $+0.04$ دهم میلی‌متر خواهد شد.

شکل ۳۱- قرائت عدد ورنیه معادل ۴ میکرومتر

۴-۲-۲- قرائت ورنیه پایان بازه درجه‌بندی داخلی

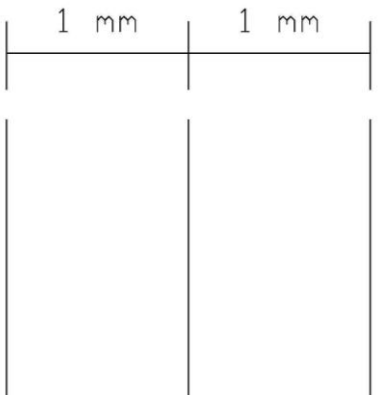
برای قرائت ورنیه پایان بازه‌های **0** و **5** (عدد **5** در شکل ۲۸)، **5** و **10** (عدد **10** در شکل ۲۹) با توجه به محل قرارگیری صفر ورنیه نسبت به نشانه ۲ حالت زیر به وجود می‌آید:

الف- صفر ورنیه بالاتر از نشانه ورنیه قرار گیرد: اگر پس از تنظیم تار M روی پایان بازه، عدد قرائت‌شده نشانه ورنیه، کمتر از 0 ورنیه بود (شکل ۳۰) مقدار عدد نشانه ورنیه به‌اضافه مقدار ۹۰۰ میکرومتر (معادل نه دور چرخش کامل ورنیه) میزان عدد پایان بازه می‌شود. به‌طور مثال اگر عدد جلوی نشانه ورنیه ۹۷ میکرومتر باشد عدد قرائت پایانی، ۹۹۷ میکرومتر ($900+97=997$) می‌شود یعنی 9.97 دهم میلی‌متر خواهد شد.

ب-صفر ورنیه پایین‌تر از نشانه ورنیه قرار گیرد: اگر پس از تنظیم تار M روی پایان بازه، عدد قرائت‌شده روی نشانه ورنیه بالاتر از 0 ورنیه بود (شکل ۳۱) مقدار عدد نشانه ورنیه به‌اضافه ۱۰۰۰ میکرومتر (معادل ده دور چرخش کامل ورنیه) میزان عدد پایان بازه می‌شود. به‌طور مثال اگر عدد جلوی نشانه ورنیه ۳ میکرومتر باشد، عدد قرائت پایان، ۱۰۰۴ میکرومتر ($1000+4=1004$) می‌شود یعنی 10.04 دهم میلی‌متر خواهد شد.

۴-۳- اندازه‌گیری خطای تارهای رتیکول میکروسکوپ دستگاه

در این مرحله فواصل بین تارهای رتیکول (شکل‌های ۲۳ و ۲۴) هر میکروسکوپ، توسط تارهایی که روی تیغه شیشه‌ای متر استاندارد حک‌شده، کنترل می‌شود. فواصل تارهای حک‌شده روی تیغه شیشه‌ای متر استاندارد از یکدیگر دقیقاً 1 میلی‌متر است. (شکل ۳۲)



شکل ۳۲- تارهای حک‌شده روی تیغه شیشه‌ای متر استاندارد، با فواصل 1 mm از یکدیگر

این کنترل طی مراحل زیر انجام می‌شود:

- استقرار متر استاندارد بین گیره‌ها (شکل ۱۹) دستگاه
- بالا کشیدن محل متر استاندارد به سمت بالا (شکل ۲۰)
- قرار دادن تارهای حک‌شده (شکل ۳۲) متر استاندارد زیر هر میکروسکوپ:

- به کمک پیچ قفل بخش زیرین (شکل ۱۱)، امتداد شاسی را زیر میکروسکوپ‌ها قرار دهید.

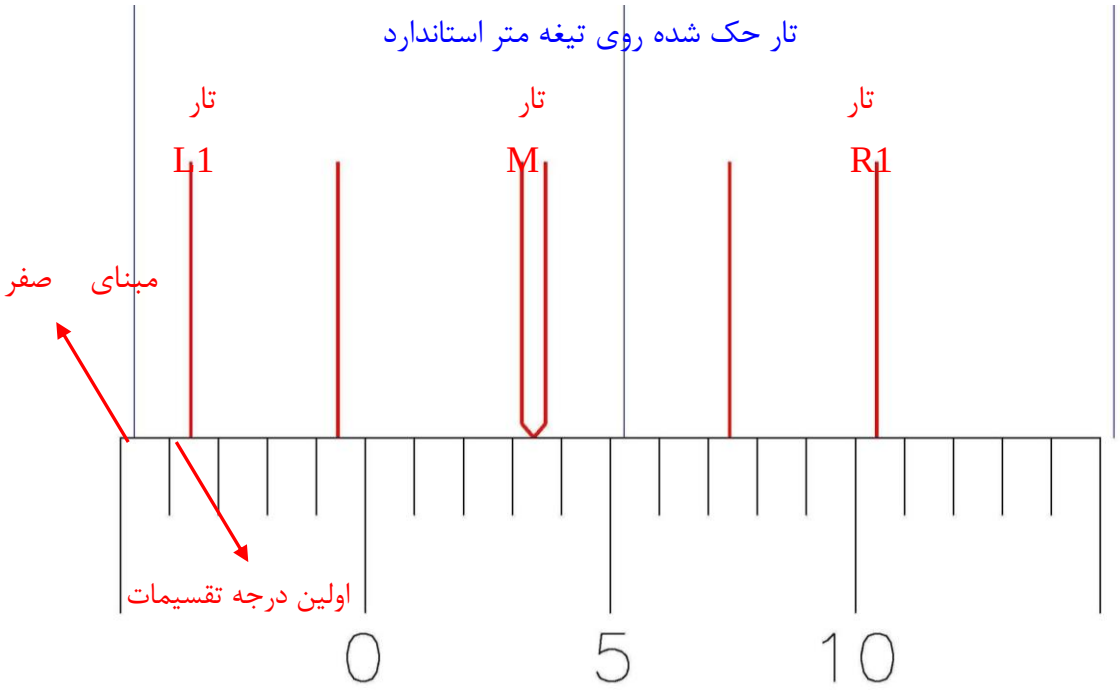
- توسط پیچ حرکت سریع (شکل ۱۶) بخش متحرک بالای، تیغه شیشه‌ای را زیر میکروسکوپ سمت راست دستگاه قرار دهید.

- توسط پیچ تنظیم فوکوس (شکل ۱۸) که زیر پایه نگهدارندِ متر استاندارد قرار دارد، تارهای روی تیغه شیشه‌ای را واضح سازید.

- توسط پیچ دوران دهنده متر استاندارد، پیچی که روی پایه نگهدارندِ متر استاندارد قرار دارد (شکل ۱۸)، تارهای حک‌شده متر استاندارد را با تارهای رتیکول میکروسکوپ راست، هم امتداد سازید.

- تبدیل حالت پیچ حرکت سریع به کند، با چرخاندن ۹۰ درجه‌ای پیچ حرکت سریع (شکل ۱۷) بخش متحرک بالایی شاسی،

- توسط پیچ حرکت دقیق، تارهای تیغه شیشه‌ای (تارهای به رنگ آبی) را بین درجه‌های تقسیماتی داخلی میکروسکوپ سمت راست دستگاه قرار دهید. این عمل به‌گونه‌ای انجام شود که اولین تار سمت چپ متر استاندارد، از اولین درجه تقسیماتی داخلی عبور نکند. (شکل ۳۳)



شکل ۳۳- قرار دادن تار میلی‌متری متر استاندارد روی درجه‌بندی‌های داخلی میکروسکوپ

در کلیه شکل‌ها تار رتیکول به رنگ قرمز، تارهای تیغه شیشه‌ای به رنگ آبی مشخص‌شده است.

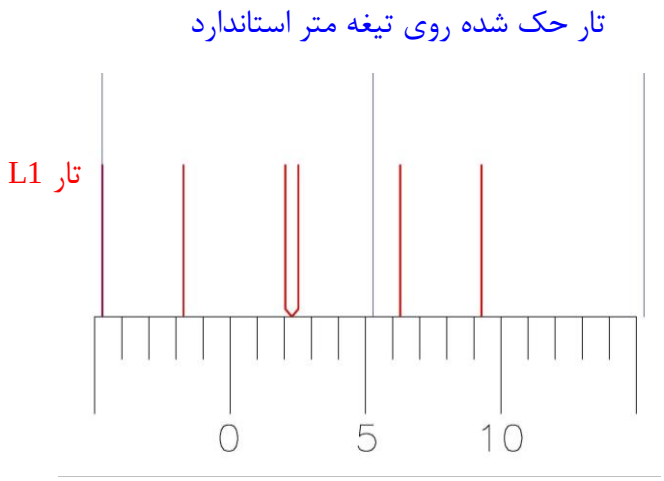
توجه: تا پایان مشاهدات تارهای L1، M و R1 هر میکروسکوپ، تار متر استاندارد باید ثابت بوده و برای مشاهدات تارهای مذکور فقط از ورنیه استفاده می‌شود.

۴-۳-۱- قرائت تار سمت چپ متر استاندارد

توسط ورنیه تار رتیکول L1 را روی تار سمت چپ متر استاندارد قرار داده (شکل ۳۴) و مقدار آن را از روی ورنیه قرائت و اندازه‌گیری کنید.

توجه ۱: واحد اندازه‌گیری در همه مشاهدات تارها، دهم میلی‌متر (معادل واحد درجه‌بندی‌های داخلی میکروسکوپ) است.

توجه ۲: مبنای اندازه‌گیری در همه مشاهدات این تارها اولین درجه‌بندی داخلی از سمت چپ است.

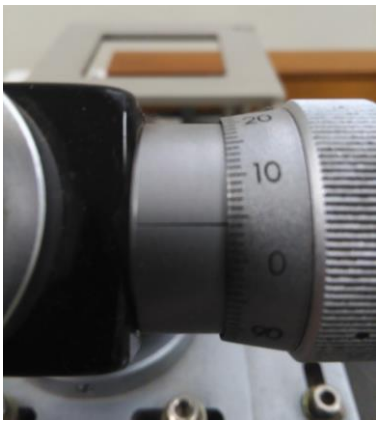


شکل ۳۴- قرار دادن تار رتیکول L1 روی اولین تار سمت چپ، تار متر استاندارد

به‌طور مثال، اگر وضعیت ورنیه پس از تنظیم این تار مطابق شکل ۳۵ باشد، مقدار مشاهده‌شده تار L1، 0.04 دهم میلی‌متر (۴ میکرومتر) می‌شود که این مقدار، به‌صورت زیر به دست می‌آید:

دهم میلی‌متر (قرائت از درجه داخلی میکروسکوپ) + 0.04 دهم میلی‌متر (قرائت از ورنیه) مجموعاً به

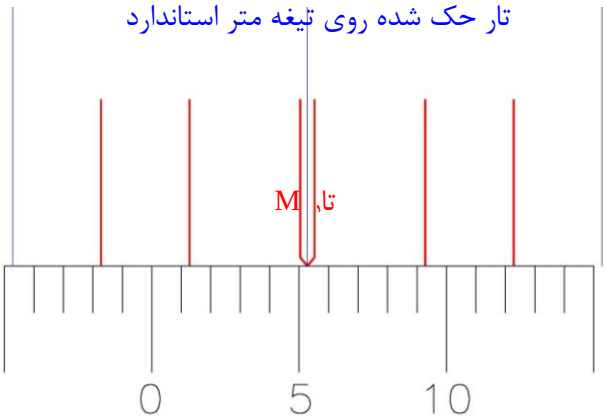
همین روش، تار L1، پس از تنظیم با ورنیه، ۱۰ بار مشاهده شود.



شکل ۳۵- قرائت عدد ورنیه معادل ۴ میکرومتر

۴-۳-۲- قرائت تار وسط متر استاندارد

توسط ورنیه تار رتیکول M را روی تار وسط متر استاندارد قرار داده (شکل ۳۶) و مقدار آن را از روی ورنیه قرائت و اندازه‌گیری کنید.



شکل ۳۶- قرار دادن تار رتیکول M روی تار وسط متر استاندارد

در مشاهدات ممکن است قرائت ورنیه بالاتر از صفر ورنیه (مانند شکل ۳۶) و یا پایین‌تر از صفر ورنیه (مانند شکل ۳۷) باشد. در این ۲ حالت مقدار مشاهدات متفاوت خواهد بود.

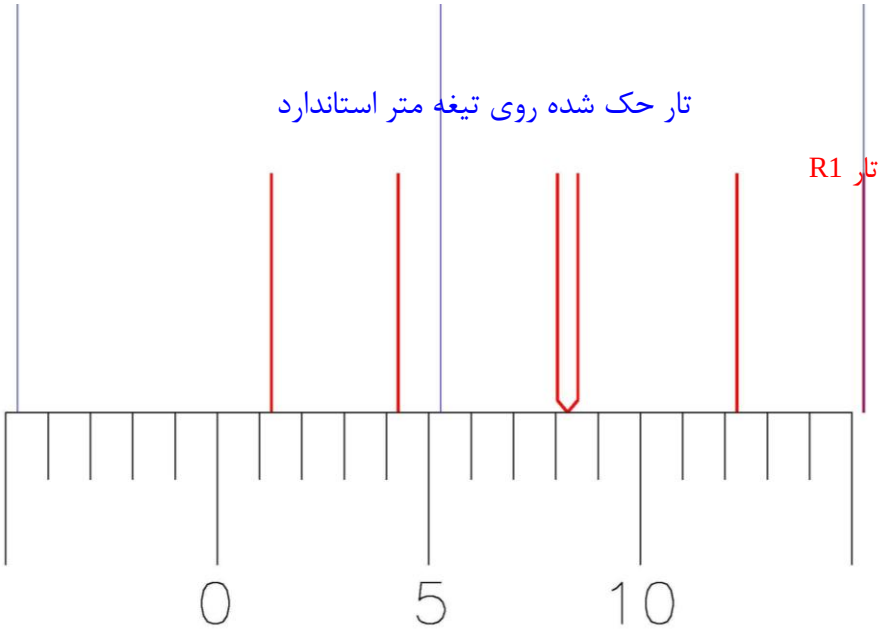
الف- مقدار قرائت ورنیه بالاتر از صفر است: وقتی قرائت ورنیه بالاتر از صفر ورنیه باشد (مانند شکل ۳۵)، مقدار مشاهده‌شده تار M، برابر مجموع مقدار مشاهده ورنیه و 7 دهم میلی‌متر (فاصله بین تار M و L1) خواهد بود در این مثال مقدار تار M، 7.04 دهم میلی‌متر است.

ب- مقدار قرائت ورنیه پایین‌تر از صفر است: وقتی قرائت ورنیه پایین‌تر از صفر ورنیه باشد (مانند شکل ۳۷)، مقدار مشاهده‌شده تار M، برابر مجموع مقدار مشاهده ورنیه و 6 دهم میلی‌متر (فاصله بین تار M و L1) خواهد بود در این مثال مقدار تار M، 6.97 دهم میلی‌متر است.

شکل ۳۷- قرائت عدد ورنیه معادل ۹۷ میکرومتر

۴-۳-۳- قرائت تار سمت راست متر استاندارد:

توسط ورنیه تار رتیکول R1 را روی تار سمت راست متر استاندارد قرار داده (شکل ۳۸) و مقدار آن را از روی ورنیه قرائت و اندازه‌گیری کنید.



شکل ۳۸- قرار دادن تار رتیکول R1 روی آخرین تار سمت راست، تار متر استاندارد

در مشاهدات ممکن است قرائت ورنیه بالاتر از صفر ورنیه (مانند شکل ۳۵) و یا پایین‌تر از صفر ورنیه (مانند شکل ۳۷) باشد در این ۲ حالت مقدار مشاهدات متفاوت خواهد بود.

۱- مقدار قرائت ورنیه بالاتر از صفر است: وقتی قرائت ورنیه بالاتر از صفر ورنیه باشد (مانند شکل ۳۵)، مقدار مشاهده‌شده تار R1، برابر مجموع مقدار مشاهده ورنیه و 14 دهم میلی‌متر (فاصله بین تار R1 و L1) خواهد بود در این مثال مقدار تار R1، 14.04 دهم میلی‌متر است.

۲- مقدار قرائت ورنیه پایین‌تر از صفر است: وقتی قرائت ورنیه پایین‌تر از صفر ورنیه باشد (مانند شکل ۳۸)، مقدار مشاهده‌شده تار R1، برابر مجموع مقدار مشاهده ورنیه و 13 دهم میلی‌متر (فاصله بین تار R1 و L1) خواهد بود در این مثال مقدار تار M، 13.97 دهم میلی‌متر است.

میکروسکوپ سمت چپ نیز طبق مراحل (۲-۳) انجام می‌شود.

۴-۴- فرم ثبت اندازه‌گیری تارهای رتیکول میکروسکوپ‌های دستگاه

میکروسکوپ (راست) ۱ اندازه گیری خطای تار میکروسکوپ

دمای اطاق اندازه گیری تاریخ ۲

	R_1	M	L_1	L_1+R_1	ملاحظات
		۳	۴	۵	
میانگین	$\overline{R_1}$	$\overline{M}$	$\overline{L_1}$	$\overline{L_1+R_1}$	
	$W_R=M-(L_1+R_1)/2=$ ۶				

میکروسکوپ (چپ) اندازه گیری خطای تار میکروسکوپ

دمای اطاق اندازه گیری تاریخ

	R_1	M	L_1	L_1+R_1	ملاحظات
		۱			
میانگین	$\overline{R_1}$	$\overline{M}$	$\overline{L_1}$	$\overline{L_1+R_1}$	
	$W_L=M-(L_1+R_1)/2=$				

$$W' = (W_L - W_R) * 100 =$$ ۷

عامل قرائت

سازمان نقشه برداری کشور N.C.C

شکل ۳۹- فرم ثبت اندازه‌گیری تارهای رتیکول دستگاه

۱- دمای اتاق: قبل از مشاهده هر میکروسکوپ ثبت می‌شود.

۲- تاریخ اندازه‌گیری

۳- مشاهده تار R_1 رتیکول (به بند ۲-۳-۷ مراجعه کنید)

۴- مشاهده تار M رتیکول (به بند ۲-۳-۶ مراجعه کنید)

۵- مشاهده تار L_1 رتیکول (به بند ۲-۳-۵ مراجعه کنید)

۶- W_R و W_L: اختلاف بین میانگین تارهای چپ و راست با تار وسط هر میکروسکوپ

۷- $W' = (W_L - W_R)*100$: اختلاف بین تارهای رتیکولهای میکروسکوپ‌های چپ و راست

۴-۵-کنترل فاصله بین مراکز میکروسکوپ‌ها از یکدیگر

همان‌گونه که قبلاً گفته شد، بر روی متر استاندارد ۲ سری علامت حک‌شده است.

۱- سه عدد تار به فواصل ۱ میلی‌متر از یکدیگر روی تیغه شیشه‌ای

۲- دو علامت به‌صورت علامت +، در دو سر متر استاندارد، قرار دارد. فاصله مراکز این دو علامت از یکدیگر دقیقاً یک متر است. برای کنترل فاصله مراکز میکروسکوپ‌ها از این دو علامت استفاده می‌شود.

این کنترل بعد از کنترل تارهای رتیکول میکروسکوپ، طی مراحل زیر انجام می‌شود:

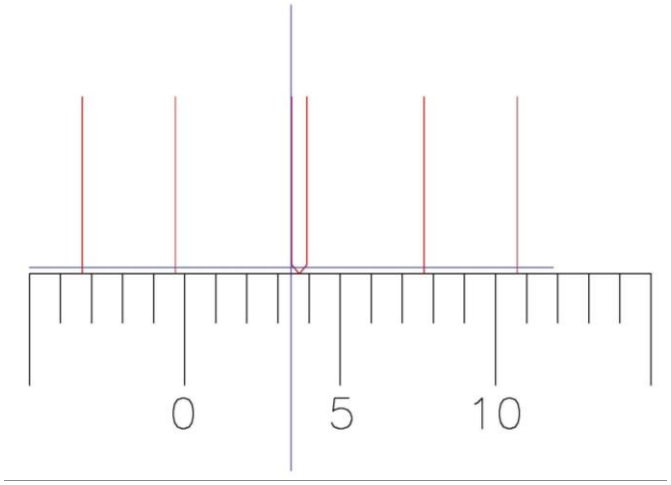
۴-۵-۱-قرارگیری دقیق متر استاندارد زیر میکروسکوپ‌ها

این قرارگیری به‌گونه‌ای انجام می‌شود که علامت + (شکل ۳۲) ابتدایی متر استاندارد که کنار آن عدد 0 ثبت‌شده، زیر میکروسکوپ راست و علامت + (شکل ۳۲) انتهایی متر استاندارد که کنار آن عدد 10 ثبت‌شده، زیر میکروسکوپ چپ دستگاه قرار گیرد. این عمل به‌صورت زیر انجام می‌شود:

۱- قرار دادن علامت + ابتدایی و انتهایی متر استاندارد زیر میکروسکوپ‌ها: نخست توسط پیچ حرکت سریع (شکل ۱۶) بخش متحرک بالای، علامت + ابتدایی را تقریباً زیر میکروسکوپ سمت راست دستگاه قرار دهید. سپس توسط پیچ تنظیم فوکوس (شکل ۱۸) که زیر پایه نگهدارندِ متر استاندارد قرارگرفته، تصویر علامت + ابتدایی متر را واضح نمایید. با تنظیم علامت + ابتدایی در سمت راست، علامت انتهایی نیز به‌صورت خودکار زیر میکروسکوپ چپ قرار می‌گیرد.

۲- هم امتداد سازی، علامت‌های + متر استاندارد با تارهای رتیکول میکروسکوپ‌ها: توسط پیچ دوران دهنده متر استاندارد، پیچی که روی پایه نگه‌دارنده متر استاندارد قرار دارد (شکل ۱۸)، امتداد عمودی علامت‌های + حک‌شده روی متر استاندارد را با تارهای رتیکول میکروسکوپ راست و چپ به‌طور هم‌زمان، هم امتداد سازید.

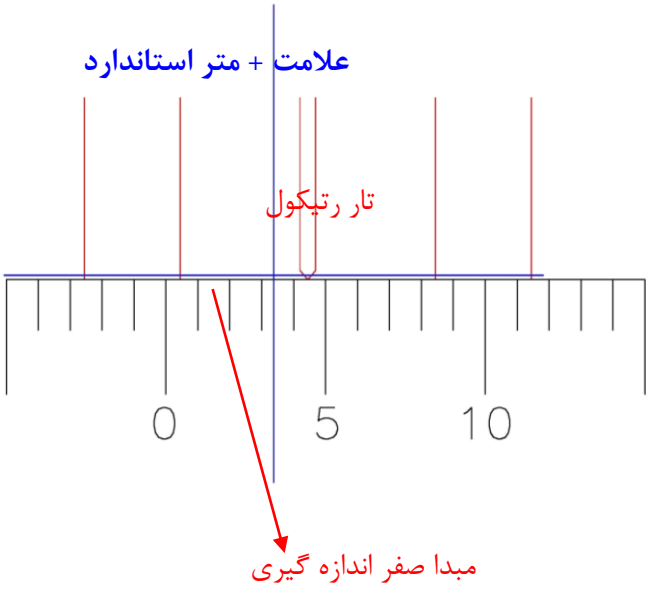
برای هم امتداد کردن خط عمودی + با تار رتیکول M، از امتداد خطوط لبه‌های تار استفاده نمود (شکل ۳۹). در این تصویر توسط لبه سمت چپ تار رتیکول، علامت + با تار هم امتداد شده است.



شکل ۴۰- هم امتداد سازی به کمک مماس کردن خط عمودی علامت + بر لبه تار رتیکول M

۳- تبدیل حالت پیچ حرکت سریع به کند: با چرخاندن ۹۰ درجه‌ای پیچ حرکت سریع (شکل ۱۷) بخش متحرک بالایی شاسی، حالت پیچ حرکت از سریع به کند تبدیل شود.

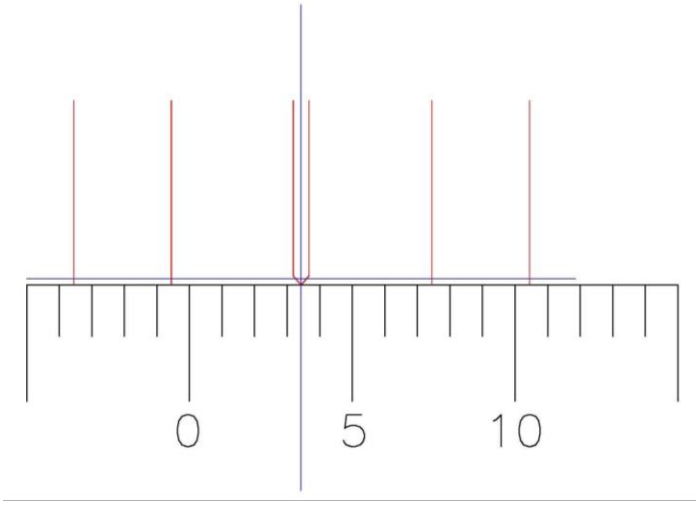
۴- تنظیم دقیق علامت +ابتدایی بین درجه‌های تقسیماتی داخلی میکروسکوپ راست: توسط پیچ حرکت دقیق، مرکز علامت + متر استاندارد ابتدایی را بین درجه‌های تقسیماتی داخلی میکروسکوپ سمت راست دستگاه قرار دهید. این عمل به‌گونه‌ای انجام شود که مرکز این علامت، بین اعداد 0 و 10 مشخص‌شده روی درجه تقسیمات داخلی قرار گیرد. مثلاً در شکل ۴۰، مرکز علامت + متر استاندارد ابتدایی از سومین درجه‌بندی تقسیماتی داخلی بعد از عدد 0، عبور کرده است لذا می‌توان این قرائت را انجام داد.



شکل ۴۱- قرار دادن مرکز علامت + بین درجه‌های تقسیماتی داخلی میکروسکوپ

۴-۶-قرار دادن مراکز فلش تار رتیکول M بر روی مرکز علامت + و قرائت آن‌ها

توسط ورنیه، مرکز فلش تار M را روی امتداد عمودی **علامت** + قرار داده و مقدار آن قرائت می‌شود. قرائت هر یک از این علامت‌ها، از مجموع ۲ قرائت به‌دست‌آمده از درجه تقسیمات داخلی و ورنیه میکروسکوپ آن‌ها به دست می‌آید.(شکل ۴۱)



شکل ۴۲- قرار دادن مراکز فلش تار رتیکول M بر روی مرکز علامت +

توجه: مشاهدات این علامت‌ها، ۱۰ بار و به‌طور هم‌زمان توسط ۲ نفر، اندازه‌گیری می‌شوند.

ترتیب و روش قرائت علامت‌ها به‌صورت زیر عمل می‌شود:

الف-مبدا اندازه‌گیری‌ها و واحد آن: مبدأ اندازه‌گیری‌ها 0 مشخص‌شده در درجه تقسیمات داخلی و واحد آن نیز دهم میلی‌متر است،

ب- قرائت مرکز فلش تار رتیکول M میکروسکوپ راست.

ج- قرائت مرکز فلش تار رتیکول M میکروسکوپ چپ.

مثال: اگر تار M میکروسکوپ مطابق (شکل ۴۱) بر روی مرکز علامت + قرارگرفته باشد و مقدار قرائت ورنیه نیز ۳۸ میکرومتر باشد، مقدار قرائت این مشاهده 3.38 دهم میلی‌متر می‌شود که این مقدار به‌صورت زیر به دست می‌آید:

3 دهم میلی‌متر (از درجه‌بندی داخلی)+ 38 دهم میلی‌متر (از ورنیه) $=3.38$ دهم میلی‌متر

توجه: در تمام اندازه‌گیری‌های فوق دمای دقیق متر استاندارد، توسط سنسور دماسنج که روی متر استاندارد چسبانده شده، اندازه‌گیری و با بقیه مشاهدات در فرم مخصوص (شکل ۴۱) ثبت می‌شود.

۴-۷- فرم ثبت اندازه‌گیری فاصله بین میکروسکوپ‌های چپ و راست دستگاه

مشاهدات در فرمی که تصویر آن در شکل ۴۲، آمده ثبت می‌شود. اجزای این فرم شامل بخش‌های، اندازه‌گیری و اطلاعات کلی است.

۱-اندازه‌گیری: در این بخش مشاهدات فاصله بین دو میکروسکوپ ثبت و محاسبه می‌شود.

۲- تاریخ اندازه‌گیری

۳-زمان: در شروع و پایان مشاهدات زمان ثبت می‌شود.

۴- دمای متر استاندارد: در شروع و پایان مشاهدات ثبت می‌شود.

۵- R: مشاهده علامت (+) زیر میکروسکوپ راست (به بند ۳-۱-۵ مراجعه کنید)

۶- L: مشاهده علامت (+) زیر میکروسکوپ چپ (به بند ۳-۱-۵ مراجعه کنید)

۷- $L-R$: محاسبه اختلاف علامت (+) زیر میکروسکوپ چپ و راست.

۸- $\overline{R}$: محاسبه میانگین ۱۰ مشاهده R

۹- $\overline{L}$: محاسبه میانگین ۱۰ مشاهده L

۱۰- $\overline{L-R}$: محاسبه میانگین ۱۰، اختلاف علامت (+) زیر میکروسکوپ چپ و راست.

اندازه گیری فاصله بین دومیکروسکوپ

تاریخ

زمان	دما	L	R	L−R	ملاحظات
میانگین		$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$	

اطلاعات کلی

شماره جعبه	شماره میر	درجه بندی	خطای درجه بندی	دما	میانگین خطای درجه بندی	میانگین دما	ملاحظات

سازمان نقشه برداری کشور N.C.C

عامل قرائت

شکل ۴۳- فرم ثبت اندازه‌گیری فاصله بین میکروسکوپ‌های چپ و راست دستگاه

فصل پنجم

کنترل درجه‌بندی‌های نوار انوار و رفع خطای صفر شاخص

۵-۱-روش کلی انجام این کنترل

پس از اندازه‌گیری خطاهای دستگاهی، شاخص موردنظر بر روی ریل بدنه و در جای مخصوص آن نصب و سنسور دماسنج به نوار انوار آن متصل می‌گردد. ضمن وضوح تصویر درجه‌بندی شاخص، هر یک از فواصل (بازه‌های) یک متری مشخص‌شده روی شاخص را با قرار دادن تار وسط رتیکول میکروسکوپ‌های چپ و راست بر لبه درجه‌بندی آن با دقت میکرومتر اندازه‌گیری و در فرم‌های خاص یادداشت می‌شوند. مشاهدات هر بازه،۱۰ بار تکرار می‌گردد.

مراحل فوق به‌صورت زیر انجام می‌شوند:

۱-آماده‌سازی شاخص: جهت قرائت شاخص‌ها، نخست باید شاخص‌ها طبق مراحل زیر آماده شوند.

۲- جداسازی پایه‌های نگه‌دارنده شاخص از بدنه (۴۳)

شکل ۴۴- جداسازی پایه‌های نگه‌دارنده شاخص از بدنه

۳- تعیین مقادیر فواصل (بازه‌های): چون فاصله دو میکروسکوپ دستگاه از یکدیگر ۱ متر است لذا فواصلی که روی شاخص می‌توان کنترل نمود نیز باید یک متری باشد. ولی باید دو لبه درجه‌بندی‌شده شاخص‌ها باید طبق دستورالعمل اجرایی سازنده دستگاه قرائت شوند. در صورت عدم ارائه روش اندازه‌گیری از سوی سازنده دستگاه کالیبراسیون روش زیر پیشنهاد می‌شود.

الف- مقادیر فواصل (بازه) مدرج‌های شاخص انوار اپتیکی (دو لبه) که باید اندازه‌گیری شوند به‌قرار زیر است:

- از ۱۰ تا ۱۱۰ سانتیمتر.(لبه سمت راست شاخص)

- از ۵۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر. (لبه سمت راست شاخص)
- از ۱۰۰ تا ۲۰۰ سانتیمتر. (لبه سمت راست شاخص)
- از ۱۵۰ تا ۲۵۰ سانتیمتر. (لبه سمت راست شاخص)
- از ۱۹۰ تا ۲۹۰ سانتیمتر. (لبه سمت راست شاخص)
- از ۴۹۰ تا ۵۹۰ سانتیمتر. (لبه سمت چپ شاخص)
- از ۴۵۰ تا ۵۵۰ سانتیمتر. (لبه سمت چپ شاخص)
- از ۴۰۰ تا ۵۰۰ سانتیمتر. (لبه سمت چپ شاخص)
- از ۳۵۰ تا ۴۵۰ سانتیمتر. (لبه سمت چپ شاخص).
- از ۳۱۰ تا ۴۱۰ سانتیمتر. (لبه سمت چپ شاخص)

ب- مقادیر فواصل (بازه) مدرج‌های شاخص انوار بارکدی زایس (dini) که باید اندازه‌گیری شوند به‌قرار زیر است:

- از ۱۰ تا ۱۱۰ سانتیمتر.
- از ۵۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر.
- از ۱۰۰ تا ۲۰۰ سانتیمتر.
- از ۱۵۰ تا ۲۵۰ سانتیمتر.
- از ۱۹۰ تا ۲۹۰ سانتیمتر.

۴-علامت‌گذاری و مشخص کردن ابتدا و انتهای بازه‌ها روی بدنه شاخص: در شاخص‌های اپتیکی که مقدار درجه‌بندی‌های شاخص روی بدنه آن هر دو سانتیمتری مشخص‌شده است، علامت‌گذاری ابتدا و انتهای بازه‌ها روی بدنه شاخص، ضرورت ندارد ولی در شاخص‌های بارکدی زایس (dini) به کمک متر فلزی از شروع درجه‌بندی شاخص (کف شاخص) درجه‌بندی‌های لازم روی بدنه با ماژیک علامت‌گذاری می‌شوند. (شکل ۴۴)

شکل ۴۵- علامت‌گذاری بدنه شاخص انوار بارکدی

در شکل ۴۴، با متر فلزی که کنار درجه‌بندی‌های بارکد قرارگرفته، از کف شاخص علامت‌گذاری شده است. مثلاً در اینجا فاصله ۱۰ سانتیمتری از کف شاخص، با ماژیک روی بدنه مشخص‌شده است. به همین صورت بقیه شاخص نیز علامت‌گذاری می‌شود.

۵- خارج کردن امتداد شاسی از زیر میکروسکوپ‌ها: به کمک پیچ قفل بخش زیرین (شکل ۱۱)، امتداد شاسی را از زیر میکروسکوپ‌ها خارج کنید.

۶- قرار دادن شاخص موردنظر، در گیره‌های نگه‌دارنده مخصوص دستگاه: شاخص تقریباً وسط پایه‌های نگه‌دارنده دستگاه در گیره‌های آن به صورتی قرار می‌گیرد که دسته‌های شاخص که پشت بدنه قرارگرفته‌اند، با بخش متحرک متر استاندارد که زیر آن قرارگرفته است، برخورد نداشته باشند.

۷- مجدداً امتداد شاسی را زیر میکروسکوپ‌ها قرار دهید.

۸- قرار دادن دقیق تقسیمات شاخص زیر میکروسکوپ‌ها: به‌طورکلی برای کنترل فواصل درجه‌بندی‌های شاخص باید از مرکز به مرکز تقسیمات درجه‌بندی‌ها استفاده نمود ولی چون عرض تقسیمات درجه‌بندی‌های نوار انوار زیر میکروسکوپ بسیار بزرگ دیده می‌شوند و ضمناً ضخامت تقسیمات یکسان است لذا برای کنترل فواصل تقسیمات از لبه تقسیمات (معمولاً سمت چپ) استفاده می‌شود.

در این مرحله شاخص به صورتی زیر میکروسکوپ‌ها قرار می‌گیرد که لبه تقسیمات شروع باره شاخص (شکل ۳۲)، زیر میکروسکوپ راست و لبه تقسیمات پایان باره شاخص، زیر میکروسکوپ چپ دستگاه قرار گیرد.

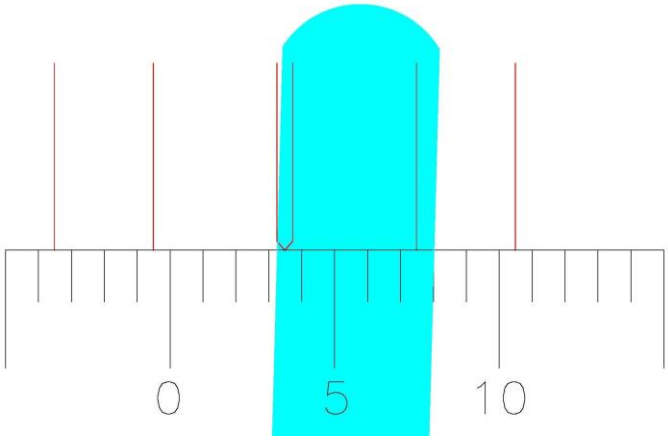
بدین منظور این عمل به‌صورت زیر انجام می‌شود:

- توسط پیچ حرکت سریع (شکل ۱۷) بخش متحرک بالای، لبه تقسیمات شروع باره شاخص روی نوار انوار را زیر میکروسکوپ سمت راست دستگاه قرار دهید.

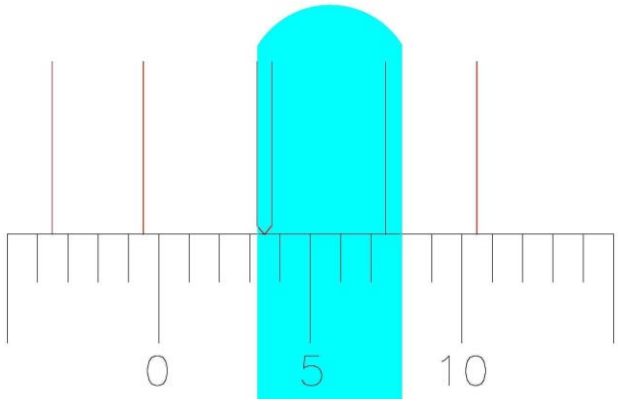
- واضح‌سازی تقسیمات درجه‌بندی: توسط پیچ حرکت به سمت بالا و پایین (پیچ تنظیم وضوح) (شکل ۱۴)، که زیر پایه نگه‌دارنده شاخص واقع‌شده است، تقسیمات درجه‌بندی را واضح سازید.

- هم امتداد سازی لبه تقسیمات درجه‌بندی و تارهای رتیکول: توسط پیچ دوران دهنده شاخص، پیچی که روی پایه نگه‌دارنده شاخص قرار دارد (شکل ۱۴)، لبه سمت چپ درجه‌بندی شاخص (شروع بازه موردنظر) را با تارهای رتیکول میکروسکوپ راست و لبه سمت چپ درجه‌بندی شاخص (پایان بازه)، توسط تارهای رتیکول میکروسکوپ چپ را به‌طور هم‌زمان. هم امتداد سازید.(شکل‌های ۴۶ و ۴۷)

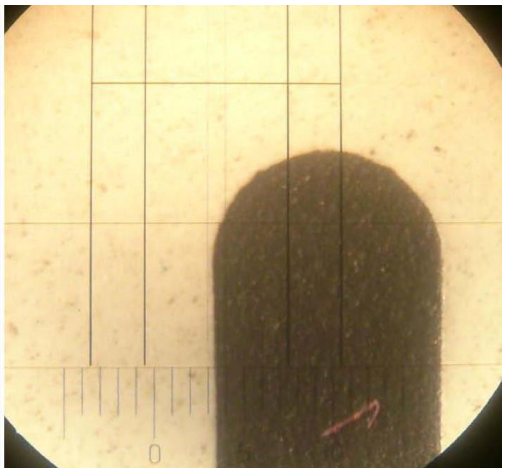
توجه: برای هم امتداد سازی هر میکروسکوپ، از پیچ دوران دهنده‌ای که روی پایه نگه‌دارنده نزدیک‌تر به درجه تقسیمات شاخص موردراندازه‌گیری است، استفاده شود.

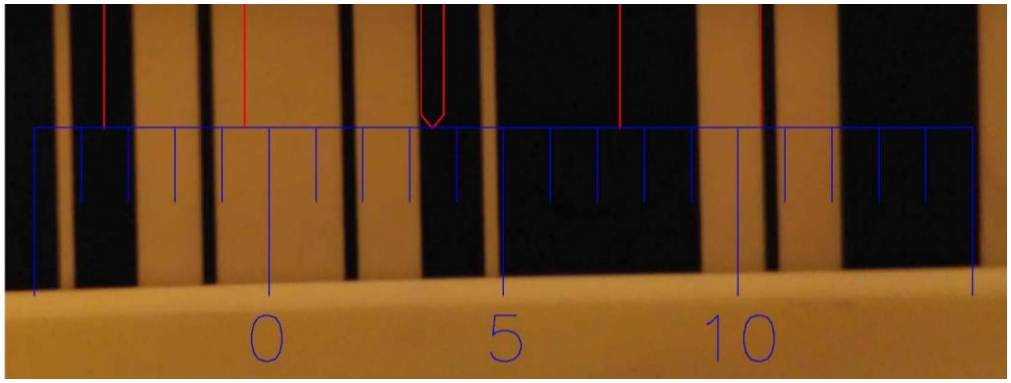


شکل ۴۶- نمایی از تقسیمات یک شاخص اپتیکی که لبه‌های عمودی تار رتیکول و تقسیمات شاخص نسبت به هم دوران دارد (هم امتداد نیستند)



شکل ۴۷- نمایی از تقسیمات یک شاخص اپتیکی که به کمک پیچ‌های دوران پایه نگه‌دارنده شاخص در دستگاه، لبه‌های عمودی تقسیمات شاخص و تار رتیکول هم امتداد شده‌اند





شکل ۴۸- نمایی از تقسیمات یک شاخص بارکدی و اپتیکی که به کمک پیچ‌های دوران پایه نگه‌دارنده شاخص در دستگاه، لبه‌های عمودی تقسیمات شاخص و تار رتیکول هم امتداد شده‌اند

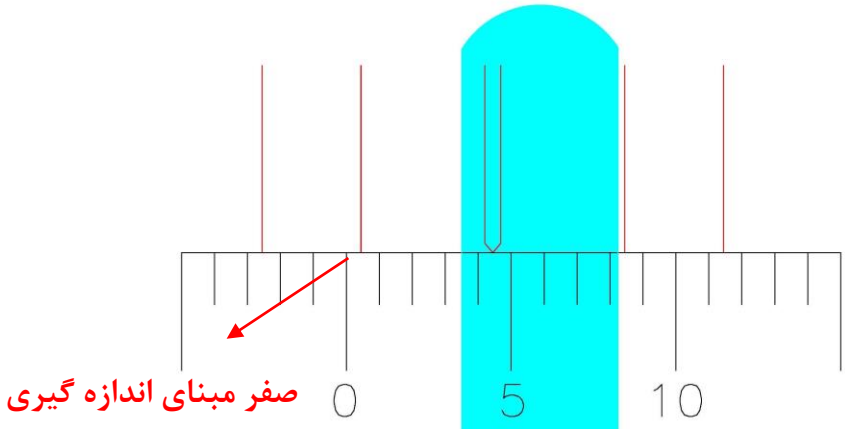
توجه: تصاویر بزرگ‌شده حاصل از تقسیمات درجه‌بندی شاخص در میکروسکوپ‌ها باعث می‌شود که برای قرائت آن‌ها به‌صورت زیر عمل کنیم:

الف-به دلیل عرض زیاد تقسیمات دیده‌شده از میکروسکوپ، برای کنترل فواصل مراکز آن‌ها از لبه‌های آن (معمولاً سمت چپ) استفاده شود.

ب- چون فقط قسمتی از طول این تقسیمات دیده می‌شود، لذا برای هم امتداد نمودن این تقسیمات با تارهای رتیکول، از قسمت بالا یا قسمت پایین تقسیمات که در میکروسکوپ دیده می‌شوند، استفاده شود.

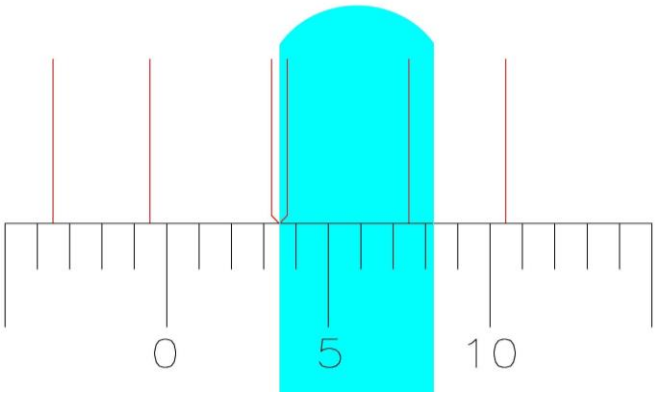
۹- تبدیل حالت پیچ حرکت سریع به کند: با چرخاندن ۹۰ درجه‌ای پیچ حرکت سریع (شکل ۱۷) بخش متحرک بالایی شاسی حالت پیچ حرکت سریع به حالت کند تبدیل شود،

۱۰- قرار دادن لبه تقسیمات شاخص بین درجه‌بندی‌های داخلی میکروسکوپ: توسط پیچ حرکت دقیق، لبه سمت چپ درجه‌بندی شاخص را بین درجه‌های تقسیماتی داخلی میکروسکوپ سمت راست دستگاه قرار دهید. این عمل به‌گونه‌ای انجام شود که لبه سمت چپ درجه‌بندی شاخص (شروع و پایان بازه موردنظر)، بین اعداد 0 و 10 مشخص‌شده روی درجه تقسیمات داخلی قرار گیرد. مثلاً در شکل ۴۹، لبه سمت چپ درجه‌بندی شاخص از سومین درجه‌بندی تقسیماتی داخلی بعد از عدد 0، عبور کرده است لذا می‌توان این درجه‌بندی را قرائت نمود.

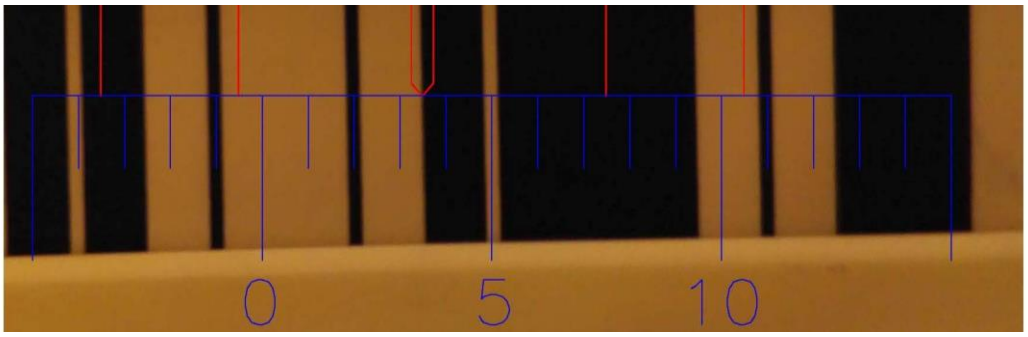


شکل ۴۹- قرار دادن لبه تقسیمات شاخص اپتیکی بین درجه‌بندی‌های داخلی میکروسکوپ

۱۱-قرار دادن مراکز فلش تار رتیکول M بر روی لبه تقسیمات درجه‌بندی شاخص و قرائت آن‌ها: توسط ورنیه، مرکز فلش تار M را روی امتداد عمودی لبه سمت چپ تقسیمات شاخص قرار داده و مقدار آن قرائت شود. قرائت هر یک از لبه‌های تقسیمات (شروع و پایان بازه)، از مجموع ۲ قرائت به‌دست‌آمده از درجه تقسیمات داخلی و ورنیه میکروسکوپ آن‌ها به دست می‌آید. (شکل‌های ۴۹ و ۵۰)



شکل ۵۰- قرار دادن مرکز فلش تار رتیکول M بر روی تقسیمات شاخص اپتیکی



شکل ۵۱- قرار دادن مرکز فلش تار رتیکول M بر روی تقسیمات شاخص بارکدی

توجه: مشاهدات این درجه‌بندی‌ها، ۱۰ بار و به‌طور هم‌زمان توسط ۲ نفر، اندازه‌گیری می‌شوند.

ترتیب و روش قرائت به‌صورت زیر می‌باشد:

۱۲- مبدأ اندازه‌گیری‌ها و واحد آن: مبدأ اندازه‌گیری‌ها 0 مشخص‌شده در درجه تقسیمات داخلی و واحد آن نیز دهم میلی‌متر است،

۱۳- قرائت مرکز فلش تار رتیکول M میکروسکوپ راست.

۱۴- قرائت مرکز فلش تار رتیکول M میکروسکوپ چپ.

مثال: اگر تار M میکروسکوپ مطابق (شکل ۵۰) بر روی لبه تقسیمات شاخص قرارگرفته باشد و مقدار قرائت ورنیه نیز ۳۸ میکرومتر باشد، مقدار قرائت این مشاهده ۳,۳۸ دهم میلی‌متر می‌شود که این مقدار به‌صورت زیر به دست می‌آید:

۳ دهم میلی‌متر (از درجه‌بندی داخلی میکروسکوپ)+ ۳۸ دهم میلی‌متر (از ورنیه) =۳,۳۸ دهم میلی‌متر

توجه: در تمام اندازه‌گیری‌های فوق دمای دقیق نوار انوار، توسط سنسور دماسنج که روی متر استاندارد چسبانده شده، اندازه‌گیری و با بقیه مشاهدات در فرم مخصوص (شکل ۵۲) ثبت می‌شود.

توجه: پس از قرائت هر چهار میر به خاطر تغییرات دمایی دستگاه باید مجدداً خطای دستگاه اندازه‌گیری گردد.

توجه: اندازه‌گیری شاخص در شروع و پایان هر بازه به‌طور متوالی و یک‌درمیان (توسط دو نفر) ده بار تکرار شود.

۵-۲-فرم ثبت اندازه‌گیری فاصله بین میکروسکوپ‌های چپ و راست دستگاه

۱- شماره شاخص

۲- تاریخ اندازه‌گیری

۳- دما: دمای نوار انوار توسط سنسور متصل شده به آن در شروع و پایان بازه ثبت می‌شود.

۳- R: مشاهده درجه‌بندی شاخص، زیر میکروسکوپ راست

۴- L: مشاهده درجه‌بندی شاخص، زیر میکروسکوپ چپ

۵- ($L-R$): محاسبه اختلاف مشاهده‌های درجه‌بندی شاخص زیر میکروسکوپ چپ و راست.

۶- $\overline{R}$: محاسبه میانگین ۱۰ مشاهده R

۷- $\overline{L}$: محاسبه میانگین ۱۰ مشاهده L

۸- ($\overline{L-R}$): محاسبه میانگین ۱۰، مشاهده درجه‌بندی شاخص زیر میکروسکوپ چپ و راست.

اندازه گیری شاخص انوار

□بارکدی
□اپتیکی

شماره شاخص

تاریخ

دما	اندازه گیری طول بازه	L	R	L−R
	میانگین	$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$
	میانگین	$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$

سازمان نقشه برداری کشور N.C.C

عامل قرائت

شکل ۵۲- فرم ثبت اندازه‌گیری فاصله بین میکروسکوپ‌های چپ و راست دستگاه

۵-۳-حذف خطای صفر شاخص در آزمایشگاه

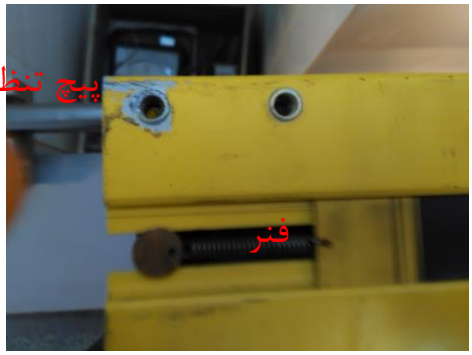
یکی از مهم‌ترین خطاهای دستگاهی در مشاهدات ترازیابی خطای صفر شاخص است که اثر مستقیمی بر مشاهدات ترازیابی دارد. این خطا را می‌توان با دو روش زیر حذف نمود، ۱- انجام مشاهدات ترازیابی با تعداد دهنه‌های زوج (خطای صفر از مشاهدات کاملاً حذف می‌شود) ۲- حذف خطا در آزمایشگاه کالیبراسیون (قسمتی از خطای صفر باقی می‌ماند). در اینجا روش حذف خطای فوق با دستگاه کالیبراسیون مفصلاً شرح داده می‌شود.

یکی از مهم‌ترین بخش‌های هر شاخص انوار، نوار انوار مدرج شده یا بارکدداری آن است. این نوار توسط فنری در بالا و پیچی در پایین آن، به بدنه شاخص کاملاً متصل می‌شود. لذا به دلیل نوع اتصال نوار انوار و بدنه شاخص، امکان جابجایی نوار انوار در طول شاخص وجود دارد. این جابجایی باعث تغییر در مبنای شروع در اندازه‌گیری درجه‌بندی‌های شاخص می‌شود. اصطلاحاً به این تغییر در مبنای شروع درجه‌بندی شاخص، خطای صفر گفته می‌شود. دلیل عمده ایجاد این خطا ناشی از تغییر در سختی فنر اتصالی و یا شل شدن پیچ اتصال در پایین شاخص است. چون اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع در ترازیابی بر اساس ارتفاع خط دید ترازیاب از روی شاخص‌ها انجام می‌گیرد لذا درصورتی‌که دو شاخص استفاده‌شده دارای یک مبنای ارتفاعی و یا دارا خطای صفر یکسانی باشند لذا خطای صفر از اندازه‌گیری‌های ترازیابی حذف می‌شوند به همین دلیل نیز در آزمایشگاه یک شاخص را به‌عنوان شاخص مبنا در نظر گرفته و خطای صفر بقیه شاخص‌های موجود را نسبت به آن به دست می‌آورند. برای به دست آوردن و حذف این خطا علاوه بر دستگاه به یک صفحه فلزی که دارای یک زائده برجسته روی آن است موردنیاز می‌باشد. با تکیه دادن کف شاخص به زائده صفحه و قرائت درجه‌بندی شاخص مبنا و دیگر شاخص‌ها و مقایسه مقادیر مشاهداتی آن‌ها می‌توان خطای صفر آن‌ها را به دست آورد. این صفحه فلزی به فاصله حدودی ۱٫۵ تا ۲ متری از میکروسکوپ سمت راست دستگاه و در امتداد محور مراکز میکروسکوپ‌ها روی دیوار یا یک ستون نصب می‌گردد. در این روش نخست شاخص مبنا در دستگاه قرا گرفته و یک درجه مشخص از شاخص (مثلاً درجه ۱ متری نوار انوار) قرائت از میکروسکوپ سمت راست دستگاه قرائت می‌شود سپس شاخصی که باید کنترل شود نیز مانند شاخص مبنا در دستگاه قرارگرفته و درجه مشخص‌شده آن نیز عیناً قرائت می‌گردد. اختلاف بین این دو قرائت نشان‌دهنده خطای صفر شاخص است. برای حذف این خطا،

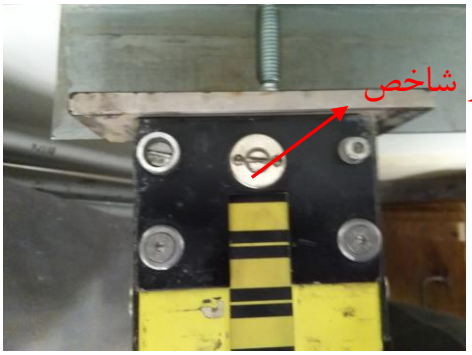
پیچ اتصالی پایین نوار انوار را به صورتی به چرخانید که میزان قرائت درجه مشخص‌شده شاخص جدید با شاخص مبنا یکسان شود؛ یعنی با چرخاندن پیچ تنظیم خطای صفر شاخص و به طبع آن کشیده شدن فنر اتصالی در بالای شاخص، امکان جابجایی درجه‌بندی‌ها میسر و درنتیجه خطای صفر شاخص نیز حذف می‌گردد. (شکل‌های ۵۲ تا ۵۵)

شکل ۵۳- صفحه نصب‌شده روی دیوار

شکل ۵۴ – تکیه دادن کف شاخص به صفحه



شکل ۵۵- فنر اتصالی نوار انوار به بالای بدنه شاخص



شکل ۵۶- پیچ تنظیم صفر شاخص

البته باید توجه داشت که امکان حذف کامل این خطای بدین روش وجود ندارد زیرا با کوچک‌ترین حرکت و پیچاندن پیچ تنظیم، جابجایی قابل‌توجه ای در نوار انوار ایجاد می‌شود. لذا یک حد آستانه به‌عنوان خطای مجاز صفر شاخص در نظر می‌گیرند؛ و بر اساس این حد مجاز، شاخص‌ها بررسی‌شده و رد یا پذیرفته می‌شوند. همان‌طوری که قبلاً گفته شد برای حذف کامل این خطا از مشاهدات ترازیابی، باید بین دو ایستگاه متوالی، با تعداد دهنه زوج قرائت شوند.

حد مجاز خطا صفر شاخص: حد مجاز خطای صفر در آزمایشگاه، $0.30mm$ است.

۵-۳-۱-روش اندازه‌گیری خطا صفر شاخص

شاخص مبنا را بین گیره‌های دستگاه به‌گونه‌ای قرار دهید که امکان تکیه دادن کف شاخص به زائده روی صفحه نصب‌شده روی دیوار، باشد. سپس با قرار دادن پیچ‌های حرکت عرضی و طولی دستگاه به‌صورت سریع، کف شاخص را به زائده روی صفحه تکیه دهید. پیچ عرضی را کاملاً محکم کرده و پیچ حرکت طولی را به‌صورت حالت کند قرار دهید.

درجه مشخص‌شده شاخص را با تار رتیکول هم امتداد نموده و توسط تار رتیکول M میکروسکوپ سمت راست دستگاه، مقدار درجه‌بندی شاخص را دقیقاً به دست آورده و در فرم مربوطه (شکل ۵۴) یادداشت کنید. سپس شاخص مبنا را از دستگاه خارج کرده و درجه مشخص‌شده روی شاخصی که باید کنترل شود، نیز مانند شاخص مبنا قرائت کنید. اختلاف دو قرائت این دو شاخص مبین مقدار خطای شاخص دوم نسبت به شاخص مبنا است.

توجه: ا گر خطای صفر شاخص بیشتر از ۲ میلی‌متر باشد لبه سمت چپ درجه‌بندی موردنظر شاخص دوم زیر میکروسکوپ سمت راست قرار نمی‌گیرد، لذا امکان قرائت شاخص امکان‌پذیر نخواهد بود. پس در این حالت نخست باید به کمک پیچ تنظیم خطای صفر شاخص، لبه سمت چپ درجه‌بندی را بین درجه‌بندی داخلی قرارداد و سپس مقدار دقیق قرائت را به دست آورد.

۵-۳-۲- روش تنظیم صفر شاخص

تار رتیکول M میکروسکوپ راست را با توجه به مقدار قرائت شاخص مبنا تنظیم کنید یعنی با چرخاندن ورنیه هم‌مقدار اعشار (که توسط ورنیه مشخص می‌شود) و هم‌عدد صحیح (که توسط درجه‌بندی داخلی مشخص می‌شود) قرائت شاخص مبنا را به میکروسکوپ اعمال کنید.

مثال: اگر مقدار قرائت درجه ۲ متری شاخص مبنا، 2.56 دهم میلی‌متر و مقدار قرائت درجه ۲متری شاخص دوم، 6.42 دهم میلی‌متر شده باشد:

۱- میزان خطای صفر: دهم میلی‌متر $6.42-2.56=3.86$

۲- حذف خطای صفر: مقدار قرائت 2.56 دهم میلی‌متر **را** برای شاخص دوم لحاظ می‌کنیم بدین‌صورت که با چرخاندن ورنیه اولاً تار رتیکول M را بعد از ۲ دهم میلی‌متر درجه‌بندی داخلی قرار داده و تانیا مقدار عددی روی ورنیه نیز (56 میکرومتر) باشد. سپس با کمک پیچ تنظیم صفر شاخص لبه سمت چپ درجه ۲ متری شاخص را به تار رتیکول M مماس کنید.

اندازه گیری خطای صفرشاخص انوار ☐بارکدی ☐اپتیکی

تاریخ دمای اتاق اندازه گیری

شماره شاخص مبنا	میزان صفر شاخص	ملاحظات

شماره شاخص	میزان خطای باقیمانده صفر	ملاحظات

سازمان قشه برداری کشور N.C.C عامل قرائت

فصل ششم

محاسبات

۶-۱- محاسبه خطای کالیبراسیون شاخص

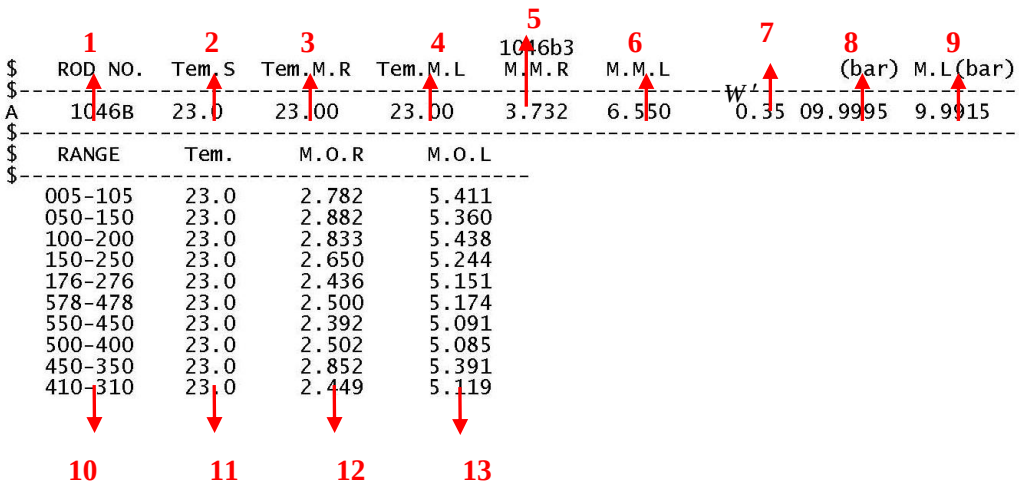
پس از اتمام مشاهدات شاخص‌ها، بر اساس روابط ریاضی که توسط سازنده دستگاه کالیبراسیون ارائه‌شده، نخست خطای دستگاه و سپس خطای کالیبراسیون در طول شاخص به دست می‌آید. بر اساس دستورالعمل‌های سازمان نقشه‌برداری، حداکثر میزان خطای مجاز درجه‌بندی یک شاخص انوار، برای عملیات ترازیابی درجه یک ۷۰ میکرومتر و برای عملیات ترازیابی درجه دو ۱۴۰ میکرومتر است. برای انجام محاسبات لازم است مشاهدات به‌صورت فایل درآید و سپس به کمک برنامه‌های موجود در سازمان نقشه‌برداری، calibrat.exe برای شاخص‌های دو لبه اپتیکی و calibrat-1.exe برای شاخص‌های رقومی از نوع dini، محاسبات انجام می‌شوند.

۶-۱-۱- تبدیل مشاهدات به فایل ورودی برنامه

با توجه به نوع شاخص، اپتیکی و رقومی، تعداد مشاهدات بر روی شاخص‌ها (تعداد بازه‌های یک متری) متفاوت است لذا محتوای فایل ورودی و برنامه محاسباتی آن نیز متفاوت خواهد بود. داده‌های مربوط به کنترل دستگاه کالیبراسیون که قبل از مشاهدات شاخص انجام‌شده، در فایل ورودی برنامه نیز وارد می‌شود.

۶-۱-۲- ایجاد فایل ورودی برای شاخص‌های اپتیکی ۲ لبه

با توجه به شکل ۵۵- که یک نمونه از فایل ورودی برنامه است، محتویات و فرمت فایل ورودی توضیح داده می‌شود.



شکل ۵۷- فایل ورودی

۱) Rod No. :شماره شاخص

۲) Tem.S : دمای اتاق، در اندازه‌گیری فاصله بین مراکز ۲ میکروسکوپ (شکل- ۴۱)

۳) Tem M.R : دمای اتاق، در اندازه‌گیری خطای یک دور چرخش ورنیه میکروسکوپ سمت راست دستگاه کالیبراسیون: (شکل- ۲۶)

۴) Tem M.L : دمای اتاق در اندازه‌گیری خطای یک دور چرخش ورنیه میکروسکوپ سمت چپ دستگاه کالیبراسیون: (شکل- ۲۶)

۵) M.M.R: متوسط مقدار اندازه‌گیری از میکروسکوپ راست، برای تعیین فاصله بین مراکز ۲ میکروسکوپ (شکل ۴۱)

۶) M.M.L: متوسط مقدار اندازه‌گیری از میکروسکوپ چپ، برای تعیین فاصله بین مراکز ۲ میکروسکوپ (شکل- ۴۱)

۷) W': اختلاف بین تارهای رتیکولهای میکروسکوپ‌های چپ و راست (شکل-۳۷) که از رابطه زیر به‌دست‌آمده است: $W' = (W_L - W_R)*100$

۸) M.R(bar): متوسط خطای یک دور چرخش ورنیه میکروسکوپ سمت چپ دستگاه کالیبراسیون (شکل-۲۶)

a. M.L(bar): متوسط خطای یک دور چرخش ورنیه میکروسکوپ سمت چپ دستگاه کالیبراسیون (شکل- ۲۶)

۹) RANGE: بازه‌های شاخص (شکل-۵۱)

۱۰) Tem.: دمای نوار انوار بازه‌های شاخص (شکل-۵۱)

۱۱) M.O.R: مقدار متوسط شروع بازه (میکروسکوپ راست). در شکل-۵۱، به‌صورت $\bar{R}$ نمایش داده‌شده است.

۱۲) M.O.L: مقدار متوسط پایان بازه (میکروسکوپ چپ) در شکل-۵۱، به‌صورت $\bar{L}$ نمایش داده‌شده است.

توجه: چون فرمت فایل ورودی آزاد نمی‌باشد، یعنی باید داده‌ها در سطر و ستون خاصی از فایل قرار گیرند، لذا باید برای واردکردن مقادیر توضیح داده‌شده، از یک نمونه فایل داده‌های شاخص که قبلاً موجود است، استفاده کرد و مقادیر مربوط به شاخص جدید جایگزین شاخص قبلی شود.

۶-۱-۳- نام فایل ورودی مشاهدات کالیبراسیون و آدرس قرارگیری آن در رایانه

۱- نام‌گذاری فایل ورودی: نام فایل ورودی بر اساس نام شاخص است و پسوند این فایل INF مخفف کلمه INFORMATION است. به‌طور مثال فایل شاخص 1046b، به 1046b.inf نام‌گذاری می‌شود.

توجه: در صورت نیاز به تکرار مشاهدات شاخص، با اضافه کردن یک عدد به‌عنوان دفعات تکرار به آخر نام شاخص، نام‌گذاری فایل ورودی آن انجام می‌شود.

۲- نام فولدر و آدرس قرارگیری فایل ورودی: در پارتیشن c یک فولدر به نام calibrat ایجاد کرده و فایل ورودی در آن ذخیره می‌شود.

۶-۲- فایل خروجی از پردازش مشاهدات کالیبراسیون

۶-۲-۱- نام فایل خروجی پردازش مشاهدات کالیبراسیون و آدرس قرارگیری آن در رایانه

۱- نام خروجی فایل پردازش‌شده: نام فایل خروجی که داده‌ها پردازش‌شده و خطای شاخص در آن ثبت‌شده است، همان نام فایل ورودی ولی با پسوند cal مخفف کلمه CALIBRATION است. به‌طور مثال فایل خروجی شاخص 1046b، به‌صورت 1046b.cal خواهد شد.

۲- نام فولدر و آدرس قرارگیری فایل خروجی: داده‌های پردازش‌شده در فولدری به نام cali-cor در پارتیشن c به‌طور اتوماتیک ذخیره می‌شود.

۶-۲-۲- معرفی محتویات فایل خروجی از برنامه محاسباتی کالیبراسیون

با توجه به شکل ۵۶- که یک نمونه از فایل ورودی برنامه است، محتویات فایل خروجی توضیح داده می‌شود.

1 2 3 4 5

NATIONL CARTOGRAPHIC CENTER
CALIBRATION CORRECTION

ROD NO.	FROM	TO	ERROR	TEMP.
1046B	5	105	-8.89	23.00
1046B	50	150	-23.99	23.00
1046B	100	200	-11.29	23.00
1046B	150	250	-12.41	23.00
1046B	176	276	-0.32	23.00
1046B	578	478	-4.41	23.00
1046B	550	450	-1.92	23.00
1046B	500	400	-13.52	23.00
1046B	450	350	-17.89	23.00
1046B	410	310	-4.82	23.00

=== CALIBRATION ZERO----POINT ==========

Position of the graduation line	Error
55	-4.45
100	-16.44
150	-22.09
200	-28.29
226	-28.45
276	-28.61
360	-2.41
400	-11.36
450	-18.11
500	-19.08
528	-21.28
578	-23.49

6 7

شکل۵۸-نمونه‌ای از فایل خروجی، پردازش مشاهدات کالیبراسیون

۱-ROD NO.: شماره شاخص

۲- FROM: شروع بازه

۳-TO: پایان بازه

۴-ERROR: خطای طول بازه نسبت به یک متر طول متر استاندارد

۵-TEMP: دمای نوار استاندارد هر بازه مشاهداتی

۶-Position of the graduation line: مقدار درجه‌بندی شاخص. این مقدار از متوسط مقادیر هر بازه مشاهداتی به دست می‌آید.

مثال ۱- مقدار ۵۵ از متوسط گیری مقادیر شروع و پایان بازه ۵ تا ۱۰۵ به دست می‌آید.

مثال ۲- مقدار ۱۰۰ از متوسط گیری مقادیر شروع و پایان بازه ۵۰ تا ۱۵۰ به دست می‌آید.

۷- ERROR: جمع خطای کالیبراسیون درجه‌بندی شاخص. این مقدار معرف میزان خطای درجه‌بندی شاخص است. این مقدار از مجموع متوسط خطاهای بازه‌ها تا بازه موردنظر به دست می‌آید.

مثال ۳- مقدار خطای درجه‌بندی ۵۵ سانتیمتری شاخص از متوسط خطای بازه (۵ تا ۱۰۵) به دست می‌آید.

$$error_{55} = (0 - 8.89)/2 = -4.45$$

مثال ۴- مقدار خطای درجه‌بندی ۱۰۰ سانتیمتری شاخص از متوسط خطای بازه (۵۰ تا ۱۵۰) به دست می‌آید.

$$error_{100} = (-8.89 - 23.99)/2 = -16.44$$

۶-۳- تعداد دفعات قرائت هر شاخص

کالیبراسیون هر شاخص باید هر ۶ ماه، ۱ بار انجام گیرد. در هر بار کالیبراسیون، شاخص اپتیکی فقط یک نوبت قرائت می‌شود. ولی هر بار کالیبراسیون در شاخص‌های رقومی از نوع dini، باید حداقل طی ۲ نوبت آن‌هم در دو روز مختلف انجام گیرد.

۶-۴- مقایسه نتایج کالیبراسیون جدید و قبلی شاخص

در هر دو نوع شاخص، نتایج مشاهدات فعلی با قبلی آن مقایسه شده و در صورت لزوم ممکن است جهت اطمینان کنترل مجدد انجام گیرد.

فصل هفتم

مشاهدات اجرایی یک شاخص اپتیک

مشاهدات زیر در مورد شاخص اپتیک 1046b که توسط دستگاه کالیبراسیون کنترل‌شده است به‌عنوان نمونه به‌صورت زیر ارائه می‌شود.

۷-۱- مشاهدات کنترل دستگاه کالیبراسیون

میکرومتر(چپ) اندازه گیری یک دور میکرومتر میکروسکوپ

تاریخ 94/2/8

مقیاس 1mm		اندازه گیری			
زمان	دما	$\overset{+}{5}$	$\overset{+}{0}$	$n_1=\overset{+}{5}-\overset{+}{0}$	ملاحظات
09:00	23.0	10.00	+0.03		
		10.00	+0.03		
		9.98	+0.01		
		9.98	+0.02		
		9.98	+0.02		
		9.98	+0.03		
		9.98	+0.03		
		9.98	+0.01		
		9.99	+0.02		
		9.99	+0.02		
$\overline{t_1}=$		9.998	0.023	$\overline{n_1}=$ 9.975	

میکرومتر(چپ) اندازه گیری یک دور میکرومتر میکروسکوپ

مقیاس 1mm		اندازه گیری			
زمان	دما	$\overset{+}{10}$	$\overset{+}{5}$	$n_2=\overset{+}{10}-\overset{+}{5}$	ملاحظات
09:04	23.0	10.01	0.00		
		10.00	0.00		
		10.01	+0.01		
		10.00	+0.02		
		10.01	0.00		
		10.01	0.00		
		10.01	−0.01		
		10.02	0.00		
		10.01	0.00		
		10.01	−0.01		
$\overline{t_2}=$		10.009	0.001	$\overline{n_2}=$ 10.008	

$$\overline{n_L}=\frac{\overline{n_{1L}}+\overline{n_{2L}}}{2}=9.9915\ ,\ \overline{t}=\frac{\overline{t_1}+\overline{t_2}}{2}=23.0\ ,\ \overline{n_R}=\frac{\overline{n_{1R}}+\overline{n_{2R}}}{2}=$$

سازمان نقشه برداری کشور N.C.C

عامل قرائت

میکرومتر(راست) اندازه گیری یک دور میکرومتر میکروسکوپ

تاریخ 94/2/8

مقیاس 1mm		اندازه گیری			
زمان	دما	5^+	0^+	$n_1 = 5^+ - 0^+$	ملاحظات
09:08	23.0	10.00	+0.01		
		10.01	+0.02		
		10.01	+0.01		
		10.00	+0.01		
		10.01	+0.01		
		10.00	+0.01		
		10.01	+0.01		
		10.01	+0.00		
		10.00	+0.00		
		10.00	+0.00		
$\overline{t_1}=$		10.005	0.010	$\overline{n_1}=$ 9.995	

میکرومتر(راست) اندازه گیری یک دور میکرومتر میکروسکوپ

مقیاس 1mm		اندازه گیری			
زمان	دما	10^+	5^+	$n_2 = 10^+ - 5^+$	ملاحظات
09:10	23.0	10.01	0.00		
		10.00	0.00		
		10.01	+0.01		
		10.00	+0.02		
		10.01	0.00		
		10.01	0.00		
		10.01	−0.01		
		10.02	0.00		
		10.01	0.00		
		10.01	−0.01		
$\overline{t_2}=$		10.008	0.004	$\overline{n_2}=$ 10.004	

$\overline{n_L} = \frac{\overline{n_{1L}} + \overline{n_{2L}}}{2} =$, $\overline{t} = \frac{\overline{t_1} + \overline{t_2}}{2} = 23.0$, $\overline{n_R} = \frac{\overline{n_{1R}} + \overline{n_{2R}}}{2} = 9.9995$

عامل قرائت

سازمان نقشه برداری کشور N.C.C

اندازه گیری فاصله بین دومیکروسکوپ

تاریخ 94/2/8

زمان	دما	L	R	L−R	ملاحظات
09:33	23	6.54 6.55 6.54 6.55 6.55 6.55 6.55 6.55 6.56 6.56	3.70 3.73 3.71 3.72 3.75 3.75 3.72 3.72 3.76 3.74		
میانگین		$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$	
		6.550	3.732		

اطلاعات کلی

شماره جعبه	شماره میر	درجه بندی	خطای درجه بندی	دما	میانگین خطای درجه بندی	میانگین دما	ملاحظات
I	1046B						
II							

سازمان نقشه برداری کشور N.C.C

عامل قرائت

۷-۲- مشاهدات کنترل شاخص انوار 1046B:

اندازه گیری شاخص انوار ☐بارکدی ☑اپتیکی

شماره شاخص 1046B تاریخ 94/2/8

دما	اندازه گیری طول بازه	L	R	L−R
23	5−105	5.30 5.36 5.35 5.34 5.34 5.37 5.32 5.25 5.38 5.34	2.76 2.74 2.74 2.73 2.73 2.72 2.73 2.72 2.71 2.72	
	میانگین	$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$
		5.335	2.729	
23	50−150	5.46 5.44 5.44 5.41 5.49 5.46 5.44 5.48 5.46 5.48	2.84 2.85 2.84 2.84 2.83 2.83 2.84 2.83 2.84 2.82	
	میانگین	$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$
		5.456	2.836	

عامل قرائت

سازمان نقشه برداری کشور N.C.C

اندازه گیری شاخص انوار ☐بارکدی ☑اپتیکی

شماره شاخص 1046B تاریخ 94/2/8

دما	اندازه گیری طول بازه	L	R	L−R
23	100−200	4.88 4.84 4.87 4.88 4.89 4.88 4.84 4.89 4.86 4.89	2.27 2.28 2.29 2.30 2.28 2.29 2.28 2.28 2.28 2.27	
	میانگین	$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$
		4.872	2.282	
23	150−250	5.28 5.30 5.32 5.29 533 5.32 5.32 5.24 5.23 5.20	2.71 2.72 2.72 2.71 2.70 2.69 2.69 2.68 2.67 2.68	
	میانگین	$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$
		5.283	2.697	

عامل قرائت

سازمان نقشه برداری کشور N.C.C

اندازه گیری شاخص انوار ☐بارکدی ☑اپتیکی

شماره شاخص 1046B تاریخ 94/2/8

دما	اندازه گیری طول بازه	L	R	L−R
23	176−276	4.79 4.80 4.83 4.82 4.76 4.80 4.82 4.79 4.83 4.82	2.31 2.30 2.31 2.29 2.29 2.30 2.29 2.29 2.29 2.28	
	میانگین	$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$
		4.806	2.296	
23	578−478	4.85 4.85 4.83 4.83 4.82 4.81 4.89 4.85 4.88 4.88	2.30 2.30 2.29 2.30 2.31 2.30 2.31 2.31 2.31 2.32	
	میانگین	$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$
		4.849	2.305	

عامل قرائت

سازمان نقشه برداری کشور N.C.C

اندازه گیری شاخص انوار ☐بارکدی ☑اپتیکی

شماره شاخص 1046B تاریخ 94/2/8

دما	اندازه گیری طول بازه	L	R	L−R
23	550−450	4.68 4.68 4.66 4.72 4.71 4.78 4.76 4.75 4.72 4.74	2.28 2.27 2.28 2.28 2.27 2.28 2.29 2.28 2.27 2.27	
	میانگین	$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$
		4.720	2.277	
23	500−400	4.76 4.75 4.78 4.72 4.71 4.76 4.72 4.74 4.70 4.76	2.32 2.32 2.32 2.33 2.34 2.35 2.35 2.35 2.34 2.34	
	میانگین	$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$
		4.740	2.335	

سازمان نقشه برداری کشور N.C.C

عامل قرائت

اندازه گیری شاخص انوار ☐بارکدی ☑اپتیکی

شماره شاخص 1046B تاریخ 94/2/8

دما	اندازه گیری طول بازه	L	R	L−R
23	450−350	4.65 4.66 4.64 4.65 4.64 4.65 4.64 4.65 4.65 4.64	2.15 2.15 2.15 2.16 2.16 2.14 2.11 2.15 2.15 2.12	
	میانگین	$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$
		4.648	2.144	
23	410−310	4.78 4.77 4.76 4.76 4.77 4.78 4.78 4.79 4.79 4.80	2.22 2.25 2.25 2.24 2.29 2.28 2.25 2.24 2.28 2.26	
	میانگین	$\overline{L}$	$\overline{R}$	$\overline{L-R}$
		4.778	2.256	

عامل قرائت

سازمان نقشه برداری کشور N.C.C

۷-۳- فایل ورودی مشاهدات کالیبراسیون

```
                                                 1046b3
$   ROD NO.   Tem.S  Tem.M.R  Tem.M.L   M.M.R   M.M.L   W1+W2  M.R(bar) M.L(bar)
$-------------------------------------------------------------------------------
A    1046B   23.0    23.00    23.00    3.732   6.550     0.35 09.9995  9.9915
$-------------------------------------------------------------------------------
$   RANGE     Tem.     M.O.R     M.O.L
$-----------------------------------------
   005-105    23.0     2.782     5.411
   050-150    23.0     2.882     5.360
   100-200    23.0     2.833     5.438
   150-250    23.0     2.650     5.244
   176-276    23.0     2.436     5.151
   578-478    23.0     2.500     5.174
   550-450    23.0     2.392     5.091
   500-400    23.0     2.502     5.085
   450-350    23.0     2.852     5.391
   410-310    23.0     2.449     5.119
```

۷-۴- فایل خروجی از برنامه محاسبات کالیبراسیون:

```
NATIONL  CARTOGRAPHIC  CENTER
CALIBRATION CORRECTION
  ROD NO.        FROM        TO      ERROR          TEMP.
-------------------------------------------------------------
  1046B           5         105     -8.89          23.00
  1046B          50         150    -23.99          23.00
  1046B         100         200    -11.29          23.00
  1046B         150         250    -12.41          23.00
  1046B         176         276     -0.32          23.00
  1046B         578         478     -4.41          23.00
  1046B         550         450     -1.92          23.00
  1046B         500         400    -13.52          23.00
  1046B         450         350    -17.89          23.00
  1046B         410         310     -4.82          23.00
=============================================================
=== CALIBRATION  ZERO----POINT ===================

   Position of the graduation line       Error
=================================================
                    55                    -4.45
                   100                   -16.44
                   150                   -22.09
                   200                   -28.29
                   226                   -28.45
                   276                   -28.61
                   360                    -2.41
                   400                   -11.36
                   450                   -18.11
                   500                   -19.08
                   528                   -21.28
                   578                   -23.49
```

شماره شاخص

بازه اندازه گیری

(شروع بازه)

(پایان بازه)

خطای

(درجه بندی بازه)

دمای بازه

خطای درجه بندی شاخص

ارتفاع شاخص(مرکز بازه)

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization
National Cartographic Center

Calibration System for Invar Leveling Rods

No: STD01-O01CY0004D

Last Edition: 19-02-2022

National Cartographic Center Standard Department

www.ncc.gov.ir http://standard.ncc.gov.ir

2022