

Методы QC нодальных сейсморазведочных систем SmartSolo

■ Lei Zou, Геофизик/Специалист

С технологическим прогрессом сейсморазведочного оборудования ускоряется создание нодальных систем нового поколения, заменяющих кабельное оборудование в проектах нефтяной сейсморазведки. Возможности современных нодальных систем SmartSolo позволяют выстроить систему контроля качества производственного процесса.

В данной статье будут рассмотрены методы и процессы контроля качества нодальных приборов SmartSolo в производственном процессе.

Введение

Нодальные сейсмические системы быстро развиваются благодаря удобству в работе, расширению пропускной способности каналов, гибкой компоновке и технологиям, способствующим охране окружающей среды. Сегодня именно с такими системами связан прогресс и развитие технологий сейсморазведки. Отсутствие контроля работоспособности системы онлайн вызывает серьезные опасения пользователей и заказчиков геофизических работ. Однако, система SmartSolo имеет достаточно инструментов, позволяющих осуществлять надежный контроль работоспо-

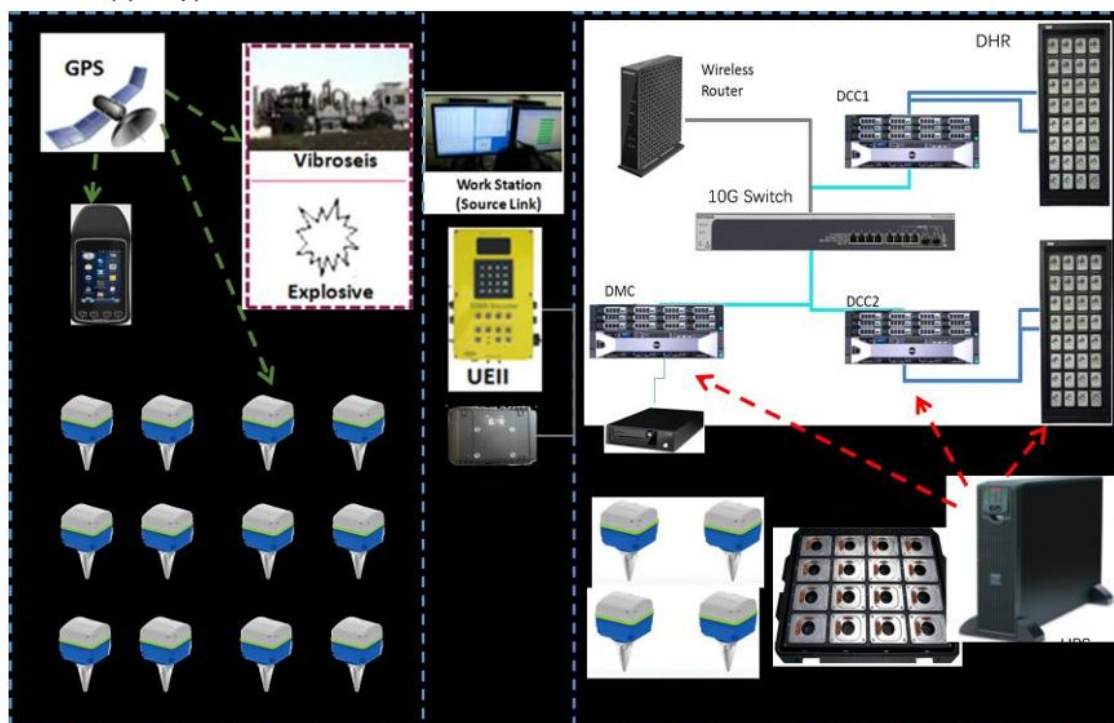
собности оборудования и качества получаемой сейсмической информации. В данной статье обсуждается метод QC нодального оборудования SmartSolo в полевых исследованиях.

Рабочий процесс системы и методы QC

Компоненты системы SmartSolo

Система SmartSolo - это нодальная система, используемая для наземной сейсморазведки, разработана в 2016 году компанией DTCC. Система SmartSolo состоит из узла сбора полевых данных, системы выравнивания и системы загрузки данных в закрытом помещении.

▼ Рис. 1. Структурная схема системы SmartSolo.



Системы загрузки полевых данных в закрытом помещении состоят из сервера, стойки загрузки, зарядной стойки и других компонентов. Структура системы показана на рис.1.

Рабочий процесс системы SmartSolo

Полевая станция сбора данных SmartSolo не имеет связи с системой сейсмических источников и внутренним сервером, а параметры станции сбора данных могут быть сконфигурированы путем написания скриптов. После того, как полевое оборудование размещено на площади и приведено в рабочее состояние, осуществляется сканирование всего массива работоспособности приборов ручными блоками управления. И каждый блок начинает непрерывный сбор данных.

Процесс полевых работ схематично показан на рис.2.

Процесс QC системы SmartSolo

После включения узла SmartSolo выполняется самотестирование, которое включает в себя контроль заряда батареи, работоспособность карты памяти и

работоспособность геофона. После того как все тесты пройдены, узел входит в стадию поиска спутников GPS. После фиксирования четырех спутников, определяется местоположение и координаты блока. После чего узел переходит в режим сбора данных. Во время этапа самотестирования и поиска спутников светодиодный индикатор на узле SmartSolo мигает красным цветом. После того, как узел перейдет в режим сбора данных и будет работать должным образом, светодиодный индикатор загорится зеленым цветом. Поэтому режим светодиодной вспышки является важным индикатором качества для узла SmartSolo. Когда все тесты будут пройдены, светодиодный индикатор будет мигать зеленым цветом.

Процесс самотестирования блока SmartSolo быстрый и всеобъемлющий, позволяющий оценить работоспособность блока по всему комплексу параметров – состояние памяти, работоспособность геофона, местоположение узла, заряд батареи.

FDT (инструмент развертывания поля) используется для сопоставления узлов с

▼ Рис. 2. Организация полевых работ с использованием системы SmartSolo.





▲ Рис. 3. Сканирующая диаграмма QC с использованием мобильного телефона.

номером точки системы наблюдения. Для развертывания системы рекомендуется использовать мобильное приложение SmartSolo. Можно задействовать в том числе и камеру мобильного телефона для сканирования QR-кода в верхней части узла SmartSolo, чтобы получить серийный номер блока. В то же время приложение автоматически контролирует состояние светодиода и сохраняет фотографии с QR-кодом серийного номера станции, когда светодиод горит зеленым цветом. Фотография используется для отслеживания того, развернут ли узел на месте и находится ли он в рабочем состоянии.

Контроль качества во время сбора данных

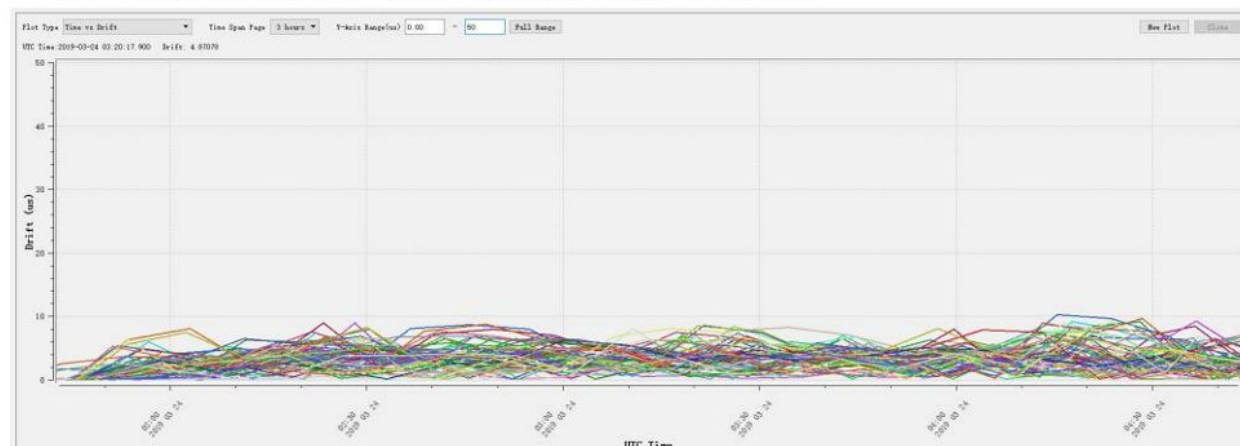
Во время процесса загрузки данных узлов SmartSolo программное обеспече-

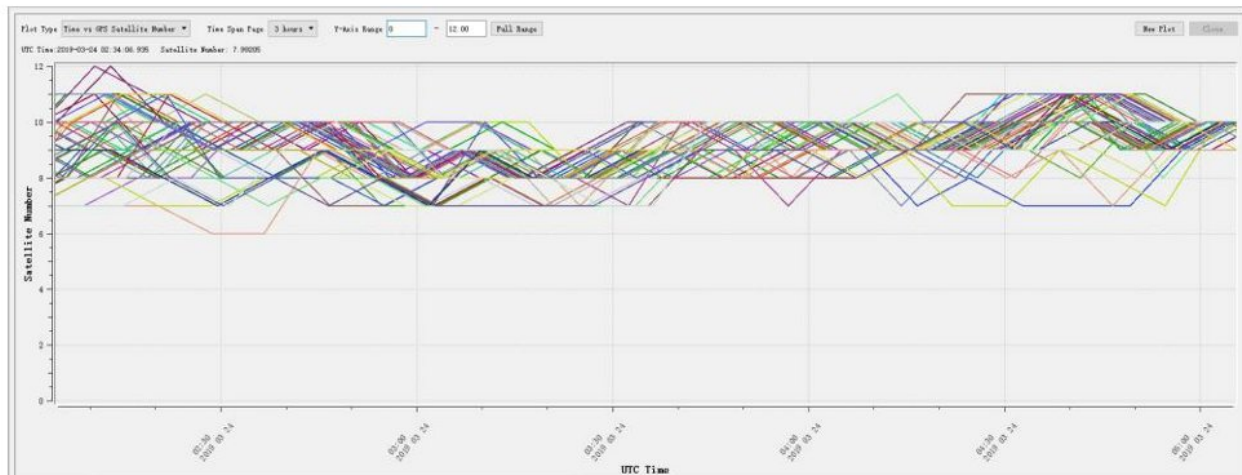
ние SmartSolo автоматически проверяет, сообщает размер пакета загрузки и период времени передачи информации от каждого узла; сообщает, потерял ли узел данные; сообщает скорость прохождения ежедневного теста; сообщает об аномальных блоках.

После того как данные извлечены и загружены, включаются результаты самопроверки и уровень шума, количество спутников GPS, отношение сигнал / помеха, дрейф времени GPS, температуру окружающей среды, напряжение батареи, оставшееся пространство для хранения информации. Все это получается в формате журнала данных. Он может быть просмотрен, подсчитан и экспортирован в программное обеспечение SmartSolo.

Время GPS является важной частью процесса контроля качества узлового

▼ Рис. 4. Визуализация контроля качества загрузки данных.





▲ Рис. 5. Интерфейс контроля количества спутников.

оборудования. Для того чтобы сгенерировать файл сбора окончательного объема информации, все данные должны быть синхронизированы с GPS-временем. Поэтому точность GPS-времени чрезвычайно важна для временной согласованности конечных данных. В настоящее время, как правило, в проектах сбора сейсмических данных общий интервал выборки составляет 1 мс или 2 мс. Временной дрейф SmartSolo находится в пределах $\pm 10\mu\text{s}$, когда сигнал GPS хорош. Интерфейс QC временного дрейфа показан на Рис. 5.

В программном обеспечении DTCC возможно просмотреть результаты самотестирования узла, включая резистор геофона, чувствительность, демпфирование, собственную частоту и уровень

шума во время самотестирования, и результаты могут быть использованы для контроля рабочего состояния узла.

Результат проверки прибора показан на Рис. 6.

Помимо записи времени, GPS в узлом оборудовании также записывает информацию о местоположении узла. После загрузки данных координатная информация, записанная узлом, может быть вычислена, а затем сопоставлена с измеренной координатной информацией точки приемника. Результат сравнения может быть использован для контроля качества развертывания на местах. Развернутые точки с чрезмерным отклонением необходимо измерить еще раз. Как показано на Рис. 7.

▼ Рис. 6. Интерфейс результатов самопроверки геофона.

SmartSolo SoloTester V1.0.2699															
Sample Rate: 1ms, Gain: 12dB, Low Cut: Disable, Linear Sensor Properties: Frequency=31.25Hz Sensor Impedance: Frequency=12Hz															
Pass:6597 Fail:0															
Test Result SN	Device Type	Firmware	EIN (uV)	DC (uV)	DynamicRange THD (dB)	CMRR (dB)	Gain Accuracy	S.Resistance	S.Sensitivity	S.Damping	Noise(mV)	N.Freq (Hz)	Sensor_THD	Sensor_Impedance Temperature Test Time	
Pass	400000152	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.32	0.01	122.81	-117.58	0.2635	1788.84	79.76	0.698	0.4135	10.05	0.013	6754.42 15 2019-11-08 15:52:49	
Pass	400000189	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.35	-0.08	122.03	-118.3	0.2164	1770.04	79.37	0.682	0.3085	10.16	0.019	6751.82 13 2019-11-08 18:40:14	
Pass	400000200	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	0.02	122.54	-120.21	0.1904	1767.89	79.61	0.691	0.5628	10.03	0.006	6792 15 2019-11-08 16:37:50	
Pass	400000202	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	0	122.54	-122.03	0.1326	1818.15	79.76	0.688	0.3647	10.07	0.016	6770.12 15 2019-11-08 16:07:07	
Pass	400000219	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	-0.02	122.54	-123.52	0.1654	1767.21	79.1	0.683	1.7624	10.11	0.007	6783.41 13 2019-11-08 19:32:15	
Pass	400000221	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.31	-0.01	122.54	-129.91	0.1254	1818.72	79.73	0.683	0.2443	10.07	0.019	6798.59 12 2019-11-08 18:58:18	
Pass	400000222	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	0.1	122.54	-117.36	0.1537	1772.43	79.76	0.684	3.5309	10.2	0.008	6800.38 14 2019-11-08 13:04:00	
Pass	400000264	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	-0.03	122.54	-121.95	0.1552	1766.81	79.76	0.682	0.3895	10.11	0.011	6717.07 12.5 2019-11-08 17:19:09	
Pass	400000270	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	0.16	122.54	-125.21	0.1176	1807.32	79.53	0.685	0.3833	10.01	0.014	6858.15 15 2019-11-08 16:15:03	
Pass	400000277	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	0.01	122.54	-121.84	0.12153	0.1964	1765.15	79.01	0.675	0.2218	10.01	0.014	6843.56 14.5 2019-11-08 13:07:07
Pass	400000279	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	0.03	122.54	-121.42	0.11739	0.2971	1802.42	79.72	0.683	0.6699	10.11	0.014	6760.96 11.5 2019-11-08 10:28:07
Pass	400000291	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.31	0.01	122.54	-125.7	0.12157	0.256	1817.99	79.23	0.679	0.2667	10.02	0.013	6736.41 13 2019-11-08 17:38:36
Pass	400000298	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	-0.09	122.54	-118.14	0.12209	0.1959	1820.19	79.65	0.681	0.204	10.05	0.011	6844.32 15 2019-11-08 17:07:11
Pass	400000353	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.32	-0.01	122.81	-119.15	0.12074	0.0993	1768.83	81.15	0.687	0.2611	10.02	0.012	6767.29 13 2019-11-08 19:32:16
Pass	400000354	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	-0.04	122.54	-120.42	0.12124	0.1608	1773.53	79.41	0.679	0.4332	10.12	0.008	6808.05 15.5 2019-11-08 16:41:28
Pass	400000376	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.32	0.03	122.81	-121.68	0.12018	0.2446	1774.28	79.45	0.688	0.6248	9.95	0.014	6818.82 10.5 2019-11-08 19:46:03
Pass	400000383	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.32	-0.03	122.81	-124.69	0.12148	0.2886	1770.77	80	0.689	0.3125	10.15	0.022	6691.29 11 2019-11-08 19:54:00
Pass	400000383	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.34	0.01	122.28	-118.94	0.12171	0.1431	1788.95	79.26	0.702	0.283	10.05	0.015	6770.65 13.5 2019-11-08 17:38:29
Pass	400000388	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	0.02	122.54	-124.4	0.11973	0.158	1788.83	79.29	0.687	0.2953	10.11	0.016	6785.81 14.5 2019-11-08 15:08:06
Pass	400000390	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	-0.09	122.54	-122.44	0.12045	0.1913	1772.19	79.25	0.685	0.2766	10.12	0.008	6801.68 14 2019-11-08 17:22:29
Pass	400000396	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.32	0.05	122.81	-121.66	0.12003	0.0788	1766.23	79.32	0.677	0.2439	10.14	0.021	6730.43 8.5 2019-11-08 20:34:20
Pass	400000409	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	-0.01	122.54	-124.58	0.12157	0.2016	1765.15	80.21	0.689	0.2141	10.06	0.013	6764.58 10 2019-11-08 20:31:30
Pass	400000420	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	0.08	122.54	-118.33	0.12117	0.1931	1773.42	79.5	0.678	0.8282	10.02	0.019	6812.87 13.5 2019-11-08 13:22:58
Pass	400000424	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	0.03	122.54	-125.43	0.12106	0.1115	1777.82	79.83	0.684	0.0917	10.13	0.021	6745.58 14.5 2019-11-08 14:57:05
Pass	400000426	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.33	0.02	122.54	-122.46	0.12172	0.1354	1767.94	79.65	0.686	0.5803	10.05	0.008	6723.9 13 2019-11-08 20:03:11
Pass	400000438	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.34	-0.07	122.28	-124.49	0.12024	0.1302	1772.06	79.58	0.68	0.1462	9.98	0.02	6744.66 14 2019-11-08 14:31:14
Pass	400000440	IGU-16HR 10V V1.0.9.6bp	0.31	0.05	123.08	-126.77	0.12222	0.1901	1766.88	79.85	0.694	0.4099	10.07	0.013	6767.64 14.5 2019-11-08 17:05:19



▲ Рис. 7. Полевое развертывание станции.

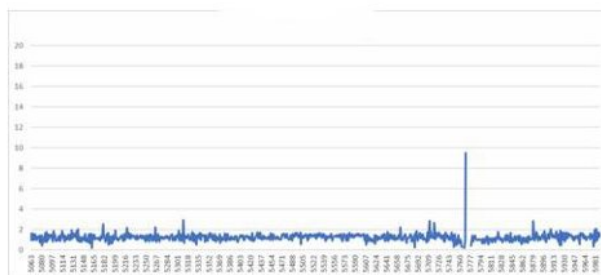
Проблемы и их решение в процессе контроля качества оборудования SmartSolo.

Узел SmartSolo был создан как нодальное сейсмическое оборудование, которое является простым, надежным, подходящим для большого количества каналов и проектов разведки высокой плотности, без учета функции передачи данных QC в реальном времени.

На практике мы действительно можем обнаружить, что во время развертывания строгое определение состояния светодиодного освещения является идеальным методом контроля качества для обеспечения того, чтобы все узлы были включены, работали в нормальном состоянии и развернуты на проектом месте до начала сбора данных. После того как данные будут получены, QC состояния GPS, дрейфа времени GPS и ошибки между фактической развернутой точкой и точкой измерения может позволить нам собрать все необходимые данные.

При текущем использовании узлового оборудования, которое не может удаленно осуществлять контроль качества в режиме реального времени, эффективная скорость восстановления данных и

IGU Serial#	IGU#	Instr	Begin_Tim	End_Time	Total Hour	Gps_Latit	Gps_Long	Gps_Data	Fit_Line	Fit_Point	账号合并	Fit_Distance	Valid GPS	Total GPS Data
400018986	1	43576.37	43586.26	237.59	41.79229	83.35092	Retrieved	3612	5103	36125103	0.85	1631	1733	
400021359	1	43576.37	43586.26	237.59	41.79247	83.35093	Retrieved	3612	5104	36125104	0.89	1642	1733	
400027574	1	43576.36	43586.26	237.58	41.79285	83.35094	Retrieved	3612	5105	36125105	0.72	1654	1733	
400046447	1	43576.36	43586.27	237.62	41.79383	83.35094	Retrieved	3612	5106	36125106	0.74	1652	1733	
400015998	1	43576.36	43586.26	237.49	41.79201	83.35095	Retrieved	3612	5107	36125107	0.93	1648	1732	
400023517	1	43576.36	43586.26	237.63	41.79219	83.35095	Retrieved	3612	5108	36125108	0.63	1648	1733	
400020199	1	43576.36	43586.26	237.63	41.79237	83.35096	Retrieved	3612	5109	36125109	0.51	1632	1733	
400021811	1	43576.36	43586.26	237.52	41.79256	83.35097	Retrieved	3612	5110	36125110	0.98	1645	1733	
400044037	1	43576.36	43586.26	237.56	41.79273	83.35098	Retrieved	3612	5111	36125111	0.89	1645	1733	
400031452	1	43576.36	43586.26	237.69	41.79292	83.35098	Retrieved	3612	5112	36125112	1.31	1594	1734	
400011800	1	43576.36	43586.26	237.56	41.79309	83.35099	Retrieved	3612	5113	36125113	0.97	1643	1733	
400006875	1	43576.36	43586.26	237.60	41.79327	83.351	Retrieved	3612	5114	36125114	0.95	1638	1733	
400031968	1	43576.36	43586.26	237.6	41.79345	83.35101	Retrieved	3612	5115	36125115	0.77	1639	1733	
400028174	1	43576.36	43586.26	237.62	41.79363	83.35102	Retrieved	3612	5116	36125116	1.72	1617	1733	
400006815	1	43576.36	43586.25	237.51	41.79381	83.35103	Retrieved	3612	5117	36125117	0.86	1630	1732	
400029629	1	43576.36	43586.26	237.63	41.79399	83.35104	Retrieved	3612	5118	36125118	1.59	1609	1733	
400017045	1	43576.36	43586.26	237.67	41.79417	83.35103	Retrieved	3612	5119	36125119	0.95	1621	1734	
400018584	1	43576.36	43586.25	237.54	41.79435	83.35104	Retrieved	3612	5120	36125120	1.06	1624	1733	
400011723	1	43576.35	43586.25	237.54	41.79454	83.35104	Retrieved	3612	5121	36125121	1.12	1628	1733	
400018145	1	43576.35	43586.25	237.57	41.79471	83.35104	Retrieved	3612	5122	36125122	0.63	1628	1733	



совершенство контроля качества могут быть улучшены с помощью следующих аспектов.

(1) Улучшение управления производством

Во время производства, организовав разброс патрульных экипажей, необходимо проверить работоспособность всех узлов, своевременно обнаружить неполадки, произвести замену. Рассчитывая продолжительность рабочего цикла, необходимо верно оценивать заряд батареи. На сложной местности, чтобы проверить работу GPS в этой области, необходимо провести комплекс замеров количества спутников в разное время суток на разных участках площади. Все это позволит избежать потерь данных, вызванных отсутствием узлов, сбоям блокировки GPS, разрядом батареи и так далее.

(2) Контроль за сканированием QR-кода

Сканирование узла SmartSolo является важным шагом для обеспечения того, чтобы все узлы были развернуты на месте, самотестирование параметров геофона и прибора проходило непосредственно перед сбором информации.

(3) Повышение надежности оборудования

Надежность оборудования является важным фактором обеспечения безопасности и точности в процессе сбора данных. Этот фактор не может быть проконтролирован QC сразу. Но работоспособности всех нодов системы SmartSolo не потребует много времени. Запас по количеству оборудования позволит исключить все неработоспособное оборудование в пределах одного-двух циклов сбора обслуживания нодов для сбора информации и зарядки батарей.

Заключение

Контроль качества является важным шагом для обеспечения качества конечных данных. Полный метод контроля качества может эффективно улучшить восстановление данных, улучшить качество данных и результативность работы. Узловое оборудование, как вид сейсморазведочного оборудования, все более и более широко используется, все более остро нуждается в совершенствовании своего контроля качества. В этой статье рассматривается порядок развертывания QC для обеспечения состояния узлов перед производством; в процессе производства и во время сбора зарегистрированных данных. Эти три составляющие QC могут эффективно контролировать состояние оборудования в процессе производства и улучшать скорость сбора данных.

SmartSolo прост и удобен в процессе контроля качества, этот процесс прозрачен, алгоритмизирован, и все результаты QC предоставляются заказчику.

Развитие технологий поиска требует все больших и больших систем наблюдения. Сейсморазведка перешла от обычной 3D-съемки к широкополосной, широкоазимутальной и высокоплотной 3D-разведке.

Высокая надежность и эффективность системы сбора данных SmartSolo, а также ее простой, практичный и эффективный метод контроля качества позволят удовлетворить растущие потребности нефтяных компаний в увеличении размеров систем наблюдения.