

中華人民共和國工場
(重慶水泵廠)

近代化計画調査報告書

1987年7月

国際協力事業団

中華人民共和國工場

(重慶水泵廠)

近代化計画調査報告書

JICA LIBRARY



1038875[9]

1987年7月

国際協力事業団

序 文

日本国政府は、中華人民共和国の要請に基づき、同国重慶市の重慶水泵廠近代化計画策定のための調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、石川島播磨重工業(株)田矢孝也氏を団長とする調査団を編成し、1986年11月10日から同年11月30日まで中華人民共和国に派遣した。

同調査団は、中華人民共和国政府及び関係機関と協議しつつ、その協力を得て工場の診断、関係資料の収集等を行った。帰国後工場診断の結果を踏まえ、関連データの検討、解析等の国内作業を行った。

本報告書は、その成果を取りまとめたものであり、重慶水泵廠の近代化計画の推進に貢献できれば幸いである。

本調査の実施に当り多大の御協力をいただいた中華人民共和国政府、在中華人民共和国日本国大使館、外務省および通商産業省の関係各位に対し衷心より感謝の意を表するものである。

1987年7月7日

国際協力事業団

総 裁

有田 圭 輔

国際協力事業団		
受入 月日	'87. 9. 28	105
登録 No.	16731	63.4 MPI

目 次

I 序

1. 調査の背景	3
2. 調査の目的及び範囲	4
3. 調査団の構成	5

II 工場近代化計画策定方針

1. 近代化計画の目標	9
2. 近代化計画策定の理念	12
3. 近代化計画実施の基本的なプログラム	12
4. 近代化計画策定の基本方針	13

III 工場概要

1. 工場配置	17
1-1 沿革	17
1-2 配置	17
2. 製品及び生産状況	21
3. 製造設備	22
4. 組織及び人員	23
4-1 組織構成	23
4-2 業務分担	24
5. 資材調達	29
6. 販売状況	31

IV 工場の現状

1. 製造技術の現状と問題点	35
1-1 機械加工工程	35
1-1-1 工作技術	35
1-1-2 工作技術管理部門	82
1-2 組立工程	91
1-2-1 組立部門の概要	91
1-2-2 組立作業	93
1-2-3 組立作業の問題点	95
1-3 検査工程	107
1-3-1 検査部門の概要	107
1-3-2 現場検査部門	107
1-3-3 受入れ検査	118
1-3-4 鋳物の検査	120
1-3-5 運転(性能)検査工程	131
2. 生産設備の現状と問題点	149
2-1 機械加工工程	149
2-1-1 工作機械関連項目	149
2-1-2 周辺設備	162
2-2 組立工程	176
2-2-1 組立作業場の現状	176
2-2-2 組立工程設備の改善	180
2-3 検査工程	185
2-3-1 流量測定装置	185
2-3-2 電源設備	185
2-3-3 設備の問題点	189
3. 生産管理機能の現状と問題点	195
3-1 設計管理	195
3-1-1 設計管理の現状	195

3-1-2	設計管理の問題と改善点	200
3-1-3	基本設計の見直し	207
3-1-4	新技術・新製品の開発	210
3-2	調達管理	212
3-2-1	調達品の入手状況	212
3-2-2	発注方式	212
3-2-3	現状の問題点	213
3-3	在庫管理	215
3-3-1	在庫基準	215
3-3-2	保管状態	215
3-3-3	入出庫管理	216
3-4	工程管理	218
3-4-1	納期管理の状況	218
3-4-2	仕事量管理	218
3-4-3	進捗管理	219
3-5	品質管理	220
3-5-1	品質管理	220
3-5-2	計測器管理	237
3-6	製造設備管理	248
3-7	教育・訓練	253
3-7-1	現状	253
3-7-2	改善策	254

V 工場近代化計画

1.	工場近代化の視点	259
1-1	基本的課題	259
1-2	重慶水泵廠における近代化	260
1-3	生産システムと品質保証システム	261
1-4	柔軟な生産管理システムの構築	263

1-5	技術内容多様化への対応	263
1-6	設備の近代化	264
1-7	近代化に伴うバックアップシステム	265
1-7-1	安全管理	265
1-7-2	品質管理	265
1-7-3	教育・訓練システム	266
1-8	電子計算機システムの導入	267
2.	生産のストラテジー	268
2-1	多品種少量生産の意味	268
2-1-1	多品種生産と少量生産	268
2-1-2	企業経営的な立場からの多品種少量生産の要請	269
2-1-3	多品種少量生産への対応	269
2-2	多品種少量生産のストラテジー	271
2-2-1	計量ポンプ生産管理のポイント	271
2-2-2	機械加工工程と組立工程の同期化	271
2-3	生産計画のシステム	272
2-3-1	販売と生産計画	272
2-3-2	生産計画の機能	275
2-3-3	階層別生産計画機能	280
2-3-4	製造実施計画とフィードバック	282
2-4	生産の最適化	282
2-4-1	標準化と多様化	282
2-4-2	分散処理型生産管理	284
2-4-3	編集設計導入による効率的設計	284
3.	近代化計画の内容	286
3-1	販売管理システム	286
3-1-1	製品開発と商品開発	286
3-1-2	見積り・積算システム	287

3-1-3	販売価格算出手順	295
3-1-4	機種選定手順	297
3-1-5	見積の限界	299
3-2	多品種少量の生産管理システム	300
3-2-1	生産管理システム構築の視点	300
3-2-2	生産管理システムと支援ツール	306
3-2-3	製造システム	312
3-2-4	生産計画	321
3-2-5	資材所要計画	332
3-3	電子計算機導入による生産管理	336
3-3-1	生産ストラテジーと電子計算機システム	336
3-3-2	総合的電子計算機システム	338
3-3-3	電子計算機システム構築の要点	342
3-3-4	データベース	349
3-3-5	推奨電子計算機システム	365
3-3-6	システムモジュールの詳細	400
3-4	製造技術および設備の改善	490
3-4-1	工作技術の改善およびNC工作機械の導入	490
3-4-2	組立工場のライン化と設備	534
3-4-3	運転試験方法の改善と試験検査設備	548
3-4-4	運搬および倉庫設備とシステム	567
3-4-5	治工具類・その他	574
3-4-6	工場配置	576
3-5	品質保証システム	589
3-5-1	製造品質と使用品質	589
3-5-2	要求品質展開	589
3-5-3	品質特性展開	591
3-5-4	品質表と生産管理	591
3-5-5	品質表と新製品開発	594

3-6	新製品開発と製品構成	596
3-6-1	新製品開発と近代化	596
3-6-2	製品機種の整理・総合	597
3-6-3	技術情報の管理と標準化	604
3-7	安全管理	607
3-7-1	安全管理の必要性	607
3-7-2	安全管理の考え方	608
3-7-3	予防処置	611
3-7-4	安全教育と工場査察（パトロール）	615
4.	実施のスケジュール及び経費	619
4-1	スケジュール	619
4-2	近代化に要する経費	623
4-2-1	見積範囲および条件	623
4-2-2	経費見積	623
5.	近代化計画実施の留意点	633
5-1	全体の統制	633
5-2	製造の工程	633
5-2-1	機械加工工程	634
5-2-2	組立工程	638
5-2-3	検査工程	638
5-2-4	電子計算機システム	641

VI 結論と勧告

1.	工場運営の視点より	651
1-1	機械加工工程	651
1-2	組立工程	653
1-2-1	組立工程の近代化についての考え方と結論	653

1-2-2 勸告	653
1-3 検査工程	654
1-3-1 検査工程の近代化についての考え方と結論	654
1-3-2 勸告	654
1-4 生産管理部門	655
2. 工場全体の観点より	656
2-1 戦略的思考について	656
2-1-1 戦略的経営の確立	656
2-1-2 実現可能システムの構築	657
2-1-3 プロジェクトチームの編成	658
2-1-4 報告書の位置づけについて	659
2-2 商品構成と市場戦略	661
3. 結言	663

I 序

I 序

1. 調査の背景

中華人民共和国は、1979年以来「調整・改革・整頓・向上」の方針のもとに経済調整を進めているが、86年に入り第7次5ヶ年計画を開始し、中国的特色を持つ新しい型の社会主義経済体制の確立のため企業の活性化に取り組んでいる。

かかる経済事情の下、同国政府は西暦2000年までに工業生産を現在の4倍に拡大することを目指しており、計画達成の一環として既存工場の改造を強力に推進している。

中国のポンプ工場は沈陽、上海、石家荘、大連、重慶、長砂、武漢など大規模工場が約50あり、石化通用機械工業局が所管している。また、農業用ポンプについては農業機械工業局が所管しており、その他、地方レベルで所管する中小の工場は多数ある。

中国に於ける計量ポンプは1966年頃から国産されるようになり、資料によると全国に散在する農業用ポンプ工場や化学工業用ポンプ工場で付属的に製作されているが、その生産量は僅かなものと推定される。

中国製計量ポンプは、技術水準が低く、性能、信頼性ともに劣っており、現状では重要プロセスに使用されるものは外国から輸入されるケースが多い。

ここにいう計量ポンプとは、シリンダ中をピストンまたはプランジャーが往復運動をなし、液体を吸入吐出して送液を行ういわゆる往復運動式のポンプで、吐出量が正確にコントロールできるものをいい、つぎのようにいろいろな名称がある。

計量ポンプ、定量ポンプ、比例ポンプ、制御容量ポンプなどである。計量ポンプの必要条件はつぎの3点である。

- ① 吐出量の精度が良いこと。
- ② 高圧注入が可能であること。
- ③ 吐出量が容易に調節できること。

化学工業などのプロセスの自動化、連続化を画るために、以上の条件を備えた計量ポンプが特に重要な要素の一つとなる。現在では、計量ポンプはあらゆる産業で使用されるようになり応用範囲は極めて広い。用途は主に石油、化学工業、電力、冶金、食品、医療、環境保護関係などで、他に科学研究部門にも用いられている。

一般的には、電動機の回転を減速するギヤーボックス、回転運動を往復動に変換するクランク機構及び流量調節機構を備え、送液機構である接液部の構造及び材質は多種多様で、

使用条件に応じて選定される。流量調節を他の計器と連動して、遠隔操作や自動制御することもあり、この場合ポンプにサーボ機構などの自動調節機構が取り付けられることとなるため、構造は更に複雑になる。

遠心式ポンプやギヤーポンプに比較して構成する部品点数が多く、機種や材質など種類が多いため、ポンプの製作に当たっては、受注生産方式で且つ多品種少量生産方式とならざるを得ない。設計・エンジニアリングと共に製作技術においても必然的に高い技術力と共に、苛酷な使用条件に耐え得る高信頼性、高性能が要求される。

中国の計量ポンプ製造技術はまだかなり立ち遅れており、今後ますます増大する需要に応じて、技術レベルの向上と品質の改善に取り組む必要がある。計量ポンプは構成する一つ一つの部品に技術的にむづかしい要素を多く含んでおり、素材についても優れた品質を必要とするなど、ポンプ工場のみでの努力で解決のむづかしい技術的問題を数多く抱えている。

こういった状況を背景として、国家経済委員会、機械工業部、重慶市経済委員会は、計量ポンプ専門工場の近代化計画推進を支援している。

重慶水泵廠は第7期5ヶ年計画の期間において、すなわち1986年～1990年の5ヶ年間に、計量ポンプの生産台数を年産1200台を約3倍増の3600台に増強すること、製品の品質向上を重点におき1980年代初期の国際水準にまで引き上げることなどを目標としている。工場管理体制を改革すると共に、工場設備の合理化ならびに増強により近代化計画の実現を目指すとしている。

本調査は、上述の方針を具体化するために、日本政府が中華人民共和国政府の提案に基づいて、1986年8月22日日本国国際協力事業団と中華人民共和国国家経済委員会との間で締結された“中華人民共和国工場（重慶水泵廠）近代化計画実施細則”に従って実施されるものである。

2. 調査の目的および範囲

本調査は中華人民共和国重慶水泵廠の主要製品である計量ポンプを対象として、現状について調査し、その調査結果を基に重慶水泵廠近代化計画を策定することを目的とする。

重慶水泵廠は計量ポンプを中心に多段遠心ポンプ、電動往復動ポンプなどの製作を専業とするポンプ工場であり、独自の製品を開発し、設計、製造、販売まで一貫生産体制をとる多品種少量生産工場の典型の一つである。中でも主力製品である計量ポンプは石油、化学、電力、冶金、食品、製薬産業などあらゆる産業で使用されている。その需要は年々拡

大して来ており、供給が追いつけない状況にある。また需要の高度化、多様化傾向は一段と進むことが予想され、“多品種少量生産”の傾向はますます強くなるものと考えられる。

こういった状況を背景として、計量ポンプを主力製品とする重慶水泵廠が、計画経済の重要な位置付けとして今後の発展が期待されている。とりわけ国家計画の指針に沿った製作技術の向上、品質の向上は最大の課題となる。

調査団は中国専門家の協力を得て重慶水泵廠に対し工場診断を実施した。現地調査は、工場概要調査、生産工程調査、生産管理調査を行い、その結果に基づき既存設備の活用に重点を置いた生産管理と製造技術に関する現実的かつ実現性の高い近代化計画を策定するものであり、近代化に要する経費、実施スケジュールなどを含む近代化計画報告書を作成するものである。

3. 調査団の構成

調査団の構成は次に示すものである。

<u>氏名</u>	<u>所 属</u>	<u>担 当</u>
田矢孝也	石川島播磨重工業(株)	団長・総括
赤尾泰雄	石川島播磨重工業(株)	組立工程、生産管理（設計、調達）
丸山節雄	石川島播磨重工業(株)	機械加工工程、生産管理（在庫、工程）
川村久栄	石川島播磨重工業(株)	検査工程、品質管理

Ⅱ 工場近代化計画策定方針

Ⅱ 工場近代化計画策定方針

1. 近代化計画の目標

下記の基本目標の実現を目指し、近代化計画を策定するものとする。

- ① 1990年までに総生産台数を3倍（5000台/年）とする。そのうち計量ポンプの生産台数を年産1,200台を約3倍増の3,600台とする。
- ② 製品の品質向上を重点におき、目標としては1990年までに1980年代初期の国際レベルに到達することを目指す。

重慶水泵廠が近代化計画達成時、目標としている計量ポンプの生産台数の内訳は表Ⅱ-1-1、Ⅱ-1-2、Ⅱ-1-3、Ⅱ-1-4に示す。

表II-1-1 計量ポンプの型式と製作台数

ポンプ型式			ストローク長 (mm)	フランジ 直径 (mm)		往復数 (回/分)	吐出圧力 (kgf/cm ²)	吐出量 (ℓ/Hr)	年間製作 台 数	
			最大	最小	最大	最 高	最 高	最大	1986年	1990年
1	マノ型	ZJ ₁	10	3.5	18	56	200	8	60	40
		MJ ₁	10	7	18	56	40	8	10	10
2	小 型	ZJ ₂	26	10	38	81	160	125	170	120
		MJ ₂	26	10	38	81	40	125	100	80
3	中 型	ZJ ₃	50	12	85	130	500	2,000	420	250
		MJ ₃	50	18	68	130	100	1,250	80	100
4	大 型	ZJ ₄	70	16	140	135	600	15,000	75	100
		MJ ₄	70	25	85	135	100	3,000	35	50
5	JW型	JW	12.5	3.2	20	58.3	500	10	-	70
		JWM	12.5	5	20	58.3	160	10	-	30
6	JX型	JX	20	4	32	104.4	500	80	75	300
		JXM	20	5	32	104.4	160	80	15	150
7	JZ型	JZ	32	8	80	126	500	1,000	100	700
		JZM	32	13	80	126	160	1,000	20	400
8	JD型	JD	50	13	100	115	500	2,500	18	200
		JDM	50	20	100	115	63	2,500	1	150
9	JT型	JT	80	16	125	118.7	500	6,300	-	100
		JTM	80	25	80	118.7	160	2,500	-	50
10	J2型	J2	20	4	32	104.4	500	80	10	300
		J2M	20	6.5	32	104.4	63	80	15	200
11	J6型	J6	90	32	220	170	500	30,000	6	150
		J6M	90	70	220	170	160	15,000	-	50
合計								1,210	3,600	

備考：ポンプ型式に記号Mを含むものは接液部型式がダイヤフラム型であることを示す。

表Ⅱ-1-2 計量ポンプの接液部型式別製作台数

接液部型式	月平均製作台数	
	現 在	将来 (1990年)
プランジャー式	80 (台)	195 (台)
ダイヤフラム式	20	105
合 計	100	300

表Ⅱ-1-3 計量ポンプの使用条件別製作台数

吐出圧力 (kg/cm ²)	月平均製作台数	
	現 在	将来 (1990年)
～ 15	21 (台)	45 (台)
16 ～ 50	60	135
51 ～ 100	8	45
101 ～ 250	6	45
250 以上	5	30

表Ⅱ-1-4 計量ポンプの接液部材質による分類と製作台数

接 液 部 材 質	月平均製作台数	
	現 在	将 来
HT20-40 (ねずみ鋳鉄品)	-	10
25CrMnSi (低合金鋳鋼品)	-	20
2Cr13 (JIS-SUS420J2相当)	7	30
1Cr18Ni9Ti (JIS-SUS304相当)	79	170
1Cr18Ni12Mo2Ti (JIS-SUS306相当)	11	40
PVC (塩化ビニール)	1	15
3Yc-21 (Hastelloy D 相当)	2	15

2. 工場近代化計画策定の理念

重慶水泵廠の工場近代化計画は、中華人民共和國および重慶水泵廠にとって技術的、経済的に実行可能な方案を提示するものである。すなわち既存設備の利用に重点をおいた生産管理と生産技術に関する現実的かつ実現の可能性の高い近代化計画を策定することを基本的な理念とする。

3. 近代化計画実施の基本的なプログラム

一般的に工場近代化計画は、工場自身および工場をとりまく諸状況すなわち一般経済状況、製品の需要、新技術の動向、労働力、資金状況、工場立地条件などを勘案し工場近代化総合工程に従って逐次実施されるべきものである。本報告書には実施時期を明確にした近代化実施工程は調査対象外であるため含まれないが、工場近代化計画実施プログラムの概要について技術的な観点より下記の通り想定する。

工場近代化は次の三つの段階によって推進されるものとし、本報告書作成のベースとすることとする。

第一期：現有設備の効率的運用と現在の諸管理機能の見直しと、製造技術レベルの向上、生産量の拡大を図る期間とする。また、併せて品質の向上を目指す。具体的実施内容として、工場のレイアウト、設備の配置を改善し、物の流れや保管方法を改善する。マシニングセンター、運転検査設備を導入する。

情報、帳票類の管理システムの改善、販売管理データの整備拡充を推進する。EDPシステムの導入を図る。

更に、工場近代計画にもとづきNCマシン、EDPなどの関連技術者の養成、教育、訓練を実施する。

第二期：第一期に引きつづき、生産体制および品質管理体制の改革を進める。生産量の拡大と新製品新機種を導入を推進する。EDPシステム及び周辺プログラムの開発を行う。検査データのパソコン処理を実施する。

第三期：生産管理システムのEDP化および稼働を推進する。

EDPシステムの充実、フィードバック・システムの整備、端末器具、周辺機器の整備を行う。総合EDPシステムの確立を目指す。

4. 工場近代化計画策定の基本方針

近代化計画は実施細則によって作成されるものである。すなわち、重慶水泵廠を対象とし、対象製品は計量ポンプである。また調査は工場概要調査、生産工程調査、生産管理調査とし、これらについての実地調査の結果にもとづき重慶水泵廠の工場近代化計画報告書を作成するものである。本工場近代化計画の策定に対する基本方針は下記の通りである。

(1) 本章1. “工場近代化計画の目標”を達成し得る工場とするための近代化計画を策定すること。

(2) 対象製品、対象生産工程、対象生産管理機能は実施細則の定めるものとする。

以上の基本方針にもとづき、実地調査の結果より近代化計画立案に対する考え方は次の通りとする。

- ① 生産能力の増強並びに需要の高度化、多様化に対応し得る生産体制の確立を目指す。
- ② 品質および生産技術水準の向上、および多品種少量生産における効率的生産管理システムの確立を目標とする。
- ③ 既存設備の効率的運用を図る。
- ④ 技術者、技能者のレベルアップによる品質向上を図る。

Ⅲ 工場概要

Ⅲ 工場概要

1. 工場配置

1-1 沿革

重慶水泵廠は1951年（昭和26年）に設立され、当時は消火器を製造していたが、1955年にポンプの製作を開始し、1957年に正式に重慶水泵廠として発足、それ以来専門のポンプ工場として運営されてきた。1960年代前半は主として遠心ポンプを製作していたが、1964年國家の要請により往復動ポンプを主に製作するようになった。1966年計量ポンプの生産を開始、その後計量ポンプを中心に発展し、現在では主力製品である計量ポンプの他に電動往復動ポンプ、船用往復動ポンプ、油田用多段遠心ポンプ等を製作している。

従業員は 1,308人、工場の総面積は78,856㎡、建屋面積は53,801㎡、生産現場面積20,612㎡である。加工設備は工場全体で 250台、そのうち工作機械は 184台である。

工場は重慶市に直屬する國營企業であり、石化通用機械工業局の管理下にある。

工場は主として5職場に分けられ、機械第1工場、機械第2工場、組立工場、運転検査場、鍛造溶接工場があり、その他補助施設として、治工具工場、機械修理工場、熱処理及メッキ工場等がある。即ち鑄造を除く殆どの生産設備がととのっている多品種少量生産型の中規模程度の工場といえる。

計量ポンプを主力製品とする工場は中国には殆ど無く、この重慶水泵廠が中国唯一の専門工場として、今後の発展が期待されている。

1-2 配置

(1) 所在地：重慶市沙坪壩区小龍坎正街 346号

(2) 敷地面積：78,856㎡

(3) 建家総面積：53,801㎡

生産部門別占有面積を表Ⅲ-1-1、および製品別占有面積を表Ⅲ-1-2に示す。

(4) 工場配置：工場配置の概要を図Ⅲ-1-1に示す。

表Ⅲ-1-1 生産部門別占有面積

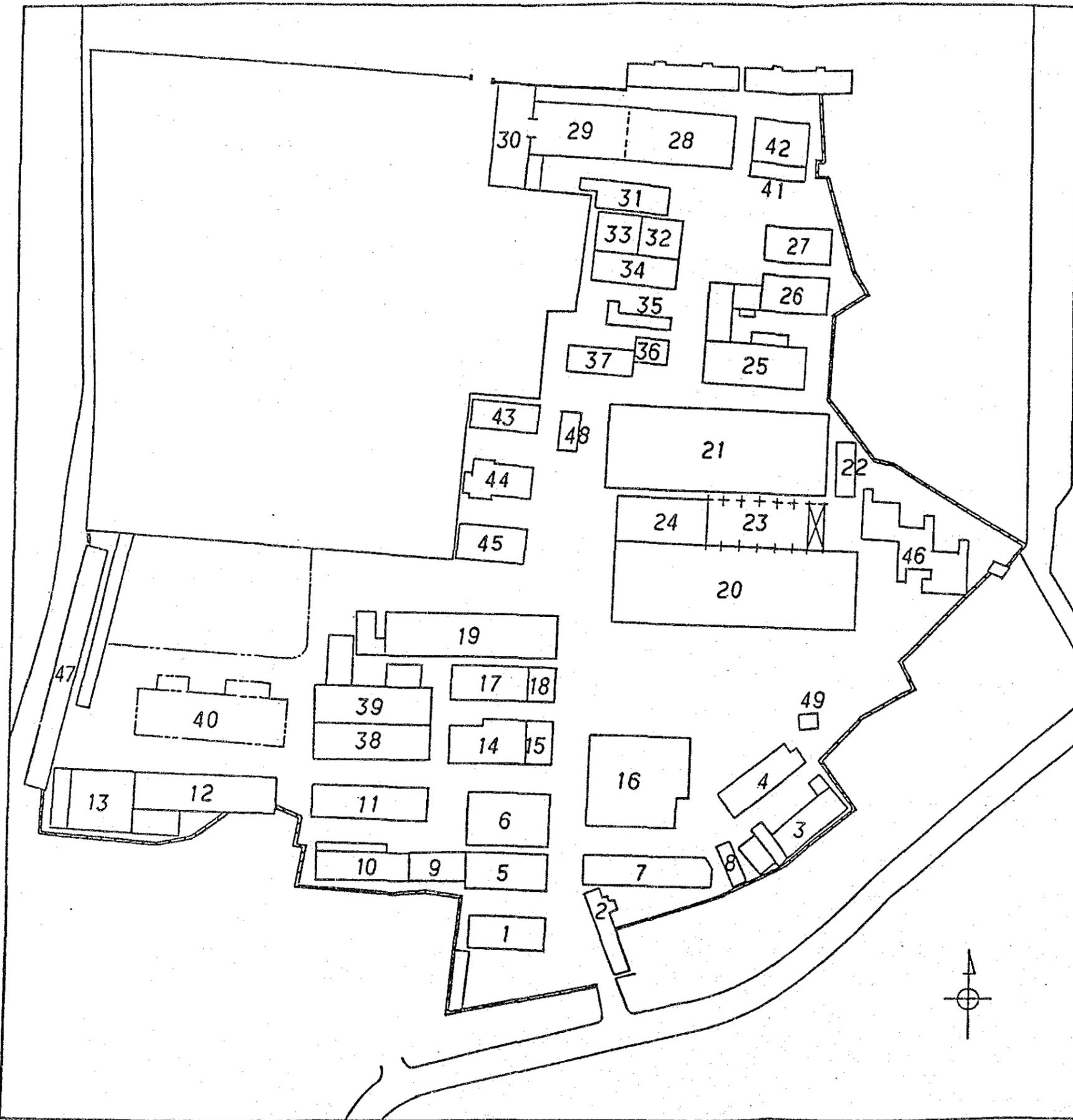
単位：㎡

項 目	建 屋		屋外作業場	合 計
	事務所・倉庫等	工 場		
技術・設計部門	439	—	—	439
生産管理部門	1,418	356	—	1,774
鍛造・溶接部門	220	1,495	—	1,715
材料及び部品管理部門	3,789	—	762	4,551
機械加工部門	1,184	6,495	—	7,679
組立部門	140	1,859	—	1,999
試験・検査部門	602	1,436	—	2,038
合計（工場全体）	7,792	11,641	762	20,195

表Ⅲ-1-2 製品別占有面積

単位：㎡

項 目	事務所 倉庫等	組立工場	試 験 検査等	合計
計量ポンプ	5,739	1,499	220	7,458
船用往復動ポンプ	130	34	—	168
電動往復動ポンプ	578	150	20	748
薬液注入装置	214	56	—	270
油田用多段遠心ポンプ	995	260	3	1,258



建屋番号	建屋名称	備 考	建屋番号	建屋名称	備 考
1	事務所		29	組立工場	
2	事務所		30	塗装工場	
3	工芸課		31	木工室	
4	測定工具検定室		32	予備品梱包室	
5	部品倉庫		33	梱包室	
6	部品倉庫		34	選心ポンプ部品倉庫	
7	施設関係倉庫		35	電気室	
8	倉庫		36	電気室	
9	標準品倉庫		37	自家発電室	
10	汎用規格品倉庫		38	実験室	
11	開発品試作工場		39	ステンレス精物工場	改築中
12	部品倉庫		40	(鍛造溶接工場)	改築中
13	鋼材倉庫	丸棒切断	41	油倉庫	
14	治工具倉庫		42	池	
15	区画管理室		43	宿舍	
16	部品加工場		44	宿舍	
17	技能教育実習工場		45	宿舍	
18	外注品検査場		46	宿舍	
19	機械修理工場		47	宿舍	
20	機械第1工場		48	便所	
21	機械第2工場		49	便所	
22	機械事務室				
23	精物素材貯蔵場				
24	購入品倉庫	モータ類			
25	治工具工場				
26	メッキ工場				
27	熱処理工場				
28	ポンプ運転検査場				

図Ⅲ-1-1

重慶水泵廠
工場平面図

2. 製品および生産状況

重慶水泵廠は多品種少量生産工場の典型の一つであり、独自の製品を開発し、設計、製造、販売まで一貫生産体制をとっている。主力製品である計量ポンプをはじめ多段遠心ポンプ、電動往復動ポンプ等を製作しており、その製作台数と従業員数の推移を表Ⅲ-2-1に示す。

計量ポンプの使用条件を吐出圧力で分類し、月平均製作台数を表Ⅱ-1-3に示す。中圧から高圧のものが比較的多く、とくに将来の予測製造台数も高圧のものが比較的多いのが特徴である。

計量ポンプの接液部型式を大別してプランジャー式とダイヤフラム式とがあるが、その型式別に分類し、月平均製作台数を表Ⅱ-1-2に示す。ダイヤフラム式の製造台数の割合が将来増加の傾向にあることを示している。ダイヤフラム式は送液の漏洩が無いという特長があるため、今後ますます需要の増大が予測される。

計量ポンプの接液部材質による分類と製作台数は表Ⅱ-1-4の通りである。耐腐蝕性材質のポンプが多いことを示している。

現在製作されている計量ポンプの型式を最大ストローク長（mm）を基準に分類し、その主な仕様範囲と製作台数について表Ⅱ-1-1に示す。JX型とJ₂型は共に最大ストローク長20mmであり、ZJ₃型とJD型とは共に最大ストローク長50mmである。仕様範囲に於いても2組の型式は各々共通しており、これらの機種種の調整や選定基準についての検討が必要と考える。

表Ⅲ-2-1 製造台数と従業員数の推移

	1983年	1984年	1985年	1986年（予定）
総生産高	717(万元)	874	1,086.7	1,250
計量ポンプ	620(台)	1,057	1,114	1,185
多段遠心ポンプ	389	269	193	200
電動往復動ポンプ	132	165	188	110
薬液注入装置	-	-	2	1
その他	12	16	25	44
生産台数合計	1,153(台)	1,507	1,520	1,540
予備部品関係	34(ト)	23	20.7	24
従業員数	1,298(人)	1,328	1,320	1,308

3. 製造設備

主要設備を表Ⅲ-3-1に示す。また運搬車輛については表Ⅲ-3-2に示す通りである。

表Ⅲ-3-1 主要生産設備

設置名称		数量	最大加工能力 (mm)	合計
旋 盤	立 旋 盤	4	φ2500	106
	タレット旋盤	1	φ65	
	二番取旋盤	2	φ290	
	普通旋盤	99	φ1250×5000	
ボ ール盤	直 立 ボ ー ル 盤	5	φ40	13
	ラジアル・ボール盤	8	φ80	
平 削 盤	形 削 盤	5	650	7
	門 型 平 削 盤	1	1,250×4,000	
	壁 削 り 盤	1	500	
中 列盤	ジグ 中 グリ 盤	1	800	5
	横 中 グリ 盤	4	900	
フ ライ ス 盤	プ ラ ノ ミ ラ ー	2	1,250×4,000	18
	壁 フ ラ イ ス 盤	6	425×2,000	
	万 能 フ ラ イ ス 盤	7	400×1,600	
	工 具 フ ラ イ ス 盤	2	320×750	
	倣 い フ ラ イ ス 盤	1	320×1,250	
	ブ ロ ー チ 盤	1	20T×1,600	1
歯 車 工 機 作 械	歯 車 ホ ブ 盤	4	φ800×M8	8
	歯車シエービング盤	2	φ360×M8	
	歯 車 研 削 盤	1	φ320×M6	
	スプライン・フライス盤	1	φ80×600	
研 削 盤	円 筒 研 削 盤	13	φ315×1,500	26
	内 面 研 削 盤	4	φ500×450	
	平 面 研 削 盤	3	320×1,000	
	専 用 研 削 盤	6	580×1,600	
	金 切 り 鋸 盤	4	φ220	4
鍛 造 設 備	機 械 ハ ン マ	2	560kg	6
	パンチ・プレス	2	80T	
	剪 断 機	2	6×2,500	
天井走行クレーン		9	10T	9
熱 処 理 設 備		7	100kW	7
合計 (工場全体)		211 (其の内工作機械は 188台)		

表Ⅲ-3-2 運搬車輛

工場外の運輸	4.5 トン トラック	4 台
	5 トン トラック	2 台
	1.5 トン トラック	2 台
	0.5 トン 3輪トラック	1 台
工場内の運輸	1.5 トン 蓄電池運搬車	3 台
	2 トン フォークリフト	1 台
	手押し車	若干

工場の電力設備及び電力供給状況は次の通り。

- (1) 工場の中央変電所の入力電圧 10 k V
- | | | | |
|-----|---------|--------------------------|-----|
| 変圧器 | 生活電力供給用 | 1,000 k V A - 10/0.4 k V | 1 台 |
| | 生産及び試験用 | 3,200 k V A - 10/6.3 k V | 1 台 |
| 発電機 | 180 kW | | 1 台 |
| | 75 kW | | 1 台 |
- (2) 年間消費電力 (平均) 156万 k W H
 月平均消費電力 13万 k W H

4. 組織および人員

4-1 組織構成

従業員の総数は 1,308名であり、管理者数は 193名、技術者は 113名となっている。大学卒相当の学歴のものは40名である。部門別の人員構成は表Ⅲ-4-1に示す。

工場の生産管理部門の管理組織を表Ⅲ-4-2に示す。作業現場の管理組織を表Ⅲ-4-3に示す。各部署に示す数字は所属人員数を表す。組織機構がかなり細分化されているので、有機的運営が十分になされているかどうか問題となろう。

従業員の知識及び技術レベルについては、今後近代化を推進する上で障害とならないよう、従業員教育を多面的に進める必要があると考えられる。

表Ⅲ-4-1 部門別人員構成

項目	管理者	技術者	作業現場			合計
			直接工	間接工	計	
技術・設計部門	12	51	-	18	18	81
生産管理部門	31	6	25	51	76	113
鍛造・溶接部門	2	1	41	-	41	44
機械加工部門	25	25	350	153	503	553
組織部門	6	2	60	28	88	96
試験・検査部門	3	5	16	43	59	67
その他	114	23	-	217	217	354
合計	193	113	492	510	1,002	1,308

4-2 業務分担

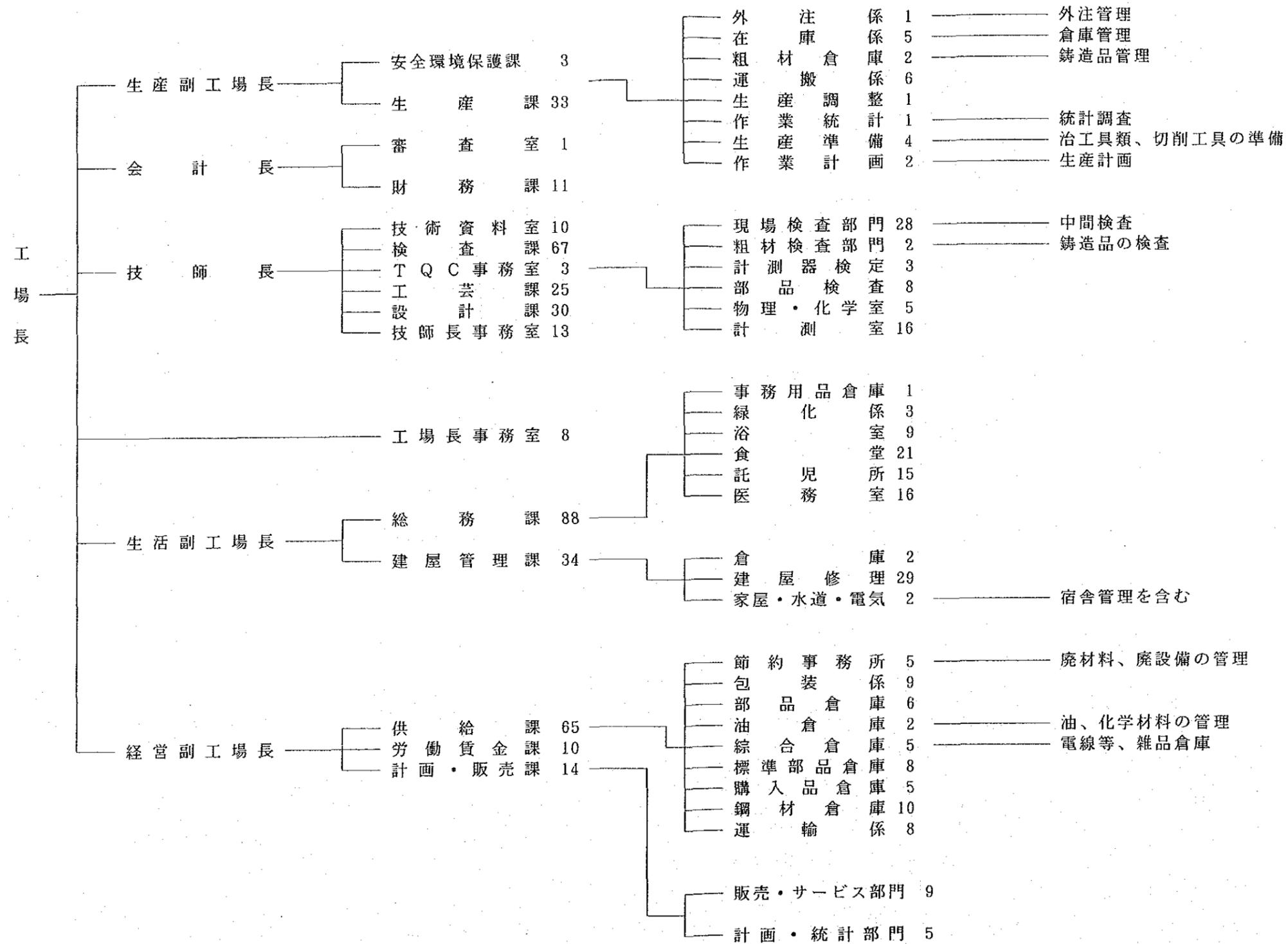
工場の技術管理の責任は技師長及びそのスタッフによって担当されている。その管理下に設計課、工芸課（生産技術課）、検査課等がある。

設計課は主に新製品に開発及び古い製品の改造、部品加工と組立て現場での技術問題の処理に当たっている。工芸課（生産技術課）は全工場の加工プロセスや生産技術の管理を行う。製作図面にもとづき加工方法や加工手順を定め、治工具や専用検査工具の設計を担当している。

計量検査課は原材料の購入から製品の出荷までの全製造過程の品質検査と監督並びに全工場の計量器具管理を担当している。設備課は全工場の設備の保全、購入、据付け、設備の改造等を担当している。試作工場では新製品の開発のために、新技術、生産技術、材料等に関して試作及び試験を行っている。

生産課は年間、4半期及び月間の生産計画を策定し、全工場の生産コントロールを分担している。月末には工場各部門の生産状況の確認、進捗状況の点検等を行っている。

表Ⅲ-4-2 生産管理部門組織図（数字は所属人員数を示す。）



5. 資材調達

資材調達業務は供給課と生産課が担当している。鋼材、電動機、軸受、市販標準品（ボルト、ナット類）などは供給課が担当し、鋳造品や外注加工品などは生産課が担当している。

計画販売課が各月、あるいは4半期ごとに発行する“商品生産計画表”にもとづき、毎月および4半期ごとに“資材調達計画”がたてられる。

大量発注品については定期発注方式を採用しているが、少量発注品は定量発注方式である。発注サイクルはおよそ次の通りである。

鋼材関係	6～11月
モータ、減速機	5～10ヵ月
軸受類	5～10ヵ月

重慶水泵廠の資材調達の状況について、入手難易度、入手期間など表Ⅲ-5-1に示す。倉庫管理に関して、軸受類、モータ類など購入品の倉庫は供給課が管理し、加工部品倉庫、鋳造品倉庫は生産課がそれぞれ管理している。

生産課では下記計画表を作成し、加工部品等の手配を行っている。

“各月生産計画表” ……ポンプ型番、台数、要求進度（上、中、下旬）などの一覧表

“部品投入産出計算表” ……①各ポンプごとに必要な部品名、図番を記入。

②在庫量をチェックして、加工手配するかどうか決定する。

“部品生産計画表” ……各部品ごとに集計し、加工手配必要数を記入する。この計画

表のコピーは加工現場へ7部配布される。

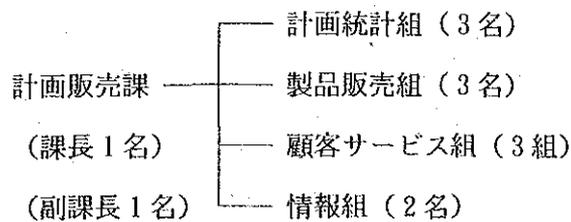
倉庫の在庫量のチェックは毎月末“棚卸し報告表”にて報告される。

表Ⅲ-5-1 購入部品一覧表

名 称	単位	年間数量	平均単価 (元)	入手難易度		入手期間
				難	易	
防爆ガードモード	台	909	1,050	○		4~8ヵ月
電 動 機	台	390	500		○	3~6
包 装 箱	m ²	198.6	600		○	1~2
表 示 器	個	1,089	100		○	3~4
電 動 サ ー ボ 機 構	台	12				
軸 受	組	6,480	20	○		4~8
標 準 品 (ネジ・ボルト・ナット類)	万个	15	2,600	○		3~6
テ フ ロ ン	kg	1,530.4	70	○		3~6
高 圧 用 パ ッ キ ン	kg	540	120	○		3~5
鑄 造 品 (鑄 鉄)	t	456	1,500~ 2,000	○		3~6
鑄 造 品 (鑄 鋼)	t	24				
鑄 造 品 (銅 合 金)	t	1.5	10,000	○		3
鑄 造 品 (ス テ ン レ ス)	t		18,750	○		3~6
炭 素 鋼	t	168	1,200	○		4~8
ス テ ン レ ス 鋼 材	t	142	5,500	○		4~10
水	t	131,515	0.20			
重 油	kℓ	1,111,678				
電 力	kwh		0.10			

6. 販売状況

販売状況は、計画販売課が担当しており、その組織および人員は下記の通りである。



(合計17名)

主要製品である計量ポンプをはじめ多段遠心ポンプ、電動往復ポンプなど、工場全製品の販売業務を行っており、各年度の販売台数および金額等についての目標は工場長より指示される。重慶水泵廠の販売台数と従業員数の推移を表Ⅲ-2-1に示す。

重慶水泵廠で製作される計量ポンプの主な納入先は、石油、化学工業、発電所、鉱山、食品工業、軽工業、上水道、環境保全関連、および各種研究所などである。過去10年間に於ける計量ポンプの販売実績を表Ⅲ-6-1に示す。

表Ⅲ-6-1 計量ポンプの納入業種別販売実績 (1976~1985年)

	台数 (台)	金額 (万元)
発 電 所	559	332.4
石 油 化 工	2,724	1,435.0
医 薬 工 業	100	45.9
環 境 保 全	109	54.9
食 品 工 業	16	10.3
輸 送 出 他	12	6.6
そ の 他	1,061	744.9
合 計	4,581	2,630.3

なお、部品の販売実績は、過去5年間で250万元である。

製品の納期は各年度の生産計画とポンプの製作日数等を考慮し決定しているが、実際には契約した納期に従って納入している。重慶水泵廠における主要製品の納期、すなわち、契約から納入までの平均回数は、およそ次の通りである。

計量ポンプ	3ヵ月
油田注水ポンプ	5ヵ月
電動往復動ポンプ	3ヵ月
多段式遠心ポンプ	2ヵ月

計量ポンプに関する納期遅延率を次に示す。

1985年度計量ポンプ

$$\text{納期遅延率} = \frac{\text{遅延数量 } 192 \text{ (台)}}{\text{年間生産量 } 1310 \text{ (台)}} \times 100 = 17.10\%$$

1986年度計量ポンプ

$$\text{納期遅延率} = \frac{\text{遅延数量 } 192 \text{ (台)}}{\text{年間生産量 } 1250 \text{ (台)}} \times 100 = 15.36\%$$

(予測)

遅延の主な原因は契約台数が生産能力より上回ったことによる。

受注方法には次の二つの方法がある。その一つは上部機関である機械工業部或いは局が主管する注文学議において、各地の需要家と生産工場側が協議し契約する。このような会議は全国各地で年間を通じ3ないし5回開催され、重慶水泵廠の場合、注文学議での受注量は全受注量の約45%を占めている。

もう一つの方法は、需要家側との直接交渉によるものである。この場合、その殆どは需要家側が重慶水泵廠を訪問し、工場にて協議し契約する。この方法による受注量は全受注量の約55%である。

販売価格は製品別原価計算により得られた原価資料をもとに産出されている。すなわち製造直接費として、直接材料費、直接労務費、直接経費の区分で集計され、更に製造間接費を部門別に計算され製品原価が算出される。製品単位原価の他に市場の状況および同等品の市場価格と比較し、またそのほかに工場の利潤率の水準を考慮し販売価格を算出している。なお、本調査において、原価計算などの経理財務に関する事項については、調査対象外であるため、詳細な調査は避けた。

アフターサービスはトラブルが発生した場合、客先の要請により顧客サービス係が現地を訪問して行う。製品の保証期間は納入後一ヶ年である。納入先よりクレームを受けた場合、クレームの原因を分析研究し、トラブルの原因と責任が何処にあるか調査し、その結果にもとづき客先側と協議の上、解決のための措置をおこなっている。

Ⅳ 工場 の 現 状

IV 工場の現状

1. 製造技術の現状と問題点

1-1 機械加工工程

工業生産はあらためて述べるまでもなく、原材料、部品等をもとにして、保有する固有技術によってそれを製品、半成品化し、その技術行為により付加価値を生む活動である。固有の対象製品ごとに製造工程は変わるが、製造仕様決定→手配→調達→作業→検査→出荷というプロセスのパターンは共通である。生産技術の分野は、このプロセスの中で製造仕様決定（図面、仕様の完成）の時点からその内容を確認し、製造仕様に合った品質のものを、より安くより早く作れるように技術的配慮と検討を行うことが第1の任務として上げられる。

次には実際の生産にあたっては、設備、人、治工具、材料その他について計画し指導する。さらには、よりよい方法の研究や導入（改善）に至るまで、生産技術の分野は広く、かつその業務は工場経営にとって非常に重要な地位にあると言える。

本調査では、上記の考え方をもとに置き、生産技術の一分野である機械加工工程に関して、調査対象製品である計量ポンプの工作技術について、具体的にポンプを構成する部品の工作の現状調査を行った。

さらに、工作技術をより効率的に働かせる目的をもった管理部門の業務についても調査を行った。

以下調査結果にもとづき現状、問題点及びその改善策を述べるものとする。

1-1-1 工作技術

(1) 関連工場の概要

工作技術の現状調査に関連する工場は、機械第1工場、機械第2工場及び治工具工場、機械修理工場等があるが、主に機械第1及び第2工場について、その作業内容、構成人員を述べるものとする。

1) 機械第1工場

工作機械の配置についての詳細はIV部2-1項で述べるが、機械配列はGT（グループテクノロジー）手法による全工程型のGT配列で、類似部品を機械グループ内で集約して加工が行われている。

機械第1工場は工作機械の仕様、能力から見て、比較的小物部品の加工が行われ

ている。

機械第1工場の組織、人員、作業内容は次の通りである。

機械修理係	16名	—— 機械第1工場内の小修理と日常点検
鋼球係	9名	—— 計量ポンプの部品であるボールバルブの研削加工
仕上係	19名	—— ヤスリ等の仕上作業
大型部品係	28名	
軸加工係	32名	—— ウォームシャフト、N クランク、シャフト類の加工
ねじ・パイプ係	38名	
プレート・カバー係	34名	—— 板形状の部品の加工
特殊部品係	28名	—— 小物ポンプフレーム等の加工
事務室	8名	

合 計 212 名

(2) 機械第2工場

機械第2工場の工作機械の配列は一部GT手法の配列となっているが、調査時点では、確立された機械配列ではなく、近い将来、GT配列にする計画が明確になっていた。

工作機械は、門型フライス盤（プラノミラー）、プレーナー、横中ぐり盤、大型立旋盤等の大物の加工を主とするラインがある。ここでは主に計量ポンプのギヤボックスに相当するポンプフレームの加工、及び多段回転ポンプの大型ベースの加工等が行われている。

一方、もうひとつのラインでは、小物部品の加工が行われている。

機械第2工場の組織、人員、作業内容は次の通りである。

工具管理係	23名	—— 機械第1、第2工場で使用される切削工具の管理
機械修理係	9名	—— 機械第2工場内の小修理と日常保守
仕上げ係	16名	—— ヤスリ作業等
研磨・フライス加工	20名	
機械加工二係	21名	

機械加工一係 30名

事務室 13名

合計 132名

図IV-1-1に機械第2工場の一部の写真を示す。



図IV-1-1 機械第2工場の一部

(2) 現状の工作技術の問題点と改善策

工作技術を改善し、向上させる活動はさまざまな形で行われている。効果的な改善、向上の方策を探究する上で留意しなければならない事は、系統的、科学的に事象をつかみ活動を進めていく必要があるということである。そのアプローチの一例を図IV-1-2に示す。

そこで、工作技術の現状調査は、調査対象製品の計量ポンプの部品のうち、機械加工工程でネックとなっている部品、及び形状的に加工工程の複雑な部品を選定し、実施された。

また全般的な工作技術の問題点についても調査が実施された。

1) 調査対象部品の選定

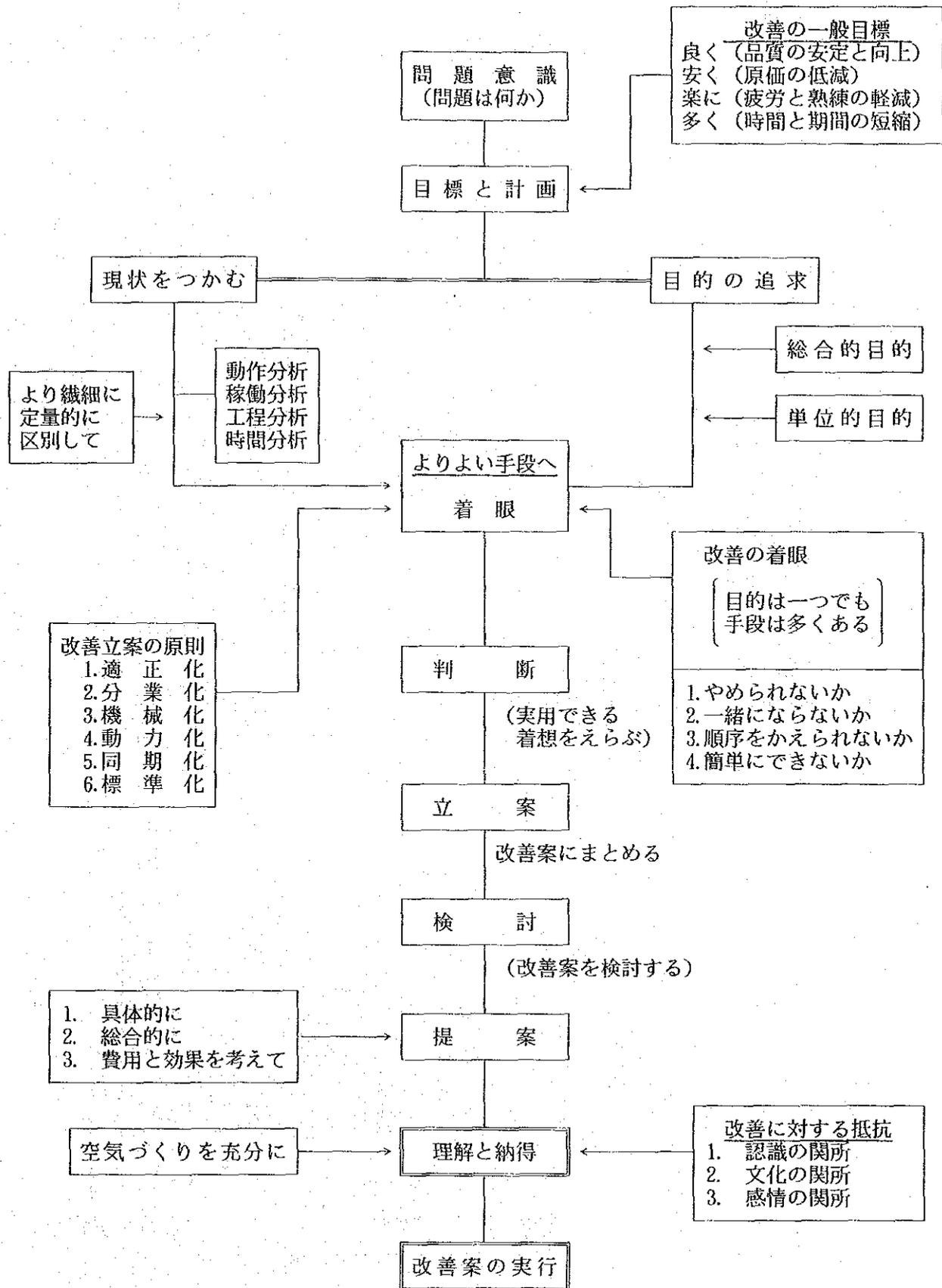
(a) 計量ポンプの構造概要

重慶水泵廠で製作されている代表的な計量ポンプの構造図を図IV-1-3に示す。

構造は大別してプランジャを往復運動させる駆動部と、取扱液をポンピングさせる接液部とからなる。

回転を往復運動に変換する機構はモータ出力軸にカップリングにより直結されたウォームシャフトの回転がウォームホイールに伝達され、ある比で減速され、ウォームホイールの溝とカムキーの溝とのかみ合いによりカムが回転し、カムの偏心運動が、コネクティングロッドを介してクロスヘッドに伝わりプランジャの往復運動となる。

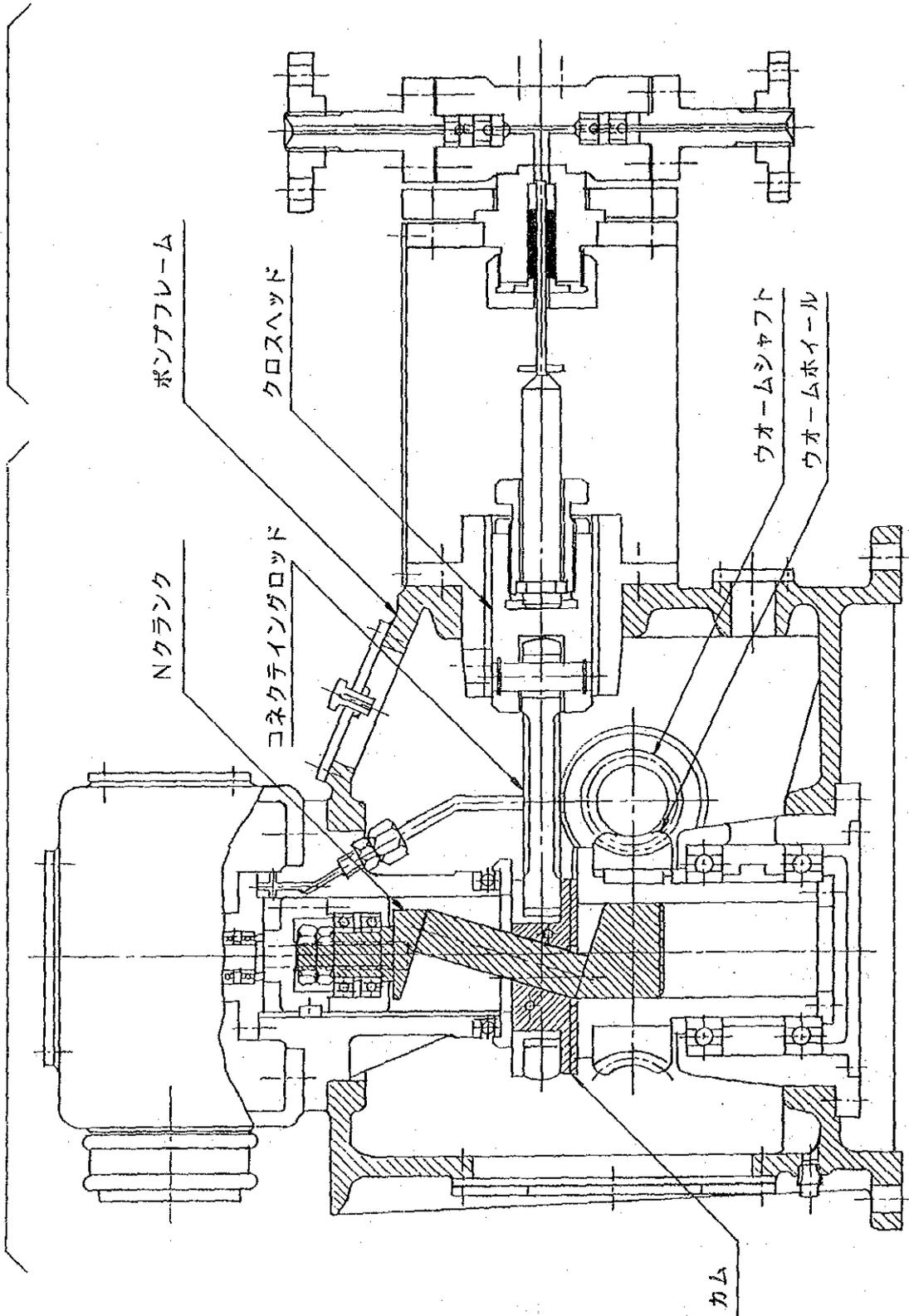
往復運動の調節は、Nクランクを上下させ、カムとの相対的な偏心量を変えることにより、ストローク長を0～100%まで直線的に変える機構となっている。



図IV-1-2 改善活動の系統図の一例

駆動部

接液部



図IV-1-3 代表的計量ポンプの構造図

(b) 調査対象部品

重慶水泵廠での調査では、機械加工工程でネックとなる部品はポンプフレーム及びNクランクが上げられる。

ポンプフレームは箱物であるため加工面が6面あり、しかもギヤボックスと同様の機能が求められるため、穴と穴の心間の公差及び面間の幾何公差等がきびしく、加工時間がかかる部品である。

一方、Nクランクは一般的な部品と比較すると特異な形状をしており、しかもポンプ駆動部の心臓とも言える部品で、幾何公差がきびしく、ポンプフレーム同様、工程数、時間共多くかかる部品である。

Nクランクと対で使用されるカムは、ポンプ構成部品としては小さな部類に属するがNクランクと同様、特異形状をしており加工精度も重要で、加工工程数が同じ大きさの部品に比べると相当に多くかかる部品である。

以上、調査対象とした部品は、ポンプフレーム、Nクランク、及びカムの3点である。

2) 工程分析について

本調査では現状をより具体的に把握するため対象部品について素材搬入から部品加工完了までを工程順に調査し工程分析を実施した。

分析項目は、

- ・工 程
- ・時 間
- ・経 路
- ・ヒストグラムによる工程のバランス

である。

一般に、工程分析を行う目的は加工部品の流れや工程上の条件を把握することである。具体的には分析する事項に対して誰が、なにを、いかにして、いつ、どこで、なぜ、というふうに調査が進められ、工程を系統的に把握して工場改善に役立てること、また作業方法や作業工程の錯綜程度、治工具の使用方法など、工程系列の組織的な調査、測定の第1手段として用いられるものである。

また工程分析を行うことによって得られる資料として、おおよそ次のようなものがあげられる。

- ① 工程系列の把握
- ② 工程時間の概略
- ③ 作業方法と使用治工具
- ④ 品物の流れと距離
- ⑤ 運搬方法の種別
- ⑥ 停滞の状態と時間
- ⑦ 運搬物の重量、回数
- ⑧ 検査の方法
- ⑨ 段取りの可否
- ⑩ 改善の着眼点

本調査では時間的制約から分析できる項目は限られるが、以下にそれらの調査結果を述べる。

3) ポンプフレーム加工について

今回調査したポンプフレームは重慶水泵廠で製作されている計量ポンプの新シリーズの1つに属するものである。

大きさは新シリーズのうちで中程度のものであり、調査時点では製作台数が最も多く、将来の製作台数の増大計画から推測しても重慶水泵廠が最も重視している機種である。

形状は箱形をしており一般に箱物加工は面加工が主体となり使用される工作機械はプラノミラー、プレーナー、横中ぐり盤等、大型機械が中心となり段取回数、時間とも多くかかり工程管理上のネック工程となり易い。

① 加工工程

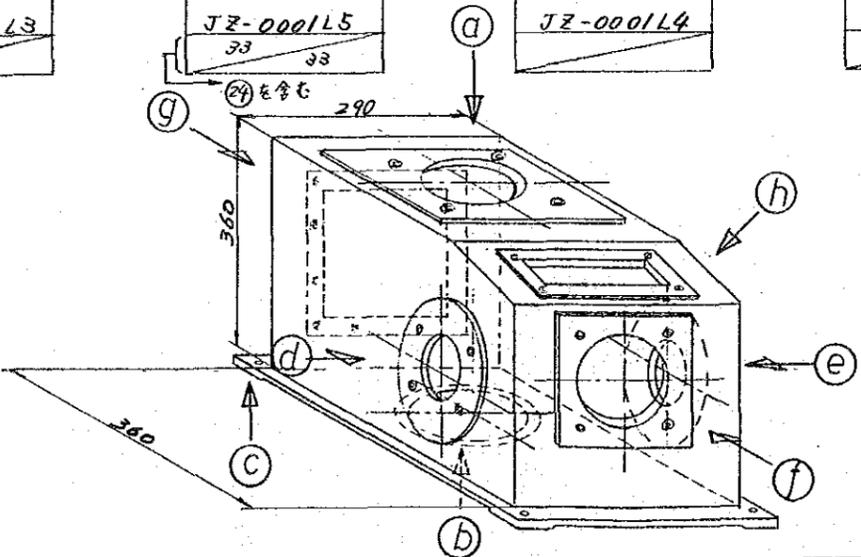
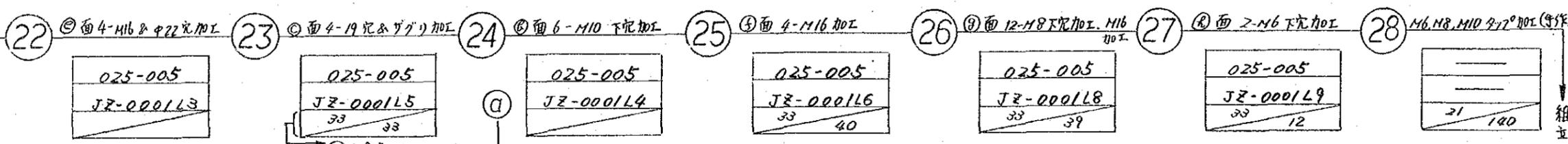
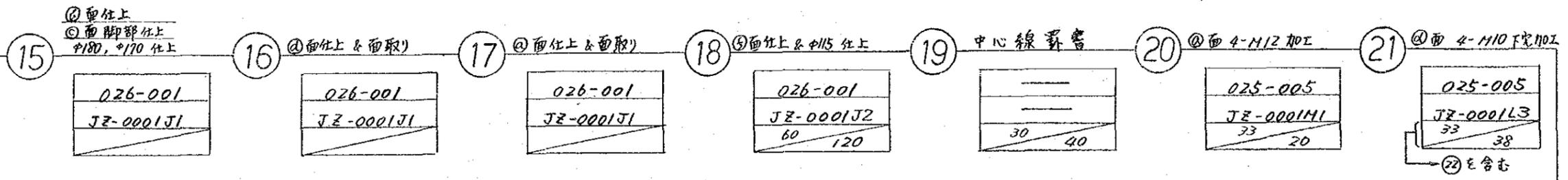
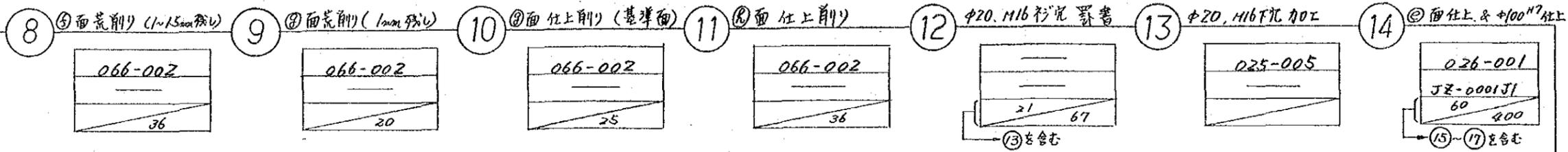
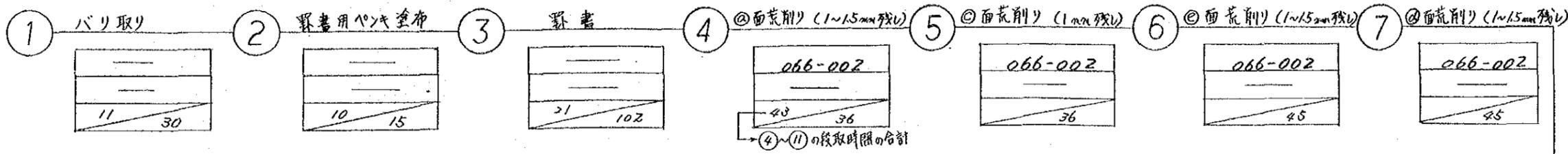
ポンプフレームの加工工程図を図IV-1-4に示す。

素材搬入から加工完了まで、加工工程数は28工程になる。

工程は大まかにまとめると、鋳物バリ取り→罨書→面荒削り→面仕上げと穴仕上げ→タップ加工と流れる。

鋳物素材は、鋳物倉庫より機械第2工場の定盤近くに搬入され、ここで鋳物の内面のそうじ、及びバリ取りをタガネにて行う。

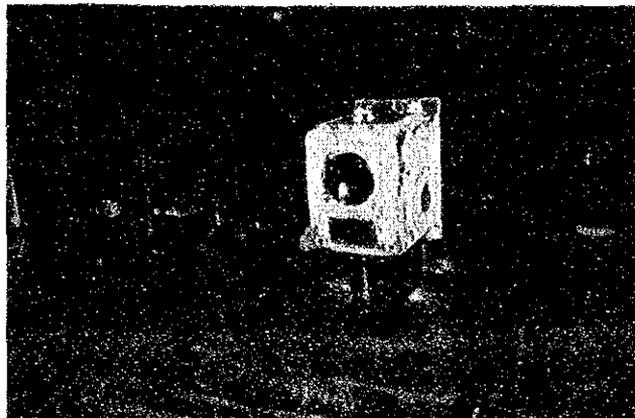
全面に白ペンキを塗布し図IV-1-5に見るように大型定盤上で、ジャッキによる3点支持方式により段取りされ、鋳物の片寄り等を勘案しながら中心線、面



機械番号
治具番号
段取り時間(分) / 加工時間(分)

図IV-1-4 ポンプフレーム加工工程図

及び穴の削り代等を、製作図の寸法どおりに罫書線を入れる。



図IV-1-5 ポンプフレーム罫書

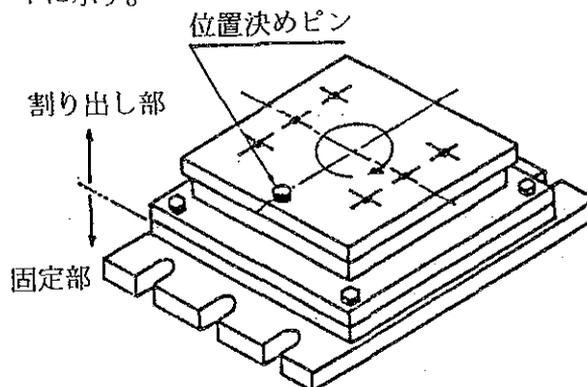
次に機械仕様が1250×4000のプラノミラーにて、1～1.5 mm残して全面荒削り加工、及び基準面の仕上げ加工が行われる。段取りは、取付治具は使用されず、勾配ライナを使って罫書線を基準に各面ごと心出しを行っている。

切削工具は超硬合金のロー付ブレードが4枚付いたφ280 正面フライスカッターが使用され、切削条件は回転数 125r. p. m、送り80mm/min、切込み3～5 mm程度であった。これらの条件から切削速度は約 110mm/min、一刃当りの送り量は0.16mmとなる。

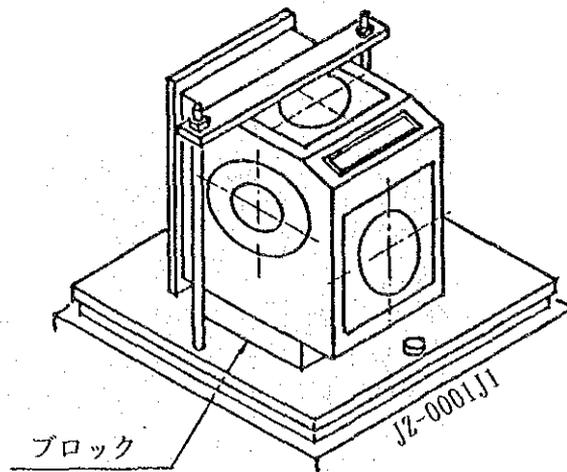
次に主軸径φ85mmの横中グリ盤により、面と穴との直角度を出すため、それぞれの面仕上げと穴仕上げ加工を、同一段取条件で各面ごとに完了させる方法で加工が行われている。

ここで使用されている取付治具は図IV-1-6に示すように、4等分の割出し型取付治具となっており、横中ぐり盤テーブル上のスピンドルの近くに取り付けられ、4面加工が行なえるようにくふうされている。

その取付状態を図IV-1-7に示す。

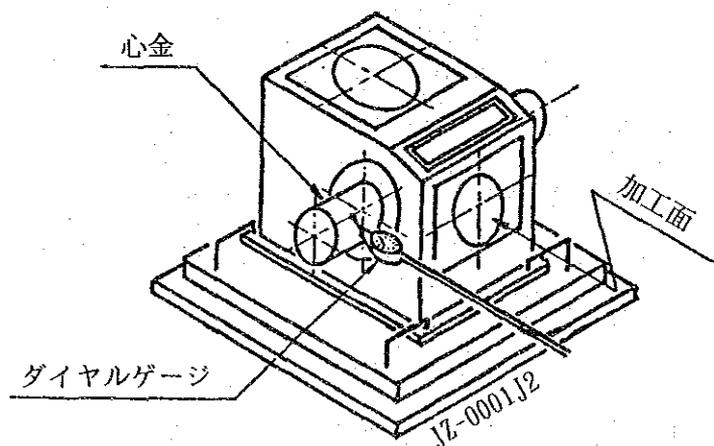


図IV-1-6 横中ぐり盤用割出し型取付治具



図IV-1-7 ポンプフレーム仕上工程の第1段取り図

第2段取りとして図IV-1-8のように、脚部を治具ベース上に置き、ウォームシャフト貫通穴部に心金を通し、スピンドルにダイヤルゲージを取り付け、心金両端を測定しポンプフレームの傾きを修正して締金にて固定する。この動作によりウォームシャフト軸心と、加工面との平行度を正確に出し加工を行う。

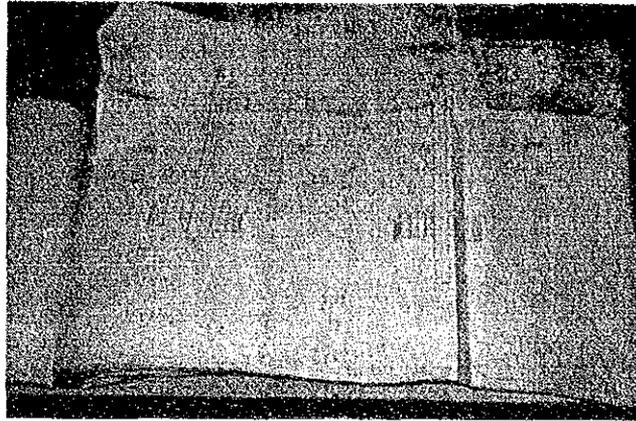


図IV-1-8 ポンプフレーム仕上工程の第2段取り図

以上の加工終了後、図IV-1-9の検査工具により、機能上重要な面と軸心との直角度の検査を全数、作業者が行っている。

最後にラジアルボール盤にて、穴明け治具を使用して、タップ下穴加工が行われ、M12以上のネジ穴は機械にて、M10以下は手作業によるタップ立て加工が行われ、全加工が完了する。

全加工の所要時間は、段取時間が475分、加工時間が1375分となる。



図IV-1-9 ポンプフレーム検査工具組立図

② 移動経路

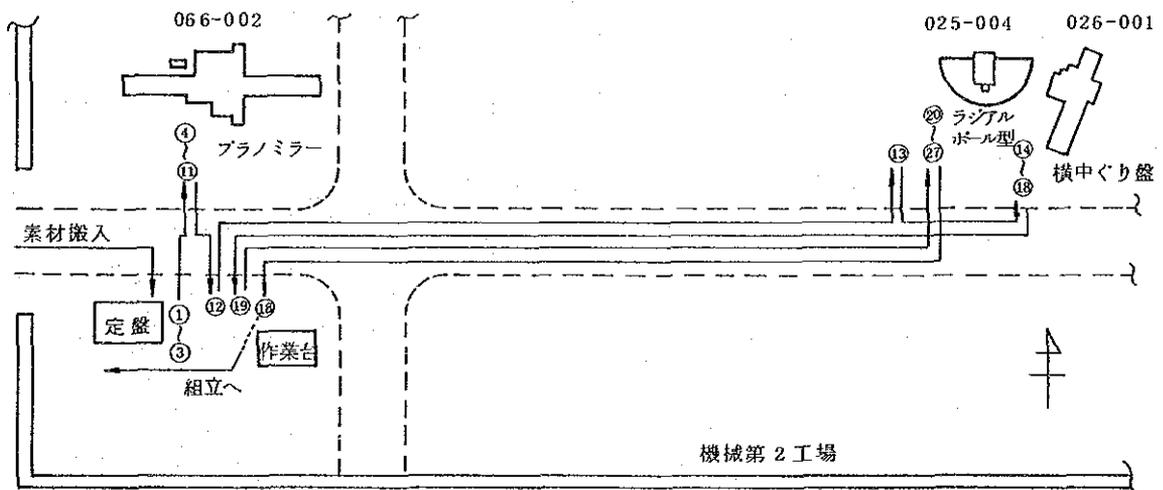
移動経路図は、工作機械配置図上に加工対象物が加工されていく順序にしたがって記入されるもので、移動経路図を見れば加工対象物の移動の具合や錯綜度合いが一見して理解でき、移動回数、移動距離の算出も容易で、具体的に工程系列を把握できる特長がある。

特に多品種少量生産の場合、移動線が錯綜して経路をたどることが困難な図表となることがあるが、このような場合は、根本的に工程編成を改善しなければならないことを明確に示してくれる。

図IV-1-10は、ポンプフレーム加工の移動経路図である。

移動線は機械第2工場の大型工作機械と罫書定盤間を往復する線で構成される。

素材搬入から加工完了までの移動距離と移動回数は次頁の通りとなる。



図IV-1-10 ポンプフレーム移動経路図

工 程 間	距離 (m)	回 数	移動距離 (m)
野書 ~ 066-002	23	2	46
野書 ~ 025-005	55	3	165
野書 ~ 026-001	62	1	62
025-005 ~ 026-001	11	1	11
合 計		7	284

上記で明らかなように総移動距離は 284m となり、1 回当りの平均移動距離は約 40m となる。

以上の事から分かることは、工程数に比べて移動回数が少ないことであるが、これは各機械での工程が連続性をもっているためである。

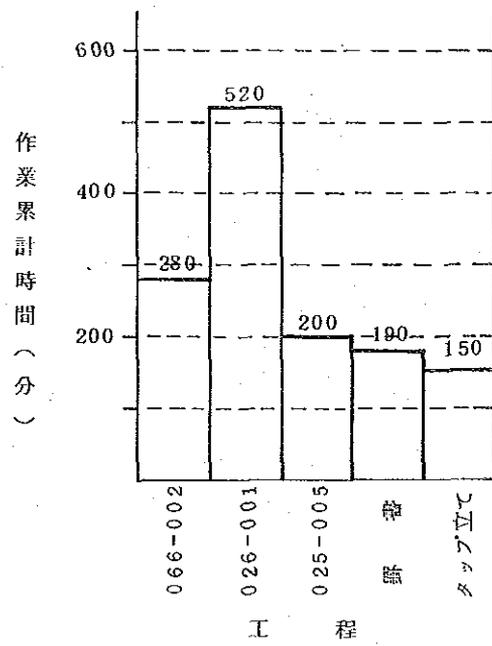
また、1 回当りの平均移動距離が約 40m であるが、これは野書定盤とラジアルボール盤及び中ぐり盤との距離が長い事を意味している。

③ 工程バランス

各機械の工程のバランスを見るのに、ここではヒストグラムを作成することとした。

一般にはピッチダイヤグラムにて流れ作業の重要な条件であるラインバランスを検討する方法がとられる。一方、多品種少量生産形態でも、ラインバランスを均一化する——つまり各機械ごとの負荷（仕事量）を均一化することは、工程間に発生する手持ち余裕などを減少させ、工程全体の総合能率を高める上では欠くことのできない分析手法といえる。

図IV-1-11は各作業工程の累計時間をヒストグラムとして表したものである。



図IV-1-11 ポンプフレーム加工工程グラフ

ここでは、ラインの編成効率を見るため、これをバランス・ロス率として算出することとする。

各作業工程で最も累計時間の大きい工程の作業時間を A_0 とし、その他の工程の時間を A_1, A_2, \dots, A_n とし、総工程数を N とすると、

バランス・ロス率 X (%) は、

$$X(\%) = \frac{N \cdot A_0 - \sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \times 100 = \left(\frac{N \cdot A_0}{\sum_{i=1}^n A_i} - 1 \right) \times 100$$

で表される。

ポンプフレームのバランス・ロス率を図IV-1-11をもとに算出すると、

$$X = \left[\frac{5 \times 520}{280 + 520 + 200 + 190 + 150} - 1 \right] \times 100$$

= 94 %となる。

これは完全にライン化された作業工程と仮定した場合、作業者全体として、毎回の作業時間に対して、94%だけ待たされるという意味である。これはまた、標準時間算出に用いる外掛け法といわれる余裕率 (%) に相当するものである。

多品種少量生産工程のバランス・ロス率の妥当性については、種々論議のあるところであるが、他の部品の工程との相対比較による一応の目安として用いることができる。

(b) ポンプフレーム加工の問題点及び改善策

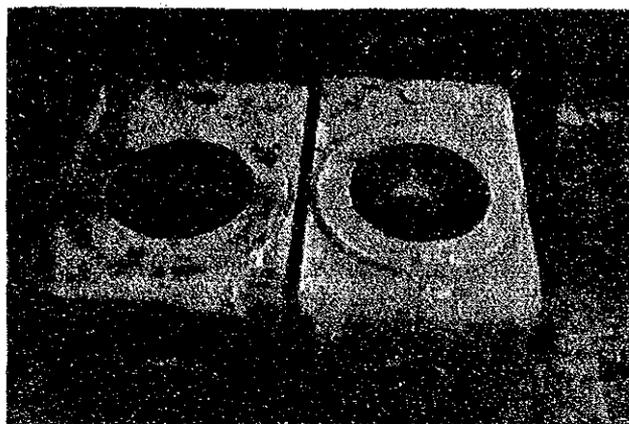
① 鋳物素材のバリ取り作業

現在重慶水泵廠では鋳物素材は外注から購入している。

鋳物素材置場にあるポンプフレーム鋳物は、図IV-1-12に見るように、外表面の鋳肌はきれいだが、中子を使用した穴のへり部に鋳張りが多く見られる。また、内面の鋳肌は外面に比べて肌のはく離等がありあまり良くない。工場では、これらの外観不良部分は、機械工場に搬入された後、タガネにて鋳張り等を取り除く作業を行っているが鋳物素材のこれらの外観不良は鋳物工場にて完全に取り除いて入荷するのが望ましい。また、内外面の鋳肌はショットブラストにて鋳肌に付着した砂やスラグ等を取り除くことにより、塗装の品質が向上

し加工において砂付着による切削工具の欠損が防止できる。

ショットブラストについての詳細は、「V. 工場近代化計画」で述べることにする。



図IV-1-12 ポンプフレーム鋳物素材

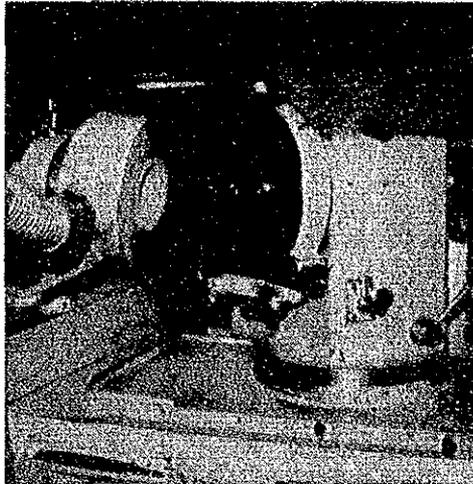
② 正面フライスカッターのスローアウェイ化

プラノミラーを使用した面荒削りに、4枚刃の超硬ロウ付ブレードが使用されているが、全面荒削り（一部仕上げも含む）の合計8工程で加工時間は280分かかっている。これを平均すると一工程約30分かかっていることになる。これは $\phi 280$ mmのカッター径にもかかわらず、刃数が4枚と少なく送り速度が上げられない事が要因の一つである。

日本の一部企業ではこの程度の正面フライスカッターでは、荒削り用、仕上用の区別はあるが、一般的に刃は12枚以上あり、単純に計算しても3倍の送り速度で加工できることになる。

正面フライス加工による仕上面あらさ及び刃物寿命への影響は、切刃のピッチや高さの不ぞろい、刃とぎの不正確、保持具の振れ、たわみ等による切削中の振動等が考えられる。特にロウ付ブレードの場合、ピッチや刃の高さの不ぞろい、刃の再研磨が不正確になり易く加工品質が一定しないことが多い。

日本の一部企業ではこれらの問題を解消するためロウ付ブレードを使用するカッターでは、再研磨の品質を一定に保持するため、フライスカッター専用の工具研磨機を用いて再研磨を行っている。図IV-1-13はその一例を示す。



図IV-1-13 フライスカッターの工具研磨機による再研磨

また、スローアウェイ方式の正面フライスカッターを多く使用している。

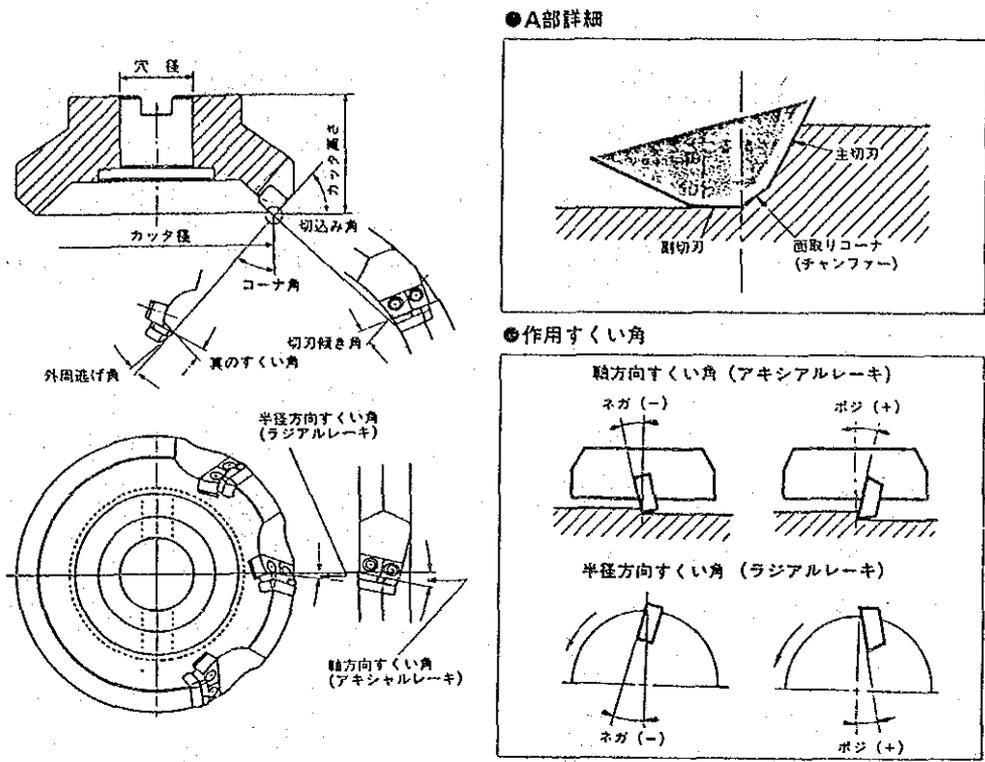
スローアウェイ化の利点としては、

- a) チップの刃高さが一定となる。
- b) チップ刃損によるチップ交換の時間が短く、また、再研磨の必要がない。
- c) チップ交替の取付精度が良く、再測定が必要がない。
- d) 加工品質が一定する。
- e) 切削条件の標準化が容易である。
- f) 稼働率の向上が計れる。

等が上げられる。

工場でもスローアウェイの正面フライスカッターが1個あったが、今後、スローアウェイの利点及びその使用条件等を十分研究し、巾広く使用していくことが望ましい。

図IV-1-14はスローアウェイ正面フライスカッターの一例で、表IV-1-1、及び表IV-1-2は切削条件を示す。



図IV-1-14 スローアウェイ正面フライスカッター

表IV-1-1 正面フライスカッターの切削速度

工作物の材料	フライス 材 質	切 削 速 度 (m/min)			
		超 硬 合 金		高 速 度 鋼	
		荒 削 り	仕 上 削 り	荒 削 り	仕 上 削 り
炭 素 鋼	抗張力 50kg/mm ² 以下	80~150	120~200	16~25	25~40
	50~70	50~120	80~180	15~20	20~30
	70~100	30~80	50~140	10~18	15~20
鋳 鉄	H _B 200 まで	60~100	80~120	15~25	25~40
	250 まで	50~70	70~100	12~18	22~30
	250 以上	30~50	50~80	10~13	15~20

表IV-1-2 正面フライスカッターの1刃当りの送り

フライス1刃当たりの送り (mm/1刃) H: 高速度鋼, C: 超硬合金

工 作 物	材 質	正面 フライス		平 フライス		側 フライス		エンドミ ル		総形 フライス		メタルノ ン	
		H	C	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C
		炭 素 鋼	抗張力 50kg/mm ² 以下	0.30	0.40	0.25	0.32	0.18	0.23	0.15	0.20	0.10	0.13
50~70	0.25		0.35	0.20	0.28	0.15	0.20	0.13	0.18	0.08	0.10	0.08	0.10
70~100	0.20		0.30	0.15	0.24	0.12	0.17	0.10	0.16	0.04	0.07	0.06	0.08
鋳 鉄	H _B 200 まで	0.40	0.50	0.32	0.40	0.23	0.30	0.20	0.25	0.13	0.15	0.10	0.13
	250 まで	0.32	0.40	0.25	0.32	0.18	0.25	0.18	0.20	0.10	0.13	0.08	0.10
	250 以上	0.28	0.30	0.20	0.25	0.15	0.18	0.15	0.15	0.08	0.10	0.08	0.08

③ タップ加工の改善

重慶水泵廠ではM10以下のネジのタップ加工は手作業で行っている。

径の小さいタップでは機械による場合、折損する事故が多いためということであったが、機械加工は手作業に比べ大巾に能率が向上し、加工品質のバラツキも少ないことを考慮すれば、小径タップも機械によるタップ立てを研究し努力していく必要がある。

径の小さいタップの折損は、タップ自身の許容応力が小さいため、小さなねじれ力によっても折損し易いことは承知のことであるが、ねじれ力を小さくすることによって、折損事故は防げることになるが、表IV-1-3に折損の主な原因及びその対策を示す。

特に、重慶水泵廠ではエアツールが使用されていないが、小径穴の切粉の排除には、エアーガンによる吹き出しが効果がある。

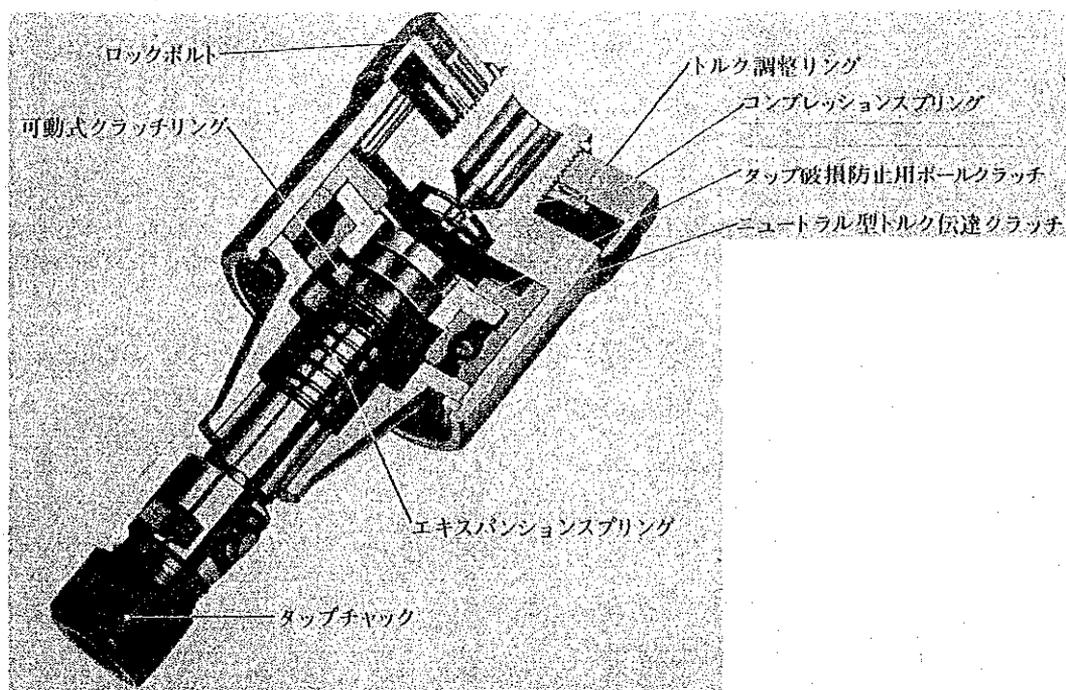
以上の不具合を解消するには、以下のような装置を内蔵したタップホルダーを使用することが望ましい。

- a) タップを回転させることによって、タップ自身のリードで切り込んでいく自己推進、後退装置
- b) タップ折れを防止するトルク・コントロール装置
- c) タップ穴を下穴にならわせるフローティング装置

図IV-1-15にそのタップホルダーの構造断面図を示す。

表IV-1-3 タップ折損の原因と対策

原因	対策
①ネジ下穴が小さすぎる。	より大きなネジ下穴ドリルを使用する ただし、ひっかかり率の許容範囲内とする。
②タップが穴の底に当たる。 (止まり穴の場合)	a)不完全ネジ部を考慮して、より深い下穴をあける。 b)機械(スピンドル)の下降位置の調整を正確に行う。 c)作業を注意深く行う。
③下穴とタップの心ちがい	作業を注意深く行い、下穴の位置にタップ中心を合わせるように作業する。
④削り量が多すぎる。	a)ガンタップの使用。 b)増径タップの使用。
⑤タップが切れない。	a)刃こぼれや磨耗の場合はタップをすみやかに交換する。 b)切れ味の良いタップを選定する。
⑥切削条件が合わない。	特に、切削速度が早い場合に折れ易いので切削速度を落とす。
⑦下穴に切粉が残っている。	タップ加工前にエア等で十分に下穴の中の切粉を取り出す。
⑧切削油が合わない。	切削油はできるだけ粘性の高いものを使用し、切削抵抗を小さくする。



図IV-1-15 タップホルダー構造断面図の一例

④ 加工時間及びリードタイムの短縮の方策

調査したポンプフレームは重慶水泵廠で製作されるポンプ11種類の中で、大きき的にはほぼ中位に位置している。調査外のポンプフレームも形状はポンプの機構上ほぼ同一であり、加工手順もマイクロ型ポンプを除き、調査した工程と同様の方法で行われている。

加工上ネックとなっている工程は、図IV-1-11のヒストグラムでも明らかのように、中ぐり盤による面と穴の仕上工程で約520分を要している。

現在、マイクロ型ポンプを除き、重慶水泵廠で製作されているポンプ台数は、月産約90台であり、調査ポンプフレームと同等のもう一種類のポンプフレームとの生産台数の合計が総台数の50%以上を占め、これらが大きさ、形状的にもほぼ平均と推測できるところから、調査ポンプフレームの仕上工程の加工時間をマイクロ型ポンプを除く全種の平均と仮定すると、当工程の月間所要加工時間は約47,000分となる。重慶水泵廠の加工業務の1日の実働時間を15時間（二交替制）とすると900分となり、稼働率100%と仮定しても中ぐり盤1台では約50台しか加工できなく、少なくとも2台の中ぐり盤が必要とされる。

以上、ネック工程の加工時間をもとに、現在の製作台数に応じた所要機械台数の算定を行ったが、重慶水泵廠が工場近代化の目標と策定しているポンプ生産台数の3倍増を達成しようとするならば、現在の加工時間の短縮を図らない限り、仕上工程に限って言えば、6台の中ぐり盤をフルに稼働させなければ所要のポンプフレームができ上がっていかないことになる。

これらの問題はネック工程に限るものではなく、全加工に共通するもので、根本的には、生産量増大に伴って設備の増大を計っていくのではなく、より効率的な加工、つまり個々の部品の加工時間を短縮するとともに、リードタイムの短縮を図るよう改善策を見い出していかなければならない。その方策としては種々上げられるが、そのいくつかを以下に示す。

- a) 工程数を低減する。
- b) 工程順を変更する。
- c) 工程を組み合わせる。
- d) レイアウトを改善する。
- e) 設備を変更する。

- f) 工具を変更する。
- g) 治具を変更する。
- h) 作業手順を変える。

今回調査したポンプフレーム全加工についての改善策としては、総加工時間を大巾に短縮し、しかもギヤボックス機能をもつポンプフレームの加工精度の向上を計り、正味加工時間以外の郵書き、段取り、取付け取外し、測定等の時間を短縮させる有効な手段として、マシニングセンタの活用が上げられる。

マシニングセンタの活用の具体的な方策については、V部の工場近代化計画の項にて述べるものとする。

4) Nクランクの加工について

(a) Nクランクは図IV-1-3のポンプの構造断面図で見ると、駆動部中心に位置し、Nクランク全体を上下させることによってカムとの相対的な偏心量を変えることによって、ストローク長を変化させる機能をもっている。

同形状のNクランクは、最大ストローク10mm、26mmのポンプを除いて全機種に採用されており、今回の調査ではそのうちの代表的な中型のZJ3型ポンプのNクランクを対象として行われた。

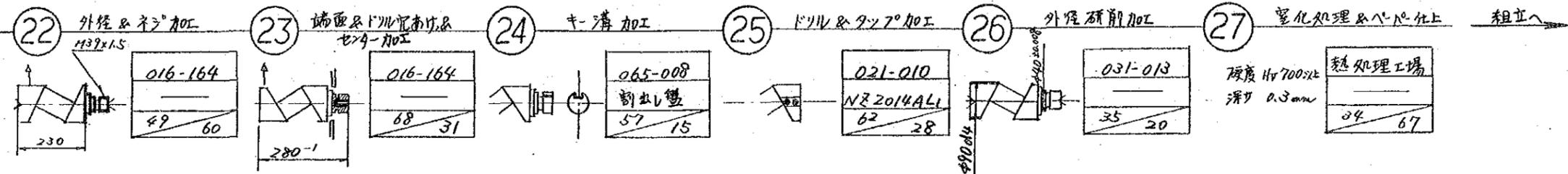
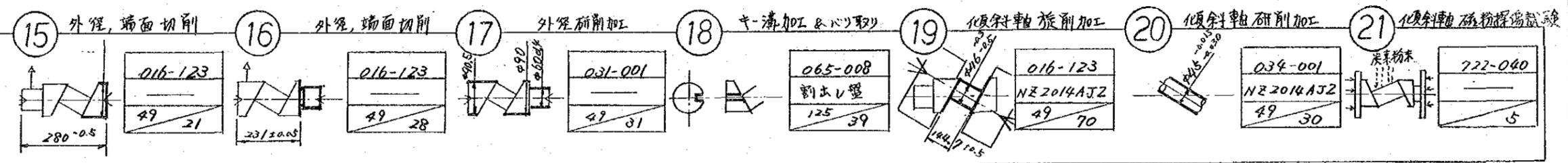
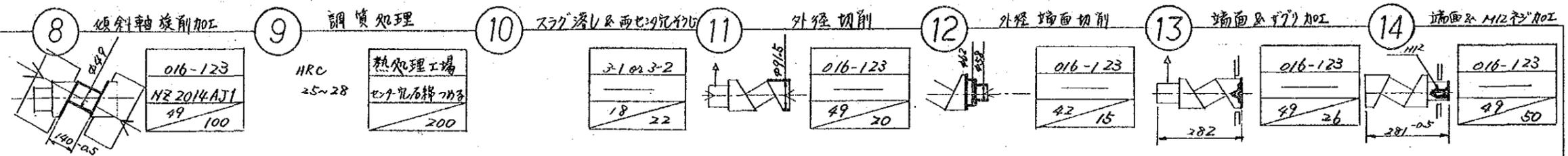
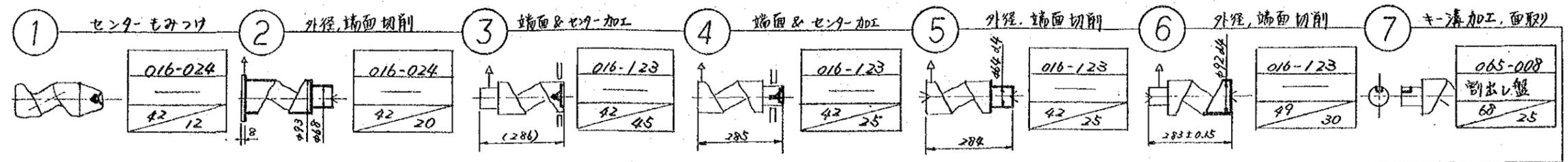
① 加工工程

Nクランクの加工工程図を図IV-1-16に示す。

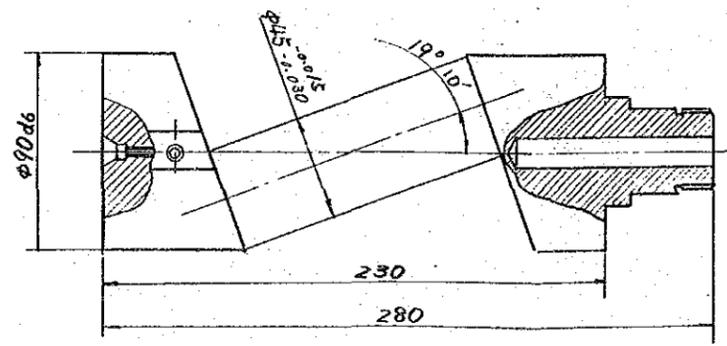
素材搬入から加工完了まで、加工工程数は27工程になる。

工程は、鍛造素材の調質熱処理前荒削り→調質熱処理→本加工→窒化表面処理及びペーパー仕上げとなっている。

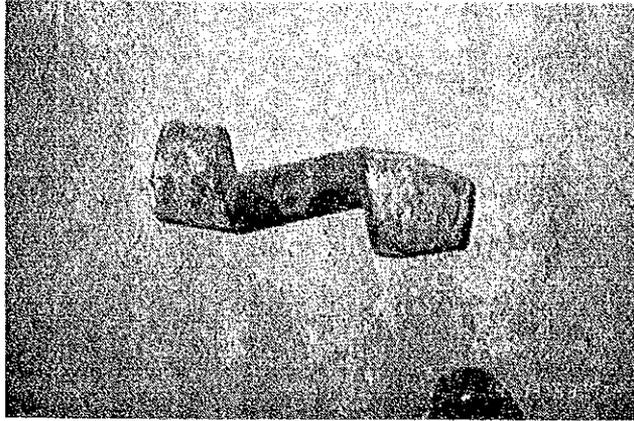
素材は図IV-1-17のように型鍛造品が使用されている。鍛造段階では全体にわたって片肉3mm程度の削り代がついている。素材材質は最終工程で表面硬度を高くする目的で窒化鋼(SACM材)を使用している。中国規格では38CrMoAlである。



機 械 番 号
治 具 番 号
段取り時間(分) / 加工時間(分)



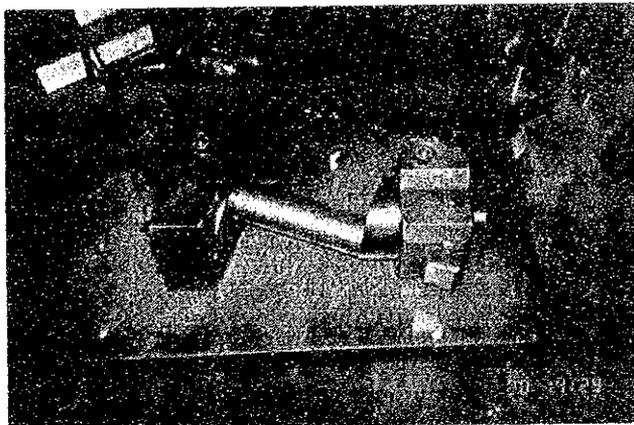
図IV-1-16 Nクランク加工工程図



図IV-1-17 Nクランク鍛造素材

工程を順に追っていくと①～⑧工程で調質熱処理のため荒削りを仕上代1mm残し程度に全表面にわたって行っている。⑨工程で調質熱処理を施し、⑩～⑮まで同一旋盤にて最終仕上のための前加工を行っている。⑰～⑳及び㉓～㉖工程で最終加工が行われる。⑲と㉓の工程で傾斜軸部の仕上加工が行われるが調査のNクランク加工で最も重要な箇所がこの傾斜軸加工で、加工品質は治具の精度如何にかかっている。治具にセットされた時の図を図IV-1-18に示す。

Nクランクを治具に取付ける時の位置関係は治具内径部のキーにNクランクの太径軸に加工されたキー溝を合わせることによって位置決めされるようになっている。治具は図のように2個で対となり、両治具の端面に傾斜軸中心の延長線上にセンター穴が施されており、施削、研削加工共、両センターによる加工が行われている。



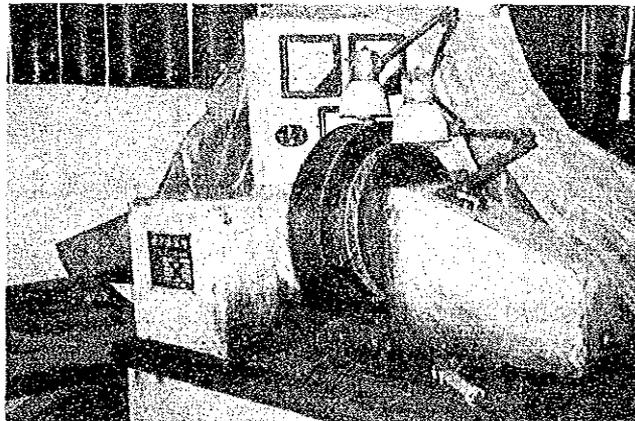
図IV-1-18 Nクランクの傾斜軸加工治具取付図

②工程では傾斜軸部の表面のクラックの有無を調べるため磁粉探傷試験機（図IV-1-19）による検査が行われる。この傾斜軸部はストローク長を変化させる機能を持つと同時に、モータの回転を往復運動に変え、取扱い液をポンピングさせるための吐出圧力発生の大もとであり、プランジャ断面積と吐出圧力の積に見合う力がこの部分にかかる。故に小さなクラックが繰り返し応力によって拡大され破壊に到る可能性があり、入念な検査が行われる所以である。

③工程にて表面硬化を目的とした窒化処理が行われる。窒化硬度はHv700以上、窒化層深さを0.3 mm以上とする品質目標を設定している。

加工中の寸法検査は全て限界ゲージが使用され、主要部を除いて作業者自身によって行われている。

熱処理工程を除く段取時間及び加工時間は1220分と 790分である。1ロットサイズ約70ヶであるので1ヶ当りの段取時間は17分となる。



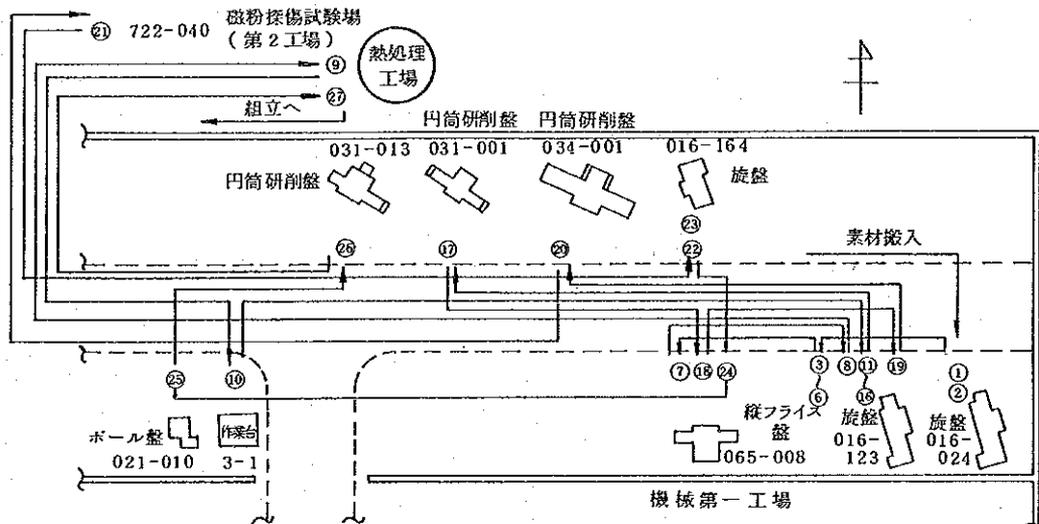
図IV-1-19 磁粉探傷試験機

② 移動経路

Nクランク加工の移動経路は図IV-1-20に示すとおりである。
移動距離及び移動回数を以下に示す。

工 程 間	距離 (m)	回数	移動距離 (m)
016-024~016-123	3	1	3
016-123~065-008	14	3	42
065-123~熱処理工場	200	1	200
熱処理工場~作業台	180	1	180
作業台 ~016-123	40	1	40
016-123~031-001	26	1	26
031-001~065-008	13	1	13
016-024~034-001	23	1	23
034-001~722-040	80	1	80
722-040~016-164	83	1	83
016-164~065-008	2	1	2
065-008~021-010	27	1	27
021-010~031-013	7	1	7
031-013~熱処理工場	170	1	170
合 計		16	896

上記より、総移動距離は 896m、平均移動距離は56mとなる。総移動距離のうち、機械~熱処理工場間の移動距離を除くと 346mとなり機械工場内の平均移動距離は26mである。

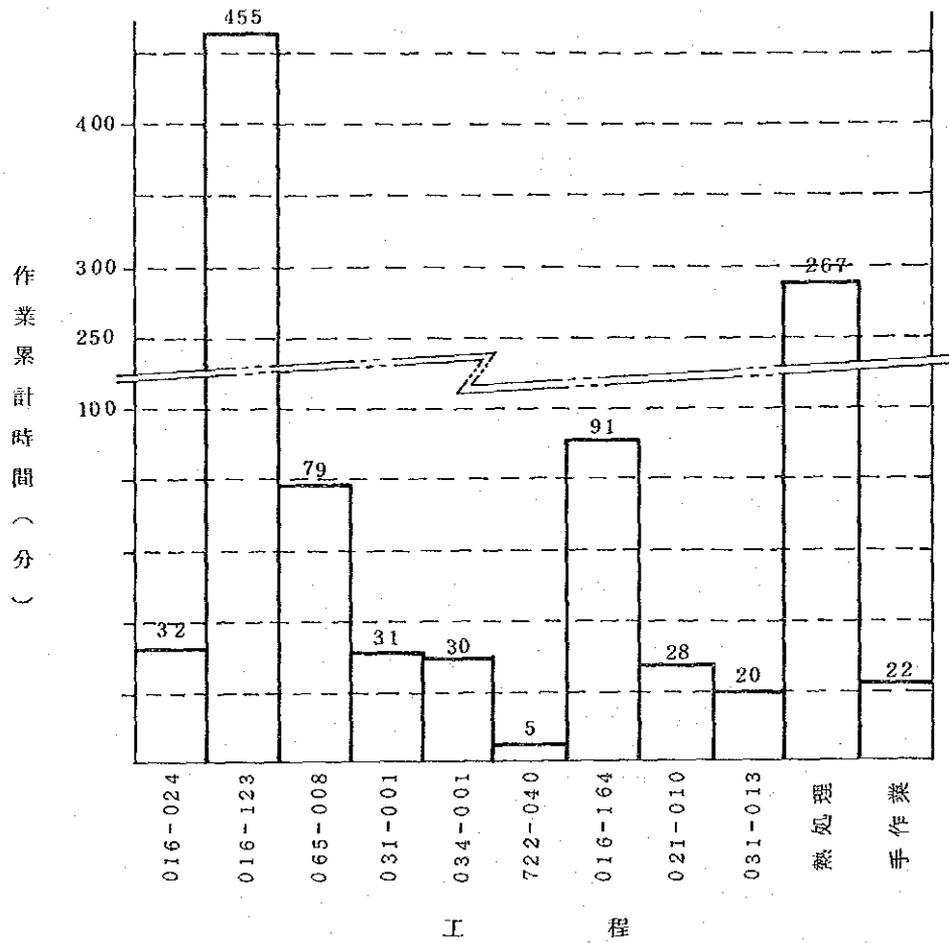


図IV-1-20 Nクランク移動経路図

③ 工程バランス

各機械の工程バランスを図IV-1-21のヒストグラムで示す。

図を見ても明らかなように熱処理工程を除く、機械加工時間の中で 016-123 (旋盤) の機械の負荷が異常に高い。これは、016-123 の機械をNクランク旋削加工専用を使用しているために生じたものであるが、少なくとも③~⑧工程と、⑩~⑬工程を加工する旋盤を分けることにより、工程の流れが多少とも早くなることが推測できる。



図IV-1-21 Nクランク加工工程のヒストグラム

(b) Nクランク加工の問題点及び改善策

① 調質熱処理前荒削り加工について

調質熱処理前の荒削り加工は全工程のうち8工程を占め、全体の30%に及ぶ。しかも調質処理によって加工物は大きなひずみを生じ、再度荒削りと同様の工程をたどることとなる。

一般に鋼材の場合は機械加工に入る前の素材の状態の時に調質処理を施しておくのが望ましい。

調査したNクランクの場合、素材が型鍛造品で削り代が片肉約3mm程ついているが、素材の状態での調質処理でも所要の機械的性質は満足できるものと思われる。表IV-1-4にその理由を示すが、表の項目の中で機械構造用鋼の有効最大直径が示されている。これはJIS規格（日本工業規格）の標準機械的試験値をほぼ満足する棒鋼の最大直径を意味している。なおD_iとは理想焼入れ、つまり焼入れ剤の冷却能を無限大と仮想した場合の焼入れによって、中心部が50%マルテンサイトとなる臨界直径（理想臨界直径）を表す。

表IV-1-4 機械構造用合金鋼の焼入れ、焼戻し条件と焼入性

記号	SCr435 (SCr3)	SCr445 (SCr5)	SCM435 (SCM3)	SCM440 (SCM4)	SNC836 (SNC3)	SNCM439 (SNCM8)	
焼入れ(°C)	830~880 油冷	830~880 油冷	830~880 油冷	830~880 油冷	820~880 油冷	820~870 油冷	
焼もどし(°C)	520~620 急冷	520~620 急冷	530~630 急冷	530~630 急冷	550~650 急冷	580~680 急冷	
D _i (mm)	71	81	118	126	137	186	
有効最大直径 (mm)	油	40	50	60	65	80	70
	水	55	—	80	—	—	—

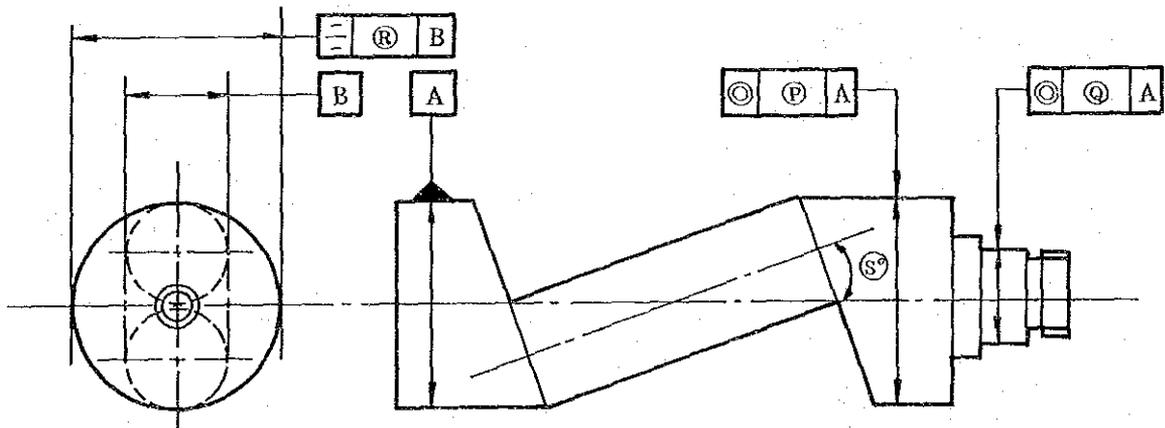
Nクランクの傾斜軸部は素材寸法で約 $\phi 50\text{mm}$ であり、十分に中心まで調質効果は表われ、太径軸部は機能的には中心まで調質されなくても差程問題にはならない。

重慶水泵廠ではこれらのデータをもとに、自工場で実験を行い、素材調質の効果を見極めて他の部品にも応用していくべきである。

② 加工の集約化と仕上加工について

Nクランクは特異な形状をしており、幾何公差もきびしく、各工程での加工精度が重要であるが図IV-1-16の加工工程図によると、同一箇所を数度に別けて加工を行っているのが目立つ。その理由の一つには、⑲、⑳の工程で傾斜軸の仕上加工用の治具を使用するための前加工である。ここでNクランクが機能上必要とする幾何公差の図を図IV-1-22に示す。傾斜軸部の仕上加工により出さなければならない重要な幾何公差部は㉑と㉒になる。また、両センターによる研削加工では㉓と㉔が問題となる。したがってこれらの重要な幾何公差を製作図に示された公差範囲に加工する工程を最終工程にもってきて、途中工程は、多少ラフに、また集約して加工できるように加工工程を変更し、治具の改善を図るべきである。

これらの具体的な改善案については「V部 工場近代化計画」の項で述べるものとする。



図IV-1-22 Nクランクの重要な幾何公差部分

③ 限界ゲージの使用について

重慶水泵廠では、穴及び軸の加工時の寸法測定には、全て限界ゲージを使用している。

限界ゲージの特長としては、

- a) 寸法の良、不良がはっきり分かる。
- b) 個人差による判定誤差が少ない。
- c) 量産品の判定に大きなメリットがある。

などが上げられるが、一方加工時に使用することについては、公差寸法まで削り込むのに加工量が具体的数値として表われず、加工者の勘に頼ることになり、加工時間がかかり、また削り過ぎによる不良が発生し易いことが上げられる。

限界ゲージの使用目的については作業過程の点から考えると、一般汎用工作機械による作業ではノギスやマイクロメータ、シリンダゲージの方が使い易い。日本では部品検査部門で量産品の部品の検査に多く用いるのが通例である。

特に重慶水泵廠は多品種少量生産形態であり部品点数も多く1ロットサイズが小さいことから判断すると、加工時の測定ではノギスやマイクロメータの使用が望ましい。

5) カム加工について

(a) カム加工の現状

調査したカムはNクランクと対で使用され、ウォームホイールからの回転をNクランクに伝える働きとともに、Nクランクとの相対位置変化に伴うストローク長の変化をさせるための機能を有し、Nクランクとともに主要な部品である。

形状は半割りの部品2ヶを対とし、斜穴部がNクランクの傾斜軸を包み込む形で組み付けられ、カムの下部に設けられたキー部が、ウォームホイールのキー溝に入り、ストローク変化に追従してキー溝部をスライドするようになっている。

従ってカムの重要な幾何公差は、傾斜穴中心軸とキーの中心の同軸度と、傾斜穴の角度公差である。

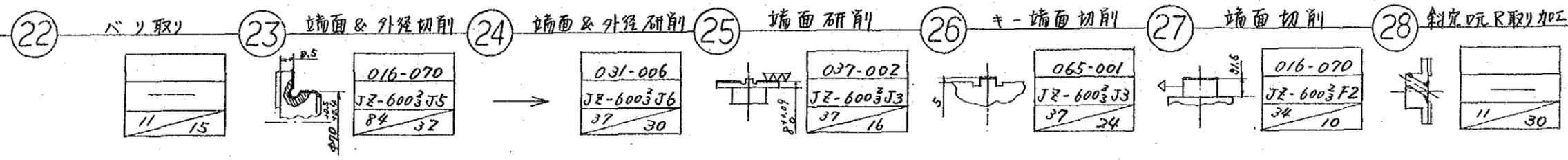
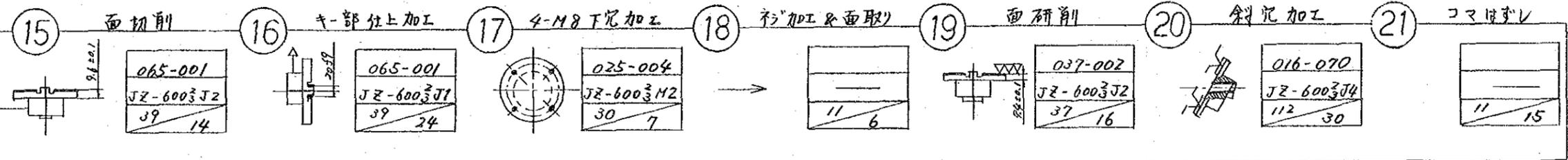
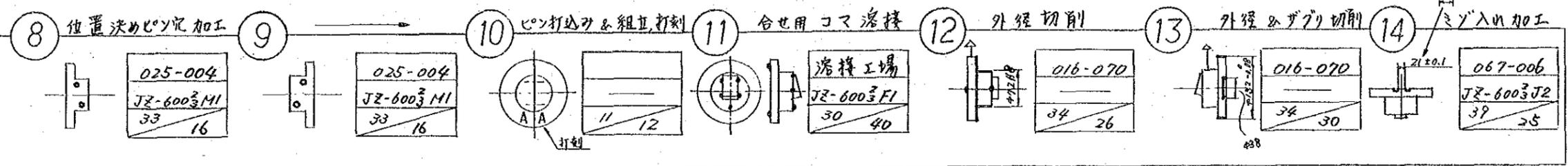
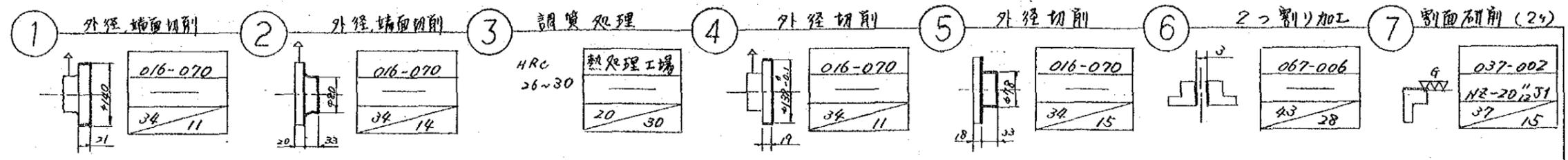
① 加工工程

カムの加工工程図を図IV-1-23に示す。

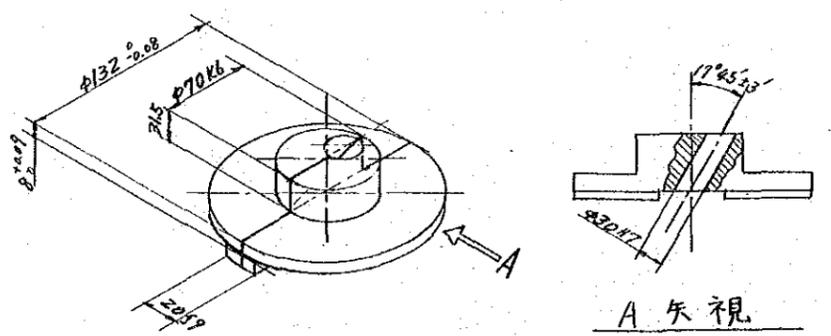
素材搬入から加工完了まで加工工程数は28工程になる。

工程は鍛造素材の調質熱処理前荒削り→調質処理→外径切削→半割り→組み付け溶接→組み付けたまま主要部加工→ばらし→最終加工となっている。

工程を順を追って述べると、鍛造素材を①、②工程で調質処理前荒削り加工、



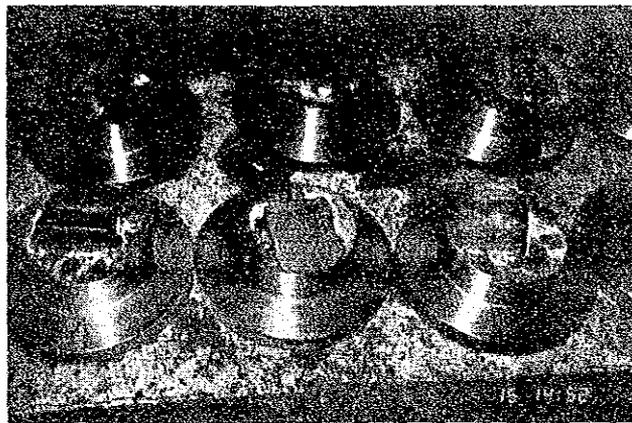
機 械 番 号
治 具 番 号
段取り時間 (分) / 加工時間 (分)



図IV-1-23 カム加工工程図

③で調質処理が行われる。④、⑤で半割り前の外径、端面加工、⑥でメタルソーによる半割り加工がある。⑦で半割り端面部の研削加工を両面とも行い⑧、⑨で半割りの部品を対にするための位置決め用ピン穴を加工し、⑩で組み付け、後工程及び組立作業で対で使用されるよう両部品に同一番号の打刻を行う。⑪で締め込み用治具を使用して両部品の合わせ部を密着させ合わせコマを溶接する。⑫～⑳工程で主要部の加工を行い、㉑でコマをタガネを使用してはずし、㉒～㉓にて最終加工を行う。

図IV-1-24にコマが溶接された途中工程のカムの様子を示す。



図IV-1-24 途中工程のカム

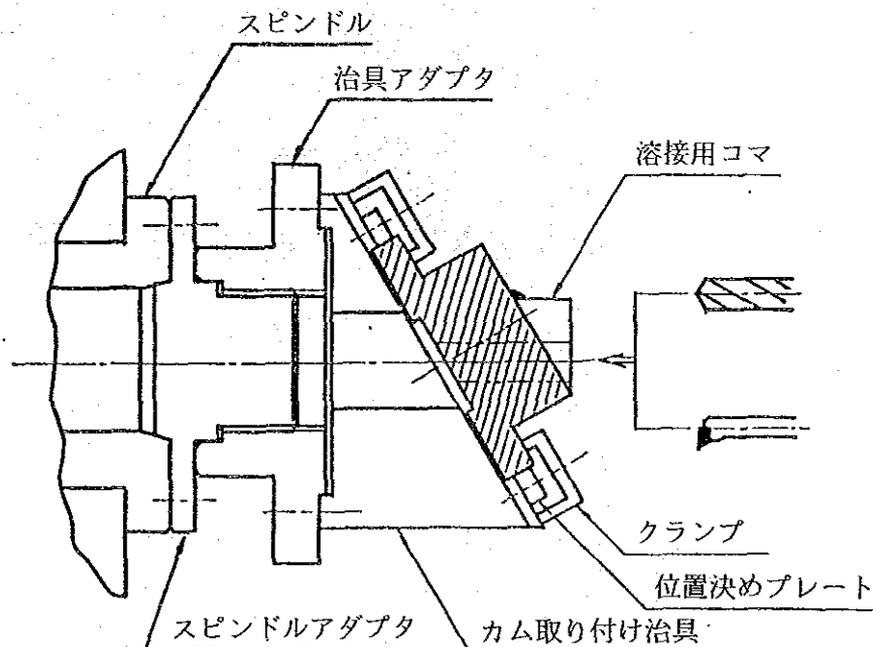
ここで斜穴加工で使用される治具と、治具の旋盤への取付の手順を述べる。

図IV-1-25に斜穴加工治具の写真を示す。

またカムが治具に取付けられ加工される時の断面図を図IV-1-26に示す。



図IV-1-25 カム斜穴加工治具



図IV-1-26 カム斜穴加工治具取付け断面図

図に見るようにカム取付治具はカム取付面が斜穴の傾斜角度に加工されており、カムを取り付けるだけで正確な傾斜角度が加工されるようになっている。このカム取付治具を旋盤スピンドルに取付けるためには、治具アダプタにカム取付け治具をボルトで固定し、スピンドル端面に既に取りつけられているスピンドルアダプタのオスネジ部に、治具アダプタをネジ込んでいけば簡単に、しかも精度よく治具取付け段取りが完了するよう工夫されている。

このような治具取付けの段取り方法は、工場では共通に見られたものである。

加工時間は熱処理を除くと約 530分となる。また、段取時間は熱処理を除いて 960分で、Nクランクと同様1ロット70ヶ加工とすると、1ヶ当たり約14分の段取時間である。

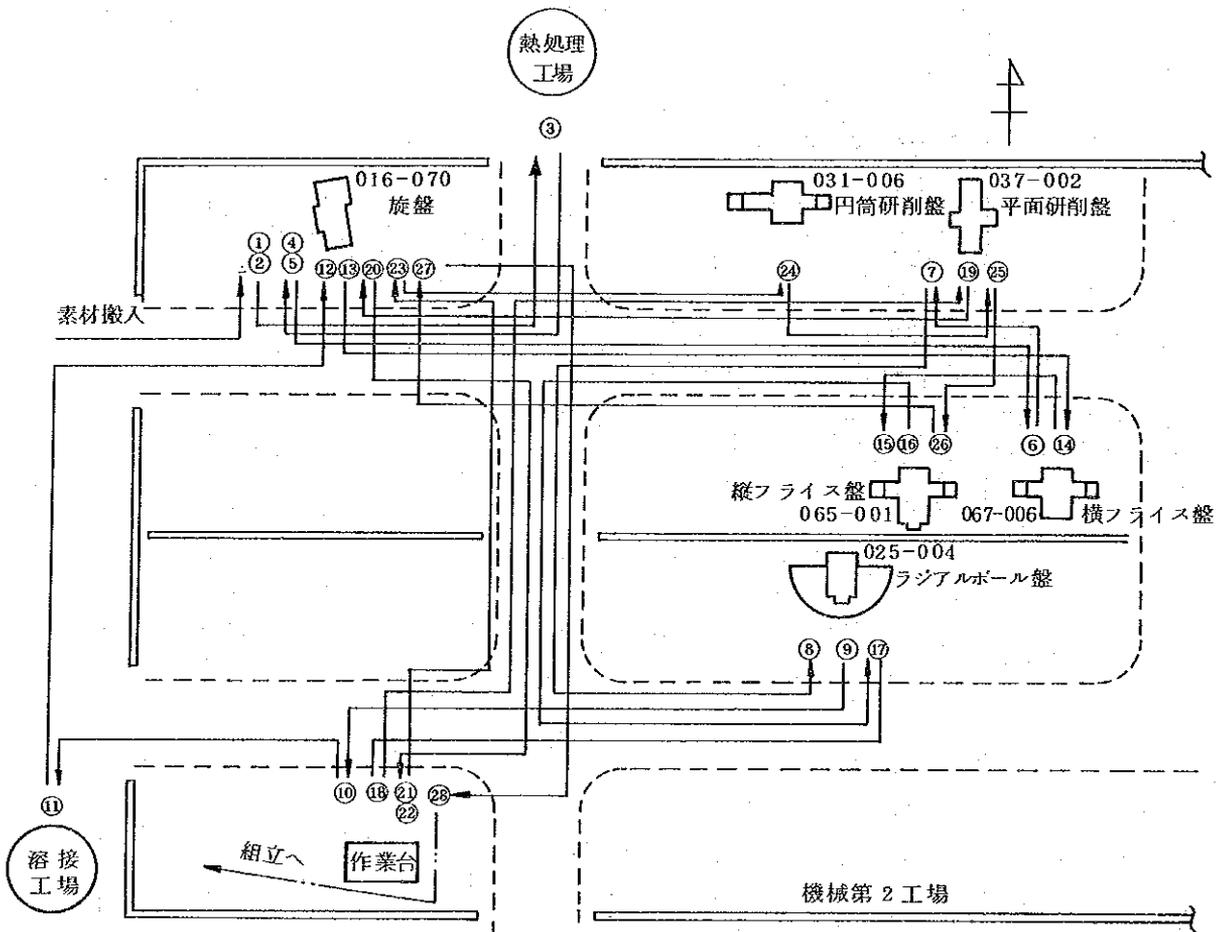
② 移動経路

カムの移動経路図を図IV-1-27に示す。

移動距離及び移動回数は以下の通りである。

工 程 間	距離 (m)	回数	移動距離 (m)
016-070~熱処理工場	90	2	180
016-070~067-006	57	2	114
067-006~037-002	10	1	10
037-002~025-004	66	1	66
025-004~作業台	43	2	86
作業台~溶接工場	200	1	200
溶接工場~016-070	230	1	230
067-006~065-001	11	1	11
065-001~025-004	68	1	68
作業台~037-002	65	1	65
037-002~016-070	47	1	47
016-070~作業台	52	3	156
016-070~031-006	58	1	58
031-006~037-002	7	1	7
037-002~065-001	3	1	3
065-001~016-070	47	1	47
合 計		21	1348

上記の表より平均移動距離は64mとなる。移動経路図を見ても分かるように小物部品としては工程数、移動距離とも多く、また移動線が錯綜して経路が複雑化し、工程管理がしにくい部品と言える。

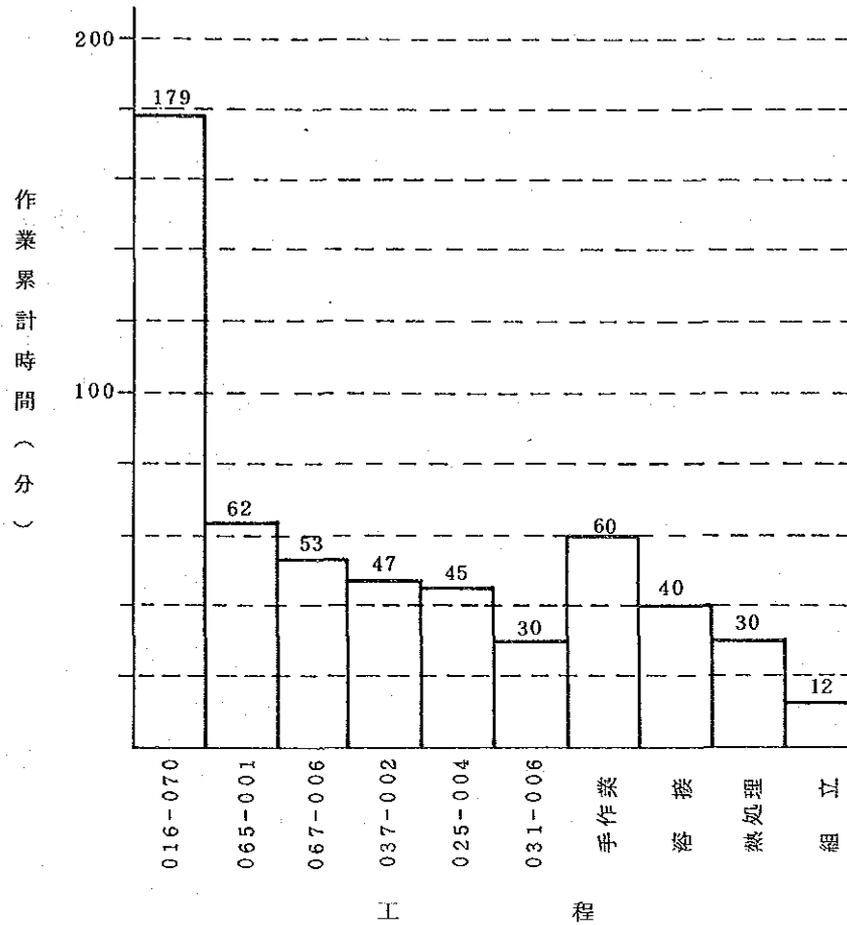


図IV-1-27 カム移動経路図

③ 工程バランス

カム加工工程のヒストグラムを図IV-1-28に示す。

図で見ると、機械番号016-070に加工時間が集中しているが、他の工程は、ほぼ平均した時間となっている。



図IV-1-28 カム加工工程のヒストグラム

(b) カム加工の問題点及び改善策

① 加工治具の改善

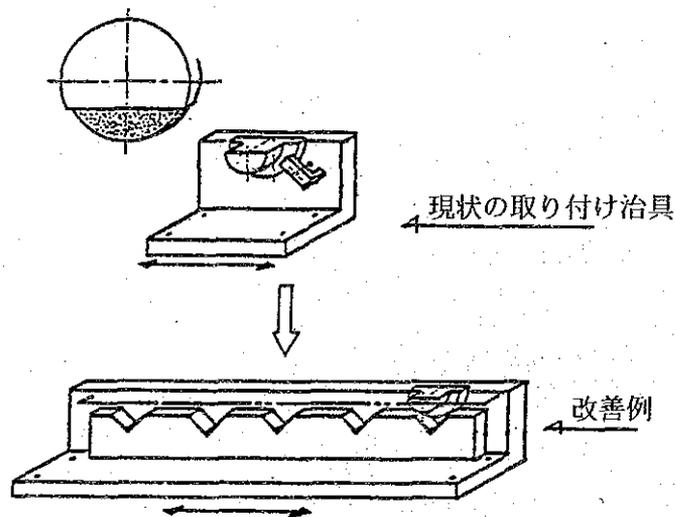
カムの加工は各工程の加工治具の使用が多いのが特長である。

ここで治具の経済効果は製品の精度、ロット数に適合した設計を行うことにより決まると考えられる。

工場で使用されている治具は、多くが1ヶ取付け用治具である。特に平面研削盤やフライス盤で加工される部品の取付け治具は、機械の1ストロークの動きを有効に利用する意味からも、多数個取付けが、加工時間短縮に有効な手段となる。

1ロット、1ヶや2ヶしか流れない部品には1ヶ取付けで十分であるが、数が多い場合は、その量に見合った治具に改善すべきである。

例えば、カムの加工工程図IV-1-23の⑦の工程では、半割り面の研削加工を行っているが、調査では1個取付け治具を使用して加工が行われていた。これなどは、図IV-1-29に示すようにテーブルの移動距離を計算に入れた多数個取付け治具に改善し、さらに部品取付けに時間がかからぬようV型ブロック等でカムを受け、加工面とテーブルとの平行を出すため締付け前に長い平板を、取付けた全てのカムの加工面に押しつけ、クランプすれば良いことになる。また多数個取付け治具は、1種類のカムに限定して製作しないで、同形状の他の多くのカムが取付くよう設計し、共用化を図る工夫が必要である。



図IV-1-29 カム加工取付け治具改善例

② 工程の簡略化と加工時間短縮

カム加工は小物部品にもかかわらず工程数28、移動距離が1348m、平均移動距離が64mで移動経路も複雑な工程となっている。

移動距離が長い原因は、

- a) 熱処理及び溶接作業のための移動距離が長い。
- b) 使用機械間の距離が長い。
- c) 工程等がこま切れであり集約加工が少ない。

等が上げられる。

これらの解決方法としては

- i) 工程数を削減するため加工手順を大きく変更する。
- ii) 使用する機械を選択し、現状に変わる加工方法を探索し、加工方法自体を改善する。

等が考えられる。

これらの改善策については、「V部 工場近代化計画」にてその詳細を述べるものとする。

③ フライス加工と研削加工の加工費について

調査ではカムの表面仕上げで、機能上必要と思えない箇所をフライス加工に替って研削加工を行っているところが多くあった。

一般に機械加工費は高度の仕上面あらさが要求されれば、それだけ上昇する。

表IV-1-5は仕上面あらさがコストに及ぼす影響を表したものである。この表では材質、形状、ロット数は変数として取扱っていないが、現在行っている加工の仕上面を向上させる時に生じる加工単価の増加や、不必要な仕上面による部品単価節約の予測計算には、一応の目安として利用することができる。

ここで要求仕上面あらさを 0.8μ から 3μ に落としたとすると、表より $80\% / 200\% = 0.4$ となり、 0.8μ の仕上面あらさに比較して 3μ にすると加工費は約40%に低減される。

この例でも分かる通り、設計機能上仕上面あらさを落とせる箇所は落とし、また加工過程でも必要とする機能以上の加工は行わず、適切な工作機械の選定を行って工程を組む必要がある。

参考までに加工寸法公差がコストに及ぼす影響を表IV-1-6に、並びに穴

加工位置公差がコストに及ぼす影響を表Ⅳ-1-7に示す。

6) その他の加工技術の問題点と改善策

(a) むだ加工の排除

機械による部品加工を簡単にいうならば、製作図で要求する品質を造り出すため、素材から余分な部分を工具で削り取り、切粉として排除して造形していくことといえる。素材から切粉を排除する量が少なければ少ない程、部品の出来上がりは早くなり加工時間も省け、一般には部品の単価は下がる。

ここで、工場調査の中で製造方法を変えれば部品単価が大巾に下がるであろう部品を数点発見したので、それらの部品についての製造方法の改善案を述べる。

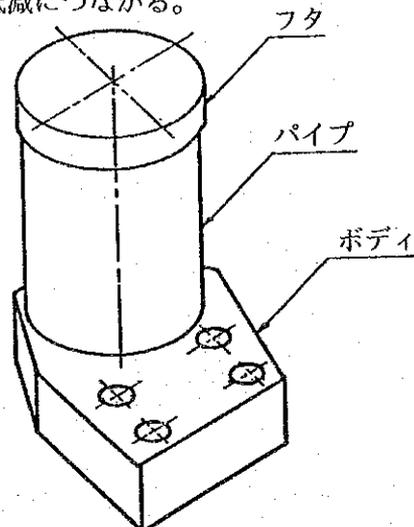
① リプレニッシングチャンバのフタ

リプレニッシングチャンバとは、ダイアフラムタイプの接液部に取付く部品で、油圧室内の圧力の調整と空気抜きを主な目的とする機能で、この部品の働き如何により吐出精度が左右される。その全体図を図Ⅳ-1-30に示す。

図の最上部にフタが取付いているが、このフタは異物混入防止のためである。したがって、それ程の精度を必要とするものではないが、調査時点では、旋盤にて丸棒より削り出し加工が行なわれている。このような部品は1mm程度の鉄板のプレス加工で十分機能を果たせるものと思われる。

② リプレニッシングチャンバボディ

次に図の下側のボディを鋼材より削り出して製作している。これなどは材質はFC相当部品で十分であるので素材を鋳造品に変更し、必要な部分のみ加工すれば大巾に加工時間の低減につながる。

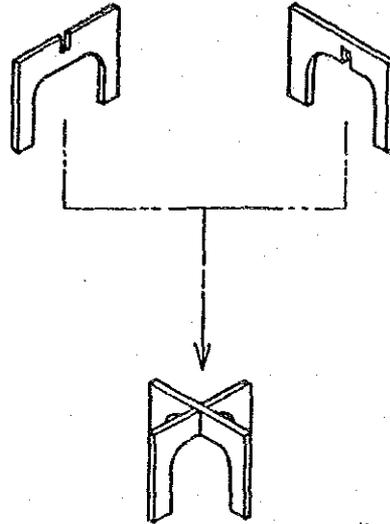


図Ⅳ-1-30 リプレニッシングチャンバ全体図

③ バルブガイド

図IV-1-31にバルブガイドの組立図を示すが、この部品は接液部内のボールバルブの上下動をガイドするためのものである。工場では図に示すように2ケの部品を機械加工にて製作しそれを組合わせてバルブガイドとしている。

この場合、2ケの部品をプレスにて打ち抜き、治具にて組合わせて頭部を溶接して製作すれば加工時間も短かくできる。



図IV-1-31 バルブガイド組立図

以上、3つの部品について、加工のむだの排除について具体的に述べたが、工場としては、多くの部品について注意深く調査し、このようなむだを徹底して省くよう努力が必要と思われる。

(b) 段取り時間短縮の改善方策

多品種少量生産では、生産の柔軟性の向上と、計画・実績の精度向上の方策として、小ロット生産の実施が有効となる。この小ロット生産を実施するためには、段取作業方法を改善して、段取時間を短縮することが必要不可欠となってくる。

主要部品の加工工程図にて、現状の分析を行ったが、それぞれの部品とも、段取り時間が相当多くかかっている。

ここで段取り時間短縮化の効果としては、次の事が上げられる。

- ① 多種少量の受注、および受注の変動に対して、小まわりをきかして迅速に対応することができる。
- ② 小ロット生産の実施によって在庫が削減し、生産期間が短縮できる。

- ③ 機械設備の稼働率が向上する。
- ④ つくりすぎのむだがなくなることによって原価が低減する。
- ⑤ 段取り作業方法が単純かつ簡単になるために、だれでも段取り替えを嫌がらずにできるようになり、また段取ミスによる治具、機械の破損などがなくなる。
- ⑥ 工具、治具、取付具、金型の整理整頓がよくなる。

ここで段取り作業の改善を行う時の基本的なポイントとしては、第1に、機械を停止させないで段取り作業を行う外段取りと、機械を停止しなければ段取りできない内段取りの2つに明確に区分し、極力、内段取り作業の内容を改善して短縮し、外段取り化の方向へもっていく。第2としては、内段取り作業そのものを改善して、作業時間を短縮する方策である。

内段取りを外段取り作業化する具体的な方策は、部品の生産工程、工作機械、工作法によって異なるものであるが、次に主要点を述べる。

- ① 治具や工具は前のロットが完了する前に準備して、機械の側まで持ってきておく。できるなら台車に乗せておき、多少の移動を容易にしておく。
また、常時使用する治具であれば、機械の側に保管しておくのも一つの方法である。
- ② ①を効率良く行うために、治具、取付具、工具は整備し、きちんと保管しておく。とくに工具は使う順に並べておくことがよい。
- ③ 外段取り作業者を専門に設けて、外段取り作業を行う。この場合、段取りの作業要領書を、きめ細かに作っておく必要がある。
- ④ 外段取りをする作業者は、作業の日程が明確にわかったうえで、次の作業の準備にかからなければならない。そのためには、日程計画の確立と差立業務の徹底化を図ること、また日程管理担当者や運搬工などとの連絡を緊密化することが必要である。

システム要因としては日程計画と差立業務であり、これが確立されない限り、効率の良い機械工場の運営は不可能である。これについては工場近代化の項で述べる。